

## 6. AKIŞKANLARIN TAŞINMASI

[\(Ref. e makaleleri\)](#)

### 6.1. Borular, Bağlantı Parçaları, Vanalar

#### Borular Ve Tüpler

Su, gaz, petrol gibi akışkanların bir yerden başka bir yere taşınmasında kullanılan kil, beton, ağaç, grafit, plastik, asbest, cam ve çeşitli metallere yapılmış malzemeler "boru" olarak tarif edilir.

Tahmin edildiği gibi borular yaklaşık 5000 yıldan bu yana insanlığın kullanımında bulunmaktadır. İlk borular, dağlardaki erimiş kar sularının köylere getirilmesinde kullanılan ağaçtan kanallardır.

Bir akışkanın bir noktadan diğer noktaya taşınmasını sağlayan boru veya tüp düzenine borulama sistemi denilmektedir. Bu tariften hareket edilecek olursa, bir araba motorunda da borulamadan bahsedilebilir. Ancak borulamanın ve borulama tasarımının en karmaşık olduğu ve özel uzmanlık gerektiren alanlar rafineriler, petrokimya fabrikaları, nükleer enerji tesisleri ve uzay teknolojisidir.

Bu derecede yüksek teknolojiye hayat kazandıran bir dal olması nedeniyle borulama teknolojisi ve tasarımı pek çok detay konu içerir. Bu konuların her biri ayrı uzmanlık dalıdır.

Teknolojinin ilerlemesi sonucunda ortaya çıkan ihtiyaçlar boru malzemelerinde de gelişmelere yol açmıştır. Bu gün ağaç borular çok özel fermentasyon sanayiinde kullanılmaktadır. İleri teknolojilerde yüksek basınç ve sıcaklığa dayanıklı özel alaşımlar, çelik veya döküm malzemeden yapılmış borular kullanılmasının yanısıra, çoğunlukla korozif ortamlarda, bilinen türde veya ihtiyaçlara göre hazırlanmış özel plastiklerin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Boru malzemeleri iki ana sınıfta toplanabilir.

- Metalik Boru Malzemeleri (a) Çelik ve diğer demir alaşımlarından (çelik, paslanmaz çelik, krom çeliği, dökme çelik v.s. gibi), (b) diğer metallere (alüminyum, bakır, pirinç ve bunların alaşımları gibi) yapılan boru malzemeleri.

- Metal Olmayan Boru Malzemeleri: Bunlar cam, seramik, asbest, grafit ve plastik gibi malzemelerdir.

Akışkanlar çoğunlukla borular veya tüpler yoluyla taşınır. Boru ve tüp arasında kesin bir ayırım yapılamaz. Boru, çapı oldukça büyük, 20 - 40 ft (6 - 12 m) uzunluğunda ve kalın duvarlı malzemelerdir. Tüp ise birkaç yüz ft. uzunluğundadır, sarımlar şekline getirilebilir ve ince duvarlıdır. Metalik boruya dış açılabilir, tüpe açılmaz. Boru duvarları, az da olsa pürüzlüdür; tüp duvarları çok düzgün olur. Borular birbirine vidalanarak, flanşlarla veya kaynaklı ara bağlantılarla eklenir; oysa küçük tüplerin birbirine eklenmesinde basınçlı, alevli veya lehimli bağlantı parçaları kullanılır. Borular delici mil etrafında dövülerek kaynaklamayla ve dökme yoluyla üretilirken, tüpler soğuk çekmeyle veya ekstruderde püskürtülerek elde edilir.

Borular üretim şekillerine göre iki gruba ayrılırlar: Dikişsiz borular ve kaynaklı borular.

Dikişsiz boru terimi ticari bir tanımlama olup borunun yekpare bir malzemedan yapılmış olduğu anlamına gelir. Boru yapılacak yekpare malzemeye bir delici mil ile girilir ve malzeme delici mil üzerinde dövülerek istenilen çapa getirilir. Dikişsiz borular ya püskürtmeyle (ekstruzyon) veya sabit (veya dönen) kalıplara dökülerek yapılır; kalıplamayla (santrifüj yolu ile) yapılan borularda et kalınlığı çok fazladır.

Dikişsiz boruların çekme mukavemeti boru duvarının her tarafında aynıdır. Döküm ve püskürtme yolu dışında, delici mil etrafında dövülerek yapılan boruların iç çapı ile dış çap merkezleri boru eksenine boyunca farklılıklar gösterebilir. Bu nedenle et kalınlığı borunun her tarafında aynı değildir.

Kaynaklı boruda, rulo haline getirilmiş ve boru bantı olarak isimlendirilen yaklaşık 70-100 cm enindeki saç şeritler, silindirik boru meydana getirecek şekilde açılır. Bu şekilde helezon bir çakışma çizgisi oluşturan şeritlerin uçları dikilir, kaynakla birleştirilir. Kaynak noktalarındaki çekme gerilimi, kaynak kalitesine ve uygulanan teknik kontrol yöntemine göre orijinal malzemenin %60 ile %100 seviyesine ulaşır.

Kaynaklama metodu ile büyük çaplı boruların üretimi mümkün olduğu gibi, çapına göre et kalınlığı daha düşük boru imalatı da yapılabilmektedir. Kaynaklı borularda sabit bir et kalınlığı sağlamak mümkündür. Kaynaklı boruların genelde korozif ortamlarda veya yüksek basınçlarda kullanılması önerilmez.

## Boyutlar

Boru ve tüpler, çapları ve duvar kalınlıkları ile tanımlanır. Çelik boruda standart nominal çap 1/8-30 in. arasında değişir. 12 in.den büyük çaplı borular için verilen nominal çaplar borunun dış çapını, 3-13 in. borularda iç çapı belirtir, ancak daha küçüklerde gerçek bir boyutu tanımlamaz.

Çelik boru standartları Ek-4 te verilmiştir. Diğer malzemelerden yapılan boruların dış çapları da, çelik borularla aynı ebatlarda tutulur; bunun avantajı bir borulama sisteminde malzemelerin birbiri yerine kullanılabilmesidir. Çelik boru standardı IPS (iron pipe size) veya NPS (nominal pipe size) olarak bilinir. Örneğin "2 in. nikel IPS boru" nun dış çapı, 2 in. çelik borunun dış çapına eşittir.

Borunun duvar kalınlığı "schedule (tarife) sayısı" ile gösterilir:

$$\text{schedule (Sch) sayısı} = \frac{1000 p'}{S}$$

$p'$  = iç çalışma basıncı,  $\text{lb}_f / \text{in}^2$ ,

$S$  = kullanılan alaşım için kabul edilebilir gerilim,  $\text{lb}_f / \text{in}^2$  dir.

Kullanılan shc sayıları 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120, 140 ve 160 tır, fakat çapı 8 in.den küçük olan borularda sadece 40, 80, 120 ve 160 lar uygundur. Ek-4 te, çelik boru için çeşitli shc sayısını karşılayan gerçek duvar kalınlıkları verilmiştir. Diğer alaşımlarda, alaşımın kuvvetine göre, et kalınlığı çelik borununkinden daha küçük veya daha büyük olabilir.

Tüplerin boyutları dış çapıyla tanımlanır. Nominal değer, çok küçük toleranslarla, gerçek dış çapa eşittir. Duvar kalınlığı BWG (Birmingham wire gage) sayısı ile verilir; bu değer 24 (çok hafif)-7 (çok ağır) arasında değişir.

Isı-değiştirici tüplerin boyutları ve duvar kalınlıkları Ek-5 te görülmektedir.

**Tablo-1: Boruda Akış Hızları**

Akışkan	Akış tipi	Hız, ft / sn	Akışkan	Akış tipi	Hız, ft / sn
İnce sıvı	Ağırlığıyla	0.5 – 1	Viskoz sıvı	Pompa girişiyle	0.2–0.5
	Pompa girişiyle	1-3		Pompa çıkışıyla	0.5–2
	Pompa çıkışıyla	4 – 10	Buhar	-	30–50
	Proses hattı	4 – 8	Hava, gaz	-	30–100

## Boru Boyutlarının Seçimi

Özel bir durum için optimum boru çapı, boru ve bağlantı parçalarının,

- (a) izafi yatırımı,
- (b) gücü,
- (c) bakımı,
- (d) stoklama

durumuna bağlıdır. Borulardan en yaygın akış hızları Tablo-1'de verilmiştir; özel durumlarda farklı hızlarda akışların alınabileceği koşullar da vardır. Boru boyutu, volumetrik akış hızı ve hız arasındaki ilişkiler Ek-4 deki tablodan bulunabilir.

## Bağlantı parçaları ve Eklemler (Joints)

Bir boru veya tüpe bağlantı yapılabilmesi malzemenin özelliklerine ve en önemlisi de duvar kalınlığına bağlıdır. Kalın duvarlı malzemelerde dişli, flanşlı veya kaynaklı bağlantı parçaları kullanılır. Küçük bir parça ince duvarlı tüp, lehimlenerek veya sıkıştırılarak eklenir. Cam, karbon veya dökme demir gibi kırılğan malzemelerden yapılan borular flanşlar veya cam-musluk eklemlerle bağlanır. Şekil-.19'da tipik dişli boru bağlantıları, Şekil-.20'de flanşlı eklemler ,boru bağlantı parçaları ve dirsek bağlantıları görülmektedir.

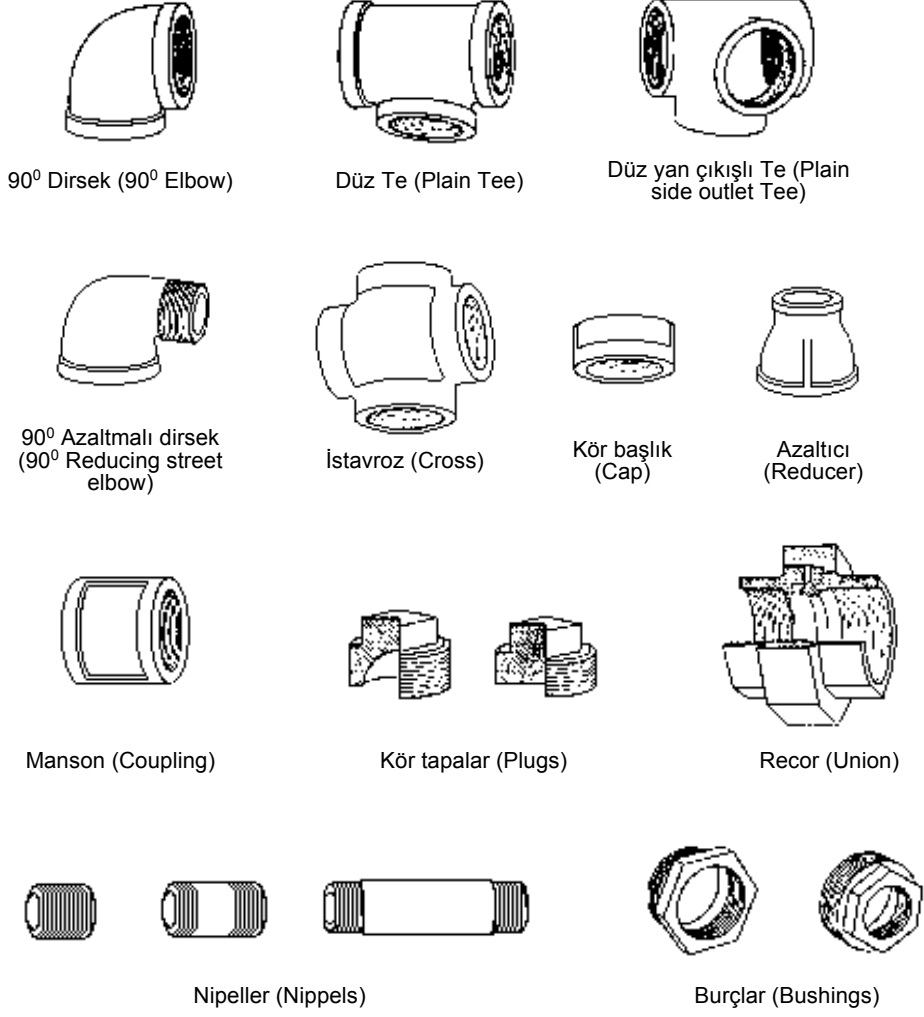
## Boru Bağlantı Şekilleri

Boru bağlantıları, aşağıda açıklanan başlıca yedi yöntemle yapılır.

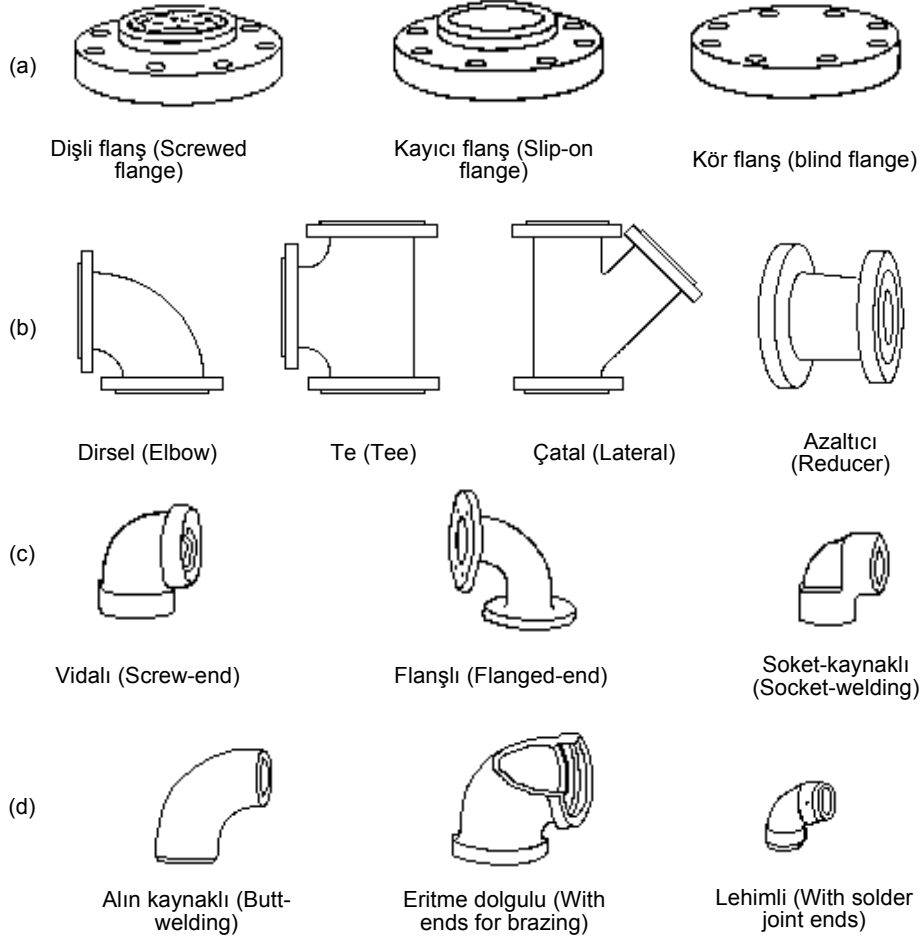
**1. Dişli Bağlantılar (Screwed Ends):** Bağlantı yapılacak parçaların her ikisinin ucunda bulunan birbirine uyacak şekildeki dişler yoluyla parçalar birleştirilir. Dişli bağlantıları küçük çaplı borularda, orta derecelerdeki basınç ve sıcaklıklardaki çalışma koşullarında, darbesiz ve sallantısız ortamda ve giricilik (difüzyon) özelliği çok olmayan ağır hidrokarbon malzemeleri taşıyan borularda kullanılır. Bağlantı, gerektiğinde parçaların açılmasına ve sonra tekrar kolayca bağlanmasına olanak verir. Diğer bağlantı şekillerine göre daha pratik ve ekonomiktir. Ancak kaynak yapılamayacak kadar yüksek ve özel alaşımlı malzemelerin bağlanmasında, yukarıdaki koşullar bulunmamasına rağmen dişli bağlantı kullanılır (Şekil-.19)

**2. Flanşlı Bağlantılar (Flanged Ends):** Bağlantıların sık açılıp kapanma olasılığının bulunduğu noktalarda başvurulur. Aslında 4 in. boyutuna kadar flanş bağlantısı yerine dişli bağlantı yapılabilirse de, özellikle taşınan malzemedan dolayı 1/2 in boyutuna kadar flanşlı bağlantılar kullanılabilir. Flanşın boru

1/2 in boyutuna kadar flanşlı bağlantılar kullanılabilir. Flanşın boru ile birleştirilme yöntemleri şekillerle gösterilir (Şekil-20a ve 20b).



Şekil-19: Dişli boru bağlantı parçaları.



Şekil-20: Flanşlı eklemler, boru bağlantı parçaları ve dirsek bağlantıları

**3. Kaynaklı Bağlantılar (Welding Ends):** Bu tür bağlantılar iki başlık altında toplanır. (a) Soket kaynaklar; genellikle küçük çaplı boruların bağlanmasında kullanılır. (b) Alın kaynakları; borularda en çok kullanılan bağlantı şeklidir. Her türlü basınç, sıcaklık şartlarında çalışacak borulamada alın kaynağı uygulanır. Kaynak bağlantıları, açılma-sökülme ihtimali çok az olan yerlerde uygundur (Şekil-.20c).

**4. Eritme Dolgulu Bağlantılar (Brazed Ends):** Dişli bağlantılara göre daha sürekli bağlantılarda kullanılır. Bağlantı noktasına bir dolgu halkası geçirilir. Bu tür bağlantılar soğutma sistemleri (refrigerant), buhar ve su hatları gibi servislerde kullanılabilir (Şekil-.20c).

**5. Lehimli Bağlantılar (Solder-Joint Ends):** Genellikle bakır ve pirinç boru bağlantılarında düzgün, sürekli, ve basınca dayanıklı birleşmeler sağlanmasında uygundur. Çoğunlukla ısıtma hatları ve cihazların yağlama yağı hatlarının bağlantılarında kullanıldığı gibi, fermentasyon ile malt ve alkollü içecekler üretiminde olduğu gibi, korozif olmayan ortamlarda da uygulanır (Şekil-.20c).

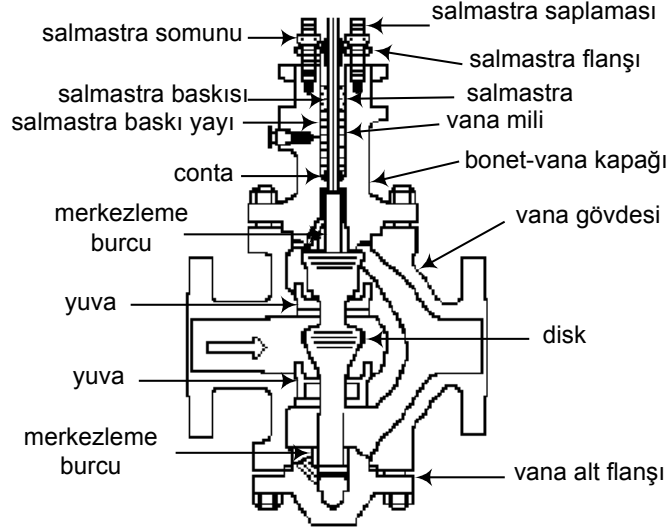
**6. Göbekten Geçmeli (Hub and Spigot Ends) Bağlantılar:** Bu tip bağlantılar daha ziyade yer altı borularında, pis su boru bağlantılarında kullanılır. Genelde kalafatlı bağlantılar adı ile anılır. Bağlanacak iki uç soket geçme prensibi ile karşılaştırılır. Soket boşlukları üstübu ile kısmen doldurulur. Bunun üstüne eritilmiş kurşun dökülerek bağlantı tamamlanır.

**7. Havşa ve Yüzüklü Bağlantılar (Flared Ends):** Bu tip bağlantılar çoğunlukla nispeten küçük çaplı bakır, plastik ve bazı çelik borularda kullanılır. Enstrümanların hava sistemlerinin bütün bağlantıları bu tiptir. Bağlantının açılması, yeniden bağlanması ve sızdırmazlık sağlanması kolaydır.

## Vanalar

Tipik bir proses fabrikasında, değişik boyut ve şekilde binlerce vana bulunur ve herbirinin dizaynı farklı olmasına rağmen temel fonksiyonları, bir akışkan akımını azaltmak veya kesmektir. Bazı vanalar tümüyle açık veya kapalı olarak kullanılır; buna "açık-veya-kapalı" servis denir. Bazılarından bir akışkanın basıncını ve akışını azaltmada yararlanır. Sadece bir yöndeki akışa veya sadece belirli sıcaklık ve basınçtaki akışa izin veren vanalar vardır. Bunların dışında akışkanın sıcaklığını, basıncını, sıvı seviyesini veya diğer özelliklerini kontrol eden vanalar da bulunur. Her durumda vana, akımı ya kontrol eder veya durdurur.

Vanalar değişik malzemelerden yapılabilir; pirinç, dökme çelik, dövme çelik, plastik ve plastik kaplı malzemeler kullanılır. Bir vana gövdesi ve iç yapısı Şekil-.21 te görölmektedir.



Şekil-.21: Bir vana gövdesi ve iç yapısının şematik görünümü.

## Vana Tipleri

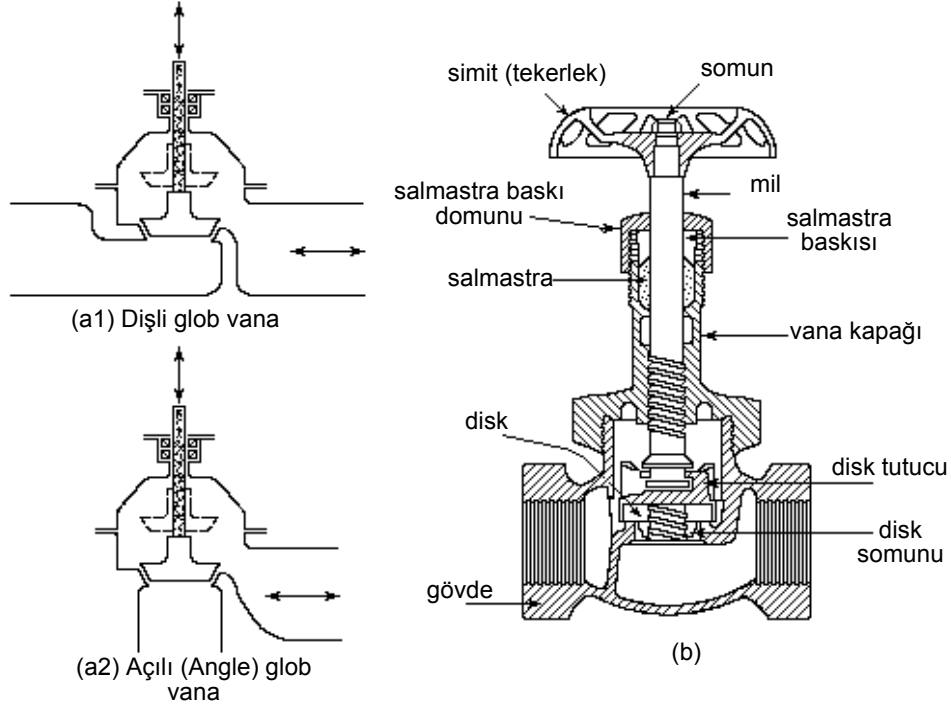
### 1. Diskli (Globe) Vanalar

"Globe" terimi, bu tip vanaların ilk dizaynında gövde kısmının küresel yapıda olmasından dolayı kullanılmıştır; bir diskin (plug) bir yuvaya (seat) oturarak akımı kapamasına globe denilmektedir. Bu gruptaki vanalar ilk dizaynlarından (açılı Y tipi, 3 yollu) uzaklaşıp değişik görünümelerde de yapılmaya başlanmıştır; ancak çalışma ilkeleri aynıdır. Düz ve açılı diskli vananın şematik görünümü Şekil-.22 (a)'da, kısımları 3.22 b)de gösterilmiştir.

Diskli vanalar, kullanımına göre iki grupta toplanabilir;

- dıştan vidalı ve boyunduruklu,
- içten vidalı.

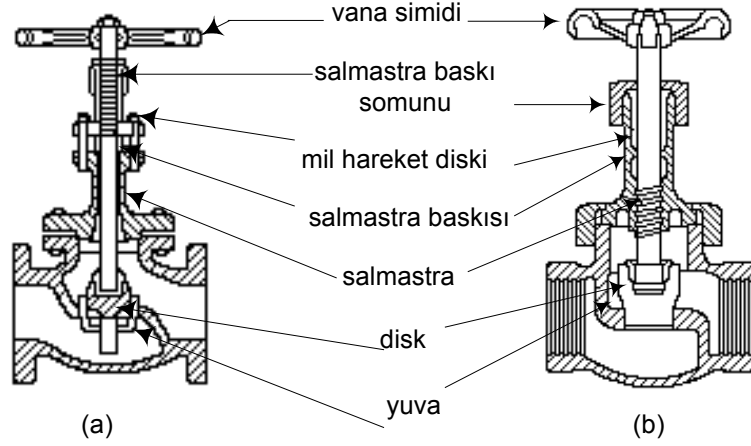




Şekil-22: Düz ve açılı bir glob vananın (a) şematik görünümü, (b) kısımları

**Dıştan Vidalı ve Boyunduruklu Diskli Vanalar:** Bu grup vanalarda çalışma mekanizması vana kapağının dışındadır. Bunlar OS ve Y (outside screw and yoke) harfleriyle tanımlanır. Vana içinden geçen akışkanla, vana milini hareket ettiren dişler birbiriyle temas etmezler. Bu tür yapı büyük çaplı vanalarda, akışkanın özelliğine bakılmaksızın kullanılabilir (Şekil- 3.23 a).

**İçten Vidalı Diskli Vanalar:** Vana mili üzerindeki dişlerin gövdedeki karşılıkları, vana kapağının içindedir; milin aşağı-yukarı hareketini sağlayan dişler, vanadan geçen akışkanla temas halindedir. Akışkan, özelliğine göre (korozif olabilir, metali aşındırıcı tanecikler içerebilir) dişlere zarar verebilir. Böyle bir durumda bu tür bir vana (Şekil-.23b), yerine OS ve Y türü bir vana uygundur.



Şekil-23: Diskli (glob) vana çeşitleri

### Disk ve Yuva:

Vanalarda disk ve yuva kullanıldığı yer ve istenilen sızdırmazlık seviyesi yönünden önemlidir. Diskli vanalarda disk ve yuvalar üç grupta toplanabilir:

- metal disk-dar konik yuva,
- tapa (plug) disk,
- karışık (kompozit) disk.

**Metal Disk-Dar Konik Yuva:** Disk yüzeyi küre parçası şeklinde ve yuvanın oturma yüzeyi koniktir. Bu yapı glob vana için çok tipik bir disk-yuva yapısıdır ve Şekil-24(a) ve 3.24(b) de pirinç ve çelik malzemeli glob vanaların kesitlerinde görülmektedir.

Böyle bir yapıda sızdırmazlığın sağlanması ve yüzeylere yeniden şekil verilmesi çok kolaydır.

Konik yuva içine giren ve yüzeyi küre parçası şeklinde olan disk ile yuva bir çizgi boyunca temas ederler. Vananın kapanması ve sızdırmazlığı bu çizgi boyunca sağlanmış olur. Küre yüzeyinin işlenmesiyle çapının küçülmesi veya konik yuva yüzeyinin temizlenmesi sonucu konikliğin açılması halinde, çizgi şeklindeki oturma yüzeyi koninin daha alt noktalarında oluşur.

Vana kapağında oturma yüzeyine yabancı partiküllerin sıkışması halinde, vana açılıp sıkışan partiküllerin akım ile sürüklenmesi sağlanmalıdır. Aksi halde sızdırmazlık için vana simidinin daha fazla sıkılması, ilave kollar ve anahtarlar ile zorlanması sonucunda yuva ile disk arasına sıkışan yabancı madde oturma yüzeyinde yuva veya disk üzerinde, çoğunlukla her ikisinde de küçük izler bırakır. Partikül uzaklaştırılmış olsa bile böyle durumlarda vanada kaçak görülür. Oluşan kaçak, bu noktada disk ve yuvayı aşındırmaya devam eder ve kısa zamanda kaçak büyür. Yüzeye sıkışan parça, malzeme kadar sert olmasa ve yüzeylerde iz bırakmamış bile olsa, disk-yuva arasında sıkışmış ise etrafından olan akışkan kaçağı malzemeyi yine de aşındırır.

Böyle durumların önlenmesi için, vananın tam sızdırmazlık temin etmemesi halinde, olanaklara göre vananın açılması, bir süre akışkanın serbestçe geçmesinin sağlanması ve sonra vananın kapatılması önerilir. İşlem tekrarlanarak yüzeye tutunmuş veya sıkışmış partiküllerin uzaklaştırılması mümkün olur. Bütün vanalar için geçerli olan bu usul ile vanaların ömürleri uzatılabileceği gibi en önemlisi teknisyen kendisinin ve prosesin emniyetini ve sürekliliğini yükseltmiş olur.

**Tapa (Plug) Diskli Vanalar:** Bu tip vanalarda,

(a) akımın küçük miktarlarının vananın çok küçük hareketleri ile ayarlanması mümkündür,

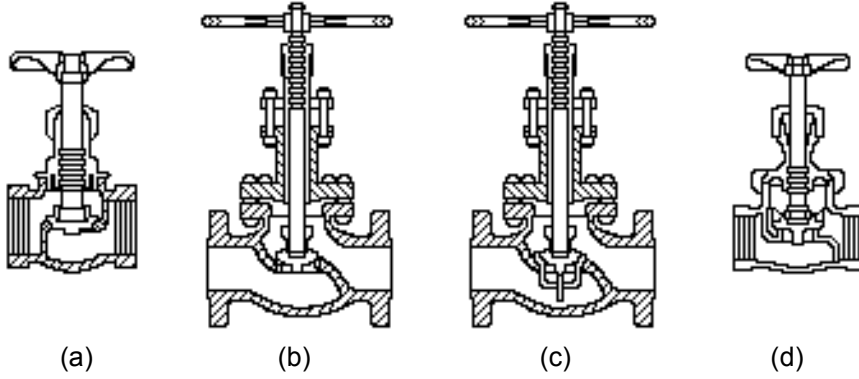
(b) disk ve yuva arasında daha geniş temas alanı olmasıyla, yüksek akım hızlarından kaynaklanan çizgi aşınması gibi olaylar en aza iner.

Ayrıca sert partiküllerin çarparak veya sıkışarak bıraktığı izler disk ve yuvanın bütün yüzeyinde yürümemiş olacağından kaçak olasılığı azdır. Bu yapıdaki vanalarda çok iyi kalite yuva malzemesi kullanılması halinde vanalar servis hayatı boyunca bakıma ihtiyaç duyulmadan kullanılabilir. (Şekil-.24c).

**Kompozit Diskli Vanalar:** Vana diskinin kolayca değiştirilebilir durumda olması en büyük avantajdır. Bunun yanında, (a) tam kapama için daha az kuvvete ihtiyaç vardır, (b) metal diskli vanalara göre kir ve yabancı maddelerden daha az etkilenir, (c) disk değiştirilerek çeşitli servislerde (su, hava, gaz gibi) kullanılabilir duruma getirilebilir.

Kompozit diskli vanaların çapları küçüktür ve en fazla 230 °C de kullanılabilir. Bu tip glob vana kapalıya yakın durumlarda, yani akım ayarlamalarında yeterli servis vermez. Kompozit diskin bu şekilde akım ayarlamalarında kullanılması halinde kırılma ihtimali metal disklere göre daha fazladır.

Belli süre çalıştıktan sonra veya küçük bir kaçak görüldüğü zaman disk değiştirilmek üzere vana servisten çıkarılır. Disk değişimi sırasında yuvanın da mutlaka kontrol edilip çizgi aşınmasının yuva yüzeyini henüz etkilememiş olduğu görülmelidir. Aksi halde yuva yüzeyinin, bu iş için yapılmış cihazlarla "paso" alınarak düzeltilmesi gerekir (Şekil-.24d).



Şekil-.24: Diskli vanalarda disk ve yuvalar.

### Glob Vananın Montajı

Glob vananın hat üzerine akıma göre hangi yönde yerleştirileceği hep görüş ayrılıkları yaratır. Akımın diskin altından gelecek şekilde yerleştirilmesi durumunda, tam kapanma konumuna gelirken vana mili üzerine büyük bir kuvvet uygulanması gerekir. Akım diskin üzerinden gelip altındaki yuvadan çıkacak şekilde yerleştirme durumunda ise, ilk açma anında vana miline büyük bir kuvvet verilmesi zorunludur.

Buhar basıncının glob vana diskinin alt tarafından doğru etkin olduğunu düşünelim. Vana kapatıldıkça çıkış tarafındaki basınç sürekli olarak düşer. Basınç düşmesine paralel olarak çıkıştaki sıcaklık da düşmeye başlar. Vana milinin buhar akımı içinde kalan kısmı bu değişikliklerden etkileneceğinden, mil soğur ve bunun sonucunda boyu kısalır. Buharın kesildiği kısımdaki hatta kalan buharın bir kısmı soğuyup yoğunlaşacağından, milin soğuması daha da hızlanır. Sızdırmazlık için diskin yuvaya bastırılması mil tarafından sağlandığından, vana milinin boyunun kısalması sonucunda kaçak meydana gelir.

Şimdi de buhar basıncının diskin üzerinden geldiğini ve vananın kapalı olduğunu kabul edelim. Vana mili sıcak buhar ile temasta olduğundan kısılması söz konusu değildir. Ancak zamanla ısı kaybı ile buharın soğuyarak yoğunlaşması sonucunda düşen sıcaklığa göre boyu kısalsa bile, disk üzerindeki buhar basıncı diski yuvaya doğru bastırmaya devam eder ve vananın kaçırması önlenir. Yüksek basınçlarda glob vananın sızdırmazlığının sağlanması daha kolaydır.

Herhangi bir şekilde vananın diski milden kurtulursa ve basınç diski üstten bastırıyorsa, böyle durumlarda vananın açılması ve akımın yeniden temini mümkün olmaz, vananın sökülüp onarılması veya değiştirilmesi gerekir. Vananın kapalı kalması hayati önem taşıyorsa veya prosesin kolayca sökülüp onarılamaz bir noktada ise, bu gibi durumlarda basınç üstten gelecek şekildeki bağlantı tercih edilmez.

Kompozit disk glob vanaların, kesinlikle akım yönü diskin altından gelecek şekilde bağlanması gerekir. Çünkü mille esnek bir bağlantıya sahip olan disk, en küçük titreşimlerde bile oynayabileceğinden üstten gelecek basınca bakmaksızın kaçırma başlar.

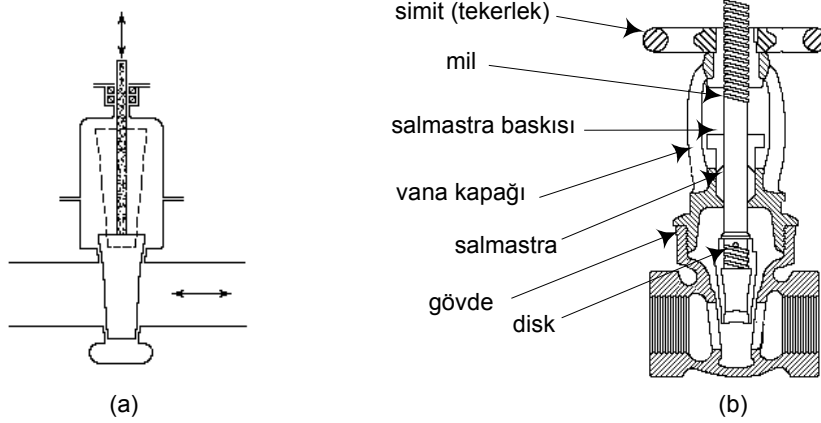
## 2. Sürgülü (Gate) Vanalar

Sürgülü vanaların, iki yüzü düzdür, borunun içini tamamen kaplayarak akım yönüne dik olarak hareket eder; böylece akışkanın yolunu açar veya kapar. Bu tip vanalar akım miktarının kontrol edilmesinde (azaltıp-artırma) kullanılmaz. Borunun açıklığı hilal şeklindedir; disk yüzü ile yuva yüzü hilalin uçlarında birbirlerine yaklaşırlar ve akışkanın türbülensinden dolayı aşınırlar.

Bu nedenle sürgülü vanalar tam açık veya tam kapalı konumda çalıştırılırlar. Bir sürgülü vananın şematik görünümü Şekil-.25 (a) da, tanımı 3.25 (b)'de verilmiştir.

Sürgülü vanalar kullanım şekline göre dört grupta toplanabilir;

- Dıştan vidalı ve boyunduruklu
- İçten vidalı ve mili hareketsiz,
- İçten vidalı ve mili hareketli,
- Kayma milli ve ani açışlı.



Şekil-25: Bir sürgülü vananın, (a) şematik görünümü, (b) kısımları.

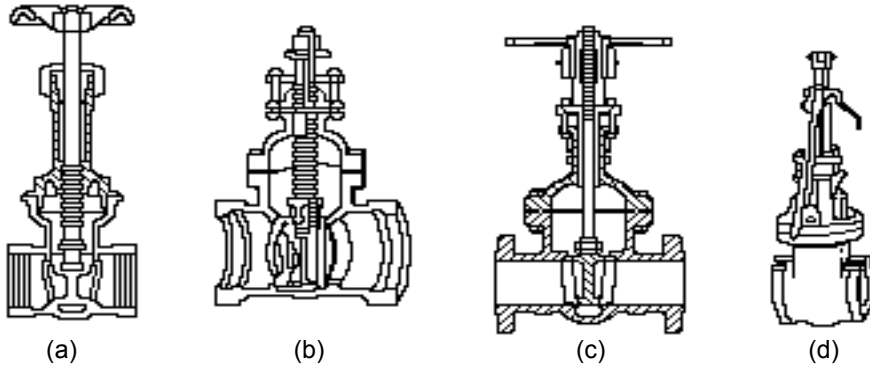
**Dıştan Vidalı ve Boyunduruklu Sürgülü Vanalar:** (a) vana simidi çevrildikçe vana mili dönmeyiz, boyunduruğun boğazından yukarı doğru yükselir. Milin vana simidi üzerine çıkan miktarı vananın açıklığını gösterir; (b) vana miline hareketi taşıyan vida vana kapağının dışında olduğundan içten gelen akımda bulunabilecek aşındırıcı maddelerle karşılaşmaz, mil üzerindeki bu vidaların kolayca bakımı yapılabilir ve yağlanabilir; (c) vanaların boyutları büyüdükçe boyunduruğun boğazına bilyalı yatak yerleştirilerek sürtünme kayıpları azaltılabilir. (Şekil-26 a).

**İçten Vidalı ve Mili Hareketsiz Sürgülü Vanalar:** (a) Vana mili aşağı yukarı hareket etmez, Şekil-26(b)'de görüleceği gibi vana simidi ile birlikte vana mili döner ve mil ucuna vida ile bağlı disk aşağı yukarı hareket eder; (b) yüksekliği çok daha az olduğundan dıştan vidalı ve boyunduruklu vanaya göre az yer kaplar; (c) mildeki vida dişleri, akışkan ortamında kalır; akışkanın temiz ve yağlayıcı özelliğinin bulunması durumunda vananın yararına olan bu yapı, aksi halde istenmeyen bir vana özelliğidir; (d) yüksek sıcaklık servislerinde kullanılamaz. Yüksek sıcaklık farklılıkları, vana parçalarında farklı boyut değişikliklerine yol açar, dişlerde eğilmeler meydana gelebilir. Böyle bir durum, kontrol edilememesi ve sürtünme sonucunda aşınmalara yol açması nedeni ile istenmez.

**İçten Vidalı ve Mili Hareketli Sürgülü Vanalar:** (a) vana milinin simit üstündeki kısmı vananın açıklığının göstergesidir; (b) dıştan vidalı ve boyunduruklu vanaya göre daha küçük vana yapımı bu şekilde mümkün olmuştur; (c) dişlilerinin a-

kışkan ile temastadır, bu durum dezavantaj gibi görülse de küçük çaplı vanalarda bundan kaynaklanan çok ciddi sorunlarla karşılaşılmamıştır (Şekil-.26 c).

**Kayma Milli ve Ani açışlı Sürgülü Vanalar:** vana mili salmastra kutusunun içinde bir kol vasıtası ile aşağı yukarı hareket eder. Böyle bir dizayn akımın aniden kesilmesi veya açılması gerektiği durumlarda kullanılır (Şekil-.26 d).



Şekil-.26: Sürgülü vana çeşitleri

### Disk Türleri

Sürgülü vanalarda iki tür disk yapısı vardır:

- kama yapısındaki diskler,
- çift diskler.

**Kama Yapısındaki Diskler:** Yekparedir ve sürgülü vanaların en çok kullanılan türüdür. Bu yapı pirinç, demir ve çelik vanalarda kullanılabilir. Vananın şematik diyagramı Şekil-.27(a)'da görülmektedir.

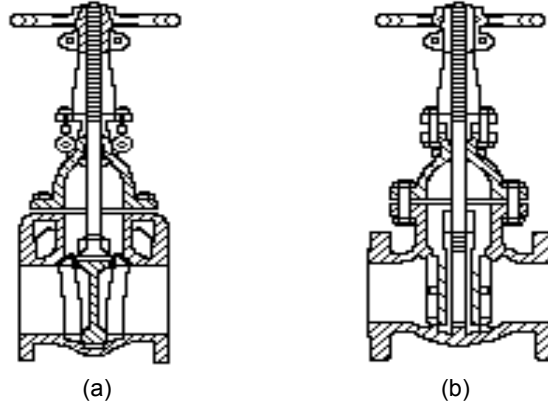
Disk in yuvaya giren yüzü de konikleştirilmiş ve işlenmiştir. Vana gövdesinde, diskin içine girdiği ve diskin oturma yüzeyi ile aynı koniklikte olan işlenmiş yüzeyli bir yuva bulunur. Vana simidinden uygulanan kuvvet ile disk yuvaya konik yüzeyler boyunca oturtulur.

Vana açılmak için disk çekildiğinde, yüzeylerin konik ve diskin aşağı-yukarı hareketinin merkezlenmiş olmasından dolayı oturma yüzeylerinin teması hemen kesilir. Böylece yüzeylerin sürtünerek aşınması önlenmiş olur.

Kama yapılı diskli sürgülü vanalar, hemen bütün servislerde başarı ile kullanılır. Ancak çok yüksek sıcaklıklarda çalışan enerji tesislerinde sürgülü vana kullanımında özel problem ile karşılaşmıştır.

Vana açıkken sıcak buhar akımının geçtiği gövdenin ısınması ile vana boneti (kapak) içine çekilmiş bulunan sürgünün (disk) ısınması aynı seviyede olmaz. Vana akımı kesmek üzere tam kapatıldığında yuva ve disk farklı olarak küçüleceğinden disk, yuva içine sıkışır. Böyle durumlarda vananın açılması çok güç olur.

**Çift Diskler:** Çift diskli bir sürgü vananın şeması Şekil-27(b)'de verilmiştir. Bu tür vanaların kullanımı da yaygındır. Bu yapıda diskin oturma yüzeyi, yuvanın yüzü üzerinde sürünerek hareket eder. Yüzler vananın bütün hareketi süresince birbiri ile temastadır. Bu hareket ile yuva yüzeyinin sürekli temiz tutulması sağlandığı halde ve disk üzerindeki yüksek basınçlarda vananın kullanımı zorlaşır.



Şekil-.27: Sürgülü vanalarda disk yapıları

Vana kapatıldığında sürgü dibe oturur. Bu esnada sürgünün ortasında bulunan eğik yüzlü iki parça birbiri üzerinde kayar, dışa doğru basınç yapar ve disklerin yuva yüzeyine yapışmasını sağlar. Bu eğik yüzlü iki parçanın çeşitli yapıda olanları bulunur; bunlara "sürgü kaması" adı verilir.

Çift diskli sürgülü vanalar su servislerinde, soğuk yağ ve gaz hatlarında kullanılmaktadır. Mühendislerin bu vanaları tercih etmeleri, geleneksel bağlılığın yanında, diğer türe göre daha kolay onarılmasıdır.



### 3. Tek Yönlü (Çek) Vanalar.

Bu tür vanalar akımın tek bir yönde geçmesine izin verecek yapıdadır. Genellikle iki grupta toplanır;

- Klapesi sallantılı çek vana (swing check valve),
- Diski dikeyine hareketli çek vana (lift check valve)

Düzgün ve amaca uygun fonksiyonlar beklenen borulama sisteminde, kendiliklerinden hareket etmeleri ve akım yönüne gösterdikleri hassasiyetten dolayı tek yönlü vanaların fonksiyonları çok önemlidir.

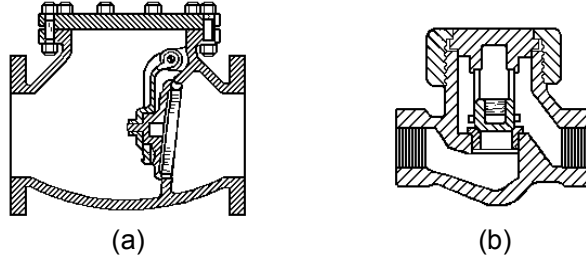
Çek vanaların diskleri akımdaki dalgalanmalara göre öne arkaya hareket eder. Akım hızına göre tam açık durum ile kapalı konum arasında akım miktarına göre gidip gelirler. Akım miktarı sabit ise klapedeki salınım da durur. Akımın kesilmesi ve ters yönde bir akım doğmaya başlaması halinde çek vananın klapesi kapalı duruma gelip ters yönde akım oluşmasını önler.

Çek vanaların sızdırmazlığı klape çıkışı ile girişi arasında doğacak basınç farkının büyüklüğüne bağlıdır. Her ne kadar akımın yön değiştirmesinde çek vana kapatırsa da, tam sızdırmazlık doğacak basınç farkına bağlıdır. Bu nedenlerle çek vanalardan bir çok durumlarda tam bir sızdırmazlık beklemek uygun ve doğru olmaz.

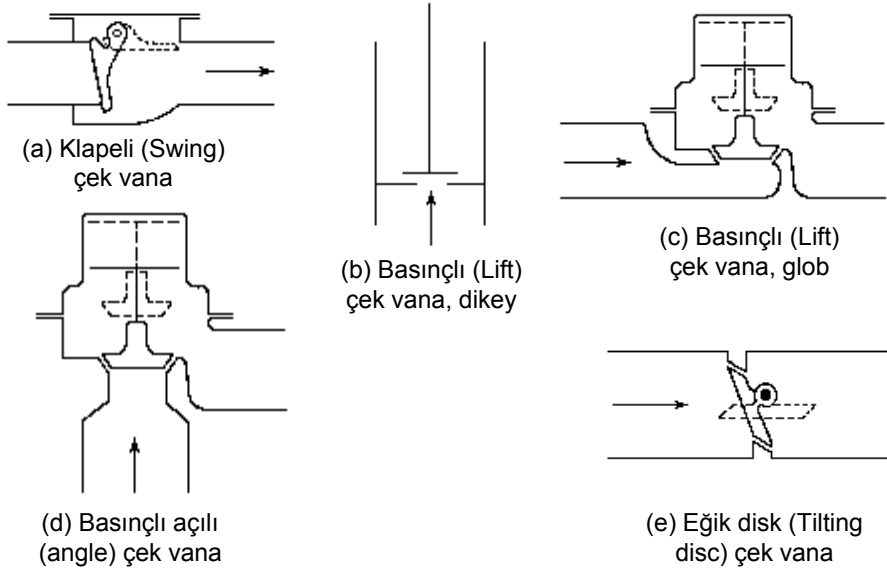
Basit ve güvenilir yapılarından ve kendiliğinden hareketlerinden dolayı elle çalıştırılan vanalara göre çek vanalar, kontrol ve periyodik bakımları açısından hep ihmale uğramışlardır.

**Klapesi Sallantılı Çek Vanalar:** Akımın vana gövdesinden geçiş şekline göre sürgülü vana yapısını andırır. Bu tip bir vananın yapısı Şekil-.28(a) da görülmektedir. Vana klapesi veya diğer vanalar ile benzerlik kurulması açısından, vana disk gövdenin içine bir pim ile asılmıştır. Böylece disk kendi ağırlığı ile aşağı doğru ve akım yönüne dik olarak yerleştirilir ve serbestçe hareket etme olanağı sağlanır. Vana yuvası, sallanabilecek durumda yerleştirilmiş klappenin akım yönüne dik pozisyonuna yakın bir konumdadır.

Bu şekilde disk yüzeyine çarpan akımın klapeyi (diski) kaldırarak vana içinden geçmesi, ancak akımın kesilmesi halinde ters taraftan basınç gelmese bile, klappenin kendi ağırlığı ile aşağı inmesi ve yuva üzerine oturarak kapanması sağlanmamış olur.



Şekil-28: Tek yönlü çek vanalar; (a) klapesi sallantılı  
(b) diski dikeyine hareketli, çek vanalar



Şekil-29: Çek vana tipleri

Akım geçerken klapenin kalkış miktarı, akım miktarı ve hızına bağlıdır. Akımdaki oynamalara göre klapenin açıklığı değişir.

**Diski Dikeyine Hareketli Çek Vanalar:** Şekil-.28(b)'de görüldüğü gibi glob vana yapısını andırır. Hattan gelen akım disk yukarı doğru kaldırır. Akımın kesilmesi halinde disk, kendi ağırlığı ile veya tersten gelebilecek basınç ile yuva üzerine oturur. Bu yapıda, glob vana gövdesine benzer yapıda bir gövde kullanılır.

Disk değiştirilebilir veya yüzeyler düzeltilmek üzere işlenebilir. Bu vanalarda en önemli husus diskin çok hassas bir şekilde merkezlenmesi gereğidir. Ancak bu durumda istenilen verim alınabilir. Glob vanalarda olduğu gibi, bu tür vanalarda da önemli derecelerde basınç düşmesi olur. Çek vana tipleri Şekil-.29'da verilmiştir.

### Özel Yapıdaki Vanalar

**Musluk (Plug) Vanalar:** Bu vanalar sürgülü vanalar gibi tam açık ve tam kapalı şekilde servis vermek üzere tasarlanmıştır. Vana kolunun  $90^0$  döndürülmesi ile vana tam açık durumuna veya tam kapalı durumuna getirilebilir. Koni şeklinde olan disk, koninin sivri ucu kesilmiş bir görünümündedir. Vana gövdesinde koni yapısındaki bu disk ile uyuşacak yekpare bir yuva mevcuttur. Bu durumda disk ve yuva birbiri içinde dönen iki koni görünümündedir. Diskin içi dikdörtgen şeklinde açılarak buradan akımın geçeceği yol oluşturulmuştur. Disk  $90^0$  çevrildiğinde bu açıklık iç tarafa döner, akımın karşısına koninin kapalı kısmı gelir ve akım kesilir.

Bu vanalar yüksek hızlı ve büyük miktarlardaki akımların hemen kesilmesini sağlarlar. Normal olarak akımı ayarlamak amacıyla kullanılmazlar. Kısmen akım ayarı gerektiği hallerde, disk üzerinde bulunan dikdörtgen şeklindeki açıklığın, baklava (eşkenar dörtgen) biçiminde olması gerekir. Musluk vanaların deliklerinin standart profili dikdörtgen şeklinde olup, boru kesit alanının %70 i kadar olacak şekilde projelendirilirler. Yuvarlak geçiş delikli musluklu vanalarda ise boru kesit alanına eşit bir alan sağlanır. Bu tip musluk vanalar yerine küresel vanalar kullanımı tercih edilir (Şekil-.30 a).

**Yağlamalı Musluk Vanalar:** Koni şeklindeki diskin alt ve üst kısmında çevresel yiv ve yuvayla temasta olan yüzeye de boylamasına yivler açılmıştır. Koninin üstündeki yivden geçen yağ düşey yivlerin içini doldurur ve koninin alt yatağına geçer. Musluğun  $90^0$  lik hareketleri ile düşey yivlerdeki yağ, disk ile yuvanın arasında ince bir tabaka oluşturur. Yağlama ile sızdırmazlıktan olumlu sonuçlar alındığı

gibi aşınma ve bozulmalar da önlenir. Disk ve yuva boşluğunun akımdan gelebilecek yabancı maddeler ile doldurulması önlenmiş olur .

**Yağlamasız Musluk Vanalar:** Açıp kapatmak için  $90^0$  lik harekete başlamadan önce basit bir kaldırma mekanizması ile disk biraz yuvadan dışarı doğru çekilir. Böylece plug ile yuva yüzeyleri birbirinden uzaklaştırılmış olur. Hareket tamamlandıktan sonra plug tekrar yuva üzerine oturur bütün yüzey temas eder.

**Küresel – Bilyalı (Ball) Vanalar:** Sürtünmeyi, dolayısıyla aşındırmayı önlemek için yüzeyler parlatılmıştır. Küresel vanaların ilk kullanım yıllarında özellikle rafinerilerde büyük boyutlarda sızdırma problemi ile karşılaşmıştır. Çünkü birbiri üzerinde hareket eden metal yüzeylerde kaçınılmaz olarak aşınmalar olmaktadır. Buna akımdan gelen kirlenici ve aşındırıcı etkenler de eklenince küresel vanaların kaçırması ciddi bir sorun olmuştur.

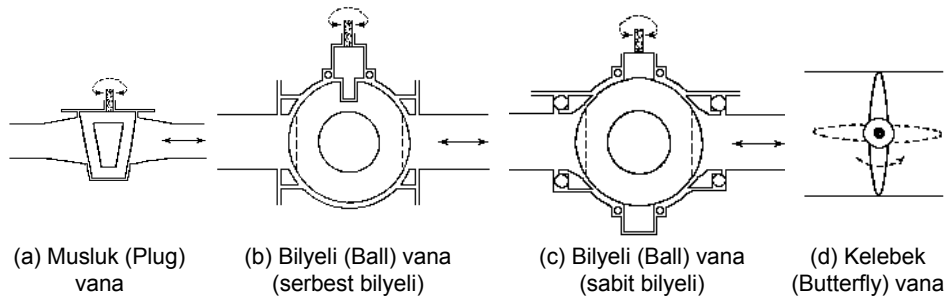
Küresel vanalar ucuz olduklarından ve açık konumunda borunun bir devamı şeklini aldıklarından, plug vanalara tercih edilir. Hemen açılması veya hemen kapanması gereken servislerde (yangın musluklar gibi) kullanılır.

Avantajları nedeni ile küresel vanaların aşınma problemi üzerinde çalışılarak yuva yüzeylerin, sürtünme dayanıklı, ancak kolay aşınmayacak ve küre yüzeyini de aşındırmayacak malzemeler kaplanması veya bu malzemelerden yapılması sağlanmıştır. Bu malzemeler çoğunlukla plastik esaslı olduğundan vanaların kullanımında bir sıcaklık sınırı doğmuştur. Genellikle en yüksek kullanım sıcaklığı  $300^0F$  olarak verilir. Ancak yuva yuva yüzeyleri grafitten yapılmış küresel vanalar  $1000^0F$  a kadar kullanılabilir. Vana milinin genellikle küre ile yekpare bir bağlantısı yoktur. Milin köşeli şekle getirilmiş ucu küre üzerinde uygun şekilde açılmış oyuya oturtulur.

Bunun yanında disk (küre) ile milin doğrudan bağlı olduğu imalat şekilleri de vardır. Bu tür bağlantılar daha ziyade vana çapı çok büyüdüğünde kullanılır (Şekil-30 b ve 3.30 c).

**Kelebek Vanalar:** Kelebek vanaların yapısı bir soba borusu içindeki duman klepesine benzer. Disk, boru iç çapındadır ve vana mili daire şeklindeki diskin çapı boyunca uzanır. Daire şeklindeki diskin çapı ile diskin içinde bulunduğu borunun çapı çakışmıştır. Mil ile disk birbirine bağlanır. Milin  $90^0$  hareketi ile daire şeklindeki disk borunun içini tamamen kaplar veya boru eksenine paralel hale gelerek tam açık duruma geçer.

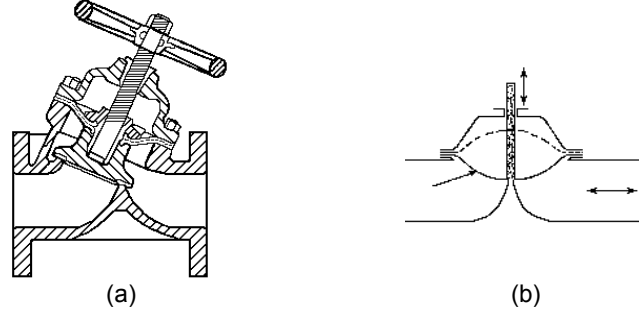
Kelebek vanalar düşük basınçlarda ve büyük hacimli akımlarda kullanılır. İçerisinde asılı maddeler bulunan sıvılarda özellikle başarılıdır. Kelebek vanalar ile kısmen akım kontrolü yapmak mümkündür. Yüksek akım miktarlarında kullanıldığından, akım ayarı yapılırken meydana gelebilecek hatanın yüzdesi düşüktür. Hızlı açış veya kapama gereken noktalarda tercih edilir. Tam kapamaya yakın bölgede kullanıldığında, disk üzerinde akımdan dolayı etkili olan kuvvetler büyür; bu nedenle, büyük vanalarda özel mekanizmalarla bu kuvvetlerin insan gücü ile kolayca yenilmesi yoluna gidilmiştir (Şekil-.30 d).



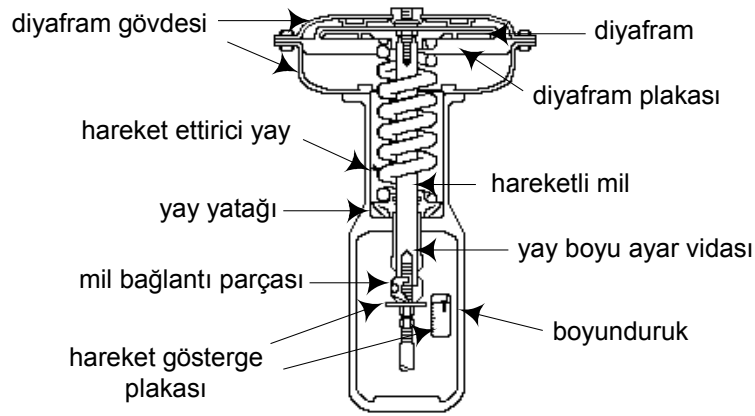
Şekil-.30: Özel yapıdaki bazı vana tipleri.

**Diyafram Vanalar:** Korozif ortamlarda ve/veya viskozitesi yüksek akışkanlarda diyafram vanalar kullanılır. Vananın çalışma ilkesi, gövde içindeki elastik bir diyaframın sıkıştırılıp bırakılmasından ibarettir. Vananın hareket eden hiç bir parçası akışkan ile temas etmez. Bir çok durumlarda, özellikle korozif ortamlarda kullanılan diyafram vanaların gövdelerinin içi korozyona dayanıklı malzeme ile kaplanır; bunun için, çoğunlukla özel tür lastik kullanılmaktadır.

Diyafram vanalar çoğunlukla açma-kapama isteyen servislerde uygundur. Vana açıldığı zaman, mil diyaframı bastırarak parçayı yukarı kaldırır. Vanaların azami kullanılma sıcaklığı diyafram malzemesinin veya gövde kaplama malzemesinin dayanabildiği sıcaklık ile sınırlanır. Şekil-.31'de bir diyafram vana ve şematik görünümü, Şekil-.32'de açma-kapama mekanizması görülmektedir.



Şekil-31: (a) Bir diyafram vana ve, (b) şematik görünümü



Şekil-32: Bir diyafram vananın açma-kapama mekanizması

### Vana Seçimi, Üretimi ve Kullanımı

Kaba ve kuvvetli görünümünü karşıyan vanalar çok hassas cihazlardır. Vanaların kullanım yerlerinin saptanması, ve fabrika tasarımlarında vana seçimi bir uzmanlık konusudur. Vananın imalatı için şartname (spesifikasyon) hazırlanması çok özel bir konu olup vananın hassasiyetini belirleyen bir alandır. Vana imalatçıları genellikle başka imalat yapmazlar, çünkü vana imalatı başlı başına özel bir daldır.

Vanaların gövdeleri, disk ve yuvaları, milleri ve diğer parçaları, kullanım yerine uygun fakat çoğunlukla farklı malzemeden imal edilir.

Vananın kullanım yerine uygun seçilmesinin yanında vana parçalarının hangi malzemeden yapılacağına doğru olarak belirlenmesi ve imalatçının da verilen şartnamelere tam uygun bir imalat yapması gerekir.

Vanaların hassasiyetlerinde imalatlarının uygun yapılması yeterli değildir. Bunların uzun süre ambar raflarında veya açık sahada montaj sırasını bekleyeceği, montajdan sonra da bir süre kullanılmaya zamanının geçmesi ihtimaline karşı, özellikle disk ve yuvalar, miller, gövdelerin içi ve dışı korozyonu önleyecek uygun bir yağ ile kaplanır.

Taşımadan önce vana kapalı duruma getirilmelidir. Taşıma-depolama-montaj sahasına sevk sırasında hasarlanmaması için vana flanşları veya kaynak uçları, milin dışarıda kalan kısımları ağaçtan veya plastikten yapılmış muhafazalar ile korunur.

Montaj sırasında vana, kaynaklı veya flanşlı hiç bir gerilime uğramayacak şekilde borulamadaki yerine konulmalıdır. Bu sırada muhafazaları haliyle çıkartılmış flanş yüzeylerinin hasarlanmaması, gövde içine yabancı maddeler girmemesi çok önemlidir.

Vanaların oturma ve sızdırmazlık yüzeyleri bir saat işçiliği gibi hassas olarak işlenmiştir. Bir vananın çalıştığı sistem içinde hassasiyeti korunmalıdır. Ancak yapıları nedeniyle yabancı maddeler tarafından kolayca zarar görebilirler. Bu nedenle montajı uygun şekilde yapılmış vananın işletmeye alınması da özel deneyim ve itina gerektirir. Vanalar servise konulmadan önce bağlantılı hatları en iyi şekilde temizlenmiş olmalıdır.

Vanaların sürekli kullanımı sırasında da büyük bir dikkat ve titizlik gerekir. Vanaların çoğunda bir simit vasıtasıyla elle açma kapama yapılır. Genellikle bu usul küçük vanalar ve düşük basınçlar için uygun bir yöntemdir. Vana büyüdükçe ve basınç arttıkça vanayı açıp kapamada mekanik bir düzeneğe gereksinim olur. Bu düzeneklerin en yaygını kanırtma manivelası ile manivela kollu anahtardır. İlk bakışta bunlar kolaylık sağlayıcı ve faydalı görülürse de uygun şekilde ve özenle kullanılmadığında vanayı tahrip eder.

Manivelalardan özellikle açış sırasında yararlanır. Bunun yanında, manivela ayarlamada vana milinin kolayca hareket ettirilmesini sağlar. Ancak vananın kapatılması sırasında manivela ile büyük bir kuvvet uygulanırsa, büyük bir olasılıkla

sızdırmazlık sağlanması yerine vanada hasar yaratılır. Bu husus kullanıcılarca çok iyi bilinmesine rağmen gene de manivela ile gereğinden fazla sıkılarak hasarlanan vanaların bir hayli çok olduğunun görülmesi, manivela kullanımında daha da dikkatli olunmasını gerektiğini göstermektedir.

Modern endüstrinin vanalara getirmiş olduğu en yeni olanaklardan biri de motorlu açma-kapama düzeneğidir. Bu cins bir mekanizmanın mahzuru, özellikle sürgülü vanalarda, vana kapalı durumda iken diskin yuva cidarına yapışıp kalmasıdır. Motorlu vanaların büyük çaplarda ve yüksek basınç dışında kullanılması, fabrika kuruluş maliyetini yükselten bir husus olduğundan manivela kullanımı hala önemini korumaktadır.

## **Metal Olmayan Boru Ve Hat Sistemleri**

### **Asbest (Amyant) Çimentosu**

Asbest-çimento boru dikişsizdir; silika ve portland çimentosunun yüksek basınç altında sıkıştırılması ve asbest lifi ile kuvvetlendirilerek kürlenmesiyle yapılır. İç yüzeyi pürüzsüzdür, aşınma yapmaz. Normal çalışma koşullarında, pH = 4.5-14 aralığındaki çözeltilerin taşınmasında kullanılır. Asbest çimento boru kırılmandır ve ıslanıldığında genişler. Bu borular yeraltı su sistemlerinde, kağıt- değirmeni çamuru ve atıklarında ve maden suyu sistemlerinde uygundur. En fazla kullanılan sıkıştırılmalı (push-on joint) eklemlerdir; bunlar sıcaklığı 65.6 °C (150 °F) ile sınırlanır. Boruların hafif olması taşınmasını kolaylaştırır, ancak kırılabilirliği nedeniyle çok dikkat gerektirir. Bu tip borular epoksi bir astarla kaplanarak korozyona dayanıklılığı artırılır.

Asbest-çimentodan bağlantı ve vanalar bulunmaz, fakat adaptörler ve eklemler vardır. Çeşitli çaplarda 100, 150, 200 lb / inc<sup>2</sup> basınca dayanıklı üç sınıf basınçlı boru, beş sınıf kanalizasyon borusu ve havalandırma borusu üretilmektedir.

### **Su ve Hava Geçirmez Grafit**

Su ve hava geçirmeyen grafitten, boru bağlantı parçaları ve vanalar yapılır. Malzeme elektrik-fırını özelliğinde grafittir; ekstrud veya kalıplamadan sonra, yapay reçinelerle dolgu (impregnasyon) yapılır. İşlemde fenolik reçineler kullanıldığında, hidrofluorik asit dahil bütün asitlere, tuzlara ve organik bileşiklere dayanıklı bir malzeme elde edilir. Modifiye fenolik reçinelerle dolgulandırıldığında kuvvetli alkaliye ve oksitleyici maddelere karşı direnç sağlanır. Kullanılabilir gerilme kuvveti



2500 lb / in<sup>2</sup> nin altında, elastik modülü 2200000 lb / i nc<sup>2</sup> dir. Isıl şoklara çok dayanıklıdır. En yüksek çalışma sıcaklığı 340 °F (171 °F) dır. Üretilen malzemeler 171 °C de 50 lb / in<sup>2</sup> den 21 °C de 75 lb / in<sup>2</sup> lik çalışma basıncına göre dizayn edilmiştir.

### **Çimento Kaplamalı Çelik**

Çimento-kaplamalı çelik boru, çelik borunun özel bir çimentoyla kaplanmasıyla yapılır. Taşıdığı akışkanın demirle kirlenmesini, su taşınmasında korozyonu ve bakteri üremesini engeller. 3 / 4-4 in aralığında dişli borular bulunmaktadır.

4 in.den büyük çimento-kaplı karbon çelik boru flanşla veya kaynaklı uçlarla bağlanır. Kaynak, kaplamayı bozmaz.

### **Kimyasal Malzemeler**

Asite dayanıklı kimyasal-çömlek malzemeden yapılan boru ve bağlantılar, hidroflorik asit dışında pek çok asit, alkali ve diğer korozif maddelere dayanır. En çok kullanılanları çan-ve-musluk (bell- and-spigot) eklemler ve düz-karşılıklı uçlu (kafa kafaya, plain-butt ends) borulardır. Düz karşılıklı uçlu borularda çimento-lanmış flanşlar ve bağlantı için bir conta bulunur. Orta basınçlı kimyasal-çömlek boru, furan reçinesiyle kuvvetlendirilmiş cam yünü ile kaplanarak ta kullanılır.

### **Camlaştırılmış - Kilden Kanalizasyon Borusu**

Bu borular, hidroflorik asit dışındaki çok seyreltik kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Kanalizasyon, endüstriyel atık ve yağmur suyu kanalları için uygundur. Dirsek, Y-çatal, Te, düşürücü, yükseltici bağlantılar yapılır. Eklem parçaları sıcak-dökme veya soğuk-macun (mastik) tiptedir; her ikisi de kil yüzeyine sıkıca yapışır, fakat yere konulduğunda bile herhangi bir sızıntıya neden olmayacak derecede esnektir. Kafa-kafaya eklemlerin dışında ve çan tipi eklemlerin içinde bitümlü veya plastik malzeme bulunan borular da yapılmaktadır.

### **Beton**

Kuvvetlendirilmiş ve kuvvetlendirilmemiş betondan yapılmış atık boruları bulunur. Kuvvetlendirilmemiş olanlar 4-24 in boyutlarındadır ve dökme eklem uçludur. Kuvvetlendirilmiş beton borular yağmur suyu ve atık kanalları olarak kullanılır, dökme veya basınçlı eklem uçludur. Bunların 12-108 in. aralığını kapsayan beş

kuvvetlendirme sınıfı bulunur. Bazıları (basıncı eklemli olanlar hariç) 45 lb / in<sup>2</sup> lik su basıncına dayanır. Daha yüksek su basınçlarında burunun duvarına 1/16 in. kalınlığında çelik bir silindir gömülerek herhangi bir çatlama sızıntı yapması önlenmiş olur. Betondan yapılmış bağlantı parçaları da vardır. Beton borulama sistemleri özel tuzla-perdahlanmış çamsı-kil levhalarla kaplanır, dökme asfalt eklemlerle bağlanabilir.

### **Cam Boru ve Tüpler**

Bu tip malzemeler, ısı ve kimyasal maddelere dayanıklı borosilikat camdan üretilir. Bunlar asitlere ve alkalilere (PH < 8) çok dayanıklıdır, hidrofluorik ve susuz fosforik asitten etkilenir.

Konik flanşlı cam borular 6 in-10 ft uzunluğa kadar yapılmaktadır. En yüksek çalışma basıncı, 3 inçlikte 50 lb / in<sup>2</sup>, 4 inçlikte 35 lb / in<sup>2</sup>, 6 inçlikte 20 lb / in<sup>2</sup> dir. Komple bağlantı parçaları bulunabildiği gibi, sipariş üzerine üretim yapılabilir. Isıl-genleşme gerilimleri teflon genleşme eklentileri kullanılarak azaltılır. Taşıma ve yerleştirmede özel özen gerekir; herbir 10 ft uzunlukta 1 ft lik kısım yerleşim yerine oturtulmalıdır.

Cam borular bir epoksi-reçinesi (kuvvetlendirici) ile kaplanarak ta kullanılır. Ayrıca bilyalı kaplinler takıldığında 150 lb / in<sup>2</sup> ye dayanıklı hale gelirler.

### **Cam Kaplı Çelik Boru**

Camla kaplanmış çelik borular, hidrofluorik asit dışında tüm asitlerden ve PH = 12 ye kadar alkalilerden, 212 °F a (100 °C) kadar etkilenmez. Ani sıcaklık değişimleri olmaması halinde, özel tipleri 300 lb / in<sup>2</sup>, standart tipleri 150 lb / in<sup>2</sup> basınca ve 450 °F (232 °C) sıcaklığa dayanır. Cam kaplamanın kalınlığı 3/64 in kadardır. 1.5-12 inçlik boyutlarda üretilir; daha büyükleri istendiğinde sipariş edilmesi gerekir.

### **Kimyasal Porselen Boru**

Kimyasal porselen malzemeden boru, bağlantı parçaları ve vanalar yapılır; bunlar 2250 °F (1232 °C) de fırınlanır. Hidrofluorik asit ve alkaliler için uygun değildir, fakat tüm asitlere karşı dirençlidir. Yüzey perdahlanmıştır, dolayısıyla kolay temizlenir. Çalışma basınçları, vanalar ve borularda 50 - 100 lb / in<sup>2</sup> sıcaklık 400 °F (204 °C) nin üstündedir; ancak ısı şoklarından kaçınılması gerekir.

Yüksek gerilme kuvveti olan asite dayanıklı çimento ile dökme-demir flanşlar porselene bağlanabilir. Flanşlı kimyasal porselenden 90° ve 45° lik çatal, Te, düşürücü, başlık ve Y şeklinde diskli vanalar yapılabilir.

### **Ergitilmiş Silika veya Ergitilmiş Kuvartz**

Bu malzeme %99.8 silisyum dioksit içerir, bulanık (opak) veya geçirgen (transparan) boru ve tüp üretiminde kullanılır. Erime noktası 1710 °C, gerilme kuvveti 7000 lb / in<sup>2</sup> dolayında ve öz ağırlığı 2.2 kadardır. Bunlardan yapılan boru ve tüpler sürekli 1000 °C ye, aralıklı olarak 1500 °C ye kadar sıcaklıklarda kullanılabilir. En önemli özelliği yüksek sıcaklıklarda pek çok kimyasal maddeyi kirlenmeden taşıyabilmesidir; ısı şoka dayanıklıdır ve yüksek-sıcaklıkta elektriksel yalıtım özelliği vardır.

Geçirgen tüplerin iç çapları 1-125 mm, uzunlukları 20 ft kadar olabilir. Silikanın veya kuvartzın özelliklerine göre bu değerler ½ - 2 in. ile ½ - 24 in. aralığındadır.

### **Ağaç ve Ağaç-Kaplı Çelik Boru**

Çam, köknar, kırmızı-cam ve selvi boru üretiminde kullanılan ağaç türleridir. Ağaçla kaplı çelik borular 180 °F (82 °C) a kadar kullanılabilir. Çalışma basıncı 4 in.likte 200 lb / in<sup>2</sup>, 10 inçlikte 125 lb / in<sup>2</sup> ve 10 inçten büyük boyutlarda 100 lb / in<sup>2</sup> dir.

Toprak altındaki sistemlerde ağaç-şeritlerden yapılmış (fıçı tahtası gibi) borular önerilir. Bunlar dört ayrı basınca göre üretilir: 43, 86, 130, 172 lb / in<sup>2</sup>. Ancak çalışma basıncının bu değerlerin % 60 ını geçmemesi uygun olur. Boru sistemi, çoğu kez kalın bir asfalt ve testere talaşıyla kaplanır. Uzunlukları çeşitli olabilir; en fazlası 16 inçtir. Eklemler yuva (zıvana) ve erkek tiptir. Asfalt kaplamayla veya doğrudan galvanizli bakır veya paslanmaz çelik şeritler kullanılarak sistem kuvvetlendirilir.

Kare ağaç boru, beyaz çamdan ve yuva-erkek eklemlerle yapılır. Ağaç borularda kullanılan bağlantı parçaları dökme demir, ağaç ve ağaç-kaplı çeliktir.

### **Plastik-Kaplı ve Kauçuk-Kaplı Çelik Boru**

Polimerlerin, çelikle kıyaslandığında, yüksek sıcaklıklardaki gerilme kuvvetleri daha düşük ve ısı genleşmeleri daha yüksektir. Bu nedenle borulama sistemlerinin çeşitli polimerik malzemeden yapılması yerine, çelik borunun polimerle kap-

lanması tercih edilir. İç kısmı polimer dışı çelik olan boruda flanşlı bağlantılar kolaylıkla yapılır ve yüksek sıcaklık ve basınçlarda çalışılabilir. Çap 1 - 8 in aralığındadır. Bu tip sistemlerde 125 lb dökme demir, 150 lb çekme demir ve 300 lb çelik flanşlar kullanılır. Kaplama, borunun üretimi sırasında yapılır. Uzunluk 20 ft kadar olabilir. Bu yöntemle diyafram, çek ve musluk vanalar yapılmaktadır.

Bazı firmaların bu amaçla kullandıkları polimerler aşağıda verilmiştir.

**Saran (Dow Chemical Corp.):** Poliviniliden klorür kaplama malzemesidir; hidroklorik asite çok dayanıklıdır. En yüksek çalışma sıcaklığı 200 °F (93.3 °C) dir.

**Polipropilen (Hercules, Inc.):** Sülfürik asit servislerinde kullanılır; %10-30 konsantrasyon ve 200 °F sıcaklığa dayanır. Konsantrasyon % 50 - 93 olduğunda, sıcaklık 150 - 75 °F a düşürülmelidir.

**Penton (Hercules, Inc.):** Klorlandırılmış polieter astardır; hidroklorik, hidrofluorik ve sülfürik asit taşınmasında kullanılır, 250 °F (121 °C) a dayanır.

**Kynar (Pennsalt Chemical Corp.):** Viniliden klorür astarlardır ve %50 lik hidroflüorik asit dahil pekçok kimyasal maddenin taşınmasında uygundur. Kullanım sıcaklığı 300 °F (149 °C) dir.

Kauçuk-kaplı boru en fazla 20 ft (6.1 m) uzunluğunda, dikişsiz, düz-kaynaklı ve bazı tipleri spiral-kaynaklı olarak çeşitli doğal ve yapay kauçuk malzeme ile üretilir. Kauçuğun tipi, borunun kullanım ortamına göre seçilir. Genelde aşınmaya karşı direnç istendiğinde yumuşak, genel amaçlarla yarı-sert ve çok şiddetli koşullar için sert kauçuk türleri seçilir. Kaplama kalınlığı 1/8 - 1/4 inç arasında değişebilir. Dökme-çelik, çekme-demir ve dökme-demir malzemelerden kauçuk kaplı flanşlar ve bağlantı parçaları yapılır.

Kauçuk kaplı boru 175 °F (79.4 °C) a kadar sıcaklıklarda en fazla %50 lik hidroklorik asit taşınmasında uygundur. Karbon disülfür için de kullanılabilir (çevre ısısında).

TFE (politetrafluoroetilen) ve FEP (fluoroetilen polimeri) kaplanmış çelik boru 1-12 in çapta ve 20 ft uzunlukta olabilir. Bu astarlar her cins ve her konsantrasyondaki asit, alkali ve çözücülere dayanıklıdır. Üst çalışma sıcaklığı TFE için 400 °F (204.4 °C), FEP için 300 °F (149 °C) dir. Bu malzemelerle kaplanmış 150 lb çekme-demir flanşlar ve vanalar bulunmaktadır. Astarın yüzeyde yapıştırmama özelliği, viskoz veya yapışkan maddelerin taşınmasına olanak verir. Kaplama kalınlığı, borunun çapına göre değişir.

## **Plastik Boru**

Diğer boru malzemelerinin tersine plastik boru iç ve dış korozyondan etkilenmez, kolaylıkla kesilir ve bağlanır, diğer malzemelerle temas ettiğinde galvanik korozyona uğramaz. Kullanım sıcaklığı ve gerilme kuvveti düşüktür. Uygun olmayan akışkanlar taşıdığında plastik boru yumuşar. Işıl genleşme katsayısı yüksektir.

Sıcaklık yükseldiğinde plastik boruların çoğunda gerileme özelliği hızla düşer. Güneş ışığı veya yakınında bulunan sıcak malzemeler plastik boruyu etkiler.

Plastik boru çeşitli boyutlarda olabilir. Eklemlerde Sch 40 ve 80 malzeme kullanılır. Bazı plastikler birkaç derecede üretilir; bunların gerilim sınırları bir faktöre göre değişir. Örneğin, aynı plastikten yapılmış en kuvvetli dereceli 1/2 inçlik Sch 40 boru, en zayıf dereceli 1/2 inçlik Sch 40 borunun dayandığı iç basıncın dört katına dayanır. Bu nedenle plastik boru endüstrisi standart boru ebatlarına göre çalışmaya özen gösterir. Su servisinde kullanılan plastik boru için dizayn gerilimi, uzun-sürekli patlama testi ile saptanan değer in yarısı kadardır.

ASTM ve bu kuruluşun bir bölümü olan Plastik Boru Enstitüsü, plastik boruların tanımlanması için bir sistem geliştirmiştir. Tanımlamada kullanılan harf ve sayılardan ilk gruptaki harfler plastiği tarif eder; bunun izleyen iki sayı plastiğin derecesini, son iki sayı dizayn gerilimini gösterir.

Plastik boru üretiminde kullanılan en yaygın plastikler polietilen (PE 42 in ve daha küçük), polivinilklorür (PVC) ve klorlu polivinil klorür (CPVC, 12 in ve daha küçük), polipropilen (PP), 1/2-6 in ve Sch 40-80) dir.

## **Kuvvetlendirilmiş Termoset Boru**

Cam dolguyla kuvvetlendirilmiş epoksi reçineler oksitleyici olmayan asitlere, alkalilere, tuzlu suya ve korozyon gazlarına dayanıklıdır. Bu tür borular oda sıcaklığında plastik borulardan

bir kaç kez daha kuvvetlidir. Sıcaklığın yükselmesiyle kuvveti azalmaz ve 300 °F (149 °C) a kadar direncini korur. Cam dolgu boru 2-12 in ebatlarında üretilmektedir. Sch 40-80 et kalındığındaki dizaynlar 80 °F (27 °C) a kadar, çelik boruya yakın seviyelerdeki basınca dayanır, ancak 180 °F (82 °C) de dayanabildiği basınç yarıya düşer.

Cam dolgulu termoset boru 20-40 ft (6-12 m) uzunluğunda üretilir. Birleştirmede iki-bileşenli çimento kullanılır. Çimentonun kürlenmesi ısıya karşı hassastır; 200 °F (93.3 °C) da 45 dakika, 50 °F (°C) da 24 saatte tamamlanır. Metalik borulama sistemlerine bağlamada sadece flanşlı eklemler uygundur. Diğer plastiklerle kıyaslandığında "yerleştirme fiatı/boru fiatı" oranı daha yüksektir.

Epoksi reçineler yüksek sıcaklıklarda, poliester reçinelere göre daha kuvvetlidir, fakat bazı akışkanlar epoksilere daha fazla etki ederler. Bazı cam dolgulu epoksi reçine borular, poliester bir reçineyle kaplanarak kullanılır.

Cam dolgulu reçineden yapılan boruların ısıl genişleme katsayıları karbon çeliğinden daha yüksek, fakat plastiklerden daha düşüktür.

**Camla-Kuvvetlendirilmiş Poliester Reçinesi:** Bunalar epoksi tiplere benzer. Çeşitli poliester türleri vardır; bisfenoller kuvvetli asit ve alkalilere dirençlidir, 2-12 in ve 0-220 °F (-17.8 - 104.4 °C) uygun olarak üretilir, fakat çaplar standart değildir.

**Camla-Kuvvetlendirilmiş Furan Reçinesi:** Asitler, alkaliler ve klorlu organik çözücülere dayanıklıdır ve kullanım sıcaklığı en fazla 280 °F (137.8 °C) dır. Boru ve bağlantı parçalarında 1.5 - 4 in aralığı için 60 lb / in<sup>2</sup>, 6 - 8 in aralığı için 45 lb / in<sup>2</sup> lik, 10-12 in için 30 lb/in lik basınç uygulanabilir. Et kalınlığı 1.5-4 in borularda 1/2 inç, 6 inçlikte 5/8 in, 8-12 inçliklerde 3/4 inçtir.

Çeşitli eklemler, bağlantı parçaları ve boruların üretiminde, özellikle hidroklorik asite dayanıklı olan Haveg 41 asbestle kuvvetlendirilmiş fenolik reçineler ve ıslak klora karşı Haveg 31 fenolik reçineler kullanılmaktadır.

Metal olmayan boru ve hat sistemlerinin nominal boyut, uzunluk, iç çapı, dış çapı, et kalınlığı, sınıf, derece gibi değerlerini gösteren tablolar ilgili kitap ve dokümanlardan bulunabilir.