

Vanalar ve Tesisat Armatürleri

El Kitabı Cilt-I

Mak. Müh. Serdar Uzgur



uni vaj

**Teknoloji, sürdürülebilirlik,
kalite ve güven...**

Enerji tasarrufu sağlayan tasarımlarıyla, zor koşullarda yüksek performansıyla, geniş ürün yelpazesi ve uzun ömür garantisiyle yıllara meydan okuyan teknolojik vanaları, vana ekipmanlarını ve tesisat ürünlerini HVAC sektörüne sunuyor; bugünün kalitesini geleceğe taşıyoruz.

Vanalar ve Tesisat Armatürleri

El Kitabı Cilt - I

Serdar Uzgur

Uzgur Mühendislik ve Müşavirlik Ltd.

01/05/2022

Vanalar ve Tesisat Armatürleri El Kitabı Cilt-I

Mak. Müh. Serdar Uzgur

Uzgur Mühendislik ve Müşavirlik Ltd.

ISBN: 978-975-6263-54-9

© Her hakkı mahfuzdur. Bu kitap veya bir kısmı Uzgur Mühendislik ve Müşavirlik Ltd.'nin müsaadesi alınmaksızın tab ve kopya edilemez.

Bu kitap ektaki kaynaklara dayanılarak mümkün olduğunca dikkat gösterilerek hazırlanmıştır. Ancak kitabın yazarları kitabın içindeki bilgilerin tamlığı, doğruluğu veya uygulanabilirliği hakkında hiçbir garanti vermez; bu kitabın içerdiği bilgilere dayanan herhangi bir sorumluluk kabul etmez. Kitapta bulunan bilgilerin kullanımına ilişkin bütün risk ve sorumluluk bu bilgileri kullananlara aittir.

Doğa Yayıncılık Ltd. Şti.

Ali Nazım Sk. No: 30 Koşuyolu 34718 Kadıköy / İSTANBUL

Tel: 0216 327 80 10

Faks: 0216 327 79 25

www.dogayayin.com

info@dogayayin.com

Baskı ve Cilt:

Özgün Ofset Ticaret Ltd. Şti.

Yeşilce Mah. Oto Sanayi Sitesi, Aytekin Sok.

No:21 Kağıthane / İSTANBUL

Tel: (0212) 280 00 09

ÖNSÖZ

Tesisat Boru Devrelerinin önemli elemanları olan **“Vana ve Tesisat Armatürleri”** için sektörümüzde kapsamlı bir yayın olmaması ciddi bir eksiklikti. Bu el kitabının fikir babası olarak, eksikliğin giderilmesi için Serdar Arkadaşıma az da olsa destek olmaya çalıştım. Bugün geldiğimiz noktada gördüm ki, ne kadar önemli bir üretime önyak olmuşum! Dolayısıyla çok büyük mutluluk duydum. Birlikte çalıştığımız önceki yayınlarımızdan da tahmin ettiğim üzere ve kendisini yakinen tanımam nedeniyle, işin başında da, böylesine kapsamlı ve önemli bir üretim olacağına da emindim zaten!

Bu el kitabının öncül çalışmaları, MTMD Mekanik Tesisat Mütahhitleri Derneği tarafından yayınlanan;

- **Tesisat Boru ve Bağlantı Elemanları** ile,
- **Elektromekanik Askı ve Destek Sistemleri** el kitaplarıdır.

Bu iki kıymetli yayın çalışmalarını benimle birlikte yürüten, Derleme Komisyonunun diğer kıymetli iki üyesi olan Serdar UZGUR ile İbrahim KARAKAŞ idi. Özellikle belirtmek isterim ki, bu iki MTMD yayının ana yürütücüsü ve emektarı Sayın Serdar UZGUR arkadaşım olmuştu. Biz kendisine yardımcı kuvvet olarak tamamlayıcı destek hizmeti verebildik!

Uzun süredir kendisini mesleki olarak çok iyi tanımama ek olarak, son iki yıl içindeki yaptığımız bu yayın çalışmaları sırasında da gördüm ki; Serdar UZGUR gerçekten Tesisat Sektörü için yayın üretme konusunda eşsiz bir duayen ve üretici bir beyin. Dolayısıyla bu arkadaşımıza sektör bileşenleri olarak daha fazla sahip çıkmalı ve benzeri yeni yayınları hazırlayabilmesi için destek vermeliyiz diye düşünüyorum. Onun çok değerli birikimlerini sektöre kazandıracak ve genç meslektaşlarımıza aktarmasını sağlayacak girişimlere önyak olmalıyız. Gerçekten tüm bu yayınlar incelediğinde görüleceği üzere; Uygulama (Pratik) ile Teori uygun bir yapıda harmanlanmıştır. Ayrıca bilinmeyen birçok pratik temel bilgilerin bu yayınlarda yer alması, farkındalığı artırmaktadır. Ayrıca önceki yayınlarda olduğu gibi, bu kitabın da **“E-Kitap”** düzeninde olması ve **“Karekod”** tanımları içermesi çok önemli bir yeniliktir.

Ayrıca, bu El Kitabı çalışmasının üretimine destek ve önyak olan çok önemli sektör paydaşları da yayının başarısını ve değerini artırmıştır. Yayının tanıtımı ve sektöre aktarılabilmesi için, sektörel eğitim ve değerlendirme toplantıları yapılmasının önemini de belirtmek ve de konunun altını çizmek isterim. Zira bu kaynağın mümkün olabildiğince tüm tesisat sektörüne ve bileşenlerine duyurulması, yapı sektörüne çok değer katacaktır.

Sevgili Serdar;
Emeğine sağlık, Yüreğine sağlık, Alın terine sağlık!
İyi ki varsın ve üretimlerinin artarak sürmesi dileğiyle.

Saygılarımla,
İrfan ÇELİMLİ, Mak. Müh. ODTÜ ME 80,
irfancelimli@gmail.com

Ender Özgül

Bizler bilgisayar ve hatta faks makinasının bile hayatımıza sonradan girdiği bir kuşak olarak bilgiye ulaşmada çok zorluklar yaşadık. Ben yıllarca Türkiye'deki teknik alandaki büyümenin gereğinden yavaş olmasını, hep bilginin ve tecrübenin kişilerde saklı kalmasına bağladım. Serdar bana böyle bir kitap hazırlayacağını söylediğinde çok heyecanlandım ve tüm imkanlarımızla destekleyeceğimi belirttim. Teori ve pratiğin bir arada olduğu bu nadide eserin sadece genç değil tüm makina mühendislerimizin gelişimine büyük katkı yapacağına inancım sonsuzdur.

Emeğine, ellerine, beynine sağlık diyorum dostum...

Haluk Hacızekeriyaoğlu

Tesisat mühendisliği ile ilgilenen profesyonellerin çok iyi bildiği gibi, vanalar bir hidrolik devrenin fonksiyonel yönetimi dışında verimliliğini de belirleyen çok önemli bileşenleridir.

Özellikle 1990'ların başından itibaren vana konusunda farkındalık yaratmak, sektörel bilinci artırmak için ülkemizde yoğun çabalar gösterilmeye başlandı. Üniversitelerimizin yanısıra yurt dışı üniversitelerden, meslek kuruluşlarından, tasarımcılardan çeşitli uzmanlar ülkemize davet edilerek, bilgi paylaşımı yöntemiyle tesisat mühendisliğinin gelişimine katkı sağlanmaya çalışıldı. Üniversitelerden mezun olacak özellikle makine mühendislerinin tesisat sektörüne kazandırılması için yoğun çabalar gösterildi. Özellikle Türk Tesisat Mühendisleri Derneği bu konuda öncü rol üstlendi.

Basılı yayınlardaki eksikliğin MMO, TTMD ve MTMD gibi mesleki örgütlerce giderilmeye çalışıldığını ancak yetersiz olduğunu hepimiz biliyoruz.

Böyle bir süreç içerisinde kendisi de bu mücadelenin önemli figürlerinden olan sevgili İrfan Çelimli beni aradı. O ana kadar sektörden duyduğum ama tanışmadığım Serdar Uzgur'dan ve projesinden bahsetti.

Konu vana olunca doğal olarak bir araya geldik ve bana kitabın kurgusunu ve içeriğini anlattı. Serdar'ın çok geniş tecrübelerinin yanında teoriye yakınlığı ve hakimiyeti beni etkiledi.

Sonuç olarak gerekli ve yeterli seviyede teorisiyle birlikte özellikle profesyonel tesisat mühendislerinin ve üniversitelerdeki ilgili öğrenciler için çok faydalı bir başvuru kaynağı ortaya çıktı.

Kendisini inzivaya çekerek kısa süre içinde bu kitabı ortaya çıkaran Serdar Uzgur 'u kutluyor ve teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca yeni çalışmalarını da heyecanla bekliyorum.

M. Remzi Çelik

Evimiz olan bu gezegende, antroposen çağında homosapiensin doğa ile olan ilişkisinin alabildiğine bozulduğu bir dönemde yazıldı bu kitap.

Yetmezmiş gibi, kitabın yazıldığı Sinop kenti karşısında komşumuz Ukrayna'da açık savaşlar, nükleer riskler, çevre felaketinin yaşandığı bir dönemdi.

Cennetin tasvirinde dereler betimleniyor, kutsal kitaplarda ve mitolojide... İnsanoğlu belki de ilk kontrol vanasını akan derenin ortasına koyup ikiye ayırdığı taşla yaptı. Akışı kontrol etti, enerjiyi kontrol etti. Bu kontrolü daha sonra kendi güç biriktirme şekline dönüştürdü.

Böyle bir giriş neden yazdım? Kitabın baş yazarı, baş emekçisi sevgili Serdar Uzgur dostum kendisini tanıdığımdan beri bende hep bir derinlik hissi bıraktı. Doğaya, mesleğine, insana, gençlere bakışı hep derinlikli, çok yönlü oldu. Nesnelere, olguların arasında hep çok yönlü ilişkiyi koydu, detayın dibine ulaşırken, makro kozmosa da baktı Filozof arkadaşım. Dürüsttü, elleri kirli işlere bulaşmamıştı, vefa duygusu gibi değerli bir duyguyu taşıdı topluma karşı, taşımakla kalmadı, üretti...

İşte bu kitap da, öyle bir dönemde "aldığın topluma geri ödeme" vefası ile ortaya çıktı. Yoğun bir bilgi dağarcığından, çok sıkı bir çalışma ile ortaya çıktı.

Serdar meslektaşım eline sağlık! Sektör, kitaptan yaralanacak gelecek kuşaklar, çocukların, torunların seninle ne kadar gurur duysa azdır. Eline sağlık, bilgine sağlık.

TEŞEKKÜR ve SON SÖZ

Kitap derleme macerasına Sn. İrfan Çelimli ve İbrahim Biner vasıtasıyla başladığımda, benim yıllarca yurt içi ve yurt dışı projelerdeki uygulamalarda yaşadığım kaynak bulup öğrenme sürecim aklıma geldi. İnternetin olmadığı süreçte kitapları temin etmek ve ilgili konularla detaylı çalışma yapmak oldukça masraflı ve yorucu bir emek süreciydi. Kaynağı bulduktan sonra onu öğrenmek ve uygulamaya doğru yansıtmak, sıradan kitaplarda olmayan satır aralarında bulunan pratik bilgileri öğrenmek ve yıllarca bu döngüyü yaşamak çok önemli bir karar vermeme sağladı. Benimle beraber çalışmış olan arkadaşlarım bilirler. Tüm kaynaklarımızı yıllarca tüm çalışanlarımızın kullanımına sunmak dışında pratik bilgileri ve katılmış olan tüm eğitimlerin özetlerini çıkartarak diğer çalışanlar ile paylaşmak temel misyonlarımızdan biriydi. Ayrıca bu yöntemi aktardığım birçok çalışma arkadaşımın iş hayatlarındaki başarılarını görerek, gururla takip etmekteyim.

Öncelikle Sinop'ta geçirdiğim süreçte ilgi ve dostluklarını esirgemeyen, telefonla yalnız bırakmayan yakın arkadaşlarım Mümtaz Doğal' ya, Öcal Karabayır'a ve Osman Arı'ya, hâlâ arkadaşım, dostum oldukları için teşekkür ederim.

Konu teşekkür olunca bu derleme konusunda beni teşvik eden, kitapları okuyan genç meslektaşlarıma ulaşması konusunda, bilgi, öngörü ve deneyimleriyle, gerek derleme sürecinde içinde bulunan, gerekse teknik dil redaksiyonuna ciddi emek harcayan ve bu süreçte şahsi fikirlerini ve önerilerini cömertçe paylaşan değerli dost ve meslek arkadaşlarıma minnet ve teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

Kalabalık sayılabilecek sayfa sayısına sahip olan ve ayrılmış 2 cilt olarak yayınlanacak bu derlemeyi okuyan tüm meslektaşlarıma, Karekod içerisinde reklam adı altında derleme içindeki bilgileri derinlemesine destekleyen tüm firmalara da minnetimi sunarım.

Ayrıca tecrübesizliğimizden kaynaklanan dijital yayın ve yazılı eserin içeriğini resim ve tabloları güzelleştiren Doğa Ajans firmasından Oya Bakır'a, teknik redaksiyon sürecinde görgü ve bilgisi ile tecrübesini ekleyerek mühendislik dilini esirgemeyen meslektaşım ve "hocam" Levent Çorbacıoğlu'na, derleme sürecinde mesleğinin başında en önemli Z nesli temsilcisi olan meslektaşım Bengisu Çeviker'e değerli katkıları için teşekkür ederim.

Meslek hayatımın uzun sürecinde hâlâ temasının olduğu kapak arkası yazılarıyla beni onurlandıran mesai arkadaşlarım, dostlarım, "hocam" mimar Akın C. Barlas'a, mimar Okan Ülbay'a, meslektaş büyüklerim Kani Korkmaz'a ve Serper Giray'a hayatımda oldukları için de ayrıca minnetle teşekkür ederim.

Özellikle bu kitap sürecinde hazırladığı "Isıl İzleme" kitap çalışmasını benimle karşılıksız paylaşan Remzi Çelik'e, sektörel mühendislik deneyimi ile şirket kaynaklarını paylaşan Ender Özgül'e, ilk defa tanışmasına karşın tek görüşme ile bu kaynağın oluşması için her türlü fedakârlığı yapan Haluk Hacızekeriyaoglu'na bu sürecin başından sonuna kadar destekleri ve sponsorlukları için minnetle teşekkür ederim.

Serdar Uzgur

Okurların Dikkatine...

Kitabın dijital versiyonunun yüklü olduğu sitelerde, ayrıca okurlara yardımcı olabilecek Excel Hesap Dosyaları bulunmaktadır. Bu dosyalar, olanaklar nispetinde güncellenmektedir.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	10
ŞEKİLLER	11
TABLolar	19

KISIM-1 VANA -ARMATÜRLER TEMEL ve GENEL BİLGİLER 1

1. GİRİŞ	1
1.1. TESİSAT ARMATÜRLERİ TİP VE ÇEŞİTLERİ İÇİN TEMEL KAVRAMLAR.....	2
1.1.1. AKIŞKANLAR MEKANİĞİ TEMEL KAVRAMLAR.....	2
1.1.2. GENEL ENERJİ DENKLEMLERİ	12
1.1.3. ÇEŞİTLİ AKIŞKANLARIN DAVRANIŞLARI.....	20
1.1.4. BORU SİSTEMLERİNDE KULLANILAN VANA VE FİTINGLER.....	45
1.1.5. P&ID VE FLOW DIAGRAM TASARIM KRİTERLERİ	52
1.2. VANALAR.....	63
1.2.1. VANALARI ANLAMAK	65
1.2.2. BİLDİĞİMİZ VANALAR VE VANA OLARAK BİLMEDİKLERİMİZ	66
1.3. PİSLİK TUTUCULAR (Strainer-Filter).....	74
1.4. ÇEK VANALAR.....	80
1.5. TİTREŞİM YUTUCU ve UZAMA-KISALMA ELEMANLARI	85
1.5.1. METALİK GENLEŞME ELEMANLARI.....	85
1.5.1.1. Tek Genleşme Elemanı	85
1.5.1.2. Sıralı Basınç Dengeli Genleşme Elemanları.....	86
1.5.1.3. Dirsek Basıncı Dengeli Genleşme Elemanları	86
1.5.1.4. Harici Basıncı Genleşme Elemanları	86
1.5.1.5. Evrensel Genleşme Elemanları.....	87
1.5.1.6. Bağlı Evrensel Genleşme Elemanları.....	87
1.5.1.7. Çift Genleşme Elemanları	87
1.5.1.8. Kılavuz Çubuklu Pompa Titreşim Konektörleri	88
1.5.1.9. Yivli Genleşme Elemanları.....	88
1.5.1.10. Menteşeli Genleşme Elemanları	88
1.5.1.11. Gimbal Genleşme Elemanları	88
1.5.2. METAL GENİŞLEME ELEMANLARI MONTAJ VE BAKIM TALİMATLARI	89
1.5.2.1. Genel Montaj Yönergeleri	89
1.5.2.2. Metal Genleşme Elemanlarının Montajı	89
1.5.3. KAUÇUK GENLEŞME ELEMANI.....	90
1.5.3.1. Kauçuk Bazlı Elemanların Bazı Yoğun Kullanıldığı Sektörler.....	91
1.5.4. TEFLON® GENLEŞME ELEMANLARI	92
1.6. POMPALAR.....	92
1.6.1. DİNAMİK POMPALAR.....	95
1.6.1.1. Santrifüj Pompalar.....	97
1.6.2. DİKEY POMPALAR.....	99
1.6.2.1. Hat Mili Pompaları	99
1.6.2.2. Dalgıç Pompalar	99
1.6.3. YER DEĞİŞTİRMELİ POMPALAR.....	99
1.6.4. PERFORMANS EĞRİSİ.....	106
1.6.5. BEYGİR GÜCÜ VE VERİMLİLİK	106
1.7. KOMPRESÖRLER.....	109
1.7.1. PİSTONLU KOMPRESÖRLER.....	110
1.7.1.1. Diyafram Kompresörleri	111
1.7.2. DÖNEL KOMPRESÖRLER.....	111

1.7.2.1. Sarmal Vidalı Kompresörler	111
1.7.2.2. Kayar Kanatlı Kompresörler	111
1.7.2.3. Kaydırma Kompresörleri	111
1.7.3. İKİ ROTORLU KOMPRESÖRLER	111
1.7.3.1. Döner Lob Kompresörleri	111
1.7.4. SANTRİFÜJ KOMPRESÖRLER	111
1.7.5. ENERJİ KAYNAĞI OLARAK BASINÇLI HAVA	112
1.7.5.1. Döner Vidalı Kompresörler ile Isı Geri Kazanımı	112
1.7.5.2. Sıcak Hava Uygulamaları	112
1.7.5.3. Su/Sıvı Isıtma	112
1.7.5.4. Enerji Tasarrufu	112
1.8. FLANŞLAR -CONTA-CIVATA SOMUNLAR	112
1.8.1. FLANŞLAR, TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ	112
1.8.1.1. Flanşlar Genel	112
1.8.1.2. Flanş Türleri	113
1.8.1.3. Özel Flanşlar	116
1.8.1.4. Flanş Yüzey İşlemleri (Flange Face Finish)	117
1.8.1.5. En Çok Kullanılan Flanş Yüzeyleri	117
1.8.2. FLANŞLAR İÇİN CIVATA DELİKLERİ	118
1.8.2.1. Civata Deliği Yönlendirme	118
1.8.2.2. Saplama Civatası Uzunluğu Hesaplama Yöntemi	119
1.8.2.3. Civata Boyunun Somun Ötesine, Sınırlar Dışına Taşımı	120
1.8.3. FLANŞLI BAĞLANTI MONTAJI İÇİN CONTA- O RİNG SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI	120
1.8.3.1. Conta Çeşitleri	120
1.8.3.2. Spiral Yara Contası	121
1.8.4. FLANŞ CONTA SIZINTISI	124
1.8.5. FLANŞLI BAĞLANTI MONTAJI İÇİN CIVATA TORK DEĞERİ HESAPLANMA	125
1.8.5.1. Sürtünmeyi Azaltmak İçin Yağlayıcı Kullanma	125
1.8.5.2. Tork Değerlerini Etkileyen Faktörler	125
1.8.5.3. Uygulama Civata Yüğü Değeri	125
1.8.6. FLANŞ CIVATA TORK SIRASI VE TORK TABLASI – KOMPLE CIVATA SIKMA PROSEDÜRÜ	127
1.8.6.1. Civata Sıkma İçin Ön Kontroller	128
1.8.6.2. Flanş Hizalama Denetimleri	128
1.8.6.3. Somun, Saplama veya Civata Kontrolleri	128
1.8.6.4. Conta Denetimi	129
1.8.6.5. Flanş Civata Tork Sırası	129
1.9. MEKANİK SEVİYE İZLEME KONTROL VE TAHLİYE ARMATÜRLERİ	130
1.9.1. SEVİYE KONTROL VANALARI	130
1.9.1.1. Pilot Kontrollü Şamandıra Vanası	130
1.9.1.2. Yükseklik (İrtifa) Vanası	131
1.9.1.3. Modülasyon Şamandıra Vanası	131
1.10. MEKANİK AKIŞ İZLEME ARMATÜRLERİ	132
1.10.1. GÖZETLEME CAMI/ AKIŞ GÖSTEGELERİ (SIGHT GLASS/ FLOW İNDİKATOR)	132
1.10.2. AKIŞ ANAHTARLARI	133
1.10.2.1. Akış Anahtarı ve Akış Sensörü Arasındaki Fark	133
1.10.2.2. Akış Anahtarı Nasıl Çalışır?	133
1.10.2.3. Akış Anahtarı Türleri	134
1.11. MEKANİK BASINÇ İZLEME VE TAHLİYE ARMATÜRLERİ	136
1.11.1. DİREK YÜKLÜ BASINÇ KONTROL VANALARI (DIRECT-LOADED PRESSURE RELIEF VALVES)	137
1.11.2. ALEV TUTUCULAR (FLAME ARRESTERS)	140
1.11.2.1. Alev Tutucu Türleri	141
1.11.2.2. Kodlar, Standatlar ve Önerilen Uygulamalar	142

1.11.2.3 Terminoloji.....	142
1.11.2.4. Emniyet Vanalarının Depolanması ve taşınması	144
1.11.3. HİDROLİK PNÖMATİK BASINÇ KONTROL VANALARI.....	145
1.11.3.1. Basınç Kontrol Vanaları Türleri	145
1.12. MEKANİK HAVA-GAZ-SIVI AYIRMA ARMATÜRLERİ	146
1.12.1. BUĞU ÇÖZÜCÜLER (DEMISTERS).....	146
1.12.2. PURJÖRLER (AIR-VACUUM RELIEF VALVES).....	149
1.12.2.1. Hava Tahliye Vanası/Subap.....	151
1.12.3. BUHAR AYIRICILAR-KONDENSTOP (STEAM TRAPS).....	151
1.12.3.1. Buhar Kapanı Boyutlandırma.....	159
1.13. MEKANİK GAZ/SIVI/ KATI AYIRMA ARMATÜRLERİ (SEPERATORS)	161
1.13.1. SİKLON AYIRICILAR.....	162
1.13.2. GAZ/SIVI AYIRICILAR	163
1.13.2.1. Kondens Ayırıcıları (Drain Trap/ Drainage of Condensate).....	164
1.13.2.2. Egzoz Ayırıcıları (Egzost Seperators)	164
1.13.3. SIVI-SIVI AYIRICI.....	165
1.13.3.1. Yerçekimi Ayırıcıları (Gravity Separators)	165
1.13.4. YIKAYICILAR (SCRUBBERS).....	166
1.13.4.1. Orifis Yıkayıcılar (Orifice Scrubbers)	166
1.13.4.2. Çarpma Yıkayıcılar (Impingement Scrubbers)	166
1.13.4.3. Ventüri Yıkayıcılar (Venturi Scrubbers)	166
1.13.4.4. Jet Yıkayıcılar (Jet Scrubbers)	167
1.13.4.5. Dinamik Yıkayıcılar (Dynamic Scrubbers).....	167
1.13.4.6. Püskürtücü Kuleleri (Spray Towers).....	168
1.13.4.7. Kuru Yıkayıcılar (Dry Scrubbers).....	168
1.14. MEKANİK DRENAJ ARMATÜRLERİ.....	168
1.14.1. MEKANİK DRENAJ ARMATÜRLERİ	169
1.15. KOÇ DARBESİ (SURGE PREVENTER) ÖNLEYİCİ ARMATÜRLER	170
1.15.1. DALGALANMA TAHLİYE VANALARI TÜRLERİ	170
1.15.1.1. Pilotlu Aşırı Gerilim Tahliye Vanaları (Pilot Operated Surge Valves).....	170
1.15.1.2. Gaz Yüklü Dalgalanma Tahliye Vanaları (Gas Loaded Surge Relief Valves).....	171
1.15.1.3. Kauçuk Bot Tipi Gaz Yüklü Tahliye Vanası (Rubber Boot-Style Gas-Loaded Relief Valve)....	171
1.15.1.4. Yırtılma Diskleri (Rupture Discs).....	171
1.15.1.5. Aşırı Gerilim Bastırıcıları (Surge Suppressors).....	172
1.16. SENSÖRLER ENSTRÜMANLAR VE TEST NOKTALARI	172
1.16.1. Sensörlerin Ana Sınıflandırması.....	173
1.16.1.1. Güç İhtiyacına Göre Sensörler	173
1.16.1.2. Kontak ve Temazsız Tipe Dayalı Sensörler.....	173
1.16.1.3. Ölçülen Fiziksel Parametreye Göre Sensörler	173
1.16.1.4. Dönüştürücülerin Sınıflandırılması.....	175
1.16.1.5. Analog ve Dijital Dönüştürücüler	175
1.16.1.6. Birincil ve İkincil Dönüştürücüler.....	175
1.16.1.7. Dönüştürücü ve Ters Dönüştürücü.....	176
1.16.2. MEKANİK VE AKIŞKAN BİLGİ ÖLÇERLER (GAGES) SINIFLANDIRMASI.....	176
1.17. SAYAÇLAR, DEBİ ÖLÇERLER, KÜTLE AKIŞ ÖLÇERLER.....	180
1.17.1. TİPİK AKIŞ ÖLÇERLER İLKELERİ VE ÖZELLİKLERİ	180
1.17.1.1. Elektromanyetik (Electromagnetic).....	180
1.17.1.2. Kütle-Coriolis (Mass-Coriolis)	181
1.17.1.3. Kütle-Termal (Mass-Thermal)	181
1.17.1.4. Orifis (Orifice)	181
1.17.1.5. Türbin (Turbine).....	181
1.17.1.6. Ultrasonik (Ultrasonic)	182

1.17.1.7. Girdap (Vortex)	182
1.17.1.8. Kama (Wedge)	182
1.17.1.9. V-Koni (V-Kone).....	183
1.17.2. DEBİMETRE DOĞRULUK ORANI (ACCURACY)	183
1.17.2.1. Debimetreler-Geri Dönüş Oranları	183
1.17.2.2. Geri Dönüş Oranı-Aralıklanabilirlik	183
1.17.2.3. Tam Yayılma Yüzdesi Olarak Doğruluk.....	184
1.17.2.4. Oranın Yüzdesi Olarak Doğruluk	184
1.17.2.5. Akış Ölçümü Yönü	184
1.17.3. DOĞRU AKIŞ ÖLÇERİ SEÇME KURALLARI	185
1.17.3.1. Akışkan ve Akış Özellikleri.....	185
1.17.3.2. Basınç ve Sıcaklık Aralıkları	185
1.17.3.3. Borulama ve Montaj Alanı.....	185
1.17.3.4. Akış Hızları ve Doğruluk.....	185
1.17.3.5. Doğruluk ve Tekrarlanabilirlik Karşılaştırması.....	186
1.18. BORU-VANA ISITMA BANTLARI (HEAT TRACE).....	186
1.18.1. BORU SİSTEMLERİNİN ISIL İZLEMESİ.....	186
1.18.1.1. Buhar İzleme (Buhar Refakat Hatları).....	187
1.18.1.2. Elektriksel İzleme	187
1.18.2. ELEKTRİKLİ ISIL İZLEME İÇİN GENEL GEREKSİNİMLER.....	189
1.18.2.1. Elektrikli Boru Isı İzleme Kablosu	189
1.18.2.2. Doğru Isıl İzleme Bantları/Isıtma Bantları	189
1.18.2.3. Elektrikli Isıl İzleme Sistemi Sınırlamaları.....	190
1.18.2.4. Elektrikli Isıl İzleme Sisteminin Dezavantajları	190
1.18.2.5. Isıl İzleme Tasarım Adımları	190
1.18.3. BORU ISIL İZLEME İÇİN GENEL GEREKSİNİMLER.....	190
1.18.3.1. Buhar İzleme İçin Genel Kurallar	190
1.18.3.2. Cihazlarda Isıl İzleme Uygulaması	191
1.18.3.3. Buhar Isıl İzleme Sistemi Avantajları	192
1.18.3.4. Buhar Isıl İzleme Sistemi Dezavantajları	192
1.18.3.5. Isı Transfer Çimentosu.....	193
1.19. BORU İÇİ TEMİZLEME CİHAZLARI	194
1.19.1. BORU HATTI PİG- AMAÇ, DOMUZ TÜRLERİ VE PROSEDÜRÜ	194
1.19.2. İNŞAAT AŞAMASINDA BORU HATTI DOMUZ ATIM İŞLEMİ (PİGGİNG).....	196
1.19.2.1. Boru Hattı İnşaatı Sırasında Temizlik	196
1.19.2.2. Ölçüm ve Kalibrasyon	197
1.19.2.3. Kaliper Domuz İşlemi (Caliper Pigging)	197
1.19.2.4. Su Uzaklaştırma.....	197
1.19.2.5. Kurutma.....	198
1.19.2.6. Temel Durum Analizi İçin Akıllı Domuzlar	198
1.19.3. OPERASYON VE İNCELEME SIRASINDA BORU HATTI DOMUZ (PİG) İŞLEMLERİ	198
1.19.3.1. Operasyonlar Sırasında Temizlik.....	199
1.19.3.2. İşlemler Sırasında Toplu Karışım (Batch) İşlemler	199
1.19.4. BORU HATTI DOMUZ KULLANMA (PİGGİNG) İŞLEMİ SIRASINDAKİ RİSKLER.....	199
1.19.5. BORU HATTI (PİGGİNG)- DOMUZ FIRLATMA İÇİN TİPİK SIRA	200

KISIM-2 VANALARIN TEMEL FONKSİYON AMAÇLI ÖZELLİKLERİ203

2.0. VANALAR VE DEĞİŞEN GEREKSİNİMLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI.....	203
2.1. VANALARIN TARİHÇESİ.....	204
2.2. VANALARIN KULLANIM AMAÇLI TASARIMI ve SINIFLANDIRILMASI.....	204
2.3. AÇMA- KAPAMA VANALARI	205
2.4. AKIŞ KONTROL VANALARI	205

2.5. ÖZEL VANALAR	206
2.5.1. SIHHİ TESİSAT SİRKÜLASYON VANALARI	206
2.5.2. KRİYOJENİK VANALAR	207
2.5.3. ÇOK BAĞLANTI ÇIKIŞLI VANALAR (BALANCING VALVES)	213
2.5.4. DİP BOŞALTMA VANALARI	214
2.5.5. BUHAR VANALARI	214
2.5.6. ISITMA YAĞI VANALARI	214
2.5.7. UÇAK YAKIT SİSTEM VANALARI	216
2.5.8. SULAMA VANALARI	219
2.5.9. HAT KÖRLEME VANALARI	219
2.5.10. YANGIN TESİSAT VANALARI	220
2.6. MALZEME CİNSLERİNE GÖRE VANALAR	222
2.7. VANA KEÇE, SALMASTRA, CONTA TİPLERİ	224
2.8. VANA TESTLERİ	226
KISIM-3 VANALARIN TAHRİK MEKANİZMALARINI TEMELLİ ÖZELLİKLERİ	233
3.0. VANALARIN TAHRİK MEKANİZMALARINA GÖRE TASARIM TASNİFİ	233
3.0.1. VANALARIN KAPATMA ELEMANINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI	234
3.0.2. VANA BİLEŞENLERİ	235
3.0.3. YÜKSELEN SAPLI VE YÜKSELMİYEN SAPLI VANALAR (RISING AND NON-RISING STEM)	236
3.0.4. VANA SAP DAYANAK VE SAP KORUYUCU	238
3.1. EL KONTROLLÜ (MANUEL) VANALAR	240
3.1.1. VOLANLI VANALAR	240
3.1.2. KOLLU (LEVERLİ) VANALAR	244
3.1.3. SERVO MOTORLU VANALAR	244
3.2. GÜÇ KONTROLLÜ VANALAR	245
3.2.1. ELEKTRİK AKTÜATÖR KONTROLLÜ VANALAR	245
3.2.2. PNÖMATİK AKTÜATÖR KONTROLLÜ VANALAR	246
3.2.3. HİDROLİK AKTÜATÖR KONTROLLÜ VANALAR	248
3.2.3.1. Hidrolik Basınç Kontrol Vanaları	248
3.2.3.2. Hidrolik Aktüatör Çeşitleri	249
3.2.3.3. Tipik Hidrolik Aktüatör Özellikleri	249
3.2.3.4. Hidrolik Aktüatörün Avantajları ve Dezavantajları	249
3.2.3.5. Uygulama Alanları	250
KISIM-4 TESİSATA GÖRE VANA VE ARMATÜRLERİN TİPLERİ	251
4. TESİSAT TİPLERİNE VE BAĞLANTI ŞEKLİNE GÖRE KULLANILAN VANALAR	252
4.0. VANALARIN TESİSATLAR İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ	253
4.0.1. KULLANIM KOLAYLIĞI	262
4.0.2. EKONOMİK MALİYET	264
4.0.3. HASSASİYET VE ÇALIŞMA TOLERANSLARI	265
4.0.4. ÖMÜR VE BAKIM KOLAYLIĞI	265
4.0.5. KATODİK KORUMA	266
KAYNAKLAR	276
YARDIMCI BİLGİLER	277
EK-1 TESİSAT P&ID ARMATÜR ÇİZİMLERİ	277
EK-2 TABLOLAR	279

KISALTMALAR

AARH - Aritmetik Ortalama Pürüzlülük Yüksekliği kısaltmasıdır.

AC - (Alternative Current) - Dalgalı Akım

API - American Petroleum Institute

AR - (Actual Reading) Gerçek Ölçme

ASHRAE - (American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers)

BEP - Best Efficient Point) Pompa en verimli çalışma noktası

BHP - (Break Horse Power) Frenleme beygir gücü

BPCV - (Backpressure control valve) Geri basınç kontrol vanası

CIP - (Critical Inspection Program) Kritik ekipmanları kontrol programı.

CS - (Calibrated Surface) Kalibre edilmiş yayılma alanı

DCS - (Distributed Control System) Dağıtılmış Kontrol Sistemi

FF - (Flat Face) Tam yüz conta tipleri, düz yüzlü flanşlar.

FM - (Factory Mutual Laboratories) - FM Approvals, üçüncü taraf test ve belgelendirme hizmetleri konusunda uluslararası kuruluş.

FS - (Full Scale) Tam ölçekli

FSCV - Durağan Akış (Slug) Kontrol Vanası,

HAZOP - (Hazardous Operation Procedures) - Tehlikeli malzemeler işletmelerinin acil durumda yapacaklarını kapsayan prosedürler

HCA - (Hazardous Classified Area) Tehlikeli madde miktar ve risk oluşum etkilerini kapsayan alan haritası

HPW - (High Purity Water) Yüksek saflaştırılmış su

ILI - In Line Inspection

KPT - Korozyon Pontasiyel Testi

LVDT - (Lineer Değişken Diferansiyel Transformator)

IP (International Protection) giriş koruması

NEMA (National Electrical Manufacturers Association) Ulusal Elektrik Üretici Birliği standartlarına göre elektrik koruma derecesi yer almaktadır.

IPS - İnternal Pipe Size

ISA - (Instrument Society of America)

ISO Uluslararası standardizasyon örgütü

NACE - (National Association of Corrosion Engineers)

NEC (National Electric Code)

NPS - (Nominal Pipe Size) Amerikan boru çap ölçüsü

Ns - Spesifik hızı Santrifüj pompalarda çark orta delik çapının (D1) çark dış çapına (D2) oranı

OV - (Overfill Valve) Taşma Kontrol Vanası

PLC - (Programmable Logic Controller) Programlanabilir Mantık Kontrolü

PN - "Pression Nominal" Nominal Basınç - anma basıncı (bar cinsinden) değeridir.

PSI - (Process Safety Information) Proses Güvenliği Bilgilerinin

PSM - (Process Safety Management) Proses Güvenliği Yönetimi

Ra - Pürüzlülük Ortalaması anlamına gelen AARH ile aynı olarak da adlandırılır.

RF - (Raised Face) Düz halka conta tipleri yükseltilmiş yüzlü flanşlar.

RIP - (Routine Inspection Program) Tüm sitemin düzenli programlı kontrol periyodu.

SCADA - (Supervisory Control and Data Acquisition) Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi

SCH - (Schedule) - Amerikan Boru et kalınlığı sınıflandırması

STP - (Standard Temperature & Pressure) Standart sıcaklık ve basınç kısaltması

TDS - (Total Dissolved Solids) Toplam çözünmemiş katı madde miktarı

UL - (Underwriters Laboratories) yangın konusunda Amerikan onay kuruluşu

UPW - (Ultrapure Water) Ultra saf su

WHP - (Water Horse Power) su için beygir gücü

ŞEKİLLER

Şekil 1	Akışkan- Viskozite ve Hız Profili	3
Şekil 2	Uzama Viskozitesi Kesme Hızı-Deformasyona Bağlıdır	11
Şekil 3	Atık Su Çamur Davranışı	11
Şekil 4	Newton Yasasına Uymayan Akışkanların Tasnifi	11
Şekil 5	Newton Yasasına Uyan ve Uymayan Farklı Akışkanların Davranış Özeti	11
Şekil 6	a,b Boru İçerisinde Laminer Akış Hız Profili	12
Şekil 7	Her İki Nokta Arasındaki Enerji Dengesi	13
Şekil 8	Mutlak basınç - Manometre Basınç İlişkisi	13
Şekil 9	$\gamma=1,3$ için γ Net Genleşme Faktörleri	18
Şekil 10	$\gamma=1,4$ için γ Net Genleşme Faktörleri	19
Şekil 11	Kullanılan Boru Çeşitleri	24
Şekil 12	Demin Su Kullanım Tesisi Görünüşü	24
Şekil 13	Su İçin Sıcaklık-Basınca Göre Katı-Sıvı-Gaz Hali	33
Şekil 14	Su Basınç -Entalpi Diyagramı	38
Şekil 15	Buhar Hattı Gidiş Yönünde Eksantrik Redüksiyon Büyük Çap Üstte Yukarı Bakmalı	39
Şekil 16	Hat Üzerinde Eksantrik Çap Genişleme Alt Tarafta Yapılmalıdır	39
Şekil 17	Yatay Hat Üzerinde Eş Merkezli Redüksiyon ve Genişleme Yapılamaz	39
Şekil 18	Dikey Borularda Eş Merkezli Redüksiyon ve Genişleme yapılır.	39
Şekil 19	Flaş Noktası Hız ve Basınç profili	48
Şekil 20	Flaş ve Kaviteasyon İçin Hız ve Basınç Seviyeleri	48
Şekil 21	Vanaların Flaş ve Kaviteasyon Potansiyeli	49
Şekil 22	Kapalı Devre Akış İçin Vana Otoritesi	52
Şekil 23	Örnek Ana Boru Hattı Vanlar ve Enstrümanlar	59
Şekil 24	Vanalar ve Kontrol Devresi	59
Şekil 25	Tipik P&ID Sistem Parçası Gösterimi	59
Şekil 26	P&ID Sayfa Gösterimi	60
Şekil 27	P&ID - PFD veya MFS Pafta Yerleşim Katmanları (Kırmızı Ok Akış Düzeni)	60
Şekil 28	P&ID - PFD veya MFS Pafta Antet Formatı	60
Şekil 29	Tipik Pompa ve Vana Bağlantıları	63
Şekil 30	Tipik Yakıt Ayırıcı Pompa Vana Seviye Ölçme ve Otomatik Kontrol Tesisatı	63
Şekil 31	Yüzer Tavanlı Yakıt Tankı Boru Bağlantıları Vana ve Otomatik Seviye Kontrol Tesisatı	63
Şekil 32	Aerosol Vanaları	66
Şekil 33	Yüksek /Düşük Sıcaklık Kontrollü Dikme Vanası	67
Şekil 34	Kasa Vanası	67
Şekil 35	Noel Ağacı Vanaları	67
Şekil 36	Döner Hazne Vanası	67
Şekil 37	Sıkıştırılmalı Vana	67
Şekil 38	Kör Vana	68
Şekil 39	Hava Mantık Vanası (Medikal)	68
Şekil 40	Kartuş Vanalar	68
Şekil 41	Fiş (Tapa) Vana	69
Şekil 42	Küresel Vana	69
Şekil 43	Kollu Kelebek Vana	69
Şekil 44	Volanlı Kelebek vana	69
Şekil 45	Diyafram Vanası	70
Şekil 46	Sürgülü Vana	70
Şekil 47	Katı- Esnek- Parçalı Kama Çeşitleri	70

Şekil 48	Glob Vana	71
Şekil 49	Pistonlu Vana	71
Şekil 50	Pistonlu Vana Kesit	71
Şekil 51	İğne Vana ve Kesit Görünüş	73
Şekil 52	Seramik Disk Vanası	73
Şekil 53	DBB Vana Şema Görünüş	74
Şekil 54	DBB Vana Tasarım	74
Şekil 55	Trunnion Vana	74
Şekil 56	Tipik Başlatma Süzgeçleri	75
Şekil 57	Y Tip Pislik Tutucu ve Süzgeç Elemanı	75
Şekil 58	Buhar ve Gaz Uygulamaları Montaj Şekli	75
Şekil 59	Sıvılar Uygulamaları Montaj Şekli	75
Şekil 60	Dikey Boru üzerinde Montaj Şekli	76
Şekil 61	Kovalı Pislik Tutucu Kare Kod 14	76
Şekil 62	Tel Örgü ve Delikli Filtre Elemanı	77
Şekil 63	T Tipi veya Sepet Tipi Süzgeç	78
Şekil 64	Çalpara Çek Vana	81
Şekil 65	Çalpara Çek Vana	81
Şekil 66	Yatay ve Dikey Kullanılan Çalpara Çek Vana	81
Şekil 67	Kaldırma Diskli Kontrol Vana	82
Şekil 68	Eğimli Disk Kontrol Vanası	82
Şekil 69	Katlanır Disk Çek Vana	82
Şekil 70	Kılavuzlu Dikey veya Hat Üzeri Çek Vana	82
Şekil 71	Dikey veya Hat Üzeri Çek Vana	82
Şekil 72	Durdurma Çek Vana	83
Şekil 73	Durdurma Çek Vana	83
Şekil 74	Çok Klapeli Geri Dönüşsüz Vana	83
Şekil 75	Vana Kesit Görünüşü	83
Şekil 76	Ördek Gagası Çek Vana (Kılıfsız)	84
Şekil 77	Ördek Gagası Çek Vana (Kılıflı)	84
Şekil 78	Süzgeçli Dip Klapesi	84
Şekil 79	Dip Klapesi Montaj Derinliği Ve Kuyu Havalandırma Kapağı	85
Şekil 80	Titreşim Yutucu Körük Teknik Resmi	86
Şekil 81	Titreşim Yutucu Körük	86
Şekil 82	Basınç Dengeli Körük Teknik Resmi	86
Şekil 83	Basınç Dengeli Körük	86
Şekil 84	Basınç Dengeli Dirsekli Körük Teknik Resmi	86
Şekil 85	Basınç Dengeli Dirsekli Körük	86
Şekil 86	Harici Basınçlı Körük Teknik Resim	87
Şekil 87	Harici Basınçlı Körük Kare Kod 24	87
Şekil 88	Evrensel Genleşme Körük Teknik Resmi	87
Şekil 89	Evrensel Genleşme Körük	87
Şekil 90	Sınırlı Evrensel Körük Teknik Resmi	87
Şekil 91	Sınırlı Evrensel Körük	87
Şekil 92	Sabit Nokta Körük Teknik Resmi	87
Şekil 93	Sabit Nokta Körük	87
Şekil 94	Kılavuzlu Titreşim Yutucu Teknik Resmi	88
Şekil 95	Kılavuzlu Titreşim Yutucu	88
Şekil 96	Yiv Bağlantılı Körük Teknik Resmi	88

Şekil 97	Yiv Bağlantılı Körük	88
Şekil 98	Menteşeli Körük Teknik Resmi	88
Şekil 99	Menteşeli Körük	88
Şekil 100	Üç Boyutlu Hareketli Körük Teknik Resmi	88
Şekil 101	Üç Boyutlu Hareketli Körük	88
Şekil 102	Çeşitli Kauçuk Titreşim Yutucular 1 -12 arası	90
Şekil 103	Teflon Körükler	92
Şekil 104	Pompa Tasnifi,	94
Şekil 105	Santrifüj Pompa Giriş Çıkış Arası Hız Ve Basınç Davranış Grafiği	95
Şekil 106	Farklı Pompaların Basınç-Akış Miktarı Grafiği (BEP)	96
Şekil 107	Verimin En Yüksek Olduğu Debi (BEP)	97
Şekil 108	Dinamik Pompaların Sınıflandırılması	97
Şekil 109	Santrifüj Pompa Enine ve Boyuna Kesit Görünüşü	98
Şekil 110	Pompa Dağıtıcı Çark	98
Şekil 111	Çiftli Salyangoz Pompa	98
Şekil 112	Farklı Pompaların Basınç- Debi Performans Kapasiteleri	100
Şekil 113	Deplasman Pompalarının Sınıflandırılması	102
Şekil 114	Piston Pompası ve Tulumba Pompası	104
Şekil 115	Kayar Kanatçıklı Pompaların Çalışma Prensibi	105
Şekil 116	Esnek Çarklı Pompa Çalışma Prensibi	105
Şekil 117	Esnek Hortumlu Pompa İç Yapısı	106
Şekil 118	Akışkanların Davranış Şekilleri	108
Şekil 119	Pompaların Çeşitli Akışkanların Davranışlarına Göre Tork İhtiyacı	108
Şekil 120	Temel Kompresör Tipleri	109
Şekil 121	Kompresör Debi Kapasite ve Basınç Kullanım Aralıkları	110
Şekil 122	Tipik Kompresör ve Temel Ekipman Bağlantı Şeması	110
Şekil 123	Kaynak Borulu Flanş	113
Şekil 124	Kayar Flanş	113
Şekil 125	Soket kaynaklı Flanş	114
Şekil 126	Gevşek Flanş	115
Şekil 127	Dışlı Flanş	115
Şekil 128	Kör Flanş	116
Şekil 129	Sekiz Kör Flanşlar	116
Şekil 130	Kürek Flanşı	116
Şekil 131	Yükseltilmiş Yüzey Tırtıklı Gösterimi	117
Şekil 132	Çeşitli Yüzey Tırtıklama Ölçü ve Derinliği	117
Şekil 133	Doğru Montaj Düzlem ve Doğrultusu	118
Şekil 134	Yanlış Montaj Düzlem ve Doğrultusu	118
Şekil 135	Yatay Flanş Doğru Düzlem ve Doğrultusu	119
Şekil 136	Yatay Flanş Yanlış Düzlem ve Doğrultusu	119
Şekil 137	Tesis Kuzey Koordinat Sistemi	119
Şekil 138	Flanşlı Bağlantı Saplama Uzunluğu Hesabı	119
Şekil 139	Uygulanması Gereken Kuvvet	119
Şekil 140	Tam Yüz Daire-Düz Yüzlü Flanş Contası ve Düz Halka-Yükseltilmiş Yüzlü Flanş Contası	121
Şekil 141	Spiral Yara Contası Çeşitleri	121
Şekil 142	Kam Profilli Conta	122
Şekil 143	Metal Ceketli Conta Tipleri	123
Şekil 144	İzolasyon Flanşı	123
Şekil 145	Çeşitli Civata Kafa İşaretlemeleri	126

Şekil 146	Flanş 4-6 Cıvata Sayısına Göre Tork İşlem Sırası	129
Şekil 147	Flanş 12-16 Cıvata Sayısına Göre Tork İşlem Sırası	129
Şekil 148	Flanş 20-24 Cıvata Sayısına Göre Tork İşlem Sırası	129
Şekil 149	Çeşitli Pilot Kontrollü Şamandıralı Vanalar	130
Şekil 150	Çeşitli Uygulamalar İçin İrtifa Vanaları	131
Şekil 151	Modülasyonlu Şamandıra Vanaları	131
Şekil 152	Boru Tipi Gözetleme Camı	133
Şekil 153	Basınçlı Kaplar İçin	133
Şekil 154	Boru Tipi	133
Şekil 155	Kürek Akış Anahtarı (NO)	134
Şekil 156	Kürek Akış Anahtarı Kapalı Çalışır	134
Şekil 157	Piston Tipi Akış Anahtarı (NO)	134
Şekil 158	Piston Tipi Akış Anahtarı Kapalı Çalışıyor	134
Şekil 159	Dağılım Sıcaklık Akış Anahtarı	135
Şekil 160	Emniyet vanası	137
Şekil 161	Emniyet Vanası	137
Şekil 162	Tipik Emniyet Tahliye Vanası	138
Şekil 163	Körüklü Dengeli Emniyet tahliye Vanası (Bone Açık)	138
Şekil 164	Körüklü Dengeli Tahliye Vanası Bone Havalandırmalı Piston Conta Takviyeli	138
Şekil 165	Oransal Tahliye Vanası	139
Şekil 166	Oransal Tahliye Vanası	139
Şekil 167	Direkt Yüklü Vakum Tahliye Vanası	139
Şekil 168	Direkt Yüklü Vakum/ Basınç Tahliye Vanası	139
Şekil 169	Nefes Alma Vanası	140
Şekil 170	Tipik Hat Sonu Alev Tutucu	141
Şekil 171	Hat üzeri Alev Tutucu	141
Şekil 172	Buğu Çözücü Tipik Çalışma Prensibi	147
Şekil 173	Standart Tip Buğu Çözücü Pedler	148
Şekil 174	Verimli Buğu Çözücü Ped	148
Şekil 175	Yüksek Verimli Buğu Çözücü Ped	148
Şekil 176	Yüksek Performanslı Ve Darbe Emici Buğu Çözücü Pedler	149
Şekil 177	Farklı Amaçlar İçin Tipik Kule Çeşitleri	149
Şekil 178	Farklı Amaçlar İçin Buğu Çözücü Ve Damıtma- Ayırma Kolonları	149
Şekil 179	Standart Kinetik Hava/Vakum Tahliye Vanası	150
Şekil 180	Vana Montaj Tip Detayı	150
Şekil 181	Sürekli Etkili Hava Purjör/Vakum Tahliye Vanaları	150
Şekil 182	Çeşitli Hava Tahliye Vanaları	151
Şekil 183	Şamandıralı Buhar Kapanı Çalışma Prensibi (Steam Trap)	153
Şekil 184	Ters Kovalı Buhar Kapanı Çalışma Prensibi	154
Şekil 185	Termostatik Buhar Kapanı Çalışma Prensibi	154
Şekil 186	Körük Dengeli Basınçlı Buhar Kapanı	155
Şekil 187	Termostatik Bi-metalik Tip Buhar Kapanı Çalışma Prensibi	156
Şekil 188	Termodinamik Buhar Kapanı Çalışma Prensibi	157
Şekil 189	Venturi Başlangıç-Isınma Durumu	157
Şekil 190	Venturi Çalışma-Flaş Geri Basınç Durumu	157
Şekil 191	Venturi Orifis Buhar Kapanı	158
Şekil 192	Tipik Siklon	162
Şekil 193	Orta Verimli Siklon	162
Şekil 194	Yüksek Verimli Siklon	162

Şekil 195	Çoklu Siklon Kullanımı	163
Şekil 196	Basit Santrifüj Ayırıcı	163
Şekil 197	Basit Egzoz Ayırıcıları	164
Şekil 198	Tipik Sıvı-Sıvı Ayırıcı	164
Şekil 199	Çökeltme Hızı Derinlik İlişkisi	165
Şekil 200	Çökeltme Yüzey Alanı Artırma Teknikleri	165
Şekil 201	Orifis Yıkayıcısı	166
Şekil 202	Çarpma Yıkayıcı	166
Şekil 203	Venturi Tip Yıkayıcı Prensipteki Şeması	167
Şekil 204	Jet Tip Yıkayıcı Prensipteki Şeması	167
Şekil 205	Dinamik Yıkayıcılar	168
Şekil 206	Püskürtücü Kuleleri	168
Şekil 207	Kanalet ve Kanal Vanaları	169
Şekil 208	Taşma Kontrol Vanaları	169
Şekil 209	Pilot Kontrollü Dalgalanma Tahliye Vana	171
Şekil 210	Gaz Yüklü Dalgalanma Tahliye Vanası	171
Şekil 211	Yırtılma Diskleri	172
Şekil 212	Aşırı Gerilim Bastırıcıları	172
Şekil 213	Tipik Higrometre	179
Şekil 214	Lamine Higrometre	179
Şekil 215	Saç Higrometresi	179
Şekil 216	Direnç Higrometre	179
Şekil 217	Kapasitif Higrometre	179
Şekil 218	Akış Debisi Doğruluk Tespiti	184
Şekil 219	Buharla Isıl İzleme Tesisat Uygulama Örneği	187
Şekil 220	Elektrikli Isıl İzleme Sistemi Uygulama Örneği	187
Şekil 221	Tipik Elektrik Isıl İzleme Şeması	189
Şekil 222	El Uygulaması	194
Şekil 223	Prefabrik Uygulama	194
Şekil 224	Uygulama Ölçüleri	194
Şekil 225	Domuz (pig) Şekil Form ve Tipleri	195
Şekil 226	Tipik Temizlik Domuzları	196
Şekil 227	İşlem Hattı'nda Bir Engellemeyle Karşılaşan Ölçme Domuzu - Şematik	197
Şekil 228	Kaliper Domuz Üzerindeki Ekipmanlar İle Görünüşü	197
Şekil 229	İnşaat Aşamasında Boru Hatlarının Su Sıyırması - Şematik	198
Şekil 230	Karışıklı Domuz Şeması	198
Şekil 231	Boru Hattı Pig İşlemi Örnek Şema	200
Şekil 232	Fonksiyon Tanımlarına Göre Vana Tasnifi	204
Şekil 233	Küresel ve Kelebek Vana Şematik Görünüşü	205
Şekil 234	Sürgülü ve Diyafram Açma Kapama Vana Şematik Görünüşü	205
Şekil 235	LPG ve LNG Tesis Şeması	209
Şekil 236	Sıvı LPG Yeniden Gazlaştırılması	210
Şekil 237	Havadan Çeşitli Gazların Ayrıştırılması	210
Şekil 238	Kriyojenik Glob Vanası	211
Şekil 239	Kriyojenik Çek Vana	212
Şekil 240	Kriyojenik Çek Vana	212
Şekil 241	Kriyojenik Küresel Vana	212
Şekil 242	Kriyojenik Küresel Vana	212
Şekil 243	Basınç Tahliye Vanası	212

Şekil 244	Flanşlı basınç Tahliye Vanası	212
Şekil 245	İki Farklı Tahrik Mekanizmalı Kelebek Vanalar	213
Şekil 246	Tipik Havaalanı Yakıt Hidrant Sistemi ve Kullanılan Vana Tipleri	216
Şekil 247	Hidrant Kontrol Vanası Model 114 ve Sistem Basınç Kontrol Vanası Model 108-3 286	216
Şekil 248	Yüksek Seviye Kapatma Vanası Model 8104 ve Yüksek Seviye Kapatma Vanası 8106	217
Şekil 249	Akış Hızı / Dalgalanmasız Kontrol Vanası Model 120-6, Filtre Ayırıcı Kapatma Vanası Model 119 ve Karşı Basınç/Çek/Solenoid Kapatma Vanası Model 108-34	217
Şekil 250	Dolum Vanası Ürün Kurtarma Tankı için Model 8121-ETR ve Solenoid Kapatma/Yıkama Vanası Model 115-2 289	218
Şekil 251	Hidrant Kontrol Vanası Model 114-3 ve Karşı Akış/Çek/Solenoid Kapatma Vanası Model 108-34 290	219
Şekil 252	Yangın El veya Sıcaklık Kontrol Vanaları	221
Şekil 253	Otomatik Kontrollü Yangın Alarm Vanaları Temel Elemanları	222
Şekil 254	Sızdırmazlık Paket Sıcaklık ve Basınç Dayanım Grafiği	226
Şekil 255	Fisher™ Kayar Saplı Vanalar için Sızdırmazlık Paketi (Canlı Yüklü Olmayan)	226
Şekil 256	Vanaların Tahrik Mekanizmasına Göre Tasnifi	233
Şekil 257	Kapatma Elemanına Göre Vana Tipleri	234
Şekil 258	Bone Çeşitleri	236
Şekil 259	Vana Sapı Yükselen ve Yükselmeyen Tipli Vanalar	236
Şekil 260	Vana Sap ve Etrafındaki Elemanlar	237
Şekil 261	Vana Disk Çeşitleri	237
Şekil 262	Vana (Trim) İçerik Eleman Grubu	238
Şekil 263	Sap Sızdırmazlık Grubu	238
Şekil 264	Çekiç Volanı	241
Şekil 265	Redüktörlü Volan Mekanizması	241
Şekil 266	Redüktörlü Volan	241
Şekil 267	Sap ve Volanı Etkileyen Kuvvetler	243
Şekil 268	Küresel ve Kelebek Kollu Vanalar	244
Şekil 269	Kaldıraç Kuvveti Gerekmeyen Çok Küçük Vanalar	244
Şekil 270	Solenoid Vana Çalışma Prensibi	245
Şekil 271	Krameyer Dişlisi (Rack-n-Pinion)	246
Şekil 272	İskoç Boyunduruğu (Scotch Yoke) 2	46
Şekil 273	Kanatçıklı Tip	246
Şekil 274	Aktüatörlerin Tork Üretme Kapasitesi 2	47
Şekil 275	Lineer Aktüatör	248
Şekil 276	İç-İç Dişli Dış-Dış Dişli Dış-İç Dişli Vana	255
Şekil 277	Konik ve Düz Boru Dişi	255
Şekil 278	NPT (Amerikan Boru Dişi) Genel Yapısı	255
Şekil 279	Amerikan Dişli Küresel Vana	255
Şekil 280	BSPP Dişli Vana Sızdırmazlık Bağlantı Elemanı	256
Şekil 281	Soket Kaynaklı Vana Boru Bağlantısı 2	56
Şekil 282	Alın Kaynaklı Vana-Boru Bağlantısı	257
Şekil 283	Kendinden Lehimli Vana Boru Bağlantısı	257
Şekil 284	Tutkallı Soket Vana-Boru Bağlantısı	257
Şekil 285	ANSI Dairesel Cıvata ve SAE 4-Cıvata Flanşları	258
Şekil 286	Flanşlı Vana- Boru Bağlantısı ve Conta	259
Şekil 287	Tırtıklı Vana- Boru Flanş Cıvatalı Montajı	259
Şekil 288	Sıkıştırma Kulaklı Vana Montajı	259
Şekil 289	İki Parçalı Tek Kelepçeli Vana Montajı	260
Şekil 290	SAE 4 Cıvatalı Flanş Bağlantısı	260

Şekil 291	Yüksüklü Sıkıştırma Bağlantılı Vana	261
Şekil 292	İtme Bağlantı Elemanlı Vana Montajı	261
Şekil 293	Marpuçlu Hortum Vanası	261
Şekil 294	Marpuçlu Hortum Bağlantılı Vana Montajı	261
Şekil 295	Rakorlu Vana Plastik Esaslı Boru Bağlantısı	262
Şekil 296	Manifold Bağlantılı Vanaların Montajı	262
Şekil 297	Galvanik Anot Sistemi Katodik Koruma Şeması	268
Şekil 298	Etkilenen Akım Sistemi Katodik Koruma Şeması	269
Şekil 299	Elektrik Voltaj Düşümü	269
Şekil 300	Anot Kademeli Düşüm Alanı	269
Şekil 301	Karışık Metal Potansiyeli.	270

TABLULAR

Tablo 1	Bazı Akışkanların Mutlak Viskozitesi	4
Tablo 2	Tipik sıvılar için Kinematik Viskozite Saybolt Evrensel Saniye	5
Tablo 3	Dinamik Viskozite SI-İngiliz Birim Sistemi Dönüşüm	6
Tablo 4	Kinematik Viskozite SI-İngiliz Birim Sistemi Dönüşüm	6
Tablo 5	Diğer Çalışma Koşullarında E için Önerilen Değerler	18
Tablo 6	Çeşitli Su Tesisatı için Tavsiye Edilen Akışkan Hızları	20
Tablo 7	Karşılaştırmalı İçme Suyu Kalitesi	21
Tablo 8	TSE 266 İçerisinde Bulunmayan Parametreler	22
Tablo 9	Yarı İletken Endüstrisinde Kullanım İçin Su Kalitesi Standartları	23
Tablo 10	İlaç ve Biyoteknoloji Endüstrilerinde Ultra Saf Su Kullanımı	23
Tablo 11	Enjeksiyon için Farmakoloji Su Özellikleri 2	4
Tablo 12	Buhar Kazanları Besi Suyu Kalitesi (İşletme Basıncı 0,5-20 bar)	25
Tablo 13	Buhar Kazanları Kazan (İşletme Basıncı 0,5-20 bar)	26
Tablo 14	Su İzotoplarının Fiziksel Özellikleri	27
Tablo 15	Su İçerisindeki Kabul Edilen İnsan Sağlığı Parametreleri	27
Tablo 16	Hava-Su Çözünürlüğü	30
Tablo 17	25°C sıcaklıktaki diğer bazı basınçlar için suda çözünen Hava Hesap Özeti	31
Tablo 18	Hava İçerisindeki Gazlar ve Temel Değerleri	31
Tablo 19	Hava İçin Buhar Basıncı, Yoğunluk, Viskozite, Isı Kapasitesi, Termal İletkenlik Değerleri	32
Tablo 20	Hava İçerisindeki Gazlar ve Difüzyon Katsayıları	33
Tablo 21	Buhar Sistemleri İçin Tavsiye Edilen Akışkan Hızları	37
Tablo 22	Çeşitli Akışkanların Farklı Boru Taşınma Tasarım Hızları	43
Tablo 23	Çeşitli Akışkanların Özellikleri	43
Tablo 24	Çeşitli Yüzeyler için Manning Katsayısı n Değeri	45
Tablo 25	İnceleme ve Referans için Gerekli Bilgiler Listesi	61
Tablo 26	Mekanik Akış Şeması için (MFS) İçerisinde Bulunması Gereken Boru ve Ekipman Bilgileri	62
Tablo 27	NPS 2" ve eşlenik DN Karşılıkları	64
Tablo 28	NPS ½-24 Metrik/İnç Standardı- Sınıf ve ISO 7005 PN (Basınç Nominal*) Derecelendirmeleri	65
Tablo 29	Elek Aralık Ölçüsü Mesh Mikron Dönüştürme	77
Tablo 30	Çeşitli Elastik Malzemelerin Teknik Özellikleri	91
Tablo 31	PD Pompaların Akışkan Özelliklerine Göre Seçim Tablosu	103
Tablo 32	PD Pompaların Akışkan Özelliklerine Göre Seçim Tablosu (Devamı)	103
Tablo 33	Tesisat Boru Conta Çeşitleri	120
Tablo 34	Conta Yüzey Bitirme Gereksinimleri	120
Tablo 35	Metal Ceketli Conta Malzeme ve Sertlik Değerleri	123
Tablo 36	Fenolik Contaların Tipik Özellikleri	123
Tablo 37	Flaşlı Bağlantı Olası Problem ve Çözümleri	124
Tablo 38	ASTM – METRİK Cıvata Somun Ortak Bağlantı Elemanı Not ve Özellik Sınıfları	126
Tablo 39	Metrik Cıvata Malzeme ve Özellikleri	127
Tablo 40	Yükseltmiş Yüzlü Boru Flaşların Kabul Edilebilir Kusurları	128
Tablo 41	4- 32 Cıvatalı Flaşların Tork Sırası	130
Tablo 42	Akış Anahtarları Aşağıda Belirtilen Kullanılabilir Ek Özellikleri	136
Tablo 43	Buhar Kapanları Performans Kapasite Özellikleri	159
Tablo 44	Maksimum Kondens Yükü Ekipman Çıkış Boru Boyutu Tablosu	159
Tablo 45	Kimyasal Prosesler Prensipleri Sınıflandırması	162
Tablo 46	Isıl İzleme Sistemleri Toplu Değerlendirmesi	193
Tablo 47	Kullanım Amacına göre Vana Kategorileri	203
Tablo 48	Petrol Türevleri ve Gazlar için Temel Değerler	209
Tablo 49	DIN EN 1992-2'ye Göre Basınç-Sıcaklık İlişkisi	215
Tablo 50	DIN EN 1992-1'ye Göre Basınç-Sıcaklık İlişkisi	215

Tablo 51	Fisher Sızdırmazlık Grup Seçim Kılavuzu Kayar-Saplı Vana (Sliding-Stem Valves)	225
Tablo 52	Genel Vana Tipleri ve İlgili Test Standartları	228
Tablo 53	ANSI/FCI 70-2-2005 Vana Kaçak Sınıflandırmalar (ANSI B16.104'ün yerini alıyor)	228
Tablo 54	FCI 70-2 Sızdırma Miktarı Sınıf VI (EN 60534-4) İçin (Leakage Rates Class VI (EN 60534-4)	229
Tablo 55	API 598 (9. baskı 2009) Vana Oturak Kaçak Değeri	229
Tablo 56	İzin Verilen Maksimum Kapatma Testi Koltuk Kaçak Oranı 150 5208:2008(E)/API 6D* (2008)	231
Tablo 57	EN 12266 ve API 598'a Göre Vanalar için Referans Test Kabulleri	232
Tablo 58	Vanaların Harekete Dayalı Sınıflandırılması	234
Tablo 59	API Vana İçerik No 6 Kapsamında Malzeme ve Sertlik Standardı	239
Tablo 60	API 600 Malzeme İçerik (Trim) Listesi	239
Tablo 61	Bıçaklı Sürgülü Vana Volan Çapı Fark Basınç -Rimpull Kuvveti ve Dönüş Sayısı	243
Tablo 62	Farklı Vana Tiplerinin Tesisat Tiplerine Göre Performans Özeti	251
Tablo 63	Akışkanların Özelliklerine Göre Vana Fonksiyon ve Kontrol Elemanı	253
Tablo 64	Akışkanların Özelliklerine Göre Vana Fonksiyon ve Kontrol Elemanı	254
Tablo 65	Yıllar İçinde Ekipman Ömrü Beklentisi	266
Tablo 66	Ortak Referans Elektrotlar Referans Elektrotları	266
Tablo 67	Korozyon Etüt Bileşeni Test (CP) Sistemi	271
Tablo 68	Tablo 3-2 Yapı Tipine Göre Korozyon Araştırması Potansiyel Ölçümleri	272
Tablo 69	Toprak Paslandırma Miktarı	272
Tablo 70	Faktör Değer Toplamına Göre Zamanlama Konuları	274
Tablo 71	Örnek 1 Değer Faktörü	274
Tablo 72	Örnek 2 Değer Faktörü	275
Tablo 73	Örnek 3 Değer Faktörü	275
Tablo 74	Çeşitli Akışkanların Özellikleri	275
Tablo 75	Doymuş Buharın Özellikleri	279
Tablo 76	Soğuk Buhar Borularında Yoğuşma Miktarı	281
Tablo 77	Soğuk Buhar Borularında Yoğuşma Miktarı	282
Tablo 78	Çeşitli Gazların Özellikleri	282
Tablo 79	Gaz Yakıtların Özellikleri	283
Tablo 80	Sıvı Yakıtların Özellikleri	283
Tablo 81	1 bar Hava Özellikleri	284
Tablo 82	Baca Gazları Özellikleri	284

KISIM-1

VANA - ARMATÜRLER TEMEL ve GENEL BİLGİLER

1. GİRİŞ

“Boru ve bağlantı elemanları el kitabı” hazırlanırken boru tarifi ve tesisatların kapsamlarındaki elemanları kapsayan bilgiler hem eksik kalmıştır hem de vanalar ve tesisat armatürleri ile ilgili temel bilgiler de yeterince içerisinde yer almadığı yönünde eleştiri ve tespitler ile geri dönüşler alınmıştır. TR20 kapsamında başlayan yolculuk, kitap genişlemesine rağmen, tam olarak vana ve diğer tesisat armatürleri kapsamda yer bulamamışlardır. Sonraki süreçte öncelikle ya vanalara yönelik bir çalışma yapılması veya tesisat askı ve taşıyıcı sistemler ile ilgili çalışma yapılması söz konusu olduğunda, 2018 deprem yönetmeliğinin etkisi ile hazırlanacak kitap "Elektromekanik Tesisat Askı ve Destek Sistemler El Kitabı" olarak gerçekleştirildi.

Hala geride yazılması gereken tesisat vanaları ve armatürler ile ilgili gerek teorik tasarıma, gerekse uygulamaya yönelik tüm P&ID (Boru ve Enstrümanları Diyagramı), direnç, debi, otomasyon için gereken armatürler için tasarım sırasında seçim ve hidrolik hesap yapılmasında kullanılacak her türlü tesisat armatürünü de anlatacak bir yayın kalmıştır.

Takdir edersiniz ki bu yayın sadece vanaları ve diğer armatürleri anlatmakta kalmayıp aynı zamanda uluslararası tasarım notasyonlar ve çizim kuralları, hidrolik akış şeması (Flow Diyagram) dahil hem endüstriyel hem de konfor ve klima tesisatını da anlamamızı kolaylaştıracak bazı pratik bilgileri de ekliyoruz. Tesisat için sistemin hidrolik dengelenmesi ve özellikle tasarım sırasında dengeleme ve doğru çalışması için konulması gereken malzemeler ile konuşlanma kurallarını da anlatmak niyetindeyiz. Özellikle TAD (Test ve Dengeleme) işlemleri için veya tüm işlemlerin nasıl yapılacağını tarif eden Komisyon raporu (Commissioning) veya Türkçe adı ile **Belgeleme -İletişim -Doğrulama (BID)** süreci ve teslimat sürecini (Hand Over) kapsayacak şekilde kitabı genişleteceğiz.

BIM süreci ile ilgili kısımlardan özellikle bahsedeceğiz ve tesisat armatürlerini tasarım sırasında seçerken nelere dikkat edilmesi gerektiğini, malzemelerin normalde açık veya kapalı olması dışında tesisattan nasıl hava tahliye edileceği veya tesisatın nasıl boşaltılacağını da şematik olarak da detaylandıracağız.

Vana ve diğer armatürler için işin mutfağına girip malzeme seçimleri konusunda biraz metalürji bilgileri ile ayrıca çeşitli patlamaya yatkın akışkanlar için de risk yönetim kurallarından bahsedeceğiz.

Özellikle pompalar ve değişken debili pompaların enerji ekonomisi ve hassas hidrolik denge için tesisata katılması ile değişen kontrol mantığı ve Kv veya Cv değerleri için hesaplarda oluşan farklılıkları da tablolar ile anlatmaya çalışacağız.

Tesisatlar için test ve devreye alma süreçleri öncesi alınması gereken emniyet tedbirleri kontrol listeleri ekler içerisinde yer verilirken tipik vana şartnameleri de ekler içerisinde yer alacaktır.

Özellikle bu kadar geniş kapsam içerisinde bazı imalatçılara ait özel detaylar, pompalar, ısı izolasyonsuz vanaların enerji kayıpları gibi bilgiler, firmaların imatları arasında farklılıklar yaratacağı için kaynağı ile yayınlanacaktır. Kimyasal ve yakıt tesisatı konusunda risk yönetimi süreçleri için alınması gereken tedbirler, titreşim ve sismik konularda alınması gereken tedbirler ayrıca uluslararası kurallarla yayınlanacaktır.

Kısaca bu derleme, sektörde çokça karşılaştığınız vana ve tesisat armatürlerini değişik açıdan, anlatıldığı markadan bağımsız temel mühendislik kuralları ile başlayıp, süreç içerisinde karşılaştığınız sorunların neden sonuç ilişkileri içerisinde anlatılmaya çalışılan bir eser olacaktır.

Bu derlemenin hazırlanması için yine sadece bilinen kaynaklar ve kataloglar yerine uzun yıllar boyunca doğru olarak bilinen yanlışlar ve yanlış olarak değerlendirilen doğrulara açıklık getirilmek için okuyucuya kolay hitap eden teknikler kullanılacaktır.

1.1 TESİSAT ARMATÜRLERİ TİP VE ÇEŞİTLERİ İÇİN TEMEL KAVRAMLAR

Tesisat sektörü içerisinde üniversitelerde aldığımız temel bilgilerin süreç içerisinde tasarım, uygulama, kontrol aşamalarında adını bile hatırlamadan kullandığımız kavramları, terimleri, formülleri yöntemleri hatırlamak için bilgilerimizi tazelemekte fayda var. Yıllar geçtikçe bu kavramların yerlerini pratik tabloları kullanma alışkanlığı ve yöntemleri öne çıkmaktadır. Tüm akışkanlar için yapılan tesisatlar, akışkanların davranışlarını bilmeden doğru çözülemeyecek problemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Derleme içerisinde teoriyi pratikte doğru kullanım için sınırlı miktarda temel prensiplerin ötesine taşımadan aktarmaya çalışayım.

1.1.1 AKIŞKANLAR MEKANIĞI TEMEL KAVRAMLAR

Sıvıyı bir noktadan diğerine taşımanın en yaygın yöntemi, sıvıyı bir boru sisteminden akmaya zorlamaktır. Bu taşımayı yaparken, en sık olarak dairesel kesitli borular kullanılır, çünkü bu geometrik şekil, sadece daha fazla yapısal mukavemet değil, aynı zamanda cidar yüzeyi birimi başına diğer şekillerden daha fazla kesit alanı sağlar. Aksi belirtilmedikçe, bu kitaptaki "boru" kelimesi her zaman dairesel kesit ve sabit iç çapta kapalı bir kanala atıfta bulunacaktır. Ayrıca açık kanal, kanalet veya değişik şekillerde atmosfere açık akışkanı taşıma yöntemleri de vardır.

Akışkanlar mekaniğinde sadece birkaç özel sorun boru içerisinde laminer hızda yavaş akan rasyonel matematiksel yollarla tamamen çözülebilir. Onun dışındaki diğer tüm problemler, kısmen en azından deneysel olarak belirlenen katsayılara dayanan çözüm yöntemleri gerektirir. Borudaki akış sorunu için birçok ampirik formül önerilmiştir, ancak bunlar genellikle son derece sınırlıdır ve yalnızca sorunun koşulları formüllerin türetildiği deneylerin koşullarına yakından yaklaştığında uygulanabilir.

Modern endüstriyel süreçlerde çok çeşitli sıvıların kullanılması nedeniyle, borudaki herhangi bir sıvının akışı için kullanılabilecek tek bir denklem bariz avantajlar sunar. Böyle bir denklem Darcy* formülüdür. Darcy formülü, boyutsal analiz yoluyla rasyonel olarak türetilebilir; ancak, formüldeki bir değişken özellikle sürtünme faktörü deneysel olarak belirlenmelidir.

Bu formül akışkanlar mekaniği alanında geniş bir uygulamaya sahiptir ve bu makale boyunca da yaygın olarak kullanılacaktır. Viskozite, katı sınırların yakınında sıvı davranışını ve sıvı hareketini analiz ederken önemli bir sıvı özelliğidir ve bir sıvının, dış kuvvet ile hareket edildiğinde akmaya karşı direnci olduğunu ifade eder. Mutlak viskozite katsayısı veya basitçe, bir sıvının mutlak viskozitesi, iç deformasyona veya kesmeye karşı direncinin bir ölçüsüdür. Bal oldukça viskoz bir sıvıdır; su nispeten çok daha az viskozdur ve gazların viskozitesi ise, suya kıyasla oldukça küçüktür.

Görünür viskozite olarak da bilinen kesme viskozitesi, kesme hızına bölünen bir sıvıya uygulanan kesme stresi veya kesme hızına karşı ilişki viskozitesidir. Newton sıvıları için bu ilişki sabittir ve Newton'un Viskozite Yasası olarak bilinir. Bununla birlikte, çoğu sıvı Newton yasasına uymaz, yani viskoziteleri doğrudan kesme hızlarına (Kesme İnceltme veya Kalınlaşma) veya deformasyon geçmişine (Tiksotropik sıvılar) bağlıdır.

Çoğu sıvının viskozitesi öngörülebilir olsa da bazılarında viskozite sıvının önceki çalışmasına bağlıdır. Yazıcının mürekkebi, ahşap hamuru bulamaçları ve ketçap, viskozitenin bu tür tiksotropik özelliklerine sahip sıvılara örnektir.

Bir sıvının viskozitesi, kesme stresi veya çekme stresi ile kademeli deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür. Bir sıvıdaki kesme direnci, sıvı katmanları birbirleri tarafından kaymaya çalışıldığında uygulanan moleküler sürtünmeden kaynaklanır. Sıvı viskozitesinin iki ilgili temel ölçüsü olan, uzatma ve görünür viskoziteler, Newton yasalarına uymayan özel akışkanlar için farklı uygulamalarda kullanılır.

- Dinamik (veya mutlak),
- Kinematik viskozite
- Uzatma viskozitesi
- Görünür viskozite

Uzatma Viskozitesi

Bazı durumlarda gerilme stresi uygularken Newton dışı davranışlar gösteren bir sıvının viskozite türüdür. Eksenel veya birden fazla eksenel olarak, şaftta meydana gelen stres ve deformasyon hızı arasındaki ilişkidir.

Görünür viskozite

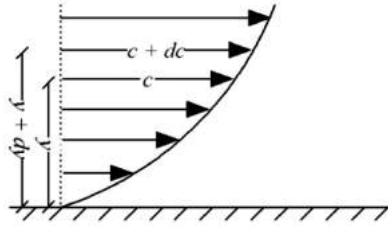
Kesme stresi, sıvının doğrusal olmayan davranışın varlığıyla deforme olma hızına bölüldüğünde, belirgin viskozite ile sonuçlanır. Viskozite ve kesme hızı ilişkisi de görünür viskoziteyi ifade eder.

Hız, kesme stresinin Newton dışı sıvılar için kesme oranından doğrudan etkilenen ve Newton sıvıları için sabit kalan kesme hızına bölünmesiyle ölçülür.

Dinamik (mutlak) Viskozite

Mutlak viskozite- mutlak viskozite katsayısı- iç direncin bir ölçüsüdür. Dinamik (mutlak) viskozite, sıvıda bir birim mesafesini korurken bir yatay düzlemi başka bir düzleme göre- birim hızda- hareket ettirmek için gereken birim alan başına oluşan teğet kuvvettir.

Düz paralel çizgilerde hareket eden türbülanssız bir sıvının katmanları arasındaki kesme stresi, Newton sıvısı için aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1 Akışkan- viskozite ve hız profili

Diğer bir deyiş ile Mutlak Viskozite, bir sıvının dış kuvvet ile hareket ettirildiğinde akmaya karşı direnci ifade eder. Mutlak viskozite katsayısı veya basitçe, bir sıvının mutlak viskozitesi, iç deformasyona veya kesmeye karşı direncinin bir ölçüsüdür. Pekmez oldukça viskoz bir sıvıdır; su nispeten çok daha az viskozdur ve gazların viskozitesi ise, suya kıyasla oldukça küçüktür.

Dinamik viskozitenin tutarlı SI birimi, metrekare başına Newton saniye ($N s/m^2$) veya metre saniye başına kilogram ($kg/m s$) olarak da ifade edilebilen Paskal saniye (Pa/s) birimidir.

CGS (Santimetre- Gram-Saniye) birim sistemindeki birimi ise, dyne s/cm^2 veya santimetre saniye başına gram birimine sahiptir. Alt birim olan santipoise (cP), 10^{-2} poise, şu anda dinamik viskoziteyi ifade etmek için en sık kullanılan birimdir ve bu durumun bir süre daha devam etmesi olası görünmektedir. Bu nedenle ve çoğu el kitabı ve tablo da aynı prosedürü izlediğinden, bu derlemede de tüm viskozite verileri santipoise veya SI birimleriyle ifade edilecektir. Ancak, yanlışlıkları önlemek için, hangi tablo kullanılırsa kullanılsın mutlaka birimlerini kontrol etmeyi unutmayın.

Pascal saniye ve santipoise arasındaki ilişki şöyledir:

$$1 \text{ Pa s} = 1 \text{ N s/m}^2 = 1 \text{ kg/ (m/s)} = 10^3 \text{ cP}$$

$$1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa s}$$

Kesme stresi şu şekilde ifade edilebilir

$$\tau = \mu \frac{dc}{dy}$$

$$= \mu \gamma$$

Denklem 1 Newton Sürtünme Yasası.

$$\tau = \text{sıvıda kesme stresi (N/m}^2\text{)}$$

$$\mu = \text{sıvının dinamik viskozitesi (N s/m}^2\text{)}$$

$$dc = \text{birim hız (m/s)}$$

dy = katmanlar arasındaki birim mesafe (m)

$\gamma = dc / dy =$ kesme hızı (s^{-1})

Denklem 1a Dinamik viskozite ifade etmek için yeniden düzenlenebilir;

$$\mu = \tau dy / dc$$

$$= \tau / \gamma$$

Denklem 1a

SI sisteminde dinamik viskozite birimleri $N s/m^2$, Pa/s veya $kg/ (m/s)$ olduğundan, bu formüldeki Dinamik Viskozite; 1 Pa/s, 1 $N s/m^2$, 1 $kg/ (m/s)$ olabilir.

Dinamik viskozite ayrıca metrik CGS (santimetre-gram-saniye) sisteminde $g/ (cm/s)$, dyne s/cm^2 veya poise (P) olarak ifade edilebilir.

Sembol μ . santipoise cinsinden ölçülen viskozite için kullanılır ve paskal saniye ünitelerde ölçülen viskozite için μ' kullanılır. Suyun 20°C sıcaklıkta viskozitesi yaklaşık 1 santipoise¹ veya 0,001 paskal saniyedir.

$$1 \text{ poise(P)} = 1 \text{ dyne s/cm}^2 = 1 \text{ g/ (cm s)} = 1/10 \text{ Pa/s} = 1/10 \text{ N s/m}^2$$

$$1 \text{ P} = 100 \text{ cP}$$

Tablo 1 Bazı Akışkanların Mutlak viskozitesi

Sıvı	Mutlak Viskozite * ($N s/m^2$, Pa/s)
Hava	$1.983 \cdot 10^{-5}$
Su	10^{-3}
Zeytinyağı	10^{-1}
Gliserin	10^0
Sıvı Bal	10^1
Altın Şurubu	10^2
Cam	10^{40}

* oda sıcaklığında

-20 °C ve 500°C arasındaki sıcaklık farkları için, dinamik /mutlak viskozite şu şekilde hesaplanabilir:

$$\mu_0 \cong \mu_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^m$$

Denklem 2

μ_T - T sıcaklığında dinamik viskozite; μ_{HEDEF} - T sıcaklığında referans dinamik veya mutlak viskozite μ_0 ; T, T_0 - sıcaklık; m = hava için 0,76, metan için 0,874, karbondioksit için 0,866, amonyak için 1,05;

Gaz karışımı dinamik veya mutlak viskozite kullanılarak hesaplanabilir (Herning-Zipperer):

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n r_i \mu_i \sqrt{M_i T_{ci}}}{\sum_{i=1}^n r_i \sqrt{M_i T_{ci}}}$$

Denklem 3

Bu denklemde;

r_i - i bileşenin hacim oranı;

μ - karışımın dinamik veya mutlak viskozitesi;

μ_i -i bileşenin dinamik veya mutlak viskozitesi;

M_i - i bileşenin moleküler kütlesi;

T_{ci} -i bileşenin kritik sıcaklığıdır.

Kinematik Viskozite:

Bu, dinamik viskozitenin yoğunluğa oranıdır. CGS birim sisteminde stoke (St), saniyede santimetre kare ve santistoke (cSt), 10^{-2} stoke, yaygın olarak kullanılan alt birimdir.

¹ 20 °C'de suyun viskozitesi 1.002 santipoise'dir ("Kimya ve Fizik El Kitabı" 54th Edition 1973-4 CRC baskısı)

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^6 \text{ cSt}$$

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\vartheta(\text{santistoke}) = (\mu(\text{santipoise})) / (\rho'(\text{gr}/\text{cm}^3))$$

Denklem 4 kinematik viskozite

Viskozite ve Referans Sıcaklık

Bir sıvının viskozitesi yüksek sıcaklığa bağlıdır ve dinamik veya kinematik viskozitenin anlamlı olması için **referans sıcaklığın** alınıt yapılması gerekir. ISO 8217'de sıvı için referans değerlerini 100°C sıcaklık için tanımlar. Damıtılmış sıvılar için referans sıcaklık 40°C'dir.

- Sıvılar için- kinematik viskozite sıcaklık arttıkça **azalır**,
- Gazlar için- kinematik viskozite sıcaklıkla arttıkça **artar**.

Sıcaklıktaki arttıkça sıvıların viskozitesinin azaldığı ve gazların viskozitesinin arttığı düşünülür ise birçok sıvının transferi sırasında neden ısıtıldığı da çok net anlaşılabilir.

Yukarıda açıklanan SI ve CGS birimleri arasında dönüşüm faktörleri ve ayrıca dinamik ve kinematik viskozite emperyal birimleri için (Tablo 1 ve Tablo 2'de) verilmiştir.

Sıvıların mutlak viskozitesinin (özellikle gazlar ve buharlar için) ölçümü, ayrıntılı ekipman ve önemli deneysel kaynaklar gerektirir. Öte yandan, yağların ve diğer viskoz sıvıların kinematik viskozitesini ölçmek için tüp viskozimetre veya viskozimetre şeklinde oldukça basit bir alet kullanılabilir. Bu tür bir aletle, bir kap sıvı hacminin bir delikten akması için gereken süre belirlenir ve kinematik viskozite ölçümü saniye cinsinden ifade edilir.

Saybolt Evrensel Saniye (veya SUS, SSU)

Saybolt Universal Saniye (veya SUS), viskoziteyi ölçmek için alternatif bir birimdir. Akış süresi, petrol ürününün 60 mililitresinin Saybolt Universal viskozimetresinin kalibre edilmiş deliğinden akması için gereken Saybolt Universal Saniye'dir (SUS)- test metodu ASTM D 88'e göre dikkatlice kontrol edilen bir sıcaklık altında yapılır. Bu yöntem artık büyük ölçüde kinematik viskozite yöntemine dönmüştür. Saybolt Universal Saniye, *SSU numarası (Saniye Saybolt Universal) veya SSF numarası (Saybolt Saniye Furol)* olarak da adlandırılır.

Tablo 2 Tipik sıvılar için Kinematik Viskozite Saybolt Evrensel Saniye

Tipik Sıvı	Santistoke (cSt, $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, mm^2/s)	Saybolt Evrensel Saniye (SSU, SUS)
Cıva	0,1	
Su (20°C)	1	31
Süt		
SAE 20 Karter Yağı	4,3	40
SAE 75 Dişli Yağı		
No. 4 Akaryakıt	15,7	80
Krema	20,6	100
Bitkisel yağ	43,2	200
SAE 30 Karter Yağı		
SAE 85 Dişli Yağı	110	500
Domates Suyu		
SAE 50 Karter Yağı	220	1000
SAE 90 Dişli Yağı		
SAE 140 Dişli Yağı	440	2000
Gliserin (20°C)		
SAE 250 Dişli Yağı	1100	5000
Bal	2200	10000
Mayonez	6250	28000
Ekşi Krema	19000	86000

SSU için kinematik viskozite ile dinamik veya mutlak viskozite şu şekilde ifade edilebilir:

$$v_{SSU} = B \mu / SG$$

Denklem 5

$$= B v_{\text{santiStokes}}$$

ν_{SSU} = kinematik viskozite (SSU)

B = 100 °F (37,8 °C) sıcaklık için 4,632

B = 210°F (98,9 °C) sıcaklık için 4,664

μ = dinamik veya mutlak viskozite (cP)

SG = Özgül Ağırlık

$\nu_{santiStokes}$ = kinematik viskozite (santistoke)

Saybolt Universal, Saybolt Furol (viskozitesi yüksek sıvılar için), Redwood No 1 ve No 2 ve Engler gibi ampirik ölçeklerle sonuçlanan çeşitli tüp viskozimetre formları kullanılır. Bu ampirik viskoziteler ile mutlak birimlerdeki kinematik ve dinamik viskoziteler arasındaki ilişkilere ilişkin bilgiler EK B'de görülebilir.

Tablo 3 Dinamik Viskozite SI-İngiliz Birim Sistemi Dönüşüm

Hesapsamak için Çarpım	PaskalSaniye Pa s	Santipoise cP	Paundal Saniye / ft ² pdl s / ft ²	paund _f Saniye / ft ² lb _f s / ft ²	Kg _f Saniye / m ² Kg _f s / m ²
1 Pa Saniye (= 1 N s / m ²) Pa s	1,000	1000	0,672	0,0209	0,102
1 Santipoise cP	0,001	1	0,000672	0,0000209	0,000102
1 Paundal Saniye / ft (= 1 lb / (ft s)) pdl s / ft ²	1,488	1488	1	0,031	0,152
1 paund _f Saniye / ft ² (= 1 slug / (ft s)) lb _f s / ft ²	47,88	47880	32,174	1	4,882
1 Kg _f Saniye / m ² Kg _f s / m ²	9,807	9807	6,59	0,205	1

Dinamik viskozite değerini diğer birimlere çevirmek için sol baştaki kolon ve o sıradaki nümerik değeri çarparak sağ taraftaki birimlere çevirebilirsiniz.

Örnek; Dinamik viskozite değeri 0.0014 slug/ft saniyeyi, Santipoise çevirmek için 0,0014x 47880 = 67,032 Santipoise eder.

Tablo 4 Kinematik Viskozite SI-İngiliz Birim Sistemi Dönüşüm

Hesapsamak için Çarpım	metre kare/Saniye	SantiStoke cSt	inç kare/saniye in ² /s	foot kare/saniye ft ² /s
1 metre kare/Saniye m ² /s	1,000	1000000	1550	10,764
1 Santistoke cSt	0,000001	1	0,00155	0,000100764
inç kare/saniye in ² /s	0,0006452	645,2	1	0,006944
foot kare/saniye ft ² /s	0,0929	92903	144	1

Örnek; Kinematik viskozite değeri 0,5 ft kare/saniye değerini santistoke olarak 92903 değeri ile çarparak 0,5 x 92903= 46451 santistoke olarak hesaplarız.

Sıvı petrol ürünleri için ASTM standart viskozitesi- sıcaklık grafiği, iki farklı sıcaklıkta viskozite bilindiğinde herhangi bir sıcaklıkta bir petrol ürününün Saybolt Evrensel viskozitesini belirlemek için yaygın olarak kullanılır. Basıncın sıvıların ve ideal gazların viskozitesi üzerindeki etkisi o kadar küçüktür ki, çoğu akış probleminde pratik bir değeri yoktur. Tersine, doymuş veya sadece biraz aşırı ısınmış buharların viskozitesi, buharın viskozitesini gösteren sayfasında belirtildiği gibi basınç değişiklikleri ile önemli ölçüde değişmektedir.

Akışkanlar, kesme stresi uygulaması altında akan veya deforme olan maddeler olarak tanımlanabilir ve bu davranış sıvıları ve gazları içerir. Dünyadaki birçok kurum akışkanlar üzerine mühendislik çalışması yapmaktadır.

Temel olarak, bilim çalışmasında, sıvılar iki temel geniş gruba ayrılır. Bu yazıda sıvıları, Newton sıvıları ve Newton dışı davranan sıvılar olarak tanımladım. Newton sıvıları, Newton Viskozite Yasası'na uyan sıvılardır. Newton dışı sıvılar ise, Newton viskozite yasasına uymaz ve Newton sıvısının tam tersi hareket eder. Newton dışı sıvılar zamandan bağımsız, zamana bağımlı ve elastikoviskoziteli veya viskoelastik sıvılar olarak gruplanır.

Maalesef akışkanların buharlarıyla ilgili veriler eksik ve bazı durumlarda çelişkilidir. Bu nedenle, yeterli veri olmaması nedeniyle basıncın etkisini ihmal etmek için, su buharı dışındaki çeşitli sıvıların gaz (buharlaşmış) haliyle işlem yaparken uygun olacaktır.

Yoğunluk, Özgül Hacim ve Özgül Ağırlık:

Bir maddenin yoğunluğu birim hacim başına kütlesidir. SI yoğunluk birimi metreküp başına kilogramdır (kg/m³) ve bu derlemede kullanılan sembol tanımlaması ρ dur.

Yaygın olarak kullanılan diğer metrik birimler şunlardır:

Santimetre küp başına gram (g/cm³) 1 g/cm³

veya Mililitre başına gram (g/ml) = 1000 kg/m³

Özgül hacim, yoğunluğun tersidir ve özgül hacim \bar{v} değeri SI birimi olarak, kilogram başına metreküptür (m³/kg)

$$\bar{V} = \frac{1}{\rho} \quad \text{ve} \quad \rho = \frac{1}{\bar{V}}$$

Birimler; Kilogram başına litre (l/ kg) 1 litre/ kg

veya Kilogram başına desimetreküp (dm³/kg) = 0,001 m³/kg olabilir.

Gazların ve buharın yoğunluğu basınç değişikliklerinde büyük değişimlere sahip olur, ideal gazların yoğunluğu aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$\rho = P/RT$$

R İdeal Gaz sabiti, R₀ (8314 J/kg-mol K) üniversal gaz sabiti olup, M ise gazın moleküler kütlesidir.

$$R = \frac{R_0}{M} = \frac{8314}{M} \text{ J/kgK} \quad \text{Denklem 6}$$

Örnek- Hava, Kinematik ve Mutlak Viskozite Arasında Dönüşüm

1 bar (10⁵ Pa, N/m²) ve 40°C'deki havanın kinematik viskozitesi 16,97 cSt 'dir (16,97 10⁻⁶ m²/sn).

İdeal Gaz Kanunu ile havanın yoğunluğu tahmin edilebilir

$$\begin{aligned} \rho &= p / (R T) && \text{Denklem 7} \\ &= (1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2) / ((287 \text{ J/ (kg K)}) ((273 \text{ °C}) + (33 \text{ °C}))) \\ &= 1,113 \text{ (kg/m}^3) \end{aligned}$$

Bu formülde;

ρ =yoğunluk (kg/m³); P =mutlak basınç (Pa, N/m²); R =Malzeme gaz sabiti (J/ (kg K));
T =mutlak sıcaklık (K)

Mutlak viskozite şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}\mu &= 1.113 (\text{kg/m}^3) 16.97 \cdot 10^{-6} (\text{m}^2/\text{s}) \\ &= 1,88 \cdot 10^{-5} (\text{kg}/(\text{m}), \text{N s}/\text{m}^2)\end{aligned}$$

Özgül Ağırlık SG (Specific Gravity - Göreceli Yoğunluk)

Bir sıvının özgül ağırlığı, belirli bir sıcaklıktaki yoğunluğunun, standart sıcaklıklarda suyun yoğunluğuna oranı olup, birimsizdir. Yani, göreceli bir yoğunluk ölçüsüdür. Basınç sıvıların yoğunluğu üzerinde önemsiz bir etkiye sahip olduğundan, sıcaklık özgül yerçekiminin temelini belirlerken dikkate alınması gereken tek koşuldur. Bir sıvının özgül ağırlığı, o sıvının belirli bir sıcaklıktaki yoğunluğunun standart sıcaklıktaki suyun yoğunluğuna oranıdır. Genellikle, yoğunluk ölçüm standart sıcaklıkları aynıdır ve 60°F/60°F (15,6°C/15,6°C) yaygın olarak kullanılır. Kolaylık olsun diye 15°C/ 15°C'ye yuvarlamak önemli bir hata oluşturmaz.

$$S = \frac{\rho \text{ Herhangi bir akışkan yoğunluğu belirtilen sıcaklıkta}}{\rho \text{ Suyun yoğunluğu } 60^\circ\text{F} (15,6^\circ\text{C})} \quad \text{Denklem 8}$$

Bir sıvının özgül ağırlığını doğrudan ölçmek için kullanılabilir olan aleti biz **HİDROMETRE** olarak adlandırıyoruz.

Ortak kullanımda iki çeşit kullanılan hidrometre vardır:

Yağlar için kullanılan API ölçeği.

Baume ölçekleri.

Kullanımda iki tür vardır: Biri sudan daha ağır sıvılar için, diğeri sudan daha hafif sıvılar için. Bu hidrometre ölçekleri ile özgül ağırlık arasındaki ilişkiler şunlardır:

Petrol ürünleri;

$$S(60^\circ \frac{\text{F}}{60} \text{ } ^\circ\text{F}) = \frac{141,5}{131,5 + \text{API derece}} \quad \text{Denklem 9}$$

Sudan hafif akışkanlar için

$$S(60^\circ\text{F}/60^\circ\text{F}) = \frac{140}{130 + \text{Baume derece}} \quad \text{Denklem 10}$$

Sudan ağır akışkanlar için

$$S(60^\circ\text{F}/60^\circ\text{F}) = \frac{145}{145 + \text{Baume derece}} \quad \text{Denklem 11}$$

Gazların özgül ağırlığı, gazın moleküler ağırlığının havanınkine oranı ve havanın bireysel gaz sabitinin gazdakine olan oranı olarak tanımlanır.

$$S_g = \frac{R_{\text{Hava}}}{R_{\text{Gaz}}} = \frac{M_{\text{Gaz}}}{M_{\text{Hava}}} \quad \text{Denklem 12}$$

Derece Engler

Derece Engler, Büyük Britanya'da kinematik viskoziteyi ölçmek için kullanılan bir ölçektir. Saybolt ve Redwood ölçeklerinin aksine, Engler ölçeği test edilen maddenin akışını suyun akışıyla karşılaştırmaya dayanır. Engler derecelerindeki viskozite, viskozitesi ölçülen sıvının 200 santimetreküplük miktarının, standartlaştırılmış bir Engler viskozite ölçerinde aynı sıcaklıkta (genellikle 20°C ama bazen 50°C veya 100°C) 200 santimetreküp su akış süresine oranıdır.

Newton Yasasına Uygun Davranan Sıvılar

Newton Viskozite Yasası ile aynı davranış gösteren sıvılardır. Viskozite, sıvıların akışına karşı direnç ve sıvının birim alanı başına kuvvet olarak ölçülür. Genel kabul gören viskozite birimi metre kare başına Newton'dur (N/m²). Bu, stresle aynı olan SI viskozite birimi olarak bilinir. Matematiksel olarak, viskozite birim alan başına kuvvet olarak ifade edilir veya basitçe F/A . Newton sıvılarında viskozite katsayısı sıvının deformasyon oranı ile değişmez.

Newton akışkanlarına örnek olarak şunlar verilebilir: Su, gazyağı ve hava. Kesme stresinin kesme gerilmesine doğrusal olarak oranı olan sıvılar, **Newton Sıvısı** olarak tarif edilir.

Viskozite veya kıvamı kesme stres-gerilim oranı dış tahrik veya sabit sıcaklıkta pompalama gibi etkilerle değişmeyen gerçek akışkanlar, Newton sıvısı olarak adlandırılır. Hem sıvılar hem de gazlar için, çok yaygın bilinen akışkanlar, örneğin su ve yağlar, Newton sıvılarıdır.

Newton Yasasına Uygun Davranmayan Sıvılar

Newton dışı sıvılar Newton Yasalarına uymayan sıvılardır. Newton sıvılarının tam tersidir. Newton dışı sıvılara örnek: koloitler², emülsiyonlar, macunlar, soslar, jeller, kalın bulamaçlar³, lateks bazlı boyalar ve biyolojik sıvılar verilebilir. Newton kuralına uymayan sıvıların çok olduğunu, ancak bunların verilen birkaç örnek olduğunu unutmayın. Newton dışı sıvılar, kesme stresinin kesme oranıyla doğru orantılı olduğu Newton sıvılarının özelliğini sergilemez.

Newton dışı sıvıların üç geniş sınıflandırması vardır.

Bu üç sınıflandırma şunlardır:

- zamandan bağımsız,
- zamana bağlı,
- viskoelastik sıvılar. Viskoelastik sıvılara elastik yapışkan sıvılar da denebilir.

Newton dışı sıvıların üç geniş sınıflandırmasına rağmen, üçünün başka alt bölümleri de vardır.

Zamandan Bağımsız Sıvılar

Adından da anlaşılacağı gibi, zamandan bağımsız sıvılar zamana bağlı olmayan Newton kurallarına uymayan sıvılardır. Bunlar, belirli bir noktada kesme oranının sadece o noktada stresin bir işlevi olduğu sıvılardır. Zamandan bağımsız sıvılara örnek olarak Casson, Bingham, Dilatant ve Psedoplastik sıvılar verilebilir.

Zamandan bağımsız sıvının bir örneği olarak Bingham sıvısı, kesme stresi verim stresi adı verilen belirli kritik değeri aşana kadar hiç akmaz. Bu sıvıda, sistem akmaya başladığında akış davranışları Newton kuralına uygun gibi görünür. Bu tip sıvılarda, sıvının akışı başlamadan önce parçalanmış bir iç yapı vardır. Bingham sıvılarının önemli örnekleri domates püresi, odun hamuru süspansiyonları, tereyağı, sondaj çamuru ve diş macunudur. Denklem Bingham sıvısını temsil etmek için kullanıldığında şu şekilde temsil edilir:

$$\tau = \tau_y + \eta \dot{\gamma}$$

Denklem 13 , burada τ_y süne stresidir.

Casson sıvılarının, ayrıca sistemde akış oluşmadan önce üstesinden gelmesi gereken kritik bir kesme stresine gereksinimi vardır. Bu tip, zamandan bağımsız sıvılardaki akış türü Newton yasasına uymayan, doğrusal olmayan ve parabolik şeklindedir. (Şekil 2)

Casson⁴ ve Bingham⁵ sıvılarına plastik sıvı denir.

² Koloit: Gerçek çözelti ile heterojen karışımlar arasında yer alan karışımların adıdır. Bir maddenin kendisini çözücü olmayan bir ortamda 10^{-5} - 10^{-7} cm boyutlarda dağılmasıyla oluşan çözeltilerdir. Sabunun, kilin kökürdün suda dağılması, buna örneklerdir.

³ Kalın Bulamaç: Yarı akışkan karışımlar, çimento veya kömür tozlarının suda askıda kalması gibi.

⁴ Casson Sıvıları: Bu sıvılar akışkan bir plastik davranış sergiler. Casson denklemi ile tanımlanır.

⁵ Bingham Sıvıları: Düşük gerilimlerde sert bir gövde gibi davranan ancak yüksek gerilimde viskoz bir sıvı olarak akan viskoplastik adını matematiksel formunu öneren Eugene C. Bingham'dan almıştır.

Dilatant ve Psedoplastik sıvılar kendi başlarına farklı karakterler sergiler. Dilatant sıvıya kesme

kalınlaştırıcı sıvısı da denir. Dilatant sıvı, kesme stresi arttıkça daha viskoz hale gelir. Kesme stresi, bu tür sıvılardaki kesme oranından çok daha hızlı artar. Dilatant sıvılara örnek olarak bulamaç ve polivinil klorür gibi yüksek konsantre süspansiyonlar verilebilir. Psedoplastik sıvı Dilatant sıvısına zıttır, çünkü paylaşım oranı kesme stresinden çok daha hızlı artar. Kesme inceltme sıvısı olarak bilinir. Kesme stresi arttıkça, Psedoplastik sıvılarda viskozite azalmaktadır.

Zamana Bağımlı Sıvılar

Zamana bağımlı sıvılar, kesme hızı kesme stresi ve zamanının bir fonksiyonu olan sıvılardır. Bu tür Newton yasasına uymayan sıvılarda, belirgin olarak viskozite gibi sıvı akışının özelliği zamanla değişir. Ayrıca Tikotropik⁶ sıvılar ve reopektik⁷ sıvılar olarak sınıflandırılır. Tikotropik sıvılar ile reopektik sıvılar ilişkisinde, kesme stresi ve kesme deformasyonu ilişkisi artan kesme hızı ile gözlenirse, her iki veri kümesi de çakışmaz. Bu isteri döngü oluşumuna neden olur. Tikotropik ve reopektik sıvılarda, belirli bir kesme hızında; okumaların ne zaman alındığına bağlı olarak iki belirgin viskozite vardır. İkisi arasındaki fark, Tikotropik sıvının stres uygulamasında daha az viskoz hale gelmesi, reopektik sıvının ise stres uygulanmasında daha viskoz hale gelmesidir.

Elastikoviskoz Sıvılar

Ağırlıklı olarak viskoz olan ancak deformasyon sonrası kısmi elastik iyileşme gösteren sıvılara elastikoviskoz sıvıları olarak adlandırılır. Bu tür sıvılara örnek olarak; çok dereceli yağlar (SAE 5-30, 10-40 vs.), polimer eriyikler ve sıvı deterjanlar verilebilir. Viskoelastik sıvı terimi, elastik olmayan sıvıların yerine de kullanılır, çünkü ilki viskoz özelliklere sahip katıları ifade ederken, daha sonraki kısmı (Elastikoviskoz) elastik özelliğe sahip sıvıları gösterir.

Tikotropik Sıvılar

Tikotropik sıvılar, bilinen bir süre boyunca stres uygulandığında viskozitesi azalan sıvılar veya gazlardır. Bu nedenle davranışları, zamana bağlı Psedoplastik davranış olarak tanımlanabilir. Bu nedenle, akışkan kesme gerilimi altında ne kadar uzun süre kalırsa, akışkanın viskozitesi düşer. Başka bir deyişle, bu akışkanların kayma hızında bir değişiklik yapıldığında viskozite dengesine ulaşması biraz zaman alır. Ketçap, mayonez, elektronikte lehim pastaları, iplik kilit sıvıları, jelatin tikotropik malzemelere örnektir. Kalın veya viskoz görünürler, ancak oldukça kolay pompalamak mümkündür. Ek KISIM 1 Tablo 75 içerisinde çeşitli sıvıların nitelikleri listelenmiştir.

Reopektik Sıvılar

Reopektik sıvıların davranışı, zamana bağlı artma davranışı olarak tanımlanabilir. Bu sıvılar aynı zamanda doğrusal olmayan bir gerilme-uzama davranışı gösterir. Bu sıvıların davranışı, zamana bağlı genişleme davranışı olarak tanımlanabilir. Bu nedenle bu sıvılar, Newton yasasına uymayan nadir bir akışkanlar sınıfıdır. Ayrıca, çalkalandığında artan bir viskozite gösterir. Bu, sıvı çalkalandığında kalınlaştığı veya hatta katılaşabileceği anlamına gelir. Dahası, kayma gerilmesi ne kadar yüksek olursa, sıvı o kadar viskoz hale gelir. Bunun nedeni, bu reopektik sıvıların mikro yapısının sürekli kesme altında inşa edilmesidir. Bu nedenle, kayma kaynaklı kristalleşme olarak adlandırılır. Reopektik sıvıların bazı yaygın örnekleri arasında bazı alçı macunları, yazıcı mürekkebi, yağlayıcılar vb. bulunur.

Dilatant Sıvılar

Kesme Kalınlaştırma Sıvısı- veya Dilatant Sıvısı- ajitasyon veya kesme uzaması ile viskoziteyi artırır. Dilatant sıvılar Newton dışı sıvılar olarak bilinir.

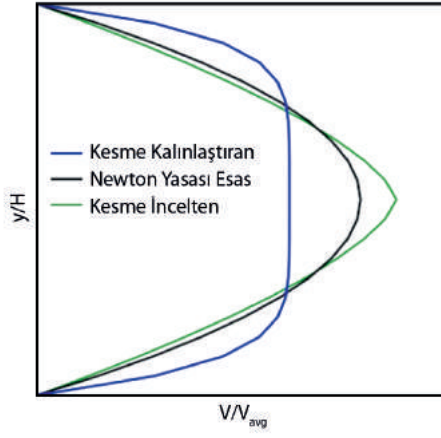
Bazı dilatant sıvılar bir pompa veya boru hattında neredeyse katı hale gelebilir. Ajitasyon kreması ile tereyağı ve şeker bileşikleri haline gelir. Kil bulamacı ve benzeri ağır doldurulmuş sıvılar da aynı şeyi yapar.

Bingham Plastik Sıvılar

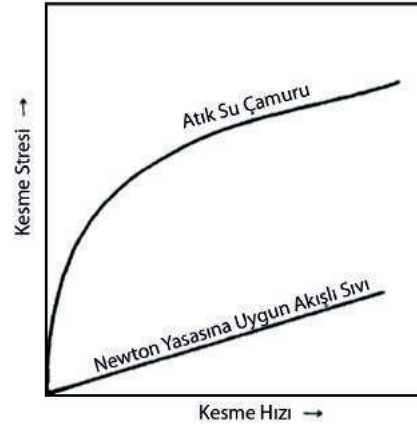
Bingham Plastik Sıvısı, bir sıvı gibi akmaya başlamadan önce aşılması gereken bir sınır değerine sahiptir. Bu noktadan sonra viskozite artan tahrikle azalır. Yaygın örnekler: Sondaj mühendisliğinde ve bulamaçların işlenmesinde çamur akışı, mayonez, domates, ketçap, diş macunudur. Diş macunu, tüpe belirli bir basınç uygulanana kadar tüpten dışarı çıkmayacaktır. Daha sonra nispeten kopmadan düzgün olarak dışarı itilir.

⁶ Tikotropik Sıvılar: Bir süre boyunca stres uygulandığında viskozitesi azalan sıvılar veya gazlardır.

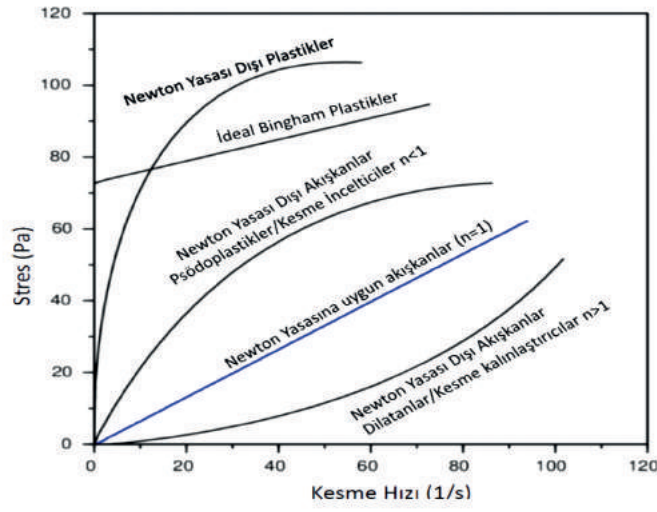
⁷ Reopektik Sıvılar: Akışkanın viskozitesi zamanla ve stresle artan sıvılar veya gazlardır.



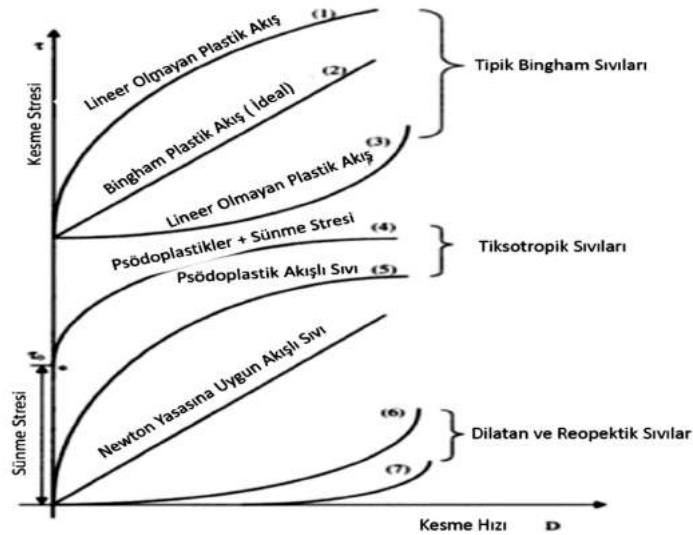
Şekil 2 Uzama Viskozitesi Kesme Hızı-Deformasyona bağlıdır



Şekil 3 Atık Su Çamuru Davranışı



Şekil 4 Newton Yasasına Uymayan Akışkanların Tasnifi



Şekil 5 Newton Yasasına Uyan ve Uymayan Farklı Akışkanların Davranış Özeti

Derleyen Notu: Viskozite için bu sıvıları niye bu kadar anlattım? Tesizat içerisinde birçok akışkan kullanılmakta olmasına rağmen, birçok tesizat tasarımı, endüstri dışında kapsamlı olarak değerlendirilmeden, boru malzemesi, çapı, bağlantı elemanı, pompa, vana seçimleri ve kayıp hesapları yapılmaktadır. Özellikle bu hesapları yapanların sadece Newton yasasına uyan akışkanlar olarak kabul ettikleri akışkanların bazılarının farklı davrandıkları ve bu davranışa paralel olarak değişen sıvı karakterlerine uygun tesizat bileşenlerini seçerken enerji ekonomisi için

doğru transfer sıcaklığı, minimum kayıp ve maksimum verimlilikte çalışacak sistemler kurulması gerekmektedir. Herhangi bir tasarım sırasında öncelikle akışkanın davranışının belirlenmesi gerekmektedir. Yüksek sıcaklık reo-pektik karakteristik ölçümleri; yağlar, plastikler, reçineler, gresler, bağlayıcılar gibi malzemeler için veya pişirme, pastörizasyon veya termal olarak hızlandırılmış kimyasal reaksiyon gibi yüksek sıcaklıktaki endüstriyel işlemlerde hammaddelerin davranışını karakterize etmek için yararlıdır. Oda sıcaklığında tipik olarak çok sert veya sert olan birçok malzeme, sıcaklıklar arttıkça yumuşamaya veya erimeye maruz kalabilir. Termoplastik dünyasında, malzemenin istenen şekle geri dönmesini sağladığı için bu yararlıdır. Bir malzemenin erime noktasını tanımlamak, kullanımı daha kolay hale gelen bir sıcaklığı tanımlamak için yararlıdır, ancak bir malzeme diğer faz dışı geçişlerden de geçebilir. Örneğin, cam geçişi, bazı malzemelerin nispeten kırılğan bir 'camsı' durumdan lastik, viskoz bir duruma geçtiği bir noktadır.

1.1.2 GENEL ENERJİ DENKLEMLERİ

Enerji denklemlerine girmeden önce bazı akış ile ilgili bazı kavramların üzerinden geçmek gerekiyor.

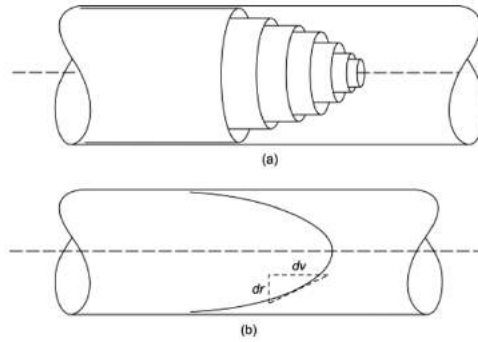
Basit bir deneme, boruda tamamen farklı iki akış türü olduğunu kolayca gösterecektir. Deney, renkli bir sıvının küçük akışlarını cam bir boruda akan bir sıvıya dönüştürmekten ve bu renkli akışların enjeksiyon noktalarından aşağı doğru farklı bölümlerdeki davranışlarını gözlemlemekten oluşur. İnternet üzerinden akışa yönelik birçok görsele ulaşmak mümkündür. Burada sadece akışkanın davranışı anlatılacaktır.

Sıvının ortalama hızı düşükse, renkli sıvı çizgileri düz çizgiler halinde akar. Akış hızı kademeli olarak artırılırsa, çizgiler dalgalanacak ve aniden dağınık desenler kırılacak bir hıza ulaşılan kadar bu çizgiler kopmadan akmaya devam edecektir. Bunun gerçekleştiği hıza "kritik hız" denir. "Kritik hız üzerindeki yüksek hızlarda filamanlar, sıvının ana gövdesi boyunca rastgele dağılacaktır. "Kritik hız" dan daha düşük hızlarda bulunan akış türü, laminer akış olarak değerlendirilir. Bu doğal akış, boru içerisinde eşmerkezle silindirik katmanların düzenli bir şekilde birbirlerinin yanından geçmesiyle karakterize edilir. Sıvının hızı boru ekseninde maksimumdur ve cidarlara temas noktasında keskin bir şekilde sifira düşer.

$$v = \frac{q}{A} = \frac{\omega}{A\rho} = \frac{\omega V}{A}$$

Denklem 14

$v = m/s$ hız; $q = \text{Debi } m^3/s$; $A = m^2$ Kesit Alanı; $\omega = kg/s$ kütleli Debi; $\rho = kg/m^3$ Yoğunluk



Şekil 6 a, b Boru İçerisinde Laminer Akış Hız Profili

Türbülanslı akıştaki hız dağılımı, boru çapı boyunca laminer akışa göre daha düzgündür. Boru çapının büyük bir kısmı boyunca çalkantılı bir hareket olsa da boru cidarında her zaman oluşan ince bir sıvı tabakası "Sınır katmanı" veya "laminer alt katman" olarak adlandırılır.

Akışın ortalama hızı: "Hız" terimi, aksi belirtilmedikçe, sabit durum akışı için süreklilik denklemi tarafından belirlenen belirli bir kesitteki ortalama veya ortalama hızı ifade eder.

Reynolds Sayısı:

Reynolds' un çalışması, borudaki akışın doğasını göstermiştir. Akış ister laminer ister türbülanslı olsun boru çapına, akan sıvının yoğunluğuna ve viskoziteye ve akış hızına bağlıdır. Reynolds sayısı olarak bilinen bu dört değişkenin boyutsuz bir kombinasyonunun sayısal değeri, kütle akışının dinamik kuvvetlerinin viskozite nedeniyle kesme stresine oranı olarak düşünülebilir. Mühendislik hesaplarında akışkan için, Reynolds sayısı 2000'den düşükse

Sürtünme kayıpları ihmal edilirse ve bir boru sistemine (pompa veya türbin) enerji eklenmez veya alınmazsa, yukarıdaki denklemdeki toplam H, sıvıdaki herhangi bir nokta için sabit olacaktır. Bununla birlikte, gerçek uygulamada, kayıplar veya enerji artışları veya azalmaları ile karşılaşılır ve bu durum, Bernoulli denkleminde yer almaktadır. Bu nedenle, Şekil 7'deki örnekte gösterildiği gibi, bir akışkandaki iki nokta için bir enerji dengesi yazılabilir. 1. noktadan 2. noktasına boru sürtünme kaybına dikkat edin. (h_L), sıvı sütunları içinde metre cinsinden enerji kaybı olarak adlandırılabilir.

Denklem aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho_1 g_n} + \frac{v_1^2}{2g_n} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho_2 g_n} + \frac{v_2^2}{2g_n} + h_L \quad \text{Denklem 19}$$

Sıvıların akışı için alt pratik formüller Bernoulli teoreminden türetilir ve hesapta değişiklikler vardır. Sürtünme nedeniyle kayıplar için Şekil 7, manometre ve mutlak basınçlar arasındaki ilişkiyi grafiksel olarak göstermektedir. Dünya yüzeyinde mükemmel vakum var olamaz, ancak yine de basıncın ölçümü için uygun bir Referans Sıfır (O) noktası gösterir. Barometrik basınç, atmosferik basıncın mükemmel vakumun üzerindeki seviyesidir. "Standart" atmosferik basınç 1,01325 bar (14,6959 lbf/in²) veya 760 milimetre cıva sütunudur. Gösterge basıncı atmosferik basıncın üzerinde ölçülürken, mutlak basınç her zaman mükemmel vakuma baz olarak atıfta bulunur.

Vakum, atmosferik basıncın, eksi seviyesinde olmasıdır. Vakum koşullarına referans genellikle bir cıva veya su sütununun yüksekliği açısından mutlak basıncı ifade ederek yapılır. Milimetre cıva, mikrometre (mikron) cıva, inç su ve inç cıva, yaygın olarak kullanılan geleneksel birimlerden bazılarıdır.

Darcy formülü ise metre cinsinden sıvı ile ifade edilen basınç düşüşleri için genel denklem,

$$h_L = \frac{fL v^2}{D 2g_n} \quad \text{Denklem 20}$$

Bu denkleme göre, borudaki akış sırasında her zaman sıvı parçacıklarının birbirine sürtünmesi ve sonuç olarak mevcut enerji kaybı oluşur. Başka bir deyişle, akış yönünde bir basınç düşüşü olur. Normal Bourdon tüp basınç göstergeleri sisteme bağlanırsa, bu kayıp görülebilir.

Bu denklem, aşağıdaki gibi uygun birimlerin değiştirilmesiyle metrekare başına (paskal) Newton basınç düşüşünü ifade etmek için yazılabilir.

$$\Delta P = \frac{\rho f L v^2}{2D} \quad (\Delta P = h_L \rho g_n) \quad \text{Denklem 21}$$

Darcy denklemi, bir borudaki herhangi bir sıvının Laminer veya türbülanslı akışı için geçerlidir. Bununla birlikte, bir boruda meydana gelen aşırı hızlar, aşağı akış basıncının sıvının buhar basıncına düşmesine neden olduğunda kaviteasyon meydana gelir ve hesaplanan akış hızları yanlış olur. Uygun kısıtlamalarla, gazlar ve buharlar (sıkıştırılabilir sıvılar) ele alındığında Darcy denklemi kullanılabilir. Bu kısıtlamalar **Sıkıştırılabilir Akışkanlar için Boru Akış İlkeleri** başlığı altında anlatılmıştır.

Denklem 19 sürtünme nedeniyle basınç kaybını verir ve yatay, dikey veya eğimli olsun, düz boruda sabit yoğunlukta sıvıları taşıyan sabit çaplı borular için geçerlidir. Eğimli boru, dikey boru veya değişken çaptaki boru için, sıvının yüksekliği, hızı ve yoğunluğundaki değişikliklere bağlı basınç değişimi Bernoulli teoremi 18'e göre yapılmalıdır. Bu teoremi kullanarak bir örnek için Bkz. Şekil 8.

Sürtünme faktörü:

Darcy formülü, deneysel olarak belirlenmesi gereken sürtünme faktörü "f" hariç, boyutsal analiz ile rasyonel olarak türetilir. Laminer akış koşulları için sürtünme faktörü ($Re < 2000$) Reynolds sayısının bir işlevidir; oysa geçiş akışı ($Re > 4000$), aynı zamanda boru iç cidarının sürtünme karakterinin sonucudur. Reynolds sayısının, yaklaşık 2000 ve 4000 arasında kalması durumunda "kritik bölge" olarak bilinen bir bölge oluşur. Bu bölgede, akış çeşitli faktörlere

bağlı olarak laminar veya türbülanslı olabilir; bunlara, boru akış üzerindeki vanalar gibi akış ve çap kesiti veya akış yönündeki değişiklikler sebep olur. Bu geçiş bölgesindeki sürtünme faktörü belirsizdir ve laminar akışa göre daha düşük sınırlara veya türbülanslı akış koşullarına göre daha üst sınırlara yakın olabilir.

Reynolds sayısı yaklaşık 4000'in üzerine çıktığında, akış koşulları tekrar daha kararlı ve kesin sürtünmeli hale gelir. Bu önemlidir, çünkü bir boruda akan herhangi bir sıvının, akış koşullarında viskozite ve yoğunluğu sağladığı bilindiğinden, tasarım yapan mühendisin, akış özelliklerini belirlemesini sağlar. Bu nedenle, Denklem 19 gibi, akış için yaygın olarak bilinen bazı ampirik denklemlerin tercih edilerek kullanılması önerilir. Su, yağ ve diğer sıkıştırılabilir sıvıların yanı sıra daha önce bahsedilen kısıtlamalar da ayrıca geçerlidir. Akış Laminar ise ($Re < 2000$), sürtünme faktörü aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu'}{Dv\rho} = \frac{64\mu}{d\vartheta\rho}$$

$$\Delta P = 32000(\mu L \vartheta) / (d^2)$$

Denklem 22, Bu da Poiseuille laminar akış yasasıdır.

Akış çalkantılı olduğunda ($Re > 4000$), sürtünme faktörü sadece Reynolds sayısına değil, aynı zamanda görelî pürüzlülük ve çap oranına da ϵ/d bağlıdır. Boru cidar pürüzlülüğü (ϵ) ve borunun çapı (d)'dir. Nispeten yüzey pürüzlülüğüne sahip borulara göre, çekme pirinç dikişsiz boru ve cam boru gibi çok pürüzsüz borular için, sürtünme faktörü Reynolds sayısı arttıkça daha hızlı azalır. Genellikle borunun iç yüzeyinin karakteri pratik olarak çaptan bağımsız olduğundan, cidarın pürüzlülüğü, sürtünme faktörü üzerindeki etkisi, özellikle küçük çaplar için daha büyük önem taşır. Sonuç olarak, aynı malzeme için küçük boru çapı, pürüzlülüğü arttıkça genel olarak, büyük borudan daha yüksek sürtünme etkisine sahip olacaktır.

Boru sürtünme kaybı üzerinde yaşlanma ve kullanım etkisi:

Borudaki sürtünme kaybı, borunun çapı ve pürüzlülüğündeki değişime karşı tepki verir. Belirli bir akış hızı ve sabit bir sürtünme faktörü için, borunun metre başına basınç düşüşü, çapın beşinci gücüne ters yönde değişir. Bu nedenle, çaptaki %2 azalma, basınç kaybı için %11 artışa, çapın %5 azalması ise basınç kaybında %29 artışa sebep olur. Birçok servis için, borunun içi, kir, korozyon veya yabancı maddelerle büyük ölçekte kaplanır; bu nedenle, beklenen çap değişiklikleri için emniyetli boru çapı dikkatle seçilmelidir.

Genel olarak boru malzemesi ve sıvının doğası gereği belli bir oranda pürüzlülüğün (korozyon veya kabuklanma) artmasına dikkat etmek gerekir. 4" çelik tesisat borusunun ortalama üç yıllık bir sürede ortaya çıkan yaşlanmasının etkisinin, pürüzlülüğü iki katına çıkardığı ve sürtünme faktörünü %20 artırdığı saptanmıştır.

Sıkıştırılabilir Akışkanlar için Boru Akış İlkeleri:

Borudan akan sıkıştırılabilir bir akışkanın basıncının doğru bir şekilde belirlenmesi için, basınç ve o basınçtaki spesifik hacim arasındaki ilişkinin bilinmesini gerekir; bu, her zaman kolayca belirlenemez. Düşünülen olağan aşırılıklar, adyabatik akış ($P^1V_a^{\gamma}=\text{Sabit}$) ve izotermal akış ($P^1V_a=\text{Sabit}$)'dir. Adyabatik akış genellikle kısa, mükemmel yalıtımlı borudaki akış olarak kabul edilir. Sürtünmenin ürettiği ısı miktarının akışa eklenmesi dışında, boruya veya borudan ısı transferi akışı olmadığı için bu yaklaşım tutarlı olacaktır.

Sabit sıcaklıktaki izotermal akış genellikle, kısmen kolaylık sağlamak için, ancak daha çok borulama uygulamasında gerçeğe daha yakın olduğu için göz önüne alınır. En göze çarpan izotermal akış durumu doğal gaz boru hatlarında meydana gelir. Basınç ve hacim arasındaki ilişki politropik akış adı verilen başka bir ilişkiyi ($P^1V_a^n=\text{Sabit}$) izlediğinden, her bir durum için özel bilgiler elde etmek olanaksızdır.

Gazların ve buharların yoğunluğu basınçtaki değişikliklerle önemli ölçüde değişir; bu nedenle, P_1 ve P_2 arasındaki basınç düşüşü büyükse, yoğunluk ve hız önemli ölçüde değişecektir.

Hava, buhar gibi sıkıştırılabilir sıvılarınla uğraşırken, Darcy formülünün uygulanmasında aşağıdaki kısıtlamalara uyulmalıdır:

1. Hesaplanan basınç düşüşü ($P_1 - P_2$), giriş basıncı P_1 'in yaklaşık %10'undan azsa, formülde kullanılan spesifik hacim kullanılıyorsa ve bilinen yukarı veya aşağı akış koşullarına dayanıyorsa kabul edilebilir doğruluk elde edilecektir.
2. Hesaplanan basınç düşüşü ($P_1 - P_2$) yaklaşık %10'dan büyükse, ancak giriş basıncı P_1 'nin yaklaşık %40'undan azsa, Darcy denklemi yukarı ve aşağı akış koşullarının ortalamasına göre spesifik hacim kullanılarak makul doğrulukla

kullanılabilir; aksi takdirde, ileride anlatılan "Sıkıştırılmış gazlardaki sınırlandırmalar" da verilen yöntem kullanılabilir.

3. Uzun işlem hatlarında sıklıkla karşılaşılan gibi daha fazla basınç düşüşü için, sonraki iki sayfada verilen yöntemler kullanılmalıdır.

Tam izotermal denklem:

Uzun boru hatlarındaki gazların akışı yaklaşık izotermal koşullardadır. Bu tür boru hatlarında basınç düşüşü genellikle giriş basıncına göre büyüktür ve çözüm Darcy denkleminin sınırları dışında kalır. Akış özelliklerinin doğru şekilde bu kategoriye düştüğünün belirlenmesi ile çözüm için tam izotermal denklem kullanılabilir:

$$w^2 = \left[\frac{A^2}{\bar{V}_1 \left(\frac{fL}{D} + 2 \log_e \frac{P_1'}{P_2'} \right)} \right] \left[\frac{(P_1')^2 - (P_2')^2}{P_1'} \right] \quad \text{Denklem 23}$$

Formül şu varsayımlara dayanarak geliştirilmiştir:

1. İzotermal akış.
2. Sistem üzerinde veya sistem tarafından mekanik bir çalışma yapılmaz.
3. Sabit akış veya deşarj zamanla değişmeden.
4. Gaz mükemmel gaz yasalarına uyar.
5. Hız, bir kesitteki ortalama hız ile temsil edilebilir.
6. Sürtünme faktörü boru boyunca sabittir.
7. Boru hattı bitiş noktaları arasında düz ve yataydır.

Basitleştirilmiş Sıkıştırılabilir Akış-Gaz Boru Hattı Formülü:

Gaz boru hattı mühendisliği uygulamasında, daha önce yapılanlara, başka bir varsayım eklenir:

8. Boru hattı uzun olduğu için hızlanma ihmal edilebilir.

Boru hattı uzunsu veya kısa hatlar için boru çapı çok büyük ise, ayrıca basınç düşüşünün ilk basınca oranı da küçükse, tam izotermal denklem olarak kabul edilir.

$$w^2 = \left[\frac{DA^2}{\bar{V}_1 f L} \right] \left[\frac{(P_1')^2 - (P_2')^2}{P_1'} \right] \quad \text{Denklem 24 veya } (P_1')^2 - (P_2')^2 = Z_m RT \left(\frac{w}{A} \right)^2 \left(\frac{fL}{D} \right) \quad \text{Denklem 25}$$

$P_{1,2}$ - Boru hattı giriş çıkış basınç farkı; w - kütle akış hızı; V_1 - spesifik hacim; f - sürtünme faktörü; L - boru uzunluğu; D - boru iç çapı; A - boru kesit alanı; Z_m - ortalama sıkıştırılabilirlik faktörü; R - gaz sabiti; T - sıcaklık;

$$Z_m = \frac{1}{2} (Z_1 + Z_2) \quad \text{Denklem 26}$$

Z_1 - Boru başlangıcındaki sıkıştırılabilirlik; Z_2 - Boru hattı sonundaki sıkıştırılabilirlik

$$q = w/\rho \quad \text{Denklem 27}$$

q - hacimsel akış hızı; w - kütle akış hızı; ρ - yoğunluk

- Normal koşullar: $p=101325$ Pa, $T=273,15$ K.
- Standard koşullar: $p=101325$ Pa, $T=288,15$ K (15OC)

Belirtilen durumda hacimsel akış bilindiğinde, başka bir durumda süreklilik denklemini hacimsel akış hızı ve aşağıdakiler kullanılarak hesaplanabilir:

Hacimsel akış hızı, normal koşullar, standart koşullar gibi tanımlanmış koşullar için veya aşağıdaki denklemde uygun yoğunlukta kullanılan gerçek akış durumuna göre hesaplanabilir:

$$q_1 = q \frac{P}{P_1} \frac{T_1}{T} \quad \text{Denklem 28}$$

q - hacimsel akış hızı; p - basınç; T - sıcaklık;

Gaz akış problemleri genellikle standart koşullarda saatteki metreküp akış olarak ifade edildiğinden, Denklem

22'nin aşağıdaki gibi yeniden yazılması mümkün olur:

$$q'_h = 1,361 \times 10^{-7} \sqrt{\left[\frac{(P'_1)^2 - (P'_2)^2}{f L_m T S_g} \right]} d^5 \quad \text{Denklem 29}$$

q'_h - hacimsel akış hızı [m^3/h]; p - basınç [Pa]; T - sıcaklık [K]; S_g - bağıl yoğunluk [-]; L_m - boru uzunluğu [km]; d - iç boru çapı [mm]; f - sürtünme faktörü [-];

Uzun Boru Hatlarında Sıkıştırılabilir Gaz Akış için Yaygın Olarak Kullanılan Genel Formüller:

Weymouth formülü:

$$q'_h = 2,61 \times 10^{-8} d^{2,667} \sqrt{\left[\frac{(P'_1)^2 - (P'_2)^2}{L_m S_g} \right] \frac{288}{T}} \quad \text{Denklem 30}$$

q'_h - hacimsel akış hızı [m^3/h]; p - basınç [Pa]; T - sıcaklık [K]; S_g - bağıl yoğunluk [-]; L_m - boru uzunluğu [km]; d - iç boru çapı [mm];

Weymouth formülünde kullanılan sürtünme faktörü:

$$f = \frac{0,094}{d^{1/3}} \quad \text{Denklem 31}$$

Bu sürtünme faktörü, 20" inç iç çaplı borudaki türbülans akış için Moody diyagramından elde edilenle tamamen aynıdır. 20" den küçük boru çapları için Weymouth sürtünme faktörleri daha büyük ve 20" üzeri boru çapları için Weymouth sürtünme faktörü ise, aynı boru boyutları için Moody diyagramından elde edilen sürtünme faktörlerinden daha küçüktür.

Panhandla formülü:

$$q'_h = 2,044 \times 10^{-8} E d^{2,6182} \left[\frac{(P'_1)^2 - (P'_2)^2}{L_m} \right]^{0,5394} \quad \text{Denklem 32}$$

q'_h - hacimsel akış hızı [m^3/h]; p - basınç [Pa]; L_m - boru uzunluğu [km]; d - iç boru çapı [mm]; E - akış verimliliği faktörü $E=0,92$;

Panhandla formülü 6" -24" arasındaki doğal gaz borusu boyutları ve $Re = 5 \times 10^6 - 14 \times 10^6$ arasındaki Reynold sayıları içindir ve doğal gaz S_g için özgül ağırlık 0,6 dir.

Akış verimliliği faktörü E bir deneyim faktörü olarak tanımlanır ve genellikle ortalama çalışma koşulları için 0,92 veya %92 olduğu varsayılır.

Panhandla sürtünme faktörü şu şekilde tanımlanır:

$$f = 0,0454 \left(\frac{d}{q_h S_g} \right)^{0,1461} \quad \text{Denklem 33}$$

Panhandla formülünün uygulanabilir olduğu aralıkta, sürtünme faktörü Moody diyagramındakinden daha küçüktür. Moody diyagramındaki akış hızı genellikle izotermal akış denklemi kullanılarak hesaplanandan daha büyüktür.

Akış verimliliği faktörü E bir deneyim faktörü olarak tanımlanır ve genellikle çalışma koşullarında ortalama olarak 0,92 veya %92 olduğu varsayılır. Diğer çalışma koşulları için E için önerilen değerler Tablo 5'te verilmiştir.

Not: P'_1 ; P'_2 basınçlar; bundan sonraki denklemlerde metrekaire başına Newton olarak kullanılacaktır.

Tablo 5 Diğer Çalışma Koşullarında E İçin Önerilen Değerler

E	Akış Verimliliği
E=1.0	(%100) Herhangi bir dirsek, dönüş, vana, çap değişikliği, yükselti değişikliği olmayan yeni boru
E=0.95	Çok iyi çalışma koşullarındaki boru
E=0.92	Ortalama çalışma koşullarındaki boru
E=0.85	İyi olmayan çalışma koşullarda çalışan boru

Boru hatlarında sıkıştırılabilir akış için formüllerin karşılaştırılması:

Denklem 23, 30 ve 32, aynı temel formüldür, ancak sürtünme faktörlerinin belirlenmesinde kullanılan veri seçiminde farklılık gösterir. "Moody" diyagramı uyarınca sürtünme faktörleri normalde Basitleştirilmiş Sıkıştırılabilir Akışkanlar ile kullanılır. Akış formülü Denklem 23'te verilmiştir. Ancak, Weymouth veya Panhandle'da kullanılan aynı sürtünme faktörleri, basitleştirilmiş formüller kullanıldığında da aynı sonuçlar alınacaktır.

Gaz ve buhar akışını sınırlama:

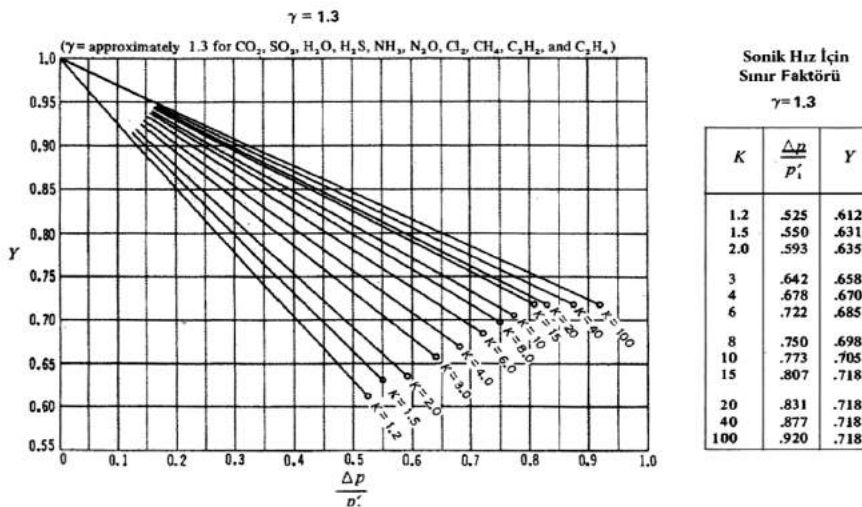
Önceki formüllerde (Denklem 24 ve Denklem 27 ile Denklem 30) belirgin olmayan özellik, bir borudaki sıkıştırılabilir bir sıvının akış hızının (örneğin kg/s), belirli bir yukarı akış basıncı ile aşağı akış basıncı ne kadar azaltılırsa azaltılırsa, aşamayacağı belirli bir maksimum hıza yaklaşacağıdır. Borudaki sıkıştırılabilir bir sıvının maksimum hızı, akışkanın ses hızında hareket eden bir basınç dalgasının yayılma hızı ile sınırlıdır. Basınç düştüğünden ve akışkan tekdüze kesitli boruda aşağı doğru ilerledikçe hız arttığından, maksimum hız borunun aşağı akış ucunda gerçekleşir. Basınç düşüşü yeterince yüksekse; çıkış hızı ses hızına ulaşacaktır. Çıkış basıncında daha fazla azalma yukarı akışta hissedilmeyecektir, çünkü basınç dalgası sadece sonik hızda hareket edebilir ve "sinyal" asla yukarı akışa çevrilmez. Maksimum deşarj sağlandıktan sonra çıkış basıncının düşürülmesiyle elde edilen "fazlalık" basınç düşüşü borunun ucunun ötesinde gerçekleşir. Bu basınç şok dalgalarında ve püskürtme sıvısının türbülansında kaybolur. Borudaki mümkün olan maksimum hız, aşağıdaki gibi ifade edilen sonik hızdır:

$$v_s = \sqrt{\gamma RT} = \sqrt{\gamma P' V}$$

Denklem 34

γ sabit basınçta belirli ısıların sabit hacme oranı, çoğu iki atomlu gaz için 1,4'tür; sırasıyla gazlar ve buhar için γ değerleri için Şekil 9 ve Şekil 10'a bakınız. Bu hız, basınç düşüşü yeterince yüksek olduğunda çıkış ucunda veya daralmış bir alanda meydana gelecektir. Basınç, sıcaklık ve belirli hacim söz konusu noktada meydana gelebilir. Sıkıştırılabilir sıvılar, tek tip kesitli oldukça kısa bir borunun ucundan daha büyük kesitli bir alana boşaldığında, akış genellikle adyabatik olarak kabul edilir. Bu varsayım, havayı atmosfere boşaltan 220 ve 130 boru çaplarına sahip boru üzerindeki deneysel verilerle desteklenmektedir. Adyabatik akış tüm teorik analizinin araştırılması, bu akış durumu için Darcy denklemine uygulanabilecek düzeltme faktörlerinin oluşturulması için bir temel oluşturmuştur.

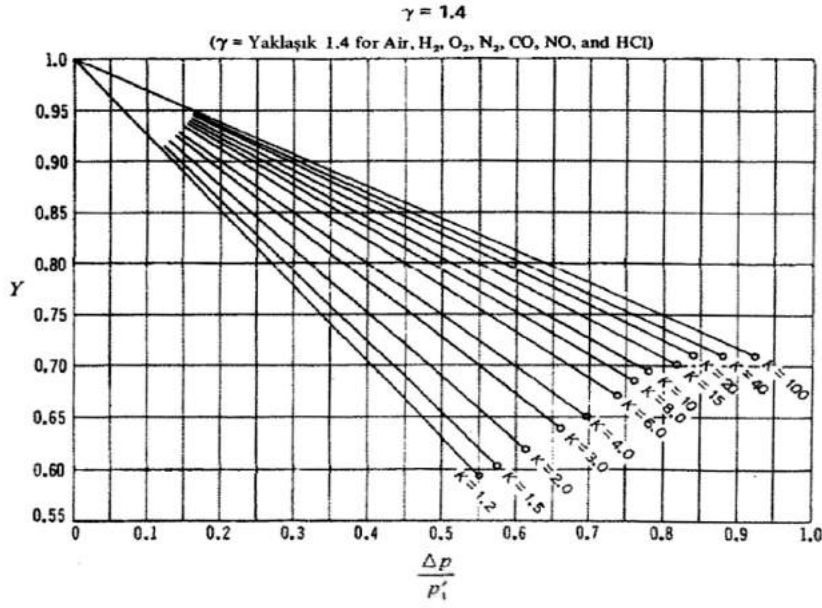
Bu düzeltme faktörleri sıvının genişlemesine bağlı olarak sıvı özelliklerindeki değişiklikleri ortadan kaldırdığından, Y net genişleme faktörleri olarak tanımlanır;

Şekil 9 $\gamma=1,3$ İçin Y Net Genişleme Faktörleri

Y faktörü de dahil olmak üzere Darcy formülü:

$$w = 1,111 \times 10^{-4} Y d^2 \sqrt{\frac{\Delta P}{K V_1}}$$

Denklem 35



Sonik Hız İçin Sınır Faktörü
 $\gamma = 1.4$

K	$\frac{\Delta P}{P_1}$	Y
1.2	.552	.588
1.5	.576	.606
2.0	.612	.622
3	.662	.639
4	.697	.649
6	.737	.671
8	.762	.685
10	.784	.695
15	.818	.702
20	.839	.710
40	.883	.710
100	.926	.710

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta P}{P_1}$$

Şekil 10 $\gamma=1,4$ için Y Net Genleşme Faktörleri

(Direnç katsayısı K, madde 1.1.4'te Denklem 60'da anlatılmıştır) Bu denklemdeki K değeri, mevcut akışkanın giriş ve çıkış kayıpları, vanalar ve bağlantı parçaları nedeniyle kayıplar da dahil olmak üzere boru hattının toplam direnç katsayısı olarak kullanılır.

Basınç düşüşü, ΔP , $\Delta P/P_1$; Şekil 9 ve Şekil 10 grafiklerden Y'nin belirlenmesi için kullanılan, giriş basıncı ile daha büyük kesit alanındaki basınç arasındaki farktır. Sıkıştırılabilir sıvıların atmosfere boşaltıldığı bir sistemde ΔP ; giriş ölçer basıncına veya mutlak giriş basıncı ile atmosferik basınç arasındaki farka eşittir. Bu değer, ΔP , Denklem 35'te, Y faktörü Şekil 9-10 grafiklerdeki direnç faktörü K eğrileri tarafından tanımlanan sınırlarda kullanılır. $\Delta P/P_1$ oranı olduğunda, $\Delta P/P_1$, yukarıda tanımlandığı gibi ΔP kullanılarak grafiklerde bulunan K eğrilerinin sınırlarının ötesine geçer, sonik hız deşarj noktasında veya boru içindeki bir kısıtlamada meydana gelir ve bunlar, Y ve ΔP için sınırlayıcı değerlerdir. ΔP Şekil 9-Şekil 10'daki grafiklerin sağındaki tablodan belirlenerek Denklem 35'te kullanılmalıdır.

Şekil 9 ve Şekil 10'daki grafikler, mükemmel gazlar için genel gaz yasalarına dayanmaktadır ve çıkış ucundaki sonik hız koşullarında, yaklaşık olarak mükemmel gaz yasalarını takip eden ideal gazlar için doğru sonuçlar verecektir.

Doğal Gaz Akışı için Renouard Denklemi:

Sıkıştırılabilir doğal gaz akışının ve doğal gaz boru hattından basınç düşüşünün hesaplanması Renouard denklemi kullanılarak yapılabilir:

$$P_1^2 - P_2^2 = 46742 S_g L q_h^{1.82} D^{-4.82} D \quad \text{Denklem 36}$$

Bu formülde; p_1 - boru hattının başlangıcında mutlak basıncı; p_2 - boru hattının ucunda mutlak basıncı; S_g - bağlı yoğunluk [-], L- boru uzunluğu [km], q_h - hacimsel akış hızı [m^3/h], D- iç boru çapı [mm] dir.

Hacimsel akış hızı q_h Renouard denkleminde standart koşullarda kullanılmalıdır ($p=101325$ Pa, $T=288,15$ K ($15^\circ C$)).

Renouard denkleminde görelî yoğunluk aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$S_g = \frac{\rho_{ng}}{\rho_{hava}} \quad \text{Denklem 37}$$

Bu formülde; S_g - bağlı yoğunluk (yaklaşık $0,64$ kg/m^3), ρ_{NG} - doğal gaz karışımına bağlı olan standart koşullarda doğal gaz yoğunluğu (yaklaşık $0,78$ kg/m^3), ρ_{hava} - $1,226$ kg/m^3 olan standart koşullarda hava yoğunluğudur

1.1.3 ÇEŞİTLİ AKIŞKANLARIN DAVRANIŞLARI

Newton yasalarına uyan akışkanların enerji denklemleri ve davranışlarını Kısım 1.1.2 altında genel olarak anlatırken buhar konusunu ayrı tutmuş ve viskoziteden bahsederken de viskozitesi değişken zamana bağlı veya bağımsız değişken veya kesme stresi ile değişen sıvılardan da bahsetmiştik.

Kimya mühendisleri temel olarak endüstride yer alan bu akışkanlardan özellikle kütleli debi ölçme araçları ile karışımlar oluşturup ticari ürünler elde etmektedir. Bu arada ayrıca tesisat sektörü içerisinde yer alan çok sayıda tesisat, bahsedilen akışkanlar ile de kullanılmaktadır.

Tablo 6 Çeşitli Su Tesisatı için Tavsiye Edilen Akışkan Hızları

Tesisat Uygulamaları için	Maksimum Hız
	(m/s)
	Genel Su Servis Hızı
Musluk Suyu (Sessiz)	0,5 – 0,7
Musluk Suyu	1,0 – 2,5
Soğutma Suyu	1,5 – 2,5
Kazan Emiş Su Besleme	0,5 – 1,0
Kazan Çıkışı Sıcak Su Devre Besleme	1,5 – 2,5
Kondens suyu	1,0 – 2,0
Proses Suyu	1,5- 3
Pompa Çıkışı	1,5- 3
Pompa Emişi	0,9 – 2,4
Isıtma Sirkülasyon Devresi	1,0 – 3,0

Su

Su, dünya yüzeyinin yaklaşık %70'ini kaplar, bu suyun yaklaşık %97,2'si salindir⁸, sadece %2,8 taze su⁹'dur. İçilebilir su, dünyanın hemen hemen tüm nüfuslu bölgelerinde mevcuttur, ancak pahalı olabilir ve arz her zaman sürdürülebilir olmayabilir. İçme suyu, içilebilir su olarak da bilinir. İçilebilir veya yiyecek hazırlama için kullanımı güvenli olan sudur.

Sağlığı korumak için gereken içme suyu miktarı fiziksel aktivite seviyesine, yaşa, sağlıkla ilgili sorunlara ve çevre koşullarına bağlı olarak değişir. Sıcak bir iklimde çalışanlar için günde 16 litreye kadar su gerekebilir. Genel olarak ülkelerde musluk suyu olarak sağlanan su, gıda hazırlamada sadece küçük bir oran tüketilmesine veya kullanılmasına karşın içme suyu kalite standartlarını karşılar. Musluk suyunun diğer tipik kullanım alanları yıkama, tuvaletler ve tarımsal sulamadır. Gri su olarak adlandırılan ve evlerde kullanılıp atılan sular, tuvaletler veya sulama için de kullanılabilir. Bununla birlikte, toksin seviyeleri veya askıda kalan katı maddeler nedeniyle sulama için kullanımı risk yaratabilir.

Ana su kaynakları şunlardır:

- Nehirler, akarsular, buzullar gibi yüzey suları
- Bitkiler gibi biyolojik kaynaklar
- Tuzdan arındırılmış deniz suyu
- Su temin şebekesi
- Atmosferik su jeneratörü

Su kaynakları için tehditler ise; su kıtlığı, su kirliliği, su savaşları ve iklim değişikliği diyebiliriz.

⁸ Salin-Tuzlu su

⁹ Tazesu- Tatlı su , düşük konsantrasyonlarda çözünmüş tuzlar ve diğer toplam katı çözünmüş maddeler içeren doğal olarak oluşan sıvı veya donmuş sudur. Terim özellikle deniz suyunu ve acı suyu hariç tutsa da tuzlu olmayan mineral bakımından zengin suları içerir.

İçilebilir Su

Aşağıdaki tabloda, belediyelerin şebekeye verdiği su (City, Potable water) için tavsiye edilen sağlıklı su tanımı ve Türkiye dahil içilebilir su standartları karşılaştırılmıştır.

Tablo 7 Karşılaştırmalı İçme Suyu Kalitesi

Parametre	TSE 266 (2005)	WHO	USEPA (2002)	EC
Bulanıklık	25	5	1	1
Birincil Standartlar (Mikrobiyolojik), EMS/100 ml				
Koliform Bakteri	<1	0	<1	0
Birincil Standartlar (Dezenfeksiyon yan ürünleri), µg/L				
Toplam Trihalometanlar	-	460	80	100
Bromat	-	25	10	10
Birincil Standartlar (inorganik kimyasallar), mg/L				
Nitrat	50	50	45	50
Flüorür	1,5	1,5	0,7-2,4	1,5
Alüminyum	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsenik	0,05	0,05	0,05	0,01
Baryum	0,3	0,7	2	-
Kadmiyum	0,005	0,003	0,005	0,005
Krom (Toplam)	0,05	0,05	0,1	0,05
Kurşun	0,05	0,05	0,05	0,01
Cıva	0,001	0,001	0,002	0,001
Selenyum	0,001	0,001	0,001	0,001
Gümüş	0,001		0,05	
Antimon	0,001	0,005	0,006	0,005
Berilyum	-	-	0,004	-
Birincil Standartlar (Radyolojik), pCi/L				
Toplam Alfa	1	2,7	1,5	-
Toplam Beta	10	27	50	-
İkincil Standartlar (Estetik)				
Toplam Çözünmüş Madde, mg/L	1500	1000	500	-
Renk (Birim)	20	15	15	-
pH	6.5-9.2	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.5
Deterjanlar, mg/L	0,2	-	0.5	-
Klorür, mg/L	600	250	250	250
Sülfat, mg/L	250	250	250	250
Bakır, mg/L	3	-	1,3	2
Demir, mg/L	0,2	-	0,3	0,2
Mangan, mg/L	0,05	0,5	0,05	0,05
Çinko, mg/L	5	-	5	-
Koku yapan maddeler, g/L				
Geosmin / MIB				
İlave Parametreler, mg/L				
Sertlik (CaCO ₃ Olarak)		500		
Kalsiyum	200			
Magnezyum	50			
Potasyum	12			
Sodyum	175	200		200
Serbest Klor	0,5	-	5	-
Amonyum	0,5	1,5		1,5

Tablo 8 TSE 266 İçerisinde Bulunmayan Parametreler

Parametreler	TSE 266	DSÖ (WHO)	Amerika Birleşik Devletleri	AB (EC)
1,2-dikloroetane	-	-	5 µg/l	3,0 µg/l
Akrilamid	-	-	TT**	0,10 µg/l
Antimon	-	-	6,0 µg/l	5,0 µg/l
Benzen	-	10µg/l	5 µg/l	1,0 µg/l
Benzopiren	-	-	0,2 µg/l	0,010 µg/l
Bor	-	2,4 mg/l	-	1,0 mg/L
Bromat	-	-	10 µg/l	10 µg/l
Siyanür	-	-	0,2 mg/L	50 µg/l
Epikorhidrin	-	-	TT**	0,10 µg/l
Nikel	-	-	"	20 µg/l
Nitrit	-	3 mg/l	1 mg/L	0,50 mg/l
Pestisitler - Toplam	-	-	-	0,50 µg/l
Pestisitler (bireysel)	-	-	-	0,10 µg/l
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	-	-	-	0,10 µg/l
Selenyum	-	40 µg/l	50 µg/l	10 µg/l
Tetrakloroetan ve Trikloroetan	-	40µg/l	-	10 µg/l
Vinil klorür	-	-	-	0,50 µg/l
Elektrik İletkenliği (20 °C)	-	-	-	2500 µS cm-1

Derleyen Notu: Ayrıca DSÖ Kurşun ve Manganez'in, içme suyu için kullanılan suyla temas eden vana ve diğer malzemelerde bulunmasını yasaklar (ne yazık ki hala ülkemizde bir çok vana üreticisi su vanalarında Pb2 olarak malzeme kullanmaktadır) ve aşağıdaki ORGANİK türler içinde sınırlama getirilmiştir.

Organik türler:

- Benzen 10µg/l
- Karbon tetraklorür 4µg/l
- 1,2-Diklorobenzen 1000µg/l
- 1,4-Diklorobenzen 300µg/l
- 1,1-Dikloroetan 30µg/l
- 1,2-Dikloroethene 50µg/l
- Dikloromethane 20µg/l
- Di (2-etilheksil) fitalat 8 µg/l
- 1,4-Dioksam 50µg/l
- Enetik asit 600µg/l
- Etil benzen 300 µg/l
- Altıgen 0,6 µg/l
- Nitrotriyetik asit 200µg/l
- Pentakloropenol 9µg/l
- Stren 20µg/l
- Tetrakloroetan 40µg/l
- Tolüen 700µg/l
- Trikloroethene 20µg/l
- Xylene 500µg/l

Su (Saf Su)

Ultra saf su (Ultrapure Water - UPW), yüksek saflıkta su veya yüksek saflaştırılmış su (High Purity Water - HPW), nadir görülen ve şartnamelere uygun olarak katı maddelerden arıtılmış sudur. Ultra saf su; yarı iletken endüstrisinde, suyun organik ve inorganik bileşikler de dahil olmak üzere tüm kirleticiler için en yüksek saflık seviyelerine ulaştığı gerçeğini vurgulamak için yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Kirleticiler; organik ve inorganik olmayan, çözülmüş ve partikül maddeler, uçucu ve uçucu olmayan, reaktif ve hareketsiz, suyla etkileşime giren (hydrophilic) veya suyla etkileşime girmeyen (hydrofobic), çözülmüş gazlardır.

UPW ve yaygın olarak kullanılan de iyonize (DI) su terimi aynı değildir. UPW'nin organik parçacıklara ve çözünmüş gazlara sahip olmasının yanı sıra, tipik bir UPW sisteminin üç aşaması vardır: Arıtılmış su üretmek için bir ön işlem aşaması, suyu daha fazla arındırmak için birincil aşama ve arıtma sürecinin en pahalı kısmı olan parlatma aşamasıdır.

Bir dizi kuruluş ve grup UPW üretimiyle ilişkili standartlar geliştirmiş ve yayınlamıştır. Mikro elektronik ve fotovoltaik endüstri tesisleri ve ilaç endüstri organizasyonları, mikro elektronik ve güç için, Yarı İletken Ekipman ve Malzemeler Uluslararası Birliği (Semiconductor Equipment and Materials International- SEMI) tarafından geliştirilen su kalitesi standartlarını takip eder. Ayrıca gaz çevrim türbinleri ve buhar kazanları içinde su kalite standartları mevcuttur.

UPW kalitesi için en yaygın kullanılan gereksinimler ASTM D5127 "Elektronik ve Yarı İletken Endüstrilerinde Kullanılan Ultra Saf Su için Standart Kılavuz" ve SEMI F63 "Yarı iletken işlemede kullanılan ultra saf su kılavuzu" dur. Belirlenen standart içeriği için Tablo 9'a bakınız.

Tablo 9 Yarı İletken Endüstrisinde Kullanım İçin Su Kalitesi Standartları

Test Parametresi	Gelişmiş Yarı İletken UPW
Direnç (25 °C)	>18,18 MΩ·cm
Toplam Organik Karbon (<10 ppb için çevrimiçi)	<1 µg/L
Sürekli çözülmüş oksijen ölçümü	10 µg/L
Sürekli parçacıkların miktarı ölçümü (>0.05 µm)	<200 parçacıklar/L
Uçucu Olmayan Kalıntı	0,1 µg/L
Silika (toplam ve çözülmüş)	0,5 µg/L
Metaller/Bor (ICP/MS tarafından)	
22 En yaygın öğeler (ayrıntılar için F63-0213 bkz.)	<0,001-0,01 µg/L
İyonlar (ŞA'ya göre)	
7 Ana Anyonlar ve amonyum (ayrıntılar için F63-0213 bkz.)	0,05 µg/L
Mikrobiyolojik	
Bakteriler	<1 CFU/100 ml

Ultra saf su, düz panel ekranlar, ayrı bileşenler (LED'ler gibi), sabit disk sürücü plakaları (HDD) ve katı hal sürücüsü NAND flaş disk (SSD), görüntü sensörleri ve görüntü işlemcileri / wafer-level optics¹⁰ (WLO) ve kristal silikon fotovoltaikler ve bunlara benzer şekilde üretim yapılan diğer elektronik türlerinde kullanılır; Bununla birlikte, yarı iletken endüstrisindeki temizlik gereksinimleri, şu anda suyun saflığı için en katı kuralları olanıdır.

İlaç endüstrisindeki uygulamalar

İlaç ve biyoteknoloji endüstrilerinde tipik bir ultra saf su kullanımı aşağıdaki tabloda özetlenmiştir

Tablo 10 İlaç ve biyoteknoloji endüstrilerinde ultra saf su kullanımı

Tür	Kullanımı
Enjeksiyon için bakteriyostatik su	Oftalmik ¹¹ ve çok doz enjeksiyonlar için seyreltici
Solunma için steril su	Solunma terapisi ürünleri için seyreltici
Enjeksiyon için steril su	Enjeksiyonlar için seyreltici
Sulama için steril su	İç sulama terapisi ürünleri için seyreltici
Toplu enjeksiyonlar için su	Parenteral ¹² uygulama için ilaçların toplu hazırlanması için su

İnsan ve veteriner sağlık ürünlerinin üretimi için farmasötik¹³ ve biyoteknoloji uygulamalarında lisanslı üretimi için kullanılmak üzere aşağıdaki eczacılık standartlarına uyulmalıdır:

Not: Arıtılmış Su tipik olarak Ultra saf su kullanan diğer uygulamalara atıfta bulunan bir ana standart.

Ultra saf su ise genellikle temizlik uygulamaları için kritik bir yardımcı program olarak ve sterilizasyon için temiz buhar üretmek üzere de kullanılıyor.

Aşağıdaki tabloda, 'enjeksiyon için su' da iki ana otorite olan, Avrupa ve ABD eczacılık otoriteleri tarafından belirlenmiş su özellikleri şu şekilde özetlenmiştir:

¹⁰ Gelişmiş yarı iletken benzeri tekniklerle çoklu katman (çip) ölçeğinde optik teknolojisi, telefon kameraları vs.

¹¹ Gözle ilgili, göz damlaları üretimi

¹² İlaç veya serumların ağız yolu ile değil damar yolu, adale içi gibi yollarla verilmesi.

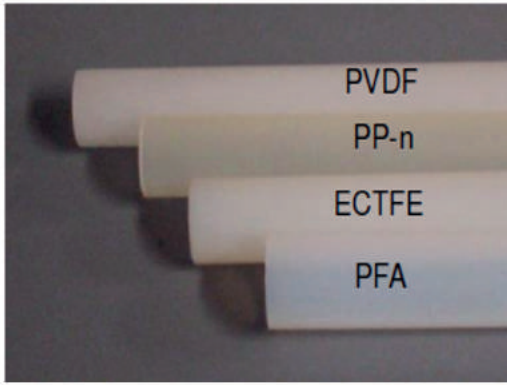
¹³ İlaçların hazırlanması, dozajları ve biçimleri gibi konularla ilgilenen bilim dalı, farmasötik

Tablo 11 Enjeksiyon için Farmakoloji Su Özellikleri

Özellikler	AB Farmakoloji (Ph.Eur.) https://en.wikipedia.org/wiki/European_Pharmacopoeia	ABD Farmakoloji (USP) https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Pharmacopoeia
İletkenlik	25 °C'de <1,3 µS/cm	25 °C'de <1,3 µS/cm
Toplam Organik Karbon (TOC)	<0,5 mg/L	<0,50 mg/L
Bakteriler (kılavuz)	<10 CFU/100 ml	<10 CFU/100 ml
Endotoksin	<0,25 IU/ml	<0,25 AB/ml [C]
Nitrat	<0,2 ppm	YOK
Alüminyum	<10 ppb	YOK

UPW tesisatında kullanılan boru ve bağlantı elemanları ile vanalar:

Paslanmaz çelik, hâlâ ilaç endüstrisinin tercih ettiği bir boru malzemesi olmaya devam etmektedir. Diğer taraftan, metalik katkısı nedeniyle, çoğu çelik 1980'lerde mikro elektronik UPW sistemlerinden çıkarıldı ve ABD ve Avrupa'da polivinylidene flüorür (PVDF), perfloroalkoksi (PFA), etilen klorotrifluoroethylene (ECTFE) ve Politetrafluroetilen (PTFE) yüksek performanslı polimerlerle değiştirildi. Asya'da, polivinil klorür (PVC), klorlu polivinil klorür (CPVC) ve polipropilen (PP), yüksek performanslı polimerlerle birlikte popülerdir.

**Şekil 11** Kullanılan Boru Çeşitleri**Şekil 12** Demineralize Su Kullanım Tesisi Görünüşü

UPW transferi için kullanılan termoplasttikleri birleştirme yöntemleri

Termoplasttikler farklı termofüzyon teknikleri ile bir araya gelebilir.

- Soket kaynağı (SW) veya soket füzyonu (SF) denilen birleştirme işlemi; borunun dış çapının bir bağlantı parçasının iç çapına "yakın oturma" eşleşmesi yapılarak kaynatıldığı bir işlemdir. Hem boru hem de bağlantı, öngörülen bir süre boyunca bir burçta (sırasıyla dış ve iç) ısıtılır. Daha sonra boru bağlantı parçasına bastırılır. Soğutulduğundan sonra kaynaklı parçalar kelepçeden çıkarılır.
- Ayrıca, içi resistanslı özel fittingler kullanılarak, bunlara elektrik verilerek de ergime ve kaynak yapılabilir. Bu fittingler otomatik kaynak makineleri ile kullanılır. Kaynağın kalitesi ve başarılı olup olmadığı, fitting üzerindeki memenin çıkışıyla belirlenir.
- Konvansiyonel alın füzyon kaynağı (CBF), birleştirilecek iki bileşenin aynı iç ve dış çaplara sahip olması gerekir. Hazırlanıp temizlenen boru ağzları, otomatik kaynak makinası vasıtasıyla, ütü denilen bir ısıtıcı plakasının her iki tarafına, öngörülen bir süre boyunca ve basınçta bastırılarak ısıtılır. Daha sonra ütü aradan çıkartılıp, iki bileşen, makina ve boruları tutan kelepçeler vasıtasıyla sağlanan belli basınçta, belli süre öpüştürülür. Soğuma süresi kadar beklendikten sonra, birbirine kaynayan borular kelepçeden çıkarılır. Bu kaynak işlemi sırasında uygulanan ısıtma değeri, ısıtma süresi, borulara uygulanacak basınç ve soğutma süresi, şartnamelere uygun olarak yapılır. Bastırma sonucunda oluşan iç ve dış dudakların da kalite kontrol standartlarına uygun ebatta olması gerekir. İç yüzeyin pürüzsüz olması isteniyorsa, iç dudaklar, özel iç dudak sıyırma aparatlarıyla temizlenir. Dış dudak temizlenmesi dış dudak sıyırma aparatlarıyla, işveren talebine göre yapılır. İç ve dış dudaklar, belli oranlarda tahribatlı kalite kontrol uygulamalarına tabi tutulur.
- Dudaksız ve çatlaksız Füzyon Kaynağı (Bead & crevice free füzyon kaynağı- BCF), aynı iç ve dış çaplara sahip iki termoplasttik (PVDF-PPn) bileşenin kaynatılması işlemidir. Kaynak makinasına yerleştirilen parçaların iç çapına şişme bir balon, birleşme çizgisinden simetrik mesafede olacak şekilde yerleştirilir. Bir ısıtıcı kafası bileşenleri birbirine kenetler ve balon şişirilir. Öngörülen süre sonunda ısıtıcı kafası soğur ve balon söndürülür. Tam soğu-

ma sonrası balon çıkarılır ve kaynaklanan elemanlar sıkıştırma istasyonundan çıkarılır. BCF sisteminin yararı, kaynak bölgesinde iç dudak ve çapak oluşmamasıdır. Kaynak bölgesinin yüzeyi, doğal borunun iç duvarı kadar pürüzsüzdür.

- Kızılötesi füzyon (IR), (CBF)'ye benzerdir, ancak bileşen uçları asla ısıtıcı kafasına dokunmaz. Bunun yerine, termoplastiğin eritme enerjisi radyan ısı ile aktarılır. IR iki değişik uygulamayla yapılır. İlk uygulamada iki parça üst üste binme payı kullanılır (Lap Welding). Diğer seçenekte ise basınç kullanılır. İlk metot uygulamasında üst üste bindirme yapıldığından, çaplardaki deformasyon engellenir ve böylece gereken hassas boyut toleransı sağlanır. Bu da endüstriyel tesisatta gereken hassasiyeti korur.

Borular içerisinde her türlü kirlenmeye karşı türbülans akış sağlamak için boru ve dağıtım ağında minimum akış hızlarını korumak gerekir. Önerilen minimum Reynolds sayısı 3.000 Re ve minimum dolaşım hızı 0,61 m/s üzeri olmalıdır. Bu, tasarımcının emniyetli konfor seviyesine bağlı olarak 10.000 Re'ye kadar artırılabilir.

Buhar Üretimi Kazan ve Kızgın Buhar Kullanan Enerji Tesisleri

Saf su buhar kazanlarında kullanıldığında yukarıda belirtilen standartlardan daha farklı olarak saf su haline getirilirler. Özellikle yüksek basınç ve kızgın buhar olarak enerji tesislerinde kullanılan su için sadece yumuşatılmış ve saflaştırma işlemleri tekrar Ters Ozmos (RO) filtrasyonunu zorunlu kılar.

Tablo 12 Buhar Kazanları Besi Suyu Kalitesi (İşletme Basıncı 0,5-20 bar) ¹⁴

Parametre	Birim	Buhar Kazan Besi Suyu	Kızgın Su Kazan Besi Suyu
İşletme basıncı	0,1 MPa	> 0,5- 20	tümü
Görünüm	-	temiz, berrak, asılı partikülsüz	
25 °C de iletkenlik	µS/cm	Tanımlanmamıştır, referans değeri Tablo 13 kazan suyu değerine bak.	
25 °C de pH değeri ^a	-	> 9,2 ^b	> 7
Toplam sertlik (Ca + Mg)	mmol/l	<0,01 ^c	<0,05
Demir (Fe) Konsantrasyonu	mg/l	<0,3	<0,2
Bakır (Cu) Konsantrasyonu	mg/l	<0,05	<0,1
Silikat (SiO ₂) Konsantrasyonu	mg/l	Belirtilmemiş, kazan suyu için kılavuz değerlerine bkz. Sayfa 26	
Oksijen (O ₂) Konsantrasyonu	mg/l	<0,05 ^d	-
Yağ/gres Konsantrasyonu (bkz. TS EN 12953-6)	mg/l	<1	<1
Organik maddeler Konsantrasyonu	-	Dip nota bakınız. ^e	

a Bakır alaşımlı sistemde pH değeri 8,7- 9,2 aralığında tutulmalıdır.

b Yumuşatılmış suda Tablo 13'e göre pH değeri <7 düşünülmalıdır.

c 1 bar'dan düşük işletme basıncında toplam sertlik maksimum 0,005 mmol/1 kabul edilmelidir.

d Kesintili çalışma veya degazörsüz işletme koşullarında film yapıcı kimyasallar ve/veya oksijen giderici kimyasal kullanılmalıdır.

e Organik maddeler genellikle birkaç bileşenden oluşmaktadır. Bu tür karışımların bileşimi ve kazan işletme koşulları altında kendi içerisinde münferit bileşenlerin davranışını tahmin etmek zordur. Asit iletkenliğini artıran ve korozyona sebep olan organik maddeler çürüyebilir ve karbonik asite dönüşebilir. Bunlar köpürmeye ve/veya toza sebep olabileceğinden, bu nedenle olabildiğince düşük tutulmalıdır.

¹⁴ TS EN 12953-10: 2003 Tablo 5.1

Tablo 13 Buhar Kazanları (Kazan İşletme Basıncı 0,5-20 bar) ¹⁵

Parametre	Birim	Buhar kazanları için kazan suyu kullanımı			Sıcak su kazanları için kazan suyu
		Besisi suyu iletkenliği > 30 µS/cm		Besisi suyu iletkenliği ≤ 30 µS/cm	
İşletme basıncı	0,1 (MPa)	> 0,5- 20	> 20	> 0,5	tümü
Görünüm	-	temiz, berrak, asılı partikülsüz			
25 °C'de iletkenlik	µS/cm	<6000 ^a	bkz. Tablo 13	<1500	<1500
25 °C'de pH değeri ^a	-	10,5- 12	10,5- 11,8	10- 11 ^{b,c}	9- 11,5 ^d
Baz bileşimi	mmol/l	1- 15 ^a	1-10 ^a	0,1- 1 ^c	<5
Silikat (SiO ₂) Konsantrasyonu	mg/l	basınca bağlıdır, Tablo 12 uygun			-
Fosfat (SO ₄) Konsantrasyonu	mg/l	10- 30	10- 30	6- 15	-
Organik maddeler Konsantrasyonu	-	Organik maddeler genellikle birkaç bileşenden oluşmaktadır. Bu tür karışımların bileşimi ve kazan işletme koşulları altında kendi içerisinde münferit bileşenlerin davranışını tahmin etmek zordur. Asit iletkenliğini arttıran ve korozyona sebep olan organik maddeler çürümüş olabilir ve karbonik asite dönüşebilir. Bunlar köpürmeye ve/veya toza sebep olabileceğinden, olabildiğince düşük tutulmalıdır.			-

- a Kızdırıcı varsa bu değer in %50'sini maksimum değer olarak kabul ediniz.
- b Na₃PO₄ enjeksiyonu ile yapılan temel pH ayarlamasıdır. Eğer pH <10 ise sadece ilave NaOH enjeksiyonu yapılır.
- c Kazan besisi suyunun asit iletkenliği <0,2 µS/cm ve Na+K konsantrasyonu <0,010 mg/l, ise fosfat enjeksiyonu gerekli değildir. Alternatif olarak, besisi suyu pH ≥9,2 ve kazan suyu pH ≥8; bütün uçucu bileşiklerle işlem yapılabilir, ancak bu durumda kazan suyu asit iletkenliği <5 µS/cm olmalıdır.
- d Eğer sistemde demir dışı malzeme, örneğin Alüminyum varsa, o zaman düşük pH ve iletkenlik gerekebilir; her durumda kazanın korunması öncelikli olmalıdır.
- e Eğer dengeli veya koordineli fosfatlama işlemi için fosfat kullanılırsa, diğer bütün değerler göz önüne alınarak, daha yüksek PO₄ konsantrasyonları kabul edilebilir.

Ağır su

Ağır su (döteryum oksit, ² H₂O, D₂O) sadece döteryum içeren bir su şeklidir (²H veya D, ağır hidrojen olarak da bilinir) yerine yaygın hidrojen-1 izotop (¹H veya H, *protium* olarak da adlandırılır) normal sudaki hidrojenin çoğunu oluşturur. Daha ağır hidrojen izotopunun varlığı suya farklı nükleer özellikler verir ve kütle artışı normal suya kıyasla biraz farklı fiziksel ve kimyasal özellikler verir. Ağır su **radyoaktif** değildir. Saf haliyle, sudan yaklaşık %11 daha büyük bir yoğunluğa sahiptir, ancak fiziksel ve kimyasal olarak benzerdir. Bununla birlikte, döteryum içeren sudaki çeşitli farklılıklar (özellikle biyolojik özellikleri etkileyen) yaygın olarak meydana gelen diğer izotop ikame bileşiklerinden daha büyüktür, çünkü döteryum, en hafif izotoptan iki kat daha ağır olması ile ağır kararlı izotoplar arasında benzersizdir. Bu fark, suyun hidrojen-oksijen bağlarının gücünü artırır ve bu da bazı biyokimyasal reaksiyonlar için önemli olan farklılıklara neden olmak için yeterlidir.

İnsan vücudu doğal olarak zararsız olan yaklaşık beş gram ağır suya eşdeğer döteryum içerir. Daha yüksek organizmalardaki suyun büyük bir kısmının (> 50) ağır su ile değiştirilmesi sonucunda hücre fonksiyon bozuklukları ve ölüm olur.

Yarı Ağır Su

Yarı ağır su, HDO, hafif hidrojenli su olduğunda var olur (*protium*, ¹H) ve döteryum (D veya ²H) karıştırılır. Bunun nedeni hidrojen atomlarının (hidrojen-1 ve döteryum) su molekülleri arasında hızla değiş tokuş olmasıdır. Hidrojeninde %50 H ve %50 D içeren su aslında yaklaşık %50 HDO ve %25 H₂O ve D₂O, dinamik dengede olmasıdır. Normal suda, 3.200'de yaklaşık 1 molekül HDO bulunur (6.400'de bir hidrojen D şeklindedir) ve ağır su molekülleri (D₂O) sadece 41 milyonda yaklaşık 1 molekül oranında (yani 6.400²'de bir) meydana gelir. Bu nedenle yarı ağır su molekülleri "saf" (homoizotropik) ağır su moleküllerinden çok daha yaygındır.

¹⁵ TS EN 12953-10 : 2003 Tablo 5.2

Ağır Oksijenli Su

Daha ağır oksijen izotoplarında zenginleştirilmiş su ^{17}O ve ^{18}O radyoaktif olmayan izotropik izleyici olarak kullanılmak üzere ticari olarak da mevcuttur. Normal sudan daha yoğun olduğu için "ağır su" sayılır (H_2^{18}O yaklaşık olarak D_2O , H_2^{17}O arasında yaklaşık yarı yarıya H_2O ve D_2O) —ancak D_2O , olağandışı nükleer ve biyolojik özelliklerini veren döteryum içermediği için nadiren ağır su olarak adlandırılır. ^{17}O ve ^{18}O 'nun daha zor ayrılması nedeniyle D_2O 'dan daha pahalıdır.

Tablo 14 Su İzotoplarının Fiziksel Özellikleri

Özellikler	D_2O (Ağır Su)	HDO (Yarı Ağır Su)	H_2O (Hafif Su)
Erime noktası (standart basınç)	3,82 °C (38,88 °F; 276,97 K)	2,04 °C (35,67 °F; 275,19 K)	0,0 °C (32,0 °F; 273,1 K)
Kaynama noktası	101,4 °C (214,5 °F; 374,5 K)	100,7 °C (213,3 °F; 373,8 K)	100,0 °C (212,0 °F; 373,1 K)
STP ¹⁶ 'de yoğunluk (g/mL)	1,1056	1,054	0,9982
Maksimum yoğunluk sıcaklığı	11,6 °C	Doğrulanmamış	3,98 °C
Dinamik viskozite (20 °C'de, mPa·s)	1,2467	1,1248	1,0016
Yüzey gerilimi (25 °C' de, N/m)	0,07187	0,07193	0,07198
Füzyon ısısı (kJ/mol)	6,132	6,227	6,00678
Buharlaşma ısısı (kJ/mol)	41,521	Doğrulanmamış	40,657
pH (25 °C'de)	7,44 ("pD")	7,266 ("pHD")	7,0
pK _b (25 °C'de)	7,44 ("pK _b D ₂ O")	Doğrulanmamış	7,0
Kırılma indeksi (20 °C, 0,5893 µm'de)	1,32844	Doğrulanmamış	1,33335

Su İçerisinde Çözünen Katı Sıvı ve Gazlar

Jeotermal sular çoklu malzemenin su içerisinde çözülmüş olarak bulunduğu sıvılardır. Her ne kadar Newton yasasına uygun davranışlar da özgül ağırlık ve viskozite olarak farklı değerlere sahiptir. Özellikle yüksek sıcaklık ve basınç altında oluşmuş bu çözeltiler atmosfer ortamına çıktıklarında değişen sıcaklık ve basınç nedeni ile soğudukça farklı davranışlar sergiler. Mineral suların tamamı neredeyse farklı kompozisyonda ve niteliktedir, ayrıca iki fazlı akışkan olarak da davranabilir. (maden suyu, ham petrol vs.)

Tablo 15 Su İçerisindeki Kabul Edilen İnsan Sağlığı Parametreleri

Tablo A Parametreleri	Ölçü Birimleri	Değer (Maks.)
Alüminyum	µg Al/litre (l)	200
Amonyum (amonyak ve amonyum iyonları)	mg NH ₄ /litre	0.5
Renk	mg/1 Pt/Co ölçeği	20
Bakır	µg Cu/l	3000
Çözülmüş veya emülsifiye hidrokarbonlar (petrol eterli ekstrakt); mineral yağlar	µg/l	10
Kuru kalıntılar	mg/l	180 °C'de 1500 kuru
Flüorür	µg F/l	1500
Hidrojen iyon	pH değeri	9,5- 5.5(dk.)
Demir	µg Fe/l	200
Kjeldahl nitrojen ¹⁷	mg NO	1
Magnezyum	mg Mg/l	50
Mangan	µg Mn/l	50
Nitrat	mg NO ₃ /litre	50
Nitrit	mg NO ₂ /litre	0.1
Koku (hidrojen sülfür dahil)	Seyreltme numarası	3 at 25 °C
Oksitlenebilirlik (kalıcı değer)	mg O ₂ /litre	5
Fenol	µg C ₆ H ₅ OH/litre	0.5
Fosfor	µg P/l	2200
Potasyum	mg K/l	12
Gümüş	µg Ag/l	10 (80 Tedavi süreci kullanımı)

¹⁶ STP- Standart sıcaklık ve basınç kısaltması

¹⁷ Toplam Kjeldahl azot veya TKN, toprak, su veya atık suyun kimyasal analizinde organik maddelere bağlı azot, amonyak ($\text{NH}_3\text{-N}$) ve amonyumda ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) azot toplamıdır (örneğin kanalizasyon arıtma tesisi atık suyu). Bugün, TKN birçok arıtma tesisinde düzenleyici raporlama için gerekli bir parametredir ve tesis operasyonlarını izlemenin bir yolu olarak kullanılmaktadır.

Sodyum	mg Na/l	150(*)
Sülfat	mg SO4/litre	250
Yüzey aktif madde	µg/l (lauryl sülfat olarak)	200
Tat	Seyreltme numarası	3 at 25 °C
Sıcaklık	°C	25
Toplam organik karbon	mg C/l	Normalden yüksek değil
Bulanıklık (askıya alınmış katı maddeler dahil)	Formazin bulanıklık birimleri	4
Çinko	µg Zn/l	5000

Mineral kaynakları; sert su ve çözünmüş mineraller içeren, doğal olarak oluşan kaynaklardır. Mineral kaynakları; belirgin çözünmüş gazlar olmadan yumuşak su üreten tatlı pınarların aksine, tuzlar, kükürt bileşikleri ve gazlar ile yeraltına geçişi sırasında kaynak suyunda çözülebilen maddeler taşır. Çözünmüş mineraller suyun tadını değiştirebilir. Mineral kaynaklardan elde edilen maden suyu ve çökelmiş tuzlar, uzun zamandır önemli bir ticari ürün olmuştur.

Bazı mineral kaynakları arsenik gibi önemli miktarda zararlı çözünmüş mineral içerebilir ve içilmemelidir. Kükürt yayları, tehlikeli ve bazen ölümcül olan hidrojen sülfid (H₂S) nedeniyle çürük yumurta kokar. H₂S bir gazdır ve genellikle nefes alındığında vücuda girer. İçme suyunda bulunan miktarlar çok daha düşüktür ve zarar verme olasılığı yoktur, ancak 2003 itibarıyla uzun süreli, düşük seviyeli maruz kalma ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır.

Mineral kaynakların suyunun bazen terapisttik değeri olduğu iddia edilir. Mineral kaplıcalarında tedavi amaçlı olarak maden suyunu içen veya maden suyunda yıkanan kişilerin yaptıkları **Hidroterapi, su kürü** olarak da adlandırılır. Bu uygulama, ağrı kesici ve tedavi için su kullanımını içeren alternatif tıbbın (özellikle naturopati), ergoterapive fizyoterapinin bir parçasıdır. Hidroterapi, kan dolaşımını teşvik etmek ve bazı hastalıkların semptomlarını gidermek gibi terapisttik amaçlar için sıcaklık ve basınç gibi suyun fiziksel özelliklerinden yararlanan çok çeşitli yaklaşımları ve terapisttik yöntemleri kapsar.

Günümüzde hidroterapide kullanılan çeşitli tedavilerde su jetleri, su altı masajı ve mineral banyolar (örneğin balneoterapi¹⁸, İyot-Grine terapisi, Kneipp tedavileri, İskoç hortumu, İsviçre duşu, deniz suyu gibi) veya jakuzi banyosu, sıcak Roma hamamı, spa küveti, jakuzi, soğuk dalma ve mineral banyosu kullanılır.

Özellikle jeotermal sular ile ilgili tesisatta kullanılacak BORU, VANA ve yardımcı armatürlerin seçiminde, suyun içerisindeki mineral ve çözünmüş gazların esas alınmasının belirleyici bir rolü vardır.

Su İçerisinde Çözülen Katılar

Su içerisinde çözülen katılar eriyik adıyla anılmaktadır. Genelde su içerisinde karıştırılarak homojen hale getirilir ve Newton yasalarına büyük ölçüde uygun davranır, ancak aykırı davrananları da vardır.

Eriyiklerin birçoğu günlük hayatımızda yer almaktayken bazıları farklı kurallar ve viskozite davranışları sergilemektedir.

Tuzlu su, yüksek konsantrasyonda çözünmüş tuz (özellikle sodyum klorür) içeren sudur. Tuz konsantrasyonu genellikle binde bir parça (permille, ‰) ve milyonda bir parça (ppm) ile ifade edilir. Tuzlu suyu üç tuzluluk kategorisinde sınıflandırabiliriz.

Hafif tuzlu sudaki tuz konsantrasyonu 1.000-3.000 ppm (%0,1-0,3), orta derecedeki tuzlu suda 3.000-10.000 ppm (%0,3-1) ve yüksek tuzlu suda ise 10.000 ila 35.000 ppm (%1-3,5) arasındadır.

Deniz suyunun, bir litresi (veya kg), 35 gram tuza eşdeğer yaklaşık 35.000 ppm tuzluluk miktarı olan 357 gram tuzu eritebilir, bu da ağırlık/ağırlık olarak %26,3'lük bir konsantrasyon oluşturur. Kaynama noktasında (100 °C) bir litre suda çözülebilen miktar yaklaşık 391 gram olur ve w/w %28,1 konsantrasyona ulaşır.

100 °C'de (373,15 K°), doymuş sodyum klorür salamura ağırlık olarak yaklaşık %28 tuzdur. 0 °C'de (273,15 K), salamura ağırlık olarak sadece %26 tuz tutabilir. 20 °C'de bir litre su yaklaşık 357 gram tuzu eritebilir, bu da %26,3'lük bir konsantrasyonda olur.

Deniz suyunun ısı iletkenliği (ağırlık olarak %3,5 çözünmüş tuz) 25 °C'de 0,6 W/mK'dir. **Termal iletkenlik artan tuzlulukla azalır ve artan sıcaklıkla artar.** Tuz içeriği bir **salinometre** ile belirlenebilir.

Yeraltı sularındaki çözünmüş katıların içeriği, hem belirli bileşenler (örneğin, kaya tuzları, kalsiyum sülfat, karbonatlar,

¹⁸ "Balneoterapi", bir cismi maden suyuna veya mineral yüklü çamura batırma uygulamasıdır; birçok kültürün geleneksel tıbbının bir parçasıdır ve kaplıcalar, soğuk su kaynakları veya Ölü Deniz gibi diğer su kaynaklarından yararlanır.

alçı, florür-tuzlar, organik halokarbonlar ve sülfat-tuzlar) hem de konsantrasyon seviyeleri açısından dünyadaki bir konumdan diğerine yüksek oranda değişir. Toplam çözünmüş katı maddelere (Total dissolved solids - TDS) dayalı yeraltı suyunun çeşitli sınıflandırmalarından birini kullanan salamura, 100.000 mg/L TDS'den fazla su içerir. Salamura, özellikle bir kuyunun hidrolik kırılmasından sonra, kuyu tamamlama işlemleri sırasında yaygın olarak üretilir.

Mutfakta kullanımı

Salamura, gıda işleme ve pişirmede yaygın kullanılan bir ajandır. Tuzlu su, yiyecekleri korumak veya baharat eklemek için kullanılır. Salamura; peynirlerde, sebze ve meyvelerden turşu yapmada kullanılan bir uygulamadır. Et ve balıkta ise genellikle daha kısa süreler için, bir marine etme şekli olarak, etin yumuşaklığını ve lezzetini veya raf ömrünü artırmak için salamura yapılır.

Soğutma Sıvısı Olarak Kullanımı

Salamura, termal enerjinin taşınması için büyük soğutma tesisatında ikincil sıvı olarak kullanılır. En sık kullanılan salamuralar, ucuz kalsiyum klorür ve sodyum klorüre dayanır. Suya tuz eklenmesi, çözeltinin donma sıcaklığını düşürdüğü ve malzemenin nispeten düşük maliyet ile ısı taşıma verimliliğinin büyük ölçüde artırılabilmesinden dolayı tercih edilir. NaCl salamurası için elde edilebilen en düşük donma noktası ağırlıkça %23,3 NaCl konsantrasyonda $-21,1$ °C'dir. Buna öttik¹⁹ nokta denir.

Aşındırıcı özellikleri nedeniyle tuz bazlı salamuralar yerini polietilen glikol gibi organik sıvılara bırakmıştır.

Balıkları dondurmak için bazı balıkçı gemilerinde sodyum klorür salamura spreyi kullanılır. Tuzlu su sıcaklığı genellikle -21 °C'dir. Hava kabarcıkları donma sıcaklıkları -35 °C veya daha düşüktür. Salamuranın daha yüksek sıcaklığı göz önüne alındığında, hava kabarcıklarının donması üzerindeki sistem verimliliği daha yüksek olabilir. Yüksek değerli balıklar genellikle salamura için pratik sıcaklık sınırının altında, çok daha düşük sıcaklıklarda dondurulur.

Su İçerisinde Çözülemeyen Katılar (Karışımlar)

Kanalizasyon tesisatında bulunan katıların büyük kısmı su ile karışım halinde taşınarak arıtma tesisatına ulaşmaktadır. Sel suları da benzer nitelikte yüzey üzerinde her türlü malzemeyi beraberinde taşımaktadır. Ayrıca yağmur suları veya barajlardan sulama kanallarına ulaşan sular veya bizim içme suyu tesislerine iletilen sular da içerisinde çözülmüş veya çözülemeyen maddeler ile taşınmaktadır. Kanalizasyon tesisatındaki bu tip sıvılar ya serbest akış altında ya da katı parçalar parçalanarak akışkan içerisinde daha homojen bir dağılımlı olması sağlandıktan sonra pompalanır.

Su içerisinde Çözülen Sıvılar

Birçok sıvı, su ile karışabilir niteliktedir. Su ile karışabilen sıvılara homojen çözelti (miscible) adını verilmektedir. Homojen bir karışımı (çözeltiyi) oluşturan elemanları her oranda karıştırmak (yani, herhangi bir konsantrasyonda birbirleri içinde tamamen çözmek) için iki maddenin ortak özelliği olmalıdır. Terim en sık sıvılara uygulanır ama aynı zamanda katı maddeler ve gazlar için de geçerlidir. Örnek, su ve etanol her oranda karıştırları için çözeltidir.

Bunun aksine, karışımın bir çözelti oluşturmadığı belirli oranlar varsa, maddelerin çözelti olmayan, yani emülsiyon (immiscible) olduğu söylenir. Örneğin, yağ suda çözünmez, bu nedenle bu iki çözücü sıvı çözelti değil farklı katmanlar oluşturan emülsiyondur (immiscible). Başka bir örnek butanol (metil etil keton) suda önemli ölçüde çözünmesine rağmen, ancak bu iki çözücü de her oranda çözünmedikleri için emülsiyondur (immiscible). Doğal olarak bu akışkanların boru içerisinde sergiledikleri davranışlar farklı olmaktadır.

Emülsiyon, sıvı-sıvı faz ayrımı nedeniyle normalde immiscible (karışamaz veya karıştırılmaz) olan iki veya daha fazla sıvının karışımıdır. Emülsiyonlar kolloid adı verilen iki fazlı madde sistemlerinin daha genel bir sınıfının bir parçasıdır. **Kolloid ve emülsiyon terimleri** bazen birbirinin yerine kullanılsa da dağınık ve sürekli olan her iki faz da sıvı olduğunda emülsiyon kullanılmalıdır. Bir emülsiyonda, dağınık fazda olan bir sıvı, bir başka emülsiyonda sürekli fazda olabilir. Emülsiyon örnekleri arasında vinaigrettes²⁰, homojenize süt, sıvı biyomoleküler kondensatlar ve metal çalışmasında kullanılan bazı kesme sıvıları sayılabilir.

¹⁹ öttik sistem tek bir noktada eriyen veya katılaştıran heterojen bir madde karışımıdır. Herhangi bir bileşenin erime noktasından daha düşük sıcaklıktadır. Bu sıcaklık ötektik sıcaklık olarak bilinir ve ilgili bileşen türleri için tüm karıştırma oranları üzerinde mümkün olan en düşük erime sıcaklığıdır.

²⁰ Vinaigrette sirke veya limon suyu gibi asidik bir şeyle bir yağ karıştırılarak yapılır. Karışım tuz, otlar ve / veya baharatlarla geliştirilebilir. En yaygın olarak salata sosu olarak kullanılır, ama aynı zamanda marine olarak da kullanılabilir. Geleneksel olarak, bir vinaigrette 3 ölçek yağ ve 1 ölçek sirke kararlı bir emülsiyona karıştırılır, ancak terim aynı zamanda farklı oranlardaki karışımlara ve katmanlı yağ ve sirke fazlarına ayrılmadan önce sadece kısa süren kararsız emülsiyonlara da uygulanır.

İki sıvı farklı emülsiyon türleri oluşturabilir. Örnek olarak, petrol ve su, ilk olarak, yağın dağınık faz olduğu ve suyun sürekli faz olduğu bir sudaki yağ emülsiyonunu oluşturabilir. İkincisi, suyun dağınık faz olduğu ve yağın sürekli faz olduğu bir yağ emülsiyonunu oluşturabilir. "Sudaki su" emülsiyon ve "yağdaki su yağı" emülsiyon da dahil olmak üzere birden fazla emülsiyon da mümkündür.

Sıvı olan emülsiyonlar statik bir iç yapı sergilemez. Sürekli fazda dağılan damlacıkların (bazen "dağılım ortamı" olarak da adlandırılır) genellikle kabaca küresel damlacıklar üretmek için istatistiksel olarak dağıldığı varsayılır.

Su içerisinde Çözülen Hava ve Gazlar

Su içerisinde Çözülen Hava (Deaeration): Tatlı su ısıtıldığında hava kabarcıkları oluşmaya başlar ve su, açıkça artan sıcaklık ile çözülmüş havayı tutamaz. 100 °C'da (212 °F) su kaynamaya başlar, buharlaştırılmış su veya buhar ile kabarcıklar oluşur. Su soğutulur ve sonra tekrar ısıtılırsa, su kaynamaya başlayana kadar kabarcıklar görünmez. Su havalandırılmış olur.

Çözünürlük Oranı; Sudaki havanın çözünürlüğü bir çözünürlük oranı olarak ifade edilebilir:

$$S_a = m_a / m_w \quad \text{Denklem 38}$$

S_a = çözünürlük oranı, m_a = hava kütlesi (kg), m_w = su kütlesi (kg)

Henry Yasası; Sudaki havanın çözünürlüğü Henry Yasası'na uygundur- "bir sıvıda çözünen hava miktarı sistemdeki basınçla orantılıdır"- ve şu şekilde ifade edilebilir:

$$c = p_g / k_H \quad \text{Denklem 39}$$

c = çözülmüş gazın çözünürlüğü, k_H = gazın yapısına ve çözücü p_g = kısmi gaz basıncına bağlı olarak orantılılık sabiti (Pa)

Sudaki oksijenin çözünürlüğü azot çözünürlüğünden daha yüksektir. Suda çözünen hava, havadaki %21'e kıyasla yaklaşık %35,6 oksijen içerir.

Sudaki havanın çözünürlüğü- emilen hava hacminin su hacmine oranı olarak ifade edilir:

Tablo 16 Hava-Su Çözünürlüğü

Sıcaklık (°C)	Çözünürlük (v_{hava}/v_{su})					
	Ölçer Basıncı (kPa)					
	0	138	276	414	552	690
4,44	0,0258	0,0613	0,0967	0,1321	0,1676	0,2030
10	0,0223	0,0529	0,0836	0,1143	0,1449	0,1756
15,6	0,0197	0,0469	0,0742	0,1014	0,1296	0,1559
21,1	0,0177	0,0423	0,0669	0,0916	0,1162	0,1408
26,7	0,0161	0,0387	0,0614	0,0840	0,1067	0,1293
32,2	0,0147	0,0358	0,0569	0,0780	0,0990	0,1201
37,8	0,0136	0,0334	0,0532	0,0730	0,0928	0,1126
43,3	0,0126	0,0314	0,0501	0,0689	0,0877	0,1065
48,9	0,0117	0,0296	0,0475	0,0654	0,0833	0,1012
54,4	0,0107	0,0280	0,0452	0,0624	0,0796	0,0968
60	0,0098	0,0265	0,0432	0,0598	0,0765	0,0931
65,6	0,0089	0,0251	0,0413	0,0574	0,0736	0,0898
71,1	0,0079	0,0237	0,0395	0,0553	0,0711	0,0869
76,7	0,0068	0,0223	0,0378	0,0534	0,0689	0,0844
82,2	0,0055	0,0208	0,0361	0,0514	0,0667	0,0820
87,8	0,0041	0,0192	0,0344	0,0496	0,0647	0,0799
93,3	0,0024	0,0175	0,0326	0,0477	0,0628	0,0779
98,9	0,0004	0,0155	0,0306	0,0457	0,0607	0,0758

Örnek- Suda Çözünen Hava-Suda çözünen hava miktarı- hava kütlesi ile hacim / su kütlesi- Henry yasası ile hesabı; Henry yasası Sabiti 25°C sistem sıcaklığında; Oksijen- O₂: 756,7 atm./(mol/litre), Azot- N₂ : 1600 atm./(mol/litre) Moleküler Ağırlıkları; Oksijen- O₂: 31,9988 g/mol, Nitrojen- N₂: 28,0134 g/mol Havada kısmi oranlar; Oksijen- O₂: ~ 0,21, Nitrojen- N₂: ~ 0,79

Atmosfer basıncında suda çözünen oksijen hesabı:

$$c_o = (1 \text{ atm}) 0,21 / (756,7 \text{ atm}/(\text{mol/litre})) (31,9988 \text{ g/mol}) \\ = 0,0089 \text{ g/litre} \\ \sim 0,0089 \text{ g/kg}$$

Atmosferik basınçta suda çözünen azot hesabı:

$$c_n = (1 \text{ atm}) 0,79 / (1600 \text{ atm}/(\text{mol/litre})) (28,0134 \text{ g/mol}) \\ = 0,0138 \text{ g/litre} \\ \sim 0,0138 \text{ g/kg}$$

Hava esas olarak Azot ve Oksijenden oluştuğundan-suda çözünen hava hesabı:

$$c_a = (0,0089 \text{ g/litre}) + (0,0138 \text{ g/litre}) \\ = 0,0227 \text{ g/litre} \\ \sim 0,023 \text{ g/kg}$$

Tablo 17 25°C Sıcaklıktaki Diğer Bazı Basınçlar için Suda Çözünen Hava Hesap Özeti

Basınç, mutlak (atm)	1	2	3	4	5	6
Suda Çözünmüş Hava (25°C) (g/kg)	0,023	0,045	0,068	0,091	0,114	0,136

Hava (Atmosferik-Basınçlı)

Havadan bahsetmek istediğimizde, karşımıza çıkan ilk tablo hava içerisinde bulunan bileşenlerdir. Fakat hava genellikle tek tek bileşenlerden ortalama özelliklere sahip tek tip (varyasyon veya dalgalanma olmayan) bir gaz olarak modellenmiştir.

Tablo 18 Hava İçerisindeki Gazlar ve Temel Değerleri

Kuru havadaki bileşenler		Hacim oranı = Kuru havaya göre mol oranı		molekül kütle	Havada molekül kütle		Atmosferik kaynama noktası	
Ad	Formül	[mol/mol _{hava}]	[Hacim%]	[g/mol], [kg/kmol]	[g/mol _{hava} , [kg/kmol _{hava}]	[Ağırlık%]	[K]	[°C]
Azot	N ₂	0,78084	78,084	28,013	21,872266	75,511	77,4	-195,8
Oksijen	O ₂	0,20946	20,946	31,999	6,701942	23,14	90,2	-183,0
Argon	Ar	0,00934	0,934	39,948	0,373025	1,29	87,3	-185,8
Karbondioksit ¹⁾	CO ₂	0,000412	0,0412	44,010	0,018132	0,063	194,7	-78,5
Neon	Ne	0,00001818	0,001818	20,180	0,000367	0,0013	27,2	-246,0
Helyum	O	0,00000524	0,000524	4,003	0,000021	0,00007	4,2	-269,0
Metan	CH ₄	0,00000179	0,000179	16,042	0,000029	0,00010	111,7	-161,5
Kripton	Kr	0,0000010	0,0001	83,798	0,000084	0,00029	119,8	-153,4
Hidrojen	H ₂	0,0000005	0,00005	2,016	0,000001	0,000003	20,3	-252,9
Ksenon	Xe	0,00000009	0,000009	131,293	0,000012	0,00004	165,1	-108,1
Ortalama hava molekül kütlesi					28,9647			

1) NASA ya göre ortalama CO₂ seviye/yıl; 1960 ort. 320 ppm, 1970 ort. 328 ppm, 1980 ort. 341 ppm, 1990 ort. 356 ppm, 2000 ort. 372 ppm, 2010 ort. 390 ppm ve 2020 ort. 412 ppm

Standart koşullarda hava, gazların bir karışımıdır. Bununla birlikte, düşük sıcaklıkta ve yüksek basınçlarda gaz karışımı bir sıvı haline gelir. Hava faz diyagramı, sıcaklık ve basınçtaki değişikliklerle faz davranışını gösterir. Üçlü nokta ile kritik nokta arasındaki eğri, basınçtaki değişikliklerle hava kaynama noktasını gösterir.

Kritik nokta: Bir sıvının ve buharının bir arada var olabileceği koşulları belirleyen basınç-sıcaklık eğrisinin bitiş noktası. Daha yüksek sıcaklıklarda, gaz sadece basınçla sıvı hale gelemez. Kritik noktada, kritik sıcaklık T_c ve kritik basınç P_c ile tanımlanan faz sınırları kaybolur.

Kritik hava sıcaklığı: 132,63 K = -140,52°C

Kritik hava basıncı: 37,363 atm = 37,858 bar = 3,7858 MPa (MN/m²)

Üçlü nokta: Üç fazın (gaz, sıvı ve katı) termodinamik dengede bir arada bulunan bir maddenin

Üç noktalı hava basıncı: 0,05196 atm = 0,05265 bar = 5265 Pa = 5265 Pa

Havanın üç nokta sıcaklığı: 59,75 K = -213,40 °C

Aşağıdaki rakamlar, hava kaynama ve yoğunlaşma eğrileri boyunca termodinamik özelliklerdeki değişiklikleri göstermektedir:

Tablo 19 Hava için Buhar Basıncı, Yoğunluk, Viskozite, Isı Kapasitesi, Termal İletkenlik Değerleri (Kaynama ve Yoğunlaşma Boyunca Havanın Özellikleri)

Sıcaklık		Basınç	Yoğunluk	Isı kapasitesi C _v	Isı kapasitesi C _p	Termal iletkenlik	Dinamik Viskozite	Kinematik viskozite
[K]	[°C]	[bara]	[g/l], [kg/m ³]	[kJ/kg K]	[kJ/kg K]	[mW/m K]	[μPa s]	[cSt], [m ² /s*10 ⁻⁶]
Sıvı								
59,75	-213,40	0,05265	957,6	1,174	1,901	171,4	376,6	0,3933
65	-208,2	0,1432	935,9	1,118	1,902	162,9	292,4	0,3124
70	-203,2	0,31908	914,6	1,102	1,908	154,7	234,8	0,2567
75	-198,2	0,63326	892,7	1,072	1,919	146,5	192,4	0,2155
80	-193,2	1,1462	870,2	1,045	1,938	138,2	160,4	0,1843
85	-188,2	1,9262	846,7	1,020	1,964	129,8	135,8	0,1604
90	-183,2	3,0475	822,2	0,9981	2,003	121,4	116,4	0,1415
95	-178,2	4,5886	796,2	0,9786	2,056	112,9	100,7	0,1264
100	-173,2	6,6313	768,5	0,9617	2,130	104,4	87,61	0,1140
105	-168,2	9,2606	738,6	0,9477	2,236	95,93	76,41	0,1035
110	-163,2	12,564	705,6	0,9373	2,389	87,55	66,54	0,0943
115	-158,2	16,633	668,5	0,9314	2,628	79,34	57,57	0,0861
120	-153,2	21,557	625,3	0,9325	3,048	71,36	49,13	0,0786
125	-148,2	27,427	571,4	0,9473	4,001	63,66	40,76	0,0713
130	-143,2	34,295	488,4	1,010	8,846	58,05	31,07	0,0636
132,63	-140,52	37,858	302,6				17,83	0,0589
Gaz								
59,75	-213,40	0,02432	0,1421	0,7183	1,009	5,294	4,220	29,69
65	-208,2	0,07756	0,4182	0,7219	1,017	5,844	4,606	11,01
70	-203,2	0,19431	0,9787	0,7275	1,030	6,376	4,970	5,078
75	-198,2	0,42282	2,006	0,7354	1,050	6,920	5,333	2,658
80	-193,2	0,82321	3,711	0,7459	1,078	7,485	5,694	1,534
85	-188,2	1,4665	6,336	0,7589	1,116	8,082	6,057	0,9560
90	-183,2	2,4320	10,16	0,7746	1,166	8,725	6,427	0,6327
95	-178,2	3,8047	15,50	0,7928	1,232	9,439	6,810	0,4393
100	-173,2	5,6742	22,77	0,8137	1,320	10,26	7,215	0,3169
105	-168,2	8,1341	32,49	0,8375	1,440	11,24	7,659	0,2357
110	-163,2	11,282	45,42	0,8651	1,614	12,47	8,163	0,1797
115	-158,2	15,223	62,75	0,8981	1,887	14,15	8,770	0,1398
120	-153,2	20,067	86,57	0,9399	2,373	16,64	9,552	0,1103
125	-148,2	25,949	121,5	0,9981	3,474	20,97	10,68	0,0879
130	-143,2	33,084	182,7	1,095	8,031	31,81	12,78	0,0699
132,63	-140,52	37,858	302,6				17,83	0,0589

Hava- Hava Fazlalığında Gazların Difüzyon Katsayıları:

0- 400 °C arasında değişen sıcaklıklarda büyük miktarda havadaki gazlar için difüzyon katsayıları (D12).

$$J = -D \cdot d\phi/dx$$

Denklem 40

J = difüzyon akısı- birim zaman başına bir birim alandan akan madde miktarı [kütle veya mol / (m² s)]

D= difüzyon katsayısı [m²/s]

dφ = madde konsantrasyonundaki değişim [kütle veya mol/m³]

dx = uzunluk değişimi [m]

Basit tek boyutlu taşıma için, difüzyon katsayısı konsantrasyon değişim zamanını açıklar. Difüzyon katsayısı maddenin maddeye ve sıcaklık ve basınçla değişir.

Aşağıdaki şekil ve tablo, havanın büyük miktarda olduğu ikili gaz karışımları için D12 difüzyon katsayılarını göstermektedir.

Tablo 20 Hava İçerisindeki Gazlar ve Difüzyon Katsayıları

Büyük miktarda havadaki gazlar		Difüzyon katsayısı, D_{12} , atmosferik basınçta [cm^2/s] ve verilen sıcaklıklar					
		0 °C	20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C
Ad	Formül	32 °F	68 °F	212 °F	392 °F	572 °F	752 °F
Argon	Ar	0,167	0,189	0,289	0,437	0,612	0,81
Metan	CH ₄		0,21	0,321	0,485	0,678	0,899
Karbon monoksit	CO		0,208	0,315	0,475	0,662	0,875
Karbondioksit	CO ₂		0,16	0,252	0,39	0,549	0,728
Hidrojen	H ₂	0,668	0,756	1,153	1,747	2,444	3,238
Su buharı	H ₂ O	0,219	0,242	0,399	0,638	0,873	1,135
Helyum	O	0,617	0,697	1,057	1,594	2,221	2,933
Kükürt hekza flüorit	SF ₆			0,15	0,233	0,329	0,438

Buhar

Normal atmosferik koşullar altında su sıvı şeklinde bulunur ancak su kütlesi bazı dış ortamlar vasıtasıyla ısıtıldığında, suyun sıcaklığı yükselir ve kısa süre sonra yüzeyde sürekli olarak kırılıp oluşan kabarcıklar gözlemlenir. Bu olay "kaynama" olarak tanımlanır.

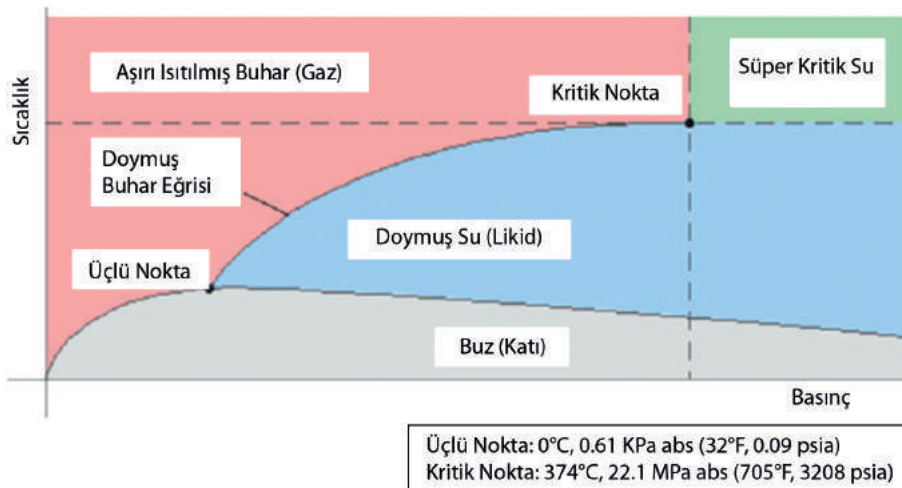
Suyun aşırı ısıtılmış buhara dönüştürülmesi sürecinde üç ayrı aşama vardır:

Buhar oluşmadan önce su kaynıyor olmalıdır. Buhar tamamen kuruyana kadar aşırı ısınmış buhar oluşamaz. Birinci aşamada, suyun sıcaklığını, ısının eklenme koşullarına karşılık gelen kaynama noktasına yükseltmek için ısı eklenir. Kaynama noktası genellikle üretim veya doyumluk sıcaklığı olarak adlandırılır. Suyun sıcaklığını 0°C'den doyumluk sıcaklığına yükseltmek için gereken ısı miktarı, suyun veya hissedilen ısının entalpisi olarak bilinir.

İkinci aşamada ısı kaynar suya eklendikçe ve sabit basınç koşullarında, su sıcaklıkta herhangi bir artış olmadan buhar olarak faz değiştirir. Bu, buharlaşma veya gizli ısı aşamasıdır. Bu aşamada, buhar sıvı su ile temas halindeyken, Doymuş Buhar olarak bilinen durumdadır. Doymuş Buhar, oluşturma koşullarına bağlı olarak "kuru" veya "yaş" olabilir. "Kuru" doymuş buhar, mekanik olarak karıştırılmış su damlacıklarından arındırılmış buhardır. "Yaş" doymuş buhar karışımı ise su damlacıkları içerir. Doymuş Buhar, herhangi bir basınçta belirli bir sıcaklığa sahiptir.

Su, tamamen dolmamış ve kapalı olan bir kaptan ısıtılırsa, sıcaklıktaki artış eşliğinde buhar oluşmaya başladıktan sonra basınç artacaktır.

Üçüncü aşama, herhangi bir basınçtaki buhar, bu basınçta doymuş buharın sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa ısıtıldığında başlar. Bu durumda, buharın aşırı ısınmış (superheated) olduğu söylenir. Isı, enerji formlarından biridir ve her form için SI birimi Jul (J)'dür. Ancak bu çok küçük bir enerji birimi olduğundan, genellikle kilojul (kJ) veya daha büyük olan megajule (MJ) kullanmak daha uygundur.



Şekil 13 Su için Sıcaklık-Basınca Göre Katı-Sıvı-Gaz Hali

Derleyen Notu: Buhar için burada sadece bazı temel formüllerin geçerli olduğunu ve bu formülleri kullanırken ihtiyacınız olan sınırlamalardan bahsetmek gerektiğini düşünüyorum. Boru çapı, basınç kaybı için temel niteliğinde olan birçok kaynaktan tablo, abak ve nomogramlar mevcuttur. Burada önemli olan konu yukarıda bahsedilen hesap metodlarındaki belirsizlik ve hata payı ile tecrübe eksikliğidir. Doğru hesap yapmak için ya profesyonel yazılım ya da basit hesaplayıcı dosyalardan alınacak formülleri kullanarak işlem yapmanız önerilir. Diğer nomogram ve tablolar sadece mertebe kontrolü için faydalıdır.

Buhar başlığı altında bulunan temel bilgilerden sonra buhar olarak kullanılma amacına yönelik hangi buhar sorusunu tanımlamak gerekir. Hangi buhar sorusu içinde hangi özellikte suyun buhar haline ihtiyacımız olduğu ve su kısmı altında özellikle suyun kalitesi ve saflığı bilgilerine yer verilmiştir. Bilgileri değerlendirirken bilinmesi gereken şey, her şart altında minerallerden ve diğer kirleticilerden arınmış neredeyse sıfır (0) sertlik ve iletkenlikte yani yalıtkan gazdan bahsetmekte olduğumuzdur.

Önce Terminoloji olarak terimleri hatırlayalım.

Entalpi:

Entalpi aşağıdaki açıklamalarla basit bir şekilde anlaşılabilir. (Burada termodinamikte kullanılan entalpiden bahsetmediğimizi özellikle belirtmek isterim).

Eskiden "suyun ısısı" (duyulur ısı), "buharlaştırma ısısı" (gizli ısı) ve "buharın toplam ısısı" olarak bilinen terimler artık sırasıyla "(doymuş) suyun entalpisi", "buharlaştırmanın entalpisi" ve "doymuş buharın entalpisi" olarak kullanılmaktadır.

Benzer şekilde, aşırı ısıtılmış buharın toplam ısısı terimi artık "aşırı ısınmış buharın entalpisi" olarak kullanılmaktadır. Buharlaştırmanın entalpisi, kuru doymuş buharın entalpisi ile (doymuş) suyun entalpisi arasındaki farktır, yani:

Buharlaştırma entalpisi = Kuru doymuş buharın entalpisi- Kaynar su entalpidir ve genellikle kJ/kg ile ifade edilir.

Duyulur Isı (Spesifik su entalpisi):

Duyulur ısı, faz değişimi olmayan bir maddenin sıcaklığını değiştirmek için gereken enerjidir. Bir nesne ısıtıldığında, ısı eklendikçe sıcaklığı artar. Isıdaki artışa duyulur ısı denir. Benzer şekilde, ısı bir nesneden çıkarıldığında ve sıcaklığı düştüğünde, çıkarılan ısıya duyulur ısı da denir. Faz değişimi olmayan bir nesnede sıcaklık değişimine neden olan ısıya da duyulur ısı denmektedir.

Gizli ısı (Suyun Buharlaştırma veya buharlaştırma entalpisi)

Belirli bir sıcaklıkta bir kilogram su fazını dönüştürmek için gereken ısı miktarıdır. Doğadaki tüm saf maddeler durumlarını değiştirebilir. Katı maddeler sıvı (buzdan suya gibi) ve sıvılar gaz (sudan buhara gibi) olabilir, ancak bu değişiklikler ısının eklenmesini veya eksiltmesini gerektirir. Bu değişikliklere neden olan ısıya gizli ısı denir.

Duyulur Isı- Gizli ısı

Gizli ve duyulur ısı, atmosferde salınan veya emilen enerji türleridir. Gizli ısı, sıvılar, gazlar ve katı maddeler arasındaki faz değişiklikleriyle ilgilidir. Duyulur ısı ise, fazda herhangi bir değişiklik olmadan bir gazın veya nesnenin sıcaklığındaki değişikliklerle ilgilidir.

Buharın Toplam Isı veya Spesifik entalpisi:

1 kg buharda bulunan toplam ısıdır. Toplam ısı, çeşitli durumların, sıvı (su) ve gazın (buhar) entalpisi toplamıdır ve ayrıca toplam ısı, sabit basınç altında 1 kg suyu buhar formuna dönüştürmek için 0°C'den başlayarak istenen buhar değeri için alınan toplam ısı miktarıdır.

Spesifik Buhar Hacmi:

Birim Metre Küp hacim de 1 kg buhar miktarıdır. Kuru doymuş buharın kg'ı başına metreküp değeri (m³/kg) ile ifade edilir.

Buharın Yoğunluğu:

Buharın bir metreküp spesifik kütlelerinin belirli bir birimdeki karşılığıdır veya spesifik hacmin tersidir.

Endüstriyel Uygulamalarda Farklı Buhar Üretimi Türleri

Doymuş Buhar (Saturated Steam)

Doymuş buhar, özellikle ilaç endüstrisi uygulamalarında en yaygın olanıdır. Doymuş buhar esasen kaynama noktasında üretilen buhardır. En yaygın örnek atmosferik basınçtaki buhardır. Bu basınçta doymuş buhar 100°C seviyesinde olacaktır. Buharın basıncı arttıkça, karşılık gelen kaynama noktası sıcaklığı da artar. Bu ilişki, doymuş buhar için basınca karşı endüstriyel buhar sıcaklığının grafiklerini kapsayan buhar tablolarında görülebilir.

Süper Doymuş Buhar (Super Saturated Steam)

Belirli bir doyumluk basıncı için buhar tablo değerlerine göre daha az sıcaklığa ve daha fazla yoğunluğa sahip buhara süper doymuş buhar denir.

Su tamamen buharlaşırsa ve daha fazla ısı verilirse, buhar üzerindeki ilk etki, zaten kuru değilse kurummasını sağlamaktır. Buharın sıcaklığı daha sonra karşılık gelen bir hacim artışı ile artmaya başlayacaktır. Su ile temas halinde ısıtılan bu durumdaki buharın aşırı ısınmış olduğu söylenir. Aşırı ısınmanın sabit basınçta gerçekleştiği varsayılır. Aşırı ısınma miktarı, buharın doyumluk sıcaklığının üzerindeki sıcaklığındaki artışla ölçülür.

Bu durum buharın bir nozulda kendi genişlemesi yoluyla soğutulduğunda elde edilir. Ancak çok dengesizdir ve buhar kısa sürede doymuş duruma geri gelir.

Aşırı ısıtılmış buhar, belirli bir basınç için kaynama noktasından daha sıcak olan buhardır. Yukarıdaki örnekte, aşırı ısıtılmış buhar 100°C daha sıcak olacaktır, ancak yine de atmosferik basınçtaadır.

Kuru Doymuş Buhar (Dry Saturated Steam)

Kuru doymuş buhar, doymuş suyun entalpisinin ve buharlaşmanın entalpisinin toplamıdır ve bir kilogram suyun sıcaklığını donma noktasından buharlaşma sıcaklığına yükseltmek (bu amaçla verilen basınç P'ye karşılık gelir) ve daha sonra bu sıcaklık ve basınçta kuru doymuş buhara dönüştürmek için gereken ısı miktarı olarak tanımlanır. Kuru buhar tamamen buhar durumundadır ve içinde sıvı yoktur. Aşırı ısıtılmış buhar her zaman kurudur, çünkü herhangi bir sıvı hemen buhara dönüşür. Doymuş buhar esasen kuru olabilir veya en azından işi yapacak kadar kuru olabilir! Doymuş buharınızı kuru tutmak için, buhar kullanım noktasına gelmeden önce içindeki suyun çıkarılması amacıyla etkili bir şekilde hapsedilmesi gerekir.

Islak Buhar (Wet Steam)

Bir kazanın buhar boşluğundaki buhar genellikle sis (ince su parçacıkları) şeklinde kaynatılır ve içerisinde su varlığı hissedilir. Böyle bir buhar ıslak buhar olarak adlandırılır. Buharın kuruluşuna göre kalitesi kuruluk oranı olarak tanımlanır. Islak buhar kuru buharın tam tersidir. Akışkan içerisinde hem sıvı hem de buhar bulunur. Sıvı akışta yer kaplar, ancak buharlaşma ısısını önceden verdiği için ısı transferine etkili bir şekilde katkıda bulunmaz. Doymamış buhar, Islak Buhar olarak da tanımlanabilir.

Buhar türleri, kullanım alanlarına göre de tanımlanır:

- Tesis buhar kullanımı,
- Proses buhar kullanımı,
- Steril buhar kullanımı.

Buhar çok çeşitli endüstrilerde yaygın şekilde uygulanır ve kullanılır. Buhar uygulamasına örnek olarak, tesislerde ve fabrikalarda buharla ısıtılan işlemler ve elektrik santrallerinde buhar tahrikli türbinler verilebilir ama buharın endüstride kullanımı bunun çok ötesine uzanmaktadır.

Endüstride karşılaşılan tipik buhar uygulamalarından bazıları şunlardır:

- Isıtma/Sterilizasyon (**Heating/Sterilization**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_1)
- İtiş/Tahrik (**Propulsion/Drive**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_4)
- Buharlı Taşıma (**Motive**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_5)
- Atomization (**Atomization**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_6)
- Temizleme (**Cleaning**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_6)
- Malzeme Nemlendirme (**Moisturization**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_8)
- Hava Nemlendirme (**Nemlendirme**) (https://www.tlv.com/global/TI/steam-theory/principal-applications-for-steam.html#toc_9)

• **Isıtma için Buhar**

Pozitif Basıncılı Buhar

Buhar genellikle pozitif basınçta üretilir ve dağıtılır. Bu nedenle çoğu durumda, ekipmanlara 0 MPaG üzerindeki basınçlarda ve 100 °C'den yüksek sıcaklıklarda tedarik edilir.

Pozitif basınçlı buhar için ısıtma uygulamaları gıda işleme fabrikalarında, rafinerilerde ve kimyasal tesislerde bulunabilir. Doymuş buhar, proses sıvısı ısı eşanjörleri, reaktörler, yanmalı hava ön ısıtıcıları ve diğer ısı transfer ekipmanları için ısıtma kaynağı olarak kullanılır.

Atmosferik basınçta 200 - 800 °C'ye ısıtılan aşırı ısıtılmış buharın kullanımı özellikle kolaydır ve günümüzde piyasada görülen ev tipi buhar fırınlarında kullanılmaktadır.

Vakum Buharı

Geleneksel olarak sıcak suyun kullanıldığı sıcaklık aralığı 100°C'nin altında olan sıcaklıklarda ısıtma için vakumlu doymuş buhar kullanımı son yıllarda hızla artmıştır.

Vakumlu doymuş buhar, pozitif basınç doymuş buharla aynı şekilde kullanıldığında, basıncın ayarlanmasıyla buharın sıcaklığı hızlı bir şekilde değiştirilebilir, bu da sıcak su kullanan uygulamalardan farklı olarak hassas sıcaklık kontrolü elde etmeyi mümkün hale getirir. Bununla birlikte, ekipmanla birlikte bir vakum pompası kullanılmalıdır, çünkü sadece basıncı azaltmak atmosferik basıncın altına düşmesini sağlamaz.

• **Tahrik/Tahrik için Buhar**

Buhar, buhar türbinleri gibi uygulamalarda itiş gücü (itici güç) olarak kullanılır. Buhar türbini, termik elektrik santrallerinde elektrik üretimi için gerekli olan bir ekipmandır. Verimliliği artırmak amacıyla, daha yüksek basınçlarda ve sıcaklıklarda buhar kullanımına yönelik ilerleme kaydedilmektedir. Türbinlerinde 25 MPa mutlak basınçta, 610°C aşırı ısınmış, süper kritik basınçlı buhar kullanan bazı termik elektrik santralleri bulunmaktadır.

Türbinde oluşacak yoğuşma, ekipmanın zarar görmesine yol açabileceğinden, genellikle buhar türbinlerinde aşırı ısınmış buhar kullanılır. Bununla birlikte, bazı nükleer santral türlerinde, türbin ekipmanında kullanılan malzemede sorunlara neden olacağından, yüksek sıcaklıkta buhar kullanımından kaçınılmalıdır. Bunun yerine, genellikle yüksek basınçlı doymuş buhar tipik olarak kullanılır. Doymuş buharın kullanılması gerektiğinde, kaplanmış yoğuşmayı buhar akışından çıkarmak için besleme borularına genellikle ayırıcılar monte edilir.

Güç üretiminin yanı sıra, diğer tipik tahrik uygulamaları genellikle türbin tahrikli kompresörler veya pompalar, örneğin gaz kompresörleri, soğutma kulesi pompaları vb. gibi sıralanabilir.

• **Motive Sıvısı Olarak Buhar**

Buhar, borularda sıvı ve gaz akışlarını taşımak için doğrudan bir "güdü" kuvveti olarak da kullanılabilir. Buhar jeti ejektörleri, proses buhar akışlarını ayırmak ve saflaştırmak için damıtma kuleleri gibi proses ekipmanlarında vakum çekmek için kullanılır. Ayrıca, yoğuşma (vakum) türbinlerinde istenen vakum basıncını korumak için yüzey kondenserden havanın sürekli olarak uzaklaştırılması için de kullanılır.

Yüksek basınç güdüsü buharı giriş nozulünden jet ejektöre girer ve daha sonra dağıtılır. Bu, yüzey kondenserde havayı saran düşük basınç bölgesi oluşturur.

Benzer bir uygulama türünde buhar, havalandırılmalı alıcı tanklarından, flaşlı kaplardan veya durak koşullarına sahip buhar ekipmanından yoğuşma pompalamak için kullanılan ikincil basınç tahliyesi için birincil güdü sıvısı olabilir.

• **Atomizasyon için Buhar**

Buhar atomizasyonu, buharın bir sıvıyı mekanik olarak ayırmak için kullanıldığı bir işlemdir. Örneğin, bazı brülörlerde, yanma verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve hidrokarbon (kurum) üretimini en aza indirmek için yakıt buhar enjekte edilir. Buhar kazanları ve fueloil kullanan jeneratörler, daha verimli yanma sağlamak için viskoz yağ daha küçük damlacıklara bölmek için bu yöntemi kullanır. Yanma bacalarında da egzozdaki kirleticileri azaltmak için buhar atomizasyonu da yaygın olarak kullanılır.

• **Temizlik için Buhar**

Buhar, çok çeşitli yüzeyleri temizlemek için kullanılır. Endüstriden böyle bir örnek, kurum üfleycilerde buhar

kullanımıdır. Yakıt kaynağı olarak yağ veya kömür kullanan kazanlar, fırın duvarlarının döngüsel temizliği ve kazan kapasitesini, verimliliğini ve güvenilirliğini korumak için, konveksiyon yüzeylerinden yanmış birikintilerin giderilmesi için kurum üfleyicilerle donatılmalıdır.

Kurum üfleyici nozuldan salınan buhar, kuru veya sinterlenmiş kül ve kurum yerinden çıkarır, bunlar daha sonra haznelere düşer veya yanmış gazlarla birlikte tahliyesi gerçekleştirilir.

• **Malzeme Nemlendirme için Buhar**

Buhar bazen bir işleme nem katmak ve aynı zamanda ısı sağlamak için kullanılır. Örneğin, buhar kâğıt üretiminde nemlendirme için kullanılır, böylece yüksek hızda rulolar üzerinde hareket eden kâğıt mikroskobik kırılmalara veya yırtılmalara maruz kalmaz. Başka bir örnek pelet değirmenleridir. Genellikle pelet formunda hayvan yemi üreten değirmenler hem ısıtmak hem de değirmenin saç kremi bölümündeki yem malzemesine ek su içeriği sağlamak için, doğrudan buhar enjekte edilir.

Yemin nemlendirilmesi, yemin yumuşamasını sağlar ve bileşenlerin nişasta içeriğini kısmen jelatin oluşturduğundan, daha sıkı peletler oluşur.

• **Hava Nemlendirme için Buhar**

Özellikle soğuk iklimlerde bulunan birçok büyük ticari ve endüstriyel tesis, iç mekân mevsimsel ısıtması için baskın ısı kaynağı olarak düşük basınçlı doymuş buhar kullanır. Genellikle buharlı nemlendiricilerle birleştirilen HVAC serpantinleri, iç mekân konforu, kitapların ve kayıtların korunması ve enfeksiyon kontrolü amacıyla, havayı şartlandırmak için kullanılan bir ekipmandır. Soğuk hava, buhar bobinleri tarafından ısıtıldığında havanın bağıl nemi düşeceğinden, daha sonra aşağı akış hava akışına kontrollü bir kuru doymuş buhar enjeksiyonu eklenerek normal seviyelere ayarlanmalıdır.

Tablo 21 Buhar Sistemleri için Tavsiye Edilen Akışkan Hızları

Buhar Sistemi	(m/s)
Doymuş Buhar- yüksek basınç	25- 40
Doymuş Buhar- orta ve düşük basınç	30-40
Doymuş Buhar en yüksek yükte	<50
Buhar ve Su karışımı	<5
Aşırı ısınmış Buhar	35- 100

- Doymuş buhar- düşük basınç- ısıtma hizmetleri ve ikincil proses boruları için yaygındır.
- Doymuş buhar- yüksek basınç- güç merkezi, kazan ve ana proses hatlarında yaygındır.
- Aşırı ısınmış buhar, enerji üretimi ve türbin tesislerinde yaygındır.

Doymuş Buhar özellikleri için Ek 2 Tablo 76 Doymuş Buharın Özellikleri'ne bakınız

Örnek: 100 °C'de Kaynar Su, 0 bar (100 kPa) Atmosferik Basınç

Atmosferik basınçta (0 bar g, mutlak bar 1 bar) su 100 °C'de kaynar ve 1 kg suyu 0 °C den buharlaşan sıcaklığa 100 °C ısıtmak için 417,51 kJ enerji gerekir.

Bu nedenle, 0 bar g (mutlak 1 bar) ve 100 °C özel su entalpisi 417,51 kJ / kg'dır.

100 °C de 1 kg suyu buharlaştırarak 100 °C 1 kg buhara dönüştürmesi için 2257,92 kJ daha enerji gerekir. Bu nedenle, 0 bar g'da (mutlak 1 bar) buharlaşma spesifik entalpisi 2257,19 kJ / kg.

0 bar göstergesinde buhar için toplam spesifik entalpi:

$$h_s = (417,51 \text{ kJ/kg}) + (2257,92 \text{ kJ/kg}) \\ = 2675,43 \text{ kJ/kg olur}$$

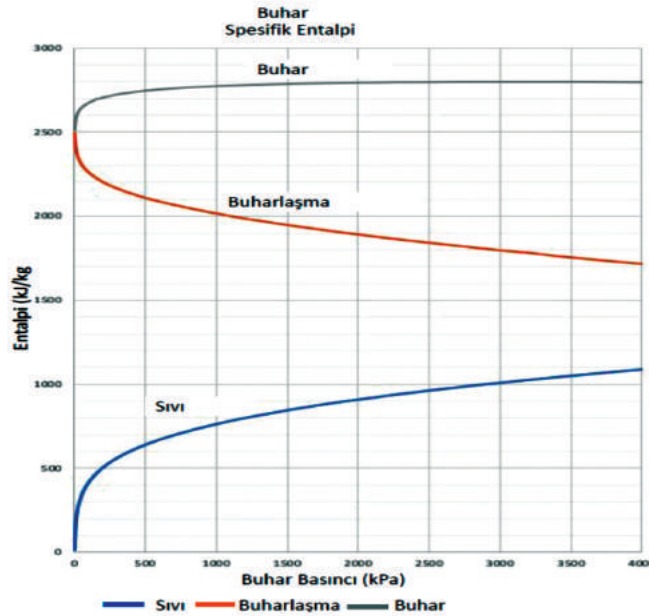
Örnek: 170 °C ve 7 bar (700 kPa) Atmosferik Basınçta Kaynar Su

Atmosferik basınçtaki buhar sınırlı pratik kullanıma sahiptir, çünkü bir buhar borusundan, kendi basıncı ile kullanım noktalarına iletilemez. Buhar dağıtım sisteminde basınç her zaman 0 bar göstergesinden fazladır.

7 bar g'da (mutlak 8 bar) suyun doymuluk sıcaklığı olan 170,42 °C Sıcaklığını 7 bar g'da doymuluk noktasına yükseltmek için su atmosferik basınçta gerekenden daha fazla ısı enerjisi gerekir. Tabloya göre 720,94 kJ, 0 °C'den doymuluk sıcaklığı 170°C den 1 kg su çıkarmak için gereklidir.

Suyu buharlaştırmak için 7 bar g'da ihtiyaç duyulan ısı enerjisi (buharlaşma entalpisi) aslında atmosferik basınçta gerekenden daha azdır. Buharlaşmanın spesifik entalpisi buhar basıncı ile azalır. Buharlaşma ısısı 7 bar g'da 2046,53 kJ/kg'dır.

Not! Belirli buhar hacmi artan basınçla azalır ve aynı hacim tarafından dağıtılan ısı enerjisi miktarı artar. Daha yüksek basınçla, bir buhar dağıtım sisteminde daha fazla enerji aktarılabilir.



Şekil 14 Su Basınç -Entalpi Diyagramı

Yoğuşma boru hatlarında üretilen flaş buharı

Genel olarak yoğuşma hatları, soğuk buhar borularından ve soğuk ısıtma ekipmanlarından üretilen büyük miktarda yoğuşma ile başlangıç koşullarını idare etmek için tasarlanmalıdır. Genel bir kural olarak, başlangıçtaki maksimum yoğuşma yükü genellikle çalışma sırasındaki maksimum buhar yükünün iki katıdır.

Bazen, özellikle ağır yük ısı eşanjörü yüksek basınçlı buhar sistemlerinde, üretilen flaş buharının, yoğuşma hatlarının çaplarının küçük seçilmesi ile sınırlandırılması sağlanabilir.

Üretilen flaş buharı şu şekilde hesaplanabilir:

$$w_{\%} = 100 (h_{i1} - h_{f1}) / h_{fe} \quad \text{Denklem 41}$$

$w_{\%}$ = üretilen flaş buhar oranı (%), h_{i1} = ilk sıvı entalpi (kJ/kg), h_{f1} = son sıvı entalpi (kJ/kg), h_{fe} = buharlaşma entalpisi (kJ/kg)

Kondens yükü şu şekilde hesaplanabilir:

$$w_c = w_s w_{\%} / 100 \quad \text{Denklem 42}$$

w_c = yoğuşma yükü (kg/h), w_s = buhar akış hızı (kg/h)

Örnek- Oluşturulan Flaş Buhar

Buhar kapanından önce bir ısı eşanjöründeki gösterge basıncı 10 bar. Kondens hatları ve atmosfere açık kondens tankında, gösterge basıncı 0 bar'a (atmosferik) eşittir.

Ek 2 Tablo 76 Doymuş Buhar Özellikleri

h_{i1} = 781 kJ/kg, 11 bar mutlak basınçta ilk sıvı entalpi
 h_{f1} = 418 kJ/kg, 1 bar mutlak basınçta son sıvı entalpi
 h_{fe} = 2258 kJ/kg, 1 bar mutlak basınçta buharlaşma entalpisi

Üretilen flaş buharı hesaplama:

$$w_{\%} = 100 ((781 \text{ kJ/kg}) - (418 \text{ kJ/kg})) / (2258 \text{ kJ/kg})$$
$$= 16,1 \%$$

Isı eşanjöründen geçen buhar akış hızı 200 kg/s ise yoğuşma yükü

$$w_c = (200 \text{ kg/sa}) (\%16,1) / 100$$
$$= 32 \text{ kg/saat}$$

Buhar ve Kondens Hatları Tasarım Pratik Bilgileri

Buhar hattı Tasarımı

- Yatay Hat Üzerinde Redüksiyon yapılacaksa hattın üstünden yapılmalıdır.



Şekil 15 Buhar Hattı Gidiş Yönünde Eksantrik Redüksiyon Büyük Çap Üstte Yukarı Bakmalı

- Yatay Hat Üzerinde Genişleme yapılacaksa hattın altından yapılmalı



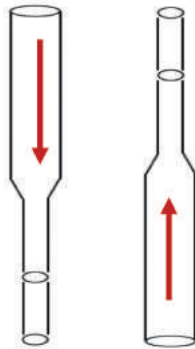
Şekil 16 Hat Üzerinde Eksantrik Çap Genişleme Alt Tarafta Yapılmalıdır.

- Yatay Redüksiyon aşağıdaki gibi yapılmamalıdır yanlışır.



Şekil 17 Yatay Hat Üzerinde Eş Merkezli Redüksiyon ve Genişleme Yapılamaz

- Dikey Redüksiyon aşağıdaki gibi yapılabilir.



Şekil 18 Dikey Borularda Eş Merkezli Redüksiyon ve Genişleme yapılır.

Bingham Plastik Sıvıları

Bingham plastik, düşük gerilimlerde sert gövde gibi davranan ancak yüksek streste viskoz bir sıvı olarak akan bir malzemedir. Bu davranış bulamaçlar, sıvılardaki katıların süspansiyonları, boyalar, emülsiyonlar, köpükler vb. uygulamalarına benzer.

Daha önce Şekil 5'te görüleceği üzere kesme stresi belli bir değer üzerinden başlamaktadır. Bingham modeli aşağıdaki ilişki ile açıklanmaktadır;

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \gamma \quad \text{Denklem 43}$$

τ - kesme stresi, γ - kesme hızı, τ_0 - minimum verim stresi ve μ_p -plastik viskozite

Bingham akışkan için, boru ağındaki basınç düşümünü hesaplamak yaygın bir sorundur, Sürtünme faktörü, f , bilindiğinde, farklı boru akış sorunlarını ele almak daha kolay hale gelir. Pompalama maliyetlerini kıyaslamak için basınç düşümünü hesaplamak veya belirli bir basınç düşüşü için bir boru ağında akış hızını bulmak özellikle kolaylaşır. Newton yasası dışı sıvıların akışı ile ilişkili sürtünme faktörünü hesaplamak için kesin analitik çözüme ulaşmak genellikle son derece zor olduğundan, hesaplamak için açık yaklaşımlar kullanılır. Sürtünme faktörü kolayca Darcy-Weisbach formülü ile hesaplandıktan sonra, basınç düşümü belirli bir akış için kolayca belirlenebilir:

$$f = \frac{2h_f g D}{L \cdot \vartheta^2}$$

h_f -sürtünme kaybıdır (m), f -Darcy sürtünme faktörüdür (Boyutsuz), L -boru uzunluğu (m), g -yerçekimsel ivmedir (m/s^2), D -boru çapı (m), ϑ -ortalama akışkan hızıdır (m/s)

Bingham plastik sıvısı için Reynolds sayısı;

$$Re = D \vartheta \rho / \mu_p$$

burada, D boru iç çapı, V akışkan hızı ve ρ sıvı yoğunluğudur,

Laminer akışı için sürtünme faktörü Buckingham-Reiner denklemi²¹ ile kullanılır,

$$f_L = \frac{16}{Re} \left[1 + \frac{1}{6} \left(\frac{He}{Re} \right) - \frac{1}{3} \left(\frac{He^4}{f^3 Re^7} \right) \right] \quad \text{Denklem 44}$$

f_L -laminer akış Darcy sürtünme faktörü (boyutsuz), Re -Reynolds sayısı (boyutsuz), He -Hedstrom numarası (boyutsuz);

He , Hedstrom numarası

$$He = D^2 \rho \tau_0 / \mu_p^2 \quad \text{Denklem 45}$$

ρ -sıvının kütle yoğunluğudur (kg/m^3), μ -sıvının dinamik viskozitesi ($kg/m \cdot s$), τ_0 -sıvı verim noktası (verim stresi) (Pa)

Türbülans akış için Darby ve Melson tarafından hazırlanan ampirik denkleme göre,

$$f_T = \frac{10^a}{Re^{0,193}} \quad \text{Denklem 46}^{22}$$

$$f_T = 4 \times 10^a Re^{0,193} \quad \text{Denklem 47}^{23}$$

$$a = -1,47 \left[1 + 0,146 e^{-2,9 \times 10^{-5}} \right] \quad \text{Denklem 48}$$

²¹ Buckingham-Reiner denkleminin tam analitik bir çözümü elde edilebilse de f 'de dördüncü derece polinom denklemi olduğu için, çözümün karmaşıklığı nedeniyle nadiren kullanılır.

²² Darby, R. ve Melson J.(1981). "Bingham plastiklerinin akışı için sürtünme faktörü nasıl tahmin edilebilir?"

²³ Darby, R.; ve ark. (Eylül 1992). "Bulamaçlı borularda tahmin sürtünme kaybı"

Bingham plastiği için sürtünme faktörü denklemdaki herhangi bir Reynold numarası için hesaplanabilir,

$$f = (f_L^m + f_T^m)^{1/m} \quad \text{Denklem 49}$$

f_L laminer akış sürtünme faktörüdür ve f_T türbülanslı akış sürtünme faktörüdür, Faktör m aşağıdaki denklemden hesaplanır,

$$m = 1,7 + \frac{40,000}{Re} \quad \text{Denklem 50}$$

Basınç düşümü:

$$\Delta P = 2f\rho v^2 \left(\frac{L'}{D}\right) \quad \text{Denklem 51}$$

$$L' = L + L_e \quad \text{Denklem 52}$$

L boru uzunluğu, L_e boru bağlantı parçaları basınç kaybı nedeniyle eşdeğer uzunluğu

$$L_e = k \frac{D}{4f} \quad \text{Denklem 53}$$

Swamee-Aggarwal denklemi, Bingham plastik sıvılarının laminer akışı için doğrudan Darcy-Weisbach sürtünme faktörü f 'i için çözmek için kullanılır, Örtük *Buckingham-Reiner* denkleminin yaklaşık bir tahmindir, ancak deneysel verilerden kaynaklanan tutarsızlık nedeniyle, verilerin doğruluğu kabul sınırları içindedir,

Swamee-Aggarwal denklemi:

$$f_L = \frac{64}{Re} + \frac{64}{Re} \left(\frac{He}{6,2218Re} \right)^{0,958} \quad \text{Denklem 54}$$

Danca-Kumar çözümü, adomian ayrışma yöntemini kullanarak sürtünme faktörü f 'yi hesaplamak için açık bir prosedür sağlamıştır, bu yöntemle iki terim içeren sürtünme faktörü şu şekilde verilmiştir:

$$f_L = \frac{K_1 + \frac{4K_2}{\left(K_1 + \frac{K_1 K_2}{K_1^4 + 3K_2}\right)^3}}{1 + \frac{3K_2}{\left(K_1 + \frac{K_1 K_2}{K_1^4 + 3K_2}\right)^3}} \quad \text{Denklem 55}$$

$$K_1 = \frac{16}{Re} + \frac{16He}{6Re^2} \quad \text{Denklem 56}$$

$$K_2 = \frac{16He^4}{6Re^8} \quad \text{Denklem 57}$$

Hem Swamee-Aggarwal denklemi hem de Darby-Melson denklemi, herhangi bir rejimde Bingham plastik sıvılarının sürtünme faktörünü belirlemek için açık bir denklem vermek için birleştirilebilir. Bingham plastik sıvılarının sürtünme faktörü boru pürüzlülüğüne duyarlı olmadığından, bağlı pürüzlülük denklemlerin hiçbirinde bir parametre değildir.

Non-Newtonian (Bingham Plastic) Flow in Horizontal Pipe		
CheGuide.com	Line Number	P-10001
Chemical Engineer's Guide	Description	Feed Pipe
	Date	25-Aug-15
User Input	By	CheGuide

	Metric		English	
Pipe Data				
Inner Diameter	40,00	mm	1,575	inch
Length	10,0	m	32,81	foot
Fitting Losses, K	1,8		1,8	
Fluid Data				
Flowrate	14400	Kg/h	31747	lb/h
Density	1666	Kg/m ³	104,00	lb/ft ³
Minimum Yield Stress, τ_0	3,60	N/m ²	0,0752	lbf/ft ²
Plastic viscosity, η_p	0,0029	N.s/m ²	6,06E-05	lbf.s/ft ²
Result				
Volumetric flowrate	8,64	m ³ /h	38,06	US gpm
Cross Sectional Area of Pipe	0,0013	m ²	0,0135	ft ²
Fluid Velocity	1,91	m/s	6,27	ft/s
Reynold's Number, Re	43905		43905	
Hedstrom Number, He	1141042		1141042	
Fricion factor	0,0045		0,0045	
Equivalent length for fitting	4,02	m	13,19	ft
Net Length	14,02	m	46,00	ft
Pressure Drop	0,191	bar	2,77	psi

Calculation for Friction factor	
Reynold's Number	43905
Hedstrom Number	1141042

Laminar friction factor, $f_{Laminar}$								
f Laminar	0,0004							
Iteration	1	2	3	4	5	6	7	8
f	0,0004	-1,16E-02	0,0019	0,0019	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018

Iteration	9	10	11	12	13	14	15	16
	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018

Iteration	17	18	19	20	21	22	23	24
	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018	0,0018

Laminar friction factor		0,00184
-------------------------	--	---------

Turbulent friction factor, f_T	
a	-1,47
Turbulent friction factor	0,004305218

Combined friction factor, f	
m	2,61106187
f	0,00447807

Tablo 22 Çeşitli Akışkanların Farklı Boru Taşınma Tasarım Hızları

Akışkan	Tipik Hız (m/s)	Akışkan	Tipik Hız (m/s)
Asetilen, çelik boru	20	Hidrojen klorik Asit, gaz, kauçuk kaplı boru	20
Hava, 0-30 psi, çelik boru	20	Metil Klorür, sıvı, çelik boru	1,5
Amonyak, sıvı, çelik boru	1,8	Metil Klorür, gaz, çelik boru	20
Amonyak, gaz, çelik boru	30	Doğal gaz, , çelik boru	30
Benzen, çelik boru	1,8	Yağ yağlama, çelik boru	1,5
Brom, sıvı, cam boru	1,2	Oksijen, paslanmaz çelik	9 - 20
Brom, gaz, cam boru	10	Propilen Glikol, çelik boru	1,5
Kalsiyum Klorür, çelik boru	1,2	Perkloretilen, çelik boru	1,8
Karbon Tetraklorür, çelik boru	1,8	Buhar, 0-30 psi, doymuş, çelik boru	20 - 30
Klor, sıvı, çelik boru	1,5	Sülfirik asit	1,2
Klor, gaz, çelik boru	10 - 25	Kükürt Dioksit, çelik boru	20
Kloroform, sıvı, çelik veya bakır boru	1,8	Sitren, çelik boru	1,8
Kloroform, gaz, çelik veya bakır boru	10	Trikloretilen, çelik boru	1,8
Etilen, gaz, çelik boru	30	Vinil Klorür, çelik boru	1,8
Etilen Dibromid, cam boru	1,2	Vinylidene Klorür, çelik boru	1,8
Etilen Diklorür, çelik boru	1,8	Su, çelik boru	0,9 – 2,4
Etilen Glikol, çelik boru	1,8		
Hidrojen, çelik boru	20		
Hidrojen klorik Asit, sıvı, kauçuk kaplı boru	1,5		

*3,5 bar'a kadar düşük basınçlar
*10 - 38°C arası sıcaklıklar

Tablo 23 Çeşitli Akışkanların Özellikleri

Ad	ρ yoğunluk kg/m ³	T_m Erime noktası K	T_s Kaynama noktası K	h_{fg} buharlaşmanın spesifik gizli entalpisi kJ/kg	C_p özel ısı kapasitesi J/kg K	γ küçük genleşme katsayısı 1/K	λ termal iletkenlik W/m K	σ yüzey gerilimi mN/m	η dinamik viskozite N s/m ²	n kuruma indeksi	K Toplu Modül GPa
1 Asetik asit (C ₂ H ₄ O ₂)	1049	290	391	390	1960	$1,07 \times 10^{-3}$	0.180	27.6	1.219×10^{-3}	1.3718	2.49
2 Aseton (C ₃ H ₆ O)	780	178	330	520	2210	$1,43 \times 10^{-3}$	0.161	23.7	$0,324 \times 10^{-3}$	1.3620 (288 K)	≈0,8
3 Benzen (C ₆ H ₆)	879	279	353	400	1700	$1,22 \times 10^{-3}$	0.140	28.9	$0,647 \times 10^{-3}$	1.5011	1.1
4 Brom (Br)	3100	266	332	183	460	$1,13 \times 10^{-3}$		41.5	$0,993 \times 10^{-3}$	1.66	1.58
5 Karbon disülfid (CS ₂)	1293	162	319	360	1000	$1,19 \times 10^{-3}$	0.144	32.3	$0,375 \times 10^{-3}$	1.6276	1.16
6 Karbon tetraklorür	1632	250	350	190	840	$1,22 \times 10^{-3}$	0.103	26.8	$0,972 \times 10^{-3}$	1.4607	1.12
7 Kloroform (CHCl ₃)	1490	210	334	250	960	$1,27 \times 10^{-3}$	0.121	27.1	$0,569 \times 10^{-3}$	1.4467	1.1
8 Eter, dietil (C ₄ H ₁₀ O)	714	157	308	350	2300	$1,63 \times 10^{-3}$	0.127	17	$0,242 \times 10^{-3}$	1.3538	0.69
9 Etil alkol (C ₂ H ₆ O)	789	156	352	850	2500	$1,08 \times 10^{-3}$	0.177	22.3	1.197×10^{-3}	1.3610	1.32
10 Gliserol (C ₃ H ₈ O ₃)	1262	293	563	830	2400	$0,47 \times 10^{-3}$	0.270	63	1495×10^{-3}	1.4730	4.03
11 Cıva (Hg)	13546	234	630	290	140	$0,182 \times 10^{-3}$	7.96	472	1.552×10^{-3}	1.73	26.2
12 Metil alkol (CH ₄ O)	791	179	337	1120	2500	$1,19 \times 10^{-3}$	0.201	22.6	$0,594 \times 10^{-3}$	1.3276	0.97
13 Nitrobenzen (C ₆ H ₅ NO ₂)	1175	279	484	330	1400	$0,86 \times 10^{-3}$	0.160	43.9	$2,03 \times 10^{-3}$	1.5530	2.2
14 Zeytinyağı	920		570		1970	$0,7 \times 10^{-3}$	0.17	32	84×10^{-3}	1.48	1.6
15 Parafin yağı	800				2130	90×10^{-3}	0.15	26	$\approx 1000 \times 10^{-3}$	1.43	1.62
16 Fenol (C ₆ H ₆ O)	1073	314	455	530	2350	$0,79 \times 10^{-3}$		140.9	$12,74 \times 10^{-3}$	1.5425 (313 K)	
17 Toluen (C ₇ H ₈)	867	178	384	350	1670	$1,07 \times 10^{-3}$	0.134	28.4	$0,585 \times 10^{-3}$	1.4969	1.09
18 Terebentin	870	263	429	290	1760	$0,97 \times 10^{-3}$	0.136	27	$1,49 \times 10^{-3}$	1.48	1.28
19 Su (H ₂ O)	998	273	373	2260	4190	$0,21 \times 10^{-3}$	0.591	72.7	$1,0 \times 10^{-3}$	1.343	2.05
20 Su, deniz	1025	264	≈377		3900						

Derleyen Notu: Yukarıda anlatılan tüm akışkan denklemleri temel olarak dolu kesitte ve /veya basınçlandırılmış akışkanlar için hesap yapmaya yönelik formül ve hesap modellerini kapsamaktadır. Ayrıca çeşitli eğimlerde ve yerçekimi ile serbest akan sıvı veya sıvı katı karışık olarak akışkanlarda hesap yapmak için aşağıda basit olarak anlatılan Manning formülü ve ampirik katsayıları kullanılmaktadır.

Nerelerde kullanıldığına gelince tüm kanalizasyon boruları, yağmur boruları serbest akan sulama kanalları en bilinen örnekleridir. Kanalizasyon hesapları için formül kullanılarak hesaplanmış ve tablolar halinde eğime göre taşıma debisi genel olarak kullanılmaktadır.

Tam Dolu Kesitte Akmayan Boru Kanal Hesapları (Manning Formülü)

Manning denkleminin en önemli uygulamalarından biri, kanalizasyon tasarımında kullanılmasıdır. Kanalizasyonlar genellikle dairesel borular kullanılarak yapılır. Kısmen dolu dairesel borularda *n değerinin* akış derinliğine göre değiştiği bilinmektedir. Manning denklemini dairesel borulara uygularken akış derinliğini ve diğer bilinmeyen değişkenleri hesaplamak için kullanılacak eksiksiz bir açık denklem kümesi mevcuttur. Bu denklemler, Camp tarafından sunulan eğrilere uygun olarak akış derinliği ile n varyasyonu için hesaplanmaktadır.

$$Q = \vartheta A$$

Denklem 58

$$\vartheta = \frac{k}{n} \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} S^{1/2} A = \left(\frac{1}{n} \right) A (R_h)^{2/3} S^{1/2}$$

Denklem 59

k bir birim dönüştürme faktörüdür: SI birim de k= 1,0 (metre ve saniye).

A = Borunun, menfezin veya kanalın akış alanı. (m²)

P = Çevrenin su ile temas eden kısmı olan ıslak çevre. (m)

Q = Deşarj (akış hızı). (m³/s)

S = Menfezin aşağı doğru (boyuna) eğimi.

V = Boru, menfez veya kanaldaki ortalama hız. (m/s)



Kare Kod 1 Manning Formülü ile Hesap Linki

Manning n boru, menfez veya kanalın pürüzlülüğüne göre değişir. Akışkan zemininde n ne kadar yüksekse, malzeme o kadar serttir. (Bkz.Tablo 24).

Manning Denklemi, açık kanal akışlarını analiz etmek için en sık kullanılan denklemdir. Suyun atmosfere açık olduğu, yani basınç altında akmayan kanallarda ve menfezlerde su akışlarını modellemek için yarı ampirik bir denklemdir ve ilk olarak 1889 yılında Robert Manning tarafından sunulmuştur. Kanal herhangi bir şekilde olabilir- dairesel, dikdörtgen, üçgen, vb. Manning denklemindeki birimler tutarsız görünmektedir; ancak, denklemi tutarlı hale getirmek için k değerinin içinde gizli birimleri vardır. Manning Denklemi tekdüze sabit durum akışı için geliştirilmiştir. S, hidrolik enerji kayıp sınır hattı eğimidir, h_f enerji (mSS) kaybı ve S=h_f/L ve L kanalın veya akış mesafesi uzunluğudur. Düzgün sabit akışlar için, enerji sınırı hattı = su yüzeyinin eğimi = kanalın tabanının eğimi.

A/P oranı hidrolik yarıçap olarak da bilinir, R_h olarak gösterilir.

Tablo 24 Çeşitli Yüzeyler için Manning Katsayısı n Değeri

Malzeme	Manning n	Malzeme	Manning n
Doğal Akarsular		Kazılan Toprak Kanalları	
Temiz ve Düz	0,030	Temiz	0,022
Büyük Nehirler	0,035	Çakıllı	0,025
Derin Havuzlar ile Hareketsiz	0,040	Otlu	0,030
		Taşlık, Parkeler	0,035
Metal kanal		Taşkınlar	
Pirinç	0,011	Mera, Tarım Arazileri	0,035
Dökme Demir	0,013	Açık Fırça	0,050
Pürüzsüz Çelik	0,012	Ağır Fırça	0,075
Oluklu Metal	0,022	Ağaç	0,15
Metal Olmayanlar			
Cam	0,010	Bitmiş Beton	0,012
Kil Karo	0,014	Bitmemiş Beton	0,014
Tuğla	0,015	Çakıl	0,029
Asfalt	0,016	Dünya	0,025
Duvar	0,025	Rendelenmiş Ahşap	0,012
		Rendelenmemiş Ahşap	0,013
Oluklu Polietilen (PE) pürüzsüz iç cidarlara sahip ^{a,b}			0,009-0,015
Oluklu polietilen (PE) oluklu iç cidarlar ^c			0,018-0,025
Polivinil Klorür (PVC) pürüzsüz iç cidarlar ^{d,e}			0,009-0,011

- a Barfuss, Steven ve J. Paul Tullis. Yüksek yoğunluklu polietilen boru üzerinde sürtünme faktörü testi. Hidrolik Raporu No. 208. Utah Su Araştırma Laboratuvarı, Utah Eyalet Üniversitesi. Logan, Utah. 1988.
- b Tullis, J. Paul, R.K. Watkins ve S. L. Barfuss. Yenilikçi yeni drenaj borusu. Uluslararası Boru Hattı Tasarımı ve Kurulumu Konferansı Bildirileri, ASCE. 25-27 Mart 1990.
- c Barfuss, Steven ve J. Paul Tullis. Yüksek yoğunluklu polietilen boru üzerinde sürtünme faktörü testi. Hidrolik Raporu No. 208. Utah Su Araştırma Laboratuvarı, Utah Eyalet Üniversitesi. Logan, Utah. 1994.
- d Neale, L.C. ve R.E. Price. PVC kanalizasyon borusunun akış özellikleri. Sıhhi Mühendislik Bölümü Dergisi, Div. Proc 90SA3, ASCE. s. 109-129. 1964.
- e Bishop, R.R. ve R.W. Jeppson. Sıhhi kanalizasyonlarda PVC kanalizasyon borusunun hidrolik özellikleri. Utah Eyalet Üniversitesi. Logan, Utah. Eylül 1975.

1.1.4 BORU SİSTEMLERİNDE KULLANILAN VANA VE FİTINGLER

Borular için enerji hesaplarını nasıl formüle ettiğimizi düşünürsek, Newton yasasına uygun davranan akışkanlar için en önemli konunun akışın laminer veya türbülansla olmasını belirlemiş ve ayrıca boru içerisindeki pürüzlülüğün sürtünme kayıplarını artırdığını kayıt altına almıştık.

Tesisatın olmazsa olmazı vanalar, orifis plakaları, dirsek, Te, redüksiyon parçaları gibi bağlantı elemanları ve ekipmanlar, akışın niteliğini etkiledikleri gibi, sürtünme kayıplarının da en önemli nedenleridir.

Direnç katsayısı K, vana ve Bağlantı Elemanı Basınç Düşüm ve Akış Hızı (Boru eşdeğer uzunluğu L/D)

Basınç düşüşü veya Su Sütunu Kaybı (Head Loss) (Minor loss), vanalardaki veya bağlantı elemanlarındaki hız ile orantılıdır. Tüm mühendislik uygulamaları için, vanalar ve bağlantı parçaları nedeniyle türbülanslı aralıktaki sıvıların akışı nedeniyle basınç düşüşünün akışkan hızının karesi ile orantılı olduğu varsayılabilir.

Boru hattına takılan her vananın ve bağlantı parçalarının pahalı testlerini önlemek için deneysel veriler kullanılır. Bu amaçla direnç katsayısı K, eşdeğer uzunlukta L/D ve akış katsayısı Kv, Cv (Amerikan Sistemi) kullanılır. Bu değerler, farklı yazarların tabloları ve diyagramları gibi farklı kaynaklardan ve/veya vana üreticilerinden de edinilebilir.

Hız nedeniyle **H** olarak sembolize edilen kinetik enerji statik basınç değeri üretilir ve hızın artması veya azalması, doğrudan statik basınç kaybı veya kazancı ile orantılıdır. "Hız Basınç Düşümü" şöyledir:

$$h_L = v^2 / 2g_n$$

h_L - basınç düşümü mSS, bar kPa; v - hız m/s; g_n - yerçekiminin ivmesi m/s²;

Vanaların ve bağlantı elemanlarının direnci nedeniyle kaybedilen hız basınç düşümü sayısı:

$$h_{L} = K v^2 / 2g_n$$

Vana ve bağlantı elemanlarındaki direnç nedeniyle basınç düşümü her zaman hızın meydana geldiği çapla ilişkilidir.

Sürtünmeye bağlı basınç düşümü, akış yönündeki değişim, tıkanıklıklar ve kesit ile akış şeklindeki ani veya kademeli değişikliklere göre küçük olduğu için, tüm akış koşullarında tanımlanan vanalar veya bağlantı parçaları için direnç katsayısı K, sabit olarak kabul edilir.

h_L - basınç düşümü mSS, bar kPa; K- direnç katsayısı; v- hız; g_n - yerçekiminin ivmesi;

$$K = f \frac{L}{D}$$

Denklem 60

L/D oranı, aynı akış koşullarında vanalar veya bağlantı parçaları ile aynı basınç düşüşüne veya basınç kaybına neden olacak düz borunun boru çaplarında eşdeğer uzunluktadır. Direnç katsayısı K sabit olduğundan, eşdeğer uzunluk L/D, farklı akış koşulları için sürtünme faktöründeki değişikliklerle ters yönde değişecektir.

Geometrik olarak benzer vanalar ve bağlantı parçaları için direnç katsayısı sabit olacaktır. Aslında, farklı nominal boyuttaki vanalarda ve bağlantı elemanlarında her zaman daha küçük veya daha büyük geometrik olmayan benzerlik vardır, bu nedenle direnç katsayısı sabit değildir. Belirli bir vana veya bağlantı elemanı türü için direnç katsayısı K, aynı akış koşullarında düz temiz ticari çelik boru için sürtünme faktörü gibi boyuta göre değişme eğilimindedir ve aynı zamanda farklı akışkanlar için de değişmektedir.

Boru girişleri veya var olan borulardaki bazı dirençler, ani veya kademeli çap değişiklikleri ve genişlemeler gibi geometrik olarak benzer niteliktedir. Bu nedenle direnç katsayısı veya eşdeğer uzunluk L/D değeri, bağımsız tüm elemanlar için kullanılabilir.

Direnç katsayısı veya eşdeğer uzunlukta L/D değerleri her zaman direncin oluştuğu iç boru çapı ile ilişkilidir. Direnç katsayısı veya eşdeğer uzunlukta L/D, mevcut değerlerin bulunabileceği çaptan farklı iç boru çapı için kullanılmalıdır:

$$\frac{K_a}{K_b} = \left(\frac{D_a}{D_b} \right)^4$$

Denklem 61

K- direnç katsayısı; D- iç çap

Burada "a" alt simgesi iç boru çapına referansla K ve D'yi tanımlar ve "b" alt simgesi ise, K ve D'yi tablolarda veya diyagramlarda K değerlerinin bulunabileceği iç çapa referansla tanımlar.

Bu denklem, boru sisteminin direnç katsayısını veya eşdeğer uzunluk L/D'yi tek bir boyut açısından ifade etmek için birden fazla vana ve bağlantı parçası çaplarına sahipse de kullanılabilir.

İç Çap Keskin ve Kademeli Redüksiyon ve Genleşme Direnç Katsayısı K

Momentum, süreklilik ve Bernoulli denklemi kullanılarak ani genişlemelere bağlı direnç şu şekilde ifade edilebilir:

$$K_1 = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)^2$$

Denklem 62

ve ani redüksiyon direnç faktörü:

$$K_1 = 0,5 \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)$$

Denklem 63

K_1 - direnç katsayısı; D_1 - iç çap (daha küçük); D_2 - iç çap (daha büyük)

Çap oranı olarak β kullanılarak, her iki denklem de şu şekilde ifade edilebilir:

$$K_1 = (1 - \beta^2)^2$$

Denklem 64

K_1 - direnç katsayısı; β - çap oranı D_1/D_2 ;

Direnç katsayısını daha büyük boru çapı açısından ifade etmek için aşağıdaki ilişki kullanılmalıdır:

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Denklem 65

K_1 - Küçük iç çap direnç katsayısı; K_2 - Büyük iç çap direnç katsayısı; β - Çap oranı D_1/D_2 ;

Çap Genleşme ani değil de kademeli ise veya kademeli genleşme açısı 180° farklıysa, Gibson katsayısı C_e aşağıdaki gibi farklı bir ayırışma açısı için kullanılabilir:

$$C_e = 2,6 \sin \frac{\theta}{2} \quad \theta \leq 45^\circ \quad \text{Denklem 66} \quad C_e = 1 \quad 45^\circ < \theta \leq 180^\circ \quad \text{Denklem 67}$$

ayırışma açısı 45° büyükse, direnç katsayısı ani genleşme için bire eşittir.

Kademeli redüksiyon için Crane²⁴ verilerine, redüksiyon katsayısına dayanarak direnç katsayısı aynı temelde C_c aşağıdaki gibi farklı yakınsama açıları için kullanılabilir:

$$C_c = 1,6 \sin \frac{\theta}{2} \quad \theta \leq 45^\circ \quad \text{Denklem 68} \quad C_c = \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}} \quad 45^\circ < \theta \leq 180^\circ \quad \text{Denklem 69}$$

Genleşme ve redüksiyon katsayısı için yukarıdaki ifadeler kullanılarak direnç katsayısı şu şekilde hesaplanabilir:

Kademeli genleşme için:

$$K_1 = C_e(1 - \beta^2)^2 = 2,6 \sin \frac{\theta}{2} (1 - \beta^2)^2 \quad \theta \leq 45^\circ \quad \text{Denklem 70}$$

$$K_1 = C_e(1 - \beta^2)^2 = (1 - \beta^2)^2 \quad 45^\circ < \theta \leq 180^\circ \quad \text{Denklem 71}$$

C_e - Genleşme katsayısı; K_1 - Küçük iç çap dayalı direnç katsayısı; β - Çap oranı D_1/D_2 ; θ - genleşme açısı;

Akış katsayısı K_v , basınç düşüşü, kontrol vana akış hızı

Vana seçilirken su dışındaki sıvıların viskozitesinin etkisi göz önünde bulundurulmalıdır, çünkü sıvının artan viskozitesi vana kapasitesini azaltmaktadır.

K_v özellikle Avrupa'da kullanılır ve m^3/h 'de suyun debisi olarak tanımlanır ve vana boyunca 1kg/cm^2 basınç düşüşü oluşturur (1kg/cm^2 $0,980665$ bar'a eşittir).

Kontrol vanası çap seçimi, verilen basınç düşüşü ve akış hızı için akış katsayısının hesaplanmasına dayanır. Metrik ünitelerdeki bir vananın sıvı akış kapasitesi K_v :

$$K_v = q_h \sqrt{\frac{S}{\Delta P}}$$

Denklem 72

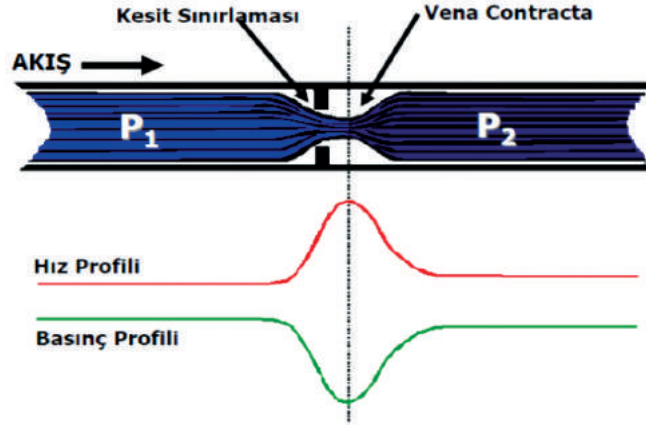
K_v - akış karakteristiği [m^3/h]; q_h - akış hızı [m^3/h]; S - özgül ağırlık (bağıl yoğunluk) [-]; Δp - basınç düşüşü [bar];

Flaş ve Kavtasyon, Vana İçerisinde Buharlaştırma Basıncı

²⁴ Crane Company Flow of Fluids Through Valves, Fittings & Pipe

Vana içinde flaş ("Vena Contracta") veya kavitasyon oluşması, vana kapasitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Flaş ve kavitasyon, birçok akışkan için vana akış miktarını azaltır. Ayrıca, vanaya ve boru sistemine zarar verir. Kavitasyon, akışkanın sıvı halinden, sıvının buharlaşması durumuna gelmesi durumudur ve bu da vana sonrasında doğru akış hız artışına neden olur.

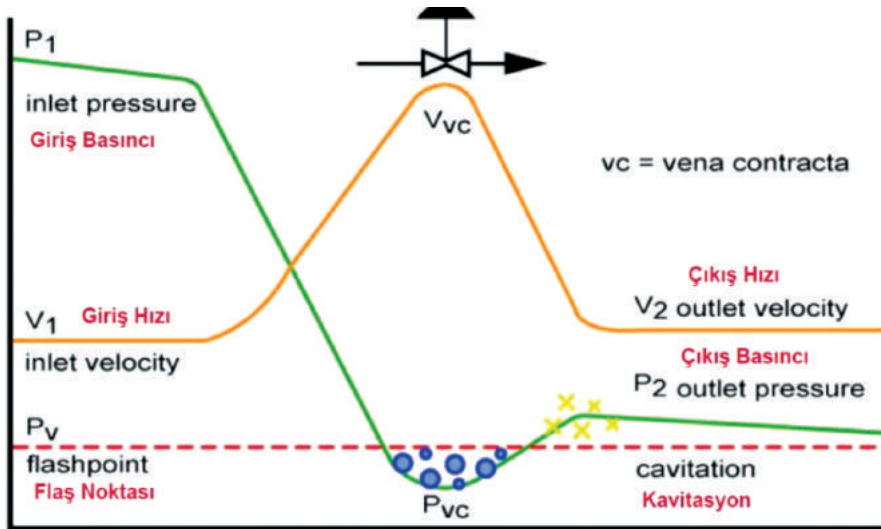
Sıvı akışkan vana içerisindeki en küçük kesit alanından geçerken, akış hızı artar ve hızlı basınç kaybı yaşanır. Tam bu gerçek fiziksel kısıtlamanın hemen aşağısında flaş noktası denilen bir bölge oluşur. Bu noktada, hız maksimumda ve basınç minimumdadır²⁵.



Şekil 19 Flaş Noktası Hız ve Basınç profili

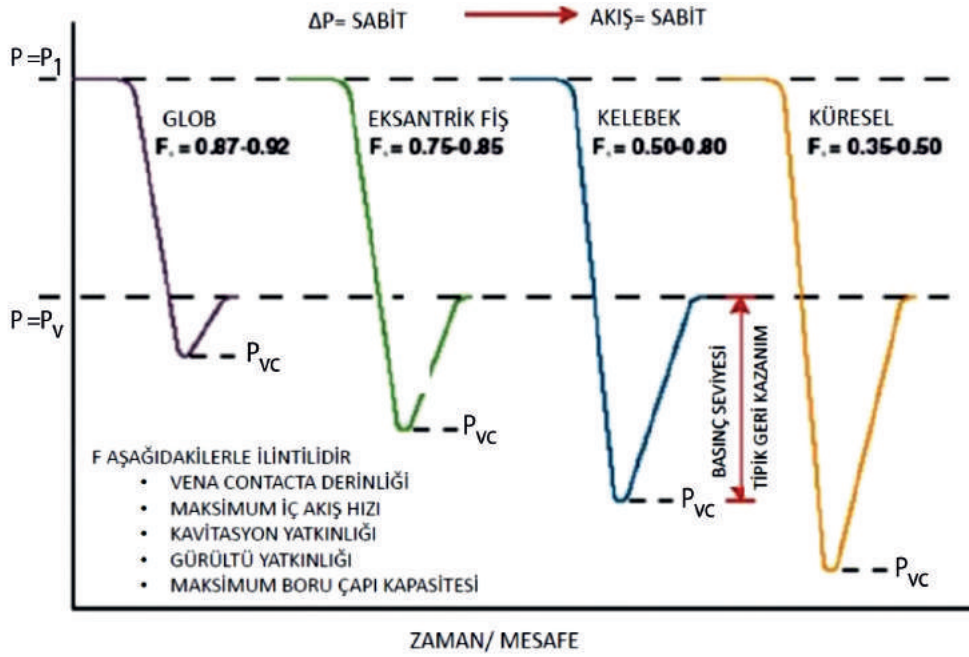
Sıvı vanadan çıktıkça, vena contracta'dan uzaklaşırken tekrar hız düşer ve basınç artmaya başlar. Bu nedenle Flaş ve kavitasyon için kritik nokta, "vena Contracta"daki, basıncın en küçük olduğu yerdedir. "Vena Contracta"da basınç düşerken, bu noktada artan hız nedeniyle sıvının buharlaşma basıncı içerisinde akışkan da kabarcıklar oluşur.

Flaş noktası sonrasında basınç buhar basıncının üzerine çıkarsa, kabarcıklar söner veya kavitasyon başlar. Kavitasyon enerji salgılar ve bir gürültü üretir. Kavitasyon katı yüzeylere yakın gerçekleşirse, salınan enerji, pürüzlü yüzeyden çıkan malzemeyi yavaş yavaş aşındırır.



Şekil 20 Flaş ve Kavitasyon için Hız ve Basınç Seviyeleri

²⁵ Bernoulli Prensibi



Şekil 21 Vanaların Flaş ve Kavite Potansiyeli

Kaviteasyon

Kaviteasyon, lokal statik basıncın buhar basıncının altında olduğu sıvı akış sistemlerinde meydana gelir.

Bir sıvıdaki lokal statik basınç, gerçek sıcaklıkta sıvının buhar basıncının altında bir seviyeye ulaştığında ortaya çıkabilir. Bernoulli Denklemi' ne göre bu, bir sıvı kontrol vanasında veya bir pompa çarkının hızlanmasında olabilir.

Kaviteasyondan Kaçınma

Kaviteasyon genel olarak şunlar yapılarak önlenir:

- Sıvıdaki gerçek lokal statik basıncı ile sıvının gerçek sıcaklıktaki buhar basıncı arasındaki değeri (basınç farkı) artırmak,
- Yüksek akışkan akış hız ve düşük statik basınç üreten bileşenlerini yeniden tasarlamak,
- Sistemdeki toplam basıncı veya vana üzerindeki statik basıncı artırmak,
- Akışkan sıvının sıcaklığını azaltmak.

Yüksek akışkan Hızı ve Düşük Statik Basınç Başlatan Bileşenlerin Yeniden Mühendisliği

Gerçek kaba koşullar için tasarlanmış özel bileşenler kullanılarak da kaviteasyon ve hasar önenebilir.

- Büyük basınç düşüşleri olan koşullarda sınırlamalar göz önüne alınarak, Çok Kademeli Kontrol Vanaları kullanılabilir.
- Buharlaşma sıcaklığına yakın sıvı sıcaklıklarına sahip zorlu pompalama koşulları özel pompalarla işlenebilir. Santrifüj pompalarda kullanılan tasarım prensiplerinden başka, yer değiştirmeli pompa prensiplerinden de faydalanılması veya motor devir ve kontrol tipini değiştirerek çalışma yapılması olasıdır.
- Sistemdeki toplam veya yerel basıncın artırılması da işe yarar.

Sistemdeki toplam veya lokal basınç artırılarak statik basınç ile buharlaşma basıncı arasındaki aralık artırılarak buharlaşma ve kaviteasyon önenebilir.

Statik basınç ve buharlaşma basıncı arasındaki oran, buharlaşma olasılığının bir göstergesi olup, genellikle Kaviteasyon Numarası ile ifade edilir.

Ne yazık ki, sistem sınıflandırmaları veya diğer sınırlamalar nedeniyle toplam statik basıncı artırmak her zaman olası değildir. Sistemdeki bileşen düşürülerek (yükseltilecek) bileşenlerdeki yerel statik basınç artırılabilir. Kontrol vanaları ve pompalar genel olarak statik basıncı en üst düzeye çıkarmak için sistemin en alt kısmına konumlandırılmalıdır.

Euler Sayısı, iki nokta arasındaki basınç farkının önemli olduğu akışkan akış dinamiği sorunlarını analiz etmek için kullanılan boyutsuz bir değerdir. Euler Sayısı, basınç kuvvetlerinin atalet kuvvetlerine oranının bir ölçüsü olarak yorumlanabilir.

Euler Numarası şu şekilde ifade edilebilir:

$$Eu = P / (\rho v^2)$$

Denklem 73

Eu = Euler numarası, p = basınç (Pa), ρ = yoğunluk (kg/m³), v = akışkan akış hızı (m/s)

Basınç farkı sıklıkla kullanılır

$$Eu = \Delta P / (\rho v^2)$$

Denklem 74

ΔP = diferansiyel basınç (Pa)

Not- Mükemmel bir sürtünmesiz akış, Euler sayısının 1'e eşit olmasına karşılık gelir.

Aşağıdaki kombinasyona **basınç katsayısı** denir

$$\text{Basınç Katsayısı} = \Delta P / (1/2 \rho v^2)$$

Denklem 75

Euler Numarasının özel bir sürümü genel olarak Kaviteasyon Numarası olarak adlandırılır.

Yüksek basınç geri kazanım vanasında tıkalı akış valfi basınç düşüşü ve kaviteasyon

Kaviteasyon Numarası veya Kaviteasyon Parametresi, boyutsuz Euler Numarası" özel bir sürümüdür".

Kaviteasyon Numarası, kaviteasyonun oluşabileceği sıvı akış dinamiği sorunlarını analiz ederken yararlıdır.

Kaviteasyon Numarası şu şekilde ifade edilebilir:

$$\sigma = (\rho_r - \rho_v) / (1/2 \rho v^2)$$

Denklem 76

σ = Kaviteasyon numarası, p_r = referans basıncı (Pa), p_v = sıvının buhar basıncı (Pa), ρ = sıvının yoğunluğu (kg/m³), v = sıvı hızı (m/s)

Kaviteasyonu ve zararlarını önlemek için

- Düşük basınçtan kaçının ve gerekirse genleşme tanklarını basınçlandırın,
- Sıvı sıcaklığını azaltın,
- Büyük emiş borusu çapları kullanarak küçük kayıpları azaltın,
- Kaviteasyona dayanıklı malzemeler veya kaplamalar kullanın,
- Emme sistemine verilen az miktarda hava kaviteasyon hasarı miktarını azaltabilir
- NPSH'i gerekli NPSH değerinin çok üzerinde tutun.

Tablo 18 Çeşitli Akışkanlar için Toplu Metrik Sistemde Formüller

Sıvılar (su vb.)	P2>P1	$K_v = Q \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}}$	<ul style="list-style-type: none"> • Q = Akış Hızı (m³/h) • ΔP = Basınç Düşümü (bar) • ρ = Yoğunluk (kg/dm³)
Doymuş buhar	P2>P2/2	$K_v = \frac{G}{22.4 \cdot \sqrt{\Delta P \cdot P_2}}$	<ul style="list-style-type: none"> • G = Kütle akış hızı (kg/h) • ΔP = Basınç Düşümü (bar) • P2 = Vana Sonrası Akış Basıncı (mutlak bar) • P1 = Vana Öncesi Akış Basıncı (mutlak bar)
	P2<P1/2	$K_v = \frac{G}{11.2 \cdot P_1}$	
Kızgın buhar	P2>P2/2	$K_v = \frac{G}{31.7 \cdot \sqrt{\Delta P / v_2}}$	<ul style="list-style-type: none"> • G = Kütle akış hızı (kg/h) • ΔP = Basınç düşüşü (bar) • P1 = Vana Öncesi Akış Basıncı (mutlak bar) • P2 = Vana Sonrası Akış Basıncı (mutlak bar) • v2 = P2 ve T1 Spesifik Hacim (m³/kg) • v = P1/2 et T1 Spesifik Hacim (m³/kg) • T1 = Sıcaklık (K)
	P2>P2/2	$K_v = \frac{G}{22.4 \cdot \sqrt{P_1 / v}}$	
Gazlar	P2>P2/2	$K_v = \frac{Q_n}{514} \cdot \sqrt{\frac{\rho_n \cdot T_1}{\Delta P \cdot P_2}}$	<ul style="list-style-type: none"> • Q_n = Kütle akış hızı 0°C ve 1013 mbar (kg/h) • ρ_n = 0°C ve 1013 mbar gaz yoğunluğu (kg/Nm³) • ΔP = Basınç düşüşü (bar) • P2 = Valf aşağı akış basıncı (mutlak bar) • P1 = Valfin yukarı akış basıncı (mutlak bar) • T1 = Yukarı akış sıcaklığı (K)
	P2<P1/2	$K_v = \frac{Q_n}{257} \cdot \sqrt{\frac{\rho_n \cdot T_1}{P_1}}$	

Vana Kvs Değeri:

Standart vanaları karakterize etmek için, bir Kvs katsayısı verilir, bu da vananın H 100 nominal deplasmanı için Kv katsayısına karşılık gelir. Her standart vana türü için, vananın tamamının açık olarak kabul edilebileceği nominal bir H100 deplasmanı verilir.

Vana Kvo Değeri:

Vana tamamen kapatıldığındaki basınç kaybı miktarı, vanadan geçen sızıntı oranıdır. Kvo m³/h ile ifade edilir.

Sızıntı oranı

Bir vananın sızıntı oranı Kvo / Kvs oranıdır

Yeni bir vana için bu sızıntı oranı %0,05'ten düşük olmalıdır.

Vana için akış Kv katsayısı

1 bar basınç kaybı için tamamen açık olarak kabul edilen vanadan geçen 4°C (Yoğunluk = 1000kg/m³) olarak ölçülen m³/h'deki su Q akışıdır.

Küçük boyutlandırılan bir vana, cihazın içinde yükseltilmiş bir basınç düşüşü oluşturabilir ve sonuç olarak vana oturağına erozyonla zarar verebilir.

Tersine, büyük boy bir kontrol vanası kurulumun dengesiz bir çalışmasını içerebilir.

Vana üreticileri her vana türü için, çapına, yapım yöntemine, servo motorun gücüne, sıvının sıcaklığına, sızıntı oranına ve ondan geçen maksimum akışa bağlı olarak kabul edilebilir bir sınır diferansiyel basıncı gösterir.

$$Q = K_v \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

Q = X sıcaklığında m³/h'deki gerçek akış hızı, ρ = Kg/dm³'te suyun yoğunluğu (sıcaklığa bağlıdır), ΔP = bar vana basınç düşüşü

Basınç düşümü

Vananın girişi ile çıkışı arasındaki basınç farkıdır.

Kv'nin değeri aynı şekilde, bir vanadaki basınç düşüşünü geçen akışa göre hesaplamak için kullanılır.

$$\Delta P = \rho \left(\frac{Q}{K_v} \right)^2$$

Q = Sıcaklık x'te m³/h'de gerçek su akışı, ρ = Kg/dm³'te suyun yoğunluğu (sıcaklığa bağlıdır), ΔP = bar vana basınç düşümü

Vana Otoritesi ²⁶

Kontrol vanasının temel işlevi, bir akışın yönetimini sağlamaktır. Kontrol sisteminin stabilizesini belirleyecek olan, vananın otoritesidir.

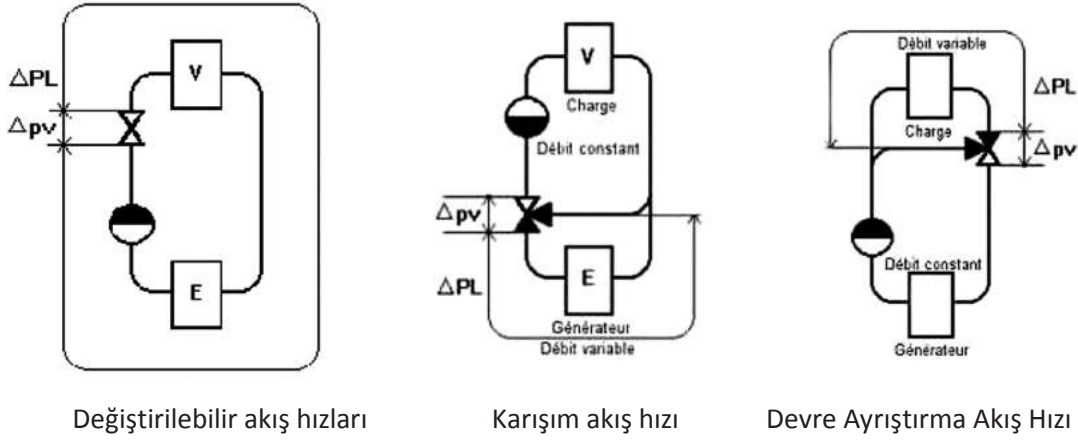
Aktüatör tarafındaki kısma gönderilecek açma miktarları, vananın otoritesi tarafından ölçülecektir.

$$\text{Otorite: } \alpha \frac{\Delta P_v}{\Delta P_v + \Delta P_L} =$$

Denklem 77

- DP_v = Nominal kapasite I için tamamen açık vananın basınç kaybı
- DPL = Değişken akış devresinin basınç kaybı.

²⁶ Vana otoritesi- Kapalı devre sistemlerinde vananın tam açıkken direncinin açık vana ile değişken devre direnci toplamına oranıdır. İmalatçı vana tasarımına göre tipik değerler içerisinde değişiklikler vardır.



Şekil 22 Kapalı Devre Akış için Vana Otoritesi

E = Isı eşanjörü
V = Isı Kaynağı

1.1.5 P&ID VE FLOW DIAGRAM TASARIM KRİTERLERİ

P&ID PFD (Piping and Instrumentation Diagram) ve PFD (Process Flow Diagram) endüstriyel tesislerin tasarım ve montajında çok yaygın olarak kullanılan ama evsel tesisatta yeterince bahsedilmeyen tek hat çizimleridir. Aydın-ger çizimleri sürecinde izometrik veya aksonometrik tesisat çizimleri ile yabancı tasarım projelerinde karşılaşmış olanlar bilirler. O zamanlar, vana, dirsek, manometre, sayaç sensor, transmitter gibi enstrümanlar ile temel ekipmanların borular ile birleştirilmesinde, debi, çap, referans noktasına göre yükseklik, basınç kaybı hesapları için ölçekli çizimler kullanılmaktaydı.

Endüstri dışında tasarlanan plan ve kolon şeması çizimlerinde ise farklı plan ve kolon şemalarından alınan ölçüler ile hesaplar yapılmaktadır. Tasarım için kritik devre hesabı kullanılmakta ve zaman zaman tasarımcının tecrübe ve bilgisine dayalı doğru, bazen de kısmen doğru veya yanlış kayıp hesapları ile karşılaştığımız tesisat türleri yoğun şekilde sektörün tasarım üslubunu oluşturmaktadır.

Özellikle frekans kontrollü değişken debili pompalar ile statik dinamik dengeleme vanalarını kullanım sürecinde istenen debi, sıcaklık, basınç, açma kapama süresi gibi ekipmanların emniyetli ve doğru çalışmalarını sağlayacak tesisat kontrol otomasyonlarında sorunlar ortaya çıkabilmektedir.

BIM (Building Information Modelling - Yapı Bilgi Modellemesi) kavramı ile tasarım sürecinde tüm bileşenlerin bilgisayar destekli olarak malzemelerin basınç ve ölçülerini de belirten üç boyutlu objeler olarak oluşturulması söz konusu olmuştur. Tasarım içerisinde, boru çapı, basınç kaybı, bağlantı elemanları ve metotları henüz çok yaygın olarak bilgisayar destekli olarak yapılamamaktadır. Yani hâlâ tek hat (single line) çizimler ve beraberindeki hesap metotları ile tasarım ve montaj projeleri de uygulanmaktadır.

P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) yani borulama sistemi ve onun üzerindeki tüm enstrümanların çizimi ile endüstri devriminin başından beri hâlâ etkili ve en önemli çizim disiplini. PFD (Proses Flow Diagram) yani proses akış şeması ise, endüstriyel tesiste yapılan/yapılacak herhangi bir işlemi neden ve sonuçları ile göstermekte olduğundan, en karışık kimyasal denklemler ile tarif edilebilecek, açığa çıkan ürünleri ve denkleme katılanları basit bir şekilde açıklar.

Her iki çizim tekniğinde de ürün ve enerji denklemleri denge koşullarını tarif eder. İster enerji veya ürün açığa çıksın, ister sisteme girsin hepsini, kontrol edilen hacim içerisinde (Tesis, bina, proses vs,) denge koşullarında görebilirsiniz.

Derleyen notu: *Ülkemizdeki birçok projede karşılaşılan en büyük problemin tasarım projelerinde denge koşullarının göz önüne alınmaması olduğunu düşünüyorum. Özellikle yeni nesil ürünlerin, değişken debili pompa veya dengeleme vanalarının kullanılması durumunda veya vanaları açma kapama işlemlerinin sistemler üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler söz konusu olduğunda devreye alma ve kabul işlemleri sırasında tekniğine uygun olmayan koşullar gündeme gelebilmektedir. Detaylı sembol, şekil, tablo ve çizimler için EK-1'e bakınız.*

P&ID çizimlerinin ne gibi faydaları vardır ve nasıl yapılır konularını basit şekilde, maddeler halinde anlatmaya çalışacağım ve çizim kuralları hakkında bilgi vereceğim.

P&ID çizimlerini, vektörel çizim yapan yazılımlar ile (XXX-CAD) hem uluslararası standart şekiller ve notasyonlar kullanarak tek hat şeması halinde üretmek kolaydır. Başarılı bir uygulama için;

- Tasarım Kriterleri ile Borulama ve Enstrümantasyon Çizimleri (P&ID'ler) hazırlamak ve işlemek için tek tip bir araç oluşturulmalıdır.
- Tasarım kriterlerinin ve P&ID'lerin hazırlanması, revizyonu ve işlenmesi için prosedürler hazırlanmalı ve denetlenerek uygulanmalıdır.
- Borulama ve Enstrümantasyon Diyagramlarının ana amaçları şunlardır:
 - ✓ Bir endüstriyel tesisin borulama, ekipman ve enstrümanlarının montaj, devreye alma ve işletme sırasında yardımcı olmak üzere doğru bir şekilde tanımlanması ve güncel tutulmasını sağlamak.
 - ✓ Dış danışmanlar, malzeme imalat ve tedarikçileri, yönetim, mühendislik ve işletme personeli katılımıyla kontrol ve operasyonel ekipman ve güvenlik cihazlarını doğru analiz etmek,
 - ✓ Gereksiz ve maliyetli tasarım hatalarına neden olabilecek tasarım kavram kusurlarını ortaya çıkararak, ilk tasarım, başlangıç aşaması, yapım ve tamamlanma süresinde kontrol etmek,
 - ✓ Tüm malzemelerin teknik özellikleri, uygunluğu, temin süresi ve koşullarını koordine etmek,
 - ✓ Tüm tasarımcıların ve yapıma katkı sunanların fikirlerini ortak bir amaca dönüştürerek bütçe-süre ve kalite üçgenini oluşturmak.

Son biçimi tüm durumlar için aynı olsa da, bu tür diyagramlara aşağıda belirtilen farklı adlar da verilebilir:

- Kanal Diyagramları ve Enstrümantasyon Diyagramı
- İşlem ve Enstrümantasyon Diyagramı
- Borulama ve Enstrümantasyon Diyagramı

Bu yazıda, basitlik için, belgeye P&ID kısaltması ile atıfta bulunacağız. İlgili normlar, P&ID de kullanılacak notasyon ve çizim kurallarını belirler.

Borulama ve enstrümantasyon diyagramı (P&ID) proses otomasyonu ve proses endüstrisinde temel bir öneme sahiptir. Tesisin tüm proses döngüsünün genel bir görünümünü verir, ANSİ-ISA 4. baskısında otomasyon, sistemler ve enstrümantasyon sözlüğü, Borulama ve Enstrümantasyon Çiziminin ne yaptığını şöyle tanımlar: P&ID'ler proses ekipmanının birbirine bağlanmasını ve süreci kontrol etmek için kullanılan enstrümantasyonu gösterir.

Ekipman, boru hattı, enstrümantasyon ve ortak hizmetlerle ilgili tesisin ayrıntılı bilgilerini gösterdikleri için mühendislik, inşaat - montaj, devreye alma, tesis işletme ve bakım arasındaki iletişimin bir unsuru olarak kullanılır. P&ID doğru bir şekilde korunmalı ve düzenli olarak güncellenmelidir.

Enstrümantasyon diyagramı veya P&ID oluşturulması, bir proses tesisinin tasarımında önemli bir aşama oluşturur. Tesisin bir bölümünde bulunan sistemlerin/ekipmanların bir diyagramıdır, Belirli süreçleri yürütmek, izlemek ve kontrol etmek için gerekli her türlü grafik öğeleri içermektedir. P&ID çizimi, proseste yer alan kimyasal reaksiyonları veya prosedürleri de tanımlamaz,

Endüstri tesisi için çok önemli bir belge olduğundan, çalışmalar sırasında yapılan herhangi bir değişiklik, anında diyagrama yansıtılmalıdır. Sistem üzerinde ek bir pompa takılması veya değiştirilmesinin P&ID üzerinde gösterilmesi, sistemin ve tüm çalışanların güvenliği için yapılması gereken hayati önemde bir eylemdir.

P&ID'lerin, denetimin bakış açısından, tüm denetim sistem ve yapısını yansıtması ve temsil etmesi her zaman mümkün olmasa da denetim döngüleriyle ilgili bilgileri de gösterir. Bu diyagramlarda netliği korumak gerekir ve yerden tasarruf etmek için karmaşık mantık kullanılamaz. Bu durum, ISA-5,2-1976 (R1992) mantık diyagramlarında gösterilir.

Mühendislik açısından bakıldığında, boru ve enstrümantasyon diyagramları (PID'ler) teslim edilen E/I&C (elektrik/enstrümantasyon ve kontrol) mühendislik paketinin temelidir.

P&ID, birden çok uzmanlık dalı tarafından oluşturulan, yoğunlaştırılmış bilgileri gösteren bir diyagramdır.

P&ID çizimlerinde, proseste kullanılan basınç, akış, seviye vb. bilgiler ile sistemdeki elemanlar (mekanik ekipman, borulama, boru bileşenleri, vanalar, ekipman sürücüler ve enstrümantasyon ve kontroller) semboller ve etiketlerle temsil edilir. Kontrol sistemlerinin ve süreçlerinin çizimlerini hazırlamak için standart bir sembol kümesi kullanılır.

Kullanılan semboller, endüstriyel işletmelerde kullanılan tüm bileşenleri temsil etmek üzere geliştirilmiş ve ANSI ve ISA tarafından standartlaştırılmıştır.

Proses ekipmanları, vanalar, aktüatörler, akış ölçerler ve benzeri elemanlar, bu standartlarda belirlenen semboller ile, işlemi açıkça tanımlanacak bir şekilde çizim üzerinde gösterilir.

Bu diyagramlarda kullanılan semboller aşağıdaki standartlara dayanmaktadır:

- ISA-The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA) ve Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) tarafından geliştirilen ANSI / ISA-5,1-1984 (R1992) Standardı Semboller ve Enstrümantasyon tanımlanması,
- Standart ISA 5,31983, Dağıtılmış Denetim/Paylaşılan Görüntüleme Araçları Mantığı için Grafik Sembolleri ve Bilgisayar Sistemleri,

Bazı durumlarda, denetim şemaları bir P&ID çiziminde gösterilemeyecek kadar karmaşıktır. Bu durumda, bağımsız işlevsel denetim diyagramları oluşturulur.

Okuduğunuz gibi, bir P&ID diyagramı tasarlamaya izin veren farklı sembolleri tanımlayan birden fazla standart vardır. Her zaman olduğu gibi, şartnamenin veya işverenin belirlediği standartları uygulamalı veya kendi standartlarımızı tanımlamak istiyorsak, tüm standartların içeriğini okuyarak her bir kalem için en uygununu seçmek gerekir.

Ayrıca, teknolojinin evrimini göz önüne alarak, içeriklerinin güncelleştirilmesini sağlayan bir referans standardı belirlemek de önemlidir. Bu şekilde, P&ID standartlarında yıllar içinde yapılacak düzenlemeler sonucunda ortaya çıkacak farklı temsil sorunlarına bir çözüm yaratılabilir. İzlenecek standart veya standartların seçimi, tesis belgelerini uzun bir süre etkileyecek, önemli bir karardır. İş başladıktan sonra yapılacak standart değişikliğinin çok önemli etkileri olacağından, daha sonra yapılacak standart veya referans değişikliğinin karmaşıklık yaratacağı ve hatta pratik olarak imkânsız olacağı anlamını taşır.

Şöyle bir örnek verebilirim. 2009'da ANSI/ISA-5,1'in piyasaya sürülmesinden 10 yıldan fazla bir süre geçmesine karşın hâlâ çoğu şirket P&ID diyagramları için PIP PIC001 veya ISA-5,1 1984'ü kullanıyor,

Tanımlama etiketleri, bir işlem ögesini benzersiz olarak tanımak için kullanılan harf ve sayıların birleşimidir. Şu anda, enstrüman sembolleri ve harf kısaltmaları için birçok standart vardır. En yaygın olanları PIP, ISA, ISO, BS ve DIN standartlarıdır.

Aşağıda, P&ID sembollerinde referans alınan kılavuzları veya standartları geliştiren farklı kuruluşlar bulunmaktadır:

- ISA International Society of Automation (Amerika Otomasyon Topluluğu)
- DIN Deutsches Institut für Normung (Alman Standardizasyon Enstitüsü)
- PIP Process Industry Practices (Süreç Endüstrisi Uygulamaları)
- ISO International Standards Organisation (Uluslararası Standartlar Örgütü)
- BS British Standards (İngiliz Standartları)

Bu kitapta, yaygın olarak kullanılan ISA, PIP ve ISO standart normları göz önüne alınacak ve açıklanacaktır.

AMERIKA ISA Amerika Otomasyon (Enstrüman) Topluluğu:

- **ANSI/ISA-5,1-2009**, Enstrümantasyon Sembolleri ve Tanımlama, genellikle araçları/varlıkları belgeleme ve kontrol alanında kullanılır. Bu standart, süreç kontrolü hakkında temel bir bilgiye sahip bir kişinin kurulumda hangi ölçümlerin mevcut olduğunu anlamasını ve sürecin belgelerini ve çizimlerini yorumlayarak süreç üzerindeki kontrolün nasıl çalıştığını anlamasını sağlar. Bu standardın gerçekleştirdiği önemli işlevlerden biri, belgeleme işleminde kullanılacak çizgi sembollerinin standart bir listesini sağlamaktır. ANSI/ISA-5,1-2009 Enstrümantasyon Sembolleri ve Tanımlama en son sürümünde, önceki ISA-5,1-1984 (R1992) sürümüne göre önemli değişiklikler vardır. Bu sürüm yeni ve gelişen Enstrüman Teknolojisi, Kontrol Sistemleri ve Bilgisayar Ağlarını içerir. Amerikan standardı ANSI/ISA-5,1'in en son sürümü olan Enstrümantasyon Sembolleri ve Tanımlaması, 2009 yılında Uluslararası Otomasyon Derneği Standartlar ve Uygulamalar Kurulu (ISA) tarafından onaylanmıştır. Bu standart, enstrümantasyon sembollerini ve tanımlama sistemlerini açıklar, araçları ve proses öğelerini ve işlevlerini tanımlamak için tanımlama şemalarını ve grafik sembollerini içeren tutarlı bir mekanizma sunar. ISA standardı, gerçek proses üretimini ölçmek, izlemek ve kontrol etmek için kullanılan ticari proses yazılımında yaygın olarak uygulanmaktadır (ISA, 2009).
- ✓ İşlem Ekranları için ANSI/ISA-S5,5-1985 Grafik Sembolleri; Bu çizim standardının amacı, tesis operatörleri

tarafından kullanılan ekranlarda ölçüm ve kontrol için bir grafik sembolleri sistemi kurmaktır. Sistem tanıtmak için tasarlanmıştır. Ekran aracılığıyla iletilecek bilgilerin operatörleri tarafından en iyi ve en hızlı şekilde anlaşılması ve proses endüstrileri boyunca uygulanmasının standartlaştırılmasını amaçlar.

Elde edilen faydalar; operatör hatalarının azalması, operatör eğitiminin kısaltılması ve genellikle kontrol sistemi tasarımcılarının bilgi aktarımı, tesis operatörleri tarafından sonuçların hızlı alımı ve kolay yorumlanması ile daha iyi ve daha kolay eşleşmesidir. Çizim standardı kimyasal, petrol, enerji üretimi, klima, metal rafinaj ve diğer birçok endüstride kullanım için uygundur.

- **ISA (1983) Dağıtılmış Kontrol ve Paylaşılan Ekran İzinsiz Giriş Mantiği için S5,3 Grafik Sembolleri:** Bilgisayar Sistemleri için standardın amacı, paylaşılan denetime, paylaşılan ekrana veya diğer arabirim özelliklerine sahip bilgisayarlar, programlanabilir denetleyiciler, mini bilgisayarlar ve mikroişlemci tabanlı sistemlerden oluşan bu enstrümantasyon sınıfı için belgeler oluşturmaktır. Semboller, alan enstrümanları, kontrol odası enstrümanları ve yukarıdaki diğer donanımları birbirine geçirmek için sağlanmıştır. Terminoloji, bu cihazların çeşitli kategorilerini tanımlamak için en geniş ve genel formda tanımlanır. Genel kontrol sistemi içindeki genel bir cihazın her oluşumu için bir tür sembolün kullanılmasını zorunlu kılmak bu standardın amacı değildir. Bu tür kullanım, Boru ve Enstrüman Çizimi (P&ID) durumunda gereksiz karmaşıklığa neden olabilir. Örneğin, bilgisayar bileşeni, dağıtılmış bir denetim sisteminin ayrılmaz bir parçasıysa, bilgisayar simgesinin kullanımı normalde istenmeyen bir fazlalık olacaktır. Ancak, sistemden ayrı bir genel amaçlı bilgisayar arabirimiye, bilgisayar sembolünün eklenmesi, kontrol sistemi anlayışı için gereken netlik derecesini sağlayabilir. Bu P&ID standardı, kullanıcılara tanımlı sembolizm ve kullanım kuralları sağlamaya çalışır, bu da yeterli niyet netliği sağlamak için gerektiğinde uygulanabilir. Bu sembollerin çeşitli çizim türlerine ne ölçüde uygulanacağı, kullanıcıların tasarrufundadır. Semboller işlemini tanımlamak için gerektiği kadar basit veya karmaşık olabilir.

PIP -Proses Endüstrisi Uygulamaları:

- **PIP PIC001 (2008) Boru ve Enstrümantasyon Diyagramı Dokümantasyon Kriterleri:** Proses Endüstrisi Uygulaması PIC001 (2008) Borulama ve Enstrümantasyon Diyagramı Dokümantasyon Kriterleri; Proses Borulama ve Ekipmanlarının yanı sıra Temel Enstrümantasyon Sembollerine de sahiptir. Bu standart, borular ve proses ekipmanları için sembollerin yanı sıra temel enstrümantasyon sembollerini de içerdiğinden, tam P&ID oluşturmak için kullanılabilir. PIP standardı (PIC001) ISA standardı (S5,1) ile ilgilidir. ISA tarafından tanımlanan aynı enstrüman sembollerini kullanır, ancak farklı kontrol sistemlerinin daha güncel bir şekilde temsiline izin vermek için her iki standardın da kullanılması önerilir. Bu standartlar tamamlayıcıdır ve her ikisinin de kullanımı daha eksiksiz ve anlaşılması daha kolay bir P&ID diyagramı tanımlamamızı sağlar. Endüstri grubu Süreç Endüstrisi Uygulamaları (PIP), bir dizi üye şirketin tasarım, yapım ve bakım iç standartları konusunda uyumlu hale getirilmesi amacıyla yayınlanan, kabul görmüş uygulamalardır. Güç Enerji, kâğıt hamuru ve eczacılık gibi çeşitli süreç disiplinlerinde uygulamalar olarak bir dizi uyumlaştırılmış yararlı belge oluşturmuşlardır. PIP tarafından yayınlanan P&ID standardı PIP PIC001, Boru ve Enstrüman Diyagramı Dokümantasyon Kriterleri, P&ID formatını (çizim boyutu, öge düzeni, etiket formatı, metin düzenlemesi vb.), sembolleri, taslak oluşturma kurallarını ve ekipman (tanklar, eşanjörler, pompalar, reaktörler vb.), borular (boru hatları, vanalar ve bağlantı parçaları) için etiketleme ve numaralandırma şemalarını tanımlar ve enstrümanlar ile kontrol cihazlarını (kontrolörler, kontrol vanaları, vericiler, kilitler, yardım cihazları, gibi) kapsar.

ISO Uluslararası Standartlar Örgütü:

- ISO 14617 Makina mühendisliği ve inşaat çizimlerinde, diyagramlarda, planlarda, haritalarda ve ilgili teknik ürün belgelerinde kullanılmak üzere grafik semboller Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) teknik komiteleri tarafından yayınlanan P&ID standardı, diyagramlar için grafik semboller olan ISO 14617 standart serisine aittir. ISO 14617'nin amacı, teknik uygulamalarda kullanılan diyagramlar için uyumlu grafik sembollerden oluşan bir kütüphane geliştirmektir. PID'ler, ilişkili bölümlerinde şunları içerir:
 - ✓ 14617-3 işlevsel bağlantılar, boru hatları ve bağlantı elemanları için grafik sembolleri belirtir,
 - ✓ 14617-4, şemalarda aktüatördeki temel öğeler, komple aktüatör ler ve aktüatörleri harekete geçiren tahrik metotlar için grafik sembolleri belirtir,
 - ✓ 14617-5 ve 14617-6 ölçüm için grafik semboller belirtir ve cihazları ve işlevlerini gösterir, sembolleri ve adlandırma kurallarını kullanarak diyagramlardaki ölçüm ve denetim döngüleri için sembolleri belirtir,
 - ✓ 14617-8 vanalar için grafik semboller belirtir,
- **ISO 10628-1- 2014 Kimya ve petrokimya endüstrisi için diyagramlar:** Bu standart, enstrüman ve kontrol sem-

bolleri içermez, ancak proses ekipmanlarının ve sistemlerinin fiziksel sırasını tanımlamaktadır.

P&ID işlemi tanımlamak için kullanılan genel belge olmasına rağmen, bir işlem tasarımının evriminde geliştirilen ilk belge genellikle PFD²⁷'dir (İşlem Akış Diyagramları), Ayrıntılı tasarım için bir PFD yayınlandıktan sonra, proje kapsamı oluşturulabilir ve P&ID'nin geliştirmesine başlanabilir.

Tasarım aşamasında:

- Boru ve Enstrümantasyon disiplinleri için tasarım temelini tanımlar, Tüm mühendislik, imalat, inşaat ve işletmenin geliştirileceği temel süreci tanımlayan bir belge olarak kullanılır,
- Mühendis (Mühendislik hizmetlerini yerine getiren kuruluş) ve Mal Sahibi arasında veya Mühendis ile Ürün İmalatçısı/Temincisi/Satıcısı arasındaki görüşme ve anlaşmalarda kullanılacak, işletme ve bakım özelliklerini göstermeye ve kabul etmeye yarar,
- Farklı Ekipmanlar/paket ünitelerin imalatçıları veya satıcılarıyla kullanılacak arabirimi göstermeye yarar,
- HAZOP²⁸ tasarım/inceleme gerçekleştirilmesinde, Proses Güvenliği Yönetimi'nde (PSM- Process Safety Management)²⁹ Proses Güvenliği Bilgilerinin (PSI - Process Safety Information)³⁰ yönetimi için referans belgesi olarak kullanılır. Çalışma, tasarım veya insanlardaki en fazla sayıda hatayı en aza indirmek için sürecin tehlikelerini, olası arızaları ve mevcut güvenlik önlemlerini analiz edebilmek için gerekli bilgilerin elde edilmesine olanak tanır.

İşletme sırasında:

- Operatör, çalışma izni, tesis bakım, tamirat yenileme vb. süreçleri için kullanılır,
- Proses teknisyenleri, ünitelerinde bulunan tüm ekipmanları, aletleri ve boruları tanımlamak için P&ID'leri kullanır,
- Yeni operatörler veya teknisyenler bu çizimleri ilk eğitim dönemlerinde kullanırlar. Bu sembolleri bilmek ve tanımak yeni bir operatör/teknisyen için çok önemlidir,
- İşlem Operatörlerinin Eğitiminde; eğitimin en önemli safhasını kısmi durma işlemleri teşkil eder ve operatörlerin değişikliğin etkilerini izlemek için hangi özel vananın değiştirilmesi gerektiğini, nasıl değiştirilmesi gerektiğini ve nelere dikkat edilmesi gerektiğini tanımlayabilmelerinde yardımcı olur,
- İşletme ve bakım prosedürlerinin geliştirilmesinde destek olarak belgeye dönüşür,
- Tesisin mevcut kurulu proses kontrol sistemlerinin etkisi altında olmadığı ilk Çalıştırma/ Durdurma prosedürlerinin geliştirilmesi için kullanılır,
- SAT Saha Kabul Testi sırasında, tesisteki her ögenin kontrol edilen bir kontrol listesi olarak kullanılır,
- Enstrümantasyon ve Kontrol Sistemleri Bakımı, Proses ve enstrümantasyon veya borulama ve Enstrümantasyon diyagramı (P&ID) muhtemelen enstrümantasyon ve kontrol sistemi bakım personeli tarafından en çok kullanılan belgedir,
- Enstrümantasyon mühendisliği, P&ID diyagramı, gerekli tüm ölçüm ve kontrol işlevlerini sentezlemek için ana ve neredeyse ideal bir belgedir.

P&ID, tesisin tasarımının son aşamasıdır ve bu nedenle son tasarım ve imalat sorumlu olacak kişiler için bir rehber görevi görür.

Bu diyagrama dayanarak:

- Makine ve imalat montaj mühendisleri ekipman parçaları tasarlayacak ve kuracaklardır,
- Ekipman mühendisleri kontrol sistemlerini belirtecek, kuracak ve kontrol edecektir,
- Boru mühendisleri tesis düzeni ve BIM çizimleri geliştirecektir,
- Proje mühendisleri tesis ve imalat programlarını geliştirecektir,

P&ID diyagramı hangi bilgileri içermelidir:

P&ID diyagramı, bir tesiste bulunan çeşitli mühendislik, montaj ve üretim birimlerinin karmaşık bir gösterimidir. Bu nedenle, farklı disiplinlerden insanlar tarafından müştereken hazırlanır ve kullanılır. Tesisin faaliyete geçmesinden sonra belgenin ana kullanıcıları proses teknisyenleri ve enstrüman ile elektrik, mekanik, emniyet, işletme ve mühendislik personeleridir,

²⁷ PFD--(Proses Flow Diagram) birçok yerde Mekanik akış diyagramı veya şeması(MFS) olarak da adlandırılır.

²⁸ HAZOP-(Hazardous Operation Procedures)

²⁹ PSM-(Proses Safety Management)

³⁰ PSI-(Proses Safety Information)

³¹ SAT-(Start-up Acceptance Test)

Bu bölümü, PID'ler hakkında uzun süredir var olan ve devam eden kafa karıştırıcı bilgilerin yarattığı sorunların çözümüne yardımcı olması amacıyla hazırlamaya karar verdim. Bu konuda kafa karışıklığı olması anlaşılabilir, çünkü gerçekten P&ID'nin gelişimini ve içeriğini kapsayan ve bir P&ID'ye hangi bilgilerin dahil edilmesi gerektiğini belirten evrensel, ulusal veya uluslararası, çoklu disiplin standardı yoktur. Prosese doğrudan bağlı tüm kontrol fonksiyonları P&ID'de gösterilmelidir. P&ID diyagramı, tüm ana proses ekipmanlarının ve boru bağlantı elemanlarının tüm ana bölümlerinin grafik indeksi ve birbirleriyle işlevsel ilişkilerini gösterir.

P&ID genellikle aşağıdaki bilgileri kapsar:

Proses /boru devreleri şunları içerir:

- Tanklar, basınçlı kaplar, eşanjörler, tamburlar, pompalar, kompresörler, kazanlar, fırınlar, klima santralleri, fanlar, proses kolonları, reaktörler gibi proses/ tesiste bulunan ana veya küçük her türlü ekipmanlar için, aşağıdakilerden geçerli olan bilgiler verilir veya bilgiye ulaşım noktasına yönlendirilir;
 - Ad ve Numara
 - Yeri ve yerleşimi
 - Kapasitesi
 - Basınç
 - Sıvı Seviyesi
 - Kullanım Amacı
 - Yedek Üniteler
 - Paralel Birimler
 - Her Birimin Özet Ayrıntıları
- Proses ve yardımcı akışkanlar için tüm boru ve taşıyıcı araç, ekipmanları dahil olarak
 - İmalat Malzeme Şartnamesi
 - Borunun tanımlama etiketleri
 - Akış yönleri
 - Boru çapı, et kalınlığı (Sch)
 - Yalıtım izolasyonu (kalınlık ve tip), yalıtım cinsi (sıcak veya soğuk) ve boruların veya ekipmanların dış ısıtma veya kurutma (heat trace) olmasına göre bilgi,
 - Güvenlik emniyet ekipmanları,
 - Drenajları, numune alma çıkışları, bağlantılı atık su, kanalizasyon devresi elemanları dahil edilir,

Elektrik ve Enstrümantasyon kısmı şunları içerir:

- Tüm motorlar, voltaj, güç ve bunları kontrol etmek için kullanılan düğmeler gibi diğer ilgili bilgileri verir,
- Göstergeler, Kaydediciler, Denetleyiciler gibi süreci kontrol etmek için gerekli tüm işlevler:
 - Ölçüm teknolojisi (aletlerin grafik sembolleri)
 - Enstrümanın konumu
 - Ana işlevi
 - İşlem denetimi döngü numarası (loop number)
 - Hassasiyet skalası
 - Otomasyon görevini yerine getirmek için kullanılan sistem (yerel cihaz, DCS - Distributed Control System (Dağıtılmış Kontrol Sistemi), PLC - Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantık Kontrolü) veya SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition (Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi) olabilir.
- Tüm kontrol vanaları, karar verme
 - Vana kontrol tipi ve türü
 - Vana tipi
 - Vana açma/kapama eylemi türü
 - Hata modu kaydetme özellikleri
 - Aktüatör teknolojisi (vanaların grafik sembolleri)
 - Enstrüman sistemleri ve aktüatörler (elektrikli, dijital pnömatik/hidrolik) arasındaki iletişim bağlantısı,
 - Akış ve basınç bilgileri
- Kendinden kontrollü vanalar
- Bu işlevleri yerine getirmek için gereken ana enstrümanlar (Yapılacak işlevleri anlamak için gerekli temel öğeler),
- İstenen sıcaklık ve çalışma aralığını sağlamak için gereken tüm emniyet vanaları ve basınç regülatörleri,

- İstenen işlevlerle ilgili emniyet ve kilit devreleri,

Tesis büyüklüğüne göre, bir veya birden fazla P&I diyagramlarına ihtiyaç duyulur, Genellikle, tesisler birçok üretim veya depolama alanlarına bölünür, her alan içinde bir veya daha fazla P&ID diyagramları gerekebilir, P&ID yaklaşımının her bir Proses'den diğer parçalara veya sistemlere doğru genişletilmesi önerilir,

- Yangın ve Gaz algılama sistemleri: Tesis yerleşimi üzerine çizilmiş P&ID ler, gaz, yangın veya duman detektörleri ve acil durum butonları,
- Yangından korunma sistemleri
- Ekipman paket ve grupları
- Analizörleri

Boru ve Enstrümantasyon Diyagramlarının oluşturulma (çizilme) Kuralları:

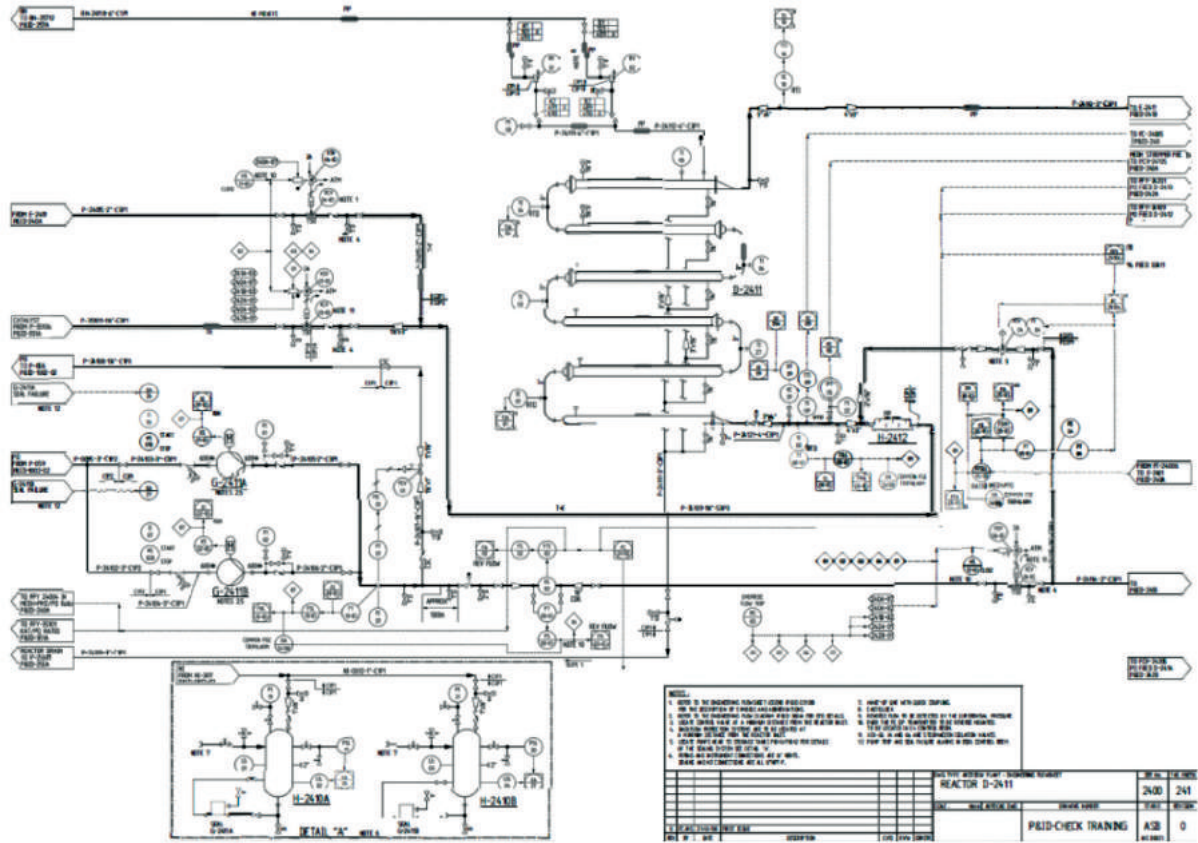
P&ID'leri oluştururken kullanılacak biçimi ele alan evrensel standartlar yoktur, Çoğu tasarım grubu tarafından kullanılan format uzun yıllar boyunca geliştirilmiştir, ancak, yol gösterme açısından, basit bir fiili standart olarak hizmet eden birkaç kılavuz aşağıda verilmiştir:

- Aygıtlar simge olarak temsil edilir, Bir öge yalnızca bir P&ID'de gösterilir,
- Normalde ekipmanın ve PFD'nin **tesis düzeni soldan sağa gösterilir**,
- İşlem P&ID'nin solundan sağa akar,
- P&ID'ler Amerikan D boyutlu sayfa (22" x 34") veya ISO A1 ile daha büyük sayfa boyutları için geliştirilmiştir, ancak ofiste ve sahada kullanım kolaylığı için Amerikan B sayfa boyutuna (11" x 17") veya ISO A3 sayfa boyutuna küçültüldüğünde de okunaklı olmalıdır,
- P&ID'ler, kalabalık yapmadan prosesi tanımlamak için yeterli bilgi içermelidir, yardımcı sistemler için bir- üç parça ekipman normalde bir P&ID için yeterlidir,
- **P&ID diyagramları genellikle anlamlarını belirtmek veya iletmek için renkleri kullanmaz**, Renkler bir monitörde tasarım düzeyinde kullanılır, ancak genellikle siyah beyaz yazdırılır,
- Dağınıklığı azaltmak için, tekrarlanan bileşenler için tipik ayrıntılar kullanılabilir,
- Borular karmaşıklaştığında, yardımcı P&ID'ler kullanılır,
- Detayları anlamak ve netlik sağlamak için notlar ekleyin,
- Ekipmanın görelî boyutlarını gösterin, ancak belirli yükseklikleri veya gerçek boyutlarını kullanmak zorunda değilsiniz, Grafikler, kapsadıkları elemanların ölçeğini veya geometrilerini göstermez ve ekipman gruplarının yönü veya gerçek konumu hakkında da bilgi vermez,
- Kullanılan sembolleri ve kısaltmaları tanımlamak için her P&ID kümesi bir gösterge sayfası veya sayfa içermelidir,
- Bir P&ID üzerindeki boş alan, gelecekteki işlem değişikliklerinin eklenmesini kolaylaştırmalıdır; sıkışık ve karmaşık P&ID'ler le başlamak en iyisidir,
- Elektrik ve enstrüman kontrol ekipmanlarının komut almak, komut iletmek, bilgi aktarmak veya hareketini sağlamak için kullanılan pnömatik borular ile enstrüman kontrol kabloları, noktalı çizgiler şeklinde gösterilir.

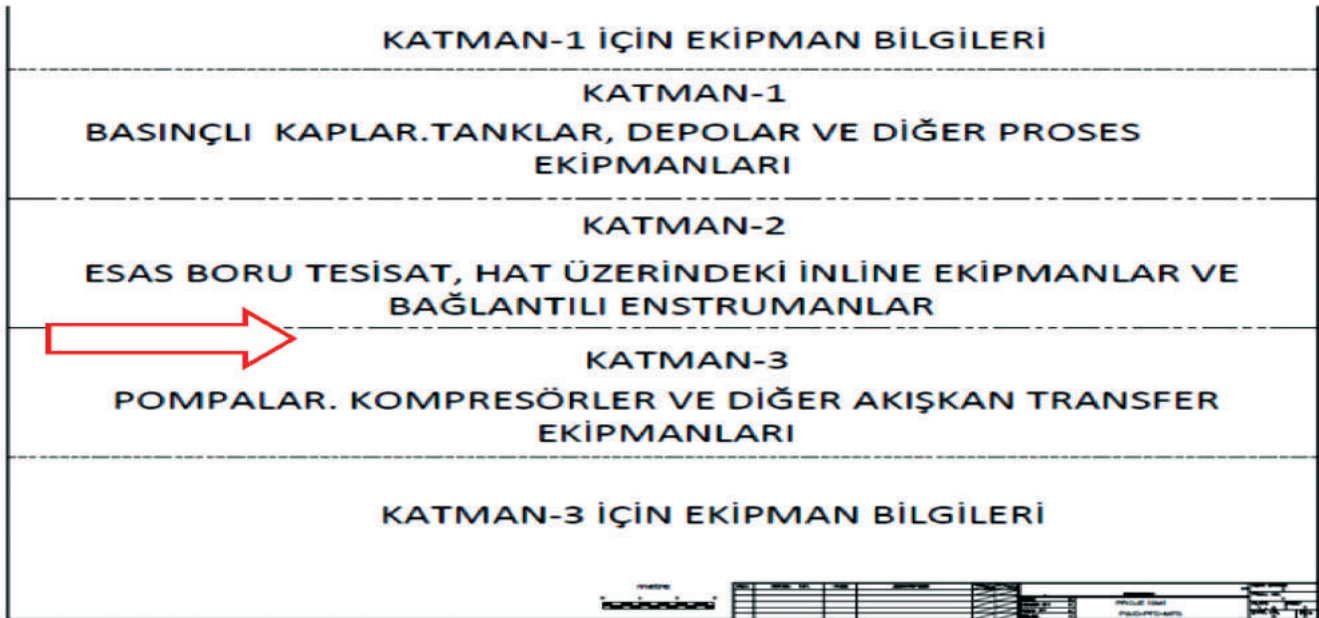
P&ID Sayfa Yapısı ve Kullanım Örnekleri

Ekipman, aletler ve borular genellikle P&ID'de üç katman halinde düzenlenir ve her katman aşağıdaki ekipmanı göstermelidir:

- a. P&ID Çizimi Sayfası'nın Üst Katmanı
Proses ekipmanları veya basınçlı kaplar, tanklar, kazanlar, ısı eşanjörleri, ısıtıcılar, klima santralleri, soğutma kuleleri, akışkan akış kontrol üniteleri- bilgisayarları, yoğunluk ölçen bilgisayarlar vb, gibi ana enstrümanlardır,
- b. P&ID Çizimi Sayfası'nın Orta Katmanı
Ana hat boruları, hat üzerindeki inline ekipmanlar ve ilgili enstrümanlar,
- c. P&ID Çizimi Sayfası'nın Alt Katmanı
Pompalar, kompresörler, sürücüler gibi transfer ekipmanları,



Şekil 26 P&ID Sayfa Gösterimi



PFD veya MFS diyagramı hangi bilgileri içermelidir:

Mekanik Akış Şemaları (MFS), Mühendislik departmanının proje tasarım gereksinimlerini (örneğin, işin kapsamı, kontrol ayrıntıları, güvenlik sağlayıcı tedbirler ve ekipmanlar, malzeme seçimi ve boru gereksinimi vb.) belirlemesi, koordine etmesi ve çalışmalarını bu doğrultuda yürütmesi için birincil kılavuz veya araç olarak hazırlanmaktadır. Ek olarak, tasarım ve imalat sonrası, MFS hem bir başlangıç ve işletim aracı hem de yerinde tesisler için bir kayıt belgesi olarak da kullanılabilir.

Mekanik akış şemaları esasen eksiksiz olmalıdır. Üretici ismi hariç olmak üzere model numaralarıyla birlikte ekipman ve donanım elemanları ve diğer çizimler (planı çizimleri hariç) işe başlamadan önce onaylanmalıdır. Nihai "Olduğu gibi - as-built" MFS, gerçek tasarım ve tedarik için belirlenen ayrıntıları belirtecektir (teknik spesifikasyonları, şartnameler vb.)

Şartlar gerektirdiğinde, MFS üzerinde gerekli değişiklikler ve yenileme türü çalışmalar veya tadilatlar, tanımlama yönergelerine uygun olarak, belgeyi güncelleştirmek için temel olarak alınmalıdır.

Bir MFS'nin, **çözülmesine** yardımcı olacağı konulardan bazıları şunlardır:

- Hangi vanaların normal çalışma koşullarında çalıştırılıyor olup olmadığı.
- Ekipman etiketleri.
- Ekipmanın çalışma kalkış ve duruş koşulları için temel bilgiler.
- İçerdiği, gerekli ekipmanların veri listelerinin geliştirilmesi: Tip, boyut, tasarım koşulları, iç yapı, imalat malzemeleri, vb.
- Boru sınıfının ve malzemelerinin tanımlanması.
- Kontrol ekipman veya programlanabilir mantık üniteleri için veri giriş/çıkış listelerinin geliştirilmesi.
- Aletler ve sensörler için çalışma aralıkları ve ölçükleri ile hassasiyet tarifi.
- MFS'nin ilk sayfası, sembollerin ve kısaltmaların bir listesini ve bunlarla ilgili açıklamaları kapsamalıdır.

Tablo 25 İnceleme ve Referans İçin Gerekli Bilgiler Listesi

MADDE	GEREKLİ BİLGİLER	NEREDE TANIMLANACAĞI	
		TASARIM AŞAMASI	AS BUILT AŞAMASI
Pompalar	1. Üretici		X
	2. Model No		X
	3. Boyut (Giriş x Çıkış x Çark Boyutu)		X
	4. Nominal Kapasite (M3/saat, L/s)	X	
	5. Normal Toplam Dinamik Basınç (TDH)	X	
	6. Kapatma Toplam Dinamik Basınç (TDH)		X
	7. Sürücü Tipi	X	
	8. Sürücü Üreticisi		X
	9. HP, kW, RPM		X
	10. Özgül Ağırlık:	X	
	11. Gövde Tasarımı: XX kPa(bar) @ XX °C		X
Tanklar, Depolar	1. Tanktaki Ürün	X	
	2. Maksimum Kapasite	X	
	3. Tank Numarası	X	
	4. Boyut (Çap x Yükseklik)	X	
	5. Çatı Tipi (Yüzen Çatı, Koni Çatı, vb.)	X	
	6. Kritik Tank Sıcaklığı (CET): XX °C	X	
Kompresör	1. Güç Kademesi		X
	2. Sistem Hava Alışta Hacimsel Akış	X	
	3. Hava Basma Basıncı ve Sıcaklığı	X	
	4. Gövde Tasarımı: XX kPa, bar @ XX °C		
	5. Kritik Çalışma Sıcaklığı (CET): XX °C	X	
Basıncılı Kaplar	1. Boyut (Genel Boyutlar)	X	
	2. Tasarım Sıcaklığı ve Basıncı	X	
	3. Kritik Pozlama Sıcaklığı (CET): XX °C	X	
Kontrol Vanaları	1. Boyut (Gövde x Çıkış Noktası)	X	
	2. Basınç Farkı		X
	3. Üretici		X
	4. Model No		X
Basınç Tahliye Vanaları	1. Boyut	X	
	2. Ayar Basınç	X	

Boru	1. Hat Çap ve Sınıf (Flanş Sınıfı)	X	
	2. Hat Numarası	X	
	3. Hat Boyutu Dışıdaysa Vana Boyutu	X	
	4. Boru Çap redüksiyon ve Genleşmeler	X	
	5. Her Çizimde Şunlar Yer Alacaktır:	X	
	a. Ürün Giriş ve Çıkış Özelliği (Sembol) veya Proses Açıklaması		
	b. Prosese Giren Ürünlerin Giriş ve Çıkış Akış Hızları		
Pislik Tutucular, Süzgeçler	1. Bağlantı Çapı ve Şekli	X	
	2. ASME/ANSI Sınıfı	X	
	3. İmalat Malzeme Cinsi Özellikleri		X
	4. Elek Delik Boyutu ve Türü		X
Filtre/Ayırıcı ve Filtreler	1. Bağlantı Eleman Çap ve Türü	X	
	2. Tasarım Maks. İzin Verilen Basınç	X	
	3. İzin Verilen Maks. Çalışma Basıncı		X
	4. Maksimum Sıcaklık	X	
	5. İmalat Malzemesi		X
	6. Filtre Eleman Sayısı, Çapı ve Tipi		X
	7. ASME Damgası	X	
Hava Ayırıcılar	1. Bağlantı Eleman Çap ve Tipi	X	
	2. İzin Verilen Maks. Çalışma Basıncı		X
	3. Maksimum Sıcaklık		X
	4. İmalat Malzemesi		X

Tablo 26 Mekanik Akış Şeması (MFS) İçerisinde Bulunması Gereken Boru ve Ekipman Bilgileri

MFS: İçerisinde Bulunması Gereken Boru ve Ekipman Bilgileri	
a.	Hat Numaraları (Şekil 24) 1-1/2" ve Üzeri tüm Borular Hat Numaraları Aşağıdaki Gibi Yapılır
	1. Ekipmandan Ekipmana Borular
	2. Ekipmandan Diğer Borulara Bağlantılar
	3. Boru Hattından Boru Hattına (Bypass Hatları gibi)
	4. Ekipman Bağlantı Çap Boru Hat Çap Değişikliği veya Boru Hattı çapının Diğer Boru Hattına Çap Değişikliği
b.	Boru Hat Sembolleri EK P&ID
c.	Boru ve Vana Sembolleri EK P&ID
d.	Vana Çapları
e.	Gerekirse vananın normal konumu. Kısaltmalar

Vana Konumlarını Gösteren Kısaltmalar

1. NC- Normalde kapalı
2. NO- Normalde açık
3. FC- Arıza durumunda kapalı
4. FO- Arıza durumunda açık
5. CSC- Araba mührü kapalı (Kilitli kapalı) (Araç ile herhangi bir akışkan taşıyorsa)
6. CSO- Araba mührü açık (Kilitli açık) (Araç ile herhangi bir akışkan taşıyorsa)
7. SC- Örnek alma çıkışı (Herhangi bir amaçla ürün kontrolü yapmak için)

EKİPMAN Kodlaması

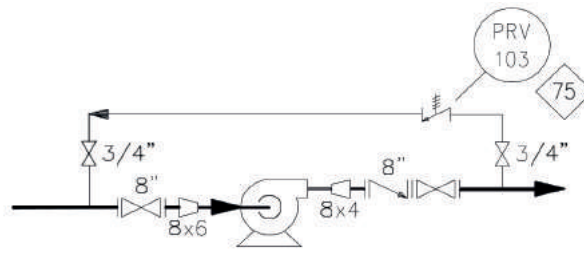
Ekipman tanımlamaları aşağıdaki gibi harf, sembol ve sayılardan oluşur:

- a. Kimlik harfleri LÇ kopyasında yazıldığı gibi olacaktır.
- b. Ekipman sembolleri LÇ kopyasında yazıldığı gibi olacaktır.

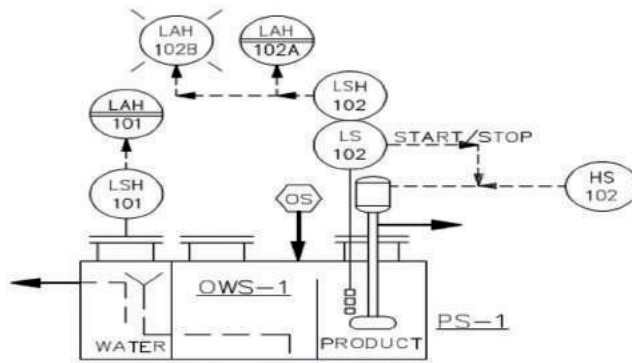
Ekipmanın sıra numaralandırması aşağıdaki gibi olacaktır:

- a. Pompalar, eşanjörler ve tamburlar gibi her ekipman türü, ilgili ekipman kısaltma harfi önekiyle ardışık olarak numaralandırılmalıdır. (LÇ kopyasında yazıldığı gibi olacaktır).
- b. Benzer ekipmanın iki veya daha fazla parçası aynı hizmetteyse, her biri ekipman sıra numarasını takip eden bir sıralı harfle (A, B, C, vb.) belirlenir. (LÇ kopyasında yazıldığı gibi olacaktır)

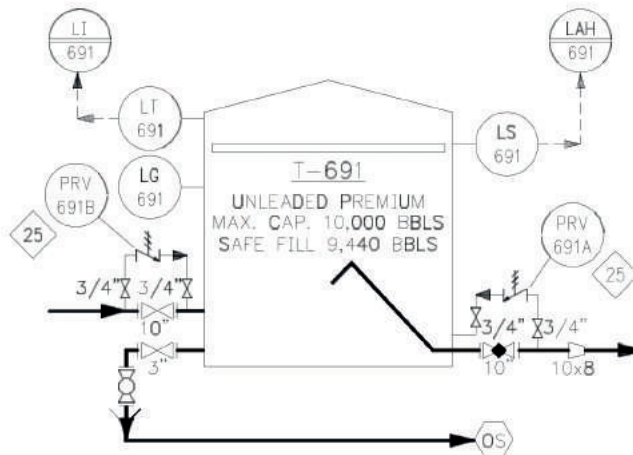
Her bir proses ve mekanik ekipman için bilgiler MFS'ye dahil edilmelidir. İnceleme ve referans için gerekli bilgiler Tablo 25'te listelenmiştir.



Şekil 29 Tipik Pompa ve Vana Bağlantıları



Şekil 30 Tipik Yakıt Ayrıcı Pompa Vana Seviye Ölçme ve Otomatik Kontrol Tesisatı



Şekil 31 Yüzer Tavanlı Yakıt Tankı Boru Bağlantıları Vana ve Otomatik Seviye Kontrol Tesisatı

1.2 VANALAR

Vanalar ile ilgili detaylara girmeden önce temel kavram olarak PN ve DN terimlerini yeniden hatırlamakta fayda var.

Çelik borularda standardizasyonu sağlayabilmek için başlangıçta, çelik boru boyutunu iç çap üzerinden belirleyen bir sistem (IPS - İnternal Pipe Size) kuruldu. Boyut, borunun inç biriminden yaklaşık iç çapını temsil etti. Örneğin IPS 6 borusu, iç çapı yaklaşık 6" (inç) olan bir borudur. Boru çapı tanımından (2", 4", 6" ... boru vb.) herkesin aynı şeyi anlayabilmesi için, her boru çapında borunun et kalınlığına bağlı olarak standart ağırlıkta olması düşünüldü ve bu borular (STD) olarak tanımlandı. Yani 6" STD boru istendiğinde, herkes, aynı ağırlıkta ve iç çapı 6" olan bir boru alacağını biliyordu.

Daha sonra, endüstriyel tesislerde kullanılan çelik borular için iç çapı yerine dış çapı standart hale getirildi. Endüstriyel gereksinimler daha yüksek basınçlarda çalışmaya gereksinim duyduklarından, borular; ekstra güçlü (XS) veya ekstra ağır (XH) olarak bilinen daha kalın etli olarak üretildi. Daha yüksek basınç gereksinimleri daha da artarak çok daha kalın etli boruları gerektirdi. Buna göre, borular STD (standart), XS (extra strong - ekstra güçlü) ve XXS (extra extra strong

- ekstra ekstra güçlü) olarak çeşitlendirildi. Bu yeni sistemle, 6" çelik boru denince dış çapı 6" (168,3 mm) olan boru anlaşıldı. Burada önemli bir noktayı vurgulamak istiyorum. 6" tanımlaması anma çapını (nominal çap) ifade ettiğinden metrik sisteme dönüştürmek için 25,4 mm ile çarparsanız gerçek boru çapına ulaşamazsınız. Boru tablolarındaki inç cinsinden olan boru dış çapları, ancak 14" ve üzerinde gerçek milimetrik değerlere sahip olur. 14" = 355,6 mm gibi.

Zamanla, yüksek basınç gereksinimleri daha da artarak çok daha kalın etli boruların kullanımı gerektiğinden, çift ekstra ağır (XXH) et kalınlıklarında borular da üretildi. Buradaki önemli ayrıntı, borunun et kalınlığına bağlı olarak ağırlığı ve sınıfı değişmesine karşın dış çapların değişmemesidir. Zira et kalınlığı daima içeriye doğru artar.

Boru et kalınlıklarının tanımında yaygın olarak kullanılan bir başka standart da ANSI- ASME B 36.10'dır. Bu standartta, nominal boru boyutu (NPS - Nominal Pipe Size) olarak bilinen anma çapının yanına, borunun nominal et kalınlığını belirtmek için de (SCH - schedule) SCH 10, SCH 20, SCH 30, SCH 40, SCH 80, SCH 160 değerleri konuldu. Türkiye'deki projeciler ve şantiyeciler, SCH terimini, kısaca skeç olarak kullanırlar. Burada dikkat edilecek husus, SCH 10, 20 veya 30, ... her boru çapı için farklı et kalınlığına karşı gelir.

Daha güçlü ve korozyona dayanıklı boru malzemelerinin geliştirilmesiyle, daha ince et kalınlığında boru ihtiyacı gereksinimi de boru boyutunu ve et kalınlığını belirtmek için yeni bir yöntemle sonuçlandı. Nominal boru boyutu, (NPS) olarak bilinen anma çapı IPS'nin yerini aldı ve borunun nominal et kalınlığını belirtmek için yine (SCH) terimi kullanıldı.

Metrik sistemde NPS yerine kullanılan DN'de Anma Çapı olduğundan, milimetre cinsinden boru çapına tam olarak karşılık gelmez, çünkü ISO 6708 onu yalnızca dolaylı olarak bir çapla ilgili boyutsuz bir spesifikasyon olarak tanımlar. ISO 6708 çapları, mevcut inç boyutları için bir metrik ölçü sağlar ve bu da NPS ve DN boyutları arasında eşlenik korelasyon sağlar. ISO 6708 "DN 6" veya "DN 8" değerlerini de içermez, ancak ASME B36.10M "DN 6" ve "DN 8" listeler. Ayrıca, Avrupa Standardı EN 12 516-1 (ilgili standartı satın almak için https://www.techstreet.com/standards/din-en-12516-1?product_id=2027332) (Endüstriyel vanalar- Gövde tasarım mukavemeti- Bölüm 1: Çelik vana gövdeleri için tablo yöntemi) "DN 6" ve "DN 8" boyutlarını, sırasıyla eşdeğerlerini NPS 1/ 8 " ve NPS 1/ 4" olarak belirtir.

Tablo 27 NPS 2" ve eşlenik DN Karşılıkları

NPS	DN (boyutsuz)	Dış Çap [in (mm)]	Et Kalınlığı [in (mm)]							
			Sch. 5s	Sch 10/20	Sch. 30	Sch. 40 / STD	80/80 /XS	Sch. 120	Sch 160	Sch XXS
1/8	6	0,405 (10,29)	0,035 (0,889)	0,049 (1,245)	0,057 (1,448)	0,068 (1,727)	0,095 (2,413)	—	—	—
1/4	8	0,540 (13,72)	0,049 (1,245)	0,065 (1,651)	0,073 (1,854)	0,088 (2,235)	0,119 (3,023)	—	—	—
3/8	10	0,675 (17,15)	0,049 (1,245)	0,065 (1,651)	0,073 (1,854)	0,091 (2,311)	0,126 (3,200)	—	—	—
1/2	15	0,840 (21,34)	0,065 (1,651)	0,083 (2,108)	0,095 (2,413)	0,109 (2,769)	0,147 (3,734)	—	0,188 (4,775)	0,294 (7,468)
3/4	20	1,050 (26,67)	0,065 (1,651)	0,083 (2,108)	0,095 (2,413)	0,113 (2,870)	0,154 (3,912)	—	0,219 (5,563)	0,308 (7,823)
1	25	1,315 (33,40)	0,065 (1,651)	0,109 (2,769)	0,114 (2,896)	0,133 (3,378)	0,179 (4,547)	—	0,250 (6,350)	0,358 (9,093)
1 1/4	32	1,660 (42,16)	0,065 (1,651)	0,109 (2,769)	0,117 (2,972)	0,140 (3,556)	0,191 (4,851)	—	0,250 (6,350)	0,382 (9,703)
1 1/2	40	1,900 (48,26)	0,065 (1,651)	0,109 (2,769)	0,125 (3,175)	0,145 (3,683)	0,200 (5,080)	—	0,281 (7,137)	0,400 (10,160)
2	50	2,375 (60,33)	0,065 (1,651)	0,109 (2,769)	0,125 (3,175)	0,154 (3,912)	0,218 (5,537)	—	0,344 (8,738)	0,436 (11,074)
2 1/2	65	2,875 (73,03)	0,083 (2,108)	0,120 (3,048)	0,188 (4,775)	0,203 (5,156)	0,276 (7,010)	0,300 (7,620)	0,375 (9,525)	0,552 (14,021)
3	80	3,500 (88,90)	0,083 (2,108)	0,120 (3,048)	0,188 (4,775)	0,216 (5,486)	0,300 (7,620)	0,350 (8,890)	0,438 (11,125)	0,600 (15,240)
3 1/2	90	4,000 (101,60)	0,083 (2,108)	0,120 (3,048)	0,188 (4,775)	0,226 (5,740)	0,318 (8,077)	—	—	0,636 (16,154)

Tolerans: Boru Dış Çap üzerindeki tolerans 1/64 (.0156) inç (0,40 mm), 1/32 (.0312) inç (0,79 mm).

ASME B36.10M -2018'e göre (ilgili satın almak için link <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b36-10m-welded-seamless-wrought-steel-pipe>) boru et kalınlığı en yakın 0.01 mm'ye (0.00039 inç) yuvarlanırken, Et Kalınlığı inçten mm'ye dönüştürülür.

Borular için tanımlama yukarıda belirttiği şekilde et kalınlığı Amerikan sisteminde (Sch) ile tarif edilirken Boru Çapı DN örnekleri ile tarif edilmektedir.

Ayrıca Flanş bağlantılar içinde Nominal Basınç "Pression Nominal" ASME B16.5- Boru Flanşlar ve Flanşlı Bağlantı Parçalarına dayalı Boru Sınıfı Derecelendirmeleri kullanılır:

Tablo 28 NPS ½-24 Metrik/İnç Standardı- Sınıf ve ISO 7005 PN (Basınç Nominal*) Derecelendirmeleri

Flanş Sınıfı	150	300	400	600	900	1500	2500
Flanş Basıncı Nominal (PN)	20	50	68	110	150	260	420

"Pression Nominal", derecelendirme atamasıdır ve yaklaşık basınç derecesini gösteren anma basıncı (bar cinsinden)³² değeridir.

PN derecelendirmeleri farklı PN sayıları arasında orantılı bir ilişki sağlamazken, sınıf numaraları sağlar. Bu nedenle, PN derecelendirmelerinden önce sınıf numaralarına bakmak önerilir.

Üretici Tanımlaması

Boru, montaj veya bağlantı elemanlarını benzersiz veya tescilli tasarımına dayanarak, üreten üreticiler, boru sisteminin tasarım temelini oluşturabilecek bir basınç sıcaklığı derecesini referans olarak alabilirler. Bu duruma örnek olarak Victaulic kaplinler ve Sıkı Geçme (Pressfit) sistemini gösterebiliriz.

Üreticinin notlarının, önerilerinin ve hatta getirdiği sınırlamaların, hiçbir zaman göz ardı edilmemesi gerekir.

NFPA Tanımlaması

Ulusal Yangından Korunma Birliği (NFPA) şartları uyarınca, boru sistemlerinin belirli basınçlara göre tasarlanması ve test edilmesi gerekmektedir. Bu basınçlar, genellikle 175 psi (1207,5 kPa), 200 psi (1380 kPa) olur veya özel koşullar için standartlarda belirtildiği gibi derecelendirilir.

AWWA Tanımlaması

Amerikan Su İşleri Birliği (AWWA- American Water Works Assosiation), su boru hatları ve dağıtım sistemi boru hatlarını tasarlamak ve döşemek için kullanılan standartları ve şartnameleri yayınlamaktadır. Kullanılan elemanlar AWWA C207, Çelik Boru Flaşlarının flanş derecelendirmelerine uygun olabilir veya bunun dışındaki durumlarda, sınıflandırma derecelendirmesi, borularda kullanılan bağlantı elemanlarının sınıflandırmasına uygun olmalıdır.

Belirli veya Özel Tanımlamalar

Bir boru sisteminin tasarım basıncı ve sıcaklık koşulları, yukarıda açıklanan sınıflandırma sistemlerinin basınç-sıcaklık sınırlarına girmediğinde, tasarımcı, boru sistemine belirli bir sınıflandırma tanımlaması yapabilir. Bu tür uygulamalara bir örnek olarak, tasarım basıncı ve tasarım sıcaklığı ASME B16.5 Sınıf 2500 flaşların basınç sıcaklığı derecesini aşabilecek bir enerji santralinin, ana buharı veya sıcak ısıtma boruları verilebilir. Bu borulara belirli bir sınıflandırma yapılması normaldir. Bu derecelendirme veya sınıflandırma, tasarım koşullarına eşit veya daha yüksek olmalıdır. Boru sistemindeki tüm basınç içeren bileşenlerin sınıflandırma derecesi, tasarım tarafından atanan belirli derecelendirmeyi karşılamalı veya aşmalıdır.

Ayrıca Flanşlı bağlantılar ile ilgili daha detaylı bilgi ileriki kısımlarda hesapları ile verilmektedir.

1.2.1 VANALARI ANLAMAK

Vanalar, sıvıların, gazların, tozların veya iki-üç fazlı akışkanların herhangi bir boru, tank veya kap içerisinde hareket ederken, akışkanın akışını durduran, hareketini kısıtlayan, engelleyen veya serbest bırakan, çeşitli cinslerde, örneğin plaka, top, silindir diyafram vb. gibi mekanik bariyerlerdir. Bazı vanalar açık-kapalı çeşitler olarak tasarlanırken, bazıları ise akışkan geçişinin çok ince ve hassas kontrolüne izin verir.

³² 1 bar = 1x10⁵ Pa (N/m²) = 0,1 N/mm² = 10,197 kp/m² = 10,20 m H₂O = 0,98692 atm = 14,5038 psi (lbf/in²)

Malzeme seçimi hayati bir öneme sahip olup, vananın tipine, flanş ve borunun malzemesine, akışkanın ve vananın akışkan ile temas eden parçalarının özelliklerine bağlı olarak seçilir.

Vana boyutlandırması ise, boru çapı, akış hızı ve istenen özel şartlar göz önüne alınarak yapılır. Yedek olarak monte edilen boru hattı vanaları için ise flanşlar arasındaki genişlik belirleyici olur.†

Vanalar, her tür tesisat için olmazsa olmaz ve en önemli elemanlardan biridir.

1.2.2 BİLDİĞİMİZ VANALAR VE VANA OLARAK BİLMEDİKLERİMİZ

Bu işlerle uğraşan hemen herkesin tanıdığı, bilinen vanalar ileride detayları ile zaten anlatılacağından, ben önce, pek vana olarak bilinmeyenlerden bahsetmek istiyorum.

Bunların bazıları ile günlük hayatımızda iç içe yaşamamıza rağmen onların vana olduğunu fark etmediğimiz gibi, bazıları ise hayatımızda hemen hiç karşılaşmayacağımız özel nitelikte veya başka isimler ile tanımladığımız niteliklerde, sadece özel amaçlar için üretilmiş, görsel olarak dahi çok bildiğimiz tiplere bile uymayan vanalardır.

Bilmediklerimize örnek olan çok karşılaştığımız vana türlerine göz atalım:

• **Aerosol Vanaları**

Aerosol Vanaları, aerosol kutularının içeriğini dağıtmak, pulvarize etmek için kullanılır. Gövde ve yatak olmak üzere iki ana bileşenden oluşurlar. Temel özellikleri, amaçlanan uygulama, aktüatör tipi, pulvarize edilecek akışkan, çıkış tipi, vana boyutu ve inşaat malzemelerine göre belirlenir. Aerosol vanalar; sıvıları, kremleri, merhemleri, gazları, temizlik maddelerini ve aerosol paketlenmiş diğer ürünleri pulvarize eder.



Şekil 32 Aerosol Vanaları

• **Musluklar (Faucet Valves)**

Musluklar, lavabolarda veya eviyelerde sıvı akışını kontrol etmek veya depo veya hattı boşaltmak için kullanılır. Tipik olarak çıkış bağlantıları yoktur, ancak bazılarına hortum bağlamak için dişli veya marpuçlu ağız veya tıkaç takılabilir. Temel özellikleri, tipine, bağlantı noktasına, bağlantı şekline, boyutuna, sızdırmazlık elemanına, iç kaplama ve gövde malzemesine bağlı olarak değişir. Montajı ise, tipe bağlı olarak tamamen farklı şekillerde olabilir.

†Musluklar; laboratuvarlarda, tamburlarda, hortum bağlantılı olarak kullanılır ve bazıları, bir kabın içeriği boşaltıldıktan sonra atılabilen, ucuz malzemelerden yapılabilir.

• **Motor (İçten Yanmalı Motor) Vanaları**

Motor Vanaları, yanma odaları ile emme veya egzoz sistemleri arasında sızdırmazlık sağlamak için içten yanmalı motorlarda kullanılır. Temel özellikleri, amaçlanan uygulama, yükselti ve shaft çapı üzerinde izleyen mekanizma ve malzeme cinsine bağlıdır. Motor valflerinin açılıp kapanması, bir dizi kamlar ve yaylar ile kontrol edilir. Yarıç uygulamaları için özel tasarımlar yapılabilir. Otomobiller, kamyonlar, motosikletler vb, farklı amaçlar için değişik malzeme cinslerinde ve özelliklerinde olabilir.

• **Dikme Vanalar (Poppet Valve)**

Dikme Vanalar, pnömatik silindirlere hava akışını kontrol etmek için kullanılan mekanik veya elektro-mekanik cihazlardır. "Poppet" terimi de bir tür çek vanayı tanımlar. Motor vanalarına bazen poppet vanaları da denir. Te-

mel özellikler arasında vana tipi, vana boyutu, imalat malzemeleri, akış katsayısı ve basınç sınıfı bulunur. Dikme vanalar pnömatik sistemlerde kullanılır ve pilot hava ile veya elektriksel olarak bir solenoid ile kontrol edilebilir.



Şekil 33 Yüksek /Düşük Sıcaklık Kontrollü Dikme Vanası



Şekil 34 Kasa Vanası

• Kasa Vanaları (Casing Valve)

Muhafaza Vanaları, petrol ve gaz endüstrisindeki kuyu gövde çapının tamamına erişim sağlamak için sadece bu endüstride kullanılır.

• Noel Ağacı Vanaları

Noel Ağacı Vanaları, petrol ve gaz endüstrisindeki kuyulardan veya diğer sistemlerden gelen mayi akışını kontrol etmek için kullanılan mekanik cihazlardır. Temel özellikler arasında hedeflenen uygulama, bağlantı noktası sayısı, basınç ve sıcaklık derecelendirmeleri bulunur. Noel ağacı vanaları öncelikle petrol ve gaz kuyusu uygulamasında kullanılır ve tipik olarak kapatma veya akışkanın akışını kontrol etmek için kuyunun başına monte edilir. Genellikle amaca özel olarak üretilir.



Şekil 35 Noel Ağacı Vanaları



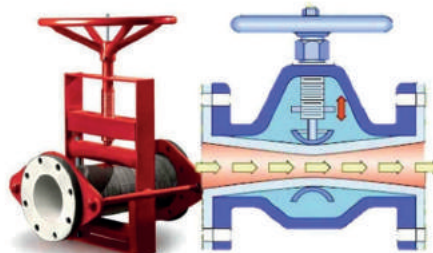
Şekil 36 Döner Hazne Vanası

• Döner ve Hazne Vanaları (Rotary and Hopper Valves)

Döner Vanalar bazen döner hava kilitleri olarak adlandırılır ve esas olarak tozları ve diğer kuru, akışlı ürünleri dağıtmak için kullanılır. Huni vanaları ile yakından ilişkilidir. Haznelerden ve benzeri kuru depolama kaplarından, kuru ürünler dağıtmak için kullanılır.

• Sıkıştırma Vanaları (Pinch Valves)

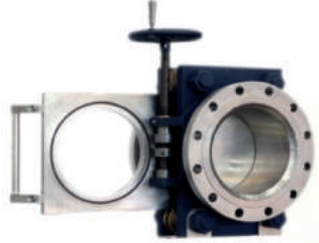
Sıkıştırma Vanaları, borulardan sıvı ve kuru ürün akışını kontrol etmek için kullanılan mekanik cihazlardır. Bir sıkıştırma vanası, dış yüzeyine karşı hava veya sıvı basıncı kullanılarak sıkılabilen bir kanal görevi gören esnek bir tüp kullanır. Mekanik olarak da açma/kapama için tahrik edilebilir. Temel özellikleri arasında vana çapı ve tüpte kullanılan malzeme bulunur. Bir sıkıştırma vanasında, tüpün kendisi borudaki ürünle temas eden tek malzemedir. Sıkıştırma vanaları, gıda bulamacı, kuru ürünler, kum, çakıl ve benzeri akışkanlardaki akışı düzenlemek ve kapatmak için kullanılır.



Şekil 37 Sıkıştırılmalı Vana

• **Kör Vanalar (Blind Valve)**

Kör Vanalar veya hat körleme vanaları, bir boru hattından akışı durdurmak için kullanılan mekanik cihazlardır. Bunlar öncelikle petrol ve gaz endüstrileri tarafından bir boru hattının bölümlerini izole etmenin bir aracı olarak kullanılır. Bu vanaların uygulaması, "Boru Körleme" olarak da bilinir. Temel özellikleri arasında vana tipi, aktüatör tipi, bağlantı noktası bağlantıları, vana çapı ve valf gövdesinin malzemesi, kapama mekanizması oturak (seat), contası ve iç kaplaması bulunur. Kör vanalar gemilerde ve açık deniz platformlarında yaygındır. Takılı olduğu borunun açık veya kapalı olup olmadığına ilişkin, uzaktan bile bakıldığında görünecek şekilde, anında anlaşılmasını sağlayan göstergesi vardır. Özellikle, bakıma izin vermek için operasyon hattının bölümlerini yalıtım amacıyla kullanılır.



Şekil 38 Kör Vana

• **Hava Mantık Vanaları (Air logic Valves)**

Hava Mantık Vanaları, pnömatik sistemlerde hava akışını düzenlemek için kullanılan, mekanik veya elektro-mekanik cihazlardır ve tehlikeli atmosferler (Patlayıcı-Yanıcı) gibi veya elektrik kontrolünün pratik olmadığı durumlarda elektrik kontrolü yerine de kullanılabilir. Temel özellikleri arasında aktüatör tipi, bağlantı noktası sayısı, imalat malzemeleri, anahtarlama hızı, bağlantı noktası dış boyutu, basınç değerleri ve giriş voltajı bulunur. Hava mantık vanalarına örnek olarak, pnömatik sistemlere e-stop, pilot vanalar, tek hareketli vanalar vb. verilebilir.



Şekil 39 Hava Mantık Vanası (Medikal)



Şekil 40 Kartuş Vanalar

• **Kartuş Vanaları (Cartridge Valves)**

Kartuş Vanalar hidrolik ve pnömatik akışkan güç sistemlerinde akışı kontrol etmek için kullanılır. Kartuş tasarımları, ortak manifoldlara takılmalarını sağlar ve böylece ayrı vana montajına göre ağırlık ve maliyet tasarrufu sağlar. Temel özellikleri arasında, amaçlanan uygulama, vana tipi, aktüatör tipi, bağlantı noktası sayısı, vana çapı ve vana gövdesinin malzemeleri, oturak (seat), contası, iç kaplama ve gövde yapısı bulunur. Kartuş vanaları, kontrol, yön kontrolü, akış kontrolü, mantık devresi, basınç kontrolü, motor kontrolü vb. amaçlar için kullanılmaktadır.

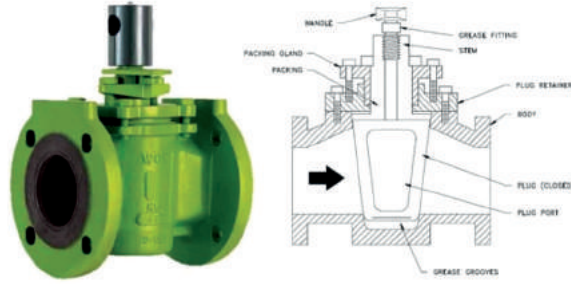
• **Hidrolik Vanalar (Hydraulic Valves)**

Hidrolik Vanalar, hidrolik akışkan güç sistemlerinde sıvı akışını kontrol etmek için kullanılan mekanik veya elektro-mekanik cihazlardır. Genellikle mobil sistemlerde manuel olarak ve sabit sistemlerde elektriksiz olarak çalışır. Temel özellikleri arasında vana tipi, aktüatör tipi, bağlantı noktası bağlantıları, bağlantı noktası sayısı, bağlantı noktası yapılandırması, imalat malzemeleri ve basınç sınıfı bulunur. Hidrolik vanalar, inşaat makineleri (kepeçler, yükleyiciler vb.) ile balya makineleri ve presler gibi sabit sistemlerde de kullanılır.

• **Tapa Vanaları (Plug Valves)**

Tapa Vanaları, bir borudan sıvı akışını kontrol etmek için kullanılan çeyrek dönüşlü vanalardır. Tapa vanası, akışı daraltmak veya akışa izin vermek için akışkan akış yolunda dönen portlu bir top yerine portlu bir Plug kullanarak bir küresel vanaya benzer şekilde akış sağlar. Temel özellikleri arasında, vana tipi, bağlantı noktası konfigürasyonu, bağlantı noktası bağlantıları, vana çapı ve vana gövdesini oluşturan malzemelerin yanı sıra oturak, contası, iç

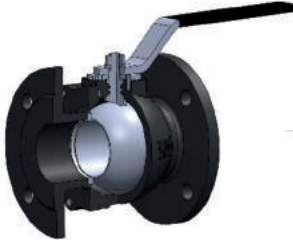
kaplaması ve gövde şekli bulunur. Tapa vanaları kapatma işlemi için kullanılır. Kimyasal proses endüstrileri, işleme tesisleri ve atık su arıtma tesisleri için kontrol vanaları olarak kullanılmasını örnek olarak verebiliriz. Dolgu macun görevi görmek için tapa ve vana gövdesi arasına bir yağlayıcı enjekte eden yağlanmış tapa vanalarının yanı sıra, sızdırmazlık ve sürtünme kayıplarını azaltmak için polimerik manşon kullanan yağsız tipleri de vardır.



Şekil 41 Fiş (Tapa) Vana

• Küresel Vanalar

Küresel Vanalar, boru akışında dönen ve akışı engellemek veya izin vermek için dönen portlu küreleri içeren çeyrek dönüşlü vanalardır. Bir dereceye kadar akış düzenlemesi sağlayan özel tasarımlar mevcuttur. Temel özellikleri arasında, bağlantı noktası konfigürasyonu, vana çapı ve vana gövdesini oluşturan malzemeler, küre oturağı, contası ve gövde şekli bulunur. Küresel vanalar, basınçlı hava hattından yüksek basınçlı hidrolik sisteme kadar herhangi bir sıvı akışının kapatılması gereken her yerde kullanılır. Küresel vanalar, bağlantı noktası boru çapıyla tam olarak eşleşebildiği için düşük basınç kaybı özellikleri sağlayabilir. Küresel vanalar, benzer işlemleri yapmak için kullanılan kelebek vanalara göre çok daha iyi sızdırmazlık sağlar. Ancak diğer taraftan, satın almak ve bakımını yapmak, kelebek vanaya göre daha pahalıdır. Tipik olarak vana durumunun göstergesini görsel olarak sağlayan bir kolla harekete geçirilenlerin yanında, farklı aktüatörler kullanılan tipleri de vardır.



Şekil 42 Küresel Vana



Kare Kod 2 İki Parça Küresel Vana



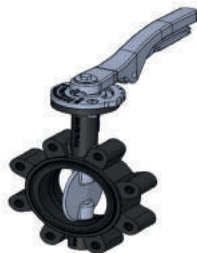
Kare Kod 3 Üç Parça Küresel Vana

• Kelebek Vanalar

Kelebek Vanalar, akışın girdiği ve çıktığı bağlantı noktalarına takılan, gövdesindeki dairesel kanatları kullanan, çeyrek dönüşlü vanalardır. Temel özellikleri arasında, bağlantı noktası bağlantısı, vana çapı ve vana gövdesini oluşturan malzemeler, oturağı, contası, diski ve gövde şekli bulunur. Kelebek vanalar atık su tesislerinde, enerji santrallerinde ve proses tesislerinde kapatma, servis hizmeti düzenleme ve izole etmek için kullanılır. Özellikle çok büyük çaplı boru hatlarında tercih edilir. Genellikle aynı kapasiteli bir küresel vanadan daha küçük ve daha ucuz olan kelebek vanaların yüksek basınç ve akışa karşı çalışması zor olabilir. Ayrıca, küresel vanalara göre daha sızıntıya eğilimlidirler. Bu nedenle güvenilirliklerinde endişeye ve sızıntı vasıtasıyla daha yüksek basınç kayıplarına sebep olurlar.



Şekil 43 Kollu Kelebek Vana



Şekil 44 Volanlı Kelebek vana



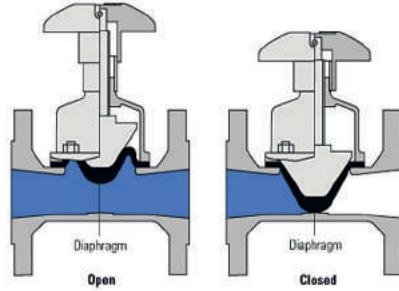
Kare Kod 4 Tırtıklı Tip Vana



Kare Kod 5 Sıkıştırılmalı Tip

• Diyafram Vanaları (Diaphragm Valves)

Diyafram Vanaları, borulardaki akışı kapatmak için esnek membran kullanır. Diğer sıkıştırma vanaları gibi, diyafram da akış yönünden gelen akışkanı kısar veya tamamen kapatır. Bu özelliği, sıhhi hizmette kullanılan vanalar için ayrıcalıklı bir faydadır. Temel özellikleri arasında, bağlantı noktası yapılandırması, vana çapı, ortam ve sızdırmazlık malzemesi bulunur. Diyafram vanaları çoğunlukla farmasötik, kozmetik, gıda ve yarı iletken endüstrilerinde kullanılır. Bazen pnömatik diyaframlarla harekete geçen kontrol vanalarına da yanlışlıkla, "diyafram vanaları" denmektedir. Bu karışıklığı önlemek ve doğru ayırım yapılması bu nedenle önemlidir.

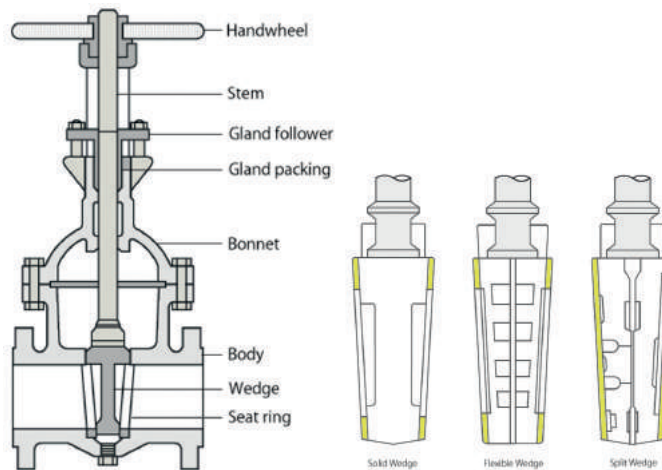


Şekil 45 Diyafram Vanası

• Sürgülü Vanalar (Gate Valves)

Sürgülü Vanalar esas olarak sıvı akışını engellemek için kullanılır ve akış ayar ve regülasyonu için kullanılmaması olasıdır. Sürgülü vana, akışı durdurmak için akış yönüne dik olarak indirilebilen, plaka benzeri bir bariyer (gate) kullanır. Çalışması bir küre vana çalışmasına benzer ancak, vana tamamen açık konumdayken Tapa vanasına göre daha az akış direnci oluşturur. Temel özellikleri arasında, bağlantı noktası konfigürasyonu, vana çapı ve vana gövdesini oluşturan malzemeler, oturma yuvası, contası, iç kaplaması ve gövde şekli bulunur. Sürgülü vanalar, kama şeklinde veya paralel plakalar sürgüsü ile kullanılabilir. Sürgü genellikle vananın hem ön hem de arka taraftaki akış kenarlarını sızdırmaz hale getirirken, kama plakaları genellikle sadece basınçlı olan (yukarı) ön yüzünde statik basınca göre sınırlı sızdırmazlık sağlar. Göreceli düşük basınç tarafında ise sızdırmazlık performansı düşüktür. Sürgüler, sızdırmazlık yüzeylerinin aşınmasını azaltan veya karşılayan çeşitli tasarım ve alternatif formlarda üretilebilir. Sürgülü vanaların avantajı, küresel vanalara kıyasla açıkken basınç kayıpları daha düşük olsa da direnç azaltma verimi yönünden çok avantajlı değildir ve küresel vanaların sağladığı pozitif tam kapatmayı sağlamayabilir. Sürgülü vanalar atık su tesislerinde, enerji santrallerinde ve proses tesislerinde kapatma ve tam izole amaçlarıyla kullanılır. Ayrıca bıçaklı sürgü tipleri, madencilik, sulama tesisatı ve çeşitli formlardaki kanallarda kullanılmaktadır.

Sürgülü vanalar genellikle yükselen milli ve yükselmeyen milli olarak iki ayrı tasarımla kullanılır. Yükselen milli vanaların avantajı, vananın açık veya kapalı olup olmadığı konusunda kolayca anlaşılmasına izin vermeleridir. Yükselmeyen milin veya NRS vanalarının avantajı ise, mili, vana kapağının aşındırıcı etkilerinden veya diğer çevresel koşullara maruz kalmasından korumasıdır. Her iki tasarımın da gerçek vana işlevi üzerinde çok fazla etkisi yoktur.



Şekil 46 Sürgülü Vana

Şekil 47 Katı- Esnek- Parçalı Kama Çeşitleri

• Glob Vanaları (Globe Valves)

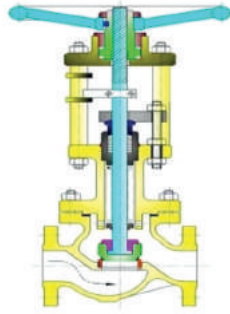
Bir zamanlar yaygın olan küresel şekilli vana gövdeleri için adlandırılan Glob Vanalar, aynı zamanda kısıtlayıcı bir deliği kapatarak akışı daraltan gövdesinin küresel şeklinde olmasından dolayı Küre Vana olarak da anılmaktadır. Vana, akışı durdurmak için oturak üzerine inen bir disk kullanmaktadır. Disk, elle çalıştırılan vanalarda bir el çarkı ve otomatik vanalar üzerinde bir aktüatör ve sürtünme mili ile açılır ve kapatılır. Temel özellikleri arasında vana tipi, bağlantı noktası konfigürasyonu, aktüatör, vana çapı ve vana gövdesini oluşturan oturak, conta, iç kaplama ve gövde ambalajı gibi malzemeler bulunur. Glob vanalar kapatma ve akış düzenleme için kullanılır ve örneğin atık su tesislerinde, gıda işleme tesislerinde ve proses tesislerinde yaygın kullanılır. En yaygın çeşitlilik, sıvının vana gövdesinde izlediği yol nedeniyle Z tarzı vanadır. Akışkanın vana içerisinde yapması gereken bu iki dik açılı dönüş, tasarımın nispeten yüksek basınç kayıpları oluşturmasına sebep olur. Daha az kısıtlayıcı bir tasarım, vana gövdesini 45° olarak vana gövdesine yönlendiren Y tarzı vanadır. Başka bir stil, akışı 90° döndüren aç vana.

Kapatma Diskinin şekli, hızlı bir şekilde tam akışa geçebilen bir vana üretmek için değiştirilebilir veya daha konik tapa tasarımı kullanarak akışı hassas bir şekilde düzenleyebilen tek oturaklı veya çift oturaklı vanalarda üretebildiği gibi, vana sapı ile açma kapatma eylemleri için gereken kuvveti karşılamaya yönelik diskin bağlı olduğu tahrik mekanizmasına ve sızdırmazlık özelliklerine göre de farklı alt kategorilerde körüklü, pistonlu olarak tanımlanan vanalar da kullanılmaktadır.

Glob vanalar, kurulumun gereksinimlerine bağlı olarak sıvı akışına veya mühürlenebilmesine (yani arıza kapalı ve arızalı açık pozisyonlarına) göre seçim yapabilecek bir aktüatör boyutlandırmasında önemli bir rol oynar. Sürgülü vanalar gibi, glob vanaların da yükselen milli veya NRS tipleri olabilir.



Şekil 48 Glob Vana



Kare Kod 6-7 Metal Körüklü Vana

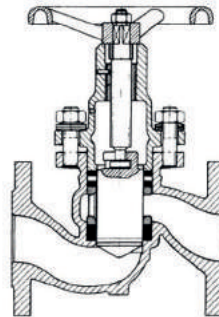
Kare Kod 8 Glob Vana

• Pistonlu Vanalar (Piston Valves)

Pistonlu Vanalar, bir borudaki akışkanın akışını kontrol etmek için kullanılan mekanik cihazlardır. Piston vanası, vana içinden akışı kapatmak için silindirik bir disk kullanır ve genellikle izolasyon amacıyla kullanılır. Temel özellikleri arasında, vana çapı, bağlantı şekli, valf gövde oturağı, contası, iç kaplama ve disk hareket vidalı mili seti malzemeleri bulunur. Piston vanalar, buhar, kondens ve diğer sıvı sistemlerinde izolasyon amacıyla kullanılır.



Şekil 49 Pistonlu Vana



Şekil 50 Pistonlu Vana Kesit

Pistonlu Vanaları:

Piston vanaları **glob** vana tarzı gövde konfigürasyonunda yapılır. Piston vanasının en büyük avantajı, pistonun kendisinin sızdırmazlık halkası gibi çalışarak, vana portunu kapatma yeteneğidir. Halkalar, geleneksel sürgülü ve küresel vanalarında kullanıldığı gibi vana oturağının yerini alır. Piston vanalar, aşağıda ayrıntılı olarak ele alındı.

Pistonlu Vana Tasarımı

Piston vanalar, fener burçları tarafından yerinde tutulan üst ve alt sızdırmazlık halkalarını içerir. Vana açıkken, piston yan duvarı üst sızdırmazlık halkasına sızdırmazlık sağlar ve gövde ve vana kaputundan dışarı sızıntı olmasını önler. Vana kapatıldığında ise, piston alt sızdırmazlık contasına tam temas ederek sızdırmazlık sağlar ve herhangi bir sızıntı olmasını önler. Pistonlar, sadece doğrusal hareket ettirebilecek ve gövdenin dönmesiyle dönmeyecek şekilde düzenlenir.

Piston, vana açıkken akış akımının tamamen dışına çıksa ve böylece akan sıvının kısıtlamasını en aza indirse de glob tarzı gövdenin geometrisi, sıvıyı vanadan geçerken iki keskin dönüş yapmaya zorlar. Bu dönüşlerden kaynaklı kayıplar, benzer bir gövde şeklini paylaşan glob vanalarında görülenlere benzer.

Keçeler, tipik olarak metal takviyeli grafit (veya bazen kauçuk O-halkaları veya PTFE) olmak üzere çeşitli malzemelerden üretilir ve pistonlar genellikle paslanmaz çeliktir. Vana gövdesi boru hattında bağlıyken de contalar çıkarılabilir ve değiştirilebilir.

Başka bir vana formu, genellikle vanayı kapatmak ve açmak için kullanılan, bir oturma yüzeyine karşı kapanan bir disk veya tapası olan pnömatik olarak harekete geçirilen, "açılı oturaklı piston vana"dır. Bu vanalar buhar servisinde de kullanılır, ancak yukarıda tartışılan piston vanalarından farklıdır ve genellikle biraz daha küçük boyutludur. Bu tasarımda, vana aktüatörü vana kayıplarını azaltmak için vanaya açılı ile girer.

Piston Vanası Uygulamaları

Piston vanalar öncelikle enerji santralleri, rafineriler, kâğıt hamuru ve fabrikalarında, doymuş ve aşırı ısınmış buhar ve sıcak su hizmeti için kullanılır. Belirli uygulama alanları arasında buhar boru hatları ve kolektörleri, yoğunlaşma kolektörleri, buhar soğutucuları, kondensatör tesisatı izolasyon vb. vardır.

ANSI sınıfı 150, 300 ve 800'de ½" - 8" çaplarında piston vanalar mevcuttur. Hepsi olmasa da piston vanaları genellikle DIN standartlarına göredir, ancak glob tipi boru hattı vanalarındaki yüz yüze ve flanş çapları için ANSI ve ASME şartnameleri uygulanır. Gövde malzemesi genellikle alt seri vanalar için dökme çelik ve daha yüksek seriler için dövme çelik olacaktır. Bağlantı elemanları, basınç sınıfına bağlı olarak yine flanşlı, dişli, uç veya soket kaynaklı olabilir.

Piston vanaları ayrıca oksijen, azot ve hidrojen gibi gazlar içinde kullanılabilir. Ayrıca ısı transfer yağları ve çeşitli kimyasallarla birlikte de kullanılır.

Piston vanalarının bir diğer uygulaması, pistonun koç olarak adlandırıldığı tank ve reaktör tahliye vanaları olarak kullanılmasıdır. Bu vanalar, piston ve conta düzeni kendi kendini temizlediği için bulamaç ve hatta pudra kıvamında malzeme bulunan tanklarda kullanılır. Glob tipinde piston vananın aksine, "koç" tarzı vana genellikle vanadan akan sıvı kısıtlamasını azaltmak için **wye** şeklindedir. Ek olarak, koç ve onunla hareket eden ek bir sızdırmazlık malzemesi vardır.

Piston vanalar, hatlardaki tortu ve parçacıkları glob vanalarından daha iyi tolere edebilir ve etkili bir şekilde sızdırmazlık sağlayabilir. Açıldıktan sonra piston, conta halkasından tamamen çekilene kadar vana bağlantı noktası kapalı kalır ve akan sıvı nedeniyle sızdırmazlık yüzeylerindeki herhangi bir korozyonu en aza indirir. Sızdırmazlık contası, erozyon olmadan kısmi açılmada daha rahat tolere eder ve akış modülasyonunu kolaylaştırır. Bu durumlarda akış kontrolünü iyileştirmek için pistonun önüne iğne şeklinde bir uzatma monte edilebilir. Vana kapatıldıkça, contalar pistonda toplanmış olabilecek parçacıkları sıyrır ve temizler. Piston vanaları, kuruldukları uzun sürelerden sonra bile, kullanılamaz hale gelene kadar etkili bir şekilde çalışabilir.

Piston Vana Seçiminde Dikkat Edilmesi Gerekenler

Piston vanalar boyutlarına göre geniş bir sızdırmazlık alanı olduğu için ve son derece güvenilir kapatma işlemi yapar (ANSI Leakage Class VI). Hareket Sapı (Mili- stem) ve sızdırmazlık paketine gerek duymadığı için piston vanalar, mil etrafından sızıntıya izin vermez. Isıl genleşme ve daralma durumunda ayarlamak bazen contaları sürekli basınç altında tutan kapak civatalarındaki Belleville³³ pulları tarafından sağlanır. Daha büyük piston vanaları, yüksek giriş basınçlarına karşı kapatılabilirlik için gereken tork değerinin bir kısmını dengelemek amacıyla dengeli piston tasarımları olarak yapılır. Bu durum genellikle üst ve alt contalara ek olarak milin etrafındaki sızdırmazlık conta paketi ile sağlanır.

³³ Belleville pulları kısa hareket için çok yüksek bir yay kuvveti sağlar ve yüksek enerji depolama kapasitesine sahiptir.

Piston vanalar genellikle volan ile harekete geçirilir. Elektro-mekanik veya pnömatik aktüatörler kullanan otomatik piston vanaları da mevcuttur.

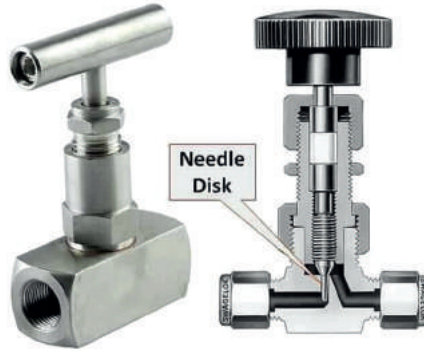
Vana gövdesi boru hattına bağlıyken, üst veya alt contaların değiştirilmesi çok kolay bir şekilde yapılır. Vana izole edildikten sonra, kapak (Bonnet) cıvataları gevşetilir, mil ve piston tertibatı geri çekilerek alt ve üst contalar kontrol ve değiştirme için açığa çıkartılır ve değiştirilir. Eğer piston hasar görmüşse, aynı anda diğerleri ile birlikte değiştirilebilir. Contalar bir piston vanasının çalışması için hayati öneme sahiptir ve onlar için doğru malzemenin seçilmesi boru hattı ortamına ve sıcaklık/basınç koşullarına bağlıdır.

Piston vana genellikle az bakım gerektirir. Vana kapatıldığında kapak cıvataları sıkılarak contalardaki sızıntılar düzeltilir.

Endüstriyel uygulamalarının yanı sıra trompetlerde de, müzik aleti piston vanaları kullanılmaktadır.

• İğne Vanaları (Needle Valves)

İğne Vanalar, boru veya bağlantı noktalarından sıvı akışını ölçüp düzlenmek için kullanılır. Akış, konik bir deliğin içine veya dışına konik bir başka gövde yerleştirilerek veya çekilerek kontrol edilebilir ve delik boyunca sıvı akışını ayarlamanın çok hassas bir yolu sağlanır. Temel özellikleri arasında, vana tipi, bağlantı noktası bağlantıları, vana boyutu, oturak, conta, astarı ve gövde ambalajını içeren vana gövdesini oluşturan malzemeler bulunur. İğne vanalar vakum sistemlerinde ve hassas akış düzenlemesinin gerekli olduğu ölçüm sistemlerinde kullanılır. Bir iğne vanasını kapatmak için gereken yüksek dönüş sayısı nedeniyle, kapatma hizmeti uygulamalarında kullanım için ideal değildir.



Şekil 51 İğne Vana ve Kesit Görünüş

• Disk Vanaları (Disc Valves)

Disk Vanaları, bir borudan akışı kontrol etmek için kullanılan mekanik cihazlardır. Bir disk vanası, boru uzunluğuna eksenine 45 derecede boruya giren bir sapın sonuna monte edilmiş yuvarlak bir düz plakadan oluşur. Sapı yarım daire boyunca döndürmek, boruyu açar veya kapatır. Disk vanaları neredeyse sadece gıda işleme uygulamalarında, özellikle sanitasyonun kritik olduğu sıvı, toz veya gıda bulamaçların kapalı hizmeti için gıda, ilaç ve süt endüstrilerinde kullanılır. Temel özellikleri arasında, vana tipi, aktüatör tipi, bağlantı noktası şekli, vana çapı ve imalat malzemeleri bulunur.

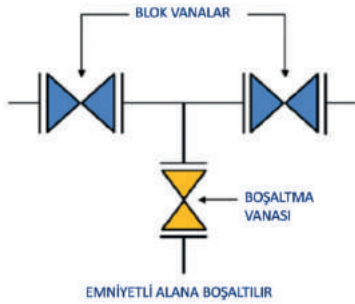


Şekil 52 Seramik Disk Vanası

• Çift Blokajlı ve Boşaltmalı Vanalar (Double Block Bleed Valves)

Çift Blokajlı ve Boşaltmalı Vanalar, vana boşluğunda her iki giriş ve çıkış tarafını kapatan, gövdesinin orta tarafında, akışkanın boşaltılabileceği drenaj tapası bulunan, akışkan hatlarını vana öncesi ve sonrası akış basıncından izole etmek için kullanılan mekanik veya elektro-mekanik cihazlardır. Temel özellikleri arasında, amaçlanan uygulama, aktüatör türü, bağlantı noktası bağlantı şekli, akış katsayısı, ortam, basınç derecesi ve benzer özellikler bulunur. Çift

blokajlı ve boşaltmalı vanalar öncelikle proses kontrol uygulamalarında vana öncesi yüksek akış basıncını durdurmak ve sistemin sıvı ve/veya basıncını boşaltmak amacıyla kullanılır. Elle çalıştırılabilir veya bir elektro-mekanik aktüatör tarafından kontrol edilebilir. Akışkan cinsi; su, kimyasallar, gazlar, yağ, buhar veya diğer benzer sıvıları içerebilir.



Şekil 53 DBB Vana Şema Görünüş



Şekil 54 DBB Vana Tasarım



Şekil 55 Trunion Vana

1.3 PİSLİK TUTUCULAR (Strainer-Filter)

Aralarında farklılıklar olmasına karşın, tesisat sektöründe terimler konusunda yaşanan en büyük kargaşalardan birisi Pislilik Tutucu, Ayırıcı, Elek veya Süzgeç ile Filtre elemanları arasındadır. Biçimleri ve özellikleri farklı olmasına karşın temel amaçlarındaki benzerlikten dolayı birçok projede aynı isimler birbirlerinin yerine kullanılmaktadır.

Süzgeç ve filtreler, pislilik tutucular içerisindeki elemanlardır.

• Süzgeç ve Filtre Ayrımı

Filtre, belirli bir sıvı veya gazdaki parçacıkları temizleyen bir cihazdır. Belli mikron boyutlarındaki parçacıkları ayırmak için tek kullanımlık veya sınırlı kullanımlık bir ömrü vardır. Tüm süzgeçler filtredir, ancak tüm filtreler süzgeç değildir. Süzgeç sadece bir filtre türüdür.

Süzgeç, bir proses akışındaki, istenenden daha büyük parçacıkları çıkarmak için kullanılan, delikli bir plaka veya elektir. Süzgecin en büyük avantajı, yeniden kullanılabilir olmasıdır. Filtre ekipmanı ise yalnızca sınırlı süre için kullanılır ve tıkanıldığında değiştirilmeli veya tekrar aktif hale getirilmelidir.

Süzgeç ile filtre arasındaki ana ve en önemli fark, elek çapı olarak da tarif edilen, eleman üzerindeki deliklerin çapıdır. 1 µm kadar küçük parçacıkları bile eleyebilen filtreler mevcuttur.

Bir diğer fark ise dirençleridir. Elek delik çaplarının büyüklüğünden dolayı süzgeçler, normalde sıvı akışına karşı daha düşük direnç sunar. Çoğu süzgeçteki basınç düşüşü, kalın ortam filtreleri veya membran filtrelerindeki basınç düşüşüyle karşılaştırıldığında oldukça küçüktür.

Bir süzgeç, önüne konulduğu ekipmanların (örneğin, pompalar, enstrümantasyon, vb.) akışkan ile temas eden parçalarının mekanik zarar görmesine karşı korumak için kullanılır. Parçacıkları sıvıdan ayırmak için ise bir filtre kullanılır. Basitçe belirtildiği gibi, bir Süzgeç aynı zamanda büyük delikli bir filtredir. Herhangi bir proses akışkanındaki iri parçacıkları çıkarmak için, üç düzeyde, a) kaba, b) orta ve c) ince olmak üzere, delikli bir plaka veya elek kullanılır.

Süzgeçleri biraz daha yakından inceleyelim:

Süzgeçler, ekipmanı, proses sıvısı tarafından taşınabilecek kir ve diğer parçacıklar nedeniyle potansiyel hasarlardan korumak için kullanılan, önemli bir boru sistemi elemanıdır.

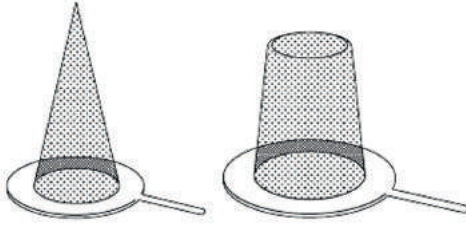
Sistem çalıştırma ve yıkama aşaması sırasında, boruda bırakılmış olabilecek montaj ve imalat kalıntılarında ekipmanları korumak için pompaların ön tarafına mutlaka süzgeç konulmaktadır. Aşağıdaki açıklamalar tipik başlangıç süzgeçlerini tanımlar.

Kalıcı süzgeçler, kontrol vanaları, kondens toplar ve enstrümanlar gibi elemanların, boru sistemi boyunca taşınabilecek parçacıklar yoluyla oluşabilecek korozyon etkisinden korunması için ekipmanın öncesinde ve ucu akış yönünde olacak şekilde monte edilir.

İlk Çalıştırma Süzgeci

Montaj şartnamelerinde belirtildiği durumlarda, rafineri gibi endüstriyel tesislerdeki santrifüj ve pistonlu pompaların emiş hattında, ekipman öncesinde, akışkanda olabilecek katı madde parçacıklarını tutabilmek amacıyla, kalıcı veya bazı durumlarda sadece ilk çalıştırmada kullanılmak üzere geçici Süzgeçli Pislik Tutucular monte edilir. Geçici süzgeçler, ekipman tedarikçisi tarafından temin edilebileceği gibi, sahada imal edilmesi de söz konusu olabileceğinden, montaj ekibi bu konuya hazırlıklı olmalıdır. Bu tür eleklerin serbest alanı, emme hattının kesit alanının üç katından az olmamalıdır. Kalıcı Süzgeçlerin konumu (flanşlı bir bağlantıya monte edilen geçici koni tipinin aksine) önemlidir.

İlk çalıştırma süzgeçlerinin montajı, süzgeç konisinin ucu akışın geldiği yöne bakacak şekilde yapılmalıdır. Bu şekilde toplanan parçacıklar, koninin dış tarafından akışkanın yüzey ile temas eden, hızın sıfır olduğu boru kenarlarına doğru süpürülmüş olur.



Şekil 56 Tipik Başlatma Süzgeçleri



Kare Kod 9 Flanş Arası Pislik Tutucu

Y Tipi Pislik Tutucu

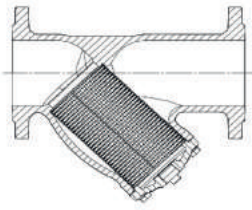
Bu ürün, boru hatlarından yabancı maddeleri ayıklayabilmek için tasarlanmıştır ve pompalar, sayaçlar, vanalar ve diğer benzer mekanik ekipmanlar için koruma sağlar. "Y" Tipi Pislik Tutucular, şekillerinden dolayı bu şekilde adlandırılır ve normalde kurs filtrasyonu için kullanılır. Geniş süzgeç elek alanı sağlamak için, ince delikli sepet ile kullanılır. Süzgeç, vana ömrünü uzatır; pahalı pompaları, sayaçları ve diğer ekipmanları korur. Su, Hava, Gaz, petrol, buhar ve diğer sıvılar için uygundur.

Bir Y süzgeç yatay veya dikey bir konuma (Aşağı doğru akış) takılabilir ancak, sıvılar için kullanıldığında, elek elemanı daima aşağı doğru bakmalıdır. Bu, filtrelenen malzemelerin, süzgecin en düşük noktasında toplanmasını sağlar.

Derleyen Notu: Süzgeç altındaki flanş ortasında bulunan tapa ile, çevresel kirlilik yapmayan akışkanlar kullanıldığında küresel vana takılmak suretiyle zaman zaman elek içerisindeki çapak, tortu ve pislikler blöf edilebilir. Eğer böyle bir tahliye deliği yok ise ürüne dişli boru takılabilecek böyle bir deliğin tornada açılması, en az 3/4" ve üzerinde bir çaplı vana takılarak ilk tesisat yıkamaları sırasında da kullanılması mümkündür ve tavsiye edilir. Ayrıca çeşitli akışkanlar için montaj şekillerine dikkat etmek gerekir.



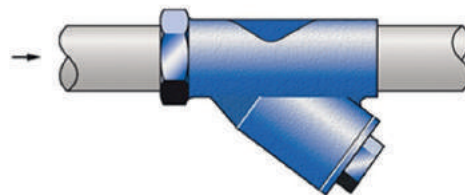
Şekil 57 Y Tip Pislik Tutucu ve Süzgeç Elemanı



Kare Kod 10 Pislik Tutucu



Şekil 58 Buhar ve Gaz Uygulamaları Montaj Şekli



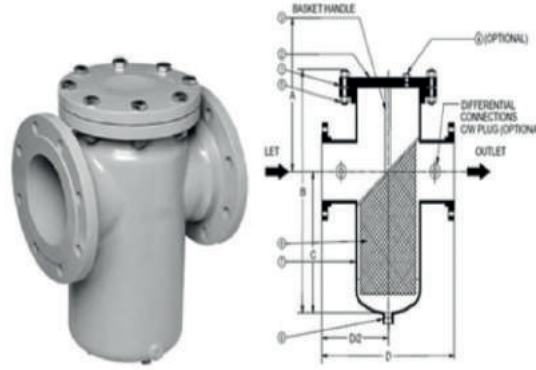
Şekil 59 Sıvılar Uygulamaları Montaj Şekli



Şekil 60 Dikey Boru üzerinde Montaj Şekli

Kovalı Pislik Süzgeci

Akışkan Kontrol Enstitüsü tarafından kabul edilen resmi tanımı şöyledir: "Çeşitli akan sıvılardan 0,001" çapa kadar yabancı parçacıkları çıkarmak ve tutmak için tasarlanmış, temizlenebilir süzgeç elemanına sahip kapalı bir kap." "Yabancı parçacıklar" terimi ile, süzgeçlerin mutlaka sadece kiri ve istenmeyen malzemeleri temizlemediğini, bazı koşullarda ise, kurtarılması istenen değerli bir ürünü akışkandan ayırıştırmanın amaçlanabileceğini anlamak gerekir. Sepet süzgeçleri yatay hatlarda kurulum için tasarlanmıştır. Sıvı servis uygulamaları için yaygın olarak kullanılır.



Şekil 61 Kovalı Pislik Tutucu

• İmalat Malzemesi

Y tipi süzgeçler ve Sepet süzgeç gövdeleri için kullanılan en yaygın malzeme dökme demir, bronz, karbon çelik, paslanmaz çelik ve plastiktir.

Dökme demir, düşük başlangıç maliyeti nedeniyle en popüler süzgeç gövde malzemesidir. Suyun basıncının ve sıcaklığının yüksek olmadığı, sistemin yüksek termal veya mekanik şoka maruz kalmadığı sistemlerde kullanılır. Dökme demir çoğunlukla diğer ürün ve proses kullanımlarına ek olarak daha büyük boyutlu içilebilir su hatları ve birçok içilemez su sistemi için kullanılır.

Acı su, salin ve deniz suyu servis sistemlerinde bronz malzeme tercih edilir. Genellikle içilebilir su hizmetleri için kullanılır. Maliyeti, dökme demirin iki katına çıkabilir.

Karbon çelik malzeme, yüksek sıcaklık ve basınç koşullarıyla karşılaşılan, termal ve mekanik şoklara karşı dirençin gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Karbon çelik bileşenler, yangın tehlikelerinin olduğu yerlerde tercih edilen malzemelerdir.

Krom-Moly çelik malzeme ise, yüksek basınç ve sıcaklıklar için kullanılır.

Derleyen Notu: Paslanmaz çelik, korozyona ve kirlenmeye karşı direnci ve temizleme kolaylığı nedeniyle tercih edilen gövde, sepet ve süzgeç malzemesidir.

• Süzgeç Yapısı

Süzgeçlerde kullanılan iki tür elek malzemesi vardır:

- Delikli Elek
- Kafes Elek

Delikli Süzgeç (Perforeted Screen)

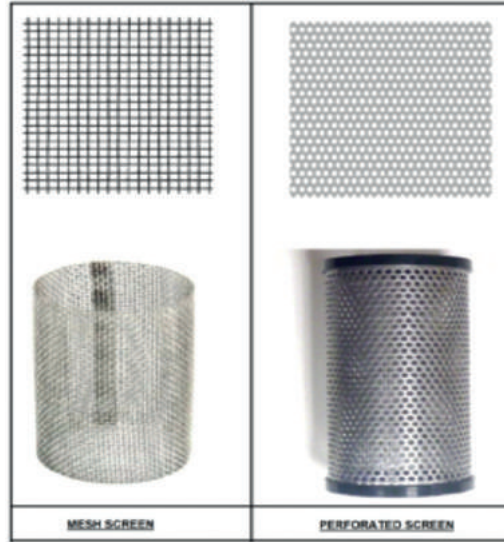
Düz uygun malzeme tabakasında çok sayıda delik açılarak süzgeç için gerekli malzeme oluşturulur. Delikli levha daha sonra bir tüpe yuvarlanır ve nokta kaynağı ile birleştirilir. Bunlar nispeten kaba eleklerdir ve delik boyutları tipik olarak 0,8 mm ile 3,2 mm arasındadır. Sonuç olarak, delikli süzgeçler sadece genel boru kaynak ve imalat artıklarını temizlemek için uygundur.

Kafes Süzgeç (Mesh Screen)

İnce tel bir ızgara veya ağ düzeninde elek oluşturulur. Bu daha sonra genellikle ağ için bir destek kafesi görevi gören delikli süzgeç üzerine takılır. Bir ağ eleği kullanarak, delikli eleklere göre çok daha küçük delik boyutları üretim mümkündür. 0,07 mm'ye kadar küçük delik boyutları elde edilebilir. Mesh elekler genellikle 'mesh' açısından belirtilir; telin orta çizgisinden ölçülen doğrusal inç, elek başına açıklık sayısını temsil eder.

Tablo 29 Elek Aralık Ölçüsü Mesh Mikron Dönüştürme

ABD Mesh	Inç(“)	Mikron	mm	ABD Mesh	Inç(“)	Mikron	mm
3	0,2650	6730	6,730	40	0,0165	400	0,400
4	0,1870	4760	4,760	45	0,0138	354	0,354
5	0,1570	4000	4,000	50	0,0117	297	0,297
6	0,1320	3360	3,360	60	0,0098	250	0,250
7	0,1110	2830	2,830	70	0,0083	210	0,210
8	0,0937	2380	2,380	80	0,0070	177	0,177
10	0,0787	2000	2,000	100	0,0059	149	0,149
12	0,0661	1680	1,680	120	0,0049	125	0,125
14	0,0555	1410	1,410	140	0,0041	105	0,105
16	0,0469	1190	1,190	170	0,0035	88	0,088
18	0,0394	1000	1,000	200	0,0029	74	0,074
20	0,0331	841	0,841	230	0,0024	63	0,063
25	0,0280	707	0,707	270	0,0021	53	0,053
30	0,0232	595	0,595	325	0,0017	44	0,044
35	0,0197	500	0,500	400	0,0015	37	0,037



Şekil 62 Tel örgü ve Delikli Filtre Elemanı

• T Tipi veya Sepet Tipi Süzgeç

T tipi veya Sepet tipi veya Pot tipi süzgeç, tipik olarak Y tipi bir süzgeçten daha büyük olan dikey yönelimli bir oda ile karakterize edilir. Boyutu, bir sepet süzgeç boyunca basınç düşüşü, daha büyük bir serbest zorlama alanına sahip olduğu için, Y tipi boyunca olduğundan daha azdır. Bu özelliği, sepet tipi süzgeçleri sıvı uygulamaları için tercih edilen tip haline getirir. Kir tutma kapasitesi de Y tipi süzgeçlerden daha büyük olduğundan, sepet tipi süzgeç daha büyük çaplı buhar boru hatlarında da kullanılır.

Derleyen Notu: Sepet tipi süzgeçler sadece yatay boru hatlarına monte edilebilir ve daha büyük, daha ağır sepet süzgeçleri için süzgeç tabanının da desteklenmesi gerekir.

Biriken döküntüler nedeniyle sepet tipi bir süzgece servis yapılması gerektiğinde, kapak çıkarılabilir ve böylece teknisyenler filtreleme elemanına anında erişebilirler. Buhar sistemlerinde sepet tipi süzgeçler kullanıldığında önemli miktarda yoğunlaşma oluşabilir. Sonuç olarak, buhar sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanmış süzgeçler genellikle yoğunlaşmayı gidermek için bir buhar kapağı (Kondenstop) ile kullanılan bir tahliye çıkışına sahiptir.

T Tipi Sepet Süzgeci

Sepet Süzgeçleri genellikle yüksek akış kapasitesinin gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Sepet Süzgeci, sepete erişim sağlayan kapağı çıkarılarak servis edilir. Sepet Süzgeçlerinin, iki paralel sepet Süzgeçleri ve yönlendirme vanalarından oluşan çift yönlü bir tipi de bulunur. Bu şekilde, diğer elemana servis yapılırken akışın kesintiye uğratılmayacağı ve süzgeç elemanlarından birinden akışın saptırılmasına izin veren önemli bir özellik kazanılmış olur.



Şekil 63 T Tipi veya Sepet Tipi Süzgeç

Süzgeç- Mesh Boyutu. Mesh boyutlarını bulmak basittir. Tek yaptığınız, bir inç elekteki açıklık sayısını saymak. Açıklık sayısı kafes boyutudur. Yani 4 örgülü elek, bir doğrusal inç elekte dört küçük kare olduğu anlamına gelir. 100 örgülü bir elekte 100 açıklık vardır ve bu şekilde devam eder. Mesh boyutunu tanımlayan sayı arttıkça, parçacıkların boyutu azalır. Daha yüksek sayılar daha ince malzemeye eşittir. Mesh boyutu parçacık boyutunun kesin bir ölçümü değildir.

Süzgeç- Mesh Boyutlarını Tanımlarken Eksi (-) ve Artı (+) İşaretleri. Bazı şartnamelerde karşınıza çıkabileceği için mesh +/- ölçülerini nasıl anlamanız gerektiğine dair basit bir örnek vereyim. -200-mesh, 200 mesh' ten küçük tüm parçacıkların geçeceği anlamına gelir. +200 mesh, 200 mesh veya daha büyük tüm parçacıkların tutulduğu anlamına gelir.

Süzgeç- Elek sınırı: Bu, tel kalınlığına bağlıdır. Düşünürseniz, örgü ne kadar ince olursa, kablolar o kadar yakın bir araya geleceğinden, sonunda aralarında hiç boşluk kalmayabilir. Bu nedenle, 325 mesh'in ötesinde parçacık boyutu genellikle mikronlarla tanımlanır.

Süzgeç- Mikron: Mikron, parçacık boyutunun başka bir ölçümüdür. Bir mikron, bir metrenin milyonda biri veya bir inç'in yirmi beş binde biri kadardır.

• Süzgeç Bakımı

Uyarı: Bir süzgeçteki herhangi bir burç, kapak, tahliye ağzı veya kapağın çıkarılmasından veya gevşetilmesinden önce, sistemde sıfır basınç olduğundan emin olmak için çok dikkatli olunmalıdır. Ancak sistem basınçsız hale getirildikten sonra, süzgeç servis için boşaltılmalıdır. Basınçlı Süzgeçte yapılacak servis çalışması, ciddi yaralanmalara ve/veya maddi hasara neden olabilir.

Y-süzgeç eleğinin temizlenebilmesi için süzgeci barındıran, burç, kapak veya cıvatalı kapaktaki tahliye vanası açıldıktan sonra cıvatalar sökülüp, çıkarılan süzgecin eleği içindeki tortu, çapak gibi malzemelerin boşaltılması sağlanır. Tahliye vanası yoksa, Y süzgeç elek elemanına erişmek için burç, veya kapak çıkarılarak da süzgeç temizlenebilir.

Kapalı sepetli sepet süzgeci, kapağı veya cıvata somunlu kapağı çıkartılarak ve servis için sepet elek çekilerek temizlenebilir. Süzgeç eleğinin dibi yoksa, hava tahliye vanası çıkarılabilir ve Y süzgeç gibi boşaltılıp temizlenmesi sağlanır.

Elek temizliğinde dikkatli olunmalıdır. Bir eleği çıkardıktan sonra, temizleme çözeltisine batırılmalı veya fırça kullanılarak temizlenmelidir. Çıkarılması zor olacağından, elek üzerinde sıkışan malzemenin sertleşmesine izin verilmemelidir. Elek tıkanmasını önlemek için düzenli bir temizlik programı önerilir.

Süzgeç öncesi ve sonrasında takılan basınç göstergeleri, kirliliğe bağlı basınç kaybının kolayca anlaşılmasını sağlar. Süzgeç eleğini temizlemek için düzenli bakım programı oluşturulması sistemin düzgün çalışmasına yardımcı olur. Temizleme işlemi sırasında sistemin bir an önce çalışmaya devam edebilmesi için elek stoğu bulundurmakta fayda vardır. Bu şekilde, kirli elek, temizlik sonrası geri takılması gerekmediğinden rahatça temizlenebilir.

• **Filtreler**

Filtreleri tarif edebilmek için öncelikle Filtrasyon işlemlerine kısaca bakmak lazım

Filtrasyon Türleri

FİLTASYON, akışkanlar içerisinde askıda kalan parçacıkların akışkandan uzaklaştırılması işlemidir. Sıvı, Gaz veya Hava için temizleme işlemi, askıda kalan katı parçacıkları çöktürerek de olabilir.

Bu ayırma işlemleri, Filtre adı verilen malzemeler yardımıyla gerçekleştirilir. Filtreler, uygun olmayan veya istenmeyen katı, sıvı veya gaz şeklinde olabilecek malzemeleri akışkandan ayırmak için kullanılır.

Endüstriyel filtre gereksinimi her zaman gündemde olduğundan, bugüne kadar önemli sayıda **Filtrasyon Türleri** kullanılmıştır ve kullanılmaktadır.

- **Santrifüj Filtrasyonu:** Filtre gövdesinin dönme hareketi ile filtrasyonun gerçekleştirildiği bir ayırma türüdür. Filtrasyonu elde etmek için herhangi bir filtre malzeme kullanımı yoktur. Filtre gövdesinin tanımlanmış dönme hızı sırasında, yüksek yoğunluklu katı maddeler veya sıvılar düşük yoğunluklu sıvıdan ayrılır. Bu uygulama, sıvı veya yarı sıvılar için de etkilidir.
- **Yerçekimi Filtrasyonu:** Askıdaki katı sıvı uygulamalarından üst seviyeden alt yüzeye akış yönünden çökeltmesi ile filtrasyon işlemine, Yerçekimi Filtrasyonu denir. Filtre işlemi atmosferik basınçta gerçekleştirilir.
- **Vakum Filtrasyonu:** Askıda olan toz parçacığının emiş yoluyla veya statik basınç seviyesinde atmosferik havadan temizlenmesi işlemi, Vakum Filtrasyonu olarak adlandırılır.
- **Buzlu Su/ Soğuk Su Filtrasyonu:** Bu filtrasyon işlemi, gerekli düşük sıcaklık korunduktan sonra gerçekleştirilir. Bu filtrasyon, önceki süreçte sıvıda karıştırılabilen/oluşturulabilen mevcut yağ asitlerini, proteinleri veya esterleri çıkarmak için yararlıdır. Gerekli düşük sıcaklık sıvısı muhafaza edildikten sonra soğutulmuş askıdaki parçacıkları çıkarmak için bir filtre ortamından geçirilir. Bu filtrasyon, daha düşük sıcaklıkta süzüntünün son kullanımı sırasında çöktürmesini önlemek için yararlıdır.
- **Sıcak Filtrasyon:** Sıcak Filtrasyon, kristal bileşiklerinden az miktarda farklı malzemeleri temizlemek için yararlıdır. Kristal bileşiği uygun yüksek sıcaklıkta uygun bir çözücü içerisinde çözülür, sıvı bileşikteki farklı malzemeler ayırıcı ortam aracılığıyla ayrıştırılır ve berrak çözelti tekrar kristalize bileşikler elde etmek için yavaşça soğutulur. Saflaştırılmış katı bileşikler izole etmek için çözeltiyi filtreleme işleminin adı, Sıcak Filtrasyon sürecidir.
- **Çok Katmanlı Filtrasyon (Kum / Çakıl / Karbon Filtrasyonu):** Uzun bir zamandır kullanılmakta olan filtre elemanı kumdur. Yeni teknikler kullanılarak, su filtrasyonunu yapmak üzere özel kum filtreleri de kullanılmaya başlanmıştır. Filtre tankında bulunan, farklı tür ve büyüklükteki çakıl katmanlar üzerinden geçen akışkandaki tutulabilir parçacıklar, filtrasyon işlemi yapılır. Karbon yatakta katmanlar halinde düzenlenen kömür karbon, istenmeyen ağır metallerin tutulması ile akışkan renk ve koku gibi etkenlerin giderilmesi için yararlıdır.
- **Mekanik Filtrasyon:** Bu, modern ve yeni teknoloji, atmosferik basınçtan daha yüksek çalışma basıncında endüstriyel filtrasyon gereksinimlerini karşılamak için kullanılmaktadır. Bu, ana filtre gövdesi içindeki ortamın düzenlenmesi yoluyla gerçekleştirilen filtrasyon işlemidir ve iki farklı tipte yapılmaktadır:
 - **Yüzey Filtrasyonu:** İstenmeyen parçacıklar için bir bariyer olarak çalışan, onları ana sıvı akışından uzaklaştıran ve filtre ortamında ana temas yüzeyinde durduran bir ortam düzenlemesine, Yüzey Filtrasyonu denir. Bunun basit örneği çay tozunun çaydan ayrılmasıdır.
 - **Derinlik Filtrasyonu:** Kendi dereceli yapısı içinde toz parçacıklarının farklı boyutunu ayıran ve toplayan dereceli yoğunluk yapısına sahip ortamın bir düzenlemesi. Çok bilinen adı ile Ters Osmos (Osmosis) RO³⁴, filtrasyon için daha kalın yüzeye sahip membran elemanı kullanılır. Bu filtreler, içme suyu içerisinde gelen partikülleri farklı yapı katmanlarında filtreler ve dereceli daha yoğun yapısı sayesinde ayırır.

Filtrasyon; Kimyasal, Otomobil, **Petrol ve Gaz**, Su Arıtma, Hava Temini, Kazan Suyu Hazırlama, İlaç ve Güç Santralleri vb. sektörlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Hangi sektör için filtrasyon yapılacaksa, işe başlamadan önce, akışkanların fark edilebilen önemli kriterlerini doğru belirlemek gerekir. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

³⁴ RO -Revers Osmosis (Ters Osmos)

- ✓ Uygulama için asılı katı malzeme mevcudiyeti,
 - ✓ Sıvı viskozitesi,
 - ✓ Sıvının Yoğunluğu/Özgül Ağırlığı,
 - ✓ Kimyasal Uyumluluk,
 - ✓ Çalışma Parametreleri, yani Çalışma Basıncı ve Çalışma Sıcaklığı,
 - ✓ Gerekli Filtrasyon Derecesi.
- **Askıya Alınmış Katı Partikül:** Ana akışkan akışı içinde süspansiyon veya çözünmez formda bulunan katı maddeler, gerekli filtrasyon tipinin seçimi için ana unsurdur. Askıya alınan katı parçacıkların kullanılabilirliği % veya ppm (Milyon başına parça) olarak sayılabilir. Partikülleri kontrol etmek çok önemli kriterdir, çünkü bu şekilde, filtrasyon türleri, filtrasyon aşamaları ve hatta filtrasyon derecesi tanımlanabilir. Bu önemli ayrıntıları dikkate almadan, filtrasyon işlemi ve gereksinimin karşılanması olanaklı değildir.
 - **Sıvı viskozitesi:** Bu, filtrasyon gereksinimi ile başa çıkma sırasında dikkat etmesi gereken ikinci önemli kriterdir. Her iki sıvının viskozite seviyesindeki fark nedeniyle, su filtrasyonu ve bal filtrasyonu için aynı filtre sistemi türü ve boyutu önerilemez.
 - **Sıvının Yoğunluğu / Özgül Ağırlığı:** Mevcut askıya alınmış katı parçacıklarının ağırlık detayının %'de olarak, yoğunluk / özgül ağırlık ayrıntısına kadar bilinen kg / gram değeri ölçeğinde hassasiyete kadar bilinmesi önemlidir.
 - **Sıvının Kimyasal Uyumluluğu:** Mekanik filtrasyon sırasında, ana filtre gövdesi ve filtre elemanı uyumu, performans için gereklidir. Bu filtre gövdesi ve filtre elemanı, farklı metal sınıflarında (Galvanik Reaksiyon) ve bazı durumlarda metal olmayan malzemeler (Statik Elektrik) ile de üretilmektedir. Metal veya metal olmayan malzemelerin seçimi, tamamen sıvının kimyasal uyumluluğuna bağlıdır. Sıvı, deniz suyu ise, filtre gövdesi ve filtre elemanı seçimi üstün metal sınıfında olmalıdır, böylece tatmin edici olarak kabul edilebilecek hizmet ömründen önce aşınmaması sağlanabilir.
 - **Çalışma Parametresi:** Çalışma basıncı ve çalışma sıcaklığıdır. Üretimden önce ve filtre sisteminin tasarımı sırasında, bu kriterler filtre gövdesinin kalınlığının, sızdırmazlık malzemesi seçiminin vb. faktörlerin tanımlanması için çok önemlidir.
 - **Filtrasyon Derecesi:** Esas olarak 0.001 ila 7000 mikron boyutunda değişen gerekli mikron derecesi, filtre elemanının türünü seçmek için yararlı olan bir diğer önemli kriterdir.

1.4 ÇEK VANALAR

• Çek Vanalar (Check Valves- Nonreturn Valves)

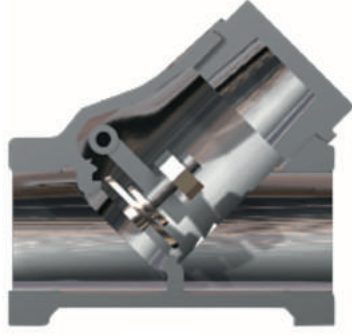
Şekil 64 ve Şekil 65'te gösterilen çek valf, borulardaki akışın tersine dönmesini önleyen bir vanadır. Sıvı akışı ile yaratılan basınç çek vanayı açık tutarken, yerçekimi ve akışın tersine dönmesi ise vananın kapanmasına neden olur. İki temel çek vana kontrol valfi tipi, salıncak kontrolü ve kalkış kontrolüdür.

Çek Vanalar sıvının sadece bir yönde akmasına izin verir. Klepeli vanalar, küre vanalarına benzer şekilde imal edilir ve genellikle belirli bir basınç altında açılan ancak basınç azaldıkça kapanan bir yay tarafından desteklenen bir top veya piston kullanarak geri akışı önler. Bu vanalar genellikle yüksek basınçlı uygulamalar için uygundur. Bir başka çeşidi, acil kapatma durumlarında kullanılan Kumandalı Çek Vanadır (Stop Check Valve).

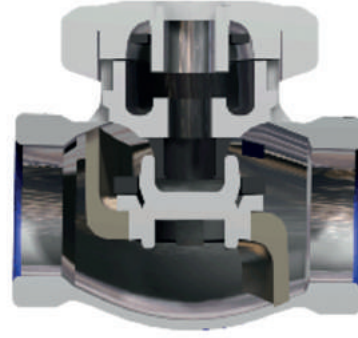
Çalpara kontrol vanaları, basınç azaldıkça bağlantı noktalarına karşı kapanmak üzere genellikle, yaylı olarak hareket ettirilen menteşeli klape, disk veya kelebek klape kullanır. Bu cihazlar düşük basınçlı uygulamalarda etkili olabilir. Eğimli disk kontrol vanası, açılış için gereken açma basıncını azaltmak için klapeyi biraz içe doğru bükük menteşe ederek yapılmaktadır. Kelebek veya çift klapeli kontrol vanaları ise, vana bağlantı noktasının merkez hattında, menteşeli ve akış yönünde vana çıkışına açılan iki yarım dairesel kanat veya disk kullanır.

Kauçuk çek vanaları da mevcuttur. Bunların, kanat ve ördek gagası gibi tasarım çeşitleri vardır.

Çek vanalar; gaz hatlarında, basınçlı hava servisinde ve pompalarla birlikte, sıvı ve gazların tek bir yönde hareket etmesi gereken her yerde kullanılır. Küçük ölçeklerde, plastik olarak üretilebilir ve metal oturaklı gibi birçok özel özelliği de içerebilir.



Şekil 64 Çalpara Çek Vana



Şekil 65 Çalpara Çek Vana

Çalpara Çek Vana

Çalpara kontrol vanalarında, disk tamamen açık veya tamamen kapalı konuma geçtiğinde herhangi bir kılavuz sabitleme veya hareketi sınırlama elemanı olmadığından, basınç dalgalanmalarından etkilenir ve zaman zaman açma kapama vuruntusu yapar. Değişken uygulamalara dönük gereksinimleri karşılamak üzere birçok alternatif disk ve oturak tasarımı bulunmaktadır. Yumuşak oturan çalpara çek valfler, metal- metale oturma temas yüzeylerine kıyasla daha iyi sızdırmazlık sağlar. Esnek kesici uçlu metal bir klape ve üzerinde sızdırmazlık için conta içeren kombinasyonun, daha da yüksek sızıntı engelleme özelliği vardır. Klappenin oturma açısı ve oturak yüzeyinin dikey düzlemler arasındaki açı, sıfırdan kırk beş dereceye kadar değişebilir. Bu şekilde daha sızdırmaz bir yapı sağlanır. Dikey klape ve oturak yüzeyi sıfır açıdadır. Daha büyük oturak açıları disk yolculuğunu azaltarak hızlı kapanmaya yol açacağından, yüksek ses çıkma olasılığını en aza indirir. Bazen koltuk açıları beş ile yedi derece arasında kullanılır.



Şekil 66 Yatay ve Dikey Kullanılan Çalpara Çek Vana



Kare Kod 11 Yatay Dikey Çalpara Çek Vana

Yaylı Çek Vana

Kaldırma (Yaylı-Lift) kontrol vanaları, akış hızının yüksek olduğu yerlerde, yüksek basınçlı akışkanlar için özel olarak yapılmıştır. Kaldırma kontrol vanalarında, piston diski tam temas ve düz çizgi boyunca kayma hareketi ile doğrusal hareket eder. Piston ve hareket haznesinin cidar kalınlıkları kabaca birbirine eşittir. Dev buhar hatlarında, diferansiyel genleşme nedeniyle diskin dışarı yapışmasını ortadan kaldırmak için diskin dışında, piston plakası ile kapak arasına yay yerleştirilir. Genellikle vidalı olarak kullanıldığı zaman sızdırmazlık kaynağı (seal weld) yapılmaktadır. Akış boşluğu, tam bağlantı noktası boyutundadır.

Asansör tipi çek vananın oturak tasarımı glob vana ile karşılaştırılabilir.

Disk genellikle bir piston veya bilye tipindedir. Bilyalı kaldırma kontrol vanaları son derece viskoz akışkan servisinde kullanılır. Bu kontrol vanaları, salıncak kontrol vanalarına göre üstün sızdırmazlık özelliğine sahiptir.

Piston türü kaldırma kontrol vanaları, servis sıvısı pistonunun üzerindeki çökelti arttıkça, açık konuma yapışma eğilimine sahiptir. Dev kaldırma kontrol vanaları, diskin üstündeki hazne ile vananın aşağı akış yönü arasında hareket sönümlenme disk serisi ile kullanılmaktadır.



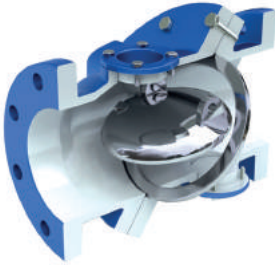
Şekil 67 Kaldırma Diskli Kontrol Vana



Kare Kod 12 Disco Çek Vana

Eğimli Disk Çek Vana

Eğimli disk çek vanası ile, tipik salıncak kontrol vanalarının doğasında bulunan bir dizi zayıflığın üstesinden gelmek amaçlanmıştır. Tasarım seçeneklerinin bir karışımı, vananın kesinlikle açılmasını ve daha düşük akış hızlarında sabit kalmasını ve ileri akışın durması üzerine hızlı bir şekilde kapanmasını sağlar. Kubbe şeklindeki disk yüzerken, her zaman tüm yüzeyleri sıvı ile temas eder, bu nedenle minimum amortisör etkisi oluşur. Titreşimli, çalkantılı ve yüksek hızlı akışlarda iyi performans gösterir. Bu özellikler vananın kaldırmasını uzatır ve boru sistemindeki akış kaynaklı dalga etkisini de (surge) keser.



Şekil 68 Eğimli Disk Kontrol Vanası



Şekil 69 Katlanır Disk Çek Vana



Kare Kod 13 Çek Vana

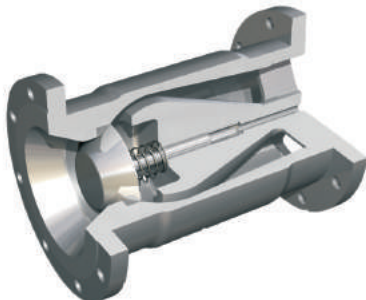
Katlanır Disk Çek Vanaları (Folding Disc)

Bu vana ayrıca, çift diskli veya bölünmüş disk kontrol vanası olarak da adlandırılır. Flanşlar arasına sıkıştırılan gövdesi yumuşak kaplama contalı ve giriş çıkış oturak yüzeyleri dışarıdadır. Düşük basınçlı sıvı ve gaz tesisat hizmetlerinde son derece popülerdir. Hafif kompakt yapısı, az yer kaplaması ve montaj kolaylıkları, onu tercih edilen çek vana haline getirir.

Dikey veya Hat içi kontrol vanası

Bu çek vanalar 2 konfigürasyonda sunulmaktadır: Sıralı bilyeli çek vana ve yumuşak veya sert koltuklu, tamamen kılavuzlu, disk çek vana. Dikey ve yatay olarak hat içi bilyeli çek vanaları kullanılır. Tamamen kılavuzlu disk yatay çek vanaları, yatay hatlarda genellikle de yay destekli bir kapatma ile kullanılır. Dikey hat montajında, kılavuzlu disk çek vanalar yay destekli kapatma ile veya yay takviyesiz kullanılır. Yay destekli kapatma sadece vananın hızlı bir şekilde kapatılmasına yardımcı olmaz; geri akışı önleyerek vuruntu olasılığını da en aza indirir.

Pistonlu bir kompresörün deşarj hattında olduğu gibi türbülans akışlarına sahip uygulamalarda kullanılabilir. Kompakt boyutlarının bir sonucu olarak, dar alanlarda uygulama için idealdir.



Şekil 70 Kılavuzlu Dikey veya Hat Üzeri Çek Vana



Şekil 71 Dikey veya Hat Üzeri Çek Vana



Kare Kod 14 Yerçekimi Sirkülasyon Kontrolleri

Kumandalalı Çek Vana (Stop Check Valve)

Kumandalalı durdurma çek vana, tek yönlü bir kontrol vanası veya bir izolasyon (durdurma) vanası gibi sürgülü veya glob vana gibi de kullanılabilir. Sistemin normal çalışması süresince, bu vanalar günlük çek vana olarak kullanılır; ancak, gerektiğinde, bu vanalar vana diskine monte olmayan vidalı gövde yardımıyla kapatma vanası olarak da çalışabilir. Gövde, tamamen vidalandıktan sonra, serbest yüzen diski sürgülü veya glob vanada olduğu gibi vana oturağında kapalı tutar. Bu vanalara te veya Y şeklinde, açılı ve eğimli form olabilir. Çalpara ve pistonlu kaldırma diski tarzı kontrol vanaları da normalde durdurma kontrol vanaları olarak kullanılır.



Şekil 72 Durdurma Çek Vana



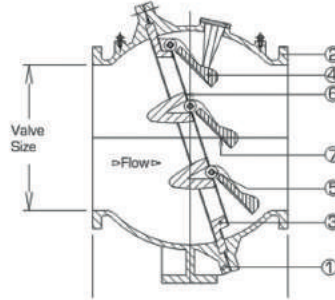
Şekil 73 Durdurma Çek Vana

Çok Klapeli Geri Dönüşsüz Çek Vana

Bu çek vanalar, büyük çaplarda ve yüksek su sütunu basıncı altında, dayanıklı ve geri tepme sırasında çarpmaya dayanıklı tasarımından dolayı çarpma olmadan kapatma sağlayan, çok klapeli bir tasarıma sahiptir. Bu tip çoklu klapeli çek vanalar, sık dalgalanmaların beklendiği (Açma/ Kapama) yerlerde avantajlı çalışmasının yanı sıra, baypas vanası ile vuruntuyu da sönmürlü.



Şekil 74 Çok Klapeli Geri Dönüşsüz Vana



Şekil 75 Vana Kesit Görünüşü

Vana Parça	Malzeme
1	Giriş Flanş
2	Çıkış Flanş
3	Diyafram
4	Klape
5	Saplama pimi ve somun
6	Diyaframlı koltuk halkası
7	Klape yüzü Halkası

Ördek Gagası Çek Vanaları (Duckbill)

Ördek gagası çek vana, güvenilir performansa sahiptir ve sürekli aşındırıcıyla karşı karşıya kalsa bile buna karşı dayanıklıdır. Duckbill Vanaları verimli, sessiz ve sert olacak şekilde tasarlanır. Harici güç kaynağı gerektirmez, böylece işletme maliyetlerini azaltır. Vananın basit tasarımı, parçalanması veya sıkışması için hareketli mekanik parça olmadığı anlamına gelir ve bu yüzden bakım maliyetlerini azaltır. Vanalar, ham kanalizasyon, çamurlar veya bulamaçlar gibi aşındırıcı veya sert katı malzeme içeren aşındırıcı sıvılarda kullanılır. Esnek tasarımları, katıların engelsiz bir şekilde geçmesine izin verir ve hatta vanada sıkışan katıların etrafını kapatabilir.

Uygulandığı yerleri şöyle örneklebiliriz:

- Atık su arıtma tesisleri,
- Kanalizasyon sistemleri,
- İçilebilir su tutma tankları, sadece tekli/tek çıkışlı (tank taşma boruları dahil),
- Pompa koruması (su çekici/valf çarpması gibi etkilere karşı),
- Havaalanı pistleri, otoparklar, yerleşim alanları, ticaret merkezleri,
- Yağmur Suyu Deşarjı,
- Taşkın Kontrol Önleme,
- Atık Difüzerler,
- Güçlendirme Sistemleri,
- Madencilik çıkış yeri deşarj ve gölet taşma borusu tahliyelerinde kullanılır.



Şekil 76 Ördek Gagası Çek Vana (Kılıfsız)



Şekil 77 Ördek Gagası Çek Vana (Kılıflı)

• Dip Klapeleri (Foot Valves)

Bir önceki kısımda pislik tutucu vanaları anlattık ama burada pislik tutuculu çek vanaları biraz incelemek istiyorum.

Her türlü su ve akışkanın daha düşük bir seviyeden daha yüksek bir seviyeye pompalanması çok fazla enerji gerektirir. Bu arada, yukarı çekilen akışkanın kaynağa geri akmasına engel olan çek vanalara gereksinim duyulur.

Bununla birlikte, dip klapesi olarak bilinen basit bir mekanik cihaz sayesinde, bu geri akma olayı ustaca önlenir. Dip klapesinin temel amacı, akışkan borusunun içindeki akışkanın akış yönünü kontrol etmektir. Dip klapesi, süzgeçli çek vana olarak bilinen çek vananın emiş tarafındaki akışkan içinde bulunan farklı büyüklüklerdeki katı parçaların, akışkan emiş borusuna girmesini engeller. Dip klapesi, süzgeç ve pislik tutucu klapesi ile çek vana olan, tek yönlü bir kontrol vanası olduğundan, sadece bir yönde açılabilir. Bu nedenle, yalnızca tek yönlü bir akışa izin verir ve akış yönü tersine döndüğü zaman kapanır.

Temel olarak pompa emişlerinde, dikey serbest emiş veya yerçekimi etki değerinin altında bulunan seviyelerde problemsiz emiş sağlamak gibi farklı uygulamalar için, farklı tiplerde ve özelliklerde farklı akışkanlar için farklı malzemelerden üretilmiş olan tipleri bulunur. Pompa emişinde, sıvının boşalma riski olan tesisatta kullanımı yaygındır.



Şekil 78 Süzgeçli Dip Klapesi

Kullanıldığı tesisat türlerine örnek olarak şunlar verilebilir:

- Kuyu su pompaları emiş borusunda,
- Pompanın, emiş borusundaki havayı tahliye etme kabiliyeti yoksa,
- Dalgiç pompalar dışında kullanılan tüm pompa dikey serbest emişlerinde,
- Yangın pompası kullanımında, pompa- su deposu kod farkı varsa,
- Sulama sistemlerinde, yeraltı su deposundan pompa emişinde,
- Akışkan viskozitesi nedeniyle pompa emişinde kavitasyon olasılığı varsa.

Önemli Montaj Tavsiyeleri

Boru Akış Hızları:

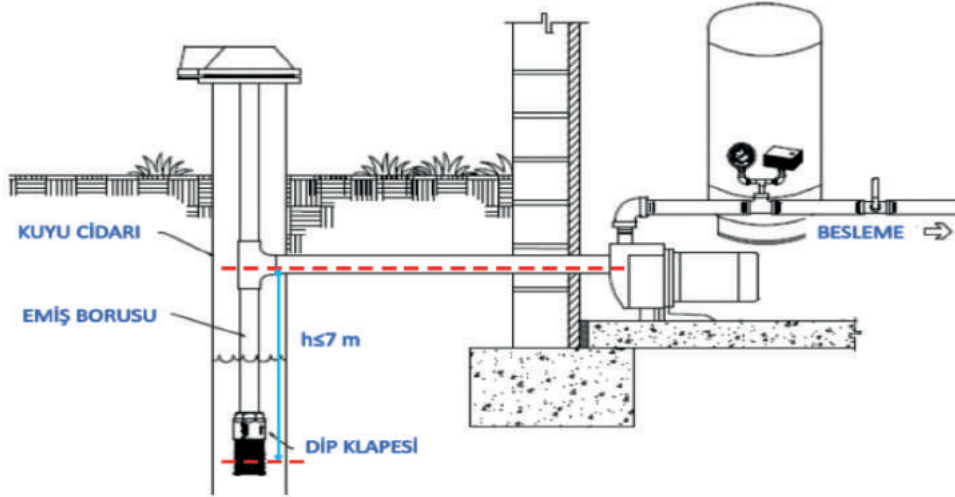
Yüksek akış- Bir dip klapesi seçerken, vana çapı, normalde 1,5 m/s yi geçmeyecek şekilde seçilmelidir. Çok yüksek bir akış, pompanın kavitasyon oluşturma riski ile verimli çalışmaması ve bunun sonucunda olası erken arızası ile sonuçlanabilir. Endüstri uygulamalarında, pompa emiş boru çapı için, hesaplanandan bir çap daha büyük kullanılır. Örneğin pompa emiş çapı 1" ise en az 1 1/4" emiş borusu ve dip klapesi kullanın.

Düşük akış- pompa emiş hızının 0,6 m/s altında olması ise dip klapede aşınmaya yol açacağından, o da tercih edilmez. Dip klapesi seçerken bir üst çap veya daha büyük dip klapesi seçmek için hız sınırlarını kontrol ediniz, zira düşük hız az direnç anlamına gelir.

Sistem basıncı: Vana tipi ve modeli seçerken, sadece pompaların emiş basıncı değil toplam sistem hidrolik basıncı da önemlidir. Yükseltici borudaki hidrolik şokları hafifletmek ve azaltmak için, yükseltici boruya 60 metre mesafede bir kontrol vanası takılması önerilir.

Dip Klape takılma öncesi: Emiş borusunun iyi temizlendiğinden emin olun. Dip klapesinin herhangi bir kusuru olmadığından ve vananın yaylı klape mekanizmasının serbestçe çalıştığından emin olun. Vana oturağında da herhangi bir yabancı malzeme olmamalıdır.

Dip klapesinin oku, sıvı akışı yönünde ve dikey olarak monte edilmelidir. Dip klape, pompa emiş borusunun en fazla 7 metre dikey mesafe altına monte edilmelidir. Dip klapesi süzgeci tankın dibinde oturmamalı ve en iyi çalışma verimliliği için ağırlığını, boru destek bağlantısına vermelidir. Buna ek olarak, dip klapesi süzgeci, minimum su pompalama seviyesinin altında ve girdap oluşmayacak derinlikte monte edilmelidir.



Şekil 79 Dip Klapesi Montaj Derinliği ve Kuyu Havalandırma Kapağı

1.5 TİTREŞİM YUTUCU ve UZAMA-KISALMA ELEMANLARI

Boru sistemlerindeki, doğal genişleme için kullanılacak dirsek veya uzama elemanlarının kullanılmasının istenmediği veya pratik olmadığı durumlarda, ısı genleşmeyi veya sabit noktaların arasındaki hareketliliği emmek için uzama/ kısılma elemanları kullanılır. Genleşme elemanları için birçok farklı şekil ve malzeme mevcuttur. Aşağıda, kauçuk, metalik ve Teflon® gibi malzemelerden yapılmış, doğal boru esnekliğinin sınırları dışında çalışan körükler gibi elemanların kısa bir tanımını bulacaksınız.

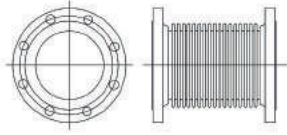
1.5.1 METALİK GENLEŞME ELEMANLARI

1.5.1.1 Tek Genleşme Elemanı

Metalik Genleşme Elemanları, ısı uzama/kısılma, titreşim, basınç itme ve diğer mekanik kuvvetlerin neden olduğu hasarı önlemek için boru ve kanal sistemlerine monte edilir. Çeşitli malzemelerde çok çeşitli metalik körük tasarımları vardır. Seçenekler, petrol rafinerilerinde kullanılan en basit dolambaçlı körüklerden başlamaktadır ve diğerleriyle devam eder. Körük malzemeleri arasında, her türlü paslanmaz çelik ve yüksek kaliteli nikel alaşımli çelikler bulunur.

İki noktayı birbirine bağlayan herhangi bir boru, boru üzerinde gerilmelere neden olan çok sayıda eylem ile karşılaşmaktadır. Bu streslerin nedenlerinden bazıları şunlardır:

- Çalışma sıcaklığında iç veya dış basınç,
- Borunun kendi ağırlığı veya boru üzerindeki elemanlardan gelen ağırlık,
- Harici engeller nedeniyle boru bölümlerinin hareketine uygulanan sınırlamalar,
- Akışkanın veya dış hava sıcaklığının yarattığı ısıl genleşme.



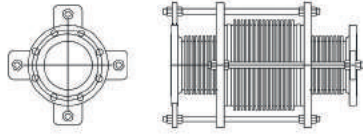
Şekil 80 Titreşim Yutucu Körük Teknik Resmi



Şekil 81 Titreşim Yutucu Körük

1.5.1.2 Sıralı Basınç Dengeli Genleşme Elemanları

Sıralı Basınç Dengeli Metal Körük Genleşme elemanları, sistem ankrajlarına uygulanan minimum itme kuvvetleri ile aksel hareketi emmek için düz boru hatlarında çalışma hareketini karşılamak için kullanılır. Her Sıralı Basınç Dengeli Genleşme Elemanı, belirli bir basınç, sıcaklık ve aksel sıkıştırma derecesi için tasarlanır. En yaygın montaj konfigürasyonları flanşlar veya eğimli alın kaynağıdır.



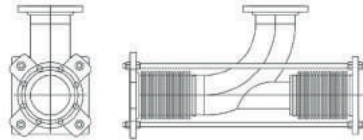
Şekil 82 Basınç Dengeli Körük Teknik Resmi



Şekil 83 Basınç Dengeli Körük

1.5.1.3 Dirsek Basıncı Dengeli Genleşme Elemanları

Sadece yanal sapmanın ortadan kaldırılması gereken düz boru hatlarına hizmet eden Sıralı Basınç Dengeli Genleşme Bağlantılarının aksine, **90° Dirsek Basıncı Dengeli Elemanlar** hem aksel sıkıştırmayı hem de yanal sapmayı emebilir. Bu genleşme elemanı, ankrajlardaki basınç itme gücünü neredeyse tamamen ortadan kaldıran dengeleme körüklerine sahip, bağlı evrensel genleşme elemanına benzer. Bu metal genleşme elemanı tasarımı, Expansion EJMA³⁵ tarafından tanınır ve önerilir.



Şekil 84 Basınç Dengeli Dirsekli Körük Teknik Resmi

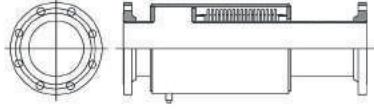


Şekil 85 Basınç Dengeli Dirsekli Körük

1.5.1.4 Harici Basıncı Genleşme Elemanları

Harici Basıncı Genleşme Elemanları, büyük miktarlarda aksel sıkıştırma veya uzama için mükemmel bir seçimdir. 18"den (457,2 mm) fazla toplam aksel hareket kabiliyetine sahip harici basınçlı metal körük genleşme elemanları temin edilebilir. Harici basınçlı genleşme elemanlarının diğer bir faydası da bir boru çalışmasında ilk boru kılavuzu gereksinimini ortadan kaldıran, yerleşik bir kılavuz sistemine sahip olmalarıdır. Genellikle akış astarı gerekli olan buhar uygulamaları için, yapısı nedeniyle harici basınçlı genleşme elemanları bu gereksinimi ortadan kaldırır. Bu tip metal genleşme elemanları, metal körükleri hasardan koruyan basıncı içeren dış kasaya sahiptir.

³⁵ Joint Manufacturers Association



Şekil 86 Harici Basıncılı Körük Teknik Resim



Şekil 87 Harici Basıncılı Körük

1.5.1.5 Evrensel Genleşme Elemanları

Universal Metal Körük Genleşme Elemanları, bir merkez boru ile ayrılmış eşit uzunlukta iki metal körük ile imal edilir. Bu genleşme elemanı tasarımı, birden fazla düzlemde büyük miktarlarda yanal sapmayı sönümler. Sapma miktarı, her bir körüğün alabildiği açısal miktarına ve merkez makaranın uzunluğuna bağlıdır. İmalatçı, merkez boru uzunluğunu değiştirerek yanal sapma yeteneğini ve çevrim ömrünü artırabilir veya azaltabilir. Universal Metal Körük Genleşme elemanlarının, ilgili son standartlara uygun olarak tasarlanmış ve üretilmiş olması temel esastır. Bu genleşme elemanları bağlama çubukları kullanmadığı için, sistem borularının düzgün bir şekilde taşıyıcı elemanlara tutturulmasını gerekir.



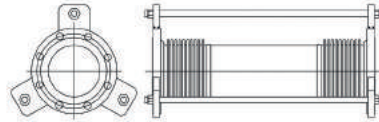
Şekil 88 Evrensel Genleşme Körük Teknik Resmi



Şekil 89 Evrensel Genleşme Körük

1.5.1.6 Bağlı Evrensel Genleşme Elemanları

Bağlı Evrensel Genleşme Elemanları, standart bir evrensel bağlantı elemanı gibi merkez boru ile ayrılmış eşit uzunlukta iki paslanmaz elik körük ile imal edilir. Kılavuz çubuklarının eklenmesiyle, bu metal körük genleşme elemanı boru çalışmasında ayrıca bir ankraj gerektirmez. Kılavuz ubukları tam basınç itme yükünü taşımak ve yanal harekete izin vermek için tasarlanır. Bağlı Evrensel Genleşme Elemanlarında eksenel sıkıştırma ve uzamaya izin verilmez. Açısal hareket gerekiyorsa,   (3) yerine iki (2) bağlantı çubukları kullanılır.



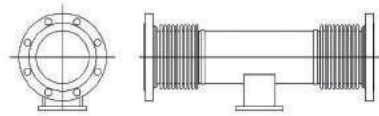
Şekil 90 Sınırlı Evrensel Körük Teknik Resmi



Şekil 91 Sınırlı Evrensel Körük

1.5.1.7 Çift Genleşme Elemanları

Çift Genleşmeli elemanlar, tek bir boru genleşme etkisinden daha büyük eksenel hareket elde etmek için kullanılabilir. Çift metal genleşme elemanları, bir merkez boru ile birbirine bağlanan iki tek k r kten oluşur ve tek metal körüklü genleşme elemanlarında olduğu gibi bu genleşme elemanları, düzgün çalışması için boru taşıyıcı sistemine tutturularak kullanılır. Ara sabit ankraj tabanı, her iki körük için hareket etmesi için gereken kuvvetlere dayanacak şekilde çift metal körük tasarımına dahil edilir, ancak yine de ana ankraj kullanılmasını gerektirir.



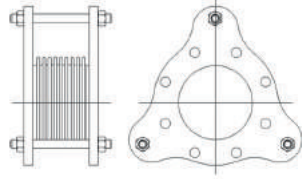
Şekil 92 Sabit Nokta Körük Teknik Resmi



Şekil 93 Sabit Nokta Körük

1.5.1.8 Kılavuz Çubuklu Pompa Titreşim Konektörleri

Kılavuz Çubuklu Pompa Konektörleri, pompa titreşimine dayanacak çok katlı körüklerle imal edilir. Bu tip genişleme elemanı genellikle çok kısa ve sınırlı hareket kabiliyetine sahiptir.



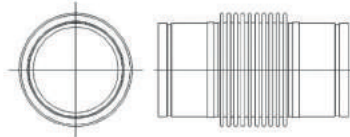
Şekil 94 Kılavuzlu Titreşim Yutucu Teknik Resmi



Şekil 95 Kılavuzlu Titreşim Yutucu

1.5.1.9 Yivli Genleşme Elemanları

Paslanmaz çelik ve karbon çelik **yivli boru uçları için** birçok metal körük genişleme elemanı tasarımı kullanılır. Körüklü montajlar ve yivli kelepçelerle kullanılır. Tüm genişleme körüklü ürünlerde olduğu gibi uygun ankraj ve yönlendirme gereklidir.



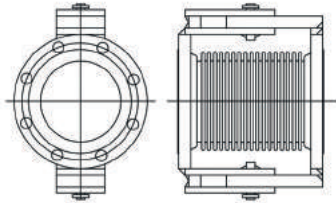
Şekil 96 Yiv Bağlantılı Körük Teknik Resmi



Şekil 97 Yiv Bağlantılı Körük

1.5.1.10 Menteşeli Genleşme Elemanları

Evrensel ve oluklu menteşe tasarımlarında "**Menteşeli Genleşme Elemanları**" sadece tek bir düzlemde açılabilir dönüş için tasarlanır ve kullanılır. Bu nedenle, menteşeli metal genişleme elemanlarının düzgün çalışması için 2 veya 3 adet kullanılması gerekir. Menteşeler ve pimler körüklerin basınç itme gücünü karşılamak ve boru tasarımı ile iletilen yüklere karşı kuvvet üretmek için tasarlanır. Evrensel menteşeli genişleme eleman tasarımları büyük miktarlarda yanal sapmayı korurken, oluklu menteşe tasarımları ise az miktarda aksel hareket sağlayabilir.



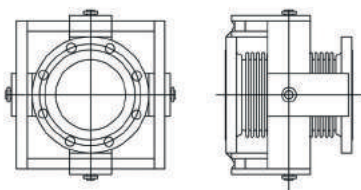
Şekil 98 Menteşeli Körük Teknik Resmi



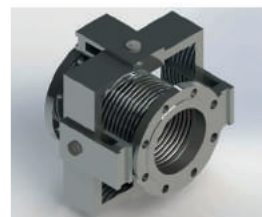
Şekil 99 Menteşeli Körük

1.5.1.11 Gimbal Genleşme Elemanları

Gimbal genişleme elemanı, menteşe tipiyle hemen hemen aynıdır, ancak sadece herhangi bir düzlemde açılabilir sapmayı kabul edebilir. Diğerine 90 derece olan iki menteşe pim seti içerir. Her pim seti, metal genişleme eklemesinin ortasındaki bir gimbal halkasına tutturulur. Bu tip metal körük genişleme elemanı, menteşeli tip genişleme elemanı gibi aksel kuvveti ve basınç itme gücünü ortadan kaldırır. Gimbal genişleme elemanları için kullanılan en yaygın iki montaj yöntemi flanşlar ve alın kaynağıdır.



Şekil 100 Üç Boyutlu Hareketli Körük Teknik Resmi



Şekil 101 Üç Boyutlu Hareketli Körük

1.5.2 METAL GENİŞLEME ELEMANLARI MONTAJ VE BAKIM TALİMATLARI

Aşağıda EJMA tarafından önerilen, metal genişleme elemanların kurulum talimatları bulunmaktadır. Genleşme elemanlarının zarar görmesini önlemek için kullanılan özel metal genişleme elemanları, standart ve şartnamelerde belirtilen yönergelere göre monte edilmelidir.

1.5.2.1 Genel Montaj Yönergeleri

- Genleşme elemanı körükleri, nispeten ince ölçekli malzemelerden üretildiği için, özel montaj ve taşıma önlemleri gerektirir. Bu talimatlara uyulmaması genişleme elemanına zarar verebilir. Gösterilmeyen dikkat sonucu oluşan hasar, körüklerin erken arızasına veya ömrünün azalmasına yol açtığı gibi, kullanıldığı sistem üzerinde oluşabilecek ciddi hasarlara da yol açabilir.
- Birçok temizlik deterjanı, sabun ve çözücü klorür içerir ve körük yüzeyinde stres korozyonuna neden olabilir. Bu nedenle, körük yüzeyinin temizlenmesi gerekiyorsa, sadece izopropil alkol ve temiz yumuşak paçavralar kullanılması önerilir.
- Körük yüzeyinde tel fırçalar, çelik lif ve diğer aşındırıcılar kullanılmamalıdır.
- Genleşme elemanı körüklerini yalıtım için kullanılacak yalıtım malzemesi klorür içermemelidir.

Metal Genleşme Elemanlarının Depolanması

- Hasarı önlemek için genişleme elemanının güvenli ve kapalı bir alanda saklanması önerilir. Ancak nakliye çubukları depolama, nakliye ve kurulum sırasında yerinde kalmalı sadece işletmeye alma çalışmaları sırasında çıkarılmalıdır. Depolama sırasında, çarpma, düşme veya istiflemeye kaynaklanabilecek mekanik hasarlardan kaçınmak için dikkatli olunmalıdır.

Eski Genleşme Elemanı Montajı

- Genleşme elemanın monte edileceği konumun yani boru sistemi üzerindeki açıklığın ve eksenelliğin, tasarımcı ve/veya alıcı tarafından belirlenen montaj toleranslarını aşmadığının doğrulanması için çok dikkatlice incelenmelidir. Genleşme elemanları, ciddi boru yanlış eksenel hizalamasını telafi etmek için tasarlanmaz ve kullanılamaz. Tasarım belirtiminden daha büyük bir eksenel hizalama yanlışı varsa, genişleme elemanını monte etmeden önce üreticiye danışın veya körüğün monte edileceği yerin istenilen koşulları sağlamaması durumunda borular üzerinde gerekli değişiklik yapılarak, sistem, montaja uygun şekilde getirilmelidir.

Genleşme Elemanı Taşıma Kuralları

- Nakliye çubukları, kesinlikle kaldırma elemanı gibi kullanılmamalıdır. Bazı genişleme elemanları, özellikle büyük olanlar, tasarımlarına dahil edilmiş kaldırma pabuçları ile gelir. Daha hafif genişleme elemanlarında, asla körük tarafından kaldırma ve taşınma yapılmamalıdır. Hele zincir ve sapan gibi kaldırma/taşıma elemanlarının doğrudan körük yüzeyinde kullanılması, körük yüzeyinde ciddi hasarlar meydana getirecektir.
- Nakliye çubukları (renkli boyanmıştır), mühendislik körüklerinin uzunluğunu korumak ve nakliye sırasında ünite için stabilite sağlamak için genişleme elemanına monte edilir. Genleşme körük montajı tamamlanana kadar nakliye çubuklarını çıkarmayın.

Metal Genleşme Elemanları Kurma Hazırlığı

- Genleşme elemanı uçlarındaki koruyucu kaplamalar çıkarılarak, körük içinde yabancı cisim olmadığından emin olunmalıdır. Genleşme elemanı tasarımına bir akış astarı dahil edilmişse, genişleme elemanı, akış yönünü işaret eden akış okuyla yönlendirilir. Genleşme elemanının yanlış yöne takılması, körüğün erken arızalanmasına neden olacaktır.
- Kaldırma pabuçları veya uygun kaldırma cihazlarını kullanarak, genişleme elemanını boru sistemindeki istenen konuma yerleştirin.

1.5.2.2 Metal Genleşme Elemanlarının Montajı

Kaynak Uçlu Genleşme Elemanları

- Herhangi bir kaynak veya taşlamadan önce körükleri yangın geciktirici bir battaniye ile sıkıca sarın. Bu koruma, taşlama ve kaynak sırasında ortaya çıkacak çapakların körük üzerinde yaratacağı herhangi bir hasarı önleyecektir.
- Doğru dolgu metali ve kaynak prosedürlerini kullanarak, genişleme elemanını bitişik boru veya kanala kaynaklayın.

Flanşlı Genleşme Elemanları

- Genleşme elemanının sisteme bağlantısını yapabilmek için konumlandırdıktan sonra, cıvata delikleri birbirini karşılayacak şekilde, karşılıklı flanşları öpüştürmek gerekir. Cıvata deliklerini hizalamak için körükleri ASLA torklayarak sıkmayın. Yeni yapı için, genişleme elemanı takılana kadar bitişik flanşlardan birinin gevşek bir şekilde bırakılıyor olması önerilir.

Basınç Testi

- Boru sistemini basınç altında test ederken basınç itme gücünü kontrol etmek için asla nakliye çubuklarını kullanmayın. Test etmeden önce tüm ankraj ve kılavuzlar yerinde olmalıdır. Test basıncı, genişleme körüğünün tasarlanan çalışma basıncının 1,5 katını asla geçmemelidir. (Isıl sıcaklık farkı dahil)

Metal Genleşme Elemanlarının İşletilmesi ve Bakımı

- Genleşme elemanı servise girdikten hemen sonra, körüğün termal hareketleri doğru şekilde emdiğini garanti etmek için kontrol ediniz.
- Körüklerin beklenmedik titreşim hareketleri yapıp yapmadığını inceleyin. Titreşim, herhangi bir metal genişleme elemanının ömrünü kısaltır.
- Genleşme elemanı ve boru sistemini periyodik olarak inceleyin. Denetimlerin sıklığı hizmetin ciddiyetine, çevresel kaygılara ve tesis personelinin güvenliğine bağlıdır.

1.5.3 KAUÇUK GENLEŞME ELEMANI

Kauçuk Genleşme Elemanları, ısıl değişiklikler nedeniyle boru sistemlerinde stres giderme sağlamak için tasarlanmış, metalik takviyelere sahip, doğal veya sentetik elastomerlerden ve kumaşlardan üretilen esnek bir konektördür.

Bu esnek bağlantı, boru sisteminin hat üzerindeki genişleme sorunları için ideal bir çözümdür. Kauçuk genişleme elemanları, tesis operasyonlarının hasar görmesini ve yersiz duruş süresini önleyen yanıl, burulma ve açılmal hareketleri ortadan kaldırır.

Kauçuk Genleşme elemanları, gemiler arasındaki konektörler olarak tanımlanır veya çok farklı sıcaklıklarda basınç altında çalışan sıvıları, bulamaçları veya gazları taşıyan tüm sistemlerde kullanılır. Bu kauçuk genişleme elemanları tüm enerji santrallerinde, gaz türbin sistemlerinde, dizel motor tesisatlarında, petrokimya ve kimya tesislerinde, pompa sistemlerinde, çimento işlerinde, çelik işlerinde, yakma makinalarında, açık deniz sistemlerinde, gemilerde ve yolcu gemilerinde hava ve gaz kanalı sistemlerine de monte edilmektedir.

Kauçuk genişleme elemanları, bazıları daha yaygın olan farklı polimer sınıflarından yapılır. Polimer veya kauçuk seçimi, uygulamanın hem iç hem de dış ortamı tarafından kullanılmasını sağlar. Örnek olarak, etilen propilen dien monomer (EPDM), genişleme körüklerinde kullanılan yaygın bir malzemedir, ancak hidrokarbon bazlı ortamla uyumlu değildir. Bu nedenle, neopren, yağlar, benzin ve diğer petrol bazlı sıvılarla çalışırken genişleme elemanı olarak kullanılması tercih edilir. Doğru polimerin seçimi, genişleme elemanı ömrü için kritik öneme sahiptir. Bkz. Tablo 30

Kauçuk elemanlar özel yapısı gereği aşağıdaki sorunları çözebilir.

- Titreşim, gürültü, şok, korozyon, aşınma
- Gerilmeler, yük stresi, ekipman hareketi
- Boru sistemindeki titreşim, basınç titreşimi ve hareketi

Tipik Örnek Kauçuk Elemanlar



Şekil 102 Çeşitli Kauçuk Titreşim Yutucular 1 -12 arası

1.5.3.1 Kauçuk Bazlı Elemanların Bazı Yoğun Kullanıldığı Sektörler

Proses Borulama

Bir proses boru sisteminin korunması, kauçuk genleşme elemanları için önemli bir kullanım alanıdır. Bağlantılarda, pompaların yarattığı kuvvetlerin neden olduğu gürültü ve titreşimi azaltır. Ayrıca aşındırıcı bulamaçları, aşındırıcı kimyasalları veya çok reaktif sıvıları veya gazları işleyen sistemlerde, santrifüjler için amortisör görevi görür. Boru sistemindeki ısıl hareket, kauçuk elemanlar kullanılarak da önlenir. Kauçuk ve sentetik elastomerlerin mükemmel kimyasal direnci, bu elemanları proses boru sistemleri için ideal hale getirir.

Enerji Santrali Uygulamaları

Nükleer ve fosil yakıt santralleri, kondenser hatlarında, yoğunlaşma hatlarında, buhar türbini egzoz hatlarında, havalandırma sistemlerinde ve soğutma suyu hatlarında termal genleşme ve daralmayı azaltmak için kauçuk genleşme elemanları kullanılır. Güvenilirlik, çok farklı yetenek, uzun ömür ve kendilerini hareketlere uyum sağlama kolaylığı, bu genleşme elemanlarını enerji santrali uygulamaları için ideal hale getirir.

Deniz Sistemleri

Elektrolizin yıkıcılığını ortadan kaldırır ve aynı zamanda sesin iletimine karşı yalıtım sağlar. Kauçuk genleşme elemanları 'hareketli' bir geminin boru sisteminde gerekli hareket ve esnekliği sağlar. Kauçuğun kompaktlığı, dayanıklılığı ve düşük stres özellikleri, bu elemanları gemi boru sistemleri için de ideal hale getirir. Kauçuk bağlantı elemanları, yardımcı kondenser, dizel motorlarda hava girişi, kondenser ve gövde arasındaki aşırı deşarj hattı, havalandırma hatları, boşaltma ve sıhhi tesisat sistemleri, yangın ve sintine pompaları gibi alanlarda popüler olarak kullanılmaktadır.

Kirli ve Atık Su Arıtma

Su arıtma tesisleri, kanalizasyon arıtma tesisleri ve hava yıkayıcı sistemleri kauçuk genleşme elemanlarının kullanımını zorunlu kılar. Aşınma ve korozyona karşı dirençlerinin yanı sıra esneklik özellikleri nedeniyle, kauçuk genleşme elemanları ham ve ikincil kanalizasyon hatlarında, çamur pompalarında, santrifüj hava üfleyicilerde, yığınların sıyrılmasında kullanılmak için idealdir.

Tablo 30 Çeşitli Elastik Malzemelerin Teknik Özellikleri

Özellikler	NR	SBR	NBR	EPDM	CR	SİLİKON	VITON
Sertlik, A	30-95	40-95	40-95	30-85	30-90	40-80	50-95
Isı Direnci: Maks. Sıcaklık Dayanım °C	75	85	100	130	95	205	205
Maks. Kısa Sıcaklık Dayanımı °C	105	115	130	150	125	300	300
Düşük Sıcaklık Dayanımı	-60	-55	-20	-50	-35	-60	-20
Oksitlenme Direnci	Adil	Adil	İyi	Mükemmel	Çok iyi	Mükemmel	Muhteşem
Ozon ve Hava Koşulları Direnci	Fakir	Adil	Adil	Muhteşem	Çok iyi	Muhteşem	Muhteşem
Yağ Direnci	Fakir	Fakir	Mükemmel	Adil	İyi	Mükemmel	Mükemmel
Çözücüler:							
- Alkol	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
- Aseton	Adil	Adil	Fakir	İyi	Adil	Adil	Fakir
- Benzen	Fakir	Fakir	Fakir	Fakir	Fakir	Fakir	İyi

Kimyasallar:							
- Asitler	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Adil	Mükemmel
- Bazlar	İyi	İyi	Adil	İyi	Adil	Adil	İyi
Fiziksel Dayanım	Mükemmel	İyi	İyi	İyi	İyi	Fakir	İyi
Sıkıştırma Kümesi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Yırtılma ve Aşınma	Mükemmel	İyi	İyi	İyi	İyi	Fakir	İyi
Elastikiyet	Mükemmel	İyi	İyi	Çok iyi	Çok iyi	Adil	Fakir
Gaz Geçirgenliği	Fakir	Oldukça Düşük	İyi	Oldukça Düşük	Çok iyi	İyi	Çok Düşük
Elektrik Dayanımı	Mükemmel	Mükemmel	Fakir	Mükemmel	İyi	Mükemmel	İyi
Alev Direnci	Fakir	Fakir	Fakir	Fakir	Kendi Kendine Sönme	İyi	Kendi Kendine Sönme
Su Dayanımı	Çok iyi	Adil	İyi	Mükemmel	İyi	İyi	İyi

NR-Doğal Kauçuk; SBR-Stren Butadil Kauçuk; NBR-Nitril Kauçuk; EPDM-Etilen propilen diene monomer; CR-Neopren; SİR-SİLİKON; FKM-VITON

1.5.4 TEFLON® GENLEŞME ELEMANLARI

Teflon® Genleşme Elemanları korozyona dayanıklı, olağanüstü esnek ömür ve eşsiz güvenilirlik ile yaşlanmaz.

Teflon® genleşme elemanı kimyasal işleme endüstrisinde yaygın kabul görür, asitlerin ve son derece aşındırıcı kimyasalların işlendiği boru uygulamaları ve pompa konektörü olarak ticari ısıtma, iklimlendirme sistemleri ve uzun boru sistemlerinde stratejik önemi vardır.

Aşağıdaki sorunları telafi etmek için kullanılabilirler.

- Hareket, yanlış hizalama, aksenal sapma
- Açısal sapma ve veya boru sistemlerinde titreşim



Şekil 103 Teflon Körukler

1.6 POMPALAR

Pompalar, neredeyse tesisatın en önemli elemanlarından biri olup, doğal akış veya sirkülasyon olmadığı şartlarda en yüksek enerji tüketen kısmını oluşturmaktadır. Klasik olarak pompanın ne olduğunu veya tarihini anlatmak yerine direkt olarak pompa adıyla tanımlanan ürünlerin temel tasnifini ve özelliklerine göre gruplandırılmasını anlatmakla başlamayı tercih ediyorum.

Kısım 1, 2 ve 1, 3 altında anlatılan akışkanların davranışlarının temelini oluşturan viskozite ile burada da pompa ile ilgili bazı teorik ve pratik bilgiler ile devam etmek gerekir.

Bu bölümde, Tesisat Akış Şemaları ile tesisat tip ve nitelikleri içerisinde kullanılan pompaların ve onlarla ilgili vana ve tesisat armatürlerinin detaylı özelliklerini anlatmak ve resimlerini göstermek istiyorum.

Pompaları sınıflandırmanın birçok yolu vardır: İşlevlerine, hizmet koşullarına, konstrüksiyon malzemelerine vb., ABD pompa endüstrisi ticaret birliği Hidrolik Enstitüsü, Şekil 104'te gösterildiği gibi pompaları sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırma pompaları aşağıdaki gibi alt gruplara ayırır.

a) Enerji Ekleme Prensibi

İlk sınıflandırma, sıvıya enerjinin eklenme prensibine göre yapılır.

Aşağıda tanımlanan iki geniş pompa sınıfı vardır:

Kinetik (Kinetic)

Kinetik (rotodinamik olarak da adlandırılır) bir pompada, akışkanın hızını artırmak için sıvıya sürekli olarak enerji eklenir, sıvı hızı daha sonra azaldığında, bu bir basınç artışı üretir. Bu sınıflandırmaya giren birkaç özel tip pompa olmasına karşın, çoğunlukla bu sınıflandırma santrifüj pompalardan oluşur.

Pozitif Yer Değiştirme (Positive Displacement)

Bir PD pompasında, bir kuvveti bir veya daha fazla hareketli sıvı hacmine doğrudan uygulayarak, sıvıya periyodik olarak enerji eklenir. Bu, sıvıyı deşarj hattındaki bağlantı noktalarından geçirmek için gereken değere kadar basınç artışına neden olur. Buradaki önemli noktalar, enerji ilavesinin periyodik (yani sürekli değil) olması ve doğrudan bir uygulama olmasıdır. Sıvıya uygulanan kuvvet, pistonlu pompa örneğiyle en kolay şekilde görselleştirilebilir (bkz, Şekil 114).

Piston, silindirde ileri geri hareket ettikçe, doğrudan sıvıya bir kuvvet uygular ve bu da sıvı basıncında bir artışa neden olur.

PD kategorisinde, en yaygın iki alt kategori vardır; karşılıklı olanlar ve döner pompalar.

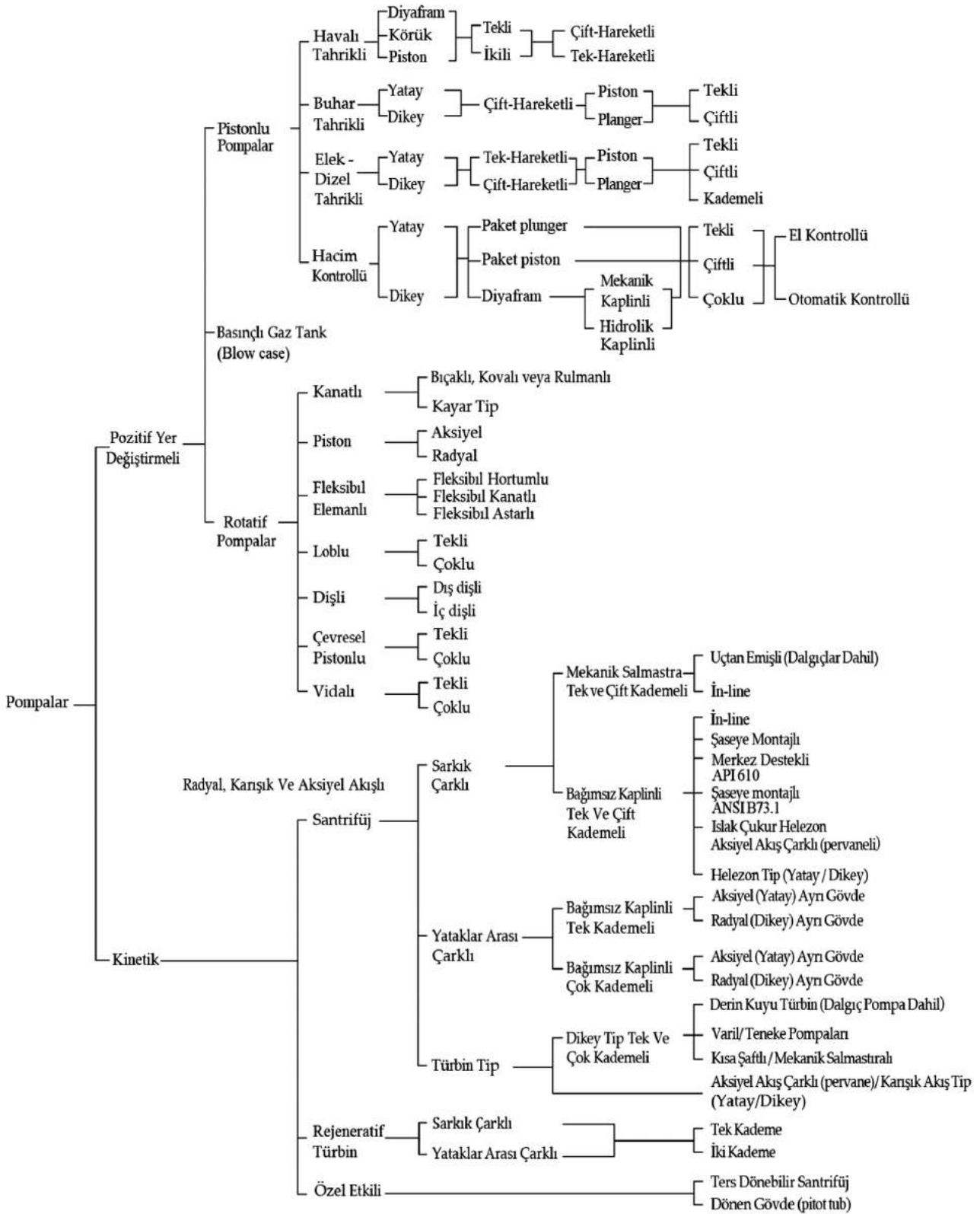
b) Enerji Eklemenin Nasıl Gerçekleştirildiğine göre

İkinci pompa sınıflandırma sınıfı, enerji ilavesinin uygulandığı araçlarla ilgilidir. Kinetik kategoride, en genel uygulama santrifüj pompalardır. Diğer uygulamalar arasında rejeneratif türbinler (periferik pompalar olarak da adlandırılır) ve kuyudan su çıkarmak için bir ejektör çalıştıran jet pompaları gibi özel pompalar yer almaktadır.

Kullanılan Geometriye göre

Şekil 92'de gösterilen kalan pompa sınıflandırması seviyeleri, kullanılan özel geometri ile ilgilidir. Santrifüj pompalarda geometri varyasyonları; çarkın desteği (rulmanlar arasında çark veya sarkık çarklar), rotor oryantasyonu, çarkların veya kademelerin sayısı, pompanın motora nasıl bağlandığı, pompa rulman sistemi, pompa muhafazasının nasıl yapılandırıldığı ve pompa montaj düzenlemelerine bağlı olmalıdır.

Bu konu, PD pompalarında, 1.6.3. kısmında daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır. Her biri benzersiz bir geometriye sahip birçok farklı döner ve pistonlu pompa türü vardır.



Şekil 104 Pompa Tasnifi³⁶

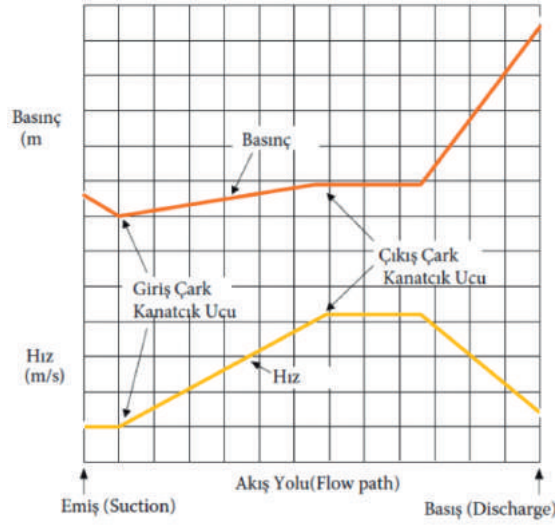
Pompaların sınıflandırılması esas olarak iki ana kategoriye ayrılmıştır:

- Dinamik Pompalar / Kinetik Pompalar
- Yer Değiştirmeli Pompaları / Pozitif Yer Değiştirmeli Pompaları

³⁶ Courtesy of Hydraulic Institute, Parsippany, NJ; www.pumps.org.)

1.6.1 DİNAMİK POMPALAR

Dinamik pompalar, pompa çarkının yanından veya içinden geçen sıvıya hız ve basınç sağlar ve daha sonra bu hızın bir kısmını ek basınca dönüştürür. **Kinetik pompalar** olarak da adlandırılır.



Şekil 105 Santrifüj Pompa Giriş Çıkış Arası Hız ve Basınç Davranış Grafiği

Tüm gereksiz ayrıntıları dikkate almazsak santrifüj pompa, şafta bağlı ve dönen bir çarktan ve çarkı içine alan bir gövdeden (kasa) oluşur. Santrifüj pompada sıvı, atmosferik basınç veya bir miktar yukarı akış basıncı ile pompa muhafazasının giriş tarafına zorlanır. Çark döndükçe sıvı, pompanın deşarj tarafına doğru hareket eder. Bu, çark girişinde boşluk veya azaltılmış basınç alanı oluşturur. Çark girişindeki bu azaltılmış basınçtan daha yüksek olan pompa muhafaza girişindeki basınç, boşluğu doldurmak için çark içine ek sıvıyı akıtır.

Pompa girişine bağlanan boru hattı, hava gibi gaz içeriyorsa, çark girişindeki basınç azalması sadece gazın genişlemesine neden olur ve emme basıncı sıvıyı çark girişine gönderemez. Sonuç olarak, bu yoğunlaşabilen gaz ilk önce ortadan kaldırılmadıkça pompalama işlemi gerçekleşemez, pompanın ilk emiş akışı "Priming" olarak bilinen bir işlemdir.

Kendinden emişli santrifüj pompa adı verilen belirli bir santrifüj pompa türü hariç, santrifüj pompalar fiziksel olarak pompalanacak sıvı seviyesinden daha yüksekteyse, doğal olarak kendi kendine emişli değildir. Yani, kendinden emişli olmayan santrifüj pompaların emme boruları ve giriş tarafı, pompanın çalıştırılabilmesi için sıkıştırılamaz akışkan ile doldurulması ve hava ve diğer gazların atılması gerekir. Kendinden emişli pompalar, önce emme hattındaki havayı veya diğer gazı çıkarmak ve daha sonra geleneksel bir şekilde pompalamak için tasarlanmıştır.

Pompalanan sıvı buharı pompanın emme tarafında bulunursa, bu, pompaya ciddi zararlar verebilen kavitasyon ile sonuçlanır. Kavitasyon dönen çarklara ulaştığında, pompaya giren sıvı, çark kanatçıkları boyunca hareket eder ve ilerledikçe hız artar. Santrifüj pompadaki kanatçıklar genellikle dönüş yönüne geriye doğru kavislidir. Bazı özel pompa çarkları, kavisli değil düz olan kanatçıklara sahiptir. Kanatçıkların eğrilik derecesi ve kanatçık numarası (vane number), diğer faktörlerle birlikte, pompa performans eğrisinin şeklini ve özelliklerini belirler. Sıvı çarklı kanatçık çıkış ucundan ayrıldığında, maksimum hızındadır. Akışkan, pompanın akış yolunda ilerlerken santrifüj pompadaki tipik hız ve basınç değişikliklerini göstermektedir. Sıvı, çark ucundan ayrıldıktan sonra, kesit alanının genişlemesinin meydana geldiği kasaya girer. Bu genişletilmiş alan, birçok pompada, dönen çarklı kanatçıklar tarafından kasaya yönlendirilen ek akışla dengelenir, böylece akış yolu boyunca hız ve basınç gövdenin bu kısmında nötr kalır. Şekil 105'te, hız ve basınç çizgileri yatay eksenle emişten- basış arasındaki tüm değişimi gösterilmiştir. Kasanın geri kalanındaki akış yolundan devam eden kasa tasarımı, sıvı kasadan geçerken akış geçitlerinin kesit alanının artmasını sağlar. Sıvı, kasa yolunda ilerledikçe alan arttığı için, şekilde gösterildiği gibi, sıvının hızının azalmasına neden olan bir difüzyon işlemi meydana gelir. Bernoulli denklemi ile azalan kinetik enerji, artan potansiyel enerjiye dönüştürülür ve hız azaldıkça sıvının basıncının artmasına neden olur. Hız azalırken basıncın artması da şekilde gösterilmiştir.

Sabit hızda çalışan ve sabit bir çark çapına sahip bir santrifüj pompa, diferansiyel basınç veya diferansiyel su sütunu basıncı üretir. Su sütunu (Head) genellikle metre ile ifade edilir ve TH (toplam su sütunu) olarak kısaltılır. Üretilen metre su sütunu miktarı, gösterilen karakteristik basınç kapasitesi (H-Q) eğrisinde gösterildiği gibi pompa tarafından gerçekleştirilen akış hızına veya kapasiteye göre değişir. Pompanın ürettiği su sütunu azaldıkça kapasite artar. Alternatif

olarak, pompadaki manometrik basınç arttıkça, akış azalır. Pompa kapasitesi genellikle saatte metreküptür (m^3 /saat) veya daha büyük pompalar için saniyede geçen litre (l/s) cinsinden ifade edilir.

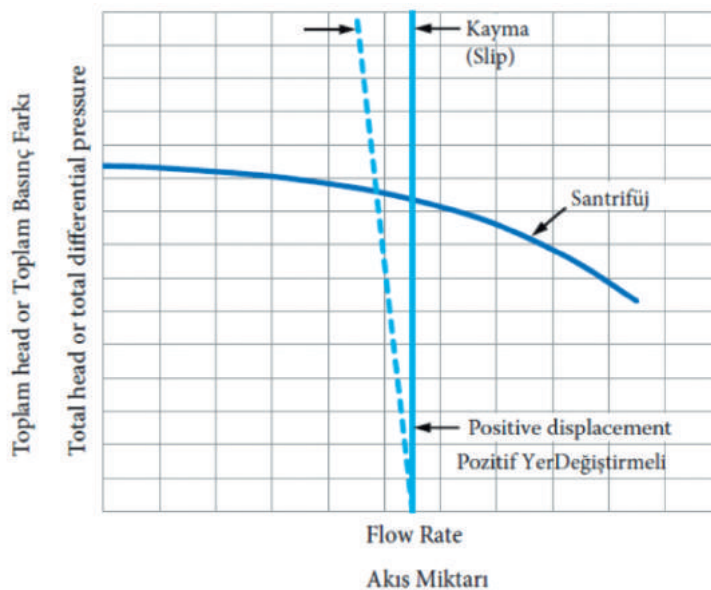
Akışkan, santrifüj pompa akışının ayrıldığı kesme suyunda akış yolu boyunca hareket ettikçe hız ve basınç seviyeleri değişir. Akışkan çarkı terk ettikçe ve salyangoz muhafazasının etrafında hareket ettikçe basınç artar. Sıvı, gövdenin etrafında hareket ettikçe bu artan basınç, çarkın çevresindeki her bir alana etkili olan basınç nedeniyle tipik olarak çarkın çevresi üzerindeki her noktada artan bir radyal kuvvet üretir. Tüm bu radyal kuvvetlerin toplanmasıyla, pompadaki shaft ve radyal yatak sistemi tarafından taşınması gereken net radyal kuvvet üretilir. Radyal yatak, shaft ve çarkın ağırlığının yarattığı yükü de desteklemelidir.

Pompa tarafından üretilen radyal rulman yükleri, pompanın pompa performans eğrisinin farklı noktalarında çalıştığından ve pompanın en iyi verimlilik noktasında (BEP) minimum radyal kuvvet geliştirildiği için de değişir. BEP'in sağındaki veya solundaki pompa eğrisinin üzerindeki noktalarda yapılan çalışma, BEP'te çalışırken üretilenden daha yüksek radyal yükler üretir. Bu, Şekil 106'da gösterildiği gibi, özellikle tek salyangoz muhafazalı pompaları için geçerlidir.

Aşırı radyal yüklerin en önemli belirtileri arasında aşırı mil sapması ve erken mekanik conta ve rulman arızaları bulunur. Pompanın minimum akışta çok düşük hızda sürekli çalışması, bu tür arızaların en yaygın nedenlerinden biridir. Mil yataklaması rulman ile yapıldığında rulman ömrü rulman yükünün küpü ile ters orantılı olduğundan, pompa BEP'ten uzakta çalışılması, rulman ömründe hatırı sayılır azalmaya neden olabilir.

Difüzer (Şekil 99'da turuncu renkte gösterilmiştir), çark çevresi etrafında çoklu akış yolu içeren daha karmaşık bir gövde düzenlemesidir. Çark kanatçıklarını terk eden sıvı, tek hacimli gövdede olduğu gibi gövde etrafında tamamen hareket etmek yerine, sadece difüzer gövdesindeki en yakın akış kanalına girer. Difüzer muhafazası, tek hacimli gövde de bulunan kesme suyunun aksine, çarkın etrafında eşit aralıklı birden fazla kesme suyuna sahiptir. Difüzer muhafaza tasarımının ana avantajı, bunu, radyal kuvvetlerin neredeyse dengelemesi ve böylece mil saptırma oranının azaltılması ve ağır hizmet tipi radyal rulman sistemi gereksinimini ortadan kaldırmasıdır. Dönen elemanın ölü ağırlığı hâlâ radyal yatak tarafından taşınmalıdır, ancak genel olarak difüzer tasarımı diğer kasa tiplerine kıyasla radyal rulman yüklerini en aza indirir.

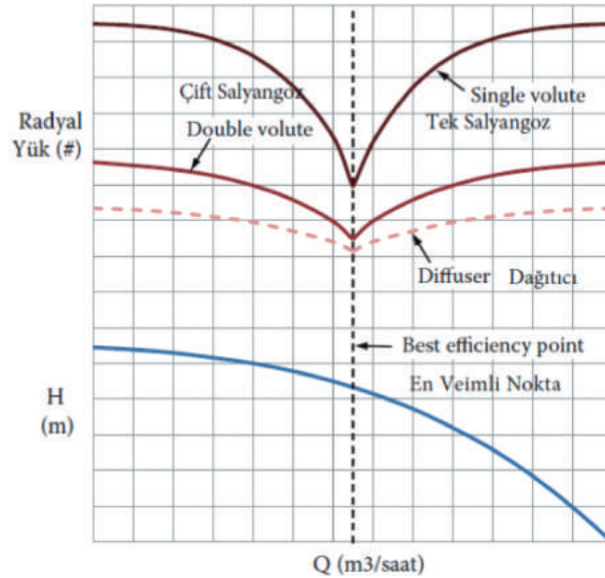
Derleyen notu: Difüzer tasarımı minimum radyal rulman yükü ürettiğinden, tüm pompalarda neden salyangoz tipi kasalar yerine difüzer bulunmadığı sorulabilir. Bunun nedeni kısmen ekonomiden kaynaklanmaktadır, çünkü difüzer muhafazasına sahip bir pompa genellikle hacimli bir gövdeye sahip pompadan daha fazla parçaya veya daha karmaşık parçalara sahiptir. Pompa boyutuna ve imalat malzemelerine bağlı olarak, ekonomi genellikle pompada kullanılan shaft veya radyal yatak boyutunda önemli tasarrufların sağlanabileceği durumlar dışında difüzer muhafaza kullanımını haklı çıkarmaz. Bu detay genellikle sadece çok kademeli, yüksek basınçlı pompalarda böyle bulunur. Bununla birlikte, çok kademeli pompalarda başka konular da vardır. Bazı çok kademeli pompadaki salyangoz tasarımları, çapraz geçiş kullanımıyla, bazı çarkların ters yöne yönlendirilmesine izin vererek eksenel itme yüklerinin dengelenmesine de olanak sağlar. Çok kademeli pompaların önde gelen üreticileri bu konuda aynı fikirde olmayabilir.



Şekil 106 Farklı Pompaların Basınç-Akış Miktarı Grafiği (BEP)

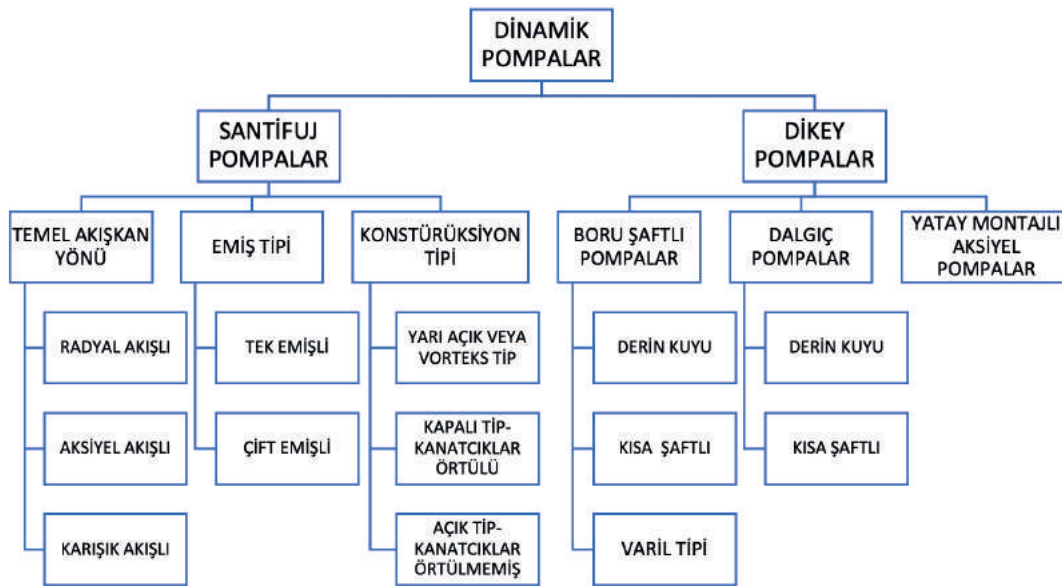
Dikey türbin pompaları genellikle difüzer muhafazalarına sahiptir. Bu dikey pompaların rulmanları pompalanan sıvıya batırıldığından, bu tür pompalar için bilyeli veya makaralı radyal rulman olması pratik değildir. Bunun yerine, radyal rulman yükleri, bu tür bir düzenlemede ideal yatak sistemi olmayan ıslanmış manşon tipi yatak ile sağlanmaktadır. Bu nedenle, radyal yatak yüklerini en aza indirmek için, bu tip pompalarda difüzer tipi muhafazalar kullanılır.

Tek bir salyangoz muhafazası ile difüzer muhafazası arasındaki melez çift hacimli gövdedir. Bu gövde tasarımı ile, salyangoz ikiye bölünür, bu da ilk kesme suyundan 180° uzaklıkta bulunan ikinci bir kesme suyu oluşturur. Bu tasarım, tek hacimli tasarımlarda mevcut olandan çok daha düşük radyal yükler elde eder. Çift hacimli kasalar genellikle pompa tasarımcıları tarafından daha büyük, daha yüksek akışlı pompalar için (genellikle yaklaşık 95 l/s'den büyük debiler için) daha küçük şaftların ve radyal yatakların kullanılmasına izin vermek için kullanılır.



Şekil 107 Verimin En Yüksek Olduğu Debi (BEP)

Kinetik pompalar üç ana gruba ayrılır: Santrifüj pompalar, rejeneratif türbin ve özel pompalar.

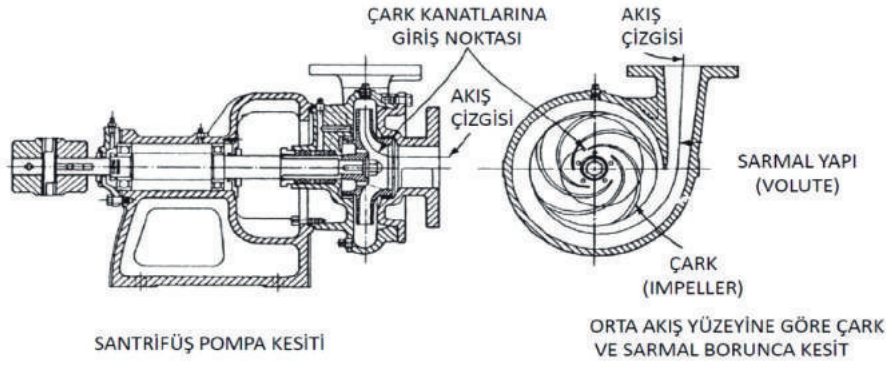


Şekil 108 Dinamik Pompaların Sınıflandırılması

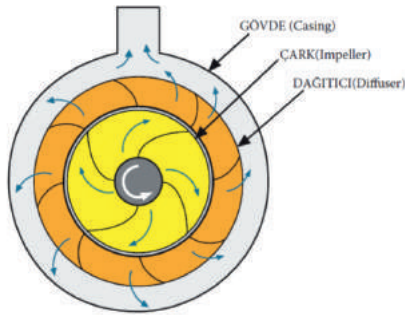
1.6.1.1 Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompa, akış ve basıncın dinamik olarak üretildiği dönen bir makinadır. Enerji değişiklikleri, pompanın iki ana parçası olan çark ve salyangoz (volute) veya gövde sayesinde meydana gelir. Kasanın işlevi, çark tarafından boşaltılan sıvıyı toplamak ve **kinetik (hız) enerjinin** bir kısmını basınç enerjisine dönüştürmektir.

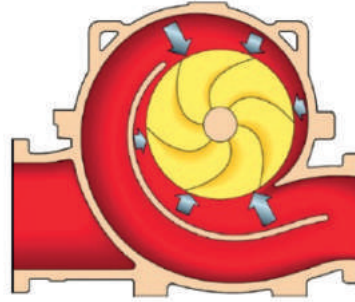
Santrifüj pompalar, yukarıda gösterildiği gibi çeşitli kategorilere ayrılmıştır.



Şekil 109 Santrifüj Pompa Enine ve Boyuna Kesit Görünüşü



Şekil 110 Pompa Dağıtıcı Çark



Şekil 111 Çiftli Salyangoz Pompa

1.6.1.1.1 Radyal Akış:

Çark, sıvıyı mil eksenine dik açılarla boşaltır. Bu santrifüj pompada basınç tamamen santrifüj kuvveti ile geliştirilir. Radyal tip pompalar yüksek basınç ve düşük debi uygulaması için kullanılır.

Radyal akış pompalarında çarkın Dış Çapı (D2) orta delik İç Çap (D1) oranı 2 veya daha fazladır ve genişliği dardır.

1.6.1.1.2 Karışık Akış:

Bu pompalarda akış yönü kısmen aksenal ve kısmen Radyaldir. Bu nedenle akışın çapraz olması söz konusudur. Karışık akış tipi pompalar, orta basınç ve yüksek debi uygulamaları için kullanılır.

Basınç, kısmen santrifüj kuvveti ve kısmen de çark kanatçıklarının sıvıyı kaldırması ile ilgilidir.

Karışık akış pompalarında Çark Dış Çap (D2) iç delik çapı oranı 1,5'ten az ve çark eni daha geniş olur.

1.6.1.1.3 Aksenal Akış:

Çarktan geçen akışta mil eksenine, düşük basınç ve çok yüksek debi özelliklerine paralel davranır. Aksenal akış tipi pompalar orta basınç ve yüksek debi uygulaması için kullanılır. Basınç, pervanenin kanatçıklarının sıvı üzerindeki itici veya kaldırma hareketi ile çalıştığı bir santrifüj pompa yapısı vardır.

Aksenal akış pompalarında çark Dış Çap (D2), iç delik çapı (D1) oranı birdir (1) ve genişliği olmayan çarklardır.

Eksenal, Radyal ve Karışık Akış Pompaları Çark Boyutları

Santrifüj pompanın Spesifik hızı (Ns), iyi bir çark tasarımında çark orta delik çapının (D1) çark dış çapına (D2) yaklaşık kabul edilebilir oranına göre tanımlanır.

Spesifik Hız:

(Ns): 500 ila 5000; $D1/D2 > 1.5$ - Radyal akış pompası

Ns: 5000 ila 10000; $D1/D2 < 1.5$ - Karışık akış pompası

Ns: 10000 ila 15000; $D1/D2 = 1$ - Aksenal akış pompası

1.6.1.1.4 Aksel Split-Case Pompalar

Eksel, bölünmüş kasalı pompalar, şaftın orta çizgisi boyunca bölünmüş bir kasaya sahiptir. Kasanın üst yarısı çıkarılarak çarkların servis ve kontrolü kolayca yapılabilir. Yatay bölünmüş veya **yatay bölünmüş** kasalı pompa olarak da adlandırılır. **Eksel bölmeli pompalar**, daha yüksek basınçlar için tek kademeli veya çok kademeli olabilir.

Pompalar genellikle yatay konumda şaftlarla monte edilir, ancak daha az zemin alanı için dikey olarak monte edilmiş pompalar da mevcuttur.

1.6.2 DİKEY POMPALAR

Dikey pompalar başlangıçta kuyu pompalama amacıyla geliştirilmiştir. Kuyunun delik boyutu pompanın dış çapını sınırlar ve böylece genel pompa tasarımını kontrol eder.

Dikey pompalar üç ana kategoriye ayrılabilir:

1.6.2.1 Hat Mili Pompaları:

Bu tür pompaların motorları, su deşarj çıkışı kafa kısmına monte edilir. **Hat şaftı** kolondan hazne tertibatına kadar uzanır ve pompa rotora torku iletir.

1.6.2.2 Dalgıç Pompalar

Dalgıç pompalar, **dalğış** bir motor tarafından tahrik edilen ve ıslak bir kuyuya daldırmak için tasarlanmış sızdırmazlığı sağlanmış, kapalı pompalardır. Motor, hazne tertibatının altına monte edilir ve doğrudan pompa rotor şaftına bağlanır.



Kare Kod 15 Dalgıç Pompalar

1.6.3 YER DEĞİŞTİRMELİ POMPALAR

Pozitif deplasmanlı pompalardaki, hareketli eleman (**piston, tulumba, rotor, lob veya dişli**) sıvıyı pompa kasasından (veya silindirden) ayırır ve aynı zamanda sıvının basıncını yükseltir. Yani deplasman pompası basınç geliştirmez; sadece bir sıvı akışı üretir.

Pozitif yer değiştirmeli (PD-Displacement) pompaları olarak bilinen pompalar, dikkati çok hak eden başka bir pompa sınıfıdır.

Bir sistemin tasarlanması ve pompa uygulanması konusunda alınması gereken en erken kararlardan biri, kullanılacak pompa tipinin seçimidir.

İlk konu, pompanın santrifüj mü yoksa PD tipi mi olması gerektiğine dair genel karardır. Hidrolik koşullar, her iki türün de dikkate alınabileceği konumdaysa, tasarım mühendislerinin ve pompa kullanıcılarının çoğunluğu PD pompalarına göre daha güçlü olan santrifüj pompaları tercih etmektedir. Santrifüjler lehine yapılan bu tercih için birçok neden verilmiştir, ancak çoğu santrifüj pompaların daha güvenilir olduğu ve daha düşük bakım gideri ile ilgili sonuçların olduğu inancıyla ilgilidir. Santrifüj pompalar genellikle daha az hareketli parçaya sahiptir, pompalarla ilişkili çek vanaları yoktur (pistonlu PD pompalarının yaptığı gibi), minimum basınç titreşimi üretir, pompa rotoru ile sürtünme teması yoktur ve birçok PD pompasının periyodik bakım açısından rulmanların ve contaların yorulma yüküne tabi değildir. Bir pompa uygulanırken önce santrifüjler düşünülmelidir, ancak her zaman uygulamaya uygun değildir.

PD pompalara göre santrifüj tercihi kesinlikle her zaman doğru değildir ve aslında, bir PD pompasının kullanılmasını gerektiren belirli uygulama kriterleri vardır.

Aşağıda, bir santrifüj pompa kullanılması yerine PD pompasının seçilmesine yol açacak bazı temel uygulama kriterleri yer alıyor:

- Yüksek viskoziteye sahip akışkanlar,
- Kendi kendine emiş ihtiyacı,
- Yüksek basınç gereksinimi,

- Düşük akış rejimi,
- Yüksek verimlilik,
- Düşük akışkan hızı,
- Düşük kesme kuvveti,
- Kırılgan katı madde taşıma yeteneği,
- Sızdırmaz pompalama kapasitesi,
- Doğru hassasiyette, tekrarlanabilir akış ölçümü gerekliliği,
- Sabit akış/değişken sistem basıncı gereksinimi,
- İki fazlı akışlar.

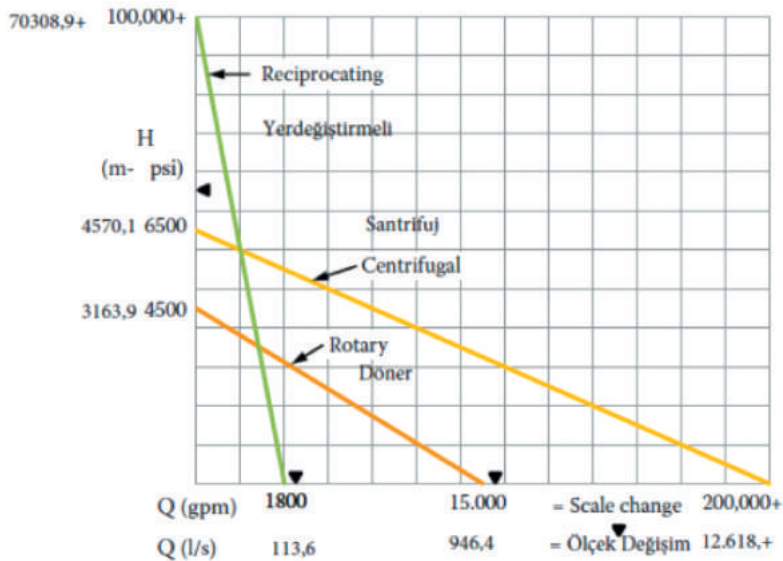
Derleyen Notu: Derlemenin birinci kısımda belirtilen akışkanların davranışları, viskoziteleri ve niteliklerini değerlendirildiğimiz zaman PD pompaların kullanımının birçok akışkan için öncelikli tercihli seçim olduğu, ilerideki tesisat türleri için daha rahat görülecektir.

Viskoz sıvı pompalama özelliği, PD pompalarının en fazla tercih edilme özelliklerinden biridir. Santrifüj pompalarla düşük viskoziteli sıvıları işlemek mümkündür. Bununla birlikte, viskozite arttıkça pompa verimliliği hızla düşeceğinden ve aşırı enerji harcamasına yol açılacağından, santrifüj pompaları dikkate alınmanın pratik olmadığı bir üst viskozite sınırı vardır. Yüksek derece viskoz sıvılar kesinlikle santrifüj pompa ile pompalanamaz. Bu tip sıvılar için, bir tür PD pompa, tek pratik çözüm olabilir.

PD pompa tiplerinin çoğu doğal olarak kendi kendine emişli, yani emme hattının sıvı ile doldurulması ve pompaya başlamadan önce gazların emme hattından tahliyesi gerekliliği olmadan, pompalanan sıvının yüzeyi üzerinde bulunabilir. Bu nedenle, bu pompa tipleri özel harici emiş kolaylaştırıcı (priming) cihazları olmadan transfer tanklarının üzerine rahatça monte edilebilir.

Yukarıdaki yüksek basınç ve düşük akış kriterleri, birlikte düşünülmelidir. Yüksek basınç ne kadar yüksek ve düşük akış ne kadar düşük? Örneğin, birkaç bin kN (bar) basınç üreten santrifüj pompalar bulmak mümkündür ve kesinlikle, kapasitesi dakikada sadece birkaç litre olan çok küçük santrifüj pompalar da bulunabilir. Ancak, 13790 kN/m²(137,9 bar-2000 psi)'de 0,315 l/s (5 gpm) için bir uygulamaya ihtiyaç olursa ne yapmak lazım? Bu durumda, bir PD pompası tek çözümdür. Şekil 112, santrifüj, döner ve pistonlu pompaların m sütun ve debi aralığını çok geniş bir şekilde göstermektedir. Bu kapsamın bir kısmı olmasına rağmen her üç pompa tipi tarafından karşılanabilecek grafiğin, sadece bir PD pompası tarafından karşılanabilmesi olarak öne çıkan tek alan, çok yüksek basınçlarla birlikte düşük akışlardır.

Pompaların seçilmesinde tek dikkate alınan enerji verimliliği olsaydı, bazı PD pompaları oldukça enerji verimli olduğu için daha fazla PD pompası düşünülecekti. Enerji tek dikkat edilmesi gereken şey değildir ve kurulum maliyet ve bakım gideri gibi diğer faktörler genellikle enerji tasarrufundan daha ağır basmaktadır ve önemlidir.



Şekil 112 Farklı Pompaların Basınç-Debi Performans Kapasiteleri

Düşük hız, düşük kesme ve kırılğan katı madde taşıma kabiliyeti kriterleri genellikle el ele gider. Santrifüj pompalar, çark deşarjında bulunan yüksek hızlar ve pompanın içindeki dar boşluklar nedeniyle, genellikle pompalanan sıvıyı yüksek kesme gerilmelerine maruz bırakır. Birçok sıvı bu yüksek hızları ve yüksek kesme gerilmelerini tolere edemez. Bunun iyi bir örneği, gıda işleme tesislerinde pompalanan kiraz ve bezelye gibi meyve ve sebzelerdir. Bu ürünler santrifüj pompalar kullanılarak pompalansaydı, kiraz suyu ve bezelye suyu üretilebilirdi. Gerçi, işlevi katı madde içeren kanalizasyon ve diğer atık suları pompalamak olan parçalayıcı (nonclog) tipte bir santrifüj pompa çark sınıfı da vardır. Bununla birlikte, bu santrifüj pompalar katıların bütünlüğünü korumakla ilgilenmez ve genellikle katıları pompalarken parçalar. Girintili veya girdap çark olarak bilinen başka bir santrifüj çark tipi, büyük katıları minimum bozulma ile pompalayabilir, ancak dezavantajı bu çark tipinin pek çok verimsiz olmasıdır.

Benzersiz tasarımları nedeniyle, esnek hortumlu (peristaltik) ve diyafram pompaları gibi çeşitli PD pompaları doğal olarak sızdırmazdır, shaft contası gerektirmez ve sıfır ürün sızıntısına sahiptir. Bugün mekanik salmastıralı tip çeşitli sızdırmaz santrifüj pompa türleri mevcut olsa da bu santrifüj seçeneklerinin de sınırlamaları ve eksiklikleri vardır. Bazı PD pompalarının doğal sızdırmaz doğası bu tip gereksinimler için PD pompalarını santrifüj pompadan daha basit bir çözüm haline getirebilir.

PD pompalarında kapasite doğrudan hıza göre değişir ve diferansiyel basınçtan veya m sütundan bağımsızdır. Şekil 95, pompa kapasitesinin PD pompaları için diferansiyel basınçtan bağımsız olduğunu ve santrifüj pompalar için diferansiyel basınca (Head) bağlı olduğunu göstermektedir.

Çoğu PD pompasında kayma(slip), yani yüksek basınçtan pompanın düşük basınç tarafına sızıntı yapması oluşur. Şekil 95'te gösterildiği gibi kayma, pompanın daha yüksek diferansiyel basınçlarda daha düşük bir akış hızı sağlmasına neden olur. Kayma miktarı, bir PD pompasından diğerine büyük ölçüde değişir, ayrıca pompa diferansiyel basıncına, sıvı viskozitesine ve iç boşluklara göre de değişir. Çoğu PD pompası, santrifüj pompalar gibi aşınma nedeniyle emiş kısmına kadar olan sızıntıya maruz değildir. Bazı tipler çok az kayma sergiler. Bu faktörler, bazı PD pompa türlerini, örneğin suyu klorla arıtmak için pahalı bir kimyasalın doğru, kontrol edilebilir bir akış hızının dağıtılması gereken ölçüm uygulamaları için ideal hale getirir. Santrifüj pompaların akışı doğru bir şekilde kontrol etmek için de kullanılabilmesini unutmayın, ancak akışı ölçen ve daha sonra sistem kontrol vanasını ayarlayan bir kontrol döngüsüne güvenmeleri gerekir. Pistonlu pompalar, ölçüm pompaları için kullanılan en yaygın PD pompa türü olmasına rağmen, peristaltik pompalar gibi diğer tipler de ölçüm için kullanılır.

Sistem basıncının büyük ölçüde değiştiği sabit bir proses akış hızı gereksinimi santrifüj pompa ile karşılanabilir. Bununla birlikte, bu genellikle akış ölçümü ve sabit akışı korumak için otomatik bir kontrol valfi kullanımı da dahil olmak üzere bir geri bildirim kontrol sistemi gerektirir. PD pompası çok daha basit bir çözüm olabilir, çünkü sıvı özellikleri ve PD pompasının hızı ve boyutu sabitlendikten sonra, pompa, pompaladığı sistem basıncından bağımsız olarak neredeyse sabit bir akış hızı sağlar.

Sonuç olarak, birçok PD pompa tipi, gaz içeren suları pompalamak için santrifüj pompalardan çok daha uygundur.

PD pompalarının hidrolik özelliklerinden biri, pompanın deşarjda basınç oluştururken sabit bir akış hızını (sabit hızda pompalıyorsa) korumaya devam etmesidir (Şekil 95). Bu, pompanın basma hattında bir vana yanlışlıkla kapatılırsa, pompanın bir şeyler bilgi verene kadar basınç oluşturmaya devam ettiği anlamına gelir. Genellikle, pompanın hasar görmesini önlemek için birkaç şeyden biri olur. Sabit akışta ve sürekli artan basınçta, motor aşırı yükleninceye ve gidene kadar gerekli beygir gücü oluşmaya devam edebilir veya yüksek basınç veya yüksek sıcaklık sınırı anahtarı motora takılıp kalabilir. Motorun elektrik sigortası atmazsa veya aşırı basınç tahliye edilemezse, pompa gövdesi veya pompanın basış tarafında bir tesisat elemanı bileşeni aşırı basınçlandırılıncaya kadar basınç artabilir ve potansiyel olarak ciddi hasara neden olabilir. Genellikle, PD pompalarını aşırı basınçlandırmaya karşı korumak için pompaya veya pompanın hemen basma çıkışında akışı sağlamak için yerleştirilmiş bir basınç tahliye vanası içermesi önerilir. Pompaya yerleştirilmiş iç tahliye vanaları, deşarjı emmeye bağlayan bir iç döngü ile basıncı hafifletir. Harici vanalar, genellikle besleme rezervuarı olmak üzere harici bir kaynağa boru ile aktarılmalıdır. Vananın açık/kapalı olduğunu uzaktan gösterebilen tipte vanalar kullanılması yararlı olacaktır.

Tahliye vanalarının bazıları ayarlanabilir ama bazen ayarlanmaları zor olabilir. Kullanıcı, üreticinin vana ayarı tanımını ve vana özelliklerini anladığına emin olmalıdır. Bu vanalar çok hızlı bir şekilde aşınır ve basınç düzenleyici cihaz olarak kullanılırsa genellikle stabil değildir. Bu amaçla basınç düzenleyici bir vana elde etmek en iyisidir. Bu konudaki detaylar için vanalar bölümüne bakmanızda yarar var.

PD pompaların çeşitli kullanım amaçlarına göre tasnif edersek karşımıza aşağıdaki Tablo 33 ilk seçim kriterlerine göre yol haritası oluşturur.

Tablo 31 PD Pompaların Akışkan Özelliklerine Göre Seçim Tablosu

Pompa Tipi	Maksimum Kapasite (gpm)	Maksimum Basınç (psi)	Maksimum Viskozite (milyon SSU)	Maksimum Katı Ölçüsü (in)	Kuru Kendinden Emiş (E/H)	Maksimum Emiş Yüksekliği (ft H ₂ O)
Kayan Kanatçıklı (Sliding vane)	2500	200	0.5	0.031	H	28
Sinüs Hareketli Rotor (Sinusoidal rotor)	300	200	18.0	2	H	30
Esnek Çarklı (Flexible impeller)	150	60	0.1	1	E	24
Esnek Hortumlu (Flexible tube (peristaltic))	200	220	0.2	1	E	30
Kademeli Kavite (Progressing cavity)	2400	2000	5.00	2	E	30
Dış Dişli (External gear)	1200	2500	2.00	—b	H	20
İç Dişli (Internal gear)	1500	200	2.00	—b	H	20
Dönen Lob (Rotary lobe)	3000	450	5.00	4	H	20
Çevresel Pistonlu (Circumferential piston)	600	200	5.00	2	H	20
İki Vidalı (Two-screw)	15,000	1500	4.05	—b	H	31
Üç Vidalı (Three-screw)	4500	4500	1.00	—b	H	28
Pistonlu (Piston)	700	5000	0.05	0.50	E	25
Tulumba (Plunger)	1200	100,000	0.05	0.50	E	20
Diyaframlı (Diaphragm)	1800	17,500	1.00	1	E	14
Hava Tahrikli Diyafram (Air-operated diaphragm)	300	125	0.75	2	E	25
Yalpalayan Plakalı (Wobble plate)	50	1500	0.025	0.125	E	8

(Devam Ediyor)

a Referans Pompa Karakteristiği ve Uygulamaları Kitabı.

b Sadece kırılğan katılar veya rotorlar sertleştirilmeli ve iç boşluklar artırılmalıdır

c Sıralama 1 en iyi, 3 ortalama, 5 en kötü.

E-Evet/ H- Hayır

1 gpm= 0,06309 l/s=0,227 m³/saat 1Psi= 733,08 mSS =6,8948 kN/m² 1 inç= 25,4 mm

Tablo 32 PD Pompaların Akışkan Özelliklerine Göre Seçim Tablosu (Devamı)

Pompa Tipi	Kuru Çalışma (E/H)	Aşındırıcı Malzemeyle Çalışma ^c	Kırılğan Katı/ Kesme Kuvvete Hassas Akışkanlar ^c	Dalgalı Darbe ^c	Ölçme Kabiliyeti ^c	Maksimum Emiş Yüksekliği (ft H ₂ O)
Kayan Kanatçıklı (Sliding vane)	E	3	3	3	3	H
Sinüs Hareketli Rotor (Sinusoidal rotor)	H	4	1	1	3	E
Esnek Çarklı (Flexible impeller)	H	2	2	2	5	E
Esnek Hortumlu (Flexible tube (peristaltic))	E	1	1	4	2	E
Kademeli Kavite (Progressing cavity)	H	1	1	1	2	E
Dış Dişli (External gear)	H	5	4	1	3	H
İç Dişli (Internal gear)	H	5	4	1	3	E
Dönen Lob (Rotary lobe)	E	2	1	3	3	E
Çevresel Pistonlu (Circumferential piston)	E	2	1	3	3	E
İki Vidalı (Two-screw)	E	3	4	1	4	H

Üç Vidalı (Three-screw)	H	4	5	1	4	H
Pistonlu (Piston)	H	2	3	5	1	H
Tulumba (Plunger)	H	4	3	5	1	E
Diyaframlı (Diaphragm)	E	1	2	5	1	E
Hava Tahrikli Diyafram (Air-operated diaphragm)	E	1	2	5	5	E
Yalpalayan Plakalı (Wobble plate)	E	1	3	3	1	H

a Referans Pompa Karakteristik ve Uygulamaları Kitabı. (Kaynaklar)

b Sadece kırılğan katılar veya rotorlar sertleştirilmeli ve iç boşluklar artırılmalıdır

c Sıralama 1 en iyi, 3 ortalama, 5 en kötü.

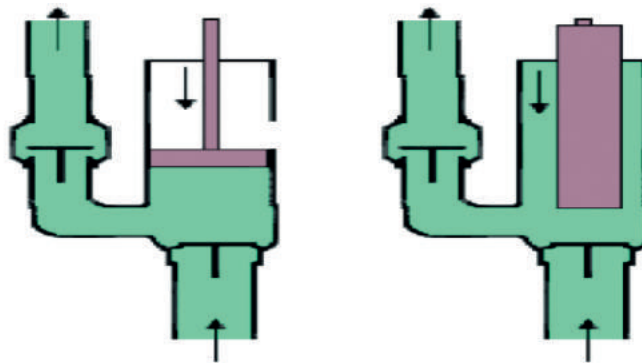
E-Evet/ H- Hayır

gpm= 0,06309 l/s =0,227 m³/saat 1Psi= 733,08 mSS =6,8948 kN/m² 1 inç= 25,4 mm

Pistonlu Pompalar:

Pistonlu bir pompada piston, yukarı ve aşağı hareket eder. Emme hareketi sırasında, pompa silindiri taze sıvı ile doldurur ve deşarj darbesiyle sıvıyı çek vana aracılığıyla deşarj hattına yönlendirir.

Pistonlu pompalar çok yüksek basınçlar üretebilir. Piston tipi pompalar ve diyafram pompaları, Pistonlu Pompa kategorisindedir.



Şekil 114 Piston Pompası ve Tulumba Pompası

Tulumba / Piston Tipi Pompalar:

Piston, bir kam şaft düzenlemesi tarafından sürülen çapraz kafa ile yönetilir. Pompanın debi kapasitesi, piston hareket miktarı ile pompanın dönüş hızı kontrol edilmek suretiyle veya her ikisi de değiştirilerek ayarlanabilir. Pompanın piston vuruşu, eksantrik pim ayarı ile değiştirilir.

Bu tip pompalar kanalizasyon, çamur, pislik, alt akışı artırıcı, kalınlaştırıcı uygulamalarında kullanılır. Hacimsel transfer ve ölçüm hizmetleri içinde kullanılmaktadır. Bu tür pompaların tek ve çok silindirli modelleri de mevcuttur.

Diyafram Pompaları:

Bu tür pompalar oldukça çok ve farklı uygulamalarda kullanılan çeşitlere sahiptir. Örnek olarak, gıda endüstrisi, katkı maddeleri, kimyasallar, kuru tozlar, bulamaçlar, ilaç endüstrisi ve atık su vb. uygulamaları verilebilir.

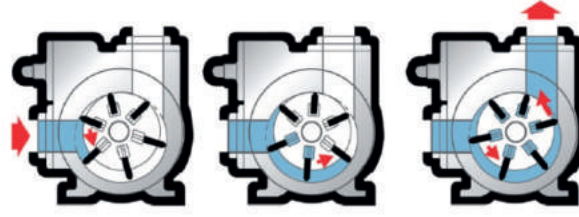
Diyafram pompaların en önemli avantajları, conta veya sızdırmazlık ambalajına ihtiyaç duymamasıdır. Yani sıfır sızıntı gerektiren uygulamalarda kullanılabilir.

Döner Tip Pompalar (Rotary)

Döner pompaların pompa rotoru, sıvıyı iterek, döndürerek veya yörüngede dönme hareketiyle sıvının yer değiştirmesini sağlar. **Döner pompa** mekanizmaları bir gövde ve gövde içerisinde sıkı geçme kam, lob veya kanatçıklar yardımıyla sıvıyı iletme işlemini yapar.

Kayar kanatçıklı (Vane), dişli ve lob pompaları pozitif deplasmanlı döner pompa çeşitleridir.

Kayar Kanatçıklı Pompalar



Şekil 115 Kayar Kanatçıklı Pompaların Çalışma Prensipleri

Döner Lob Pompaları

Lob pompaları, bütünleşmiş bir dişli kutusu tarafından tahrik edilen ve zamanlama dişlileri ile senkronize edilen iki elastomer kaplı rotor içerir. Rotorlar birbirine veya gövdeye dokunmadan çalışır. Sıvı, giriş portundan **loblar ve gövde duvarları** arasındaki ceplere çekilir. Sıvı iki rotor arasında kaçamadığından, dış lobların deşarj çıkışından, dönme yönünde aktarılır.

Vidalı Pompalar

Vidalı pompalar, akışın gerçekten aksel olduğu özel bir döner pozitif deplasmanlı pompa türüdür. Vidalı pompalar, filtrasyon yapmadan işlenmemiş atık su akışkanına çeşitli katı ve döküntü pompalayabilen yüksek hacimli, tıkanmayan, atmosferik basınçlı cihazlardır. Bununla birlikte, vidalı pompalar, pompalama basıncı ile ilgili pratik bir sınırlamaya sahiptir.

Esnek Çarklı Pompalar

Esnek çark pompası, bazen esnek kanatçıklı pompa olarak da adlandırılır. Rotor, kauçuk gibi elastomerik bir malzemeden yapılmıştır. Bu "çarkın" bıçakları, giriş ve çıkış bağlantı noktaları arasındaki kam'dan geçerken sürekli olarak ekseninden sapar ve düzeler. Bıçakların esnemesi, iki bıçak arasındaki boşluğa sıvı akmasına neden olan ve daha sonra sıvıyı pompadan hareket ettiren bir vakum üretir. Esnek çark pompasının avantajları kuru kendinden emişli olmasıdır. Sıvıları katı madde, aşındırıcı veya sürüklenen hava ile işleyebilen ve nispeten ucuz bir pompadır. Dezavantajları; akışın üst sınırı (yaklaşık 150 gpm), basıncı (yaklaşık 60 psi) ve pompanın kauçuk çarklara zarar vermeden birkaç dakikadan daha uzun süre kuru çalışmamasıdır.



Şekil 116 Esnek Çarklı Pompa Çalışma Prensipleri

Esnek Hortumlu Pompalar (Peristaltic³⁷)

Esnek hortumlu pompa (Peristaltic Pump) veya sadece hortum pompası olarak da adlandırılır. Bu pompa tipinde, kauçuk veya başka bir malzemeden yapılmış esnek bir tüp, dairesel bir muhafazanın içinde bulunur. Rotora bağlı silindirler veya kam, tüpü sıkarak, sıvıyı pompadan çeker ve basar. Peristaltik pompaların avantajları, sızdırmaz olmaları (ambalaj tertibatı veya mekanik conta gerektirmezler), oldukça aşındırıcı sıvıları (tüp malzemesi pompalanan sıvı ile uyumlu olduğu sürece) işleyebilmesi, kuru kendinden emişli olması ve nispeten ucuz olmasıdır. Ticari yüzme havuzlarında klor ölçümü gibi uygulamalar için genellikle düşük maliyetli ölçüm pompaları olarak da kullanılır.

Dezavantajları ise, çoğu model için nispeten düşük akış ve basınç kabiliyetini içermesi (birkaç üretici birkaç yüz psi'ye çıkan basınç sunsa da) ve hortumlarının genellikle yaklaşık üç ayda bir değiştirilmesinin gerekmesidir. Uygulama için uygun hortum malzemesinin seçimi, hortum pompasının uygulanmasının en kritik yönüdür. Son olarak, peristaltik pompalar, ölçüm için pistonlu stil pompalar kadar doğru değildir.

³⁷ Peristaltic- İnsanın yutma işlemine verilen ad (peristalsis) pompanın da ismi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 117 Esnek Hortumlu Pompa İç yapısı

Kademeli Kaviteasyon Pompaları

Kademeli boşluk pompası, özellikle yüksek katı, lif ve hava içeriğine sahip aşındırıcı ve viskoz sıvıları aktarmak için tasarlanmıştır. **Elastomerik stator** içinde dönen sert çelik vida, rotor dönüşü ile akışkanı aktarır.

Pnömatik Pompalar

Basınçlı hava, *pnömatik pompalardaki* sıvıyı hareket ettirmek için kullanılır. Pnömatik ejektörlerde basınçlı hava, ağırlıkla beslenen bir basınçlı kaptan gelen sıvıyı, tankın veya alıcının tekrar dolması için gereken süreye göre, aralıklı bir dizi dalgalanma ile orifisten basılan hatta gönderir.

Ayrıca su ile yangın köpük hatlarına köpüklü su karışımı da aynı prensiple yapılmaktadır.

Pompalar için en son olarak bir de motor kutup sayısı ve temel motor özelliklerinden bahsettikten sonra, ilgili tesisat sistemlerinde kullanılabilecek daha detaylı bilgileri, şemalarla anlatmaya çalışacağım.

1.6.4 PERFORMANS EĞRİSİ

Kullanılacak pompa tipini belirledikten sonra yapılacak işlem, pompanın motor devirlerinin (hızlarının) dikkate alınmasıdır. Genellikle piyasada, belirli bir pompa tasnifi ve birleşenlerini belirlemek için en az iki veya daha fazla çalışma hızının kullanılması söz konusu olur. Bu hızların her biri, her biri farklı ilk maliyete, işletme maliyetine ve bakım maliyetine sahip farklı büyüklükte bir pompa ile sonuçlanır.

Santrifüj pompalarda yüksek devir faydalı olsa da PD pompalarda yüksek devir hızlı yıpranma ve kısa ömür anlamına gelmektedir. Santrifüj pompalarda değişken devir frekans değiştirici ile en verimli eğriyi takip etmektedir, buna karşılık PD pompalarda redüktörlü motorlar veya step motorlar debi ve akış hacmini kontrol etmekte kullanılmaktadır.

Ülkemizde ve Avrupa ile dünyanın birçok bölgesinde yaygın olan 50 Hz frekanslı akım kullanan sabit hızlı motorlar kullanılmaktadır. Motor hızı frekans ve kutup sayısının bir sonucu olarak dönüş devir sayısını gösterir.

$$\text{rpm} = 6000/N \text{ (frekans} = 50 \text{ Hz)}$$

Denklem 78

N motor kutup sayısı.

Buna göre, 50 frekans akım beslemeli, piyasada bulunan AC elektrik motoru hızları 2 kutup için 3000 rpm, 4 kutup için 1500 rpm, vb.

1.6.5 BEYGİR GÜCÜ VE VERİMLİLİK

Beygir gücü, bir pompayı çalıştırmak için sağlanması gereken enerji miktarını ifade eder. Pompa için doğru sürücü boyutunu seçmek için beygir gücünün nasıl hesaplanacağı ve pompa performans eğrisinde gösterilen beygir gücü verilerinin nasıl okunup yorumlanacağı konusunda bir anlayış gereklidir. Beygir gücü için yaygın olarak belirlenmiş birkaç ifade vardır. Beygir gücü;

SI birimleri kullanılarak, Watt cinsinden güç WHP olarak ifade edilebilir.

$$\text{WHP} = 9797 \times Q \times H \times SG$$

Denklem 79

Q: Hacimsel Akış Debi (m³/s) ve H Toplam basınç olarak (m SS).

Q saniyede litre bölü saniye olarak verilirse,

$$\text{WHP} = 9,797 \times Q \times H \times SG$$

Denklem 80

Frenleme beygir gücü (BHP), belirli debi ve basınç elde etmek için pompaya sağlanması gereken gerçek güç miktarıdır. Pompaya giriş gücü veya sürücünden gerekli çıkış gücüdür. Denklem 81 ile aynı birimleri kullanan BHP formülü şöyledir:

$$BHP = \frac{Q \times H \times SG}{3960 \times \eta}$$

Denklem 81

η : pompa verimliliği

BHP, pompa kapasitesinin bir fonksiyonu olarak pompa performans eğrisinde belirtilir ve pompa için uygun bir motor (veya başka bir sürücü tipi) boyutu seçmek için kullanılır. BHP'nin özgül ağırlığın bir işlevi olduğunu unutmayın. Pompalanan sıvının özgül ağırlığı 1,0 dışındaysa, BHP eğrisi üretici veya motor seçimini yapan mühendis tarafından buna göre ayarlanmalıdır.

Pompalama sistemlerinin çalışmalarında ve tartışmalarında kullanılan bir diğer beygir gücü terimi de sudan suya beygir gücüdür. Bu terim, sürücüye gerekli güç girişini açıklar ve BHP'nin motor verimliliğine bölünmesiyle bulunur. Değişken hızlı bir cihaz veya başka bir pompa durumunda BHP, bir pompanın mükemmel verimli bir makina olması nedeniyle WHP'den daha büyüktür. Aslında, bir santrifüj pompanın mükemmel derecede verimli olmamasına neden olan aşağıda açıklanan dört faktör vardır.

Hidrolik Kayıplar

Bu terim, sıvı geçitlerinin duvarlarındaki sürtünme ve pompada ilerlerken sıvının sürekli yön değiştirmesi ve devridaimi nedeniyle çark ve salyangoz veya difüzördeki iç kayıpların bir özetidir.

Hacimsel Kayıplar

Bu terim, bir santrifüj pompanın deşarj tarafından emme tarafına az miktarda sıvının sızmasını (pozitif deplasmanlı pompadaki kaymaya eşdeğer) ifade eder. Sıvı, kapalı bir çarklı pompadaki aşınma halkalarını ve açık bir çark pompasında kanatçıkların ön kenarlarını geçer. Diğer hacimsel kayıplar, çok aşamalı pompaların kademeleri arasında, bazı karşı dengeleme cihazları ile contalarda ve sızdırmazlık grubu boyunca oluşan sızıntılardır. Pompadaki aşınma ve erozyon nedeniyle iç boşluklar büyüdükçe hacimsel kayıplar artar. Bu, pompanın daha az verimli çalışmasına neden olur ve gerekli olan BHP'yi artırır, ayrıca pompanın ürettiği akışı ve toplam manometrik basıncı da azaltır.

$$\eta = \frac{WHP}{BHP} = \frac{Q \times H \times SG}{3960 \times BHP}$$

Denklem 82

Mekanik Kayıplar

Bu terim, temas halindeki pompaların hareketli kısımlarında (rulmanlar ve ambalajlar veya contalar) meydana gelen sürtünme kayıplarını ifade eder.

Disk Sürtünme Kayıpları

Pompa çarkı, sabit bir diske (gövdeye) çok yakın dönen bir disk olarak düşünülüyorsa, bu dönüşe olan sürtünme direncine disk sürtünmesi denir. Pompa verimliliği, %75 verimlilik için 0,75 gibi 1'den küçük bir ondalık sayı olarak ifade edilir. Yukarıdaki dört kaybın göreceli önemi bir pompa tipinden diğerine değişir. Çeşitli santrifüj pompa türleri için gerçek verimlilikler %30'dan %90'ın üzerine kadar bir aralıkta, büyük ölçüde değişebilir.

Akışkan Viskozitesi

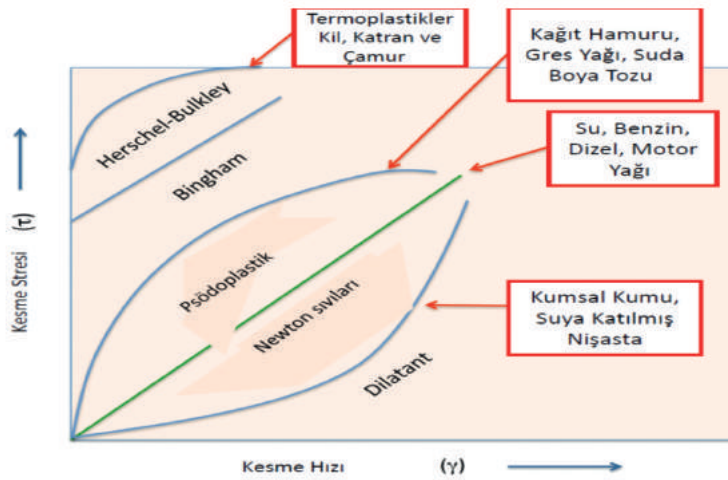
Viskozite daha önce detaylı olarak anlatılmıştı ama burada, basit bir hatırlatma ile pompalar üzerindeki etkisini tekrarlamak istedim. Tesisat şemaları ile ilgili kısımlarda ve özellikle pompa seçimleri konusunda, bu kısmı göz önüne almanız gerekmektedir. Bir sıvının dinamik viskozitesi (μ), akışa direnen bir sıvının özelliği, kesme stresinin kesme hızına kadar olan oranıdır. Yağ dışındaki sıvılar için mutlak (dinamik) viskozite için en yaygın ölçü birimi centipoise (cP) olarak değerlendirilmiştir. Bazen akışkanlık, kinematik viskozite veya özgül yerçekimine bölünen mutlak viskozite olan centistoklarla ifade edilir. Kesme oranı arttıkça bir sıvının viskozitesi sabit olduğunda, newton sıvısı olduğu söylenebilir de, ilerleme gösteren kavitasyon pompası kullanılan çoğu sıvının Newton yasasına uygun olmadığı bilinir.

Newton yasasına uygun olmayan bir sıvı ile, sıvının viskozitesi kesme oranı olarak değişir. Bazı sıvılar için kesme kuvvet oranı artarken viskozite (tikotropik) bir azalma gösterecektir. Şekil 119'daki eğriler, genellikle başlangıçta pompanın kalkış gereksinimlerini belirlerken, ana önemli performans ise, çalışma noktasında yani, bir pompanın normalde çalıştığı yeredir. Ne yazık ki, performans artışı boyunca diğer noktalara, özellikle de düşük akışların bölgesine çok az dikkat edilir. Çalışma koşullarında paydanın (pompa ve sürücü) boyutlandırılmasının başlatmayı sağlayacağı varsayılır.

Bu, başlangıç tork değerinin normal çalışma tork değerinden daha düşük olduğu Newton ve dilatent sıvılar için nispeten güvenli bir yaklaşım olacaktır ve sürücü (elektrik motoru) pompayı çalıştırabilir.

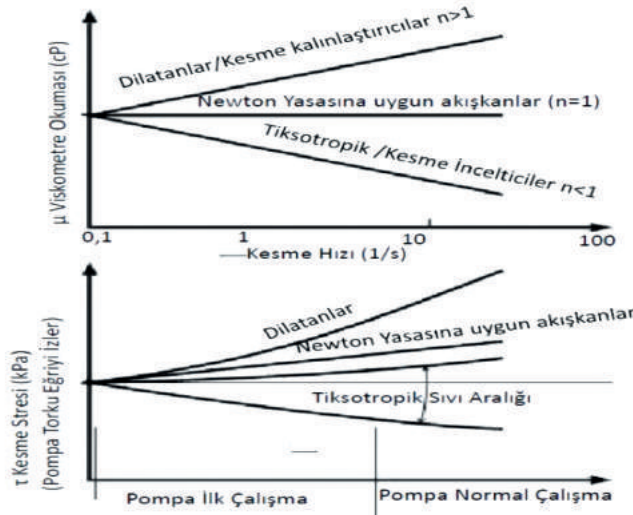
Bununla birlikte, tiksotropik sıvılar için, buna dikkat edilmemesi büyük sorunlara neden olur, çünkü kesme gerilmeleri, işletme rejimindeki başlangıç koşulunun yakınında daha yüksektir. Motor, böyle bir durumda, çalışma koşulları için boyutlandırılmışsa, bu koşullarda daha yüksek viskoziteye sahip olan akışkanlığın üstesinden gelmek için pompayı çalıştıramaz hale gelir. Tiksotropik akışkanlara örnek olarak şunlar verilebilir: Yapıştırıcılar, meyve suyu konsantreleri, tutkallar, hayvansal yağlar, asfaltlar, cilalar, bentonit, domuz yağı, lateks, selüloz bileşikleri, mumlar, şuruplar, balık yağları, pekmez, boyalar, katran, rayon, baskı mürekkepleri, vernikler, reçineler, bitkisel yağlar ve benzerleri.

Sıvının belirgin viskozitesinin tahmini, bilinen kesme oranlarında çeşitli viskozite okumaları bilinen yapılabılır. Pompa için tork veya güç gereksinimi, daha sonra çeşitli hızlarda veya kesme hızlarında görülebilir. Dilatent sıvılar oldukça nadirdir ve çoğunlukla yüksek konsantre bulamaçlarıdır. Kesme oranı arttıkça viskozitede dilatent sıvı için artar. Yine güç gereksinimi, görünür viskozite bilinen belirlenebilir.



Şekil 118 Akışkanların Davranış Şekilleri

Önceki kategorilerde sınıflandırılmayan ve kaviteasyon pompası ile çok güzel bir şekilde işlenebilen bazı sıvılar ve malzemeler vardır. Filtre kek, susuz bulamaçlar veya çamurlar gibi malzemeler ve kağıt stoğu kurudur ve pompa emişinden normal emme açıklığına kolayca akamaz. Bunların malzeme kalınlığını gösteren bir viskozite ölçümü elde etmek mümkündür. Bu uygulamalar en iyi standart emiş haznesinin flanşlı bir hazne ile değiştirildiği ve malzemenin pompa elemanlarına taşınmasına yardımcı olmak için bağlantı parçasına bir burgu tutturulduğu bir pompa ile sağlanır.



Şekil 119 Pompaların Çeşitli Akışkanların Davranışlarına Göre Tork İhtiyacı

Devir Değiştirici ve Yol Verici Sistemler

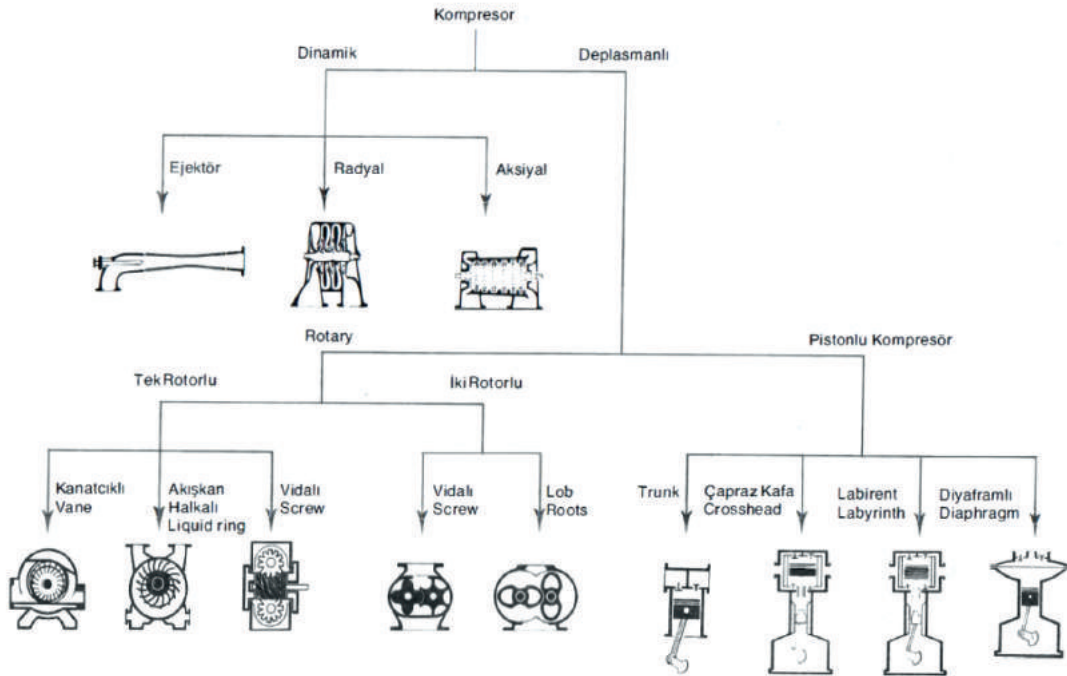
Burada çok detaylı anlatılmayacak olmasına karşın pompalar için enerji tasarrufu sağlamak ve daha hassas akışkan transferini sağlamak için motor sürücüsünün değişken devirli olması birçok tesisat için zorunludur. Santrifüj pompalarda "Afinite Yasası" farklı devirlerde pompanın debi basınç eğrisini ve enerjisini hesaplamana yardımcı olurken sabit basınç ve devir sayısına bağlı yer değiştirmeli pompa sürücülerinde viskozitenin değişkenliği temel olarak pompa emişinde ön ısıtma ile daha dengeli kütleel akışkan transferini sağlar.

Yukarıdaki grafik incelendiğinde, ister santrifüj pompalarda isterse yer değiştirmeli pompalarda frekans değiştirici kullanmanın önemi görölmektedir.

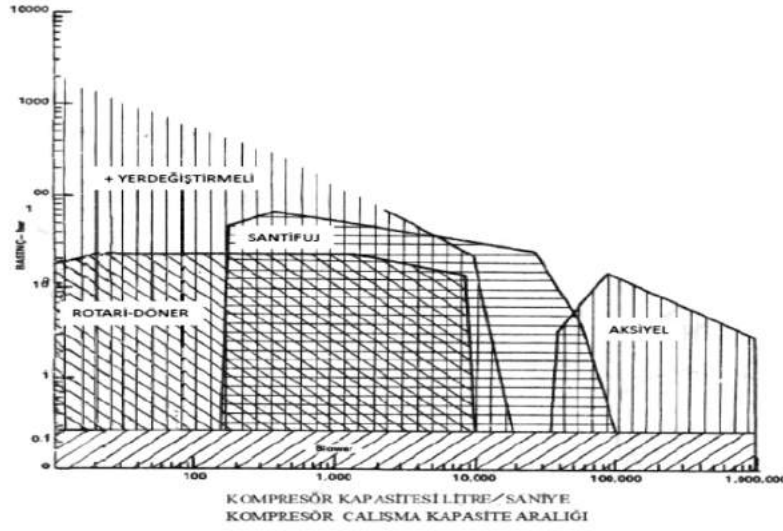
1.7 KOMPRESÖRLER

Kompresörler, çeşitli sıkıştırılabilir sıvılarda veya gazlarda basıncı artırmak için kullanılan mekanik cihazlardır. Bunlardan en yaygın olanı havadır. Kompresörler, endüstri genelinde atölyelerde kullanılır veya sistemde kullanılacak enstrüman havasını sağlamak için kullanılır. Havayla çalışan pnömatik cihazlara, boya püskürtücülerine, aşındırıcı kumlama ekipmanlarına verildiği gibi, klima ve soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan gazlar için faz kaydırma ve boru hatlarında gazı basınçlandırmak için de yoğun olarak kullanılmaktadır. Pompalar gibi, kompresörler de santrifüj (dinamik veya kinetik) ve pozitif yer değiştirmeli tiplere ayrılır; ancak pompalar genel olarak santrifüj çeşitleri kullanılmasına karşın, kompresörler genellikle pozitif deplasman tipindedir. Lastikleri şişiren el pompasından, boru hattı servisinde bulunan dev pistonlu veya turbo kompresör makinalarına kadar, boyut olarak değişebilir. Pozitif deplasmanlı kompresörler, pistonun baskın olduğu tiplerine, sarmal vida ve döner çark gibi döner tiplere ayrılabilir.

Bu kitapta, esas olarak hava kompresörlerini tanımlamak için kompresörler ve hava kompresörleri terimlerinin her ikisini de kullanacağız. Bazı özel durumlarda kompresörlerin kullanıldığı daha özel gazlardan da ayrıca bahsedeciğim.



Şekil 120 Temel Kompresör Tipleri

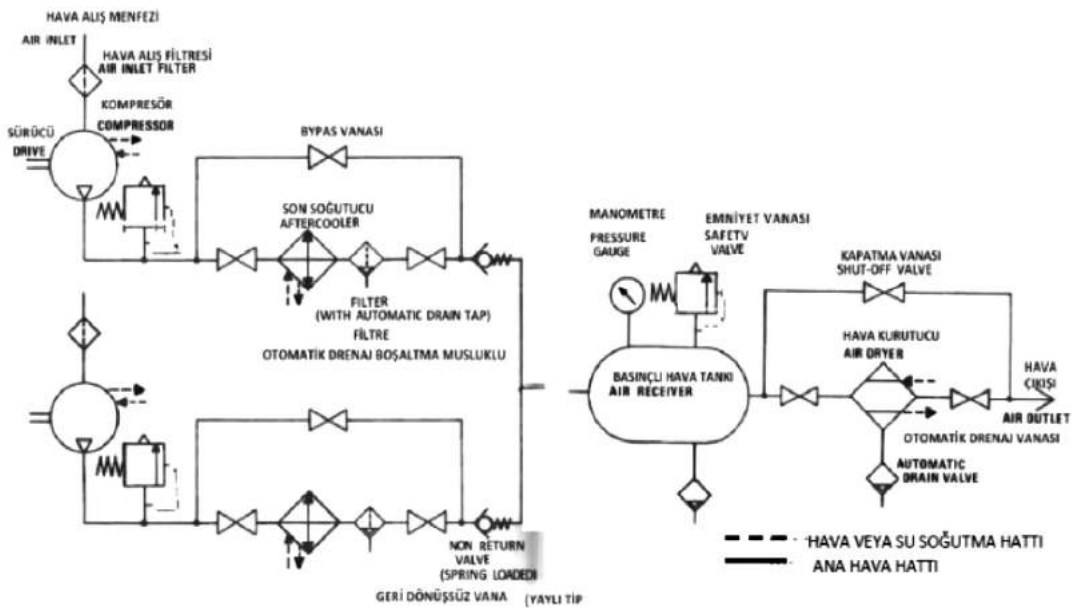


Şekil 121 Kompresör Debi Kapasite ve Basınç Kullanım Aralıkları

1.7.1 PİSTONLU KOMPRESÖRLER

Pistonlu kompresörler, gazı bir silindirin (veya silindirlerin) içine sıkıştırmak ve yüksek basınçlı alıcı tanklara manifoldu yoluyla boşaltmak için bir veya daha fazla pistonun etkisi ile çalışır. Pistonlu kompresörlerin başlıca uygulaması enerji kaynağı olarak basınçlı hava sağlaması iken, pistonlu kompresörler doğal gaz iletimi için de kullanılmaktadır. Pistonlu kompresörler genellikle gerekli basınç kPa (bar) ve debi l/s (standart litre saniye) veya litre dakika göz önüne alınarak seçilir. Tipik bir tesis-hava sistemi, 620-758 kPa (6,2-7,58 bar) aralığında basınçlı hava sağlar ve hacimleri 14 ile 1.180 l/s (840-70.800 litre dakika) arasındadır. Bu aralıklardaki kompresörler genellikle ticari, hazır ünitelerdir. Tesis-hava sistemleri tek bir ünite olarak veya tesis genelinde aralıklı birden fazla küçük ünite olarak seçilebilir. Tek kademeli kompresör tarafından sağlanabilen basınç, daha yüksek hava basınçları elde etmek için iki kademeli olarak kullanılır, ikinci kademeye giren basınçlı hava normalde ilk aşama döngüsü sırasında oluşan ısının bir kısmını ortadan kaldırmak için önceden bir iç soğutucudan geçer.

Isıdan bahsetmişken, birçok pistonlu kompresör sürekli değil, bir görev döngüsü içinde çalışacak şekilde tasarlanır. Bu tür döngüler, çalışma sırasında oluşan ısıyı birçok durumda hava soğutmalı serpantin veya kanatlar aracılığıyla dağıtır. Pistonlu kompresörlerin hem yağlı hem de yağsız tasarımları bulunur. En yüksek kalitede yağsız hava gerektiren bazı uygulamalar için, diğer özel tasarımların seçimi daha uygun olur.



Şekil 122 Tipik Kompresör ve Temel Ekipman Bağlantı Şeması

1.7.1.1 Diyafram Kompresörleri

Biraz özel bir pistonlu tasarım olan diyafram kompresörü, sıkıştırma odasının hacmini dönüşümlü olarak genişleten ve daraltan esnek bir disk, salınan motora monte bir eşmerkezle kullanır. Diyafram pompası gibi, tahrik, esnek disk tarafından proses akışına temas etmez ve bu nedenle yağların herhangi bir gazla temas etme olasılığı yoktur. Diyafram hava kompresörleri, laboratuvar ve tıbbi ortamda olduğu gibi çok temiz havanın gerekli olduğu uygulamalara yönelik nispeten düşük kapasiteli makinalardır.

1.7.2 DÖNEL KOMPRESÖRLER

1.7.2.1 Sarmal Vidalı Kompresörler

Helisel vidalı kompresörler, %100 görev döngüsünde çalışma kapasiteleri ile bilinen döner kompresör makinalarıdır ve bu özellikleri onları, inşaat ve yol yapımı gibi hareketli uygulamalar için en iyi seçim haline getirir. Dişliler, birbirleri ile örtüşen erkek ve diş rotor ile dönerek uç kısmından hava emer, rotorlar arasında oluşan hücreler gazları sıkıştırır ve uzun eksen boyunca gazlar hareket eder, sıkıştırılmış gaz kompresör gövdesi ucundan çıkış bağlantısına iletilir. Döner vidalı kompresör hareketi, titreşimin düşük olması nedeniyle pistonlu bir kompresörden daha sessizdir. Vidalı kompresörlerin pistonlu tiplere göre diğer avantajı da basınçlı havanın sabit debide sürekli olmasıdır. Bu kompresör tiplerinde hava, su veya yağla temas eder ama yağsız hava için de tasarlanabileceğinden, kritik yağsız hizmet taleplerini de karşılayabilir.

1.7.2.2 Kayar Kanatlı Kompresörler

Kayar kanatlı kompresör, eksantrik bir boşluğun iç duvarı boyunca süpürülen bir rotora monte edilmiş bir dizi kanatçıga dayanır. Kanatçıklar emme tarafından eksantrik boşluğun hava çıkış tarafına döner ve süpürdükleri alanın hacmini azaltırken alanın içinde sıkışan gazı da sıkıştırır. Kanatçıklar, eksantrik boşluğun duvarında oluşan bir yağ filmi üzerinde süzülür ve sızdırmazlık sağlar. Kayar kanatçıklı kompresörler yağsız hava sağlamak için kullanılmaz ancak titreşimsiz kesintisiz basınçlı hava sağlayabilir. Ayrıca, rulmanlar yerine burçların kullanımı ve vidalı kompresörlere kıyasla nispeten yavaş çalışması nedeniyle, ortamlarındaki kirleticilerden etkilenmez. Nispeten sessiz, güvenilir ve %100 görev döngüsünde çalışabilir. Bazı kaynaklar, santrifüj kompresörlerinin hava kompresörü uygulamalarında vidalı kompresörler tarafından büyük ölçüde ele geçirildiğini iddia ediyor. Petrol, gaz ve diğer proses endüstrilerinde hava dışı birçok uygulamada kullanılır.

1.7.2.3 Kaydırma Kompresörleri

Kaydırma hava kompresörleri sabit ve yörünge spiralleri kullandığından, yörüngedeki spiraller sabit spirallerin yolunu takip ettikçe aralarındaki boşluk hacmini azaltır. Gaz alımı, parşömenlerin dış kenarında gerçekleşir. Sıkıştırılmış gazın çıkışı ise merkeze yakın gerçekleşir. Parşömenler temas etmediğinden, yağlama yağına gerek yoktur, bu da kompresörü özünde yağsız hale getirir. Bununla birlikte, diğer tasarımlarda olduğu gibi sıkıştırma ısını gidermekte yağ kullanılmadığı için, kaydırma kompresörleri için kapasiteler biraz sınırlıdır. Bu nedenle genellikle düşük uçlu hava kompresörlerinde ve ev klima kompresörlerinde kullanılır.

1.7.3 İKİ ROTORLU KOMPRESÖRLER

1.7.3.1 Döner Lob Kompresörleri

Döner loblu kompresörler, daha uygun şekilde üfleyici olarak sınıflandırılan, yüksek hacimli, düşük basınçlı cihazlardır.

1.7.4 SANTRİFÜJ KOMPRESÖRLER

Santrifüj kompresörler, basınçta artış sağlamak için gazlara hız vermek için yüksek hızlı pompa benzeri çarklara güvenir. Esas olarak 100+ hp aralıklarındaki ticari soğutma üniteleri gibi yüksek hacimli uygulamalarda ve 20,000 hp'a kadar büyük olabilecekleri ve 94.390 l/s aralığında hacimler sağlayabilecek olanları, büyük tesislerde görülürler. İnşaat, santrifüj pompalarla neredeyse aynı olan santrifüj kompresörler, dönen bir çarkın etkisiyle gazı dışarıya atarak gazın hızını artırır. Gaz, hızının yavaşladığı ve basıncının yükseldiği bir kasa salyangozunda genişler.

Santrifüj kompresörler, deplasmanlı kompresörlere göre daha düşük sıkıştırma oranlarına sahiptir ancak, daha büyük hacimlerde çalışabilir. Birçok santrifüj kompresör, sıkıştırma oranını iyileştirmek için birden fazla aşama kullanır. Bu çok kademeli kompresörlerde gaz genellikle aşamalar arasında ara soğutucudan geçer.

1.7.5 ENERJİ KAYNAĞI OLARAK BASINÇLI HAVA

Basınçlı hava sistemleri tarafından üretilen ısı, çok iyi bir enerji tasarrufu kaynağı olabilir. Endüstriyel bir hava kompresörü tarafından kullanılan elektrik enerjisinin neredeyse tamamı (%96) ısıya dönüştürülebilir ve genellikle bu ısı kompresör odasına atılır veya dışarıya kanalla transfer edilir. Neredeyse tüm bu termal enerji kullanılabilir ve bir tesisin enerji maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilir. Basınçlı hava sistemlerinden elde edilen enerjinin bazı kullanımlarına bakarsak:

1.7.5.1 Döner Vidalı Kompresörler ile Isı Geri Kazanımı

Üretim tesislerinde bulunan en yaygın kompresör ekipmanı hava soğutmalı, yağlanmış döner vida tasarımıdır. Kompresör değişken yüke sahipse, bu sistemler kullanılarak kurtarılan ısı miktarı değişecektir; bununla birlikte, genel olarak, birincil hava kompresör paketi, yağ enjeksiyonlu döner vida tipi bir tasarım olduğunda çok iyi sonuçlar elde edilecektir.

Yağsız döner vidalı kompresörler de ısı geri kazanım faaliyetleri için uygundur. Diğer kompresör sistemlerinde olduğu gibi, giriş elektrik enerjisi ısıya dönüşür. Sıvı enjekte edilen kompresörlerden çok daha yüksek ondalık sıcaklıklarda çalıştıkları için, daha yüksek deşarj sıcaklıkları (149°C veya daha yüksek) üretir.

1.7.5.2 Sıcak Hava Uygulamaları

Sıcak egzoz havası, standart HVAC kanal ve kontrollerinin entegre edilmesiyle, kompresör odasında ve bitişik alanlarda ısıyı artırmak veya sağlamak amacıyla kanal ile aktarılabilir. Hacim ısıtma sisteminde, havalandırma için kullanılan termostat kontrollü, motorlu panjur damperleri yardımıyla kolayca akış düzenlenebilir ve böylece ısıtma hava akışında sürekli ayarlamalar yapılarak sabit oda sıcaklığı korunur. Bu aynı zamanda, ısıtma gerekmediğinde, sıcak havanın soğutma maliyetlerini azaltmak için bina dışına atılacağı anlamına da gelir.

1.7.5.3 Su/Sıvı Isıtma

Dışarı atılacak ısı, suyu veya diğer proses sıvılarını ısıtmak için de kullanılabilir. Bu işlem, hava veya su soğutmalı kompresörlerle yapılabilir. Ancak en iyi verimlilikler genellikle deşarj soğutma suyunun yıl boyunca enerji tasarrufu için bir ısıtma kazanı dönüş devresi gibi sürekli bir proses ısıtma uygulamasına doğrudan bağlandığı su soğutmalı kompresör kurulumlarından elde edilir. Bazı kompresör üreticileri, dahili ısı geri kazanım ısı eşanjörlerini de seçenek olarak sunar. Bazı tasarımlarda bunlar, kompresör kabininin içine tamamen entegredir ve çok az mühendislik gerektirir.

1.7.5.4 Enerji Tasarrufu

Tesisin içi, sadece soğuk kış aylarında değil, yıl boyunca basınçlı hava sistemlerinden gelen ısının geri kazanımından yararlanabilir. Birçok bölgede, zaten üç mevsim boyunca hacim ısıtması gereklidir. Sıcak aylarda, emiş havasının sıkıştırılma ısını dışarı aktarmak, kompresör verimliliğini artıracak ve hava kalitesini sağlayacaktır. Ayrıca, çalışma sıcaklığının kontrol altına alınması, kompresörün ömrünü uzatacaktır.

Genel olarak, basınçlı hava sistemi, ısı atık miktarı ne kadar büyükse geri ödeme de o kadar hızlı olur. Ancak ısı geri kazanımı, kullanılacak atık ısı miktarına ve alternatif enerji kaynağının maliyetine bağlıdır. Enerji tasarrufunun ötesinde, ısı geri kazanım çabalarının çevreye fayda sağladığı da ayrı bir gerçektir. Dolayısıyla önemli enerji tasarrufu, aynı zamanda bir tesisin karbon ayak izinin azaltılması anlamına da gelir. Küresel çaptaki yeni kurallara göre ülkelerdeki çevre ve enerji politikaları ve düzenlemeleri gelişmeye devam ettikçe, bu hususların daha da öneme sahip olması beklenmektedir.

1.8 FLANŞLAR -CONTA-CIVATA SOMUNLAR

1.8.1 FLANŞLAR, TIPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

1.8.1.1 Flanşlar Genel

Flanşlar; boru sisteminde yer alan boruları, vanaları, pompaları ve diğer ekipmanları birbirlerine bağlamak için kullanılan yöntemlerden biri olarak yararlanan bağlantı elemanlarıdır. Hızlı bağlantı yapılabilmesinin yanı sıra, temizlik, kontrol, bakım veya tamirat işleri için de kolay erişim sağlar. Flanşlar genellikle kaynaklanır veya vidalanır. Flanş yüzeylerindeki dairesel çizikler, öpüşen flanşlar arasında kalan contanın sızdırmazlığını artırmak için işlenir. Aradaki contayı sıkıştıran iki flanş yüzeyi saplama veya civata ile somun ve pul kullanılarak birbirlerine bağlanır.

1.8.1.2 Flanş Türleri

Petrol ve kimya endüstrisinde en çok kullanılan flanş türleri şunlardır:

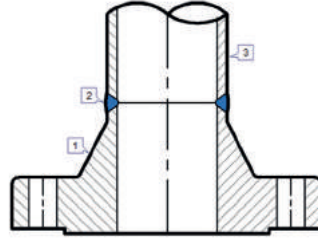
Kaynak Boyunlu Flanş (Welding Neck)

Kaynak Boyunlu Flanş, bir tarafında flanş, diğer tarafında boru olan ve flanşlı bir tesisat elemanı veya ekipmanı boruya tutturmak için kullanılan bir geçiş parçasıdır. Boru tarafındaki et kalınlığı, boru et kalınlığına eşit olup, flanşa doğru yavaşça kalınlaşır. Boyunlu flanşın boruya bağlanan kısmının daha uzun olması durumunda 'uzun boyunlu flanş' (Long Welding Neck Flange) olarak adlandırılır.

Uzun konik göbek, yüksek basınç, sıfırın altı ve/veya yüksek sıcaklıklar içeren çeşitli uygulamalarda kullanım için önemli bir avantaj sağlar. Flanş kalınlığından boruya veya konik tarafından etkilenen montaj et kalınlığına yumuşak geçiş, hat genişlemesi veya diğer değişken kuvvetlerin neden olduğu tekrarlanan bükme koşullarında son derece faydalıdır.

Bu flanşlar birleştirilmesi boru iç çapına veya montajına uyacak şekilde yapılır, böylece ürün akışında herhangi bir kısıtlama olmaz. Bu bağlantı elemanında türbülans oluşmasını önler ve erozyonu azaltır. Ayrıca konik göbek üzerinden mükemmel stres dağılımı sağlarlar ve kusur tespiti için kolayca radyografiye hazırlanır.

Bu flanş tipi bir boruya kaynaklanacak veya tek bir tam penetrasyon sağlanan V kaynağı (Buttweld) yapılacaktır.



1. Kaynak Boyunlu Flanş 2. Alın Kaynağı (Butt Weld) 3. Boru veya Montaj

Şekil 123 Kaynak Boyunlu Flanş

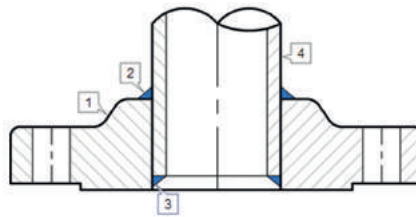
Kaymalı Flanş (Slip On Flange)

Çelik boruların ucuna kayar vaziyette geçirilen ve daha sonra boru üzerindeyken, içten ve dıştan köşe kaynağıyla tutturulan bir çelik flanş türüdür. Boru, kaynak öncesi flanşın içine kaydırıldığı için, flanşın göbeği, boyunlu flanşa göre çok daha düşüktür. Flanş boruya içten ve dıştan doğru olarak kaynaklandığında, yeterli mukavemet sağlar ve sızıntıya neden olmaz.

İç basınç altında bir kaymalı flanş için hesaplanan mukavemet, kaynak boyunlu flanş değerinin üçte ikisi ölçөгündedir ve yorgunluk altındaki ömrü de ikincisinin yaklaşık üçte biridir.

Kaymalı flanşa takılan borunun, köşe kaynağı yapmaya elverişli ölçüde bir boşluk bırakması gerekir. Genel prensiplere göre, görüntüdeki 3 nolu dolgu kaynak mesafe ölçüsü, boru et kalınlığı artı 1/8" (yaklaşık 3 mm) olarak ayarlanır ve böylece flanş yüzüne herhangi bir zarar vermeden flanşın iç kısmına da köşe kaynağı yapılabilir.

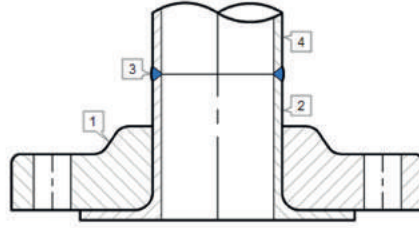
Bu flanşın bir dezavantajı, eğer sahada montaj yapılıyorsa, prensip olarak her zaman önce borunun monte edilmesi ve daha sonra flanşın monte edilmesi gerekliliğidir. Atölye imalatlarında ise bu durum söz konusu olmaz. Ayrıca kaymalı flanşlar, dirsek, te veya redüksiyon gibi fittingler üzerine takılamaz, zira fittingler düz bir uca sahip olmadığından, flanş üzerine tam oturamaz.



1. Kayar Flanş 2. Dış Dolgu Kaynak 3. İç Dolgu Kaynak 4. Boru

Şekil 124 Kayar Flanş

- Hızlı bir şekilde aşınmış veya aşınmış sistemlerde flanşlar yeniden kullanılmak üzere kurtarılabilir.



Gevşek flanş 2. Saplama Ucu 3. Uç kaynağı 4. Boru veya Montaj

Şekil 126 Gevşek Flanş

Saplama Ucu her zaman bir Karşı Bağlantı Flanşı ile, bir Destek Flanşı olarak kullanılmaktadır.

Bu flanş bağlantıları, düşük basınçlı ve kritik olmayan uygulamalarda tercih edilir ve ucuz bir flanşlı montaj yöntemidir. Paslanmaz çelik boru sisteminde, örnek, bir karbon çelik flanş uygulanabilir, çünkü borudaki ürünle temas etmez.

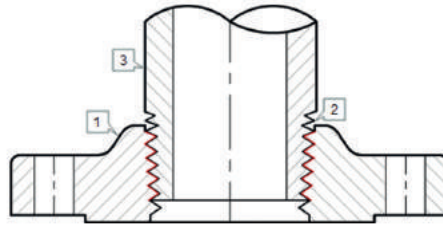
Dişli Flanş (Threaded Flange)

Dişli Flanşlar, ana avantajları kaynak olmadan boruya takılabilmesi nedeniyle özel durumlar için kullanılır. Bazen dişli bağlantı ile bir sızdırmazlık kaynağı (Seal Weld) da kullanılır.

Çoğu boyutta ve basınç sınıfında hala mevcut olmasına rağmen, günümüzde vidalı bağlantı parçaları neredeyse sadece çok küçük boru boyutlarında kullanılmaktadır.

Dişli bir flanş veya bağlantı, ince et kalınlığına sahip boru sistemleri için uygun değildir, çünkü böyle bir boru üzerinde diş açmak mümkün değildir. Bu nedenle, yeterince kalın etli borular seçilmelidir.

ASME B31.3 Boru Kılavuzu şunları söylüyor: Çelik borunun dişli olduğu ve 250 psi'nin üzerindeki buhar servisi veya 220 ° F'nin üzerindeki su sıcaklıkları ile 100 psi'nin üzerindeki su servisi için kullanıldığı durumlarda, boru dikişsiz olacak ve en az 80 ASME B36.10'un standartta belirtilen eşit bir kalınlığa sahip olacaktır.



1. Dişli flanş 2. Boru Dişi (sızdırmazlık Contası) 3. Boru veya Montaj

Şekil 127 Dişli Flanş

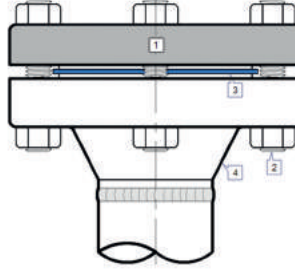
Kör Flanş (Blind Flange)

Kör flanş, popüler bir boru flanşı türüdür. Merkezinde delik yoktur ve öncelikle boru sistemlerinin, vanalar ve basınçlı kap açıklıklarının uçlarını kapatmak için kullanılır. Kör flanş olmadan bir boru hattında bakım veya onarım yapmak zor olurdu. Akışın en yakın vanadan kapatılması gerekir, bu da tamir alanından kilometrelerce uzakta olabilir. Vanalar çok pahalıdır. Kör flanş, bir boruyu kapatmanın çok daha uygun maliyetli bir yoludur.

İç basınç ve civata yüklemeye açısından bakıldığında, özellikle daha büyük boyutlarda kör flanşlar en stresli flanş tipleridir.

Bununla birlikte, bu gerilmelerin çoğu merkeze yakın bükme tipleridir ve standart bir iç çap olmadığından, bu flanşlar daha yüksek basınç sıcaklığı uygulamaları için uygundur.

Kör Flanşlar petrokimya, boru mühendisliği, kamu hizmetleri ve su arıtma vb. yerlerde kullanılır.



1. Kör flanş 2. Saplama Cıvata 3. Conta 4. Diğer flanş

Şekil 128 Kör Flanş

Kör flanşlardan bahsederken, petrokimya tesislerinde çok yoğun olarak kullanılan sekiz kör (Spectacle Flange) ve maçalardan da bahsetmek lazım.

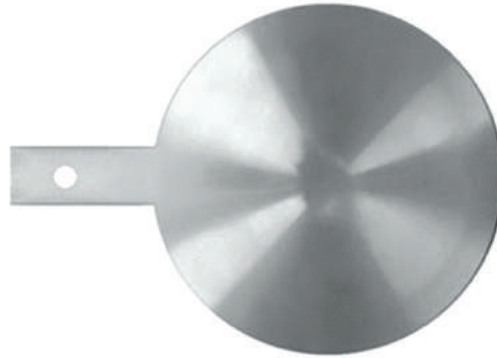
Sekiz kör flanşlar, belirli bir cihazı temizlemek, kontrol etmek ve genel olarak bakım yapmak üzere borunun bir bölümünü izole etmek için kullanılabilir. Çok hızlı ve güvenli bir eleman olarak kullanılan, yarı kalıcı veya uzun süreli kör flanş olarak kabul edilir. Bu anlamda, vanalara ucuz ve sağlam bir seçenek oluşturur.

Normal akışın gerçekleşebilmesi için genellikle "açık" konumda tutulur, akışın durması gerektiğinde, kapalı konuma döndürülür. Resimdeki görünüş aldatmasın, kör olan kısım flanş saplamaları arasında sıkışacak ölçüde delik tarafı ise tam boru çapı boşluk ölçüsünde imal edilir.



Şekil 129 Sekiz Kör Flanş

Kürek flanşı veya maça denilen körleme aparatı, küçük bir tutma sapı olan yuvarlak bir metal parçasıdır ve iki flanş arasına yerleştirilip cıvataları sıkarak akışı durdurmak üzere tasarlanmıştır. Boruyu kapatır ve akışkanı önleyerek teknisyenlerin boru hattı üzerinde çalışmasına olanak tanır. Petro kimya tesislerinde yaygın olarak kullanılır.



Şekil 130 Kürek Flanşı (Maça)

1.8.1.3 Özel Flanşlar

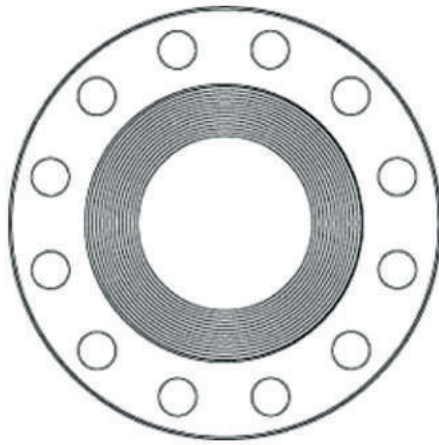
En çok kullanılan standart flanşlar dışında, aşağıdakiler gibi bir dizi özel flanş vardır:

- Delik Flanşları
- Uzun Kaynak Boyunlu Flanşlar
- Kaynaklı Boru Parçası Flanşı (Weldoflange) / Nipelli Flanş (Nipoflange)
- Genişletici Flanş
- Redüksiyon Flanşı

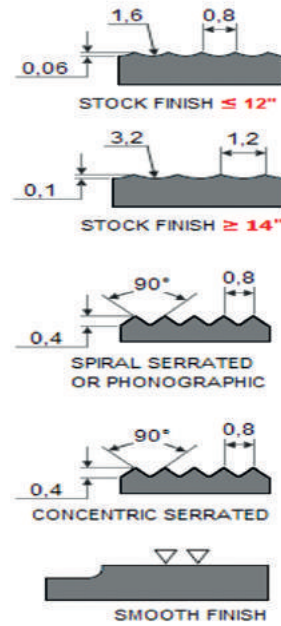
1.8.1.4 Flanş Yüzey İşlemleri (Flange Face Finish)

ASME B16.5 koduna göre flanş yüzeyinin, yükseltilmiş yüzey (Raised Face(RF) veya düz yüzey (Flat Face (FF), kullanılacak conta ile uyumlu olması ve yüksek kaliteli bir sızdırmazlık sağlamak üzere belirli bir pürüzlülüğe sahip olması gerekir.

Eşmerkezle veya spiralli tırtıklı bir yüzey, inç başına 30 ila 55 oluk ve 125 ila 500 mikro inç bir pürüzlülük gereklidir. Bu pürüzlülük, yumuşak veya metal flanşların conta temas yüzeyi için flanş imalatları tarafından istenen kalitede bir yüzey kalitesine izin verir.



Şekil 131 Yükseltilmiş Yüzey Tırtıklı Gösterimi



Şekil 132 Çeşitli Yüzey Tırtıklama Ölçü ve Derinliği

1.8.1.5 En Çok Kullanılan Flanş Yüzeyleri

Stok Yüzey (Stock face)

Pratik olarak tüm sıradan servis koşulları için uygun olduğundan, en yaygın olarak kullanılan flanş yüzey kaplamasıdır. Sıkıştırma altında, contadan gelen yumuşak yüzey bu olukları doldurur, bu da eşleşme yüzeyleri arasında yüksek düzeyde sürtünme oluşturarak sızdırmazlık contası oluşturmaya yardımcı olur.

Bu flanşların yüzeyi, 12"e kadar devir başına 0,8 mm ilerleme hızında 1,6 mm yarıçaplı yuvarlak 0,06 mm derinlikte ve 14" ve üzeri flanş çapları için, yüzey devir başına 1,2 mm ilerlemede 3,2 mm yuvarlak 0,1 mm derinlikte yivlerle oluşturulur.

Spiral Tırtıklı (Spiral Serrated)

Flanş yüzeyi aynı zamanda sürekli veya fonografik bir spiral oluktur, ancak oluğun tipik olarak 45° açılı tırtıklı bir "V" geometrisi oluşturan 90°'lik flanş çaplar için, yüzey devir başına 0,8 mm ilerlemede 0,4 mm derinlikte yivler oluşturulur, stok flanş yüzeyinden farklıdır.

Eşmerkezli Tırtıklı (Concentric Serrated)

Adından da anlaşılacağı gibi, bu yüzey, eşmerkezli oluklardan oluşur. Yüzey devir başına 0,8 mm ilerlemede 90° keskin 0,4 mm derinlikte yivler oluşturulur, tırtıklar yüzeye eşit aralıklı olarak yerleşir.

Pürüzsüz Yüzey (Smooth Finish)

Pürüzsüz yüzey, görünür bir takım işaret taşımaz. Yüzey, faturasız, tipik olarak çift ceketli, düz çelik ve oluklu metal gibi metal yüzeyli contalar ile kullanılır. Pürüzsüz yüzeylerin sızdırmaz conta oluşturması, montajda uygun bir conta

kullanılmasına ve sızdırmazlık etkisi açısından, karşıt yüzlerin düzlüğüne bağlıdır. Bu genellikle conta temas yüzeyinin, 0,05 mm derinliğe sahip devir başına 0,3 mm ilerleme hızında 0,8 mm yarıçaplı yuvarlak oluşturulan sürekli (bazen fonografik olarak da adlandırılır) spiral oluk yapılarak elde edilir. Bu işlem, Ra³⁸ 3.2 ve 6.3 mikrometreler (125- 250 mikro inç) arasında pürüzlülüğe neden olacaktır.

Pürüzsüz yüzey flanşlar düşük basınç ve/veya büyük çaplı boru hatları için daha yaygın kullanılır ve öncelikle katı metal veya spiral oluklu contalar ile kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Pürüzsüz yüzeyler genellikle boru flanşları dışındaki makinalarda veya flanşlı bağlantılarda bulunur. Pürüzsüz bir yüzeyle çalışırken, sürünme ve soğuk akışın etkilerini hafifletmek için daha ince bir conta kullanmayı düşünmek önemlidir. Bununla birlikte hem daha ince bir conta hem de pürüzsüz yüzey olduğu zaman, contanın görevini yapabilmesi, daha yüksek bir basınç kuvveti (cıvata torku) gerektirir.

Flanş yüzlerinin depolanma, taşıma, atölye montajı ve saha montajı aşamalarında herhangi bir fiziksel tahribata maruz kalmaması ve yüzeyin çizilmemesi, işletme sırasında ortaya çıkabilecek sızıntılarının engellenmesi için özel önem taşır. Bu yüzden, flanşların imalatçı tarafından gönderilen özel kapakları, son aşamaya kadar çıkartılmamalıdır.

Flanş conta yüzlerinin pürüzsüzlüğü Ra = 3,2- 6,3 mikrometre olarak işlenir. (125- 250 mikro inç **AARH**³⁹)

63 AARH Halka Tipi bağlantılar için kabul edilir.

125-250 AARH (Pürüzsüz Yüzey) Spiral Oyuk Contaları için belirtilir.

250-500 AARH (Stok Yüzey) Yumuşak contalar için yüzey pürüz seviyesi kabul edilir. Yumuşak contalar asbestsiz, grafit plakalar, elastomerler vb. olabilir. Pürüzlük yeterince olmadığı takdirde "ısıрма etkisi" oluşmaz ve bu nedenle flanş sızdırabilir.

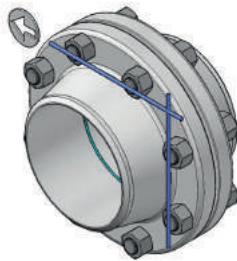
1.8.2 FLANŞLAR İÇİN CIVATA DELİKLERİ

ASME B16.5, zaten çevrelenmiş olduğu gibi, bir flanştaki cıvata deliklerinin sayısı ve çapı için de standarttır. Sayılar ve çaplar, Basınç Sınıfına göre ayrılır, ancak belirli bir Basınç Sınıfındaki her flanş için aynıdır. Cıvata delikleri cıvata dairesinin çapına benzer şekilde bölünür ve sayı her zaman çift sayıdır (4, 8, 12, 16 vb.).

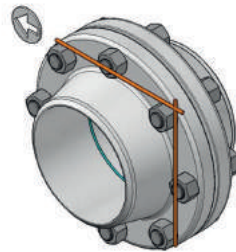
1.8.2.1 Cıvata Deliği Yönlendirme

Bir flanş montajı sırasında, cıvata deliklerinin konumu özel bir öneme sahiptir.

Tüm flanş cıvata delikleri, merkez çizgilerin arasında gezinir. Dikey flanş yüzü için (dikeydeki flanş yüzü ve çizgi yatay yani yere paraleldir) iki cıvata delikleri yere paralel olarak aynı hizada bulunur. Dikey ve yatay merkez çizgilerini saptırmak için kaynak öncesinde su terazisi kullanılarak yönlendirilmeleri gerekir. Aşağıdaki şekillerden Şekil 133 ve Şekil 135 doğru, Şekil 134 ve Şekil 136 ise yanlış flanş montaj örneklerini göstermektedir.



Şekil 133 Doğru Montaj Düzlem ve Doğrultusu

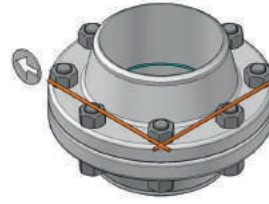
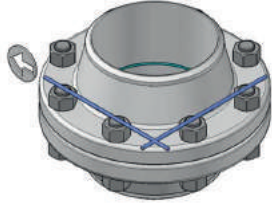


Şekil 134 Yanlış Montaj Düzlem ve Doğrultusu

Yatay bir flanş yüzü için (flanş yüzü yataydır ve çizgi yukarıda veya dikey aşağı doğru dikeydir) cıvata delikleri Tesis Kuzey merkez çizgisi ile örtüştürmek için yönlendirilmesi gerekir.

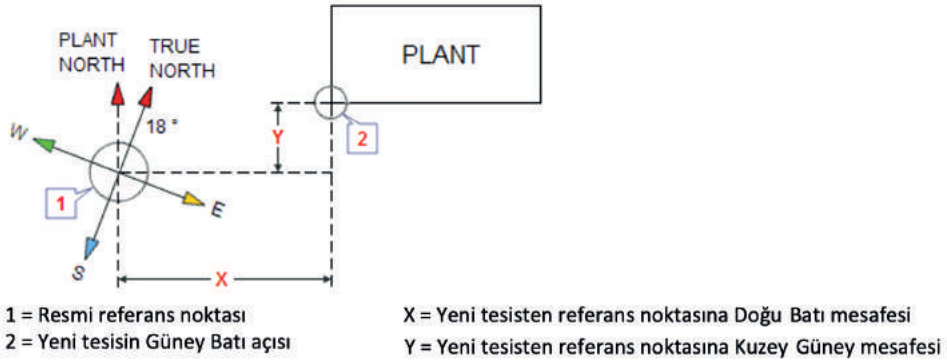
³⁸ **Ra** Pürüzlülük Ortalaması anlamına gelen AARH ile aynı olarak da adlandırılır.

³⁹ **AARH**, Aritmetik Ortalama Pürüzlülük Yüksekliği kısaltmasıdır. Yüzeylerin pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılır. 125 **AARH**, 125 mikro inç'in yüzeyin iniş ve çıkışlarının ortalama yüksekliği olacağı anlamına gelir.



Şekil 135 Yatay Flanş Doğru Düzlem ve Doğrultusu **Şekil 136** Yatay Flanş Yanlış Düzlem ve Doğrultusu

Deliklerin, standart civata deliği yönünden sapmaması çok önemlidir. Yalnızca mal sahibinin özel talebi üzerine, farklı bir uygulama yapılabilir. Farklı bir uygulama göreceğiniz tüm vakaların yüzde 99'unda, bunun bir hata olduğunu varsayabilirsiniz. Flanşlar için bu merkez çizgisi kuralı, tüm sorumlu ekipman üreticileri ve boru imalatçıları tarafından kabul edilmiş ve uygulanmaktadır.



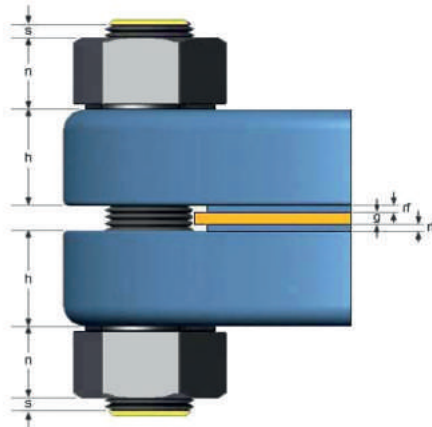
Şekil 137 Tesis Kuzey Koordinat Sistemi

Derleyen Notu: Birçok uygulamada saplama veya civata satın alma işlemlerinde uygun olmayan nitelik ve uzunluklarda malzeme temin edildiği görülmektedir. Özellikle detaylı denetleme olmayan endüstriyel dışı yapılarda tesisatın flanşlı montaj kalitesi, tümüyle uygulamacı ustanın bilgi ve görgüsüne bırakılmaktadır. Oysaki civata/saplama/somun malzeme kalitesi ve uzunlukları, mühendislik çalışması gerektiren, iş kalitesi ve güvenliğini etkileyen, usta takdirine bırakılmayacak kadar önemli bir husustur.

1.8.2.2 Saplama Civatası Uzunluğunu Hesaplama Yöntemi

Saplama Civatası teorik uzunluğu formülle hesaplanabilir:

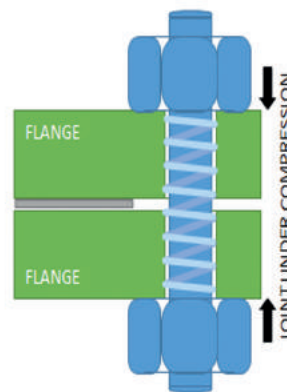
$$L = 2(s + n + h + rf) + g$$



Şekil 138 Flanşlı Bağlantı Saplama Uzunluğu Hesabı

- s = serbest dişler (1/3 zaman civatası çapına eşittir)
- n = somun yüksekliği (nominal civata çapına eşittir)
- h = flanş (plaka) kalınlığı
- rf = yükseltilmiş yüzün yüksekliği
- g = conta kalınlığı

Denklem 83



Şekil 139 Uygulanması Gereken Kuvvet

Derleyen Notu: Saplama Cıvatası için bir somun yüksekliği, dış çubuğunun çapı ile aynıdır. Eğer fark varsa ölçüde mutlaka farklı bir normdadır, sonradan uğraşmak yerine detaylı kontrol etmek gerekir.

1.8.2.3 Cıvata Boyunun Somun Ötesine, Sınırlar Dışına Taşımı

Cıvatalar, somunların ötesine S miktarının üzerinde taşarsa, uygun şekilde korunmaz ve paslanma riski ile hasara karşı hassastır. Fazla dişlerin paslanması flanş sökümünü engelleyebilir. Saplama cıvatasının, bir ucundaki somunla ASME B31.3'ün gerektirdiği şekilde çıplak minimum S miktarı kadar uzunlukta seçilmesi iyi bir uygulamadır. Eğer saplamanın uzunluğu fazla ise, bir ucu S değerinde ayarlamak ve böylece tüm fazla dişleri karşı uçta bırakmak tercih edilir. Ayrıca iyi bir mühendislik uygulaması, hidrolik cıvata gergilerinin kullanımı için gerekli olmadıkça somundan yarım inç öteye gitmeyecek şekilde cıvata uzunluklarını sınırlamaktır.

1.8.3 FLANŞLI BAĞLANTI MONTAJI İÇİN CONTA- O RİNG SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

Boru, vana ve ekipmanların flanşlı bağlantıları için iki flanş arasına, sızdırmazlık elemanı olarak Conta yerleştirilmektedir. Konulan conta, tüm çalışma koşullarında sızıntıya dayanıklı ve sızdırmazlık sağlayacak şekilde olmalıdır. Boru flanşı arasındaki sızıntıya dayanıklı sızdırmazlık elde etmek için farklı conta türleri kullanılır.

Contaların birincil işlevi, flanşın her yüzünün düzensizliklerini kapatmaktır, bu işlem hakkıyla yerine getirilebilirse, flanş bağlantısından servis akışkan sızıntısı olmaz.

1.8.3.1 Conta Çeşitleri





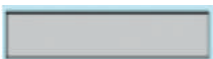
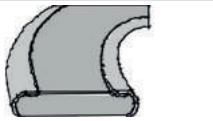

Proses borularında kullanılan üç tip conta vardır.

- Metalik Olmayan
- Metalik
- Komposit

Tablo 33 Tesisat Boru Conta Çeşitleri

Metalik Olmayan	Metalik - Halka Conta	Komposit
Sıkıştırılmış Asbestsiz Fiber Conta (CNAF)	Oval Halka Contası	Spiral Sarma Contaları
PTFE Conta	Sekizgen Halka Conta	Kam Profilli Contalar
Kauçuk Conta		Metal Ceketli Conta

Tablo 34 Conta Yüzey Bitirme Gereksinimleri

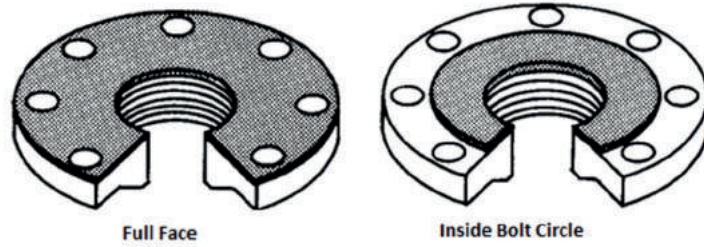
Conta Tanımı	Conta Kesit Görünüşü	Flanş Yüzey Pürüz Mikrometre Ra
Spiral Yaralı/Sarımlı Conta		3,2- 6,3
Kam Profilli Conta		3,2- 6,3
Metalik Tırtıklı Conta		1,6 MAKS
MRG (Metal Reinforced Gasket)		3,2- 6,3
Katı Metal Conta		1,6 MAKS
Metal Kaplamalı Conta		2,5 MAKS
Yumuşak Kesim Conta		Malzeme <1,5mm t= 3,2- 6,3
		Malzeme>1,5mm t= 3,2-12,5

1.8.3.1.1 Metalik Olmayan Conta

Bu tip contalar için kullanılan en yaygın malzemeler Grafit, Kauçuk, Teflon, PTFE ve Sıkıştırılmış Asbestsiz Elyafıtır (CNAF). Bu contalar yumuşak conta olarak da bilinir. Tam yüz daire veya cıvata içi daire tipi (düz halka) olabilir.

- Metalik olmayan contalar düşük gerilimli cıvatalarla ile kolayca sıkıştırılabilir.
- Bu tip contalar 150 ve 300 Sınıfı gibi düşük basınç sınıfı flanşlarla ve ayrıca düşük sıcaklıkta kullanılır. Ancak, grafit conta 500 Dereceye kadar kullanılabilir.
- Kauçuk ve elastomer contalar hidrokarbon hizmetlerinde kullanılmaz, şebeke hatlarında kullanılır.
- Metalik olmayan contalar en ucuz olandır ve kolayca temin edilebilir.

Tam yüz conta tipleri, düz yüzlü (FF-Flat Face) flanşlar için uygundur. Düz halka conta tipleri yükseltilmiş yüzlü (RF-Raised Face) flanşlarla kullanıma uygundur.



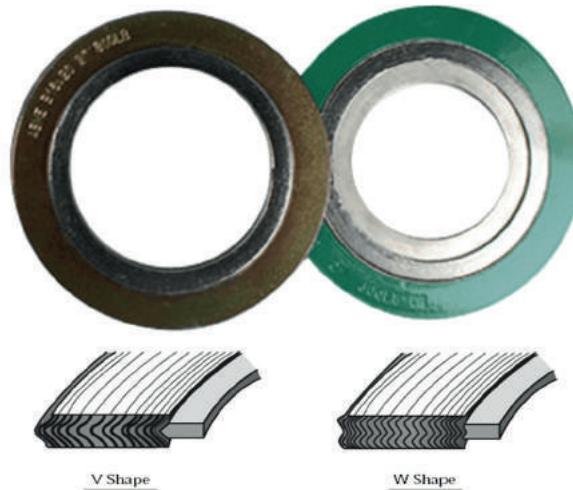
Şekil 140 Tam Yüz Daire-Düz Yüzlü Flanş Contası ve Düz halka-Yükseltilmiş Yüzlü Flanş Contası

1.8.3.2 Spiral Yara Contası

En yaygın kullanılan komposit tipi conta Spiral Yara Contasıdır. Çok çeşitli basınç ve sıcaklık sınıfı için uygundur. Normalde dolgu malzemesi olarak kullanılan Grafit veya PTFE ve sargı malzemesi olarak paslanmaz çelik veya diğer egzotik malzemeler kullanılır.

Spiral yara contasında üç bileşen vardır: iç ve dış bilezik, dolgu malzemesi ve sargı malzemesi. Ancak, bazen bir iç halka kullanılmaz. Aşağıdaki şekilde, iç halkalı ve iç halkasız spiral yara contasını görebilirsiniz.

İç halka, sargı malzemesine ek destek sağlamak için kullanılır. Sargı, dolgu malzemesi ve sargı malzemesinin alternatif bir katmanıdır. Dolgu malzemesi grafit ve PTFE gibi yumuşak bir malzemedir ve sargı malzemesi ince bir metal levhadır.



Şekil 141 Spiral Yara Contası Çeşitleri

1.8.3.2.1 Metal Conta / Halka Bağlantı Contası / RTJ Conta

Metal contalar Yumuşak demir, Düşük Karbon çelik, Paslanmaz Çelik, Monel⁴⁰ ve Inconel⁴¹ gibi malzemelerden üretilmektedir. Bu contalar halka conta veya RTJ contaları olarak da bilinir.

Metalik contalar, normalde 900 Sınıfının üzerinde olan yüksek basınç sınıfı flanşlar da kullanılır ama yüksek sıcaklık için de kullanılabilir.

- Metalik contalar kullandığımızda yüksek gerilimli cıvata kullanmak gereklidir.
- Çok sağlam ve en maliyetli conta tipidir.

RTJ Conta, karşı flanş yüzünde işlenmiş olan oluğa sığar. Sekizgen ve Oval tip olarak kullanılan iki tür RTJ metalik conta vardır. Farkı kesit görünülerinde görebilirsiniz.

Düz Metalik Contalar

Düz metalik contalar flanş yüzünün düzensizliklerine elastik ve plastik deformasyon ile uyum sağlar. Flanş yüzünün plastik deformasyonunu engellemek için, conta malzemesinin akma kesme mukavemeti flanş malzemesinden önemli ölçüde daha düşük olmalıdır. Contanın akma nedeniyle serbest yanal genişlemesi, flanş yüzünün pürüzlülüğü ile engellenir. Yanal genişlemeye karşı bu direnç, contanın geri kalanı başlangıçta elastik olarak deforme olurken, verim bölgesinin contaya yanal sınırlarından girmesine neden olur. Flanş yüzü contanın tamamen kaymasını önleyecek kadar pürüzlüyse bu durumda sürtünme faktörü 0,5'tir. Conta, contanın merkezinde verim bölgeleri bir araya gelene kadar genişlemez. Mükemmel kaba flanş yüzleri arasına monte edilmiş gerilimsiz sertleştirici bir malzemenin contaları için ortalama conta basıncı, yaklaşık olarak:

$$P_m = 2k \left(1 + \frac{W}{4t}\right)$$

Denklem 84

P_m: ortalama conta basıncı, k: conta malzemesinin sünme kesme stresi, W: conta genişliği, t: Conta kalınlığı

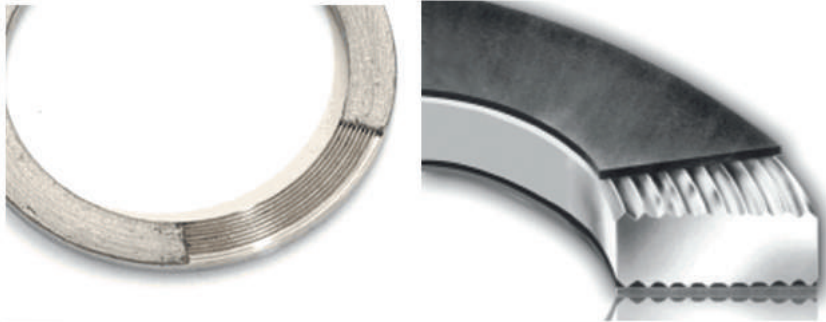
Sürtünme faktörü sıfır olsaydı, conta basıncı akma kesme stresinin iki katını geçemezdi. Böylece, yüksek sürtünme faktörü, contanın yük taşıma kapasitesini artırır. Ayrıca, 0,5'ten düşük, ancak 0,2'den az olmayan bir sürtünme faktörünün, contanın yük taşıma kapasitesini sadece az miktarda azalttığını göstermiştir. Neyse ki, ince işlenmiş flanş yüzlerinin sürtünme faktörü 0,2'den yüksektir. Ancak normal alüminyum contalar için sürtünme faktörünün, gevşek flanş yüzleri ile temas halinde sadece 0.05 olduğu bulunmuştur. Bu durumda yüzey düzensizliklerinin doldurulduğu derece çok düşüktür. Flanş yüzünün, bazen önemli bağlantılar için yapıldığı gibi, parlatılması tavsiye edilmez.

Buhar sınıfında flanş yüzey kaplamaları için 90° apeks⁴² açısına ve 0,1 mm derinliğine ve atom sınıfında 0,01 mm derinliğine sahip spiral yaraları dikkate değer haline gelir. Bu durum, olukların istenilen derecede doldurulmasını sağlamak için aşağıdaki boyutsal ve güven verici ilişkileri önermektedir.

Kamm/ Kam profili Conta

Eşmerkezli oluklara sahip sağlam bir metal çekirdeğe sahiptir. Dolgu malzemesi, grafit veya PTFE bu yivli metal halka üzerine katmanlıdır. Spiral yara contasından daha pahalıdır, ancak daha iyi üfleme direnci sağlar ve büyük çaplarda bile kullanımı kolaydır.

Kam profilli contalar, Sınıf 150'den Sınıf 2500 flanşlara kadar çok çeşitli servis sınırlarında ve çalışma basıncı sıcaklıklarında kullanılır.



Şekil 142 Kam Profilli Conta

⁴⁰ Paslanmaya dayanıklı ve yüksek çekme direnci olan Bakır -Nikel alaşımı

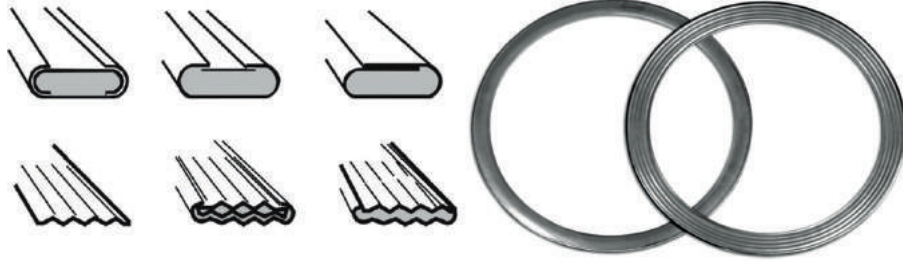
⁴¹ Yüksek sıcaklıklarda paslanmaya karşı dirençli Nikel-Krom ve Demir alaşımı

⁴² Apeks-Çukurluklar ile çıkıntılar arasında en kestirme yol

Metal Ceketli Conta

Yumuşak dolgu malzemesi metal bir ceketin ince bir tabakasına kapatılmıştır. Dolgu malzemesini görüntüde gösterildiği gibi örtmenin farklı yolları vardır.

Ceketli contalar çeşitli boyut ve şekillerde kolayca üretilir. Isı değiştiricilerinde, kabuklarda, kanalda ve kapak flanş bağlantılarında kullanılır. Ayrıca vanaların gövde kapak bağlantısında da kullanılır.



Şekil 143 Metal Ceketli Conta Tipleri

Tablo 35 Metal Ceketli Conta Malzeme ve Sertlik Değerleri

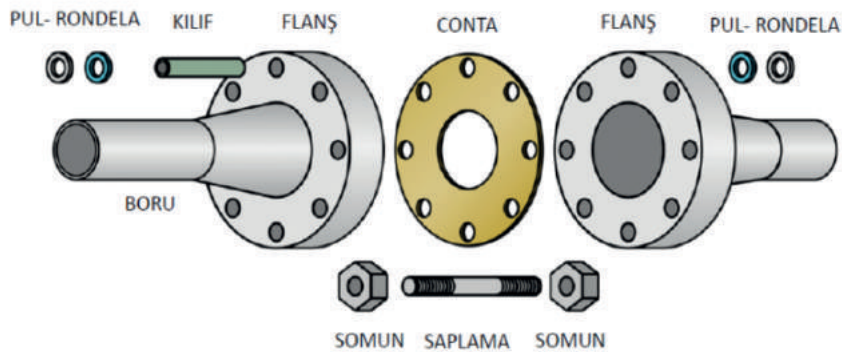
Malzeme	Werkstoff No	Brinel ⁽¹⁾	Rockwell B ⁽²⁾	Tanımlaması
Yumuşak Demir	...	90	56	D
Düşük Karbon Çeliği	...	120	68	S
4 - 6% Krom 1/2% Molibden	...	130	72	F5
Tip 304 Paslanmaz Çelik	1.4301	160	83	S304
Tip 316 Paslanmaz Çelik	1.4401	160	83	S316
Tip 347 Paslanmaz Çelik	1.4550	160	83	S347
Tip 410 Paslanmaz Çelik	1.4006	170	96	S410

Yalıtım Seti

İzolasyon setleri, flanş sızdırmazlık yüzleri, Fenolik lamine civata kovanları, maksimum koruma için civata başına iki adet yalıtım pulu ve civata başına iki kaplamalı hafif çelik pul arasında bulunan fenolik lamine veya neopren yüzü fenolik lamine contadan oluşur. Yalıtım setleri esas olarak, farklı flanş malzemeleri arasında bir contanın gerekli olduğu boru hattı flanş korozyon koruması için kullanılır. Uygun bir elektrolit eşliğinde iletken bir conta malzemesi ile benzer metalik flanşların kullanılması, anodik metali aşındıracak bir galvanik yapı oluşturabilir. Yalıtım setleri, flanş bağlantılarını elektriksel olarak izole etmek ve boru hatları boyunca elektrostatik yük akışını önlemek için de kullanılır. Aşağıda gösterildiği gibi yükseltilmiş yüz, düz yüz ve halka yivli flanşlara uyacak üç standart yalıtım seti stili vardır.

Tablo 36 Fenolik Contaların Tipik Özellikleri

Maksimum aksenal basınç stresi	315MPa
Yağda aksenal elektrik mukavemeti (90°C)	23kV/cm
Maksimum çalışma sıcaklığı	120°
Minimum çalışma sıcaklığı	-60°C



Şekil 144 İzolasyon Flanşı

1.8.4 FLANŞ CONTA SIZINTISI

Çoğu zaman, flanş bağlantısında akış sızıntısı meydana geldiğinde, kullanılan contanın basit bir incelenmesiyle bile arızanın nedeni belirlenebilir. Flanş sızıntılarında, öncelikle, harcanan contanın şartnamelere uygun olduğundan, daha sonra da doğru monte edildiğinden, her zaman emin olun.

Tablo 37 Flanşlı Bağlantı Olası Problem ve Çözümleri

Conta Özellikleri	Gözlem	Olası Sebepler	Olası Çözümler
Metal Sargılı	Zikzak yüzeylerin asimetrik sıkıştırılması ve/veya düzleştirilmesi	Pürüzsüz ve/veya Benzer olmayan yüzey kaplaması	Önerilen yüzey kaplamasını uygulayın 125/250 Ra. İç ve dış halkaları kullanın. Contayı oluğa doğru yerleştirin
	Korozyon	Yanlış metal seçimi	Ortam için uygun, flanş ile uyumlu metal seçin
	Şiddetli renk değişikliği, çatlama	Yanlış metal seçimi Sıcaklık sınırını aşma	Uygun metali seçin
	Sıkışma veya mekanik hasar	Conta yanlış boyutlandırılmış Yanlış kurulum	Contayı yeniden tasarlayın veya alternatif conta kullanın ve/veya montaj prosedürü geliştirin
Dolgu	Aşırı renk Değişikliği Korozyonu	Ortam veya prosesle uyumsuz dolgu malzemesi	Ortam/ proses ve sıcaklıkla uyumlu dolgu malzemesi seçin
	Oksitlenme	Ortamla uyumsuz malzeme kullanımı veya sıcaklık sınırını aşma	
Kalınlık	Düzensiz sıkıştırma	Flanş dalgalı yüzeyli Flanş paralel değil	Yüzey düzeltme ve paralellik için flanşların yüzeylerini tekrar işle.
		Flanş dönüşü rahat değil yanlış montaj ve/veya Prosedür hatası	Cıvata stresini azaltın ve /veya dönme etkilerini telafi edin. Montaj prosedürlerini iyileştirin
	Aşırı Sıkıştırma	Yanlış conta seçimi veya yanlış bağlantı geometrisi	İç ve/veya dış çapları kullanarak flanş geometrisini yeniden tasarla
	Yetersiz Sıkıştırma	Yanlış montaj Yanlış conta dayanımı Yetersiz cıvata yükü Yanlış flanş geometrisi	Montajı iyileştir doğru şekilde oluşturulmuş conta kullanın flanş geometrisini geliştirin
Conta Yüzü	Sızıntı yolu tespiti	Yabancı madde vardır.	Flanşların ve/veya contaların uygun şekilde temizlenmesi
	Flanş yüzeyindeki izlerin aktarılması veya baskısı	Yanlış yüzey kaplaması	Kaplamayı değerlendirin ve flanşları yeniden makinaya bağlayıp işleyin
	Mikro kusurlar, sonlar, çizikler, kesintiye uğramış yüzeyler	Yabancı madde, flanş üzerindeki imalat izleri, işaretler	Flanşı tekrar tornala ve veya tamir et. Yüzey üzerinde kalan tüm yiv bozuklukları ve talaşları temizle
	Yerel kalıntı, lekeleme	Conta yerleştirme veya performans geliştirme aracı olarak yapıştırıcıların, gres bileşiklerinin veya bandın kullanılması	Herhangi bir bileşik, gres macun veya bant ile herhangi yabancı madde kullanmayın. Not: Hafif yapıştırıcı sprey kullanımına gerektiğinde contayı yerinde tutmak için izin verilir
	Sızdırmazlık elemanının bükülmesi	İç halka kullanımını atlıyor. Pürüzsüz flanş yüzey kaplaması. Cıvataların tutarsızlıkları, Aşırı sıcaklıklar. Aşırı sıkıştırma	İç halkaları kullanın. Yüzey kaplamasını değerlendirin. Cıvata yüklerini kabul edilebilir gerilme değerlerine düşürün. Alternatif conta kullanın (Kam Profil Conta)
Mekanik Hasar	Aşırı bulaşma, çukurlaşma girintileri ve dış halkanın akması	Çok yüksek cıvata stres yüklemeye. Conta dış çapı cıvatalara taşar	Cıvata üzerindeki aşırı stresi kabul edilir seviyeye azaltın. Eş merkezli conta kullanın.

1.8.5 FLANŞLI BAĞLANTI MONTAJI İÇİN CIVATA TORK DEĞERİ HESAPLANMA

Cıvatalı Flanş bağlantı elemanları için oluşan çoklu arıza, zayıf montaj ve yanlış cıvata tork uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, sızdırmaz bağlantıları sağlamak için cıvataların doğru sıkılması çok önemlidir.

Cıvataya uygulanan tork, aşağıdaki sürtünmenin üstesinden gelmek için kullanılır:

- Cıvata ve somun dişleri arasındaki sürtünme.
- Somun kafası ile yatak yüzeyi (flanş dış yüzeyi) arasındaki sürtünme.

1.8.5.1 Sürtünmeyi Azaltmak için Yağlayıcı Kullanma

Cıvatalar kullanılarak sıkıldığında flanşlı bir bağlantı elemanı sıkıştırılmış yay gibi davranır (Şekil 45). Cıvatalı bağlantıya uygulanan tork değerinin yaklaşık %50'si somun yatak yüzeyindeki sürtünmeyi aşmak için kullanılır ve dişlerin sürtünmesini yenmek için de yaklaşık %35'i kullanılır. İstenilen cıvata ön yüklemeyi üretmek için sadece %15'lik bir kuvvet mevcuttur. Diş sürtünmesi yağlayıcı uygulaması ile azaltılırsa, aynı uygulanan tork için daha büyük bir cıvata ön yüklemeye sağlanır. Bu nedenle, yağlayıcının uygulanmasından sonra özel bir önlem alınmalıdır, çünkü şimdi aynı tork değeri bağlantı elemanının verimli sıkılmasına ve cıvatalı bağlantının arızalanmasına neden olmak için yeterli ön yüklemeye üretebilir.

Yağlayıcı, cıvatalara hem somun yatak yüzeyine hem de erkek dişlere uygulanmalıdır. Kullanılan yağlayıcı, cıvata ve flanş malzemesi ile kimyasal olarak uyumlu olmalıdır. Stres korozyon çatlağı olasılığına yol açabilecek kimyasal ile yağlama riskini önlemek için özellikle dikkatli olunmalıdır. Yağlayıcı da en yüksek servis sıcaklığına uygun olmalıdır.

1.8.5.2 Tork Değerlerini Etkileyen Faktörler

Tork değerlerini etkileyen faktörler flanş derecesi, cıvata çapı, conta tipi ve yağ sürtünme faktörüdür.

$$\text{Tork Değeri } T = \frac{kFD}{1000}$$

Denklem 85

T, tork N-m

F, Cıvata yükü N

D, Cıvata çapı mm

k, Somun faktörü, sıkma faktörü veya k-değeri

k değeri sürtünme katsayısı değildir. Ampirik olarak türetilmiş bir korelasyon faktörüdür. Somun faktörü aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır:

- Geometrik faktör- dişlerin şekli veya türü
- Somun ve cıvata dişleri arasındaki sürtünme
- Somunların flanşın rulman yüzeyine sürtünmesi
- Cıvata malzemesi
- Cıvata çapı
- Montaj sıcaklığı

Uygulanan torku etkileyen bir dizi faktör nedeniyle, aynı cıvata ön yükünü elde etmek için aynı lottan bile iki bağlantı elemanı aynı tork değerlerine gerek duymayabilir. Uygulanan tork %20-30 arasında değişebilir.

1.8.5.3 Uygulama Cıvata Yükü Değeri

Bir cıvataya tork uyguladığınızda, tork sonuçta cıvata üzerinde çekme yüküne dönüşür. Bir cıvadadaki gerilimin değeri elastik stres aralığında olacak şekilde olmalıdır, böylece cıvata, gerilim serbest bırakıldıktan sonra orijinal durumuna geri döner. Tanım olarak, ön yüklemeye, bağlantı elemanının kalıcı deformasyon olmadan dayanması ve uygulanması gereken çekme yüküdür.

Aşağıdaki denklemde, kabul edilebilir Cıvata Yükü (F), Onaylı Anma Yükünün %40-75'i arasında değişebilir. Bu, hedef cıvata ön-stresinin malzemenin belirtilen minimum verim mukavemetinin yaklaşık %40-75'i kadar uygulanmasını gerektirir.

Cıvata Yüğü = Cıvatanın belirtilen minimum sünme dayanımı (Yield Stress) %40-75'i x cıvatanın çekme gerilme alanının (diş dibi çap alanı)

$$\text{Elastik Stres } Y = \frac{\text{Çekme stresi}}{\text{Uzaması}}$$

$$(Y = \text{Stress/Strain})$$

Denklem 86

Özellikle daha küçük boyutlardaki birçok bağlantı elemanı (vida vb.) genellikle derecelendirilmez, mukavemetleri belirtilmez. Ancak daha büyük boyutlar ve özel amaçlar için olanlar, belirli mukavemet gereksinimlerini karşılamak için yapılır. Kuzey Amerika'da yaygın olarak kullanılan inç bağlantı elemanları bir nota veya ASTM derecesine sahip olacaktır. Özellik sınıfı (genellikle yalnızca "sınıf") ölçüm bağlantı elemanlarını belirtir. Vida kafaları ve somunlardaki özel işaretler bağlantı elemanının derecesini belirler. Dereceli bir bağlantı elemanını değiştirmek gerektiğinde onu, aynı veya daha yüksek notla değiştirin (Grade 8 bağlantı elemanlarını Grade 5 veya 2 ile değiştirmeyin).

Tablo 38 ASTM - METRİK Cıvata Somun Ortak Bağlantı Elemanı Not ve Özellik Sınıfları.

Not/Sınıf	Mukavemet
A Sınıfı Somun	Güç, Sınıf 2'yi aşıyor.
ASTM A325	Cıvatalar yapısal çelik derzler için ASTM A325 Tip 1 standartlarını karşılar.
B Sınıfı Somun	Güç, Sınıf 5'e benzer.
Sınıf B7 Dişli Saplama& Tij	5. sınıfla aynı. Grade 2H ve Grade C somunları ile kullanın.
C Sınıfı Somunlar	Güç, Sınıf 5'i aşıyor. ASTM A325 yapısal cıvatalar gibi ısı ile işlenmiş orta mukavemetli çelik bağlantı elemanları ile kullanın.
Sınıf G Somun	Güç, Sınıf 8'e benzer. ASTM A325 yapısal cıvatalarla kullanın.
Sınıf 2	Düşük mukavemetli.
Sınıf 2H Somun	Güç, Sınıf 5'e benzer. ASTM A325 yapısal cıvatalarla kullanın.
Sınıf 5	Orta mukavemetli.
Sınıf 8	Yüksek mukavemetli.
Metrik Sınıf 4	Sınıf 2'ye benzer.
Metrik Sınıf 8.8	Sınıf 5'e benzer.
Metrik Sınıf 10.9	Sınıf 8'e benzer.
Metrik Sınıf 12.9	Güç için en yüksek metrik sınıf, Sınıf 8'i aşıyor.

Çok farklı kaliteler ve bağlantı elemanları olmalarına karşın hepsi aynı görünürler. Orta karbon ve alaşımli çelik dayanım kaliteleri tanımlama için işaretlenmiştir. Cıvatalar ve vidalar da üreticiyi tanımlamak için bir işaret taşır. Mukavemet önemliyse hem kalite hem de üretici tanımlama işaretlerinin mevcut olduğundan emin olun.

SAE Sınıf 2 SAE Sınıf 5 SAE Sınıf 8



Şekil 145 Çeşitli Cıvata Kafa İşaretlemeleri

Vidalar başlarının üstünde işaretlenir. Kafa işaretleri için yeterli yer olmayan oluklu ve gömme kafa bağlantı elemanları küçüktür ve istisnadır (yaklaşık 1/4"). İşaretsiz bir kafa Sınıf 2, 120 derece aralıklı 3 çizgili bir başlık Sınıf 5 ve 60 derece aralıklarla aralıklı 6 çizgi Grade 8'dir.

Somunlar birkaç farklı şekilde işaretlenmiştir eğer cıvata somun konusunda emin değilseniz mutlaka imalatçı katalog değerlerine başvurunuz ve Tanımlama İşaretleri'ne bakın.

Tablo 39 Metrik Cıvata Malzeme ve Özellikleri

Özellik Sınıfı	Kafa İşareti	Boyut Aralığı (mm)	Minimum Onaylı Gücü (10 ⁶ Pa)	Minimum Çekme Mukavemeti (10 ⁶ Pa)	Malzeme
4.6		M5- M36	225	400	Düşük veya orta karbon çelik
4.8		M1,6- M16	310	420	Düşük veya orta karbon çelik
5.8		M5- M24	380	520	Düşük veya orta karbon çelik
8.8		M1,6- M36	600	830	Orta karbon çeliği, Q &T
9.8		M1,6- M16	650	900	Orta karbon çeliği, Q &T
10.9		M5- M36	830	1040	Düşük karbonlu Martensitik çeliği, Q &T
12.9		M1,6- M36	970	1220	Alaşımlı çelik, Q &T

1.8.6 FLANŞ CIVATA TORK SIRASI VE TORK TABLASI - KOMPLE CIVATA SIKMA PROSEDÜRÜ

Flanş bağlantıları, sıvının bağlantıdan sızmasını önlemek için uygun sıkılaştırma kuvveti gerekir. Cıvata sıkma sırası veya tork sırası, flanş cıvata tork sıkma prosedürü olarak tanımlanır ve tesisin inşası ve işletilmesi sırasında montajcılar ve işletmeciler tarafından uygulanmalıdır.

Flanş bağlantı elemanlarına mutlaka tork anahtarı (Manuel veya hidrolik anahtar) yardımıyla tork uygulanmalı usta ağız ile torklanmalıdır. Sıkma sırasında üretilen sıkıştırma kuvveti, bağlantı elemanı cıvata onaylı kuvvetinin %75'inden daha büyük olmalıdır. Ön yüklemenin faydalarını elde etmek için, vidadaki sıkıştırma kuvveti, cıvata ayırma kuvvetinden daha fazla olmalıdır.

Cıvataya kuvvet uygulanması için 678 Nm'den daha yüksek bir tork gerektiğinde, hidrolik cıvata tork anahtarı önerilir.

Tork değeri, saplama cıvatası ve somun dişleri arasındaki sürtünme kuvvetine bağlıdır. Bu sürtünme, bir yağlayıcının veya saplama dişlerine uygulanan herhangi bir kaplamanın (örneğin Kadmiyum veya Çinko) uygulanmasından etkilenebilir. Cıvata ile bağlantı standardı, tork değerinin kuru veya yağlanmış bir saplama/cıvata dişi için olup olmadığını tanımlar. Eğer somun yerine cıvata torklanırsa, ek sürtünmeyi telafi etmek için tork değeri artırılmalıdır. Cıvatanın torklanması için, cıvatanın, cıvata deliğine tam uyması ve dokunmaya bağlı herhangi bir yük altında olmaması gerekir.

Tork kontrolü ile sıkılacak cıvatalar, montaj öncesinde "Molykote" veya eşdeğeri yağlayıcı kullanılarak yağlanmalıdır. Belirtilen cıvata sıkma yöntemi, kaplamalı, galvanizli ve galvanizli olmayan cıvatalar için eşit derecede geçerlidir.

Flanş saplama, için tork uygulama sırası flanşlı bağlantıların uygun şekilde sıkılaştırılmasını sağlamak için son derece önemlidir. Flanş ve saplamalara zarar vermeden istediğiniz sonucu elde etmek için uygulanacak Tork Dizisini basit olarak aşağıda bulabilirsiniz.

1.8.6.1 Cıvata Sıkma için Ön Kontroller

- Flanşların genel durumunu, doğru cins ve ölçüde olduklarını ve doğru monte edildiklerini kontrol edin
- Flanş yüzlerinde herhangi bir çizik ve kir olmadığından emin olun.
- Flanş yüzeylerinde, korozyon ve çukurlaşma gibi izlerin olup olmadığını kontrol edin.
- Conta oturma yüzeylerini inceleyin. Flanş üzerinde contaların oturacağı alanlar, düzleşme, çukurlaşma ve aşırı aşınmadan arındırılmış olmalıdır.
- RTJ olukları temiz, paslanmadan uzak ve hasarsız tutulmalıdır.

Tablo 40 Yükseltilmiş Yüzlü Boru Flanşların Kabul Edilebilir Kusurları ⁴³

Flanş anma boyutu İnç	Flanş anma boyutu mm	Kusurların Maksimum Radyal Projeksiyonu	
		Tırtıklarının Dibinden Daha Derin Değil, mm	Tırtıkların Dibinden Daha Derin, mm
1/2	15	3,0	1,5
3/4	20	3,0	1,5
1	25	3,0	1,5
1 1/4	32	3,0	1,5
1 1/2	40	3,0	1,5
2	50	3,0	1,5
2 1/2	65	3,0	1,5
3	80	4,5	1,5
3 1/2	90	6,0	3,0
4	100	6,0	3,0
5	125	6,0	3,0
6	150	6,0	3,0
8	200	8,0	4,5
10	250	8,0	4,5
12	300	8,0	4,5
14	350	8,0	4,5
16	400	10,0	4,5
18	450	12,0	6,0
20	500	12,0	6,0
24	600	12,0	6,0

1.8.6.2 Flanş Hizalama Denetimleri

Kabul edilebilir bir uyum elde edildiğine emin olmak için flanş hizalamasını görsel olarak inceleyin. Flanşları hizalarlarken, bağlantı elemanı üzerinde artık gerilme olmadığından emin olun. Flanşların hizalanması için ısı kullanarak düzeltme işlemi iyi bir uygulama değildir ve kesinlikle yasaklanmalıdır.

- Flanş yüzleri paralel ve hizalanmış ve yere dik olmalıdır.
- Flanş cıvata delikleri, cıvataların serbestçe geçmesi için hizada olmalıdır

1.8.6.3 Somun, Saplama veya Cıvata Kontrolleri

- Paslanmış, hasarlı dişler gibi kusurlardan arındıklarından emin olmak için montaj öncesi somunları ve saplamaları / cıvataları görsel olarak inceleyin. Hasarlı dişlere sahip somun cıvataları kullanılmamalıdır.
- Kısa cıvatalar ve aşırı uzun dişlerden kaçınmak için saplama veya cıvatanın uzunluğunu kontrol edin. Flanş cıvataları, cıvata gerdirmeye ekipmanının veya aralık kontrol masterları, aralık takozları, flanş yivleri ve flanşlar arası sıkıştırılan (Wafer-Gofret) vanalarının ve ilgili ekstra contaların kullanılmasına izin vermek için yetersiz uzunlukta olacaktır.
- Sıyırma talaşı ve çapaklardan arınmasını sağlamak için temizledikten sonra saplamaları ve somunları görsel olarak inceleyin ve temizlendiğine emin olun. Saplamalar ve somunların dişleri arasındaki kirleri temizlemek için bir tel fırça kullanılmalıdır. Flanşa temas eden somun yüzeylerine ve dişlere, yağlayıcı (MOLYKOTE) uygulanmalıdır. Conta ve conta oturma alanında kesinlikle, yağlayıcı kullanılmamalıdır.
- Cıvata ve somun malzemesi ve kalitelerinin doğru ve uygun oldukları, kullanılmadan önce teyit edilmelidir.
- Cıvatalar ve somunlar ancak aşırı yüklenmedikleri veya sünme noktasını aşmadıkları biliniyorsa yeniden kullanılabilir. (Anlamak için kumpas ile cıvata boylarını ölçüp teorik hesaplanan boy ile kıyaslayabilirsiniz)
- Somunu cıvataya takıp sıkıya başlarken, somun tanımlama işareti her zaman dışa doğru bakmalıdır.

⁴³ ASME 16.5 table 3. Refer to the table for Permissible Imperfections in Flange Facing Finish for Raised Face Flange

1.8.6.4 Conta Denetimi

- Conta veya flanş yüzlerinde sızdırmazlık bileşiği, gres veya başka bir macun veya yapıştırıcı kullanmayın.
- Conta oturma yüzünü tel fırça kullanarak temizleyin.
- Malzemenin belirtildiği gibi olduğundan emin olun, contada kıvrımlar veya kırışıklıklar gibi olası kusurları veya hasarları arayın.
- Conta takılırken, karşılıklı flanşların yüzleri arasındaki conta boşluğuna, zorlanmadan takılabilmelidir. Conta oturduktan sonra karşılıklı flanşlar, contayı yüzeylerde kaydırmadan, dikkatlice bir araya getirilir, tüm saplamaları takılır ve tüm somunların sıkıca boşlukları alınır.
- Contaları kurulumdan önce görsel olarak inceleyerek kusurlu olmadıklarından emin olun.
- İmalatçı tarafından sağlanan renk kodlaması ile, contanın basınç sınıfı ve kullanım türüne göre belirlenmesi, karışıklıklar ve yanlış ürün kullanımı engellenir.
- Yumuşak malzeme contalar, her flanş açılıp kapatılmasında, yenileriyle değiştirilmelidir.
- Spiral sarma contaları da sadece bir kez kullanılmalıdır

1.8.6.5 Flanş Cıvata Tork Sırası

Tüm ön kontroller tamamlandıktan sonra, aşağıda belirtilen sıralamaya göre, önceden tanımlanmış tork değerleri ile saplamayı sıkıya devam edebilirsiniz. Tork cıvataları ve somunları en az üç tork geçişi ve tanımlandığı gibi maksimum cıvata gerilme kullanarak, çaprazlama "CRISS-CROSS" sırasına göre uygulanmalıdır. Her bir geçiş sırası (Pass) tamamlanana kadar, tork değeri sabit kalmalıdır.

- PASS 1 Tork Sırası: Tork dizisine uygun olarak toplam tork değerinin maksimum %30'unda tork uygulanır. Contanın düzgün bir şekilde sıkıştırılıp sıkıştırılmadığını, ısırma olup olmadığını kontrol edin.
- PASS 2 Tork Sırası: Toplam tork değerinin maksimum %60'ında tork uygulanır.
- PASS 3 Tork Sırası: Toplam tork değerine (%100) tork uygulanır.

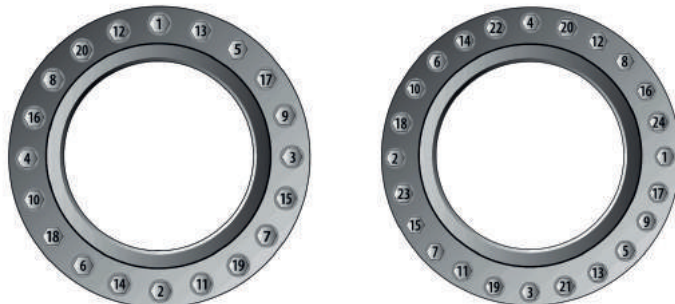
Üç temel tork geçişi tamamlandıktan sonra, somunların daha fazla dönüşü gözlenene kadar son torku "CRISS-CROSS" şekilde kullanarak somunları en az bir kez torklamayı tekrarlayın.



Şekil 146 Flanş 4-8 Cıvata Sayısına Göre Tork İşlem Sırası



Şekil 147 Flanş 12-16 Cıvata Sayısına Göre Tork İşlem Sırası



Şekil 148 Flanş 20-24 Cıvata Sayısına Göre Tork İşlem Sırası

Kolay kullanım için cıvata numaralandırması flanş etrafında saat yönünde aşağıdaki sırayla yapılmalıdır.

Tablo 41 4- 32 Cıvatalı Flanşların Tork Sırası.

Cıvata / Saplama Sayısı	Takip Etmek için Cıvata Sıkma Sırası
4 cıvata Flanşı	1,3,2,4
8 cıvata Flanşı	1,5,3,7,2,6,4,8
12 cıvata Flanşı	1,7,4,10,2,8,5,11,3,9,6,12
16 cıvata Flanşı	1,9,5,13,3,11,7,15,2,10,6,14,4,12,8,16
20 cıvata Flanşı	1,11,6,16,3,13,8,18,5,15,10,20,2,12,7,17,4,14,9,19
24 cıvata Flanşı	1,13,7,19,4,16,10,22,2,14,8,20,5,17,11,23,6,18,12,24,3,15,9,21
28 cıvata Flanşı	1,15,8,22,4,18,11,25,6,20,13,27,2,16,9,23,5,19,12,26,3,17,10,24,7,21,14,28
32 cıvata Flanşı	1,17,9,25,5,21,13,29,3,19,11,27,7,23,15,31,2,18,10,26,6,22,14,30,8,24,16,32,4,20,12,28

1.9 MEKANİK SEVİYE İZLEME KONTROL VE TAHLİYE ARMATÜRLERİ

Seviye kontrol ve tahliye konusunda çeşitli tesisatlarda kullanılan farklı vana ve armatür ve ekipmanlar mevcuttur. En basit hali ile bir sıvıyı kap üzerinden taşırmak bile seviye kontrolüdür. Fermantasyon işlemi sırasında silindirik tankın üzerinde oluşan gazların veya köpüğün sıyrılması veya yağ ayırıcı sistemlerde yağın yoğunluk farkına bağlı olarak taşırılması veya sıyrılması en basit seviye izleme ve tahliye işlemidir.

Çevre şartları gereği sadece su seviye kontrolü ve taşma sırasında zarar kontrolü ancak baraj gibi yapılarda farklı seviyelerde konulan delikler ile doğal olarak suyun üst seviyesinden alt boşaltma alanına aktarılması ile sağlanmaktadır. Eğer su veya başka bir akışkanın ekonomik emniyet nedeni ile seviyesini taşma yerine tahliye etmek gerekiyorsa en kolay ve ekonomik yolu besleme kaynağını durdurmaktır. Bilinen en basit örnek evlerimizde bulunan tuvalet sifonlarıdır. Sifondan daha karışık örnekler evsel ve endüstri uygulamalarında basitten karmaşığa doğru kullanılmaktadır.

1.9.1 SEVİYE KONTROL VANALARI

Seviye kontrol vanaları, çok çeşitli endüstrilerdeki su depoları başta olmak üzere birçok uygulamada akışkan depolama tanklarına monte edilmiş ve bütünleşmiş bileşenlerdir. Bu vanaların işlevi sadece tankta yeterli su tutmak değil, aynı zamanda tank dolduğunda suyun taşmasını önlemektir.

1.9.1.1 Pilot Kontrollü Şamandıra Vanası

Pilotla çalışan şamandıra vanaları, suyu sabit bir seviyede (modülasyon pilotu) veya bir su tankında belirli bir yüksek ve düşük seviyede (yüksek-düşük pilot) tutar. Yüksek-düşük pilot, tanktaki su seviyesi düşük olduğunda ana vanayı açar ve su seviyesi yüksek olduğunda kapatır. Şamandıra çubuğu boyunca iki durdurucuyu ayarlayarak su deposunun yüksek-düşük seviyesini sıfırlama esnekliğine sahiptir. Pilot şamandıra, ana vanaya veya ana vanadan uzağa monte edilebilir



Şekil 149 Çeşitli Pilot Kontrollü Şamandıralı Vanalar

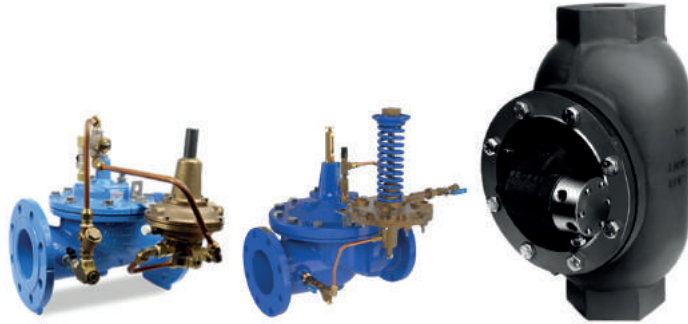
1.9.1.2 Yükseklik (irtifa) Vanası

İrtifa vanaları, su depolarında ve rezervuarlarda suyun sabit bir seviyede tutulması için kullanılır. Vanaya kumanda eden aktüatörün hareketini sağlayan hassas basınç kontrolü yapan yükseklik pilotu açma kapama işlemlerini yönetir. Tanktaki su seviyesinin statik yüksekliğine bağlı olarak, ana vananın tanka su beslemesi için açılmasına neden olan ayarlanan üst seviyeden su seviyesindeki düşüşle orantılı olarak açılır veya kapanır.

Kavitasyon Önleyici İrtifa Vanası, şamandıralara veya diğer cihazlara ihtiyaç duymadan rezervuardaki yüksek su seviyesini kontrol eder. Kapatma noktasına ulaşılan kadar tamamen açık kalan gazsız bir vanadır. Bu vana, kavitasyon ve titreşimin neden olduğu hasar ve gürültü potansiyelini azaltmak için Anti-Kavitasyon Trim ile donatılmıştır. Bkz. Şekil 150.

Kombinasyon İrtifa ve Geri Basınç Vanaları, şamandıralara veya diğer cihazlara ihtiyaç duymadan rezervuarlardaki yüksek su seviyesini kontrol eder. Bu vanalar, rezervuarı doldururken aşırı su çekilmesini önlemek için, yakın sınırlar içinde çıkış akış basıncını korumak için modüle edilir. Hidrolik pilot kontrolünün kapanma noktasına ulaşıldığında, vanalar dalgalanma olmadan sorunsuz bir şekilde kapanır. Bu vanalar sadece tek yönlü akış için tasarlanmıştır. Suyun ayrı bir hattan veya çek vana ile donatılmış bir bypasstan çekildiği rezervuarlarda kullanılır. Vana istenen yüksek su seviyesinde kapanır ve rezervuar su yüksekliği, kapatma seviyesinin altına indiğinde, doldurmak için yeniden açılır. Vana, rezervuarı doldururken aşırı limit seviyesi üzerinde su teminini önlemek için minimum besleme basıncını kontrol eder. Sistem basıncını aşan su, rezervuara kontrollü bir hızda akar.

Seviye kontrol, modülyonsüz, iki konumlu, açık-kapalı çalışma sağlayan şamandıra kumandalı, çok bağlantı noktalı bir pilot kontrol vanasıdır. Öncelikle üç yönlü veya dört yönlü pilot vana çalışması gerektiren uzaktan yerleştirilmiş vanaları çalıştırmak için kullanılır. Kapalı tanklarda kullanılmak üzere tasarlanan bu kontrol, yaklaşık imalatçı kataloğundaki minimum seviye değişiminde çalışır. Tam kapasite için maksimum imalatçı seviye değişikliği gereklidir.

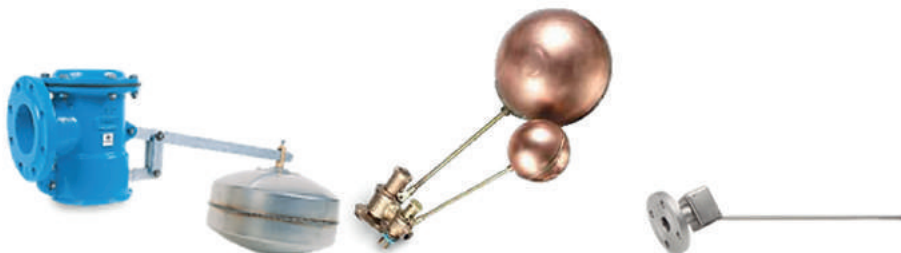


Şekil 150 Çeşitli Uygulamalar için İrtifa Vanaları

1.9.1.3 Modülasyon Şamandıra Vanası

Modülasyon şamandıra vanaları, su depolarında suyun sabit seviyede tutulmasında kullanılır. Şamandıra kolu indirildiğinde şamandıra vanası açılır ve şamandıra kolu yükseltildiğinde kapanır. Genellikle şamandıra vanaları bir tarafa giren suya sahiptir ve şamandıra, gelen su basıncına karşı suyun kaldırma kuvvetinden faydalanarak vanayı kapalı tutmak için hareket ederek lastik diski yukarı doğru iter.

Denge şamandıra vana tipi, gelen hat basıncındaki değişikliklerden etkilenmesini sağlayan hidrolik basınç dengeli bir tasarıma sahiptir.



Şekil 151 Modülasyonlu Şamandıra Vanaları

Elektronik Ara yüzü Kontrol Vanaları, hat basıncının düşük veya ortamın agresif olduğu uygulamalar için uygundur. Vanayı çalıştırmak için bağımsız hava basıncı kullanılır. Pilot sistem diyaframın her iki tarafına basınç uygular veya hafifletir, bu da vananın gereksinime bağlı olarak açılmasına, kapanmasına veya modüle etmesine olanak sağlar. İsteğe bağlı olarak, VC-22D Elektronik Kontrol Cihazı, akış, basınç, tank seviyesi veya valf konumunun hassas kontrolü için valfi modüle etmek üzere kolayca programlanmıştır.

1.10 MEKANİK AKIŞ İZLEME ARMATÜRLERİ

Endüstriyel işlemlerde akış, sıvıların, buharın ve gazların proses sistemine bağlı pompa gücüyle veya serbest akışına bağlı hareketidir. Akış hızı ölçümü, zaman birimi başına belirli bir kesit alanından geçen akışkanın hacmini ölçmek için yapılır. Akış hızı ölçümlerinin izlenmesi, sıvının endüstriyel bir sistem içinde güvenli hareketini kontrol etmek için esastır. Akışkanın izlenmesi ve kontrolü, akışkan medyayı kullanan tüm endüstriler için bir gerekliliktir.

1.10.1 GÖZETLEME CAMI/ AKIŞ GÖSTEGELERİ (SIGHT GLASS/ FLOW INDICATOR)

Gözetleme camı, akış olduğunu izlemek için ortasında cam bulunan basit tesisat elemanlarıdır. Gerek akış durumunda akışın gözlenerek durumu hakkında fikir edinmek için veya içerisinde çeşitli top, dönen kanatlar vasıtasıyla, akışın herhangi bir zaman diliminde durduğunu size gösterirler. Bu nedenle kritik tesisat malzemeleridir.

Değişik ebatta, farklı imalat malzemelerinden üretilmiş birçok tipi vardır. Bağlantı durumuna göre de (flanslı, dişli, vb.) farklılıklar gösterir. Özellikle emniyet vanaları ve drenaj hatlarındaki kontrolsüz çıkışları engellemek için konulur.

Bir gözetleme camının amacı, tesis işletmecilerinin sistemi aksatmadan/durdurmadan, boru içindeki ortamı görebilmelerini sağlamaktır. Tesisat içerisinden geçen sıvıların veya gazların seviyelerini, akışın genel durumunu, basınç değişikliğini izlemenin bir yolunu sunar. Gözetleme camları, yaygın kullanımları ile buhar boru hatları, kimyasal işleme, farmasötik işleme ve gıda işleme gibi operasyonlar için kritik hale gelmiştir.

Genellikle tasarım olarak basit olan geçmişin ilkel gözetleme camları, sisteminizin bir tank veya gaz girişi gibi önemli bir kısmına bağlı bir cam tüpten oluşuyordu. Modern endüstriyel gözetleme camları ise, sıhhi tesisat standartlarını korumak amacıyla iki metal çerçeve arasındaki civatalar ve contalar tarafından güvenli bir şekilde tutulan bir cam diskten yapılmıştır. Kullanılan cam tipik olarak soda kireç camı veya bor silikat camdır. Üstün mukavemeti ve aşınma direnci nedeniyle metal kısımlar, tercihen 304 paslanmaz çelik yapılır.

Gözetleme camlarının, temas edeceği akışkanın kimyasal özelliklerine ve basıncına dayanabilmesi gerekir. Camın lekelenmesi veya bozulması, sistemin izlenmesini güçleştirir. İyi durumda tutulduğunu varsayarsak, gözetleme camları kullanmak gerekli olduğu kadar kullanıcı dostudur. Bir gözetleme camına bakarken, cama karşı mevcut sıvı seviyesi, sisteminizin bu noktasında sahip olduğunuz sıvı seviyesini temsil eder. Cama karşı kabarcıklar varsa, size sıvı / buhar karışımına sahip olduğunuzu gösterir. Sisteminiz çalışırken şeffaf cama bakıyorsanız, bu tam bir sıvı hattınız olduğu veya gözetleme camının boş olduğu anlamına gelir. Gözetleme camındaki desenli arka plakalar veya çizgili kesici uçlar, sıvı seviyelerini görmeyi ve istenen sonuçlarla karşılaştırarak kontrol etmeyi kolaylaştırır.

Bu bilgiler, özellikle buhar kazanları gibi uygulamalar için önemlidir. Buhar kazanı ile işlemleri sürdürmek ve sistem arızasını önlemek için kazan suyu seviyelerini belirli bir aralıkta tutmanız gerekir. Kazanın aşağıdaki su basıncı ve yukarıdaki buhar eşit olduğundan, kazanın su seviyesindeki herhangi bir değişikliği gözetleme camları ile gözlemleyebilirsiniz. Buhar kazanı gözetleme camları göstergesi genellikle iki farklı indeks işaretine sahiptir: Düşük su eşiği ve yüksek su eşiği. Seviye, üst işaretin üstüne çıkınca, buharın sisteminize yükselmesi ve kazanı aşırı doldurma riskiniz vardır. Seviye, kazanınızı kapatmadan alt eşiğin altına indiğinde ise ekipmanınıza sıcaktan zarar verme riskiniz vardır. Bu da tehlikeli bir yangına veya patlamaya yol açabilir.

Bu uygulamaların ötesinde, gözetleme camları ekipmanınızın içinde görmek istediğiniz her yerde yardımcı olabilir. Yüksek sıcaklıklar veya aşırı basınçlar altında bulunan sıvıya sahip olduğunuz yiyecek ve içecek veya ilaç endüstrilerinde, gözetleme camları pullanma, patlama veya korozyon konusunda endişelenmenize gerek kalmadan içeriye bakmanıza izin verir. Gaz veya gazyağı ile çalışan bir ısıtıcı ile çalışıyorsanız, gözetleme camları pilot ışığının açık olup olmadığını görmeye ve ısıtıcının tüm jetlerinin düzgün çalıştığından emin olmanızı da sağlayabilir. Toz toplayıcı gibi tıkanmaya eğilimli ekipmanlarla çalışıyorsanız, sürecinizdeki kritik noktaların çapak, tortu ve kirlilikten arındırıldığından emin olmak için gözetleme camlarını kullanabilirsiniz. Ayrıca, malzemelerinizin serbestçe aktığını onaylamak veya malzemelerin karıştırılmasını izlemek istediğiniz her yerde de kullanılabilir.

Gözetleme camları sisteminizin önemli (VOC)⁴⁴ parçalarına bağlanabildiğinden, operasyonları idare edecek kadar sağlam olduklarından emin olmak gerekir. Gösterge camınızın tavllanması ve güçlendirilmesi gözetleme camları arızası riskini azaltabilir. Görüş camınızın olabildiğince sert hale getirilmesi, bağlı olduğu cihazın düzgün çalışmasını sağlarken size her şeyi güvenli bir şekilde izleme şansı sunar.

En iyi görüş camı aksesuarları şunlardır:

- **Silecekler:** Herhangi bir ışık bağlantı noktasının ve görüş bağlantı noktasının iç cam yüzeyini temizleyerek görünürlüğe yardımcı olur.
- **Püskürtme halkaları/nozülleri:** Cam temizliğine yardımcı olmak için çeşitli sıvı veya hava püskürtme ortamı sağlar.
- **Isıtma ceketleri:** Üretim sürecinin net bir görünümünü korurken proses hattındaki serin noktaları önler.
- **Işık zamanlayıcılar:** Lamba ömrünü iyileştirirken, güç tüketimini ve ısı birikimini azaltarak ışıkları otomatik olarak açıp kapatır.



Kare Kod 16 Entegre Kondens İzleme



Şekil 152 Boru Tipi Gözetleme Camı



Şekil 153 Basınçlı Kaplar İçin



Şekil 154 Boru Tipi

1.10.2 AKIŞ ANAHTARLARI

Akış anahtarları endüstriyel bir proses sistemleri ve yangın tesisatında vanaların konumlarını, içindeki sıvının akış durumunu, hızını izlemek ve kontrol etmek için kullanılır. Akışkan ortamları kontrol eden otomatik endüstriyel sistemlerin, güvenli ve optimum akış hızlarını sağlamak için akış anahtarlarına büyük ölçüde önem verilir. Akış anahtarları önceden ayarlanmış akış hızı seviyelerine tepki verir ve bu seviyelere ulaşıldığında iki işlevi gerçekleştirir: Kontakları kapatmak, belirli bir ekipman parçasını KAPATMAK veya belirli bir ekipmanı AÇMAK veya kontaklarını açmak.

Yangın sistemlerinde ise vananın AÇIK/KAPALI konumunu yangın kontrol paneline bildirmek, ayrıca otomatik söndürme tesisatında uzaktan algılama sonucu vananın konumunu AÇIK durumuna getirmektedir.

1.10.2.1 Akış Anahtarı ve Akış Sensörü Arasındaki Fark

Akış anahtarları ve akış sensörleri, bir sistem içindeki ortam akışını izlemek için kullanılabilirken, akış anahtarı ile akış sensörü arasındaki fark, akış sensörünün yalnızca bilgileri izleyebilmesi ve görüntüleyebilmesidir. Akış anahtarları akışı izler ve hareket sinyalleri gönderir ve sistem içindeki makinalarda belirli eylemleri tetikler.

1.10.2.2 Akış Anahtarı Nasıl Çalışır?

Piyasada çeşitli akış anahtarları var ve bunlar çeşitli şekillerde çalışırlar ancak tüm akış anahtarlarının ortak noktası, akış hızı bir anahtarın ayar noktasına ulaştığında, bir eylemi tetikleyen devreyi, bir pompayı açabiliyor veya kapatabiliyor veya bir alarmı çalıştırıyor olmasıdır.

Akış anahtarları Normalde Açık (NO) veya Normalde Kapalı (NC) olarak yapılandırılır. Bu, anahtarın varsayılan durumunu ifade eder. NO anahtarı ile devre, aksi tetiklenene kadar açıktır (Tetiklenince KAPATILIR). NC anahtarı ile devre, aksi tetiklenene kadar kapatılmıştır (Tetiklenince AÇILIR).

⁴⁴ VOC- Volatile Organic Control tarifinin kısaltılmışı olup petrokimya endüstrisinde atmosfere kaçırılması istenmeyen bileşenlere verilen kısaltmadır.

1.10.2.3 Akış Anahtarı Türleri

Endüstriyel bir sistemde kullanılacak bir akış anahtarı seçerken, bu akış anahtarı türünün özelliklerinin sistemin uygulama kriterleriyle uyumu esastır. Yangın tesisatında vana konumu için ayrıca vana üzerine takılan mekanik türleri de kullanılmaktadır.

En popüler akış anahtarı tasarımlarından dördü şunlardır:

- Kürek (Paddle) Flow Akış Anahtarı
- Piston veya Mekik Akış Anahtarları
- Katı Hal Akış Anahtarları
- Yükselen Vana Sapına Takılan Akış Anahtarları

Ayrıca akış anahtarları, akışkan ortamına veya ölçüm türüne göre de kategorize edilir. Bu, hacimsel sıvı akış anahtarı gibi türlerin birleştirilebileceği anlamına da gelir. Katı hal akış anahtarlarından sonra aşağıda bu tasnifi de değerlendireceğiz.

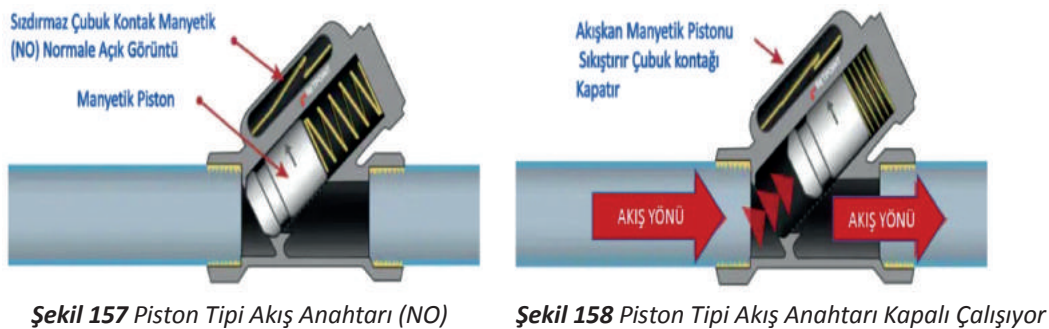
Kürek (Paddle) Flow Akış Anahtarı:

Kürek tasarım akış anahtarı, borudan akan ortama doğrudan temas eden, menteşeli veya yaylı bir kürekle yapılır. Ortam hedef hızda (veya set edilen noktada) akarken kürek işaretli konumda tutulur. Akış hızındaki bir artış veya azalma, raketi set noktasından hareket ettirir, bu da belirtilen eylemi tetikleyen küçük bir anahtar vasıtasıyla yapılır.



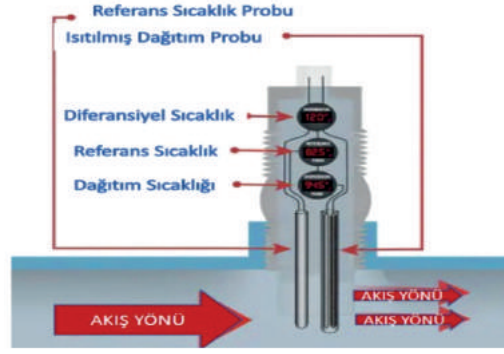
Piston veya Mekik Akış Anahtarları:

Bir piston (veya mekik) akış anahtarı, serbest yüzen bir manyetik pistonun, bir boru içindeki akış miktarına yanıt vermesi için tasarlanmıştır. Akış hızında bir artış veya azalma olduğunda, pistonun hareketi hermetik olarak kapatılmış bir kuru kontak anahtarı harekete geçirerek belirtilen eylemi tetikler.



Katı Hal Akış Anahtarları:

Isı transferi prensibi ile çalışır. Belirli bir katı hal akış anahtarı türü olan termal dispersiyon akış anahtarı, iki sıcaklık sensöründen oluşur. Bir sensör referans görevi görür ve akış anahtarının batırıldığı ortamın sıcaklığını ölçer. İkinci sıcaklık sensörü yerleşik bir ısıtma elemanının yanına yerleştirilir. Ortamın akış hızı arttıkça, ısıtılmış sensör üzerinde soğutma etkisine sahip olur. Akış hızı ne kadar yüksek olursa, o kadar fazla soğutma olur. İki sıcaklık sensörü arasındaki sıcaklık farkının azalması, akış hızının kullanıcı tarafından ayarlanabilir ayar noktasını aştığını gösterir. Akış hızı düştüğünde, daha az soğutma olur, bu da sıcaklık farkının artmasına neden olur. Sıcaklık farkı akış hızı ile ters bir ilişkiye sahiptir. Örnek, hızlı akan sıvılar daha fazla ısı farklılığına neden olur ve bunun tersi de geçerli olacaktır.



Şekil 159 Dağılım Sıcaklık Akış Anahtarı

Ayrıca akış anahtarlarına bakıldığında;

- **Gaz akış** anahtarları hava ve buhar gibi ortamlar içindir. HVAC uygulamalarında yaygın olarak kullanılır.
- **Sıvı akış** anahtarları su, yağlayıcılar, kimyasallar ve bulamaçlar dahil olmak üzere ortamlar içindir. Çok çeşitli endüstri uygulamalarında kullanılır.
- **Hacimsel akış** anahtarları sıvıların veya gazların akışını ölçmek için kullanılır. Bu ölçüm birim başına hacme (yani dakikada kübik feet) göre yapılır.
- **Hız akış** anahtarları, hareketli ortamın akış hızını ölçmek için kullanılır. Bu ölçüm, hız açısından (yani dakikada ilerleme) yapılır.

Akış Anahtarı Uygulamaları

Akış anahtarı uygulamaları arasında pompa hazırlama, pompa veya vana arızası, akış veya tıkanma algılama ve akış koruması bulunur. Tankları belirlenen seviyede tutmak için rezervuarlarda ve tank depolama sistemlerinde ve ayrıca boru hattından medya akışının sürekli olmasını sağlamak için boru hatlarında yaygın olarak kullanılır. HVAC sistemleri için ticari ve büyük binalarda büyük akış anahtarları bulunabilir.

Anahtar Komut Seçenekleri

Akış anahtarları komut için çeşitli çıkışlar yapabilir:

- **Anahtar:** Çıkış, bir anahtarın veya rölenin durumundaki bir değişikliktir. İşlem önceden belirlenmiş bir eşikle ulaşırsa, sistemin düzgün çalışmasını sağlamak için akış anahtarı açılır veya kapanır.
- **Analog akım:** 4- 20 mA gibi analog akım seviyeleri (vericiler) uzun mesafelerde sinyal göndermek için uygundur. Ölçümle orantılı olarak çıkış devresine bir akım uygulanır. Geri bildirim, hat gürültüsü ve empedansa bakılmaksızın uygun akımı sağlamak için kullanılır.
- **Analog voltaj:** Analog gerilim çıkışları basittir, genellikle ölçümün doğrusal işlevleridir.
- **Frekans:** Frekans veya modüle frekans çıkışları genlik modülasyonu (AM), frekans modülasyonu (FM), sinüs dalgaları ve birbirini takip eden kare dalgalar (DC) içerir.

Gerekli kutup ve Atış sayısı:

Çoğu anahtarın bir veya iki kutbu ve bir veya iki atışı vardır, ancak bazı üreticiler özel uygulamalar için özel seviye anahtarları üretmektedir. Kutup sayısı, aynı anda anahtardan geçebilen ayrı devrelerin sayısını açıklar. Atış sayısı ise, her kutbun kontrol edebileceği devre sayısını açıklar. Devrenin konfigürasyonu (NO/NC) işaretine dikkat gerektirir. Devrede kopukluklar, her devre için anahtarın bağımsız açtığı ayrılmış kontaklardan kaynaklanan devredeki açık olma durumudur.

Akış Anahtarı Özellikleri:

Kullanım amacına ve ihtiyaca göre akış anahtarları Tablo 43'te belirtilen özelliklerin biri veya birkaç tanesini barındırabilir.

Tablo 42 Akış Anahtarlarının Kullanılabilir Ek Özellikleri

Sesli veya Görsel Alarmlar	Araçlar, kullanıcıları tehlikeli koşullara karşı uyararak için sesli veya görsel alarmlara sahiptir.	Araçlar, kullanıcıları tehlikeli koşullara karşı uyararak için sesli veya görsel alarmlara sahiptir.
Ortalama Alma / Çoklu Ölçme Ekleme	Çoklu ekleme akış ölçerler, akış yolundaki çeşitli noktalarda akış hızı ölçümleri olarak akış hızını belirler.	Çoklu ekleme akış ölçerler, akış yolundaki çeşitli noktalarda akış hızı ölçümleri olarak akış hızını belirler.
Kontrol Fonksiyonları	Cihazlar sensör girişine sahiptir veya alır, kontrol sağlar (sınırlar, PID, mantık vb.) ve bir kontrol sinyali verir.	Cihazlar sensör girişine sahiptir veya alır, kontrol sağlar (sınırlar, PID, mantık vb.) ve bir kontrol sinyali verir.
Programlanabilirlik	Tipik olarak, programlanabilir sayaçlar yerleşik bir mikroişlemci içerir. Farklı malzemeler, aralıklar, çıkışlar vb.	Tipik olarak, programlanabilir sayaçlar yerleşik bir mikroişlemci içerir. Farklı malzemeler, aralıklar, çıkışlar vb.
Kaydedici / Toplama Fonksiyonu	Toplama fonksiyonu, malzeme miktarı, akışkan veya proses değişken verilerini toplar. Kaydedici işlevi, daha sonra görüntülemek veya çözümlenmesi için sistem veya işlem değişkenlerini ve/veya denetim komutlarını günlüğe kaydeden bir veri dosyası olabilir. Belirli bir zaman birimi için akış geçmişini çizim (grafik) olarak çizebilen veya toplam akış verebilen grafik kaydedici de kullanılabilir.	Toplama fonksiyonu, malzeme miktarı, akışkan veya proses değişken verilerini toplar. Kaydedici işlevi, daha sonra görüntülemek veya çözümlenmesi için sistem veya işlem değişkenlerini ve/veya denetim komutlarını günlüğe kaydeden bir veri dosyası olabilir. Belirli bir zaman birimi için çizim (grafik) akış geçmişini çizebilen veya toplam akış verebilen grafik kaydedici de kullanılabilir.
Sihhi Özelliği	Cihazlar, tıbbi veya gıda işleme uygulamaları gibi sihhi ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanır.	Cihazlar, tıbbi veya gıda işleme uygulamaları gibi sihhi ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanır.
Askıda Katı Maddeler / Bulamaçlar (Sıvı- Katı)	Cihazlar, askıya alınmış katı maddelere (bulamaç) sahip sıvıları barındırabilir. Tipik olarak malzeme türleri, seçilen sayaç teknolojisi ile belirlenir.	Cihazlar, askıya alınmış katı maddelere (bulamacı) sahip sıvıları barındırabilir. Tipik olarak, malzeme türleri seçilen sayaç teknolojisi ile belirlenir. Ek rehberlik için,

1.11 MEKANİK BASINÇ İZLEME VE TAHLİYE ARMATÜRLERİ

Basınç tahliye vanaları, sistem basıncının pozitif veya olumsuz bir şekilde dalgalanması durumunda basınç sistemini aşırı veya anormal basınca karşı korumak için tasarlanmıştır. Önceden belirlenmiş bir sistem basıncında açılmaları, deşarj edilmeleri veya belirli bir miktar boşaltmalarına izin vermeleri gerekir. Böylece sistem basıncının belirtilen normal veya anormal basınç sınırını aşmasını önlemeye ve normal sistem basıncı geri yüklendikten sonra ilk konumunu almaya çalışır. Basınç tahliye vanaları, standartların izin verdiği durumlar dışında maksimum güvenilirlik için de kendi kendine devreye girer ve çıkar.

En sık kullanılan basınç tahliye vanası tipi, vana diskinde açılma yönünde hareket eden sıvı basıncının karşı kuvvetini, ağırlık veya yay gibi doğrudan mekanik bir boşaltma cihazı tarafından doğrudan sağlayan basınç tahliye vanasıdır. Doğrudan yüklü basınç tahliye vanaları da yardımcı aktüatör ile vana kapatma ve/veya vana açılmasını sağlayabilir. Yardımcı aktüatörün harekete geçme gücü genellikle yabancı bir kaynaktır. Doğrudan yüklü basınç tahliye vanalarının harici güç kaynağı arızalı olursa, vanalar açılmayacak ve kapatılacaktır.

İkinci tip basınç tahliye vanası, bir ana vana ve bir pilottan oluşan ve pilot tarafından işletilen basınç tahliye vanasıdır. Pilot, sistem basıncına yanıt olarak ana vana diskini konumlandırırken, ana vana gerçek basınç giderici cihazdır. Geleneksel olarak ABD'de, esas olarak kazan ve buhar uygulamalarına yönelik doğrudan yüklü basınç tahliye vanaları emniyet vanaları (Safety Valves) olarak adlandırılır ve esas olarak sıvı uygulamaları için olanlar tahliye vanaları (Relief Valves) olarak tanımlanır. Emniyet tahliye vanaları (Safety Relief Valves) olarak hem sıkıştırılabilir hem de sıkıştırılmaz sıvılar için tasarlananlar olarak adlandırılır. Ancak bu terimlerin hiçbiri doğrudan yüklenen basıncın tasarımını veya işlevini tam olarak tarif etmemektedir ve geleneksel terminoloji ASME Kodu ve API RP 520'de daha genel terim basınç tahliye vanası (Pressure Relief Valves) olarak değiştirilmiştir. Bunların farklı isimlerle adlandırılmasının ana sebebi, çoğu farklı tarihlerde yayınlanan veya kullanılan bu farklı dokümanlardır.

Pilotun kendi kendine çalıştırılan bir cihaz olduğu pilot tarafından işletilen basınç tahliye vanaları; ASME Kodu'nda pilot tarafından tahrik edilen basınç tahliye vanaları ve harici güçle çalışan basınç tahliye vanaları veya güç tahrikli tahliye vanaları (Power Operated Relief Valves) olarak adlandırılır.

Basınç tahliye vanalarında Avrupa standartlarında kullanılan terminoloji, geleneksel ABD'den bir dereceye kadar farklıdır. Bu standartlarda, emniyet vanası terimi, kendi kendine çalıştırılan geri çekme basınç tahliye cihazları için genel bir terimdir ve doğrudan yüklü ve pilot tarafından işletilen emniyet vanalarını kapsar. Güçle çalışan basınç tahliye vanaları, kontrollü emniyet basıncı tahliye sistemleri olarak adlandırılır.

1.11.1 DİREKT YÜKLÜ BASINÇ KONTROL VANALARI DIRECT-LOADED PRESSURE RELIEF VALVES)

Erken dönem basınç tahliye vanaları, diskin bir ağırlık tarafından yüklendiği, doğrudan yüklü tipteydi. Disk veya konik eleman şekli ile glob vana gibiydi. Yükselen sıvı basıncı oturak üzerindeki diski yükselttiğinde, kaçan sıvı, kinetik enerjisinin çoğunu diske veremiyordu. Sonuç olarak, diskin kalkması için gereken kuvvet aşırı basınç içinde çok küçük olması nedeniyle sağlıklı sonuç vermiyordu. Bu nedenle ilk çabalar vana deşarj artırılmasını geliştirmek için yönlendirildi.

Modern tasarımlar zamanla, sıvı tahliye vanalarında %10'luk bir aşırı basınç içinde tamamen açılan tasarım prensibini geliştirilmiştir.

Tüm erken basınç tahliye vanaları, diski iki nedenden dolayı yüklemek için bir ağırlık kullanıyordu. İlk olarak, o zamanlarda, tatmin edici bir yay üretmek zordu. İkinci olarak, disk yükseldikçe yüklemeyi artırmak için yay özelliğinin değişmesi konusunda karşı itirazlar vardı.

Bununla birlikte, ağırlık kısa sürede çok ağırlaşır, sonunda vana boyutu ve çalışma basıncı arttıkça pratik olmaktan çıkmaya başladı. Basit tahterevalli prensibine göre ağırlığın destek noktası kol montajı uygulama mesafesini uzatarak çözülsede sağlanan basınç denge ayarı yetkisiz müdahale riskini önlemek için kol uygun şekilde kapatma sağlayamaz.

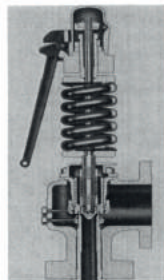
Yay yüklemesi, bu dezavantajların üstesinden geliyor. Yay karakteristiği, diskte hareket eden sıvıdan kaynaklanan kaldırma kuvveti özelliği ile eşleşebilir. Bu nedenlerden dolayı, doğrudan yüklü basınç tahliye vanalarının neredeyse tamamı artık yaylı olarak tasarlanmaktadır. Uygulama Kurallarına bağlı olarak düşük basınçlı görevler için özel basınç tahliye vanaları da vardır.

Derleyen Notu: 2000'li yıllara kadar yönetmeliklerde buhar ve sıcak su kazanlarında, karşı ağırlıklı emniyet vanaları kullanımı mecburdu. Hâlâ öyle olup olmadığını bilmiyorum, fakat hali hazırda birden fazla farklı tipte emniyet vanası kullanılmasının yönetmeliklerde yer almasının arkasında bu gerekçe mevcuttur.

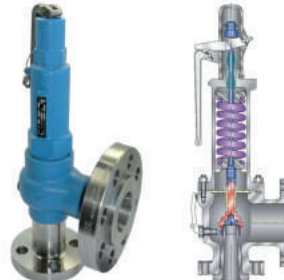
Emniyet Vanaları

Şekil 160'da gösterildiği gibi emniyet vanaları, öncelikle endüstriyel kazan tesislerinde ve diğer buhar sistemlerinde buhar tahliyesi için tasarlanmıştır. Emniyet vana tasarımı, yay ayarının kaymasına ve muhtemelen zamanla yay gevşemesine neden olabilecek aşırı sıcaklık artışlarından korunmaya yöneliktir. Koruma sağlamak için, emniyet vanası genellikle açık tip bone ye bırakılan buharın doğrudan vananın etrafındaki atmosfere boşalmasıdır. Şekil 162'da gösterilen vana, diskin etrafındaki kanallar tarafından oluşturulan yönlendirici içermesi nedeniyle benzersizdir. Vana açıldığında, yönlendirici aktif hale gelir ve diskin üstündeki hazneyi boşaltır. Yönlendiricinin amacı, vananın hızla açılmasına ve kapatılmasına yardımcı olmaktır. Emniyet vanalarının diskinin, açığa çıkan sıvının sapma yönünü manşon içinde vidalı bir halka ile değiştirmesi, yaygın bir yöntemdir.

Bone açık emniyet vanası sap kılavuzu ile kısmen dengelenir. Bu, emniyet vanaları yaklaşık %20'lik sabit geri basınçla çalışabilir, ancak üreticiye danışılmalıdır. Bununla birlikte, sap (stem) etrafındaki bone, etrafındaki boşaltma nedeniyle üst üste bindirilmiş karşı basıncı için uygun değildir. Bu nedenle, emniyet vanalarının boşaltma işlemleri kapalı boruya değil atmosfere yapılır.



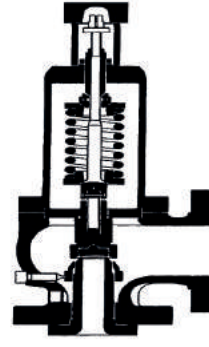
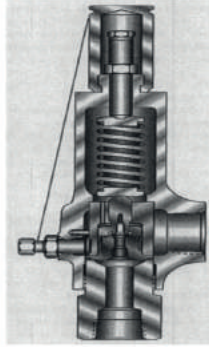
Şekil 160 Emniyet vanası



Şekil 161 Emniyet vanası

Emniyet Tahliye Vanaları

Emniyet tahliye vanaları, endüstride gaz veya sıvı servisinde karşılaşıldığında kullanılmak üzere genel amaçlı basınç tahliye vanalarıdır. Bu endüstrilerde kullanılan akışkanların normalde vananın etrafından kaçmasına tahammül edilemediğinden, bu vanaların kaputu ya vana çıkışına boşaltılır ya da körükle vana haznesine kapatılır. Bunun bir istisnası, emniyet vanalarında olduğu gibi kaputun pencerelerle sağlandığı proses buhar görevi için olan emniyet tahliye vanalarıdır. Gaz veya buhar servisinde kullanıldığında vanalar hızla açılır (ani kalkış). Sıvı servisinde kullanıldığında, vanalar yaklaşık %25'lik bir aşırı basınçta veya daha yeni tasarımlarda, Şekil 161'de gösterilen vanalarda olduğu gibi %10'luk bir aşırı basınçta tamamen açık konuma kademeli hızla (yavaş kalkış) ulaşır. Endüstride kullanılan, geleneksel emniyet tahliye vanaları ile dengeli emniyet tahliye vanaları arasındaki ayrım budur.

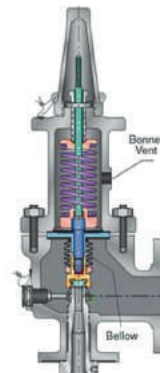
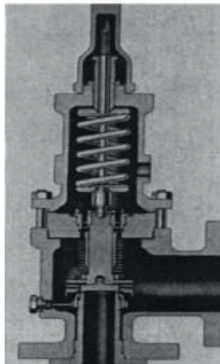


Şekil 162 Tipik Emniyet Tahliye Vanası Şekil 163 Körüklü Dengeli Emniyet tahliye Vanası (Bone Açık)

Dengeli emniyet tahliye vanaları.

Şekil 163 ile Şekil 164 arasında gösterilenler gibi dengeli emniyet tahliye vanaları, vana diski ile havalandırılmalı bone arasına monte edilen dengeli körükler sayesinde geleneksel emniyet tahliye vanalarının geri tepme basınç sınırlamalarını en aza indirir. Bu şekilde, dengesiz disk alanı sürekli atmosferik basınca maruz kalır. Vana açıklığı, geri tepme basıncı sadece vana oturmağını aşan diskin kapatma yönünde görülür. Bununla birlikte, körüklerin dolambaçlarına hareket eden geri tepme basıncı, körüklerin yayının artan hareket hızında körükleri uzatma eğilimini gösterir. Daha sert oldukları için vana kaldırma kuvvetine göre direnç gösterirler. Dengeli emniyet tahliye vanalarının, vana tasarımına ve çapına bağlı olarak, yaklaşık %20- %40 arasında geri tepme basınçlarda nominal kapasitesine ulaşılır. Sonra vana geri basıncı arttıkça kapanmaya başlar. Kapasite azalırken, yaklaşık %50'ye varan geri basınç yükselmesine izin veren dengeli emniyet tahliye vanaları bulunmaktadır (bu konuda üreticiye danışın).

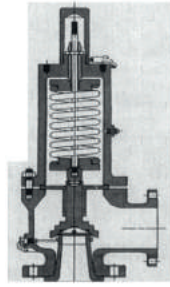
Körük izolasyonu, körük arızasına karşı korumak için Şekil 164'de gösterilen tipte vanada olduğu gibi yardımcı mekanik izolasyon ile desteklenebilir. Vana tarafından temas edilen sıvının yapısına bağlı olarak, havalandırma açıklığının güvenli bir yere yönlendirilmesi gerekebilir. Piyasada sunulan tüm dengeli emniyet tahliye vanaları gerçekten dengeli değildir ancak, elde edilen denge oldukça kabul edilebilir sınırlardadır. Olası istisnalar, API Std. 526'sına göre büyük orifis çaplı olan D ve E basınç tahliye vanalarıdır. Nozül çapına göre sap kılavuzunun çapı, dengeli körüklere göre çok büyüktür. Bu nedenle bu vanalar değişken geri tepki basıncından etkilenir. Bazı üreticiler, D veya E için F orifis çapı kullanarak dengeli vanaların akış alanı ile kalkmasını kısıtlar.



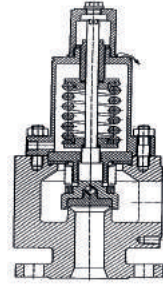
Şekil 164 Körüklü Dengeli Tahliye Vanası Bone Havalandırılmalı Piston Conta Takviyeli

Sıvı Tahliye Vanaları

Normalde, sıvı tahliye vanaları, geleneksel emniyet tahliye vanalarından sadece sıvı servisinde belirli bir performans elde etmek için diskin etrafındaki geometrinin hafif bir modifikasyonu ile farklılık gösterir. Şekil 150 ile Şekil 151 arasında gösterilen vanalar, endüstri tarafından kullanılan küçük sıvı tahliye vanası seçimini gösterir. Şekil 153'te gösterilen sıvı tahliye vanası, %10'luk bir aşırı basınç içinde tamamen açılacak ve çok çeşitli çalışma koşullarında kararlı çalışma sunacak şekilde tasarlanır. Şekil 165, boşaltma nozul halkası ile ayarlanabilir, gövdenin taşıdığı dengeli bir sıvı tahliye vanasını gösterir. Disk, iki O-ring contası ile donatılmıştır. Alt O-ring contası, disk ve gövde-deki deliklerden giriş basıncı ile enerjilendirilmiş bir sürüklenme halkası görevi görür. Açma ve kapama sırasında bu halkanın sürtünme direnci, vananın kontrolsüz kaçırmasını önler. Üst O-ring, karşı basınca karşı dengeli bir sızdırmazlık görevi görür. Bonedeki delik, sızdırmazlık contasını geçme ihtimaline karşı bir delik görevi görür. Şekil 166'da gösterilen vana, tahliye vanasının geniş bir yük aralığında çalışması gereken çalışma koşulları için doğrusal orantılı açma özelliğine sahip bir sıvı tahliye vanasıdır. Nozül çıkışını hızlandırır, akış hızındaki değişiklikler diskin yalnızca küçük hareketlerine neden olur. Testler, iç vana sürtünmesinin, hızla artan kütle akışında bile vana salınımlarını kontrol etmek için yeterli olduğunu göstermiştir



Şekil 165 Oransal Tahliye Vanası

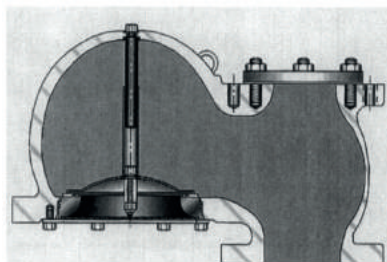


Şekil 166 Oransal Tahliye Vanası

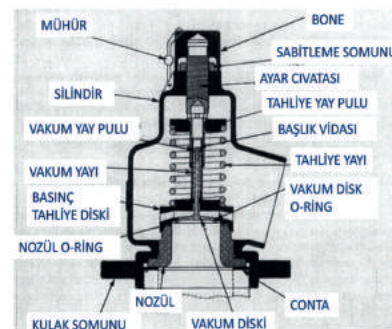
Vakum Tahliye Vanaları (Vacuum Relief Valves)

Vakum tahliye vanaları endüstrinin neredeyse her tarafında kullanılmaktadır. Genel olarak basınçlı kaplarda veya boru sistemlerinde hava tahliye için kullanıldığında hava tahliye vanaları (air relief valve) veya hava ayırıcı, boru hatlarında kullanıldığında vakum kırıcı (vacuum breaker) atmosferik tanklarda nefeslik vanası (breathing valve) basınçlı kaplarda vakum tahliye vanası (vakuum relief valve) gibi isimlerle anılsa da aslında benzer vanalardan bahsetmekteyiz.

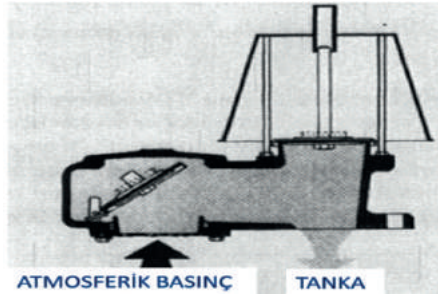
Şekil 167 ile Şekil 169 arasında üç tip doğrudan yüklü vakum tahliye vanası veya pozitif aşırı basınç tahliyesi ile birleştirilen vakum vanaları görülmektedir. Şekil 167'te gösterilen vananın çalışma prensibi, yalnızca disk ağırlığına dayanır. Bu çalışma koşullarında yüksek derecede sızdırmazlık elde etmek için oturak contası sünger kauçuktan yapılmıştır. Ayrıca kılavuza bağlı diskin kolay hareket etmesini sağlamak için kılavuz çubuğu PTFE kaplıdır. Vana gövdesi, aşırı basınç tahliye vanası ile birleştirilecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 168'da gösterilen basınç tahliye vanası, vakum tahliye vanasını pozitif basınç tahliyesi ile birleştirir. Vana, içecek, gıda işleme ve ilaç endüstrilerinde sıhhi uygulama için tasarlanmıştır. Şekil 169'de, doğrudan yüklenmiş vakum tahliye vanası ve aşırı basınç tahliye vanasını ayrı ayrı taşıyan bir nefes vana gösterilmiştir. Diğer vakum tahliye vanası farklı tasarımıyla, disk nokta temas menteşesi üzerindeki bir yayda açılır. Vana contaları, vanaların ayarlanan basınca yakın bir şekilde yeniden kapanmasını sağlayan yumuşak diyaframlardan oluşur. Vana, düşük basınçlı depolama tanklarındaki servis hatlarında kullanılır.



Şekil 167 Direkt Yüklü Vakum Tahliye Vanası



Şekil 168 Direkt Yüklü Vakum/ Basınç Tahliye Vanası



Şekil 169 Nefes Alma Vanası

Yay Yüklü Basıncı Vakum Tahliye Vanası (Spring-Loaded Pressure Vacuum Relief Valve)

Yaylı, basınçlı vakum tahliye vanası oldukça düşük maliyetli bir seçenektir. Tipik olarak bu tip vanalar, 150 varil veya daha az hacme sahip tanklarda kullanılır. 250- 400 \$ arasında fiyatlandırılır ancak, bu düşük fiyat etiketiyle birlikte gelen birkaç dezavantaj vardır. Büyük problem, vanayı açmak için gereken basıncın çok yüksek olmasıdır. Tankınız çok yüksek vakum değerine sahip değilse bu sorun olabilir.

Ağırlık Yüklü Vakum Tahliye Vanası (Weight-Loaded Vacuum Relief Valve)

Ağırlık yüklü vakum tahliye vanası daha büyük uygulamalar için en iyisidir. Genellikle 150 varilden daha büyük hacme sahip tanklarda kullanılır. Hatta 1000 varilden daha büyük hacimlere sahip çok büyük tanklarda bile kullanılabilir. Ağırlık yüklü bir tahliye vanasının yararı, açmak için çok düşük bir basınca ihtiyaç duymalarıdır. Bu, izin verilen maksimum vakuma sahip olmayan tanklarda çok yararlı olabilir.

Pnömatik Tahrikli Ağırlık Yüklü Vakum Tahliye Vanası (Weight-Loaded Vacuum Relief Valve with Pneumatic Opener)

Bazı ağırlık yüklü vakum tahliye vanaları, pnömatik kuvvet ile açma ek avantajına sahiptir. Bu, CIP sırasında vananın da temizlenmesini sağlayan vanayı açmak için kullanılabilir. Bu önemlidir, çünkü kirli bir vakum tahliye vanası gerektiğinde açamayabilir.

Derleyen Notu: Emniyet vanalarını yazarken boru hatları kazan, basınçlı kaplar ve tankların iç basınçlarını tahliye ederken aynı zamanda oluşan vakumun da dengelenmesi gerekiyordu. Emniyet vanaları, tahliye vanaları, vakum kırıcıları ile nefeslikleri de anlatılmaya çalışıldı. Pompaların tanklardan emişi veya tanklara basış esnasında atmosferik tanklarda hava emiş ve çıkışları olduğu ve yanıcı, parlayıcı, patlayıcı akışkanlar depolandığında belirtilen işlemlerin çevreye zarar vermemesi ve aynı zamanda yangın patlama risklerinin nefes alma bacalarında oluşmasını engellemek için hava ile tahliye olan akışkanın doymuş buhar debi, hız ve basıncının da kontrol edilmesi gerekir. Burada alev tutuculardan bahsetmeden geçemedik.

1.11.2 ALEV TUTUCULAR (FLAME ARRESTERS)

Alev Tutucu, bir muhafazanın açılmasına veya muhafaza sistemindeki bağlantı borusu çalışmasına takılan ve içinden gazların, sıvıların vb. geçmesine izin veren, ancak daha büyük bir yangın veya patlamayı önlemek için alevin bulaşmasını önleyen bir cihazdır. Yanıcı gazlarla yapılan proses operasyonlarında, alev tutucular yangının yayılma riskini azaltmaya yardımcı oluyor ve böylece patlayıcı bir olayın etkisini sınırlıyor. Uygun şekilde kullanıldığında, alev koruyucular feci hasar ve can kaybını önleyebilir. Alev tutucularının seçimi ve satın alınmasında yer alan herkesin bu ürünlerin nasıl çalıştığını, avantajlarını ve performans sınırlamalarını iyi anlaması gerekir.

Yanıcı sıvıların veya gazların taşınması veya depolanmasıyla ilgili en büyük tehlikelerden biri, yanıcı buharın tutuşmasının meydana gelebileceği ve yangına veya daha kötüsü bir patlamaya neden olabileceğidir. Yanıcı bir gaz veya buhar hava/oksijenle karıştırılsa, patlama potansiyeli vardır. Yanıcı karışımın yanlılıkla tutuşması, yakıt, reaksiyon tarafından tüketilene kadar yanmamış karışımdan geçecek bir aleve neden olacaktır. Bir kap veya boru gibi kapalı bir alanda, yanma işleminin neden olduğu karışımın önemli sıcaklık artışı, gaz karışımının hacminde hızlı bir artışa yol açacaktır. Ortaya çıkan basınç artışı, alev cephesini daha da hızlandıracak ve türbülans etkilerine neden olacaktır.

Alev tutucular, bir tanka veya bir proses boru sistemine monte edilen pasif mekanik cihazlardır. Normal operasyonda, borudaki buhar karışımı alev tutucudan yönlendirilir. Bir alev tutucu esas olarak bir muhafaza, bir alev tutucu eleman ve boru iş veya ekipman güvenli bağlantılar ile bütünlük oluşturur. Alev tutucu eleman, alevi salgılayan cihazdır ve esas olarak proses gazının akacağı ancak alev iletimini önleyecek küçük diyafram açıklıkları sağlayan bir

"filtre" şeklindedir. Alev cephesi "filtrede" elemanın büyük ısı kapasitesi ile soğutulan daha küçük alevler halinde parçalanır ve böylece alev söndürülür.

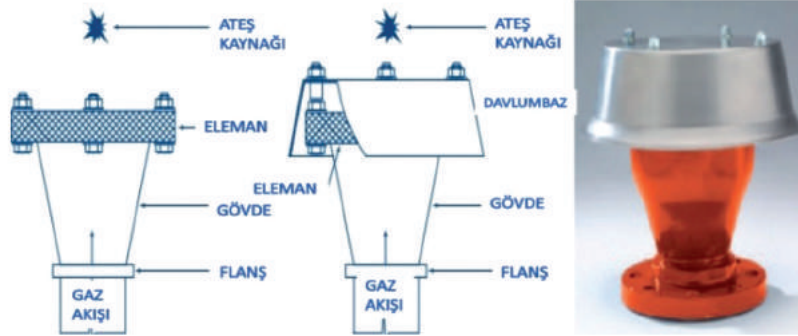
"Filtre" elemanı için kullanılan malzemeler arasında kıvrılmış metal kurdeleler, dokuma tel gazlı bez, sinterlenmiş malzemeler ve bal tarağı malzemeleri bulunur. Yapısı nedeniyle, eleman bir basınç düşüşüne veya proses akışının tıkanmasına neden olacaktır. Akışa karşı artan bu direnci azaltmak için, eleman alanı genellikle boru çalışmasının kesit alanından daha büyük tutulur. Daha büyük elemanlar da daha fazla ısı kapasitesine sahiptir.

1.11.2.1 Alev Tutucu Türleri

Tüm alev tutucular, alevlerin veya kıvılcımların bir patlama yaratmasını veya daha büyük bir yangına dönüşmesini önlerken gazların veya sıvıların geçmesine izin vermek için tasarlanmıştır. Ancak, tip ve boyut aralıkları her uygulamaya uyacak şekilde büyük ölçüde değişir.

Hat Sonu Alev Tutucu (End-of-Line Flame Arrestor)

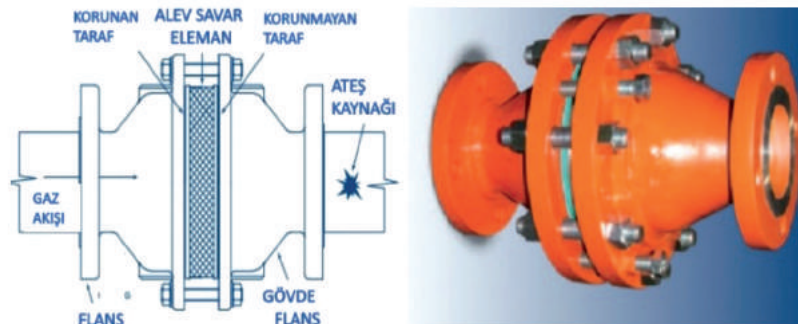
Hat sonu alev tutucular, alevlerin girmesini önlemek için bir boru hattının sonuna veya basınçlı tank çıkışına monte edilir ve bazen düşünülmediği gibi, alevin borudan veya basınçlı tanktan çıkmasını önlemek için takılmaz. Bir nefeslik başlığı olmadan, hemen hemen her yönde monte edilebilir, ancak bu, ısının sıkışma riskini artırdığından ters montaj önerilmez, zira bir parlamaya neden olabilir. Nefeslik davlumbazı dahil, geleneksel olarak dikey yönde monte edilmelidir. Yağmur ve kara maruz ortamlarda korumasız davlumbaz kullanılamaz.



Şekil 170 Tipik Hat Sonu Alev Tutucu

Sıralı Alev Tutucu (In-Line Flame Arrestor)

Hat üzeri, sıralı alev tutucular, çıkış akış ekipmanlarını korumak için boru sistemlerine monte edilmiştir. Aşağıda gösterilen düzen tipiktir, ancak ateşleme kaynağının, alevin gaz akışıyla birlikte hareket etmesine neden olması da mümkündür. Alev her iki yönden de gelebiliyorsa, çift yönlü alev tutucular gereklidir. Sıralı alev tutucular, hangi koşullarda kullanılacaklarına bağlı olarak ya alev alma (deflagration) ya da patlama tutucuları olabilir. Boru yönü, gaz akışında sıvı yer almadığı sürece genellikle bir sorun değildir ve alev, tutucularda toplanma eğilimindedir. Bu gibi durumlarda, sıvının toplanmasına ve drenaj edilmesine izin vermek için eksantrik bir alev koruyucu muhafazası takılabilir.



Şekil 171 Hat üzeri Alev Tutucu

1.11.2.2 Kodlar, Standartlar ve Önerilen Uygulamalar

Basınç tahliye vanalarının tasarımı ve uygulanmasını ele alan birçok Kod ve Standart dünya çapında yayınlanmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılan ve tanınanı, yaygın olarak ASME Kodu olarak adlandırılan ASME Kazan ve Basınçlı Kap Kodu'dur. Çoğu Kod ve Standart gönüllülük esasına dayalıdır, bu da üreticiler ve kullanıcılar tarafından kullanılabilir oldukları ve satın alma ve imalat şartnamelerine yazılabilecekleri anlamına gelir.

ASME Kodu, basınçlı kapların tasarımı ve yapımı için kurallar sağlar. İzin verilebilen aşırı basınç koruma cihazlarının türü ve tasarımı Kod'da ayrıntılı olarak yazılmıştır.

1.11.2.3 Terminoloji

Aşağıdaki tanımlar DIN 3320'den alınmıştır, ancak kullanılan terimlerin ve ilişkili tanımların çoğunun evrensel olduğu ve diğer birçok standartta görüldüğü bilinmelidir. DIN 3320'de yaygın olarak kullanılan terimlerin tanımlanmamış olması halinde, referans kaynağı olarak ASME PTC25.3 kullanılmıştır. Bu liste kapsamlı değildir ve yalnızca bir kılavuz olarak tasarlanmıştır; mecburi standart yerine kullanılmamalıdır.

- **Çalışma basıncı, (Working Pressure),**
Korunacak sistemin içindeki normal çalışma koşullarında bulunan gösterge basıncıdır.
- **Set basıncı, (Set Pressure)**
Çalışma koşullarında doğrudan yüklü emniyet vanalarının kalkmaya başladığı gösterge basıncıdır.
- **Test basıncı, (Test Pressure)**
Test standı koşullarında (atmosferik geri basınç) doğrudan yüklü emniyet vana kalkmaya başladığı zamanki gösterge basıncıdır.
- **Açma basıncı, (Opening Pressure)**
Önceden belirlenmiş akış kapasitesini boşaltmak için diskin kalkışının yeterli olduğu gösterge basıncıdır. Ayarlanan basınç ile açma kalkış basıncı farkı toplamına eşittir.
- **Yeniden kapatma basıncı, (Reseating pressure)**
Doğrudan yüklü emniyet vanasının yeniden kendini kapatabildiği gösterge basıncıdır.
- **Boşaltma Çıkış Basıncı, (Built-up Backpressure)**
Çıkış tarafında üfleme ile biriken gösterge basıncıdır.
- **Kapanma Geri Şok Basıncı, (Superimposed backpressure)**
Vananın kapandığı anda çıkış tarafındaki gösterge basıncıdır.
- **Geri Tepme Basıncı, (Backpressure),**
Çıkış tarafında boşaltma sırasında biriken gösterge basıncıdır (boşaltma çıkış basıncı + kapanma geri şok basıncı toplamı).
- **Birikim, (Accumulation)**
Sistemin emniyet sınır basıncı, izin verilen maksimum çalışma gösterge basıncı üzerindeki artan basınç değeri.
- **Açma basıncı farkı, (Opening pressure difference)**
Önceden belirlenmiş akış kapasitesine izin vermeye uygun bir kalkış için gerekli, ayarlanan basınç üzerindeki basınç artışıdır.
- **Yeniden Kapatma Basınç Farkı, (Reseating pressure difference)**
Ayarlanan açma basınç ile yeniden oturma basıncı arasındaki farktır.
- **Fonksiyonel basınç farkı, (Functional pressure difference)**
Açma basıncı farkı ile yeniden kapatma basınç farkı, basınç dalgalanma toplamı.
- **Çalışma basıncı farkı, (Operating pressure difference)**
Set basıncı ile çalışma basıncı arasındaki basınç farkıdır.
- **Kaldırma, (Lift)**
Diskin kapalı konumdan uzaklaşması.
- **Kaldırma başlaması, (açılma) (Commencement of lift)**
Diskin ilk ölçülebilir hareketi veya deşarj gürültüsü duyumu.
- **Akış alanı, (Flow area)**
Herhangi bir kesinti olmadan akış kapasitesini hesaplamak için kullanılan minimum çapta hesaplanan gövde oturak, giriş veya çıkış akışı çapraz kesit alanıdır.
- **Akış çapı, (Flow diameter)**
Gövde oturak giriş veya çıkış akışı için minimum geometrik çap.

- **Emniyet Vana nominal çap tanımlaması, (Nominal size designation)**

Emniyet vanası giriş anma çapı.

- **Teorik akış kapasitesi, (Theoretical flowing capacity)**

Vananın akış kayıplarına bakılmaksızın emniyet vanasının akış alanına eşit kesit alanına sahip orifis'ten geçtiği hesaplanan kütle akışıdır.

- **Gerçek akış kapasitesi, (Actual flowing capacity)**

Ölçümle belirlenen akış kapasitesidir.

- **Sertifikalı akış kapasitesi, (Certified flowing capacity)**

Gerçek akış kapasitesinin %10 azaltılmış değeri.

- **Deşarj katsayısı, (Coefficient of discharge)**

Gerçek deşarj değerinin teorik deşarj kapasitesine oranı.

- **Sertifikalı deşarj katsayısı, (Certified coefficient of discharge)**

Deşarj katsayısının (oranı) %10 oranında azaltılmış değeri (deşarjın derlenmiş katsayısı olarak da bilinir).

Aşağıdaki terimler DIN 3320'de tanımlanmamıştır ve ASME PTC25.3.'den alınmıştır.

- **Boşaltma, (Blowdown) (basınç farkını yeniden oluşturma)**

Gerçek açma basıncı ile gerçek yeniden kapama basıncı arasındaki farkın, ayar basıncının yüzdesi olarak ifadesi veya inç basınç birimi. (Türkçede Blöf etmek deyimi ile tarif edilen ani açıp kapatma eylemi sonucu oluşan basınç dalgalanması)

- **Soğuk diferansiyel test basıncı, (Cold differential test pressure)**

Vananın ortam sıcaklığında test akışkanı kullanılarak bir test düzeneğinde ayarlanan basınçtır. Bu test basıncı, örneğin geri basınç veya yüksek sıcaklıklar gibi servis koşulları için düzeltmeleri kapsar.

- **Kararlı akış basıncı, (Flow rating pressure)**

Basınç tahliye cihazının rahatlatma kapasitesinin ölçüldüğü, giriş statik basıncıdır.

- **Kaçak test basıncı, (Leak test pressure)**

Standart bir prosedüre uygun olarak nicel oturak sızıntı testinin yapıldığı belirtilen giriş statik basıncıdır.

- **Ölçülen rahatlatma kapasitesi, (Measured relieving capacity)**

Akış derecesi basıncında ölçülen basınç tahliye cihazının rahatlatma kapasitesidir.

- **Nominal rahatlatma kapasitesi, (Rated relieving capacity)**

Geçerli kod veya düzenlemenin izin verdiği ölçülen hafifletme kapasitesinin bir kısmının basınç giderici cihazın uygulanması için temel olarak kullanılmasıdır.

- **Aşırı basınç, (Overpressure)**

Genellikle ayar basıncının yüzdesi olarak ifade edilen basınçta, tahliye vanasında ayarlanan basıncın üzerindeki basınç artışı.

- **Statik Açma basıncı, (Popping pressure)**

Basınç Tahliye Vanasının statik giriş basıncı artırılarak ölçülebilir kalkış bulunduğu veya deşarjı görerek, hissederek veya duyarak belirlendiği şekilde sürekli hale geldiği değeridir.

- **Tahliye emniyet basıncı, (Relieving pressure)**

Ayar basıncı artı boşaltma için gerekli aşırı basınç.

- **Kaynama, (Simmer)**

Ayar basıncı ile statik açma basınç arasındaki basınç bölgesi.

- **Maksimum çalışma basıncı, (Maximum operating pressure)**

Sistem çalışması sırasında beklenen maksimum basınçtır.

- **İzin verilen maksimum çalışma basıncı, (Maximum allowable working pressure MAWP),**

Tamamlanmış basınçlı kabın (tankın) üst kısmında, belirlenen sıcaklıktaki çalışma konumunda izin verilen maksimum gösterge basıncıdır.

- **İzin verilen maksimum birikmiş basınç, (Maximum Allowable Accumulated Pressure MAAP),**

İzin verilen maksimum çalışma basıncı ve işletme veya yangın durumlarına ilişkin geçerli kodlara atıfta bulunularak belirlenen toplam basınç.

1.11.2.4 Emniyet Vanalarının Depolanması ve Taşınması

Depolama ve Taşıma

Emniyet vanalarının tatmin edici şekilde çalışması ve sızdırmazlığının sağlanması için en önemli faktörlerden biri temiz ve yabancı maddelerden uzak tutulmalarıdır. Bu koşul vanaların temininden sonra, sahadaki depolanma ve taşıma işlemleri için de geçerlidir. Bu nedenle, vanaların giriş ve çıkışlarında bulunan, imalatçı tarafından gönderilen özel koruyucular, vana sisteme takılmaya hazır olana kadar yerinde kalmalıdır. Vananın orijinal nakliye kabında saklanırken bile kirden, tozdan ve yabancı maddelerden uzakta tutulması için, kapalı, iç mekanlarda saklanması gerekir.

Emniyet Vanaları dikkatli bir şekilde ele alınmalı ve asla düşürme, çarpma gibi şoklara maruz kalmamalıdır. Özensiz taşıma basınç ayarını değiştirebilir, vana parçalarını deforme edebilir ve oturak sızdırmazlığını ve vana performansını olumsuz yönde etkileyebilir.

Vana asla kaldırma kolu kullanılarak kaldırılmamalı veya ele alınıp taşınmamalıdır.

Vinç kullanılması gerektiğinde, zincir yerine halat sapan veya kaldırma bantları kullanılmalıdır. Kaldırma aparatları, vananın montajını kolaylaştırmak amacıyla dikey bir konumda olmasını sağlayacak şekilde, gövdesinin ve bonesinin etrafına, dikkatlice yerleştirilmelidir.

Montaj

Vanalar monte edilirken yapılan hatalar ve özensizliklerden dolayı birçok vana ilk hizmete girdiğinde hasar görür veya işletmede sorun çıkartabilir. Bu yüzden montaj öncesinde flanş yüzeyleri, vana girişi ve vananın monte edileceği ekipman veya hattaki bağlantı yüzeyleri tüm kir ve yabancı maddelerden iyice arındırılmalı, montaj işlemi dikkatlice yapılmalıdır.

Emniyet vanalarına giren veya içinden geçen yabancı maddeler vanalara zarar verebildiğinden, vanaların test edildiği ve son olarak monte edildiği sistemler de incelenmeli ve temizlenmelidir. Özellikle yeni sistemler, inşaat sırasında yanlışlıkla bırakılan, unutulmuş yabancı nesnelere içermeye eğilimlidir ve bunlar, vana açıldığında oturma yüzeyini tahrip edecektir.

Kullanılan contalar vana malzemesine ve flanş çapına uygun olmalıdır. Contanın akışı kısıtlamaması için iç çapların emniyet vana girişi ve çıkışı açıklıklarını tamamen karşılaması gerekir.

Flanşlı vanalarda, vana gövdesinin olası bozulmasını önlemek için tüm bağlantı saplamalarını veya civataları doğru ve eşit şekilde, ölçü ve tork değerlerinde kullanın.

Dişli Vanalar için vana gövdesine anahtar uygulamayın. Giriş burçlarında sağlanan gövde üzerinde vidalanan altıgen rakorları kullanın.

Emniyet Vanaları dar bir basınç aralığında açılıp kapanmak üzere tasarlanmıştır. Vana seçim ve montajı, boru bağlantıları hem giriş hem de boşaltma konusunda doğru tasarım gerektirir. Yönergeler için Uluslararası ve Ulusal Endüstri Standartları'na bakın.

Giriş boruları

Emniyet vanasını, koruyacağı basınçlı ekipmana olabildiğince doğrudan ve yakın bağlayın.

Vana, doğrudan basınçlı kaptan gelen bir nozul üzerine veya kap ile vana arasında doğrudan, engelsiz bir akış sağlayan kısa bir bağlantı ile basınçlı kaba dik bir pozisyonda ve dikey olarak monte edilmelidir. Bir emniyet vanasını, önerilen bu konum dışında takmak, vananın çalışmasını olumsuz yönde etkileyecektir.

Vana, vananın giriş bağlantısından daha küçük bir iç çapa sahip bir bağlantı parçasına asla monte edilmemelidir.

Deşarj boruları

Deşarj boruları basit ve doğrudan olmalıdır. Mümkün olan her yerde vana çıkışının yakınında "esnek" bir bağlantı tercih edilir. Tüm deşarj boruları, akış bertaraf edilmek üzere son serbest bırakma noktasına kadar mümkün olduğunca doğrudan taşınmalıdır. Vanadan deşarj edilenler, güvenli bir bertaraf alanına boşaltılmalıdır. Emniyet Vanasının deşarj akış tarafında sıvı birikmesini önlemek için deşarj boruları düzgün bir şekilde ve eğimde boşaltılmalıdır.

Deşarj borularının ağırlığı ayrı bir destekle taşınmalı ve vana deşarj sonrası rahatladığında, reaktif itme kuvvetlerine dayanacak uygun şekilde desteklenmelidir. Vana ayrıca sallanma veya sistem titreşimlerine dayanacak şekilde desteklenmelidir.

Vana basınçlı bir sisteme boşalıyorsa, emniyet vanasının "dengeli tip" bir tasarım olduğundan emin olun. "Dengesiz tip" emniyet vanası tasarım, deşarj üzerindeki basınç vana performansını olumsuz yönde etkileyecek ve basınç ayarını bozacaktır.

Bağlantı sistemlerinde, emniyet vanası çıkış çapından daha küçük bir iç çapa sahip bağlantı parçaları veya boru kullanılmamalıdır.

Dengeli körük emniyet vanalarının boneleri, vananın düzgün çalışmasını sağlamak ve körük arızası durumunda doğru davranış sağlamak için her zaman havalandırılmalıdır. Bu açık havalandırma deliklerini kapatmayın. Sıvı yanıcı, toksin veya aşındırıcı olduğunda bone, menfez gibi güvenli bir yere boru ile tahliye edilmelidir.

1.11.3 HİDROLİK PNÖMATİK BASINÇ KONTROL VANALARI

Basınç kontrol vanaları hemen hemen her pnömatik ve hidrolik sistemde bulunur. Sistem basınçlarını istenen sınırın altında tutmaktan devrenin bir kısmında belirli bir basınç seviyesini korumaya kadar çeşitli işlevlerde yardımcı olabilir. Farklı basınç kontrol vanaları kabartma, azaltma, sıralama, denge, güvenlik ve boşaltmayı içerir. Farklı basınç kontrol vanalarının hepsi genellikle açık konumda çalışan vanalar olup, basıncı azaltmak eylemi dışında tipik olarak kapalı konumdadır. Bu vanaların çoğu için, gerekli basınç kontrolünü üretmek için bir kısıtlama gereklidir. Bunun bir istisnası, dijital basınç regülatörüdür diyebiliriz. Vantilatörler ve anestezi makinaları gibi bazı uygulamalarda akış her zaman tutarlı olmalıdır. Gazların akışındaki değişiklikler ciddi yaralanmalara veya ölüme veya maddi hasarlara yol açabilir. Bu yüzden basınç kontrol vanaları çok önemlidir. Akışkan basınç kontrol vanaları, sıvıdaki azalma veya vanaların açılması veya kapanması nedeniyle, ani dalgalanma sonucu oluşabilecek aşırı basınç koşullarına karşı sistemi korur.

Basınç dalgalanmaları hızlı ve ani olabilir, normal sistem basıncının dört katına kadar artabilir ve basınç kontrol cihazlarının herhangi bir hidrolik devrede gerekli olmasının nedeni budur.

1.11.3.1 Basınç Kontrol Vanaları Türleri

Bir devredeki basıncı düzenlemek için hareket eden basınç kontrol vanaları aşağıdaki türlere ayrılır.

- Basınç tahliye vanası,
- Denge vanası ve
- Sıra vanası.

Basınç azaltma, sıralı yükleme ve denge vanaları basınçlı hidrolik sistemdeki basınç değişikliklerini kontrol eder.

Basınç Tahliye Vanaları:

Pnömatik ve hidrolik güç sistemlerinin çoğu, tanımlanmış bir basınç aralığında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu aralık, sistemdeki aktüatörlerin gerekli işi yapmak için üretmesi gereken kuvvetlerin bir işlevidir. Bu kuvvetler kontrol edilmez ise, güç bileşenleri ve pahalı ekipmanlar zarar görebilir. Tahliye vanaları bu tehlikeyi önlemeyi olanaklı kılar. Basınç çok yükseldiğinde fazla gazları yönlendirerek bir sistemde maksimum basıncı sınırlayan güvenlik önlemleridir. Sıvının akmasını sağlamak için bir tahliye vanasının ilk açıldığı basınç açma basıncı olarak bilinir. Vana tam nominal akışını sağlarken, tam akış basıncı durumundadır. Tam akış ve açma basıncı arasındaki fark bazen basınç farkı veya kapatma basıncı (override) olarak bilinir.

Bazı durumlarda, bu basıncı geçersiz kılmak sakıncalı değildir. Maksimum ayara ulaşmadan önce vanadan kaybedilen gazla güç boşa harcanırsa dezavantaj olabilir. Bu, maksimum sistem basıncının diğer bileşenlerinin tasarım basıncını aşmasına izin verebilir.

Sıra Vanaları:

Birden fazla aktüatöre sahip devrelerde, aktüatörleri tanımlanmış bir sıra veya sıraya taşımak gereklidir. Sınır anahtarları, zamanlayıcılar veya sıralama vanaları çalışan diğer dijital kontrol cihazlarıyla bunu yapabilir. Sıralama vanaları normalde kapalı iki yönlü vanalardır ve bir devredeki çeşitli işlevlerin oluşacağı sırayı düzenler. Yaylı tipler genellikle bir tahliye vanası gibi çıkış portunun içine değil, harici olarak boşaltılması dışında, doğrudan etkili tahliye vanalarına benzer. Bir sıralama vanası, basınçlı gaz ve sıvının bir öncelik fonksiyonu tamamlandıktan ve

karşılandıktan sonra ikinci bir işleve akmasını sağlar. Kapatıldığında, bir sıra vanası, gazın birincil devreye serbestçe akmasını ve vananın basınç ayarına ulaşana kadar ilk işlevini yerine getirmesini sağlar.

İstenilen sıralama, silindirlerin yer değiştirmeleri gereken yüke göre boyutlandırılmasıyla da elde edilebilir. Hareket etmek için en az basınç gerektiren silindir önce uzamaya başlar. Strokunun sonunda, sistem basıncı artar ve ikinci silindir uzamaya başlar ve böyle devam eder. Birçok uygulamada, alan sınırlamaları ve kuvvet gereksinimleri silindir boyutunu belirleyecektir. Bu durumlarda, silindirleri gerekli sırada çalıştırmak için sıralama vanaları kullanılır. Sıralı vanalar bazen ikincil devreden birincil devreye geri akışa izin veren kontrol vanasına sahiptir. Ancak, sıralama işlemi yalnızca akış birincil devreden ikincil devreye olduğunda olur. Bazı uygulamalarda, birincil aktüatör belirli bir konuma ulaşana kadar oluşan bir kilitleme, sıralamanın oluşmasını önleyebilir. Bu, uzaktan tahrik işlemiyle yapılır.

Basınç Azaltıcı Vanalar

Pnömatik sistemde daha düşük basıncı korumak için en pratik bileşenler basınç azaltıcı vanalardır. Basınç azaltıcı vanalar genellikle yeterli çıkış akış basıncına maruz kaldığında kapanan iki yönlü vanalardır. Basınç azaltıcı vanaların alt kategorileri vardır:

- doğrudan hareket ve
- pilot çalışan.

Doğrudan etkili vanalar, ana devredeki basınç değişimlerinden bağımsız olarak ikincil devrede mevcut maksimum basıncı sınırlayan basınç azaltıcı vanadır. Bu, iş yükünün azaltıcı vana bağlantı noktasına geri akış oluşturmadığını ve bu durumda vananın kapanacağını varsayar. Basınç algılama sinyali ikincil devreden gelir. Vana, normalde kapalı olduğu ve girişten gelen basıncı algıladığı için bir tahliye vanasının tersinden çalışır. Çıkış basıncı vana ayarına ulaştığında, genellikle makaradaki bir delikten, vananın düşük basınçlı tarafından sızan az miktarda gaz, haznede toplanır.

Pilot tarafından çalıştırılan, basıncı azaltan bir vanadaki makara, her iki uçtaki çıkış akış basıncı ile hidrolik olarak dengelenir. Pilot vana, makarayı konumlandırmak için yeterli gazı bırakır, böylece ana vanadaki akış azaltılmış basınç devresinin gereksinimlerine eşit seviyeye gelir. Döngü sırasında akış gerekmezse, ana vana kapanır. Yüksek basınçlı gazın vananın azaltılmış basınç bölümüne sızması, daha sonra pilot tarafından işletilen tahliye vanası aracılığıyla rezervuara geri döner. Bu tip vanalar genellikle doğrudan etkili vanalardan daha geniş bir yay ayarı yelpazesine sahiptir ve daha iyi tekrarlayan doğrulukla çalışma sağlar. Bununla birlikte, hidrolik uygulamalarda, yağ kirlenmesi pilot vanadaki akışı engelleyebilir ve ana vana düzgün bir şekilde kapanamaz.

Denge Vanaları

Bu vanalar tipik olarak kapalıdır ve genellikle bir ağırlığı dengelemek için devrenin bir kısmında ayarlanan basıncı korumak için kullanılır. Vana stili, harici bir kuvveti dengelemek veya serbest düşmesini önlemek için presteki gibi bir ağırlığa karşı koymak için idealdir. Vananın birincil bağlantı noktası piston çubuk ucuna, ikincil bağlantı noktası ise yön kontrol vanasına bağlanır. Basınç, yükün serbest düşmesini önlemek için gerekenden biraz daha yüksek ayarlanmıştır. Basınçlı sıvı silindirin kapak ucuna aktığında, silindir çubuk ucundaki basıncı uzatır ve artırır ve vanadaki ana makarayı kaydırır. Bu, sıvının ikincil bağlantı noktasından yön kontrol vanasına ve rezervuara akmasını sağlayan bir yol oluşturur. Yük yükseltildikçe, bütünleşmiş kontrol vanası, silindirin serbestçe geri çekilmesine izin vermek için açılır. Silindirdeki geri basıncı azaltmak ve vuruşun altındaki kuvveti artırmak gerekiyorsa, denge vana uzaktan çalıştırılabilir. Piston kolu uzadığında, vana açılmalı ve ikincil bağlantı noktası rezervuara bağlanmalıdır. Piston kolu geri çekildiğinde, tahliye geçişinde yük basıncının hissedilmesi önemli değildir, çünkü çek vana görevini yapar.

1.12 MEKANİK HAVA-GAZ-SIVI AYIRMA ARMATÜRLERİ

1.12.1 BUĞU ÇÖZÜCÜLER (DEMISTERS)

Proses Borularında Buğu Çözücü (Demister)

Gaz ve sıvının temas ettiği herhangi bir işlemde, gaz bazı sis veya sıvı damlacıklarını beraberinde sürükleyecektir. Bu sis, proses verimsizliklerine, ürün kaybına ve ciddi ekipman hasarına neden olabilir. Buğu çözücü, gazlı veya buhar akışı tarafından taşınmayacak kadar ağır olan büyük sıvı damlacıklarını buğuya dönüştürerek gaz veya buhar akışından sürüklenen buğuyu gidermek için kullanılan bir cihazdır. Buğu çözücüler genellikle daha küçük sıvı damlacıkları yollarını tıkayarak ve onları birleştirerek çalışır. Sıvı damlacıkların yolundaki tıkanıklık çeşitli geometriyle elde edilebilir. Buğu çözücü, buhar akışındaki sis halinden ayrılacak kadar ağır damlacıkları toplamayı

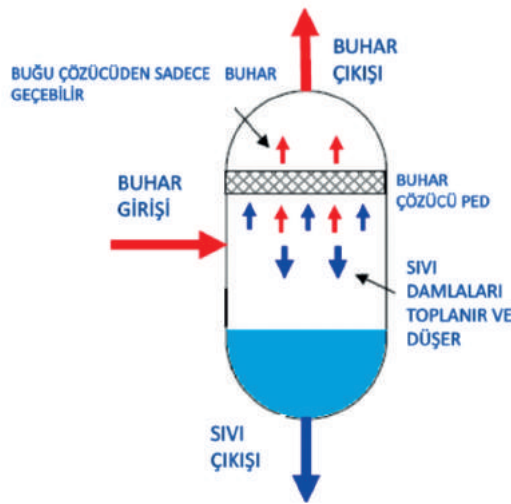
amaçlayan ağ tipi, kanatçıklı paket veya başka bir yapıda da kullanılabilir. Buğu çözücü pedler genellikle buhar sıvı ayırıcısının üst buhar çıkışının hemen altına monte edilir.

Derleyen Notu: Buğu çözücüler ayrıca, buhar çözücü ped, sis yastığı, tel örgü buğu çözücü, örgü sis giderici, sis ve sis giderici yakalayıcı olarak da bilinir.

Buğu Çözücü Çalışma Prensibi

Sisli gaz veya buhar akışı sabit bir hızda yükseldiğinde ve buğu çözücü geçtiğinde, sis buğu çözücü ağ lifleri ile çarpışacak ve atalet etkisi nedeniyle liflerin yüzeyine bağlanacaktır. Sis liflerin yüzeyinde dağılacak ve sıvı damlacıklar oluşmaya başlayacaktır. Sıvı damlacıklar büyüyerek ve damlacıkların ağırlığı yerçekimi ile gazın yükselme kuvvetini ve sıvı yüzey gerilim kuvvetini aşarak liflerden ayrılarak akmaya başlar. Böylece daha büyük sıvı damlacıkları aşağıdaki sıvı havuzuna düşer. Gazlı veya buhar akışı yoldaki tıkanıklıktan etkilenmez ve üst buhar çıkışından kaçar.

Buğu çözücü takarken, buğu çözücü ped, temas yüzeyinden gaz sızmasını önlemek için kolonun, tankın veya kulenin cidarlarına sıkıca oturmalıdır. Düzgün bir şekilde tasarlandığında buğu çözücü pedler minimum basınç düşüşü ile %99,9'a kadar verimlilik sağlayabilir.



Şekil 172 Buğu Çözücü Tipik Çalışma Prensibi

Buğu çözücüler esas olarak proses boru sistemlerinde kullanılır:

- Emilim sütunları (Absorbition Columns)
- Damıtma sütunları (Distillation Columns)
- Buhar Kazanları (Steam Boilers)
- Gaz ve Hava yıkayıcılar (Gas and Air Scrubber)
- Yağ Buğusu Ayırma (Oil Mist Separation)
- Sülfürik Asit Fabrikası Atık Gaz İşlemleri. (Effluent gas treatment in Sulphuric Acid Factories).
- Vakum Kuleleri ve Kurutma Kuleleri (Vacuum Towers and Drying Towers)
- Nakavt Tamburlar (Knockout Drums⁴⁵)

Buğu Çözücü Avantajları

Buğu çözücüler, gaz veya buhar akışındaki sıvının kabul edilemediği durumlarda kullanılması gereken bir gerekliliktir. Örneğin - kompresör emme hatları. Buğuların gaz veya buhar akışından ayrılması çalışma durumunu iyileştirebilir, proses göstergelerini optimize edebilir, ekipmanın korozyonunu azaltabilir, ekipman ömrünü uzatabilir, değerli malzemelerin işlenme ve geri kazanım miktarını artırabilir, çevreyi koruyabilir ve hava kirliliğini azaltabilir. Buğu çözücüler ayrıca bir kazanın besleme suyunun kullanımına uygun yüksek kaliteli yoğuşma üretir.

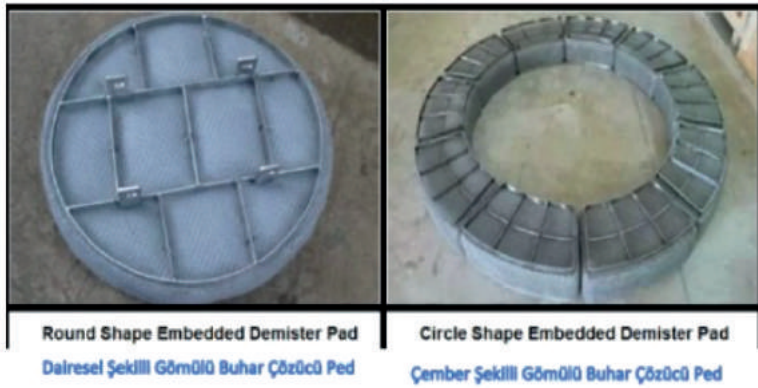
⁴⁵ Nakavt tamburunun ana işlevi, sıvı deşarjları için oturma süresi sağlamak ve sıvı conta tamburuna veya işaret fişeği yakıcısına flare tower) yönlendirilen damlacıkların boyutunu sınırlamaktır.

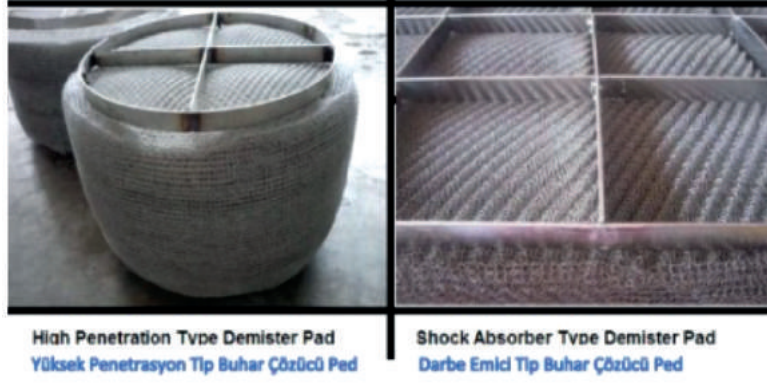
Buğu Çözücülerde Olması Gereken Özellikler

- Basit bir yapı.
- Hafiflik.
- Yüksek gözeneklilik.
- Daha az basınç düşmesini sağlamak.
- Geniş yüzey alanı.
- Verimliliği ayıran yüksek sis.
- Kurulum, kullanım ve bakım kolaylığı.
- Çoğu tank şekline ve boyutuna uyacak şekilde kolayca uyarlanabilme.
- Dayanıklılık ve uzun kullanım ömrü.
- Korozyon direnci.

Buğu Çözücüler Ped Çeşitleri

Buğu çözücüler ped formlarının dört kategorisi vardır: Standart tip, verimli tip, yüksek penetrasyon tipi ve amortisör tipi. Aşağıda, proses boru endüstrisinde kullanılan dört türünün de görüntüsü verilmiştir.

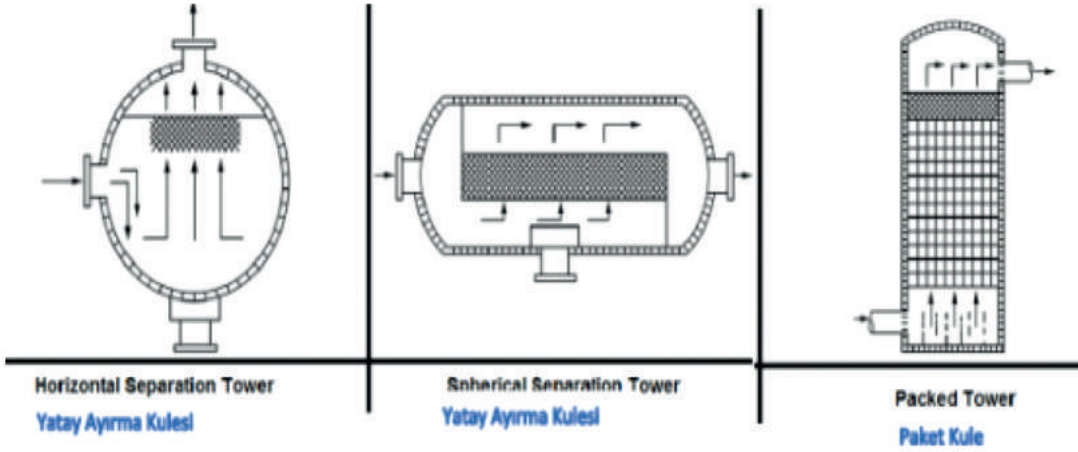




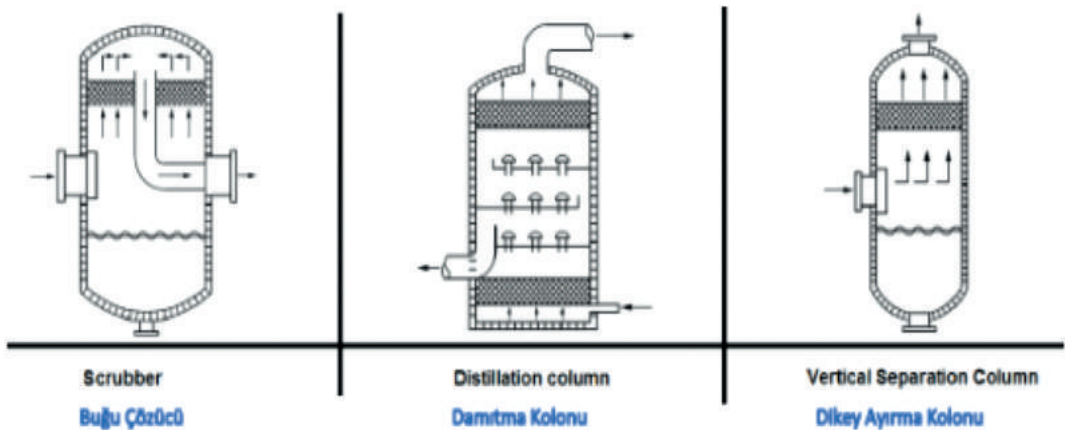
Şekil 176 Yüksek Performanslı ve Darbe Emici Buğu Çözücü Pedler

Kolonlarda / Tanklarda / Kulelerde Buğu Çözücü Montajı

Buğu çözücü, şekline, buhar giriş nozul konumuna, buhar çıkış nozul konumuna, sıvı çıkış nozul konumuna ve proses uygulamalarına bağlı olarak çeşitli konumlarda kolonlara veya kaplara veya kulelere monte edilebilir. Aşağıda bazı montaj türlerini gösteren şekiller verilmiştir.



Şekil 177 Farklı Amaçlar İçin Tipik Kule Çeşitleri



Şekil 178 Farklı Amaçlar İçin Buğu Çözücü ve Damıtma- Ayırma Kolonları

1.12.2 PURJÖRLER (AIR-VACUUM RELIEF VALVES)

Bu vanalar kapalı devre tüm tesisat tiplerinde standart olarak en yüksek noktalarda ve akış yönü aşağı olan her dirsekte kullanılmaktadır. Ayrıca açık su dağıtım devrelerinde ve boru hatlarında kullanılır.

Bu vanalar; Hava Tahliye Vanaları, Havalandırma purjörleri ve Vakum Tahliye vanası olarak da adlandırılır.

Vanalar/Havalandırma Purjörleri.

Hava purjörü, boru hattından havanın kaçmasını sağlar. Hava tahliyesi olmazsa boru hattındaki ceplerde hava birikmesi, akışın ciddi şekilde etkilenmesine ve hatta akış yolunun tıkanmasına sebep olabilir.

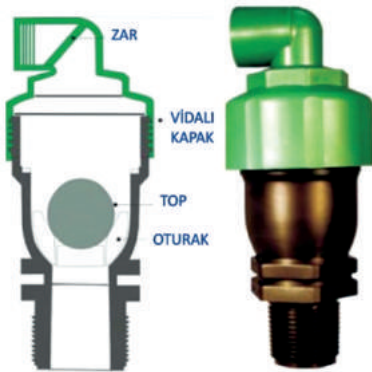
Vakum Tahliyesi, vana kapatma veya sistem kapatma sırasında havanın boru hattına girmesini sağlar. Bu, vakum nedeniyle ana hat ve yan bağlantı hatları borularının çökmesini en aza indirir, toprak damla sulama devresinde geri sifon etkisi ile akışı azaltır ve su çekici oluşturur. Vananın çıkış akışında negatif bir basınç (vakum) varsa, meydana gelebilecek akışın aniden tersine çevrilmesinin neden olduğu bir su çekici oluşur.

Hava ve vakum tahliye vanalarının sistemlere dahil edilmesi çok önemli olduğu gibi, aynı zamanda yerleşim yeri de kritik öneme sahiptir. Başparmak kuralı olarak hava tahliyesi tüm boru hat boyunca tüm yüksek noktalarda, boru hattındaki eğime göre tüm akış sürtünme kayıp değişiklikleri, herhangi bir boru hattının önünde veya sonunda vana varsa purjör koymak gerekir. Ayrıca uzun mesafeler için, yüksek nokta veya akış eğim değişimi yoksa, hava purjörleri, söz konusu boru hattı üzerinde her 150-200 m'de bir monte edilmesi tavsiye edilir.

Özellikle tarımsal alanda damlama tesisat boruları için açık devre olmasına rağmen kritik görevleri ve faydaları vardır.

Standart kinetik hava tahliye/vakum tahliye vanaları ve sürekli etkili hava tahliye vanaları olarak iki tip tahliye vanası mevcuttur.

Standart Kinetik Hava Purjör/Vakum Tahliye Vanaları, hat basıncı altında kaldıktan sonra kapanır. Bu vanalar genellikle bölge vanaları sonrasındaki akış için yüksek noktalarda ve damlama tesisatında kullanılır. Boru doldurulurken sistemden büyük hacimli havayı otomatik olarak boşaltmasını ve ayrıca su boşaltılırken havanın boru hattına tekrar girmesini sağlayacaktır. Sistem dolduğunda, sıvı deliği kapatana kadar şamandırayı kaldırır. Delik, sistem boşaltılana kadar kapalı kalacaktır. Hava vanaya girebilir ve sistem çalışırken sıvıyı yerinden oynatabilir, ancak iç basınç vanayı kapalı tutmaya devam edecektir. Sistem basıncı atmosferik basınca yakın olana ve şamandıra artık yüzmeğe kadar vana yeniden açılmaz.



Şekil 179 Standart Kinetik Hava/Vakum Tahliye Vanası



Şekil 180 Vana Montaj Tip Detayı

Sürekli Etkili Hava Purjör/Vakum Tahliye Vanaları, boru hattında kalan veya başlangıçtan sonra boru hattına giren havanın boşaltılmasını sağlar. Bu vanalar genellikle bölge vanalarının veya alt bölge vanası öncesindeki akış tarafında bulunur. Sistemdeki basınç düşüp, sıvı aktıktan sonra sistemin yüksek noktalarında toplanan küçük miktarlarda havayı otomatik olarak dışarı atar. Kapatıldığında havanın boru hatlarına girmesine izin verir.



Şekil 181 Sürekli Etkili Hava Purjör/Vakum Tahliye Vanaları

Hava salınımı, başlangıçta sistemden hava kaçtığına meydana gelir ve vakum tahliyesi, kapatma sırasında havanın girmesini sağlar. Bir sonraki hava havalandırma vakum kırıcıları, toprağın geri sifon ve geri basınç nedeniyle yayıcılara emilmesini önlemek için damlama alanının en yüksek noktalarına monte edilir. Bu yeraltı damlama sistemleri ile mutlak bir gerekliliktir. Ayrıca besleme ve dönüş ana borusu uygun drenajı için de kullanılır. Biri, besleme borusunun yüksek noktasında, biri de dönüş borusunun yüksek noktasında veya sistemin herhangi bir yüksek noktasında kullanılır.

1.12.2.1 Hava Tahliye Vanası | Subap

Boru hattı sistemlerindeki hava tahliye vanaları iki ana işleve hizmet eder. Birincisi, basınçlı bir boru hattı içinde çözültiden çıkan birikmiş havanın serbest bırakılmasıdır. Bu hava, boru hattı profili boyunca yerleştirilmiş yüksek noktalarda toplanacak kabarcık oluşumuna neden olacaktır. Bu hava birikimi, kabarcığın yüzdürme gücü, kabarcığı sıvı ile iletmek için gereken enerjiden daha büyük olduğunda ortaya çıkacaktır.

Bir hava tahliye vanasının ikinci işlevi, boru hattının iç basıncı atmosferik basınçların altına düştüğünde havayı sisteme kabul etmektir. İç vakum durumu geliştikçe boru hattına hava kabul edilerek, vakum basıncının büyüklüğü azaltılabilir ve sonuç olarak boru hattının aşırı sapma ve/veya çökme yaşamasını önlemeye yardım etmesinin yanı sıra, buhar boşluklarının sıvı buharlaşmasından oluşabileceği tam bir vakum durumunun oluşumunu da önlemeye yardımcı olur.



Şekil 182 Çeşitli Hava Tahliye Vanaları

1.12.3 BUHAR AYIRICILAR-KONDENSTOP (STEAM TRAPS)

Buhar, kontrol edilebilir miktarda enerjiyi verimli ve ekonomik şekilde, üretildiği kazan dairesinden kullanım noktasına taşıma olanağı sağlar. Kazan tarafından üretilen buhar, ürünü ısıtmak için kullanılan ısı enerjisini içerir. Buhar, ürünü ısıtarak enerjisini kaybettiğinde yoğuşma oluşur. Ayrıca, buharın içerdiği enerjinin bir kısmı borulardan ve bağlantı parçalarından kaynaklanan radyasyon kayıpları ile kaybolduğunda da buharla yoğuşma meydana gelir. Bu yoğuşma oluşur oluşturmaz hemen boşaltılmazsa, ısı transferini azaltır ve sistemin çalışma verimliliğini düşürür. Ayrıca, buhar sistemindeki yoğuşmanın varlığı da su çekici veya korozyon nedeniyle fiziksel hasarlara neden olabilir.

Buhar kapanı ise, buharı tutar ve farklı basınçlar veya yükler altında yoğuşmayı boşaltır. Buhar kapanları, canlı buharı tutarken havayı ve diğer yoğuşmayan gazları hızlı şekilde boşaltmak için iyi bir kapasiteye sahip olmalıdır. Buhar kapanı, buhar sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır. Buhar kapanı, buhar sisteminin verimliliğini ve üretkenliğini korumada önemli bir rol oynar.

Bazen kondensin, oluşturulan kondens miktarına uyacak şekilde vana açıklığını manuel olarak ayarlayarak buhar kapanı yerine normal bir vana ile düzenlenebileceğine inanılmaktadır. Teorik olarak, bu mümkündür. Ancak, bunu başarmak için gerekli koşullar o kadar sınırlıdır ki, pratikte gerçekçi bir çözüm değildir.

Manuel yöntemle ilgili en büyük sorun, oluşan kondens miktarındaki dalgalanmaların telafi edilememesidir. Belirli bir sistemde oluşturulan kondens miktarı sabit değildir.

- Başlangıçta oluşan yoğuşma miktarı normal çalışma sırasındakinden farklıdır.
- Buhar taşıma borularında, oluşan kondens miktarı dış sıcaklığa bağlı olarak değişebilir.

Cihazlarda oluşan kondens miktarındaki dalgalanmalara kapan yanıt veremezse, boşaltılması gereken kondens bunun yerine ekipmanın/borunun içinde toplanır ve bu da düşük ısı transfer verimliliği ve su çekicine yol açar.

Yoğuşma Tahliyesi

Buhar tuzağı, bu süreçte buharı yakalarken yoğuşmanın geçmesine izin vermemek zorundadır. İyi Isı Transferi işlem için kritikse, yoğuşma derhal ve buhar sıcaklığında boşaltılmalıdır. Bu noktada buhar sızıntısı verimsiz ve tutarsızdır.

Hava Tahliyesi

İlk çalıştırma da duman borulu buhar kazanı devresi ve su borulu kazan devresi, yani proses tesisinin başlangıcında, boru sistemi hava ile doludur, bu da yer değiştirmedeği sürece Isı Transferini azaltır ve ısınma süresini artırır. Başlangıçta, buhar boru sistemine sadece havanın tahliyesine kadar hızlı girer. Gelen buharla karışma şansına sahip olmadan önce havayı mümkün olduğunca çabuk temizlemek tercih edilir. Buharlı hava karıştırmanın dezavantajları şunlardır:

- Bir hava buharı karışımı, aktarılan ısıyı düşüren buhar sıcaklığının çok altında bir sıcaklığa sahiptir.
- Hava bir yalıtıcıdır ve borunun veya kabın yüzeyine yapışır ve yavaş ve düzensiz ısı transferine neden olur.
- Yoğuşma sıvısında çözülmüş, sistemi aşındıran asitten yoğuşamayan gazlar çıkar.

Enerji Verimliliği

Hava ve yoğuşmayı çıkarmanın temel gereksinimleri göz önüne alındığında, dikkat "enerji verimliliğine" çevrilebilir. Buhar tuzakları ihmal edilebilir buhar tüketimine sahip olmalıdır. Buhar tuzağı, buhar alanının temiz kuru buharla doldurulmasını sağlamalıdır. Buhar tuzağının türü bunu etkileyecektir.

Güvenilirlik

Deneyim, "iyi buhar üretmenin" güvenilirlikle, yani minimum dikkat ve optimum performansla eşanlı olduğunu göstermiştir. Güvenilmezlik nedenleri genellikle aşağıdakilerle ilişkilidir:

- Besi suyu kalitesi
- Korozyon kontrol
- Su çekici
- Kir veya tortu birikimi
- Tesisat Proses boru uyumluluğu (Galvanic Reaction)



Kare Kod 17 Steril Kondenstop

Flaş Buhar (Flash Steam)

Flaş buharı, yüksek basınç / yüksek sıcaklık ve yoğuşma, buhar tuzağının çıkması gibi büyük bir basınç düşüşüne maruz kaldığında ortaya çıkar. Yüksek sıcaklık / yüksek basınç kondens, daha düşük basınçta sıvı halde kalmasını önleyen fazla miktarda enerji içerir. Sonuç, fazla enerjinin kondens yüzeyinde tekrar kaynama ve buharlaşmaya neden olmasıdır.

Suyun doygunluk noktası basınca göre değiştiği için flaş buharı oluşur. Örnek, suyun doygunluk noktası atmosferik basınçta 100 °C 'dir, ancak 1.0 MPa G'de 184 °C'dir. Peki 184 °C'de basınç altında tutulan yoğuşma atmosfere salındığında ne olur? Kondens tamamen sıvı kalamayacak kadar fazla enerjiye (entalpi) sahiptir ve bir kısmı buharlaşır ve kalan yoğuşma sıcaklığının doygunluk sıcaklığına düşmesine neden olur (yani atmosfere boşaltılırsa 100°C).

Flaş buhar, buhar kapanının dışında buhar bulutları oluşturur. Bu buhar bulutları genellikle canlı bir buhar sızıntısı olarak yanlış yorumlanabilir ama aslında sadece sıcak kondensin basınç düşümü ile tekrar kaynaması ile flaş buhardan kaynaklanan, havada askıda kalan ince su damlacıkları ile flaş kondensden oluşur.

Buhar Kapanı Türleri

Buhar kapanının temel özelliği; buhar, yoğuşma ve havayı ayırt edebilmektir. Farklı buhar tuzakları, buhar, yoğuşma ve havayı ayırt etmek için farklı çalışma prensipleri ve mekanizmaları kullanmaktadır. Bu çalışma prensiplerine göre sınıflandırıldığında, her tasarımın belirli bir uygulama için bir buhar kapanı seçerken dikkate alınması gereken avantajları ve sınırlamaları vardır.

Buhar kapanları aşağıdaki gibi kategorize edilir

- Mekanik kapanlar
- Termostatik kapanlar
- Termodinamik kapanlar

Mekanik Kapanlar (Sıvı Yoğunluğundaki Değişikliklerle Çalıştırılır)

Mekanik buhar kapanları, buhar ve yoğuşma arasındaki yoğunluk farkını algılayarak çalışır. Bu buhar kapanları iki tip olarak kullanılır, prensip olarak benzer mantık ile farklı çalışma sergiler.

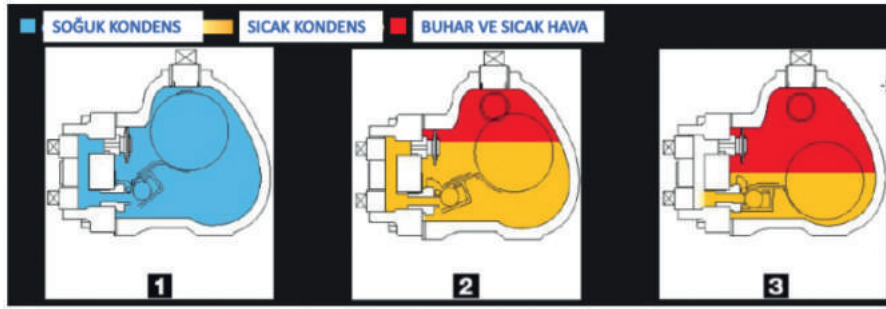
- Top şamandıra kapağı
- Ters kova kapağı

Top Şamandıra Kapağı (Ball Float Traps)

Başlangıç havası termostatik hava deliği (membran veya bimetal tip) ile hızlı bir şekilde boşaltılır. Soğuk yoğuşma buhar kapağı gövdesini doldurur. Belirli bir su seviyesine ulaşılır ulaşılmaz şamandıra yükselir ve vanayı açar. Soğuk kondens açık vana ve açık hava deliği ile boşaltılır.

Kondens doygunluk sıcaklığına ulaştığında, hava deliği kapanır ve yoğuşma sadece ana vana deliğinden boşaltılır. Yoğuşma, kapağı gövdesinin içinde her zaman canlı buhar kaybını önleyen bir su contası oluşturur.

Vananın açılış derecesi, kapağı gövdesinin içindeki su seviyesi ile düzenlenir. Yoğuşma sürekli olarak boşaltılır. Hava kapana girdiği ve kapağı gövdesinin üst kısmında biriktiği sürece sıcaklık biraz azalır ve doygunluk sıcaklığının biraz altında açılan hava deliği, havayı kapandan boşaltmaya başlar.



Şekil 183 Şamandıralı Buhar Kapağı Çalışma Prensibi (Steam Trap)



Kare Kod 18 Şamandıralı Buhar Kapağı

Şamandıralı Tip Buhar Kapağı Özellikleri

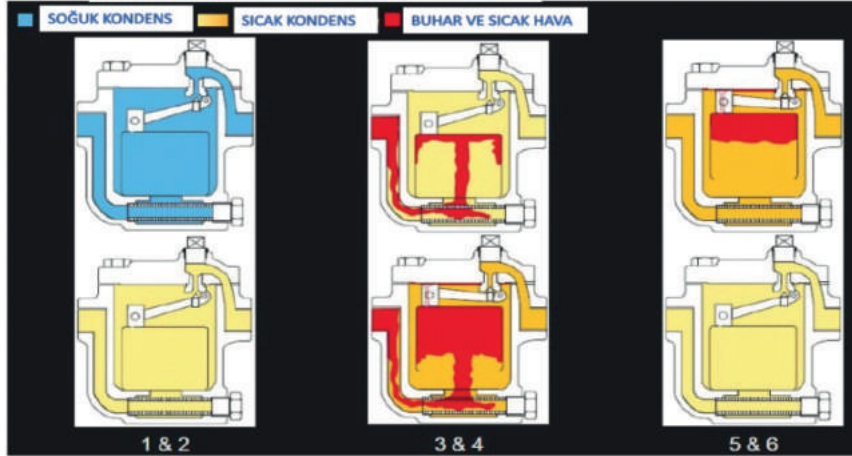
- Karşı basınçtan ve kondens sıcaklığından etkilenmemelidir,
- Taze buhar kaybı olmamalıdır,
- Aşırı kondens akışı ve basınç değişmelerinden etkilenmeden çalışmalıdır,
- Buhar tarafı kontrollü tipi, ısı eşanjörlerinde kullanılacak en uygun buhar kapağıdır,
- Kirden etkilenmez,
- Termostatik körük ya da kapsül ile otomatik hava atılır ("duplex" kontrol),
- Hattan sökmeden kolayca bakımı yapılabilmelidir,
- Basıncı hava hatlarından soğuk kondensi atabilmelidir ("simplex" kontrol),
- Küresel ile çok düşük sürtünme gücü ile çalışmalı, kontrol ünitesi kompakt olmalıdır,
- Buhar hatlarında gövde revizyonu ile yatay ve dikey hatlar için kullanılabilirdir.

Ters Kova Kapağı (Inverted Bucked Traps)

Başlangıçta kova aşağı ve vana açıktır. Düşük sıcaklıkta yoğuşma ve hava, daha sonra yüksek sıcaklık yoğuşma kapağına girer. Yoğuşma, kovayı ve kapağı gövdesini tamamen doldurur. Kova tamamen suya batar, kapağı dibinde uzanır, vana geniş açıktır ve yoğuşma boşalır.

Buhar, kovanın altındaki kapana girer. Kapana ne kadar çok buhar girerse, kovanın üstünde o kadar çok toplanır ve bu, kovanın yukarı doğru hareket etmesine neden olur (kovanın su içindeki yüzdürme gücü). Haznenin üst konumunda, vana oturmağını kapatacaktır.

Hava ve gazlar kovanın üstündeki küçük bir delikten geçer ve kapan üstünde toplanır. Delikten geçen buhar yoğunlaşmaya başlar. Kapana daha fazla yoğunlaşma girdiğinde, kova yüzdürme gücünü kaybedecek ve aşağı hareket edecektir. Bunun sonucunda vana açılır ve yoğunlaşma boşalır.



Şekil 184 Ters Kovalı Buhar Kapanı Çalışma Prensipleri

Termostatik Kapan (Sıvı sıcaklığındaki değişikliklerle çalıştırılır)

Termostatik buhar kapanı buhar ve yoğunlaşma arasındaki sıcaklık farkında çalışır. Aynı prensiple çalışan üç tip termostatik buhar kapanı vardır benzer teknikle ama farklı yapıdadır.

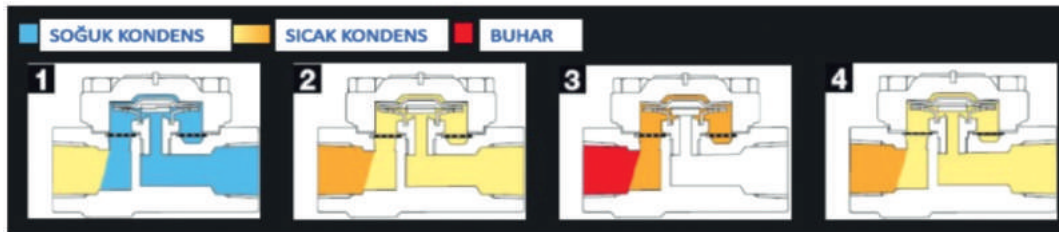
- Termostatik Kapsüllü Tip
- Dengeli Basınç Tipi
- Bimetalik Çift Düzenleyicili Tip

Termostatik Kapsüllü Tip (Thermostatic Capsuled Type)

Termostatik kapsüllü buhar kapanının çalışması, kapan içindeki termostatik eleman tarafından düzenlenir. Doymuş buharın sıcaklığı basıncın fonksiyonudur. Buhar, buharlaşma (ısı) entalpisini bırakarak buhar sıcaklığında yoğunlaşma üretir. Daha fazla ısı kaybının bir sonucu olarak, kondens sıcaklığı da düşecektir. Bu düşük sıcaklık algılandığında termostatik kapan yoğunlaşma durumuna geçecektir. Buhar kapana ulaştıkça sıcaklık artar ve kapan kapanır, akışı durdurur.

Soğuk kondens varlığında çalışmaya başladıktan sonra kapsül elemanı kasılır ve vana plakası oturaktan uzaklaşır. Geniş açık vana hızla yoğunlaşma ve hava boşalır. Kapan içindeki sıcaklık arttıkça, kapsül elemanı genişlemeye başlayacak ve vana plakasını koltuğa doğru hareket ettirecektir.

Kondens doygunluk sıcaklığına ulaşmadan hemen önce vana plakası oturmağını tamamen kapatacaktır. Buhar kapana giremez ve sıfır buhar kaybı sağlar. Kapan içindeki sıcaklık azaldıkça kapsül elemanı oturaktan uzaklaşır ve yoğunlaşmayı boşaltır. Normal çalışma sırasında 3 ve 4 adımları sürekli olarak tekrarlanacaktır.



Şekil 185 Termostatik Buhar Kapanı Çalışma Prensipleri



Kare Kod 18 Termostatik Buhar Kapanı

Termostatik Buhar Kapanı Özellikleri

- Buhar ve kondens arasında çok hassas çalışır.
- Karşı basınçtan etkilenmez.
- Otomatik hava atar (Buhar hatlarından hava atıcı olarak da kullanılabilir).
- Herhangi bir şekilde monte edilip çalışabilir (yatay ve dikey hatlar için).
- Çok düşük fark basınçlarda dahi yüksek kondens tahliyesi sağlar.
- Düşük kondens akışları için tandem oturaklı (çift oturaklı) modelleri vardır.
- Kompakt yapıda olup bütünleşik (entegre) çek vana ve pislik tutucuya sahiptir.
- İç parçalar paslanmaya dayanıklı paslanmaz çelik olmalıdır. (membran hastelloy⁴⁶).

Dengeli Basınç Tipi Buhar Kapanı (Balanced Pressure Type Steam Traps)

Dengeli basınçlı buhar kapanı, harekete geçmek için genellikle buhara yakın sıcaklıkta buharlaşan veya yoğunlaşan su ve mineral gazların bir karışımı olan bir doluma sahiptir. Körük dengeli basınç tipi buhar kapanları yüksek kapasite için, diyafram dengeli basınç ise düşük kapasite için uygundur.

- Körük Dengeli Basınçlı Buhar Kapanı
- Membran Dengeli Basınçlı Buhar Kapanı

Körük Dengeli Basınçlı Buhar Kapanı

Dengeli basınçlı buhar kapanı, altında iç vananın bir gövdesi görevi gören ince duvarlı bir metale sahiptir. Bu körükte, içinde sudan daha düşük kaynar sıcaklıkta bir sıvı bulunan bir vakum vardır. Bu sıvı çoğunlukla su ve alkol karışımıdır. Buhar bu kapana girdiğinde, aşağıdaki sıvıyı ısıtır ve hızla kaynamasına ve körük içinde iç basınç oluşturmasına neden olur. Bu sıvı sudan daha düşük kaynama sıcaklığına sahip olduğundan, dışarıda dolaşan buhardan daha yüksek buhar basıncı oluşturur. Bu yüksek basınç, aşağıdakileri genişletir ve vanayı kapatır. Buhar bu kapanın içinde yoğunlaştığında, kapan içindeki yoğunlaşmanın, aşağıdaki sıvının kaynama sıcaklığından daha düşük dereceye soğuması gerekir, böylece körük içindeki buhar basıncı azalır ve körüklerin büzülüp kapan vanasını açmasına neden olabilir. Bu, kapanın yoğunlaşma tahliyesini sağlar.



Şekil 186 Körük Dengeli Basınçlı Buhar Kapanı

Dengeli Basınç Kapanının Avantajları:

- Vana tamamen açık olduğu için dengeli basınçlı buhar kapanı başlangıçta yüksek hava tahliye kapasitesine sahiptir.
- Dengeli basınçlı buhar kapanı körük içindeki sıvı ile körükleri çevreleyen buhar arasındaki diferansiyel basınca bağlı olduğundan, kendi kendini ayarlar. Böylece kapan, herhangi bir harici ayarlama yapmadan değişen buhar basıncı (çalışma basıncı aralığında) koşullarında tatmin edici bir şekilde çalışabilir.
- Dengeli basınçlı buhar kapanı, serbest olarak drenajı boşaltıldığından, sıfırın altındaki ortam koşullarında donma koruması gerektirmez. Soğuk ve açık konumda olduğunda kapan içerisinde sıvı yoktur.
- Bu tuzak, çok basit ve kompakt tasarıma ve büyük bir kapasiteye sahiptir.

Dengeli Basınç Kapanının Dezavantajları:

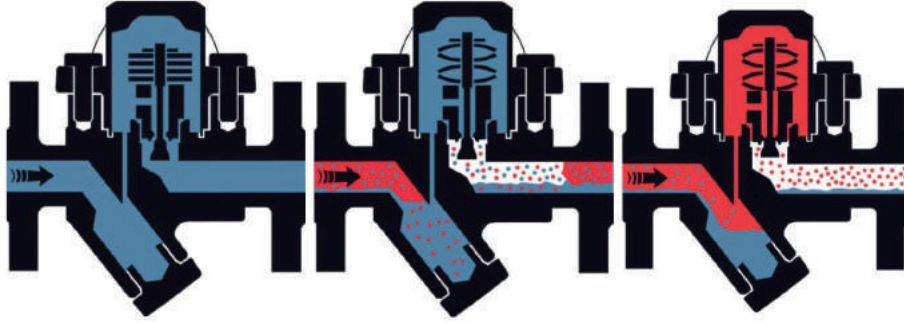
- Dengeli basınçlı buhar kapanı genellikle süper ısıtmalı buhar için uygun değildir.
- Bu Kapan, içerideki körük nedeniyle su çekicine karşı sınırlı direne sahiptir.
- Yoğuşma sırasında bir miktar fazla soğuması önlenemez.
- Dengeli basınçlı buhar kapanı, aşındırıcı kondens kullanırken korozyon etkilerine karşı hassastır.

Bi-metal Çift Düzenleyicili Tip (Bimetallic Duo Regulated Type)

Bi-Metal buhar kapanı elemanları birbirine bağlanmış iki farklı metal şeritten oluşur, böylece sıcaklık değişimi vanayı harekete geçirmek için bir yönde veya tam tersi yönde sapmaya neden olur.

⁴⁶ Hastelloy

Bi-metalik buhar kapanları hem yüksek hem de düşük kapasite için kullanılır. Sistem başlatıldığında buhar kapanı tamamen açıktır. Soğuk kondens ve hava deşarj edilir. Kondensin sıcaklığı yükseldikçe, bimetal plakalar kapanma yönünde hareket eder ve nozulu çeker. Doyma sıcaklığının hemen altında, bimetal plakalar, menfezin neredeyse kapanacağı bir düzeye kadar yukarı hareket eder.



Şekil 187 Termostatik Bi-metalik Tip Buhar Kapanı Çalışma Prensibi



Kare Kod 19 Bimetalik Buhar kapanı

Bimetalik Termostatik Buhar Kapanı Özellikleri

- Kızgın buhar uygulamalarında kullanılması idealdir.
- Sağlam regülatör ile en zor şartlarda çalışabilir (su koçundan ve donmadan etkilenmez).
- Otomatik hava atar (buhar hatlarında ayrıca hava atıcı olarak kullanılabilir).
- Yatay ve dikey hatlara monte edilerek çalıştırılabilir.
- Kademe nozül bölümü çek vana görevi görür.
- İç parçaları paslanmaya dayanıklı paslanmaz çelikten imaldir.
- Gövdeyi sökmeden hat üzerinde bakım yapılabilir.
- Gövde ile regülatör sızdırmazlığı üst düzeydedir.
- Fark basınç 250 bar'a kadar çeşitleri mevcuttur.

Termodinamik Kapan (Akışkan Dinamiğindeki Değişikliğiyle Çalıştırılır)

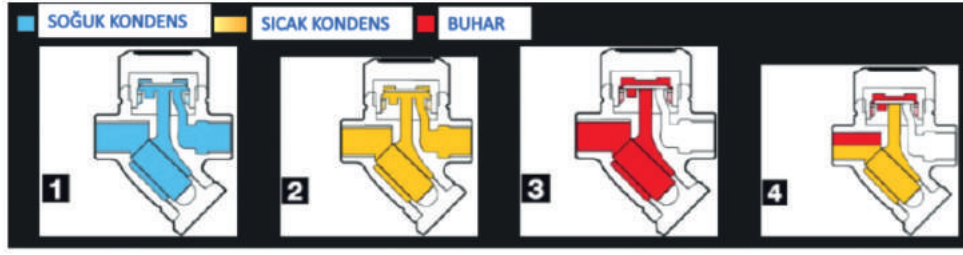
Termodinamik buhar kapanı, hız ve buhar kapanı içindeki yoğunlaşma ve buhar tarafından uygulanan basınç arasındaki ilişkiye bağlı olarak Bernoulli prensibine dayanarak çalışır. Tek bir hareketli parçası vardır: Disk.

Kapan giriş basıncının %80'ine kadar karşı basınca kadar çalışabilir, ancak sorunsuz çalışma için karşı basıncının giriş basıncının %50'sini geçmemesi önerilir. Termodinamik buhar kapanı, kondensi aralıklı olarak boşaltır.

Başlangıç anında gelen soğuk kondens ve hava basıncı diski yükseltir, böylece su ve hava hızlı bir şekilde boşaltılır. Sıcak yoğunlaşma kapana aktığında, kapan hala açıktır ve sıcak yoğunlaşma hızlı bir şekilde boşalır.

Sıcak yoğunlaşma kapan aktıktan sonra, buhar da içine girer. Sıvının hızı arttıkça, buharın uyguladığı oturma altındaki basınç azalır. Aynı zamanda diskin üzerindeki basınç odasındaki basınç artar. Diske baskı olur ve kapanır.

Sıcak yoğunlaşma kapana akarken, basınç odasının içindeki buhar yoğunlaşmadığı sürece tuzak belirli bir süre kapalı kalır. Kapan içine ne kadar çok yoğunlaşma akarsa, sıcaklık o kadar soğur. Basınç haznesinin içindeki buhar da soğur ve yoğunlaşır. Sonuç olarak, gelen kondens basıncı diski yükseltir ve yoğunlaşma boşaltılır. 2, 3 ve 4 döngüleri tekrar eder.



Şekil 188 Termodinamik Buhar Kapanı Çalışma Prensibi



Kare Kod 20 Termodinamik Kondestop

Bu ailedeki ana buhar kapanı türleri şunlardır: Disk, Impuls, Labirent, Delik (veya Venturi Nozul).

Venturi Nozul Buhar Kapanı (Venturi Nozzle Steam Trap)

Klasik buhar kapanı alternatif şekli venturi delik buhar kapanıdır. Bunlar, hareketli parçaları olmadığı için güvenlidir ve yağışmayı boşaltan bir venturi ve bir delikten (orifice) oluşur. Venturiden akış sırasında basınç düştükçe üretilen flaş buharı, delikten kaçan yağışma miktarını azaltmak için hareket eder. Bu, iki fazlı akışın en temel fizik prensibi üzerinde çalışır. Bu, yağışmanın buhar boru sisteminden etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Buhar ve yağışma, venturi nozulünden geçtiğinde, buharı hapseder. Yoğunlaşma sıvısının daha yoğun formu, buharın kaçmasını önleyen venturi nozulunu kısıtlar. Proseste oluşan herhangi bir aşındırıcı akım ortadan kalkar ve istenmeyen bulaşıklıklar, yağışma ile deşarj edilir.

Venturi delik kapanının kapasitesi, deliğin büyüklüğü ve ayrıca venturi içinde üretilen geri basınçla ilgilidir. Venturi kapanının kapasitesi, bu iki faktörün bir bileşimidir. Kondens, delikten geçerken basınç kaybı olur. Deliğin akış girişi tarafında (ısı eşanjörü veya buhar hattı tarafı) kondens buharla aynı basınca ve sıcaklığa sahiptir ve bu nedenle çok fazla enerji içerir.

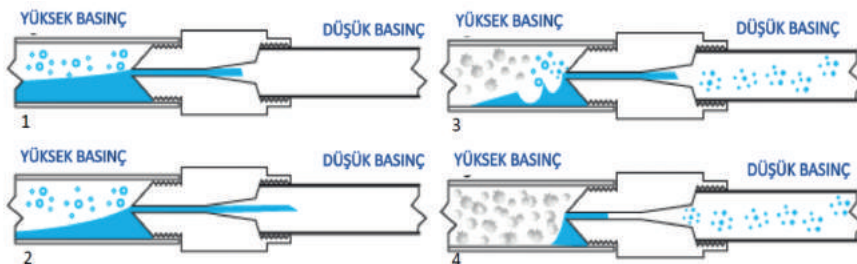
Delik boyunca basınç düştükçe, kondens sıcaklığı ve basıncı da düşer ve daha az enerji içermesine neden olur. Ancak, enerji kaybolamaz. Böylece yüksek basınç/sıcaklık giriş akışı ile düşük basınç/sıcaklık çıkış akışı tarafı (yani kondens dönüş sistemi) arasındaki enerji farkı buhara dönüştürülür.

Buhar kapanları için basınç farkı ne kadar yüksekse (ve tüm kapanlar için aynıdır) daha fazla yağışma, 'flaş' buharına dönüştürülmek zorundadır.

Venturi delik teknolojisi, venturi içinde geri basınç oluşturmak için bu flaş buharını kullanır. Yoğuşma, giriş akışı basıncı tarafından buhar kapanının deliğinden geçerken zorlanır, ortaya çıkan basınç düşüşü flaş buharı üretir.

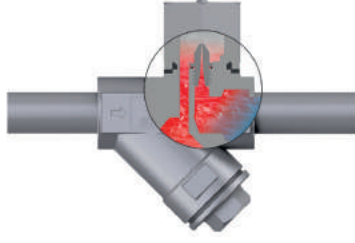
Bu flaş buharı kondens hacminin 1000 katıdır, bu nedenle ani genişleme, yağışmanın kapanın venturi kısmında hızlanmasına neden olur.

Bu ani ivme, venturi içinde zıt ve eşit bir kuvvet veya geri basınç oluşturur, bu da delik boyunca yağışma akışını kısıtlamak için hareket eder. Flaş buharı miktarı, çalışma koşullarına bağlı olarak değiştiğinden, ortaya çıkan geri basınç da değişir. Bu daha sonra, değişken kapasite özellikleri veren tuzak aracılığıyla kendi kendini düzenleyen bir yağışma akışı haline gelir.



Şekil 189 Venturi Başlangıç-Isınma Durumu

Şekil 190 Venturi Çalışma-Flaş Geri Basınç Durumu



Şekil 191 Venturi Orifis Buhar Kapanı

Avantajları ve Faydaları

- Hareketli parça yoktur.
- İçi komple paslanmaz çelik olduğundan, iç korozyon riski yoktur.
- Yedek parça gerektirmez.
- Buhar kapanı kontrollerine olan gereksinimi kalıcı olarak ortadan kaldırır.
- Buhar kapanı onarmak işçiliğinden tasarruf edilir.
- Buhar kaçağı minimumdur.
- Değişen ve sabit yüklerde kesintisiz çalışma sağlar.
- Su çekici sorunlarını kolayca işler ve çözer.
- Bakım gerektirmez.
- Start-up'ta otomatik hava tahliye eder.
- "Sürekli deşarj" prensibi ile çalışır.
- Dikey veya yatay kurulumda mükemmel çalışma özelliği vardır.

Geliştirilmiş Verimlilikler

- Bu kapanların venturi delik tasarımı, bilyalı şamandıra veya ters kova kapanları gibi geleneksel mekanik tip buhar kapanlarına benzer şekilde aralıklı deşarj yerine herhangi bir açık/yakın döngü olmadan gerçek sürekli yoğunlaşma deşarjı vardır.
- Giriş akış kontrol vanaları, geleneksel sürekli tepe ve oluk beslemesi yerine proses ekipmanına daha doğrusal bir buhar kaynağına sahiptir.
- Proses ekipmanının ısıtma yüzeyinde daha ince bir yoğunlaşma filmi birikir ve daha iyi ısı transferi sağlar.
- Kondens geri dönüş sistemine canlı buhar geçiren ve bu sisteme basınç sağlayan arızalı buhar kapanlarını kalıcı olarak ortadan kaldırarak, daha hızlı yoğunlaşma deşarjı ve daha iyi ısı transferi sağlayan daha dengeli bir çıkış akış basıncı elde edilir.

Buhar kapanlarının kompakt tasarımı sayesinde minimum termal enerji kaybı oluşur.

Buhar Kapanı Seçim Kuralları

Buhar kapanlarından maksimum faydayı elde etmek için, doğru çap ve basınç buhar kapanlarının seçimi çok önemlidir. Buhar kapanı seçimi için aşağıda belirtilen, genellikle tercihe ve alışkanlıklara uygun olacak şekilde hareket etmek gerekir:

- Düşük basınçlı buhar kondens servisindeki buhar kapanları ters kovalı tip, mekanik kapan veya bi-metalik termostatik tipler olmalıdır.
- Orta basınçlı buhar kondens servisindeki buhar kapanları tercihen ters kova tarzı mekanik tuzaklar olacaktır; alternatif olarak, disk tipi termodinamik tuzaklar kullanılabilir, ama unutulmaması gereken en önemli nokta Bernoulli prensibi nedeni ile içerisinden buhar kaçağı olmadan çalışmamasıdır.
- Yüksek basınçlı buhar kondens servisindeki buhar kapanı tercihen ters kova tarzı mekanik tip olacaktır.
- Buhar türbini giriş servis hizmeti için sağlanan buhar kapanları termodinamik piston tipi olacaktır.

Yaygın olarak kabul edilen bir uygulama, 2 bar G'ye kadar düşük basınçlı buhar sistemleri için şamandıra ve termostatik (F&T) buhar kapanları ve 2 bar G üzerindeki buhar basınçları için termodinamik buhar kapanları kullanmaktır. Ayrıca, aşağıdaki (Tablo 42 Çeşitli buhar kapanları için çalışma gereksinimlerinin karşılaştırılması) (Steam Trap) Kapan Seçimi ve karşılaştırma için kılavuz olarak kullanılabilir:

Tablo 43 Buhar Kapanları Performans Kapasite Özellikleri

Buhar Kapanı Belirleyici Özellikleri	Bi-Metalik	Ters Kovalı	Şamandıralı Termostatik	Termostatik Flanş Arası Sıkıştırılmalı	Termodinamik Disk	Diferansiyel Kondens denetleyici	Orifis
Çalışma Yöntemi	DÜZENSİZ	DÜZENSİZ	DEVAMLIL	DÜZENSİZ	DÜZENSİZ	DEVAMLIL	DEVAMLIL
Enerjinin Korunması	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	İYİ	ADİL	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Aşınmaya Karşı Direnç	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	İYİ	ADİL	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Korozyona Karşı Direnç	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	İYİ	İYİ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	İYİ
Hidrolik Şoka Karşı Direnç	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	KÖTÜ	KÖTÜ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	İYİ
Buhar sıcaklığında yoğunlaşmayan gaz Tahliye	HAYIR	EVET	HAYIR	HAYIR	HAYIR	EVET	KÖTÜ
Düşük basınçta hava tahliye	UYGUNSUZ	KÖTÜ	ÇOK İYİ	İYİ	UYGUNSUZ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Başlangıç hava Tahliye	ÇOK İYİ	ADİL	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Karşı basıncı	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Donma hasarına karşı direnç	İYİ	İYİ	KÖTÜ	İYİ	İYİ	İYİ	ÇOK İYİ
Temizleme Yeteneği	İYİ	ÇOK İYİ	ADİL	İYİ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Hafif yük performansı	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	ÇOK İYİ	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Yavaşlama karşı Reaksiyon	GECİKMELİ	DÜZENSİZ	HAZIR	GECİKMELİ	GECİKMELİ	HAZIR	KÖTÜ
Kir işleme yeteneği	ADİL	ÇOK İYİ	KÖTÜ	ADİL	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Kapanı fiziksel boyutu	KÜÇÜK	BÜYÜK	BÜYÜK	KÜÇÜK	KÜÇÜK	BÜYÜK	KÜÇÜK
Flaş buhar işleme yeteneği	KÖTÜ	ADİL	KÖTÜ	KÖTÜ	KÖTÜ	ÇOK İYİ	KÖTÜ
Mekanik Arıza (Kapat / Aç)	AÇIK	AÇIK	KAPALI	AÇ/KAPA	AÇIK	AÇIK	-

1.12.3.1 Buhar Kapanı Boyutlandırma

Mevcut bir borunun çapına göre buhar kapanı çapı seçilmemelidir. Buhar kapanı boyutlandırması, buhar kapanına yoğunlaşma sağlayan ekipmanın çıkış tarafındaki boruların çapıyla aynı çapta olmalıdır.

Genellikle, buhar kapan çapının ekipman çıkış borularından daha az olmaması önerilir. Çünkü bu su birikintilerine yol açabilir ve buhar kapanına zarar verebilir. Kondens yüküne göre, boruların ekipman tarafının deşarjının önerilen çap aşağıdaki tabloda gibidir:

Tablo 44 Maksimum Kondens Yükü Ekipman Çıkış Boru Boyutu Tablosu

Maksimum Kondens Yükü	Ekipman Çıkış Boru Boyutu
200 kg/s'den az [440 lb/h]	15 mm [1/2 in.]
200- 500 kg/h [440- 1100 lb/h]	20 mm [3/4 in.]
0,5- 1 MT/h	25 mm [1 in.]
1- 2 MT/h	32 mm [1 ¼ in.]
2- 3 MT/h	40 mm [1 ½ in.]
3- 5 MT/h	50 mm [2 in.]
5 MT/saat üzerinde	65 - 100 mm [2 ½ - 4 inç]
Not: MT Metrik ton anlamında kullanılır	

Buhar Kapanı Performans Özellikleri

Buhar kapanı performans özelliği, bir veya daha fazla performans özelliğine atıfta bulunarak tanımlanabilir. ASTM F1139'a göre (buhar kapanı için standart spesifikasyon) her özelliğin kısa bir açıklaması aşağıdaki gibidir:

- **Minimum Çalışma basıncı:** Diskin gerçek açılıp kapanmasının gerçekleşeceği minimum atmosferik basınç için buhar kapanı test edilmelidir.
- **Maksimum Çalışma basıncı:** Minimum çalışma basıncı gibi, maksimum çalışma basıncında uygun açılış ve kapanış için de buhar kapanı test edilmelidir.

- **Maksimum çalışma geri basıncı:** Cihazın doğru çalışmasını sağlayan kapanın çıkışında izin verilen maksimum basıncı belirlemek için buhar kapanı test edilmelidir.
- **Havalandırma özelliği:** Buhar kapanının onaylanmasından önce, hava ve diğer yoğunlaşmayan gazları boşaltma yeteneği test edilmelidir.
- **Çalışma sıcaklığı:** Cihaz, cihazın çalıştığı sıcaklığı ve belirli kapasitesini hangi sıcaklıkta geçtiğini belirlemek için test edilmelidir.
- **Yoğuşma kapasitesi:** Buhar kapanının akış testi, çalışma basıncı aralığı boyunca yoğuşma kapasitesini belirlemek için test edilmelidir.
- **Canlı buhar kaybı:** Tuzak yoluyla canlı buhar kaybı miktarını belirlemek için buhar kapanı test edilmelidir.

Buhar Kapanı Arıza Sebepleri

Aşağıdaki gibi çeşitli nedenlerden dolayı buhar tuzaklarının arızalı olma olasılığı her zaman vardır:

- Proses sıvısında kirlenme,
- Basıncıta ani değişim ve yanlış boru bağlantıları,
- Islak şartlandırılmış buhar nedeniyle korozyon,
- Buhar kapan diskinin aniden açılıp kapanması nedeniyle su çekiçleme,
- Yoğuşmanın yanlış drenajı nedeniyle kapan gövdesinde su birikintisi,
- Yanlış buhar kapanı seçimi- büyük çaplı seçim.

Buhar Kapanı Arızalı durum tespiti

Herhangi bir bakım eksikliği ve buhar kapanının yanlış çalışması, bir buhar kapanının arızalanmasına neden olabilir. Bu arıza, boru sisteminde olağandışı basınç üretiminin nedeni de olabilir. Bu nedenle, buhar kapanının arızalı olup olmadığını belirlemek çok önemlidir.

Buhar kapanı tipik arızalı davranış belirtileri şunlardır:

- Kazan dairesindeki sıcaklıkta anormal bir artış.
- Kazan çalışma basıncı sık sık değişecek ve bakım için bir zorluk haline gelecektir.
- Kondens pompasının su sızdırmazlığı zamanından önce arızalanır.
- Klimalı alanın aşırı ısınması veya ısınma eksikliği.
- Buhar ve yoğuşma hattında su çekiçlemesi.
- Buhar sızıntısı ve yoğuşma hatlarında iletilmesi.
- Buhar kapanının giriş ve çıkış hatları aynı sıcaklığa ulaşacaktır.

Buhar Kapanı Bakımı

Buhar kapanının durumu ve bakımı için periyodik bakım, süreçte istenmeyen şeylerden kaçınmak için her zaman gereklidir. Bunun bakımı aşağıdaki üç aşamayı içerir:

- Rutin Bakım,
- İç parçaların değiştirilmesi,
- Buhar tuzaklarının değiştirilmesi.

Bakımın her aşamasıyla ilgili ayrıntılar sonraki bölümlerde açıklanmıştır.

Buhar Kapanı Rutin Bakımı

Rutin bakım, çalışan buhar kapanı türüne ve operasyonel uygulamasına bağlıdır. Örnek, dengeli bir basınçlı buhar kapanı, çok kolay şekilde değiştirilebilir gibi tasarlanmış bir elemana sahiptir.

Buhar kapan içlerini her 3 yılda bir veya gereksinime göre düzenli olarak değiştirmek zaman ve malzeme kaybı gibi görünebilir, ancak bu işlem, sistemin sorunsuz çalışmasına yardımcı olur ve daha önemli arızaların önüne geçerek daha büyük zaman ve maddi kayıpları önler. Bu tür bakım uygulamaları, arızalı buhar kapanını minimum ısı kaybı değerini izlemek ile kapan denetimini problemleri azaltır.

Rutin bakım, önceden monte edilmiş iç parçaların temizlenmesini ve yeniden kullanılmasını da içerir. Bu tür bir bakım, iç parçaları kontrol ederek ve hasar gördüğü ve uygun maliyetli bulunduğu şüphelenilirse değiştirmek için düzenli olarak yapılmalıdır.

İç Parçaların Değiştirilmesi

Eski iç parçanın yenisiyle değiştirilmesi, buhar kapanının bozulmadan çalışmasını sağlar. Bir buhar kapalı gövdesi, normalde çok daha uzun bir ömre sahiptir, ancak iç parçaları sistem çalima durumuna ve zamana bağlı olarak hasar görür veya yıpranır.

Böylece eski iç parçaların yenileriyle değiştirilmesi güvenilirlik kazandırır ve yenilenmiş bir buhar kapalı oluşturur. Termostatik buhar kapanının iç parçaları genellikle sadece vidaları çıkarılarak kolayca değişebilir. Kurulumu, uygun bakım talimatına uyulduğunu varsayarsak basit ve güvenilirdir.

Buhar Kapanı Değiştirilmesi

Bazen, iç parçanın temizlenmesi ve değiştirilmesi çok verimli çalışma sağlamaz ve bu buhar kapanını onarmak yerine değiştirmek daha uygun maliyetli hale gelir. Bu durumlarda, proses koşullarına göre buhar kapanlarının flanşlı tip olması, ömür ve değişim sürecinde avantaj yaratır.

Flanşlı tip buhar kapanları daha pahalıdır, ancak bazı durumlarda kapanın değiştirilmesi, onarımdan daha akıllıca bir seçim haline gelir. Uygun rakor, kapanın kolayca çıkarılmasını ve değiştirilmesini de sağlar. Sorun, rakor malzemesinin boru ve buhar kapalı ile uyumlu malzeme temin edilmesindedir.

1.13 MEKANİK GAZ/SIVI/ KATI AYIRMA ARMATÜRLERİ (SEPERATORS)

Herhangi bir tesis veya tesisat tasarlanırken olmazsa olmaz en önemli elemanlardan biri, ayırma ekipman ve armatürleridir. Tasnif etmek istersek HVAC sistemleri, egzoz sistemleri, buhar sistemleri, atık su sistemleri, kanalizasyon sistemleri, petrokimya sistemleri tipik olarak farklı sektörlerde olsalar da benzer fizik kurallarını kullanarak gaz, buhar, sıvı ve katı ayırıcı armatürler kullanılmaktadır.

Heterojen (ayrışık) karışımlar, farklı bileşime sahip iki veya daha fazla maddeden oluşur. Bu karışımları oluşturan maddeler, farklı kimyasal tepki verebilir ve farklı aşamalar sırasında açıkça görünen ayırım sınırlarına sahip bileşenlerden oluşabilir. Bu karışımın bileşenleri, bir veya daha fazla uygun teknik kullanılarak ayrılabilir. Bu ayırma prosesleri Gaz-Sıvı (buhar-sıvı) ayırma, Gaz-Katı ayırma (buhar-katı), Sıvı-Sıvı ayırma (immiscible), Sıvı-Katı ve Katı-Katı ayırma vb., şeklinde olabilir. Bu ayırım, maddeler arasındaki yoğunluk farklılıklarından yararlanılarak yapılabilir. Yer çekimi veya santrifüj kuvveti de ayırmayı kolaylaştırmak için kullanılabilir. Ayırma birimleri, yatay veya dikey olabilir. Aşağıda, değişik sistemlerde kullanılan ayırıcıları görebilirsiniz:

HVAC Sistemleri

- Hidrolik boru devreleri için en bilinen ekipmanlar hava atıcıları veya ayırıcılarıdır.
- Hidrolik boru devreleri için katı ayırıcılar kullanılır ve biz onları genel ismi ile pislik tutucu veya filtre olarak adlandırıyoruz.
- Buhar ısıtma sistemlerinde hava ayırıcı ve kondens ayırıcı, kazan yüzey ve dip temizliği içinde katı çamur ve kirlilik ayırıcı cihazlar kullanılır.

Kanalizasyon Atık Su Sistemleri

- Yağ ayırıcıları.
- Saç ayırıcılar.
- Çamur ayırıcıları.

Sıhhi Tesisat Sistemleri

- Katı madde mineral (RO) ayırıcıları.
- Hava ayırıcıları.
- Kireç sertlik ayırıcıları.

Basınçlı Hava

- Havadaki katı madde ve yağ parçacıkları ayırıcısı.
- Yoğuşma suyu ayırıcılar.

Petrokimya Sistemleri

- Boru devrelerinde sıvı-sıvı akışkan, sıvı-gaz akışkan, sıvı-katı akışkan ve gaz-sıvı buharı akışkan ayırıcıları gibi iki fazlı akışkan ayırıcıları.

- Drenaj sistemleri yakıt ayırıcıları.
- Yakıt/ kimyasal buhar tutucuları.
- Üç fazlı akışkan ayırıcıları.

Endüstriyel Havalandırma

- Egzoz-katı ayırıcıları.
- Egzoz -gaz ayırıcıları.
- Egzoz-sıvı ayırıcıları.

Derleyen Notu: Tüm yukarıda listelenen ayırıcı elemanlarının tamamını burada anlatmamakla birlikte 4.KISIM altında tesisat içerisinde genel - özel vana ve armatürleri, KAREKOD'lar ile gerçek ürün teknik bilgileri ile anlatılacaktır. Burada tipik temel prensip ve özellikleri içeren bilgiler verilmektedir.

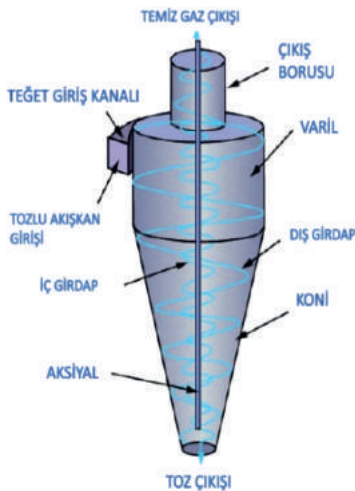
Tablo 45 Kimyasal Prosesler Prensip Yöntemleri Sınıflandırması

1.Siklon ayırıcı,	2. Gaz-Sıvı ayırıcı,	3. Sıvı-Sıvı ayırıcı
4.Yerçekimi ayırıcı,	5. Santrifüj ayırıcı,	6. Yüksek hızlı borulu santrifüj
7. Yıkayıcılar	8. Elektrostatik çökeltici,	9. Hidro siklon

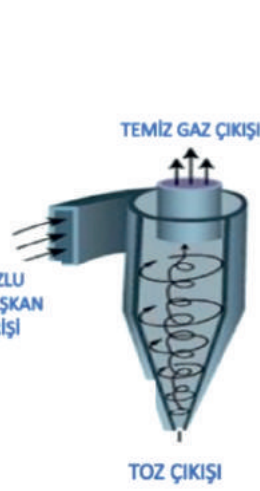
1.13.1 SIKLON AYIRICILAR

Siklon ayırıcılar, katı partikül maddeyi düşük maliyetle ve düşük bakımla havadan veya diğer gaz akışlarından uzaklaştırmak için kullanılan cihazlardır. Siklonların tasarımı basit yerçekimi çökeltme sistemlerinden biraz daha karmaşıktır ve kaldırma verimlilikleri çökeltme odasından çok daha iyidir. Siklonlar temelde santrifüj ayırıcılardır. Namlu olarak adlandırılan üst silindirik bir parçadan ve koni olarak adlandırılan alt konik bir kısımdan oluşur (Şekil 60). Sadece siklon gövdesinde üretilen bir girdap vasıtasıyla gaz parçacık akışlarının atalet kuvvetini santrifüj kuvvetine dönüştürür. Parçacık yüklü hava akımı, gövdenin tepesine teğet olarak girer ve dış girdap oluşturan koninin içine, aşağı doğru ilerler. Dış girdapta artan hava hızı, parçacıkların hava akımından ayrılması için santrifüj kuvvetinden faydalanır. Hava koninin dibine ulaştığında, partiküller siklonun dibine bağlı toz toplama odasına düşerken, temiz hava/gaz, radyal olarak içeriden yükselerek boru ile üstten dışarı akmaya başlar.

Siklon toplayıcılar birçok uygulama için tasarlanabilir ve genellikle yüksek verimli, geleneksel (orta verimli) veya düşük verimli olarak kategorize edilir. Yüksek verimli siklonlar üç siklon tipinin en yüksek basınç düşüşlerine sahip olabilirken, büyük hacimli gazın düşük basınç düşüşü ile çalışması için tasarlanmıştır. Bu üç siklon türünün her biri aynı temel tasarıma sahiptir. Standart siklon boyutları değiştirilerek farklı toplama verimliliği ve çalışma seviyeleri elde edilir.



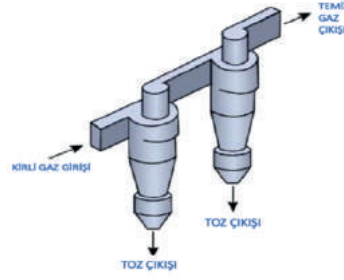
Şekil 192 Tipik Siklon



Şekil 193 Orta Verimli Siklon



Şekil 194 Yüksek Verimli Siklon



Şekil 195 Çoklu Siklon Kullanımı

1.13.2 GAZ/SIVI AYIRICILAR

Gaz/Sıvı ayırıcılar, gazlı proseslerde akışkan içerisindeki partikülleri ve damlacıkları çıkarmak için tasarlanmış basınçlı kaplardır. Çalışma prensibi olarak, hava, buhar veya yoğunlaştırılmış buhar veya yabancı madde parçacıkları taşıyan diğer gazları, akışı aniden yönlendirilecek şekilde şaşırtmalı düz bir akışa yönlendirir. Hareketli buhar / hava / gaz yoğunlaşmış halden çok daha hafif olduğundan, kolayca bölmeler etrafında akacaktır, ancak nem ve yabancı maddenin daha ağır parçacıkları, yol boyunca bölmelere çarparak çöker ve gaz akışının yolundan ayrılarak ortak toplanma alanına düşer. İyi tasarlanmış bir ayırıcı, 10 mikrondan büyük parçacıkların ve damlacıkların %99'luk ayırma verimliliğini sağlamaya uygun şekilde, orantılı olmalıdır. Yani şaşırtmalı bölümlerden geçerken, nemi, yağı veya katı maddeyi buhar/hava/ gaz akışına yeniden karışmayacağı şekilde toplamak ve taşımak için yeterli çap ve alanda olmalıdır.

Yerçekimi işin çoğunu yapar. Gaz hızı ile ayrılan nemi, tank yüzeylerine çarptırıp yapıştırarak, yavaşça drenaja indirir.

Ayırıcının gövdesi ile drenaj arasındaki çarpma plakası, girdap muhafaza plakası (vortex plate) olarak adlandırılır ve yüzeyde tutulan sıvının yeniden sürüklenerek akışkana katılmasını önler.

Ayırıcının fiziksel boyutu, önemli sürtünmeye veya geriye doğru baskıya neden olmadan gazın ani yön değişimini karşılamanın yanı sıra uygun çarpma bölmesi boyutunu da içermelidir. Bu nedenle, düzgün tasarlanmış gaz/sıvı ayırıcının, gazın akışına dik açılarla dönüşleri çok önemlidir.

Gaz/Sıvı Ayırıcıları ile ilgili fizik kuralları

- **Santrifüj (Merkezkaç) Kuvveti:** Düzgün büyüklükteki basınçlı kabın iç geometrisi, damlacıkların ve parçacıkların 10 mikrondan büyüklerini kabın iç yüzeyine itererek ortak bir drenajda birleştirmek için, yeterli merkezkaç kuvvetinden faydalanır.
- **Hız Düşümü:** Basınçlı kabın kesit alanı, besleme borusunun hızının azalmasına ve böylece 10 mikron üzerindeki malzemenin kütesinin iç yüzeylere yapışmasını ve birleşerek ortak bir drenaja doğru akmasını sağlar.
- **Dolambaçlı Yol:** Akış yolu giriş ve çıkış nozulları arasındaki karmaşık geometri, damlacıkların ve parçacıkların 10 mikron üzerinde yeterince karmaşık iç yüzeylerde birleşerek ortak bir drenaja boşaltılmasını sağlar.

Gaz/sıvı ayırıcıları verimli sonsuz çalışma döngüsüne sahiptir, yani akış büyük ölçüde azaldığında bile verimliliklerini korurlar. Bu, akış hızlarının başlatma veya kapatma kısmının daha düşük akış hızlarıyla yapıldığı durumlarda (ramp-up/ramp-down) yapılarak sağlanabilir. Santrifüj kuvveti daha düşük bir akış hızı nedeniyle azalsa da verimliliğin korunmasının nedeni, ortaya çıkan hız azalmasının, azaltılmış santrifüj kuvveti ile, buna göre telafi edilmesidir.

Gaz sıvı besleme karışımı separatörün girişinde basınç altında olabilir. İdeal durumda gaz sıvı ayırıcı, maksimum sıvı geri kazanımı vermeli ve ayırıcıdan gelen deşarj, atmosferik basınca ve besleme akışının düşük basıncına sahip olmalıdır. Bu tek bir aşamada gerçekleştirilmeyebilir ve daha fazla kademe sayısı gerekebilir. Genellikle ekonomik açıdan, kademe sayısı 3- 4 olabilir. Gaz ve sıvı karışımı, olabildiğince, herhangi bir takviye gücü uygulaması olmadan akmalıdır. Tasarlarken, gaz ve sıvı fazın birbirleriyle termodinamik dengede olduğu varsayılır.



Şekil 196 Basit Santrifüj Ayırıcı

1.13.2.1 Kondens Ayırıcıları (Drain Trap/ Drainage of Condensate)

Kondens, şamandıra tarzı bir tahliye vana kullanılarak herhangi bir proses gazı kaybı olmadan ayırıcıdan boşaltılabilir. Bu mekanik drenaj yönteminin montajı kolaydır ve son derece güvenilirdir.

Kapan içindeki yoğuşma seviyesi yeterince alçaldığında, şamandıra vanayı oturağa doğru indirir ve yeniden sızdırmazlık sağlar.

Şamandıra tahliye vanaları, katı partikül de ayırıyorsa zaman içerisinde olabilecek patlama için tahliye bağlantı noktasına da sahip olmalıdır. Alternatif olarak, giriş tarafına konulacak ucuz bir Y süzgeç ile korunabilir.

Şamandıra tahliye vanaları her zaman sıvı kondens içerdiğinden, donma endişesi olan yerler için özel ısıtıcı refakat boru veya elektrikli bantlar ile (Heat Trace) kullanılır. Bkz. 1.18 BORU-VANA ISITMA BANTLARI (HEAT TRACE)



Kare Kod 21 Basınçlı Hava ve Gaz Hatlarında Drenaj

1.13.2.2 Egzoz Ayırıcıları (Egzost Seperators)

Egzoz başlığı, havalandırma borusunun ucunda kullanılan bir gaz/sıvı ayırıcının özel bir versiyonudur. En yaygın olarak buhar uygulamaları için kullanılır ancak bazen damlacıkların 10 mikron altında boşaltılması istendiğinde, buhar dışındaki egzoz sistemleri içinde kullanılır.

Egzoz başlığının bir tarafı her zaman atmosfere "açık" olduğundan, basınçlı kap değildir. İlgili boruların sınıfına uyan flanşlı bir girişe sahip, tamamen kaynaklı bir öge olmasına karşın tasarım basıncı atmosferiktir.

Egzoz başlıkları, egzoz borusundan çıkan yoğuşmanın çarpmasıyla, onun hızını ve hacmini azaltır. Basınçlı kap ayırıcının aksine, şamandıralı tahliye vanasına gerek yoktur ve genellikle kondens kazan işleme kimyasallarının tüketimini azaltmak için geri dönüşümde kullanılır.

Egzoz başlıkları bazen "susturucular" olarak adlandırılır, çünkü bir susturucu gibi, egzoz sesini de azaltır.

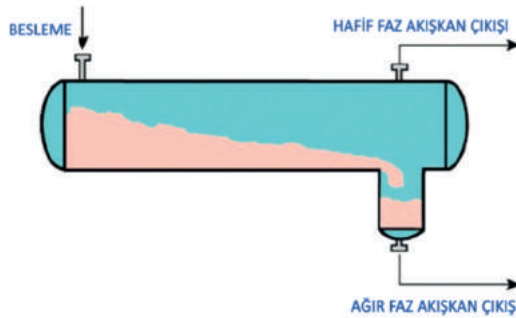
Bununla birlikte, asıl amaçları bu olmadığından, sesin azalması damlacık kaldırma için gereken dolaylı yoldan kaynaklanır. Bu nedenle özellikle gürültü azaltmak için kullanılacak egzoz başlıklarını boyutlandırmak için tasarım standartları yoktur.

Gaz/sıvı ayırıcıların uygun şekilde boyutlandırılmasında kullanılacak Tasarım Kriterleri aşağıdaki verileri gerektirir:

- Gazın moleküler ağırlığı (MW),
- Karşılıklı olarak orantılı olsalar bile maksimum sıcaklık ve minimum basınç,
- Gaz akış hızı (hacimsel veya ağırlık akışı),
- Var olan veya hedeflenen giriş ardışık düzen boyutu,
- Çıkarılması gereken yaklaşık kondens miktarı,
- İstenen akış yolu.



Şekil 197 Basit Egzoz Ayırıcısı



Şekil 198 Tipik Sıvı-Sıvı Ayırıcı

1.13.3 SIVI-SIVI AYIRICI

Sıvı-sıvı dağılımının ayrılması, iki sıvı fazın fiziksel özelliklerine bağlı olarak zor olabilir. İki sıvı fazının özgül ağırlığı, viskozitesi ve ara yüz gerilimi (Interfacial tension - IFT), iki sıvının ne kadar kolay ayrılabilceğini belirlemede yararlanılan, önemli parametrelerdir. Sıvı- sıvı ayırıcı ara yüzü, sıvı faz üst akışı ile altındaki ağır faz arasındaki yükseklik ΔH farkını sabitleyerek, istenilen seviyede kontrol edilir. Yüksek özgül ağırlık sıvısı, hafif akışkan fazın alt çıkış yoluyla ayırıcıdan ayrılmasını önler. Ara yüzün sıvı-sıvı ayırımındaki konumu, hafif ve ağır fazlar arasındaki yükseklik ΔH 'deki farka bağlıdır (Şekil 198). Ayırıcıdaki basınç değişimi iki katman arasındaki statik basınç farkını etkileyebilir ve basınçtaki bu değişiklik, ayırıcıdaki ara yüz pozisyonunu da etkiler.

Bu tür ayırıcının boyutu, her aşamanın ayırıcıya yerleşmesi için bekleme süresi gereksinimlerine bağlıdır. Yatay ünite, ayırma işlemini verimli bir şekilde yürütmek için en popüler olanıdır ve iki fazlı (hafif ve ağır) karıştırmayı önler. Aşamalar kolayca ayrılabilirse, dikey ünite de iyi performans gösterir.



Kare Kod 22 Zemin Üzeri Yağ Ayırıcı



Kare Kod 23 Yeraltı Petrol Ayırıcı

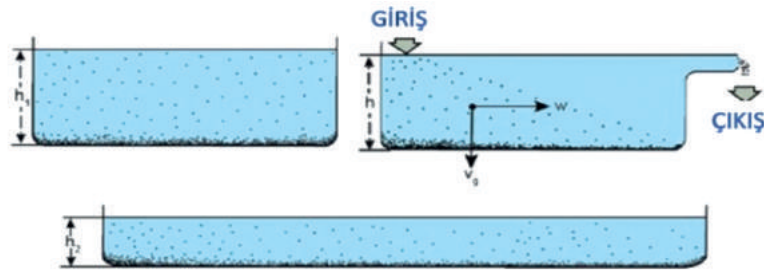


Kare Kod 24 Yüzey Blöf Vanası

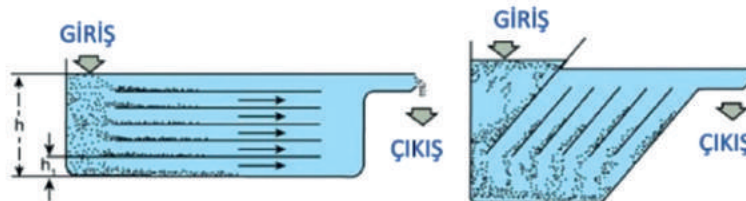
1.13.3.1 Yerçekimi Ayırıcıları (Gravity Separators)

Birbiri ile çözelti oluşturmayan (immiscible) iki sıvının veya ince katı madde içeren bulamacın ayrılması da yoğunluk farkının kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bu iki fazlı sistemde, dağılım (dispersiyon) fazı katı veya başka bir çözelti olmayan (immiscible) sıvı olduğundan, sürekli düzensiz karışım faz sıvıdır. Katı-sıvı ayırma işlemleri genellikle yerçekimi çökelme, filtrasyon ve santrifüj ilkelerinin teki veya birleşik kombinasyonuna dayanır. Yerçekimi çökelme ayırımında, damlacık veya parçacık üzerinde hareket eden kütle çekim kuvveti, etrafta akan sıvının sürüklemeye kuvvetinden daha büyükse, katı parçacıklar sıvı fazından ayrılır. Parçacık çökelmede (sedimentasyon), katı fazın daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu varsayılır ve yüzdesi hacim olarak %25'ten fazla olmamalıdır. Çünkü %1,0-2,0 (hacimsel) konsantrasyonuna kadar, engellenen çökelme ihmal edilebilir, ancak %10'un üzerinde (yaklaşık), engellenmiş çökelme daha baskın hale gelir. Ayrılacak partikül boyutu veya damlacık 500 μm 'den az olmalıdır. Bu ayırmada, tortulaşma hızı veya terminal yerleştirme hızı veya çökelme oranı formüller kullanılarak tahmin edilebilir.

Kap derinliği azalıp yüzey alanı arttıkça çökelme zamanı kısılmasına karşın, yüzey alanı genişledikçe aynı çökelme bekleme süresi geçse bile kaçırma riskleri oluşabilir. Sürekli besleme debisi yüzey alanı ve hacim ilişkisi, çökelme zamanına bağlıdır. API basit yağ/ su ayırıcılar bu prensiple çalışır. Yeterli uzunluk olmadığı durumlarda plakalar ve eğimli yüzeyler yapılarak yüzey alanı artırılır.



Şekil 199 Çökelme Hızı Derinlik İlişkisi



Şekil 200 Çökelme Yüzey Alanı Artırma Teknikleri

1.13.4 YIKAYICILAR (SCRUBBERS)

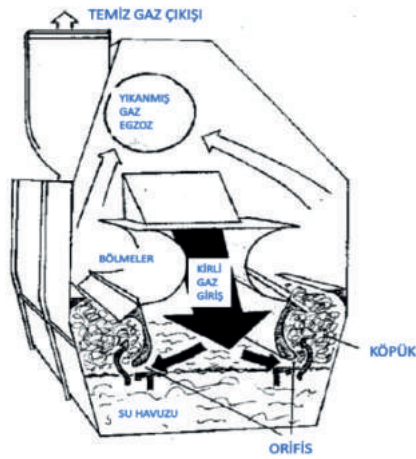
Yıkayıcılar; çevresel emisyon yapan hava kirleticilerini tutmak için her türlü yakıt buharı, petrol türevlerinin buharı, kimyasal çözeltilerin buharı, birçok zararlı madde tozları, yanma veya reaksiyon sonucu oluşan atık gazların tutulması için ayırıcıların yeterli verimliliğe ulaşamadığı proseslerde, çevresel sınırlar içerisinde atmosfere salınımı sağlayan önemli ayırıcılardır. Yıkayıcılar en sık olarak, sabit nokta kaynaklı atık gaz akışlarından partiküler maddeleri ve kimyasalları çıkarmakta yararlanan bir hava kirliliği kontrol cihazı olarak kullanılır. Ayrıca, yıkama çözeltisi veya suyu ile oluşan bulamacın prosesin diğer aşamalarında kullanıldığı veya karışımın bulamacı formu oluşturduğu yerlerde de uygulanır. Bazı yıkayıcılarda istenmeyen maddelerin kolay ayrıştırılabilmesi ve tutulabilmesi için sisteme nötrleştirme yapılıp veya katalizör katılarak bunların yapıları dönüştürülür, yani yıkama işlemi içinde bir çeşit kimyasal reaksiyon da oluşturulabilir. Aşağıda çeşitli yıkayıcı tipleri anlatılmaktadır.

1.13.4.1 Orifis Yıkayıcılar (Orifice Scrubbers)

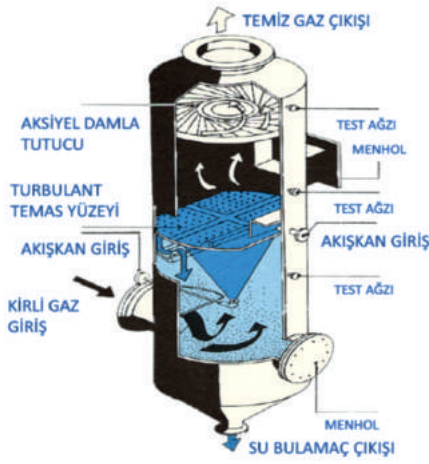
Darbe yıkayıcı olarak da bilinen bir orifis (delik) yıkayıcıda, gaz akışı bir yıkama sıvısı havuzu yüzeyinden akar. Hava su yüzeyine yükselirken, sıvının damlacıklarını da sürükler. Atık gaz akışı daha sonra yukarı doğru yönelir ve kanaldan daha dar bir açıklığa sahip orifis deliğinden geçer. Orifis, sürüklenen damlacıkları atomize eder ve akımı, türbülans akış haline dönüştürür. Atomize damlacıklar hava akımındaki partikülleri yakalar ve çökeltir. Orifis yıkayıcılardaki hava hızı ayarlanabilir delikler kullanılarak kontrol edilebilir. Bu tür yıkayıcıların temel avantajı, yıkayıcıların çoğu için işletme maliyetlerine en büyük katkıda bulunan yıkama sıvısı için sirkülasyon pompasına ihtiyaç duymamasıdır. Olumsuz tarafı ise, yıkama işlemi sırasında oluşturulan çamurun giderilmesinde yaşanan zorluktur. Çoğu yıkayıcının tasarımında atıklar sürekli olarak alttan akar. Orifis yıkayıcı, sıvıları yıkamak için statik bir havuzdan oluşur, bu nedenle üretilen atıklar, konveyör bandı gibi çalışan bir çamur ejektörü ile çıkarılır.

1.13.4.2 Çarpma Yıkayıcılar (Impingement Scrubbers)

Çarpma (Impingement) veya diğer adıyla delikli plakalı yıkayıcılar, orifis yıkayıcıların değişik bir türü olarak görülebilir. Bu ünitelerde, gaz akışı ünitenin altına girer ve bir sıvı tabakası içeren veya sıvı püskürtülen delikli bir tepsideen geçer. Sıvı tabakasından geçen gaz akışı nedeniyle gaz-sıvı teması sağlanır. Plakada bulunan deliklerden geçen gaz damlası karışımı, deliklerin üzerindeki bölme üzerindeki damla tutucu ile gaz içindeki sudan ayrıştırılır.



Şekil 201 Orifis Yıkayıcısı



Şekil 202 Çarpma Yıkayıcısı

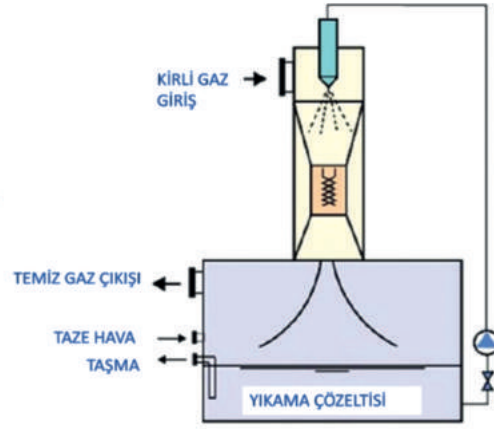
1.13.4.3 Ventüri Yıkayıcıları (Venturi Scrubbers)

Ventüri yıkayıcı, bir yakınsama-ayrıştırma bölümüne sahiptir. Bu sistemde, kanal kesit alanı azalır ve kanalın uzunluğu boyunca artar. Kanaldaki en dar bölge boğaz olarak adlandırılır. Ventüri yıkayıcıda sıvı, boğazın hafifçe yukarısına veya doğrudan boğaz bölümüne akıtılır. Yakınsama bölümünde oluşan alan azalması, atık gaz akışı hızının ve türbülansın artmasına neden olur (Şekil 203). Yıkama sıvısı yüksek hızlı hava akımı ile atomize edilir ve hava-sıvı temasını güçlendirir. Ayrıca hava-sıvı karışımı, ayrışma bölümüne hareket ettikçe yavaşlar, bu da parçacık damlacık etkilerinin artmasına ve damlacıkların yığılmasına yardımcı olur. Sıvı damlacıkların hava akımından ayrışması ise sürüklenme bölümünde gerçekleşir. Sürüklenme bölümü genellikle siklon ayırıcı ve sis gidericiden oluşur. İnce partikül maddeler için ventüri yıkayıcının toplama verimliliği daha yüksektir, ancak ekipman sprey kulesi, siklon

(Dinamik) veya tepsi kulesi (Çarpma) yıkayıcıdan daha pahalıdır. Venturi yıkayıcı, boğazındaki yüksek hava hızı ve türbülans ile, çapı 1 μm ' den büyük parçacıklar için %70- %99 arasında ve mikrondan küçük parçacıklar için ise %50 ve değişen oranlarda yüksek toplama verimliliği sağlar. Basınç düşüşünü artırmak toplama verimliliğini artırır, ancak buna bağlı olarak artan sistemin enerji talebi de daha yüksek operasyonel maliyete yol açmaktadır.



Şekil 203 Venturi Tip Yıkayıcı Prensi Şeması



Şekil 204 Jet Tip Yıkayıcı Prensi Şeması

1.13.4.4 Jet Yıkayıcılar (Jet Scrubber)

Jet Venturi yıkayıcılar aynı anda toz ve gazı temizleyebilir. Avantajları, Klor veya diğer suda çözünür gazlar gibi yüksek konsantrasyonlarda gazları idare etme yeteneğidir. Birçok uygulamada, Jet Venturi herhangi bir ek fan olmadan kullanılabilir. Jet Venturi yıkayıcılar, Venturi'ye püskürtülen sıvının enerjisini, gazı yıkayıcıya çeken bir çekme kuvveti oluşturmak için kullanır. Gaz ve sıvı daha sonra hem sprej bölümünde hem de yüksek hızlı Venturi boğazında karıştırılır.

Jet Venturi yıkayıcılar için birçok uygulama vardır. Bir gaz sızıntısının meydana gelebileceği acil durum sistemleri buna bir örnektir. Jet Venturi, bir fana olan her türlü ihtiyacı ortadan kaldırarak gazı hızla çekebilir, büyük miktarda buharla iyi temas için yüksek sıvı geri dönüşüm oranı sağlayabilir. Klor acil yıkayıcılar ve amonyak depolama acil yıkayıcılar bu tür uygulamalara örnektir.

Jet Venturi yıkayıcılar, yüksek gaz konsantrasyonlarının bulunduğu ve çok yüksek verimlilik gerektiren iki aşamalı bir yaklaşım sağlamak için Paketlenmiş Kule yıkayıcı gibi diğer tasarımlarla birlikte de kullanılır. Herhangi bir Venturi tasarımı temas süresi ile sınırlıdır. İyi bir ilk yıkama işlemi sağlar, ancak birçok yeni düzenlemede gereken %99 veya %99,9 verimliliği üretmeyebilir. Bununla birlikte, Jet Venturi kullanılarak, ısı ve gazların çoğu emilebilir, bu da önce Paketlenmiş Kule tasarımını pratik ve maliyeti çok daha düşük hale getirir. Jet yıkayıcı, toz toplama sistemi için fan kullanımı ekonomik olmadığında kullanılır (Şekil 204)

1.13.4.5 Dinamik Yıkayıcılar (Dynamic Scrubber)

Bu tip yıkayıcılar sprej kulelerine benzer, ancak tek fark, dinamik yıkayıcının yıkama akışkan sıvısı olarak ince dağılmış damlacıkları kıran, güç tahrikli rotor kullanmasıdır. Dinamik yıkayıcılar mekanik destekli veya parçalayıcı yıkayıcı olarak da bilinir. Sıvı, fan emişinde kanatlara püskürtülür ve ıslanmış çark ve fan gövdesi, toz parçacıklarını yakalar. Çoğu dinamik yıkayıcı sistemi, rotor alanındaki buharlaşmayı ve partikül birikimini azaltmak için rotorun emdiği atık havayı nemlendirir. Bu tip yıkayıcı, ince partikül maddeleri verimli bir şekilde temizler, ancak sistemde rotor kullanımı, bakım maliyetini artırır. Büyük partikülleri atık hava akımından çıkarmak için, dinamik yıkayıcılardan önce sıklıkla siklon gibi ön işlem cihazları kullanılır. Dinamik yıkayıcılar için toplama verimlilikleri, siklon püskürtme kuleli olanlarınkine benzer.



Şekil 205 Dinamik Yıkayıcılar



Şekil 206 Püskürtücü Kuleleri

1.13.4.6 Püskürtücü Kuleleri (Spray Towers)

Püskürtme kulelerinde veya sprey odalarında, gaz akışları bir odaya beslenir ve püskürtme nozulları tarafından üretilen yıkama sıvısı ile temas ettirilir. Damlacık boyutu, parçacık temasını ve gaz akışından damlacık ayrışmasını optimize etmek için kontrol edilir. Odalar çapraz akış, karşı akım akışı veya eşzamanlı (birlikte akım) akış için yönlendirilebilir. Odalar ayrıca gaz-sıvı temasını iyileştirmek için şaşırtmalı geçişler de içerebilir.

Püskürtme kuleleri düşük güç tüketimi ve nispeten düşük partikül toplama verimliliğine sahiptir. Aşırı nozul kirlenmesini veya tıkanmasını önlemek için sistemdeki sirkülasyon suyu iyice temizlenmelidir. Nozul temizliği ve değişimi bu üniteler için gerekli olan bakımın önemli bir parçasıdır.

1.13.4.7 Kuru Yıkayıcılar (Dry Scrubbers)

Islak yıkayıcılar en yaygın ve iyi bilinen yıkayıcı türleri olmakla birlikte, son zamanlarda 'yıkayıcı' terimi, bir gaz akışına kuru emici malzeme katılması veya püskürtülen gazlar ile kirliliğini önleme cihazlarını tanımlamak için de kullanılmaktadır. Bu uygulama, sorunlu sıvı atık akışını etkili bir şekilde ortadan kaldırır ve bunun yerine kuru katı atıklar oluşturur. Kuru yıkayıcılar ile yapılan uygulamaların arasında asit ve kokuşmuş gazların kazanlardan, yakma fırınlarından ve atık su arıtma tesisi operasyonlarından uzaklaştırılması yer almaktadır.

Kuru Emici Enjektörlerinde, asit gazlarıyla reaksiyona girmek için gaz akışına alkali bir malzeme enjekte edilir. Kimyasal reaksiyon, sistemin partikül kontrol cihazında çıkarılan katı tuzlar üretir. Bu cihazlar için verimlilik sınırlıdır, ancak kuru enjeksiyon, ek olarak nem artırılarak veya ıslak yıkama kullanılarak geliştirilebilir.

Kuru Püskürtme Emiciler, gazların atomize alkali bir bulamaç ile temas ettiği kulelerdir. Asit gazları, daha sonra sistemin partikül kontrol cihazında çıkarılabilen katı tuzlar oluşturur. Püskürtme kurutucularda %80'in üzerinde asit gazı giderme verimliliği elde edebilir.

1.14 MEKANİK DRENAJ ARMATÜRLERİ

Drenaj, fazla suyun belirli bir yerden uzaklaştırılması anlamına gelir. İki tür drenaj çeşidinden bahsedilir.

Arazi Drenajı: Bu işlemin amacı; arazinin tesviyesi, büyük, açık mazgalların kazılması, bentlerin, setlerin dikilmesi, kuyu sistemiyle (well point dewatering) suyun çekilmesi ve pompalama gibi muhtelif işlemlerle geniş bir alandan fazla suyu boşaltmak olup, oldukça kapsamlı ve büyük ölçekli bir drenaj çalışmasıdır. Bu tür drenaj, yeraltı su seviyesine ulaşılan derin kazılarda ve düşük seviyeli arazi alanlarında gerekli olup, esas olarak İnşaat Mühendisliği alanına giren çalışmalardır.

Alan Drenajı: Tarımda bizi ilgilendiren drenaj budur. Bununla kastedilen, ekinlerin kök bölgesindeki aşırı suyun uzaklaştırılmasıdır.

Saha drenajının ana amaçları şunlardır:

- Toprak nemi suya doymuluktan dolayı tarladaki ürün verimini düşürmektedir. Tarlanın iyi verim verebilmesi için, hava toprağı nemlendirir ve toprakta yetişen çoğu bitkiler ortalama doymuluktan daha az nemle büyümeyi sever.

- Drenaj, hidrolik iletkenliği artırmaya yardımcı olur. Toprak yapısı çok ıslak ise, tarla ve hatta bölgedeki mühendislik yapıları bile çökebilir.
- Tuz eğilimi olan bazı bölgelerde, özellikle kurak bölgelerde, fazla tuzu uzaklaştırmak için drenaj kullanılır.
- Sulanan bölgelerde, uygulama verimliliğinin düşük olması nedeniyle drenaja ihtiyaç duyulmaktadır, bu da çok fazla su uygulandığı anlamına gelir.
- Drenaj, ekimin yapılabilme sıklık sayısına bağlıdır ve toprağın kurumasını beklerken yapım aralığı kısaltılabilir.

İki tür drenaj vardır:

- Yüzey
- Yüzey Altı drenajı.

YÜZEY DRENAJ SİSTEMLERİ: Yüzey drenajı, fazla suyun toprağın yüzeyinden uzaklaştırılmasını içerir. Suyun biriktiği düşük noktaların oluşması ve hendeklerin kazılması veya her ikisinin bir kombinasyonu yapılarak yönetilir. Arazi tesviyesi, arazinin, buldozerler veya kazıyıcılar gibi büyük iş makineleri kullanılarak planlı bir şekilde yüzey seviyesine kadar kesilmesi veya arazinin doldurulması veya eğimlerin yumuşatılması şeklinde drenaj amaçlı olarak yapılan arazinin şekillendirilmesi işlemidir.

Yağmur drenaj kanallarının tasarımları, maksimum yağmur yağma miktarı ve süresine bağlı olarak toplanan yağmur suyunun hedeflenen arazi alanı ve arazinin su geçirgenliğinin fonksiyonu olarak basit formüller göz önüne alınarak yapılır. Tasarım hesaplarına burada girmeyeceğiz ama toplanan suyun depolanması, sevk edilmesi veya tekrar kullanılması için gerekli olan kapaklardan ve taşma savaklarından bahsedeceğiz

YÜZEY ALTI DRENAJ SİSTEMLERİ: Yüzey altı drenajı, fazla yeraltı sularının, toprak yüzeyinin altına atılmasıdır. Suyun topraktan akma oranını artırmayı ve böylece su seviyesini düşürmeyi, böylece su seviyesi üzerindeki kuru toprak derinliğini artırmayı amaçlamaktadır. Yüzey altı drenajı, açık hendekler veya gömülü drenajlar ile yapılabilir.

- **Hendekler Kullanarak Yüzey Altı Drenajı yapılması:** Hendekler gömülü mazgallardan daha düşük başlangıç maliyetine sahiptir ve denetim kolaylığı vardır. Su tahliyesinin uygun olmadığı bazı organik topraklarda hendekler uygulanabilir. Ancak hendekler, mevcut araziye azaltır ve ot büyümesine izin verir. Ayrıca, erozyon nedeniyle boşalan toprak daha fazla bakım gerektirir.
- **Gömülü Drenajları Kullanarak Yüzey Altı Drenajı:** Gömülü drenajlar, drenaj suyunu toplayan ve ileten açık eklemlere veya deliklere sahip her türlü gömülü kanala atıfta bulunur. Kil, beton, oluklu plastik tüpler veya başka bir uygun malzemeden üretilebilir. Drenajlar paralel olarak, balık kılıcı şeklinde, çift ana veya rastgele bir şekilde düzenlenebilir.

1.14.1 MEKANİK DRENAJ ARMATÜRLERİ

Yukarıda bahsedilen tüm drenaj hatları için ister yer altı kanal, boru veya yer üstünde üstü açık kanal olsun, akışın yönetilmesi ve yönlendirilmesi için vanalara ihtiyaç duyulur. Genel de bu vanaların her biri sadece Newton yasasına uygun davranan su ile çalışmadığı gibi içerisinde katı çözülen toprak gibi malzemeler dışında çözülme ve sert aşındırıcı parçacıklar da olabilir. Tarımsal sulama dışında, ayrıca madencilik sektöründe de aşındırıcı malzemeler ve yıkama suyu ve çeşitli malzemelerin su ile taşınması da söz konusu olabilmektedir. Kanalizasyon arıtma tesislerinin boru tesisatları da, atık dönüşüm santrallerinde ve hidroelektrik santrallerindeki boşaltma suları da, hem viskozitesi hem de akışkanın özelliklerinden dolayı farklı malzemelerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada boruların korozyon dayanımı ve sürtünme sonucu aşınma dayanımındaki farklı özellikleri, plastik malzemeleri ve cam takviyeli reçineli boruları öne çıkartmaktadır. Aşağıda, drenaj vanalarının farklı madenlerde kullanım özelliklerini küçük ölçekte anlatmaya ve sizlere temel kılavuz bilgileri vermeye çalışacağım.



Şekil 207 Kanalet ve Kanal Vanaları



Şekil 208 Taşma Kontrol Vanaları

1.15 KOÇ DARBESİ (SURGE PREVENTER) ÖNLEYİCİ ARMATÜRLER

Aşırı gerilim tahliye vanaları, boru hatlarını ve boru hattı sistemlerini hızlı vana kapatma, acil kapatma veya pompa durma durumlarının neden olduğu basınç dalgalanması olaylarına karşı koruyan özel olarak tasarlanmış bir vanalardır. Sıhhi tesisat uygulamalarından başlayarak her türlü boru tesisatta dalgalanma ve yarattığı problemler ile çok sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bunları, tahliye vanaları kullanarak çok ucuz çözümlenmek mümkün ise de, genişleme tankları veya vanaların ani kapatılması gereken tesisatlarında itinalı hız - debi seçimleri ile farklı basit metotlar kullanılsa bile daha karmaşık vana çözümleri de gerekebilmektedir. Ucuz oldukları ve gereken her yere monte edilebildiği için, dalgalanma tahliye vanaları Petrol ve Gaz, Kimyasal, Petrokimya, Güç, Deniz ve Nükleer Endüstrilerinde güvenilir bir şekilde kullanılır. Prensipte olarak, aşırı basınç durumundan kaynaklanan arıza nedeniyle personel, ekipman veya varlık kaybını önlemek için bir tür basınç tahliyesi gerektiren tüm sistemlerde, dalgalanma tahliye vanaları kullanılır. Dalgalanma tahliye vanasının ana işlevi, basınç dalgalanması olayı sırasında hızlı bir şekilde açmak ve yüksek basınçlı sıvıyı herhangi bir güvenli çıkışa aktarmaktır. Normal senaryoda vana, yay sıkıştırılarak kapalı bir konumda kalır. Aşırı gerilim tahliye vanası çalıştığı anda, vana disk, boru hattındaki aşırı basıncı serbest bırakmak için hızla açılır. Yine, sistem basıncı azaldığında ve ayarlanan basıncın altına indiğinde, vana otomatik olarak kapanır. **(Bu işlemi, sanki basınç tahliye vanalarında tarif edildiği gibi düşünebilirsiniz ancak temel fark, tahliye vanası boşalttığı akışkanı geri kazanamaz)**

Su Çekici (Surge) Nedir.

Hidrolik dalgalanmalar, bir sıvının hızı aniden değiştiğinde ve kararsız veya geçici hale geldiğinde oluşur.

Sıvının hızındaki dalgalanmalar, pompanın başlatılması/durması, vananın açılması/kapanması veya hat boyutunun küçültülmesi gibi kısıtlamalarla oluşur. Hidrolik dalgalanmalar, sıvı hızının değiştiği her yerde saniyeler içinde üretilebilir ve çok yüksek hızda, boru hattından geçerek ekipmana zarar verebilir veya aşırı basınçtan veya darbeden dolayı boru arızalarına neden olabilir. Aşırı gerilim tahliye sistemleri, yüksek basınç dalgalanmalarını emer ve sınırlar, bu da basınç dalgalanmasının hidrolik sistemden gitmesini önler. Hidrolik dalgalanmaları kontrol etme yöntemleri arasında gaz yüklü bir aşırı gerilim tahliye vanası, yaylı basınç emniyet vanası, pilotlu kontrollü vanalar, dalgalanma bastırıcılar ve yırtılma diskleri bulunur.

1.15.1 DALGALANMA TAHLİYE VANALARI TÜRLERİ

Proses endüstrilerinde iki tip su çekici (Surge) tahliye vanası yaygın olarak kullanılmaktadır:

- Pilot tarafından işletilen aşırı gerilim tahliye vanası,
- Gaz yüklü aşırı gerilim tahliye vanası (Normalde Azotla kullanılır).

Yukarıdakilerin dışında farklı sektörlerde kullanılan farklı tip ve özelliktekileri de, aşağıda verilen sınırlı bilgilerle, kaynaklarına ulaşarak detaylı teknik özelliklerini inceleyebilirsiniz.

1.15.1.1 Pilotlu Aşırı Gerilim Tahliye Vanaları (Pilot Operated Surge Valves)

Pilot tarafından tahrik edilen aşırı gerilim tahliye vanaları tipik olarak benzin veya dizel gibi düşük viskoziteli ürünleri taşıyan boru hatlarını korumak için kullanılır. Bu vana tipi, dalgalanmayı oluşturan pompanın/vananın çıkış akış tarafına monte edilir. Vana, harici, normalde kapalı bir pilot vana tarafından kontrol edilir. Pilot, vananın akışını çalıştıran davranış çizgisi ile sistemin istenen ayar noktasına ayarlanacaktır. Proses akışkan basınç koşulları pilot ayar noktasını aşmaya başladığında, vana açılmaya ve doğru basınç değeri karşılanana kadar fazla basıncı hafifletmeye başlar ve vananın kapanmasına neden olabilir.

Avantajları:

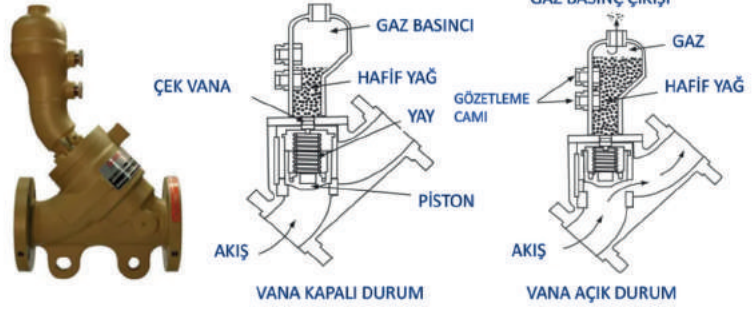
- Güç gerektirmez,
- Ayarlanabilir ayar noktası vardır,
- Yüksek akış kapasitesi Kv veya Cv değeri bulunur.

Dezavantajları:

- Daha yavaş tepki hızı.
- Yüksek viskoziteli uygulamalarda kullanılamaz.
- Pilot, kontrol döngüsündeki her türlü partiküle karşı hassastır.



Şekil 209 Pilot Kontrollü Dalgalanma Tahliye Vana



Şekil 210 Gaz Yüklü Dalgalanma Tahliye Vanası

1.15.1.2 Gaz Yüklü Dalgalanma Tahliye Vanaları (Gas Loaded Surge Relief Valves)

Pistonlu gaz yüklü aşırı gerilim tahliye vanaları dengeli piston tasarımında çalışır, yüksek ve düşük viskoziteli ürünleri işlerken hızlı tepki özelliğini koruyabildiği için çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Pistonun arka tarafına bir inert gaz (en yaygın kullanılan azottur) yüklenir ve vana kapatılmaya zorlanır. Pistonun arka tarafındaki azot basıncı aslında vana ayar noktasını belirleyen unsurdur. Bu vanalar, giriş basıncı ayarlanan nokta/azot basıncını aşana kadar kapalı kalacak ve bu sırada vana yüksek basınçta açılacak ve proses basıncı azot basıncının üzerinde olduğu sürece açık kalacaktır. İşlem basıncı bozulmaya başladığında, vana da kapanmaya başlayacaktır. Proses basıncı azot basıncının altına indikten sonra, vana tekrar kapanacaktır.

Avantajları:

- İkinci bir dalgalanma olayı oluşturmayı önlemek için yumuşak kapatma ile hızlı tepki verme.
- Ham petrol gibi yüksek viskoziteli ürünlerde kullanılabilir.
- İyi akış özellikleri (Kv) vardır.
- Patlama yoktur, ayarlanan noktada sıfırlanır.

Dezavantajları:

- Sadece azot basıncını kontrol eden sistem kadar tekrarlanabilir.
- Performans, tahliye vanası ile plenum tankı arasındaki gaz hattındaki kısıtlamalardan büyük ölçüde etkilenir.
- Birçok üretici, sıcaklık kararlılığı için plenum tankına⁴⁷ izolasyon önerir.

1.15.1.3 Kauçuk Bot Tipi Gaz Yüklü Tahliye Vanası (Rubber boot-style gas-loaded relief valve)

Kauçuk bot tarzı gaz yüklü tahliye vanaları, tahliye vanası aracılığıyla akış yolunu kaplayan bir kauçuk botun dış çapına yüklenen azot basıncı kullanılarak çalışır. Proses basıncı azot basıncının altında olduğu sürece vana kapalıdır. Proses basıncı azot basıncının üzerine çıkar çıkmaz, hattaki ürün kauçuk botu bariyerden uzaklaştırır ve ürünün vanadan geçmesini sağlar. Proses basıncı azot basıncının altına düştüğünde valf tekrar kapanır.

Avantajları:

- Birçok farklı ürün türü için birçok kauçuk elastomer türü vardır.
- Lastik bot soğuk olmadığında hızlı tepki verir.
- Hatta küçük partikül olsa bile pozitif sızdırmazlık elde eder.

Dezavantajları:

- Kauçuk önyüklemeye, sıcaklıktan büyük ölçüde etkilenir, sıcaklık ne kadar düşükse, tahliye vanası ayar noktası o kadar az tekrarlanabilir.
- Zayıf akış özellikleri (Düşük Cv), istenen akış hızlarına ulaşmak için daha büyük valfler gerektirir.
- Kauçuk botun değiştirilmesi için, vananın sökülerek hattan çıkarılması gerekir.
- Mevcut nesil vanalar metal içlere sahiptir ve eski nesil Kauçuk Önyüklemeye kullanmaz.

1.15.1.4 Yırtılma Diskleri (Rupture discs)

Kopma diski, patlama diski, patlayan disk veya patlama diyaframı olarak da bilinir. Çoğunlukla, bir basınç kabını, ekipmanı veya sistemi, aşırı basınçlandırmadan veya potansiyel olarak zarar verici vakum koşullarından koruyan,

⁴⁷ Plenum Tankı, vana içerisinde sönümlenme etkisi yapan gazın dalgalanma yaşanan boru hattının kapasitesine bağlı olarak konulan vana gaz besleme tankıdır.

bir kerelik kullanımlık, yeniden mühürlenmeyen basınç tahliye cihazıdır. Yırtılma diski kurbanlık bir parçadır, çünkü önceden belirlenmiş bir diferansiyel basınçta, pozitif basınç veya vakumda yırtılan tek kullanımlık membrana sahiptir. Membran genellikle metalden yapılır, ancak neredeyse herhangi bir malzeme ile belirli bir uygulamaya uyacak şekilde kullanılabilir. Kopma diskleri, sistem basıncındaki artışa veya azalmaya (milisaniyeler içinde) anında yanıt sağlar, ancak disk yırtıldıktan sonra yeniden algılama yapamaz. Bu diskin bir kerelik kullanım özelliği nedeniyle, membran yırtıldıktan sonra diskin değiştirilmesi gerekir. Bir kerelik kullanım cihazları başlangıçta uygun maliyetlidir, ancak tekrar tekrar değiştirmek, zaman alıcı ve emek yoğun hale gelebilir.

Avantajları:

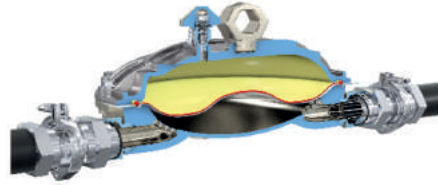
- Ekipmanı proses koşullarından izole eder ve ekipmanı bir dalgalanma tahliye olayı için gerekli olana kadar korur.
- Uygun maliyetli kurulumu vardır.
- Çok hızlı tepki gösterir.

Dezavantajları:

- Bir kerelik kullanım. Membran patlayınca değiştirmek gerekir.
- Değiştirmek için zaman gerektirir.
- Bir kopma diskinin yalnızca bir ayar noktası vardır.
- Büyük miktarlarda zararlı maddelerin kontrol edilemez bir şekilde salınır.



Şekil 211 Yırtılma Diskleri



Şekil 212 Aşırı Gerilim Bastırıcıları

1.15.1.5 Aşırı Gerilim Bastırıcıları (Surge Suppressors)

Dalgalanma bastırıcılar, titreşim sönümleyici görevi görerek dalgalanma rahatlaması gerçekleştirir. Çoğu baskılayıcının içinde iç elastik mesane bulunan metal bir tankı vardır. Tankın içinde, ürün basınç kabının dibine gelirken mesanenin üst kısmını sıkıştırılmış bir gazla basınçlandırır. Mesanedeki gaz, sisteme ayarlanan noktayı sağlar. Normal çalışma sırasında, işlem koşulları basınç oluşturmaya başladığında; iç membran basınç kazancını azaltarak sıvının aşırı gerilim bastırıcı basınç kabına hareket etmesini sağlar ve ilave hacim ekler. Fiziksel hacimdeki bu artış, basıncın tehlikeli seviyelere yükselmesini önler.

Avantajları:

- Çok hızlı tepki gösterir.
- Bir dalgalanma olayında, işlem hattından ürün kaybı olmaz.
- Hem aşırı gerilim bastırıcı hem de dalgalanma rahatlaması için kullanılabilir.

Dezavantajları:

- Dalgalanma rahatlaması için sınırlı hacim kapasitesi vardır.
- Aşırı gerilim bastırıcı, dalgalanmanın olduğu bölgeye mümkün olduğunca fiziksel olarak yakın olmalıdır. Aşırı Gerilim Bastırıcılar hat boyutuna bağlı olarak çok büyük ebada çıkabilir.
- Sınırlı bir maksimum çalışma basıncına sahiptir.

1.16 SENSÖRLER ENSTRÜMANLAR VE TEST NOKTALARI

Konfor ve endüstriyel tesisatlarda, neredeyse her cihazın üzerinde performans izlemek, kontrol etmek veya değerlendirmek için çeşitli enstrümanlar bulunmaktadır. Sensör veya dönüştürücüsü, (ISA)⁴⁸ tarafından, belirli bir ölçüme yanıt olarak kullanılabilen ve bir çıkış üreten bir cihaz olarak tanımlanır. Burada, çıktı elektrik miktarı olarak tanımlanır ve fiziksel bir miktar olarak ölçülür.

⁴⁸ Instrument Society of America

Sensör, başka veya aynı enerji formunda bir değişim derecesi üretmek için giriş enerjisinde bir değişim algılayan bir element olarak tanımlanır. Bu da her sensörün bir enerji dönüştürücü olduğu anlamına gelir.

Sensör her türlü enerjiyi elektrik sinyaline dönüştürür veya bir enerji formunu diğerine dönüştürür.

Basit olarak açma kapama yapan sensörlerden, kompleks fonksiyon işlemleri yapan sensörlere kadar değişik sınıfta sensörleri inceleyelim:

1.16.1 Sensörlerin Ana Sınıflandırması

- Güç gereksinimi.
- Temas eden-Temas etmeyen türü.
- Ölçülecek fiziksel parametrelere göre.

1.16.1.1 Güç İhtiyacına Göre Sensörler

Aktif Sensörler

Herhangi bir dış enerji kaynağına ihtiyaç duymaz, ancak doğrudan dış enerjiye yanıt olarak bir elektrik sinyali üretir. Örnek: Termokapul, Fotodiyot, Piezoelektrik sensör.

Pasif Sensörler

Bu sensörler, uyarıcı sinyali adı verilen harici güç gerektirir ancak, çıkış sağlamak için uyarıcı sinyalini değiştirir. Örnek: Gerilim, deformasyon (strain) ölçer.

1.16.1.2 Kontak ve Temassız Tipe Dayalı Sensörler

Temaslı tür

Ölçülecek parametreyle fiziksel temas gerektiren bir sensördür. Örnek: Gerilim ölçerler, sıcaklık sensörleri.

Temassız tür

Fiziksel temas gerektirmez. Örnek: Optik sensörler, manyetik sensörler, kızılötesi termometre.

1.16.1.3 Ölçülen Fiziksel Parametreye Göre Sensörler

Akış, Seviye, Sıcaklık, Basınç vb.

Akış ile İlgili

- Diferansiyel basınç,
- Konum yer değiştirme,
- Girdap (Vortex)
- Termal kütle,
- Elektromanyetik
- Koriolis⁴⁹,
- Ultrasonik
- Anemometre
- Açık kanal.

Düzy (Level)

- Mekanik
- Manyetik
- Diferansiyel basınç,
- Yer değiştirme
- Titreşimli çubuk,
- Manyetostriktif⁵⁰,
- Termal

⁴⁹ Dünya yüzeyinde nesnenin doğrusal hareketi eğri görünür. Kütle akış oranını doğrudan ölçmek için bu etkiden faydalanan ölçerler.

⁵⁰ Manyetik alan içerisinde malzemelerin manyetizasyon değeri değişimi doyma noktasına kadar manyetostriktif gerilimi de değiştirir.



Kare Kod 25 Kondüktif Seviye Ölçme

- Ultrasonik
- Radyo frekans
- Kapasitans tipi.



Kare Kod 26 Kapasitif Seviye Ölçme

- Mikrodalga/radar.

Sıcaklık

- Dolu sistemler,
- Direnç sıcaklık detektörleri (RTD)
- Termisörler,
- Termokapul,
- Endüktif olarak birleştirilmiş,
- Radyasyon (IR).

Basınç

- Elastik
- Sıvı bazlı manometreler,
- Endüktif/LVDT⁵¹,
- Piezoelektrik
- Elektronik
- Fiber optik,
- Vakum.

Yakınlık ve yer değiştirme

- Potensiyometrik,
- Ultrasonik
- Endüktif/LVDT⁵²,
- Kapasitif
- Manyetik
- Fotoelektrik
- Manyetostriktif.

Gaz ve Kimyasal

- Elektrokimyasal
- Termal iletkenlik,
- Paramanyetik,
- İyonlaşma
- Kızılötesi
- Yarı iletken.

⁵¹ LVDT Lineer Değişken Diferansiyel Transformatör (LVDT) prensibi ile çalışan basınç dönüştürücülerin kullanılmasından bazı özel avantajlar elde edilebilir. Burada, basınca duyarlı bir eleman doğrusal bir LVDT'nin çekirdeğine doğrudan tutturulur. LVDT, hareket ettirilebilir bir çekirdeğin yer değiştirmesine doğrusal olarak uygun bir elektrik çıkışı üreten elektro-mekanik bir cihazdır.

⁵² LVDT- Linear Variable Differential Transformer, doğrusal konum sensörleridir. Doğrusal yer değiştirmeyi ölçmek ve nispeten kısa mesafelerde konumlandırmak için kullanılır. Bugün piyasada bir cm'nin birkaç milyonda biri kadar küçük veya diğer uçta yaklaşık 0,7 metreye kadar hareketleri ölçebilen LVDT'ler var.

Diğer Enstrümanlar

- Kütle
- Kuvvet
- Yük
- Nem⁵³
- Rutubet⁵⁴
- Viskozite.

1.16.1.4 Dönüştürücülerin Sınıflandırılması

Aktif ve Pasif Dönüştürücüler

Aktif Dönüştürücü

Bu dönüştürücüler, çalışmalarını için herhangi bir dış güç kaynağına ihtiyaç duymaz. Bu nedenle kendi kendini üreten tip dönüştürücü olarak da adlandırılır.

Örnekler:

- Piezo-elektrik,
- Fotovoltaik
- Piezoelektrik
- Elektromanyetik.

Pasif Dönüştürücü

Dönüştürücülerin çalışması için harici bir güç kaynağına ihtiyaçları var. Yani kendi kendine üreten tip dönüştürücüler değildir.

Örnekler:

- Rezistif
- Endüktif
- Kapasitif dönüştürücüler.

1.16.1.5 Analog ve Dijital Dönüştürücüler

Dönüştürücüler, zamanın sürekli bir işlevi olabilecek çıktıya göre kategorize edilebilir veya çıktıyı ayrı adımlarla olabilir.

Analog Dönüştürücüler

Bu tür dönüştürücüler, giriş miktarını zamanın sürekli bir işlevi olan analog sinyal çıkışına dönüştürür.

Gerilim ölçer, LVDT, Termokapı veya Termisörler, zamanın sürekli bir işlevi olan bir çıkış verdikleri için analog dönüştürücüler olarak adlandırılır.

Dijital Dönüştürücüler

Dijital dönüştürücüler, benzersiz bir kod oluşturan darbeler şeklinde bir elektrik çıkışı üretir.

Böylece, algılanan her ayrı değer için benzersiz bir kod oluşturulur.

1.16.1.6 Birincil ve İkincil Dönüştürücüler

Bazı dönüştürücüler, elektrikli bir cihazla birlikte mekanik bir cihazdan oluşur. Bu tür dönüştürücüler de mekanik cihaz birincil dönüştürücü görevi görür ve fiziksel miktarı mekanik sinyale dönüştürür.

Birincil dönüştürücü tarafından üretilen mekanik sinyal, elektrikli cihaz tarafından elektrik sinyaline dönüşür. Bu nedenle, elektrikli cihaz, ikincil bir dönüştürücü görevi görür.

Örneğin, basınç ölçümünde, Burdon tüpü, basıncı deplasmana dönüştüren birincil dönüştürücü görevi LVDT ise, bu yer değiştirmeyi eşdeğer miktarda elektrik sinyaline dönüştüren ikincil bir dönüştürücü görevi görür.

⁵³ Hava içerisinde buharlaşmış su miktarının maksimum buharlaşacak su miktarına bölümü bağıl nemdir.

⁵⁴ Havanın içerisindeki buharlaşabilecek maksimum su miktarının yüzeyde yoğunlaşma yapması (Çiy noktası)

Transdüksiyon Prensibine Göre

Dönüştürücüler transdüksiyonda kullanılan ilkeye göre sınıflandırılabilir. Birkaçını görelim.

Kapasitif Transdüksiyon

Kapasitif transdüksiyonda, ölçülecek miktar, kapasitans değişikliğine dönüştürülür. Bir kondansatör temel olarak, bir dielektrik yalıtkan ile ayrılmış iki iletken (plaka) oluşur.

Kondansatörde bir değişiklik, iki plaka arasındaki mesafeyi değiştirerek veya dielektrik değişiklikle gerçekleşir.

Elektromanyetik Transdüksiyon

Elektromanyetik transdüksiyonda, ölçülecek miktar, uyarılma yokluğunda manyetik akıdaki bir değişiklikle bir iletkende indüklenen elektromotor kuvvete (voltaj) dönüştürülür. Örneğin, manyetik akıyı bir bobinden geçirmek için bir mıknatısı hareket ettirerek Faraday yasasına göre bir elektromotor kuvvet (EMF) üretilmesi.

Endüktif Transdüksiyon

Endüktif transdüksiyonda, ölçülecek miktar tek bir bobinin kendi kendine indüksiyonunda bir değişikliğe dönüştürülür. Bu, mekanik algılama elemanına bağlı veya bağlı olan bobinin çekirdeğinin yerinden alınmasıyla elde edilir.

Piezoelektrik Transdüksiyon

Piezoelektrik transdüksiyonda, ölçülecek miktar, mekanik olarak strese girdiğinde kristaller tarafından üretilen elektrostatik akım, q veya voltaj, V'de değişikliğe dönüştürülür.

Fotovoltaik Transdüksiyon

Fotovoltaik transdüksiyonda ışık enerjisi, benzer olmayan malzemeler arasındaki bir kavşak aydınlatıldığında oluşan voltajda ölçülecek miktarın dönüştürülmesidir.

Fotokondüktif Transdüksiyon

Fotokondüktif transdüksiyonda, ölçüm ve malzeme üzerindeki aydınlatma olayının yoğunluğundaki bir değişiklikle, yarı iletken malzemenin direncinde (iletkenlik) bir değişikliğe dönüştürülür.

1.16.1.7 Dönüştürücü ve Ters Dönüştürücü

Dönüştürücüler, elektriksel miktarı elektriksel miktara dönüştürenlerdir, ters dönüştürücüler elektrik miktarını elektrik olmayan miktara dönüştürür.

Dönüştürücüye örnek: Mikrofon, ses sinyalini Ters Dönüştürücü örneğine göre dönüştüren bir dönüştürücüdür: Bir hoparlör ise, elektrik sinyalini ses sinyaline dönüştüren bir ters dönüştürücüdür.

1.16.2 MEKANİK VE AKIŞKAN BİLGİ ÖLÇERLER (GAGES) SINIFLANDIRMASI

BASINÇ GÖSTERGELERİ

- Bourdon tüp basınç göstergesi
- Diyafram basınç göstergesi
- Kapsül basınç göstergesi
- Kimyasal cantalı Bourdon tüp basınç göstergesi
- Diferansiyel basınç göstergesi
- Diyaframlı mutlak basınç göstergesi

SICAKLIK GÖSTERGELERİ

- Bimetalik Kadran Termometresi
- Gaz Dolu Kadran Termometresi
- Makina-Termometre

• Bourdon tüp basınç göstergesi

Elastik (daire içine alınmış) bir ölçüm elemanı (bourdon tüpü) lehmlenecek veya bir sokete kaynaklanacaktır. Serbest ucu sıkıca kapatılır. Basınçtaki bir değişiklik, ölçüm elemanının sapmasına neden olur. Bourdon tüpünün serbest ucunun bu saptırılması, uygulanan basınçla orantılıdır ve döner dişli bir harekete iletilir. Bu hareket bir işaretçiye taşınır ve 270° açılı bir kadran üzerinde basıncı gösterir.

Bourdon tp göstergeleri, 1000 bar'a kadar yüksek basıncın ölümü ve -1 bar gaz, buhar ve sıvıların vakumunu ölçebilir. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm \%0,1$ ile $\pm \%2,5$ 'i arasındadır. Bourdon tüpü, agresif ortam durumunda pirinç, paslanmaz elik veya monelden yapılabilir.

Ortam sıcaklığı -40...+60°C olmalıdır; pirinç bağlantı kullanılarak +60°C'den yüksek olmayan orta sıcaklıklarda ve paslanmaz çelikten yapılmış "UNI" tipi göstergeler kullanılarak +200°C'de ölçüm yapılabilir.

• Diyafram basınç göstergesi

İnce, konsantrik oluklu diyafram iki flanş arasına sabitlenecektir. Diyafram bir tarafta proses basıncı ile yüklenecek ve elastik olarak normal konumundan sapacaktır. Bu yol, uygulanan basınçla orantılıdır ve döner dişli bir harekete iletilir. Hareket bir işaretçi taşır ve 270 açılı bir kadranda basıncını gösterir. Diyafram basınç göstergeleri, 40 bar'a kadar basıncın ölümü ve -1 bar gaz, buhar ve sıvıların vakumla ölçülür. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm \%1,6$ 'sıdır.

Diyafram, Tantalum, Hastelloy C vb. bağlantı parçası, SS 316L, PP, PVC, PVDF vb. açık ölçüm flanşına sahip diyafram basınç göstergeleri, orta ve yüksek viskoziteli akışkanlar, kristalize edici ve katı madde için mkemmell bir şekilde uygundur. Diyafram basınç göstergeleri aşırı yük güvenliği ile kolayca temin edilebilir.

Ortam sıcaklığı -20...+60°C olmalıdır; +100°C'den yüksek olmayan orta sıcaklıklar, çalışma aralığındadır.

• Kapsül basınç göstergesi

Kapsül, kaynaklanmış veya lehimlenmiş iki ince, merkezi oluklu diyaframdan oluşur. Kapsldeki basınç değişimi, ölçüm elemanının her iki tarafında elastik bir deformasyona neden olur. lm elemanının aldđı mesafe, ölçülen basınçla orantılıdır. Dişli bir hareket kullanılarak bir işaretçiye iletilir ve 270° açılı bir kadranda gösterilir.

Kapsül basınç göstergeleri, 600 mbar'a kadar düşük pozitif veya negatif değerlerin ölçümü için kullanılır. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm \%1,6$ 'sıdır. Kapsül, pirinç veya SS316'dan yapılmıştır ve sadece gazları ölçmek için kullanılır.

Ortam sıcaklığı -20...+60°C olmalıdır; orta sıcaklık +100°C'den yüksek olmamalıdır.

Kimyasal Contalı Bourdon Tp Basınç Göstergesi

Bourdon tüpü göstergesi bir mühür ile sabitlenmelidir. Conta, ince, elastik bir diyaframla kapatılacak tanımlanmış bir boşluktan oluşur. Bu diyafram ve Bourdon tüpü arasındaki hacim, tamamen tahliyeden sonra bir iletim sıvısı ile doldurulacaktır. Basınç uygulandığında, elastik diyafram bu sıvıyı kullanarak uygulanan basıncı iletecektir ve bu şekilde göstergedeki değer alınacaktır. Bourdon tüpü, 270° açılı bir kadranda hareket kullanarak ölçüm basıncını aktarır. Sıvı dolum nedeniyle, conta ve gösterge arasındaki bağlantı kapalı kalmalıdır. Mühür çeşitli biçimlerde ve tiplerde yapılabilir.

Keçeli göstergeler, -1 bar'dan 1000 bar'a kadar basıncın ölçümü için kullanılabilir. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm \%1,0$ 'dir. Contalı göstergeler esas olarak açık havada kullanılır, çünkü donma tehlikesi yoktur. Bağlantı flanşına sahip bir gösterge, orta ve yüksek viskoziteli akışkanlar, kristalize edici ve katı madde için uygundur. Düz contalar, boşluk hacmi serbest basınç ölçümü için kullanılabilir. Contalar ve bağlantı parçaları agresif ortama karşı dayanıklı malzemedir. Belirli uygulamalar için conta ve ölçüm cihazı arasına esnek bir kılcal boru monte edilebilir.

Diferansiyel Basınç Göstergesi

Bir basınç odası ince bir diyafram ile ayrılacaktır. Bu diyafram, her iki odanın statik basıncı altındadır. Diyafram, basınç farkını bir körükle harekete iletir. Hareket, 270° açılı bir kadranda pozitif veya negatif değer gösterir. Karşı taraftaki bir körük, gücü telafi eder. Diferansiyel basınç göstergeleri gazların ve sıvıların ölçümü için kullanılır; bunlar da agresif olabilir. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm \%1,6$ 'sıdır.

Ortam sıcaklığı -20...+60°C olmalıdır; +100°C'den yüksek olmayan orta sıcaklık çalışma aralığındadır.

Diyaframlı Mutlak Basınç Göstergesi

Bu tür bir lr, ortam atmosferik basınçlarındaki değişikliklerden bağımsız olarak basınçları ölçmek için kullanılır. Bir basınç odası ince bir diyafram ile ayrılacaktır. lm basıncı ile yklenmeyecek olan hazne mutlak vakumla tahliye edilecektir. Bu vakum (= mutlak sıfır noktası) referans basıncı olarak adlandırılır.

Diyafram, lm basıncı ile yüklenecek ve normal konumundan elastik olarak sapacak, böylece basıncı bir krkten harekete iletecektir. Gazların ve sıvıların ölçümü için mutlak basınç göstergeleri kullanılır; bunlar da agresif olabilir. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm \%1,6$ 'sıdır.

Ortam sıcaklığı -20...+60°C olmalıdır; +100°C'den yüksek olmayan orta sıcaklık aralığında çalışır.

Bimetalik Kadran Termometresi

Ölçüm elemanı iki, birbirine kaynaklı, metal bantlardan oluşur. Metal bantlar, farklı termal genişleme katsayılarına sahiptir. Sarmal ölçüm elemanı gövdenin sonuna sabitlenir; diğer taraf işaretçi aksına bağlanır.

İki metal, sıcaklıkta bir değişiklik olması durumunda kendini gerer veya bükür, bu da sarmalanmış elemanın bir dönüş hareketine dönüşmesine neden olur. Bu hareket sıcaklık değişimi ile orantılıdır ve bir kadranda belirtilir. Bi-metal kadranlı termometreler - 50°C'den +500 C'ye kadar olan sıcaklıklar için kullanılır. Doğruluk tam ölçekli sapmanın $\pm\%1,6$ 'dır.

Gaz Dolu Kadran Termometreleri

Ölçüm prensibi, ölçüm elemanındaki gaz dolumunun hacimsel sıcaklık genişlemesine dayanır. Ölçüm elemanı, bir ölçüm yayı ile kılcal bir tübe sıkıca bağlanır. Yay, gaz dolumunun genişlemesini kadrandaki bir hareketle aktarır.

Gaz dolu kadran termometreleri -80°C ile +600°C arasındaki sıcaklıklarda kullanılır. Doğruluk, tam ölçekli sapmanın $\pm\%1$ 'i kadardır. Gaz dolu kadran termometreleri, ölçüm elemanı ile 100 metre uzunluğa kadar yay arasında kılcal hat ile temin edilebilir.

Makina-Termometreler

Ölçüm prensibi, cam tüpteki dolum sıvısının hacimsel sıcaklık genişlemesine dayanır. Dolum sıvısının genişlemesi bir ölçekte belirtilir. Makina-cam-termometreler -60°C'den +600°C'ye kadar sıcaklıklar için, $\pm\%1,6$ hassasiyetle kullanılır.

Bağıl Nem (Relative Humidity) ve Nem (Moisture)

Birbiriyle yakından ilişkili olan Moisture (Islaklık) ve Humidity (Nem) kavramları birbirleriyle yakından ilişkili olduklarından ve özellikle Türkçede her ikisi de nem olarak adlandırıldıklarından, sıklıkla karıştırılır. Bunun nedeni, hava koşullarından bahsederken nem yerine humidite kelimesinin kullanılmasıdır. Günlük yaşamda, nem sadece hava koşullarından bahsederken, çok daha fazla uygulama bulur.

Herhangi bir zamanda, atmosferdeki hava bir miktar su buharı içerir. Havanın herhangi bir sıcaklıkta tutabileceği maksimum su buharı ile karşılaştırıldığında havadaki su buharının yüzdesi havanın humiditesi olarak bilinir. Nemi daha yüksek olan havada yapışkanlık hissedersiniz. Hava, herhangi bir sıcaklıkta, nemi tutmak için özel bir kapasiteye sahiptir. Havadaki nem içeriği bu değeri aştığında, aşırı nem yağış şeklinde dökülür. Bununla birlikte, yağış, sıcaklıkları da düşürerek su tutma kapasitesini düşürerek de gerçekleşebilir.

Yani havadaki nem, havanın su tutma kapasitesinin yarısıysa bağıl nem %50, hava kapasitesinin 3/4'üne kadar çıkarsa buna %75 bağıl nem diyoruz. Sabit kalan su içeriği, bağıl nem, sıcaklıklardaki değişimlerle artar veya düşer. Artan sıcaklık bağıl nemi düşürürken, azalan sıcaklıklar bağıl nemi artıracaktır. Bu kavramın günlük hayattaki en iyi örneği, sabahları çimlerde çiğ bulunmasıdır. Geceleri, sıcaklıklar düşer ve bağıl nemin artmasına neden olarak havada bulunan fazla suyun çimlerde çiy ve arabamızın rüzgâr kalkanı olarak görülen camında yoğunlaşma şeklinde dökülmesine neden olabilir.

İnsanları şaşırtan başka bir şey daha var ve artan nem ile ilgili sıkıntı veya rahatsızlık hissi. Rahatsızlık hissinden hem sıcaklıkların hem de nemin sorumlu olduğu açık olsun. Sıcaklık düşerse, bağıl nemi yüksek seviyelere çıkarırsa, havanın daha serin olmasına rağmen rahatsızlık hissetmeye başlarız, bu da birçok insanın kafasını karıştırır. Yine, sıcaklığın kırk santigrat derece civarında olması rahatsız edici olmayabilir. Bunun nedeni nem seviyelerinin çok düşük olmasıdır. Yaz aylarında sabahları sıcaklıklar düşer, ancak yüksek nem nedeniyle daha serin hissetmeyiz ve öğleden sonra da şikâyet etmeyiz, çünkü sıcaklıklar artmasına rağmen nem düşer. Sadece hem nem hem de sıcaklıklar arttığında rahatsız hissediyoruz.

Nem ölçüm cihazları

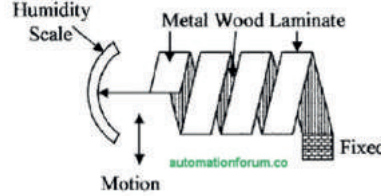
Nem, havada veya gazda bulunan bağıl su buharı miktarının bir ölçüsüdür. **Bağıl nem**, aynı sıcaklık ve basınçta, aynı hava hacminde veya su buharı ile doymuş gaz hacminde bulunan su buharının ağırlığına kıyasla, belirli bir hava veya gaz hacminde bulunan ağırlığa göre su buharının yüzdesidir. Bu konuda nem ölçüm cihazları hakkında biraz daha bilgi verelim.

Higrometreler

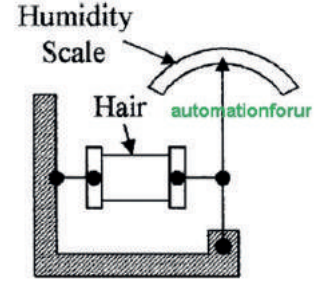
Nem içeriği nedeniyle malzemelerdeki fiziksel veya elektriksel özelliklerdeki değişiklikleri algılayarak, dolaylı olarak nemi ölçen cihazlara higrometre denir. Saç, cilt, membran ve ince ahşap şeritler gibi malzemeler suyu emdikçe uzunluklarını değiştirir. Uzunluktaki değişiklik doğrudan nemle ilgilidir. Bu tür cihazlar, yaklaşık $\pm 5\%$ doğrulukla bağıl nemi %20-%90 arasında ölçmek için kullanılır. Çalışma sıcaklık aralıkları 70°C 'nin altındadır.



Şekil 213 Tipik Higrometre



Şekil 214 Lamine Higrometre



Şekil 215 Saç Higrometresi

Lamine Higrometre

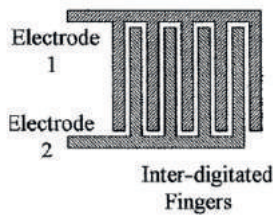
Lamine higrometre, lamine oluşturan ince metal şeritlere ince ahşap şeritler takılarak yapılır. Lamine, Şekil 214'de gösterildiği gibi bir sarmal halinde oluşur, çünkü nem, ahşabın uzunluğundaki değişim nedeniyle sarmalı esnetir. Sarmalın bir ucu tutturulur, diğeri bir işaretçiye bağlanır (sıcaklık ölçümlerinde kullanılan bimetalik bir şeride benzer). Ölçek, yüzde nem olarak derecelendirilir.

Saç higrometresi

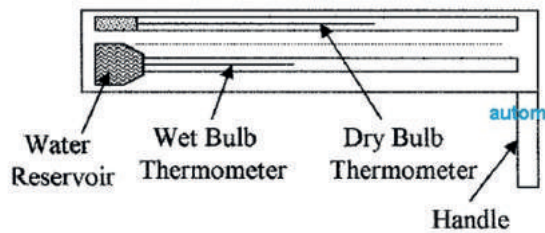
Saç higrometresi en basit ve en eski higrometre türüdür. Şekil 208'de gösterildiği gibi saç kullanılarak yapılır. Nem %0'dan %100'e değiştiğinde insan saçı %3 uzar, uzunluk değişimi görsel okumalar için bir işaretçi veya elektrik çıkışı için doğrusal değişken diferansiyel transformatör (LVDT) gibi dönüştürücü ile kontrol etmek için kullanılır. Saç higrometresi, 5°C - 40°C sıcaklık aralığında %20- %90 arasındaki nem aralığı için yaklaşık yüzde ± 5 doğruluk oranına sahiptir.

Dirençli Higrometre

Dirençli higrometre veya dirençli nem sensörleri, Şekil 216'da gösterildiği gibi yalıtımlı devre kartında birbirine parmaklara sahip iki elektrottan oluşur. Elektrotlar hidroskopik bir malzeme ile kaplanmıştır (lityum klorür gibi suyu emen). Hidroskopik malzeme, elektrotlar arasında iletken bir yol sağlar; yolun direnç katsayısı nemle ters orantılıdır. Alternatif olarak, elektrotlar bağıl nemle orantılı olarak iyonları serbest bırakan bir dökme polimer filmle kaplanabilir. Sıcaklık düzeltmesi, 40 ile 70°C çalışma sıcaklığı aralığında yüzde 2 doğruluk ve yüzde 2 ile 98 arasında bağıl nem için tekrar uygulanabilir. Bu tür bir cihazla normal olarak 1 AC voltajı kullanılır, yani 1 kHz'de yüzde 2 ile 98 arasında bağıl nem değişimi tipik olarak 10 M Ω 'den 1 k Ω 'ye bir direnç değişikliği verecektir. Bu cihazın varyasyonları elektrolitik ve direnç kapasitans higrometresidir.



Şekil 216 Direnç Higrometre



Şekil 217 Kapasitif Higrometre

Kapasitif higrometre.

Bazı ince polimer filmlerin dielektrik sabiti nemle doğrusal olarak değişir, böylece polimeri dielektrik olarak kullanılan iki plaka arasındaki kapasitans nemle doğru orantılıdır. Kapasitif cihaz iyi bir uzun ömürlülüğe, 0 ile 100°C

çalışma sıcaklığı aralığına, hızlı bir tepki süresine sahiptir ve tam nem aralığında yüzde $\pm 0,5$ doğruluk sağlamak için sıcaklık telafi edilebilir.

Piezoelektrik higrometreler

Piezoelektrik higrometreler, iki piezoelektrik kristal osilatör kullanır. Bunların biri referans olarak kullanılır ve kuru bir atmosfere kapatılmıştır, diğeri ise ölçülecek neme maruz kalır. Nem, kristalin kütlelerini artırır ve bu da rezonans sıklığını azaltır. İki osilatörün frekansları karşılaştırılarak nem hesaplanabilir. Dakikada 1 ila 25.000 arasında gazların nem içeriği ölçülebilir.

Çiy noktası ölçüm cihazları.

Nemi ölçmenin basit bir yöntemi çiy noktasını elde etmektir. Bu, havanın veya gazın bir nesne üzerinde su yoğunlaşmaya kadar soğutulması ve daha sonra yoğunlaşmanın gerçekleştiği sıcaklığın ölçülmesi ile elde edilir. Tipik olarak, aynalı bir yüzey, cilalı paslanmaz çelik veya gümüş yüzey, soğuk su, soğutma veya Peltier soğutma ile arka taraftan soğutulur. Sıcaklık düştükçe, ayna yüzeyinde havadan veya gazdan çiy oluşmaya başlayan bir noktaya ulaşılır. Yoğuşma, ayna tarafından bir ışık huzmesinin bir fotosel yansımasıyla tespit edilir. Yansıyan ışığın yoğunluğu yoğuşma gerçekleştiğinde azalır ve aynanın o noktadaki sıcaklığı ölçülebilir.

1.17 SAYAÇLAR, DEBİ ÖLÇERLER, KÜTLE AKIŞ ÖLÇERLER

Sayaçlar, debi ölçerler, kütleli debi ölçerler denildiği zaman aklımıza çok basit anlamda evlerde su tesisat girişindeki sayaçlar gelmektedir, aslında mekanik olarak iki dişlinin dönüşünü sayan basit araçlar için Newton yasasına uyan tüm akışkanların hacimsel debilerinin, sabit sıcaklık temel alınarak ölçülmesi çok kolaydır. Ayrıca evlerimizde doğalgaz m³/saat karşılığı debi ve basınç düzeltmeleri ile ölçülmektedir ve yakıt istasyonlarında yakıt alırken ölçüm sonucu miktar, litre bazında ölçülmektedir. Örnekleri artırmaya başladığımızda maliyet hesabı yapabilmek için mutlaka tüm akışkanların viskozitesi basıncı ve yoğunluğu ile akışkan sıcaklığını temel olarak bilmeye ihtiyacımız var. Aşağıda birçok akış ölçme ilkeleri sıralanmıştır, burada hepsini anlatmak yerine kitabın örnek tesisat sayfalarında faydalanmak için sıvı, gaz ve katı akış ölçümlerinden bahsedeceğiz.

1.17.1 TİPİK AKIŞ ÖLÇERLER İLKELERİ VE ÖZELLİKLERİ

Akış ölçüm ilkeleri- Orifis, Venturi, Akış Nozulları, Pitot Tüpleri, Değişken Alan, Pozitif Yer Değiştirme, Türbin, Gir-dap, Elektromanyetik, Ultrasonik Doppler, Ultrasonik Seyahat Süresi, Kütle Coriolis, Kütle Termal, Weir V-çentik, Flume Parshall ve Sluice kapı akış sayaçları ve daha fazlası da mevcuttur.

Sıvı akış ölçerlerin karşılaştırılması:

1.17.1.1 Elektromanyetik (Electromagnetic)

Elektromanyetik akış ölçerler veya indüksiyon akış ölçerler, kontrollü bir manyetik alanda iletken sıvılarla çalışır ve akışı ölçer.

- Uygun Akışkanlar: Temiz ve kirli viskoz iletken sıvılar ve yüksek katı miktarlı sıvılar, türbülanslı veya laminar akışlı bulamaçlar,
- Uygun Olmayan Akışkanlar: Hidrokarbonlar ve düşük iletkenliğe sahip sıvılar, kısmen dolu borular, gaz akışı,
- Doğruluk: $\pm 0,5- 1$ % oranı.
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 40:1.
- Basınç düşüşü: Yok.
- Gerekli giriş akış mesafesi (boru çapı): 5D
- Göreli maliyet: Yüksek.
- Viskozitenin etkisi: Yok.
- Hareketli parçalar: Yok.
- Boru boyutu: Geniş aralık.
- Korozyon: Aşındırıcı sıvılar için uygun astarlarla yapılabilir.

1.17.1.2 Kütle- Coriolis (Mass - Coriolis)

Koriolis etkisine dayalı kütle akış ölçerler.

- Uygun Akışkanlar: Temiz ve kirli sıvılar, gazlar ve bulamaçlar, konsantrasyon ve katı madde içeriğini izlemek için kullanılabilir. Sıcaklık ve basınçların dalgalandığı uygulamalar için uygundur.
- Uygun Olmayan Akışkanlar: Durgun akışlar, baloncuklu 2 faz akışkanlar, düşük basınçlı gazlar.
- Doğruluk: $\pm 0,05- 0,5$ % oranı
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 10:1
- Basınç düşüşü: Düşük
- Gerekli yukarı akış borusu (çaplar): Hiçbiri
- Göreli maliyet: Yüksek
- Viskozitenin etkisi: Yok
- Hareketli parçalar: Yok
- Boru boyutu: Sınırlı aralık DN 150 altı çaplar
- Korozyon: Yok

1.17.1.3 Kütle- Termal (Mass - Thermal)

Akan sıvının termal soğutma etkisine göre kütle akış ölçerler.

- Uygun Akışkanlar: Temiz ve kirli sıvılar, hatta bazı bulamacı
- Uygun Olmayan Akışkanlar:
- Doğruluk: Ölçülen oranın $\pm \%1$ 'i
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 10:1
- Basınç düşüşü: Düşük
- Gerekli yukarı akış borusu (çaplar): Hiçbiri
- Göreli maliyet: Yüksek
- Viskozitenin etkisi: Yok
- Hareketli parçalar: Yok
- Boru boyutu: Sınırlı aralık
- Korozyon: Yok

1.17.1.4 Orifis (Orifice)

Orifis akış ölçerler ile akıştaki bir deliğin üzerindeki basınç farkı ölçülür. Ölçülen basınç farkı, karelenmiş akış hızı ile orantılıdır.

- Uygun Akışkanlar: Temiz ve kirli sıvılar ve bazı bulamaçlar.
- Doğruluk: $\pm 2- 4$ % ölçek
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 4:1
- Basınç düşüşü: Orta- ölçüm için basınç düşüşü gereklidir
- Gerekli yukarı akış borusu (çapları): 10-30 D
- Göreli maliyet: Düşük
- Viskozitenin etkisi: Mantıklı
- Hareketli parçalar: Yok
- Boru boyutu: Geniş aralık
- Korozyon: Bazı aşındırıcı sıvılar için uyarlanabilir

1.17.1.5 Türbin (Turbine)

Türbin akış sayaçları, sayaç içine eksenli olarak monte edilen kanatlı türbin rotorları ile yapılır. Sıvı sayaçtan aktığında rotor, sıvının hızıyla orantılı bir hızda döner. Dönüş, tipik bir darbe çıkışı ile manyetik bir sinyal ile algılanır.

- Uygun Akışkanlar: Temiz viskoz sıvılar ve gazlar, türbülanslı akış
- Uygun Olmayan Akışkanlar: Aşındırıcı sıvılar ve katı maddeli sıvılar
- Doğruluk: \pm oranın $\%0,25$ 'i
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 20:1
- Basınç düşüşü: Kaviteasyondan kaçınmak için gereken daha yüksek, sırt basıncı, sıvıdaki kabarcıklar doğruluğu etkileyecektir
- Gerekli yukarı akış borusu (çapları): 5- 10 D

- Göreli maliyet: Orta
- Viskozitenin etkisi: Mantıklı
- Hareketli parçalar: Rotor
- Boru boyutu: Geniş aralık
- Korozyon: Aşındırıcı sıvılar için uygun olmayan hareket ettirilebilir bileşenler

1.17.1.6 Ultrasonik (Ultrasonic)

Ultrasonik akış sayaçları transit-zaman (Seyahat zamanı) veya Doppler etkisi teknolojisine dayalı içine malzeme girmeyen hacim akış sayaçlarıdır. Bir transit zaman akış ölçer, boruya ve boru boyunca yansıtılan yukarı akış ve aşağı akış ultrasonik darbeleri arasındaki frekans değişimini (farkı) ölçer. Frekans kayması akış hızıyla orantılıdır. Bir Doppler akış ölçerler, ultrasonik bir sinyal askıya alınmış parçacıklar veya hareket halindeki gaz kabarcıkları tarafından yansıtıldığında frekans değişimini ölçer. Frekans kayması akış hızıyla orantılıdır.

- Uygun Akışkanlar: Temiz (iletim süresi) ve kirli (Doppler) sıvılar
- Uygun Olmayan Akışkanlar: Gazlar
- Doğruluk: $\pm 1-5\%$ tam ölçek
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 10:1 (Doppler), 20:1 (iletim süresi)
- Basınç düşüşü: Düşük
- Gerekli yukarı akış borusu (çapları): 5-30 D
- Göreli maliyet: Orta
- Viskozitenin etkisi: Yok
- Hareketli parçalar: Yok
- Boru boyutu: Geniş aralık
- Korozyon: Aşındırıcı sıvılar için uygun astarlarla yapılabilir

1.17.1.7 Girdap (Vortex)

Girdap akış ölçerler akışa monte edilmiş bir tıkanıklık nesnesi ile yapılır. Sıvı sayaçtan aktığında, nesnenin aşağısında alternatif bir girdap oluşturulur. Girdap frekansı akışla orantılıdır ve bir basınç sensörü, termistor veya ultrasonik sensör ile tespit edilir.

- Uygun Akışkanlar: Temiz ve kirli sıvılar ve gazlar- buhar, türbülanslı akış dahil
- Uygun Olmayan Akışkanlar: Yüksek viskoziteli sıvılar
- Doğruluk: \pm oranın %1'i
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 10:1
- Basınç düşüşü: Orta
- Gerekli yukarı akış borusu (çapları): 10-20 D
- Göreli maliyet: Orta
- Viskozitenin etkisi: Yüksek viskoziteye sahip sıvılar için mantıklı
- Hareketli parçalar: Yok
- Boru boyutu: Geniş aralık
- Korozyon: Hareketli bileşen yok- aşındırıcı sıvılar için uyarlanabilir

1.17.1.8 Kama (Wedge)

Kama, diferansiyel basınç prensibine göre sıvı, gaz ve buharın akış ölçümünde birincil eleman olarak kullanılır.

- Uygun Akışkanlar: Bulamaç ve viskoz sıvılar
- Doğruluk: $\pm 0,5-5\%$ ölçek
- Ölçme Aralık Oranı: Tipik 3:1
- Basınç düşüşü: Düşük ila orta- ölçüm için basınç düşüşü gereklidir
- Gerekli yukarı akış borusu (çapları): 10-30 D
- Göreli maliyet: Orta
- Viskozitenin etkisi: Düşük
- Hareketli parçalar: Yok
- Boru boyutu: Geniş aralık

1.17.1.9 V-Koni (V-Kone)

V-koni akış ölçer, diferansiyel basıncın akışta bulunan bir koniden önce ve sonra ölçüldüğü bir diferansiyel basınç aletidir.

- Uygun Akışkanlar: İlaç, petrol, gaz, kimyasal, yiyecek ve içecek, plastik, bölge HVAC, tekstil, güç ve su ve atık su uygulamaları için uygundur
- Kum ve toz içeren sıvılar için kullanılabilir
- Yüksek basınç ve sıcaklık uygulamalarında kullanılabilir
- Doğruluk: $\pm \%0,5$
- Tekrarlanabilirlik: $\pm \%0,1$
- Düşük bakım- hareketli parça yok
- Uzun ömür
- Az alan gerektir- güçlendirme için uygun

1.17.2 DEBİMETRE DOĞRULUK ORANI (ACCURACY)

Doğruluk, ölçülen bir değer kabul edilen veya gerçek değere ne kadar yakın olduğunu gösterir.

Derleyen Notu: "Doğruluk, bir ölçümün standart veya gerçek değere uygunluk derecesidir" cümlesinin anlamı ölçümlerde kullandığınız ölçme aletinin birden fazla yapılan ölçümler için birebir aynı hata ile aynı sonucu çıkarabilme yeteneğidir. Kullanılan her ekipmanın hem ölçme hassasiyeti hem de doğruluk derecesi vardır. Hassasiyet konusu ekipmanın yapısından gelir ve sizlerin herhangi bir düzeltme veya hassasiyeti değiştirme şansınız yoktur. Doğrulukta ise kalibrasyon ile hata payını azaltabilirsiniz. Aşağıda doğruluk oranı ile ölçülen verileri doğru değerlendirmenizi sağlayacak yöntem ve hesaplar bulunmaktadır.

Ölçüm sistemi normalde birincil eleman ve ikincil elemandan oluşur. Örnek- bir akış ölçüm sisteminde orifis birincil elemandır ve basınç vericisi ikincil elemandır. Hem orifis hem de basınç vericisi akış ölçümünün toplam doğruluğunu etkiler.

Akış ölçerlerin doğruluğu şu şekilde belirtilebilir:

- Tam yayılma yüzdesi
- Oranın yüzdesi

1.17.2.1 Debimetreler- Geri Dönüş Oranları

Geri dönüş oranı (Aralıklanabilirlik⁵⁵), delikler, venturi sayaçlar vb. için, genellikle akış ölçüm cihazlarının yayılma alanını- aralığını- karşılaştırmak için kullanılır.

1.17.2.2 Geri Dönüş Oranı- Aralıklanabilirlik

Geri dönüş oranı şu şekilde ifade edilebilir:

$$TR = q_{maks} / q_{min}$$

Denklem 87

TR = Geri Dönüş Oranı, q_{maks} = maksimum akış, q_{min} = minimum akış

Cihaz için belirli bir doğruluk ve tekrarlanabilirlik içinde maksimum ve minimum akış belirtilir.

Örnek- Bir Delik Ölçer için Geri Dönüş Oranı

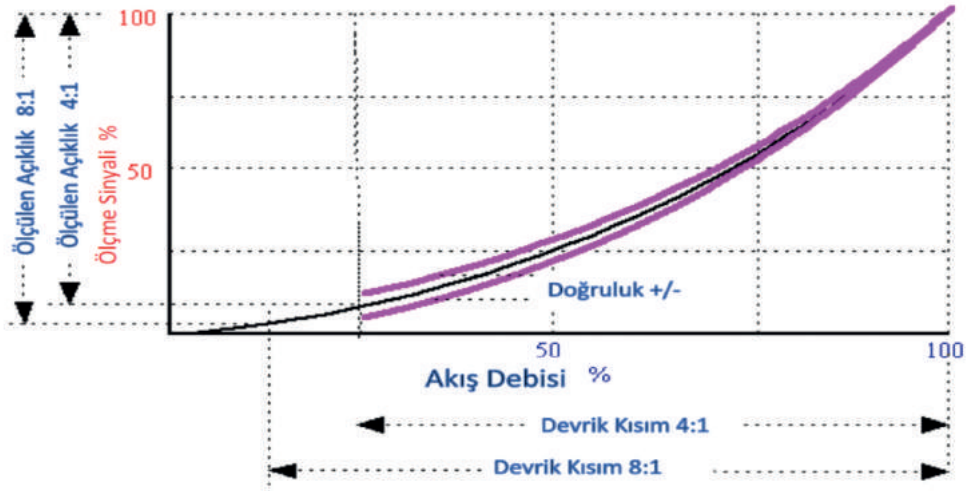
Maksimum 12 kg/s akışa ve minimum 3 kg/s akışa sahip bir delik ölçer için geri dönüş oranı- TR- şu şekilde hesaplanabilir:

$$TR = (12 \text{ kg/s}) / (3 \text{ kg/s}) = 4$$

- normalde 4:1 geri dönüş oranı olarak ifade edilir

Bu, orifis plakası için tipik bir geri dönüş oranıdır. Genel olarak orifis plakaları 3:1 ile 5:1 arasında geri dönüş oranına sahiptir.

⁵⁵ Aralıklanabilirlik Cihaz için belirli bir doğruluk ve tekrarlanabilirlik içinde maksimum ve minimum akış



Şekil 218 Akış Debisi Doğruluk Tespiti

1.17.2.3 Tam Yayılma Yüzdesi Olarak Doğruluk

Tam yayılma alanının yüzdesinde doğruluk şu şekilde ifade edilebilir:

$$a_{\%} = a \cdot 100\% / s \quad \text{Denklem 88}$$

$a_{\%}$ = görelî doğruluk (%), a = +/- mutlak doğruluk, s = akış ölçerin tam ölçęđi

Örnek- Akış Ölçerin Tam Yayılma Yüzdesi Olarak Doğruluğu

Mutlak doğruluk +/- 10 kg/s ise- tam ölçekli 1000 kg/s'deki görelî doğruluk şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} a_{\%} &= (+/- 10 \text{ kg/h}) \%100 / (1000 \text{ kg/h}) \\ &= +/- 1\% \end{aligned}$$

Tam ölçekli 100 kg/s'deki görelî doğruluk şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} a_{\%} &= (+/- 10 \text{ kg/h}) \%100 / (100 \text{ kg/h}) \\ &= +/- 10\% \end{aligned}$$

1.17.2.4 Oranın Yüzdesi Olarak Doğruluk

Oranın yüzdesi olarak doğruluk şu şekilde ifade edilebilir:

$$a_{\%} = a \cdot 100\% / q \quad \text{Denklem 89}$$

$a_{\%}$ = görelî doğruluk (%), a = +/- mutlak doğruluk, q = akış hızı

Örnek- Akış Ölçerin Oranın Yüzdesi Olarak Doğruluğu

Görelî doğruluk oranın +/- %1'i ise- 1000 kg/s oranındaki mutlak doğruluk şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} a &= (+/- \%1) (1000 \text{ kg/saat}) \\ &= +/- 10 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

100 kg/s oranındaki mutlak doğruluk şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} a &= (+/- \%1) (100 \text{ kg/sa}) \\ &= +/- 1 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

1.17.2.5 Akış Ölçümü Yönü

İyi akış ölçer seçiminin temeli, belirli bir uygulamanın gereksinimlerinin net bir şekilde anlaşılmasıdır. Bu nedenle, proses sıvısının ve genel kurulumun doğasının tam olarak değerlendirilmesi için zaman yaratılmalıdır.

1.17.3 DOĞRU AKIŞ ÖLÇERİ SEÇME KURALLARI

Akış ölçer, bir sıvının veya gazın doğrusal veya doğrusal olmayan, kütle veya hacimsel akış hızını ölçmek için kullanılan bir araçtır. Akış ölçerleri seçerken, tesis personelinin aşinalığı, kullanım kolaylığı, dayanıklılık, kalibrasyon ve bakım konusunda üretici veya temsilciye ulaşılabilirlik, daha önceki kullanımlardan gelen deneyimler, yedek parça bulunabilirliği ve arıza geçmişi arasındaki ortalama süre vb. özellikler incelenir. Maliyet konusunun, yalnızca bu adımlar atıldıktan sonra hesaplanmasını öneririm.

En yaygın akış ölçümü hatalarından biri bu sıranın tersine çevrilmesidir: Düzgün performans gösterecek bir sensör seçmek yerine, daha ucuz olan bir cihazın kullanımı öne çıkarılmaya çalışılır. Bu "ucuz" satın alımlar en maliyetli kararlar olabilir. Yanlış ölçümün veya sık arızalanmanın getireceği sorunlar, iş programının aksamasına, zaman kaybına ve proseste yaşanacak ciddi sorunlara yol açabilir.

Akış sensörü seçiminin ilk adımı, akış hızı bilgilerinin sürekli mi yoksa toplamlı mı olması gerektiğini ve bu bilgilere yerel olarak mı yoksa uzaktan mı ihtiyaç duyulduğunu belirlemektir. Uzaktan erişim gerekli ise, iletim analog, dijital veya paylaşılan olmalıdır. Paylaşırsa, gerekli (minimum) veri güncelleştirme sıklığı nedir? Bu sorular cevaplandıktan sonra, proses sıvısının özelliklerinin ve akış özelliklerinin ve akış ölçücüsüne uyum sağlayacak boruların bir değerlendirmesi yapılmalıdır. Bu göreve sistematik bir şekilde yaklaşmak için, her uygulama için aşağıdaki veri türlerinin doldurulmasını gerektiren formlar geliştirilmiştir:

1.17.3.1 Akışkan ve Akış Özellikleri

Akışkanın cinsi, basıncı, sıcaklığı, izin verilen basınç düşüşü, yoğunluğu (veya özgül ağırlığı), iletkenliği, viskozitesi (Newton akışkan veya değil?) ve maksimum çalışma sıcaklığındaki buhar basıncı, bu özelliklerin nasıl değişebileceğinin veya etkileşime girebileceğinin bir göstergesi ile listelenmiştir. Ek olarak, tüm güvenlik veya toksin bilgileri, sıvının bileşimi, kabarcıkların varlığı, katı maddeler (aşındırıcı veya yumuşak, parçacıkların boyutu, lifler), kaplama eğilimi ve ışık iletim nitelikleri (opak, yarı saydam veya şeffaf) hakkında ayrıntılı verilerle birlikte sağlanmalıdır.

1.17.3.2 Basınç ve Sıcaklık Aralıkları

Debimetreler seçilirken normal çalışma değerlerine ek olarak beklenen minimum ve maksimum basınç ve sıcaklık değerleri verilmelidir. Akışın tersine dönüp dönemeyeceği, boruyu her zaman doldurup doldurmadığı, sümüklü-böcek akışının gelişip gelişmeyeceği (hava-katı-sıvı), havalandırma veya titreşimin olası olup olmadığı, ani sıcaklık değişimlerinin yaşanıp gerçekleşmeyeceği veya temizlik ve bakım sırasında özel önlemlere ihtiyaç olup olmadığı gibi gerçekler de belirtilmelidir.

1.17.3.3 Borulama ve Montaj Alanı

Borular ve debimetrelerin bulunacağı alanla ilgili olarak şunları göz önünde bulundurun: Borular için, yönü (sıvı uygulamalarında aşağı doğru akıştan kaçının), boyutu, malzemesi, programı, flanş basıncı derecesi, erişilebilirlik, yukarı veya aşağı akış dönüşleri, vanalar, regülatörler ve mevcut düz boru çalışma uzunlukları. Sorumlu mühendis, bölgede titreşim veya manyetik alanların bulunup bulunmadığını, elektrik veya pnömatik gücün mevcut olup olmadığını, alanın patlama tehlikeleri için sınıflandırılıp sınıflandırılmadığını veya sıhhi veya yerinde temizlik (CIP) yönetmeliklerine uygunluk gibi diğer özel gereksinimlerin olup olmadığını bilmelidir.

1.17.3.4 Akış Hızları ve Doğruluk

Bir sonraki adım, ölçülecek minimum ve maksimum akışları (kütle veya hacimsel) belirleyerek gerekli sayaç aralığını belirlemektir. Bundan sonra, gerekli akış ölçümü doğruluğu belirlenir. Genellikle doğruluk, gerçek okuma yüzdesinde (AR- Actual Reading), kalibre edilmiş yayılma alanından (CS - Calibrated Surface) yüzdesinde veya tam ölçekli (FS - Full Scale)) birimlerin yüzdesinde belirtilir. Doğruluk gereksinimleri minimum, normal ve maksimum akış hızlarında ayrı ayrı belirtilmelidir. Bu gereksinimleri bilmiyorsanız, akış ölçücünüzün performansı tüm aralığı boyunca kabul edilemez.

Ürünlerin sayaç okuması temelinde satıldığı veya satın alındığı uygulamalarda mutlak doğruluk, kritik öneme sahiptir. Diğer uygulamalarda, tekrarlanabilirlik mutlak doğruluktan daha önemli olabilir. Bu nedenle, her uygulamanın doğruluk ve tekrarlanabilirlik gereksinimlerini ayrı ayrı belirlemeniz ve her ikisini de belirtilerde göstermeniz önerilir.

Bir akış ölçerin doğruluğu % CS veya % FS birimlerinde belirtildiğinde, ölçülen akış hızı düştükçe mutlak hatası artacaktır. Sayaç hatası % AR'de belirtilirse, mutlak anlamda hata yüksek veya düşük akışlarda aynı kalır. Tam

ölçek (FS) her zaman kalibre edilmiş yayılma alanı (CS) daha büyük bir miktar olduğundan, % FS performansına sahip bir sensör her zaman aynı % CS belirtimine sahip bir sensörden daha büyük bir hataya sahip olacaktır. Bu nedenle, tüm teklifleri adil bir şekilde karşılaştırmak için, tüm alıntılanan hata deyimlerini aynı % AR birimlerine dönüştürmeniz önerilir.

İyi hazırlanmış akış ölçer şartnamelerinde, tüm doğruluk ifadeleri tekdüze % AR ünitelerine dönüştürülür ve bu % AR gereksinimleri minimum, normal ve maksimum akışlar için ayrı ayrı belirtilir. Tüm akış ölçer şartnameleri ve teklifleri, ölçüm cihazının minimum, normal ve maksimum akışlarda hem doğruluğunu hem de tekrarlanabilirliğini açıkça belirtmelidir.

1.17.3.5 Doğruluk ve Tekrarlanabilirlik Karşılaştırması

Kabul edilebilir ölçüm performansı iki farklı akış ölçer kategorisinden elde edilebilirse ve birinin hareketli parçası yoksa, hareketli parça içermeyeni seçin. Hareketli parçalar, sadece aşınma, yağlama ve kaplamaya duyarlılık gibi bariz nedenlerle değil, aynı zamanda hareketli parçaların bazen ölçülen akışa "kayma" getiren boşluk alanları gerektirmesi nedeniyle potansiyel bir sorun kaynağıdır. Bakımlı ve kalibre edilmiş sayaçlarda bile bu, ölçülen akış sıvı viskozitesi ve sıcaklığındaki değişikliklere göre değişir. Sıcaklıktaki değişiklikler de sayacın iç boyutlarını değiştirir ve telafi gerektirir.

Ayrıca, aynı performansı hem tam akış ölçücünden hem de nokta sensöründen elde edebilirsiniz, genellikle akış ölçücü kullanılması önerilir. Nokta sensörleri tam akışa bakmadıklarından, yalnızca akış hızının borudaki hız profiline ortalaması olduğu bir derinliğe yerleştirilirse doğru okur. Bu nokta kalibrasyon anında dikkatlice belirlense bile, hız profilleri akış hızı, viskozite, sıcaklık ve diğer faktörlerle değiştiğinden, değişmeden kalması olası değildir.

1.18 BORU-VANA ISITMA BANTLARI (HEAT TRACE)

Çeşitli tesisat elemanları borular, tanklar, pompalar, filtreler vb. özellikle düşük dış ortam ve iç ortam sıcaklığında akışkan hareket etmiyorsa soğuma ve donma riski ile karşılaşır. Dış izolasyon her ne kadar ısı transferini ciddi ölçüde engellemekte olsa dahi, yaz aylarında veya nemli ortamlarda çalışan soğutma boruları ve tanklarında da izolasyon altında yoğuşma oluşmaktadır. Her iki koşul altında metal yüzeyler korozyona açık hale gelmekte ve bazı vanalar görevlerini yapamaz duruma gelmektedir.

Atmosfere açık buhar ısıtılmalı depolama tanklarında özellikle çeşitli endüstriyel yağ üretme tesislerinde boru tesisatları esas olmak üzere vanalar ve pompalarda ısı izleme buhar veya elektrikli olarak kullanılmaktadır. Boru içindeki akışkanı donmaktan veya ısını kaybetmekten korumak üzere eskiden beri kullanılan buhar refakat hatlarının yanı sıra Elektrikli Isıl İzleme (Heat Tracing) sistemleri de yaygınlaşmaya başladı. Günümüzde, elektrikli ısı izleme sistemi, soğutma tesisatındaki yoğuşma kontrolü dışında, yangın tesisat pompaları ve boru sistemlerinde de vanalar dahil kullanılmaktadır.

1.18.1 BORU SİSTEMLERİNİN ISIL İZLEMESİ

Boru Isıl İzlemesi, ana borunun dışına takılan küçük çaplı buhar borularından boru sistemlerine radyan, konveksiyon ve biraz da iletim (Conduction) olarak ısı girişinin uygulanmasıyla ilgili genelleştirilmiş bir terimdir. Yukarıda bahsedildiği gibi günümüzde Elektrikli Isıl İzleme de önem kazanmıştır.

Isıl izleme bir proses gereksinimidir. Ortam sıcaklığından daha yüksek sıvı sıcaklıkları taşıyan borular çevresindeki ısı yalıtım, konveksiyon ve temas ile sıcaklık iletacaktır. İzolasyon ısı kaybını azaltmanın bir yoludur. Ancak yalıtım %100 kusursuz değildir, ısı kaybının tamamını önleyemez. Bu nedenle, ısı kaybını karşılamak için, küçük çaplı buhar boruları veya elektrik kabloları (ısı izleyicileri olarak bilinir) ana boruya tutturulur.

Isıl izleme aşağıdakiler gibi çeşitli amaçlara hizmet eder:

- Proses sıvısı için gerekli sıcaklığın korunması.
- Donma koruması.
- Yoğuşma kontrolü.
- Sıvı viskozitesini korumak.
- Kar ve buz önleme, vb.

Boru Isıl İzleme / Isıl İzleme Türleri

Isıl izleme iki sınıfta gruplandırılabilir:

1. Akışkan Isı İzleme veya Buhar İzleme ve
2. Elektrikli İzleme

1.18.1.1 Buhar İzleme (Buhar Refakat Hatları)

Buhar izlemede, ana borudaki işlem sıvısını istenen sıcaklıkta tutmak için ana borunun yanına küçük çaplı buhar refakat boruları tutturulur. Refakat borularının çapı, sayısı ve ana boru üzerindeki yerleşim yerleri standartlara ve şartnamelere göre belirlenir. Refakat borularının içerisinde genel olarak buhar dolaştırılır ancak akışkan olarak organikler, glikoller vb. de kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, aşağıda belirtildiği gibi buharı ısı izleme sıvısı olarak kullanmanın çeşitli avantajları vardır:

- Eğer işletmede atık, çürük buhar varsa üretim maliyeti diğer sıvılara kıyasla daha azdır. Yani buharlı izleme ekonomiktir Bakım maliyeti de düşüktür. Buhar izleme ağı kurulduktan sonra, daha az bakım maliyeti söz konusu olacaktır.
- Boruların buharla izlenmesi son derece enerji tasarrufludur.
- Buharlı izleme, proses sıvısını hızlı bir şekilde ısıtır.
- Buhar için pompalama gerekmez.
- Buhar izlemede sıcaklık kontrolü yüksektir.



Şekil 219 Buharla Isıl İzleme Tesisat Uygulama Örneği

1.18.1.2 Elektriksel İzleme

Öte yandan, boru sisteminin elektrik izlemesinde, bir elektrikli ısıtma elemanı, boru uzunluğu boyunca fiziksel temas halinde çalışırken ısıyı proses sıvısına metal boru vasıtasıyla aktarır. Isı normalde elektriksel dirençli bir elementten üretilir. Bununla birlikte, elektrik izlemede empedans, indüksiyon, yüzey teması vb. Elektriksel ısı izleme metotları olarak kullanılır, genel olarak kablo ısı izleme elemanı olarak da bilinir.



Şekil 220 Elektrikli Isıl İzleme Sistemi Uygulama Örneği

Tehlike Sınıflandırması:

Isıl İzleme Sistemlerinin Yüksek Tehlike Sınıfı'ndaki tesislerde kullanılması durumunda buharlı sistem daha uygun bir uygulamadır. Bu tip yüksek risk bulunan tesislerde, hangi koşullarda elektrikli uygulama yapılabileceğini NEC (National Electric Code) tehlike sınıfları ile tanımlamıştır.

- Class 1: Patlayıcı veya parlayıcı gaz- sıvı bulunan ortamlar. (Örnek Likit veya gaz durumunda benzin)
- Class 2: Patlayıcı veya iletken karışımlar içeren tozlar. (Örnek Un veya mısır nişastası sıkıştırılmış oldukları durumlarda yanabilir veya hava ile temaslarında alevlenebilir. Alüminyum ve magnezyum tozları iletken olduklarından çok rahat bir şekilde tutuşabilir.)
- Class 3: Havada uçuşan veya boru içinde olan rayon, nylon, pamuk, ahşap tozu gibi malzemelerin karışımları veya belirli miktarları alev alabilir.

Gruplar:

Tehlikeli malzeme grupları yapılırken genelde, malzemelerin benzer tehlike karakterlerine göre tasnif edilir, ancak benzin ve hidrojen örneğinde olduğu gibi her ikisini karıştırıp ateşlerseniz, her ikisinin ayrı ayrı patlama karakterlerinden daha farklı bir patlama etkisi ile karşılaşsınız.

Gruplamalar A, B, C, D, E, F ve G harfleri ile belirlenir. Bunlardan A, B, C, D gaz ve buharlar E, F ve G ise tozlar için kullanılır.

A, B, C, D Gruplaması yapılırken:

- Patlamanın şiddeti.
- Alevin parçalar arasındaki yayılma boyutu.

E, F, G Gruplaması yapılırken:

- Tutuşma yeteneği.
- Parçalar arasındaki penetrasyon yeteneği.
- Ortamda kıvılcım oluşmasına neden olacak ihtimaller.
- Tutuşma sıcaklığı.

Bu gruplamalar ve sınıflandırmalar için referans olarak NFPA-497M kullanılabilir.

Bölmeler:

- Class 1, 2, 3 Bölüm 1:

Patlayıcı toz, gaz veya fiberler konsantrasyonlarının normal koşullarda bulunduğu alanlar, bu alanlarda ölçümlerin daha büyük bir hassasiyetle yapılması gerekir.

- Class 1, 2, 3, Bölüm 2:

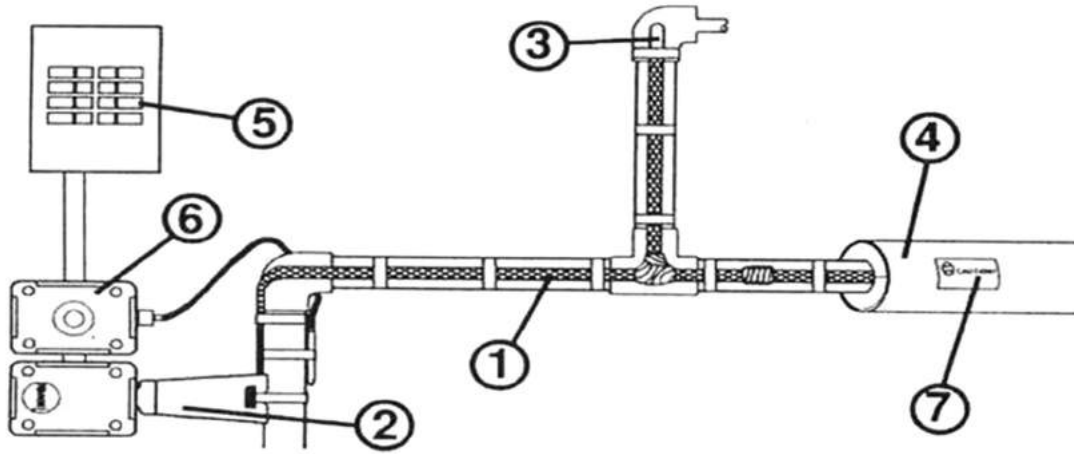
Yukarıda belirtilen patlayıcı konsantrasyonların olağandışı bulunduğu ortamlar, buralarda özellikle bu ortamlar için tasarlanmış özel örgülü ve dışına kılıf geçirilmiş Isıl İzleme kabloları kullanılır. Basit bir kural olarak NEC, elektrikli cihaz yüzeylerindeki sıcaklığın, ortamdaki tehlikeli maddenin tutuşma sıcaklığının %80'ini geçmemesini özellikle önermektedir.

Tehlike sınıflarındaki ısı limitleri NEC' te **Temperature Identification Number**, IEC Standartlarında ise **Temperature Class Number** olarak tanımlanmışlardır.



Kare Kod 27 Devi Elektrikli Isıtma (Saven Teknik)

1.18.2 ELEKTRİKLİ ISIL İZLEME İÇİN GENEL GEREKSİNİMLER



Şekil 221 Tipik Elektrik Isıl İzleme Şeması

1. Elektrik Isıl İzleme Kablosu
2. Besleme Gerilimi Güç Bağlantı Elemanı
3. Devre Hat Sonu Sonlandırma Elemanı
4. Isıl İzolasyon ve Hava Bariyeri
5. Yan Kol Devre Koruma Elemanı
6. Kontrol Paneli
7. Güvenlik Dikkat Etiket

1.18.2.1 Elektrikli Boru Isı İzleme Kablosu

Elektriksel izleme için uygun ısı izleme kablosu aşağıdaki parametrelere göre belirlenir:

- İzolasyon kalınlığı
- Isı gereksinimi.
- Ortam sıcaklığı.
- Boru malzemesi.
- Maksimum pozlama ve bakım sıcaklığı.
- Besleme kablolarında besleme gerilimi ve voltaj düşüşüne tolerans.
- Servis voltajı.
- Alan Sınıflandırması.
- Kimyasal Çevre.
- Tasarım marjı.

Endüstriyel elektrik izleme sistemleri için üç tip boru ısı izleme kablosu kullanılmaktadır.

- **Kendini Sınırlayan Polimer ceketli kablolar:** Bu ısı izleme kabloları 200°C'ye kadar sıcaklıklar ve 250 m'ye kadar devre uzunlukları için uygundur.
- **Mineral Yalıtımlı Isıl İzleme Kabloları (MI):** Bu tür ısı izleme kabloları 650 °C'ye kadar sıcaklık ve 1000 m'ye kadar devre uzunlukları için kullanılır.
- **Yüzey temaslı Isıtma Sistemi Kabloları:** Orta sıcaklık aralıkları ve çok daha uzun ısıtma devreleri için yüzey temaslı ısı izleme kabloları kullanılır. 25 km uzunluğa kadar kullanılabilir ve nominal sıcaklıkları 250 °C'ye kadardır.

Elektriksel izleme için ısı izleme sıcaklığının kontrol altına alınması çok önemlidir. Isıl izleme sıcaklık kontrolü için çeşitli kontrol panelleri kullanılır. Isıl izleme sisteminin 240V + %5, 50 Hz, tek fazlı AC beslemesinde çalışması uygun olur. Isıtıcı bantlarına/ısı izleme kablolarına güç kaynağı, yüklenici tarafından karar verilecek stratejik konumlarda /yük merkezlerinde sahada bulunan yerel dağıtım panellerinden (LDP'ler) olmalıdır.

1.18.2.2 Boru Isıl İzleme Bantları / Isıtma Bantları

Isıl izleme kabloları, ısı izleme bantları olarak da bilinir. Endüstriyel kullanımda ısı izleme bantları veya ısıtma bantları aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Isı izleme bantları boru veya ekipmanın etrafına kolayca sarılmalıdır.
- Isıtma bantları, ısı transferinin daha yüksek verimliliği için boru malzemesiyle yakın temas sağlamalıdır.
- Isıl izleme bantları hızlı ısınmalıdır.

- Isıtma bantları, uygulama sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara dayanabilmelidir.
- Isıl izleme bantları veya ısı izleme kabloları dayanıklı ve uzun ömürlü olmalıdır

Ayrıca, ısıtma bantları aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Üst üste binme durumunda hasarı önlemek için, ısıtma bantları yanmaya karşı dayanıklı özelliğe sahip olmalıdır. Isıl kablolar kullanım boylarına göre, kesilmeden kullanılmalıdır. (Kesilme durumunda kablo toplam direnci değişir ve sonuç olarak çekeceği akım değişir)
- Isıtma bantları, proses veri tablolarında tanımlanan alanda kullanıma uygun olmalıdır. Güvenli ve tehlikeli alan uygulamaları için korozyona dayanıklı metalik örgü sağlanmalıdır.
- Tehlikeli alan uygulamalarında, ısıtma bantlarının yüzey sıcaklığı 200 °C'yi geçemez.
- Vanalar, flanşlar, boru destekleri ve benzeri ısı emiciler için ekstra ısıtıcı bant uzunluğu sağlanacaktır. Isıtıcı bant montajı tasarlanırken, vananın kolay bakımı veya çıkarılması ile ağırlığı tutan boru desteği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Isı bandı yüzeyleri ve dokunacağı yüzeyler, ısıtıcı bantlar borulara ve diğer ekipmanlara takılmadan önce temizlenmelidir.

Isıl izleme, sistemin iklim koşullarından bağımsız olarak proses açısından çalışmasını sağlamak için kullanıldığında, Süreç Kontrol İzleme (Process Control Tracing) olarak bilinir

Yine iklim koşulları nedeniyle sadece donmayı önlemek için ısı izleme kullanıldığında, sadece Donma İzleme (Winterization Tracing) olarak bilinir.

1.18.2.3 Elektrikli Isıl İzleme Sistemi Sınırlamaları

- Üst üste binme durumunda hasarı önlemek için, ısıtma bantları yanmaya karşı dayanıklı özelliğe sahip olmalıdır. Isıl kablolar kullanım boylarına göre kesilmeden kullanılmalıdır. (Kesilme durumunda kablo toplam direnci değişir ve sonuç olarak çekeceği akım değişir)
- Isıtma bantları, proses veri tablolarında tanımlanan alanda kullanıma uygun olmalıdır. Güvenli ve tehlikeli alan uygulamaları için korozyona dayanıklı metalik örgü sağlanmalıdır.
- Tehlikeli alan uygulamalarında, ısıtma bantlarının yüzey sıcaklığı 200 °C derecesini geçemez.
- Vanalar, flanşlar, boru destekleri ve benzeri ısı emiciler için ekstra ısıtıcı bant uzunluğu sağlanacaktır. Isıtıcı bant montajı tasarlanmasında, vananın kolay bakımını veya çıkarılmasını ve ağırlığı taşıyan boru desteğini göz önünde bulundurmak gerekir.
- Isı bandı yüzeyleri, ısıtıcı bantlar borulara ve diğer ekipmanlara takılmadan önce temizlenmelidir.

1.18.2.4 Elektrikli Isıl İzleme Sisteminin Dezavantajları

- Elektrikli Isıl İzleme sisteminin kuruluş ve işletme maliyetlerinin düşük olmasına karşın, özellikle bazı kimyasal tesislerde, patlama ve alev alma riskleri nedeniyle kullanımı oldukça tehlikelidir.
- Özellikle belirli bir ısıyı muhafaza etmek amacıyla tasarlanmış tesislerde, herhangi bir tehlike anında sistemin manuel veya otomatik olarak kapatılmasından sonra, sistemin yavaş devreye girmesi nedeniyle istenen değere ulaşmak zaman almaktadır.
- Genelde elektrikli sistemlerde kW/saat başına düşen enerji maliyeti daha yüksektir. Özellikle kojenerasyon tesislerinde enerji kullanımı arasındaki fark daha fazla olmaktadır.

1.18.2.5 Isıl İzleme Tasarım Adımları

Boru ısı izleme sistemini tasarlamak için aşağıdaki adımlar izlenir:

- Boru veya ekipmandan ısı kaybının hesaplanması.
- Yalıtım sistemini ısı kaybına göre ayarlayın.
- Rüzgâr hızı ve ek güvenlik faktörü (emniyet marjı) göz önünde bulundurularak ısı kaybını düzeltin.
- Yani bu hesaplanan değer ısı izleme sistemi tasarımı için altlık olarak kullanılacaktır. Isıl izleme sistemi, proses sıvısında gerekli ısıyı (sıcaklığı) korumak için boru sistemine en az bu kadar ısı katmalıdır.

1.18.3 BORU ISI İZLEME İÇİN GENEL GEREKSİNİMLER

1.18.3.1 Buhar İzleme İçin Genel Kurallar

- Buhar izleme besleme hatları, kuru kaliteli buhar sağlamak için Besleme Kolektörü üstünden alınacaktır.

- Tesis düzeninde yer ayırmak için buhar izleme besleme kolektörleri ve yoğuşma kolektörleri için yerleşimleri ön tasarımda belirleyin. Bu, buhar kullanılmayan ısı izleme akışkan besleme ve dönüş kolektörleri (kızgın yağ, glikol vb.) için geçerlidir.
- İzleyicilerin montajını kolaylaştırmak için yalıtım çapında gerekirse bir üst çap kullanın.
- Küçük çaplı refakat borularında, belli aralıklarla ısı genleşme lupları bırakılması gerekmektedir. Bu lupların içerisinde yoğuşma birikimini engellemek için luplar kesinlikle yukarıya doğru bakacak şekilde monte edilmelidir.
- Refakat hattında yapılacak hidrotest sonrası sistemin tamamen boşaltıldığından emin olmak için flaş ettikten sonra hattın üflenmesi ve sıcak hava ile kurutulması gerekir.

1.18.3.2 Cihazlarda Isıl İzleme Uygulaması

İşlem koşulu gerektirdiğinde boru üzerindeki aletlerin ısı izlemesi de yapılır. Bu durumda, boruların diğer tüm enstrümanlar için buhar beslemesi ve yoğuşma toplama kolektörleri sağlaması gerekir. Boru İzlemeli Ekipmanlar ve Kontrol Sistemi tarafından kontrol edilen izlemeli enstrümanlar arasındaki farklı ekipman grupları, montaj çiziminde iki bölüm arasındaki çizgi P&ID ve çizim kurallarına göre kopartılarak eşleşecektir.

Isıl İzleme Sistemi Açıklaması

Boruları, ekipmanı ve aletleri proses sıvılarının tıkanması veya donmasına neden olacak, çalışmalara engel olacak veya ekipmana zarar verecek sıcaklıklara karşı korumak için buhar, sıcak su, glikol veya kızgın yağ ısı izleme gibi çeşitli ortamlar kullanılarak monte edilir.

Isıl İzleme Tasarım Gereksinimleri

- En soğuk ayın günlük ortalama düşük sıcaklığı, daha sonra gerekli kış koruma derecesini belirleyen düşük ortam tasarım sıcaklığını seçmek için kullanılmalıdır.
- 4°C ve altındaki atmosfer veya iç ortam şartlarında tüm durağan-akmayan içme ve kullanma suyu ile yangın suyu pompa istasyonlarında pompalar ve 2" altındaki tüm borularda ısı izleme gereklidir
- -1 °C altındaki sürekli sıcaklığın genellikle 24 saat veya daha uzun süre kaydedildiği durumlar dışında su hizmeti için donma kontrolü gerekmez.
- Kompresörler, üfleyiciler ve diğer mekanik ekipmanlar düşük ortam tasarımı sıcaklığında çalışma için belirtilmelidir.
- Özellikle viskozitesi sıcaklığın fonksiyonu olarak değişen akışkanlığı azalan tesisata uygulanır. Yağ, fueloil vb.
- Ayrıca yoğuşma sıcaklığı altındaki tüm cam yünü/ kaya yünü malzemeler ile izolasyonlu borularda ısı izleme kurutma amaçlı kullanılır

Isı İzleme Sırasında Isı Tasarrufu

- Mümkün olan yerlerde, ısı tasarrufu için yalıtım kullanılmalıdır.
- Isıl izleme, artı yalıtım, ısı tasarrufu için alternatif bir yöntemdir.
- Bir proses hattı yüksek ısı girişi gerektirdiğinde ve yaygın ısı izleme yöntemleri yetersiz olduğunda ısı transfer çimentosu kullanılabilir.
- Buharlı ceketler, ısı transfer çimentosu ile buhar izlemenin yetersiz olduğu belirli durumlarda kullanılır.
- Hassas sıcaklık kontrolü gerektiğinde veya buhar izlemenin pratik olmadığı durumlarda elektrikli izleme kullanılır. Elektrik izleme için termostat ayarı sıvı çalışma sıcaklığından daha yüksek olmamalıdır.

Donma Kontrol Yöntemleri (Winterization Control)

Sıvının dolaşımını sağlamak için yeterli bir güç kaynağının mevcut olduğu yerlerde dolaşıma göre donma kontrolü sağlanacaktır.

Aralıklı hizmette olan şebeke suyu ve basınçlı hava ile pnömatik kontrol havası boşaltılarak don kontrolü yapılır.

Buhar izleme ile donma kontrolü, sirkülasyon ve drenaj ile donma kontrolünün pratik olmadığı zamanlarda tercih edilen yöntemdir.

Hassas sıcaklık kontrolü gerektiğinde veya buhar izlemenin pratik olmadığı durumlarda elektrikli izleme ile donma kontrolü sistemleri kullanılır. Elektrik izleme için termostat ayarı sıvı çalışma sıcaklığından daha yüksek olmamalıdır.

Minimum izleme buhar basıncı 1 Bar olmalıdır; gereken maksimum değer 10,3 Bar üzerine geçmemelidir. Minimum basınçta, kondens, tesisin kanalizasyon sistemine yönlendirilmelidir. Yoğuşma eğer toplanırsa, minimum kullanılabilir basınç 1,7 Bar altında olmamalıdır.

Buharlı Boru İzleyici Çap ve Uzunluğu

- Gerekli izleyici çapı, Isı Kaybı Grafiğinde bulunan boru ısı kaybı ve izleyici buhar basıncı ile genelde belirlenmektedir
- Minimum izleyici çapı, DN 25(1") boru için OD 8 mm (3/8") dikişsiz boru ve maksimum çap DN25 (1") inç boru kullanılır. Isı Kaybı Grafiğinin birden fazla izleyici için gereksinimleri gösterdiğinde, ısı transfer çimentolu tek bir izleyici dikkate alınacaktır.
- Isı transfer çimentosu⁵⁶ kullanırken, 8 mm (3/8") ve DN15 (1/2") OD dikişsiz boru izleyiciler önerilir. Daha fazla izleyici alanı gerekiyorsa, yukarıdaki çaplarda birden fazla devre izleyici kullanılır.
- Maksimum izleyici uzunluğu, izleyici boyutuna ve buhar basıncına göre aşağıdaki genel kurallara dayanır

Buhar basıncı 1 Bar - 1,7 Bar

- 60 metre'ye kadar 3/8" ve 1/2"
- 100 metre'ye kadar 3/4" - 1" izleyiciler kullanılır.

Buhar basıncı 3,5 Bar- 13.8 Bar

- 60 metre'ye kadar 3/8" ve 1/2"
- 120 metre'ye kadar 3/4" - 1" izleyiciler kullanılır.

Isı transfer Çimentosu ile Isıl İzleme İçin Boru İzleyici çap ve Özellikleri.

- Paslanmaz çelik boru hatları için kullanılacak düşük karbon çelik borular, ısı transfer çimentosu içerisinde uygulanmalıdır. Paslanmaz çelik enstrümanlar için bakır boru ile izleme yapılmalıdır.
- Her boru izleyici devrenin kendi buhar kapağı olmalıdır. İzleyici kapanları kanalizasyona deşarj olacaktır.
- Sıkıştırma tipi bağlantı elemanı ile yapılan devreler (Compression Fittings) yalıtımın dış çapında monte edilmelidir.
- Soket tipi bağlantı elemanı ile yapılan devreler yalıtımın içine monte edilebilir.
- Buhar izleyiciler yalıtım uygulanmadan önce basınç test edilmelidir. Acil durumlarda yalıtım uygulanabilir, ancak bağlantı parçaları test tamamlanana kadar açıkta bırakılmalıdır.

Derleyen Notu: Paslanmaz Çelik boru ile Düşük Karbon Çelik Buhar Borusu hiçbir şekilde birbirine temas etmemelidir, kontrol edilemiyorsa ana boru ile aynı nitelikte malzeme kullanılması tavsiye edilir. Aynı şekilde Paslanmaz Çelik Vanalar ile Bakır Buhar Borusu hiçbir şekilde birbirine temas etmemelidir, kontrol edilemiyorsa ana boru ile aynı nitelikte malzeme kullanılması tavsiye edilir. Sahada emniyet için özellikle alaşımli paslanmaz çelik boru ve vanalar için galvanik reaksiyon tablosundan ayrıca demin buhar kondensden etkilenmeyecek malzeme seçilmelidir.

Isıl İzleyici Cep Derinliği

- Cep derinliği, boru izleyicinin en düşük noktadan en yüksek noktaya akış yönündeki montaj mesafesidir. Toplam cep derinliği, boru izleyicinin tüm boru boyunca yükselticilerinin toplamıdır.
- Maksimum izleyici toplam cep derinliği, metre ile ifade edilen izleme buhar alet basıncının %40 veya altında olmalıdır.

1.18.3.3 Buhar Isıl İzleme Sistemi Avantajları

- Özellikle buharın yan ürün ya da ekzotermik proses olduğu kimyasal tesislerde buhar kazanında atık işlemi gördüğünden maliyeti elektriğe karşı kıyaslanmayacak kadar düşük olup bunun elde edilmesi için ek bir masraf yapılmamaktadır.
- Özellikle kıvılcım nedeniyle parlama ve patlama riski bulunan tesislerde buharın Isıl izleme yöntemi olarak kullanılması, konuyla ilgili standartlar tarafından da önerilmiştir.

1.18.3.4 Buhar Isıl İzleme Sistemi Dezavantajları

- Buharlı sistem genelde metal dışı malzemelerde ve kaplanmış boru ve tanklarda önerilmektedir.
- Buharlı sistemlerde vana ve bağlantı noktalarında kaçaklar zaman zaman ciddi sorunlara neden olabilir.

⁵⁶ Isı transfer çimentosu, buhar veya elektrik izleyicisi ile proses borusu arasındaki ısı transferini önemli ölçüde iyileştirmek için kullanılır.

Tablo 46 Isıl İzleme Sistemleri Toplu Değerlendirmesi

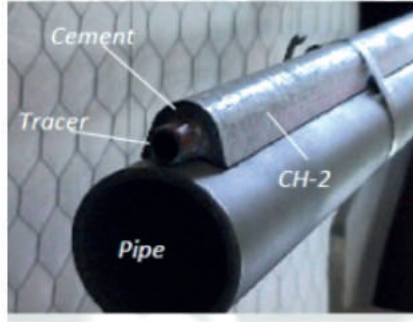
Isıl İzleme Yöntemi	Maks. İşletme Sıcaklık.	Maks. Maruz Kalma Sıcaklığı	Avantajlar	Dezavantajlar
Isı Transfer Akışkanı				
Buhar	204°C	-	Atık buhar değerlendirilmiş olur; Patlama ortamında güvenli, yüksek ısı transferi.	Homojen olmayan ısı dağılımı; kurulumu ve bakımı pahalı, hassas olmayan sıcaklık kontrolü; enerji israfı
Organik	260-400°C	-	Orta sıcaklık kontrolü, geniş temperleme aralığı, düşük donma sıcaklıkları	Nispeten pahalı; sirkülasyon sistemine ihtiyaç duyar, sızıntılar tehlikeli olabilir.
Glikoller	121°C	160°C	Orta sıcaklık kontrolü; kullanım durduğunda dona karşı koruma sağlar, donma noktasını iyileştirir, işletme maliyeti buhardan düşüktür	Nispeten pahalı; (glikoller işlem sıvılarından daha ucuzdur); yüksek kurulum maliyetleri, sirkülasyon sistemine ihtiyaç duyar; sızıntı tehlikeli olabilir.
Elektrik				
Kendi kendini düzenleyen	65-149°C	85-215°C	Yanmaz -en güvenilir elektrikli ısıtma kablosu; enerji verimli	Sınırlı sıcaklık aralığı
(MI) Kablo	590°C	800°C	Sağlam; yüksek sıcaklı ve yüksek güç yeteneğine sahiptir.	Kesilmesi zor; kablodaki bir kırılma açık devreye neden olur; birbirine değmemelidir.
Bölge	65-204°C	121-538°C	Bölgesel kesilebilir; Bir ısıtma elemanı arızalanırsa devre çalışmaya devam eder	Nispeten kırılğan; nem nüfuz etmesinden zarar görebilir, kendi ısısından kendi kendini imha edebilir, kendi üzerinden geçilirse yanabilir.
Yüzey Etkisi	204°C	232°C	Basit bileşenler; sağlam, az enerji girişi; prefabrik izolasyonlu boru hattının bir parçası olabilir.	1524 m'den daha kısa uygulamalar için nispeten pratik değildir; tasarımı karmaşıktır.
Empedans	Besleme kablo ve bağlantı arızasına kadar	-	Yüksek ısı transferi ve hassas ısı kontrolü; yüksek ısı yeteneği, ısıtma izole edilmeli, eleman kavrulmaz.	Pahalı özel tasarım; tüm boru hattı yapısı, elektriksel olarak izole edilmelidir.
İndüksiyon	Curie noktasına kadar	-	Yüksek sıcaklık kabiliyeti, yüksek ısı transfer oranları	Çok pahalı; zor özel tasarım, ticari olarak tercihe bağlı

1.18.3.5 Isı Transfer Çimentosu

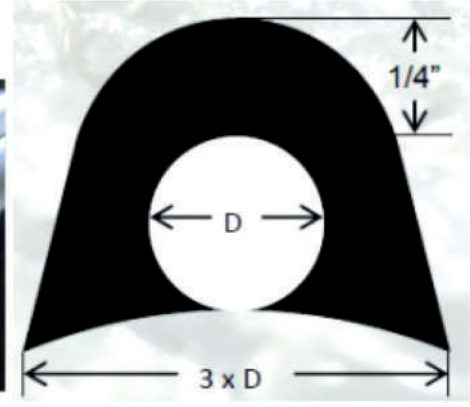
Isı transfer çimentosu, buhar veya elektrik iletkeni ile proses borusu arasındaki ısı transferini önemli ölçüde iyileştirmek için tasarlanmıştır. Isı transfer çimentosu, iletkenler ve boruların etrafında doğal olarak bulunan hava boşluklarını doldurur. Bu yöntem dolgu yöntemi denir ve iletken ile boru arasında iyi bir mekanik bağın olmasını sağlar ve konveksiyon yerine iletkenlik ile ısı transferini iyileştirir. Isı transfer çimentosu kullanmak, ısı kayıplarını değiştirmek için geleneksel olarak birden fazla iletkeni geçişine ihtiyaç duyulan proses sıcaklığı uygulamaları için gereken iletkeni sayısını önemli ölçüde azaltabilir. Isı transfer çimentosu, iletkenler ve proses hatları arasındaki ısı transferini önemli ölçüde iyileştirmek için tasarlanmıştır. Isı transferi çimentosu, buhar ve elektrikli ısı iletkenlerini, boruları, vanaları, pompaları ve diğer ekipmanları birbirlerine temas etmeleri için termal olarak bağlar. Normalde ısı iletkeni ve proses ekipmanı arasında bulunan hava boşluklarını, ısıyı proses ekipmanına iletim yoluyla verimli bir şekilde aktaran ısı iletken, termal mastik ile doldurur. Normal hava boşluklarının ısı iletken çimento ile dolması, konveksiyon ısı transferini 10 kata kadar iyileştirilir.



Şekil 222 El Uygulaması



Şekil 223 Prefabrik Uygulama



Şekil 224 Uygulama Ölçüleri

Genelde farklı sıcaklık sınırları için farklı tesisatlar için ısı transfer çimentoları yaygın olarak kullanılmaktadır, aşağıda üretim sınırlandırmalarına göre tasnif edilmiştir.

- 230 °C'ye kadar kullanılanlar.
- 400 °C'ye kadar kullanılanlar.
- 680 °C'ye kadar kullanılanlar.

1.19 BORU İÇİ TEMİZLEME CİHAZLARI

Boru tesisatlarında temizleme işlemleri mekanik olarak sürtünme işlemi ile yapılır. Boru domuz (veya domuz aletleri), boru hattının sıvı basıncı kullanılarak boru hattından itilerek temizlenmesi için kullanılan nesnelere, kapsül gibidir. Uzun boru hatlarında, Domuz Gönderme İstasyonundan (Pig Launcher Station) atılan domuz (pig), arkasından gelen akışkanın önünde boru içerisinde ilerlerken, temizleme ve temizleme dışında çok farklı işlevleri yerine getirebilir. Domuzun hattın çıkışı, Domuz Karşılama İstasyonunda (Pig Receiver Station) olur. Boru, domuzun dönerek yaptığı fırçalama hareketi ile temizlenir. Bu temizleme işlemine Domuz atma (pigging) denir. Pigging, boru hatlarının temizlenmesi dışında boru hatlarının incelenmesi için de yapılır.

Boru domuzları ayrıca çok ürünlü boru hattında farklı ürünleri ayırmak için de kullanılır. İki ürün arasında ayırım için boru domuzlarının kullanılması, iki farklı ürün arasında geçiş yapmak ve hat yıkamak için gereken ürün ve zamandan tasarruf sağlar. Toplu işlemler arasında boru hatlarının temizlenmesi için hat yıkama yerine domuz aletinin kullanılması, çevreye zararlı temizlik maddesi sıvılarının ortadan kaldırılması anlamına da gelir. Endüstri de birçok alanda yaygın olarak kullanılır.

Boru domuzları aşağıdaki görev türlerini gerçekleştirmek için kullanılır:

1. Boru hattının temizlenmesi ve çamurun yer değiştirmesi
2. Aynı işlem hattındaki farklı ürünlerin toplu işlemleri arasında ayırım
3. Boru hattı için denetim aracı

1.19.1 BORU HATTI PİG- AMAÇ, DOMUZ TÜRLERİ VE PROSEDÜRÜ

Boru hattı domuzlaması, bir domuzu bir domuz fırlatıcısından boru hattına itme ve domuzu boru hattının domuz alıcı ucundan alma işlemidir. Çeşitli domuz türleri, temizleme, su sıyırma, kimyasal temizlik ve tamirat, çap kontrolü veya boru içinin komple muayenesi için amaçlanan işleve bağlı olarak boru hattından itilir. Boru hattı arızası operatöre büyük ekonomik ve güvenlik sonuçlarına neden olabilir. Boru hattı domuzlaması boru hattı bütünlüğü yönetiminin önemli bir yönüdür ve boru hattının tasarım ömrü boyunca güvenli bir şekilde çalıştırılabilmesini sağlamak için projenin çeşitli aşamalarında gerçekleştirilir. Boru hattı domuzlama işlemleri, boru hattı çalışırken gerçekleştirilebilir, böylece arıza süresi maliyetleri de önlenir.

Domuz (Pig) nedir.

Domuzlar, boru hattında akan sıvı veya gaz engellenmeden, bir domuz fırlatıcısından gönderilen ve domuzu boru hattının diğer ucunda güvenli bir şekilde almak için bir domuz alıcısının (tuzak) sağlandığı sistemde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Domuzlar genellikle stabilite sağlamak ve boru bükme yerlerinden takılmadan geçebilmek için bir dizi kauçuk conta ile çelikten üretilir. Yolculuğun sağlanması için arkadan gelen akışkanın domuzun boruya değdiği kenarlardan sızması için boru iç çeperine sıkıca dayanmalı ama esnek olmalıdır. Kauçuk contaların esnekliği, gerekli basınç düşüşünü oluşturmak için bir conta ve domuzun boru hattındaki küçük boyutsal varyasyonlardan geçmesine izin verirken domuzu boru hattından itmek için bir kuvvet sağlar. Domuzlar boru hattında çeşitli işlevleri yerine getirmek için kullanılır. Boru hattı pig işlemleri, projenin yapım ve devreye alma aşamalarında ve tesis tesislerinin normal çalışması sırasında gerçekleştirilir. Domuz seçimi ve pig işlemi büyük ölçüde boru hattı sıvısına, çalışma parametrelerine, boru hattı boyutuna ve uzunluğuna bağlıdır. Bu nedenle, her boru hattı pig programı, inşaat aşamasında veya işletme ve muayene sırasında belirli bir ihtiyaca uyacak şekilde çok özeldir.

Domuz (Pig) nedir.

Domuzlar, bir domuz fırlatıcısından (tuzak) geçirilen ve domuzu güvenli bir şekilde almak için bir domuz alıcısının (tuzak) sağlandığı boru hattının diğer ucunda alınacak boru hattında akan sıvı veya gaz engellenmeden geçmek için tasarlanmıştır. Domuzlar genellikle stabilite sağlamak ve boru hattı iç cidarını kontrol etmek için sızdırmazlık oluşturmak için bir dizi kauçuk conta ile çelikten üretilir. Kauçuk contaların esnekliği, gerekli basınç düşüşünü oluşturmak için bir conta ve domuzun boru hattındaki küçük boyutsal varyasyonlardan geçmesine izin verirken domuzu boru hattından itmek için bir kuvvet sağlar. Domuzlar boru hattında çeşitli işlevleri yerine getirmek için kullanılır. Boru hattı pig işlemleri, projenin yapım ve devreye alma aşamalarında ve tesisin normal çalışması sırasında gerçekleştirilir. Domuz seçimi ve pig işlemi büyük ölçüde boru hattı sıvısına, çalışma parametrelerine, boru hattı boyutuna ve uzunluğuna bağlıdır. Bu nedenle, her boru hattı pig programı, inşaat aşamasında veya işletme ve muayene sırasında belirli bir ihtiyaca uyacak şekilde çok özeldir.

Domuz (Pig) Çeşitleri



Şekil 225 Domuz (Pig) Şekil Form ve Tipleri

Yardımcı Boru Domuzları

Bazı domuzlar, temizlik ve ürün ayırma için kullanılır. Domuzun faydasına veya amacına göre, temizlik için kullanılan 'temizlik domuz aletleri' ve iki ürün arasında ayırım için kullanılan 'sızdırmazlık veya ayırma domuz aracı' olarak sınıflandırılır. Domuz yapısına bağlı olarak, yardımcı domuzlar 'köpük domuzlar', 'mandrel domuzları' ve 'Top domuzlar' olarak sınıflandırılır. Köpük domuzlar kapsül şeklindedir ve polimer köpükten yapılır. Mandrel domuzları 'mandrel' adı verilen merkezi bir tüple şekillenmiş ortası milli iki tarafı boru çapında kauçuktur. Domuz aracını farklı işlemlere uyacak şekilde özelleştirmek için bu mandrel'e farklı bileşen türleri eklenebilir. Küresel domuz aletleri, poliüretan köpükten yapılmış katı küreler veya glkol ve su kullanılarak şişirilmiş şişme kürelerdir.

⁵⁷ Manyetik Akı kaçağı (MFL) yöntemi, boru hattı yapılarının hem yüzeyindeki hem de uzak yüzeyindeki kusurları değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan elektromanyetik Tahribatsız Test (NDT)'nin köklü bir dalıdır.

Muayene Domuz Aracı

Ayrıca 'akıllı domuz'lar da vardır. Borunun durumunun ve/veya içeriğinin incelenmesi için kullanılır. Bu domuzlar boru hattından geçerken çeşitli veri toplamak için sensörlerle donatılmıştır. Akıllı bir domuzdaki elektronik cihazlar ve sensörler domuz üzerindeki pillerle çalışır. Yüzey çukurlaşması, çap kalibrasyonu, iç duvarların korozyonu, boru hatlarındaki çatlaklar ve kaynak kusurları genellikle manyetik akı sızıntısı (MFL) domuzları⁵⁷ kullanılarak tespit edilir. Diğer akıllı domuz aletleri, boru kusurlarını tespit etmek için elektromanyetik akustik dönüştürücüler kullanır. Kaliper domuzları, kırma veya diğer deformasyon alanlarını belirlemek için boru hattının yuvarlaklığını ölçebilir.

Jel Domuz Aracı

Jel domuzlar, ilk devreye alma sırasında veya devam eden bir bakım programının bir parçası olarak boru hattı işlemlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş bir dizi jel sıvı sistemdir. Boru hattı jellerinin çoğu su bazlıdır, ancak bir dizi kimyasal, çözücü ve hatta asit jel vardır. Bazı kimyasallar dökme sıvı olarak jel haline getirilir ve diğerleri sadece bir taşıyıcıda seyreltilir. Jel dizel genellikle gaz hatlarında korozyon inhibitörü taşıyıcısı olarak kullanılır. Bir sıvı olarak, yüksek viskoz olmasına rağmen, jel sıvıları kabul edecek herhangi bir hattan pompalanabilir. Jel domuzlar tek başına (sıvı hatlarda), toplu domuzların yerine veya çeşitli geleneksel domuz türleriyle birlikte kullanılabilir. Geleneksel domuzlarla kullanıldığında, jel domuzlar genel performansı artırabilirken, domuz yapışma riskini neredeyse ortadan kaldıracaktır. Jel domuzlar geleneksel domuzlar gibi hizmette aşınmaz. Bununla birlikte, seyreltme ve gaz kesmeye karşı hassas olabilir. Bu nedenle, domuzların sıvı baypasını en aza indirmek için jel domuzları içeren bir domuz treni tasarlanırken ve gazla yerinden ederken trenin arkasına geleneksel bir domuz yerleştirmeye özen göstermelisiniz.

1.19.2 İNŞAAT AŞAMASINDA BORU HATTI DOMUZ ATIM İŞLEMİ (PIGGING)

1.19.2.1 Boru Hattı İnşaatı Sırasında Temizlik

Boru hattının hidro test edilmeden önce, geometrisinin proje spesifikasyonuna uygun olduğundan emin olmak için temizlenmesi ve ölçülmesi gerekir. Boru hattına ölçüm veya kalibrasyon domuzu atılmadan önce boru hattına temizleme domuzu atılması gerekir. Zira boru hattının montajı sırasında boru temizliğine genellikle gerekli özen gösterilmediğinden, hattın içerisinde toz, toprak, pas ve kirin yanında, kaynakçı eldiveni, kaynakçı maskesi, elektrot, taş motoru ve hatta kumanya paketi gibi birçok malzeme bırakılır. Bu pislik ve malzemeler boru hattını hizmete sokmadan önce temizlenmezse kalibrasyon pigleri, boru hattı geometrisi ve kusurları hakkında yanlış bir gösterge verebilir. Üstelik boru hattındaki yabancı maddeler temizlenmezse, işletme sırasında sistem üzerindeki ekipmanlara da zarar verebilir.

Bu nedenle boru hattı ön temizliği için, bir veya daha fazla fırça domuzu treni kullanılabilir. Temizlik işlemine, boru hattından çıkan domuzun getirdiği pisliklerin, standartlarda belirtilen ve izin verilen miktara düşmesine kadar devam edilir.

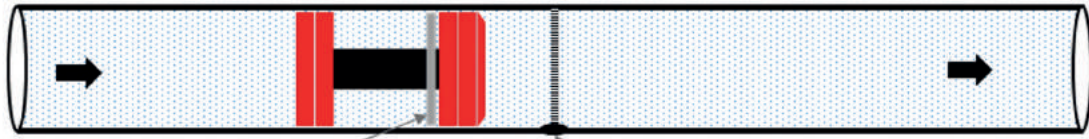
Bununla birlikte, boru hattı örneğin füzyon bağlı epoksi (FBE) ile iç kaplamalıysa, fırça domuzlarının kullanımı boru hattının iç kaplamasına zarar verir ve bu nedenle kullanılamaz. Temizlik domuzları için önerilen hızlar 0,5 ile 1 m/s arasındadır



Şekil 226 Tipik Temizlik Domuzları

1.19.2.2 Ölçüm ve Kalibrasyon

Ölçüm domuzları boru hatlarının iç çapını ölçer veya ölçer ve projenin yapım (ön devreye alma) aşamasında kullanılır. Tipik olarak, çapı boru hattı iç çapının %95'i kadar olan alüminyum ölçüm plakaları ile sağlanır. Alüminyum plaka malzemesi, göçükler, boru hattı içindeki çap düşüşü veya tokalar gibi herhangi bir tıkanıklık ile karşılaştığında deforme olur. Alüminyumun çelikten daha yumuşak olması boru hattının iç yüzeyine zarar vermesini engeller. Bu işleme de kabul edilebilir değerlere ulaşılan kadar devam edilir. Ölçüm domuzları, hat boyunca konumu ve yaşanan sıkıntıyı kaydetmek için elektronik izleme cihazları ile donatılabilir. Ölçüm domuzu boru hattında sıkışırsa, boru hattındaki akışı tersine çevirerek geri çekilebilmesi için çift yönlü bir ölçüm domuzu çalıştırmak tercih edilir. Bazı durumlarda, sıkışan domuzun çıkartılabilmesi için, hattın o kısmının kesilmesi de gerekebilir. Boru hattının istenilen şartları yerine getirdiğinin belgelenebilmesi için, mal sahibine teslim etmeden önce, kalibrasyon domuzundan önce ölçüm domuzunun atılması uygundur.

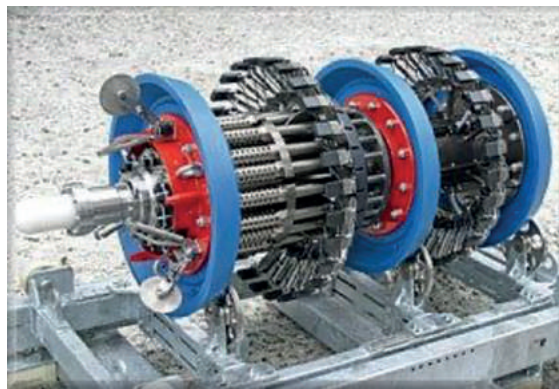


Domuz ölçüm plakası boru içerisindeki engeller üzerinde çarpıtılabilir

Şekil 227 İşlem Hattı'nda bir Engellemeyle Karşılaşan Ölçme Domuzu - Şematik

1.19.2.3 Kaliper Domuz İşlemi (Caliper Pigging)

Kalibrasyon domuzları, mekanik hasarın ve/veya ezikler, ovallık ve iç çap geçişleri gibi iç profil değişikliklerinin saptanması amacıyla kullanılır. Akıllı domuz denen sınıfa girer. Asıl amaç, akıllı domuzun herhangi bir engelle karşılaşmadan boru hattından geçebildiğinin belgelenmesidir. Kalibrasyon domuzundan gelen verilere göre boru hattının gerekli yerlerinde düzeltmeler yapılması söz konusu olur. Kalibrasyon domuzları normalde esnek olacak şekilde tasarlanmıştır ve küçük çap azalmalarını geçebilir. Çoğu, boru cidarının iç profilini takip eden mekanik sensörlerle (parmaklar) donatılmıştır. Tipik olarak, bu domuzlar boru çapının %1-%2'si arasında ezikleri ve çap azalmalarını saptayabilir. Mekanik kalibrasyon domuzları, tortu veya katı balmumu üzerinden geçerken yanlış okumalar verebilir, bu nedenle kalibrasyon domuzunu çalıştırmadan önce boru hattının temizlenmesi ve ölçülebilmesi hayati önem taşır.

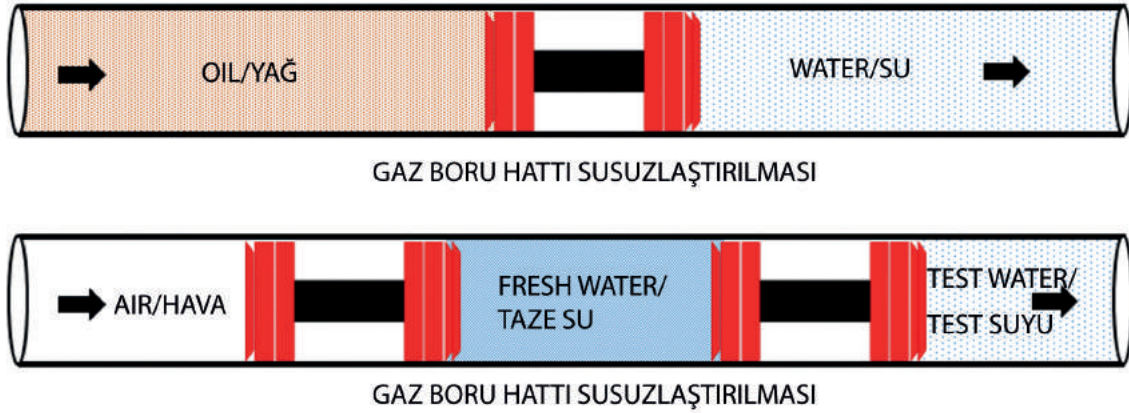


Şekil 228 Kaliper Domuz Üzerindeki Ekipmanlar ile Görünüşü

1.19.2.4 Su Uzaklaştırma

Deplasman domuzları boru hattındaki hava veya sıvıyı yerinden etmek için kullanılır. Hidrotest tamamlandıktan sonra test suyunu çıkarmak için bir boru hattında kullanıldığında, bunlara su sıyırma domuzları denir. Hidrotest tamamlandıktan sonra, su uzaklaştırma, basınçlı hava kullanarak boru hattında bir dizi domuz kullanmayı gerekli kılar. Sıvı akışkan taşıyan boru hatlarında, başlangıç aşamasında hattın içerisinde su olması istenmez. Boru hattında korozyon ve hidrat oluşumunu önlemek için hattın tamamen sudan arındırılması gerekir. Boru hattını hidrotest

etmek için arıtılmış deniz suyu kullanılmışsa, pig işlemi, aşağıdaki şematikte gösterildiği gibi ilk iki domuz arasında ve ardından havadan oluşan tatlı su içeren hazneden oluşacaktır. Su sıyırma işlemi tamamlandıktan sonra bile, boru hattında hala önemli miktarda su kalabileceğinden, kurutma işlemine gerek duyulur.



Şekil 229 İnşaat Aşamasında Boru Hatlarının Su Sıyırması - Şematik

1.19.2.5 Kurutma

Yukarıda belirtildiği gibi, su uzaklaştırma işlemini gerçekleştirdikten sonra boru hattında önemli miktarda su hala bırakılabilir. Kalan su, artık suyu taramak için bir dizi köpük domuz kullanılarak çıkarılabilir. Bununla birlikte, hiçbir miktarda suyun tolere edildiği kuru gaz boru hatları için, boru hattına, alıcı uçta ölçülen çiy hava noktası boru hattının kuru durumda olduğunu gösterene kadar kuru hava üflenir.

1.19.2.6 Temel Durum Analizi için Akıllı Domuzlar

İşlemden önce boru hattının durumunu belirlemek ve kaydetmek için akıllı domuzlar kullanılarak temel bir inceleme veya satır arası detaylı durum incelemesi (ILI)⁵⁸ gerçekleştirilir. Bu temel çalışma, sonraki inceleme sonuçlarında ortaya çıkacak kusurların, boru hattının tasarım ömrü üzerindeki etkisini değerlendirmek için temel sonuçlarla karşılaştırılmasını sağlar. Temel ILI'nin yapılmaması durumunda, işletmecilere teslim sırasında veya boru hattındaki sonraki korozyon nedeniyle bir kusurun mevcut olup olmadığını belirlemek zordur ve bu da boru hattındaki kusur büyümesinin yanlış değerlendirmelerine neden olur. İşletme ve Muayene aşamasında düzenli ILI yapılması, boru hattının bütünlüğünü korumak için kurulacak korozyon oranlarını ve bunları azaltıcı önlemleri kolaylaştırır.



Şekil 230 Karışıklı Domuz Şeması

1.19.3 OPERASYON VE İNCELEME SIRASINDA BORU HATTI DOMUZ (PIG) İŞLEMLERİ

Operasyonel pig uygulaması, boru hattının tasarım ömrü boyunca bütünlüğünü sağlamak için gerçekleştirilir. Operasyonel pig uygulama işlemleri, güvenli akış sağlanmasında önemli bir rol oynar. Boru hatlarında operasyonel domuz sürülmesi, su bırakma, yumuşak balmumu, kum birikintileri ve diğer enkaz birikimini gidermek veya ölçme yapmak için sızdırmaz conta veya çift yönlü domuzlar kullanılarak gerçekleştirilir. Düzenli operasyonel pig işlemi ile boru hattı optimum verim kapasitesinde korunur ve daha yüksek bir verimlilik elde edilmesi sağlanır.

⁵⁸ ILI- In Line Inspection

Operasyonel pig işlem periyodu her boru hattı için farklıdır ve boru hattındaki akış koşullarında gereken değişikliklere, gaz bileşimine ve korozyon durumuna göre değişir. Pig işlem sonucu değerlendirme sonuçlarına ve korozyon izleme değerlendirmesine bağlı olarak, pig işlem yapılma periyodlarının düzenli olarak gözden geçirilmesi ve gerekli uyarıların yapılması gerekir.

Genellikle aşağıdaki amaçlar için düzenli pig işlemi yapılır:

- Tortu birikmesinin önlenmesi.
- Boru duvarının temizlenmesi.
- İç kalıntıların giderilmesi, kir ve pislik birikimi Mikrobiyal kaynaklı korozyon gibi korozyon mekanizmaları için elverişli bir ortam sağlayabilir. Örneğin, boru hattının iç duvarlarında balmumu birikmesi, boru hattı iç çapının ve dolayısıyla akış veriminin azalmasına neden olabilir.
- Suyun petrol boru hatlarından uzaklaştırılması ve kondensin gaz hatlarından uzaklaştırılması. Korozyon inhibitörleri, biyositler ve diğer kimyasal malzeme karışımlarının sisteme verilmesiyle etkili performans sağlanabilir.
- Boru hattı iç cidar koşullarını doğrulamak ve herhangi bir korozyon oluşumunu saptamak.

1.19.3.1 Operasyonlar Sırasında Temizlik

Boru hatları, hidrokarbonları veya suyu bir yerden diğerine taşımak için kullanılır. Çoğu durumda ham petrol, boru hattının düşük noktalarına yerleşen ve korozyona neden olan su içerebilir. Diğer durumlarda, boru hattına zararlı olabilecek kir, kum, balmumu veya diğer maddelerin birikimini temizlemek için pig gerekebilir. Temizlik sıyırıcıları, gerekli temizleme türüne bağlı olarak seçilir. Temizleme domuzları, bir dizi sızdırmazlık kupası (çok yönlü) veya sızdırmazlık diskleri (çift yönlü) ile donatılmıştır. Domuz gövdesine takılan temizleme cihazları, boru duvarına yüklenen karbon veya paslanmaz çelik tel fırçalardan boru duvarına müdahale eden büyük boy dairesel tel fırçalara kadar uzanır. Dahili hatlar için naylon kıl fırçaları kullanılabilir. Poliüretandaki pulluk bıçaklarına benzeyen, kalıplanmış kazıyıcılar veya boru hattının iç çapına uyacak şekilde profili uyarlanmış ve sertleştirilmiş çelik bıçaklar da vardır. Tüm domuzlar, boru yüzeyinin çevresini kaplayacak fırçalar veya bıçaklara göre değişik şekillerde tasarlanmıştır.

1.19.3.2 İşlemler Sırasında Toplu Karışım (Batch) İşlemler

Toplu iş, farklı ürünlerin işlem hattından taşınması işlemidir. Toplu domuzlar, ürünleri veya farklı kimyasalları farklı bölümlere konularak boru hattında farklı işlemlerin etkilerini doğru oluşmasını sağlamak için boru hattı pig işlemlerinde kullanılır. Etkili ürünleri birbirinden ayırma ve sızdırmazlık sağlamak için esnek sıyırma contaları ile domuz boyunca farklı bölümler yapılır. Toplu karışım işlemi genellikle boru içi korozyona karşı koruma sağlamak için iki domuz arasında biyosit⁵⁹li karışım gönderilmesi şeklinde uygulanır. Biyositli karışım, sadece korozyon ve diğer organik malzemeleri yok etmez, aynı zamanda boru dışına atılmasını da sağlar.

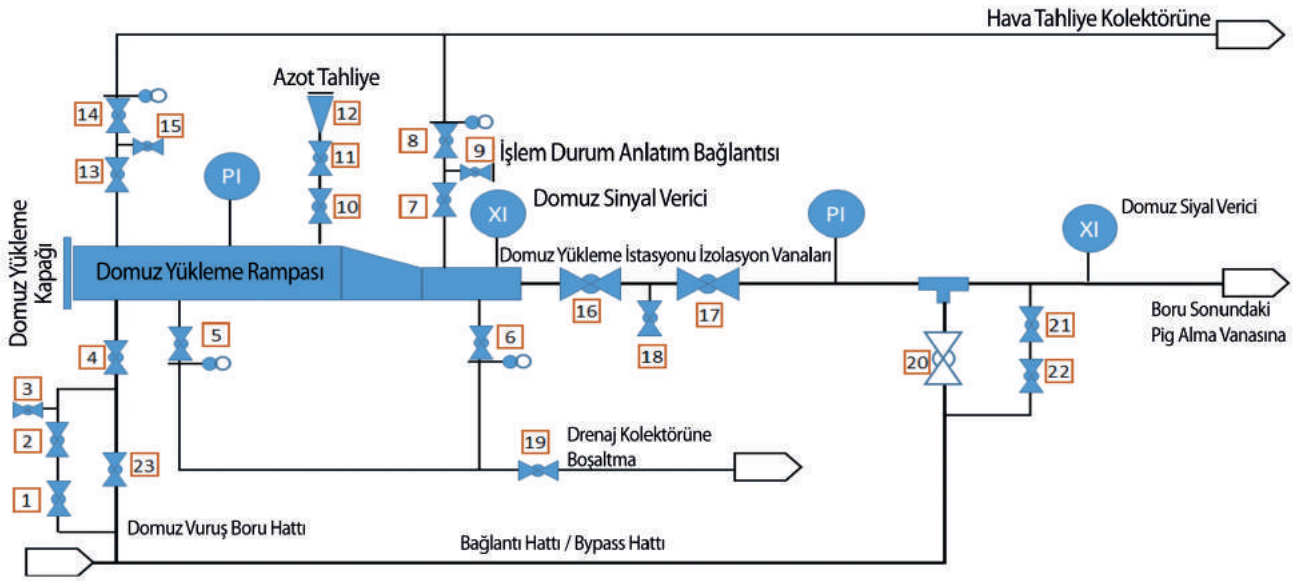
1.19.4 BORU HATTI DOMUZ KULLANMA (PIGGING) İŞLEMİ SIRASINDAKİ RİSKLER

Pig uygulama işlemi, boru hattında domuzun sıkışması, domuz atımını yaparken veya karşılarken olabilen kazalar gibi, sonucu öngörülemeyen durumlar nedeniyle çok güvenli, doğru ve planlı yapılmalıdır. Bu nedenle, her boru hattı pig operasyonunun potansiyel tehlikelerini belirlemek ve pig işlemine başlamadan önce gerekli azaltıcı etkenleri sağlamak için kapsamlı bir risk değerlendirmesine tabi tutulması birinci kuraldır.

Boru hattı pig işlemi sırasında vanaların konumu çok önemli bir risk olabilir. Pig gönderilmesini sağlamak için boru hattınıninkine eşit iç çapa sahip tam geçişli (Full Bore) vanalar veya kanal içi sürgülü (Gate) vanaları kullanılır. Tasarım sırasında çeşitli pig atılmaya uygun olması yönünde değerlendirme alınmasına rağmen, kısmen açılmış bir vana hem vananın hem de domuzun zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle pig işlemi sırasında vana konumunu kontrol etmek çok önemlidir.

⁵⁹ Biyosit-Mantar küf veya bakterileri yok etmek için hazırlanmış sıvılar

1.19.5 BORU HATTI (PIGGING)- DOMUZ FIRLATMA İÇİN TİPİK SIRA



Şekil 231 Boru Hattı Pig İşlemi Örnek Şema

- Pig atım rampasının içerisine pig konulduktan sonra kapağın tam olarak kapatıldığından emin olun ayrıca üzerinde bulunan tüm ilintili vanalarında kapalı konumunda olmasını sağlayın. Sadece 20 nolu bypass vana açık konumda olmalıdır. Domuz yükleme ünitesinin basınç altında olmadığını, basınç göstergesinden kontrol edin.
- Drenaj vanaları 5 ve 6 kapalı konumda olmalıdır.
- 5 ve 6 numaralı vanalardaki sekiz körleri açık konuma getirdikten sonra 19 numaralı vanayı açın. 5 ve 6 numaralı tahliye vanalarını açarak pig gönderme rampasındaki akışkanı kapalı drenaj sistemine transfer edin.
- Boşaltma işlemi tamamlandıktan sonra 19 numaralı tahliye vanasını kapatın. 5 ve 6 numaralı tahliye vanalarındaki sekizkörleri kapalı konuma getirin ve her iki tahliye vanasını da kapatın.
- Azot beslemesini 12'deki azot temizleme bağlantısına bağlayın. 10 ve 11 vanalarını açın ve domuz fırlatıcısını 2 ila 3 mavnaya basıncına basın. Herhangi bir sızıntı olup olmadığını kontrol edin. Basınç göstergesini okuyun ve temizleme durdurulmadan önce gerekli basınca ulaşılmasını onaylayın.
- Vanadaki kör flanşı çıkarmadan önce gözetleme vanası 9'un kapalı olduğundan emin olun. Önce vana 7'yi açın ve ardından kapak 9 aracılığıyla domuz kapanında H₂S gazı veya hidrokarbon gazı olup olmadığını kontrol etmek için 9 vanasını açın.
- Vana 14'ü kapatın ve sekizkörü kapalı konuma getirin. 13 ve 15 vanalarını açın ve bu havalandırma hattından domuz kapanı basıncını atmosfer basıncına düşürün.
- Basınç göstergesini okuyun ve 13 ve 15 vanalarını kapatmadan önce basıncın atmosferik hale düştüğünü onaylayın.
- H₂S gazı veya hidrokarbon gazı içeriği yeterince düşük kabul edilebilir seviyeye düşürülene kadar basınç ve basınç düşürme işlemi tekrarlayın.
- Domuz kapanındaki oksijen içeriği yeterince düşük ve kabul edilebilir bir seviyeye inene kadar basınç ve depresif süreci tekrarlayın. O zaman vana 7'yi kapatın.
- Şimdi önce ana hat vanası 16'yı, ardından valf 4'i açın.
- 1 ve 2 vanalarını açın ve rampayı ve bağlı borusunu vana 23 ile vana 17 arasında basınçlandırın. Basınç yükseltme işlemi yaparken herhangi bir sızıntı olup olmadığını kontrol edin.
- Basınç göstergesini okuyun ve basınç atım değerine ulaştığının tamamlandığını onaylayın.
- Önce vana 23'i, sonra ana hat vanasını 17 açın. 1 ve 2 vanalarını kapatın.
- Domuzu fırlatmak için gaz baypas vanası 19. Domuzun çubuklu Te'nin aşağı akışa doğru domuz sinyalcisini tetiklediğini, çubuklu Te'yi geçtiğinden emin olun.
- Vana 4'i ve ardından vana 16'yı kapatın.

- 10 ve 11 vanalarını açın ve domuz atım istasyonunun azotla 2- 3 barg basınçlandırın. Basınç göstergesini okuyun ve temizleme durdurulmadan önce gerekli basınca ulaşılmasını onaylayın. 10 ve 11 vanaları kapatıp herhangi bir kaçak olmadığına emin olun.
- Vana 14'ü kapatın, vanayı açmak için sekiz körü açık hale getirin, 13 ve 14 vanalarını açın ve domuz istasyonunu havalandırma hattından basınçsız hale getirin.
- Basınç göstergesini okuyun ve 13 ve 14 vanaları kapatmadan önce basıncın atmosferik hale düştüğünü onaylayın.
- H₂S gazı veya hidrokarbon gazı içeriği yeterince düşük kabul edilebilir seviyeye düşürülene kadar basınç ve basınç düşürme işlemini tekrarlayın.
- 13, 14, 7 ve 9. Nitrojen kaynağının bağlantısını kesin ve tüm üniteyi kapalı konuma getirin.
- H₂S gazı veya hidrokarbon gazı içeriği yeterince düşük kabul edilebilir seviyeye düşürülene kadar basınç ve basınç düşürme işlemini tekrarlayın.
- 13, 14, 7 ve 9. Nitrojen kaynağının bağlantısını kesin ve tüm üniteyi kapalı konuma getirin.

KISIM-2

VANALARIN TEMEL FONKSİYON AMAÇLI ÖZELLİKLERİ

2.0. VANALAR VE DEĞİŞEN GEREKSİNİMLERE GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Madde 2.1'de anlatılan vana kavramı, akışın kontrol amacı, kontrol şekli, iç yapısı, akışkanın özellikleri (sıcaklık-basınç- yoğunluk-viskozite-rehometrik vb.), ve sayılmayacak derecede çok gereksinime göre sınıflandırılmış ve üretilmiştir. Aşağıdaki tablo farklı amaçlı kullanımlar için vana kategorilerini ve uygulama amaçlarını kısaca göstermektedir.

Tablo 47 Kullanım Amacına göre Vana Kategorileri

Vana Kategorileri	Uygulama Açıklaması
Akış Düzenleyici Vanalar	Akış hızını ve debisini kontrol etmek için kullanılır.
Sıcaklık Düzenleyici Vanalar	Bir sistemdeki sıvı sıcaklığını kontrol etmek için kullanılır.
Otomatik Proses Kontrol Vanaları	Set edilen sınırlardaki değere göre akış hızını denetlemek için kullanılır.
Vakum Tahliye Vanaları	Tanklarda veya boru hatlarında vakum oluşumunu önleyen otomatik bir hava boşaltma vanası türü.
Blöf Vanaları	Kazandan çamur temizlemek için kullanılan bir vana.
Açma/Kapama (bulkhead) Vanaları	Sürgülü vanalar.
Serbest Küresel Vanalar	Kürenin herhangi bir yönde döndürülebilir olduğu vana çeşitleri.
Yanıcı Bağlantı veya Yangın Vanaları	Oda sıcaklığının artmasıyla eriyen bir tel ve yanıcı bağlantı ile açık ağırlıklı bir kolu tutan bir yangın önleme vanası.
Hidrolik Vanalar	Su, yağ veya hidrolik sistemler için bir kontrol vanası.
Jet Dağıtım Vanaları	Jet içindeki enerji yayılımını bir element vasıtası ile dağıtan vana.
Baraj Kapağı- Savak Vanası (Penstock)	Açık bir savak ve hareketli bir kapatma plakasından oluşan ve sadece terminal konumlarında kullanılan tek yüzlü bir vana türü. Normal olarak, bir boruya akışı kontrol etmek için tanklarda veya kanallarda bulunur.
Plaka Vanaları	Bent kapağı gibi, su boşaltma etkisi yüksek sürgülü vana.
Radyatör vanaları	Radyatör içinden geçen su akışını kontrol eden vana.
Döner sürgülü vanalar	Bir dizi farklı bağlantı noktalarını kapatıp açmak için iç parçaların dönüşünün akışı düzenlediği bir vana.
Döner Vana	İçinde, 90° dönen eleman bulunan vana çeşitleri-plug, küresel, kelebek vanalar.
Solenoid Vana	Elektrik solenoid ile çalıştırılan vana.
Gözlük veya Sekiz körlü Vana (Spectacle)	Monte edildiği yerde, bir plaka vasıtasıyla açık veya kapalı hale getirilebilen vana.
Termostatik Karıştırma Vanası	Sıcaklığı karıştırabilen bir vana.
Debi Akış Basınç (Throttle) Vanası	Sıkı kapatma özelliği olmayan kelebek vana. (Karbüratör vanası)
Çok Soğuk (Cryogenic) sistem Vanaları	-21° altında sıcaklıklarda çalışan akışkanlar için kullanılan vanalar

2.1. VANALARIN TARİHÇESİ

Vana fikrinin ne zaman doğduğunu kimse bilmiyor. Belki bir yerde, antik geçmişte, insanoğlu bir nehrin veya derenin akışını büyük taşlarla veya ağaç gövdesiyle engelleyerek düzenlemeyi öğrendi. İlk Mısır ve Yunan kültürleri, suyu kamu tüketimi veya mahsul sulama için yönlendirmek için çeşitli ilkel vanalar tasarladılar. Ancak insanoğlunun zamanla geliştirdiği bu buluş, neredeyse tekerlek kadar önemliydi.

Bununla birlikte, genellikle Romalılar nispeten sofistike su sistemlerinin geliştiricileri olarak tanınırlar. Sıhhi tesisatları, tapa vanasını veya stopcock'u, bireysel binalara su ulaştıracak kadar geliştirmişlerdi. Ayrıca Romalıların geri akışı önlemek için çek vanaları kullandıklarına dair kanıtlar da bulunmuş.

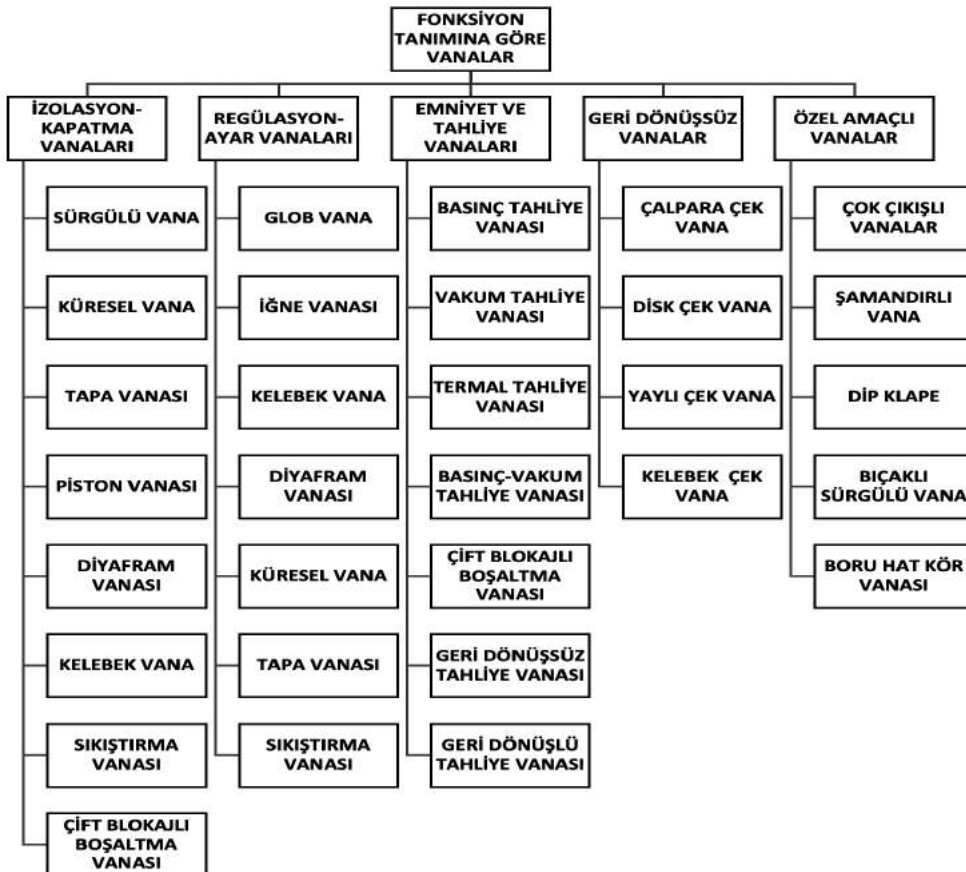
Yüzyıllar süren Karanlık Çağlar boyunca, vana tasarımında hiçbir ilerleme olmadı. Daha sonra Rönesans döneminde sanatçı ve mucit Leonardo da Vinci, kanallar, sulama projeleri ve diğer büyük hidrolik sistemlerinde kullanılmak üzere vanalar tasarladı. Teknik çözümlerinin çoğu hâlâ mevcuttur.

Vana endüstrisinin modern tarihi, 1705'te Thomas Newcomen'in ilk endüstriyel buhar motorunu icat ettiği Sanayi Devrimi ile paralellik gösteriyor. Buharın, kontrol altına alınması ve düzenlenmesi gereken basınçlar oluşturduğu için vanalar yeni bir önem kazandı.

Newcomen'in buhar motoru James Watt ve diğer mucitler tarafından geliştirildikçe, tasarımcılar ve üreticiler de bu buhar motorlarının vanalarını geliştirdiler. Bununla birlikte, ilgileri tüm projedeydi ve vanaların ayrı bir ürün olarak üretilmesi birkaç yıl boyunca büyük ölçekte üstlenilmedi.

2.2. VANALARIN KULLANIM AMAÇLI TASARIMI ve SINIFLANDIRILMASI

Vanaların kullanım amacına göre sınıflandırıldığını genel tanıtımda kısmen bahsetmiştik. Daha detaylı olarak baktığımızda KISIM 3 altında "VANALARIN TAHRİK MEKANİZMALARINA GÖRE TASARIM SINIFLANDIRILMASI" detaylı olarak anlatılırken, KISIM 4 altında ise, "TESİSAT TİPLERİNE VE BAĞLANTI ŞEKLİNE GÖRE KULLANILAN VANALAR" olarak farklı bir şekilde sınıflandırılacaklar.



Şekil 232 Fonksiyon Tanımlarına Göre Vana Tasnifi

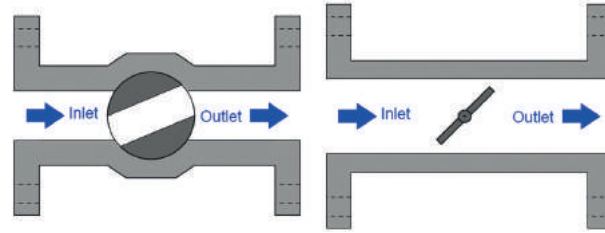
2.3. AÇMA- KAPAMA VANALARI

Açma/Kapama Vanası, elektrik sistemindeki elektrik şalterinin boru tesisatındaki eşdeğeri. Engelsiz akışa izin veren veya akışı durdurmak için kullanılan bir cihazdır.

Bu vanalar genellikle proses sıvısını farklı konumlara yönlendirmek, toplu işlemleri başlatmak veya durdurmak ve otomatik güvenlik (kapatma) işlevlerini devreye almak için kullanılır.

Tesisattaki açma/kapama işleminde yaygın olarak kullanılan vana tipleri arasında küresel, tapa, kelebek (veya disk), sürgülü ve glob vanalar bulunur.

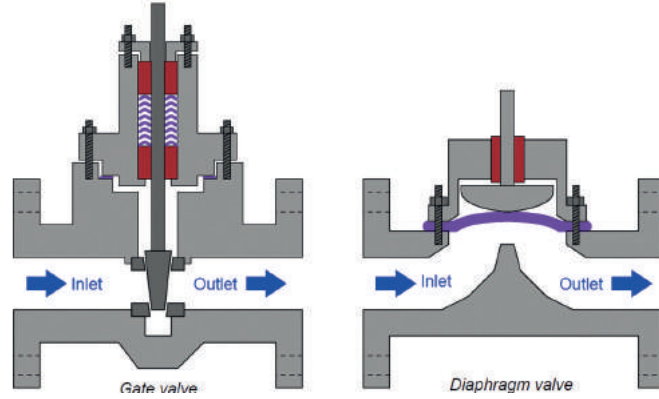
Büyük açma/kapama vanaları genellikle tam açık konumunda sıvının neredeyse engelsiz geçmesi için bir yol sağlayan tasarıma sahiptir. Küresel, tapa ve diğer tüm sürgülü vana çeşitleri, bu özelliği sağlar.



Şekil 233 Küresel ve Kelebek Vana Şematik Görünüşü

Tapa vanası küresel vanaya çok benzer özelliktedir. Tek fark, dönen elemanın şeklidir. Küresel vanadaki bir top yerine, döner eleman olarak kesilmiş, tapa şeklinde bir koni kullanır. Koninin açık kısmı, sıvı için geçit görevi görür.

Bir tapa vanasının dönen elemanının konik şekli, olağanüstü sızdırmazlık için "kapalı" (OFF) konuma sıkıca gelmesini sağlar.



Şekil 234 Sürgülü ve Diyafram Açma Kapama Vana Şematik Görünüşü

2.4. AKIŞ KONTROL VANALARI

Bu vanalar, akış hızının kolay ayarlanması için seçilir. Açma/Kapama vanaları, oturak açıklığının büyüklüğü ile kapatma üyesinin hareketi arasındaki doğru orantılı ilişki nedeniyle bu görev sırasında performans kaybı oluşturur. Döner vanalar ve esnek gövdeli vanalar da iyi bir debi azaltma kontrolü sunar, ancak normalde sadece sınırlı bir vana açma aralığında geçerlidir. Dairesel bir diskin daireSEL oturak açıklığında hareket ettiği sürgülü vanaları, sadece kapalı vana konumunun yakınında iyi akış kontrolü elde eder ve bu nedenle normalde bu görev için kullanılmaz.

El kontrollü akış kontrol vanaları temel olarak sadece yangın test vanalarında, kalibre edilmiş olarak kullanılır. Bunun dışındaki akış kontrol vanaları, genel olarak ya komple hidrolik kontrollü vanalar serisi olarak, ya da elektrik/pnömatik kontrollü bir veya birkaç parametre esas alınarak kullanılmaktadır.

Akışı Yönlendirmek için Ayırıştırma Vanaları: Bu vanalar, akış saptırma görevine bağlı olarak üç veya daha fazla çıkış bağlantı noktasına sahiptir. Bu göreve kolayca uyum sağlayan vanalar tapa vanaları ve küresel vanalardır. Bu nedenle, akışın saptırılması için çoğu vana bu türlerdendir. Bununla birlikte, diğer vana türleri de akışın saptırılması için, bazı durumlarda uygun şekilde birbirine bağlı iki veya daha fazla vanayı birleştirilerek kullanılmaktadır.

2.5. ÖZEL VANALAR

Özel vanalar, konfor ve endüstriyel tesisat türleri için sadece bilgi amaçlı sıralanmıştır. Zira, çok özel amaçlı, farklı nitelikte vanalar veya vana grupları mevcuttur. Bu vanaların bir kısmı tesisat şemaları kapsamında detaylı olarak özellikleri ve çalışma prensipleri ile anlatılacaktır.

- Sıhhi tesisat sirkülasyon vanaları (Circulation Valves)
- Kriyojenik vanalar (Cryogenic Valves)
- Çok bağlantı çıkışlı vanalar (Balancing Valves)
- Dip boşaltma vanaları (Sludge- Slurry Control Valves)
- Şamandıralı vanalar (Float Control Valves)
- Isıl Isıtma yağ sistemleri vanaları (Thermal Heating Oil Valves)
- Buhar vanaları (Steam Valves)
- Uçak yakıt hidrant vanaları (Pressure Flow Control Valves)
- Hidrostatik su basınç kontrol vanaları (Irrigation Valves)
- Dip emiş vanası- Dip Klapesi
- Hat körleme vanası
- Basınç / Vakum tahliye vanaları (Pressure/ Vacuum Control Valves)
- Yangın vanaları (Fire Fighting/ Suspression Valves)

2.5.1. SİHHİ TESİSAT SİRKÜLASYON VANALARI

Temiz su kullanımında aslında birçok farklı nitelikte vanalar mevcuttur. Eğer fark konusunda detaylı bir araştırma yaparsak karşımıza çıkan vanalar sırası ile

Temiz su için:

- Musluklar
- Bataryalar
- Terapi bataryaları
- Kesme vanaları
- Sıcaklık kontrol vanaları
- Seviye kontrol vanaları
- Ani su boşaltma vanaları
- Sirkülasyon vanaları
- Don koruma vanaları
- Flatörlü vanalar
- Dengeleme vanaları
- Hijyenik vanalar
- Steril tesisat vanaları
- Kumandalı vanalar

Atık su için:

- Geri tepme vanaları
- Yağ ayırıcı vanalar
- Fare tutucu vanalar

Yukarıda sayılan vanaların, bu kitabı okuyan herkes tarafından bilindiği kabul edilmektedir. Özellikle temiz su için sirkülasyon vanaları, don koruma vanaları, dengeleme vanaları ve steril vanaları ile atık su için geri tepme vanaları, yağ ayırıcı vanalar ve fare tutucu vanalardan sırası ile bahsetmek gerekecek.

Sıcak ve/veya Soğuk Su Sirkülasyon Vanaları:

Enerji ve su kullanım tasarrufunun en önemli olduğu çağımızda en büyük sorunlarımızdan birinin kullanım sıcak suyunun tesisatlar içerisinde uygun şartlarda izolasyon yapılmaması veya kombi cihazından özellikle kış aylarında sıcak suyun musluklarından sıcak su gelene kadar boşa akıtılan suyun ve enerjinin tasarrufu için genellikle büyük tesisatlarda sirkülasyon boruları ve depolama tankı ile kullanılmaktadır. Ülkemizde bireysel ısınma için kombi ısıtıcıların ağırlıklı kullanılması ile ani çekişli su ısıtma sıcak su üreticisi dolaşan suyun debi ve sıcaklığına bağlı olarak çok yüksek miktarda yakıt harcamaktadır.

Sıcak Kullanım Suyu Uygulaması:

Sıcak su besleme kolonu üzerinde 3 metre sınırını kullanmaksızın ana kolon üzerinde venturi etkisinden faydalanacak bir direnç vanası (akış bölücü) kullanıldığında birbirinden bağımsız su kullanım hacimlerinde sıcak su sirkülasyonu dengeli ve sürekli şekilde yapılabilir.



Kare Kod 28 Sıcak su Sirkülasyon Dengeleme Vanaları

Soğuk Kullanım Suyu Uygulaması:

Soğuk su tesisatlarında en büyük tesisat sorunu suyun durağan olması ve tesisat borularının içerisinde çeşitli kirlenmelerin birikmesidir. Ayrıca, suyun durgunluğundan dolayı suyun içerisindeki oksijenin metal aksam ile elektron alışverişi yapması yani suyun bayatlaması sonucunda içilme niteliği kayba uğrar. Bunu engellemek için zamana bağlı olarak suyun ya akıtılıp kullanılması ya da hareket ettirilmesi hijyen amaçlı bir gerekliliktir. Basit olarak durağan su, hat sonlarından boşaltılmalıdır.



Kare Kod 29 Hijyenik Hat Sirkülasyon ve Yıkama Sistemi



Kare Kod 30 Temassız Batarya

Demineralize Su Uygulaması:

Daha önceki bölümlerde, özellikle suyun kalitesi ve kullanım amacına yönelik olarak Saf Su ve Çok Yüksek Seviyede Saf su kullanımında en önemli konunun tesisat boruları içerisinde daima suyun türbülanslı akması olduğundan bahsedilmişti. İlaç endüstrisi ve yarı iletken teknoloji tesislerinde çok yüksek seviyede saflaştırılmış su için kullanılan vanaların ve boruların tamamının plastik esaslı olmaları ve boruların içerisinde suyun sürekli akışkanlığı gereksinimi, sirkülasyonu zorunlu kılmaktadır.

Atık su sistemleri:

Kanalizasyon sistemleri için bina içerisinde, kanalizasyon şebekesi altında kalan seviye yerleşimlerinde terfi istasyon sistemleri paket halinde hijyenik amaçlı kurulmaktadır. Bu sistemler tekli ıslak mahal olabileceği gibi toplu birkaç ıslak mahallin tamamını tahliye edebilecek büyüklüklerde olabilir.



Kare Kod 31 Atık Su Terfi İstasyonları



Kare Kod 32 Yer Süzgeçleri

2.5.2. KRİYOJENİK VANALAR

Kriyojenik teknoloji nedir

Kriyojen, Yunanca "soğuk" anlamına gelen "Kryos" (κρύος) kelimesinden gelir. Malzemelerin ultra soğuk sıcaklıklarda üretildiği, depolandığı, taşındığı ve kullanıldığı alandır. Aşırı soğuk, ilginç kimyasal reaksiyonlara neden olabilir. Örneğin, maddeler gazdan sıvıya değişir veya soğutma nedeniyle katı bir forma bürünür.

Soğutulduğunda durumunu değiştiren, en iyi bilinen sıvı, sudur. 0 santigrat derece sıcaklıkta, su sıvıdan buz olarak bilinen katıya dönüşür. Ancak, bu kriyojenik değildir. Sadece -160 santigrat veya daha düşük sıcaklıklara ulaşıldığında "kriyojenik"ten bahsedebiliriz. Bu sıcaklıklar, gazların sıvı hale geldiği sıcaklıklardır ve bu teknik çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır.

Bir gazı sıvılaştırmak için gereken sıcaklık bir gazdan diğerine değişir. Örneğin, oksijen eksi 183 santigrat sıcaklıkta sıvılaşırken, helyum en az eksi 269 santigrat derecelik bir sıcaklık gerektirir. Soğutma gaz devrelerinde kullanılan birçok vana -150°C altında kullanım standartlarında olduklarından, bunlar, özel vana olarak değerlendirilmiştir.

Bu nedenle, kriyojenik sıcaklık gerektiren belirli düşük sıcaklıklar hakkında ön bilgiyi doğru tarif etmek gerekir. Bilim adamları Kriyojenik sıcaklığı "sıcaklık ölçeğinde soğutmanın hangi noktanın altında sona erer ve kriyojenik ler başlar" olarak tanımlarlar. Makul bir tahsis hattı olarak, kalıcı gazların (helyum, hidrojen, neon, azot, oksijen ve normal hava gibi) normal kaynama noktası -150 °C'nin altında yer aldığından, Freon soğutucu akışkanları, hidrojen sülfür ve diğer yaygın soğutucu akışkanlar -150 °C'nin üzerinde kaynama noktalarına sahiptir.

Kriyojenik Sıcaklıklara Ulaşma Yöntemleri

Donma sıcaklıklarına ulaşmak için sofistike teknikler gereklidir. Çoğu durumda, kriyojenik sıcaklıklar üretmek için dört farklı yöntem kullanılır:

Termal İletkenlik

Termal iletim belki de en tanınmış yöntemdir. İki ürün veya malzemeyi temas ettirerek, ısı en sıcak üründen en soğuk ürüne aktarılır. Aynı prensip kriyojenik sıcaklıklar için de geçerlidir. Aşırı soğuk, bir gazın, bir sıvının veya bir katının kriyojenik bir sıvı ile temasa geçmesiyle bulaşır. Sonuç olarak gaz, sıvı veya katı da istenen kriyojenik sıcaklığa ulaşır.

Buharlaştırıcı Soğutma

Atomlar veya moleküller sıvı formda gaz halinde olduğundan daha az enerjiye sahiptir. Sıvı bir ürünün buharlaşması sırasında, yüzeydeki atomlar veya moleküller, çevredeki sıvıdan gaz durumuna dönüştürmek için yeterli enerji alır. Buna karşılık, kalan sıvı daha az enerji korur ve daha soğuk hale gelir. Böylece, bir buharlaşma işlemine neden olarak, bir sıvının soğutulması sağlanabilir.

Hızlı Genleşme ile Soğutma

Üçüncü bir yöntem Joule-Thompson⁶⁰ etkisinin kullanılmasıdır. Bu, gazların ani bir hacim genişlemesi veya eşit derecede hızlı bir basınç düşüşü ile soğutulmasıdır. Bu yöntem hidrojen ve helyumun sıvılaştırmasında yaygın olarak kullanılır.

Bugün, bu iki etki birlikte uygulanarak ortak soğutma sürecini oluşturmaktadır. İlk olarak, bir gaz basınçlandırılır ve daha soğuk bir gaz veya sıvı ile temas ederek ara sıcaklığa soğutulur. Daha sonra, gaz genişletilir ve sıcaklığı daha da düşmeye devam eder. Sıradan ev buzdolapları ve klimalar, nispeten yüksek bir kaynama noktasına sahip freon gazı kullanılarak bu prensipte çalışır.

Kriyojenik buzdolapları aynı prensipte çalışır, ancak helyum gibi kriyojenik gazlar kullanır ve işlemi aşamalar halinde tekrarlar, her aşamada, istenen sıcaklığa ulaşana kadar art arda daha soğuk bir gaza sahip olur.

Adyabatik Demanyetizasyon

Dördüncü ve son yöntem, esas olarak sıvı helyumun soğutulmasında kullanılır ve ısıyı emmek için paramanyetik tuzlar içerir. Paramanyetik tuz, güçlü bir manyetik alana yerleştirildiğinde ve bir elektromıknatıs ile işlendiğinde, enerji üreten veya kullanan çok sayıda küçük mıknatıs olarak düşünülebilir. Bu malzemelerle enerjiyi bir gazdan emerek gaz daha da soğutulur.

Termodinamik adı verilen fizik dalının ikinci yasasına göre, her bileşik yalnız bırakıldığında doğal olarak Entropisi (düzensizlik) artma eğilimindedir. Bu yüzden, elektromıknatıs kapatıldığında, tuzun manyetik alanları daha rastgele yönlere dönme eğilimi gösterir. Bu durumda tuz, çevredeki sıvıdan enerji emer. Bunun sonucunda sıvı daha düşük bir sıcaklıkta kalır.

Bilim adamları mutlak sıfırın üzerinde bir sıcaklığa ulaşmanın mümkün olmadığını biliyorlar, ancak daha da yaklaşma girişimlerinde, mutlak sıfırın üzerindeki bir derecenin sadece milyonda biri sıcaklıklara ulaşmak için nükleer demanyetizasyon adı verilen benzer bir süreç kullanılmaya devam edilmekte.

⁶⁰ Joule-Thompson Etkisi: 1852 yılında James P. Joule ve William Thompson tarafından keşfedilen ve hidrojen ve helyumun başarılı sıvılaşması için kullanılan, çok önemli bir buluş.

Petrol ve Gazda Kriyojenikler

Proses uygulamalarında ise, vana uygulamaları için çalışma sıcaklığı -45 °C'nin altında olan uygulamalar kriyojenik olarak kabul edilir ve genellikle -196 °C'ye kadar gider. -45 °C'ye kadar olan sıcaklıklar düşük sıcaklık olarak sınıflandırılır.

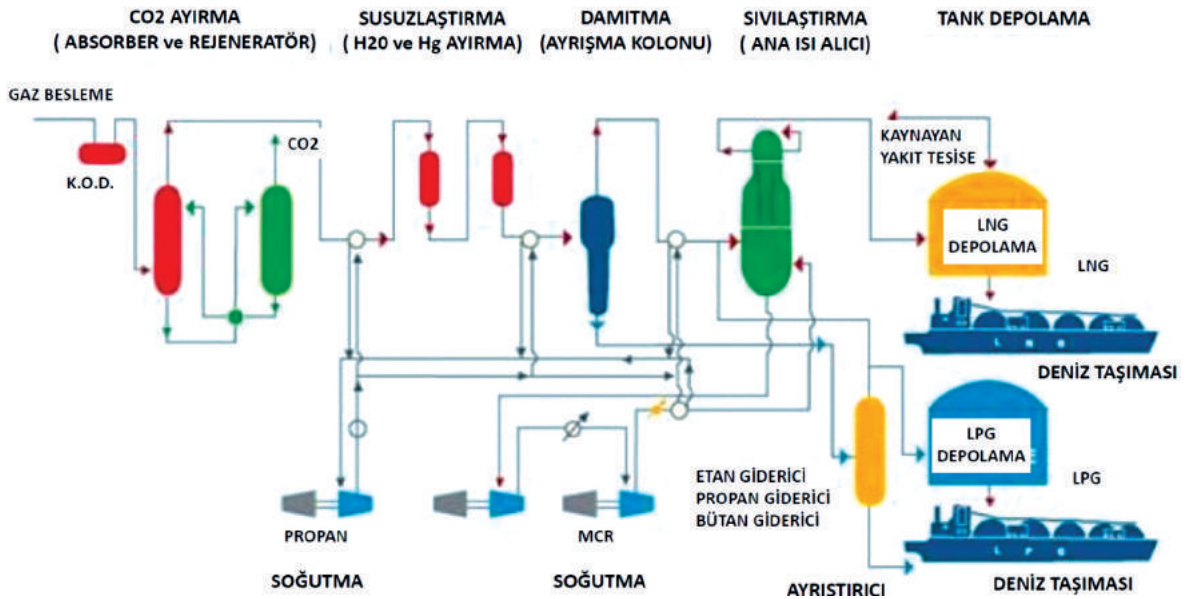
Tablo 48 Petrol Türevleri ve Gazlar için Temel Değerler

TİP	KAYNAMA NOKTASI °C	AKIŞKAN YOĞUNLUĞU
Doğal Gaz (LNG)	-168	26
Metan (CH ₄)	-161,5	26,20
Oksijen (O ₂)	-182,9	71,20
Argon (A)	-185,9	87,40
Karbondioksit (CO ₂)	-78,5	50,60
Hava	-194,4	57,87
Azot (N ₂)	-195,8	50,45
Hidrojen (H ₂)	-252,7	4,43
Helyum (He)	-268,9	7,82
Mutlak Sıfır	-273,16	

Yaygın Kriyojenik Uygulamalar

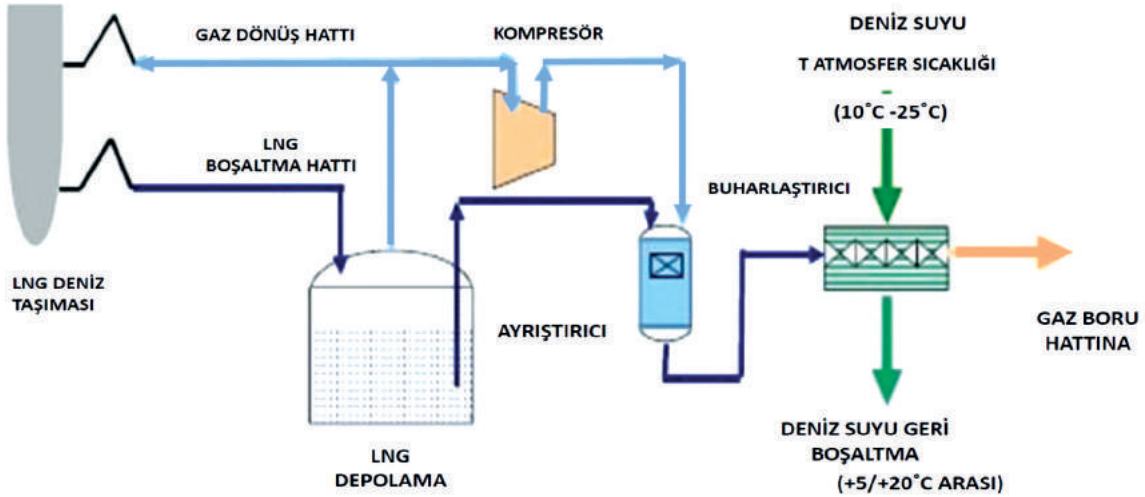
- Doğal Gaz Sıvılaştırma ve Yeniden Gazlaştırma
- Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG – Liquid Natural Gas) Taşımacılığı
- Hava Ayrıştırma Üniteleri
- Kriyojenik Depolama ve Tanklar
- Petrokimyasal (Etilen, Etan, Propan vb.)
- Sıvılaştırılmış Doğal Gaz Tedarik Zinciri
- LNG terminalleri
- Yiyecek ve içecek endüstrisi
- Çelik üretim tesisleri
- Araştırma laboratuvarları
- Havacılık ve uzay depolama tesisleri

Doğal Gaz Üretim ve Sıvılaştırma

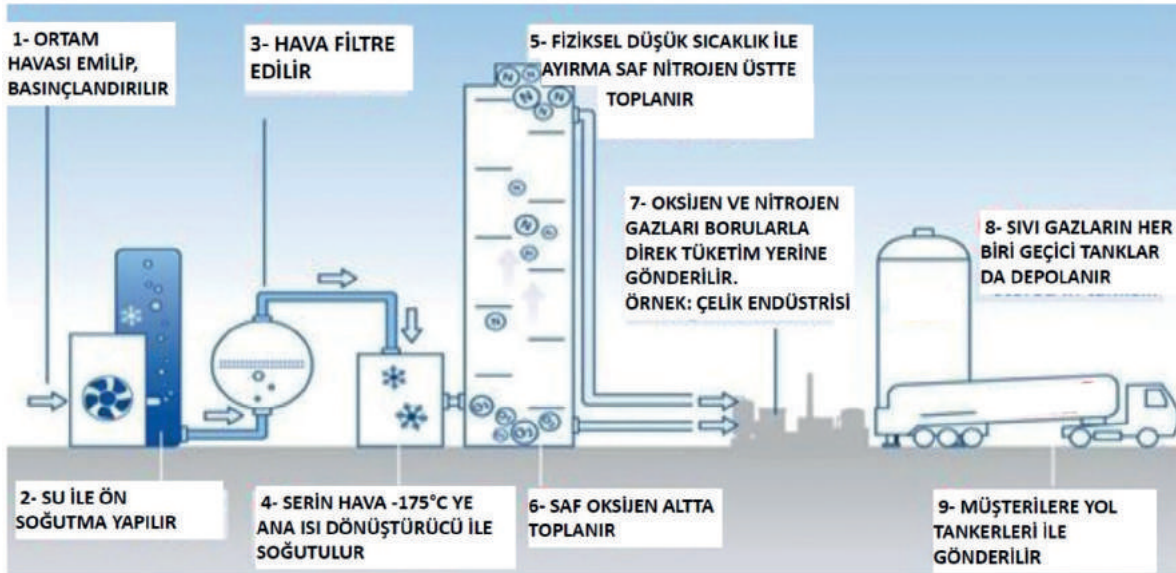


Şekil 235 LPG ve LNG Tesis Şeması

Sıvı LNG'nin Yeniden Gazlaştırması



Şekil 236 Sıvı LPG'nin Yeniden Gazlaştırılması



Şekil 237 Havadan Çeşitli Gazların Ayrıştırılması

Kriyojenik Vanaların Önemli Özellikleri

- Tüm malzemelerin uygulanabilir kriyojenik sıcaklığa uygunluğu,
- Akışkana uygunluk,
- Geniş sıcaklık değişimlerinde bile tüm bileşenlerin tutarlı performansı ile vana performansının bütünlüğü,
- Sıcaklık değişimi ile sızdırmazlık performansında bozulma olmaması,
- Vana sızdırmazlığının bütünlüğü,
- Vana çalışması sırasındaki ses mekanizmalarının uygun çalışması,
- Hatlarda kaynaklı monte edilen vanaların hat bakım özelliklerini sağlaması,
- Hafif valf kütlelerinin ortamdaki kriyojenik sıcaklığa soğutulması daha kolay olduğu için kriyojenik vanalar hafif olmalıdır. Daha hafif kriyojenik vanalar genellikle daha ağır yapılara kıyasla ısı akımını azaltmaya yardımcı olan daha düşük iletkenliğe sahiptir.
- Flanş ve kaynaklı konfigürasyonlar genellikle kriyojenik boru bağlantıları için kullanılır. Ancak, kaynaklı vanalar daha iyidir.
- Kriyojenik vanalar temiz bir odaya monte edilmeli, yağsız olmalı veya soğuk servisle uyumlu yağlayıcılar kullanılmalıdır. Kriyojenik bir vana satın alırken, montaj işlemi sırasında uygun prosedürleri doğrulamak ve takip etmek için belirlenmiş temizlik prosedürleri toplanmalıdır.

Kriyojenik Vanaların Test Süreci

- Ortam şartlarında vananın kriyojenik akışkan ile testi,
- Sistem kanıtlama ve onay işlemleri,
- Vana kavıtasyon boşaltma ve temizlemesi,
- Vananın Soğutulması,
- Düşük ve Yüksek Basınç testleri, Vana AÇMA/ KAPAMA çalışması
- Isınma ve Kriyojenik Test sonrası, Test ve Muayene Kontrol

Ekipman Seçimi

- Hacim ve kütle alma yeteneğine sahip yalıtımlı tank,
- Aşırı Sıcaklıklar ve Pnömatik Basınçlar için uygun tüm bağlantı elemanları ve bağlantılar,
- Uygun test flanşları,
- Kriyojenik sıcaklığına uygun kaldırma düzenleri,
- Sıvı veya Buhar Azot / Kuru Buz gereksiniminin hesaplanması ve kullanılabilirliği,
- Test ortamı- Helyum gereksinimi,
- Test kurulumu yalıtım düzenlemeleri,

Düşük sıcaklık uygulamaları için geçerli standartlar

- BS 6364:1984 Kriyojenik servis vanaları için şartname.
- BS EN ISO 28921-1:2017 Endüstriyel vanalar. Düşük sıcaklık uygulamaları için izolasyon vanaları. Tasarım, üretim ve üretim testleri.
- Shell SPE 77/306- Düşük Sıcaklık Hizmetlerindeki Vanaların Üretim Testi.
- BS EN 12567 Kriyojenik Yan Girişli Trunnion Küresel Vana.
- BS EN 1626 Kriyojenik Tanklar.
- MSS SP-134 /Kaput uzantıları için gereksinimler de dahil olmak üzere Kriyojenik Servis Vanaları
- ISO 21011 Kriyojenik Tanklar.
- ISO 10497 Vanaların Testi- Yangın tipi test gereksinimleri.
- ASME B16.34 Flanşlı, dişli ve kaynaklı vanalar.

Kriyojenik sıvıların fiziksel ve termodinamik özellikleri kriyojenik boru sistemlerinin tasarımı için gerekli olan önemli verileri oluşturmaktadır. Ekteki tablolar, şekiller ve referanslar bu gereksinim göz önünde bulundurularak konulmuştur. Taşıma özelliği verileri, daha yaygın saf kriyojenik sıvılar için kolayca kullanılabilir. Tablo 48, bir dizi kriyojenik sıvı için daha önemli özelliklerden bazılarını özetler.

Çeşitli kaynaklardan temin edilecek termodinamik grafikler, çeşitli formatlar altında belirli bir sıvı için basınç-sıcaklık-faz yoğunluğu (veya belirli hacim) ve entalpi (ısı içeriği, H) ilişkilerini gösterir. Entropi verileri genellikle dahil edilir, ancak bu bölümde incelenen amaçlar için genellikle gerekli değildir.

Kriyojenik vanalar, farklı basınç aralıkları altında çalışabilmek için çeşitli şekil ve boyutlarda mevcuttur. Yaygın olarak kullanılan kriyojenik vanalardan bazıları çek valfler, küresel vanalar, kelebek vanalar ve tahliye vanalarıdır. Kullanıcılar kriyojenik vanaları manuel veya otomatik olarak çalıştırma seçeneğine sahiptir (büyük sistemlerde otomasyon gereklidir).

Kriyojenik Glob Vanalar

Bir glob vana öncelikle akışı durdurmak, başlatmak ve düzenlemek için tasarlanmıştır. Hareketli bir disk ve genellikle küresel bir gövdede sabit bir disk ve oturaktan oluşur. Bunlar oldukça karmaşıktır ve uzun süreli sızdırmazlık performansı için mükemmeldir.



Şekil 238 Kriyojenik Glob Vanası

Kriyojenik Kontrol Vanaları

Kontrol vanaları kapatma ve kontrol vanalarından tamamen farklıdır. Tek amacı sıvıları veya gazları tek bir yöne yönlendirmek ve geri dönüşlerini önlemektir. Kontrol vanaları, dönüşümden depolamaya ve taşımaya kadar olan süreç boyunca kullanılır. Doğru çek valfler kullanılmazsa tüm bunlar maliyetli ve verimsiz olabilir. Öte yandan, doğru tasarlanmış çek valflerinin kullanılması, ekipmanın korunmasını, üretkenliğin en üst düzeye çıkarılmasını ve operasyonel güvenliğin sağlanmasını sağlamaya yardımcı olabilir. Şekil 239-240 aynı amaçlı farklı basınç sınıfında vanaları göstermektedir.



Şekil 239 Kriyojenik Çek Vana



Şekil 240 Kriyojenik Çek Vana

Kriyojenik Küresel Vanalar

Adından da anlaşılacağı gibi, bu vana bir topa sahiptir ve bir Politetrafluroetilen gövde içerir. Bunlar glob vanalardan daha iyi akış özelliklerine sahiptir. Birden fazla uygulamada sıkı bir kapatma gerektiğinde mükemmel performans gösterirler. Bununla birlikte, küresel vanaların contalar boyunca ve topun etrafında yıpranmış olma olasılığı daha yüksektir. Çoğunlukla sınırsız bir akış yolu gerektiren uygulamalarda tercih edilir.



Şekil 241 Kriyojenik Küresel Vana



Şekil 242 Kriyojenik Küresel Vana

Kriyojenik Tahliye Vanaları

Bunlar basıncı önceden belirlenmiş bir değere getirir ve aşırı basınçtan korur. Tahliye vanaları, güvenlik sınırlarının aşılması durumunda buhara izin verecek kadar akıllıdır.



Şekil 243 Basınç Tahliye Vanası



Şekil 244 Flanşlı Basınç Tahliye Vanası

Kriyojenik Kelebek Vanalar

Kelebek vanalar, yukarıda belirtilen kriyojenik vana çeşitlerinden daha kısa, dairesel bir disk kullanır. Bunlar genellikle hızlı açma ve kapatma eylemleri gerektiğinde kullanılır. Ayrıca, bunlar da çalışma kolaylığı ile daha hafif ve daha ucuzdur.



Şekil 245 İki Farklı Tahrik Mekanizmalı Kelebek Vanalar

Kriyojenik gazlar son derece hassastır ve fark edilmeyen bir sızıntı aşırı hasara ve ciddi tehlikelere neden olabilir. Standart vanalar çeşitli oranlarda büzülerek genişler ve bu nedenle sıcaklığa veya dondurucu soğuğa maruz kaldıklarında, contada sızıntılara neden olan çatlaklar gelişebilir.

Kriyojenik vanalar genellikle gazları güvenli bir şekilde kontrol altına almak için kapalı tutulur. Yüksek basınç koşullarında açılacak ve daha fazla sızıntıyı önlemek için metal bir koltuk kullanarak kapattığında basınç azalınca kadar gazların serbest akışına izin vermek için tasarlanmıştır.

2.5.3. ÇOK BAĞLANTI ÇIKIŞLI VANALAR (BALANCING VALVES)

Dengeleme vanaları için farklı sistemlerde yoğun olarak kullanılması farklı kontrol hizmeti üreten vanaların imalatını ve tesisat projelerinde öne çıkartmaktadır. Ağırlıklı olarak su ve yağ kapalı devre tesisatlarda kullanılmaktadır. Yağ devreleri daha çok sabit debili sistemlerde sıralama vanası prensibini öne çıkartırken ısıtma /soğutma devrelerinde değişken akışkan debisi ve basıncına cevap verecek nitelikte dengeleme vanalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Dengeleme vana kontrol prensiplerine göre sınıflandırması.

- Statik El kontrollü vana her bir iki yönlü vananın direnci vana üzerinden hassas şekilde ayarlanır.
- Diferansiyel basınç dengeleme vanaları genelde otomatik kontrol ile vana direnci ayarlanır.
- Dinamik dengeleme vanası kendi üzerindeki denge tankının üzerinde oluşan vananın etkisiyle debi basınç dengesi otomatik olarak sağlanır.
- Basınç bağımsız kontrol vanası akış regülasyonu ile hidrolik denge birbirine entegre edilmiştir ve bağımsız hareket eden diyafram basınç kontrolü akış hızını sürekli hızlı şekilde değiştirir

Kapalı su devresi dengeleme işlemlerinde farklı türde vanalar mevcuttur.



Kare Kod 33 Ayarlanabilir Fark Basınç Tahliye Vanası



Kare Kod 34 Debi Ayar Vanaları



Kare Kod 35 Statik Dengeleme Vanası



Kare Kod 37 Statik Dengeleme Vanası



Kare Kod 37 Radyatör Vanası

Debi kontrollü çok çıkışlı vanalar genelde, Kapalı Devre Dengeleme vana devrelerinde (Balancing valves) ve Hidrolik Yağ devrelerinde kullanılmaktadır. Her iki alt başlık altında karşımıza çıkan temel sorun, dengeleme vanalarında

akışkan devrelerinin hidrolik dengelenmesi (Debi- Sürtünme Kaybı) olmasına karşın, hidrolik devrelerde toplam yağ depo hacminden çekilen yağ ile geri depoya dönen yağ debisi arasındaki farktır.

Isıtma/Soğutma kapalı devrelerinde de Kapalı devre dengeleme vanaları (Balancing Valve) yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu vanalar statik veya dinamik olmak üzere 2 yollu, 3 yollu veya çok yollu dengeleme vanaları farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Cilt II içerisinde detaylı tesisat şemaları ile anlatılacaktır. Örnek: Basınçtan bağımsız dengeleme ve kontrol vanası ile altı yollu kontrol vanası



Kare Kod 38 Dengeleme ve Kontrol Vanası



Kare Kod 39 6 Yollu Kontrol Vanası

2.5.4. DİP BOŞALTMA VANALARI

Dip boşaltma vanaları, çeşitli tank, basınçlı kaplar, drenaj kanalları, arıtma tesisleri, sıcak su ve buhar kazanlarında standart olarak kullanılmaktadır. Akışkan cinsleri olarak su, atık su, kanalizasyon, yağ, yakıt, basınçlı hava veya çeşitli basınçlı akışkanlar için atmosfere açık veya kapalı rezervuarlara boşaltılır.



Kare Kod 40 Kazan Dip Blöf Vanası

2.5.5. BUHAR VANALARI

Derleyen Notu: Özel amaçlı vanaları belirtirken buhar sistemlerinde kullanılan özel vanalar konusunda daha detaylı bilgi verilmesi gerekir düşüncesindeyim.

Su borulu ve Duman borulu kazanlar gibi, buhar üretici sistemlerde kullanılan vanaların tamamı özeldir. Akış hızı, açılıp kapatılma süresinin uygunluğu, basınç ve sıcaklık çalışma sınıfı ile debi gibi, Teknik Bilgi Formunda (TDS- Technical Data Sheet) belirtilen özellikler, bu vanaları özel yapar. Her ne kadar iki asıra yaklaşan süredir buhar kullanılmakta olsa dahi, tesisat tasarımlarında hâlâ buhar vanası ve buhar kapanı seçerken yeterince özen gösterilmemesinin sonucunda işletmelere ciddi maliyet getirilmektedir.

Bu nedenle, Cilt II içerisinde farklı buhar tesisatı konusunda pratik saha bilgileri detaylı olarak verilmiştir.



Kare Kod 41 Buhar ve Kondens Sistemlerinde Çek Vanalar



Kare Kod 42 Kondens Pompası



Kare Kod 43 Buharla Çalışan Kondens Geri Dönüş Ünitesi



Kare Kod 44 Temiz Buhar Jeneratörü

2.5.6. ISITMA YAĞI VANALARI

Yağ Isıtma Sistemleri özellikle endüstri için çok önemli, düşük riskli yüksek sıcaklık uygulamalarından biridir. Günümüz endüstrisinde, ısı girişinin doğrudan bir sistemle mümkün olmadığı ve termal yağ ısıtma sistemleri kullanılarak yapılması gereken birçok işlem vardır. Bu durum; ısıtılacak malzeme yanıcı olduğunda, ısıl ayrışması olasıya veya tüketim noktalarının sayısı önemli olduğunda veya gerektiğinde yüksek sıcaklıkta düzgün ısıtma elde etmeniz gerekiyorsa, daha da önem kazanır.

Isı taşıyıcı olarak kullanılacak bir madde başlangıçta aşağıdaki koşulları karşılamalıdır:

- Ucuz ve satın alınmaya hazır olması,
- İyi termal stabilite sağlaması,
- Sistemin tesisat boru ve vana malzemelerine korozyon riski olmaması,
- Düşük volatilité,
- İyi ısı transferi özellikleri,
- Düşük donma noktası ve düşük viskozite.

En uygun kalorifik özelliklere sahip ısı transfer maddesi sudur, çünkü basınç olmadan 100 °C'ye kadar büyük miktarda ısı aktarabilir ve ürünün fiyatı yüksek değildir ve kolayca temin edilir.

Bununla birlikte, sıcaklıklardaki artışlar tesislere ve malzemelere önemli zorunlu koşullar getirmektedir. 180°C'de su, 10 bar buhar basıncı üretirken 260°C sıcaklıkta 50 bar'a ulaşır. Bu, bir dizi gereksinimi (tesisat işleri, kazan otomasyonu) ve kaçınılmaz riskleri ifade eder. Ayrıca, paslanma problemleri, bakım ve su arıtma maliyetleri herkes tarafından bilinmektedir.

Termal yağ ısıtma sistemleri ile 350°C'ye kadar sıcaklık aralığında çok düşük basınçlarla veya 220°C de atmosferik basınçta çalışmak mümkündür. Korozyon problemleri yoktur ve düşük riski, özel tesisat mühendisliğine gerek kalmadan, tesis konfor veya diğer ihtiyaçlarını karşılayacak kazanlardan ayrılarak proses için daha özel ısıtma sistem devresi kurulmasını sağlar. Diğer yandan, her zaman sıvı fazda çalıştılarından, işlem sırasında durum değişikliği olmadan, geleneksel buhar devresine (kondensatlar, entalpi kayıpları) kıyasla önemli enerji tasarrufu sağlar.

Kökenlerine ve özelliklerine bağlı olarak sentetik ve mineral termal sıvıları olarak iki grupta toplanır. İlk grup, belirli özelliklerde bir iyileşme sağlamak için eklenmiş petrolden oluşur. Termal mineral yağlar, sentetik termal yağlarda daha yüksek olan çalışma sıcaklıkları aralığı olan iki grup arasındaki temel fark olan hidrokarbon kombinasyonlarıdır.

Termal yağ ısıtma sistemleri kavramsal olarak çok basittir ve tüm sektörlerde ve endüstriyel süreçlerde aniden öne çıkmaktadır.

Vana malzemelerinin seçilmesi kriterlerinde, beklenen çalışma basınçları ve sıcaklıkları dikkate alınmalıdır.

Termal akışkan ekipmanlarında korozyon olmaması, kullanılan vanaların paslanmaz çelik (çok yüksek sıcaklıklar için karbon çeliği veya dökme çelik doğru malzemelerdir) gibi pahalı malzemeler gerekmediği anlamına gelir, böylece çalışabilirlikleri çok uzun ömürlüdür.

Ekipman borularına vana bağlantılarında termal sıvı sızıntısı olmadığından emin olmalıdır. Bu nedenle, flanşlar veya kaynak genellikle bağlantı yöntemleri olarak kullanılır. Küçük çaplarda, 1" veya daha az ve yaklaşık 200 °C çok yüksek sıcaklıklar için geçerlidir.

Tablo 49 DIN EN 1992-2'ye Göre Basınç-Sıcaklık İlişkisi

Malzeme	PN	-10°C1 -120°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
EN-JL1040	16	16	14,4	12,8	11,2	9,6	–
EN-JS1049	16	16	15,5	14,7	13,9	12,8	11,2
EN-JS1049	25	25	24,3	23	21,8	20	17,5
EN-JS1049	40	40	38,8	36,8	34,8	32	28

Tablo 50 DIN EN 1992-1'ye Göre Basınç-Sıcaklık İlişkisi

Malzeme	PN	-60°C1<-10°C	-10°C1 -100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
1.4408	16	16	16	14,5	13,4	12,7	11,8	11,4	10,9
1.4408	25	25	25	22,7	21	19,8	18,5	17,8	17,1
1.4408	40	40	40	36,3	33,7	31,8	29,7	28,5	27,4
1.4581	16	8	16	15,6	14,9	14,1	13,3	12,8	12,4
1.4581	25	12,5	25	24,5	23,3	22,1	20,8	20,1	19,5

1 Basınç/ Sıcaklık ilişkisi ısı akışkan vanaları için (PN) sınıfına göre regülasyonlara göre izin verilen malzeme basıncını göstermektedir.

Vana kontrolü manuel, elektriksel, pnömatik veya hidrolik olabilir.

Elektrikli veya manuel bir aktüatörde açma ve kapama aktüatörü her zaman geri dönüşümlüdür. Elektrik motorlarında, mevcut yönün değiştirilmesi aktüatörlerin dönüş yönünü belirler ve manuel aktüatörlere uygulanan kuvvetin yönünün sadece tersine çevrilmeleri gerekir. Pnömatik veya hidrolik aktüatörlerde, hareket yönünün tersine çevrilebilirliği aşağıdaki aktüatörlere göre ayarlanır:

Basit etki:

Bir yöndeki aktüatör hareketi sıvı basıncı ile yapılır ve geri dönüş genellikle yay olan başka bir cihaz tarafından sağlanır. Bu durumda, bir yönde harekete neden olmanın yanı sıra basıncın kuvveti, yay kuvvetinin üstesinden gelir ve basınç uygulanmayı bıraktığında geri dönüş bu yay kuvveti ile sağlanır. Hareket kuvvetinin yay kullanmaya izin vermeyecek kadar büyük olduğu uygulamalarda, yerçekiminin bir sonucu olarak aktüatöre etki eden bir karşı ağırlık da kullanılabilir.

Çift Etki:

Basınç ilgili tarafa uygulanarak herhangi bir yönde aktüatör hareketi sağlanır.

Derleyen Notu: Vanaların el kumandalı olanları ve diğer bilgiler, Cilt II'de şemalar ile anlatılacaktır.

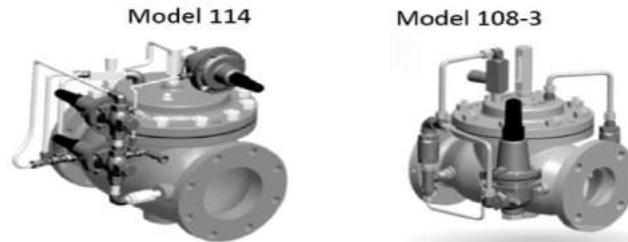
2.5.7. UÇAK YAKIT SİSTEM VANALARI

Konu yakıt olduğu zaman standartlar açısından, API standartlarına uygunluk, başparmak kuralı olarak kabul edilmektedir. Bu standartların en önemli ayrıcalığı sızdırma, yangın emniyeti ve nerdeyse akışkanın tüm basınç, debi, kavitasyon, yakıt su ayırımı kontrolünün hidrolik prensiplerle yapılmasıdır. Elektrik kullanılmadan otomasyon yapılması ise, akışkanlar mekaniğinin tüm incelikleriyle yüksek standartlarda mühendislik hizmetleri gerektirmektedir. Bu cilt içerisinde sadece şematik olarak ekipmanlardan bahsedeceğiz, teknik olarak detaylara girmeyeceğiz. Cilt II de, tasarım hesap temel ilkeleri ve yöntemleri ile detaylı saha pratiği bilgileri verilmektedir.



Şekil 246 Tipik Havaalanı Yakıt Hidrant Sistemi ve Kullanılan Vana Tipleri

YAKIT İKMALİ VE GERİALMA KONTROL VANALARI



Şekil 247 Hidrant Kontrol Vanası Model 114 ve Sistem Basınç Kontrol Vanası Model 108-3

Model 114-1

Uçak yakıt ikmal hizmeti için özel olarak tasarlanmış bir kontrol vanasıdır. Yakıt ikmal veya hidrant kontrol vanası olarak bilinen bu vana, yakıt ikmal sistemleri hidrantları için tipik bir kontrol vanasıdır. Bu vanalar, yakıt ikmal sistemlerinde Hidrant hortumları ile birlikte kullanılır. Pnömatik ölü ağırlıklı anahtar (Pneumatic Dead Man Switch)

kontrolü ile açılır ve kapanır. Önceden belirlenmiş bir set noktasında aşağı akış basıncını kontrol etmek için modüle eder ve hızlı bir azalma nedeniyle gereksiz basınç birikmesini önlemek için hızla açılır ve kapanır.

ÖZELLİKLER:

- Pnömatik ölü ağırlık (Deadman)⁶¹ kontrolü ile çalışır.
- Basınç azaltıcı pilot duyular valf çıkışı veya basınç telafi edici venturi görevi yapar.
- Yüksek kapasiteli aşırı gerilim kontrolü, akışın azaltılmasında basınç birikmesini en aza indirir.
- Açma hızı kontrolü yapar.
- Aşağı akış termal rahatlama veya defueling⁶² için otomatik olarak açılır.
- Valf konumunu izlemek için görsel gösterge ile donatılmıştır.

Model 108-3

Bir sistemin çok yüksek (kabartma) veya çok düşük (sürekli) basınçlardan korunması ve ters akışın önlenmesi gereken her yerde uygulanabilir. Tipik örnekler arasında pompa sistemleri ve yakıt dağıtım sistemleri Basınç Kontrol Vanası (PCV) sayılabilir.

ÖZELLİKLER:

- Basınç Sürekliliği: Giriş basıncının önceden belirlenmiş minimum seviyenin altına düşmesini önler.
- Basınç tersine çevirmede otomatik kapatma sağlar.
- Geniş bir akış aralığında çalışır.
- Set basıncı tek vida ile ayarlanabilir.
- Hızlı açma ve ayarlanabilir kapatma hızına sahiptir.



Şekil 248 Yüksek Seviye Kapatma Vanası Model 8104 ve Yüksek Seviye Kapatma Vanası 8106

Tank yakıt seviyesini kontrol etmek için;

Model 8104:

Şamandıra pilotlarının yer altı tankları gibi tankın içine monte edilebildiği depolama tanklarındaki yüksek seviyeyi otomatik olarak kontrol edebilir.

ÖZELLİKLER:

- Tank dolumunu sağlar ve yüksek seviyede kapanır.
- Uzaktan monte şamandıra pilotu (tankın içi) bulunur.
- Vana ve şamandıra pilotu arasında iki adet alana monte hat vardır.
- Yanıt hızı ayarlanabilir.



Şekil 249 Akış Hızı / Dalgalanmasız Kontrol Vanası Model 120-6, Filtre Ayırıcı Kapatma Vanası Model 119 ve Karşı Basınç/Çek/Solenoid Kapatma Vanası Model 108-34

⁶¹ Belli aralıklarla doğru çalışmasını sağlamak için tetik mekanizmasını tekrar kurma gerektiren emniyet aleti

⁶² Uçaktan yakıtı geri almak

Model 120-6:

Akış hızının kontrol edilmesi veya sınırlandırılması ve ters akışın önlenmesi gereken yerlerde geçerlidir ve bu nedenle pompa deşarj kontrol vanası (CV) olarak idealdir.

ÖZELLİKLER:

- Akışı önceden belirlenmiş bir oranda kontrol eder veya sınırlar.
- Akış hızını algılamak için dahili delik plakası vardır.
- Kontrol özelliği, basınç tersine çevirmede vanayı kapatır.
- Ekstra hassas diferansiyel pilotu bulunur.
- Akış hızı tek vida ile ayarlanabilir.
- Yanıt hızı ayarlanabilir
- Acil kapatma işlevleri için isteğe bağlı solenoid eklenebilir.

Model 119:

Durağan Akış (Slug) Vanası (FSCV), filtreye monte şamandıra pilotu aracılığıyla filtre ayırıcıların arasında bulunur. Bir filtrenin karterinde çok fazla su biriktiğinde, şamandıra yükselir ve suyun boru hattı sistemini kirletmesini önlemek için durağan akışkan vanasını kapatır. Bu vana, çok çeşitli özelliklerle de farklı ayarlarda kullanılabilir. Kullanılan daha yaygın özelliklerinden bazıları şunlardır: Kontrol, Akış sınırlama, Acil Kapatma ve Maksimum Diferansiyel Kapatma.

ÖZELLİKLER:

- Yüksek kapasiteli pilot sistemiyle, hızlı kapanma sağlar.
- Vana konumu göstergesi bulunur.

Model 108-34:

Geri akış önleme ve açık/kapalı elektriksel çalışma gereksinimi ile birlikte minimum geri basıncı korumak için kullanılır. Tipik uygulama örnekleri arasında pompa sistemleri, yakıt dağıtım sistemleri ve hidrant yakıt ikmal sistemi geri basınç kontrol vanası vardır.

Geri basınç kontrol vanası (BPCV- Backpressure control valve) solenoid ile aktive edilir ve uçaklara yakıt ikmal işlemleri sırasında hidrant sisteminde kullanılır. Basınç Kontrol Vanaları (PCV), düşük kullanım veya sıfır talep zamanlarında hidrant sistem basıncının düşmesini sağlar. Yakıt Geri Alma (Defuel)/Blöf (Flush) Vanaları, uçakların yakıtını geri alırken veya hidrant sistem boru hattı içerisindeki kir ve tortuyu temizlerken kullanılır.

ÖZELLİKLER:

- Basınç Sürekliliği: Giriş basıncının önceden belirlenmiş minimum seviyenin altına düşmesini önler.
- Elektrikle çalışan solenoid, vananın açılmasını, kapanmasını veya basıncın kontrol edilmesini sağlar.
- Basınç tersine çevirmede otomatik kapatma işlemi yapar.
- Geniş bir akış aralığında çalışır.



Şekil 250 Dolum Vanası Ürün Kurtarma Tankı için Model 8121-ETR ve Solenoid Kapatma/Yıkama Vanası Model 115-2

Model 8121-ETR:

Taşma Vanası Overfill Valve (OV), yakıt geri kazanma rezervuarına akışa izin veren normalde açık bir vanadır. OV, yakıt geri kazanma rezervuarı üzerine uzaktan monte edilmiş bir OCV şamandıra pilotu ile kontrol edilir. Rezervuar dolduğunda, OV aşırı doldurmayı önceden kapatmaya başlayacaktır. Vanaya monteli ısı tahliye vanası, OV tam rezervuar doluluktan dolayı kapatıldığında yukarı akış basıncının birikmesini önler.

ÖZELLİKLER:

- Tank dolu olmadığında tanka akışa izin vermek için otomatik olarak açılır (aşağı doğru yüzer).
- Tank dolduğunda kapanır (yukarı kayar).
- Tank seviyesinden bağımsız olarak tanka yukarı akış termal basınç birikimini hafifletir.

Model 115-2:

Vanayı elektriksel olarak açmak ve kapatmak için kullanılır. Tipik uygulama örnekleri arasında proses kontrolü, petrol yükleme terminalleri ve depolama tankı seviye kontrolü (FV) sayılır.

ÖZELLİKLER:

- Elektrikle çalışan solenoid, vananın açılmasını veya kapanmasını sağlar.
- Ayarlanabilir yanıt hızı vardır.

TANKER DOLDURMA BOŞALTMA KONTROL VANALAR

Model 114-3

Model 108-34



Şekil 251 Hidrant Kontrol Vanası Model 114-3 ve Karşı Akış/Çek/Solenoid Kapatma Vanası Model 108-34

Model 114-3:

Uçak yakıt ikmali hizmeti için özel olarak tasarlanmış bir kontrol vanasıdır. Yakıt ikmali veya hidrant kontrol vanası olarak bilinen bu vana, pantograf yakıt ikmal sistemlerinde kullanılan tipik kontrol vanasıdır. Hidrolik ölü ağırlık kontrolü ile açılır ve kapanır. Önceden belirlenmiş bir set noktasında aşağı akış basıncını kontrol etmek için modüle eder ve bir talep durumunda hızlı azalmayı (HCV) sağlar.

ÖZELLİKLER:

- Hidrolik ölü ağırlık kontrolü vardır.
- Basınç azaltıcı pilot duyularıyla valf çıkışı veya basınç telafi edici venturiyi kullanır.
- Yüksek kapasiteli aşırı gerilim kontrolü, akışın azaltılmasında basınç birikmesini en aza indirir.
- Açma hızı kontrolü vardır.
- Aşağı akış termal rahatlatma veya defueling için otomatik olarak açılır.
- Valf konumunu izlemek için görsel gösterge ile donatılmıştır.

Yukarıda anlatılan vanalar standart olarak tüm havaalanlarında bulunmaktadır. Bunların yanında el ile kumanda edilen sürgülü vanalar, trunnion kontrollü vanalar, küresel vanalar, otomatik ve el ile kontrol edilen drenaj vanaları da bulunmaktadır. Kesintisiz hizmet veren bu sistemlerin bakım onarım ve ömür süreçleri de işletme kayıpları göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

Derleyen Notu: Bazı vanalar özellikle el kumandalı olanlar ülkemizde üretilmektedir. Vana seçimi yapılırken, özellikle tam olarak uluslararası standartlarla uygun olan ve gereksinimlerin tamamını karşılayacak olanlar satın alınmalıdır. Herhangi bir noktada uçak yakıtı ile vana iç parçasının reaksiyonu sonucu yakıtın zarar görmesi, karşılığı tarif edilemeyecek büyüklükte zararlar verebilmektedir.

2.5.8. SULAMA VANALARI

Kitap içerisinde farklı özellikleri ile anlatılmış olsa da Cilt II içerisinde örnekleri ile anlatılmıştır.

2.5.9. HAT KÖRLEME VANALARI

Kitabın 1. ve 2. ciltlerinde detaylı olarak anlatılmıştır.

2.5.10. YANGIN TESİSAT VANALARI

Yangınla mücadele tesisat vanalarının, temel özelliği ister el ile kumanda edilsin isterse otomatik kontrol edilsin ortak paydada izlenebiliyor olmalarıdır. Genel olarak tüm mücadele sistemleri basınç altında olduğu için yangın pompaları basınç dalgalanmalarına tepki olarak direkt kalkış ile yatay debi basınç eğrisi izleyerek devreye girer. Yangın söndürme sistemleri için su kullanıldığında sadece kendi başına bir vanadan bahsetmiyoruz ve artık vanalar ile kumanda devresi için gereken diğer bileşen elemanların grup çalışmasından bahsetmekteyiz.

Yangın vanaları ile diğer aynı formlardaki vanaların ayrımını daha iyi anlayabilmek için, öncelikle basınç ve sıcaklık içeren temel bazı terimlerden başlamakta fayda var.

WOG (Su, Yağ, Gaz), WSP (Çalışma Buhar Basıncı)

Yangın fiskiyesi ve Yedek Borulu sistemler çok çeşitli vanalar kullanır, ancak içlerinden geçen basınçlı hava ve suya dayanmak veya kontrol etmek için gereken özelliklere sahip olup olmadıklarını söylemek her zaman kolay değildir. Karışıklığın bir kısmı, çoğu vananın birden fazla kullanıma sahip olmasından kaynaklanmaktadır: Yangından korunma hizmeti için özel olarak listelenen vanaların bile diğer su bazlı sistemlerde veya hatta kimyasallar, petrol, gazlar veya diğer maddeler içeren su dışı sistemlerde uygulamaları olabilir.

Sihhi tesisat ve boru tesisatında, sık kullanılan bir basınç ölçümü Bar, kPa veya Psi'dir. Pa, bir metre kare boruya veya diğer bağlantı parçalarının içine bastırılan gazın, sıvının veya yarı katının basıncını Newton cinsinden ölçer.

Güvenlik için, yangın korumasında kullanılan her vana- kontrol vanalarından yağmurlama ve kuru boru sistemlerini boşaltmak ve test etmek için kullanılan trim vanalarına kadar- sadece vananın güvenle dayanabileceği basınçlarda kullanılmalıdır. Bununla birlikte, genellikle "WOG", "CWP", "WSP" veya diğer kısaltmalar, bir sayıyla birlikte vana üzerine yazdırılır veya dökülmüş olarak yazılır.

Tesisat vanaları basınç ve sıcaklık sınırlamalarına göre sınıflandırılır. Metalin mukavemeti artan sıcaklıklarla azaldığından, daha yüksek sıcaklıklara maruz kalan vanalar sadece daha düşük basınçlara dayanabilir- ve daha düşük sıcaklıklardaki vanalar genellikle daha yüksek basınçlara dayanabilir.

Bazen Çalışma Buhar Basıncı (WSP) olarak da bilinen Buhar Çalışma Basıncı (SWP) derecesi, sıcak ve buharlaştırılmış sudan izin verilen maksimum basıncı gösterir. SWP, bir vananın üst sıcaklık sınırlamasının bir göstergesini sağlar: "100 SWP" işaretli bir vana, (330 °F) dereceden daha yüksek bir sıcaklığa sahip olacak saf buhardan kaynaklanan (100 PSIG) basınca dayanabilir.

Öte yandan, Su, Petrol, Gaz (WOG) derecesi, PSIG'de, bir vananın içeriğinin çok daha düşük sıcaklık değerlerinde genellikle 20F ile 100F (-29°C ila 38°C) arasında maksimum basıncına sahiptir. "300 WOG" işaretli bir vananın petrol gazları veya yağları ile çalışabilmesi gerektiğini düşünebilirsiniz. Ne yazık ki, durum böyle değil. Su bazlı sistemlerin ötesindeki uygulamalar için bir vana düşünüyorsanız, vananın tasarımının ve konstrüksiyonunun kullanmak istediğiniz belirli gazlara veya sıvılara dayanıp dayanamayacağına karar vermek için üreticinin imalat katalog sayfalarına bakmanız gerekir. Bu anlamda WOG notasyonu, aslında daha başka bir tanımla eşanlamlıdır: Soğuk Çalışma Basıncı.

Vana üreticileri, bir vanayı oluşturan metalik ve metalik olmayan parçalardan borulara kadar her şeyi tanımlayan çeşitli kodlara ve standartlara bağlı kalır ve güvenir. Evsel su boru hatları, basınçlı hava, düşük basınçlı buhar ve yangından korunma sistemleri ile kullanılan vanaların her biri farklı standartlara uygundur.

Bununla birlikte, çoğu vana, Vana ve Bağlantı Parçaları Endüstrisi Üretici Standardizasyon Derneği veya MSS tarafından geliştirilen standartlara uygun olarak işaretlenmiştir. Vanalar, Bağlantı Parçaları, Flanşlar ve Rakorlar için Standart İşaretleme Sistemlerinin 2008 baskısında, MSS vanalar ve diğer bağlantı parçaları için sıcaklık dayanımının nasıl belirtilmesi gerektiğini anlatılır. Standart, bir vananın Soğuk Çalışma Basıncı'nın (CWP) basınç sınıfında, "normal" ortam sıcaklıklarında ((-29°C)- 38°C arasındakiler) izin verilen maksimum basıncı temsil ettiğini açıklar.

Üretici Standardizasyon Topluluğu, üreticiler de dahil olmak üzere çeşitli sembollerle soğuk çalışma basıncının gösterebileceğini belirtiyor:

- CWP -Soğuk Çalışma Basıncı (Cold Working Pressure)
- WO- Su, Yağ Basıncı (Water Oil Pressure)
- WOG- Su Yağ Gaz Basıncı (Water, Oil Gas Pressure)
- GLP -Gaz, Sıvı Basıncı (Gas, Liquid Pressure)

- WWP -Çalışma Suyu Basıncı (Working Water Pressure)
- W -Su Basıncı (Water Pressure)

Öte yandan, bir vananın Buhar Çalışma Basıncı aşağıdaki kısaltmalardan herhangi biri ile belirtilebilir:

- SWP-Buhar Çalışma Basıncı (Steam Working Pressure)
- SP -Buhar Basıncı (Steam Pressure)
- WSP-Çalışma Buhar Basıncı (Working Steam Pressure)
- S -Buhar (Steam)

Bununla birlikte, NFPA, yangın sprinkler sistemlerinde kullanılan vanalar için özel basınç gereksinimleri sağlar:

“NFPA 13’ün 2019 sürümünden

7.1 Genel. Bu bölümde sprinkler sistemi bileşenlerinin ve donanımının doğru kullanımı için gereklilikler sağlanmaktadır.

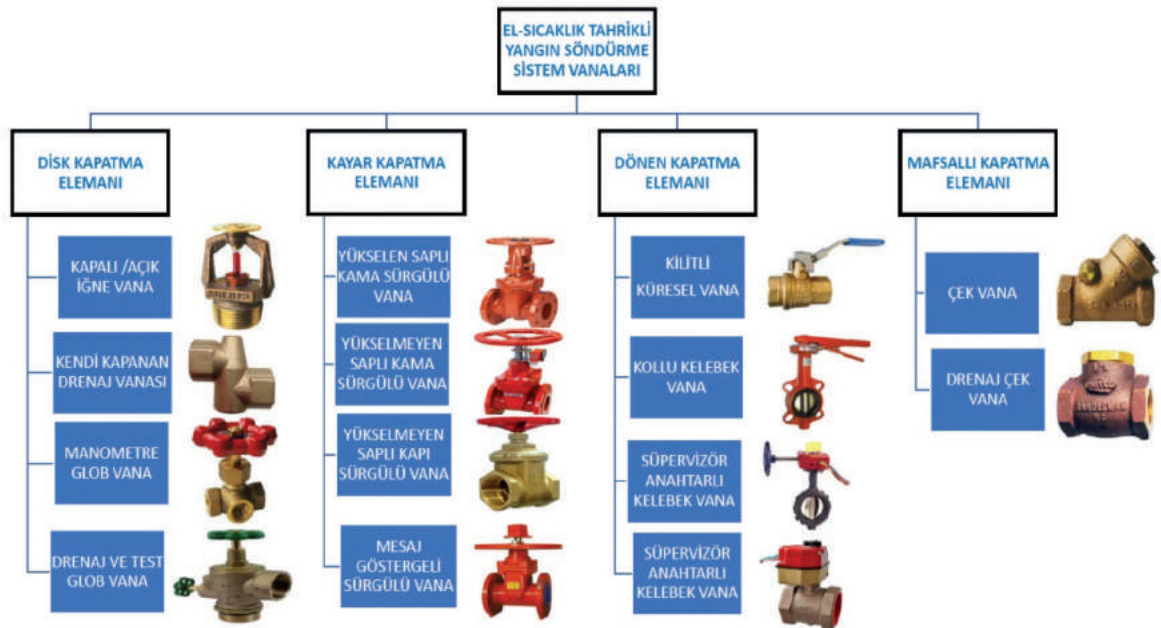
7.1.2 Nominal Basınç. Sistem bileşenleri, maruz kaldıkları maksimum sistem çalışma basıncı için derecelendirilir, ancak yer üstüne monte edilen bileşenler için 175 psi’den (12 bar) az ve yeraltına monte edilen bileşenler için 150 psi’den (10 bar) az olarak derecelendirilmez.”

Yangın yağmurlama ve kuru boru sistemlerinde kullanılan neredeyse tüm kontrol vanaları sertifikalandırılmalıdır. Yani UL⁶³veya FM⁶⁴ Onayları gibi üçüncü taraf bir test grubu tarafından bu kullanım için onaylanmıştır. Bu standartlar, üreticilere bir vananın onaylarını almak için ne kadar basınca dayanması gerektiğini söyler ve üreticileri uygun bir minimum basınç derecesine yönlendirir.

Derleyen Notu: Ancak trim vanaları, test vanaları ve tahliye vanalarının yalnızca yerel itfaiye yetkilileri tarafından kullanılmak üzere onaylanması gerekir, bu da yangın Yağmurlama veya Kuru Boru sistemine uygun basınç derecesine sahip bir vana seçiminin montajcıya bağlı olduğu anlamına gelir. Aşağıda bulunan iki Şekil, vananın hangi normlarda olması gerektiğini göstermek için konulmuştur. Detay için ilgili standartlar ile uyumluluk kontrolü yapılması, satın alma süreçlerinde çok önemli bir yer tutar.

El kumandalı veya Isı- Basınç Tahrikli Vanalar

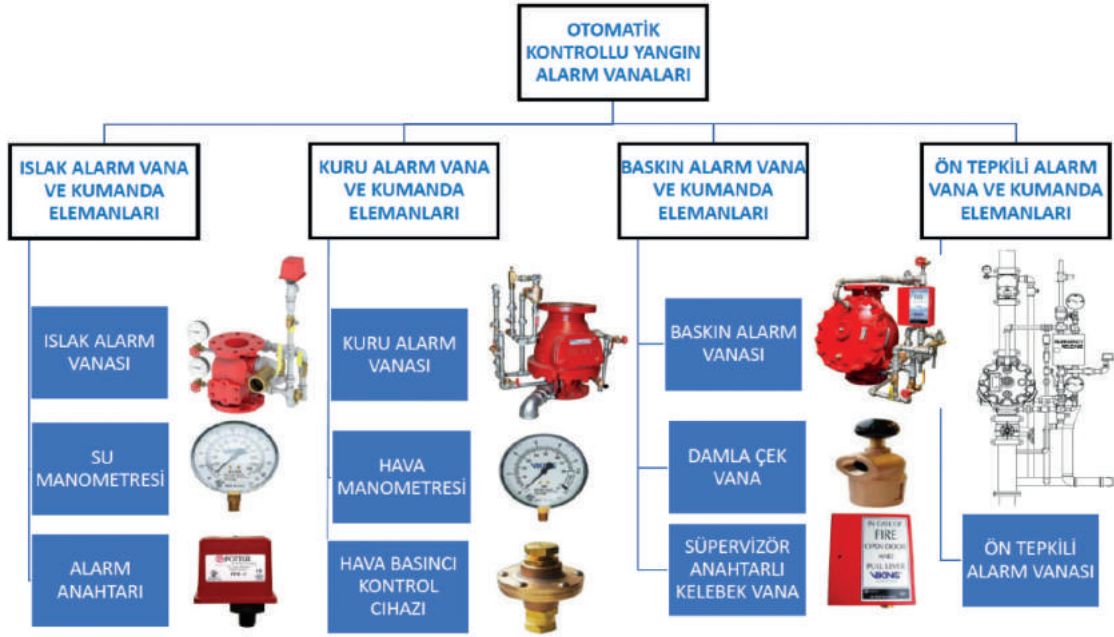
El ile kontrol edilen vanalar, özellikle yangın için sıcaklık ve basınç standartlarına uygun sertifikalar ve damgalara sahip olmalıdır.



Şekil 252 Yangın El veya Sıcaklık Kontrol Vanaları

⁶³ UL Underwriters Laboratories - yangın konusunda Amerikan onay kuruluşu

⁶⁴ FM- Factory Mutual Laboratories- FM Approvals, üçüncü taraf test ve belgelendirme hizmetleri konusunda uluslararası kuruluş.



Şekil 253 Otomatik Kontrollü Yangın Alarm Vanaları Temel Elemanları

2.6. MALZEME CİNSLERİNE GÖRE VANALAR

Malzeme cinsine göre vanalar sınıflandırmak istediğimizde metal olanlar, metal olmayan plastik esaslı vanalar ve her iki kökenli malzemelerin kullanıldığı vanalar bulunmaktadır. Özel olarak burada metal esaslı malzemeleri anlatmaya çalıştık, fakat plastik esaslı vanalar saf su, su yumuşatma sistemlerinde ve basit soğuk kullanım suyu tesisatında ve sulama tesisatında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde sınırlı üreticisi bulunan tam plastik ve hem metal hem de plastik malzeme kullanan vanalar için bu derleme Cilt I içerisinde detaylı bahsedilmemiş olup Cilt-II içerisinde hakkettiği yeri alacaktır.

Gövde malzemesine göre vana sınıflandırması

Metal vanalar: Vana gövdesi ve diğer parçaları metal malzemeden yapılmıştır. Dökme demir, dökme çelik vanalar, bakır alaşımlı vanalar, alüminyum vanalar, kurşun alaşımlı vanalar, titanyum vanalar, Monel vanalar gibi.

Vana Üretiminde Kullanılan Ortak Metal Türleri:

Aşağıda, genel endüstriyel, ticari ve proses vana yapımında kullanılan ortak vana malzemelerinin genel bir incelemesi yer almaktadır.

- **Alüminyum** - Demir dışı bir metal, çok hafif, çeliğin yaklaşık üçte biri ağırlığında. Alüminyum mükemmel atmosferik korozyon direnci sergiler, ancak diğer metallerle çok reaktif olabilir. Vanalarda alüminyum esas olarak el tekerlekleri veya tanımlama etiketleri gibi dış bileşenler için kullanılır.
- **Bakır** - Dövme bakır malzemelerin en önemli özellikleri arasında termal ve elektrik iletkenliği, korozyon direnci, aşınma direnci ve sünekliği vardır. Dövme bakır yüksek sıcaklık uygulamada iyi performans gösterir ve lehim veya gümüş kaynağı ile kolayca birleştirilir. Dövme bakır genellikle sadece bağlantı parçaları için kullanılır.
- **Bronz** - Tunç Çağı'nda geliştirilen ilk alaşımlardan biri olan bronz, genellikle basınç dereceli bronz vanalar ve bağlantı parçaları için endüstri standardı olarak kabul edilir. Bronz, saf bakırdan daha yüksek bir mukavemete sahiptir, kolayca dökülür, işlenebilirliği yüksektir ve lehimleme veya gümüş kaynağı ile çok kolay bir şekilde birleştirilir. Bronz, çok çeşitli kimyasallara karşı genel direnç gösterir ve çukur korozyonuna karşı çok dayanıklıdır.
- **Silikon Bronz** - Bakır sünekliğine sahiptir, ancak çok daha fazla mukavemeti vardır. Silikon bronz, bakıra eşit veya daha fazla korozyon direncine sahiptir. Yüksek basınç sınıfı vanalarda gövde malzemesi olarak yaygın olarak kullanılan silikon bronz, stres korozyon çatlağı riskine karşı yaygın olan pirinç malzemelere göre daha fazla dirence sahiptir.
- **Alüminyum Bronz** - Kelebek vanalarda kullanılan en yaygın kabul gören disk malzemesi olan alüminyum bronz, ısı işlemiyle yapılabilir ve çelik mukavemetine sahiptir. Açıkta kalan yüzeylerde alüminyum oksit tabakası oluşumu bu metali korozyona karşı çok dayanıklı hale getirir. Yüksek pH ıslak sistemler için önerilmez.
- **Pirinç** - Genellikle iyi korozyon direnci ve mükemmel işlenebilirlik özelliği vardır. Belirli uygulamalarda çinko du-

- yarlığı bulunur. Dövme pirinç için birincil kullanımlarda, küresel vana gövdelerinde ve toplarında ve demir vana gövdelerinde kullanılır. Ticari küresel vana gövdelerinde ve uç parçalarında da pirinç dövme sınıfında kullanılır.
- **Gri Demir** - (Grey Iron) Demir, karbon ve silikon alaşımıdır. Kolayca dökülebilir, döküm durumunda iyi basınç sızdırmazlığı sağlar. Gri demir mükemmel sönümlenme özelliklerine sahiptir ve kolayca işlenir. Sınıf 125 demir gövde vanalarının gövdeleri ve boneleri için standart malzemedir. Gri demir, belirli ortamlarda çelik üzerinde geliştirilmiş korozyon direncine sahiptir.
 - **Sünek Demir** - (Ductile Iron) Gri demire benzer bileşime sahiptir. Özel işlem, daha yüksek mekanik dayanım özellikler sağlayan metalürjik yapısını değiştirir; bazı kalitesel özelliklerini ve sünekliğini artırmak için ısıtma işlemi uygulanır. Sünek demir, gri demire benzer döküm teknikleri kullanılarak yapılır. Çeliğin mukavemet özelliklerine sahiptir ve sınıf 250 için kullanılır (ayrıca daha büyük boyutlarda sınıf 125).
 - **Karbon Çeliği** - Çok iyi mekanik özellikleri vardır. Stres, korozyon ve sülfürlere karşı iyi direnç gösterir. Karbon çeliği yüksek ve düşük sıcaklık mukavemetli, çok sert ve mükemmel yorulma mukavemetlidir. Esas olarak 4540C'ye kadar uygulamalar için sürgülü, glob ve kontrol vanalarında ve tek, iki ve üç parçalı küresel vanalarda kullanılır. Özellikle çok yüksek basınç sınıflarında büyük çaplar için dövülebilir veya dökülebilir.
 - **%3 Nikel Demir** - Gri ve sünek demir üzerinde geliştirilmiş korozyon direnci. Daha yüksek sıcaklık, korozyon direnci ve mekanik özellikleri vardır. Oksitleyici atmosferlere karşı çok dayanıklıdır.
 - **Nikel Kaplama Sünek Demir** - Nikel kaplamalar kimyasal işlemede kullanılmak üzere geniş kabul görmüştür. Bu kaplamalar çok yüksek çekme mukavemetine sahiptir (345- 1550 MPa). Bir dereceye kadar malzemenin sertliği, aşınma ve aşınma özelliklerine karşı direncinin göstergesidir. Nikel kaplama, kelebek vanalar için disk kaplaması olarak yaygın olarak tercih edilir. Endüstriyel ve petrol tesislerinde kullanılan küresel vanalar için, karbon çelik vana bileşenlerinde üstün elektroliz nikel kaplama (ENP) kullanılır. ENP, aslında sertlikte paslanmaz çelikten daha üstündür, ancak benzer korozyon özelliklerine sahiptir.
 - **400 Serisi Paslanmaz Çelik** - Demir, karbon ve krom alaşımı. Bu paslanmaz, normalde martensitik yapısı ve demir içeriği nedeniyle manyetiktir. 400 serisi paslanmaz çelik, yüksek sıcaklık paslanmasına karşı dayanıklıdır ve karbon çeliği üzerinde gelişmiş fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Çoğu 400 serisi paslanmaz çelik, ısıtma işlemi uygulanabilir. Vanalarda en yaygın kullanım yerleri; kelebek vanalardaki kök malzeme ve dökme çelik sürgülü, glob ve çek vanalarda oturak, arka destek burçları, diskler, kamalar vb.
 - **316 Paslanmaz Çelik** - Demir, karbon, nikel ve krom alaşımı. 400 serisi SS'den daha fazla sünekliğe sahip manyetik olmayan, yapı olarak Östenitik paslanmaz çelik. 316 paslanmaz çelik çok çeşitli ortamlara karşı çok iyi korozyon direncine sahiptir, stres korozyon çatlamasına karşı hassas değildir (ancak genellikle kuyu başı uygulamalarında bulunan daha yüksek H2S seviyeleri için uygun değildir) ve ısıtma işleminden etkilenmez. Valf gövdesinde ve/veya trim malzemesinde çok yaygın olarak kullanılır.
 - **17-4 PH Paslanmaz Çelik** - Yüksek mukavemet ve sertlik sunan martensitik çöktürme/yaş sertleştirilmiş paslanmaz çeliktir. 17.4 PH, aşındırıcı saldırıya 400 serisi paslanmaz çeliklerden daha iyi dayanır ve çoğu koşulda korozyon direnci 300 serisi paslanmaz çeliğe yakından yaklaşır. 17,4 PH öncelikle kelebek ve küresel vanalar için bir gövde malzemesi olarak ve üstün mukavemetli bir gövde gerektiren herhangi bir vana uygulamasında kullanılır.
 - **Alaşım 20Cb-3** - Bu alaşım, 300 serisi paslanmaz çelikten daha yüksek miktarda nikel ve kroma sahiptir ve kolumbiyum ilavesiyle, bu alaşım stres korozyon çatlamasını geciktirir ve sülfürik aside karşı direncini artırır. Alaşım 20, kimyasal işlemin tüm aşamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.
 - **Monel** - Her türlü vanada öncelikle iç döşeme olarak kullanılan nikel-bakır alaşımıdır. Denize ve tuzlu suya karşı korozyon direnci için en çok olan malzemelerden biridir. Monel ayrıca güçlü kostik çözümlere karşı çok dayanıklıdır.
 - **Stellite** - Kobalt taban alaşım, en iyi çok amaçlı sert alaşımlardan biridir. Isıya, aşınmaya, korozyona, darbeye, safraya, paslanmaya, termal şoka ve erozyona karşı çok dayanıklıdır. Stellite yüksek bir cila alır ve çelik valf koltuk halkalarında kullanılır. Normalde transfer plazma-ark ile uygulanır; Stellite sertliği ısıtma işleminden etkilenmez.
 - **Hastelloy C** - Islak klor, klor gazı ve demir klorür gibi güçlü oksitleyiciler de dahil olmak üzere çok çeşitli kimyasal proses ortamlarına karşı olağanüstü dirence sahip yüksek nikel krom molibden alaşımıdır. Hastelloy C ayrıca orta sıcaklıklarda nitrik, hidroklorik ve sülfürik asitlere karşı da dayanıklıdır.

Metalik olmayan malzemeli vanalar: Vana sandığı ve diğer parçaları metalik olmayan malzemedan yapılmıştır. Plastik vanalar, seramik vanalar, cam ve çelik vanalar örnek verilebilir.

Metal Gövdeli vanalar: Metal gövdesi kauçuk kaplı vanalar, plastik kaplı vanalar, astarlı seramik vanalar gibi iç ortamla temas eden yüzeyleri astarlanmış olan vanalar.

2.7. VANA KEÇE, SALMASTRA, CONTA TIPLERİ

Vanaların tipleri, sap (stem) yapıları, bone ile ilişkileri, çalışma sıcaklığı, çalışma basıncı, akışkanın çevresel etkileri sızdırma riskleri veya yangın tesisat vanalarındaki yangın dayanımı gibi özelliklerin yanı sıra, vanaların mil bölgesindeki sızdırmazlığı sağlayan keçe, conta, sızdırmazlık grubu paket elemanları da şartların gerektirdiği, değişik özelliklerde seçilmektedir.

Bu sızdırmazlık malzemelerinin düzenli olarak bakım onarım ve değişimi, vanaların periyodik bakım süreçlerinin en önemli parçasıdır.

Flaşlar arası contaların söküp takılma süreçlerinde mutlaka değişmek zorunda olduğu ilgili kısımlarda anlatılmıştı. Vananın sap ile bone, kaput veya akış yöneltme elemanları kapandığı zaman sızdırmazlık elemanları da açma kapama sıklığına bağlı olarak bakım ve değişime gereksinim duyar. Burada yüzeysel olarak çeşitli özelliklerini öne çıkartarak tipler ve malzemeler konusunda temel bilgiler verilmektedir.

Vana sap sızdırmazlık grubuna yakından baktığımızda şu elemanları görürüz:

Sıkıştırma Sızdırmazlık Grubu (Compression Packing)

Sıkıştırma ambalajları salmastra kutularındaki sızdırmazlık elemanlarıdır. Sızdırmazlık grubuna doldurulan ve vana gövdesinin etrafında bir conta oluşturmak için keçe tarafından sıkıştırılan esnek bir malzemeden oluşur. Ambalajların aşırı sıcaklıklara dayanması, agresif ortamlara karşı dayanıklı olması, düşük sürtünme faktörü ve yeterli yapısal mukavemet göstermesi ve akışı kapatılan sıvıya karşı dayanıklı olması gerekir. Beklenen geniş gereksinimleri karşılamak ve aynı zamanda kullanım ekonomisi sunmak için, çok sayıda sızdırmazlık grupları imalatı geliştirilmiştir. Vana sapı için sıkıştırma grup konstrüksiyonları, çok da eski olmayan geçmişte, çok çeşitli uygulamalara uygunluğu nedeniyle büyük ölçüde asbest lifine dayanıyordu. Asbest, aşırı sıcaklıklar için uygundur, çok çeşitli agresif ortamlara karşı dayanıklıdır ve zamanla özelliklerini değiştirmez. Olumsuz tarafı ise, asbest kötü yağlama özelliklerine sahiptir. Bu nedenle gruba, pul grafit veya mika gibi asbest özelliklerini engellemeyen bir yağlayıcı eklenmekteydi. Bu kombinasyon hala sıvılara geçirendir ve boşlukları doldurmak için bir sıvı yağlayıcı eklenir. Bu amaçla kullanılan yağlayıcı türleri, su ve sulu çözeltiler için yağlar ve gresler, yağ veya benzin gibi sıvılar için sabunlar ve çözünmeyen malzemelerdir. Ne yazık ki, sıvı yağlayıcılar özellikle daha yüksek sıcaklıklarda basınç altındaki akışkanlığının artması eğilimindedir ve sızdırmazlık malzemesinin hacmin küçülmesine ve sertleşmesine neden olur. Bu kaybı minimumda tutmak için, vana son contada sıvı içeriği normalde sızdırmazlık malzemesinin ağırlığının %10'u sınırında tutulur. PTFE'nin ortaya çıkmasıyla, lifli sızdırmazlık malzemesi için sıvı yağlayıcı eklenmeden kullanılabilir sağlam sentetik yağlayıcı kullanılabilir hale geldi.

Asbest artık mümkün olduğunca kullanılmamakta, yerine PTFE ve aramit gibi polimer lifleri ve saf grafit kullanılmaktadır. Diğer sızdırmazlık malzemeleri arasında pamuk, keten ve ramî⁶⁵, kenevir, jüt (sık sık PTFE ile yağlanmış) gibi bitkisel lifler ve bükülmüş ve katlanmış metal şeritler de kullanılmaktadır.

Dudak Tipi Sızdırmazlık Elemanı (Lip-Type Packings)

Dudak tipi sızdırmazlık elemanları, dudaklarının esnekliği nedeniyle yanal olarak genişler, bu da sıvı basıncı ile yan duvarlara karşı kuvveti kısıtlar. Contanın bu genişleme şekli, formunu daha iyi koruyan sertlikteki malzemelerden dolayı, sıkıştırma contalarından daha iyi performans göstermeyecektir. Dezavantajı, dudak tipi elemanların sızdırmazlık eylemi yalnızca bir yöndedir. Vana sapları için dudak tipi contaların çoğu yalın veya dolgulu PTFE olarak yapılmaktadır. Bununla birlikte, tekstil takviyeli kauçuk ve deri de esas olarak hidrolik uygulamalar için kullanılır. Vana gövdeleri için çoğu dudak tipi conta V şeklindedir, çünkü dar conta alanlarına rahatça sığar. PTFE ve güçlendirilmiş kauçuktan yapılmış V-contalar, dudaklarının uçlarına yakın küçük alanlarda birbirine dokunmak için tasarlanmıştır ve geniş alanlar, sıvı basıncının dudaklarda serbestçe hareket etmesine izin veren boşlukla ayrılır. Deri V conta halkaları PTFE ve güçlendirilmiş kauçuktan yapılmış olanların rijitliğine sahip değildir ve bu nedenle birbirlerini tamamen desteklemek için tasarlanmıştır. PTFE ve güçlendirilmiş kauçuktan yapılmış V-contalar genellikle kısıtlayıcı yanal yüzleri otomatik olarak önceden karşı kuvvet üreten tabaka dudaklarla desteklenir. Bu durumda, contanın sadece hafif ilk sıkması sıvı sızdırmazlık elde etmek için yeterlidir. Deriden yapılmış V-conta halkaları düz kenarlara sahiptir ve biraz daha yüksek aksel ön yük gerektirir. Otomatik kontrol vanalarında olduğu gibi düşük conta sürtünmesi önemliyse, contanın el ile aşırı sıkılmasını önlemek için conta genellikle önceden belirlenmiş yay mukavemet kaynağı ile alttan desteklenir.

⁶⁵ Ramî-bitkisi uzak doğuda yetişen liflerinden oluşturulmuş keçe gibi sızdırmazlık için kullanılan doğal malzeme

Sıkma Tipi Sızdırmazlık Elemanı (Squeeze-Type Packings)

Sıkma tipi contanın adı, O - halkalı (O-Ring) contalar ve benzeri için geçerlidir. Bu tür contalar yanal sıkma ile monte edilir ve yanal ön yükleme, conta malzemesinin elastik yay kuvvetine dayanır. Sıvı basıncı conta muhafazasına alttan girdiğinde, o-ring vana, sap ile yedekleme desteği arasındaki boşluğa doğru hareket eder ve böylece sızıntı yolunu tıkar. Sızdırmazlık muhafazası tekrar basınçsız hale geldiğinde, conta orijinal şeklini ve durumunu geri kazanır. Elastomerler bu etki modu için gerekli olan yüksek verimli gerinim gösterdiğinden, çoğu sıkma contalar bu malzemelerden yapılmıştır. Contanın ekstrüzyonu, sap ile ambalaj yedekleme desteği arasındaki boşluk, boşluğunun genişliği ve elastikiyet modülüsü ile ifade edildiği gibi elastomerik sertliğiyle de kontrol edilir. Üreticiler elastomer sertliğini Durometre sertliği açısından geleneksel olarak ifade etseler de, Durometre sertliği farklı bileşik sınıfları için farklı esneklik modüllerini ifade edebilir. Çok küçük boşluklar vana gövdesinin etrafına sıkıca oturan deri veya plastik yedek halkalar tarafından kontrol edilir. Durometre sertliği ve gövdenin etrafındaki boşluk, ambalajın ekstrüzyonuna karşı güvenli olan sıvı basıncıyla ilişkilendiren O-ring malzeme, üretici kataloglarından temin edilebilir veya gerek duyulan ölçü ve değerlerde ürettirilebilir.

İtme Sızdırmazlık Elemanları (Thrust Packings)

İtme contaları, kaput ve vana sapına verilen arka destek arasına monte edilmiş bir sızdırmazlık halkası veya yıkıyıcıdan oluşur, bu durumda vana sapı, sızdırmazlık contasına karşı eksenel yönde hareket etmekte serbesttir. İlk sap keçesi, sıkıştırma contası gibi ek bir radyal sızdırmazlık veya sapın destek plakasını itme contası ile karşısını zorlayan bir yay tarafından sağlanabilir. Sıvı basıncı daha sonra gövdenin destek plakası ile sızdırmazlık contasını sıkıştırır. İtme ambalajları, küresel vanalarda sıklıkla kullanılır.

Diyafram Vanası Gövde Keçeleri (Diaphragm Valve Stem Seals)

Diyafram vana sap contaları, vana sapı ile vana bonesi arasındaki esnek contadır. Bu tür contalar, diyaframın kırılması dışında, gövdeden atmosfere olabilecek herhangi bir sızıntıyı önler. Vananın uygulanmasına bağlı olarak, diyaframın imalat malzemesi paslanmaz çelik, plastik veya elastomer olabilir. Kubbe şeklindeki diyaframlar akışkan sıvı basıncına büyük yüzey alanı sunar, bu nedenle vana sapı buna bağlı olarak yüksek bir sıvı basınç kuvvetinin üstesinden gelmek zorundadır. Bu, kubbe şeklindeki diyaframların sıvı basıncına bağlı olarak daha küçük vanalarda kullanımını kısıtlar. Ayrıca, kubbe şeklindeki diyaframların olası eksen sapması sınırlı olduğundan, bu tür diyaframlar sadece kısa kaldırma saplı vanaları için uygundur.

Körük şeklindeki diyaframlar ise sıvı basıncına sadece küçük karşı kuvvet alanı verir ve bu nedenle vana sapına daha düşük sıvı basınç yükü iletir. Bu durum, körük şeklindeki diyaframların daha büyük vanalarda da kullanılmasına izin verir. Ek olarak, körük şeklindeki diyaframlar herhangi bir vana sap hareket mesafesi için uyarlanabilir. Diyaframın kırılması durumunda atmosfere herhangi bir sızıntıyı önlemek için, diyafram vana sap contalarına sahip vanalar, genellikle, sıkıştırma contası gibi ikincil bir valf sap contası ile desteklenir.

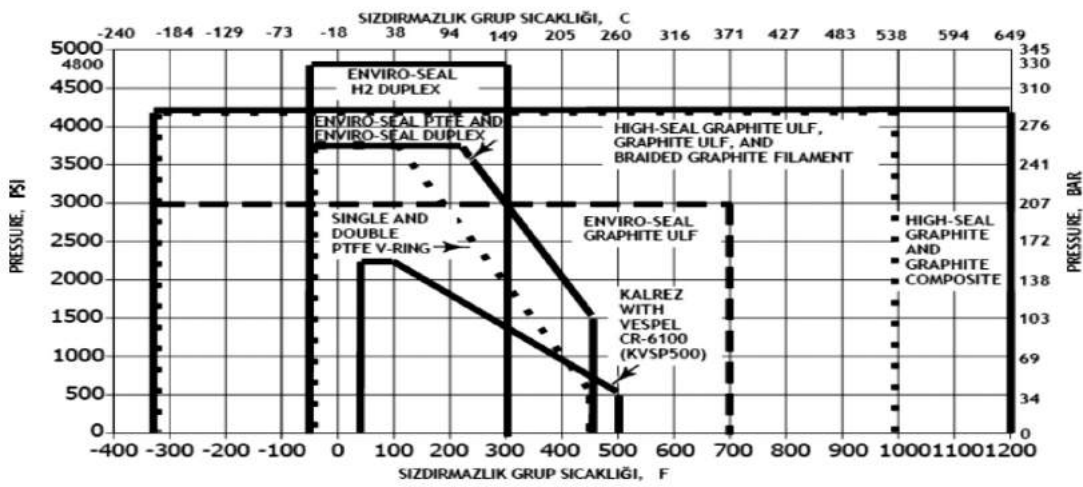
Farklı amaçlar ve sıcaklık için üretilen sızdırmazlık paketleri imalatçı tabloları aşağıda verilmiştir.

Tablo 51 Fisher Sızdırmazlık Grup Seçim Kılavuzu Kayar-Saplı Vana (Sliding-Stem Valves)

Sızdırmazlık Grubu	Maksimum Basınç Ve Sıcaklık Sınırları 100 PPM Servis (2)	Uygulama Kılavuzu Çevreye Zararlı Akışkan Servis (2)	Sızdırmazlık Performans İndeksi	Servis Ömür İndeksi	Grup Sürtünme (3)
	Metrik	Metrik			
Tek PTFE V-Ring	20.7 bar	Bkz. Şekil 254	Daha İyi	Uzun	Çok Düşük
	-18 -93°C	-46- 232°C			
Çift PTFE V-Ring	---	Bkz. Şekil 254	Daha İyi	Uzun	Düşük
		-46- 232°C			
ENVIRO-SEAL PTFE	Bkz. Şekil 254	Bkz. Şekil 254	En İyi	Çok Uzun	Düşük
	-46 -232°C	-46- 232°C			
ENVIRO-SEAL Çift Katlı	51.7 bar	Bkz. Şekil 254	En İyi	Çok Uzun	Düşük
	-46- 232°C	-46- 232°C			
ENVIRO-SEAL H2 Çift Katlı	138 bar	330 bar	En İyi	Çok Uzun	Ortalama
	-46 -149°C	-46- 149C			
KALREZ Vespel CR-6100 (KVSP 500) (4)	24.1 bar	Bkz. Şekil 254	En İyi	Uzun	Düşük
	4 -260C	-40- 260C			

ENVIRO-SEAL Grafit ULF	103 bar	207 bar	En İyi	Çok Uzun	Ortalama
	-7- 315°C	-198- 371°C			
HIGH-SEAL Grafit ULF	103 bar	290 bar (5)	En İyi	Çok Uzun	Ortalama
	-7- 315°C	-198- 538°C			
Komposit Grafit / HIGH-SEAL Grafit	---	290 bar (5)	Daha İyi	Çok Uzun	Çok Yüksek
	---	-198- 649°C			
Braided Grafit Şerit	---	290 bar	İyi	Ortalama	Yüksek
	---	-198 -538°C (6)			
Grafit ULF	---	290 bar	Daha İyi	Çok Uzun	Ortalama
	---	-198- 538°C			

1. Kılavuzda görünen değerler sadece bilgi içindir Kılavuz da belirtilen değerler aşılabılır fakat sonucunda sızdırmazlık grubu ömrü kısalmır ve sızdırmaya başlar.
2. Sıcaklık değerleri gerçek sızdırmazlık grubu sınıfını belirtir. Bu değer akışkan çalışma sıcaklığı değildir.
3. Gerçek sürtünme değerleri için Fisher Katalog 14 a bakınız
4. KALREZ basınç ve sıcaklık sınır değerleri Fisher vana uygulamaları içindir. Dupont daha yüksek değerler verebilir.
5. İstisna 9.5 mm Sap, 110 bar.
6. İstisna Oksijen servis için, -198- 371°C



Şekil 254 Sızdırmazlık Paket Sıcaklık ve Basınç Dayanım Grafiği



Şekil 255 Fisher™ Kayar Saplı Vanalar için Sızdırmazlık Paketi (Canlı Yüklü Olmayan) 66

2.8. VANA TESTLERİ 67

Mühendislik açısından bakıldığında, neredeyse tüm vanalar az da olsa bir ölçüde sızıntıya maruz kalır. Vanaların 'kabarık sıkı' veya 'sıfır sızıntı' olduğu söylenebilir, ancak gerçekte bu tanım, izin verilebilir sızıntı sınıflandırmasını belirten bir terimdir. Kabul edilmelidir ki, mühendislik açısından gerçek sıfır sızıntı diye bir şey yoktur.

66 EMERSON firması ürün kataloğundan resim ve tablolar alınmıştır. "Sliding-Stem Packing D100081X012" www.Fisher.com

67 Bu kısım yazılırken temel olarak firma inceleme makalesinden faydalanılmıştır. İngilizce metne internet sitesinden ulaşılabilir. Global Supply Line Pty Ltd www.globalsupplyline.com.au

Üçlü ve dörtlü ofset kelebek vana üreticileri, bu vana tipinin aslında sıfır sızıntı olduğunu iddia ederek ürünlerini farklılaştırmamaktadır. Bunlarda da, santimetre kare başına her 3 yılda bir (1) cc sızıntısı olduğunu aklınızda bulundurun. API 6D/API 598/ISO 5208 tüm vana tipleri için her zaman zorunlu bir gereklilik olarak yüksek basınç ve düşük basınçlı koltuk testi yapılmasını talep etmemektedir. Çapa bağlı olarak, tür ve sınıf için yalnızca yüksek veya düşük basınç testi gerekebilir, ancak her ikisi birden gerekli olmayabilir.

Geçmişte birçok ürün, bugün çoğu çelik vana için kullanılan ASME / ANSI basınç sınıfları yerine Soğuk Çalışma Basıncı (CWP) (yani su, petrol veya gaz hizmeti için 800 psi çalışma basıncı anlamına gelen 800 psi WOG) ile derecelendirilmiştir. Tabii ki birçok 'akışkan' için, 2000 psi'ye kadar düşük basınçlı vidalı uç vanalar CWP WOG derecelendirme tip olarak üretilmektedir.

Çoğu çelik vana için temel test şartnameleri esas olarak API 598 Vana kontrol ve Test (API 598 Valve Inspection & Test) standardına uygun olarak imal ve test edilir. ANSI 50 NB (2") çapından daha büyük metalik oturaklı vanalarının çoğu API 598 ve ISO 5208'de gösterilen izin verilen bir sızıntı oranına sahiptir. Küresel vanalar gibi yumuşak oturaklı vanalarda da sıfır sızıntı olmalıdır. Bronz sürgülü, glob ve çek vanalar genellikle sadece MSS SP-61 'Çelik Vanaların Basınç Testi' ne göre test edilir. Trunnion monteli küresel vanalar, basınç dengeli yağlanmış tapa vanaları ve boru hattında kullanılan sürgülü vanalar gibi 'Boru Hattı Vanaları' API6D- 'Boru Hattı Vanaları'na göre test edilir. API6D artık ISO 5208 sızıntı oranlarına atıfta bulunuyor.

API6D test gereksinimleri API 598'den biraz farklıdır (ISO 5208, API598'i yansıtır). Birincil fark, API6D'ye göre üretilen vanaların çoğunun, esnek oturaklı olarak tanımlandığı şekilde kapatma (oturma) testlerinde izin verilen sıfır sızıntıya sahip vanalara odaklanmasıdır. Elbette metal oturaklı vanalar da API 6D'nin ISO 5208 sızıntı oranlarına atıfta bulunuyor. Bununla birlikte, metal oturaklı API6D ve API 594 kontrol vanalarının oturak sızıntısı izni vardır. API 598/ ISO 5208, rafinerilerde ve aşağı akışta kullanılan yumuşak oturaklı (soft seat) vanalar için sıfır sızıntı zorunluluğunu içerir, ancak API 6D genellikle boru hattı vanaları için belirtilir.

SIFIR VE DÜŞÜK KAÇAK TEST STANDARTLARININ AÇIKLAMASI

Genel olarak, vanalarda, minimum test süresi boyunca belirtilen test koşulları altında, sıfır (0) hava kabarcıkları veya (0) damla su damlaları olacak şekilde, yumuşak oturaklı vanalar için sızıntı kontrol normu API 598 (ISO 5208 ile yansıtılmış) veya API 6D (ISO 5208 sızıntı oranları) da istendiği gibi özellikler olmalıdır. Bu nedenle bu vanalar bazen "sıfır sızıntı" vanaları olarak adlandırılır. Daha önce belirtildiği gibi, gerçekte "sıfır sızıntı" diye bir şey yoktur, çünkü mikroskobik miktarda malzeme, özellikle helyum veya hidrojen veya diğer küçük molekül gazları kullanılıyorsa, oturak veya sızdırmazlık grubu paketi sınırlarını gerçekten aşabilir. Yumuşak oturaklı vanalar için bir başka yaygın terim "kabarcık sızdırmaz"dır.

Daha az sıklıkta olmakla birlikte, yumuşak oturaklı vanalar için sızıntı performansı, FCI 70-2 altındaki en tutucu sızdırmazlık olan Sınıf VI (EN 60534-4) olarak adlandırılır ve genellikle esnek oturaklı kontrol vanaları için geçerlidir (metal oturaklı yerine esnek oturaklı kontrol vanaları veya yumuşak oturaklı kapatma vanaları). Aslında, FCI 70-2 Sınıf VI (EN 60534-4) (eski adıyla ANSI B16.104), test sırasında vana boyutuyla artarak dakikada az sayıda kabarcık ve damlamaya izin verirken, API 598 izin vermemektedir (yumuşak oturaklı vana sızdırmazken, ancak metal oturaklı vana sızdırır). FCI 70-2 Sınıf VI (EN 60534-4) yumuşak oturaklı kontrol vanalarıdır, ancak küresel ve kelebek vanalar gibi birçok metal oturaklı kesme (izolasyon) vanalarında sızıntı kabul test kriterleri olarak sıklıkla kullanılmaktadır. FCI 70-2 yalnızca düşük basınç testi gerektirirken, sonuç olarak API 598 (ISO 5208 sızıntı kabul oranları) veya MSS SP-61'e göre kapatma ve oturak sızdırmazlık testleri yapılmalıdır. MSS SP-61, izolasyon vanaları için başına dakikada sadece 2,66 damlaya izin verir ve birçok endüstriyel sıkı kapatma özellikli vana türü içinde kabul edilir. FCI 70-2 Sınıf VI'dan (EN 60534-4) daha üstündür.

Aslında metal oturaklı vanalar için API 598 sızıntı kabul kriterleri, metal oturaklı vanalar (çek valfler hariç) için FCI 70-2 (ISA-S75.19) Sınıf VI (EN 60534-4)ya göre daha az sızıntıya izin verir. Sıfır kaçak metal oturaklı vanalar, API 6D (ISO 5208 Oran A) veya API 598 yumuşak oturaklı sıfır sızıntı vana kriterlerine göre (üçlü ofset metal oturaklı kelebek vanalar ve bazı metal oturaklı küresel vanalar gibi) kabul edilebilir. Özel olarak sıfır kaçak sürgülü vanalar, özel sıfır kaçak sınıflar altında BS 6755 (EN 12266-1) ve ISO 5208'e belirtilmiştir. Bununla birlikte, metal oturmuş vanalar genellikle test edildiğinde kabul edilebilir bir sızıntı seviyesine sahiptir (ilk olarak test koşullarında ve test süresi boyunca kabul edilebilir miktarda sıvı olarak tanımlanır).

Bıçak sürgülü vanaları MSS SP-81/MSS SP- 151 kaçak oranlarına atıfta bulunur (çok dayanıklı oturak MSS SP-61'e atıfta bulunur veya üretici veya müşteri sızıntı değerini belirler).

ISO 5208 (EN 12266-1), BS 6755-1'in yerini alır ve "Rate A ve Rate B" gibi kabul edilebilir sızıntı oranlarını belirtir. A Hızı, API 598 çok dayanıklı oturaklı vanalarına benzer şekilde "görünür sızıntı olmamasına" izin verir. API 6D artık ISO 5208'deki sızıntı oranlarına atıfta bulunuyor ve bu da EN 12266-1'deki (ancak yalnızca sınıf A, B, C, D, E, F & G) sızıntı oranlarına karşılık geliyor.

Tablo 52 Genel Vana Tipleri ve İlgili Test Standartları

Vana Tipi	Genel Test Standartları
Çelik küresel, sürgülü, glob ve çek vanalar	API 598/ ISO 5208
Çelik küresel, sürgülü, glob ve çek vanalar	BS 6755*, ISO 5208 (EN 12266-1)
Demir döküm sürgülü vanalar	API 598/ ISO 5208, MSS SP-70
Bronz sürgülü, glob ve çek vanalar	MSS SP-80
24" ten büyük çelik sürgülü, glob ve çek vanalar	ASME B16.34
Basınç sızdırmaz sürgülü, glob ve çek vanalar	ASME B16.34
Boru hattı vanaları	API 6D/ISO 14313, ISO 5208
Demir döküm çek vanalar	API 598/ ISO 5208, MSS SP-71
Demir döküm glob vanalar	API 598/ ISO 5208, MSS SP-85
Demir döküm tapa vanaları	API 598/ ISO 5208, MSS SP-78
Çelik küresel vanalar	API 598/ ISO 5208,
Çelik kelebek vanalar	API 598/ ISO 5208,
Kriyojenik vanalar	API 598/ ISO 5208, BS 6364
Kontrol vanaları	FCI 70-2, ISO-S75
Basınç tahliye vanaları	API 527, ASME PTC 25
• *BS 6755 yerine ISO 5208 (EN 12266-1) kullanılıyor	

ANSI/FCI 70-2 (ANSI B16.104'ün yerini alıyor) tarafından tanımlanmış altı sınıf, oturak sızıntısı sınıflandırması vardır. Altı Valf Kaçak Sınıflandırması aşağıdaki gibidir:

Tablo 53 ANSI/FCI 70-2-2005 VANA KAÇAK SINIFLANDIRMALAR (ANSI B16.104'ün yerini alıyor)

Sınıf I	Sınıf I, imalat ve tasarım amacıyla Sınıf II, III ve IV ile aynıdır, ancak gerçek bir atölye testi yapılmaz.
Sınıf II	Sınıf II, metal pistonlu halka contası ve metal/metal koltukları olan çift portlu veya dengeli tek bağlantı noktalı vanalar için tasarlanmıştır. 45-60 psig'deki hava veya su test sıvısıdır. İzin verilen sızıntı, nominal tam açık kapasitenin %0,5'idir.
Sınıf III	Sınıf II'deki ile aynı tip vanalar için tasarlanan Sınıf III İzin verilen sızıntı, nominal valf kapasitesinin %0,1'i ile sınırlıdır.
Sınıf IV	Sınıf IV, ekstra sıkı piston contaları ve metal/metal oturaklara sahip tek bağlantı noktalı ve dengeli tek bağlantı noktalı vanalar için tasarlanmıştır. Sızıntı oranı, nominal vana kapasitesinin %0,01'i ile sınırlıdır (metalden metale olarak bilinir). Test sıvısı hava veya su, basınç 45 ve 50 psig veya daha düşükte çalışma basıncıdır.
Sınıf V	Sınıf V, Sınıf IV ile aynı tip vanalar için tasarlanmıştır. Test sıvısı 100 psig veya çalışma basıncında sudur. İzin verilen sızıntı, inç orifis çapı başına dakikada 5×10^{-4} mi (= ,0005ml) ile sınırlıdır psi diferansiyel başına.
Sınıf VI (EN 60534-4)	Sınıf VI (EN 60534-4) esnek oturma vanaları için tasarlanmıştır. Test sıvısı hava veya nitrojendir. Basınç, 50 psig veya çalışma basıncından daha azdır. Sızıntı sınırı valf boyutuna bağlıdır ve dakikada 0,15 -11,5 mi arasında değişmektedir. Uzak vana boyutları 1" – 12" (inç) (yumuşak oturak sınıflandırması olarak bilinir). Sınıf VI (EN60534-4) ayrıca sızdırmazlık kriteri olarak sıklıkla kullanılır. Metal oturaklı kontrol ve sıkı kapatma derecesinin gerekli olduğu izolasyon vanalarıdır.

NOT1: Sızıntı oranları sadece test sıvısını atmosfere boşaltırken geçerlidir.

NOT2: Geçerli olan kapatma sızıntısı oranı; bir alıcının ve/veya tedarik satın alma siparişinde tanımlanan ve ürün standardında belirtilenden daha katı olan ve/veya ürün standardı sızıntı oranında tanımlanandır.

NOT3: "Görsel olarak tespit edilebilir sızıntı yok" anlamı, damla veya kabarcık şeklinde görünür gözyaşı veya sızıntı olmamasıdır.

NOT4: API/ 598'in kaçak oranı kabul değerleri DN <50 'da uygulanan Rate A değeri, metal oturaklı çek vanalar dışındaki AA-Gaz, CC-Sıvı Rate ve çek vanalar için Rate EE-Gaz ve G-Sıvı arasında belirsiz tanımlanmış bir durum vardır. A, B, C, D, E, F ve G Rate'ler EN 12266-1 değerlerine karşılık gelir.

NOT5: Çift blok ve taşma payı sızıntı testi yalnızca isteğe bağlıdır ve istemci daha büyük çaplar için ilk oturak ya-
nından izin verilen sızıntıyı belirtebilir.

NOT6: Vanalar her iki yönde de test edildi.

Tablo 54 - FCI 70-2 Sızdırma Miktarı Sınıf VI (EN 60534-4) İçin (Leakage Rates Class VI (EN 60534-4))

Nominal Vana Çapı (inç)	İzin Verilen Sızıntı (ml/ Dakika)	İzin Verilen Sızıntı (Baloncuk/Dakika)
1	0,15	1
1,5	0,30	2
2	0,45	3
2.5	0,60	4
3	0,90	6
4	1,70	11
6	4,00	27
8	6,75	45
10	9,00	63
12	11,5	81
14	21,6	
16	28,4	

Dakikadaki kabarcıklar, dakika başına ml'ye önerilen bir alternatiftir. Bunu ölçmek için 0,25 inç OD x 0,032 inç et kalınlıkla çekme tüpün suya 1/8" - ¼" (inç) derinliğe batırılır. Tüp, hiçbir kusur olmadan kare ve pürüzsüz kesilecek ve su yüzeyine dik tutulacaktır.

API 598 VANA KAÇAK ORANLARI

American Petroleum Institute'den API 598 (ISO 5208 tarafından da yansıtılır) sürgülü, glob, çek, küresel, tapa ve kelebek vanalar için test /muayene gereksinimlerini de kapsar. API 598, kabuk ve arka dayanak testleri için (arka koruma yalnızca sürgülü ve glob vanaları için geçerlidir), gövde, gövde astarı veya bağlantı elemanlarının tamamında görünür bir sızıntıya izin verilmemesini talep eder; yani dış yüzeylerde damla veya ıslatma olduğuna dair görünür bir kanıt olmaması gerekir. "Metalden metale" kelebek vanalarda, müşteri kabul edilebilir sızıntı oranını kendisi belirtebilir. API 598, 80 psi'lik düşük basınçlı oturak testi* ve vana maksimum soğuk çalışma basıncının 1,1 katında hidrostatik testi ve yüksek basınçlı hidrostatik testi için de 1.5 x maksimum vana soğuk çalışma basıncını öngörür.

*API 598, oturak testi için gövdedeki gereksinimler veya / ve tipine, boyutuna ve sınıfına göre belirleme yapar. Örneğin, 150 NB (6") ve koltuk üstü test gereksinimleri trunnion vanaları daha sıkıdır. API 598 test basınçları hakkındaki teknik veri sayfamıza bakın. API 60 ve ISO 5208'in trunnion küresel vanalar için gerekli standart olduğunu söylemiş olalım.

Tablo 55 API 598 (9. baskı 2009) Vana Oturak Kaçak Değeri

DN (mm)	NPS (inç)	Tüm Esnek Oturaklı Vanalar	Tüm Metal Oturaklı Vanalar (Çek Vana Hariç)		Metal Oturaklı Çek Vanalar	
			Sıvı Testi (Damla/ dakika)	Gaz Testi (Balon/ dakika)	Sıvı Testi (cc/ dakika)	Gaz Testi (m ³ / dakika)
≤ 50	2	10	0	0	6	0.08
65	2 1/2	0	5	10	7.5	0.11
80	3	0	6	12	9	0.13
100	4	0	8	16	12	0.17
125	5	0	10	20	15	0.21
150	6	0	12	24	18	0.25
200	8	0	16	32	24	0.34
250	10	0	20	40	30	0.42
300	12	0	24	48	36	0.50
350	14	0	28	56	42	0.59
400	16	0	32	64	48	0.67
450	18	0	36	72	54	0.76
500	20	0	40	80	60	0.84

600	24	0	48	96	72	1.01
650	26	0	52	104	78	1.09
700	28	0	56	112	84	1.18
750	30	0	60	120	90	1.26
800	32	0	64	128	96	1.34
900	36	0	72	144	108	1.51
1000	40	0	80	160	120	1.68
1050	42	0	84	168	126	1.76
1200	48	0	96	192	144	2.02

a) Sıvı testi için, 1 Mililitre ve 1 cc, 16 damlaya eşdeğer kabul edilir.

b) Belirtilen minimum test süresi boyunca damla sızıntısı olmaz. Sıvı testi için 0 damla, belirtilen minimum test süresi boyunca görünür bir sızıntı olmadığı anlamına gelir. Gaz testi için, 0 kabarcık belirtilen minimum test süresi başına 1 kabarcıktan daha az anlamına gelir.

MSS VANA KAÇAK DEĞERLERİ

MSS SP-61-2009 Test Standartları- Bu, aşağıda listelenen diğer MSS vana standartlarını kapsayan test standardıdır. Üretici Standardizasyon Topluluğu, "Çelik Vanaların Basınç Testi- MSS SP-61-2009'un Bölüm 5'inde vana sızıntısı ile ilgili bir bölüme sahip olup, Açma-Kapama vanalarını kapsar ama kontrol vanalarını kapsamaz. Aşağıdaki sızıntı oranları bu test standardı tarafından kabul edilmiştir:

Aşağıdakiler, MSS standartlarında belirtilen sızıntı oranlarına örnektir:

- 10ml sıvı = 2 çay kaşığı = 1/3 oz. =0,001 litre
- 40ml sıvı = 3 çay kaşığı = 1 1/2 oz. =0,004 litre

METAL OTURAKLI- SÜRGÜLÜ, GLOB, KÜRESEL VEYA KELEBEK VANALAR:

Bir saatte nominal boru çapının inç başına 10 cc/saat, 2,66 damla /dk/inç'e eşittir. Uzak hava testi için, 1180 kabarcık/dk/inç izin verilir. (örneğin, bir testte 6" glob vananın 60 cc/saat sızmasına izin verilir). MSS SP-81, metal oturaklı bıçaklı sürgülü vanaları kapsamaz. MSS-SP151'e göre 40 psi'de (275 kPa) 40ml / dk / inç sağlar. MSS-SP-61'de belirtilen tam kapatma veya izolasyon vanaları yukarıdaki standart değerleri geçmelidir. Oturak kapatma testi, sonraki 5 psi'ye (0,5 bar) yuvarlanmış 1000°F (380°C) derecesinin en az 1,1 katı kadar sıvı (sıvı veya gaz) basınçta yapılmalıdır. MSS SP-61 sızıntı oranı çok esnek ve metal oturaklı çek vanalar için geçerlidir, ancak bazı üreticiler genellikle esnek oturaklı kontrol vana için garantili bir maksimum sızıntı değeri belirtir. Metal ve esnek oturaklı çek vanalar ile bıçak sürgülü vanalar için MSS SP-81'de belirtilen sızıntı oranları değerlendirilir.

MSS SP-70 DÖKME DEMİR SÜRGÜLÜ VANALAR

Sürgülü Vanaların her oturağı için izin verilen maksimum sızıntı oranı, nominal vana boyutunun çapı inç başına saatte 10 mililitre olmalıdır. (yani 100NB (4") Sürgülü Vana saatte 40 ml sıvıya kadar izin verilen bir sızıntı oranına sahip olabilir).

MSS SP-71 DÖKME DEMİR SALINCAKLI KONTROL VANALAR

İzin verilen maksimum sızıntı oranı, nominal vana için inç çapı başına saatte 40 mililitre kabul edilir. (yani 150NB (6") Çek Vana, saatte 240 ml sıvıya kadar izin verilen bir sızıntı oranına sahip olabilir.)

MSS SP-80 BRONZ, SÜRGÜLÜ, GLOB, AÇILI VE ÇEK VANALAR

İzin verilen maksimum sızıntı oranı sürgülü, glob ve Açılı Vanalar için, nominal vana çapının inç başına saatte 10 mililitre su kabul edilir. (yani 50NB (2") Sürgülü Vana saatte 20 ml sıvıya kadar izin verilen bir sızıntı oranına sahip olabilir.)

İzin verilen maksimum kaçak oranı Kontrol Vanaları için, nominal vana çapının inç başına saatte 40 mililitre su miktarıdır.

MSS SP-85 DÖKME DEMİR GLOB VE AÇILI VANALAR

Her oturak için izin verilen maksimum sızıntı oranı, nominal vana boyutunun inç çapı başına saatte 10 mililitre olarak kabul eder. (yani 200NB (8") Glob Vana saatte 80 ml sıvıya kadar izin verilen bir sızıntı oranına sahip olabilir.)

MSS SP-151 BIÇAKLI SÜRGÜLÜ VANALAR

(MSS SP-81) Metal oturaklı bıçak sürgülü vanaları inç başına dakikada 40 mililitre (@ 275 kPa) izin verir. Yumuşak oturaklı bıçak sürgülü vanaları belirtilmelidir. Elastomer oturaklılar için çok daha küçük boyutlarda yaygın olarak uygulanan üretici kabul seviyesi inç başına dakikada 4 mililitredir (@ 275 kPa).

API 6D/ISO 5208/EN 12266 VANA KAÇAK ORANLARI

ISO 5208 Standardında, EN 12266 ve API 598'in vana testi gereksiniminin hesabı yapılmış ve norm ve sınıf için karşılıklı tarif edilen vanaların çok öncesinde PN olarak belirlenmiş vanalara atıfta bulunularak gereksinimler belirlenmiştir. API 598'in sızıntı oranı, kabul değerleri ile DN 50 altına uygulanan A kaçak değeri, metal oturaklı çek vanalar dışında gaz-AA ve sıvı-CC ve çek vanalar; gaz- EE ve G-Sıvı oranı. A, B, C, D, E, F ve G oranları EN 12266-1 değerlerine karşılık gelir.

ISO 5208'de belirtilen API 6D sızıntı hızları boru hattı vanalarını kapsar. API 6D boru hattı standartları, ISO 14313 boru hattı vana standartlarına sahip bir ortak girişimdir. ISO 5208'de, nominal çeşitli sızıntı oranı seviyeleri tarif edilmiştir. (API 6D artık ISO 5208 sızıntı oranlarını kabul etmektedir). En yaygın sıfır sızıntı "Rate A": çok yumuşak oturaklı küresel vanalar, boru hattı (6D tarzı) sürgülü vanaları ve yağlanmış tapa vanalarıdır. API 6D/ ISO 14313, oturak üzerinde yüksek basınçlı hidrolik gövde testi (gövde 1,5x, oturak 1,1x maksimum vana soğuk çalışma basıncı) ve düşük basınçlı pnömatik test gerektirir. Gövde testi sırasında ISO 5208'e göre gövde kaçağına izin verilmez. Yüksek basınçlı gaz testleri "özel testler" olarak kabul edilir. ISO 5208 (EN 12266-1), BS 6755'in yerine uygulanmaktadır.

Tablo 56 İzin Verilen Maksimum Kapatma Testi Koltuk Kaçak Oranı 150 5208:2008(E)/API 6D* (2008)

Test Akışkanı	Sızdırma Birimi	RATE A	RATE AA	RATE B	RATE C	RATE CC	RATE D	RATE E	RATE EE	RATE F	RATE G	
Sıvı	mm ³ /s	Test süresi boyunca görsel olarak tespit edilebilen sızıntı yok	0,006	0,01	0,03	0,08	0,1	0,3	0,39	1	2	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN
	damla/s		0,0001	0,00016	0,0005	0,0013	0,0016	0,0048	0,0062	0,016	0,032	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN
Gaz	mm ³ /s	Test süresi boyunca görsel olarak tespit edilebilen sızıntı yok	0,18	0,3	3	22,3	30	300	470	3 000	6 000	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN
	baloncuk/s		0,003	0,0046	0,0458	0,3407	0,458 4	4,5837	7,1293	45,837	91,673	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
			DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN	DN

* API/ 60- 2008, sızıntı oranları için ISO 5208 (2008-E) anlamına gelir. EN 12266-1 ve ISO 5208 sızıntı oranlarına karşılık gelir, ancak yalnızca belirtilen sınıflar için A, B, C, D, E, F & G geçerlidir.

Uluslararası standardizasyon örgütü (ISO)

ISO standardı 5208'in amacı: Endüstriyel vanalar ve metalik vanaların basınç testi ile enerji üretimi, petrol ve petrokimyasal veya ilişkili benzer endüstri uygulamalarında kullanılan çeşitli konfigürasyonlardaki vanaların genel amaçlı basınç testi için temel referans ve uygulama yöntemlerinin oluşturulmasıdır. Amaç, belirli uygulamalar için uygun vana özel standartları ile düşünülebilecek tutarlı bir prosedür gereksinimlerini ve kabul kriterlerini oluşturmaktır. EN 12266 ve API 598'a göre PN kodlu vanaların referans test kabulleri için uygulanır.

Tablo 57 EN 12266 ve API 598'a Göre Vanalar İçin Referans Test Kabulleri

Tanımlanmış Basınç Testi			
ZORUNLU	ZORUNLU	ZORUNLU	ZORUNLU
YAPI İSKELETİ SIVI AKIŞKAN	YAPI İSKELETİ SIVI AKIŞKAN	YAPI İSKELETİ SIVI AKIŞKAN	YAPI İSKELETİ SIVI AKIŞKAN
YAPI İSKELETİ GAZ	YAPI İSKELETİ GAZ	YAPI İSKELETİ GAZ	YAPI İSKELETİ GAZ
OTURAK SIZDIRMA TESTİ (B, C) SIVI AKIŞKAN	OTURAK SIZDIRMA TESTİ (B, C) SIVI AKIŞKAN	OTURAK SIZDIRMA TESTİ (B, C) SIVI AKIŞKAN	OTURAK SIZDIRMA TESTİ (B, C) SIVI AKIŞKAN
KAPATMA TESTİ GAZ DÜŞÜK BASINÇ	KAPATMA TESTİ GAZ DÜŞÜK BASINÇ	KAPATMA TESTİ GAZ DÜŞÜK BASINÇ	KAPATMA TESTİ GAZ DÜŞÜK BASINÇ
		SINIF > 1500 VE PN > 250	OPSİYONEL
		DN > 100	SINIF ≤ 600 VE PN ≤ 100
KAPATMA TESTİ SIVI AKIŞKAN YÜKSEK BASINÇ	KAPATMA TESTİ SIVI AKIŞKAN YÜKSEK BASINÇ	SINIF > 600 VE PN > 100	OPSİYONEL
		KAPATMA TESTİ SIVI AKIŞKAN YÜKSEK BASINÇ	KAPATMA TESTİ SIVI AKIŞKAN YÜKSEK BASINÇ
		DN > 100	SINIF > 1500 VE PN > 250
		SINIF ≤ 600 VE PN ≤ 100	ZORUNLU
		SINIF > 600 VE PN > 100	

Web siteleri ve imalatçı katalogları içerisinde yukarıda belirtilen test standartları karşılaştırma tablolarını bulabilirsiniz (Ek -5 KISIM 2 TABLOLAR).

Derleyen Notu: Yukarıda verilen uluslararası vana test standartlarının belirlediği yükümlülükler, tasarım, imalat ve satın alma süreçlerinde, tüm detayları ile şartnamelere konulması veya satın alma süreçlerinde bu hizmeti üreten mühendislerin veya imalatçıların sorması gereken kritik sorulara yol göstermesi amacıyla anlatılmıştır.

Ayrıca bu bilgilerin dışında vana montaj öncesi ve süreç içerisinde yapılması gereken basit ama önemli işlemler de aşağıda tanımlanmıştır.

TÜM VANALAR İÇİN

- Vanaların depoya nakliyesi, depodan sahaya taşınmaları veya montajları sırasında volan, kol veya uygun olmayan yerlerinden, uygun olmayan aparatlarla kaldırma ve taşıma işlemi yapılmamalıdır.
- Vanaların depolanması, istiflenen vanaların fiziksel etkilerden korunmasını sağlayacak şekilde, standart ve şartnamelere uygun olarak yapılmalıdır. Depoda istiflenen vanaların yağmur suyundan veya diğer korozyif ve aşındırıcı malzemelerden korunması için uygun yükseklikte tercihen ahşap ızgaralar üzerinde tutulması uygun olacaktır.
- Özellikle dökme demir vanaların düşme, çarpma veya üzerine malzeme düşmesine engel olunması gerekir, kolaylıkla kırılabilir ve zarar görebilir.
- Vanaların montaja hazırlandıkları son ana kadar koruma muhafazaları ve toz kapakları çıkartılmamalıdır.
- Vanaların montaj öncesi mutlaka basit bir test masasında sızdırmazlığı, tam açma kapama için volan dönüş sayılarının belirlenmesi ve bunların kayıt altına alınması tavsiye edilir.
- Gerekli özen gösterilmediği takdirde, yukarıda detaylı olarak anlatılan sızdırmazlık elemanları kolaylıkla zarar görebilir.

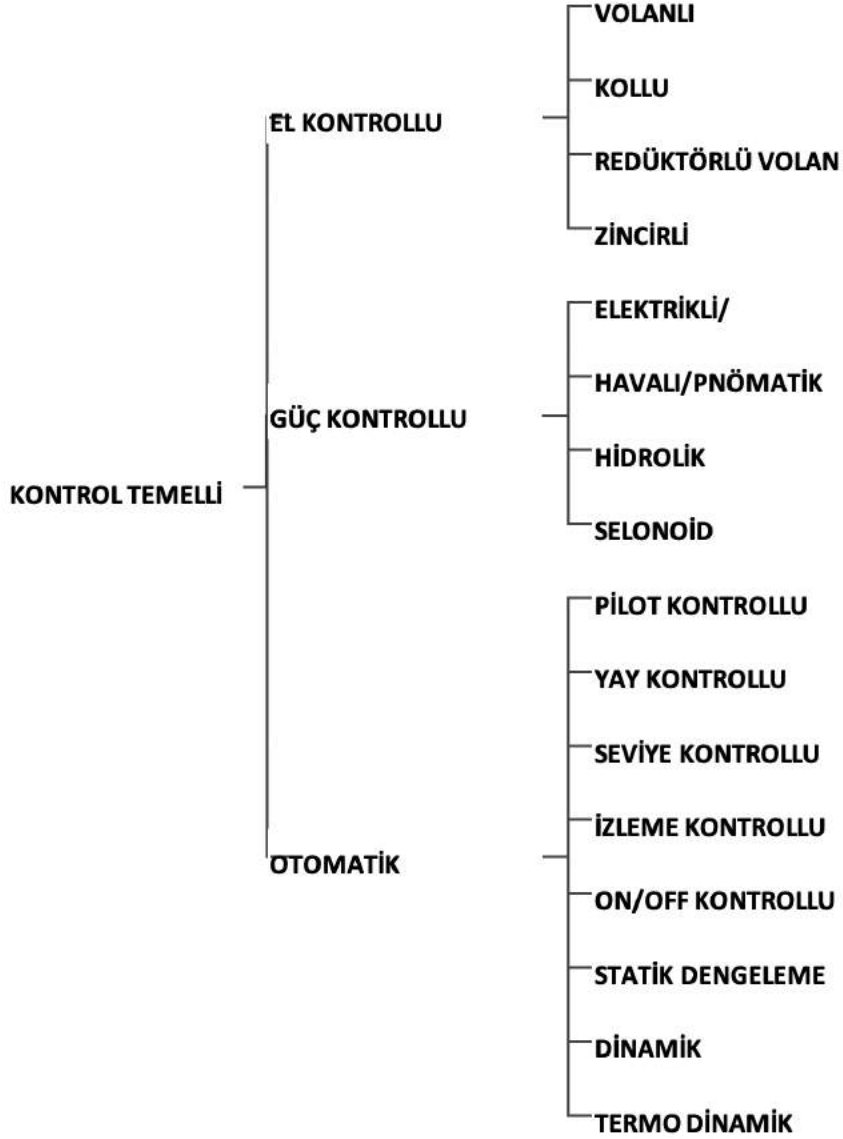
EMNİYET VANALARI İÇİN

- Açma basınçları montaj öncesi test edilmeli ve çalışma değerlerinde hareket ettiği etiket değerlerine göre kontrol edilmelidir.
- Kontrol edilen etiket değerleri ve kontrol tarihi mutlaka "kritik ekipmanlar listesi" için numaralandırılmalı ve düzenli süreler içerisinde sökülmeden test etmek için tedbir alınmalıdır.
- Dikey montaj yapılmalı, deşarj ağız uygun seviyede çevresine zarar vermeyecek şekilde çıkış çapı altına düşülmeden boru ile irtibatlanmalıdır.
- Kimyasal veya hidrokarbon tahliyesi yapan vanalarda boşaltma işlemi mutlaka toplama kabına yapılmalıdır.

KISIM-3

VANALARIN TAHRİK MEKANİZMALARI TEMELLİ ÖZELLİKLERİ

3.0. VANALARIN TAHRİK MEKANİZMALARINA GÖRE TASARIM TASNİFİ



Şekil 256 Vanaların Tahrik Mekanizmasına Göre Sınıflandırılması

3.0.1. VANALARIN KAPATMA ELEMANINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

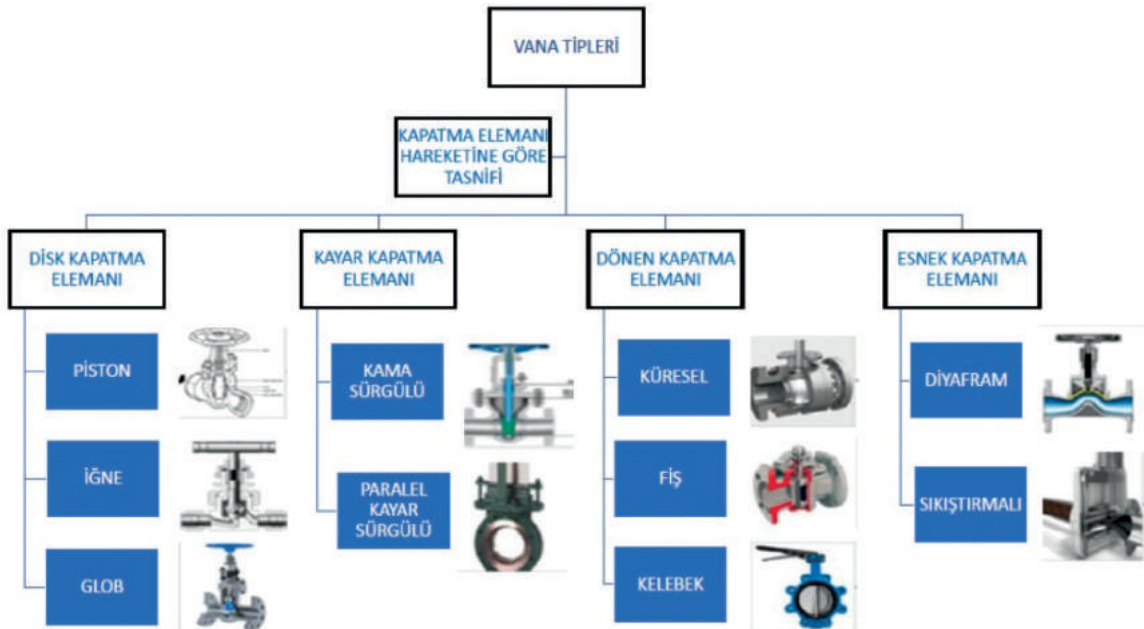
Vanalar, işlevlerine ek olarak, kapatma elemanlarının hareketine göre de sınıflandırılabilir. Vana akışkan geçiş yolu veya Kapatma Elemanının hareketine bağlı olarak, en yaygın olarak aşağıdaki kategorilerde sınıflandırılmaktadır.

Geçiş Yolu Kapatma: Bu tip vanalarda kapatma elemanı yani disk veya tapa (Plug) oturak eksenini boyunca vana oturağı veya bağlantı noktası yönünde hareket eder. Glob vana, İğne vana ve Piston vana bu vana kategorisine girer.

Geçiş Yolu Kayar Kapatma: Bu tip vanalarda, kapatma elemanı yani kama sürgü veya paralel sürgü vana portunda akış yönüne dik olarak hareket eder. Sürgülü (Gate) vanaları bu vana kategorisine girer. Küresel vanalar, tapa vanaları ve Kelebek vanalar bu vanalar kategorisine girer.

Geçiş Yolu Döner Kapatma: Bu tip vanalarda, kapatma elemanının 90 derece döndürülebilir bir bağlantı noktası vardır, böylece bağlantı noktası vana boyunca tam akışa izin veren akış yönüyle hizalanır veya bağlantı noktası akışın kapanması yönünde yolu kapatır.

Geçiş Yolu Esnek Kapatma: Bu tip vanalarda, kapatma elemanı, akışı kısıtlamak için düzleştirilmiş veya sıkıştırılmış esnek bir geçittir ve ters yönde hareket ettiğinde akışın vanadan geçmesine izin verir. Diyafram vanaları ve Sıkıştırma vanaları bu vana kategorisine girer.



Şekil 257 Kapatma Elemanına Göre Vana Tipleri

Tablo 58 Vanaların Harekete Dayalı Sınıflandırılması

Vana Tipleri	Doğrusal Hareket	Döner Hareket	Çeyrek Dönüş
Sürgülü	EVET	HAYIR	HAYIR
Glob	EVET	HAYIR	HAYIR
Fiş	HAYIR	EVET	EVET
Küresel	HAYIR	EVET	EVET
Kelebek	HAYIR	EVET	EVET
Çalpara Çek	HAYIR	EVET	HAYIR
Diyafram	EVET	HAYIR	HAYIR
Sıkıştırma	EVET	HAYIR	HAYIR
Emniyet	EVET	HAYIR	HAYIR
Tahliye	EVET	HAYIR	HAYIR

3.0.2. VANA BİLEŞENLERİ

Derleyen Notu: Yıllar boyu meslek hayatımda özellikle yabancı projelerde kullandığım terimlerin Türkçe karşılıklarını pek düşünme şansım olmadı. Sonrasında bu derleme sırasında birçok İngilizce veya Almanca terimin Türkçe karşılıklarının çok güzel kullanılan terimler olduğunu gördüm ve bu kitap boyunca o terimleri İngilizce karşılıkları ile kullanmaya çalıştım. Belki de bu basit terimlerle vanaları daha kolay anlayacağız.

Basınç İçeren Bileşenler: Vana gövdesi, kaput-bone (bonet) veya kapak, disk ve gövde kaput civataları, vananın tam tasarım basıncına tabi oldukları için bir vananın basınç içeren bileşenleri olarak kabul edilir. Bileşenleri içeren basınç, Vana veri sayfasında belirtilen tasarım basıncına ve sıcaklık koşullarına dayanacak şekilde tasarlanmalıdır. Bileşenleri içeren elemanlar, basınç proses sıvısı ile temas ettiği için malzemelerinin akışkan ile uyumlu olması gerekir. Uygun maliyetli bir tasarım için çoğu durumda, bileşenleri içeren basınç, aşındırıcı sıvıya dayanacak şekilde iç kaplamalı veya kaplamalı karbon çelik malzeme kullanılmasını belirtir.

Basınç İçermeyen Bileşenler: Vana oturağı (seat), Sap-mil (stem), boyunduruk (Yoke), salmastra (gland packing), salmastra bileziği (gland), burçlar, volan, kol (Lever), redüktör veya diğer vana aktüatörleri gibi vana bileşenlerinin basınçla temas koruması için tasarlanması gerekmez ve bu tip elemanlar, basınç içermeyen bileşenler olarak kabul edilir.

Vana Gövdesi

Vana gövdesi, vananın bir kısmını içeren ana elemandır ve kalınlığı, vananın basınç derecesini karşılayabilecek ve ilgili a uygun olacak şekilde tasarlanır. Örneğin ASME B16.34, çeşitli vana türleri ve basınç derecelendirmeleri için vana gövdelerinin kalınlığını tanımlar. Vana gövdesi, vananın geçerli test standardına göre kabuk test basıncına tabi tutulur.

Vananın gövdesi döküm veya dövme malzemeden olabilir. Genellikle, 1,5"e kadar olan vanalar, dövme malzemeden ve 2" ve üzeri vanalar ise döküm olarak imal edilir. Vana gövdesinin şekli, vana tipine bağlıdır.

Bir vananın bağlantı şekli, boru malzemesi sınıfı gereksinimlerine bağlı olarak flanşlı, soket kaynaklı, dişli veya alın kaynaklı bağlantı şeklinde olabilir.

Vanada, 3 mm'den büyük bir korozyon toleransı isteniyorsa, vana gövdesi kalınlığının bu yüksek korozyon emniyeti toleransını karşılayacağını belirtecek şekilde şartnamelere açıklama konularak vurgulanmalı, veri sayfaları ve sipariş formu da buna göre hazırlanmalıdır. Vana gövdesindeki iç astarın veya kaplamanın, vana gövdesinin basınç tasarım kalınlığına katkısı olmadığı bilinmelidir.

Vana Kaputu (Bonet)

Kaput, vana gövdesini kaplar ve gövde ve salmastra için destek ve kılavuz görevi görür. Tüm vanalarda kaput yoktur. Çek valflerinin sadece kapağı vardır. Benzer şekilde, geleneksel iki parçalı veya üç parçalı tasarımlı küresel vana için de tanımlanmış bir kaput yoktur. Kaput tasarımı, vananın tasarımına bağlı olarak değişecektir. Kaput, çoğu durumda vana gövdesine civatalı veya vidalı olarak bağlanır. Kaputun vana gövdesine kaynaklandığı tasarımlar da vardır. Vana gövdesi ile kaput arasındaki bağlantı, vana tasarım basıncına göre tasarlanmalı ve bu basınçta teste tabi tutulmalıdır. Kaputun malzemesi normalde valf gövdesi ile aynıdır.

Cıvatalı kaput bağlantılarında kullanılan contalar da akışkan servisi ile uyumlu, vananın tasarım koşullarına uygun olmalı ve tasarım basıncında teste tabi tutulmalıdır.

Vana Kaput Tasarımı aşağıdaki türlerden biri olabilir:

Dişli Bone: Vidalı kaput tasarımında bone, gövde boynuna vidalanarak gövdeye tutturulur. Vidalı bir kaputta, kaput iç dişlere ve vücudun boynu dış dişlere sahiptir. Vidalı bir kaputta, kaput dış dişlere ve gövde boynu iç dişlere sahiptir.

Rakor Bone: Rakorlu kaput tasarımı, kaputun vana gövdesinden montajı ve sökülmesi için hızlı ve kolay bir yöntem oluşturur. Rakor kaput en az çaba ile sıkı kapatılma sağlar.

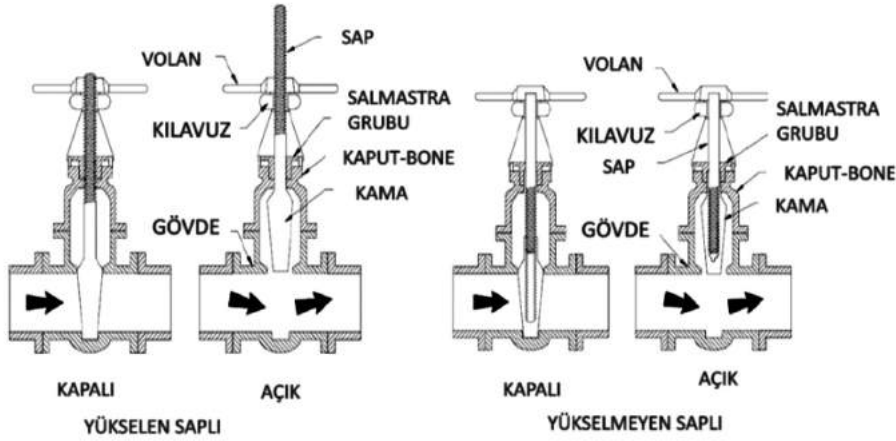
Cıvatalı Bone: Cıvatalı kaput tasarımında, kaput ve gövde flanşları birbirine civata ile birleştirilir. Bu tip bone tasarımı, yükselen gövdeli dişli mil, Dış Vida ve Boyunduruk (O.S&Y - Outside Screw and Yoke) tasarımı ile kullanılır. Mil gövdesi vana gövdesinin dışındaki dişler üzerinde hareket eder ve bu nedenle akışkan ile mil temas etmez. Bu da sap dişleri için korozyon veya erozyon olasılığını ortadan kaldırır. Vücudun dışındaki gövde, vananın ömrünü uzatmak için kolayca yağlanabilir.



Şekil 258 Bone Çeşitleri

Vana Sapı (Mil) (Stem)

Vana sapı, volan, kol veya aktüatöre uygulanan döner hareketi veya torku diske, topa veya tapaya aktararak akış yolunu açmasına, kapatmasına veya azaltmasına neden olur. Küresel, tapalı ve kelebek vanalarda sapın döner hareketi, olduğu gibi diske aktarılır. Bununla birlikte, sürgülü ve glob vanaları durumunda, sapın (stem) döner hareketi diskin doğrusal hareketine çevrilir. Sapa tork uygulandığı için, saptaki kesme kuvvetlerine dayanacak kadar mekanik mukavemete sahip olmalıdır. Bir vananın ilk hareket torku genellikle akış sırasındaki torkdan daha büyüktür. İlk hareket torku, vanayı tamamen kapalı bir konumdan ve tam diferansiyel basınç altında hareket ettirmek için gereken torktur. Sap tasarımı, gövdenin çalışması sırasında maruz kalacağı maksimum tork değerine dayanmalıdır. Kesme kuvvetine ek olarak, sap, glob vana durumunda olduğu gibi sap eksenini boyunca hareket eden basınç nedeniyle bir itme kuvvetine maruz kalabilir. Bu gibi durumlarda sap tasarımı, sapa gelecek, etkili maksimum itme kuvvetini de dikkate alınmalıdır. Tipik olarak, vana kapağı bilgi sayfaları hazırlanırken sap, basınç muhafaza parçası olarak belirtilmez. Sapın normalde akışkan servisi ile temas ettiği vanalarda, sap malzemesi boru içindeki akışkan ile uyumlu olmalıdır. Bu gibi durumlarda sap tasarımı, gövde ve salmastra arasında sıvı sızıntısını önlemesini sağlamalıdır. Gövde, salmastra boyunca herhangi bir sızıntıyı önlemek için ince bir yüzey kaplamasına sahip olmak zorundadır. Saplar normalde dövme malzeme yapısındadır ve aşağıdaki sap tasarımları ile akış kesme elemanına bağlanır:



Şekil 259 Vana Sapı Yükselen ve Yükselmeyen Tipli Vanalar

3.0.3. YÜKSELEN SAPLI VE YÜKSELMİYEN SAPLI VANALAR (RISING AND NON-RISING STEM)

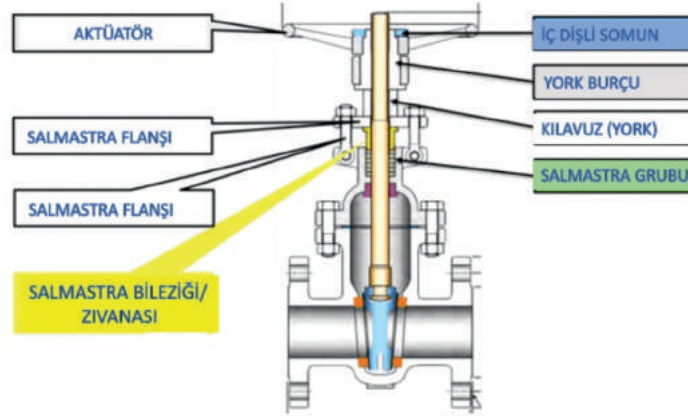
Dış Vida ve Boyunduruk ile Yükselen Sap: Sap milinin açıkta kalan kısmı dişli, sapın vana içindeki kısmı ise düzdür. Görünen dişli kısım, bu nedenle proses sıvısı ile temas etmez. Biri sapla birlikte hareket etmesine neden olan sapın üstüne sabitlenmiş volan ile diğeri ise sapın sabit bir seviyede olan el çarkının merkezinden yükselmesine neden olan dişli bir manşon ile iki sap stili vardır. Dış vida ve boyunduruk (OS&Y- Outside Screw and Yoke) ile yükselen gövde genellikle 2 inç ve daha büyük vanalar için tercih edilir.

İç Vidalı Yükselen Sap: Sapın dişli kısmı vana gövdesinin içindedir ve gövde salmastrası açıkta kalan gövdenin pürüzsüz bölümünü kaplar. Bu tasarımda, dişler akış ortamı ile temas eder. Döndürüldüğünde, gövde ve el çarkı vanayı açmak için birlikte yükselir. Bu tasarım genellikle daha küçük boyutlu alçak basınçlı sürgülü ve glob vanalarında kullanılır.

İç Vidalı Yükselmeyen Sap: Sapın dişli kısmı vananın içindedir ve yükselmez. Vana diski sapa göre doğrusal olarak hareket eder. Bu tasarımda, sap dişleri akış ortamı ile temas eder. Bu nedenle, bu tasarım, alan kısıtlamaları nedeniyle sapın doğrusal hareketinin kısıtlandığı ve proses sıvılarının paslandırıcı, aşındırıcı olmadığı ve vidalı malzemenin aşınmasına ve yıpranmasına neden olmadığı yerlerde kullanılır.

Kayar Sap: Sap dönmez ve vidalı değildir. Vana kapatma elemanını kapatmak, açmak veya konumlandırmak için vana gövdesinin içine ve dışına kayarak hareket eder. Bu tasarım el tutamağı ile çalışan, hızlı açılan vanalarda kullanılır. Ayrıca hidrolik veya pnömatik silindirler tarafından çalıştırılan kontrol vanalarında da kullanılır.

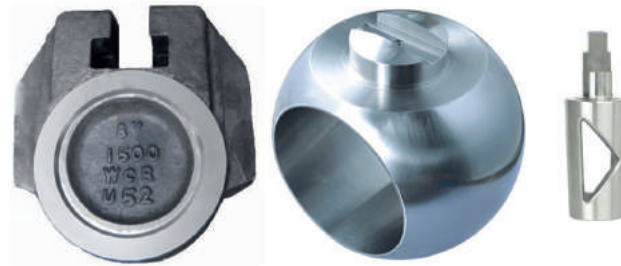
Döner Sap: Bu, küresel, tapalı ve kelebek vanaların gövdesinde en sık kullanılan tasarımdır. Gövdenin çeyrek dönüş hareketi, vana kapatma elemanının vanayı tamamen açmasına veya kapatmasına neden olur.



Şekil 260 Vana Sap ve Etrafındaki Elemanlar

Vana Diski ve Oturaklar: Vana diski, tapası veya küresi, vana kapalı konumdayken tam diferansiyel basınca maruz kaldığından, basınç muhafaza bileşeni olarak kabul edilir. Kısmen açık konumda disk, tapa veya küre tam diferansiyel basınca maruz kalmaz ve basınç muhafaza bileşeni olarak hareket etmez. Vana açıldığında ise, vana pozisyonu oturakta ve diskte erozyona neden olabilecek yüksek sıvı hızları görebilir. Tüm vana tipleri akış kontrolü için tasarlanmamıştır ve bu nedenle küresel vana ve sürgülü vana diskleri akışı kısmak veya düzenlemek için tasarlanmadığı için uygun gereken özen ile doğru kullanılmalıdır.

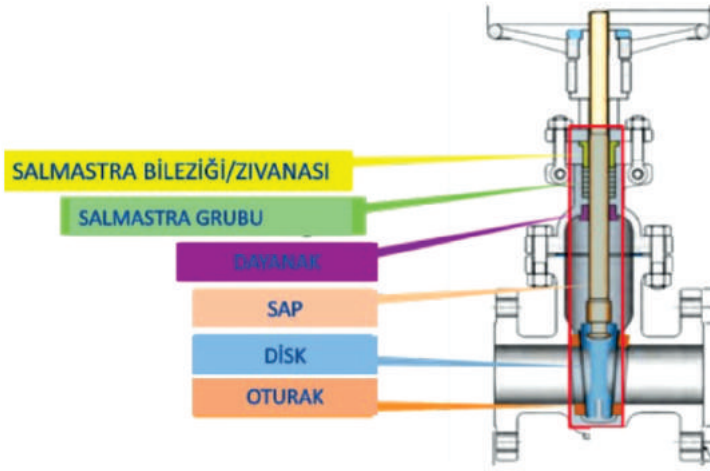
Disk, tapa (Plug) veya küre, akışı durdurmak için kapatıldığında, sızdırmazlık sağlamak için oturak tarafından yerinde tutulur. Sürgülü ve küresel vanalar iki oturma yüzeyine sahipken, glob, kelebek ve çek valfler bir oturma yüzeyine sahiptir. Disk, akışkanın akışına izin verme ve durdurma olanağını sağlar. İyi sızdırmazlık özellikleri elde etmek için disk ve oturak arasında son derece pürüzsüz bir yüzey kaplaması ve diferansiyel sertlik gerekir. Çoğu durumda oturak halkaları dişli, kaynaklı veya vana gövdesine uygun preslenir ve hasar görürlerse değiştirilebilir. Gövde yüzeyinin oturma yüzeyi olarak kullanıldığı bazı tasarımlar da vardır, ancak bu tercih edilen bir tasarım değildir. Diskler genellikle dövme malzemeden üretilir ve aşınma direncini artırmak için tungsten karbür veya stellite⁶⁸ kaplama gibi sert kaplamalarla güçlendirilir.



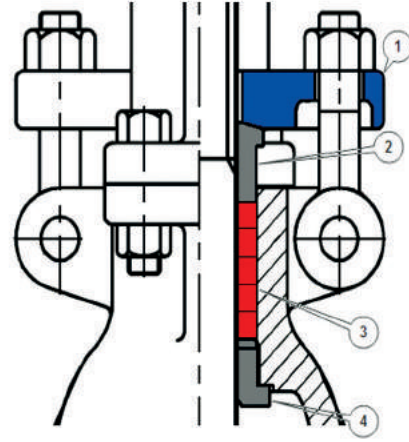
Şekil 261 Vana Disk Çeşitleri

⁶⁸ Kobalt - krom alaşım malzemeler gibi yüksek korozyon, aşınma ve kimyasal dayanımı için yüksek erime sıcaklığına sahip malzemelerin ortak adı.

Vana İçeriği (Trim): API 600'e göre, vananın içeriği sap dahil, sürgü oturak yüzeylerini, gövde (veya oturak halkası) oturak yüzeylerini ve sap arkası oturak temas yüzeyini içerir. Örnek: API 600 Tablo 13, temel içerik (trim) malzemelerini de tarif etmektedir.



Şekil 262 Vana (Trim) İçerik Eleman Grubu



Şekil 263 Sap Sızdırmazlık Grubu

Vana Sap Salmastrası: Vana sap salmastrası, vana içindeki basınçlı akışkan ve dış ortam arasındaki sızdırmazlık elemanıdır. Üreticiler değişik akışkanlar için kendi vanalarının patentli sızdırmaz salmastra tasarımlarını kullanırlar. Örnek: Grafit, sızdırmazlık malzemesi olarak öncelikli olarak kullanılsa da yangın dayanımı için sızdırmazlık elemanını korumak için salmastraya eklenir.

Tüm dünya çapında kaçak ve sızıntı kontrolü için çalışmalar yapılmaktadır. İyi bir gövde keçesi tasarımı, kaçak emisyonlarını kontrol etmek açısından çok önemlidir. Etkili sızdırmazlık elde etmede yaygın olarak kullanılan iki tasarım, köşeli çift ayraç salmastrası veya O-halkalarıdır. Doldurma kutusundaki ambalaj, vida tipi bağlantı veya cıvatalı bağlantı ile sıkıştırılmış durumda tutulur. Flanş tipi, sap salmastrasının kolay bakımını ve değiştirilmesini sağlamaktadır. Vanalar, açık ve kapalı konumlarına ve kullanılmalarına bağlı olarak sap salmastrası aşınmaya maruz kalır ve o oran sıklığında da değiştirilmesi gerekir.

Vana sapı salmastrası periyodik olarak denetlenir. Herhangi bir sızıntı belirtisi varsa, salmastra genellikle basınçlı sızdırmaz contalardan oluşan somunları kullanılarak sıkıştırılır. Şekil 263'te sızdırmazlık paketi parçaları gösterilmiştir:

1. Salmastra Bilezik ayarlayıcısı
2. Salmastra bilezik
3. Doldurma Kutusu Ambalajı
4. Dayanak

3.0.4. VANA SAP DAYANAK VE SAP KORUYUCU

Dayanak (Backseat): Sürgülü ve glob vanalarındaki saplar, kaputun içinde destek görevi gören bir yapı ile sağlanır. Vana tamamen açık konumdayken, gövde arka kapağı gövde ile bir conta oluşturur ve doldurma kutusuna olan basıncı engeller, böylece proses sıvısının sapdan sızması salmastra yoluyla önlenir. Arka dayanak esasen birincil sap sızdırmazlık contasına yedek görevi görür. Dayanak, sistemi kapatmadan, çevrimiçi olarak dış sızdırmazlığının sağlanmasına izin verir. Arka kapak testi, vana kontrol ve test sürecinin bir parçası olarak gerçekleştirilir.

Sap Koruyucu: OS&Y yükselen gövde tasarımının sürgülü ve glob vanalarında, sapı hasardan korumak için gövde koruyucu olarak kullanılır

Vana Aktüatörü: Vana aktüatörü, sap ve disk sürgüsü, vananın tapasının veya küresinin hareket tertibatını çalıştırır. Bir aktüatör; volanlı, kollu çalışan, redüktör ile çalıştırılan, motor ile çalıştırılan, pnömatik olarak çalıştırılan veya hidrolik olarak çalıştırılan veya volanlı olabilir. Aktüatör üretici tarafından sağlanmadığında, aktüatörlü vananın genel bütünlüğünü sağlamak için vana üreticisi ve aktüatör tedarikçisi arasında entegrasyon elemanı gereklidir. Bu gibi durumlarda, tümü için tek bir temas noktası sorumluluğuna sahip olmak önemlidir.

Vana Kodları ve Standartları: Aşağıdaki malzeme, çeşitli tanınmış gövde tipleri için ASME B31 proses projelerinde

kullanılan vanalar için en sık kullanılan standartları içerir. Bu kodlar ve standartlar tasarım, basınç-sıcaklık sınıfları, vana çapları, tolerans değerleri, malzemeler, tahribatsız muayene teknikleri, test ve muayene ve kalite güvencesi için kural ve gereksinimleri kapsamaktadır. Bu ve diğer standartlara uygunluk, imalat, şartname, sözleşme veya yönetmelik kodlarına atıfta bulunularak adlandırılır. Örnek: API 600

Tablo 59 API Vana İçerik No 6 Kapsamında Malzeme ve Sertlik Standartı

API Trim Number - 6	API Vana İçerik No- 6
Nominal Trim	Nominal Trim
F6 and Cu-Ni	F6 ve Cu-Ni
Seat Surface Material	Oturak yüzey Malzemesi
13Cr and Cu-Ni	13Cr ve Cu-Ni
Cast	Döküm
ASTM A217 CA15	ASTM A217 CA15
Forged	Dövme
ASTM A182 F6a / Manufacturer's standard with 30 Ni minimum	ASTM A182 F6a / Üretici standardına göre 30 Ni minimum
Welded	Kaynaklı
AWS A5.9 ER410	AWS A5.9 ER410
Minimum Seat Surface Hardness	Minimum Oturak Yüzey Sertliği
250 HB and 750 HB respectively	250 HB ve 750 HB göreceli
Stem Bushing Material	Sap Yatak Malzemesi
Material Type: 13Cr, Applicable ASTM Spec: ASTM A276 - T410 or T420	Materyal Tip: 13Cr, Uygulanabilir ASTM Spekt: ASTM A276-T410 veya T420
Min Stem Hardness	Min. Sap Sertliği
200 HB min and 275 HB max	200 HB min. ve 275 HB maks.
Min Bushing Hardness	Min Yatak Sertliği
250HB min	250HB min.

HB Hardness Brinell

Tablo 60 API 600 Malzeme İçerik (Trim) Listesi

Trim	Malzeme	Oturak	Disk	Dayanak	Sap	Notlar
1	F6					Geçersizdir
2	304					Geçersizdir
3	F310	310	310	310	310	
4	Sert 410	Sert 410	Sert 410	410	410	Oturak 750 HB Min.
5	Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Stellite	410	410	Oturak 350 HB Min.
5A	Yüzey Sertleştirilmiş	Ni-Cr	Ni-Cr	410	410	Oturak 350 HB Min.
6	410 ve Cu-Ni	Cu-Ni	410	410	410	Oturak 250 HB ve 175 HB Min. Göreceli
7	410 ve Sert 410	Sert 410	Sert 410	410	410	Oturak 250 HB ve 750 HB Min. Göreceli
8	410 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	410	410	410	Oturak 250 HB ve 350 HB Min. Göreceli
8A	410 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Ni-Cr	410	410	410	Oturak 250 HB ve 350 HB Min. Göreceli
9	Monel	Monel	Monel	Monel	Monel	
10	316	316	316	316	316	
11	Monel ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Monel	Monel	Monel	
12	316 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	316	316	316	
13	Alaşım 20	Alaşım 20	Alaşım 20	Alaşım 20	Alaşım 20	
14	Alaşım 20 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Alaşım 20	Alaşım 20	Alaşım 20	
15	304 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Stellite	304	304	Oturak 350 HB Min.
16	316 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Stellite	316	316	Oturak 350 HB Min.
17	347 ve Yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Stellite	347	3477	Oturak 350 HB Min.
18	Alaşım 20 ve yüzey Sertleştirilmiş	Stellite	Stellite	Alaşım 20	Alaşım 20	Oturak 350 HB Min.

19	Nikel	Ni Alaşım	Ni Alaşım	Ni Alaşım	Ni Alaşım	
19A	Alaşım 625	Alaşım 625	Alaşım 625	Alaşım 625	Alaşım 625	
19B	Alaşım C276	Alaşım C276	Alaşım C276	Alaşım C276	Alaşım C276	
19C	Alaşım 825	Alaşım 825	Alaşım 825	Alaşım 825	Alaşım 825	
20	Nikel ve Yüzey Sertleştirilmiş	Ni Alaşım	Co-Cr	Ni Alaşım	Ni Alaşım	Oturak 350 HB Min.
20A	Alaşım 625 ve yüzey Sertleştirilmiş	Alaşım 625	Co-Cr	Alaşım 625	Alaşım 625	Oturak 350 HB Min.

Not: Yukarıdaki tabloda verilen bilgiler sadece kılavuz olarak kullanılır. Tasarım amacı ile ilgili API son basım kullanılmalıdır.

Vana Şartnameleri

Vana veri sayfaları Mühendislik Şirketleri tarafından tedarik amacıyla hazırlanır ve düzenlenir. Vana şartnameleri, ilgili boru malzemesi sınıfında tanımlanan her vana için, ana özellikleri ve ilgili spesifikasyonunu ile kalite kontrol yükümlülüklerini açıkça belirtecek şekilde hazırlanır. Vana şartnameleri, vana contalarının ve salmastra malzemesinin de amaçlanan servis için uyumluluğunu sağlamak amacıyla servis sıvısını belirtmeli, conta gereksinimlerini açıklamalıdır. Yumuşak oturmali vanalar için, çok daha yüksek olabilecek tasarım sıcaklıkları yerine gerçek maksimum ve minimum çalışma sıcaklıklarını belirtmek, bilinmesi gereken temel bilgilerdendir. Boru hattı vanaları için, boru hattı iç çapı ve toleransları da şartnamede belirtilmelidir.

3.1. EL KONTROLLÜ (MANUEL) VANALAR

Vanaların elle kontrol edilebilmesi için gereken tork değerini karşılayabilecekleri standart değerler vardır. Hangi amaçla olursa olsun, mutlaka gerekli kuvvet sınırları içinde, vananın volanlı, kollu veya redüktörlü olma seçeneklerine göre, vana volan çapı, lever uzunluğu veya redüktör gereksinimleri belirtilmelidir.

Manuel vanalar sıvı taşıma sistemlerinde üç ana işleve hizmet eder: Akışı durdurma ve başlatma, akış hızını kontrol etme ve akışı yönlendirme. Ancak, akışı durdurmak ve başlatmak için sık sık akış hızını kontrol etmek gerekmektedir.

3.1.1. VOLANLI VANALAR

Vana volanı, yaygın bir vana aktüatörü türüdür. Volan, bir vananın açılmasını ve kapatılmasını manuel olarak düzenlemek için kullanıldığı anlamına gelir. Farklı vana volanları vardır ve satın almaya karar vermeden önce nasıl çalıştıklarını anlamalısınız. Bu yazıda, tasarımları ve özellikleri de dahil olmak üzere farklı vana el çarklarının ayrıntılarına gireceğiz, böylece satın alma işleminiz sırasında nelere dikkat edeceğinizi bileceksiniz.

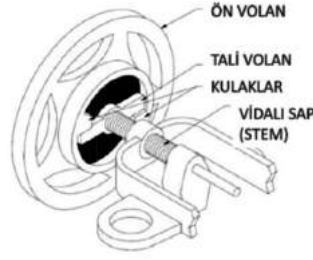
Vana volanlarının en yaygın türleri çekiçli volan, gövdeye sabitlenmiş volan, dişliler ve dişli kutuları aracılığıyla gövdeye bağlı volanlardır.

Sabit Volan: Saplara sabitlenmiş vana volanları mekanik olarak avantaj sağlar. Bununla birlikte, yüksek sıcaklıklarda, sabitlenmiş bu tür volanlar termal ısı transferi nedeni ile çalışma sıcaklığına karşı hassasiyet gösterir. Bir vanayı sıcakken kapattığınızda ve soğumasına izin verdiğinizde, takılıp kalarak vanayı yeniden açmanızı olanaksız hale getirebilir veya tam tersi soğutma ve salamura sistemlerinde sap üzerinde yoğunlaşmanın neden olduğu korozyon, vana volanınızı serbest hareket ettirmenize engel olur. Ayrıca küçük çaplı vanalar için kireç veya sertlik derecesi yüksek olan su tesisatında volan, tek el ile kullanmaya engel olacak kadar zor hareket ettirilebilir.

Sürgülü veya glob vanalar için, kama ve disk şeklindeki engelleyiciyi malzeme, yukarı ve aşağı hareket ettirilerek vana akış yolunu açıp kapatır. Bu doğrusal hareket, dişli yükselen sap gövde tarafından sağlanır. Bu dişli sapı çevirmek, açıktan kapalıya gitmek için birden çok devir (çok dönüş) gerektirir. Gerekli devir sayısı genellikle (vana iç çapı x 3 + 2) değeridir. Örneğin; 6" bir vana sapının 20 dönüşü ihtiyacı vardır $[(6 \times 3) + 2 = 20]$. Uzun süre boyunca akış kesme hem kama hem de disk ile oturak ve contalara zarar vereceğinden, yalnızca açma/kapa uygulamaları için kullanılmalıdır.

Çekiçli Volan: (Hammer Handwheel)

Çekiçli volan, dişli bir gövdeye bağlı birincil tekerlek, pabuç ve ikincil tekerlekten oluşur. Bu eklenti pabuçlar, vanayı kapanmak üzere sıkıca kapatmanızı sağlar. Tasarıma dayanarak, birincil tekerlek dönüşünün bir bölümünde serbestçe hareket eder ve daha sonra ikincil tekerleğindeki pabuçlara çarpar.

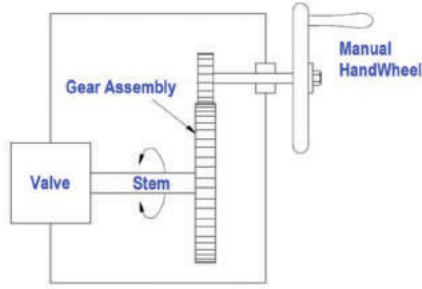


Şekil 264 Çekiç Volanı

Redüktörlü Volan: (Gear Handwheel)

Vananın tasarımına bağlı olarak, ek mekanik avantaj için kaputun etrafındaki, volanı döndüren dişlilerle açma kapatma işlemi yavaşlatılır. Bu durum, özellikle aynı anda sadece iki kişi tarafından çalıştırılabilen büyük vanalar için ve/veya hızlı açılıp kapatılması istenmeyen tesisat vanaları için yararlıdır.

Daha az kuvvet ile fazla iş yapma isteği, otomatik ve pnömatik kontrollü vanalar için redüktörlü sistemleri de cazip hale getirmektedir. Basıncı hava tesisatında, yüksek basınçlı gaz tesisatında küçük çaplar da standart kollu vanalar, büyük çaplarda ise redüktörlü volan olan vanalar tercih edilir.



Şekil 265 Redüktörlü Volan Mekanizması



Şekil 266 Redüktörlü Volan

Volan Standartları: Bıçaklı vanalarının çoğunda 24 inç (DN 600) dahil tüm çaplarda volan kullanılır. Devir sayısı belli bir değerin üzerine ulaştığında mutlaka redüktörlü volan kullanılır. Ağır hizmet tipi ekipmanlarda makaralı rulman, gövde somunu ile donatılmış ağır hizmet tipi vanaların boyunduruk (Yoke) tertibatının parçasından oluşan düşük torklu rulmanlı volana gereksinim duyar.

Burada dikkat etmeniz gereken bir diğer konu, vanayı açmak veya kapatmak için volana uygulamanız gereken kuvvet miktarını belirleyecek olan simit çapıdır. Bunun bir diğer yaygın nedeni, karşı basıncın dikey ilerleme ve simit çapına bağlı olarak vana sap boyunca düşmesidir.

Simit üzerinde uygulanması gereken kuvvet makul sınırları aşarsa, kuvveti düzenlemek için eğik dişli operatörleri kullanabilirsiniz. Vana için volan seçmenize yardımcı olacak örnek basit vana imalatçı katalog değerleri Tablo 29'da görülebilir.

İtme, Tork ve Rimpull⁶⁹, vana sapında yer alan üç ana kuvvettir. Aşağıda, belirli bir vana uygulaması için üç kuvvetin her birini belirlemek için kullanılan kısa bir açıklama ve formül verilmiştir.

Belirli bir uygulamadaki itme, tork ve Rimpull belirlemek için sürgülü, glob ve stop-çek vanalarla kullanılacak referans verileri için imalatçı sayfalarına bakınız. Bu sayfalar ayrıca karbon çelik vanalar için tam ve yarı maksimum soğuk çalışma basıncında diferansiyel basınçlar için tork değerini de gösterir. İtme, bir vananın oturması ve kapalı durumu ile ilgili tamamen doğrusal itme-çekme kuvvetidir.

Söz konusu kuvvetler, aşağıdaki vana ve uygulama kriterleri kullanılarak belirlenebilir:

- A – Vana oturak çapı. Vana oturak çapı bilinmiyorsa, tahmin amacıyla bağlantı noktası çapının oturak çapı olduğu varsayılabilir.
- B – Vana Oturak maksimum diferansiyel basıncı. Vana oturağı boyunca maksimum diferansiyel basıncı belirle-

⁶⁹ Rimpull, vananın çalışması sırasında el çarkının kenarına uygulanması gereken kuvvettir.

menin en yaygın yöntemi, maksimum tasarım veya çalışma basıncını giriş akış değeri P1 ve 0 PSIG 'lik bir çıkış akış basıncı P2 varsaymaktadır.

- C –Vana sap gövde çapı. Bu kriterler, aşağıdaki kuvvetlerin toplamı olan itme hesaplamasında kullanılır. İtme gücünün ölçü birimi lb'dir.

Oturma Kuvveti = Vana oturak alanı x Maks. diferansiyel Basınç x Vana faktörü

Vana koltuk alanı = $(\text{Oturak Çapı})^2 \times 3,14 / 4$

Maks. diferansiyel Basınç = P1- P2, Vana faktörü = 0,25

Paralel oturak=0,3

Sürgülü vana=0,3

Glob vana= 1,1

Sap Yükü = Vana sap alanı x Maks. giriş akış basıncı

Vana Sap Alanı = $(\text{Sap Çapı})^2 \times 3,14 / 4$

Maks. giriş akış basıncı = P1

NOT: Sap yükü, sadece sürgülü vana için uygulanır. Bu kuvvetin, glob ve stop-çek vanalarının oturma kuvvetine dahil olduğunu unutmayın.

Sap Salmastra Sürtünmesi = sap çapı x 2000. (Grafit için)

Örnek- 6" 150 lb. Sürgülü vana, Oturak çapı 6", Sap çapı 1 1/ 8", maksimum diferansiyel basınç 100 PSIG ise;

Oturma kuvveti = $28,26 \times 100 \times .3 = 847,8 \text{ lb.}$

Oturak alanı = $(6)^2 \times 3,14 / 4$

Sap yükü = $0,994 \times 100 = 99,4 \text{ lb.}$

Buradaki sap alanı = $(1,125)^2 \times 3,14 / 4$

Sap- salmastra sürtünmesi = $1,125 \times 1000 = 1125$

Oturak veya oturak dışına itme kuvveti = $847,8 + 99,4 + 1125 = 2072,2 \text{ lb.}$

Vana çalışırken itme kuvvetinin %90'ı sap hareketinin karşılığı olarak, sap yükü ve sap salmastra sürtünmesi toplamıdır.

Tork bir dönme kuvvetidir. Bir tahrik somunu tarafından tahrik edilen dişli vasıtasıyla yükselen sapa sahip sürgülü ve glob vana uygulamaları için uygulanan tork, doğrusal hareketi elde etmek için bir vidanın mekanik kuvveti kullanarak itme gücünün tamamen doğrusal kuvvetten dönme kuvvetine dönüştürülmesidir. İtme kuvvetini tork' a dönüştürmek için kullanılan dişli faktörü, vana sapının ve tahrik somununun (yoke sleeve) kaba diş özelliğinin sonucudur.

Sürgülü, glob ve stop-çek vanaları için diş sürtünme faktörlerini imalatçılardan temin edebilirsiniz. Oturma kapama veya açma için gerekli itme karşı kuvvetleri, tork formülü ile elde edilebilir:

Tork = Karşı itme x Sap faktörü

Örnek: 6" 150 lb. Sürgülü vana

Karşı itme = 2072,2 ft.

Sap faktörü = ,0099 lb ise,

Tork = $2072,2 \times ,0099 = 20,5 \text{ ft- lb dur.}$

Vana çalıştırma torku da kapatma itme kuvveti için yukarıdaki formül içerisinde Rimpull tork değeri kullanılarak hesaplanabilir. Volan rimpull değerini hesaplamak için aşağıdaki bilgiler gereklidir:

A - Vana oturak veya geçiş çapı

B - Vana Oturak maksimum diferansiyel basıncı.

Rimpull = Tork /feet cinsinden ölçülen volan yarıçapı

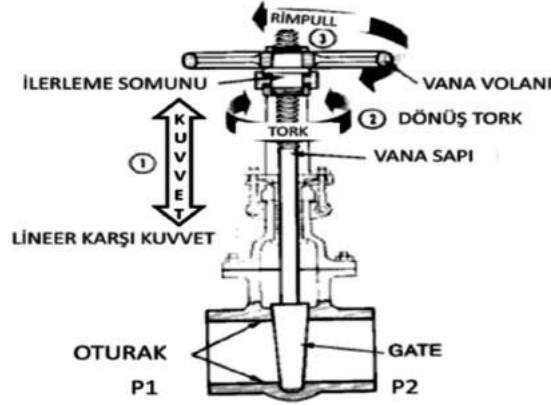
Volan yarıçapı = Volan Çapı İnç/2 Yarıçapın feet'e dönüşümü = Yarıçap/12

Örnek: 6"150 lb. Sürgülü Vana Açma veya kapatma torku = 20,5 ft. lb.

Volan çapı = 14", Rimpull = 20,5 / 0,583 = 35,2 lb.

14/2 = 7" = (İNÇ YARIÇAP) 7" / 12 = 0,583 (feet yarıçapı) = 35,2 lb.

Çalışma Rimpull değeri, Açma/Kapatma torku yerine konularak hesaplanabilir.



Şekil 267 Sap ve Volanı Etkileyen Kuvvetler

Tablo 61 Bıçaklı Sürgülü Vana Volan Çapı Fark Basınç -Rimpull Kuvveti ve Dönüş Sayısı

Valve Size (Inches)	Handwheel Dia. (Inches)	Differential Pressure		
		50 psid	100 psid	150 psid
2	8	4 lb, 10 turns	5 lb, 10 turns	7 lb, 10 turns
3	8	7 lb, 14 turns	9 lb, 14 turns	13 lb, 14 turns
4	8	10 lb, 18 turns	14 lb, 18 turns	20 lb, 18 turns
6	10	14 lb, 26.5 turns	22 lb, 26.5 turns	32 lb, 26.5 turns
8	12	23 lb, 34.5 turns	37 lb, 34.5 turns	54 lb, 34.5 turns
10	16	25 lb, 43 turns	41 lb, 43 turns	61 lb, 43 turns
12	16	34 lb, 52 turns	57 lb, 52 turns	85 lb, 52 turns 3:1 W/12"Hw, 45 lb, 156 turns
14	20	42 lb, 60 turns	72 lb, 60 turns	108 lb, 60 turns 3:1 W/12"Hw, 71 lb, 180 turns
16	20	53 lb, 68 turns	93 lb, 68 turns 4:1 W/12"Hw, 46 lb, 272 turns	139 lb, 68 turns 4:1 W/12"Hw, 68 lb, 272 turns
18	20	76 lb, 76 turns	135 lb, 76 turns 4:1 W/12"Hw, 66 lb, 304 turns	4:1 W/12"Hw, 99 lb, 304 turns
20	20	93 lb, 80 turns 4:1 W/12"Hw, 46 lb, 320 turns	4:1 W/12"Hw, 81 lb, 320 turns	4:1 W/12"Hw, 121 lb, 320 turns
24	20	130 lb, 96 turns 4:1 W/12"Hw, 64 lb, 384 turns	4:1 W/12"Hw, 115 lb, 384 turns	4:1 W/18"Hw, 114 lb, 384 turns
30	30	130 lb, 120 turns 4:1 W/12"Hw, 96 lb, 480 turns	4:1 W/18"Hw, 118 lb, 480 turns	4:1 W/24"Hw, 150 lb, 480 turns
36		4:1 W/12"Hw, 136 lb, 576 turns	4:1 W/24"Hw, 144 lb, 576 turns	16:1 W/18"Hw, 99 lb, 2304 turns
42		4:1 W/18"Hw, 140 lb, 672 turns	16:1 W/18"Hw, 82 lb, 2688 turns	16:1 W/18"Hw, 147 lb, 2688 turns
48		16:1 W/12"Hw, 85 lb, 3072 turns	16:1 W/18"Hw, 130 lb, 3072 turns	24:1 W/24"Hw, 104 lb, 4608 turns

3.1.2. KOLLU (LEVERLİ) VANALAR

Daha küçük çeyrek dönüş vanalarda en yaygın olanı, el kumandalı kollu tutamaktır. Gövdeye uzun bir tutamak tutturulur ve bu şekilde, vana tıkaçını döndürmek için gereken kaldırma kuvveti sağlanır.



Şekil 268 Küresel ve Kelebek Kollu Vanalar

Kaldıraç gerekmeyen çok küçük vanalarda ise kol, Oval, Kulak, Te ve diğer farklı şekilli tutacaklar ile değiştirilebilir.



Şekil 269 Kaldıraç Kuvveti Gerekmeyen Çok Küçük Vanalar

Ayrıca Özel El Kontrol Tutacakları vardır:

- Vana kolunu yerine kilitlemek için aracı olan parçalar,
- Yay vasıtasıyla ilk haline dönüşlü olan kollar (Dead Man kolu olarak bilinir),
- Ulaşılması zor vanalar veya içlerinden geçen aşırı sıcak veya soğuk ortamlardan korunmak için kullanılan uzatma kolları (Şekil 269-Sol Başta),
- Dönmeden önce itilmesi gereken düğmeler.

3.1.3. SERVO MOTORLU VANALAR

Solenoid vana, elektromekanik kontrollü bir vanadır. Solenoid vanalar, vanayı açıp kapatan veya akışı bir çıkıştan diğerine değiştiren doğrusal bir kayar engelleyici kullanarak çalışır. Piston, mekik, makara ve diyafram dahil olmak üzere birçok farklı engelleyici türü vardır. Vana merkezinde hareketli bir ferromanyetik çekirdeğe sahip bir elektrik bobini olan bir solenoide sahiptir. Bu çekirdeğe piston denir.

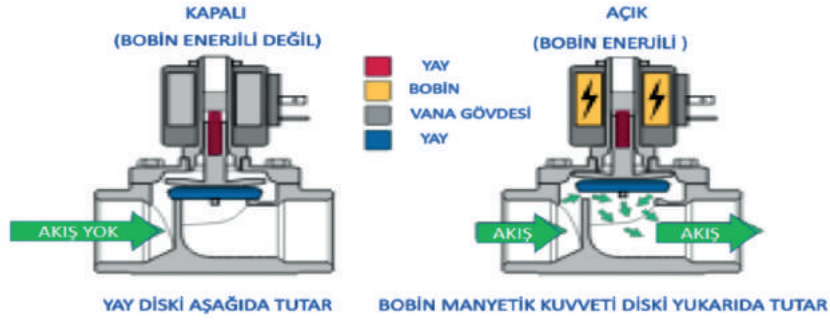
Dinlenme pozisyonunda, piston küçük bir deliği kapatır. Bobin içinden geçen bir elektrik akımı manyetik bir alan oluşturur. Manyetik alan pistonu bir kuvvet uygular.

Sonuç olarak, piston bobinin ortasına doğru çekilir, böylece delik açılır. Solenoid kapakçıkları açmak ve kapatmak için kullanılan temel prensip budur.

Doğrusal hareket, engelleyiciyi tek yönde çekmek için elektromanyetik bir bobine enerji vererek elde edilir. Bir yay, bobin enerjiden arındırıldığında engelleyiciyi karşı yöne geri yönlendirir. 2 konumlu açık/kapalı vanalar, en yaygın solenoid vana türüdür, ancak akış tıkaçını ters yönere çeken 2 bobinin bulunduğu 3 konum da dahil olmak üzere çok sayıda başka modelleri de vardır. Her iki bobinin de enerji altında olmadığına ortalamak için yaylar kullanılmaktadır.

Akış kontrolü için kullanılacak orantılı solenoid vanalar bile vardır. Bu vanalarda bobin, ona verilen voltaja göre engelleyiciyi değişen mesafelere taşır.

Solenoid kapakçıklar nispeten küçüktür. Çapa göre enerji altında manyetik alan oluşturmak için kullanılan sargıların etkisi bobinin gücü ile sınırlıdır. Bobinin mukavemet sınırına ek olarak, solenoid vanalardaki akış yolları ve delikler boru çapına kıyasla oldukça küçüktür. Bu, akışı sınırlar ve vanadaki basınç düşüşünü artırır.



Şekil 270 Solenoid Vana Çalışma Prensipleri

3.2. GÜÇ KONTROLLU VANALAR

Güç kontrollü vanalar, yapması gereken hareketi, davranış biçimini ve kontrol mantığını çeşitli araçlar vasıtası ile (aktüatörler) uygularlar. Aktüatörlerin ihtiyacı olan güç, farklılıklar içerse de, temel olarak aynı prensipleri kullanırlar. Aktüatör, bir makinanın içindeki bir sistemi taşımak ve kontrol etmek için kullanılan elektrikli bir bileşendir. Bir aktüatör, bir enerji kaynağı ve kontrol sinyali kullanarak çalışır. Burada kontrol sinyali akım veya voltaj, insan gücü, hidrolik sıvı kuvvet veya pnömatik olabilirken, enerji kaynağı ise, hidrolik kuvvet, elektrik akımı veya pnömatik kuvvettir. Aktüatörün ana işlevi, bir kontrol sinyali aldığı anda kaynağın enerjisini mekanik harekete değiştirmektir. Yumuşak, elektrikli, pnömatik, termal, mekanik ve hidrolik aktüatörler gibi farklı aktüatör türleri mevcuttur.

3.2.1. ELEKTRİK AKTÜATÖR KONTROLLU VANALAR

Elektrikli Vana Aktüatör bazı avantajlara sahiptir.

- Elektrik kabloları hidrolik borulardan daha basit olarak yönlendirilir ve bağlantıları yapılabilir.
- Elektrikli aktüatörlerin elektronik kontrolü kolaydır.
- Elektrik temiz ve gürültüsüz, sızıntısız bir enerji kaynağıdır.
- Arıza saptanması ve onarımı kolaydır.

Elektrikli Vana Aktüatörün bazı dezavantajları da vardır.

- Elektrik temel yangın kaynaklarından biridir. Doğal emniyetli (intrinsically safe) olanlar bu riski ortadan kaldırır ama doğal emniyetli sistemin de maliyeti çok yükseltir.
- Elektrikli aktüatörlerin düşük hızlardaki tork- hız performansı kötüdür.
- Elektrik aktüatörleri genelde dönüş hareketli uygulamalar eğilimli olduklarından, lineer hareket için değiştirici ara elemanlara ihtiyaç duyar.
- Ürettiği Güç/ Ağırlık oranı hidrolik motorlara göre daha kötüdür.



Kare Kod 45 Elektrik Aktüatörlü Kontrol Vanası

Motorlu Vana Aktüatörleri Motor Çeşitleri

- Alternatif akımlı motorlar (AC),
- Doğru akımlı motorlar (DC),
- Step Motor (Stepper).

Döner Aktüatörler:

Çoğu elektrikli aktüatör, her iki yönde de hareket eden bir geri vites motoru kullanır. Çoğu, aktüatör son konumuna ulaştığında (seyahat sonu) motoru kapatmak için limit anahtarları kullanır. Bu anahtarlar, sap tahrik şaftına monte edilen kameralar tarafından etkinleştirilir. Kameralar, aktüatör açık ve kapalı konumlarda durduğunda değiştirmek veya ince ayar yapmak için ayarlanabilir.

Birçok aktüatör hattı, her biri dişliye göre ters yönde farklılık gösteren bir dizi hız / tork seçeneğine sahip çeşitli boyutlara sahiptir.

Aynı boyutta aktüatör gövdenin sağlayabildiği tork ve süre şöyledir:

- 3 saniyelik çevrim süresi ile 50 in/lbs.
- 6 saniyelik çevrim süresi ile 100 in/lbs.
- 12 saniyelik çevrim süresi ile 200 in/lbs.

Bu, tahrik zincirindeki farklı dişli oranlarına dayanmaktadır.

Elektrikli aktüatörler için dikkate alınması gereken diğer yönleri arasında voltaj, görev döngüsü, kablolama girişi ve bağlantıları ve IP (International Protection) giriş koruması ve/veya NEMA (National Electrical Manufacturers Association) Ulusal Elektrik Üretici Birliği standartlarına göre elektrik koruma derecesi yer almaktadır.

Voltaaj

Elektrik aktüatörleri çoğu üreticiler için şu ortak voltajlarda mevcuttur: 12, 24, 48 VDC ve 24, 48, 120, 240 VAC.

Bu gerilimlerden herhangi birini kabul eden çeşitli çok voltajlı veya "Evrensel Gerilim" aktüatörleri de vardır. Bu üniteler voltajı algılar ve buna göre tepki verir.

Görev Döngüsü

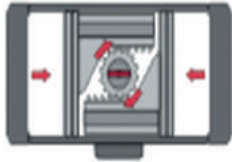
Birçok elektrikli aktüatör %100'den daha az bir görev döngüsüne sahiptir. Bu, sürekli çalıştıramayacakları veya çalıştırılırlarsa motorun yanacağı anlamına gelir. Vanalar bu kadar sık harekete geçmediğinden, bu genellikle bir sorun olmaz. Döngüsü 8 saniye süren %50 görev döngüsüne sahip bir aktüatör, tekrar harekete geçmeden önce 8 saniye dinlenme süresine gereksinim duyar.

3.2.2. PNÖMATİK AKTÜATÖR KONTROLLU VANALAR

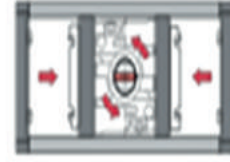
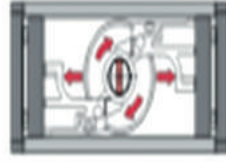
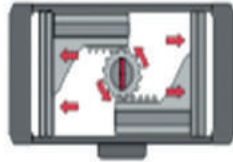
Pnömatik Vana Aktüatör çeşitleri

Döner Aktüatörler: Farklı Mekanik Tipler

Küresel, kelebek ve tapa vanalarında kullanılmak üzere 2 ana döner pnömatik aktüatör stili vardır: Krameyer Dişlisi ve İskoç Boyunduruğu (Scotch Yoke). İlk başta büyük ölçüde farklı görünseler de aslında oldukça benzer. Her ikisi de bir silindirdeki bir pistonun doğrusal hareketini gövde sürücüsünün dönme hareketine dönüştürerek çalışır.



Şekil 271 Krameyer Dişlisi (Rack-n-Pinion)



Şekil 272 İskoç Boyunduruğu (Scotch Yoke)

Her ikisinin de çift (yukarıda gösterilmiştir) ve tek etkilileri de mevcuttur ve her iki tipte yay geri dönüşlü veya doğrudan etkili olabilir (bazen tek etkili ve çift etkili olarak adlandırılır).

Ayrıca daha eski ve çok daha az yaygın olan başka tip aktüatörler de piston, gövde sürücüsüne sabitlenmiş bir kanatçık ile değiştirilir. Öncü, sap merkezinin bu kamanın noktasına doğru bulunduğu kama şeklindeki bir bölme-yapıya kapatılmıştır. Hava, hareket ettirmek için alt takımın her iki tarafındaki bu odalara yönlendirilir, böylece sap tahrik ile döndürülür. Bu üç tip aktüatör de saat yönünde dönüş hareketi ile kapanır ve saatin ters yönünde açılır.



Şekil 273 Kanatçıklı Tip

Çift Etkili

Çift etkili pnömatrik aktüatörler, pistonu her iki yönde de hareket ettirmek için hava kullanılması gerektirir. Aktüatöre giden hava akışını ve havalandırmasını kontrol etmek için bir solenoid vana kullanılır. Üstesinden gelinecek bir yay kuvveti olmadığından, genellikle daha küçük bir aktüatör kullanılabilir.

Hem Vane hem de Rack-n-pinion - Krameyer Dişlisi tarzı çift etkili aktüatörler, her iki yönde de strok boyunca sabit, doğrusal tork çıkışına sahiptir. İskoç boyunduruk aktüatörleri, mekanik hareketleri nedeniyle, bir strok yönüne ve diğerine karşı aynı olan kavisli tork çıkışları üretir.



Şekil 274 Aktüatörlerin Tork Üretim Kapasitesi

Yay Geri Dönüşlü

Yay geri dönüşlü pnömatrik aktüatörler, pistonu bir yönde hareket ettirmek için basınçlı hava, hava durduğunda ve havalandırmasına izin verildiğinde diğer yöne itmek için ise bir yay kullanır. Bu durum, vanayı çalıştırmak için yeterli tork sağlamanın yanı sıra yay kuvvetinin üstesinden gelmesi zorunda olduğundan daha büyük bir aktüatör gerektirir.

Bir yay dönüşlü aktüatörünün en önemli özelliği, "arıza emniyetli" bir pozisyon sunmasıdır. Bu, hava kaynağının kaybolması veya havayı kontrol eden solenoide elektrik gücünün kaybolması durumunda, vananın yayların gücünü kullanarak bu konuma hareket edeceği anlamına gelir. Hangisi daha güvenli bir sonuç sunuyorsa, bu açık veya kapalı olabilir.

Hem Vane hem de Krameyer Dişlisi tarzı yay dönüş aktüatörleri, hava stroku ve yay darbesi boyunca alçalar ve doğrusal tork çıkışına sahiptir. Hattın eğimi, yay kuvvetinin sıkıştırıldıkça ve genişledikçe artmasından ve azalmasından kaynaklanır. İskoç boyunduruk aktüatörleri ise, mekanik karakteri nedeniyle, bir strok yönüne ve diğerine karşı ters olan kavisli tork çıkışlarına sahiptir.

Döner Pnömatrik Aktüatörler;

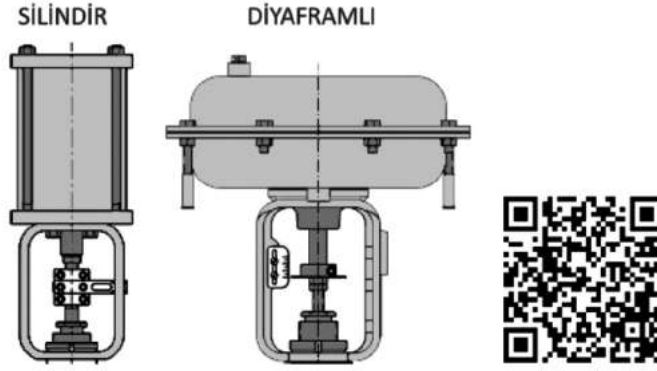
Pnömatrik aktüatörlerin tüm bu tiplerde yaygın olan bazı ortak özellikleri vardır. Bunlar, şöyle sıralanabilir:

- Solenoid vanaların takılması için NAMUR⁷⁰ montaj yüzü,
- Vanalara doğrudan montaj için ISO 5211 montaj arayüzü,
- Kare veya elmas saplara uyan yıldız şeklinde tahrik mili,
- Acil durum da el ile kullanımı (Override) olanaklı kılar.
- Kontur sınırlayıcı/ayarlama civataları,
- Kontrolü modüle etmek için bir konumlayıcı ekleme yeteneği.

Lineer Aktüatörler: Farklı Mekanik Tipler

Sürgülü ve glob vanalar gibi lineer hareketli sapı olan vanalar için doğrusal hareket doğrudan elde edilir. Hava, "Yükselen Stemi" yukarı ve aşağı itmek için kullanılır. Doğrusal aktüatörlerin diyafram ve silindir (veya piston) olmak üzere 2 ana tipi vardır. Bu tiplerin her ikisi de yay geri dönüşlü veya çift etkili olarak da kullanılmaktadır.

⁷⁰ ROSS® NAMUR Ara yüz Serisi, doğrudan bir pnömatrik aktüatöre monte edilecek şekilde tasarlanmış kompakt bir hat içi portlu vana, vana ile aktüatör arasındaki tesisat ihtiyacını ortadan kaldırır.



Şekil 275 Lineer Aktüatör

Kare Kod 46 Pnömatik Aktüatörlü Kontrol Vanası

3.2.3. HİDROLİK AKTÜATÖR KONTROLLÜ VANALAR

Hidrolik kontrollü aktüatör vanalar temel olarak aktüatörün hidrolik sıvı ile yönetildiği vanalar olarak bilinmektedir. Bu vanalar için genelde düşük kuvvet gerektiren hava kullanılırken, kendi başına düzenleme gerektiren vanalarda akışkanın kendisi kullanılmaktadır. Büyük güç gerektiren vana aktüatör için ise, hidrolik yağ gibi sıvılardan da faydalanılmaktadır. Öncelikle aktüatörleri anlatmadan önce vanaları tasnif edip kullanım amaçlarını değerlendirmek gerekir.

Hidrolik kontrollü vanaların ana kategorileri üç tiptir.

- Hidrolik Basınç Kontrol Vanaları
- Hidrolik Yön Kontrol Vanaları
- Hidrolik Akış Kontrol Vanaları

3.2.3.1. Hidrolik Basınç Kontrol Vanaları

Hidrolik güç iletim sistemi, istenen işi yapmak için enerjiyi iletmek için basınçlı akış sağlar. Bu nedenle, çalışma sıvılarının basınç kontrolü hidrolik sistem güç iletiminde en önde gelen temel kontrol işlevlerinden biridir.

Farklı basınç kontrol vanası: Sistemlerin izin verilen maksimum basınç sınırının altında güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak ve sadece belirli basınç sınırlarının bir devredeki belirli bir dala girmesine izin vermek için çok çeşitli işlevleri yerine getirmek için tasarlanmıştır.

Çeşitli alt fonksiyonlar, basınç kontrol vanaları tarafından gerçekleştirilir.

- Basınç tahliyesi, (Pressure relief)
- Basınç azaltma, (Pressure reducing)
- Basınç sıralaması, (Pressure sequencing)
- Karşı dengeleme, (Counter balancing)
- Boşaltma Vanaları. (Unloading valves)

Neredeyse tüm basınç kontrol vanaları, normalde açık olan (NO) basınç düşürücü vanalar hariç, normalde kapalı (NC) vanalardır.

Hidrolik Yön Kontrol Vanası: Yön kontrol vanaları, yağ akış yönünü bağlayarak, keserek ve değiştirerek hidrolik sistemin çeşitli parçaları arasında bağlantılar sağlar.

Hidrolik sistemde, yön kontrol vanaları şu şekilde olabilir:

- Çek Vana, (Check Valve)
- Mekik vanaları (Shuttle valve)
- Çok bağlantı noktalı, çok konumlu akış yön kontrol vanaları. (Multi-port, multi-position directional control valves)

Hidrolik Akış Kontrol Vanası: Akış kontrol vanalarının temel amacı, aktüatör hızını kontrol etmek için tali devreye sağlanan sıvı akışının miktarını düzenlemektir.

Üç tip temel akış kontrol vanaları.

- Telifsiz akış kontrol vanası. (Non-compensation flow control valve)
- Basınç telifli akış kontrol vanası. (Pressure-compensated flow control valve)

- Akış bölen kontrol vanası. (Flow-dividing control valve)

Vanalardaki bu kategorik ayırmadan bahsettikten sonra esas olarak hidrolik aktüatör ve yukarıda belirtilen işlemleri sağlamak için aktüatör davranışlarını incelemek gerekir.

Sıvının basınç enerjisini mekanik olarak değiştirmek için kullanılan cihaz hidrolik aktüatör olarak bilinir. Hidrolik aktüatör, mekanik çalışma için hidrolik güçle çalışan bir silindir veya akışkan motor içerir. Mekanik hareket döner, doğrusal veya aksi takdirde salınımlı hareket şeklinde bir çıkış sağlar. Sıvıların sıkıştırılması neredeyse olanaksız olduğunda, hidrolik aktüatör büyük güç üretmek için kullanılır.

Hidrolik aktüatörün çalışma prensibinde, vana aktüatörün sapı (stem) hareket ettirmek için diyafram üzerinde kuvvet sağlamak üzere hava basıncı yerine çalışmak için sıvı basıncı kullanılır. Hemen hemen her hidrolik aktüatör türü, sıvı basıncını mekanik güce değiştirmek için diyafram yerine bir piston kullanır.

3.2.3.2. Hidrolik Aktüatör Çeşitleri

Hidrolik aktüatörler lineer aktüatör, döner aktüatör ve yarı döner aktüatör gibi çalıştırma şekline dayalı üç tipte sınıflandırılır.

- Doğrusal hareket için doğrusal bir aktüatör kullanılır. Düz bir hat içinde kuvvet veya hareket sağlayan bu tür hidrolik aktüatörlere hidrolik silindir denir.
- Döner hareket için döner aktüatör kullanılır. Tork veya dönme hareketini sağlarlar; bu tür hidrolik aktüatörlere hidrolik motor denir. Bu aktüatörler kullanılarak sürekli açısal hareket sağlanabilir.
- Yarı döner aktüatörler kısmi hareket dönme açısı için kullanılır. Bunlar, 360 derece veya daha az olmasına rağmen çok sayıda tam devir olabilen kısmi açısal hareketler yapabilir.

3.2.3.3. Tipik Hidrolik Aktüatör Özellikleri

- Besleme voltajı 24 V \pm %10 gibi
- Akü voltajı beslemesi 20V ila 36 V arasında değişmektedir,
- Giriş gücü maksimum 40 VA'dır,
- Kontrollü akım çıkışları 0 ile 1,6 A arasında değişmektedir,
- Darbe genişliğinin modüle sinyali 160 Hz dir,
- Birincil akım + 0,2 ila 1,1 A'dır,
- Maksimum akım 1,6 A'dır,
- Diferansiyel giriş 0 ila \pm 10 V (veya) 0 ila \pm 20 mA'dır,
- Rampa süresi nominal değer %100'ü kadar, yaklaşık 1 ile 10 saniye arasında değişir,
- Kabul edilebilir ortam sıcaklığı – 10 °C ile – 70 °C arasında değişmektedir,
- Bağlantılar tapa konektörü, 64 kutuplu ve uluslararası kabul edilmiş standartlardadır.

3.2.3.4. Hidrolik Aktüatörün Avantajları ve Dezavantajları

Hidrolik Aktüatör Avantajları:

- Tasarımı basittir,
- Ucuzdur,
- Güçlü konstrüksiyonu vardır,
- Yüksek kuvvet uygulama kapasitesi vardır,
- Motoru aşırı yüklerden korur,
- Dönen parçalar, çalışma modlarının hızlı bir şekilde değiştirilmesini sağlar,
- Dönüşüm, döner hareketten karşılıklı harekete kadar basit yapılır,
- Bu aktüatörler, eşdeğer büyüklükteki pnömomatik silindirlere kıyasla 25 kat daha fazla kuvvet üretir,
- Ayrıca 27,58 MPa kadar çalışır,
- Basıncı ve torku sabit tutabilir,
- Aktüatör içindeki pompa ve motor, az miktarda güç kaybı ile önemli bir mesafede etkili çalışabilir.

Hidrolik Aktüatörlerin Dezavantajları:

- Esnek olmayan yapıdadır,
- Yüksek bakım gerektirir,
- Sıcaklığa duyarlıdır,
- Kısmi hareket kontrol yeteneği vardır,

- Yetersiz veri toplama yeteneği vardır,
- Çalışma verimliliği diğerlerine göre düşüktür,
- Çalışma koşulları, ana özelliklerini etkileyebilir,
- Sıvı rezervuar, pompa, motor, ısı eşanjörleri tahliye vanaları ve gürültü azaltma ekipmanı gibi çeşitli tamamlayıcı parçalara ihtiyaç duyar,
- Sıvı kaybı, daha az verimlilik ve hijyen sorunlarına yol açarak çevredeki bileşenlere ve alanlara zarar ve hasar verebilme potansiyeli vardır.

3.2.3.5. Uygulama Alanları

Hidrolik Aktüatörlerin Uygulamaları

- Yüksek kuvvet gereken uygulamalarda kullanılır.
- Vinç tahrikleri, vinçler, kendi kendine tahrikli vinçler, ekskavatörler, askeri araçlarda tekerlek motorları, besleyici tahrikler, karıştırıcı tahrikler gibi çeşitli uygulamalar için kullanılır.
- Mikser, rulo değirmenler, ızgaralar ve fırınlar, sindiriciler için tambur tahrikleri, arabalar için öğütücüler, lastikler, sondaj makinaları, yüksek güçlü çim düzelticiler ve hendek kesiciler için temel kontrol kaynağıdır.
- Hidrolik krikolarda kullanılır.
- Ağır yükler için son derece hassas konumlandırması vardır.
- Hidrolik fren özelliği vardır.
- Kapalı devre döngü hızını kontrol etmede kullanılır.
- Hidrolik ko darbesini kontrol etmede kullanılır.
- Sensör olarak kullanılabilir.

KISIM-4

TESİSATA GÖRE VANA VE ARMATÜRLERİN TİPLERİ

Çeşitli akışkanlara göre farklı vana ve armatürler daha uygun davranış sergiler. Aşağıdaki Tablo 62’de özet olarak toplu halde gösterilmiştir.

Tablo 62 Farklı Vana Tiplerinin Tesisata Göre Performans Özeti

Vana Tipi	Medya										Vana İşlevi		Mekanik Hareket		
	Akışkan Sıvı Özellikleri					Gaz			Katı		Açma/ Kapatma	Kontrol Vanası	Doğrusal	Dönel	Çeyrek Dönüş
	Nötr	Aşındırıcı	Hijyenik	Bulamaç	Lifli Süspansiyon	Nötr	Aşındırıcı	Vakum	Aşındırıcı Tozlar	Yağlı Tozlar					
Küresel Vanalar	X	X		X		X	X	X			X			X	X
Kelebek Vanalar	X	X	X	X		X	X	X			X	X		X	X
Diyafram Vanaları	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X		
Sürgülü/ Bıçaklı Vanalar	X	X		X	X	X		X		X	X	X	X		
Glob Vanaları	X	X				X	X	X			X	X	X		
İğne Vanaları	X					X	X					X			
Tapa Sürgülü Vanalar	X	X										X			
Tapa Vanalar	X	X				X	X				X			X	X

4. TESİSAT TİPLERİNE VE BAĞLANTI ŞEKLİNE GÖRE KULLANILAN VANALAR

Endüstriyel ve konfor tesisatında kullanılan çeşitli vanalar her ne kadar çok değişiklik göstermese de vana bağlantı elemanı ve birleştirme yöntemine göre sınıflandırılabilir.

Bağlantı Noktası Boyutuna Göre Vana Sınıflandırması

Vana içerisindeki akış çapının doğası gereği iki çeşit kategorize edilebilir.

- Tam Bağlantı Çaplı Vanalar,
- Azaltılmış Bağlantı Çaplı Vanalar.

Tam Bağlantı Çaplı Vanalar: Tam bağlantı çaplı vanalar, kapatma elemanı akışını kısıtlamayan vanalardır. Vana içindeki akış yolu, önemli bir kısıtlama olmadan tam akış olacak kadar büyüktür.

Tam bağlantı çaplı vanalar, öncelikle akışın durdurulması veya yönlendirilmesi gereken işler için açık ve kapalı konumlarında kullanılır. Tam bağlantı çaplı vanalar, ayrıca boru hattında yapılacak herhangi tortu birikimi veya ölçü kontrolü gibi işlemlerde domuz kullanımına izin verir.

Azaltılmış Bağlantı Çaplı Vanalar: Azaltılmış bağlantı çaplı vanalar, kapatma elemanından akışı kısıtlayan vanalardır. Kapatma elemanının bağlantı noktasının akış alanı, boru hattının iç kesit alanından daha küçüktür. Bu kısıtlama, akış kapatma elemanından geçerken vana içerisinde akışkanın basınç düşüşüne yol açar ve kısıtlama bölümünü geçtikten sonra akış kısmi olarak tekrar basınç geri kazanımını sağlar.

Azaltılmış bağlantı noktası vanalarının birincil amacı, vananın belirli bir açıklığında değişen akış seviyeleri sağlamak için kapatma elemanının tanımlanan azaltılmış akış veya kesitini azaltma yoluyla akışı kontrol etmektir.

Vana Uç Bağlantıları Türleri

Seçebileceğiniz malzeme ve yöntemler nelerdir ve bunları neden seçersiniz:

Proses sistemlerinin borularında vanaları ve diğer proses bileşenlerini bağlamak için kullanılan birkaç farklı bağlantı elemanı ve türü vardır. Sonuçta hepsi vanayı boru sistemine bağlama işlevini yerine getirmekle birlikte, akış geometrisi yönünden her bağlantı türünün kendi artıları ve eksileri vardır. Uygulamayı tercih edeceğiniz en iyi vana bağlantı türünün seçimi, birçok faktöre dayanmaktadır:

Tesisat için Vana Bağlantı Türü Seçme Faktörleri

Basınç derecesi/sistem basıncı,
Sızıntı önleme,
Kurulum kolaylığı,
Vananın kalıcılığı,
Onarım veya değiştirme için sökme kolaylığı,
Yedek parça ve depo da stok basitleştirme,
Endüstri ve/veya tesis standartlarına bağlılık,
Ağırlık ve boyut,
İşletme masrafları.

Vana Bağlantı Eleman Kategorileri

Tüm bağlantı türlerinin içine girdiği 5 genel kategori vardır. Burada alt başlıkta önemli detaylar paylaşılacaktır.

- Dişli (Farklı Ülke Standartlarında Temin Edilen Malzemeler Sorun Çıkartır)
- Kaynaklı / Lehimli / Yapıştırılmış
- Flanşlı / Kulaklı / Flanşlar Arasına Sıkıştırılmalı (Wafer)
- Sıkıştırma (Compression)
- Rakorlu
- Terminal montajlı

4.0. VANALARIN TESİSAT İÇİN SEÇİM KRİTERLERİ

Vanaları seçerken çeşitli tesisat akışkanlarına göre tasnif etmek istediğimizde; Tablo 63 çeşitli sıvılar için, Tablo 64 ise gaz ve katı akışkanlar için vana seçimlerinde kılavuz olarak kullanılabilir.

Tablo 63 Akışkanların Özelliklerine Göre Vana Fonksiyon ve Kontrol Elemanı (Sıvılar için)

Aktarılan Sıvı	Sıvının Doğası	Vana Fonksiyonu	Disk Türü	
Sıvı	Nötr (Su, Yağ vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF)	Sürgülü (Gate)	
			Küresel (Rotary Ball)	
			Tapa (Plug)	
			Diyafram (Diaphragm)	
			Kelebek (Butterfly)	
			Sürgülü Tapa (Plug Gate)	
		Kontrol vanası, modülasyon	Glob (Globe)	
			Kelebek (Butterfly)	
			Sürgülü Tapa (Plug Gate)	
			Diyafram (Diaphragm)	
	Aşındırıcı (Asit, alkali vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF)	Sürgülü (Gate)	
			Sürgülü Tapa (Plug Gate)	
			Küresel (Rotary Ball)	
			Tapa (Plug)	
			Diyafram (Diaphragm)	
			Kelebek (Butterfly)	
		Kontrol vanası, modülasyon	Glob (Globe)	
			Diyafram (Diaphragm)	
			Kelebek (Butterfly)	
			Sürgülü Fiş (Plug Gate)	
Sıhhi Hijyenik (Yiyecek, içecek, ilaç vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF)	Kelebek (Butterfly)		
		Diyafram (Diaphragm)		
	Kontrol vanası, modülasyon	Kelebek (Butterfly)		
		Diyafram (Diaphragm)		
		Sıkma (Squeeze)		
		Sıkıştırma (Pinch)		
		Bulamaç	Açma/Kapama (ON/OFF)	Küresel (Rotary Ball)
				Kelebek (Butterfly)
Diyafram (Diaphragm)				
Tapa (Plug)				
Sıkıştırırmalı (Pinch)				
Sıkma (Squeeze)				
Kontrol vanası, modülasyon	Kelebek (Butterfly)			
	Diyafram (Diaphragm)			
	Sıkma (Squeeze)			
	Sıkıştırma (Pinch)			
	Sürgülü (Gate)			
	Lifli Süspansiyonlar	Açma/Kapama (ON/OFF), Kontrol vanası, modülasyon	Sürgülü (Gate)	
Diyafram (Diaphragm)				
Sıkma (Squeeze)				
Sıkıştırma (Pinch)				

Tablo 64 Akışkanların Özelliklerine Göre Vana Fonksiyon ve Kontrol Elemanı (Gaz ve katılar için)

Aktarılan Sıvı	Gazın/Katının Doğası	Vana Fonksiyonu	Disk Türü	
Gaz	Nötr (Hava, Buhar vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF)	Sürgülü (Gate)	
			Glob (Globe)	
			Küresel (Rotary Ball)	
			Tapa (Plug)	
			Diyafram (Diaphragm)	
			Kontrol vanası, modülasyon	
	Aşındırıcı (Asit buharları, klor vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF)	Kontrol vanası, modülasyon	Glob (Globe)
				İğne (Needle)
				Kelebek (Butterfly)
				Diyafram (Diaphragm)
				Sürgülü (Gate)
				Kelebek (Butterfly)
Aşındırıcı (Asit buharları, klor vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF)	Kontrol vanası, modülasyon	Küresel (Rotary Ball)	
			Diyafram (Diaphragm)	
			Tapa (Plug)	
			Kelebek (Butterfly)	
			Glob (Globe)	
			İğne (Needle)	
Vakum	Açma/Kapama (ON/OFF)	Kontrol vanası, modülasyon	Diyafram (Diaphragm)	
			Sürgülü (Gate)	
			Glob (Globe)	
			Küresel (Rotary Ball)	
			Kelebek (Butterfly)	
			Sıkıştırma (Pinch)	
Katı	Aşındırıcı Toz (Silika, vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF), Kontrol vanası, modülasyon	Sıkma (Squeeze)	
			Spiral Hortumlu (Spiral Sock)	
			Sürgülü Sürgülü (Gate)	
	Yağlama tozu (grafit, talk vb.)	Açma/Kapama (ON/OFF) Kontrol vanası, modülasyon	Spiral Hortumlu (Spiral Sock)	
			Sıkma (Squeeze)	
			Sürgülü Sürgülü (Gate)	

Derleyen Notu: Ülkemizde farklı ülkelerden temin edilen vanalar yaygın olarak kullanılmakta olmasına karşın, bu vanaların bağlantı elemanları aralarındaki farklar tam olarak ve çok net algılanmadığı için pratikte bağlantı yönteminden dolayı birçok sıkıntılar yaşanmaktadır. Örneğin; dişli bağlantılardaki diş kapması olarak adlandırılan boru sıkılmasının doğru yapılmamasından dolayı ortaya çıkan sızdırma, boru dişlerinin iyi korunmaması veya montaj sırasında bozulması nedeniyle ortaya çıkan sızıntı, dişler arasında kullanılacak sızdırmazlık elemanının yanlış seçimi veya yanlış uygulanması sonucu akışkanın sızdırması gibi.

Dişli Bağlantılar

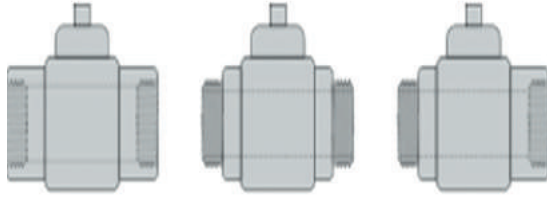
Dişli bağlantılar çok yaygın olarak kullanılır. Doğru malzemeyle doğru olarak uygulandıklarında vana ve boru arasında kompakt ve aerodinamik bir bağlantı sağlar.

Vana tipik olarak erkek dişli borunun içine gireceği dişi dişli uç bağlantılarına sahiptir. Bununla birlikte, erkek dişli bağlantıları olan vanalar ve hatta bir ucu dişi diğer ucu erkek olan vanalar da vardır. Dişli bağlantıların endüstride yararlı olabilmesi için bir standartlara uyması gerekir. Bu konuda uygulanabilecek birkaç farklı standart vardır. Vana ve boru ile uygun bir bağlantı yapılabilmesi için her ikisi de aynı standartlar kullanılarak üretilmiş olmalıdır.

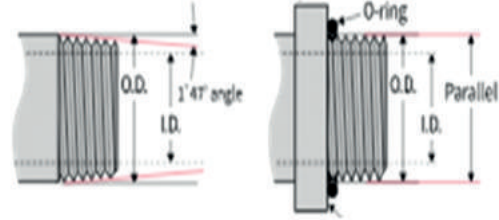
Düz dişler ve konik dişleri tanımlayan standartlar vardır.

Takip eden bölümde, değişik diş türleri ile ilgili daha detaylı bilgi verilmiştir.

Konik dişler, o-ring veya düz pul gibi yumuşak bir conta kullanmadan, metal metale sıkı bir sızdırmazlık sağlar. Düz dişli bağlantıların sızdırmazlık sağlayabilmesi için ise, bağlı oldukları vana ve boru, hortum veya bağlantı parçası arasında sıkıştırılan yumuşak bir conta veya sızdırmazlık sıvısı/macunu kullanılması gerekir.



Şekil 276 İç-İç Dişli Dış-Dış Dişli Dış-İç Dişli Vana



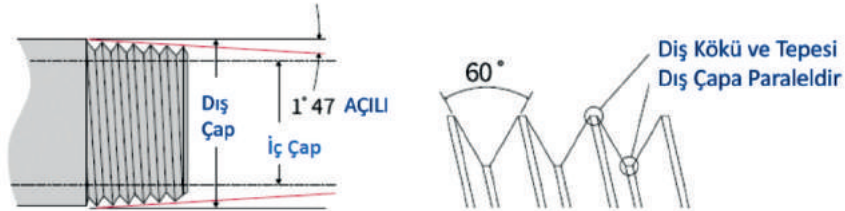
Şekil 277 Konik ve Düz Boru Dişi

NPT- Konik Ulusal Boru Dişi

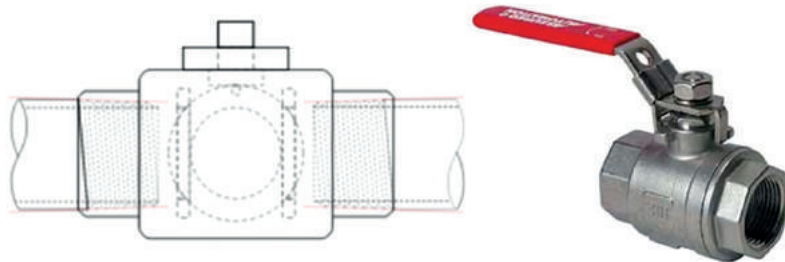
NPT -National Pipe Thread, dişli borularda ve bağlantı elemanlarında kullanılan konik dişler için Amerikan standardıdır. Bir cıvata üzerinde bulunanlar gibi düz dişlerin aksine, konik diş sıkıca çekilir ve bu nedenle metal metale sıkı sızdırmazlık sağlar. NPT erkek adaptörleri, dişi NPT adaptörüne sıkışan bir konik dişe sahiptir. "Yuvarlaklık dışı prensibi" nedeniyle sızdırmazlık sağlar, bu da erkeğin dişi bağlantıyı, bağlantının basıncı tutabileceği kadar fazla kuvvet sağlanana kadar çektiği anlamına gelir. Bu tasarımın zorluklarından biri, paslanmaz çeliği paslanmaz çeliğe bağlarsanız, aşırı sıkma veya kötü yağlamanın dişlerde hasara neden olmasıdır. Düz paralel dişlerde sızdırmazlığın sağlanması için ise, dişler üzerinde boru bandı veya boru sızdırmazlık bileşiği kullanılmalıdır.

NPT, ANSI/ASME standardı B1.20.1 ile tanımlanır. Standartta 1/16" ile 24" arasında tanımlanan 25 çap vardır ancak genellikle 4" üzerindeki vanalar dişli yerine flanşlı bağlantı ile kullanılır.

NPT diş tarifi inç olarak Çap ve ardından "NPT" kullanılarak belirtilir. Örnek: 2" NPT



Şekil 278 NPT (Amerikan Boru Dişi) Genel Yapısı



Şekil 279 Amerikan Dişli Küresel Vana

BSPT (British Standard Pipe Taper) - İngiliz Standart Boru Konik Dişler

Bu standart, bağlantının dişli bölümlerinin konik olduğu NPT'ye benzer ama bununla birlikte çok önemli farklılıklar da vardır. En önemli farklar, dişlerin açılarındaki değişiklikler ile diş kökü ve tepesinin yuvarlak olmasıdır. NPT dişleri için 60° olan kökten tepeye açı, BSPT dişlerinde 55°'dir. Bir erkek NPT'nin dişi bir BSPT'ye sığması mümkündür, ancak diş açısının farklılığı nedeniyle sıvı sızdırmazlığı sağlanamaz.

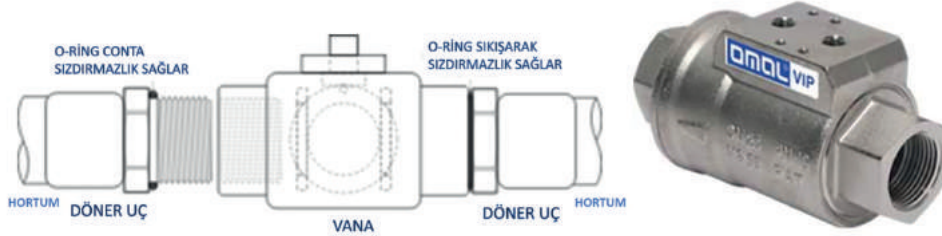
BSPT dişler ISO 7 ve/veya EN 10226-1, BS 21 ile tanımlanır. BSPT Dişler inç Çap ve ardından "R" harfi kullanılarak belirtilir. R, Almanca boru anlamına gelen "rohr" kelimesinden gelir. Örnek: R 2 1/2"

BSPP (British Standard Pipe Parallel) - İngiliz Standart Paralel Boru Dişler

Bu tip dişler, konik dişlerin yaptığı gibi metal metale sıkı bir sızdırmazlık sağlamaz. Bunu yapmak için yumuşak bir conta kullanımı gereklidir. Bu tip dişler, 2 parçayı bir araya getirirken, yumuşak contanın her bileşendeki düz yüzeyler arasında sıkıştırılması ile sızdırmazlık sağlar.

BSPP dişler ISO 228-1:2000 (Çap, toleranslar ve tanımlama) ve ISO 228-2:1987 ile tanımlanır.

BSPP dişli iş parçacıkları, inç boyutu ve ardından "G" harfi kullanılarak belirtilir. G "gaz" anlamına gelir. Örnek: G 1/2"



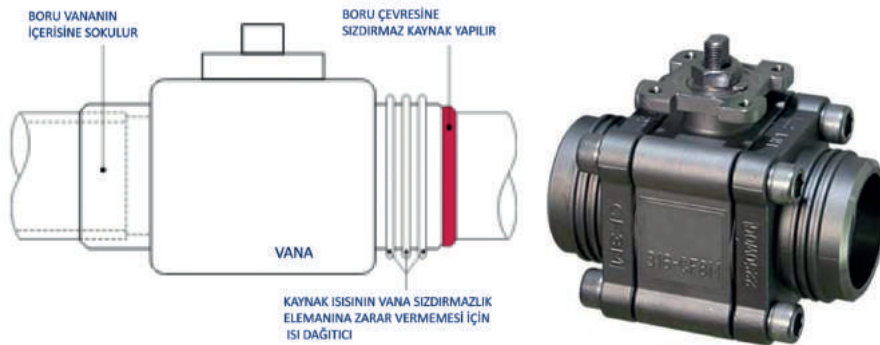
Şekil 280 BSPP Dişli Vana Sızdırmazlık Bağlantı Elemanı

Kaynaklı, Lehimli ve Yapıştırılmış Bağlantılar

Soket Kaynağı

Soket kaynaklı vana, borunun dış çapından biraz daha büyük bir iç çapa sahip bir sokete sahiptir. Boru sokete yerleştirilir ve burada gösterildiği gibi boru çevresine köşe kaynağı yapılarak kaynaklanır. Soket kaynak bağlantıları genellikle daha küçük boyutlar yani 2" ve altındaki sistemler için kullanılır. Doğru kaynatıldığında, güvenilir, sızdırmaz kalıcı bağlantılardır. Kaynak dolayısıyla oluşacak ısıdan etkilenen bölge etkisinin (heat affected zone) vanadaki elemanlara yansıtılmaması için, fotoğrafta görüldüğü gibi, kaynak uçlarında, ısıyı dağıtmaya yardımcı olan "ısı emici" yüzgeçler bulunur. Bu vanalar genellikle saha kaynağı ile "yerinde kaynak" yapılır.

Not: Bu kaynaklar eğitilmiş ve sertifikalı, profesyonel kaynakçılar tarafından yapılmalıdır. Oturak ve contalara aşırı ısı ile zarar vermemek için dikkatli olunmalıdır.



Şekil 281 Soket Kaynaklı Vana Boru Bağlantısı

Alın Kaynağı (Butt Weld)

Vana üzerinde, karşısındaki boruya kaynatılacak, eşit çapta bir boru parçasının bulunması durumunda, iki boru ağzı, alın kaynağı yapılarak birleştirilir. Kaynak prosedürlerine uygun olarak, her iki boruda da kaynak ağzı bulunmalıdır. Uç kaynak bağlantıları genellikle daha küçük çaplarda kullanılır, genellikle 2" ve altındaki çaplar için uygundur.

Kaynak dolayısıyla oluşacak ısıdan etkilenen bölge etkisinin (heat affected zone) vanadaki elemanlara yansıtılmaması için, fotoğrafta görüldüğü gibi, kaynatılacak boru uçlarında, soket kaynaktakilere benzer ısı yayıcıları bulunur.

Not: Alın kaynağındaki ısı, soket kaynağına göre daha fazla olduğundan, kaynaklar eğitilmiş ve sertifikalı, profesyonel kaynakçılar tarafından yapılmalıdır. Oturaklara ve contalara aşırı ısı ile zarar vermemek için dikkatli olunmalıdır.

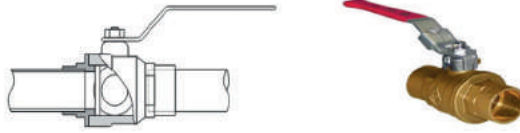


Şekil 282 Alın Kaynaklı VANA-BORU Bağlantısı

Lehimli (Soldered)

Bu, konut sıhhi tesisat sistemlerinde en yaygın olarak kullanılan bakır bağlantı türüdür. Bu bağlantı türü soket kaynağına çok benzer. Boru, vana üzerindeki pürüzsüz bir deliğe rahatça sokulduktan sonra, lehim teli eritilerek vana ile boru arasındaki boşluğa sızıp orayı doldurması sağlanacak şekilde ısıtılır. Bu şekilde yapılan lehimleme işlemiyle, sızdırmazlık sağlanır.

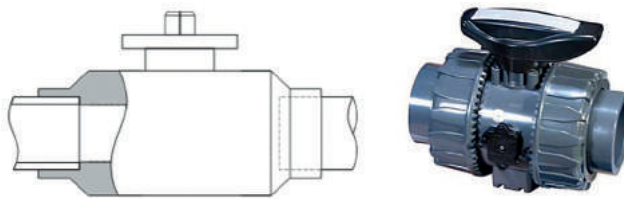
Bağlantı elemanı olarak lehimlemenin tehlikeli, zor ve hatta olanaksız olabileceği durumlar olsa da, doğru yapıldığı takdirde, koç darbesi, sıcaklık dalgalanmaları ve esneme gibi şoklara dayanabilecek çok sağlam ve güvenilir bağlantı sağlar.



Şekil 283 Kendinden Lehimli Vana Boru Bağlantısı

Tutkallı Soket Bağlantı

Tutkallı soket bağlantıları, kayar geçme, sürtünme geçme, boru uçlu veya spigot bağlantıları olarak da adlandırılır. Tutkal soketi bağlantısının iç çapı, borunun dış çapından çok daha büyüktür, bu da sokete kolayca girmesini sağlar. PVC çimento, PVC veya CPVC borularına PVC veya CPVC vanaları takmak için (takmadan önce) kullanılır. Borunun takıldığında 1/4 dönmesi önerilir. Çimento esaslı parçaları birlikte eriterek kalıcı hale getirir. Bu tip bağlantılar genelde sökülemez.



Şekil 284 Tutkallı Soket Vana-Boru Bağlantısı

Flanşlı Bağlantılar

Flanşlı uç bağlantıların çoğu bir endüstri standardına uygundur. Bu standartlar, çeşitli üreticilerin ürünlerinin kullanımını kolaylaştırmak için karşılanması gereken belirli kriterleri tanımlar.

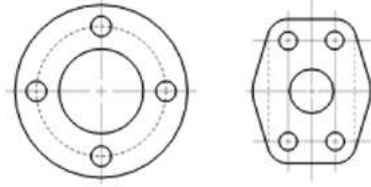
ANSI, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü'dür. ASME⁷¹ ile flanş bağlantıları için bir standart geliştirmiş ve yayınlamaktadır. Bu standart ASME/ANSI B16.5'tir.

Flanşlarla ilgili olarak Avrupa standardı da bulunur. ANSI/ASME standardından farklı olan bu standart DIN⁷²'dir. DIN, Deutsches Institut für Normung yani Alman Standartlar Enstitüsü, boru flanşları için DIN EN 1092 numaralı özel bir standart hazırlamıştır. Bu standart ISO 7005 kapsamında, ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) tarafından da kabul edilmektedir.

⁷¹ (American Society of Mechanical Engineers)

⁷² Alman Standardizasyon Enstitüsü

SAE, Otomotiv Mühendisleri Derneği'dir. Flanşın, bir arada tuttuğu bileşenlerden farklı olduğu flanş tipi bağlantılar için SAE J518 standardını geliştirmiştir. Bu standart, ISO 6162 kapsamında ISO tarafından da kabul edilmektedir.



Şekil 285 ANSI Dairesel Cıvata ve SAE 4-Cıvata Flanşları

ANSI/ASME B16.5

Bu standart, bir "cıvata dairesi" etrafında eşit olarak dağılmış birden fazla cıvata deliği kullanılmasına dayanır. 150#- 2500# arasında aşağıda verilen 7 sınıf vardır ve her sınıfta basınç artar.

Standart, 1/2" ile 24 arasındaki boru boyutlarındaki flanşları içerir."

Çapları ve basınç sınıfları aynı olmakla birlikte, değişik flanş türleri vardır.

Sınıf 150: 1/4" -24"

Sınıf 300: 1/4" - 24"

Sınıf 400: 1/4" - 24"

Sınıf 600: 1/1 4" -24"

Sınıf 900: 1/2" -24"

Sınıf 1500: 1/2" - 24"

Sınıf 2500: 1/2" - 12"

Bu basınç sınıfları, "Sınıf 150" veya "150#" (150 pound) olarak adlandırılır.

DIN 1092-1/ISO 7005

Bu standart ANSI'ye çok benzer. Bu flanşlar bir "DN" (Çap Nominal için) ve ardından mm boyutu, ardından "PN" (Basınç Nominal için) ve ardından bar ön değer ile adlandırılır. 10 ila 2000 arasında 19 boyut ve 2,5 ile 100 bar arasında 13 basınç sınıfları vardır. Örnek: DN 100 PN 16

Yuvarlak Flanş Türleri

Az önce bahsedilen standartların her ikisinin de içinde birçok farklı tür vardır. Bu türler farklı çiftleşme yüz stilleri içerir. Vanalarda en yaygın kullanılan RF (Raised Face)'dir. RF flanşların öpüşme yüzlerinde, hafif yükseltilmiş conta basma yüzeyi bulunur. Bu yüzey daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi, contanın baskısını kolaylaştırmak için çizili halkalarla bezenmiştir.

Düz flanş yüzlerinde yükseltilmiş conta basma yüzeyi yoktur. Bazılarının üzerinde o-ring oluşu bulunabilir. Çok kullanımı olmayan bir flanş türüdür.

Borulara farklı şekilde bağlanan çeşitli tipleri de vardır. Vana uçlarını etkilemez. Vanadaki flanşlar genellikle vana gövdesinin kendisinin bir parçasıdır. Boruya takılması gereken uyumlu bir flanşla çiftleşir. Bu genellikle kaynakla gerçekleştirilir ve dış açmadan daha az yaygındır.

SAE J518

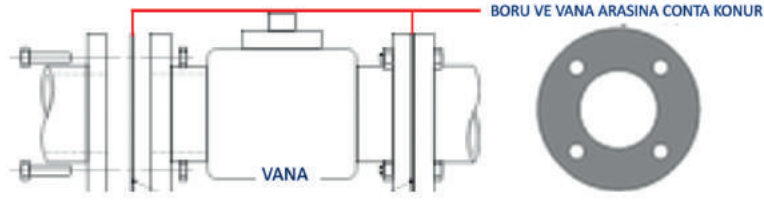
Bu standart, bir dikdörtgenin köşelerinde bulunan 4 cıvata deliğinin kullanılmasına dayanır. Kod 61 ve Kod 62 olmak üzere 2 sınıf vardır. Flanşlar "bölünmüş flanşlar" olarak bilinen 2 yarıya veya "tutsak" olarak adlandırılan tek bir parçaya ayrılabilir.

SAE J518-1 Kod 61 (ISO 6162-1): 3000 psi, 1/4"-24"

SAE J518-2 Kod 62 (ISO 6162-2): 6000 psi, 1/4"-24"

ANSI Flanşları

ANSI flanşlı vanalardaki flanşlar, birleşeceği borudaki eşleşen flanşlara civata veya saplama ile bağlanır. Flanşlı bağlantılar sökülme ve değiştirme işlemini kolaylaştırır. Flanşlı bağlantılar daha büyük vana çaplarında yaygındır. Flanşların arasına, sızdırmazlığı sağlamak üzere standartlara uygun contalar konularak sıkıştırılır.

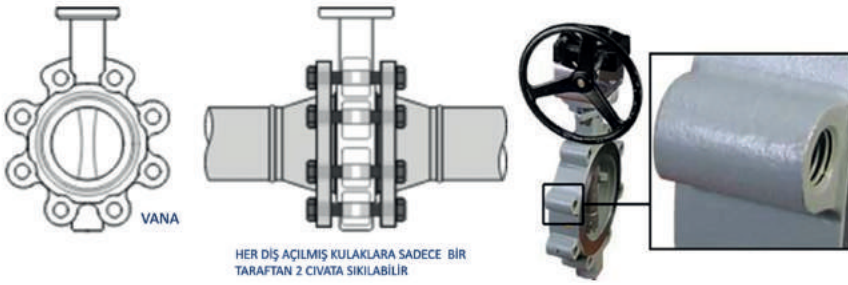


Şekil 286 Flanşlı Vana- Boru Bağlantısı ve Conta

ANSI Tırtıklı Flanş (Lugged Style)

Tırtıklı tarzı flanş bağlantıları, 2 küçük farkla sıkıştırmalı tipe benzer.

- 1) Flanşlar üzerinde, her civata deliği için bir kulak ve içine dış açılmış delik vardır.
- 2) Her iç dişli delik, karşı taraftaki her flanş tan bir tane olmak üzere 2 civata ile bağlanır. Bu tür bağlantı, vana oturağının / tutucunun yerinde civatalı olması koşuluyla, vananın bir tarafında sadece bir flanşın bulunduğu ve diğerinin atmosfere açık olduğu deşarj servisi için de kullanılabilir.



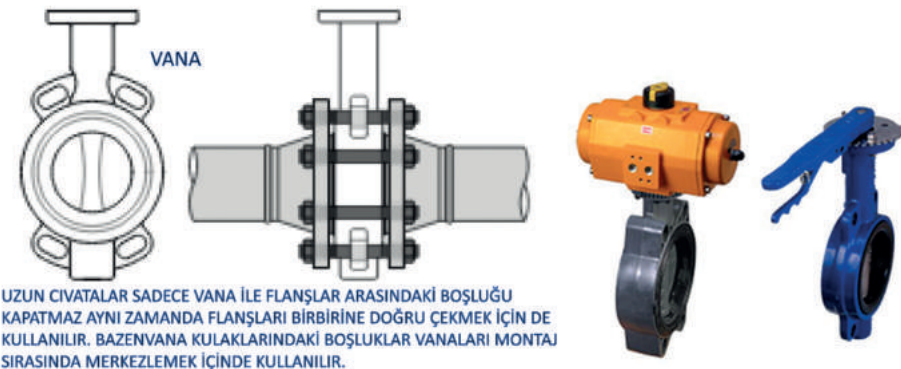
Şekil 287 Tırtıklı Vana- Boru Flanş Cıvatalı Montajı



Kare Kod 47 Tırtıklı Vana

ANSI Flanş (Gofret-Sıkıştırmalı Tip) (Wafer Type)

Sıkıştırmalı tarz flanş bağlantıları genellikle ince profil nedeniyle kelebek vanalarda ve bazı Çek vanalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bazı üreticilerin küresel vanalar içinde üretimi vardır. Bu bağlantı türü, uzun botlar veya dişli tij kullanarak vanayı 2 flanş arasında sıkıştırır. Civataların geçmesi için vana da delikler vardır, bunlar dişli değildir ve büyük çaplıdır, bu da biraz hareket etme izni verir. Flanş üzerindeki her civata deliği, her zaman sadece delik değildir. Diğer civatalar takılana kadar vananın yerinde tutulmasına yardımcı olmak için de kullanılırlar. Esnek oturmuş kelebek vanalarda, elastik kaplama, vana ile her iki tarafta düz yüzlü flanş arasındaki conta olarak da kullanılır. Yüksek performanslı kelebek vanalarda, yükseltilmiş yüz flanşlar, sıvı sızdırmaz conta oluşturmak için contayla kullanılır. Bu tür bağlantılar, atmosfere açık servis akışı için UYGUN değildir.



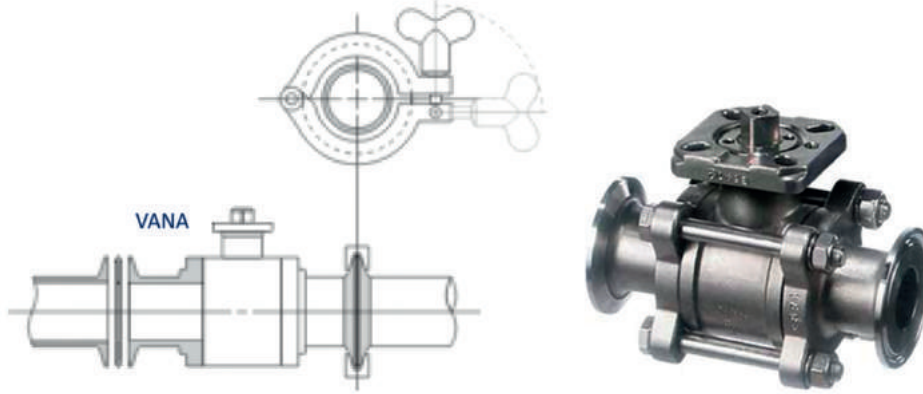
Şekil 288 Sıkıştırma Kulaklı Vana Montajı



Kare Kod 48 Sıkıştırmalı Vana

Üç Kelepçe

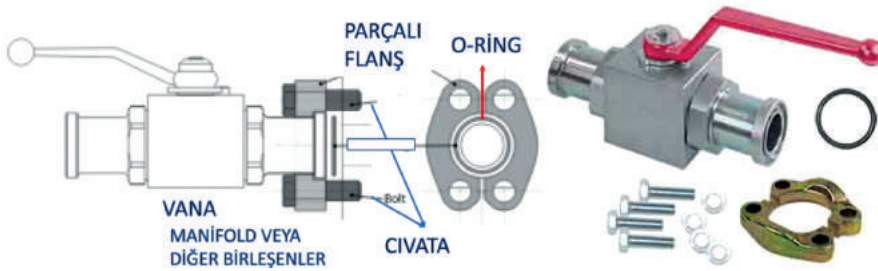
Tri-Clover, T-clamp veya Sıhhi Kelepçe olarak da adlandırılır. Bu bağlantılar, flanşlı uçların etrafını çevresel olarak sıkı ve arada bir conta ile sıkı menteşeli bir kelepçe kullanır. Sıkma kuvveti, flanşların kama şeklinin, kelepçedeki kama şeklindeki oluğa daha derine zorlanmasıyla oluşturulur. İki parçalı tek menteşe (burada gösterilmiştir), üç parçalı çift menteşe ve iki cıvatalı yüksek basınç dahil olmak üzere çeşitli kelepçe tipleri vardır.



Şekil 289 İki Parçalı Tek Kelepçeli Vana Montajı

SAE 4 Cıvatalı Flanşlar

SAE⁷³, SAE J518 adı verilen 4 cıvatalı flanştan oluşan bir standardı tanımlar. Bölünmüş flanşlar (burada gösterildiği gibi iki yarım) veya ayrı iki parçadan oluşan tipleri mevcuttur. Bölünmüş flanş bağlantıları hidrolik sistemler gibi yüksek basınçlı uygulamalarda kullanılır. Flanş yarıları, kenar çevresinde bir dudak olan vananın uç bağlantısının etrafına yerleştirilir. Bu dudak, o-ringin yer aldığı bir kanala sahip düz bir yüze sahiptir. Cıvatalar sıkılır ve vana dudaklarının yüzünün karşı yüzeyinin düz yüzüne, genellikle bir manifoldta doğru çekilmesine neden olur. Kurulum tamamlandığında, vana bağlantısı ile manifold arasında metalden metale temas vardır ve o-ring sıkıştırılır ve sızdırmaz bir conta oluşturur.



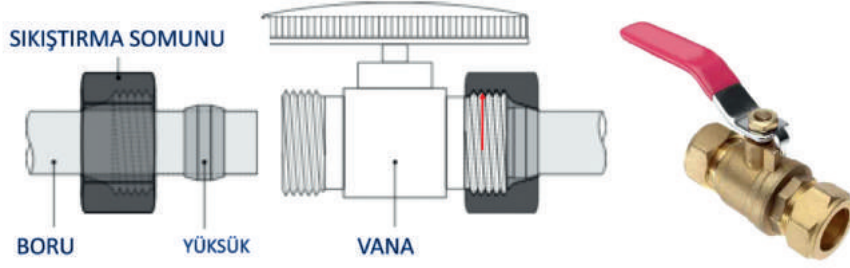
Şekil 290 SAE 4 Cıvatalı Flanş Bağlantısı

Sıkıştırılmalı Bağlantı (Compression)

Geleneksel Sıkıştırma

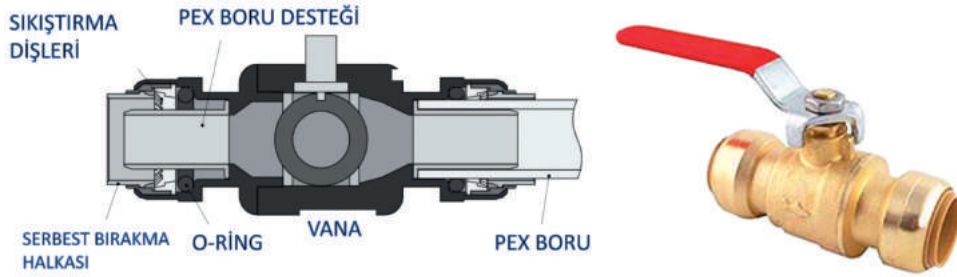
Bu tür bağlantı, tipik olarak konut sıhhi tesisatındaki su hatlarında bulunur. Lehimlenmiş veya kaynaklı bağlantılar gibi ısı gerektirmez, bu da onları bu tür kullanımın zor veya tehlikeli olacağı yerlerde kullanım için mükemmel hale getirir. Bağlantı, vana ve boruya ek olarak 2 adet kullanır. Bunlar yüksük ve sıkıştırma somunudur. Sıkıştırma somunu, vana üzerindeki dişlere doğru boruyu kaydırır. Daha sonra yüksük boru üzerinde yuvaya hareket eder. Yüksük simetrik değilse, uzun taraf vana tarafına doğru olmalıdır. Daha sonra boru vanaya yerleştirilir ve sıkıştırma somunu sıkılır. Bu somunu sıkarak yüksük, içte konik olan vana ağzındaki yuvaya dayanır. Yüksük, somun ve vanadan daha yumuşak bir metalden yapıldığı için borunun etrafını sarar ve sıkı geçme sağlar. Ayrıca vana ve sıkıştırma somunu arasında yüksüklü boru birleşir ve sızdırmazlık oluşturur.

⁷³ Otomotiv Mühendisleri Derneği



Şekil 291 Yüksüklü Sıkıştırma Bağlantılı Vana

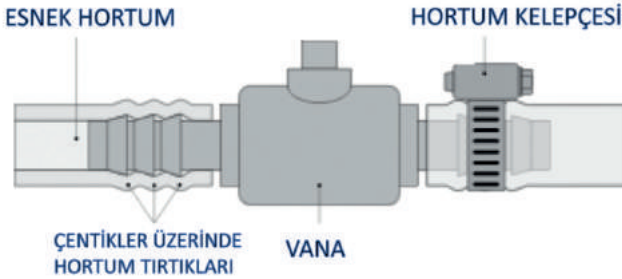
İtmeli bağlantıları esas olarak konut ve ticari sıhhi tesisatta kullanılır. Başlangıçta te, dirsek ve kaplin gibi bağlantı parçaları için geliştirilen bu bağlantılar vana uçlarında da bulunabilir. Bu yenilikçi bağlantı tipleri, boruların vanaya hızlı ve kolay bir şekilde bağlanmasına olanak sağlar. Vana portunun içinde bağlanacak borunun dış çapından biraz daha küçük bir o-ring vardır. Boru içeri itildiğinde, o-ring borunun etrafına gerilir ve vana gövdesi ile boru arasında sıkıştırılır. Boruyu sıkan ve çıkarılmasını önleyen dişleri olan bir tutma halkası vardır. Boru, tutma halkasının dişlerini geri çeken serbest bırakma halkasına basılarak kolayca çıkarılabilir.



Şekil 292 İtme Bağlantı Elemanlı Vana Montajı

Marpuçlu Hortum Bağlantıları (Barbed Hose)

Marpuçlu hortum bağlantıları, yumuşak hortum uçlarını bir vanaya bağlamanın basit ve oldukça ilkel bir yoludur. Genellikle bir akvaryum için hava hatları da dahil olmak üzere düşük riskli sistemlerde kullanılırlar. Vanaların üzerinde dikenler olan uzun uç bağlantıları vardır. Hortum yerleştirildiğinde üzerlerine gerilir ve şekilleri nedeniyle çıktıklarından çok daha kolay devam eder. Çoğu durumda, bu olduğu gibi yeterli bir bağlantıdır, ancak gerekirse bağlantıyı güçlendirmek için bir hortum kelepçesi de kullanılabilir.



Şekil 293 Marpuçlu Hortum Vanası



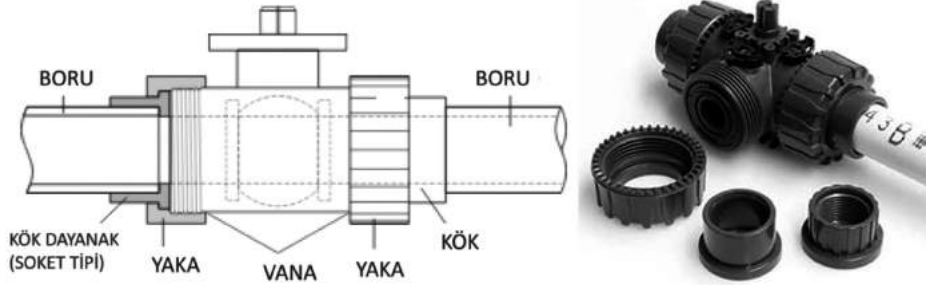
Şekil 294 Marpuçlu Hortum Bağlantılı Vana Montajı

Rakor/ Düz Rakorlu

Rakorlu Bağlantı

Rakorlu bağlantılar, vananın erkek dişli uç bağlantısına bağlı dişi dişli bir soket somunu ile kullanılır. Genellikle rakor bağlantıları, kaynaklı, tutkallı veya dişli gibi başka bir bağlantı türündeki saplamaları, vana üzerine sabitler. Bu bağlantılar daha sonra boruya bağlanır. Monte edildikten sonra, vana gövdesi dişli birleşim bağlantıları kullanılarak borudan kolayca çıkarılabilir. Bu bağlantı tipi, temizleme, değiştirme veya onarım için vananın hızlı ve kolay bir şekilde takılıp çıkarılmasını sağlar.

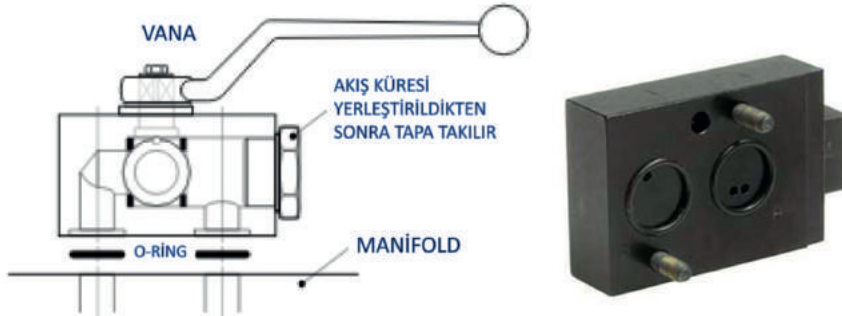
PVC küresel vanalar düz birleşim bağlantılarına sahiptir ve hem NPT dişi hem de tutkal soket bağlantıları ile de kullanılabilir. Ayrıca, genelde dişli yaka somunlarının titreşim nedeniyle gevşemesini önleyen çift bloklü kilitleme sistemine sahiptir.



Şekil 295 Rakorlu Vana Plastik Esaslı Boru Bağlantısı

Manifold Montaj Bağlantılılar

Manifolda monte valf bağlantıları, bağlantı noktalarının etrafında girintili o-halkalara sahip düz bir yüze sahiptir. Cıvatalar, vana monte edildiği bileşenin öpüşen yüzeyini yerinde tutmak için kullanılır. Vanalardaki bağlantı noktaları bileşendeki bağlantı noktalarıyla hizalanır. Cıvatalar sıkıldığında, 2 yüze bastırılırlar ve eşleşen bağlantı noktaları arasında sızdırmazlık oluşturmak için o halkaları sıkıştırırlar. Bu tür bağlantıların yaygın bir örneği, yaygın olarak solenoid kapakları pnömatik aktüatörlere takmak için kullanılan bir NAMUR solenoid vanalarıdır.



Şekil 296 Manifold Bağlantılı Vanaların Montajı

Kişisel Deneyim dışında, vana bağlantılarının kullanımına ilişkin bazı genel sektör eğilimleri vardır, ayrıca ASHRAE 'ye (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) göre tavsiye edilen vana bağlantıları da mevcuttur.

- Enerji Santrali Buhar Sistemleri: Kaynaklı (2" SW, daha büyük BW)
- Rafinerilerde: Flanşlı
- Gaz Sistemleri: Kaynaklı
- Ev ısıtma sistemleri: Vidalı
- Su dağıtımı / atık su: Flanşlı

4.0.1. KULLANIM KOLAYLIĞI

Yukarıdaki örneklerde ve tipik örneklerde görüldüğü üzere farklı sektörler için gereksinime göre farklı malzeme, farklı bağlantı şekillerinde farklı basınç ve debi için özel amaçlı vanalar üretilmektedir. Özellikle vanaların basınç ve sıcaklık sınıfları sadece bağlantı elemanlarını tarif etmemektedir, aynı zamanda vana iç yapılarını, sızdırmazlık sınıflarını ve diğer kontrol yapısını da tarif etmektedir.

Sistematik olarak doğru vananın seçilmesine metodik yaklaşırsak;

İşletme ve Proses için Malzeme Seçimi

Bir tesis veya boru sistemi içinde yapılacak her işlem, ekipman ve vanalara farklı taleplerde bulunmaktadır. Bu nedenle, bu taleplerin yerine getirilmesini sağlayacak, çok geniş bir yelpazede, geniş ve farklı tasarımlar bulunur.

Üretilen ürünün kalitesi, tesisin işlevselliği, servis ömrü ve güvenliği ise özellikle vana, ölçüm ve kontrol bileşenlerinin doğru seçimine bağlıdır.

Doğru vanayı seçmenin yolu

Amaçlanan kullanım için optimum cihaz ömrünü tanımlamak için, çalışma parametrelerinin hassas bir analizi yapılmalıdır. Ortaya çıkan gereksinim profili daha sonra mevcut versiyonlardan optimum vana veya ekipman sistemini seçmek için kullanılır.

• Ekipman gereksinimlerinin analizi

Gereksinimlerin analizi üç kategoriye ayrılmıştır:

- Prosedürel ve süreç gereksinimleri,
- Akışkan etkileri,
- Teknik tesis gereksinimleri.

Çalışma parametrelerinin ve gereksinimlerinin hiçbirinin ihmal edilmemesini ve potansiyel ekonomik faktörlerin göz ardı edilmemesini sağlamak için, tüm kriterleri yazılı olarak kaydetmek çok yararlıdır. Seçim diyagramı, pompalar, filtreler, sensörler vb.

• Prosedürel ve süreç gereksinimleri

Kategori 1: İşlem parametrelerini belirleme

- Çalışma ve ortam sıcaklığı,
- Çalışma basıncı ve basınç derecesi,
- Hacimsel akış (Kv değeri) ve akış hızı,
- Uygulamaları karıştırma, dağıtma, kontrol etme ve düzenleme gibi diğer performans gereksinimleri.

Bu parametreleri belirlerken, tüm çalışma koşullarının dikkate alınması önemlidir. Sık sık, sadece gerçek sürece dikkat edilir. Bir tesisin temizlenmesi ve/veya sterilizasyon gibi çalışma durumları genellikle göz ardı edilir. Bununla birlikte, boru bileşenlerine gerçek tesis çalışmasından çok daha büyük gerilimler veren ve işlev ve servis ömrü üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilecek tamamen farklı çalışma koşulları devreye girebilir.

• Akışkan etkileri

Kategori 2: Ortam parametrelerini belirleme

- Kimyasal özellikler (inert, aşındırıcı, patlayıcı),
- Mekanik özellikler (kirleticiler, parçacıklar, kabarcık oluşumu, aşınma, viskozite),
- Elektriksel özellikler (iletkenlik, statik yük),
- Toplam durum.

Çalışma ortamlarının (akışkanların) özel nitelikleri, ilgili tüm fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre incelenmelidir. Ek olarak, örneğin konsantrasyona dayalı sıcaklık, basınç veya saldırganlık arasındaki potansiyel etkileşim göz ardı edilmemelidir. Aynı şekilde, akış hızı, orta ve/veya kaviteasyon oluşumunun aşınması (parçacık içeriği dahil) üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Soruyu açıklığa kavuşturmak her zaman önemlidir: Sadece bir çalışma ortamı var mı, yoksa ekipman karışımları, bileşikler, temizlik maddeleri, sterilizasyon ortamı veya diğer katkı maddeleri için kullanılacak mı? Diğer maddelerin en küçük ilavesi bile malzemelerin ve contaların hizmet ömrü üzerinde dramatik bir etkiye sahip olabilir.

• Teknik tesis gereksinimleri

Kategori 3: Mevcut ve/veya gerekli tesis tasarımının belirlenmesi

- Gerekli kontrol fonksiyonu (manuel, pnömatik/hidrolik, motorlu, manyetik)
- Güvenlik gereksinimleri (patlama koruması, tehlikeli uçucu maddeler, acil durum fonksiyonu)
- Ortam koşulları (temiz oda, sıcak/soğuk, toz durumu, titreşim etkisi, kimyasal, nemli, açık havada, tuzlu ve aşındırıcı buharlar => aşındırıcı ortam koşulları)
- Mevcut tesis tasarımı (PLC- Programmable Logic Controller, veri transferi/iletişim ara yüzleri, kontrol ortamı)
- Standartlara ve düzenleyici kodlara uygunluk.

Bir tesiste veya yerleşik tesislerde, çok sayıda faktör dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte, yeni bir binada da çeşitli parametreler zaten mevcuttur. Tipik örnekler arasında kurulu bileşen aktüatörleri (basıncı hava bağlantıları var veya yok) veya tesis otomasyonu seviyesi (PLC ile geri bildirim/kontrol gerekli veya değil) için kontrol teknolojisi

sayılabilir. Ayrıca, ağırlıklı olarak su arıtımında mobil çözümler, çeşitli parametreleri belirler. Örneğin normalde bu durumda yalnızca manuel veya motorlu aktüatörler kullanılabilir.

Bu bilgiler ışığında vanalar için seçim kriterlerini doğru kullanmak önemlidir. Her bir başlık altında vana tip ve özellik tercihlerine bakarsak, kendi basit tarif ve gereksinimleri karşılayacak standart hale getirildiklerini göreceksiniz;

Su Sistemleri

Yangından Korunma Sistemleri

Buhar Sistemleri

Bina Hizmetleri

Petrol Sistemleri

Gaz Sistemleri

Proses Sistemleri

Kriyojenik Sistemler

Soğutma Sistemleri

Tehlikeli Akışkan Sistemleri

Bulamaç ve Çamur Sistemleri

Atıksu ve Yağmur Suyu Sistemleri

Sıhhi Tesisat Sistemleri

Kül Taşıma Sistemleri

Basıncılı Hava Sistemleri

Sıkıştırılmış Gazlar ve Vakum Sistemleri

Yakıt Gazı Dağıtım Sistemleri

4.0.2. EKONOMİK MALİYET

Ekipman teknolojisi

Ekipman gereksinimlerinin ve diğer faktörlerin hassas analizini takiben, en uygun ekipman artık geniş bir ürün yelpazesinden seçilebilir. Bu amaçla, sağlayıcının da ilgili geniş bir ürün ve sürüm yelpazesine sahip olduğundan her zaman emin olunmalıdır. Bu durumda, sınırlı kullanılabilirlik nedeniyle yanlış ekipmanın veya uygun olmayan bir cihazın önerilme riski her zaman vardır. Mümkün olduğunda, aksesuarlar aynı ürün yelpazesinden gelmelidir. Bunun alternatifleri, bir tesiste aynı cihazla uyumluluğunu zaten kanıtlamış aksesuarlardır.

Seçilen ekipmanın optimizasyonu

Vanalar tanımlandıktan sonra, başka bir adım daha gerçekleştirilmelidir. "Standart ürünün" ek olarak, birçok vana üreticisi mükemmel bir performans profili sunan ek ürünleri de vardır. Örneğin, bağlantı çapı için birden fazla gövde/oturma çapı ve aktüatör boyutu vardır. Diğer avantajlarının yanı sıra, kavitasyon gibi istenmeyen fiziksel olayları önlemeye ve işletme maliyetlerini azaltmaya yardımcı olacak ürünler de vardır. Örneğin, daha uygun maliyetli kullanım profiline dayalı daha küçük aktüatör boyutlarının kullanılması, işlem sırasında enerji tasarrufu sağlayabilir.

Çözüm yaklaşımları

Çalışma parametrelerine ve uygulama koşullarına bağlı olarak, normalde bir dizi çözüm yaklaşımı vardır. Bir vananın teknik olarak en iyi iç elemanları genellikle (deneyimlerimize göre⁷⁴) nispeten pahalıdır. Bu nedenle, tesis mühendisleri ve operatörleri de "en iyi ikinci" türü göz önünde bulundurmak isterler. Bu normalde tüm gereksinimleri karşılar, ancak hizmet ömrü ve işlevsellik söz konusu olduğunda sınırları karşılayabilir veya karşılayamayabilir.

Maliyet avantajı analizi

"İkinci en iyi" çözüm yaklaşımını seçerken, daha sonraki bir noktada, bunun en uygun maliyetli çözümü sunup sunmadığını analiz etmek önemlidir. Örneğin, bir malzeme bir ortama karşı daha az dayanıklıysa ve vana gövdesinin yakın aralıklarla değiştirilmesi gerekiyorsa (servis maliyetleri, söküm-montaj-tamir süresi), teknik olarak üstün başka bir malzemeye değiştirmek daha uygun maliyetli olabilir.

⁷⁴ Derleyen notu

4.0.3. HASSASİYET VE ÇALIŞMA TOLERANSLARI

Vanaların ön önemli özelliği sıcaklık ve basınca ek olarak, sızdırmazlık özelliğidir. Yukarıda Kısım 2 içerisinde detaylı olarak anlatılan tipik iç yapılarının, sızdırmazlık keçesi, conta, salmastra ve destek parçalarının, doğru yerlerinde ve doğru olarak çalışmalarını sağlamak için kullanıldığını görmüştük.

Vana Keçeleri

Çoğu vananın görevlerinden biri, oturak ve kapatma elemanının sızdırmazlık özelliğidir. Kapatma üyesi gövde içerisinde hareket ettiğinde dış atmosfer basınç sistemine temas eden kısımlarda sızdırma oluşabileceğinden, akışkanın gövdenin etrafına sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Akışkanın atmosfere kaçması kabul edilemeyeceğinden, ikinci sızdırmazlık elemanı da yüksek öneme sahiptir. Böylece, vananın yapımı ve contalar vana seçimini büyük ölçüde etkileyebilir.

Sızıntı Kriteri

Sızıntının hiç olmaması veya sızıntının izin verilen miktarı geçmemesi istenir. İzin verilen maksimum sızıntı uygulaması, "sızıntı kriteri" olarak bilinir. Sıvı sızdırmazlığı, sızıntının kılcal damarlarından geçmesi için sıvı kütlesi veya hacminin miktarı veya sıvı sisteminde belirli bir basınç değişimi için geçen süre olarak tarif edilir. Akışkan sızdırmazlığı genellikle karşılıklı, yani sızıntı açısından ifade edilir.

Vanalar için dört geniş akışkan sızdırmazlık sınıfı tarif edilebilir:

- Nominal sızıntı sınıfı,
- Düşük sızıntı sınıfı,
- Buhar sınıfı
- Atom sınıfı.

Nominal ve düşük sızıntı sınıfları sadece vanaların oturakları (seat) için geçerlidir ve yaygın olarak olduğu gibi sıkıca kapatılması gerekmeyen akış hızının kontrolü için değerlendirilir.

Buhar sınıfı sıvı sızdırmazlığı, buhar ve benzerleri için kullanılan vanaların gövde-bağlantı elemanları contaları ve diğer endüstriyel uygulamalardaki oturak sızıntısı ile ilgilidir.

Atom sınıfı sıvı sızdırmazlığı ise son derece yüksek derecede sıvı sızdırmazlığının gerekli olduğu uzay aracı ve atom enerjisi santrali gibi kurulumlarda öne çıkar.

Sıvı için buhar sınıfı ve atom sınıfı terimleri contaların sızdırmazlığı ve aşağıdaki sızdırmazlık dayanıklılığını tarif eder.

Buhar Sınıfı:

Gaz kaçak hızı metre conta uzunluğu başına 10 -100 µg/s.

Sıvı kaçak oranı 0,1- 1,0 µg/s metre conta uzunluğu başına.

Atom Sınıfı:

Gaz kaçak hızı 10⁻³- 10⁻⁵ µg/s metre conta uzunluğu başına.

Amerika Birleşik Devletleri'nde atom sınıfı sızıntı, genellikle sıfır sızıntı anlamında kullanılmaktadır.

4.0.4. ÖMÜR VE BAKIM KOLAYLIĞI

Konfor ve endüstride kullanılan tüm tesisat vanalarının yıpranma, eskime dışında ayrıca statik elektrik, galvanik reaksiyon ile katodik koruma eksikliğinden dolayı sınırlı ömre sahiptir. Daha önce kavitasyon ve "Vena Contracta" etkilerinden bahsetmiştik, ayrıca birçok yerde vanaların hem kendi parçalarının galvanik uyumu hemde diğer tesisat ekipmanları ile boruları ile eş potansiyel ve uyumundan da bahsedildi. Katodik koruma özellikle toprak, su veya nemli ortamlarda çalışan vanaların kaplama, boya ve katodik koruması ile ısı sıcak/soğuk izolasyon konuları detaylı olarak anlatılmadı. İzolasyon konusu başlı başına bir kitap konusu olup burada sadece ismi geçmektedir.

Katodik koruma ise başlık 4.05 Katodik Koruma kısmında detaylı olarak anlatılmıştır.

İster el kontrollü vanalar olsun ister otomatik kontrollü vanalar olsun hepsinin ömrü sırasıyla;

- Doğru, uygun nitelikte seçilmiş olup olmadığı, (doğru sıcaklık/doğru basınç)
- Ekonomik ömrü,
- Vanaların montaj ve çalışma ortamı
- Vanaların ilk montaj sonrası devreye alınma süreci
- Günlük hatalık aylık yıllık çalışma süresi,
- Vanaların açma/kapama sayısı,
- Vanaların sızdırmazlık elemanlarının düzenli kontrol ve bakımı,
- Teknoloji değişikliği,
- İşletme verimliliği.

Yukarıda belirtilen sıralama içerisinde ASHRAE genelde aktüatör ömrü olarak değerlendirmekte.

Tablo 65 ASHRAE Vana aktüatörleri Ekonomik Ömrü

Vana Aktüatörleri	
Hidrolik	15
Pnömatik	20
Kendi kendine Yeten	10
Pompalar	
Kaideli Pompalar	20
Boru Üzeri in-line	10
Çukur ve Kuyu	10
Kondens	15

Tablo 66 Yıllar İçinde Ekipman Ömrü Beklentisi ⁷⁵

		Su Alma Yapıları	35-45
Kuyular veya Kaynak		Galeri ve Tüneller	30-40
Klorlama Ekipmanları	10-15	Diğer Arıtma Ekipmanları	10-15
Tank depolama	30-60	Pompalar	10-15
Yapılar	30-60	Elektrik Sistemi	7 -10
İletim Şebekesi	35-40	Dağıtım boruları	35-40
Vanalar	35-40	Tahliye Vanaları	35-40
Geri Akış Önleme Vanaları	35-40	Sayaçlar	10-15
Servis Yolları	30-50	Hidrantları	40-60
Lab./İzleme Ekipmanları	5 -7	Aletler ve Atölye Ekipmanları	10-15
Çevre düzenlemesi/Eğimi	40-60	Ofis Eşyaları/Malzemeler	10
Bilgisayarlar	5	Taşıma Ekipmanları	15

Not: Bu sayılar, çeşitli kaynaklardan alınan beklenen yararlı yaşam aralıklarıdır. Bu, bir sonraki aralıkları, varlıkların düzgün bir şekilde korunduğunu varsayar.

4.0.5. KATODİK KORUMA

Katodik koruma sistemlerinin ne kadar önemli olduğundan hep bahsedip durmaktayız ve birçok metodu olduğunu da bilmekteyiz.

Temel olarak toprak altında kalan tüm metal içeren malzemelerin istisnasız olarak “KATODİK KORUMA” ihtiyacı vardır ve tüm katodik koruma elemanlarının da sınırlı ömürleri vardır. Çeşitli metotlar ile koruma yapılacağından bahsetmiş olmamıza rağmen genel olarak temel tanımları yaptıktan sonra yeraltı yakıt hidrant borusunun katodik koruma örneği ile, konunun daha net anlaşılır hale geleceğini düşünüyorum.

Katodik Korumanın Zorunlu Olduğu Yapılar (CP)

Aşağıdaki gömülü veya batık metalik yapılar için, toprak veya su aşındırıcı etkisinden bağımsız olarak, koruyucu kaplamalara ek olarak, katodik koruma sistemlerinin de sağlanması gerekir:

⁷⁵ EPA 816-R-03-016 www.epa.gov/safewater September 2003

- Petrol ve yağlar için boru hatları.
- Yeraltı petrol, petrol türevleri ve yağlar ve gaz depolama tankları ile bunlara hizmet eden borular ve yardımcı maddeler.
- Yeraltı tehlikeli madde depolama tankları.
- Doğal Gaz ve Propan Boru Hatları (metallik olmayan hatların metalik bileşenleri de dahil olmak üzere).
- Yangından korunma su depolama tankları ile bunlarla bağlantılı boru veya su hatları, metalik olmayan hatların metalik bileşenleri (örnek: yangın hidrantları, yön değiştirme cihazları, vanalar),.
- Bina temelinde ve döşeme altındaki veya başka yerlerdeki metalik bölümler vb.
- Tüm çelik su dağıtım depolarının iç kısmı (yükseltilmiş tankların iç kısmı dahil).
- Oksijen boru hatları.
- Toprakla temas eden yağ/su ayırıcılar ve ilgili tüm metalik bağlantı parçaları.
- Yeni rıhtım yapıları.
- Beton levhaların (bina) altına gömülü metalik su dağıtım boru hatları (çelik, sünek ve dökme demir basınçlı borular dahil) temeller, havaalanlarındaki pistler, taksi yolları, park önlükleri, iskele güverteleri ve benzeri.
- Elektrik şebekesinin metalik bileşenleri.
- Kanalizasyon pompa istasyonlarındaki toprak veya sıvılarla temas eden tüm metalik bileşenler.
- Yeraltı ısı dağılımı ve metalik kanallardaki soğutulmuş su boruları.

Gömülü veya Batık, Yardımcı Çelik Borular.

Diğer tüm çelik şebeke boruları için, elektrolit (toprak veya su) direncinin boru tesisatı boyunca herhangi bir noktada kurulum derinliğinde 30.000 ohm cm'den az olduğu gömülü veya batık çelik şebeke borularında CP sistemleri ve bağlı koruyucu kaplamalar sağlanmalıdır.

Sünek veya Dökme Demir Yardımcı Borular.

Diğer tüm sünek veya dökme demir boru ve bağlantı parçaları için, boru tesisatı boyunca herhangi bir noktada montaj derinliğinde elektrolit direncinin 30.000 ohm-cm'den az olduğu gömülü veya batık yeni sünek veya dökme demir boru üzerinde CP sistemleri ve koruyucu kaplamalar yapılması gerekir. Gevşek polietilen sargılar gibi eş potansiyel kullanılmayan koruyucu kaplamalar kullanılması uygun değildir. Ayrıca, tüm sünek ve dökme demir tesisatları bağlantı elemanları için eş potansiyel ve bağlantı sağlanmalıdır. Sünek veya dökme demir bağlantı parçalarına sahip metalik olmayan borular için, elektrolit direncinin 30.000 ohm-cm'den az olduğu gömülü veya batık yeni sünek veya dökme demir bağlantı parçaları üzerinde CP sistemleri ve koruyucu kaplamalar sağlanması gerekir.

KATODİK Korumanın Değerlendirilmesi Gereken Diğer Yapılar

Aşağıdaki gömülü veya batık sistemler için CP sistemleri sağlamanın ekonomik fizibilitesini değerlendirdikten sonra yapılıp yapılmamasına karar verilmelidir.

- Serbest eğimli kanalizasyon hatları,
- Mevcut çelik kıyı yapıları,
- Betonda çelik takviye yapılması gerektiğinde,
- Yeni veya mevcut döküm veya sünek demir içilebilir su hatları (montaj öncesi beton döşeme altında kalanlar) tüm uzunluğu boyunca 30.000 ohm-cm'den büyük dirençli topraklarda,
- Nitelikli çelik su depolama tanklarının dış tabanı,
- Gömülü hidrolik asansör pistonları (Yol bariyerleri vb.),
- Diğer gömülü/suya batık yukarıda kapsanmayan metalik yapılar.

KATODİK KORUMA ile Birlikte Özel Olarak Tasarlanmış Koyucu Kaplamalar.

Katodik koruma yapılan yeni bir metalik yapıya uygulanacak koruyucu kaplamalar, National Association of Corrosion Engineers - NACE International SP0169 ve uygun şartnamelerde açıklanan minimum özelliklere sahip olmalıdır. Belirtilen CP sistemi ile kaplama tipini ve gereksinimlerinin koordine edilmesi gerekir. NACE International SP0169, Yeraltında Harici Korozyon kontrolü veya Sualtı Metalik Boru Sistemlerinde belirtilen minimum kaplama özellikleriyle diğer gereksinimleri, gerektiğinde uygun koruyucu kaplama kullanılarak tamamlanmalıdır.

Demir Borulardan Bakır Su Tesisat Boruları İzolasyonu.

NACE International SP0286, Katodik Korunmalı Boru Hatlarının Elektrik İzolasyonundaki gereksinimlere uygun olarak bakır su servis hatlarının, ekonomik olarak mümkün ise, demir borudan dielektrik olarak izole edilmesini ister.

Uygulanabilir olmayan yerlerde, CP sisteminin hem bakır hem de demir boruların korunmasını içerecek şekilde tasarlanması gerekir. Burada unutulmaması gereken en önemli nokta, birçok kullanım suyu tesisat borularında pirinç, bronz ve alaşımları vanalar ile musluklar ve galvaniz borularla ya da paslanmaz çelik borular (birçok projede karşılaşıldığı gibi içme suyu sebil boru ve bağlantıları) bulunmasıdır.

Sistem Tasarımı

Katodik koruma sistemlerinin en yaygın uygulanan iki tipi, Galvanik Kurban Anot (Galvanic Sacrificial Anode System - GCP) ve Dış Akım Kaynaklı (Impressed Current Cathodic Protection) dir. Toprak yapısı, çevre koşullarına dayanarak yapılacak fizibilite ve maliyet çalışması sonucuna göre katodik koruma sistem türünü seçebilirsiniz. Sistemi en iyi yaşam döngüsü maliyetiyle belirlemek için ekonomik bir analiz yapmak gerekebilir. Genel olarak, küçük kararlı akım gereksinimlerine sahip sistemlerin (100 doğrusal feet boru başına 0,5 Amp veya daha az) kurban anot tipi sistemler kullanılarak korunma olasılığı daha yüksektir. Daha büyük akım gereksinimlerine sahip yapıların (100 lineal feet başına 1 amp veya daha fazla) veya mevcut gereksinimlerin zamana göre önemli ölçüde değiştiği yapıların ICCP sistemlerine gereksinim duyar

• Galvanik (Kurban) Anot Sistemleri.

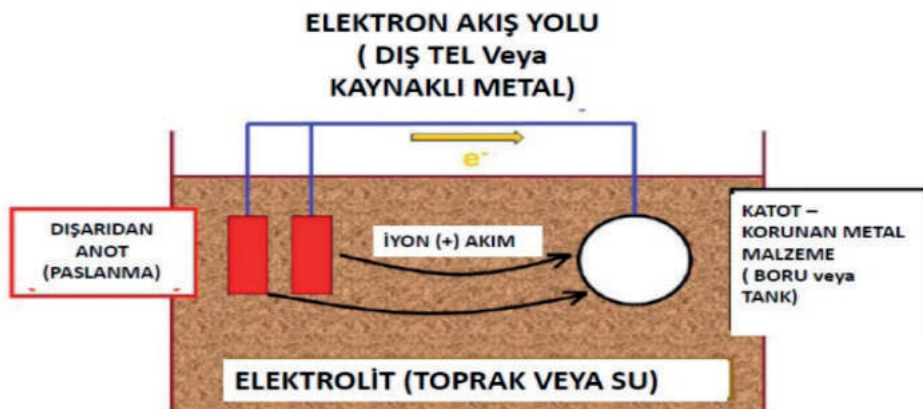
Galvanik (kurban) anot CP sistemi esasen kontrollü bir elektrokimyasal hücredir. Şekil 297 böyle bir sistemi göstermektedir. Yapı elektrokimyasal hücredeki katot haline gelir ve korunan yapıda meydana gelecek korozyon, anodun korozyonu nedeniyle hafifletilir. Anot bu süreçte tüketilir ancak genellikle tüketildiğinde değiştirilebilir. 10 ila 15 yıllık Anot ömrü yaygındır, ancak ömür görev gereksinimleri veya mekanik hasar gibi diğer faktörlerle sınırlanabilir.

Kurban anotları ile korunmaya yönelik yapı ve yardımcı bileşenler elektriksel olarak sürekli olmalıdır. Buna karşılık, korunacak yapı ile elektriksel olarak sürekli olan, ancak CP sistemi tarafından korunması amaçlanmamış diğer gömülü metaller, korunan yapıdan elektriksel olarak izole edilmelidir.

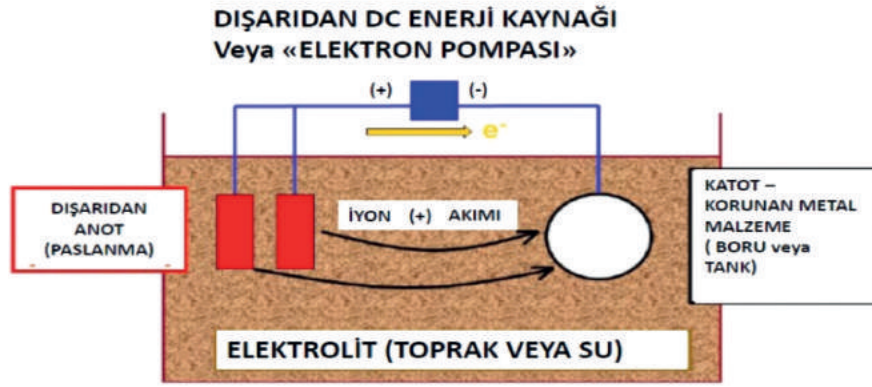
• Dış Akım Kaynaklı CP Sistemleri. (ICCP- Impressed Current System)

Dış akım kaynaklı CP sistemleri de esasen kontrol edilen elektrokimyasal hücreler şeklinde çalışır. Bununla birlikte, ICCP sisteminde, Şekil 298'nin gösterdiği gibi anot ile korunan yapı arasındaki potansiyel farkı geliştirmek için doğrudan elektrik akımı kaynağı kullanılır. Doğru akım kaynağı, anottan, elektrolitten korunan yapının yüzeyine akım sağlar. Kurbanlık anotlar gibi, ICCP anotları da tüketilir, ancak tipik olarak çok daha düşük bir tüketim oranındadır. 20 ila 25 yıllık Anot ömrü yaygındır; GCP sistemlerine benzer olsa da kullanım ömrü görev gereksinimleri veya mekanik hasar gibi diğer faktörlerle sınırlanabilir.

GCP sistemlerinde olduğu gibi, ICCP sistemleri tarafından korunmaya yönelik yapı ve yardımcı bileşenler, elektriksel olarak sürekli olmalıdır. Buna karşılık, korunacak yapı ile elektriksel olarak sürekli olan, ancak CP sistemi tarafından korunması amaçlanmamış diğer gömülü metaller, korunan yapıdan elektriksel olarak izole edilmelidir.



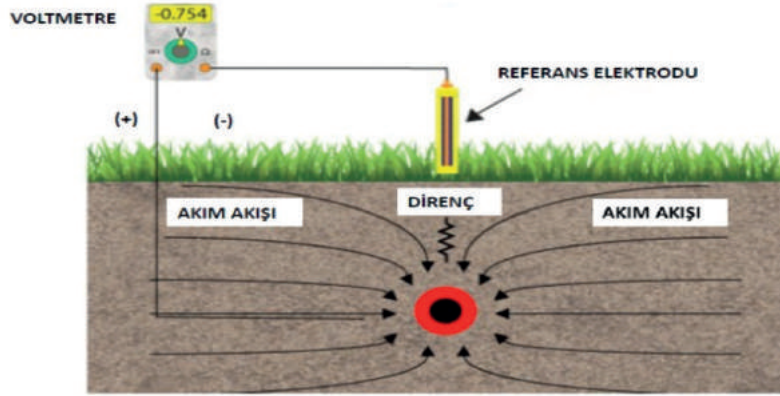
Şekil 297 Galvanik Anot Sistemi Katodik Koruma Şeması



Şekil 298 Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma Sistemi Şeması

Gerilim düşüşü.

Gerilim düşüşü, dirençten akan akımdan kaynaklanır. Bkz. Şekil 299. CP etkinleştirildiğinde, elektrolit kaynaklı akan akım, referans elektrot ile korunan yapı arasında bir voltaj düşümüne neden olur ve sayaçta görüntülenen voltajdan daha negatif bir bileşen ekler (örneğin, $-0,85$ volt DC ile $-0,75$ volt DC). Bu hata, akım daha yükseldikçe veya mesafeden dolayı direnç arttıkça ve referans elektrottan yapıya en yakın etki alanına mesafeye bağlı olarak artar.

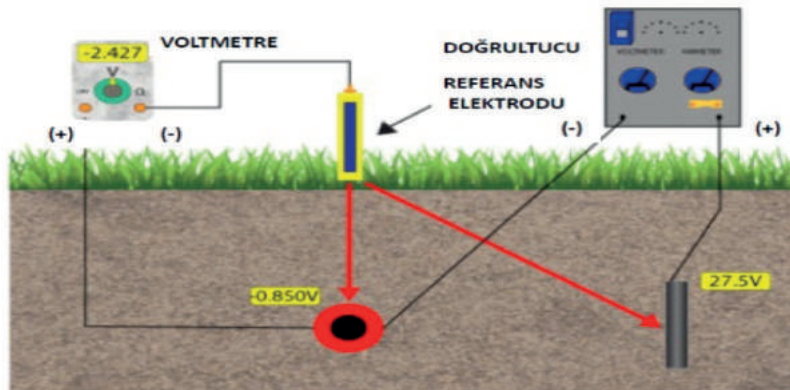


Şekil 299 Elektrik Voltaj Düşümü

Anot Kademeli Düşüm Alanı.

Anot'un kademeli voltaj düşümü, test sırasında anot devreye bağlandığında bir hataya neden olur (akım açık). Bkz. Şekil 300. Galvanik anotlar, olabildiğince, potansiyel anotlardan uzak ve korunacak yapıya yakın olarak yerleştirilmelidir.

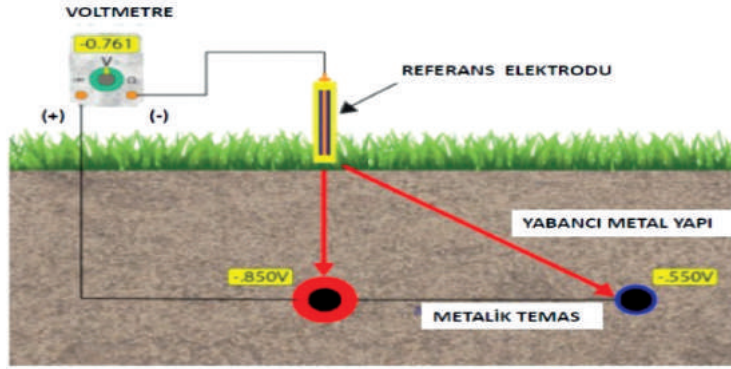
ICCP sistemleri için, akım uygulandığında, anottaki doğrultucu voltaj, sistemdeki potansiyel ölçümün bir bileşenidir. Bu hatayı kaldırmak için tüm doğrultucuların eşitlenmesi ve kesintiye uğramaması gerekir. Doğru potansiyel ölçümler sağlamak için, iyi kaplanmış yapılar ve yüksek doğrultucu voltajlara sahip CP sistemleri kullanılmalı veya dağıtılmış anot sistemleri kesintiye uğratılmasıyla sağlanmalıdır.



Şekil 300 Anot Kademeli Düşüm Alanı

Karışık Metal Potansiyeli.

Bu hata, yapı üzerinde yapılan potansiyel bir ölçüm, test edilen devreye bağlı diğer yapıların potansiyeli ile karıştırıldığında ortaya çıkar. Bkz. Şekil 301. Test edilen yapı diğer yapılardan izole edilmemişse veya bimetallik bileşenlere (farklı metallerden oluşuyorsa), potansiyel ölçüm, farklı metallerin ağırlıklı bir ortalamasıdır ve yeterli korumayı belirlemek için düşünülmelidir. Tüm bimetallik veya izole olmayan yapılar için, 100 mV düşme kriterleri en negatif metal kriterlerini karşılamalı ve çelik durumunda, açıklandığı gibi 850 mV anlık kapatma kriterlerini karşılamalıdır. ICCP sistemlerinde çinko kurdele veya magnezyum anotlar gibi daha aktif bir metale bağlantı durumunda, dikkate alınması gereken olumsuz hatalar vardır.



Şekil 301 Karışık Metal Potansiyeli.

Çelik ve Dökme Demir Borular.

Korozyon kontrolü, çevre koşullarına bağlı olarak çeşitli katodik polarizasyon seviyelerinde elde edilebilir. Ancak, yeterli CP elde edildiğini gösteren belirli verilerin yokluğunda, aşağıdaki koşullardan biri veya daha fazlası geçerli olacaktır:

Dikkate alınması gerekenler, aşağıdaki gibi yöntemlerle voltaj düşüşlerinin önemini belirlemede korozyon mühendisliği uygulamalarının uygulanması anlamına gelir:

- Gerilim düşüşlerini ölçme veya hesaplama yapılması.
- CP sisteminin tarihsel performansını gözden geçirmek gerekir.
- Borunun ve çevresinin fiziksel ve elektriksel özelliklerinin değerlendirilmesi.
- Korozyona dair fiziksel kanıt olup olmadığının belirlenmesi önemlidir.

En Az -850 mV Katodik Potansiyel.

CP uygulanmış en az -850 mV katodik potansiyel bulunmalıdır. Bu potansiyel, elektrolitle temas eden doymuş bir bakır/bakır sülfat referans elektrotu ile ilgili olarak ölçülür. Bu gerilim ölçümünün geçerli yorumlanması için yapıdan elektrolit (S/E)⁷⁶ sınırına kadar olan gerilim düşüşleri göz önünde bulundurulmalıdır.

En Az 100 mV Katodik Polarizasyon.

Yapı yüzeyi ile elektrolitle temas eden kararlı bir referans elektrot arasında en az 100 mV katodik polarizasyon bulunmalıdır. Polarizasyonun oluşumu veya çürümesi bu kriteri tatmin edecek şekilde ölçülebilir. Bu kriter bakır topraklama ile bağlandığında olduğu gibi, bimetallik korozyon olduğunda geçerli olmayabilir.

Özel Koşullar.

- Uzun hat korozyon aktivitesinin birincil endişe kaynağı olduğu çıplak veya etkisiz kaplamalı boru hatlarında, bir toprak akımı tekniği ile ölçüldüğü gibi, elektrolitten boru yüzeyine önceden belirlenmiş akım deşarj noktalarında bir ağ koruyucu akımın ölçümü yeterli olabilir. (Meger cihazıyla ölçüm sonrası, iyi bir topraklama yapılması)
- Sülfidler, bakteriler, yüksek sıcaklıklar, asit ortamları ve benzeri olmayan metallerin varlığı gibi bazı durumlarda 100 mV katodik koruma kriterleri yeterli olmayabilir.
- Bir boru hattı betona kaplandığında veya kuru veya havalandırılmalı yüksek dirençli toprağa gömüldüğünde 100 mV katodik koruma için listelenen kriterlerden daha az negatif değerler yeterli olabilir.

⁷⁶ S/E- Structure to Electrolyte

Notlar:

- Çalışma basınçları ve koşulları korozyon çatlamasını vurgulamak için elverişli olduğunda, boru hatlarının CP'si için -850 mV'den daha az negatif polarize potansiyellerin kullanılması önerilmez.
- Kaplamanın katodik ayrışmasını en aza indirmek için kaplamalı boru hatlarında aşırı polarize potansiyellerin (-1200 V'den büyük) kullanılmasından kaçınılmalıdır. Girişim alımı veya daha önce monte edilmiş galvanik anotlar gibi diğer mevcut kaynakların yapıyı etkileyip etkilemediğini belirlemek için daha fazla araştırma yapılması gerekir.
- Aşırı hidrojen üretimine neden olan polarize potansiyeller, başta daha yüksek mukavemetli çelik olmak üzere tüm metallerde, belirli paslanmaz çelik sınıflarda, titanyumda, alüminyum alaşımlarda ve önceden vurgulanmış beton borularda önlenmelidir.
- Toprak akımı tekniği, birden fazla boru, yol, yüksek direnç yüzey toprağı, derin gömülü boru, başıboş akım alanlarında veya yerel korozyon hücre eyleminin baskın olduğu yerlerde genellikle anlamsızdır.

Alüminyum Boru.

Yapı yüzeyi arasında en az 100 mV katodik polarizasyon ve elektrolitle temas eden kararlı bir referans elektrot bulunmalıdır. Bu polarizasyonun oluşumu veya çürümesi bu kriterde kullanılabilir

Aşırı gerilim: Alüminyum -1200 mV'dan daha negatif voltajlarda katodik olarak korunuyorsa (boru yüzeyi ile elektrolitle temas eden doymuş bakır/bakır sülfat referans elektrotu arasında ölçülür) ve boru-elektrolit sınırı boyunca olanlar dışındaki gerilim düşüşleri için kompanzasyon yapılırsa, metal yüzeyde alkali birikmesi sonucu korozyona uğrayabilir. Önceki test sonuçları belirli bir ortamda kayda değer bir korozyon oluşmayacağını belirtmedikçe -1200 mV'den daha negatif polarize bir potansiyel kullanılmamalıdır.

Not: Alüminyum yüksek pH koşullarında korozyona uğrayabilir ve CP uygulaması metal yüzeydeki pH'ı artırma eğilimindedir. Bu nedenle, 8,0'ı aşan doğal pH'a sahip ortamlarda alüminyuma karıncalanma (pitting) saldırısını durdurmak için CP uygulanmadan önce dikkatli bir inceleme veya test yapılmalıdır.

Bakır Boru.

Yapı yüzeyi arasında en az 100 mV katodik polarizasyon ve elektrolitle temas eden kararlı bir referans elektrot bulunmalıdır. Bu polarizasyonun oluşumu veya çürümesi, bu kriterde kullanılabilir.

Benzeyen Metal Borular.

Tüm boru yüzeyleri arasındaki negatif voltaj ve en anodik metalin korunması için gerekene eşit elektrolitle temas eden kararlı bir referans elektrot tutulmalıdır. Not: CP tarafından oluşturulan yüksek alkalinite nedeniyle hasar görebilecek amfoterik⁷⁷ malzemeler elektriksel olarak izole edilmeli ve ayrı ayrı korunmalıdır

Doymuş Bakır/Bakır Sülfat'a alternatif.

Doymuş bakır/bakır sülfat referans elektrot için diğer standart referans elektrotlar da kullanılabilir. Tablo 67'ta, SP0169, Yeraltında Harici Korozyon kontrolü veya Batık Metalik Boru Sistemlerinde listelendiği gibi yaygın olarak kullanılan referans elektrotları listelenmiştir.

Tablo 67 Ortak Referans Elektrotlar

	Elektrolit Çözeltisi	Potansiyel Fark 25°C'de (V/SHE) *	Potansiyel Fark 25°C'de (V/CSE) **	Sıcaklık Katsayısı (mV/°C)	Tipik Kullanım
Cu/CuSO ₄	Doymuş Cu/CuSO ₄	+0.316	0	0.9 (0.5)	Toprak, Taze Su
Ag/AgCl	0.6 M NaCl (3.5%)	+0.256	-0.06	-0.33 (0.18)	Deniz Suyu, Acı Su
Ag/AgCl	Doymuş KCl	+0.222	-0.094	-0.70 (0.39)	
Ag/AgCl	0.1 N KCl	+0.288	-0.028	-0.43	
Zn	Tuzlusu Çözeltisi	-0.79 ± 0.1	-1.1 ± 0.1		Deniz Suyu
Zn	Toprak	-0.80 ± 0.1	-1.1 ± 0.1		Toprakaltı

*SHE – standart hidrojen elektrotu, **CSE – bakır sülfat elektrotu

⁷⁷ Amfoterik-bazlar ve asitlerle reaksiyona giren metal oksit veya hidroksit bileşenler

Katodik Koruma Sistemleri Planlı Kontrol ve Takip

GALVANİK.

Çevre düzenlemelerine, kamu hukukuna ve endüstri standartlarına uymak için, kurulu tüm CP sistemleri için önleyici bakım gereklidir. Tüm korumalı yapıların Bölüm 2'de belirtilen kriterlere uygun olduğundan emin olmak için hem GACP hem de ICCP sistemleri için minimum bakım eylemleri bu bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1) Galvanik Korozyon Araştırması.

Galvanik korozyon araştırması, korunan yapıda yeterli CP olup olmadığını belirlemek için yapılır. Etkilenen akım sistemleri için paragraf 1.6.2.1.'teki prosedürler kullanılarak kurulum ve polarizasyondan sonra yakın aralıklı potansiyel anket (KPT⁷⁸) yapılmalıdır.

(i) Takip Aralığı.

Aşağıdaki aralıklarla galvanik korozyon araştırması yapın:

- CP sisteminde veya korumalı yapıda büyük değişikliklerden sonraki 30 gün içinde,
- Korunan yapının korozyon arızası veya sızıntısından sonra,
- Olası ölçümleri gösteren herhangi bir muayene veya anketten sonra uyumsuzluk varsa,
- Son korozyon anketinden itibaren 1 yıl geçtikten sonra.

Minimum Gereksinimler:

- En son KPT'den gelen verileri kullanarak veya korozyon mühendisliği uygulamalarını kullanarak, tüm yapının yeterli Katodik Korumaya sahip olduğundan emin olmak için potansiyel testler için yeterli sayıda konum seçin.
- Katodik Koruma sistem bileşenlerini Tablo 68'e uygun olarak test edin. Tablo 69, korunan yapının potansiyel testi için gereksinimleri sunar.

Tablo 68 Korozyon Etüt Bileşeni Test (CP) Sistemi

	Test Ölçümleri
GACP (her bir test istasyonunda)	<ul style="list-style-type: none">• Anotlara en yakın konumdaki (ler)in doğrudan üzerine/ bitişine yerleştirilen referans elektrotlu bir S/E potansiyel ölçümü• Anotlar arasında korunan yapının tam üzerine/bitişinde yerleştirilen referans elektrot ile bir S/E potansiyel ölçümü• Anot kurşun bağlantısı kesilmiş olarak doğrudan anot üzerine/bitişinde yerleştirilen referans elektrot ile bir anot-elektrolit potansiyel ölçümü• Anottan yapıya akım (tercih sırasına göre):<ol style="list-style-type: none">1) bir miliammetre kelepçesi,2) kalibre edilmiş bir şant boyunca mili voltları ölçen bir multimetre veya3) milimetreleri ölçen seri olarak bağlanmış bir multimetre
ICCP	Doğrultucu operasyonel denetim

Tablo 69 Yapı Tipine Göre Korozyon Araştırması Potansiyel Ölçümleri

	Potansiyel Ölçüm Yerleri
Boru Hatları	Referans elektrot yerleşimi: <ul style="list-style-type: none">• Tüm test istasyonlarında ve yapının temas edebileceği tüm noktalarda boru hattının üzerinde (yere girdiği/çıktığı, bir çukurdan geçtiği veya maruz kaldığı yerlerde).• Boru hattı üzerinde en az her 305 metre boru hattı için yerleşim. (Tesis İçi)• Boru hattı üzerinde en az her 152 metre boru hatları için yerleşim. (Tesis Dışı Arazi)

⁷⁸ KPT-Korozyon potansiyel Testi

Toprak üzeri depolama tankları	Referans elektrot yerleşimi: <ul style="list-style-type: none"> • Tankın yanında, pusula noktalarındaki veya bir çizimde belirtildiği gibi tankın etrafındaki eşit aralıklı dört konumda. • Tank çevresinde eşit aralıklı sekiz yerde tanktan bir tank yarıçapı uzakta.
Toprakaltı depolama tankları	Referans elektrot yerleşimi: <ul style="list-style-type: none"> • Tankın merkezinin üzerinde ve her iki ucunda. • Besleme/dönüş borularının her bir ucunda. • Rögarın, dolum borusunun ve havalandırma borusunun üzerinde. • Okumalar izole bir sistemin yabancı bir yapıya kısa devre yaptırıldığına işaret ediyorsa, bölgedeki tüm metalik yapıların üzerinde.
İzole edilmiş metal yapılar	Referans elektrotu hareket ettirmeden, tüm dielektrik bağlantı parçalarının/kaplinlerin her iki tarafında bir S/E potansiyel ölçümü alın. Not: Dielektrik bağlantının her iki tarafındaki ölçümler arasındaki potansiyel fark 10 mV'den azsa, izolasyon flanş test cihazı kullanarak bütünlüğünü doğrulayın.
Başka borularla kesişen tüm metal yapılar	Referans elektrot yerleşimi: <ul style="list-style-type: none"> • Korunan yapıyı geçtiği tüm noktalarda yabancı çizgi üzerinde. • Anot yatağının yakınından geçtiği yabancı hattın üzerinde.
Birbirleri ile temas eden tüm metal gövdeler	Referans elektrot yerleşimi: <ul style="list-style-type: none"> • Tüm kasaların her iki tarafındaki korumalı yapının üzerinde. • Tüm kasalardaki kasanın her bir ucunda. Not: Kasa kısa devre yaptıysa veya işlem hattına kısmen kısa devre yaptıysa ve işlem hattı üzerindeki potansiyeller Bölüm 2'de açıklanan ölçütlerin altındaysa, kasayı temizlemek için hemen harekete geçin.
Deniz kenarı metal yapıları	Tüm kalıcı referans elektrotlarda ölçümler alın. Taşınabilir referans elektrotları bulun: <ul style="list-style-type: none"> • Tüm test istasyonlarındaki yapıya bitişiktir. • Her 46 metre boyunca hem yüzeyde hem de altta sürekli bir sac yığını duvarı uzunluğunda. • Bakım kılavuzlarında veya geçmiş anketlerde tanımlanan diğer test noktalarında.
Diğer yapılar	Referans elektrotunu bakım kılavuzunda veya diğer geçmiş incelemelerde tanımlanan test noktalarında bulun.
Genel	Geçmiş ve gelecekteki ölçümlere kıyasla toprak durumuna (veya kıyı yapıları için gelgit seviyesine) açıklama ekleyin.

Katodik Koruma Sistemlerinde Uygulanacak Rutin, Öncelikli Konular

Yeterli Katodik Korumanın restorasyonu için rutin öncelikli iş emirlerinin zamanlamasını etkileyen faktörler, yardımcı programın türüne, arızanın görev etkisine ve korozyon olasılığının ciddiyetine bağlıdır. CP'nin tüm yetersiz seviyeleri altyapının yaşam döngüsü maliyetini olumsuz yönde etkiler. Aşağıda listelenen korozyon sorunları korozyon oranını etkiler ve yeterli CP'yi sağlamak, onarmak ve geri kazanmak için zamanlama amacıyla önemle düşünülmelidir.

Parazit.

Parazitin olarak da adlandırılan, çevredeki diğer elektriksel cihaz ve ortamların Katodik Koruma sistemine yaptığı girişim/etkileşim sonucunda, yabancı bir kaynaktan alınan akım, uygulanmakta olan Katodik Koruma Sistemini ciddi şekilde etkileyerek, korunan yapılar için son derece aşındırıcı olabilir. Korozyon arızaları, parazit son derece ciddiye, muhtemelen günler içinde, son derece kısa bir süre içinde ortaya çıkabilir. Bu genellikle yeraltı boru hatlarının diğer boru hatlarını veya parazitin izole edilmemiş başka bir CP sistemi tarafından uygulandığı elektriksel alanları geçtiği durumlarda ortaya çıkar. Ciddiyet ölçülen potansiyel ile belirlenir ve doymuş bakır/bakır sülfat referans elektrot için kolayca pozitif bir potansiyel olabilir. Akımın her amper-yılı için (1yıl için 1amper), 20,7 pound çelik kaybedilir. Bu metal kaybı kaplama kusurlarından boşaldığında, arızaya son derece kısa bir süre oluşur. Bu

hata modu genellikle yalnızca hata oluşuktan sonra keşfedilir ve daha fazla hatayı önlemek için öncelik verilmeli ve olabildiğince çabuk davranılmalıdır. Parazit oluşturabilecek kaynak, henüz arıza oluşturmadan önce bulunursa, aynı şekilde, hızla önlem alınmalıdır zira, korozyon arızası yakındır.

Toprağın Aşındırıcılığı.

Yeraltı veya batık metalik yapılar için toprağın elektrolit direnci, elektrolitin aşındırıcılığında göz önüne alınacak temel ölçümdür- direnç ne kadar düşükse, korozyon oranı o kadar yüksektir.

Tablo 70 Toprak Paslandırma Miktarı

	Toprak Direnci (Ω-cm)
Ciddi şekilde aşındırıcı	0- 500
Çok aşındırıcı	500- 999
Aşındırıcı	1.000- 2,999
Orta derecede aşındırıcı	3.000- 9999
Hafif aşındırıcı	10.000- 25,000
Nispeten daha az aşındırıcı	>25.000

Katodik Koruma Bakım Planlama Öncelikli

Ölçülen potansiyel ile yeterli koruma için gerekli potansiyel arasındaki potansiyel fark göz önünde bulundurulmalı ve önceliği belirlemek için aşındırıcılığı ile karşılaştırılmalıdır. Yüksek sıcaklık ve asidik elektrolitler gibi diğer aşındırıcı faktörler korozyon oranını ve dolayısıyla bakım önceliğini arttırır. Tablo 71, zamanlama önceliğini belirlemek için bir araç olarak kullanılabilir. Her faktör için uygun ölçüm yapılır. Ölçüme göre, bir faktör değeri atanır ve bir toplam hesaplanır.

- Toplam 5'in üzerindeyse acil durum önceliği atayın.
- Toplam 5 ise, başka bir eylemden önce planlayın; parçaları hızlandırın.
- Toplam 4 ise, mümkünse hemen planlayın; acele parçalayın- maksimum 30 gün.
- Toplam 3 ise, en fazla 60 gün planlayın.
- Toplam 2 veya daha azsa, bir sonraki kontrol döngüsünden önce planlayın.

Tablo 71 Faktör Değer Toplamına Göre Zamanlama Konuları

	Etki Değeri								
	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3
Elektrolit direnci (ohm-cm)	<1000	1001 — 2000	2001 — 4000	4001 — 8000	8001 — 16000	16001 — 100000	100001 — 200000	200001 — 400000	>400000
Sıcaklık (°F)	>210	201 — 210	191 — 200	181 — 190	170 — 180	33 — 169	0—32	<0	—
pH	<3,5	3,5 — 4	4.1—5	—	—	—	9— 10	10.1— 11	>11
Potansiyel Fark (mV)	>+2 0	0 — +200	0— (-200)	-201 — -300	-301 — -400	-401 — -600	-601 — -700	-701 — -800	-801 — -850
Tehlikeli Madde Depolama (Evet/Hayır)	—	Evet	—	—	—	—	Hayır	—	—
Görev gerekli mi? (Evet/Hayır)	—	—	Evet	—	—	—	Hayır	—	—
HCA* (Evet/Hayır)	—	—	—	—	Evet	—	Hayır	—	—
Yüksek değer veya sızıntı onarım maliyeti (Evet /Hayır)	—	—	—	Evet	—	—	Hayır	—	—

* HCA-Yalnızca tehlikeli depolama tankları ve boru hatları.

Örnek-1, pH 9.5 ile ortam sıcaklığında 2.500 ohm-cm toprakta bir yeraltı su dağıtım boru hattı ile ilgilidir. Anlık kapatma potansiyeli -710 mV'dir. Tehlikeli, görev gerekli veya yüksek değerli değildir. Bkz. Tablo 72

Tablo 72 Örnek 1 Değer Faktörü

	Ölçüm Değerleri	Ölçüm Değerlerine Göre Etki Değeri
Elektrolit direnci (ohm-cm)	2.500	3
Sıcaklık (°F)	60	0
pH	9,5	-1
Potansiyel Fark (mV)	-710	-2
Tehlikeli Madde Depolama (Evet/Hayır)	Hayır	-1
Görev gerekli mi? (Evet/Hayır)	Hayır	-1
HCA* (Evet/Hayır)	N/A	0
Yüksek değer veya sızıntı onarım maliyeti (Evet /Hayır)	Hayır	-1
Toplam	—	-3

*** HCA-Yalnızca tehlikeli depolama tankları ve boru hatları.**

Faktör değer toplamı -3'tür, bu nedenle çalışma bir sonraki inceleme döngüsünden önce planlanmalıdır.

Örnek-2

Örnek 2, pH 7,5 ile ortam sıcaklığında 15.000 ohm/cm toprakta bir yeraltı yakıt boru hattı ile ilgilidir. Anlık kalkış potansiyeli -612 mV'dir. Tehlikelidir, HCA'da değildir ve görev gerekli değildir ve sızıntı onarım maliyeti için yüksek bir değerdir. Bkz. Tablo 73.

Tablo 73 Örnek 2 Değer Faktörü

	Ölçüm Değerleri	Ölçüm Değerlerine Göre Etki Değeri
Elektrolit direnci (ohm-cm)	15,000	1
Sıcaklık (°F)	60	0
pH	7,5	0
Potansiyel Fark (mV)	-612	-1
Tehlikeli Madde Depolama (Evet/Hayır)	Evet	4
Görev gerekli mi? (Evet/No)	Hayır	-1
HCA* (Evet/Hayır)	Hayır	-1
Yüksek değer veya sızıntı onarım maliyeti (Evet /Hayır)	Evet	2
Toplam	—	4

***HCA-Yalnızca tehlikeli depolama tankları ve boru hatları.**

Tüm faktör değerlerinin toplamı 4'tür, bu nedenle iş mümkünse hemen zamanlanmalıdır; acele parçalar, maksimum 30 gün

Örnek-3

Örnek 3, pH 4.5 ile ortam sıcaklığında 1500 ohm-cm toprakta ve -615 mV'lık anlık kalkış potansiyeline sahip bir yeraltı yakıt boru hattı ile ilgilidir. Tehlikelidir, bir HCA'da değildir ve görev için gerekli değildir ve sızıntı onarım maliyeti için yüksek bir değerdir. Bkz. Tablo 74.

Tablo 74 Örnek 3 Değer Faktörü

	Ölçüm Değerleri	Ölçüm Değerlerine Göre Etki Değeri
Elektrolit direnci (ohm-cm)	1500	4
Sıcaklık (°F)	60	0
pH	4,5	3
Potansiyel Fark (mV)	-615	-1
Tehlikeli Madde Depolama (Evet/Hayır)	Yes	4
Görev gerekli mi? (Evet/Hayır)	No	-1
HCA* (Evet/Hayır)	No	-1
Yüksek değer veya sızıntı onarım maliyeti (Evet /Hayır)	Yes	2
Toplam	10	

***HCA-Yalnızca tehlikeli depolama tankları ve boru hatları.**

Faktör değeri toplamı 10'dur, bu nedenle işe acil durum önceliği atanmalıdır.

KAYNAKLAR

- ABS GUIDANCE NOTES ON FIRE-FIGHTING SYSTEMS February 2015 consolidation includes: February 2014 version plus Corrigenda/Editorial
- Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3rd Edition Ernes E. Ludwig L.
- Crosby® Pressure Relief Valve Engineering Handbook
- Comparing PD Pump Designs for Transferring Dewatered Sludge Cake Michael L. Dillon, seepex, Inc
- Control Valve Handbook Emerson Automation Solutions
- Compressed Air & Gas Handbook 7th Edition CAGI
- Department of Energy Fundamentals Handbook MECHANICAL SCIENCE Module 4 Valves
- DRIP IRRIGATION HANDBOOK COPYRIGHT 2013, NETAFIM™
- Engineering & Piping Design Guide www.fgspipe.com Fiberglass Reinforced Piping Systems
- Fire Sprinkler Systems Guy R. Grant, PE University of Illinois at Urbana-Champaign
- Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe CRANE Metrik Edition-SI Unit
- FLEXITALLIC GASKET DESIGN MANUAL
- GENERAL Valve Solutions for Aviation and Military Fueling Schlumberger
- GSA COMMISSIONING GUIDE SEPTEMBER 2020 Daniel W. Mathews
- MSS SP-134-2006a MSS Valves for Cryogenic Service Including Requirements for Body/Bonnet Extensions
- NPTEL – Chemical Engineering – Chemical Engineering Design- II
- Piping Handbook 7th Edition CHAPTER C4 BUILDING SERVICES PIPING Mohammed N. Vohra, P.E. Paul A. Bourquin, P.E.
- Piping Handbook 7th Edition CHAPTER C10 HAZARDOUS PIPING SYSTEMS Ronald W. Haupt, P.E.
- Piping Handbook 7th Edition CHAPTER A10 PART 1 SELECTION AND APPLICATION OF VALVES Mohinder L. Nayyar, P.E.
- Piping Handbook 7th Edition CHAPTER C11 SLURRY AND SLUDGE PIPING Ramesh L. Gandhi
- Piping Handbook 7th Edition PROPERTIES OF CRYOGENIC FLUIDS Theodore F. Fisher
- Piping Handbook 7th Edition MATERIALS USED IN CRYOGENIC PIPING SYSTEMS Robert Zawierucha
- Pump Characteristics and Applications Michael Volk 3.baskı
- RULES OF THUMB FOR CHEMICAL ENGINEERS A manual of quick, accurate solutions to everyday process engineering problems Third Edition Carl R. Branan
- Valve Handbook BR-VALVEHND BK-EN 2012-12
- Valve Handbook Philip L. Skousen
- Valve Selection Handbook Fourth Edition R. W. ZAPPE

YARDIMCI BİLGİLER

EK-1 TESİSAT P&ID ARMATÜR ÇİZİMLERİ

ISO 14617 serisinin bir alt bölümü olan ISO 1219-1:2012, bu tür evrensel olarak tanınan sembolleri üretmek için gereken temel unsurları ortaya koymaktadır. Bu standart, özellikle akışkan güç sistemleri, yani hidrolik ve pnömatik sistemlerle ilgili semboller oluşturmak için kurallar belirledi. Pnömatik hava besleme ve dağıtımında kullanılan semboller, sistemdeki vanaların ve diğer gerekli cihazların işlevini göstermek için tasarlanmıştır.

Pnömatik semboller esas olarak devre tasarım diyagramlarındaki bileşenleri tanımlamak için oluşturulmuştur ancak, bileşenlerin kendilerinde de kullanılabilirler. Örneğin, bir vana üzerinde, basınç ve güç bilgilerini taşıyan bir üretici etiketinin yanı sıra kaç bağlantı noktası ve çıkışı olduğu ve nasıl çalışıklarına dair küçük bir diyagram olacaktır. Diyagramların sabit boyut oranları, başlangıçta yalnızca veri işlemede kullanılmak üzere tasarlandıkları için biraz değişken olabilir.

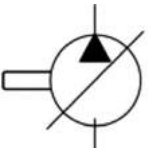
Pnömatik Hava Besleme ve Dağıtım Sembolleri

Aşağıda, pnömatik hava besleme ve dağıtım sisteminde bulunan ana semboller için bir kılavuz bulunmaktadır. Bunlar genellikle yön okları ile daireler, kareler, üçgenler ve dikdörtgenler gibi geometrik şekillerin bir kombinasyonudur. Bunlar ayrı ayrı veya kombinasyon halinde uygulanabilir ve düz veya noktalı çizgiler, çapraz, dirsek ve T bağlantılarındaki noktaları ve çeşitli elektriksel veya elektronik kablolama sembolleriyle birlikte kullanılabilir. Genel bir kural olarak, daireler; motorlar, pompalar ve kompresörler gibi tahrik öğeleri için kullanılırken, kareler ve dikdörtgenler ise aktüatörleri, silindirleri ve vanaları temsil eder.

KOMPRESÖR

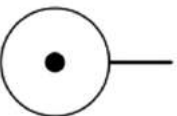
Kompresörün sembolü hava motoru sembolüne benzer. Daire boyunca çapraz çizgi oku eklenmesi, çapraz çizgi oku olmayan sabit bir deplasman kompresörünün aksine değişken yer değiştirmeyi gösterir.

Piston, vida veya vane kompresörleri kullanılarak yüksek basınçlı hava üretilebilir. Belirli bir bileşendeki tüm varyantlar, temel basit bir şekle ekstra çizgiler veya oklar eklenerek gösterilebilir.



ANA HAVA

Ana hava kompresör tarafından sağlanan şeydir ve merkezinde nokta ve daireden bir bağlantı hattı olan bir daire ile gösterilir.



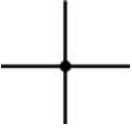
HAVA TANKI (RECEIVER)

Kompresör tarafından üretilen hava, alıcı veya rezervuar adı verilen bir kapta saklanır. Alıcının işlevi, havayı gelecekteki kullanım için saklamak, düzensiz basıncı yumuşatmak ve suyun havadan tahliye edilebileceği tankın dibine düşmesine izin vermektir. Hava alıcısının sembolü neredeyse tanınabilir bir depolama tankıdır: İki boyutlu uzun bir silindir. Tankın içine/dışına çıkan bir veya daha fazla katı hat, giriş/çıkış hatlarını gösterir.

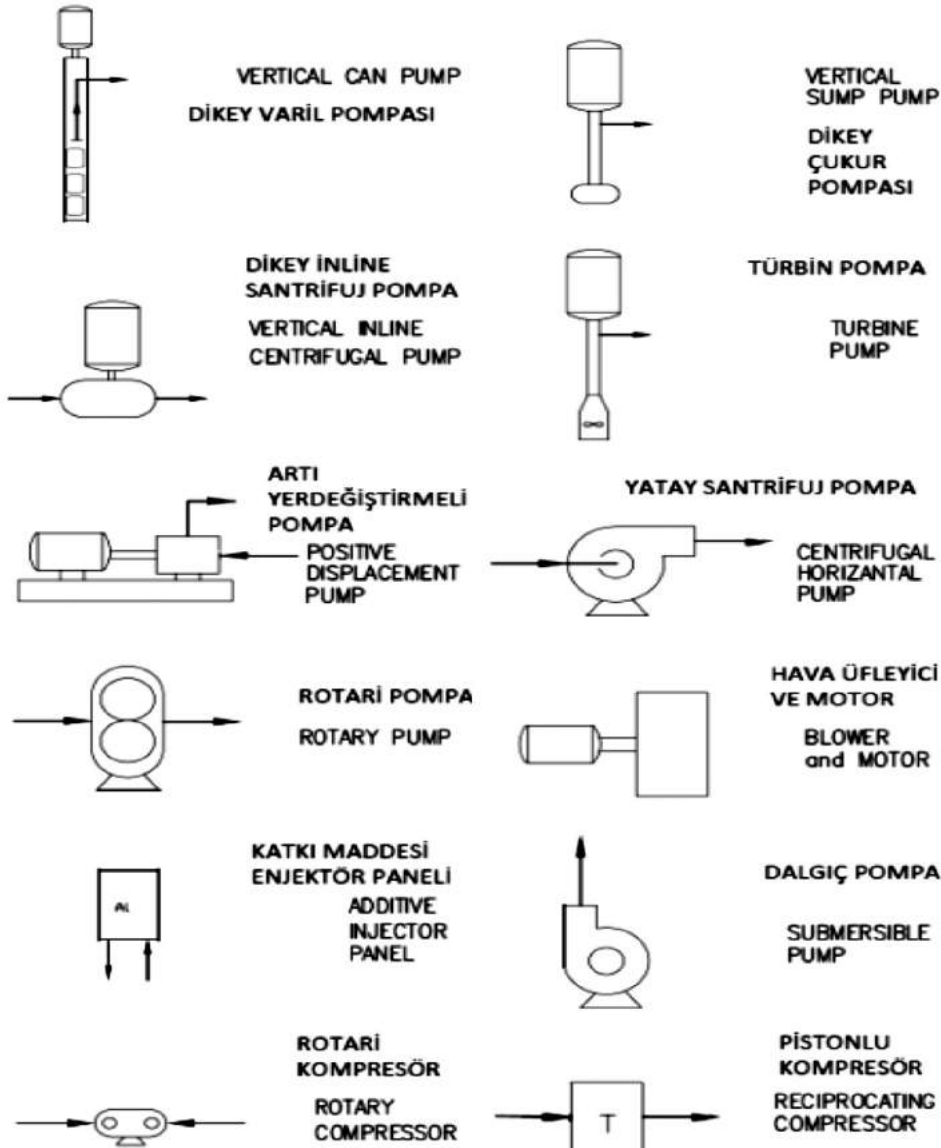


BAĞLI/BAĞLI OLMAYAN HAVA BORULARI

Basıncı hava dağıtım sistemi, işletim ekipmanlarına bağlı hatlar veya borular veya çaprazdan geçen bağlantısız hatlar aracılığıyla yapılır. Bağlı çizgiler, T bağlantılar gibi çizgi kesişiminde düz bir nokta ile gösterilirken, çizgiler üzerinden çapraz nokta veya çapraz noktada yönlü bir ok olamaz. Bir fabrikada çalışan pnömomatik borular genellikle daha fazla suyun akmasını sağlamak için yokuş aşağı kurulum.



POMPALAR



EK-2 TABLOLAR

Tablo 75 Çeşitli Akışkanların Özellikleri ve Viskozitesine Göre Sınıflandırılması

Sıvı	Özgül Ağırlık @ 16°C	Mutlak Viskozite cP	Sıcaklık C°	Viskozite Tipi N = Newton T = Tiyotropik
SÜT ÜRÜNLERİ				
Tereyağı Yağı		42	43	N
Tereyağı Yağı		20	65	N
Tereyağı (Kokusu Alınmış)		45	50	N
Süzme Peynir		30,000	18	T
Kakao Yağı	0.92	50	60	N
Kakao Yağı	0.87	0.5	100	N
Yoğunlaştırılmış Süt		40-80	40-50	N
Yoğunlaştırılmış Süt %75 Katı Madde	1.3	2160	20	T
Krema 30% Yağ	1.0	14	16	N
Krema 45% Yağ	0.99	48	16	N
Krema 50% Yağ	0.98	112	16	N
Krema 50% Yağ		55	32	N
Süt	1.02-1.05	2.0	18	N
Süt	1.02-1.05	1.0	52	N
Süt Peynir Altı Suyu 48% Şekerli		800-1500	40	T
İşlenmiş Peynir		6500	80	T
İşlenmiş Peynir		30,000	18	T
Bütün Yumurta		150	4.5	T
Yoğurt	1.15	152	40	T
GIDA ÜRÜNLERİ				
Sulu Hamur		29,500	30	T
Bebek Maması		1400	93	T
Pancar Sosu		1950	76	T
Bisküvi Kreması Ön Karışımı		29,200	18	T
Bira Mayası		368	18	T
Et Suyu Karışımı		430	18	T
Keçiboynuzu Sosu		1500	30	T
Çikolata		280	49	T
Turunçgiller Posası (Meyve Hamuru)	1,27	600	20	T
Kahve Likörü 30-40%		10-100	20	T
Muhallebi (Koyu Krema	1,6	1500	85-90	T
Yemeklik Yağ	0,9	65	20	N
Jelatin %37 Katı madde		1190	43	T
Glikoz	1,3	4300-8600	25-30	T
Sos Bulamacı	1,0	110	80	T
Meyve suyu	1,04	55-75	18	N
Reçel Garnitür		8440	16	T
Malt Özü 80%		9500	18	T
Malt Özü	1,4	3000	60	T
Mayonez		20.000	20	T
Kıyma		100.000	30	T
Köpük Karışımı		1200	5	T
Pelte		300	38	N
Pelte (Çözünebilir Jel)		345	27	N
Portakal Suyu Konsantresi	30 Brix ⁷⁹	630	20	N
Portakal Suyu Konsantresi	30 Brix	91	80	N
Portakal Suyu Konsantresi	50 Brix	2410	20	N
Portakal Suyu Konsantresi	50 Brix	330	80	N
Sütlaç		10,000	100	T
Salata Sosu		1300-2600	18	T
Sos - Elma	1,1	500	80	T
Sorbitol ⁸⁰	1,29	200	20	N
Domates Ketçap		1000	30	T
Salça 30%		195	18	T

⁷⁹ Brix-Suda çözünen katı madde miktarı; sulu bir çözeltideki çözünmüş şeker derecesi vb.

⁸⁰ Sorbitol- glikozdan kimyasal olarak düşük kalorili tatlandırıcı, meyve içerisindeki kristalize şeker bileşiği

Sirke		12-15	20	N
Maya Bulamacı		20	18	T
Soya Fasulyesi Bulamacı		5000-10,000	50-90	T
İLAÇ				
Deterjan		1470	70	T
El Kremi		780	18	T
Lateks Emülsiyonu	1,0	200	24	T
Lateks Emülsiyonu		48	65	T
Parafin Emülsiyon	1,2	3000	18	T
Şampuan		3000	36	T
Kalıp Sabun Sıvı Hali	1°C'de 0,40	630	60	T
Sıvı Sabun	1°C'de 03,60	82	60	T
Diş macunu		70.000-100.000	18	T
Balmumu, Cila, Ağda	0,9	500	93	T
BALIK VE HAYVAN YAĞLARI				
Kemik Yağı	0,92	48	54	N
Morina Yağı	0,93	32	38	N
Domuz yağı (katı)	0,96	62	38	N
Domuz Yağı	0,91-0,93	40-47	38	N
Sperm Yağı	0,88	24	38	N
Balina Yağı	0,93	25-39	38	N
BİTKİSEL YAĞLAR				
Hint Yağı	0,96	580	27	N
Hint Yağı		36	80	N
Tung Ağacı Yağı	0,94	300	21	N
Hindistan Cevizi Yağı	0,93	55	24	N
Hindistan Cevizi Yağı		30	38	N
Mısır Yağı	0,92	28	57	N
Pamuk Tohumu Yağı	0,88	62	24	N
Pamuk Tohumu Yağı	0,93	24	52	N
Keten Tohumu Yağı Ham	0,93-0,94	29	38	N
Zeytinyağı	0,91	40	38	N
Palm Yağı	0,92	43	38	N
Fıstık Yağı	0,92	38	38	N
Soya Fasulye Yağı	0,93	60	24	N
Soya Fasulye Yağı		12	80	N
Terebentin	0,86	2,0	16	N
ENDÜSTRİYEL ÜRÜNLER				
Asetat Tutkal		1200-1400	20	T
NaOH 20%	1,22	1,0	18	N
NaOH 30%	1,33	1,0	18	N
NaOH 40%	1,43	20	18	N
Cresol Kristalleri		10	18	T
Gliserin %100	20°C'de 1,26	648	20	N
Gliserin %100		176	38	N
İzopropil Alkol	1,11	1,9	85	N
Vernik %25 Katı madde		3000	18	T
Polyester	1,1 %30'da	3000	30	T
Polipropilen		240.000	50	T
Polisobütilen	1,09 85°'de	12.500	85	T
Sentetik Reçine (Isıyla Sertleşen)	2,5	28,000	18	T
Yazıcı Mürekkebi		550-2200	38	T
Yazıcı Mürekkebi		238-660	54	T
Reçine Çözeltisi		880	24	T
Reçine Çözeltisi		975	21	T
Reçine Çözeltisi		7140	18	T
Sülfonik Asit	1,04	125	30	T
Triasetat Cilası-Macun		48,000/60,000	40	T
GLİKOL ÜRÜNLERİ				
Propilen	1,04	52	21	N
Trietilen	1,12	40	21	N
Dietilen	1,12	32	21	N
Etilen	1,12	18	21	N

Tablo 76 Doymuş Buharın Özellikleri

Mutlak Basınç	Kaynama noktası	Belirli Hacim (buhar)	Yoğunluk (buhar)	Suyun Spesifik Entalpisi (Duyulur Isı ısı)		Buhar Spesifik Entalpisi (toplam ısı)		Buharlaştırma gizli ısı		Spesifik Isı
				(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	
(bar)	(°C)	(m ³ /kg)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg K)
0,02	17,51	67,006	0,015	73,45	17,54	2533,64	605,15	2460,19	587,61	1,8644
0,03	24,10	45,667	0,022	101,00	24,12	2545,64	608,02	2444,65	583,89	1,8694
0,04	28,98	34,802	0,029	121,41	29,00	2554,51	610,13	2433,10	581,14	1,8736
0,05	32,90	28,194	0,035	137,77	32,91	2561,59	611,83	2423,82	578,92	1,8774
0,06	36,18	23,741	0,042	151,50	36,19	2567,51	613,24	2416,01	577,05	1,8808
0,07	39,02	20,531	0,049	163,38	39,02	2572,62	614,46	2409,24	575,44	1,8840
0,08	41,53	18,105	0,055	173,87	41,53	2577,11	615,53	2403,25	574,01	1,8871
0,09	43,79	16,204	0,062	183,28	43,78	2581,14	616,49	2397,85	572,72	1,8899
0,1	45,83	14,675	0,068	191,84	45,82	2584,78	617,36	2392,94	571,54	1,8927
0,2	60,09	7,650	0,131	251,46	60,06	2609,86	623,35	2358,40	563,30	1,9156
0,3	69,13	5,229	0,191	289,31	69,10	2625,43	627,07	2336,13	557,97	1,9343
0,4	75,89	3,993	0,250	317,65	75,87	2636,88	629,81	2319,23	553,94	1,9506
0,5	81,35	3,240	0,309	340,57	81,34	2645,99	631,98	2305,42	550,64	1,9654
0,6	85,95	2,732	0,366	359,93	85,97	2653,57	633,79	2293,64	547,83	1,9790
0,7	89,96	2,365	0,423	376,77	89,99	2660,07	635,35	2283,30	545,36	1,9919
0,8	93,51	2,087	0,479	391,73	93,56	2665,77	636,71	2274,05	543,15	2,0040
0,9	96,71	1,869	0,535	405,21	96,78	2670,85	637,92	2265,65	541,14	2,0156
1	99,63	1,694	0,590	417,51	99,72	2675,43	639,02	2257,92	539,30	2,0267
1,1	102,32	1,549	0,645	428,84	102,43	2679,61	640,01	2250,76	537,59	2,0373
1,2	104,81	1,428	0,700	439,36	104,94	2683,44	640,93	2244,08	535,99	2,0476
1,3	107,13	1,325	0,755	449,19	107,29	2686,98	641,77	2237,79	534,49	2,0576
1,4	109,32	1,236	0,809	458,42	109,49	2690,28	642,56	2231,86	533,07	2,0673
1,5	111,37	1,159	0,863	467,13	111,57	2693,36	643,30	2226,23	531,73	2,0768
1,6	113,32	1,091	0,916	475,38	113,54	2696,25	643,99	2220,87	530,45	2,0860
1,7	115,17	1,031	0,970	483,22	115,42	2698,97	644,64	2215,75	529,22	2,0950
1,8	116,93	0,977	1,023	490,70	117,20	2701,54	645,25	2210,84	528,05	2,1037
1,9	118,62	0,929	1,076	497,85	118,91	2703,98	645,83	2206,13	526,92	2,1124
2	120,23	0,885	1,129	504,71	120,55	2706,29	646,39	2201,59	525,84	2,1208
2,2	123,27	0,810	1,235	517,63	123,63	2710,60	647,42	2192,98	523,78	2,1372
2,4	126,09	0,746	1,340	529,64	126,50	2714,55	648,36	2184,91	521,86	2,1531
2,6	128,73	0,693	1,444	540,88	129,19	2718,17	649,22	2177,30	520,04	2,1685
2,8	131,20	0,646	1,548	551,45	131,71	2721,54	650,03	2170,08	518,32	2,1835
3	133,54	0,606	1,651	561,44	134,10	2724,66	650,77	2163,22	516,68	2,1981
3,5	138,87	0,524	1,908	584,28	139,55	2731,63	652,44	2147,35	512,89	2,2331
4	143,63	0,462	2,163	604,68	144,43	2737,63	653,87	2132,95	509,45	2,2664
4,5	147,92	0,414	2,417	623,17	148,84	2742,88	655,13	2119,71	506,29	2,2983
5	151,85	0,375	2,669	640,12	152,89	2747,54	656,24	2107,42	503,35	2,3289
5,5	155,47	0,342	2,920	655,81	156,64	2751,70	657,23	2095,90	500,60	2,3585
6	158,84	0,315	3,170	670,43	160,13	2755,46	658,13	2085,03	498,00	2,3873
6,5	161,99	0,292	3,419	684,14	163,40	2758,87	658,94	2074,73	495,54	2,4152
7	164,96	0,273	3,667	697,07	166,49	2761,98	659,69	2064,92	493,20	2,4424
7,5	167,76	0,255	3,915	709,30	169,41	2764,84	660,37	2055,53	490,96	2,4690
8	170,42	0,240	4,162	720,94	172,19	2767,46	661,00	2046,53	488,80	2,4951
8,5	172,94	0,227	4,409	732,03	174,84	2769,89	661,58	2037,86	486,73	2,5206
9	175,36	0,215	4,655	742,64	177,38	2772,13	662,11	2029,49	484,74	2,5456
9,5	177,67	0,204	4,901	752,82	179,81	2774,22	662,61	2021,40	482,80	2,5702
10	179,88	0,194	5,147	762,60	182,14	2776,16	663,07	2013,56	480,93	2,5944
11	184,06	0,177	5,638	781,11	186,57	2779,66	663,91	1998,55	477,35	2,6418
12	187,96	0,163	6,127	798,42	190,70	2782,73	664,64	1984,31	473,94	2,6878
13	191,60	0,151	6,617	814,68	194,58	2785,42	665,29	1970,73	470,70	2,7327

14	195,04	0,141	7,106	830,05	198,26	2787,79	665,85	1957,73	467,60	2,7767
15	198,28	0,132	7,596	844,64	201,74	2789,88	666,35	1945,24	464,61	2,8197
16	201,37	0,124	8,085	858,54	205,06	2791,73	666,79	1933,19	461,74	2,8620
17	204,30	0,117	8,575	871,82	208,23	2793,37	667,18	1921,55	458,95	2,9036
18	207,11	0,110	9,065	884,55	211,27	2794,81	667,53	1910,27	456,26	2,9445
19	209,79	0,105	9,556	896,78	214,19	2796,09	667,83	1899,31	453,64	2,9849
20	212,37	0,100	10,047	908,56	217,01	2797,21	668,10	1888,65	451,10	3,0248
21	214,85	0,095	10,539	919,93	219,72	2798,18	668,33	1878,25	448,61	3,0643
22	217,24	0,091	11,032	930,92	222,35	2799,03	668,54	1868,11	446,19	3,1034
23	219,55	0,087	11,525	941,57	224,89	2799,77	668,71	1858,20	443,82	3,1421
24	221,78	0,083	12,020	951,90	227,36	2800,39	668,86	1848,49	441,50	3,1805
25	223,94	0,080	12,515	961,93	229,75	2800,91	668,99	1838,98	439,23	3,2187
26	226,03	0,077	13,012	971,69	232,08	2801,35	669,09	1829,66	437,01	3,2567
27	228,06	0,074	13,509	981,19	234,35	2801,69	669,17	1820,50	434,82	3,2944
28	230,04	0,071	14,008	990,46	236,57	2801,96	669,24	1811,50	432,67	3,3320
29	231,96	0,069	14,508	999,50	238,73	2802,15	669,28	1802,65	430,56	3,3695
30	233,84	0,067	15,009	1008,33	240,84	2802,27	669,31	1793,94	428,48	3,4069

Tablo 77 Soğuk Buhar Borularında Yoğuşma Miktarı

Buhar Basıncı (bar)	Yoğuşma Yüğü (kg/100 m)													
	Nominal Boru Boyutu (mm)													
	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
0	9,2	14,4	19	27	37	47	71	101	134	159	208	262	308	309
0,35	10	15,9	20,8	29	40	52	69	112	146	174	227	287	338	470
0,7	11,3	17,8	23,4	33	45	58	88	125	165	196	255	322	379	529
1	12,2	19,5	25,4	36	50	64	96	135	179	212	277	350	412	575
2,5	13,4	21,3	27,8	39	53	70	105	148	195	232	303	383	450	627
4	15,8	25,2	33	47	63	82	123	175	233	276	360	454	535	745
5,5	17,8	28	37	52	71	92	138	196	260	308	402	507	598	832
7	19,3	30,6	40	57	77	100	151	214	284	335	438	553	651	906
8,5	20,1	31,8	42	59	80	104	157	223	293	349	455	574	676	942
10	20,8	33,1	43	62	83	108	162	230	305	361	472	595	700	997
12	22,6	35,8	47	67	90	117	176	250	331	392	513	646	760	1059
14	24,2	38,2	50	71	96	125	189	267	353	418	546	689	811	1130
16	28,1	45	58	83	113	146	219	312	412	489	638	805	947	1320
20	36	55	74	108	150	205	312	463	637	764	981	1228	1503	1700
25	39	59	80	117	162	222	338	502	692	828	1065	1362	1631	2315
30	41,5	64	85	124	173	237	360	534	735	882	1134	1420	1763	2464
40	44,3	68	91	132	184	253	385	570	784	940	1210	1514	1852	2627

Tablo 78 Çeşitli Gazların Özellikleri

Gaz adı	Sembol	ϕ [kg/m ³]	M*10 ³ [kg/mol]	R [J/kg*K]	C _p [J/kg*K]	C _v [J/kg*K]	$\phi=C_p/C_v$ [J/kg*K]	$\mu*10^6$ [Pa*s] 0°C/1 bar
Hava	Hava	1,293	28,95	287,0	1010,0	720,0	1,4	1,73E-5
Asetilen	C ¹ H ¹	1,171	26,04	319,6	1683,0	1352,0	1,25	9,35E-6
Amonyak	NH ₃	0,771	17,03	488,3	2219,0	1680,0	1,37	9,18E-6
Argon	Ar	1,782	39,94	208,5	532,0	322,0	1,65	2,09E-5
Bütan	C ₄ H ₁₀	2,673	58,12	143,2	1917,0	1733,0	1,108	8,1E-6
Karbondioksit	CO ¹	1,976	44,01	189,0	837,0	653,0	1,3	1,37E-5
Karbon Monoksit	CO	1,25	28,01	297,0	1047,0	754,0	1,4	1,66E-5
i-Bütan	C ₄ H ₁₀	2,668	58,12	143,2	1632,0	0,0	1,097	7,47E-6
Klor	Cl ¹	3,217	70,91	117,3	481,0	355,0	1,36	1,2E-5
Etan	C ¹ H ₆	1,357	30,06	276,7	1729,0	1445,0	1,2	8,5E-6
Etilen	C ¹ H ₄	1,261	28,05	296,6	1528,0	1222,0	1,25	9,85E-6

Etil Klorür	C ¹ H ₅ Cl	0,0	64,5	129,0	1340,0	1186,0	1,13	9,4E-6
Helyum	O	0,178	4,002	2079,0	5274,0	3181,0	1,66	1,88E-5
Hidrojen	H ¹	0,08985	2,016	4125,0	14266,0	10130,0	1,407	8,42E-6
Hidrojen Klorür	Hcl	1,639	36,47	228,0	812,0	583,0	1,4	1,464E-4
Kripton	Kr	3,708	83,7	100,3	251,0	151,0	1,67	2,32E-5
Ksenon	Xe	5,851	131,3	63,84	159,0	96,3	1,7	2,1E-5
Metan	CH ₄	0,717	16,03	518,8	2225,0	1700,0	1,31	1,03E-5
Metil Klorür	CH ₃ Cl	2,308	50,48	164,8	741,0	582,0	1,28	9,89E-6
Neon	Ne	0,9002	20,18	411,7	1038,0	620,0	1,68	2,97E-5
Azot	N ¹	1,251	28,02	296,7	1047,0	746,0	1,4	1,7E-5
Azot Oksit	NO	1,34	30,01	277,1	975,0	696,0	1,38	1,78E-5
Ozon	O ₃	2,22	48,0	173,4	820,0	0,0	1,29	0,0
Oksijen	O ¹	1,429	32,0	259,9	913,0	653,0	1,4	2,03E-5
Pentan	C ₅ H ₁₂	0,0	72,1	115,2	1717,0	1575,0	1,09	8,74E-6
Propan	C ₃ H ₈	2,02	44,06	188,8	1863,0	1650,0	1,13	7,95E-6
Propen	C ₃ H ₆	1,914	42,05	198,8	1635,0	1437,0	1,17	8,35E-6
Kükürt Dioksit	SO ¹	2,927	64,06	129,8	633,0	503,0	1,25	1,17E-5
Kükürt Hidrojen	H ¹ S	1,539	34,09	244,2	1059,0	804,0	1,3	1,166E-5
Tetrafloroetan HFC-134a	CH ¹ FCF ₃	5,257	102,03	81,486	851,0	760,0	1,12	1,17E-5
R-407c	CF ¹ H ¹ / CF ₃ CHF/ CF ₃ CH ¹ F	4,63	86,2	96,45	816,0	714,0	1,143	1,23E-5
R-410a	CF ¹ ¹ /CF ₃ CHF	3,0	72,6	114,5	830,0	706,0	1,176	1,33E-5

Tablo 79 Gaz Yakıtların Özellikleri

Gaz yakıt adı	Sembol	φ [kg/m ³]	MJ/kg	MJ/m ³
Hidrojen	H ¹	0,08985	120,0	10,8
Metan	CH ₄	0,717	50,0	35,9
Etan	C ¹ H ₆	1,357	47,5	64,1
Etilen	C ¹ H ₄	1,261	47,2	59,5
Doğalgaz	NG	0,7	46,1	33,5
Propen	C ₃ H ₆	1,914	45,8	87,5
Propan	C ₃ H ₈	2,02	46,4	93,2
Bütan	C ₄ H ₁₀	2,48	45,8	123,0
İzobütan	C ₄ H ₁₀	2,703	45,6	122,0
Butylene-1	C ₄ H ₈	2,603	45,3	117,0
LPG	LPG	2,28	46,0	108,0
Asetilen	C ¹ H ¹	1,097	48,2	56,5
Karbon Monoksit	ORTAK	1,25	10,1	12,6

Tablo 80 Sıvı Yakıtların Özellikleri

Sıvı yakıt adı	Sembol	φ [kg/m ³]	LHV [MJ/kg]
Ham petrol	yağ	873,0	42,7
Geleneksel benzin	benzin	737,0	43,4
Düşük kükürtlü dizel	mazot	885,0	42,6
Metanol	CH ₃ OH	792,0	20,1
Etanol	C ¹ H ₆ O	789,0	27,0
Butanol	C ₄ H ₁₀ O	810,0	34,4
Aseton	C ₃ H ₆ O	784,0	30,6
Sıvılaştırılmış doğal gaz	LNG	450,0	48,6
Biyodizel	biyodizel	880,0	37,5
Bütan	C ₄ H ₁₀	600,0	37,5
Propan	C ₃ H ₈	493,0	37,5

Tablo 81 1 bar Hava Özellikleri

t [°C]	c _p [kJ/kgK]	φ [kg/m ³]	μ*10 ⁶ [Pa*s]
-50.0	1,007	1,563	14,65
0.0	1,006	1,275	17,2
50.0	1,008	1,078	19,61
100.0	1,012	0,932	21,82
150.0	1,018	0,8226	23,92
200.0	1,026	0,7356	25,85
300.0	1,046	0,6072	29,47
400.0	1,069	0,517	32,76

Tablo 82 Baca Gazları Özellikleri

Sıcaklık [°C]	c _p [kJ/kgK]	φ [kg/m ³]	μ*10 ⁶ [Pa*s]	v*10 ⁶ [m ² /s]
0,0	1,042	1,295	15,8	12,2
100,0	1,068	0,95	20,4	21,54
200,0	1,097	0,748	24,5	32,8
300,0	1,122	0,617	28,2	45,81
400,0	1,151	0,525	31,7	60,38
500,0	1,185	0,457	34,8	76,3
600,0	1,214	0,405	37,9	93,61
700,0	1,239	0,363	40,7	112,1
800,0	1,264	0,33	43,4	131,8
900,0	1,29	0,301	45,9	152,5
1000,0	1,306	0,275	48,4	174,3
1100,0	1,323	0,257	50,7	197,1
1200,0	1,34	0,24	53,0	221,0

Baca gazları için, bazı fiziksel özelliklerin değerlerini verir- gazların sıcaklığına göre yoğunluk ve viskozite. Kimyasal bileşim içindir: Azot N₂- 76% -Karbondiyoksit CO₂- 13%- Su buharı H₂O- 11%

Tesisat Mühendisliği tasarımında önemli bölümlerden birisi olan "borulama"nın ana kapsamı: Boru ve Fittingler ile Vana ve Armatürlerdir.

Bu kitap Proses ve Tesisat Mühendisliği tasarımları için çok güzel ve faydalı dokümanlar ihtiva etmekte, kullanıcıyı, deneyimine göre, vana ile tanıştırmakta, vanayı anlatmakta ve tasarım için ön başvuru kaynağı olmaktadır. Konu ile ilgili Türkçe kaynakların azlığı dikkate alındığında bu çalışmayı kalpten kutlarım. Kitap içeriğinde Cv/Kv değerleri, vana standartları, Test Standartları, Genel Şartname bölümlerinin olması, tasarımcılara büyük katkı ve kolaylık sağlayacaktır.

Basınç kaybı hesaplarının doğru yapılabilmesi dolayısı ile pompaların doğru seçilebilmesi güvenilir Cv/Kv değerlerinin verilmesine bağlıdır. İmalatçılara hep hatırlatmışımdır.

Tesisat sektöründe çalışan herkesin mutlaka okuması gerekli bir kitap. Tekrar kutlarım.

Serper Giray

Mesleğine bir teknisyenden çok bir sanatçı titizliği ve heyecanı ile yaklaştığını yıllarca izledim. Bu kitap ise senin sanatçı kimliğinin bir kanıtı olmuş.

Kutlarım...

H. Okan Ülbay

Serdar Uzgur yıllardır yurt içi ve yurt dışında birçok farklı projede tasarım, uygulama ve müşavir olarak çalıştı. Çalışma sürecinde gerek mesleği ile gerekse sosyal konularda büyük bir enerji ile araştırdı, bilgi birikimi sağladı ve arşivledi. Birikimlerinin ve kıvrak zekâsının dürtüsü ile sektör örgütlenmesine, teknik seviyesine, yayın kalitesine karşı "Bu konu neden yaygın olarak bilinmiyor, bu terimin karşılığı bu değil, çok şey ezbere yapılıyor, yaptım oldu uygulamasından vazgeçmeliyiz, bu ürünün kullanıldığı yer doğru değil, şartnamede yanlış tarif edilmiş vb" itirazlarını radikal olarak dile getirdi. Karşılığında da "o zaman sen anlat, yaz" cevabını aldı.

Bu yayında Uzgur deneyimlediği, sonuçlarını gördüğü, kaynaklarla desteklediği hangi vana - armatürün nerede kullanılacağı, montajda dikkat edilmesi gerekenler, terimlerin teknik anlamlarını içeren ve kolay seçim cetvellerini örnek barkodlarla destekleyerek yayına hazırladığı bu kitap, aynı zamanda vana ve armatürler konusunda toplu bilgileri içerdiği gibi yaygın olarak projelendirilmeyen özel sistemler için ürünleri de kapsamaktadır.

Serdar Uzgur kesin çizgilerini sertçe ifade eden, bildiğini doğrudan eğip bükmeden söze döken, kavgacı görünümünün altında yumuşacık yüreği olan bir insan, meslektaş ve dost. Onu bu yoğun emek isteyen çalışması için kutluyor, yayının sektöre faydalı olacağına inanıyorum.

Kani Korkmaz

Serdar'ı ilk kez, Metiş Konut Grubu'nun ofisinde tanıdım... Aynı şirketteydik ve o, farklı bir şantiyede birlikte çalıştığı Mustafa Alp ile ofise gelmişti. Dikkatimi çeken, elinde bir "Rubik's Küp"ü tutmakta oluşuydu. Aslında tutmuyor, seri parmak hareketleri ile bir yandan da çeviriyordu. İşte o gün, ilk izlenim olarak zekâ pırıltılarını duyumsadığım Serdar'ın, ilerleyen süreçte akıl düzeyinin hangi boyutlara ulaşabileceğine de tanık oldum.

Olaylara herkesten farklı bir açıdan bakabiliyor, gerçekleştirilmesi olanaksız gibi duran konularda bile, farklı çözüm seçenekleri türetiyordu. Daha da güzeli, o hengâme arasında, sıradan olayları bile, ince espri içerikli anekdotlara dönüştürebiliyordu.

Aynı sektör içinde, mesleklerimizin farklı oluşu nedeniyle, birçok firmada ve değişik projelerde yollarımız defalarca kesişti. Zamanın acımasız hızı içinde, onun, adeta mekik gibi dokuduğu "kendini sürekli geliştirme süreci"ni, bazen aynı yöne yan yana koşarken, bazen de uzaktan izledim. Mesleğinin doruğuna ulaşışının en yakın tanıklarından biri olmaktan gurur duymaktayım.

Şu an elinizde tutmakta olduğunuz bu değerli çalışma, onun engin birikimlerinin imbiğinden damıtılmış onlarca sonuçtan yalnızca biridir.

Bu sonuçları paylaşmayı sürdürmesi, en büyük dileğim...

C. Akın Barlas