

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

MOTORLU ARAÇLAR TEKNOLOJİSİ

ARAÇLARDA PNÖMATİK SİSTEMLER

Ankara, 2014

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. PNÖMATİK PRENSİPLER	3
1.1. Pnömatiğin Tanımı.....	3
1.1.1. Endüstrideki Yeri ve Önemi	3
1.1.2. Pnömatiğin Uygulama Alanları	4
1.2. Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri.....	4
1.3. Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması	5
1.4. Pnömatiğin Temel Prensipleri.....	6
1.4.1. Boyle-Mariotte Kanunu'nun Tanımı	7
1.4.2. Gay-Lussac Kanunu'nun Tanımı.....	9
1.5. Pnömatik Devrelerin Ana Kısımları	11
1.6. Pnömatik Sistemlerde Havanın Hazırlanması.....	13
1.6.1. Kompresörler	13
1.6.2. Havanın Hazırlanması	21
1.7. Şartlandırıcılar.....	31
1.8. Manometreler	32
1.9. Susturucular	32
1.10. Basınç Anahtarı.....	33
1.11. Borular ve Hortumlar	33
1.11.1. Birleştirilmesi	36
1.11.2. İç Çaplarının Belirlenmesi	38
1.11.3. Basınç Düşmesi	38
UYGULAMA FAALİYETİ	40
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	42
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	44
2. PNÖMATİK SİLİNDİRLER	44
2.1. Görevleri ve Simgesi.....	44
2.2. Çeşitleri ve Simgeleri.....	45
2.2.1. Tek Etkili Silindirler	45
2.2.2. Çift Etkili Silindirler	46
2.2.3. Tandem Silindirler	46
2.2.4. Teleskopik Silindirler	47
2.2.5. Döner Silindirler	47
2.2.6. Özel Silindirler	47
2.3. Silindir Elemanları	47
2.3.1. Silindir Gömleği	48
2.3.2. Piston	48
2.3.3. Piston Kolu	48
2.3.4. Sızdırmazlık Elemanları	49
2.4. Silindirlerde Yastıklama	49
2.5. Silindirlerde Kuvvet İletiminin Hesaplanması.....	49
UYGULAMA FAALİYETİ	54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	57
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	59

3. PNÖMATİK MOTORLAR	59
3.1. Görevleri	59
3.2. Çeşitleri	60
3.2.1. Pistonlu Pnömatik Motorlar	60
3.2.2. Dişli Çarklı Pnömatik Motorlar	62
3.2.3. Türbin Tipli Pnömatik Motorlar	62
UYGULAMA FAALİYETİ	64
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	65
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	66
4. PNÖMATİK VALFLER	66
4.1. Görevleri	66
4.2. Çeşitleri	67
4.2.1. Akış Kontrol Valfleri	67
4.2.2. Basınç Kontrol Valfleri	68
4.2.3. Yön Kontrol Valfleri	69
UYGULAMA FAALİYETİ	80
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	82
ÖĞRENME FAALİYETİ-5	84
5. PNÖMATİK DEVRELER	84
5.1. Pnömatik Devre Elemanlarının Simgeleri	84
5.2. Pnömatik Devre Çiziminde Dikkat Edilecek Hususlar	88
5.3. Tek Etkili Silindirin Çalıştırılması	89
5.4. Çift Etkili Silindirin Çalıştırılması	90
5.5. Çeşitli Pnömatik Devre Çizimleri	91
5.6. Hidro - Pnömatik Devreler	95
5.6.1. Hidro-Pnömatik Devrelerin Endüstride Kullanım Alanları	95
5.6.2. Hidro-Pnömatik Basınç Yükselticiler ve Hesaplamaları	96
5.6.3. Hidro-Pnömatik Devre Örnekleri	99
UYGULAMA FAALİYETİ	101
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	104
ÖĞRENME FAALİYETİ-6	106
6. PNÖMATİK DEVRELERİN BAKIMI	106
6.1. Günlük Bakımlar	107
6.2. Haftalık Bakımlar	107
6.3. Aylık Bakımlar	107
6.4. Altı Aylık Bakımlar	107
UYGULAMA FAALİYETİ	108
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	109
MODÜL DEĞERLENDİRME	110
CEVAP ANAHTARLARI	115
KAYNAKÇA	118

AÇIKLAMALAR

ALAN	Motorlu Araçlar Teknolojisi
DAL/MESLEK	Alan Ortak
MODÜLÜN ADI	Araçlarda Pnömatik Sistemler
MODÜLÜN TANIMI	Pnömatik sistemlerle ilgili hesapları, sistem elemanlarının çalışma prensiplerini, proje çizim ve uygulamalarını, sistemin elemanlarının bakım ve onarımlarını yapabilecek bilgi ve becerinin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	Ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Motorlu araçlarda pnömatik sistemler ile ilgili işlem ve hesaplamaları yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Pnömatik terimleri, pnömatik hesaplamaları yapabilecek, pnömatik sembolleri öğrenip pnömatik çizimleri yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Havanın hazırlanması ile ilgili hesapları yapabileceksiniz.2. Pnömatik silindirler ile ilgili hesapları yapabileceksiniz.3. Pnömatik motorların tipini ve özelliklerini belirleyebileceksiniz.4. Pnömatik valfleri sembolleri ile ifade edebileceksiniz.5. Pnömatik devre çizebileceksiniz6. Pnömatik devrelerin bakımını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Hidrolik-Pnömatik laboratuvarı, teknoloji dersliği Donanım: Hidrolik ve Pnömatik eğitim seti, Bilgisayar, Projeksiyon cihazı.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Pnömatik sistemler otomotiv sektöründe olduğu gibi endüstrinin neredeyse her alanında kullanılmaktadır. Bunda Pnömatik sistemlerin kendine özgü avantajları ve diğer sistemlerden daha temiz ve maliyet açısından ekonomik olması büyük rol oynamaktadır.

Pnömatik sistemlerde basınçlı havanın bir enerji olarak kullanılması endüstriyel çalışmalara da büyük katkılar sağlamıştır. Diğer enerji türlerinin petrole dayalı kaynaklardan elde edilmesi hem maliyet hem de çevre sağlığı açısından birçok olumsuzluğu da beraberinde taşımaktadır. Pnömatik sistemler çevre dostu sistemler olarak da bilinmektedir.

İmalat aşamasından başlayarak; fren, süspansiyon, ısıtma havalandırma ve bakım onarım başta olmak üzere otomotiv sektörü de pnömatik sistemleri çok yönlü olarak kullanmaktadır. Bu nedenle pnömatik sistemler otomotiv sektöründe yer alan her teknik elemanın bilmesi gereken sistemlerin başında gelmektedir. Tabii burada sadece sistemi bilmek değil; aynı zamanda sistemi oluşturan elemanların ne olduğunu, elemanların nerede ve ne amaçla kullanıldığını da iyi bilmek gerekiyor.

Bu nedenle modülün sizler tarafından iyi bir şekilde öğrenilmesi ve uygulamaların titizlikle yapılması gerekmektedir. İlk bakışta zor gibi görünen pnömatik sistemin, konular ilerledikçe hiç de zor olmadığı anlaşılacaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Havanın hazırlanması ile ilgili hesapları yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Pnömatik sistemler endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Otomotiv sanayinde pnömatik sistemlerin hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız.
- Araçlarda kullanılan kompresör çeşitlerini araştırarak rapor hâlinde sununuz.

1. PNÖMATİK PRENSİPLER

1.1. Pnömatiğin Tanımı

Pnömatik, gaz basıncı ile çalışan, hareket eden makine demektir. Endüstride, basınçlı ve kontrol edilebilen gaz ile çalışan sistemlere de “Pnömatik Sistemler” denir.

“Pnömatik” kelimesi, rüzgâr ya da nefes anlamına gelen eski Yunan dilinde bir kelimedenden türetilmiştir. Önceleri, “Pnömatik” kelimesi yalnızca, hava akışını ifade etmek için kullanılırdı. Günümüzde ise bu kelime, basınçlı bir sistemdeki herhangi bir gazın akışı için kullanılmaktadır.

Endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan gaz, hava olmakla beraber karbondioksit ve azot gibi gazlar da kullanılabilir.

1.1.1. Endüstrideki Yeri ve Önemi

Basınçlı hava endüstride bir enerji çeşidi olarak eskiden beri kullanılmaktadır. Madencilikte, otomotiv sektöründe, demiryollarındaki havalı frenlerde uzun zamandan beri havadan yararlanılmaktadır. Endüstriyel alanda yaygınlaşması ise 1950 yıllarından sonra başlar.

Neredeyse tüm endüstriyel tesisler bir tür akışkanın enerjisinden faydalanan güç sistemleri kullanırlar. Bu sistemlerde iş basınç altında bulunan akışkanın davranışlarından faydalanılarak elde edilir. Enerjinin gün geçtikçe daha maliyetli olması karşısında akışkanlardan elde edilecek enerjinin düşük maliyeti endüstri için vazgeçilmez öğelerden

birisidir. Pnömatik enerjinin kaynağı olan havanın da atmosferde sınırsız olarak bulunması, pnömatik sistemleri oldukça önemli kılmaktadır.

Pnömatik sistemlerin iş yapma biçimlerinden bazıları; havalı el aletlerinin, doğrusal hareket cihazlarının, kapı açma sistemlerinin ve döner hareketli cihazların çalıştırılmasını içerir. Robot teknolojisi, kaldırma cihazları, konveyörler, kimyasal işlem cihazları ve büyük kapasiteli iklimlendirme (klima) sistemlerinde mevcut akış valflerinin kontrolünde de pnömatik sistemlerden faydalanılır.

1.1.2. Pnömatiğin Uygulama Alanları

Pnömatik endüstrinin bütün alanlarında kullanılmakla birlikte hızlı hareketin fakat küçük kuvvetlerin yeterli olduğu yerler ile temizlik ve emniyetli çalışmanın gerektiği şartlarda tercih edilir.

Endüstrinin hemen hemen bütün alanlarında işin sıkılması, gevşetilmesi, ilerletilmesi, doğrusal ve dairesel hareketlerin üretilmesi gibi çeşitli işlemler pnömatik sistemlerden yararlanıldığında daha ekonomik olmakta ve çok hızlı hareketler üretilebilmektedir.

Bir sanayi tesisinde bulunan bir pnömatik sistemde genellikle basınçlı hava kullanılır. Bu basınçlı hava vasıtasıyla; matkap, sıkma anahtarı, talaş kaldırma aletleri gibi havalı el aletleri ile birlikte mengene, torna aynası ve diğer sıkma aparatları çalıştırılır. Basınçlı hava, sıcak metal kalıplı döküm ve plastik kalıplama makinelerinin çalıştırılması ve ayrıca, imalat işlemlerinde kullanılan havanın temini için de kullanılır. Bütün bu aletler basınçlı havayı işe dönüştürür.

Pnömatik sistemlerin kullanıldığı başlıca sanayi dalları şunlardır:

- Otomasyon sistemlerinde,
- Otomotiv sanayinde,
- Robot teknolojisinde,
- Tarım ve hayvancılık sanayisinde,
- Nükleer güç santrallerinde,
- Madencilik ve inşaat endüstrisinde,
- Gıda ve kimya sanayisinde,
- Petrol sanayisinde,
- Cam sanayisinde,
- Metal işleme sanayisinde,
- Montaj sanayisinde,
- Ağaç işleri endüstrisinde,
- Kâğıt ve deri endüstrisinde,
- Tekstil ve ayakkabı sanayisinde,
- Makine ve takım tezgâhlarının konstrüksiyonlarında,
- Taşıma alanlarında kullanılır.

1.2. Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri ve Olumsuz Yönleri

➤ **Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri;**

- Pnömatik enerjinin kaynağı olan hava, atmosferden sınırsız olarak elde edilebilir.
- Basınçlı hava uzak mesafelere taşınabilir.
- Basınçlı hava ısı değişmelerine karşı duyarlı değildir, ateş alma tehlikesi olmadığı için sıcak ortamlarda emniyetle kullanılabilir.
- Hava temizdir, meydana gelen sızıntılar çevreyi kirletmez ve pislik yapmaz. Bu nedenle kâğıt, ilaç, gıda, tekstil, deri ve kimya sanayisinde tercih edilir.
- Pnömatik sistemlerin tercih edilmesinin en büyük nedeni diğer hidrolik ve elektrik hareket sistemlerine göre çok yüksek hızlara ulaşabilmeleridir. **Böylece düşük verimlerini (%25-%40) hızlarıyla kapatırlar.**
- Aşırı yüklenmelere karşı emniyetlidir.
- Hız ve üretilen kuvvet değişik değerlere ayarlanabilir.

➤ **Pnömatik Sistemlerin Olumsuz Yönleri**

- Pnömatik sistemlerde kullanılan enerjinin (hava-gaz) sıkıştırılabilir olması nedeniyle, piston hızını her zaman istenilen değerlerde elde etmek, bütün şartlarda aynı düzeyde tutmak mümkün olmaz.
- Uygun şekilde yağlayıcı ve filtre kullanılmadığı zaman sürtünme artar ve hareket güçleşir.
- Havanın içine karışmış olan nem (su buharı) yağlama işlemi yeterli olmadığı zamanlarda paslanmaya yol açabilir.
- Normal çalışma basıncı 6-7 bar olduğu için pnömatik sistemde elde edilecek itme ve çekme kuvvetleri 2000 kg ile 3000 kg arasında değişir. Hava sıkışabilir olduğu için büyük kuvvetler elde edilememektedir.
- Görevini tamamlayan hava egzoz hattından atmosfere atıldığı için sürekli hava sarfiyatı olur, bu durum maliyeti arttırır.
- Egzoz hattından atmosfere atılan hava, susturucu takılmadığı zaman çalışanları rahatsız eden bir ses çıkarır.

1.3. Hidrolik ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması

- Hidrolik enerji kaynağı “sıvı akışkan”, pnömatik sistemin enerji kaynağı “hava”dır.
- Pnömatik makineler hidroliğe göre daha düşük basınçlarda çalışırlar.
- Hidrolikte 1000 bar gibi değerlere çıkılabilirken pnömatikte standart çalışma basınçları 3 barla 12 bar arasındadır.
- Pnömatik sistem hızlı fakat küçük kuvvet istenen yerlerde, hidrolik sistem ise yavaş fakat büyük kuvvet istenen yerlerde kullanılır.
- Pnömatik sistemin bakımı ve arızasının tespiti kolay, hidrolik sistemin bakımı ve arızasının tespiti zordur.

- Hareket iletim mesafesi hidrolik sistemlerde yaklaşık 100 m iken, pnömatik sistemlerde 1000 m mesafelere kadar çıkabilir.
- Pnömatik sistemde kullanılan havanın neminin alınması ve yağlanması gerekirken, hidrolik sistemde bunlara ihtiyaç yoktur. Ayrıca hidrolik sistemde kullanılan akışkan, aynı zamanda çalışan elemanların yağlanması da sağlar.
- Sıcaklık değişiminden hidrolik sistemler pnömatik sistemlere göre daha çok etkilenirler.
- Pnömatik sistemler, hidrolik sistemlere göre daha temiz ortamlarda kullanılırlar.
- Hidrolik sistemler, pnömatik sistemlere göre daha sessiz çalışırlar.

1.4. Pnömatiğin Temel Prensipleri

➤ Difüzyon

Bir gazın moleküllerinin başka bir gazın molekülleri ile çabucak bir biçimde karışarak çevreye yayılması.

➤ Dispersiyon

Sıvı parçacıklarının bir gaz ile geçici olarak karışması.

➤ Sıkıştırılabilirlik

Sıvıların sıkıştırılmaz özelliklerinin aksine, hava kolayca sıkıştırılabilir ve küçük hacimli kaplar içerisine büyük miktarlarda depo edilebilir. Hava ne kadar çok sıkıştırılırsa, basıncı da o oranda artar. Bir depolama tankının içindeki basınç ne kadar yüksekse, tankın da o nispette sağlam olması gerekir.

➤ Mutlak Sıcaklık

Derece Santigrat ($^{\circ}\text{C}$) değerinde buzun erime sıcaklığı sıfır kabul edilmiştir. Ancak bu değer in altında da sıcaklıklara bulunmaktadır. Daha düşük sıcaklığın mümkün olmadığı en düşük sıcaklık derecesi **-273,15 $^{\circ}\text{C}$** 'dir ve bu sıcaklığa, "mutlak sıfır sıcaklık derecesi"denmektedir. **Kelvin** gösterge çizelgesi işte bu en düşük sıcaklık derecesini başlangıç olarak kullanmaktadır.

$$0^{\circ}\text{C} (\text{derece Santigrat}) = 273.16 \text{ K (Kelvin)}$$

$$0 \text{ K (Kelvin)} = -273.16^{\circ} \text{ C (derece Santigrat)}$$

Örneğin; 20°C sıcaklığın mutlak sıcaklık değeri (K) , $20^{\circ}\text{C} + 273.16 = 293.16 \text{ K}$ 'dir.

Pnömatik sistemlerdeki ısı hesaplamalarında mutlak sıcaklık değerleri (Kelvin) kullanılır. Bunun nedeni Santigrat sıcaklık değerlerinin kullanılmasından dolayı ortaya çıkabilecek karışıklığı önlemektir.

➤ Basınç

Belirli bir kesitte sıkıştırılan akışkan (sıvı-gaz), Pascal kuralına göre içindeki kabın bütün çeperlerine bir kuvvet uygular, bu kuvvet her cm^2 'ye kg olarak veya her m^2 'ye Newton olarak ifade edilir.

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Newton/m}^2$$

$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pascal} = 1.02 \text{ kg/cm}^2 = 14.5 \text{ PSI (Libre/İnc}^2) = 1 \text{ daN/cm}^2 = 10 \text{ N/cm}^2$$

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 0,980665 \text{ Bar veya } 1 \text{ Bar} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

Vakum: Bir ortamda havanın (tamamen veya kısmen) mevcut olmadığı ve basınç değerinin atmosfer basıncının altında olduğu duruma vakum veya kısmi vakum denir. Bazı uygulamalarda bu duruma “negatif basınç” veya “emme basıncı” adı da verilir.

Atmosfer Basıncı: 15°C sıcaklıkta ve deniz seviyesinde 1cm^2 lik yüzeye düşen havanın ağırlığıdır. Bu ağırlık $101,3 \text{ kPa}$ basınca eşittir (1 Bar). Hidrolik ve pnömatik sistemlerde kullanılan çoğu basınç manometrelerindeki sıfır değeri atmosfer basıncına eşittir.

Efektif Basınç: Manometrede okunan basınç değerine denir.

Mutlak Basınç: Manometrede okunan basınç değerine bir atmosfer basıncı ilave edildiğinde meydana gelen basınç değerine denir.

Örneğin, bir pnömatik basınç göstergesinde 200 kPa değeri okunuyorsa, bu değer atmosfer basıncı üzerinde 200 kPa olduğunu gösterir. Bu basınç değerine atmosfer basıncı eklenirse mutlak basınç elde edilecektir.

$$\text{Yani buradaki mutlak basınç: } 200 \text{ kPa} + 101,3 \text{ kPa} = 301,3 \text{ kPa}$$

1.4.1. Boyle-Mariotte Kanunu'nun Tanımı

Bir gazın basıncı ile hacmi arasındaki ana bağıntı Boyle-Mariotte Kanunu'nda verilmiştir. Bu kanuna göre, “Kapalı bir kap içinde ve sabit sıcaklıkta bulunan belli miktardaki bir gazın mutlak basıncı, gazın hacmi ile ters orantılı olarak değişir.”

Boyle-Mariotte Kanunu'na göre basınç (P) ve hacim (V) arasındaki ilişki şöyle formüle edilmektedir:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

Bunun anlamı; örneğin 1 Atmosfer basınçta ($101,3 \text{ kPa}$ mutlak basınçta) ve 10 m^3 hacmindeki hava 1 m^3 hacme kadar sıkıştırıldığı takdirde; hava sıcaklığının sabit kalma şartı ile basınç 1013 kPa değerine çıkacaktır. Dikkat edilirse hacim 10 birim küçülürken, Basınç 10 birim artıyor.

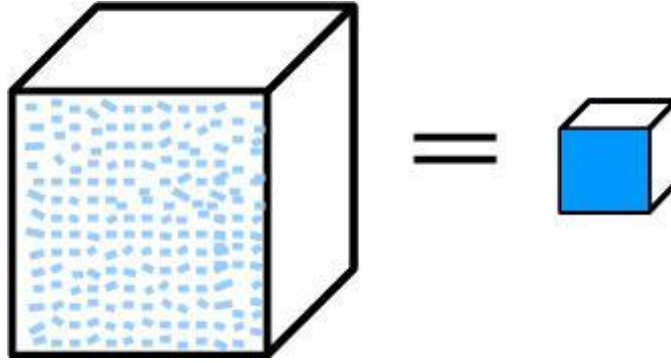
$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$101.3 \text{ kPa} \times 10 \text{ m}^3 = 1013 \text{ kPa} \times 1 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} P1 &= \text{Atmosfer basıncı} &= & P2 = 1013 \text{ kPa} \\ (101,3 \text{ kPa mutlak basınç}) & & & V2 = 1 \text{ m}^3 \\ V1 &= 10 \text{ m}^3 & & \end{aligned}$$

Buradaki eşitlikte P1 ve P2 sıkıştırma işleminden önceki ve sonraki basınçlar, V1 ve V2 ise sıkıştırmadan önceki ve sonraki hacimlerdir. Yukarıdaki eşitlik aşağıda ki iki farklı şekilde de ifade edilebilir:

$$\frac{P2}{P1} = \frac{V1}{V2} \Leftrightarrow \frac{P1}{P2} = \frac{V2}{V1}$$



Şekil 1.1: Havada hacim küçülmesi

Atmosfer basıncının etkilerini de dikkate alabilmek amacıyla; problemi çözmeden önce, basınç değerini gösterge basıncından mutlak basınca, problemi çözdükten sonra da, sonucu tekrar gösterge basıncına çevirmeyi unutmayınız. Mutlak basınç (Pm) ve gösterge basıncı (Pg) arasında ki ilişki:

$$Pm = Pg + 101.3 \text{ kPa}$$

$$Pg = Pm - 101.3 \text{ kPa} \text{ eşitlikleri ile ifade edilir.}$$

DİKKAT: Basınç değerlerinin daima, gösterge basıncı yerine, mutlak basınç cinsinden hesaplanması gerektiğini unutmayınız. Aksi takdirde, çok farklı ve yanlış bir cevap elde etmiş olursunuz.

Örnek Problem.1:

198.7 kPa basınçta ve 0.3 m³ hacimdeki hava 0.15 m³ hacme sıkıştırıldığında gösterge basıncı (efektif basınç) ne olur?

$$\begin{aligned} P1 &= 198.7 \text{ kPa} \\ V1 &= 0.3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_2 = 0.15 \text{ m}^3$$

$$P_2 = ?$$

Çözüm:

Gösterge basıncı olan 198,7 kPa'a atmosfer basıncını ekleyerek mutlak basıncı buluyoruz:

$$198.7 \text{ kPa} + 101.3 \text{ kPa} = 300 \text{ kPa}$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$P_2 = P_1 \times \frac{V_1}{V_2} = 300 \times \frac{0.3}{0.15} = 600 \text{ kPa} = 600 \text{ kPa (mutlak basınç)}$$

Gösterge basıncını (efektif basınç) bulmamız için mutlak basınçtan atmosfer basıncını çıkarıyoruz:

$$600 \text{ kPa} - 101.3 \text{ kPa} = 498.7 \text{ kPa (gösterge basıncı)}$$

Örnek Problem.2:

Sıcaklığı sabit 3 m^3 hacimli havanın basıncı 2 bar'dır. Bu gazın hacminin 2 m^3 e düşmesi için uygulanması gereken basınç ne olur?

$$V_1 = 3 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 2 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 2 \text{ Bar}$$

$$P_2 = ?$$

Çözüm:

$$P_1 = 2 \text{ Bar} + 1 \text{ Bar} = 3 \text{ Bar (mutlak basınç)}$$

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

$$P_2 = P_1 \times \frac{V_1}{V_2} = 3 \times \frac{3}{2} = 4.5 \text{ bar (4.5600 kPa) (mutlak basınç)}$$

1.4.2. Gay-Lussac Kanunu'nun Tanımı

Gay-Lussac kanunu gazların basınç, hacim ve ısı ilişkilerini inceler. Sabit basınç ve sabit hacim altındaki genleşmeyi ayrı başlıklar hâlinde incelemek gerekir. Kanuna göre yapılacak hesaplamalarda, mutlak sıcaklık (K) ve mutlak basınç (kPa, Bar) değerlerinin kullanılması gerektiğine dikkat ediniz.

1.4.2.1. Sabit Basınç Altında Genleşme

Gay-Lussac kanununa göre “kapalı bir kap içerisinde bulunan belli miktardaki bir gazın basıncı sabit kalırsa, gazın hacmindeki (V) değişme, gazın sıcaklık (T) değişimi ile doğru orantılıdır.”

Bu tanıma göre, kapalı kaptaki gazın basıncı sabit kalmak şartıyla sıcaklıktaki değişim, hacmi; hacimdeki değişim de sıcaklığı aynı oranda değiştiriyor. Bu durum aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

Örnek Problem.3:

4 m³ hacmindeki hava 40 °C sıcaklıktan 70 °C sıcaklığa kadar ısıtılmaktadır. Havanın 70 °C’deki hacmini hesaplayınız. (0°C = 273 K olarak alınız.)

$$\begin{aligned} V_1 &= 4 \text{ m}^3 \\ T_1 &= 40 \text{ }^\circ\text{C} \\ T_2 &= 70 \text{ }^\circ\text{C} \\ V_2 &= ? \end{aligned}$$

Çözüm:

$$\begin{aligned} T_1 &= 40 + 273 = 313 \text{ K (mutlak sıcaklık)} \\ T_2 &= 70 + 273 = 343 \text{ K (mutlak sıcaklık)} \\ V_2 &= V_1 \times \frac{T_2}{T_1} \quad V_2 = 4 \times \frac{343}{313} = 4.38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

1.4.2.2. Sabit Hacim Altında Genleşme

Gay-Lussac Kanunu ayrıca şunu da ifade eder; “Kapalı bir kap içinde bulunan belli miktardaki bir gazın hacmi (V) sabit kaldığı takdirde gaz basıncındaki (P) değişme, gazın mutlak sıcaklığının (T) değişmesi ile doğru orantılıdır.”

Bu tanıma göre de, kapalı kaptaki gazın hacmi sabit kalmak şartıyla basınçtaki değişim, gazın sıcaklığını da aynı oranda değiştiriyor. Bu durum aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir.

$$P_2 = P_1 \times \frac{T_2}{T_1}$$

Bu prensipten de anlaşılacağı gibi, hacmi sabit bir gaz bir kap içinde sıkıştırılacak olursa sıcaklığı sıkıştırma oranına paralel artar. Bu prensipten yararlanarak içten yanmalı motorların çalışmaları düzenlenmiştir. Dizel motorlarında yakıtın yanması sıkıştırılan havanın kazandığı sıcaklıkla gerçekleşir.

Örnek Problem.4:

Bir araç lastiğinin içindeki basınç (P1) 400 kPa (58.015 PSİ, 4 Bar) ölçülüyor. Bu sırada (T1) 10 °C sıcaklığa sahiptir. 200 km'lik yol alındıktan sonra lastiğin sıcaklığı (T2) 30 °C olarak ölçülüyor. Lastiğin son basıncını hesaplayınız.

$$\begin{aligned} P1 &= 400 \text{ kPa} \\ T1 &= 10 \text{ }^\circ\text{C} \\ T2 &= 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ P2 &= ? \end{aligned}$$

Çözüm:

$$\begin{aligned} T1 &= 10 + 273 = 283 \text{ K (mutlak sıcaklık)} \\ T2 &= 30 + 273 = 303 \text{ K (mutlak sıcaklık)} \end{aligned}$$

$$P1 = 400 \text{ kPa} + 101.3 \text{ kPa} = 501.3 \text{ kPa (mutlak basınç)}$$

$$P2 = P1 \times \left(\frac{T2}{T1} \right) \text{ (mutlak basınç)}$$

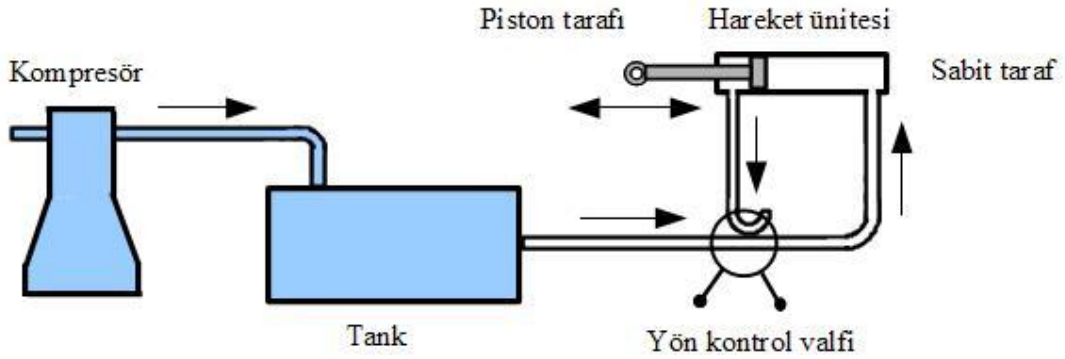
$$501.3 \text{ kPa} \times \left(\frac{303}{283} \right) - 101.3 \text{ kPa} = 435.427 \text{ kPa (63.153 PSİ, 4.35427 Bar)}$$

➤ İdeal Gaz Kanunu:

Sıcaklığını değiştirmeksizin havanın sıkıştırılması imkânsız olduğundan, gerçek bir pnömatik sistemde Boyle-Mariotte ve Gay-Lussac kanunları birbirinden ayrı olarak uygulanamaz. Bu kanunların her ikisinde, aşağıdaki eşitlikle ifade edilen İdeal Gaz Kanunu'na uygun olarak, birlikte kullanılabilir:

Bu eşitliğe göre yapılacak hesaplamalarda, mutlak basınç kPa veya Bar ve mutlak sıcaklık (K) değerlerinin kullanılması gerektiğine dikkat ediniz. Bu eşitlik, bir gazın ikinci hâldeki basıncının, hacminin ve sıcaklığının, gazın ilk hâldeki basınç, hacim ve sıcaklık değerlerine eşit olduğunu da göstermektedir. Bununla beraber gerçek uygulamalarda; rutubet, sürtünme ısı ve verim kayıpları gibi diğer faktörler gazın durumunu etkiler; fakat ideal gaz kanunu projelendirme hesaplarında yine de önemli bir eşitlik olarak kullanılmaktadır.

1.5. Pnömatik Devrelerin Ana Kısımları

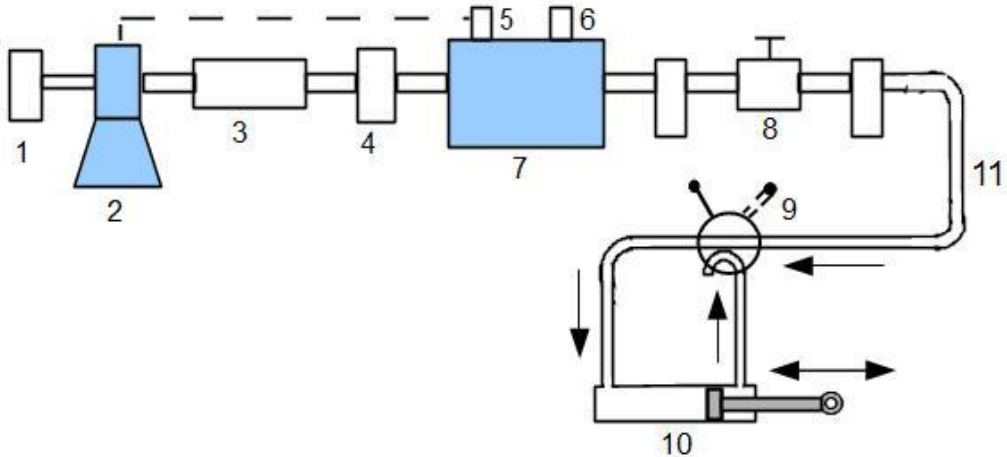


Şekil 1.2: Pnömatik sistemin ana elemanları

Pnömatik sistem, iş yapmak için gerekli kuvveti sıkıştırılmış havanın basıncını kullanarak elde eder. Bu sistemler atmosfer basıncındaki havayı emerek sıkıştırır, iş yapıldıktan sonrada havayı tekrar atmosfere verir.

Pnömatik sistemde doğrusal hareketi üretmek için silindirler, dairesel hareketi üretmek için de pnömatik motorlar kullanılır. Basit bir pnömatik sistem hareketini elektrik motorundan veya içten yanmalı bir motordan alan bir kompresör, havanın içerisinde sıkıştırılarak basınç elde edilmesini sağlayan tank, kontrol valfleri ve alıcılardan (silindir veya motor) oluşur.

Şekil 1.2’de ana elemanları gösterilen pnömatik sistem, daha büyük kapasiteli iş performansını yakalayabilmesi ve sistemin daha güvenilir bir şekilde çalışabilmesi için başka elemanlara da ihtiyaç duyar.



Şekil 1.3: Donanımları tamamlanmış bir pnömatik sistem

Şekil 1.3’de gerekli donanımları tamamlanmış, işlev yapabilecek bir pnömatik sistem ve elemanları gösterilmektedir:

- 1- Sistem tarafından kullanılan havayı temizlemek için kullanılan bir giriş filtresi.
- 2- Ortam havasını sıkıştırmak ve basınç altında ilgili cihaza sevk etmek için, bir kompresör.
- 3- Basınçlı hava için bir son soğutucu.
- 4- Nemi havadan ayırmak için bir ayırıcı.
- 5- Kompresörü gerektiği zaman çalıştırmak ve durdurmak için basınç şalteri.
- 6- Basınç şalteri arıza yaptığı takdirde devreye giren bir basınç tahliye valfi (emniyet valfi).
- 7- Basınçlı havayı depolamak için, tank.
- 8- Havayı sistemde kullanılabilir özellikte getirebilmek için; filtre, basınç düzenleyici ve yağlayıcı gurubu (şartlandırıcı).
- 9- Gerekli emniyet donanımlarına sahip komple bir yön kontrol valfi.
- 10- Gereğine uygun olarak her bir iş istasyonuna yerleştirilmiş birer hareket ünitesi.
Bu ünite; silindir, motor veya hava kumandalı pompa olabilir.
- 11- Basınçlı havayı istenen yerlere taşıyan boru ve bağlantılar.

1.6. Pnömatik Sistemlerde Havanın Hazırlanması

1.6.1. Kompresörler



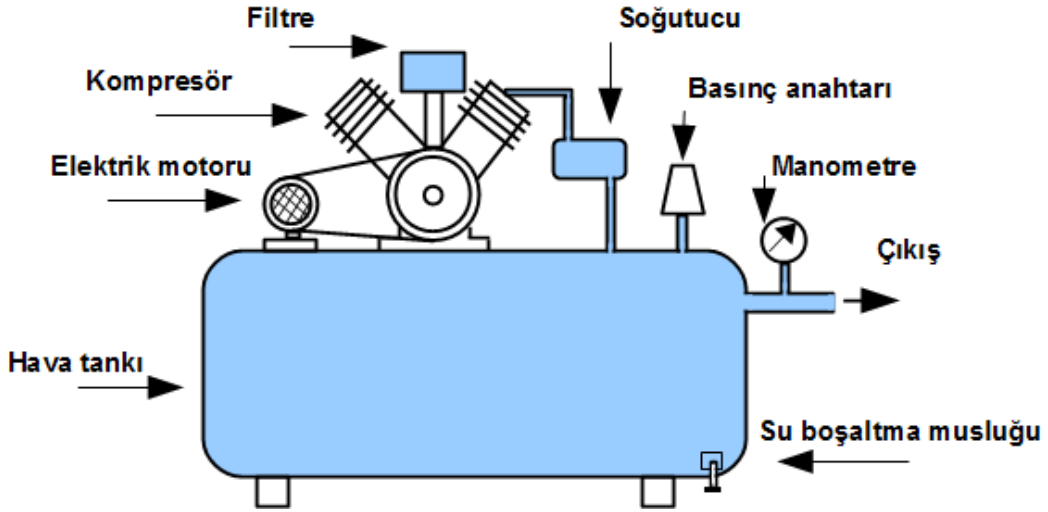
Resim 1.1: Ekipman ve aksesuarları tamamlanmış paket tip bir kompresör

1.6.1.1. Görevleri

Pnömatik sistemde kullanılacak olan basınçlı havayı üretmek için kompresörler kullanılır. Başka bir deyimle havayı (gazı) dış basınca göre daha yüksek basınçlı duruma getiren mekanik elemanlardır.

Bir kompresör hava emme ağızında vakum yaratarak iş görür. Bu vakum, atmosfer basıncındaki havanın giriş filtresi içinden geçerek kompresörün içine emilmesini sağlar. Kompresör, emilen havayı sıkıştırarak hacmini azaltır ve böylece basıncını artırır. Basınçlı hava da kompresör çıkış valfleri içinden geçerek bir depolama tankına gider.

Kompresörlerde ayrıca sisteme gönderilen havanın basıncını belirli sınırlar arasında tutmak için basınç regülâtörleri bulunur. Basınç üst limite yaklaşıncaya elektrik motoru durur, basınç alt limite yaklaşıncaya elektrik motoru tekrar çalışarak hava üretmeye devam eder.



Şekil 1.4: Hava tankı üzerine monte edilmiş seyyar kompresör ve elemanları

Kompresörler ya bir elektrik motoru ile veya içten yanmalı bir motorla tahrik edilir. En çok kullanılan kompresör tipi, motorun hava deposunun üzerine monte edilmiş olanıdır. Kompresörün hava deposunun altında, yoğunlaşan suyun alınması için kullanılan bir musluk bulunur. Bu suyun çalışma şartlarına göre periyodik olarak boşaltılması gerekir.

Tek kademeli veya çok kademeli olarak yapılan kompresörlerde soğutma işlemi çok önemlidir. Çünkü sıkıştırılan havanın ısınması sonucu sistemin verimi düşer ve ısınmış olan havanın yağla karışması ise patlamalara yol açabilir. Kompresörler hava üretimi sırasında meydana gelen ısıyı ortadan kaldırmak için; normal hava sirkülasyonu, vantilatör veya kompresörün içindeki su ceketlerinden yararlanır. Soğutmanın şeklini kompresörü üreten firmalar önceden tespit ederler. Isı hava sirkülasyonu ile atılacaksa, hava ile temas eden yüzeyin büyük olması gerekir.

Kompresörler, dışarıya sesi geçirmeyen özel odalarda bulunmalı ve kuru hava basmaları için rutubetten uzak bir ortam tercih edilmelidir.

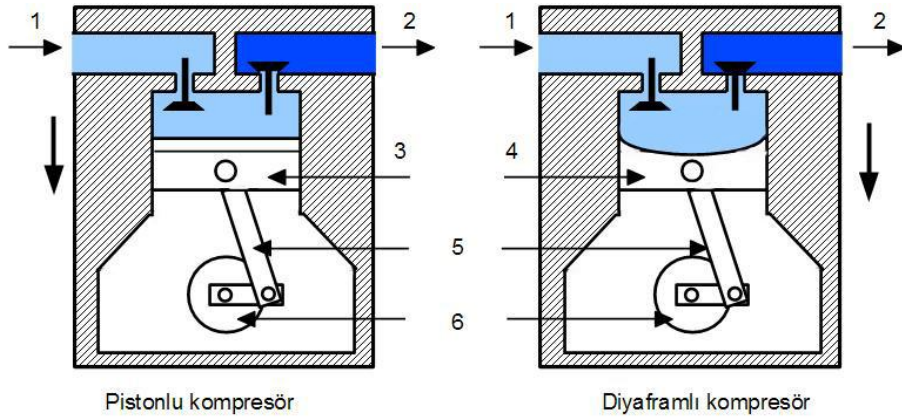
➤ Gaz (Hava) Tankları:

Basınçlı havanın depolandığı hava tankları, basınçlı havayı depo etmek, nispeten ısınmış olan havayı soğutmak ve havanın içine karışmış olan su buharını ayırtmak amacıyla kullanılır. Bu tür tanklar sıkıştırılmış gazı çok yüksek basınçlarda korurlar. Daha büyük tüp daha çok gaz debisi demektir. Bu nedenle de gaz tankları belli basınç ve ebat (boyut) kriterleri ile sınırlandırılmıştır.

1.6.1.2. Çeşitleri

- Pistonlu kompresörler
- Döner kompresörler
 - Paletli kompresörler
 - Vidalı kompresörler
 - Rotorlu kompresörler
- Türbin tipi kompresörler
 - Radyal kompresörler
 - Eksenel kompresörler
- **Pistonlu Kompresörler**

Pistonlu kompresörler çalışma prensibi olarak, bir silindirin içerisinde krank mili vasıtasıyla pistonun aşağı yukarı hareketleri şeklinde çalışırlar. Pistonun aşağı hareketinde atmosferden havayı emerek, yukarı hareketinde ise depolanması gereken yerlere basınçla basarlar. Bu hareket sürekli emme-basma kuralına göre devamlılık kazanır. Sahip olduğu çok yönlü üstünlükleri dolayısı ile endüstriyel pnömatik sistemlerde yaygın olarak pistonlu kompresörler kullanılır.



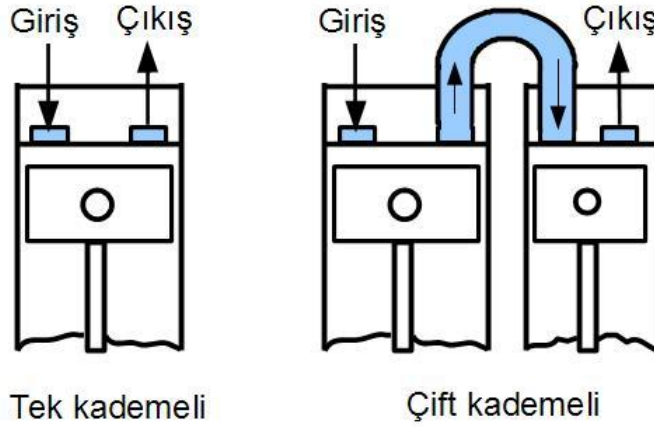
Şekil 1.5: Pistonlu kompresör tipleri

Şekil 1.5'de pistonlu kompresör tipleri ve elemanları görülmektedir. 1. Emme portu (hava girişi) 2. Basma port (sıkıştırılmış hava çıkışı) 3. Piston 4. Diyafram 5. Biyel kolu 6. Krank.

Yaygın olmamakla beraber pistonlu kompresörlere benzer şekilde çalışan diyaframlı kompresörler de vardır. Diyafram, yağ ve neme karşı dayanıklı ve güçlendirilmiş kauçuk tipi

esnek bir malzemeden yapılmıştır. Piston veya diyafram plakası aşağı doğru hareket ederken, diyafram içeriye doğru esneme yapar ve havayı içeriye çeker. Yukarı harekette ise diyafram dışarıya doğru esner ve havayı çıkış valfinden basınçlı olarak tanka gönderir. Diyaframlı kompresörler diğerleri kadar verimli değildir; fakat 2.1 – 2.75 bar arasında değişen basınca sahip, küçük miktarlarda hava debileri (30 – 90 lt/dak) sağlayabilirler.

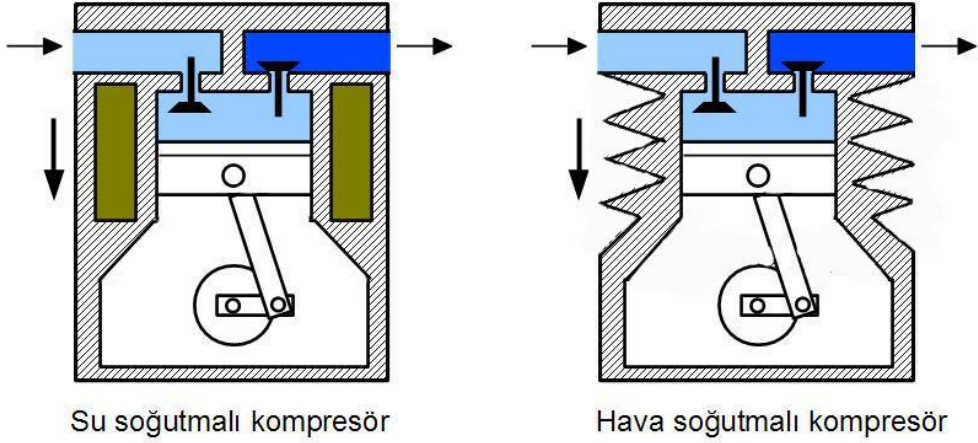
Pistonlu kompresörler tek kademeli ve çift kademeli olarak yapılırlar. Orta ölçekli basınçlar için (yaklaşık 12 bar'a kadar) tek kademeli kompresörler yeterli olurken yüksek basınç gerektiren işler için çift kademeli kompresörler kullanılır. Şekil 1.6'de gösterildiği gibi, silindirin yalnızca bir tarafındaki havayı sıkıştıran kompresöre tek kademeli, silindirin her iki tarafındaki havayı sıkıştıran bir kompresöre ise çift kademeli kompresör adı verilir.



Şekil 1.6: Tek ve çift kademeli kompresör tipleri

Sıkıştırılan havanın sıcaklığı artacağından, sıkıştırılması için daha fazla güç kullanımına ihtiyaç duyar. Isınan hava kompresörü de ısıtacağı için verim daha düşük olacaktır. Bu sebeple sıkıştırılan havanın ve kompresörün kendisinin soğutulması gerekir. Sıkıştırılmış hava sisteme monte edilen soğutucular vasıtasıyla soğutulmaya çalışılırken kompresörün kendisinde farklı şekillerde soğutulur.

Kompresör soğutma işlemi, uygulama yöntemine bağlı olarak su veya hava yardımı ile gerçekleştirilir. Hava soğutmalı sistem daha az ekipmana ihtiyaç duyduğu için, ilk yatırım maliyeti bakımından daha az masraflı olmakla beraber; su soğutmalı sistem daha verimli olduğu için işletme maliyeti açısından daha ekonomiktir. Hava soğutmalı sistem genellikle küçük ebatlı kompresörler (25 BG veya 18.6 Kw'ın altında) ile sınırlıdır. Daha büyük üniteler için su soğutmalı sistem kullanılır.



Şekil 1.7: Su soğutmalı ve hava soğutmalı kompresör tipleri

➤ **Döner Kompresörler**

• **Paletli Kompresörler**

Bir silindirin içine merkezden kaçık biçimde yerleştirilen ve üstünde çapsal yönde hareket edebilir paletler bulunan bir rotor vardır. Rotor döndüğü zaman paletler, merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dışarı doğru kayarak, silindir ile palet arasından hava sızmasını engeller. Rotor merkezden kaçık olduğundan, silindir çeperi ile rotor arasındaki uzaklığın en büyük olduğu bölgede, paletlerin arasına giren hava, dönme işlemi sırasında sıkışarak, silindirin basınç bölmesine iletilir.

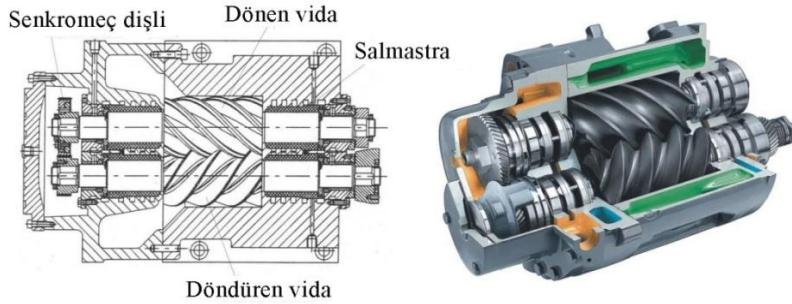
5 bar basınca kadar tek kademeli yapılan paletli kompresörlerin, bundan daha büyük basınç değerleri için iki ya da daha çok kademeli yapılması gerekir.



Şekil 1.8: Paletli kompresör

- **Vidalı Kompresörler**

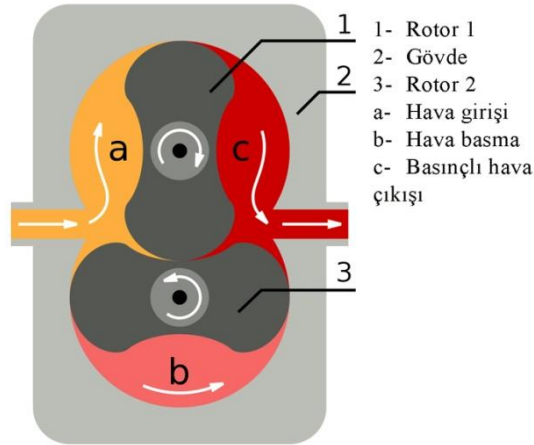
İki eksen üzerine yerleştirilmiş vidaların konum olarak birbirlerine ters yönde dönmesinden oluşan kompresördür. Vida kanallarının arasına giren hava hacimsel bir küçülme ile basılır. Vidalar birbirlerine hassas bir toleransla alıştırmışlardır. Devamlı çalışmaları sonunda sistemin büyük oranda hava ihtiyacını karşılar ve sisteme devamlı hava basarlar. Basınçlı hava ile çalışan büyük işletmelerde çok büyük gövdeli 13 bar basıncında çalışan kompresörler geliştirilmiştir.



Şekil 1.9: Vidalı kompresör ve kesiti

- **Rotorlu Kompresörler**

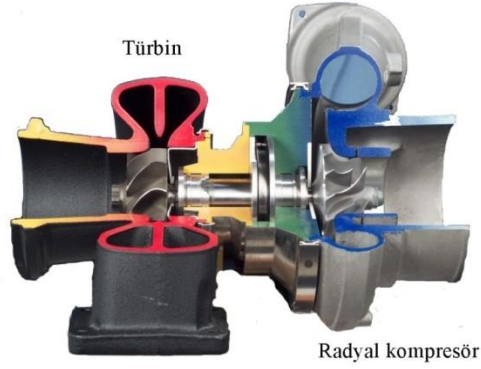
Yuvarlak rotorların bir gövde içerisine hassas bir toleransla yerleştirilerek dönmesi ile meydana gelen bir kompresör türüdür. Hareketini elektrik motorundan alarak yuvarlak rotorların dönmesi ile rotor kanatları arasına giren hava çıkış kısmından hacimsel bir küçülme ile basınçla gönderilir. Rotorlu kompresörler vakum pompası gibi kullanılabilir.



Şekil 1.10: Rotorlu kompresör

➤ **Türbin Tipi Kompresörler (Santrifüj Kompresörler)**

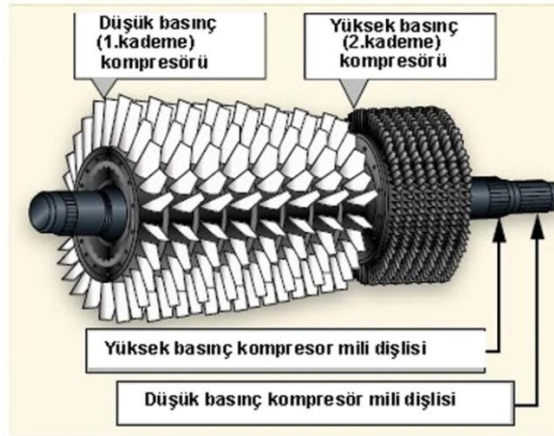
Türbin tipi kompresörler, bir mil etrafına dizilmiş çok sayıda türbin kanatlarından oluşur. Radyal (dikey) ve aksel (eksene paralel) olarak iki tipte yapılırlar. Büyük çapta basınçlı hava üretmek için kullanılırlar. Bu tip kompresörlerde giriş ve çıkış borularının birbirine eşit çapta olması gerekir. Çıkışın daraltılması durumunda basınçlı hava elde etmek zorlaşır.



Şekil 1.11: Radyal kompresör

- **Radyal Kompresörler**

Bir mil etrafına dizilmiş dikey kanatlardan oluşur. Kompresör milinin yüksek devirde dönmesi ile giriş kısmından kanatlar arasına giren hava, yüksek hızda çıkış kısmından basınç kazandırarak gönderir. Araçlarda kullanılan turbo şarj sisteminde de radyal kompresörler kullanılmaktadır.



iki kademeli aksel kompresör

Şekil 1.12: Eksenel kompresör

- **Eksenel Kompresörler**

Eğik kanatların bir mil üzerine mil eksenine paralel olarak yerleştirilmesi ile oluşan kompresördür. Milin dönmesi ile kanatlar arasına giren hava diğer taraftan yüksek hızda ve basınç kazandırılarak gönderilir.

1.6.1.3. Kompresörlerin Kapasiteleri

Kompresörler çalışma şartlarına göre değişik kapasitelerde seçilirler. Kompresörlerin kapasitelerini seçerken kullanılacak olan pnömatik araçların sayıları ve dakikada tüketilecek hava miktarı dikkate alınır. Küçük işler için yeterli kapasitede seyyar kompresörler seçilirken, büyük atölyeler ve fabrikalar için gerekli olan basınçlı havayı üreten özel “Basınçlı hava üretim merkezleri” kurulur.

Kompresörler farklı sıkıştırma oranlarında yapılırlar. Genellikle sıkıştırma oranları 4 veya 5 olarak alınır. Kompresör kapasitesi, genellikle metre küp/ dakika (m^3/dk) cinsinden ifade edilir. Günümüzde 0.2 m^3/dk debiden 500.000 m^3/dk hava üretimine sahip 8 bar basınçtan 1000 bar basınca sahip kompresörler bulunmaktadır.

Sıra No:	Araçlar	mm	Kullanma basıncı (Bar)	Gerçek hava sarfiyatı
1	Darbeli somun sıkıcıları	5,9,13,19,25	6.0	0,3–0,6–0,63–1,1
2	Tornavidalar	2,3,4,5,6,8,10	6.0	0,15–0,24–0,27–0,36–0,6
3	Matkaplar/kılavuzlar	4,6,8,10,13,	6.0	0,18–0,36–0,6–0,75
4	Düz taşlamalar	80,100,	6.0	0,36–0,7–0,36–0,8
5	Dik taşlamalar	180,230	6.0	0,3–0,95–0,12–0,19
6	Canavar taşlamalar	100,125,180	6.0	0,35–0,6–0,8–1,2
7	Titreşimli zımpara	75x82,90x16	1-3	0,3–4
8	Cilalama	180	6.0	0,5
9	Eğeleme		6.0	0,135
10	Makas	1,5	6.0	0,36
11	Boya tabancası	0.5,1.5,1.8,2.	4	0,75–0,24–0,3

Tablo 1.1: Çeşitli araçların el aletlerinin hava tüketim tablosu

Bazen daha ayrıntılı bir kapasite tanımına gerek duyulabilir. Bu durumlarda, istenilen kapasite özellikleri daha kesin olarak belirtilir. Bu özellikler, “gerçek metre küp/dakika” ve “standart metreküp/dakika” şeklinde ifade edilir. İmalatçıların çoğu, değişik şartlar için gerçek m^3/dk ve standart m^3/dk değerleri arasındaki farkı gösteren şemalar da verir.

Gerçek m^3/dk değeri, kurulu bir kompresörün giriş ağzında ölçülen değerdir. Bu değer; kompresör girişindeki havanın sıcaklık, atmosfer basıncı ve rutubet şartlarını içine alır.

Standart m^3/dk ise; 15.5 $^{\circ}C$ sıcaklık, 101.3 kPa atmosfer basıncı (1 Bar) ve %0 bağıl nem değerlerini kapsayan standart giriş şartlarında belirtilen değerlerdir.

Endüstride en çok kullanılan basınç 6-8 bar arasındadır. Lastik kaplama, garaj, plastik işleme gibi işlerde basınç 12 ile 15 bar arasında olması gerekir. Bazı özel durumlarda bu sınırların üzerinde de basınca gerek vardır.

Hava debi ihtiyacı, kullanılacak aletlerin cihazların, pnömatik motorların toplam hava gereksinimine, günlük ve haftalık çalıştırılma sürelerine bağlı olarak hesaplanır. Hesaplama sırasında sistemde doğabilecek kayıplarda göz önünde bulundurularak %5 ile 15 arasında toleranslar verilmelidir. Son zamanlarda sistemin hava ihtiyacı belirlenirken üreticilerin verdiği tablolardan yararlanılmaktadır. Aşağıda basit bir tablo verilmiştir.

1.6.2. Havanın Hazırlanması

Pnömatik sistemler hava ihtiyaçlarını, dönüşüm sistemleri hariç atmosferdenkarşılar. Hava şartlarına bağlı olarak atmosferdeki hava saf değildir. Atmosferdeki havanın içerisinde nem, toz parçacıkları, kimyasal artıklar ve farklı gazlar bulunabilir. Bunların hava içerisindeki oranı, havanın alındığı yer ve ortama bağlıdır. Kış aylarında alınan havanın içindeki yabancı maddeler ile bahar aylarında alınan hava içindeki yabancı madde oranları farklıdır.

Pnömatik sistem elemanları da havanın kirlenmesine sebep olur. Kompresör yağlama yağının havaya karışması bu tip kirlenmelerden birisidir. Havanın içine karışmış olan toz ve pislikler, pas ve yağ artıkları ile birleştiklerinde oluşan karışım sistemde tıkanmalara ve korozyona sebep olabilir. Önemli bir nokta da sıkışarak ısınan havanın içinde nemden dolayı oluşan su buharının mutlaka sisteme giden havadan ayrıştırılması gerekir.

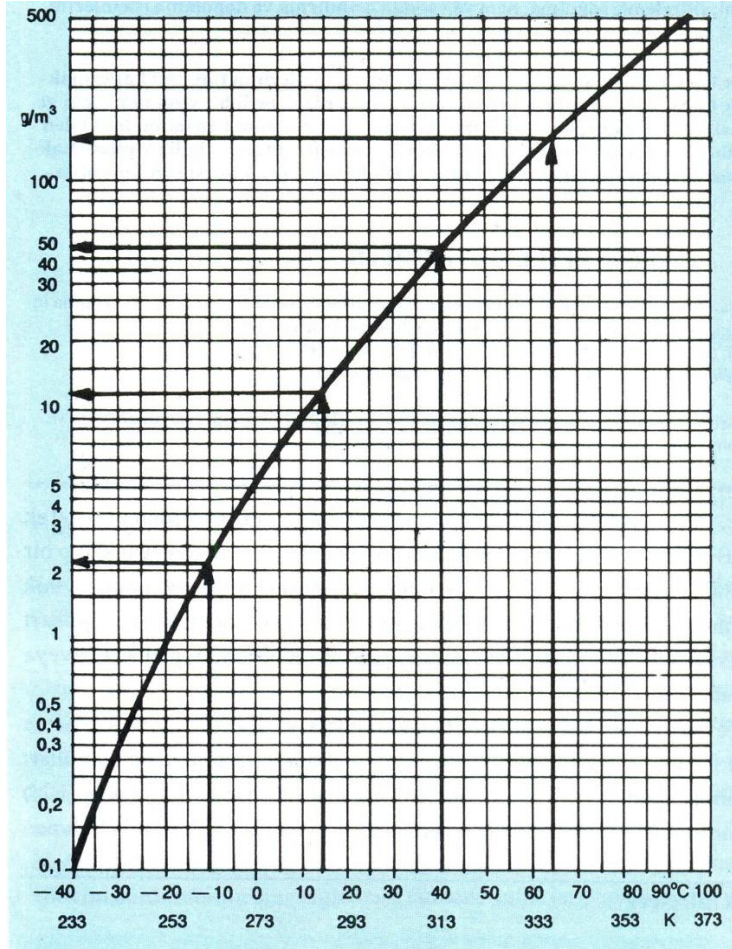
Pnömatik sistemlerde oluşan arızaların çoğu; havanın kirli olmasından kaynaklanır. Dolayısıyla sistemin ısınmasına, sürtünen yüzeylerin aşınmasına ve tıkanmalara sebep olan tüm bu olumsuzluklar verimin düşmesine de sebep olur.

1.6.2.1. Havanın Nem Miktarının Ayarlanması ve Hesaplanması

Kompresörler vasıtasıyla atmosferden emilerek hava tankına basınçlı olarak giden havanın içerisinde bir miktar nem bulunur ve kendisini su buharı şeklinde gösterir. Hava tankında sıkıştırılan havanın ısı artacağından yoğunlaşan bu su buharı su hâline dönüşür.

Sistem içerisinde yoğunlaşarak oluşan su, boruların, kumanda elemanlarının ve diğer pnömatik aksesuarların paslanmasına ve tıkanmasına sebep olur. Böyle bir olumsuzluğun sisteme vereceği ciddi zararları olacağından havanın içerisindeki nem oranının iyi ayarlanması gerekir.

Doyma Eğrisi: Basınçlı havanın çeşitli sıcaklıklarda buhar hâlinde taşıyabileceği maksimum su miktarını bulmak için kullanılır. Doyma eğrisinden de anlaşılacağı gibi havanın sıcaklığı arttıkça taşıyacağı maksimum buhar miktarı da artmaktadır.



Tablo 1.2: Nem diyagramı (doyma eğrisi)

Mutlak Nem: 1 metre küp havada bulunan su buharı miktarına denir.

Çiğlenme Noktası: Hava içerisindeki nemin yoğunlaşmaya başlayıp su damlacıklarının oluşacağı sıcaklığa “çiğlenme noktası” denir.

Doyma Miktarı: Hava sıcaklığına bağlı olarak 1 metre küp havada taşınabilen maksimum su buharı miktarıdır. Doyma miktarı “Doyma Eğrisi” incelenerek tespit edilebilir. Şekil de görülen doyma eğrisi incelendiğinde; su buharı miktarının havanın sıcaklığına bağlı olarak artmakta veya azalmakta olduğu görülecektir.

Örnek olarak; -10°C 'de buhar miktarı 2,2 gram, 15°C 'de 12 gram buhar, 40°C 'de 50 gram ve 65°C 'de 150 gram su buharı bulunmaktadır.

Bağıl Nem: Havadaki nemin, aynı sıcaklıkta havanın taşıyabileceği maksimum neme oranıdır % olarak verilir.

$$\text{Bağıl Nem Oranı} = \frac{\text{Mutlak Nem} \times 100}{\text{Doyma Miktarı}} \Rightarrow \text{B.N.O} = \frac{\text{M.N} \times 100}{\text{D.M}}$$

Örnek Problem 1:

Basıncılı hava ile çalışan bir sistemde saatte 400 m³ hava geçmektedir. Havanın basıncı 8 bar ve sıcaklığı 50 °C (323 °K) dir. Bağıl nem oranı %60 olduğuna göre, mutlak nem oranını ve bir saatte biriken su miktarını hesaplayınız.

$$\begin{aligned} Q &= 400 \text{ m}^3/\text{saat} \\ P &= 8 \text{ atm (Bar)} \\ T &= 50 \text{ }^\circ\text{C (323 K)} \\ \text{B.N.O} &= 60 \text{ gram / m}^3 \\ \text{M.N.O} &= ? \end{aligned}$$

Çözüm:

Şekildeki grafikten 50 °C için doyum miktarının 80 g / m³ olduğu tespit edilir.

$$\text{Bağıl Nem Oranı} = \frac{\text{Mutlak Nem Oranı} \times 100}{\text{Doyma Miktarı}} \Rightarrow \text{B.N.O} = \frac{\text{M.N.O} \times 100}{\text{D.M}}$$

$$\text{Mutlak Nem Oranı} = \frac{\text{Bağıl Nem Oranı} \times \text{Doyma Miktarı}}{100} \Rightarrow \text{M.N.O} = \frac{60 \times 80}{100} = 48 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Bir metreküp havadaki su buharı 48 gram olarak bulunur. Buna göre toplam su buharı miktarı, 400 metreküp hava için;

$$400 \text{ m}^3 \times 48 \text{ gram/m}^3 = 19,200 \text{ gram/saat olarak bulunur.}$$

Örnek Problem 2:

Bir pnömatik devrede hava tankından saatte 500 m³ hava geçmektedir. Havanın sıcaklığı 40 °C (323 °K) dir. Bağıl nem oranı %60 olduğuna göre, mutlak nem oranını ve bir saatte biriken su miktarını hesaplayınız.

$$\begin{aligned} Q &= 500 \text{ m}^3/\text{saat} \\ T &= 40 \text{ }^\circ\text{C (313 K)} \\ \text{B.N.O} &= 60 \text{ gram / m}^3 \\ \text{M.N.O} &= ? \end{aligned}$$

Çözüm:

Tablo 1.2'den 40 °C için doyum miktarının 50 g / m³ olduğu tespit edilir.

$$\text{Bağıl Nem Oranı} = \frac{\text{Mutlak Nem Oranı} \times 100}{\text{Doyma Miktarı}} \Rightarrow \text{B.N.O} = \frac{\text{M.N.O} \times 100}{\text{D.M}}$$

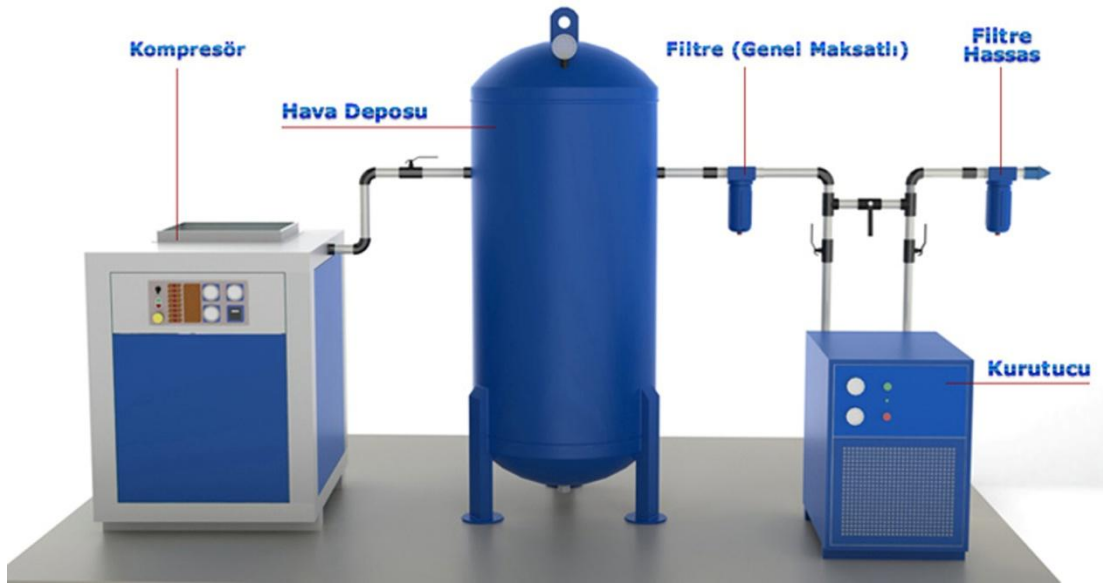
$$\text{Mutlak Nem Oranı} = \frac{\text{Bağıl Nem Oranı} \times \text{Doyma Miktarı}}{100} \Rightarrow \text{M.N.O} = \frac{60 \times 50}{100} = 30 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Bir metreküp havadaki su buharı 30 gram olarak bulunur. Buna göre toplam su buharı miktarı, 500 metreküp hava için;

$$1^3 \times 30 \text{ gram/m}^3 = 15,000 \text{ gram/saat olarak bulunur.}$$

1.6.2.2. Havanın Kurutulması

Kompresörlerde sıkıştırılan havanın ısınması ve soğuması ile yoğunlaşan ve bu sırada açığa çıkan nemin kurutulması ve sistemden uzaklaştırılması gerekir. Özellikle tam kuru havanın istendiği pnömatik sistemlerde hava kurutucularının kullanılması mecburidir.



Resim 1.2: Kurutucu bağlanmış pnömatik sistem

Hava kurutucu ünitesi, basınçlı hava tesisatında kompresörden gelen basınçlı havanın içerisindeki su buharını soğutucu gaz yardımıyla +3°C çiylenme noktasında yoğunlaştırarak sistemden uzaklaştırır. Kuru havayı işletmede kullanılmak üzere sisteme gönderir.

Hava kurutucuları, atölye ve fabrikalardaki basınçlı hava ile çalışan makinelerde hava temin eden hava hatlarında kullanılır. Hava kurutucu kullanılmayan hava hatlarına bağlanan makineler çoğunlukla nem nedeniyle arızalanırlar. Hava kurutucularında ön soğutmaya tabi olan basınçlı havayı diğer kurutuculara oranla daha tasarruflu ve yüksek verimli bir şekilde kurutmak mümkündür.

➤ **Basınçlı Hava Kurutucu Kullanımın Yararları**

- Arızalardan dolayı oluşan kayıpları önler
- Kaliteyi artırır
- İşgücü kaybını önler
- Bakım masraflarını azaltır
- Pnömatik sistemlerin kullanım ömrü yaklaşık 10 yıldır buna önemli katkısı olur
- Pnömatik olarak çalışan cihazların bozulmasını ve devre dışı kalmasını önler

Basınçlı hava içinde mevcut olabilecek su ve yağın giderilmesi için kullanılan hava kurutucularında uygulanan birkaç yöntem vardır. Bunlar;

- Soğutarak kurutma
- Fiziksel yöntemlerle kurutma
- Kimyasal yöntemlerle kurutmadır.

➤ **Soğutarak Kurutma Yöntemi:**

Hava kurutma yöntemlerinden en yaygın olanı su buharını yoğuşturmadır. Bundan sonra meydana gelen suyun sistemden atılabilmesi kolaylıkla sağlanabilir. Bunun için kompresör ve hava tankı arasına bazen de sistemin özelliğine göre hava tankından sonra yerleştirilen ve son soğutucu olarak adlandırılan elemanlar kullanılır.

Kompresörden gelen basınçlı havanın ısınmış olması ile nem kendisini su buharı şeklinde gösterir. Son soğutucuya giren sıcak basınçlı hava soğuk ortama girdiğinden ve ısıyı düşeceğinden dolayı yoğunlaşır ve çığlenme noktasında su buharı su damlacıkları hâline dönüşür. Son soğutucudan hemen sonra da nem ayırıcılar vasıtası ile su sistemden tahliye edilir.

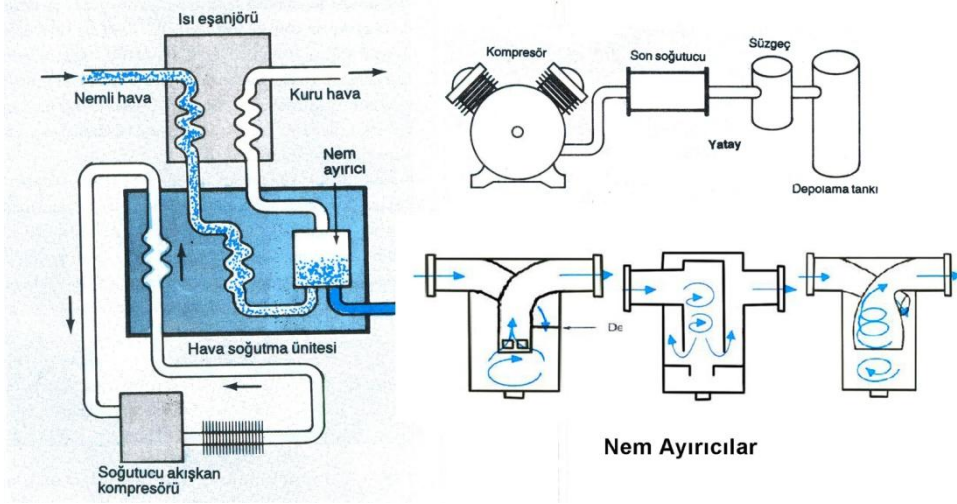
Son soğutucular hava (gaz) ve su soğutmalı tiplerde yapılır. Günde sekiz saatten az çalışan iki kademeli ve küçük veya orta boy büyüklükteki kompresörler için hava soğutmalı daha büyük kompresörler içinde su soğutmalı soğutucular kullanılır.

Nem Ayırıcılar

Son soğutuculardan sonra konulan nem ayırıcılar şekilde görüldüğü gibi soğuyarak gelen basınçlı hava içerisindeki suyu ayırıştırır. Nem ayırıcılar gelen basınçlı havaya girdap hareketi yaptırarak veya akış yönüne ani ve keskin değişiklikler yaptırarak su zerreciklerini havadan ayırır. Bazı tiplerde de hava akımını düz bir yüzeye çarptırarak ayırıcıdan çıkması sağlanır.

Nem ayırıcılarda havadan ayrılan su zerrecikleri tabanda bulunan nem tutucu ünitesine dolar. Kuru hava ise hava hattı içerisine boşalır. Tabanda biriken su ve yağ parçacıkları

üzerinde bulunan valf yardımıyla boşaltılır. Bu tür ayırıcılar, basınçlı hava akımı içerisindeki sıvıların %95 oranına kadar alınabilmesini mümkün kılar.



Şekil 1.13: Soğutma sistemli hava kurutucu ve nem ayırıcılar

Yağ Ayırıcılar

Birçok pnömatis sistemde bulunan nem ayırıcılar tek başına yeterli miktarda nemin alınmasını sağlayamayabilir. Bu sistemler için, son soğutucu ile hava depolama ünitesi arasında bir de yağ ayırıcısı yerleştirmek gerekir.

Yağ ayırıcılarda da gelen basınçlı hava nem ayırıcılara benzer şekilde içeride tabak şeklindeki sapırtıcıya çarptırılır, daha sonra yönü değişen hava delikli bir metal tava içerisinde geçirilerek metal kıvrımları olan geniş bir yatak içinden yön değiştirmiş bir şekilde geçer.

Bütün bu işlemlerden dolayı havanın içerisindeki nem ve yağ zerrecikleri tabana düşer. Metal yataktan geçerken de yüzeye yapışan yağ zerrecikleri tabana doğru damlama yapar. Tabanda biriken yağ ve nem bir şamandıralı valf sistemi ile dışarıya boşaltılır.

Tankın Suyunun Boşaltılması

Yukarıda belirtilen işlemler ne kadar hassas olursa olsun bir miktar nemin tanka ulaşması engellenemez. Bu sebeple periyodik olarak hava tankının içerisinde birikmiş olan suyun alınması gerekir.

Bunun için ilk önce hava tankının havası boşaltılır ve kompresör çalıştırılır. Hava tankının içindeki basıncın 1,5 – 2 bar seviyesine gelmesi beklenir ve kompresörün çalışması durdurulur. Tankın alt kısmında bulunan su boşaltma musluğu açılarak tanktaki hava bitinceye kadar boşaltılır. Bu işlemden sonra musluk kapatılarak kompresör çalıştırılır.

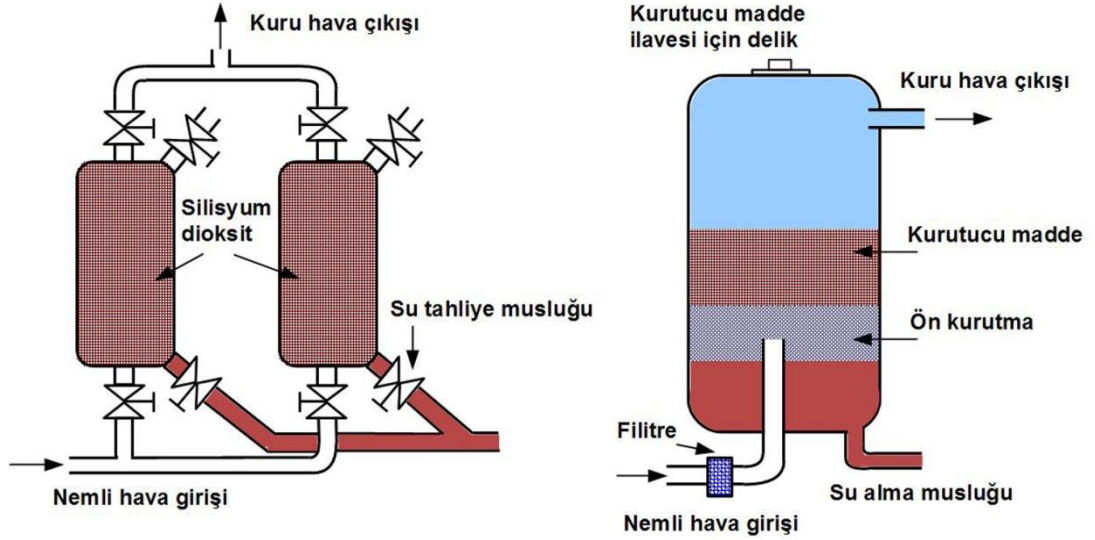
➤ **Fiziksel Yöntemlerle Kurutma:**

Basınçlı hava silisyum dioksit (SiO_2) taneleri bulunan bir tüpten geçerken havanın içindeki nem miktarı burada çözülür ve depodan dışarıya atılır.

Birbirine paralel bağlanan iki tüpün içinden hava geçerken jel biçimindeki silisyum dioksit tanelerine çarparak üzerindeki su buharını bırakır. Tamamen kurutulması için ikinci tüpten sıcak hava gönderilerek süreklilik sağlanır. Şekil 1.14'de sol tarafta fiziksel yöntemlerle çalışan kurutucu görülmektedir.

➤ **Kimyasal Yöntemlerle Kurutma:**

Basınçlı hava su ile kimyasal bileşime girebilen sodyum klorür (NaCl) denilen maddeden geçirilirken burada nemi bırakır. Bırakılan nem musluktan dışarıya alınır.



Şekil 1.14: Fiziksel ve kimyasal yöntemlerle çalışan kurutucular

Kimyasal kurutma yöntemlerinde su buharı ile birlikte havanın içindeki yağ buharı da dışarıya atılmış olur. Eğer havanın içinde yağ buharı fazla olursa sistemin verimini düşürür. Bunun için kurutucu elemanın önüne filtre takılır.

1.6.2.3. Havanın Filtre Edilmesi

Pnömatik sistemlerde kullanılacak hava iki aşamada filtre edilerek sisteme gönderilir. Birinci aşama ön arıtma (kaba) dediğimiz havanın kompresöre girmeden önce içindeki pislik ve kirletici katı maddelerden temizlenmesidir. İkinci aşama ise basınçlı havanın sisteme gitmeden önce son defa içindeki nem, yağ ve kirleticilerden ayrıştırıldığı hassas arıtma işlemidir. Pnömatik sistemlerde kirletici parçacık boyutları mikron cinsinden ölçülür. Tüm bu işlemler için değişik tiplerde filtreler kullanılır. Bunlar;

➤ **Ön (kaba) Filtreleme İçin**

- Kuru tip filtreler
- Islak tip filtreler
- Hassa Filtreleme İçin
 - Yüzey tip filtreler
 - Derinlik tip filtreler
 - Kuru tip filtreler
 - Islak tip filtreler
 - Yağ banyolu filtreler
- **Ön (Kaba) Filtrasyon**

Çevre havası kompresöre girmeden önce içindeki pislik ve kirletici katı maddelerden temizlenebilmesi için mutlaka bir filtreden geçirilmelidir. Bu filtreler sisteme uygun olarak kuru ve ıslak tipte filtreler olabilir. Hava miktarı ve kompresörün tipi kullanılacak filtre üzerinde doğrudan etkilidir.

- **Kuru Tip Filtreler**

Kuru tip filtreler değişik şekil ve düzenlemede yapılırlar. Bu filtrelerin çoğu; bir tel elek veya açık tip bir diğer tutucu eleman içine sızdırmaz bir biçimde yerleştirilmiş bir keçe veya pamuklu malzeme ihtiva eder. Daha çok kullanılan bir diğer kuru tip filtre ise, değiştirilebilir kartuş elemanlar kullanılır.

Bu filtrelerin tümü temizlenebilir niteliktedir. Paket tipi bir filtre için tavsiye edilen temizleme yöntemi, filtre elemanının bir çözücü içinde (benzin ve tiner kullanılmamalıdır.) yıkamak ve sonra basınçlı hava ile kurutmaktır. Kartuş tip filtre elemanlarının çoğu ise içten dışa basınçlı hava ile üfleme suretiyle temizlenir veya yenisi ile değiştirilir.

- **Islak Tip Filtreler**

Islak tip filtrelerde; filtre muhafazasının üst kısmından içeri giren hava aşağı doğru yönlendirilerek yağ içine akar ve sonra da emme borusu içinden geçmeden önce filtre ortamından geçerek yukarı doğru hareket eder. Bu akış esnasında hava ile birlikte taşınan yağ zerreciklerinin pislik, toz veya diğer kirletici maddelerle beraber filtre içinde tutulmaları sağlanır.

- **Hassas Filtrasyon**

Pnömatik alıcılara gidecek basınçlı havanın içinde olabilecek katı parçacıkları sisteme büyük zararlar verebilir. Özellikle temiz ve hassas işlerde kullanılan pnömatik sistemlerde havanın her türlü olumsuzluktan arındırılması büyük önem taşır.

Hava akımı içindeki katı parçacıkları alabilen iki ana filtre tipi mevcuttur. Bunlar yüzey tipi filtreler ve derinlik tipi filtrelerdir.

- **Yüzey Tipi Filtreler**

Pnömatik sistemlerde genellikle yüzey tipi filtreler kullanılır. Yüzey tipi filtreler parçacıkları bir tek yüzey üzerinde toplar. Bu filtrelerde bulunan geçiş delikleri hemen hemen birbirleriyle aynı ebattadır. Yüzey tip filtrelerde metal süzgeçler, sinterlenmiş metal tozları, ince keçeli elyaflar, ince membranlar (diyaframlar) ve tek tabaka dokuma kumaşlar kullanılır.

- **Derinlik Tipi Filtreler**

Derinlik tipi filtrelerde parçacıkların birkaç tabaka üzerinde toplanabilmesi sağlanır. Bu filtrelerde bulunan geçiş delikleri en büyük delikler dışta, en küçükler ise içte olacak biçimde, farklı ebattaki ve düzgün şekilli olmayan bir yerleşim düzeni içinde birçok delikten oluşmuştur. Bu yerleşim düzeni içinde, havanın önce dıştaki büyük deliklerden ve sonra da içteki küçük ebatlı deliklerin içinden akması sağlanır. Bazı uygulamalarda ise, hava akımı filtrenin merkezi kısmından içeri girer ve büyük ebatlı filtre deliklerinin düzeni, iç kısımda olacak şekilde tersine çevrilmiştir.

Derinlik filtreleri; kuru, ıslak veya yağ banyolu tiplerde olabilir.

- **Kuru Filtreler:**

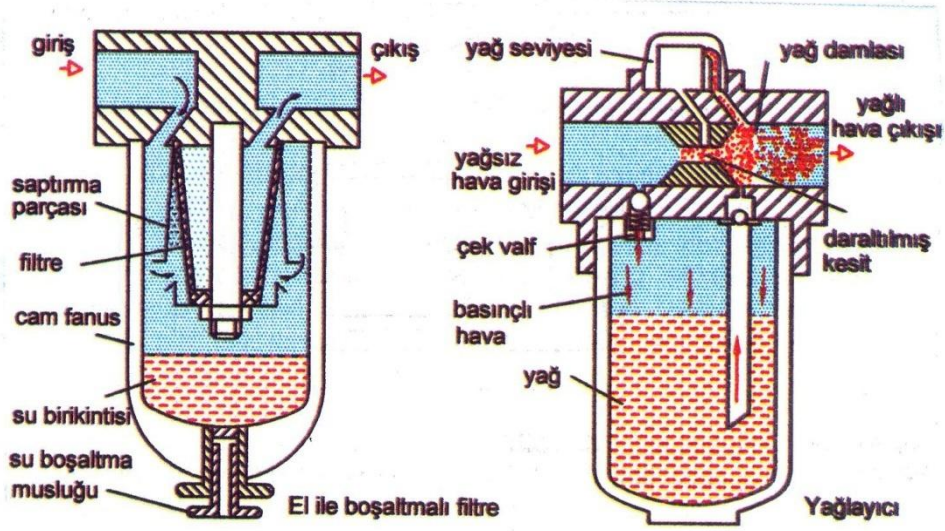
Ön kaba filtrasyonda kullanılan kuru filtrelerle benzerlik gösterirler. Hava içindeki parçacıkların alınabilmesini sağlayacak bir filtre ortamı esasına dayanır. Maliyeti düşük fakat sık sık değiştirilmesi gerekir.

- **Islak Tip Filtreler:**

Havadan alınan kirletici madde parçacıklarının toplanmasına ve tutulmasına yardımcı olmak üzere, yüzey üzerinde bir yağ tabakasının oluşturulması esasına dayanır. Kuru tip filtreye göre biraz daha maliyetli olmasına rağmen temizlenerek birçok defa kullanılabilir.

- **Yağ Banyolu Filtreler:**

Hava akımının filtre ortamı içinden geçirilmesinden önce, bir yağ banyosunun üst kısmından geçmesini sağlayacak biçimde yön değiştirmesine neden olur. Yüzeyi yağ tabakası ile kaplı filtre ortamı kirletici madde parçacıklarını tutar. Bu tip filtreler büyük hava debileri için çok verimlidir. Gerektiği zaman temizlenerek yeniden kullanılabilir.



Şekil 1.15: Filtre ve yağlayıcı

1.6.2.4. Havanın Yağlanması

Pnömatik güç kullanımını gerektiren cihaz, kontrol sistemi ve silindirlerin çoğu aşınma ve paslanmayı azaltmak için yağlı havaya ihtiyaç duyar. Basınçlı hava ile çalışan tornavida, darbeli matkap, vibratör, taşlama makinesi, zımbalama makinesi ve ceraskal gibi taşınabilir tip pnömatik cihaz ve aletler bu kapsama girerler. Havalı sistem silindirleri ve hava motorları da yağlamaya ihtiyaç duyarlar. Ancak bazı pnömatik sistem ve aksamaları kesinlikle yağlı hava istemezler ve bu sistemlerde yağlayıcı kullanılmaz.

Havanın yağlanması için hava hattına yağlayıcılar (yağlama cihazı) yerleştirilir. Yağlayıcı ile basınçlı havanın yağlanması "Venturi Prensibi"ne göre çalışan bir sistemle gerçekleşir. Daralan geçitten geçen havanın hızı artarken basıncı düşer ve oluşan vakum nedeniyle yağ haznesinden gelen borudan yağı çekerek havaya karıştırır. Damlayan yağın miktarı yağlayıcı üzerindeki ayar vidasından gerçekleştirilir. Pratikte her 1000 litre havaya 1 ila 12 damla arasında yağ damlaması yeterlidir.

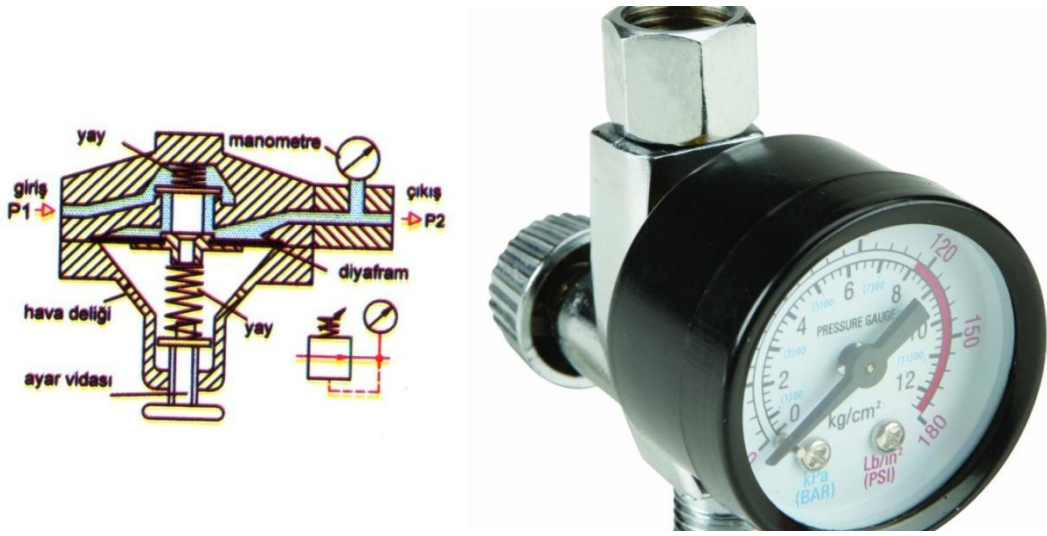
Devrede yağlayıcıdan önce filtre kullanılmalı ve yağlayıcı mümkün olduğu kadar elemanlara yakın olmalıdır. Yağlayıcı içinden hava belirtilen yönde geçirilmeli, yağlayıcı dik olarak monte edilmelidir. Kullanılacak yağ son derece önemlidir ve üretici firmanın tavsiyelerine uygun olmalıdır.

Yağlama cihazları; ağır ve ince yağ basan cihazlar olmak üzere iki ana grup hâlinde sınıflandırılır. Günümüzde gelişen yeni teknolojiler pnömatik sistemlerde yağlayıcılara olan ihtiyacı azaltmıştır.

1.6.2.5. Basıncının Ayarlanması

Pnömatik sistemlerde farklı cihazların farklı basınçlarda çalışma ihtiyaçları olabilir. Hava basıncının olması gereken değerden az olması sistem ve cihaz verimini düşürür ve istenen iş elde edilemeyebilir. Basıncın istenen değerden fazla olması da gereksiz enerji sarfiyatına ve cihazlarda aşınmalara sebep olur.

Kompresördeki basınç dalgalanmalarının sisteme aktarılmaması ve elemanların istenen basınçta çalışmalarını sağlamak için basınç düşürücü valflere ihtiyaç vardır. Basınç düşürme valflerine “Basınç Regülâtörü” de denir. Bu valfler yüksek basıncı önceden ayarlanmış olup belli bir değere düşürmek ve basıncı sabit bir değerde tutmak için kullanılırlar. Basınç, regülâtör üzerinde bulunan ayar vidası ile istenen değerlere ayarlanır ve çıkışındaki manometreden basınç değeri okunur.



Şekil 1.16: Basınç regülâtörü ve kesiti

1.7. Şartlandırıcılar

Şartlandırıcılar diye adlandırılan bakım üniteleri bir filtre, bir yağlayıcı ve bir regülâtörden meydana gelir. Filtre havanın içindeki yabancı maddeleri ve su buharını ayırır. Yağlayıcı, pnömatik elemanlara giden kuru havanın içine belirli miktarda yağı pülverize (toz hâlinde püskürtmek) hâlinde katarak hareketli kısımların yağlanmasını sağlar. Basınç regülâtörü de pnömatik sisteme sürekli olarak belirli basınçta hava gönderilmesini sağlar.

Şartlandırıcı veya bakım ünitesi adı verilen elemanlar, pnömatik elemanlara en fazla 3 metre uzakta olmalıdır. Silindir ve pnömatik motorlara, havayla çalışan aparatlara 3 metre uzaktaki bakım ünitesinden yeterli temizlikte, yağlanmış ve basıncı düzenlenmiş hava verilmiş olur. Bu mesafenin uzaması istenen neticeyi vermeyebilir.

Birden fazla havalı aletin, silindir veya motorun çalıştırılması sırasında tek bir şartlandırıcı kullanılabilir. Ancak bu durumlarda uygun kapasitede şartlandırıcının seçilmesi,

elemanların çalışma basınçlarının aynı olması gerekir. Farklı basınçlarda çalışan elemanlar var ise her basınç kademesi için ayrı şartlandırıcı ünitesi kullanılmalıdır.



Resim 1.3: Şartlandırıcı ünitesi

1.8. Manometreler

Sistemdeki ya da sistemin belirli bölümlerindeki havanın basıncını ölçmeye yarayanölçü aletleridir. Hava tankları üzerine, sistemde basıncın sürekli gözetim altında bulunmasıgereken değişik yerlere konulmuştur. Manometrelerin yenilenmesi ve ilk seçimleri sırasındaölçüm alanına, çalışma ortamına, hassasiyetlerine, bağlantı kolaylığına dikkat edilmelidir.Metal elemanlı ve sıvılı olmak üzere iki çeşittir. Resim 1.3’de şartlandırıcı üzerinde manometre görülmektedir.

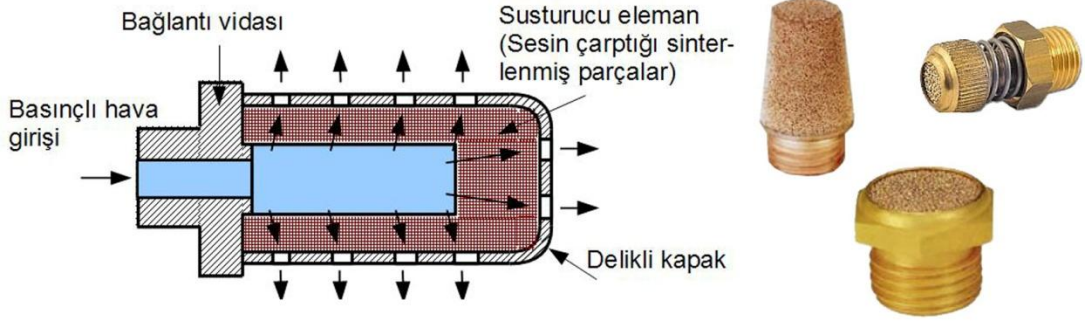
1.9. Susturucular

Basıncılı hava sistemi terk ederken ani bir hacim genişlemesi yaşar. Bu hacim genişlemeleri sonucunda sıkışan hava atmosfere çıkarken patlamalara benzer gürültüye sebep olur. Bu gürültü basıncılı havanın debisine bağlı olarak rahatsız edici boyutta olabilir. Sistemde birçok valf kullanılıyorsa bu gürültü daha da artacak ve çalışılmaz bir ortam oluşturacaktır. Bu durumu ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için susturucular kullanılır.

Susturucular, yön kontrol valflerinin eksoz hatlarına takılırlar. Egzoz gazı susturucunun içine girdiği zaman birden bire geniş bir alana dağılır, içerideki sinterlenmiş

plastik veya metal parçacıklara çarpar. Bu sırada havanın dışarı atılması için hazırlanmış olan küçük deliklerden çıkan hava artık fazla rahatsız edici olmaz.

Susturucular kullanılırken tıkalı olmamasına dikkat edilmeli ve susturucuları kesinlikle havayı kısma amacıyla kullanmamak gerekir.



Şekil 1.17: Farklı tipte susturucular ve kesiti

1.10. Basınç Anahtarı

Pnömatik sistemlerde hava tankının istenen basınca ulaştığında otomatik olarak kapanması ve yine basınç düşümünde çalıştırılması gerekir. Bununla birlikte pnömatik otomasyon sistemlerinde çalışan bazı cihazlarında hava basıncına dayalı olarak kumanda edilmeleri gerekir.

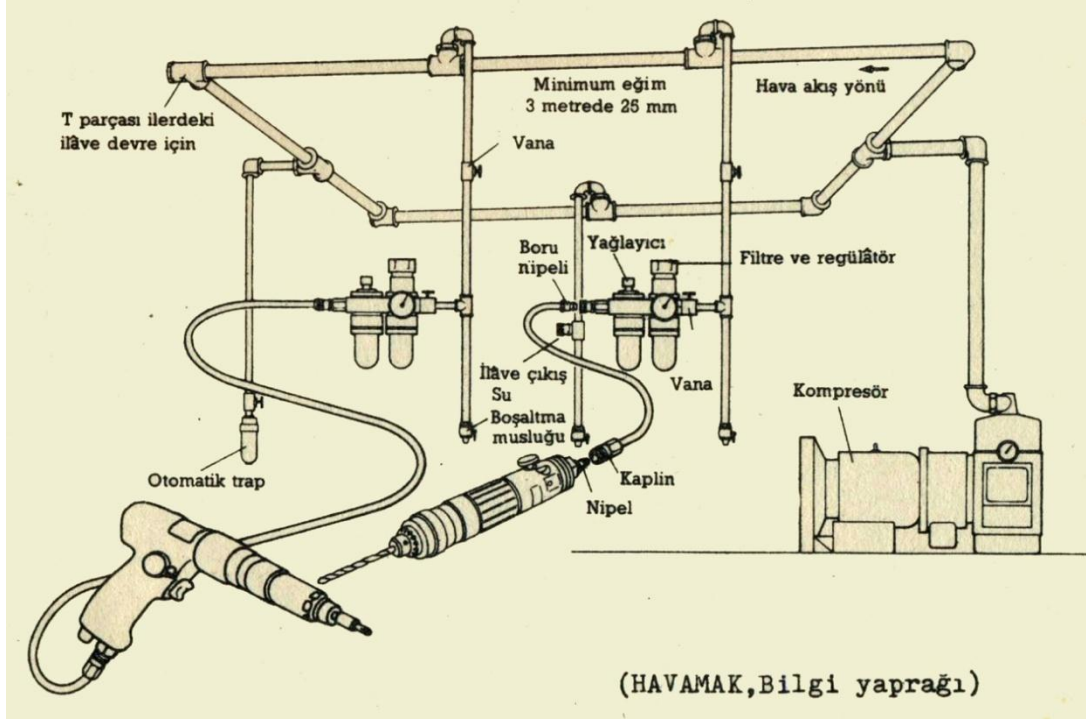


Şekil 1.18: Farklı tipte basınç anahtarları ve kesiti

Bu nedenle pnömatik elemanlarla elektrik devre elemanları birlikte değişik kombinezonlar ve dizayn şekillerinde ortaya çıkabilmektedir. Bu ihtiyaç basınç anahtarlarının kullanımını doğurmuştur. Basınç anahtarları pnömatik sistemdeki havanın basıncını elektrik sinyaline dönüştürerek devreleri otomatik olarak açıp kapamaya yarar.

1.11. Borular ve Hortumlar

Pnömatik sistemlerde üretilen basınçlı havanın çalışan elemanlara dağıtımını borular ve hortumlar aracılığı ile olur. Borular çalışma şartlarına göre standartlaştırılmışlardır. Sistemin basıncına uygun boru seçilmediği takdirde verim düşerek olumsuzluklar meydana gelir.



Şekil 1.19: Basınçlı havanın atölye içinde dağıtılması ve aletlere verilmesi

Pnömatik devrelerde boru seçimi yapılırken; çalışma şartları, havanın nem durumu, çevre sıcaklığı, uzunluğu, bükülebilme özelliği ve dayanıklılık durumlarına dikkat edilmelidir. Basınçlı havayı taşıyan boruların uzunluğu arttıkça sızıntılar ve basınç düşmeleri artar. Boru iç yüzeylerinin pürüzlülük durumları da basıncıdaki düşme oranına etki eder.

Boru hatları kolay döşenebilmeli, korozyona karşı dayanıklı ve ucuz olmalıdır. Kaynaklı borular ucuz ve sızdırmaz olmalarına rağmen kaynak cürufırları sisteme zarar vereceğinden pek tercih edilmezler. Bu yüzden çelik boru kullanıldığında filtre ve su tutucu elemanların önemi daha da artar. Özel kullanım sahalarında ise bakır ve plastik boru seçilebilir. Ana dağıtım şebekesinde bakır, pirinç, alaşımlı çelik, siyah çelik boru, galvanizli çelik boru ve plastikten yapılmış borular kullanılır.

daha çok ince etli ve dişsiz borular için uygundur. Zaman zaman kullanılan plastik boruların bağlantısı da yine kaynaklı ya da rakor bağlantılı olabilir.

Diş Ölçüleri: M5, G1/8", G1/4", G3/8", G1/2"		Hortum Dış Çapları: 4mm, 6mm, 8mm, 10mm, 12mm	
	RB Rakor Bağlantı (erkek diş)		NI ND Nipel Nipel Düşürücü
	DD Döner Dirsek		NP Nipel Panotip (somunlu, perde geçiş)
	DB Dirsek Bağlantı		DHD DRD Dişli Hortum Dağıtıcı Dişli Redüksiyon Dağıtıcı
	YT Yan Bacak Te		3HD 3RD Üç'lü Hortum Dağıtıcı Üç'lü Redüksiyon Dağıtıcı
	OT Orta Bacak Te		RD Redüksiyon
	TE TD Te Bağlantı Te Düşürücü		KT Körtape
	YE YD Ye Bağlantı Ye Düşürücü		DH Dirsek Hız Ayar (çekli)
	OY Orta Bacak Ye		NH Nipel Hız Ayar (çekli)
	KR Kruva (4'lü bağlantı)		SH Susturucu Hız Ayar
	SK Susturucu (konik)		ST Susturucu (Düz tip) (tapa tipi)

Resim 1.5: Çeşitli boru ve hortum bağlantı elemanları

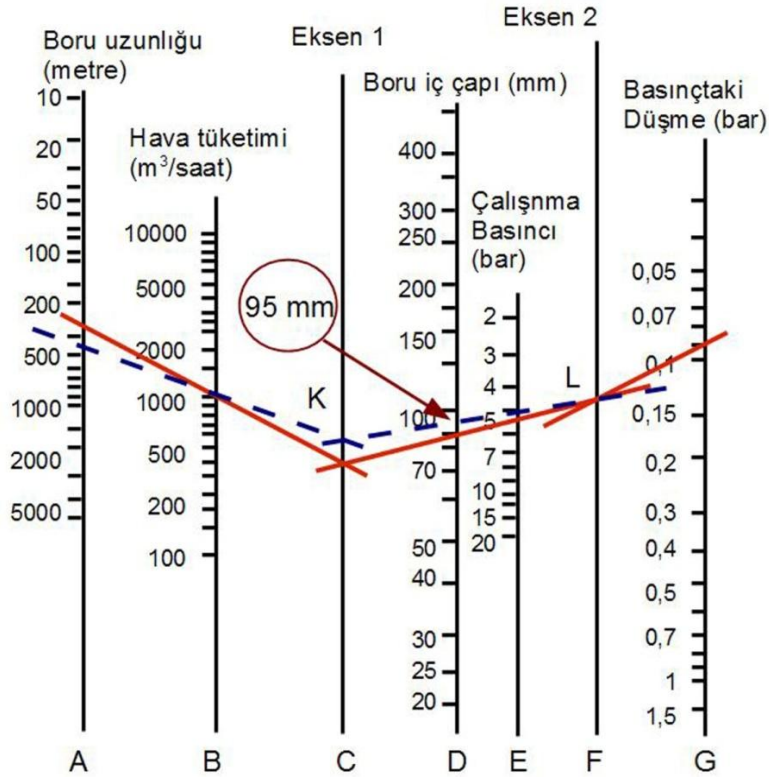
1.11.2. İç Çaplarının Belirlenmesi

Planlaması yapılmış pnömomatik sistemde boru hattının çapı; iletilen havanın hacmi, sistem çalışma basıncı, havanın ulaştırılacağı en son noktaya olan uzunluk ve hat içinde bulunan dirsek ve bağlantı elemanlarının sayısı gibi çeşitli etkenlere bağlıdır.

Tesisin büyüklüğü ve kompresörün (veya kompresörlerin) yeri (veya yerleri), havanın ne kadar uzağa iletilmesi gerektiğini belirler. Bazı kuruluşlarda ilgili birimlere ayrı ayrı besleme yapan kısmi sistemler, bazılarında merkezi veya çevrimli sistemler kullanılır. Bazı durumlarda basınç düşmelerini azaltmanın yanında boru çaplarını düşürmek için kompresörden uzak yerlere yardımcı hava tankları yerleştirilir.

Boru iç çaplarının belirlenmesinde çizelgeler kullanılır. Çizelge 1.1'de birboru iç çapının nasıl bulunduğu bakalım.

Çizelgede A çizgisi boyunca boru uzunlukları, B çizgisinden hava tüketim değeri bulunarak C çizgisini K da kesinceye kadar uzatılır. Çalışma basıncı E çizgisinden, basınç düşümü G çizgisinden bulunur ve birleştirilerek uzatılır. F eksenini L'de kesilir. K ve L noktaları birleştirilir. D çizgisi üzerinde borunun iç çapı değeri 95 mm okunur. Bulunan bu değer yaklaşıktır. Bu değere yakın standart ölçüler seçilir.



Çizelge 1.1: Boru iç çapının bulunmasını sağlayan grafik

1.11.3. Basınç Düşmesi

Borularda basınçlı hava iletilirken bir miktar basınç düşmesi olur. Pnömatik sistemlerdeki basınca göre boru sayısının fazlalığı, basıncın uzun mesafelere götürülmesi, boru iç çapının uygun olmaması, boru ekleri, kıvrım sayılarının fazlalığı, kaçak ve sızıntılar vb. nedenlerden basınçta düşmeler meydana gelir.

Sistemde hava kullanımı olmadığı zamanlar tüm manometreler aynı değeri gösterecektir. Sistem çalışmaya başladığında aynı hat üzerindeki iki manometreningösterdiği değerler arasında farklılıklar olacaktır. Önemli olan bu farkı en aza indirmektir.

Metal borularda basınç düşmesi fazla olmayacaktır. Bağlantı hataları nedeniyle sadece metal boru tesisatlarında ek yerlerinde düşmeler görülecektir. Ama zamanla borularının kirlenmesi hava akış hızını azaltarak basınç düşmesine sebep olabilir. Bu durum sistemin çalışmasını fazla etkilemez.

Plastik borularda borunun esnemesi nedeniyle basınç düşecektir. Bundan sistemin kirlenmesini engellemek için boru boyları kısa, çapları ise boyları oranında büyük olmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Pnömatik sistemde kaçak hava debisini bulunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Hava deposunun vanasından başlayarak, tüm ana boru şebekesinin hacmi (V), iniş hatları da katılarak, (litre cinsinden) hesaplayınız.</p>	<p>➤ Borunun iç hacmini hesaplayacaksınız. Birimi $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litre}$ Hacim = r (boru iç yarıçapı) h (uzunluk)</p>
<p>➤ Tüm sisteme normal çalışma basıncına (P1) ulaşıncaya kadar hava basınız ve basınç (P1) değerine ulaştığı zaman kompresörü stop ettiriniz.</p>	<p>➤ Kompresör manometresinden ve sistemin herhangi bir yerindeki diğer manometreden basınç değerini okuyunuz.</p>
<p>➤ Hava deposunun vanasını kapatınız, tüm havalı alet ve hava kullanan ekipman kapalı iken, en düşük çalışma basıncı olarak belirlenmiş alt sınır değerine (P2) düştüğü görülene kadarki süreyi (saniye olarak) tutunuz.</p>	<p>➤ Sistemdeki basınç düşüşünü sisteme bağlı manometreden takip ediniz.</p>
<p>➤ Üst ve alt basınç değerleri arasındaki fark (P1-P2 basınç farkı) basınç düşümü (bar) olarak hesaba katılır ve sonuçta aşağıdaki formüle göre kaçak hava debisini bulunuz: $V \times (P1-P2) / t$.</p>	<p>➤ Örnek : V (litre) = 300 litre $P1$ (bar) = 7 bar $P2$ (bar) = 6 bar t (saniye) = 300 saniye $300 \times (7-6) / 300 = 1 \text{ litre/saniye (L/s)}$ Örneğe göre, sistemde saniyede 1 litre hava debisi kaçağı vardır.</p>

Kompresör hava tankının suyunu boşaltınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Kompresörün havasını boşaltınız.	➤ Kompresör elektrik kumanda düğmesini kapatınız. Herhangi bir vanadan tankın bütün havasını boşaltınız. Manometreden basınç düşümünü takip ediniz.
➤ Kompresörü basınç değeri 1,5-2 Bar olana kadar çalıştırınız. Basınç istenen değer geldiğinde kompresörün çalışmasını durdurunuz.	➤ Tankın hava çıkış vanasının kapalı olmasını sağlayınız. Basınç değerini hava tankı manometresinden takip ediniz.
➤ Tankın alt kısmında bulunan su boşaltma musluğunu uygun takımlarla açarak tanktaki hava bitinceye kadar boşaltınız.	➤ Tanktaki basınç düşüşünü fiziki olarak ve bağlı manometreden takip ediniz.
➤ Su boşaltma musluğunu kapatınız. Kompresörü çalıştırınız..	➤ Sisteme giden hava vanalarını açınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki sistemlerden hangisi basınçlı ve kontrol edilebilen gaz ile çalışan sistemlerdir?
 - A) Hidrolik sistemler
 - B) Elektrik sistemler
 - C) Pnömatik sistemler
 - D) Elektronik sistemler
2. Aşağıdaki kompresör tiplerinden hangisi pistonlu kompresör sınıfına girer?
 - A) Radyal kompresör
 - B) Rotorlu kompresör
 - C) Eksenel kompresör
 - D) Diyaframlı kompresör
3. Belirli bir kesitte sıkıştırılan gaz (hava) içindeki kabın bütün çeperlerine bir kuvvet uygular. Aşağıdakilerden hangisi bu kuvveti tanımlar?
 - A) Viskozite
 - B) Basınç
 - C) Ağırlık
 - D) Kuvvet
4. Kirletici parçacık boyutları, aşağıdaki birimlerden hangisi cinsinden ölçülür?
 - A) Milyonda bir milimetre
 - B) Milimetre
 - C) Mikron
 - D) Atom
5. Pnömatik cihazı yağlamak için kullanılan yağ çeşidi hangisidir?
 - A) Dizel motor yağı
 - B) Otomotiv yağı
 - C) Isıtılmış yağ
 - D) Hiçbir kirletici içermeyen yağ
6. Sabit hacimdeki bir silindir içinde bulunan gaza ısı uygulandığında ne olur?
 - A) Basınç artar
 - B) Hacim artar
 - C) Silindir genişler

- D) Kütle azalır
7. Çok kademeli bir kompresörde ara soğutucu kullanılması nın sebebi nedir?
- A) Gç ihtiyaını arttırır
B) Alıcı nitelerin kapasitesini düşürür
C) Alıcı nitelerin kapasitesini arttırır
D) Gç ihtiyaını azaltır
8. Pnömatik sistemde, yağlama cihazının yerleştirilmesi için en uygun nokta aşağdakilerden hangisinden sonradır?
- A) Hava tankı
B) Ayarlayıcı
C) Soğutucu
D) Kompresör
9. Ařađdakilerden hangisi filtre, basınç regülâtörü ve yağlayıcıdan oluşan pnömatik ünitedir?
- A) şartlandırıcı
B) Hava tankı
C) Kompresör
D) Silindir ve motorlar
10. Pnömatik sistemdeki havanın basıncını elektrik sinyaline dönüştürerek devreleri otomatik olarak açıp kapamaya yarayan eleman aşağdakilerden hangisidir?
- A) Basınç regülâtörü
B) Basınç anahtarı
C) şartlandırıcı
D) Filtre

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Pnömatik silindirler ile ilgili hesapları yapabileceksiniz.

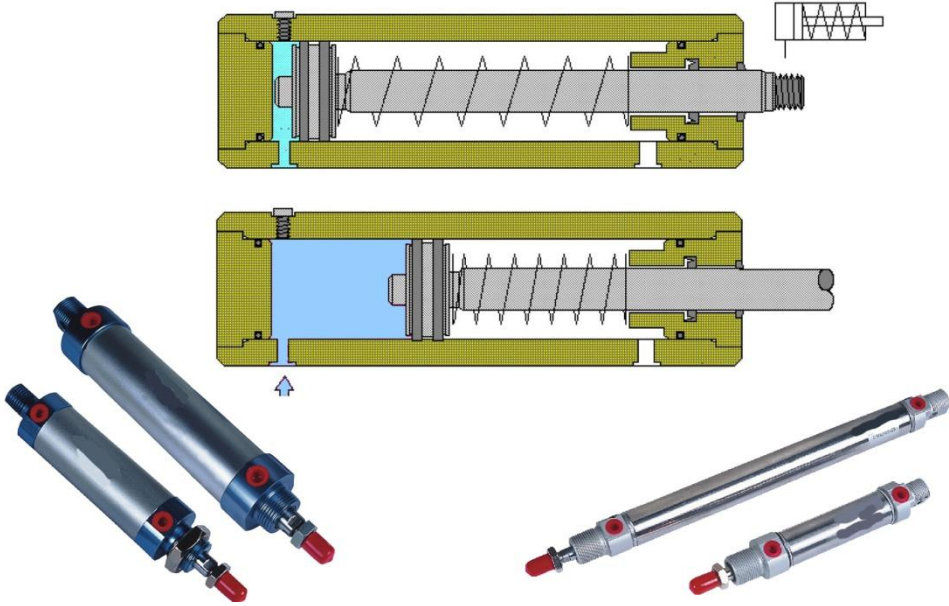
ARAŞTIRMA

- Havalı fren sistemi kullanılan araçlardaki fren körüklerinin (körüklü silindirler) nasıl çalıştıklarını araştırınız.

2. PNÖMATİK SİLİNDİRLER

2.1. Görevleri ve Simgesi

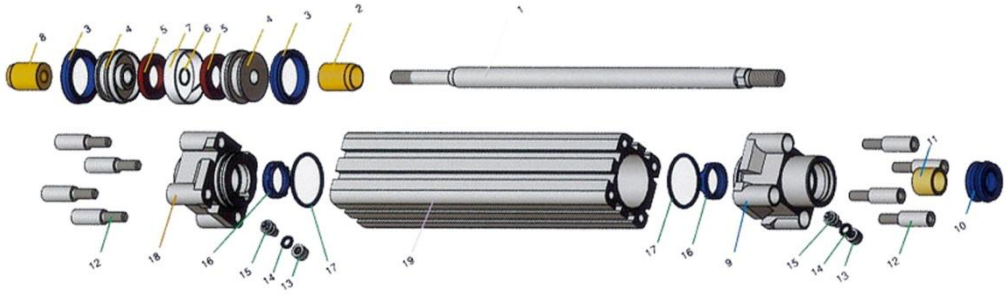
Pnömatik silindirler sistemden gelen basınçlı hava ile doğrusal olarak ileri geri hareket üretirler. Basıncın etkisiyle gerçekleşen bu doğrusal hareket bir kuvvet doğurur ve iş elde edilmesini sağlar.



Şekil 2.1: Farklı tipte pnömatik silindirler, kesiti ve simgesi

Pnömatik sistemlerdeki silindirler, hidrolik sistemdeki silindirlerin gördükleri görevlerin aynısını yaparlar. Pnömatik silindirlerin hidrolik silindirlerden başlıca farkı dönüş hatlarının olmamasıdır. Pnömatik sistemlerdeki silindirlerde sürtünen yüzeyler hava ile çalıştıklarından sızdırmazlık toleranslarının çok daha hassas yapılmaları gerekir. Silindirlerin büyük olanları dökme çelik veya dökme demirden, küçük gövdeli olanlar ise düzgün çekilmiş alüminyum borulardan yapılırlar. Düzenli bir yağlama pnömatik silindirin daha uzun bir hizmet ömrüne sahip olmasını sağlar

Silindir, iki tarafı kapatılmış borunun içinde piston yerleştirilmiş ve pistonla bağlanmış bir piston kolundan ibarettir.

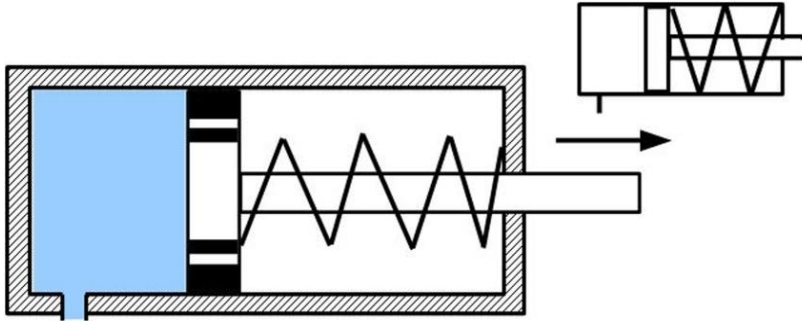


Şekil 2.2: Sökülmüş bir Pnömatik silindir ve parçaları

2.2. Çeşitleri ve Simgeleri

2.2.1. Tek Etkili Silindirler

Basıncı havanın basıncını bir yönde doğrusal harekete dönüştüren silindirlerdir. Bu nedenle sadece bir yönde iş yaparlar.



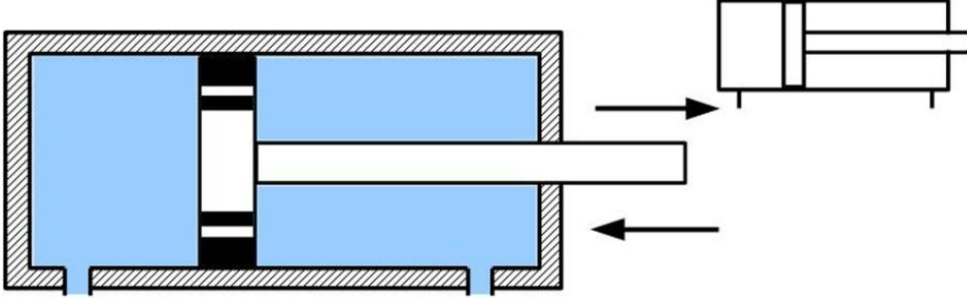
Şekil 2.3: Tek etkili silindir ve sembolü

Piston kolunun geri hareketi, bir geri getirme yayı veya dış kuvvet aracılığı ile gerçekleştirilir. Geri getirme yayının uygulayacağı kuvvet, yüksüz durumdaki pistonun yeterli hızla geri dönebileceği şekilde seçilir. Tek etkili silindirlerde kurs boyu (hareket etme aralığı, strok) geri getirme yayının boyuyla sınırlıdır. Gerçek boyu çift etkili den uzundur. Basınır azdır. Bu nedenle kısa aralıkta iş yapan;

- 1- İş parçalarının bağlanması,
- 2- İş parçalarının yönlendirilmesinde,
- 3- İş parçalarının baskı altına alınmasında,
- 4- İşlenmiş iş parçalarının yerinden alınmasında,
- 5- Kesme işlemlerinde kullanılırlar.
- 6- Kısaca; tutma, itme, sürme, kesme, pres işlemlerinde kullanılırlar.

2.2.2. Çift Etkili Silindirler

Yapı olarak tek etkili silindirlere benzerler, Farklı olarak geri getirme yayı bulunmaz. Bağlantı yerleri duruma göre hava girişi ve çıkışı için kullanılır. Her iki yönde hareket ve kuvvet elde edilir. Değişik ölçülerde ve tiplerde yapılmalarına rağmen, piyasada ve pnömomatik sistemlerde en çok kullanılan çift etkili silindirlerdir.

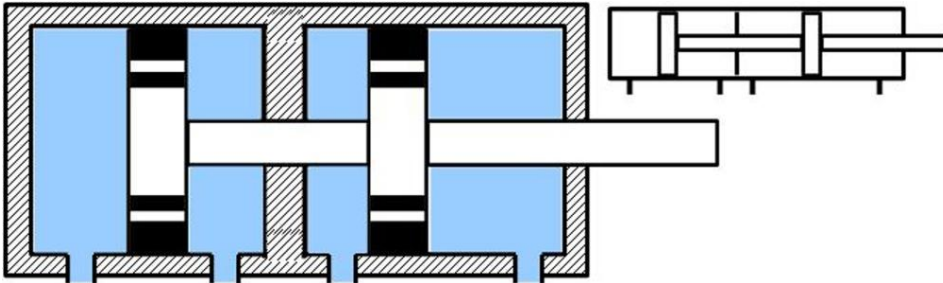


Şekil 2.4: Çift etkili silindir ve sembolü

2.2.3. Tandem Silindirler

Birbirine bağlanmış iki çift etkili silindir biçimindedir. Boyutları büyük, kısa hareket aralığında ve küçük hacimlerde büyük kuvvet elde edilmesi gereken yerlerde kullanılırlar.

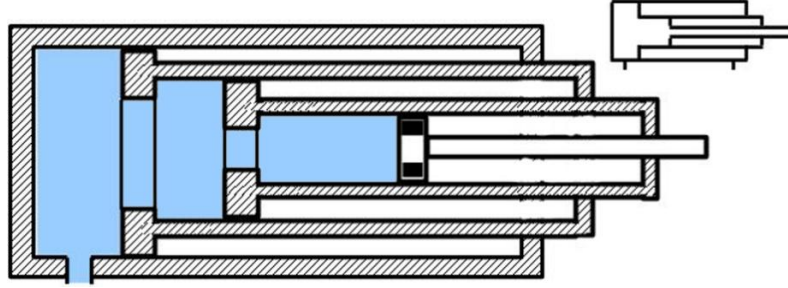
Bazı durumlarda piston çapını arttırmadan daha büyük itme ve çekme kuvvetlerine ihtiyaç duyulabilir. Bu durumlarda tandem silindirler kullanılır. Aynı anda iki silindir ve iki piston birleştirildiği için olması gerekenden iki kat kuvvet oluşumu sağlar.



Şekil 2.5: Tandem silindir ve sembolü

2.2.4. Teleskopik Silindirler

Pnömatik sistemlerde silindir boyunun kısa, piston kursunun uzun olması gereken yerlerde kullanılır. Radyo, araç antenleri gibi iç içe uzayarak çalışırlar. Tek ve çift etkili olarak yapılabilirler. Uzay dürbünlerinin, gemi dümenlerinin uzaklaştırılıp yaklaştırılması, bayrak direği olarak vb. yerlerde kullanılabilirlerine rağmen pnömatik sistemlerde pek rastlanmazlar.



Şekil 2.6: Teleskopik silindir ve sembolü

2.2.5. Döner Silindirler

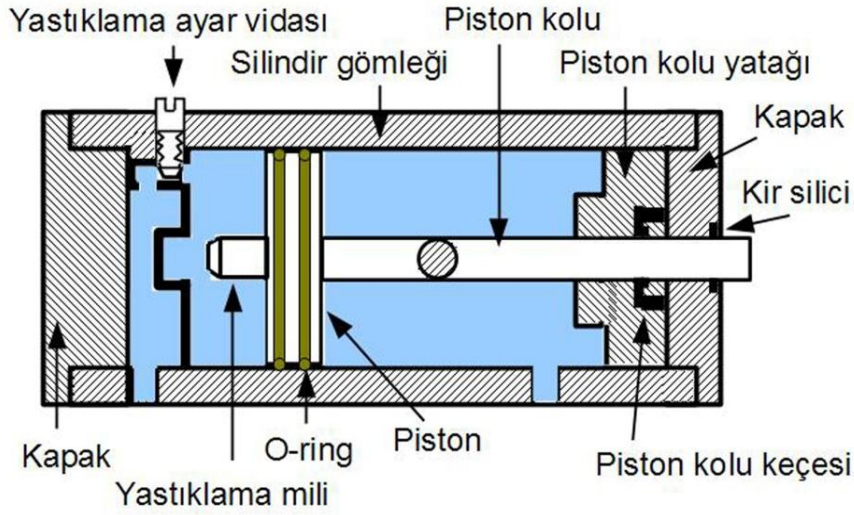
Doğrusal hareketlerin açısal harekete dönüştürülmesi için geliştirilmiş silindirlerdir. Çift etkili bir döner silindirin piston koluna krameyer düz dişli açılmıştır. Piston kolunun doğrusal hareketinde krameyer dişliye bağlı silindirik düz dişli çarkın dönmesi ile 45° – 90° – 180° – 360° ve istenilen açılarda döner hareketler üretilir. Örneğin; ambalaj işlemlerinde, profil bükme işlemleri vb. yerlerde başarı ile uygulanır.

2.2.6. Özel Silindirler

Pnömatik sistemlerde standart silindirlerin dışında özel işlemler için geliştirilmiş silindirlerdir. Bunlar perçinleme, zımbalama, asfalt kazı işlemlerinde kullanılan “darbeli silindirler” ve “çok amaçlı silindirler”dir. Çok amaçlı silindirlerde piston sayısı fazla olabilir ve birden fazla işlem yaptırmak için kullanılırlar.

2.3. Silindir Elemanları

Bir pnömatik silindir; silindir gömleği, piston, piston kolu, sızdırmazlık elemanları ve ön-arka kapaklardan oluşur.



Şekil 2.7: Çift etkili, tek yönlü yastıklamalı pnömatrik silindir kesiti ve elemanları

2.3.1. Silindir Gömleği

Yüksek basınç altında çalışan sistemlerde dikişsiz çelik borudan yapılmıştır. İç yüzeyleri, taşlanmış ve honlanmışır. Pirinç malzemeden, hafiflik istenen durumlarda basınca göre alüminyum ve plastikten yapılan silindir gömlekleri vardır. Çekilmiş boruların iç yüzeyleri taşlanarak honlama işlemine tabi tutulursa silindir gömleği olarak kullanılır.

Silindir gömlekleri hangi gereçten yapılırsa yapılsın iç yüzeyi iyi işlenmiş ve honlanmış olmalıdır. İyi verim alabilmek için silindir gömleği ile piston arasındaki sürtünme en aza indirilmelidir. Aksi hâlde sızıntı ve kaçaklardan dolayı verim düşer.

Gömlek kapakları da aynı malzemelerden yapılmıştır. Kendinden vidalı cıvatalı, kaynaklı ve son zamanlarda perçinle birleştirilmektedir (Şekil 2.7).

2.3.2. Piston

Piston, silindir gömleği içindesızdırmazlık elemanı ile beraber çalışan, piston koluna bağlanmış bir elemandır. Genelliklebasınca ve paslanmaya dayanıklı hafif metal, çelik alaşım malzemelerden yapılırlar.

Piston üzerinde sızdırmazlığı sağlamak için keçe veya lastik contalar kullanılır (Şekil 2.7).

2.3.3. Piston Kolu

Piston kolları çalışırken yüksek kuvvetlere maruz kalırlar. Bu sebeple çalışırken burkulma meydana gelmemesi için üzerine gelecek kuvvetlere karşı dayanıklı malzemeden yapılımaları gerekir.

Piston kolları da pistonun yapım malzemelerinden yapılırlar. Paslanmaya karşıdayanıklı olmalıdırlar. Piston kollarının sızdırmaması için kapak içerisine çok hassas şekildeyataklandırılırlar(Şekil 2.7).

2.3.4. Sızdırmazlık Elemanları

Pnömatik silindirlerde sızdırmazlık elemanları genellikle sentetik malzemeden yapılırlar. Bunlar; sert lastik, kauçuk, perbunan, plastik, viton, teflon gibimalzemeler olabilir. Sızdırmazlık elemanları bazı özelliklere sahip olmalıdırlar. Bunlar:

- 1- Sürtünme katsayıları düşük olmalıdır,
- 2- Kuvvet karşısında özelliklerini korumalıdırlar,
- 3- Isıya dayanıklı olmalıdır,
- 4- Kolay sökölüp takılabilmelidir,
- 5- Yağ filmi oluşturacak özelliğe sahip olmalıdırlar.

Piston üzerine takılan sızdırmazlık elemanlarının aşınması durumunda yağ ve hava kaçaklarıartmaya başlar ve verim düşerek güç kaybı oluşur. Aşınan, yıpranan sızdırmazlık elemanlarıyenisi ile değişimi sağlanır(Şekil 2.7).

2.4. Silindirlerde Yastıklama

Pistonun kurs sonuna yaklaşırken hızının yavaşlaması için yastıklama işlemi yapılır. Büyük kuvvetleri ve yükleri hareket ettirtirken, kurs sonlarına pistonun hızla çarpıması, sarsıntı ve titreşim meydana getirmemesi için yastıklama işlemi önem kazanmaktadır. Bu sebeple gerekli sistemlerde yastıklı silindirler kullanılmaktadır.

Bu silindirlerde piston kurs sonlarına yaklaşırken, sürüklenen ve atmosfere açılan havanın önü kısıldığı, geçiş kesiti daraltıldığı için, silindiri hızla terek edemeyen hava pistonla silindir arasına sıkışır ve yastıklık yapar. Bu olaya yastıklama olayı denir.

Şekil 2.7'de tek yönlü yastıklamalı silindirde görüldüğü gibi yastıklama miktarı bir ayar vidası ile havanın geçtiği kesit değiştirilerek ayarlanır. Bu silindirlerde piston ileriye doğru önce hızla ilerler, kursun sonuna yaklaşırken yavaşlar. Yastıklı silindirler, tek veya çift taraftan yastıklı olarak yapılırlar. Yastıklama sabit veya ayarlanabilir şekilde olabilir. Ayar vidası varsa ayarlı yoksa sabit yastıklı olur.

2.5. Silindirlerde Kuvvet İletiminin Hesaplanması

Pnömatik sistemde silindirlere gönderilen basınçlı hava ile doğrusal olarak ileri geri hareket üretilirken aynı zamanda bir kuvvet (F) ortaya çıkar. Bu itme kuvveti; piston çapı, havanın basıncı ve silindirin içinde meydana gelen sürtünme kuvvetinin (FS) bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. İtme kuvvetinin (F) daha büyük olması istendiğinde, çalışma basıncının (P) yükseltilmesi ve piston çapının (D) büyük tutulması gerekir. İtme kuvveti pnömatikte en fazla 30.000 N (3000 kgf) civarındadır.

Pratikte sürtünme (FS) kayıpları silindir verimi (η) olarak ifade edilir ve hesaplamalarda silindir verimleri baz alınır. İtme kuvveti aşağıdaki formülle hesaplanır.

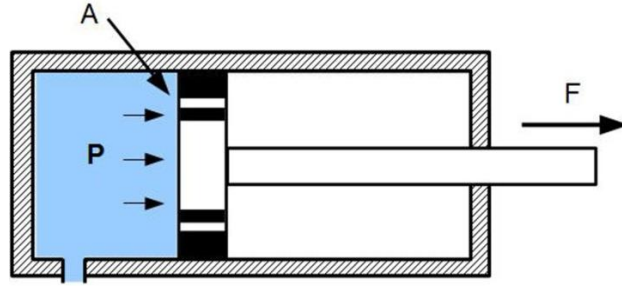
$$F = P \times A \times \eta$$

F = İtme kuvveti (N)

P = Basınç (Pascal)

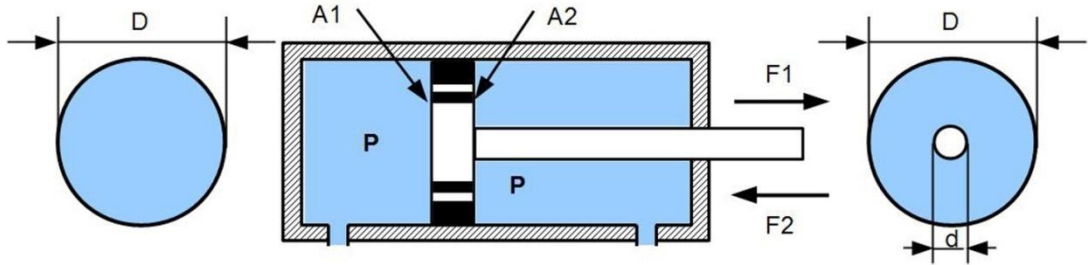
A = Piston yüzey alanı (m^2)

η = Silindir verimi (%)



Şekil 2.8: Silindirlerde itme kuvveti

Çift etkili silindirlerde piston yüzeylerinin her iki tarafında da kuvvet üretileceğinden; her iki yöndeki itme kuvvetleri farklılık gösterir. Piston yüzeyine monte edilmiş piston kolu alan küçülmesi yaratacağından itme kuvvetinde azalma yaşanır. Pistonun A1 ve A2 yüzeylerindeki kuvvetlerinin hesaplanması yüzey alanlarının değişmesinden dolayı farklılık gösterir.



Şekil 2.9: Çift etkili silindirde farklı F1 ve F2 kuvvetleri

$$F_1 = P \times A_1 \times \eta$$

F1 = İtme kuvveti

P = Basınç

A1 = Piston yüzey alanı $\Rightarrow A_1 = \pi \cdot D^2 / 4$

η = Silindir verimi (%)

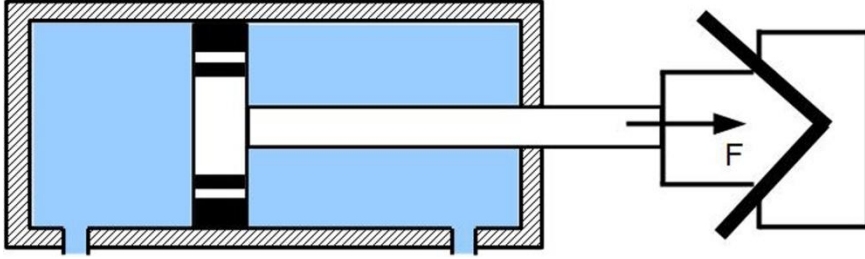
$$F_2 = P \times A_2 \times \eta$$

F2 = İtme kuvveti

P = Basınç

A2 = Piston yüzey alanı $\Rightarrow A2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4$

η = Silindir verimi (%)



Şekil 2.10: Pnömatik silindire bükme işleminin yapılması

Örnek Problem.1 :

Şekil 2.10'da görülen sistemde saç bükme işleminde pnömatik silindir kullanılmaktadır. Havanın basıncı 6 bar, piston çapı 150 mm ve silindir verimi %90 olarak kabul edilmiştir. İtme kuvvetinin değerini hesaplayınız?

Çözüm :

$$P = 6 \text{ Bar} = 600000 (6 \cdot 10^5) \text{ Paskal}$$

$$D = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\eta = 0,90$$

$$F = ? (\text{Newton})$$

$$A = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \times 0,15^2 / 4 = 0,0176 \text{ m}^2$$

$$F = P \times A \times \eta = 600000 \times 0,0176 \times 0,90$$

$$F = 9504 \text{ N}$$

Dikkat: Hesaplamalarda basınç, bar olarak alınacaksa alan cm^2 olarak alınmalı. Bunun sonucunda kuvvet birimi kgf (kilogramkuvvet) olarak çıkacaktır. 1 kgf = 10 N olduğundan sonuç Newton olarak dönüştürülmelidir. Kuvvet birimi SI'da Newton'dur.

Örnek Problem.2 :

Bir pnömatik devrede piston çapı 50 mm, piston kolu çapı 12 mm ve havanın basıncı 6 bar olarak verilmiştir. Silindir verimi % 90 olarak kabul edilirse her iki yöne doğru pistonun uygulayacağı kuvveti bulunuz.

Çözüm :

$$P = 6 \text{ Bar} = 600000 (6 \cdot 10^5) \text{ Paskal}$$

$$D = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

$$d = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$$

$$\eta = 0,90$$

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$

Çapları verilen piston yüzey alanlarının ayrı ayrı hesaplanması gerekir.

$$A_1 = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \times 0,05^2 / 4 = 0,00196 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = 3,14 \times (0,05^2 - 0,012^2) / 4 = 0,00185 \text{ m}^2$$

Farklı yüzey alanlarına göre F1 ve F2 itme kuvvetleri hesaplanır.

$$F_1 = P \times A_1 \times \eta = 600000 \times 0,00196 \times 0,90$$

$$F_1 = 1058,4 \text{ N}$$

$$F_2 = P \times A_2 \times \eta = 600000 \times 0,00185 \times 0,90$$

$$F_2 = 999 \text{ N}$$

Örnek Problem.3 :

Şekil 2.11'de görülen sistemde tek etkili Pnömatik silindirden yararlanarak iş parçası sıkılmaktadır. Pnömatik silindirde piston çapı 70 mm, havanın basıncı 6 bar olarak verilmiştir. Silindir verimi % 90 olarak kabul edilirse; iş parçasının böyle bir mekanizma ile kaç Newton'luk bir kuvvetle sıkılacağını hesaplayınız.

Çözüm :

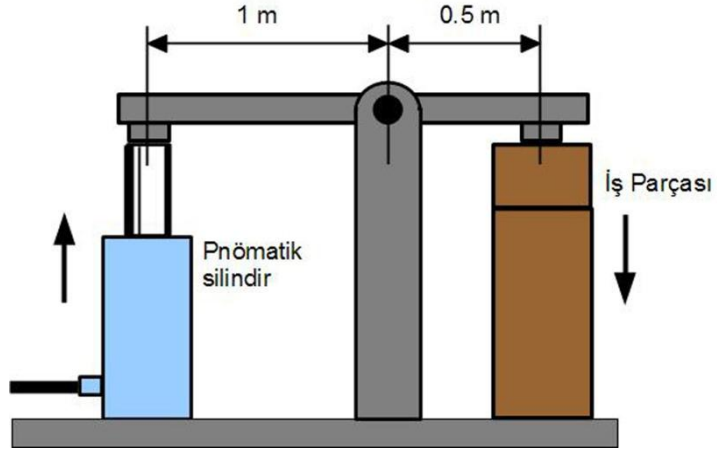
$$P = 6 \text{ Bar} = 600000 \text{ veya } (6 \cdot 10^5) \text{ Paskal}$$

$$d = 70 \text{ mm} = 0,07 \text{ m}$$

$$\eta = 0,90$$

$$F_1 = ?$$

$$F_2 = ?$$



Şekil 2.11: Pnömatik silindire sıkma işleminin yapılması

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \times 0,7^2 / 4 = 0,38 \text{ m}^2$$

$$F_1 = P \times A \times \eta = 600000 \times 0,38 \times 0,90$$

$$F_1 = 205200 \text{ N (Pnömatik pistonun itme kuvveti)}$$

İş parçasını sıkmaya yarayan F_2 kuvvetini bulmak için moment kuralı veya (kuvvet x kuvvet kolu = yük x yük kolu) prensibinden yararlanılabilir. Buna göre çözecek olursak:

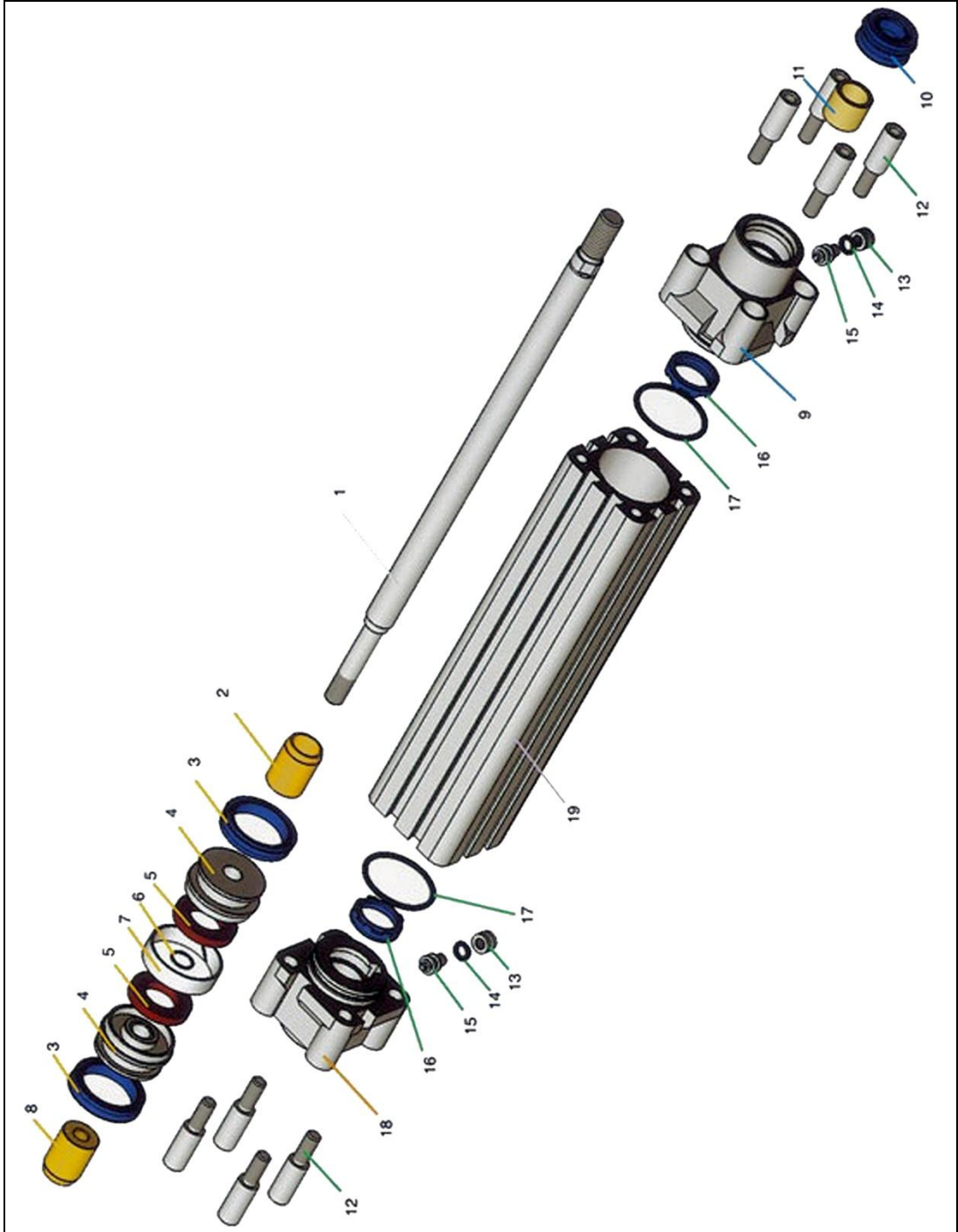
$$F_1 \times 1 = F_2 \times 0,5$$

$$205200 \times 1 = F_2 \times 0,5$$

$$F_2 = 410400 \text{ N (İşi sıkma kuvveti)}$$

UYGULAMA FAALİYETİ

Çift etkili, çift yönlü yastıklamalı Pnömatik silindirin bakımını yapınız.



Şekil 2.12: Sökülmüş çift etkili, çift yönlü yastıklamalı pnömatik silindir

No	PARÇA İSMİ	STANDART MALZEME	ALTERNATİF MALZEME
1	Piston Kolu	CK 45 Sert Krom Kaplama	X20Cr13 Sert Krom kaplama
2	Plastik Yastıklama Elemanı	Poliasetal	Pirinç
3	Piston Contası	Poliüretan	Viton
4	Orta Piston	Alüminyum	
5	Manyetik Halka	Plastroferit	
6	O-Ring	Plastik	
7	Yatak Halkası (Klavuz)	Poliasetal	Teflon
8	Dişi yastıklama elemanı	Galvanizli çelik	Pirinç
9	Ön Kapak	Alüminyum	
10	Piston kolu contası	Poliüretan	Viton+Teflon
11	Burç Klavuz	Sinterlenmiş bronz	
12	kapak Cıvataları	Galvanizli çelik	
13	Yastıklama Somunu	Paslanmaz çelik	
14	O-Ring	Plastik	
15	Yastıklama Vidası	Anodize edilmiş Alüminyum	
16	Yastıklama contası	Poliüretan	Viton
17	O-Ring	Plastik	
18	Arka Kapak	Alüminyum	
19	Silindir Gövdesi	Anodize edilmiş Alüminyum (İç+Dış)	

Tablo 2.1: Şekil 2.12’de gösterilen pnömatik silindirin parça isimleri ve kullanılan malzemeler

İşlem.1: Silindirin genel kontrolünü yapınız

İşlemBasamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Silindirin kontrol ve bakımlarına geçmeden önce gerekli araç ve gereçleri tamamlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Yıldız ağızlı anahtar takımı. Açık ağızlı anahtar takımı. Tornavida. Pense. Sabunlu su. Uygun sökme tezgâhı. Temizleme sıvısı.
<ul style="list-style-type: none">➤ Silindirin gerekli kontrollerini yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Aşındırıcı özelliği olmayan temizleme sıvısıyla silindiri temizleyin ve basınçlı hava ile kurutun.➤ Silindirin ön kapak montaj kısımları ve piston kolu contasının olduğu kısımlara ve karşı çıkış portu ağzına sabunlu su sürün. Piston kol tarafındaki giriş portundan basınçlı hava verin ve basınçlı hava kaçağı olup olmadığını kontrol ediniz.➤ Aynı işlemi arka giriş portundan da deneyin.➤ Hava kaçağı varsa silindiri söküp sızdırmazlık elemanlarında gerekli bakımları yapınız (İşlem 2).➤ Silindir gövdesinde çatlak, kırılma ve eğilme varsa silindiri değiştiriniz.➤ Piston kolunda eğilme, burkulma ve aşınma varsa silindiri değiştiriniz.➤ Kontrollerde sağlam çıkan silindir kullanılacaksa sökmeyiniz. Hassas çalışan elemanlar olduklarını, sızdırmazlığın ve yüzey pürüzsüzlüğünün son derece önemli olduğunu unutmayınız.

İşlem.2: Sızdırmazlık elemanlarının kontrolü ve değişimini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Silindiri sökünüz.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Ön kapak ve arka kapak cıvatalarını sökünüz.➤ Kapakları silindir gövdesinden ayırınız. Ayırırken piston kolundan kapağı eksenine doğrultusunda dikkatli bir şekilde çekiniz.➤ Yastıklama cıvatasını gevşetmeyi unutmayınız.➤ Piston ve piston kolunu silindir gövdesi içinden dikkatli bir şekilde çıkarınız.➤ Silindir iç yüzeyinde ki çizik ve aşınmaları kontrol ediniz ve silindir iç yüzeyini temizleme sıvısı ile temizleyip basınçlı hava ile kurutunuz.➤ Piston kolu contasını ve burç kılavuzu inceleyiniz. Deforme olmuş ise yenileri ile değiştiriniz.➤ İki yönlü yastıklama elemanlarını, manyetik halka ve yataklarını, piston contalarını, o-ringleri kontrol ediniz. Yıpranan, çalışmaz durumdakileri yenileri ile değiştiriniz.➤ Piston kolunu inceleyiniz. Eğilme, burulma gibi durumlar var ise silindiri yenisi ile değiştiriniz.
<p>➤ Silindirin montajını yapınız.</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Pistonun, sökme işleminin tersi yönünde dikkatlice montajını yapınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki elemanların hangisi, bir pnömatik silindirin daha uzun bir hizmet ömrüne sahip olmasını sağlar?
 - A) Bronz parçalar
 - B) Yağlama
 - C) Kösele piston keçeleri
 - D) Dökme demir piston kolları
2. Pnömatik silindirlerin hidrolik silindirlerden başlıca farkı aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Dönüş hatlarının olmaması
 - B) Montaj yöntemi
 - C) Silindir iç kesit çapı
 - D) Strok uzunluğu
3. Genellikle aşağıdaki elemanlardan hangisi, piston geri çekilme hızının kontrolünü sağlar?
 - A) Sınır şalterleri
 - B) Giriş havası ölçü valfi
 - C) Kısıtlamış çıkış havası valfi
 - D) Yaylar
4. Pnömatik silindirlerin sızdırmazlık elemanları ve keçeleri genellikle hangi malzemedendir?
 - A) Kösele
 - B) Yumuşak kauçuk
 - C) Sert kauçuk
 - D) Sentetik malzemeler
5. Aşağıdaki elemanlardan hangisini kullanmak suretiyle, bir pnömatik silindir içindeki darbelerin önlenmesi mümkündür?
 - A) Durdurma takozları
 - B) Hava kontrol valfleri
 - C) Yastıklama sistemi
 - D) Sıkıştırma yayları

6. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik silindirin elemanı değildir?
- A) Piston
 - B) Silindir gömleği
 - C) Piston kolu
 - D) Rotor
7. Aşağıdakilerden hangisi silindirin itme kuvvetine doğrudan etki etmez?
- A) Basınç
 - B) Piston çapı
 - C) Yağlayıcı
 - D) Silindir verimi
8. Basınçlı havanın basıncını bir yönde doğrusal harekete dönüştüren silindir aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Tek etkili silindir
 - B) Çift etkili silindir
 - C) Tandem silindir
 - D) Döner silindir
9. İki silindirin birleştirilmesi ile yapılan ve iki kat itme kuvveti üreten silindir tipi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Tek etkili silindir
 - B) Çift etkili silindir
 - C) Tandem silindir
 - D) Döner silindir
10. Çift etkili silindirlerde itme kuvvetinin her iki yönde farklı olmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Strok farkı
 - B) Piston kolu boyu
 - C) Piston yüzey alanının her iki tarafta farklı olması
 - D) Silindirdeki basınç dalgalanmaları

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Pnömatik motorların tipini ve özelliklerini belirleyebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Endüstride sınırsız kullanım alanı olan pnömatik motorların tercih edilme nedenlerini araştırarak rapor hâlinde sununuz.

3. PNÖMATİK MOTORLAR

3.1. Görevleri

Pnömatik motorlar, basınçlı havanın enerjisini döndürme kuvvetine dönüştüren elemanlardır. Pnömatik motorların genel yapısı hidrolik motorların ve pompaların yapısına benzer. Bazı değişiklikler yapılarak basınçlı hava daha verimli çalışan pnömatik motorlar geliştirilmiştir.

Pnömatik motorlar günümüzde endüstride sınırsız bir kullanım alanına sahiptir. Diş doktorlarının diş temizleme çark motorları, havalı vida sökme-takma makineleri, havalı pah kırma, çapak alma, havalı motor kullanan matkap tezgahları vb. bir çok alet havalı motorlar ile çalıştırılmaktadır.



Resim 3.1: Pnömatik motorlarla çalışan bazı el aletleri

Pnömatik motorlar küçük devirlerde büyük döndürme momenti oluşturur. Devir sayıları yükseldikçe moment azalır ve büyük kuvvetlere zorlandığında durma noktasına gelir.

Pnömatik motorların bazı üstünlükleri vardır. Bunlar;

- Hız ayarı sınırsızdır.
- Farklı momentler elde edilebilir.
- Az yer kaplarlar ve hafiftirler.
- Aşırı yüklere karşı emniyet sistemleri vardır.
- Soğuğa, sığağa, toza ve suya karşı duyarsızdır ve bunlardan etkilenmezler, verimli çalışırlar.
- Yüksek hızlarda çalışırlar.
- Bakımları kolaydır.
- Dönüş yönleri kolayca değiştirilebilir.

3.2. Çeşitleri

Pnömatik motorlar yapılarına göre değişik guruplara ayrılırlar:

- Pistonlu pnömatik motorlar
 - Radyal pistonlu motorlar
 - Eksenel pistonlu motorlar
- Paletli pnömatik motorlar
- Dişli çarklı pnömatik motorlar
- Türbin tipli pnömatik motorlar

3.2.1. Pistonlu Pnömatik Motorlar

Pistonlu motorlar radyal ve eksenel pistonlu olmak üzere iki grupta incelenir. Bu motorlarda kullanılan krank mili ile pistonların ileri geri doğrusal hareketi dairesel harekete dönüştürülür. Basınçlı havanın giriş yönüne bağlı olarak her iki yöne de dönebilirler.

Radyal ve eksenel pistonlu motorların güçleri 2-20 kW arasındadır. Düzenli hareket elde etmek için birkaç tane silindire ihtiyaç vardır. Pistonlu motorların gücüne etki eden faktörler şunlardır:

- Girişteki havanın basıncı
- Piston sayısı
- Piston yüzeyi (alanı)
- Pistonun kursu
- Pistonun hızı

3.2.1.1. Radyal Pistonlu Motorlar

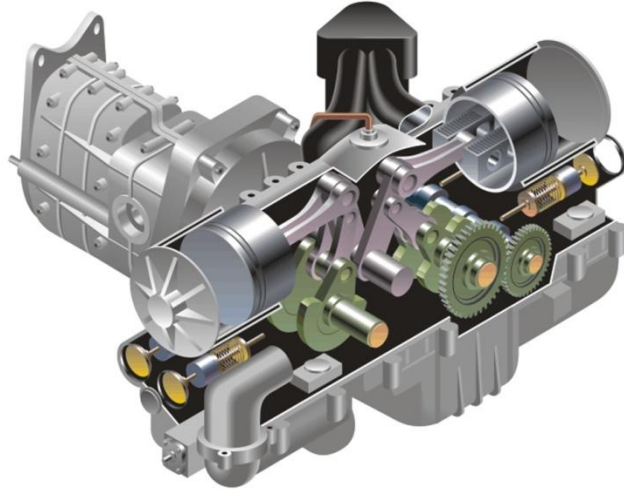
Bir krank milinin etrafında dizilmiş pistonlara giren basınçlı hava, krank milinde döndürme hareketi meydana getirir. Radyal pistonlu motorlar 500-1500 devir/dk ile çalışma yeteneğine sahiptir.



Resim 3.2: Radyal pistonlu pnömatik motor

3.2.1.2. Eksenel Pistonlu Motorlar

Pistonlar motor miline paralel olarak yerleştirilir. Basınçlı havanın etkisi ile pistonlar aşağı hareket ederken motor milini döndürür. Motor miline eğik olarak yerleştirilen plakaların dönmesiyle pistonlara eksenel yönde hareket vererek motor mili dönmüş olur. 1500-5000 devir/dk dönme hızına sahiptirler.



Resim 3.3: Eksenel pistonlu pnömatik motor

3.2.1.3. Paletli Pnömatik Motorlar

Silindirik bir gövde içerisine merkezkaç olarak yerleştirilen bir rotorun etrafına dizilmiş palet şeklinde kanatlardan oluşur ve her iki yönde de dönebilirler. Motorun içine giren basınçlı hava kanatlara çarparak rotoru döndürür. Palet kanatlar yapısı içinde kızak

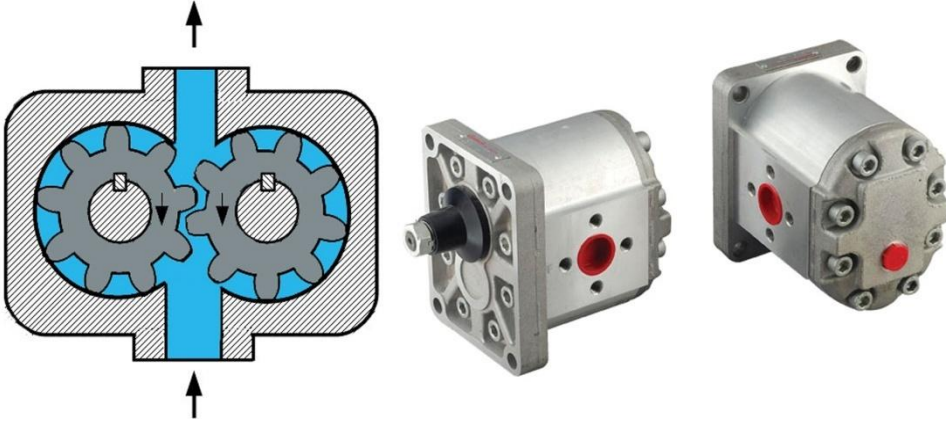
biçiminde açılıp kapanarak çalışırlar. Havanın giriş yönü bir yönlendirici ile değiştirilir. 5000-10.000 devir/dk ile dönme, 18 kW'a kadar güç elde etme kabiliyetine sahiptirler.



Resim 3.4: Paletli pnömatik motor

3.2.2. Dişli Çarklı Pnömatik Motorlar

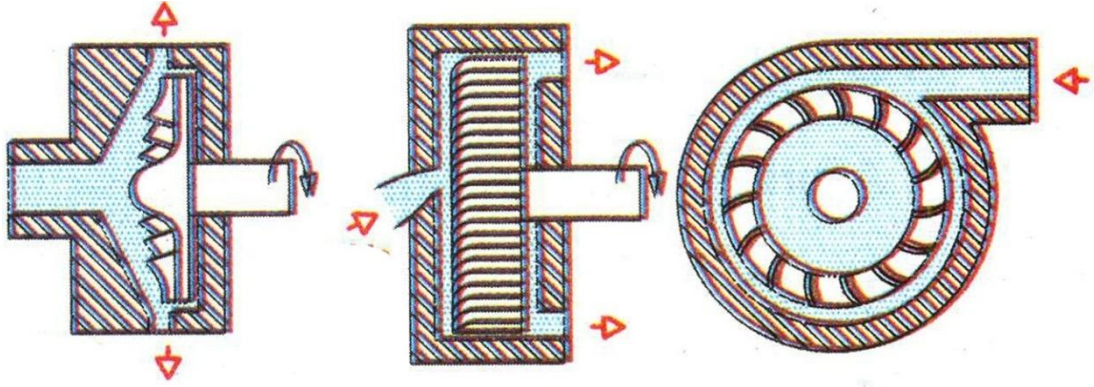
Hidrolik dişli çarklı motor ve pompalarda olduğu gibi, iki adet silindirik düz dili çarkın bir gövde içinde yataklanmasından oluşur. Basınçlı hava dişli çarkların arasından geçerek motor milini döndürür. Dişli motorlar endüstride yüksek gücün gerektiği şartlarda tercih edilir. Motor gücü 44 kW civarındadır.



Şekil3.1: Dişli çarklı pnömatik motor

3.2.3. Türbin Tipli Pnömatik Motorlar

Türbin tipli kompresörlerin çalışma prensiplerine göre çalışırlar. Yüksek devirde çalışır fakat küçük kuvvetler üretirler. Ani yüklenmelerde sistem durur ve yeniden çalışır. Bu durma hareketi motora zarar vermez. 500.000 devir/dk ile çalışırlar. Havalı matkaplarda ve kullanılan havalı motorlar bu tiptendir. Radyal, aksenal ve çevresel olmak üzere üç tipte yapılırlar.



Şekil3.2: Türbin tip pnömatik motorlar

UYGULAMA FAALİYETİ

Atölyenizde bulunan pnömatik motorlu somun sökme ve sıkma aleti ile araç tekerleğini araçtan sökünüz ve takınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Araçta gerekli güvenlik önlemlerini alınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Aracı uygun bir zeminde stop ettirin ve el frenini çekiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Bir pnömatik motor ile çalışan somun sökme ve sıkma aletinin teknik özelliklerini inceleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Somun sökme ve sıkma aletinin max tork, dakikada litre olarak hava tüketim miktarını, çalışma basıncını, hortum çapı ve hava giriş nipelinin kaç inç'lik olduğunun teknik değerlerini inceleyiniz gerekirse öğretmeninizden yardım alınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Tekerin bijon somunlarını sökünüz ve tekerleği araçtan ayırınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tekerin olduğu kısmı kriko ile kaldırınız ve sabitleyiniz.➤ Bijonları karşılıklı olarak somun sökme ve sıkma aleti ile gevşetiniz.➤ Bijonları karşılıklı olarak aletle tam sökünüz ve çıkarınız.➤ Tekerleği araçtan ayırınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Tekerleği araca takınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tekerleği yerine düzgün bir şekilde yerleştiriniz.➤ Bijon somunlarını yerlerine takınız ve elle boşluğunu alacak kadar sıkınız.➤ Somun sökme ve sıkma aleti ile yine karşılıklı olarak bijonları yerine oturacak kadar sıkınız.➤ Şimdi somun sökme ve sıkma aleti ile bijonları karşılıklı olarak tam sıkınız.➤ Aracı krikodan indiriniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Basınçlı havanın enerjisini döndürme kuvvetine dönüştüren elemanlar aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pnömatik silindirlir
B) Pnömatik motorlar
C) Kompresörler
D) Yön kontrol valfleri
2. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik motorların üstünlüklerinden değildir?
A) Hız ayarı sınırsızdır
B) Farklı momentler elde edilebilir
C) Az yer kaplarlar ve hafiftirler
D) Sınırsız güç elde edilebilir
3. Aşağıdakilerden hangisi pistonlu motorların gücüne etki eden faktörlerden değildir?
A) Piston sayısı
B) Piston yüzeyi (alanı)
C) Piston etek boyu
D) Piston kursu
4. Endüstride yüksek gücün gerektiği şartlarda tercih edilen pnömatik motor tipi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Türbin tip motorlar
B) Dişli çarklı motorlar
C) Pistonlu motorlar
D) Paletli motorlar
5. Yüksek devirde çalışmalarına rağmen küçük güçler üretebilen pnömatik motor tipi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Türbin tip motorlar
B) Dişli çarklı motorlar
C) Pistonlu motorlar
D) Paletli motorlar

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Pnömatik valfleri sembolleri ile ifade edebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

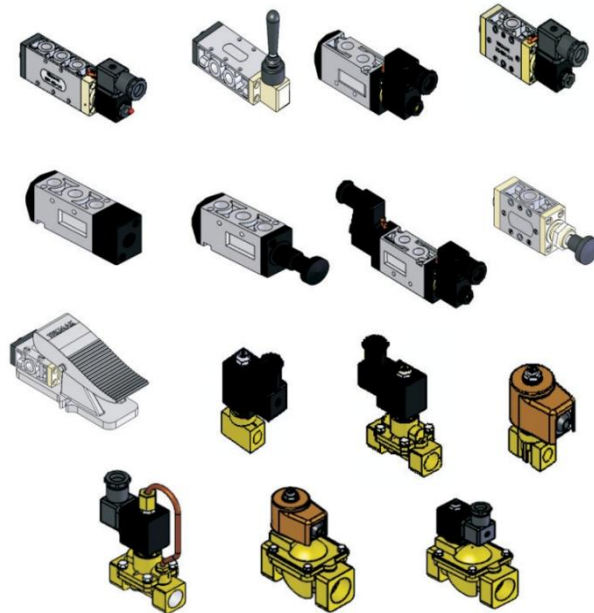
- Pnömatik sistemlerde kullanılan yön kontrol valflerinin; yol ve konumlarına göre sınıflandırmasını yaparak, teknik resim kurallarına göre sembollerle gösterilişlerini de çizerek rapor hâlinde sununuz.

4. PNÖMATİK VALFLER

4.1. Görevleri

Pnömatik sistemde kullanılan valflerin amacı havanın önünü açmak, kapamak, kısmak, yavaşlatmak, basınçlı havayı silindir ve motorun istenilen kesitine göndermek ve görevini tamamlayan egzoz gazını da atmosfere yöneltmektir.

Devrelerin tasarımında ve çiziminde sistemin ihtiyaçlarına uygun valflerin ve uyarı tiplerinin tercih edilmesi gerekir. Bu amaçla farklı görevler için farklı valfler geliştirilmiştir.



Şekil4.1: Pnömatik valfler

4.2. Çeşitleri

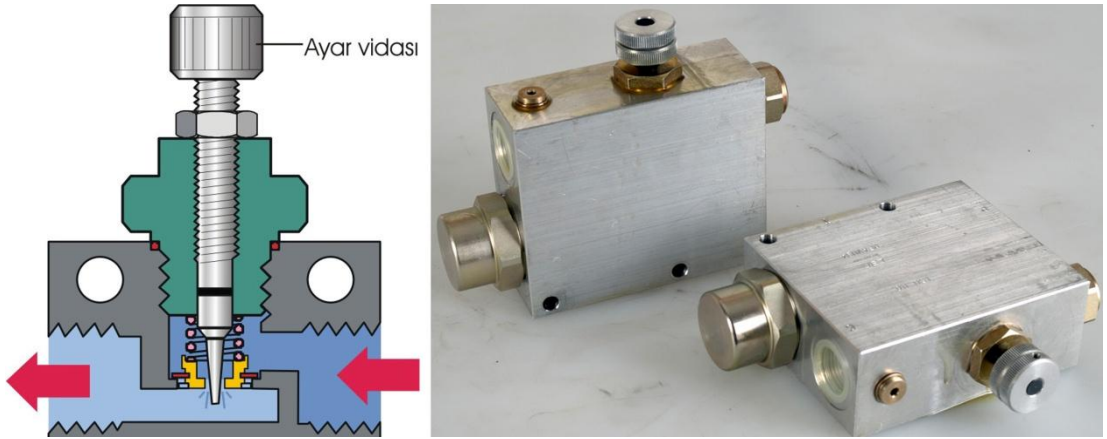
Pnömatik sistemlerde çalışan valfler yapılış biçimlerine, gördükleri görevlere ve kumanda biçimlerine göre çeşitlendirilirler. Bunlar:

- Akış kontrol valfleri
- Basınç kontrol valfleri
- Yön kontrol valfleridir.

4.2.1. Akış Kontrol Valfleri

Alicıların hızlarını ayarlamak için debinin değiştirilmesi gerekir. Hava debisinin değiştirilmesi amacıyla kullanılan valflere akış kontrol valfi denir. Kullanım amacına göre çeşitleri vardır.

- Tek yönde geçit veren akış kontrol valfleri
- Ayarlanabilen akış kontrol valfleri
- Çek valfi ayarlanabilen akış kontrol valfleri



Şekil4.2: Çek valfi ayarlanabilir akış kontrol valfi ve kesiti

4.2.1.1. Tek Yönde Geçit Veren Akış Kontrol Valfleri

Tek yönde geçişli valflara, çek valfler de denir. Bu valfler basınçlı havanın tek yönde hareketini sağlar ve geriye dönüşe müsaade etmez. Basit yapıda olurlar, kapama organları konik veya bilyeli tiplerdir.

4.2.1.2. Ayarlanabilen Akış Kontrol Valfleri

Vidalı bir ayar sistemi ile basınçlı havanın yolunu ayarlamak suretiyle hız ayarlaması yapılır. Alicılara farklı miktarlarda giden basınçlı hava pistonun veya motorun farklı hızlarda hareket etmesini sağlar. Hızın ayarı için havanın geçtiği kesiti daraltıp genişleterek kontrol altına alır. Bu yüzden hız ayar valfi olarak da bilinir.

4.2.1.3. Çek Valfi Ayarlanabilen Akış Kontrol Valfleri

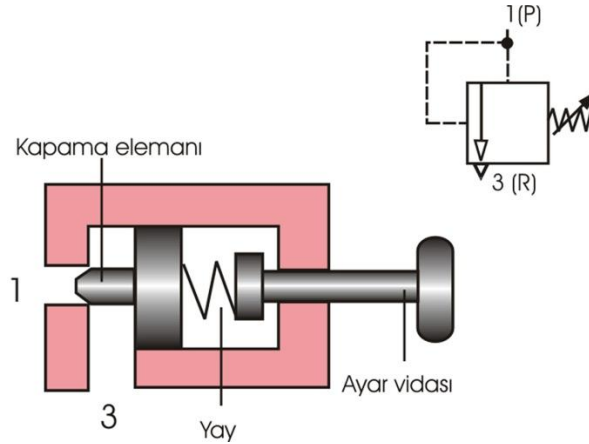
Basınçlı havaya ayarlanabilir miktarda ve tek yönde geçişine izin verirler. Tek yönde geçit veren akış kontrol valfi ile ayarlanabilir akış kontrol valfinin birleştirilmiş şeklidir. Çek valfi vidalı bir ayar sistemi ile ayarlanır(Şekil 4.2.).

4.2.2. Basınç Kontrol Valfleri

Basınç kontrol valfleri, pnömatis sistemdeki havanın basıncını kontrol altında tutar ve aşırı basıncın devre elemanlarına zarar vermesini önler. Bu valfler sistem için normal kabul edilen basınç değerlerinde kapalı konumlarını korurlar. Ancak herhangi bir nedenle basınçta yükselme meydana gelirse yayı iter ve havayı atmosfere atar. Valfin içindeki yayın basınca direnci bir vida ile önceden ayarlanır.

Pnömatis sistemde hava tankı üzerine, çalışan elemanlardan önce veya basınç değerinin okunması gerektiği yerlere takılır. Farklı şekilleri vardır.

- Sıralama valfi
- Kapama valfi



Şekil4.3: Basınç kontrol valfi

4.2.2.1. Sıralama Valfi

Pnömatis devrede zaman kazanmak ve belirli elemanların farklı zamanlarda gönderilecek sinyallerle devreye girmelerini sağlamak için sıralama valfleri kullanılır. Sıralama valfine giren havanın basıncı belirli bir değer üstüne çıktığı zaman, basınca göre ayarlanmış yayı iter ve valf açılır. Bu işlem, basınçlı havadan alınan sinyal aracılığı ile valfin bağlı olduğu alıcıyı devreye sokması demektir.

4.2.2.2. Kapama Valfi

Kapama valfleri basınçlı havanın belirli bölgelere gönderilmesini veya bu bölgelere giden havanın kesilmesini sağlar. Açma ve kapama işlemini yapan bu valfler atölyenin bazı bölgelerine havayı göndermek gerektiği zaman açılır, basınçlı havayı gerekli kısımlara yönlendirmek amacıyla kullanılır.

4.2.3. Yön Kontrol Valfleri

Pnömatik sistemlerde kullanılan, basınçlı havaya yön veren ve alıcılara gönderilmesini sağlayan valflere yön kontrol valfleri denir. Yapılış biçimleri, kumanda biçimleri, yol ve konum durumlara göre çok çeşitli yön kontrol valfleri vardır. Pnömatik sistemlerde en çok kullanılan valf çeşidi yön kontrol valfleridir. Programlanabilir kontrol sistemlerin endüstriyel alanlarda yaygın bir şekilde kullanılması pnömatik sistemlerin de bu sistemlerle beraber çalışmasını sağlamıştır. Böylece, önceleri mekanik ve basınçlı hava ile kumanda edilen yön kontrol valfleri düşük voltajlı elektrik sinyalleri ile kumanda edilmeye başlanmıştır.



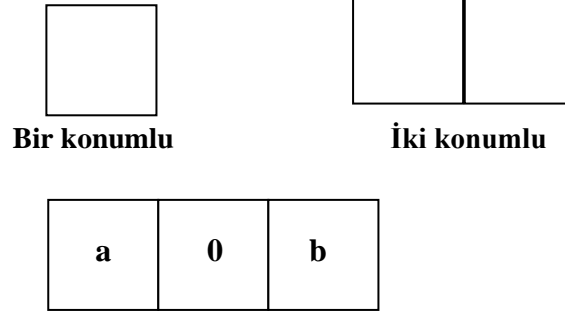
Resim4.1: Çeşitli yön kontrol valfleri

Bir yön kontrol valfi söylenirken veya yazılırken ve çizilirken önce yol ve konum durumu belirtilir. Daha sonra sırasıyla valfin basınçlı havayı geçiriş durumu, valfe kumanda biçimi ve valfin yapılış şekli söylenir. Bir örnek vermek gerekirse “3/2 Normalde açık elle kumandalı sürgülü yön kontrol valfi “ diye söylenir. 3 yol, 2 konum ifadesidir.

Konum : Pnömatik sistemlerde kullanılan basınçlı hava alıcılara gitmeden önce yön kontrol valfine girer ve çıkış bir alıcıya bağlıdır. Aynı basınçlı hava ile aynı alıcıyı ters

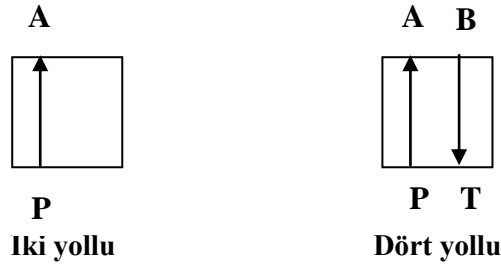
yönde çalıştırmak için valfin daha önceki durumu değiştirilir. Buna valflerde konum değiştirme denir. Yani valf ikinci konuma getirilmiştir.

Aynı valfin birinci konumu ile ikinci konumunda basınçlı hava değişik yollardan çıkış yapar. Sembolik resimlerde valfin her konumu bir kare ile gösterilir. İki konumlu bir valf yan yana iki kare ile gösterilir. Üç konumlu bir valf yan yana üç kare ile gösterilir.



Üç konumlu (ortadaki kare valfin nötr pozisyonunu gösterir)

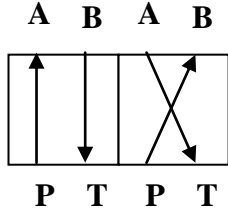
Yol: Herhangi bir konumdayken bir valfte bulunan bağlantı deliği sayısı o valfin yol sayısını gösterir. Kaç konumlu olursa olsun bir valfte kaç tane yol varsa aynı valfin diğer konumlarında da aynı sayıda yol sayısı vardır. Oklar akışkanın hareketini ve yönünü gösterir.



Yön kontrol valflerinde akışkanın geçtiği yol girişleri büyük harflerle gösterilir.

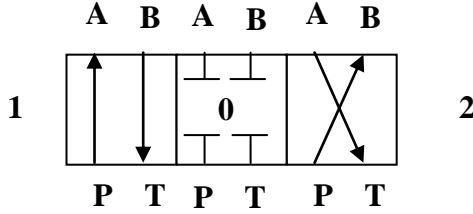
- A,B,C = Çalışma hatlarını
- P = Basınç hattını
- R,S,T = Dönüş hattını
- X,Y,Z = Pilot kontrol hatlarını
- 0 = Nötr pozisyonu
- 1,2 = Akışkanın geçtiği pozisyonu

Örnek.1:



- 4/2 valf = (4 yollu, 2 konumlu valf)
1.Konum = P – A ile B – T ile irtibatlı
2.Konum = P – B ile A – T ile irtibatlı

Örnek.2:



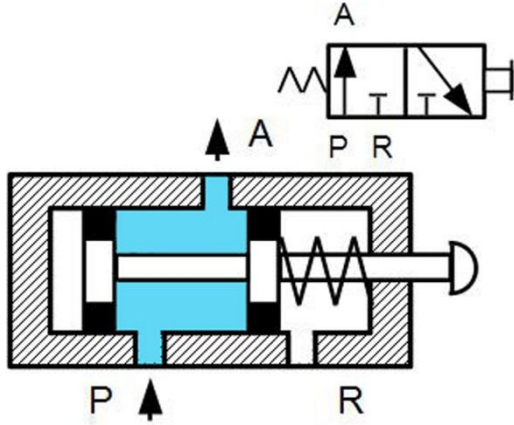
- 4/3 valf = (4 yollu, 3 konumlu valf)
1.Konum = P – A ile B – T ile irtibatlı
2.Konum = P – B ile A – T ile irtibatlı
0.Konum = Nötr pozisyon irtibat yok. Alıcılara hava gitmiyor.

Yön kontrol valfleri basınçlı havanın geçişine, yapılarına ve kumanda ediliş şekillerine göre farklı biçimlerde yapılırlar.

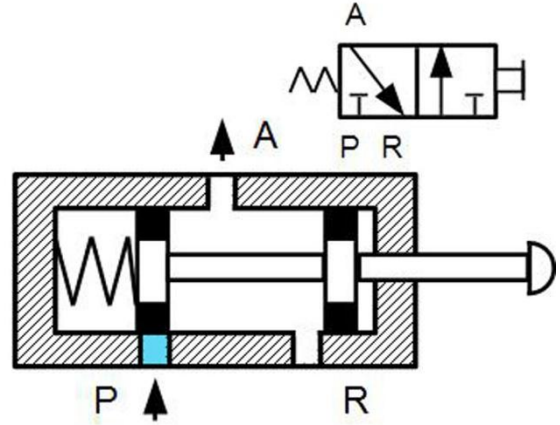
- **Basınçlı havanın geçişine göre**
 - Normalde açık valf
 - Normalde kapalı valf
- **Yapılarına göre**
 - Sürgülü yön kontrol valfleri
 - Özel yön kontrol valfleri
- **Kumanda ediliş şekillerine göre**
 - İnsan gücü ile kumanda edilen yön kontrol valfleri
 - Mekanik olarak kumanda edilen yön kontrol valfleri
 - Basınçlı hava ile kumanda edilen yön kontrol valfleri
 - Elektromanyetik sinyallerle kumanda edilen yön kontrol valfleri

4.2.3.1. Basınçlı Havanın Geçişine Göre

Basınçlı havanın geçişine göre yön kontrol valfleri; normalde açık ve normalde kapalı valfler şeklinde yapılırlar.



Şekil 4.4: Normalde açık valf



Şekil 4.5: Normalde kapalı valf

4.2.3.2. Normalde Açık Valf

Kompresörden gelen basınçlı hava valfe girip çıkış deliğinden çıkıp doğrudan sisteme gidiyorsa böyle valflere normalde açık valf denir. Başka bir deyişle hiçbir operasyon yapılmadan basınçlı havaya geçit veren valflere normalde açık valf denir (Şekil 4. 4).

4.2.3.3. Normalde Kapalı Valf

Kompresörden gelen basınçlı hava valfe girdiği hâlde çıkış deliğinden çıkmıyorsa böyle valflere normalde kapalı valf denir. Başka bir deyişle valfe giren basınçlı havanın çıkış deliğinden çıkması için valf butonuna basmak gerekiyorsa böyle valflere normalde kapalı valf denir (Şekil 4. 5).

4.2.3.4. Yapılışlarına Göre

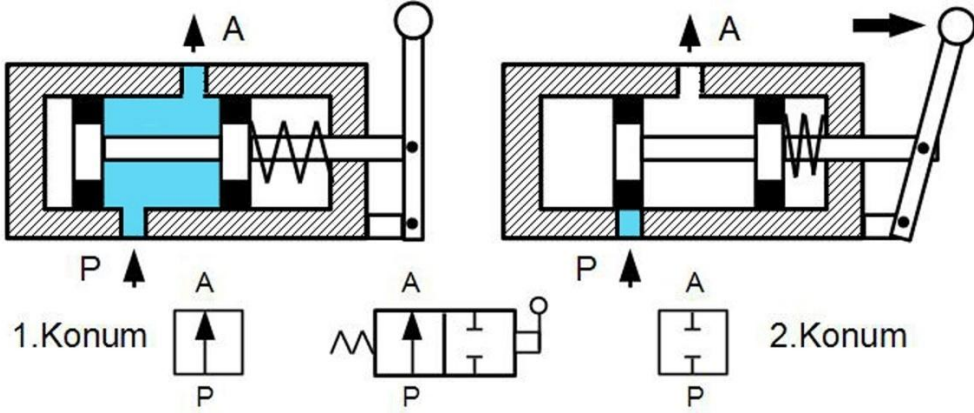
Yapılışlarına göre yön kontrol valfleri; sürgülü yön kontrol valfleri ve özel yön kontrol valfleri şeklinde sınıflandırılırlar.

4.2.3.5. Sürgülü Yön Kontrol Valfleri

Sürgülü valfler çok değişik kumanda tiplerinde yapılabilirler. İki, üç, dört ve beş yollu olarak farklı konumlarda (genellikle 2 ve 3 konumlu) yapılırlar. Ortada bulunan sürgü değişik kontrol metotlarına göre basınçlı hava ile, mekanik olarak, yağla, elektrik enerjisiyle ileri ve geri hareket ettirilir. Yapıları basittir ve ekonomiktir.

➤ 2 Yollu Yön Kontrol Valfleri

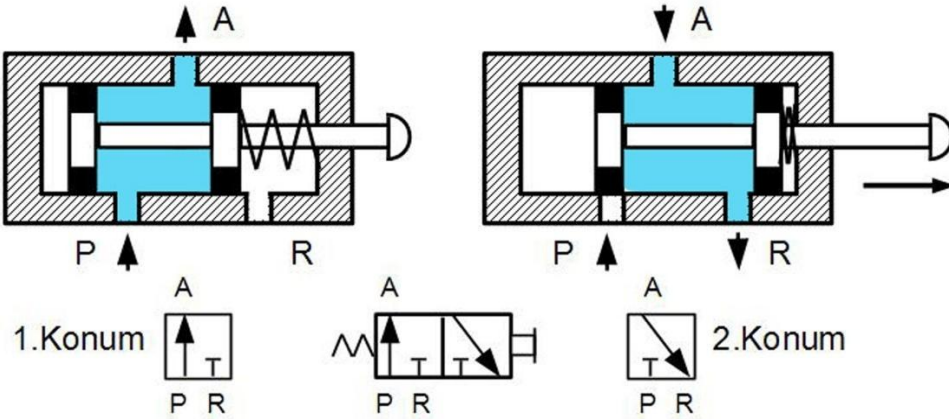
Giriş ve çıkış kapısı olmak üzere 2 yollu 2 konumlu valftir. Açma ve kapama işlemlerinde kullanılır. Şekil 4.6'dakol kumandalı, geri dönüşü yaylı, 2/2 yön kontrol valfi görülmektedir.



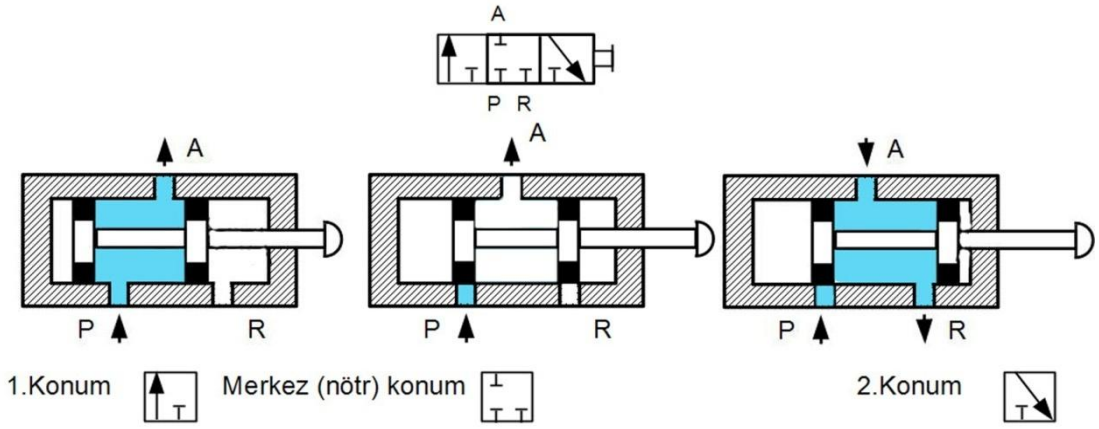
Şekil4.6: Kol kumandalı 2 yollu 2 konumlu (2/2) yön kontrol valfi

➤ 3 Yollu Yön Kontrol Valfleri

Giriş, çıkış ve egzoz kapısı olmak üzere 3 yollu olarak, 2 ve 3 konumlu valflerdir. Tek etkili silindirin çalıştırılmasında, uyarı sinyallerinin gönderilmesinde vb. işlemlerde kullanılır. Şekil 4.7'de 3 yollu 2 konumlu (3/2)yön kontrol valfi, Şekil 4.8'de 3 yollu 3 konumlu (3/3) yön kontrol valfi görülmektedir.



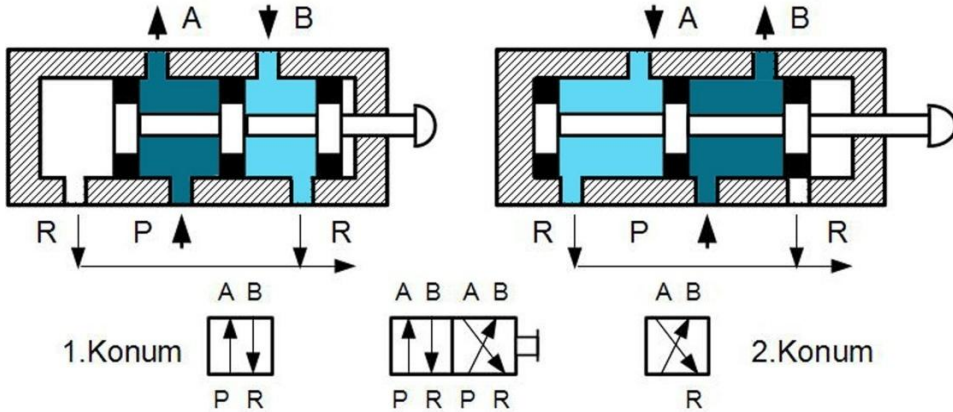
Şekil4.7: Buton kumandalı 3 yollu 2 konumlu (3/2) yön kontrol valfi



Şekil4.8: Buton kumandalı 3 yollu 3 konumlu (3/3) yön kontrol valfi

➤ 4 Yollu Yön Kontrol Valfleri

Pnömatik motor ve çift etkili silindirin hareket ettirilmesinde kullanılır. 4 yollu valflerin özelliği farklı 2 tane egzoz kapısının olmasıdır. Egzoz hatları aynı hat üzerinde birleştikleri için 4 yollu valf kabul edilir. (aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi). 4 yollu valfler 2 konumlu (4/2) veya nötr hat bulunan 3 konumlu (4/3) valfler olarak yapılırlar. Pnömatik sistemlerde 4 yollu valfler işlevleri itibariyle esnek oldukları için çok konumlu valf olarak imal edilirler.



Şekil4.9: Buton kumandalı 4 yollu 2 konumlu (4/2) yön kontrol valfi

➤ 5 Yollu Yön Kontrol Valfleri

Yapı itibariyle 4 konumlu yön kontrol valflerine benzerler. 4 yollu valflerden farkı eksoz hatlarının basınç hattı ile birlikte tekrar sistemde kullanılmasıdır. Eksoz hatlarının birleşik olarak tekrar basınç hattına verilmesi bu valfleri fiilen 5 yollu yapmaktadır. 5 yollu valfler 2 konumlu (5/2) veya nötr hat bulunan 3 konumlu (5/3) valfler olarak yapılırlar. Bu valfler, bir silindirde hızlı ilerlemeyi sabit tutma imkânı veya bir motor uygulamasında yüksek/düşük devirde çalışabilme imkânı sağlar.

4.2.3.6. Özel Yön Kontrol Valfleri

Özel amaçlı olarak tasarlanmış yön kontrol valfleridir. Özel amaçları içerisinde kullanıcının emniyetini sağlamak, sistemi ani kesintilerden korumak, alıcıların hız ayarlamasını kontrol altına almak ve basınçlı havadan sinyal olarak alıcıyı devreye sokmak sayılabilir.

Özel amaçlı yön kontrol valflerinin başlıca tipleri şunlardır;

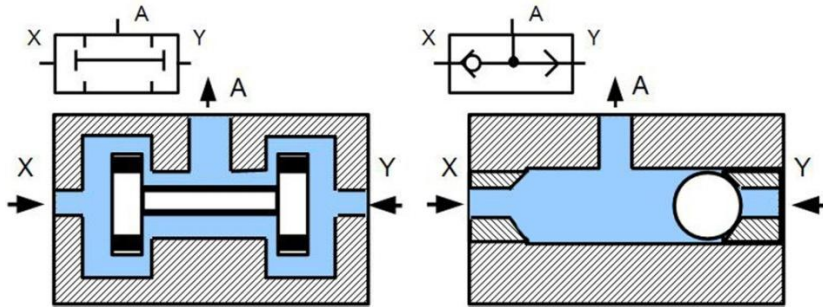
- VE valfi
- VEYA valfi
- Çabuk boşaltma valfi
- Yavaşlatma valfi
- Akülü valfler
- Fıskiyeli valfler

➤ VE Valfi

Bu valflere **çift basınçlı valfler** de denir. İki ayrı yerden gönderilen hava sinyali ile çalışan bu valfler genellikle işçinin iki elinin korunması gerektiği yerlerde kullanılır. İş güvenliği açısından makaslarda, preslerde veya giyotinlerde çalışan kişilerin iki elini iki ayrı butona bastırarak korur. Bu valfler seri bağlı elektrik anahtarları gibi görev yapar (Şekil 4.10).

➤ VEYAValfi

Pnomatik devrede iki ayrı yerden gönderilecek sinyallerle bazı elemanların çalıştırılması gerekebilir. Bu gibi yerlerde veya valfleri kullanılır. Basınçlı hava, bir taraftan girince valfin içindeki bilye diğer tarafa itilir ve içeriye giren hava dışarıya atılır. Basınçlı hava diğer yönden girdiği zaman tersi yönde itilir ve havanın yolu aynı çıkışa açılır. Uzaktan kumanda yapılırken bu tip valfler kullanılır (Şekil 4.11).



Şekil4.10: VE valfi

Şekil4.11: VEYA valfi

➤ Çabuk BoşaltmaValfi

Piston hızını artırma yollarından birisi, silindirden çıkıp atmosfere bırakılacak havanın çabuk atılmasıdır. Havanın egzozu ne kadar yavaş olursa, piston hızı o oranda yavaşlar. Özellikle silindirlerin ölü zaman diye adlandırılan geri dönüş süresinin çok kısa olması istenir.

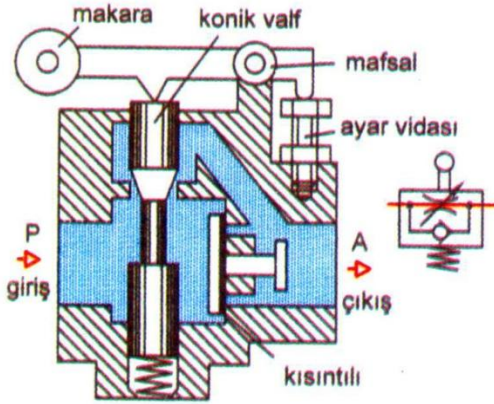
Bu valfler silindirlerin hemen çıkışına monte edilir. Hava R çıkışı üzerinden kolayca tahliye edilir. Böylece silindirin geri dönüş zamanı çok kısalmır. Silindirlerdeki hava yön kontrol valfi üzerinden bırakılacağına, çabuk boşaltma valfi üzerinden atmosfere bırakılır.

➤ Yavaşlatma Valfi

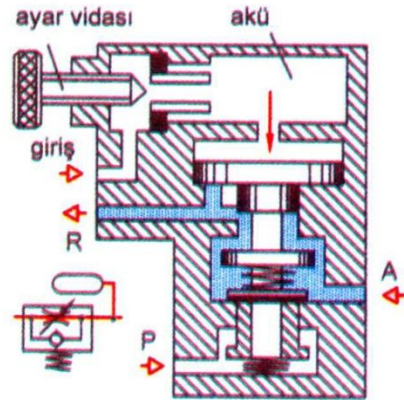
Pnömatik devrelerde silindir içindeki pistonun hareketini yavaşlatmak ve farklı hızlarda ilerletmek için kullanılır. Dolayısıyla yaptırılmak istenen işin hızı da yavaşlatılmış olur (Şekil 4.12).

➤ Akülü Valfler

Pnömatik devrelerde kullanılan zaman ayarlı valflere “akülü” valfler denir. Normalde açık ve kapalı olarak yapılırlar. Bu valfler bir hız ayar valfi, bir çek valf ve bir aküden meydana gelir. Zaman ayarlı akülü valfler, aküye girecek havanın kesitini bir ayar vidası ile kontrol eder. Kısa süre içinde aküye fazla hava girmesi istendiği zaman vida açılır. Havanın belli değerde girmesi isteniyorsa vida kısılır (Şekil 4.13).



Şekil 4.12: Yavaşlatma valfi



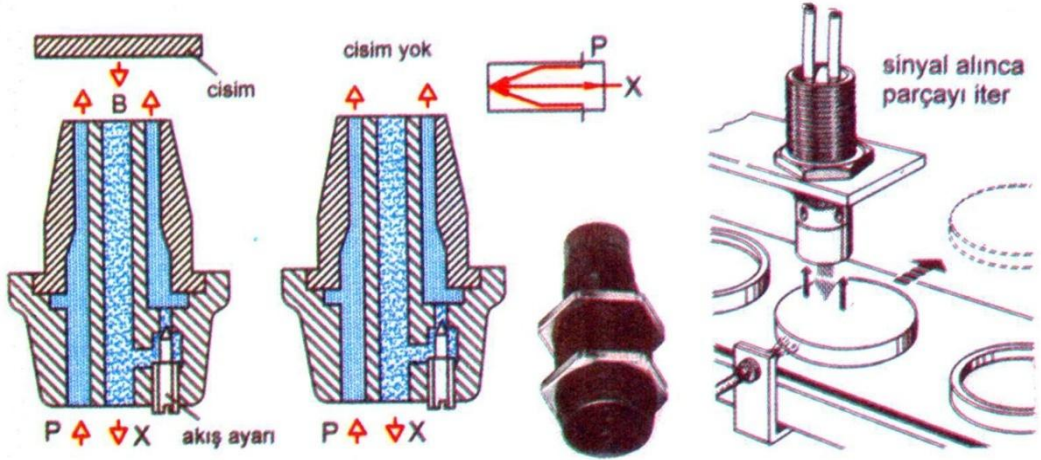
Şekil 4.13: Akülü valf

➤ Fıskiyeli Valfler

Piyasada duyurga adı verilen veya fıskiyeli valf diye bilinen bu elemanın asıl adı, "Refleks sensor" dır.

Burada düşük basınçtaki hava, dairesel kesitten ileriye doğru püskürtülür. Valfin ortasında küçük bir delik vardır. Karşıya püskürtülen havanın önüne bir cisim gelince; hava

buraya çarpıp geriye yansır ve küçük çaplı ortadaki delikten (X) sinyali olarak döner. Bu sinyalin basıncı küçük olduğu için bir basınç yükselticiden geçirilir ve ilgili valfe bir uyarı sinyali olarak gönderilir. (X) sinyalinin hangi değerinde olursa ilgili valfi harekete geçireceği, önceden yapılacak ayarlamalarla tespit edilir. Karşısına cismin (1 mm) ile (6 mm) yaklaşması hâlinde geriye yansıyacak hava ilgili uyarlı sinyali üretecek şekilde ayarlanabilir. Bazı özel durumlar için bu aralık (20 mm)'ye kadar erişebilir. Bu şartlara uygun özel fıskiyeli valfler üretilir (Şekil 4.14).



Şekil4.14: Fıskiyeli valf

4.2.3.7. Kumanda Ediliş Şekillerine Göre

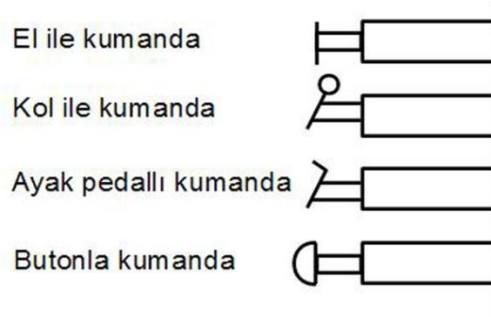
Pnömatik sistemlerde basınçlı havanın yönünü kontrol eden ve istediğimiz yere gönderilmesini sağlayan elemanlar yön kontrol valflerdir.

Yön kontrol valfleri imal edilirken konum değiştirmelerini sağlayacak kumanda veya kontrol sistemleri ile yapılmışlardır. Valfin adı söylenirken valfin kumanda metoduyla söylenir. Butonlu, pedallı, elektromanyetik kumandalı, basınçlı hava kumandalı gibi. Bu nedenle valfleri kumanda ediliş metotlarına göre şöyle sıralayabiliriz:

- İnsan gücü ile kumanda edilen yön kontrol valfleri
- Mekanik olarak kumanda edilen yön kontrol valfleri
- Basınçlı hava ile kumanda edilen yön kontrol valfleri
- Elektromanyetik sinyallerle kumanda edilen yön kontrol valfleri

➤ İnsan gücü ile kumanda edilen yön kontrol valfleri:

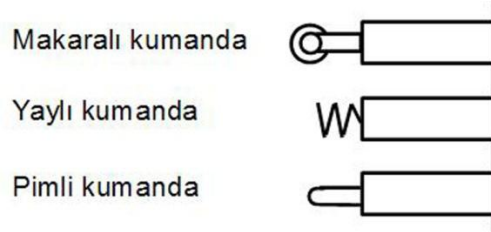
Bu valfler insanlar tarafından kumanda edilir. Kumanda şekli el veya ayak ile olduğundan valflerde buna uygun olarak imal edilirler.



Şekil4.15: İnsan gücü ile kumanda

➤ **Mekanik olarak kumanda edilen yön kontrol valfleri:**

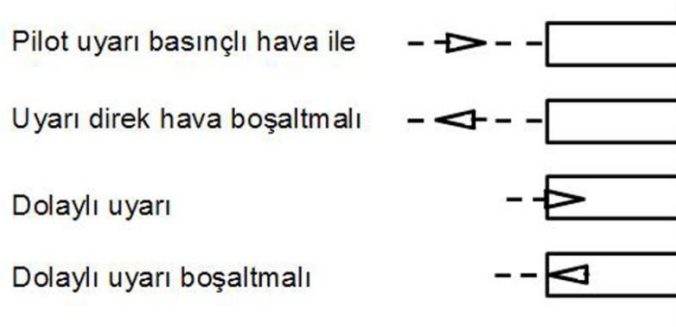
Bu valflere doğrudan insan tarafından değil, bazı mekanik vasıtalar veya mekanizmalar tarafından kumanda edilirler.



Şekil4.16: Mekanik olarak kumanda

➤ **Valflerin basınçlı hava ile kumanda edilmesi:**

Yön kontrol valflerinin kumandası (konum değiştirme) sistemden alınan veya herhangi bir sinyal gönderici valften gelen basınçlı hava ile yapılabilir. Bir pnömatik devrede basınçlı hava ile kontrol veya kumanda edilebilen yön kontrol valfleri kullanarak devrenin otomatik olarak çalışması sağlanabilir.

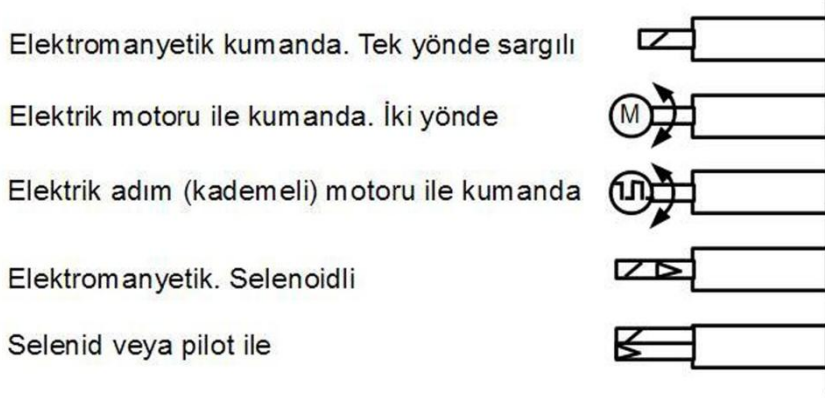


Şekil4.17: Basınçlı hava ile kumanda

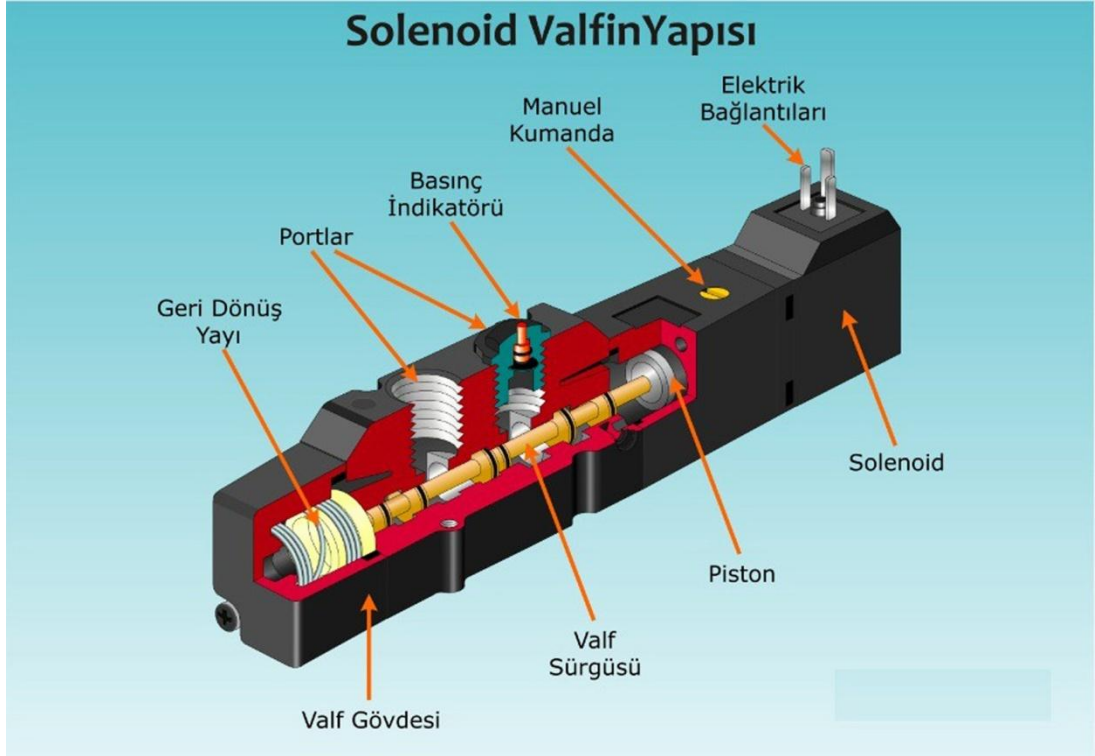
➤ **Valflerin elektromanyetik sinyallerle kumanda edilmesi:**

Teknolojik gelişmeler hidrolik ve pnömatik sistemlerde kullanılan valflerin elektrik enerjisi ile kumanda edilmesini sağlamıştır. Valfe gönderilen düşük voltajlı elektrik enerjisi

valfteki bobin vasıtasıyla manyetik alan meydana gelmektedir. Meydana gelen manyetik alan valf sürgü kolunu iterek veya çekerek valfin konum değiştirmesini sağlamaktadır.



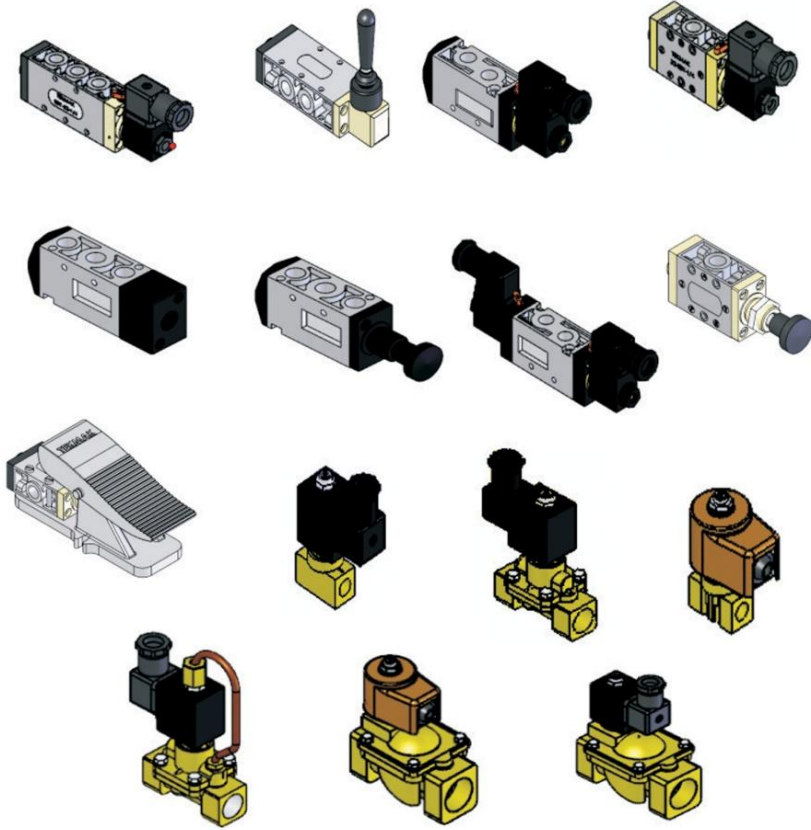
Şekil4.18: Elektromanyetik sinyallerle kumanda



Şekil4.19: Selenoid kumandalı valf kesiti

UYGULAMA FAALİYETİ

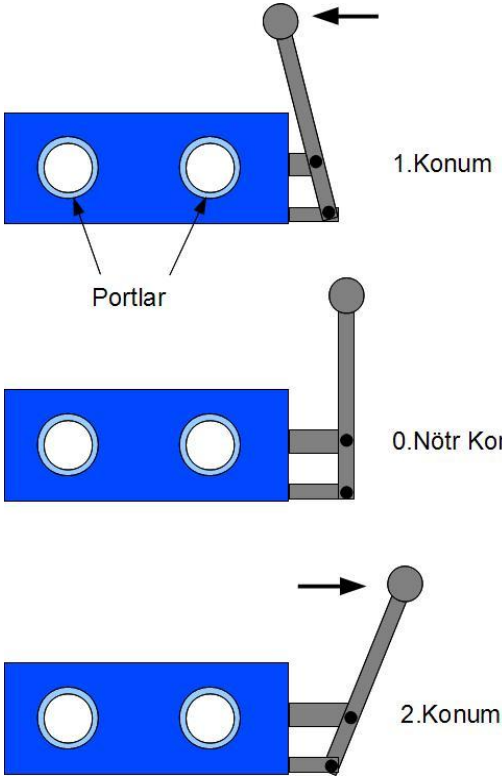
Atölyenizde bulunan pnömatik yön kontrol valflerinin kaç yollu olduklarını tespit ediniz.



Şekil4.20: Farklı yön kontrol valfleri

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Pnömatik yön kontrol valflerinin yol sayılarını ve yolların işlevlerini tespit ediniz.</p>	<p>➤ Valfin üstündeki bağlantı portlarını sayınız. Her portun bir yol olduğunu ve üzerindeki harflerin yolun işlevini belirttiğini tespit ediniz.</p> <p>➤</p> <p>A,B,C = Çalışma hatlarını P =Basınç hattını R,S,T = Dönüş hattını X,Y,Z = Pilot kontrol hatlarını</p>

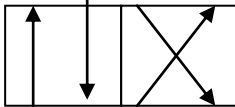
- Atölyenizde bulunan kol kumandalı ve 3 konumlu yön kontrol valfini farklı konumlarda çalıştırınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Kol kumandalı 3 konumlu yön kontrol valfini her 3 konumda da çalıştırınız.</p>	<p>➤ 1. ve 2. konumda akışkanın farklı alıcılara gittiğine dikkat ediniz.</p> <p>➤ Nötr konumda yön kontrol valfinin hiçbir alıcıya akışkanın gitmesine izin vermediğine dikkat ediniz.</p>  <p>1.Konum</p> <p>0.Nötr Konum</p> <p>2.Konum</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik valflerin görevi değildir?
 - A) Havanın önünü açmak, kapatmak
 - B) Geniş hacimli havayı sıkıştırıp depolamak
 - C) Basınçlı havayı silindir ve motorun istenilen kesitine göndermek
 - D) Görevini tamamlayan egzoz gazını atmosfere yöneltmek
2. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik valf çeşitlerinden birisi değildir?
 - A) Akış kontrol valfleri
 - B) Basınç kontrol valfleri
 - C) Jet kontrol valfleri
 - D) Yön kontrol valfleri
3. Aşağıdakilerden hangisi basınçlı havayı ayarlanabilir miktarda ve tek yönde geçişine izin veren valftir?
 - A) Çek valfi ayarlanabilen akış kontrol valfleri
 - B) Basınç kontrol valfleri
 - C) Sıralama valfi
 - D) Ayarlanabilir akış kontrol valfi
4. Pnömatik sistemlerde kullanılan, basınçlı havaya yön veren ve alıcılara gönderilmesini sağlayan valfler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Yön kontrol valfleri
 - B) Akış kontrol valfleri
 - C) Kapama valfi
 - D) Çek valfi ayarlanabilen akış kontrol valfleri
5. Şekilde görülen valf kaç yollu ve kaç konumludur?



- A) İki yollu, iki konumlu (2/2)
- B) Dört yollu, iki konumlu (4/2)
- C) İki yollu, üç konumlu (2/3)
- D) Dört yollu, üç konumlu (4/3)

6. Çalışanların güvenliği açısından iki elle çalıştırılmak zorunda olan valf çeşidi aşağıdakilerden hangidir?
- A) VEYA valfi
B) VE valfi
C) Akülü valfler
D) Yavaşlatma valfi
7. Görevini tamamlamış olan basınçlı havayı yön kontrol valfine gelmeden önce atmosfere bırakan valf çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Çabuk boşaltma valfi
B) Fıskiyeli valf
C) Akülü valf
D) VE valfi
8. Genellikle otomasyon sistemlerinde karşısındaki işe hava akımı göndermek suretiyle sinyal alan ve ona göre alıcıyı çalıştıran valfler aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Akış kontrol valfleri
B) Basınç kontrol valfleri
C) Fıskiyeli valfler
D) Yön kontrol valfleri
9. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik yön kontrol valfi kumanda çeşitlerinden değildir?
- A) İnsan gücü ile kumanda
B) Mekanik kumanda
C) Elektromanyetik kumanda
D) Kimyasal kumanda
10. Pnömatik devrelerde kullanılan zaman ayarlı valfler aşağıdakilerden hangisidir?
- A) VEYA valfi
B) VE valfi
C) Akülü valfler
D) Yavaşlatma valfi

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

Pnömatik devre çizebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Otomotiv sektöründe ve endüstride tercih edilen hidro-pnömatik sistemlerin tercih sebeplerini araştırarak, araç fren sistemlerinde kullanılan hidro-pnömatik sistemleri inceleyiniz.

5. PNÖMATİK DEVRELER

5.1. Pnömatik Devre Elemanlarının Simgeleri.

Pnömatik, hidrolik ve elektrikli sistemler genellikle şematik resimlerle ifade edildikleri için her sistemin kendisine özgü şematik kuralları uluslar arası kuruluşlarca standardize edilmiştir. Sistem tasarımlarında hidrolik ve pnömatik sistemlerin çizim teknikleri de bir birine benzemesine rağmen bu standartlarla getirilen farklılıklar sistemlerin ayırt edilmesini kolaylaştırmıştır.

Pnömatik sistem standartları TS 1306, ISO 1219, DIN 24 300 ile belirlenmiştir. Pnömatik elemanların ve devre diyagramlarının çiziminde üç yöntem kullanılır. Bunlar;

Resimli semboller ve görünüşler: Fiziksel ilişkiyi ve elemanlar arasındaki bağlantıları göstermede faydalıdır. Fakat, resimli sembolleri standart hâle getirmek zordur ve genellikle bir sistemin nasıl çalıştığını tam olarak açıklayamazlar.

Kesit semboller: Elemanların yapısını vurgular; fakat çizim için karmaşıktır ve elemanların çalışma ve fonksiyonları açıkça ifade edilemeyebilir. Parçaların iç düzenlemesini gösterdiklerinden arıza aramada oldukça yararlıdır.

Şematik semboller: Elemanların ve devrenin çalışma yöntemini, fonksiyonlarını açık olarak ifade edebilirler. Çizim tekniği ve standartlara uygunluğu açısından yaygın olarak kullanılırlar. Şematik resimler uluslararası kullanıma sahiptir ve her yerde aynı şekilde çizilir ve okunurlar. Şematik bir sembol, sistemin ve elemanlarının ne olduğunu, özelliklerini ve işlevlerini ifade eder.

Pnömatik bir sembolün, hidrolik bir sembolden en bariz farkı çizilen okların pnömatikte içlerinin boş olmasıdır. Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 pnömatik sistemde kullanılan şematik sembolleri göstermektedir.

PNÖMATİK DEVRE SEMBOLLERİ		TS 1306 - ISO 1219 - DIN 24 300			
PNÖMATİK DEVRE ELEMANLARI	Hidrolik		Pnömatik		
	Akış yönü				
	Dönüş yönü				
	Çalışma hattı				
	Uyarı hattı				
	Eksoz hattı havalandırma hattı				
	Elektrik hattı				
	Esnek boru hattı				
	Hava çıkışı				
	Kesilmeyen boru hatları				
	Boru hatları birleşme noktası				
	Eksoz çıkış noktası				
	Mil, çubuk, kol				
	Dönerli mil				
	Yay				
	Akış kontrol				
	Kısma				
	Açma, kapama valfi				
	Kör tapa				
	Dışardan bağlantı yapılabilir				
	Çabuk bağlantı elemanı				
	Çek valfli çabuk bağlantı				
	Kavrama ile iletim				
	Dönerli bağlantı				
PNÖMATİK DEVRE ELEMANLARI	Akış (debi) ölçer				
	Basınç ölçer (manometre)		Farklı basınç ölçer		
	Sıcaklık ölçer (termometre)				
	Gösterici, Endikatör				
	Filtre elemanı				
	Su tutucu				
	Tahliyeli otomatik su tutucu				
	Filtreli otomatik su ayırıcı				
	Kurutucu				
	Yağlayıcı				
	Soğutucu				
	Tank (hava deposu)				
	Akümülatör				
	Hava hazırlayıcı (şartlandırıcı)				
	Susturucu				
	Basınç duyarlı eleman				
Isı duyarlı eleman					
Akış duyarlı eleman					
Hava geçiş memesi					
Toplayıcı meme (hava çıkışlı)					
Arka basınç memesi					
Kesilebilen jet duyarlı eleman					
Fiskiyeli valf (yansıtıcı valf)					

Şekil5.1: Pnömatik simgeler

PNÖMATİK DEVRE SEMBOLLERİ		TS 1306 - ISO 1219 - DIN 24 300			
PNÖMATİK SİLİNDİRLER	Tek etkili silindir (Geri dönüşü baskı kuvveti ile)		POMPA	Kompresör	
	Tek etkili silindir (Geri dönüşü yaylı)			Vakum pompası	
	Çift etkili silindir		MOTOR	Tek yönlü hava motoru	
	Çift kollu, çift etkili silindir			Çift yönlü hava motoru	
	Tek yönde yastıklı, çift etkili silindir			Tek yönde dönebilen hava motoru değişken debili	
	Çift yönlü ayarlanabilir yastıklı, çift etkili silindir			Çift yönde dönebilen hava motoru değişken debili	
	Tandem silindir			ENERJİ KAYNAĞI	Hidrolik enerji
	Çok konumlu silindir		Pnömatik enerji		
	Teleskobik silindir (Tek etkili)		Elektrik enerjisi		
	Teleskobik silindir (çift etkili)		Mekanik enerji		
	Döner silindir		GÜÇ KAYNAKLARI	Güç (basınç) kaynağı	
	Basınç yükseltici			Salınımlı motor	
				Elektrik motoru	
				İçten yanmalı motor	
			Termik motor		

Şekil5.2: Pnömatik simgeler

PNÖMATİK DEVRE SEMBOLLERİ		TS 1306 - ISO 1219 - DIN 24 300	
BASINÇ KONTROL VALFLERİ	Basınç kontrol valfi	Normalde kapalı	Normalde açık
	Basınç kontrol valfi (ayarlanabilir)		
	Basınç sıralama valf (ayarlanabilir)		
	Basınç dengeleme valfi çıkış ağzı ayarlanabilir.		
	Eksoz hatlı sıralama valfi (3/2 valf)		
	Basınç regülâtörü		
ÇEK VALFLER (Geri dönüşsüz valfler)	Çek valf (geri dönüşsüz)		
	Çek valf (geri dönüşü yaylı)		
	Pilot hatlı çek valf		
	Ayarlanabilir akış kısma valfi Çek valfi paralel takılı		
	Çabuk eksoz valfi		
	VE Valfi		VEYA Valfi
YÖN KONTROL VALFLERİ	Konum sayısı	1 0 2	
	Açık merkez	iki ucu birleşmiş açık merkez	
	Kare içindeki oklar akışkanın geçtiği yol ağzılarını gösterir.		
	Akışkanın geçtiği yol ağzıları büyük harflerle gösterilir.	A B 1 0 2 P R	
	2/2 yönlendirme valfi	Normalde kapalı	Normalde açık
	3/2 yönlendirme valfi	Normalde kapalı	Normalde açık
	3/3 yönlendirme valfi		
	4/2 yönlendirme valfi		
	4/3 yönlendirme valfi	kapalı merkezi	atmosfere açık
	5/2 yönlendirme valfi		
5/3 yönlendirme valfi	S P R		

Şekil5.3: Pnömatik simgeler

AKIŞ KONTROL VALFLERİ	Sabit Ayarlanabilir		KUMANDA SEMBOLLERİ	ÇEŞİTLİ SEMBOLLER
	Akış kontrol valfi			
Hassas kısma valfi			Durdurma (OFF)	Açma
Çek valfi ayarlanabilir akış kontrol valfi			Çalıştırma Durdurma	Çalışma pozisyonu
2 yollu akış kontrol valfi			Butonla çalıştırma	Bağlama
3 yollu akış kontrol valfi			Sistemi durdurma	Sökme
Akış bölme valfi				

Şekil5.4: Pnömatik simgeler

5.2. Pnömatik Devre Çiziminde Dikkat Edilecek Hususlar

Pnömatik devreler standart semboller kullanılarak çizilir. Devre çizimlerinde belirli kurallara ve prensiplere dikkat edilmelidir. Uygun çizilmiş ve standart sembollerin kullanıldığı devrelerin anlaşılması ve meydana gelecek problemlerin çözümü de daha kolay olacaktır.

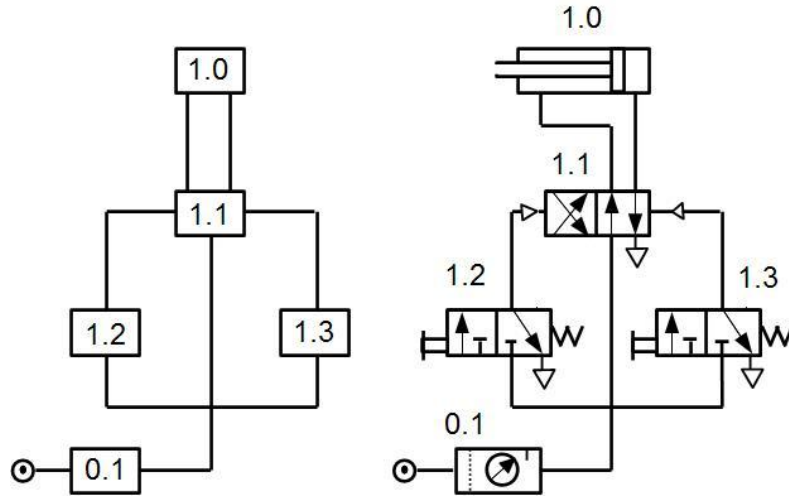
Devreyi tasarlarken kullanılacak olan pnömatik elemanların, valflerin ve yardımcı elemanların iyi tanınması, çalışma sistemleri ve fonksiyonlarının da iyi bilinmesi gerekir. Bu sayede devrenin gereksiz elemanlarla doldurulmasının önüne geçilmiş olur. Amaç; devreyi, istenen görevleri yerine getirebilecek ekonomik elemanlarla donatmak olmalıdır.

Pnömatik devre çizerken dikkat edilecek temel kurallar şunlardır:

1. Çizimlerde mutlaka standart simgeler kullanılmalıdır.
2. Devre şemalarında mümkün olduğu kadar silindirler yatay konumda çizilmelidir.
3. Çalışma hatları ve diğer çizgiler yatay veya dikey doğrular hâlinde çizilmelidir.
4. Çizimleri yaparken varsa şablon kullanılmalı, valflerin kareleri eşit çizilmelidir.
5. Devre çizimlerinde bütün elemanlar ve valfler normal konumlarında gösterilmeli ve sisteme enerji verilmemiş olarak çizimler yapılmalıdır.
6. Elektrik ve pnömatik devre şemaları ayrı ayrı çizilmeli ve karışıklığa yol açılmamalıdır.
7. Çizimlerde genel teknik resim kurallarına uyulmalıdır.

Devre çizimlerinde belirli kurallar vardır. Bunlardan birisi de devrede kullanılan her elemana bir numara verilmesidir. Her silindire bir numara verilir ve bu silindirlerle direkt ilgili olan diğer elemanlara numara verilirken çalıştırdıkları silindirin numarası dikkate alınır.

Şekil 5.5’de pnömatik devredeki elemanların numaralandırılması gösterilmiştir. Numaralandırmaya silindirden başlandığına dikkat ediniz.



Şekil 5.5: Pnömatik devre çizimlerinde elemanların numaralandırması

Silindirin numarası önce (1.0) şeklinde başlar. Daha sonra bu silindire direkt havayı gönderen yön kontrol valfine (1.1) yazılır. Daha sonra (1.1) valfinin uyarılması için sağdan veya soldan gelen sinyalleri üreten valflere sırayla (1.2) ve (1.3) numaraları verilir. Devrede kullanılan şartlandırıcılara genellikle (0.1) numarası verilir.

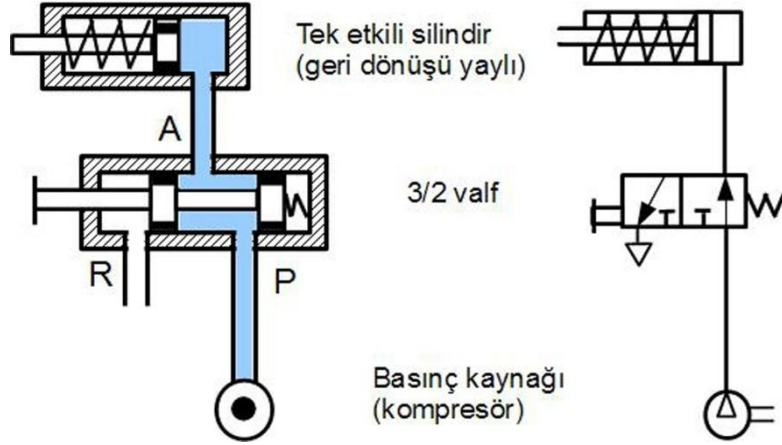
Aynı şekilde devrede bulunan ikinci silindire (2.0) numarası verilir. Bu silindire havayı veren yön kontrol valfine (2.1) yazılır. (2.1) valfinin uyarılması için sağdan ve soldan sinyal gönderen valflere (2.2) ve (2.3) valfleri yazılır. Bu şekilde bütün silindirlere ait olan valfler belirlenmiş olur. Böylece hangi hareket için kaç numaralı valfin görevli olduğu devre üzerinde belirlenir. Bu işlem arıza durumlarında da arızanın tespiti içinde büyük kolaylıklar sağlar.

5.3. Tek Etkili Silindirin Çalıştırılması

Tek etkili silindirler çok değişik şekillerde çalıştırılabilir. Kullanılacak valfin kumanda şekli değişik şekillerde olabilir veya silindire gidecek hava değişik valflerle gönderilebilir.

Tek etkili silindirler genellikle 3 yollu 2 konumlu (3/2) valflerle çalıştırılır. Bu valfler de pedalla, butonla, makarayla, elektromanyetik olarak veya basınçlı hava sinyalleriyle konumları değiştirilebilir. Şekil 5.6'da valfin normal pozisyonu sağ baştaki yayla korunur. Soldan gelecek uyarı sinyali veya etki eden kuvvetin sonucu yay sıkışır, valfin konumunun değişmesine izin verir. Bu kuvvet ortadan kalkınca yay ilk konumuna geri döner.

Tek etkili silindir sistemlerinde farklı çalışma hızları, zamanlama ve güç dönüşümleri yapılabilir. Tek etkili silindirlere; akış kontrol valfleriyle yavaşlama, ikinci bir yön kontrol valfiyle endirekt olarak kontrol, veya valfi ile çabuk boşaltma, farklı valf kombinezonları ile birden çok noktadan kumanda edilebilmesi sağlanabilir. Şekil 5.6'da basit bir devre ile tek etkili silindirin çalışması görülmektedir.



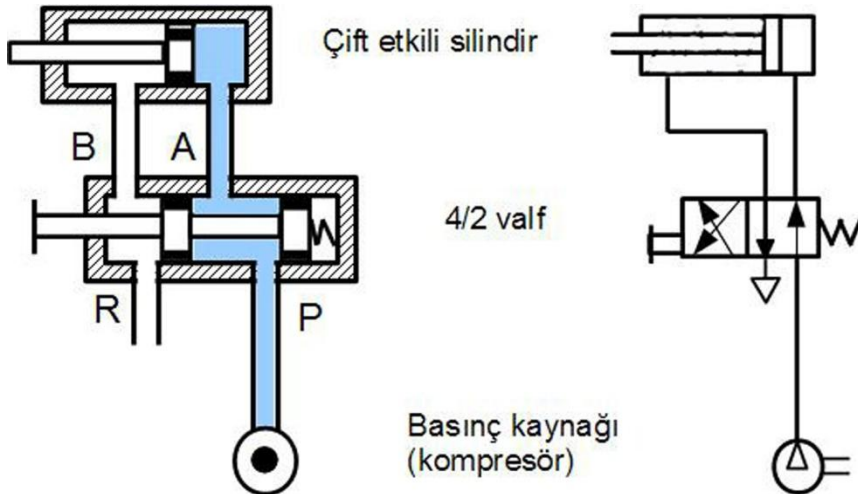
Şekil5.6: Tek etkili geri dönüşü yaylı silindirin çalışması. Kesit ve şematik resim.

Şekil 5.6'daki tek etkili silindirin çalışma prensibi:

1. Konum:Kompresörden gelen hava, normalde kapalı valften geçemez. Silindir içerisindeki yay baskısı, pistonu geri iter. Bu nedenle 1. konumda piston geride durur.

2. Konum :Valfin butonuna basıldığında, kompresörden gelen hava, valften geçerek, silindirin içerisine dolmaya başlar. Havanın gelmeye devam etmesiyle, piston ileri doğru hareket eder. Pistonun önünde eğer bir yük varsa, pnömatik güç bu yükü iter. Bu nedenle 2. Konumda piston ileride durur (Şekil 5.6'daki yön kontrol valfi 2. konumdadır.).

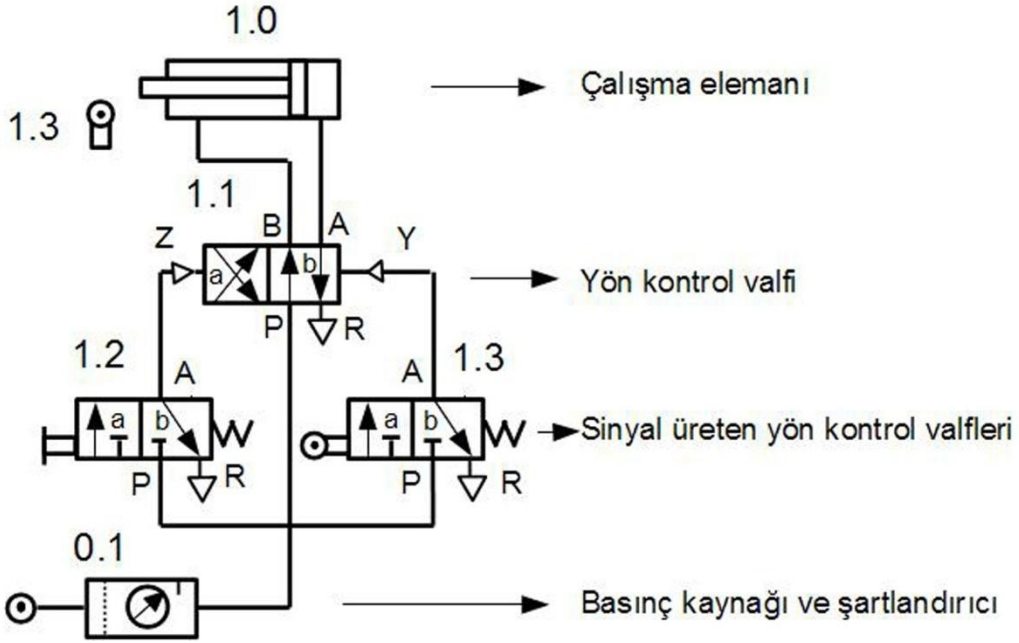
5.4. Çift Etkili Silindirin Çalıştırılması



Şekil5.7: Çift etkili silindirin 4/2 valf kullanılarak geri dönüş hareketi yapması.

Çift etkili silindirler genellikle 4 yollu ve 2 konumlu (4/2) valflerle veya 5 yollu 2 konumlu (5/2) valflerle çalıştırılırlar. Valflerin konum değiştirmeleri için değişik kumanda metotları kullanılabilir.

Çift etkili silindir sistemlerinde de farklı çalışma hızları, zamanlama ve güç dönüşümleri yapılabilir. Çift etkili silindirlere; akış kontrol valfleriyle yavaşlama, ikinci bir yön kontrol valfiyle endirekt olarak kontrol, veya valfi ile çabuk boşaltma, farklı valf kombinasyonları ile birden çok noktadan kumanda edilebilmesi sağlanabilir. Şekil 5.7’de basit bir devre ile çift etkili bir silindirin çalışması görülmektedir.



Şekil 5.8: Çift etkili silindirle ileri geri hareketin üretilmesi.

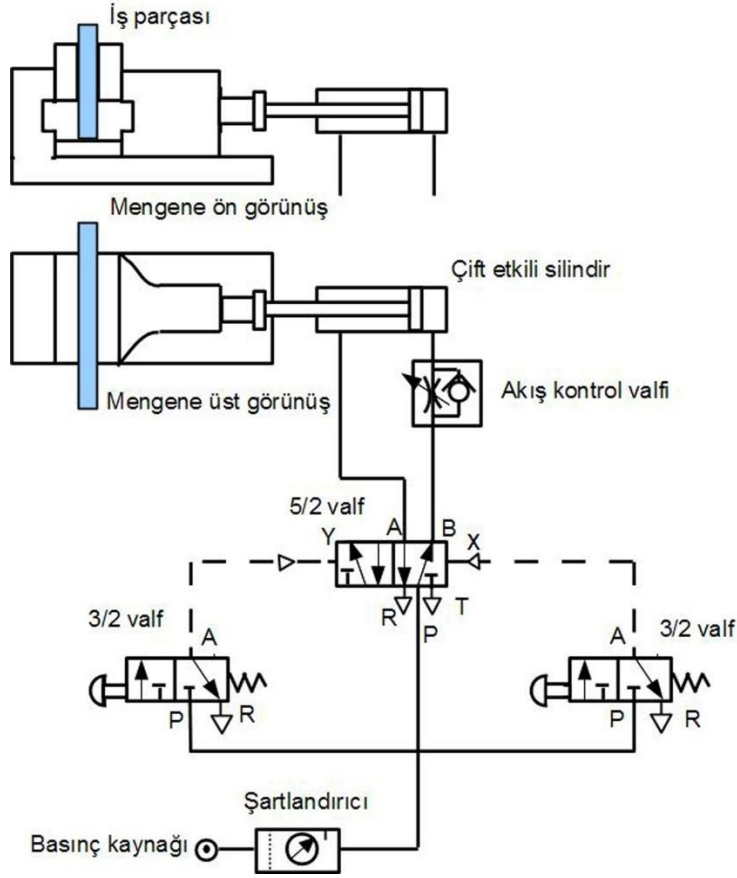
Şekil 5.8’de çift etkili silindirin (1.2) valfinin butonuna basılmasıyla ileri harekete geçmesi ve silindir kolunun (1.3) valfinin makarasına çarparak tekrar kendiliğinden geri dönüşü sağlanmaktadır.

Devre bu şekilde çizilmesine rağmen (1.3) valfinin gerçekte silindirin hemen arkasına monte edildiğine ve silindirin ileri hareketi sonrası kolunun (1.3) valfinin makaralı kumandasına çarparak otomatik olarak geri dönüşünün sağlandığına dikkat ediniz.

Piston ilerlerken, piston kolunun ucundaki topuz (1.3) valfinin makarasına çarparak konumunu değiştirir ve (Y) sinyalini üretir. Bu sırada (1.1) valfinin (b) konumunu alması sağlanır. Basınçlı hava piston kolu tarafına giderek, pistonun geriye gitmesini sağlar. (Z) sinyalini (1.2) valfi üretir ve piston ileriye doğru hareket eder.

5.5. Çeşitli Pnömatik Devre Çizimleri

- Pnömatik Mengene İle İş Yapılması



Şekil 5.9: Pnömatik mengene ile işin sıkılması ve devre şeması

Mengeneler bir çenesi sabit bir çenesi hareketli çalışırlar. Pnömatik sistemli mengeneler de hareketli çene üzerine çift etkili silindir bağlanarak çalıştırılır. Silindirin ileri hareketinde sıkma işlemi yapılır. Geri harekette ise iş parçası çözülerek alınır.

Devreyi oluşturan elemanlar:Kompresör, şartlandırıcı, iki adet buton kumandalı (3/3) yön kontrol valfi, bir adet basınçlı hava sinyali ile çalışan (5/2) yön kontrol valfi, bir adet akış kontrol valfi, çift etkili silindir ve pnömatik mengene.

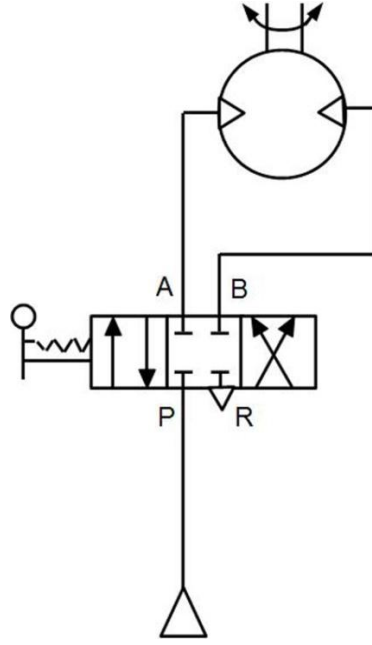
Şekil 5.9'daki çift etkili silindir sağdaki buton kumandalı (3/2)'lik valfle ileri harekete geçerek iş parçasını sıkar. Sıkma işleminden sonra sol taraftaki (3/2)'lik valfin butonuna basılarak silindirin geri gelmesi sağlanır. (5/2)'lik valfte konum değiştirmeler her iki (3/2)'lik valflerin (5/2)'lik valfe gönderdiği Y ve X sinyalleri ile gerçekleşir. Akış kontrol valfi de silindirin ileri hareketinde hızın ayarlanması için kullanılmaktadır.

➤ Bir Pnömatik Motorun Çalıştırılması:

Kullandığımız birçok pnömatik alet, pnömatik motorlarla çalışmaktadır. Somun sıkma gevşetme, sabit ve seyyar matkaplar, zımpara aleti... vb bir çok alet sürekli karşılaştığımız

pnömatik sistemle çalışan el aletleridir. Şekil 5.10'da bir pnömatik motorun çalışma devre şeması görülmektedir.

Devreyi oluşturan elemanlar:Kompresör,Kertikli Kol kumandalı (4/3) yön kontrol valfi,Pnömatik Motor.



Şekil5.10: Pnömatik motor devre şeması

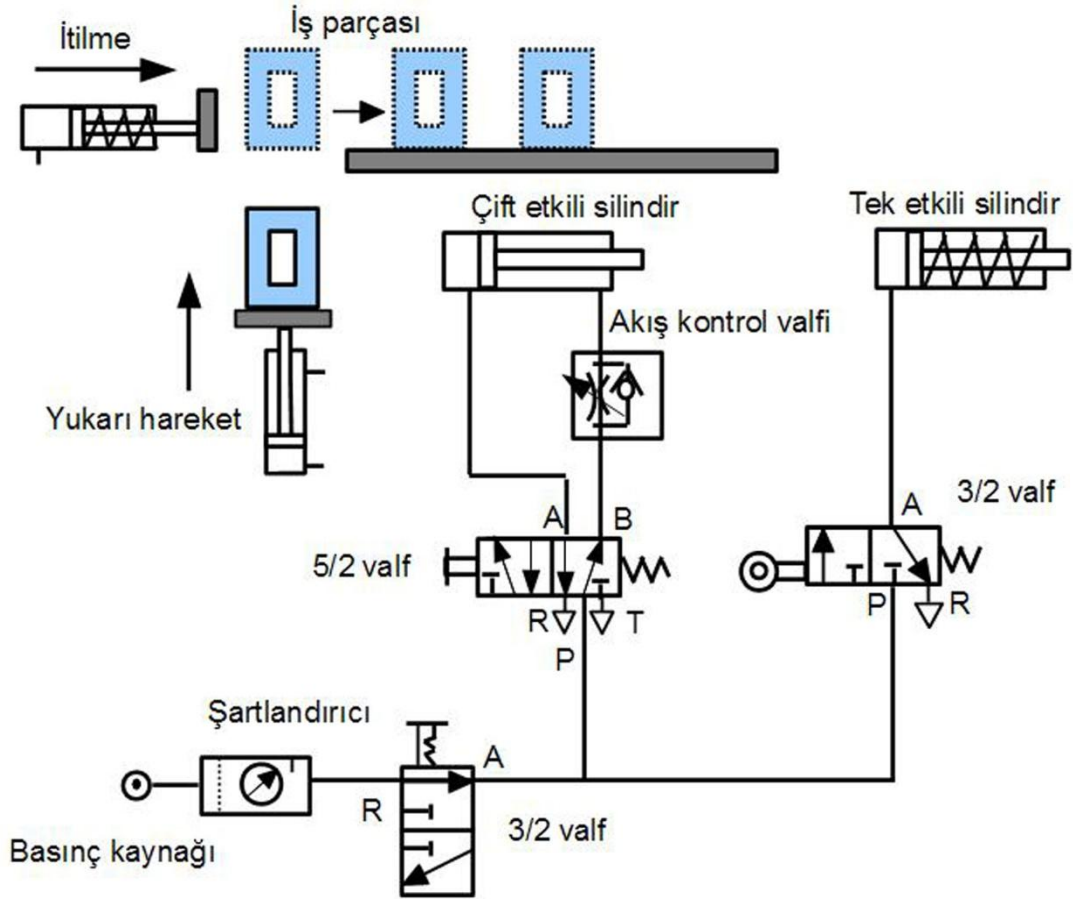
Çalışma Prensipleri:

1. Konum (orta konum) :Kompresörden gelen hava, valften geçemez. Bu nedenle motor 1. konumda durur.

2. Konum (sol) :Valfin kolu 2. konuma getirildiğinde, kompresörden gelen hava valften geçerek motoru saat yönünün tersine döndürür. Motora giden hava motorun diğer ucundan çıkarak, valften geçer ve atmosfere boşaltılır. Valf bu konumda olduğu sürece motor, saat yönünün tersine döner. Dönüş yönü, motor sembolünün üzerindeki yay şeklindeki oka bakılarak anlaşılır. Hava hangi tarafa gidiyorsa, motor o yönde döner.

3. Konum (sağ):Valfin kolu 3. konuma getirildiğinde, kompresörden gelen hava valften çapraz geçerek motoru saat yönünde döndürür. Motora giren hava motorun diğer ucundan çıkarak, valften geçip atmosfere boşaltılır. Valf bu konumda olduğu sürece motor saat yönünde döner (Şekil 5.10).

➤ Pnömatik Sistemle İş Parçasının Yukarıya Kaldırılıp Taşıyıcıya İtilmesi:



Şekil 5.11: Pnömatik sistemlerde tek ve çift etkili silindirin bir arada çalıştırılması

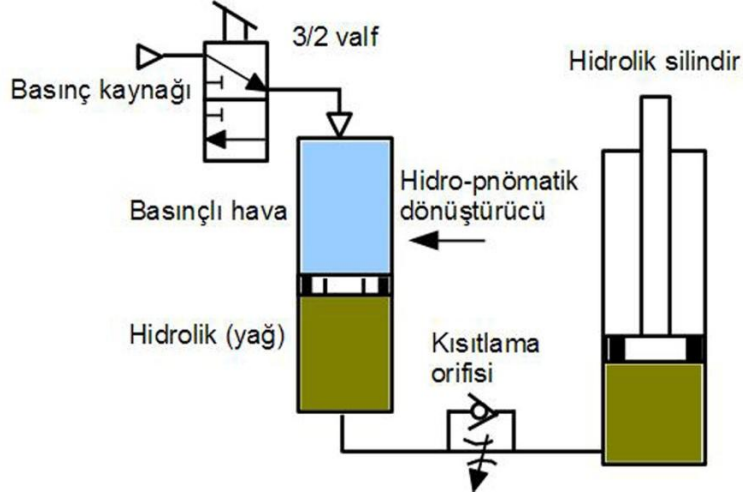
Pnömatik sistemler endüstriyel uygulamalarda tercihen kullanılan sistemlerdir. Şekil 5.11’de görülen uygulamada iş parçasının çift etkili bir pnömatik silindirle yukarıya kaldırılması sonrada tek etkili silindirin devreye girerek yukarıya gelmiş olan iş parçasını taşıyıcıya itmesi görülmektedir.

Şekil 5.11’de görülen devre şemasında çift etkili silindire enerji verildiğinde piston ileriye gider ve kurs sonunda önünde bulunan tek etkili silindirin makarasına çarpar ve ikinci silindirin enerji alarak hareket etmesini sağlar. Bu sırada tek etkili silindirin pistonu ileri pozisyona geçer.

(5/2) valfinin butonuna basıldığı zaman meydana gelen bu hareketler, valfin serbest bırakılması ile tek ve çift etkili silindirler ilk konumunu alırlar. İkinci bir hareket için tekrar START butonu olarak görev yapan (5/2)’lik valfin butonuna basmak gerekir. Hız kontrolü için de akış kontrol valfi sisteme monte edilmiştir.

5.6. Hidro - Pnömatik Devreler

Hidrolik ve pnömatik sistemlerin bir arada kullanıldığı devrelere hidro-pnömatik devreler denir. Hava sıkıştırılabilir olduğundan, pnömatik silindir veya hareket ettiriciler bazı uygulamalara uygun değildir. Bu olumsuzlukları giderebilmek için, pnömatik sistemler hareketin kontrolünü daha düzgün yapan hidrolik elemanlarla birleştirilmiştir.



Şekil 5.12: Basit bir hidro-pnömatik sistem

Hidro-pnömatik sistemler temel olarak bir dönüştürücü (pnömatik basıncı, hidrolik basınca dönüştürür), iş elemanı (hidrolik silindir) ve bir pnömatik yön kontrol valfinden oluşmaktadır (Şekil 5.12). Ancak sistemde kullanım amaçlarına göre konumlandırma, hız ayar, debi kontrol ve çift hız valfleri kullanmak mümkündür. Bu tür valflerin değişik kombinasyonları ile iş elemanını (silindiri) değişik konumlarda ve değişik hızlarda hareket ettirme olanakları vardır.

Bu tür bir uygulama ile pnömatik sistemde elde edilemeyen hassas ve düşük hız ayarı ile sabit güç iletimi elde edilebilmektedir. Şekil 5.12'de hidro-pnömatik sistemin temel uygulama sistematiği görülmektedir. Hidro-pnömatik dönüştürücünün üst kısmına pnömatik yön kontrol valfinin A ve B portları bağlanır. Dönüştürücünün içindeki yağ üstten hava basıncı uygulandığında harekete geçer ve sisteme hava basıncına eşdeğer yağ basıncı gönderir. Basınç yükseltici ile hidrolik silindir arasında kullanılan kontrol valfleri, hız ayarı ve konumlandırma için yardımcı eleman görevi yapmaktadırlar.

5.6.1. Hidro-Pnömatik Devrelerin Endüstride Kullanım Alanları

Hidro-pnömatik sistemler endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadır. Hız ve güç kontrollü istenen işler için hidro-pnömatik sistemler idealdir. Preslerde, delme makinelerinde, işleme tezgâhlarında, ağır iş makinelerinde ve imalat tesislerinde kullanılırlar.

Otomotiv sektöründe imalat aşamasında kullanıldığı gibi, araçların süspansiyon ve fren sistemlerinde de hidro-pnömatik sistemler yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle fren sistemlerinde sağladıkları yüksek performans çoğu araç üreticisinin tercih sebebi olabilmektedir. Otomotiv süspansiyon sistemlerinde de hidro-pnömatik süspansiyonlar kullanılmakta ve her geçen gün standardını yükseltmektedir. Sağladığı güvenlik ve sürüş konforu tercih sebebi olabilmektedir.

Hidrolik ve pnömatik sistemlerin dezavantajları hidro-pnömatik sistemlerle giderilmeye çalışılmıştır. Aşağıda hidrolik, pnömatik ve hidro-pnömatik sistemlerin karşılaştırılması görülmektedir. Karşılaştırmadan da anlaşılacağı gibi hidro-pnömatik sistemler; elde edilen verim ve ekonomik işletme sebebi ile endüstrinin vazgeçemeyeceği sistemlerdendir.

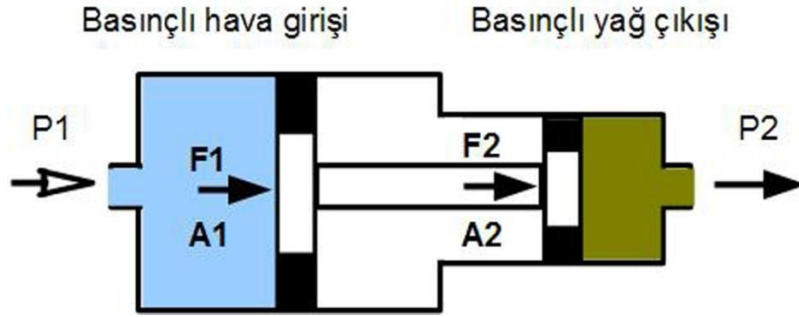
HİDROLİK SİSTEMLER	PNÖMATİK SİSTEMLER	HİDRO-PNÖMATİK SİSTEMLER
<ul style="list-style-type: none"> • Kirli çalışma ortamı (Yağ kaçaqları) • Yavaş hareket ve düşük çevrim sayısı • Geniş hacimli çalışma ortamı • Sabit çalışma stroğu • Yüksek enerji tüketimi • Yüksek gürültü seviyesi 	<ul style="list-style-type: none"> • Pratikte maksimum 1,5 - 2,0 ton kuvvet • Şişman konstrüksiyon • Yüksek hava tüketimi • Dengesiz güç dağıtım yüzeyi • Ayarsız iş stroku • Yüksek gürültü seviyesi 	<ul style="list-style-type: none"> • Geniş çalışma aralığı (0,6 - 100 ton) • Hidrolik ünite yok! Sadece basınçlı sistem havasına ihtiyaç var • Otomatik aktivasyonlu iş stroğu • Ayarlanabilir iş stroğu • Ekonomik işletme maliyetleri • Temiz çalışma ortamı • Düşük gürültü düzeyi • Kolay kumanda sistemi • Kolay otomasyon sistemlerine adaptasyon • Kolay bakım

Tablo5.1: Hidrolik, Pnömatik ve hidropnömatik sistemlerin karşılaştırılması

5.6.2. Hidro-Pnömatik Basınç Yükselticiler ve Hesaplamaları

Hidro-pnömatik basınç yükselticiler sistemin ana elemanlarından ve pnömatik hava basıncını yükselterek hidrolik elemana yüksek basınçta akışkan gönderirler. Normal hidro-pnömatik dönüştürücülerden farklı olarak; aldıkları pnömatik basıncı hidrolik basınca dönüştürürken basınç yükseltebilme özellikleri vardır.

Çapları birbirinden farklı iki silindirde pistonlar bir piston kolu ile birleştirilmiştir. Pistonlardan birisi büyük diğeri küçük çaptadır. Büyük pistonun yüzeyine düşük basınçta akışkan veya hava etki eder, küçük pistonun bulunduğu kısımda sıkıştırılmaz özellikteki akışkan bulunur. Büyük piston yüzeyine etki eden küçük basınç büyük bir kuvvet doğurur. Piston koluyla birbirine bağlı olduğu için aynı kuvvet ikinci pistona etki eder ve alanı küçük olduğundan küçükteki basınçtan çok daha büyük bir basınç üretir. Bu basınç pistonların alanlarının oranına bağlı olarak çok büyük değerlere erişebilir.



Şekil5.13: Hidro-pnömatik basınç yükseltici

Yüksek basınç, hidrolik silindirlere güç vermekte kullanılır. Bu amaçla kullanıldığında bir hava silindirinin tek başına kullanılmasıyla elde edilenden fazla iş yapılabilir.

Tutma, delme, kavrama veya doğrusal güç gerektiren diğer uygulamalarda kullanılan yükselticiler, tek basınçlı veya çift basınçlı sistemlerden güç alırlar. Yüksek basınçları uzun süre ısı üretmeksizin koruyabilirler. Ayrıca ek bir güç tüketimi ve karmaşık veya pahalı kontroller olmaksızın çalışırlar. Basınç yükselticiler genellikle iş kalıplarıyla sıkma işlemlerini yaparken, araçların fren mekanizmalarında veya benzeri yerlerde kullanılır. Burada hidrostatik kurallar geçerli olmaktadır.

➤ Basınç yükseltici hesapları

Şekil 5.13’de farklı çaplara sahip iki piston, bir kol yardımıyla birbirlerine bağlanıp kolun herhangi bir tarafına F1 kuvveti uygulanırsa, diğer tarafta oluşacak F2 kuvveti de F1’e eşit olur. Böylece farklı yüzeyler nedeniyle iki farklı P1 ve P2 basıncı oluşur.

F1= Büyük pistona etki eden kuvvet (N)

F2= Küçük pistonuna etki eden kuvvet (N)

A1= Büyük piston yüzey alanı (m²)

A2= Küçük piston yüzey alanı (m²)

P1= Büyük pistona etki eden Basınç (Pascal)

P2= Küçük pistonun ürettiği Basınç (Pascal)

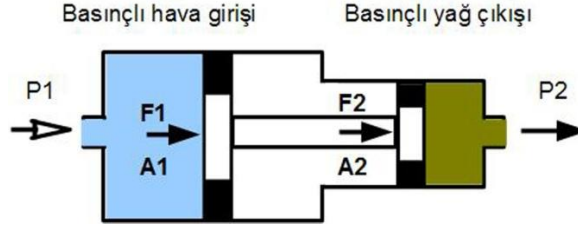
$F1 = F2 \Rightarrow$ Pistonların bir ara kol ile biri birlerine bağlı olduğuna ve kuvvetlerin eşit olacağına dikkat ediniz.

$$F1 = P1 \times A1$$

$$F_2 = P_2 \times A_2$$

$$P_1 \times A_1 = P_2 \times A_2 \text{ veya } P_1/P_2 = A_1/A_2$$

➤ **Örnek Problem 1:**



Şekil5.14: Hidro-pnömatik basınç yükseltici

Şekil 5.14'deki hidrolik basınç yükselticide itme pistonuna uygulanan basınç 800 kPa'dır. Küçük pistonun alanı 16 cm² ve büyük pistonun alanı ise 25 cm²dir. (Silindir verimini dikkate almayınız.) Buna göre:

- Büyük ve küçük pistonu etki eden kuvvetleri,
- Küçük pistonun oluşturduğu basıncı bulunuz.

Verilenler:

$$P_1 = 800 \text{ kPa}$$
$$A_1 = 25 \text{ cm}^2 = 0.0025 \text{ m}^2 \quad F_2=?$$
$$A_2 = 16 \text{ cm}^2 = 0.0016 \text{ m}^2 \quad P_2=?$$

İstenenler:

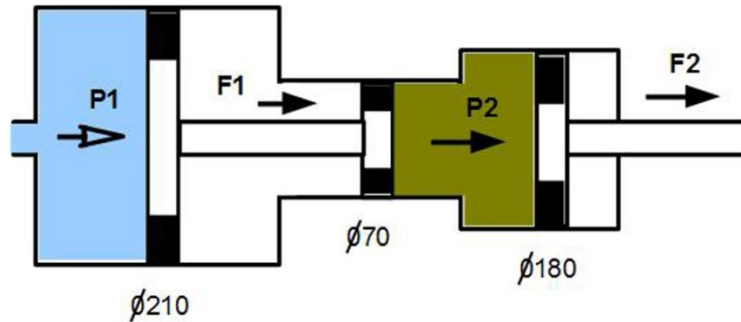
$$F_1=?$$

Çözüm:

$$F_1 = P_1 \times A_1 = 800.000 \times 0.0025 = 2000 \text{ N}$$

$$F_1 = F_2 = 2000 \text{ N}$$

➤ **Örnek Problem 2:**



Şekil5.15: Hidro-pnömatik basınç yükseltici

Şekil 5.15'de görülen basınç yükselticide silindire giren düşük basınçtaki hava, hidrolik silindirdeki yağın basıncını yükseltmektedir. Hava Silindirine 600 kPa basıncında hava gönderilecek olursa ve silindir verimleri % 90 ise,

- Hava silindirinde üretilecek olan F1 Kuvvetini,
- Hidrolik silindirdeki yağın basıncını P2,
- Çıkışta elde edilecek F2 Kuvvetini hesaplayınız.

Verilenler:İstenenler:

$$\begin{aligned} D1 &= 210 \text{ mm} = 0.21 \text{ m} & F1 &= ? \\ D2 &= 70 \text{ mm} = 0.07 \text{ m} & F2 &= ? \\ D3 &= 180 \text{ mm} = 0.18 \text{ m} & P2 &= ? \\ P1 &= 600 \text{ kPa} \\ \eta &= 0.9 \end{aligned}$$

*Silindirin yüzey alan formülü = $(\pi \cdot d^2/4)$, kısaca $(0.785 \times d^2)$ olarak alınacaktır.

Çözüm:

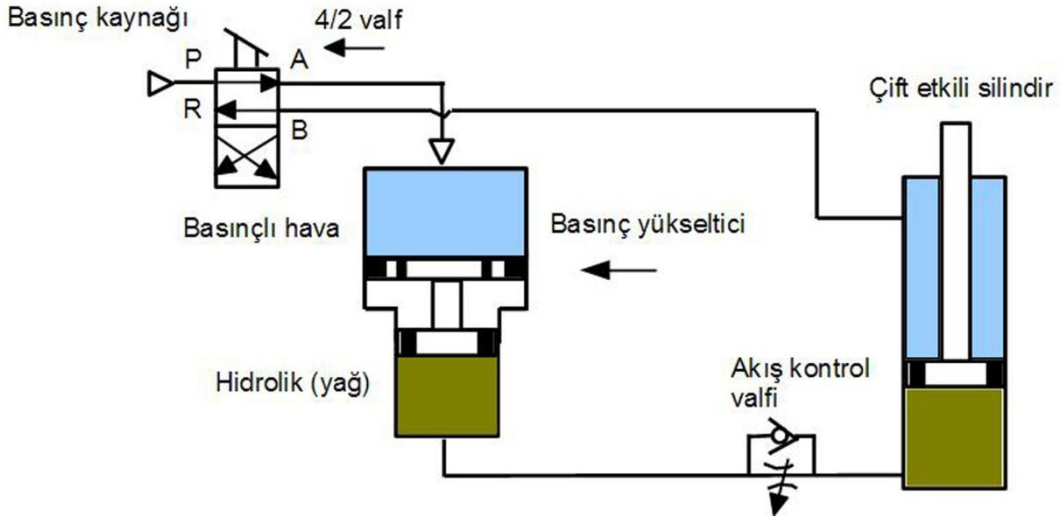
$$\begin{aligned} A1 &= 0.785 \times 0.21^2 = 0,0346185 \text{ m}^2 \\ A2 &= 0.785 \times 0.07^2 = 0,0038465 \text{ m}^2 \\ A3 &= 0.785 \times 0.18^2 = 0,025434 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{a) } F1 &= P1 \times A1 \times \eta \\ &= 600.000 \times 0,0346185 \times 0.9 \\ &= 1869.99 \text{ N} \end{aligned}$$

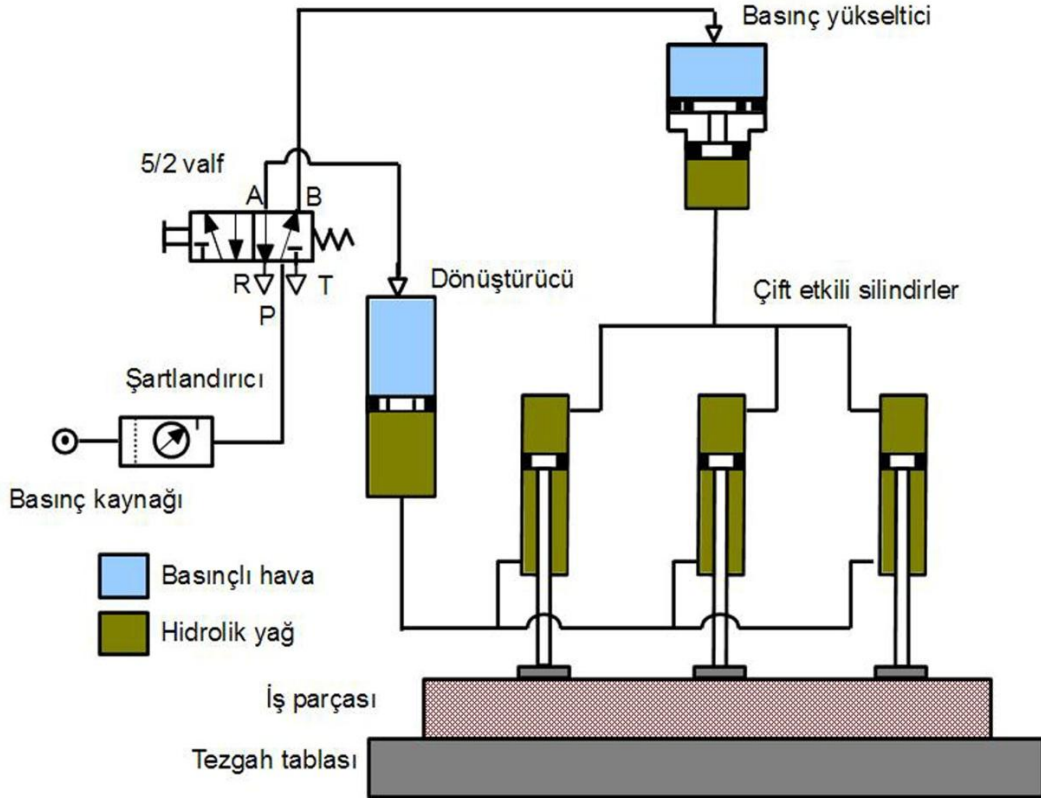
$$\text{b) } P2 = \frac{F1}{A2} = \frac{1869.99 \text{ N}}{0.0038465} = 486153 \text{ Pa (486.153 kPa)}$$

$$\text{c) } F2 = P2 \times A3 \times \eta \Rightarrow 486153 \times 0.025434 \times 0.9 \Rightarrow F2 = 11128.33 \text{ N}$$

5.6.3. Hidro-Pnömatik Devre Örnekleri



Şekil 5.16: Çift etkili silindiri çalıştıran basit bir hidro-pnömatik devre



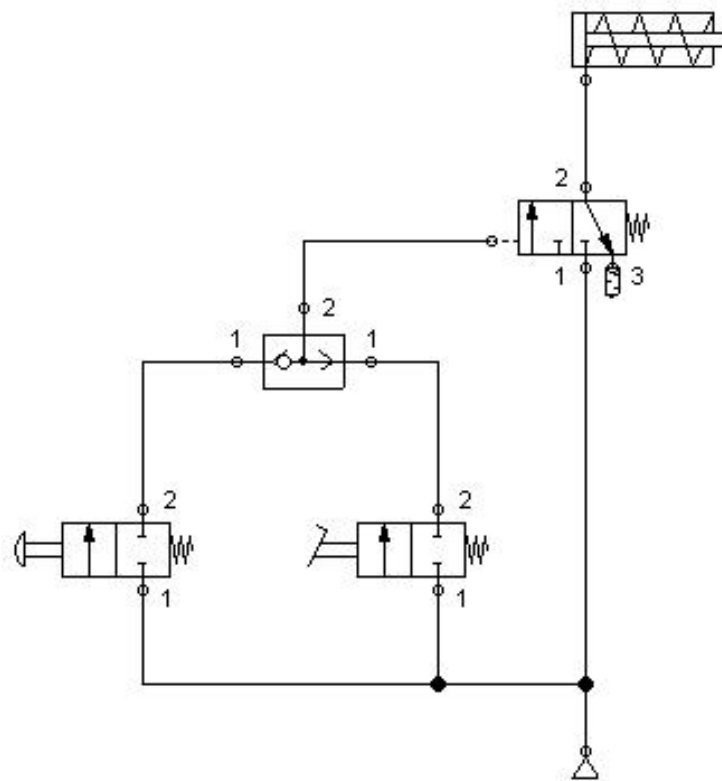
Şekil 5.17: Hidro-pnömatik sistemle iş parçasının büyük basınç kuvvetleri ile sıkılması

UYGULAMA FAALİYETİ

Tek etkili bir silindiri bir pedala basarak veya başka bir konumdan bir butona basarak çalıştırmak istiyoruz. Gerekli devre elemanlarını seçip, devre şemasını çiziniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Pnömatik devrenin çalışma amacını belirleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Çizimini yapacağınız devrenin nerelerde kullanılabileceğini araştırınız.➤ Benzer uygulamaların olduğu tezgâhlarda bu tür devreleri inceleyiniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pnömatik devrenin çalışma prensibini belirleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Devrede kullanılan alıcıların hangi sırayla çalışacağını ve sistemin kumanda şeklini eskiz kâğıdınıza yazınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Pnömatik devrenin çalışma amacını yerine getirecek ve devrede kullanılacak devre elemanlarını belirleyiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ İstenilen çalışma koşullarını gerçekleştirebilmek için, devrede kullanılan alıcılarda olması gereken özellikleri belirleyiniz.➤ Modülün bilgi sayfalarından, bu koşulları sağlayabilecek devre elemanlarının listesini çıkarınız.➤ Devre elemanlarının seçimini yaparken; pnömatik sistemlerde kullanılan devre elemanlarının, istenilen çalışma koşullarını sağlayacak birçok çeşidinin olduğunu düşünerek, modül bilgi sayfalarından, devre elemanlarının seçimindeki kriterleri tekrar okuyunuz.➤ Yaptığınız listenin içeriğinden, amacınıza en uygun devre elemanlarını belirleyip, seçiniz.➤ Bu devrede kullanacağımız tüm devre elemanlarının listesini eskiz kâğıdınıza yazınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Devre elemanlarının çizim kâğıdı üzerindeki konumunu devre anlaşılır olacak şekilde planlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Modül bilgi sayfalarından, devre elemanlarının çiziminde uyulması gereken kriterleri okuyunuz.➤ Listesini çıkardığımız devre elemanlarının sembollerini, eskiz kâğıdına çiziniz.➤ Devrenin taslak çizimini eskiz kâğıdına yapınız.➤ Bağlantıların çizimini yaparken mümkün olduğunca birbirlerinin üzerinden geçmemelerini

	<p>sağlayınız.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Taslak çizimi tamamladığınızda, hatalarınızın olup olmadığını arkadaşlarınızla tartışınız, onların yapmış olduğu taslakları da inceleyerek fikirlerinizi söyleyiniz. ➤ Görüşmeleriniz sonucunda, gerekli olan düzenlemeler varsa taslak resmi tekrar düzenleyiniz. ➤ Devre çiziminin kapladığı toplam alanı, asıl çizim kâğıdına dengeli bir şekilde yerleştirebilmek için gerekli sembol büyüklüklerini tespit ediniz.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Devreyi çiziniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çizim için gerekli araç gereçleri hazırlayınız. ➤ Çizim alanınızı düzenleyiniz. ➤ Çizim sırasında etrafınızı rahatsız edebilecek davranışlardan kaçınınız. ➤ Taslak resminizi temiz ve düzenli bir şekilde asıl çizim kâğıdınıza taşıyınız. ➤ Çiziminiz bittiğinde çalışma alanınızı düzenli ve temiz bırakınız.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çizimi yapılan devreyi kontrol ediniz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Çiziminizi önce taslak resim ile karşılaştırınız. ➤ Arkadaşlarınız ile birlikte, önce pnömatik devrenin sizden istenen koşulları sağlayıp sağlamadığını, daha sonra çizimde kullandığınız sembollerin doğruluğunu kontrol ediniz. ➤ Yaptığınız pnömatik devre çizimini öğretmeninize göstererek, fikirlerini alınız. ➤ Gerekli olabilecek düzenlemeler varsa, düzeltmeleri yapınız. ➤ İş etiğine uygun çalışmayı her zaman kendinize ilke ediniz.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik elemanların ve devre diyagramlarının çiziminde kullanılan yöntemlerden değildir?
 - A) Resimli semboller ve görünüşler
 - B) Kesit resimler
 - C) Perspektif resimler
 - D) Şematik semboller
2. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik sistem ve elemanlarının ifadesinde uluslar arası standartlara sahip çizim tekniğidir?
 - A) Resimli semboller ve görünüşler
 - B) Şematik semboller
 - C) Perspektif resimler
 - D) Kesit resimler
3. Pnömatik devre çizimlerinde elemanlar numaralandırılırken aşağıdaki elemanlardan hangisiyle başlanır?
 - A) Kompresörden
 - B) Yön kontrol valfinden
 - C) Silindirden
 - D) Kapama valfinden
4. Tek etkili silindirler genellikle aşağıdaki hangi valf çeşidi ile çalıştırılır?
 - A) (3/2) yön kontrol valfleri ile
 - B) (3/3) yön kontrol valfleri ile
 - C) (4/2) yön kontrol valfleri ile
 - D) (5/3) yön kontrol valfleri ile
5. Hidrolik ve pnömatik devrelerin bir arada kullanıldığı sistemler aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Elektro-pnömatik sistemler
 - B) Hidrolik sistemler
 - C) Pnömatik sistemler
 - D) Hidro-pnömatik sistemler

6. Hidro-pnömatik sistemlerde üretilebilecek çalışma aralığı aşağıdakilerden hangisidir?
- A) 0.6 – 100 Ton
 - B) 1.5 – 2 Ton
 - C) 0.5 – 50 Ton
 - D) 1 – 80 Ton
7. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik sistemlerin dezavantajlarından değildir?
- A) Şişman konstrüksiyon
 - B) Yüksek hava tüketimi
 - C) Dengesiz güç dağıtım yüzeyi
 - D) Yavaş hareket ve düşük çevrim sayısı
8. Pnömatik hava basıncını yükselterek hidrolik elemana yüksek basınçta akışkan gönderen eleman aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Hidro-pnömatik basınç yükseltici
 - B) Elektro-pnömatik basınç yükseltici
 - C) Hidrolik basınç yükseltici
 - D) Pnömatik basınç yükseltici

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-6

AMAÇ

Pnömatik devrelerin bakımını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Pnömatik devrelerin koruyucu bakımlarının yapılması sisteme ne tür fayda sağlar. Araştırınız.

6. PNÖMATİK DEVRELERİN BAKIMI

Pnömatik devrelerin daha uzun ömürlü çalışabilmeleri için, bakımlarının periyodik olarak yapılması gerekir. Buna koruyucu bakım denir. Pnömatik sistemde yapılacak koruyucu ve planlı bakım, arızaları azaltıp devre elemanlarının çalışma ömürlerini artırır.

Koruyucu bakım zamanlarını tespit etmek için ilk yapılması gereken, kullanılan devre elemanının üretici firma kataloğuna başvurmak olmalıdır. Periyodik bakımlar, üretici firmanın belirttiği zaman aralıklarında yapılmalıdır. Üretici firma kataloglarında, ilgili elemanın bakımlarının hangi süre aralığında yapılması gerektiği ve bakımın içeriği belirtilmektedir.

Bakımlar gelişigüzel yapılmamalıdır. Bir bakım kartı oluşturularak, bakım zamanları ve yapılacak işlemler belirtilir. Bakım kartında, bakımda yapılması gerekenler ve daha önceki bakımda hangi işlemlerin yapıldığı belirtilir. Bu sebeple, bakım kartlarının kullanılması sistemin bakım onarım süresini azaltır.

Bakım kartlarının içeriği doldurulurken yapılan bakımda dikkati çeken hususlar, ne zaman neresine nasıl bir işlem yapıldığı, hangi parçanın değiştirildiği ve neden değiştirildiği belirtilmelidir. Kart üzerinde ilgili elemanın veya makinenin kontrol edilecek önemli noktaları belirtilir ve periyodik bakım tarihleri yazılır. Kullanılan filtrelerin özellikleri ve ne zaman temizlenecekleri, makine veya elemanlarda meydana gelebilecek olası arızalar, bu kartlara işlenir. Oluşturulacak bakım kartlarına, gerektiğinde yardım alınabilmesi için, ilgili devre elemanlarının model numarası, çalışma hızları, imalatçı firmanın veya temsilcilerinin telefon numaraları da yazılmalıdır. Pnömatik devrelerin bakımları aşağıda belirtilen periyotlarda yapılmalıdır. Bunlar:

1. Günlük bakımlar
2. Haftalık bakımlar
3. Aylık bakımlar

4. Altı aylık bakımlar

6.1. Günlük Bakımlar

- Kompresör giriş filtresinin kontrolü,
- Yağlayıcı, yağ seviye kontrolü,
- Filtrelerdeki birikintilerin boşaltılması,
- Sistemde yağdanlık ya da gresörlük ile yağlanması gereken yerlerin yağlanması,
- Sistem ve cihazlarda imalatçı tavsiyelerine uygun gerekli günlük bakım ve temizlik uygulamaları yapılır.

6.2. Haftalık Bakımlar

- Yağlayıcının uygun çalışıp çalışmadığının kontrolü,
- Kompresör kayışları gerginlik kontrolü,
- Basınç kontrol valflerinin kontrolü,
- Hortumlarda oluşabilecek kesik ve çatlakların kontrolü,
- Valflerin kontrol edilip, kumanda kollarının temizlenmesi,
- Filtre kirlilik göstergesi kontrolü,
- Sistem ve cihazlarda imalatçı tavsiyelerine uygun gerekli haftalık bakım ve temizlik uygulamaları yapılır.

6.3. Aylık Bakımlar

- Filtre kabı ve filtreleme elemanının temizlenmesi,
- Valflerin egzoz kapılarında kaçakların olup olmadığı,
- Manometrelerin kalibre edilmesi,
- Silindir montaj bağlantılarının sıkılığı,
- Sistem ve cihazlarda imalatçı tavsiyesine uygun aylık bakım ve temizlik uygulamaları yapılır.

6.4. Altı Aylık Bakımlar

- Kompresör supap kapaklarının sökülerek temizlenmesi,
- Kirlenmiş, görev yapmayan susturucu ve filtrelerin değiştirilmesi,
- Devre elemanlarının verimlilik ve güç kontrolü,
- Silindirlerde piston ve piston kolu sızdırmazlık elemanları ve yataklarının kontrolü,
- Kompresör soğutma sisteminin boşaltılıp temizlenmesi,
- Sistem ve cihazlarda imalatçı tavsiyesine uygun, gerekli altı aylık bakım ve temizlik uygulamaları yapılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Atölyenizde bulunan pnömatik sistemin günlük bakımını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>➤ Pnömatik sistemin günlük bakımını yapınız.</p>	<p>➤ Kompresör giriş filtresini sökünüz ve gerekli bakımlarını yapınız. Modül bilgi sayfasına bakınız.</p> <p>➤ Hava tankında oluşan suyu boşaltınız. Modül bilgi sayfasına bakınız.</p> <p>➤ Filtrelerdeki tortu birikintilerini kontrol ediniz, gerekiyorsa temizleyiniz. Modül bilgi sayfasına bakınız.</p> <p>➤ Yağlayıcının yağ seviyesini kontrol ediniz, gerekiyorsa tamamlayınız.</p> <p>➤ Sistemde yağdanlık ya da gresörlük ile yağlanması gereken yerleri yağlayınız.</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Pnömatik devrelerin daha uzun ömürlü çalışabilmeleri için, bakımlarının periyodik olarak yapılması gerekir. Bu işlem aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Çalıştırma bakımı
 - B) Koruyucu bakım
 - C) Dinlendirme bakımı
 - D) Yağlama bakımı
2. Bakım zamanlarını tespit etmek için ilk bakılacak şey aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Üretici firma kataloguna bakmak
 - B) Sistem şemasına bakmak
 - C) Elemanın çalışma durumuna bakmak
 - D) Arızalı sistem elemanlarının durumuna bakmak
3. Sistemde yapılan bakım ve değişiklikler aşağıdakilerden hangisine işlenmelidir?
 - A) Yıllık tutulan ajandaya
 - B) Bakım kartına
 - C) Üretici firma kataloguna
 - D) Not defterine
4. Aşağıdakilerden hangisi koruyucu bakım periyodu değildir?
 - A) Günlük bakımlar
 - B) Haftalık bakımlar
 - C) Aylık bakımlar
 - D) Yıllık bakımlar

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

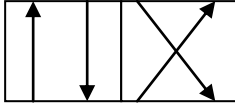
MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdaki sistemlerden hangisi basınçlı ve kontrol edilebilen gaz ile çalışan sistemlerdir?
A) Hidrolik sistemler
B) Elektrik sistemler
C) Pnömatik sistemler
D) Elektronik sistemler
2. Belirli bir kesitte sıkıştırılan gaz (hava) içindeki kabın bütün çeperlerine bir kuvvet uygular. Aşağıdakilerden hangisi bu kuvveti tanımlar?
A) Viskozite
B) Basınç
C) Ağırlık
D) Kuvvet
3. Sabit hacimdeki bir silindir içinde bulunan gaza ısı uygulandığında ne olur?
A) Basınç artar
B) Hacim artar
C) Silindir genişler
D) Kütle azalır
4. Çok kademeli bir kompresörde ara soğutucu kullanılmasının sebebi nedir?
A) Güç ihtiyacını artırır
B) Alıcı ünitelerin kapasitesini düşürür
C) Alıcı ünitelerin kapasitesini artırır
D) Güç ihtiyacını azaltır
5. Aşağıdakilerden hangisi filtre, basınç regülatörü ve yağlayıcıdan oluşan pnömatik ünitelerdir?
A) Şartlandırıcı
B) Hava tankı
C) Kompresör
D) Silindir ve motorlar
6. Pnömatik sistemdeki havanın basıncını elektrik sinyaline dönüştürerek devreleri otomatik olarak açıp kapamaya yarayan eleman aşağıdakilerden hangisidir?
A) Basınç regülâtörü
B) Basınç anahtarı
C) Şartlandırıcı
D) filtre

7. Pnömatik silindirlerin hidrolik silindirlerden başlıca farkı aşağıdakilerden hangisidir?
A) Dönüş hatlarının olmaması
B) Montaj yöntemi
C) Silindir iç kesit çapı
D) Strok uzunluğu
8. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik silindirin elemanı değildir?
A) Piston
B) Silindir gömleği
C) Piston kolu
D) Rotor
9. Aşağıdakilerden hangisi silindirin itme kuvvetine doğrudan etki etmez?
A) Basınç
B) Piston çapı
C) Yağlayıcı
D) Silindir verimi
10. İki silindirin birleştirilmesi ile yapılan ve iki kat itme kuvveti üreten silindir tipi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Tek etkili silindir
B) Çift etkili silindir
C) Tandem silindir
D) Döner silindir
11. Çift etkili silindirlerde itme kuvvetinin her iki yönde farklı olmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Strok farkı
B) Piston kolu boyu
C) Piston yüzey alanının her iki tarafta farklı olması
D) Silindirdeki basınç dalgalanmaları
12. Basınçlı havanın enerjisini döndürme kuvvetine dönüştüren elemanlar aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pnömatik silindirler
B) Pnömatik motorlar
C) Kompresörler
D) Yön kontrol valfleri
13. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik motorların üstünlüklerinden değildir?
A) Hız ayarı sınırsızdır
B) Farklı momentler elde edilebilir
C) Az yer kaplarlar ve hafiftirler
D) Sınırsız güç elde edilebilir

14. Yüksek devirde çalışmalarına rağmen küçük güçler üretebilen pnömatik motor tipi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Türbin tip motorlar
B) Dişli çarklı motorlar
C) Pistonlu motorlar
D) Paletli motorlar
15. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik valflerin görevi değildir?
A) Havanın önünü açmak, kapatmak
B) Geniş hacimli havayı sıkıştırıp depolamak
C) Basınçlı havayı silindir ve motorun istenilen kesitine göndermek
D) Görevini tamamlayan egzoz gazını atmosfere yöneltmek
16. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik valf çeşitlerinden birisi değildir?
A) Akış kontrol valfleri
B) Basınç kontrol valfleri
C) Jet kontrol valfleri
D) Yön kontrol valfleri
17. Şekilde görülen valf kaç yollu ve kaç konumludur?



- A) İki yollu, iki konumlu (2/2)
B) Dört yollu, iki konumlu (4/2)
C) İki yollu, üç konumlu (2/3)
D) Dört yollu, üç konumlu (4/3)
18. Çalışanların güvenliği açısından iki elle çalıştırılmak zorunda olan valf çeşidi aşağıdakilerden hangidir?
A) VEYA valfi
B) VE valfi
C) Akülü valfler
D) Yavaşlatma valfi
19. Genellikle otomasyon sistemlerinde karşısındaki işe hava akımı göndermek suretiyle sinyal alan ve ona göre alıcıyı çalıştıran valfler aşağıdakilerden hangisidir?
A) Akış kontrol valfleri
B) Basınç kontrol valfleri
C) Fıskiyeli valfler
D) Yön kontrol valfleri

20. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik yön kontrol valfi kumanda çeşitlerinden değildir?
- A) İnsan gücü ile kumanda
 - B) Mekanik kumanda
 - C) Elektromanyetik kumanda
 - D) Kimyasal kumanda
21. Aşağıdakilerden hangisi pnömatik sistem ve elemanlarının ifadesinde uluslar arası standartlara sahip çizim tekniğidir?
- A) Resimli semboller ve görünüşler
 - B) Şematik semboller
 - C) Perspektif resimler
 - D) Kesit resimler
22. Pnömatik devre çizimlerinde elemanlar numaralandırılırken aşağıdaki elemanlardan hangisiyle başlanır?
- A) Kompresörden
 - B) Yön kontrol valfinden
 - C) Silindirden
 - D) Kapama valfinden
23. Hidrolik ve pnömatik devrelerin bir arada kullanıldığı sistemler aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Elektro-pnömatik sistemler
 - B) Elektromekanik sistemler
 - C) Pnömatik sistemler
 - D) Hidro-pnömatik sistemler
24. Pnömatik hava basıncını yükselterek hidrolik elemana yüksek basınçta akışkan gönderen eleman aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Hidro-pnömatik basınç yükseltici
 - B) Elektro-pnömatik basınç yükseltici
 - C) Hidrolik basınç yükseltici
 - D) Pnömatik basınç yükseltici
25. Pnömatik devrelerin daha uzun ömürlü çalışabilmeleri için, bakımlarının periyodik olarak yapılması gerekir. Bu işlem aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Çalıştırma bakımı
 - B) Koruyucu bakım
 - C) Dinlendirme bakımı
 - D) Yağlama bakımı
26. Aşağıdakilerden hangisi koruyucu bakım periyodu değildir?
- A) Günlük bakımlar
 - B) Haftalık bakımlar
 - C) Aylık bakımlar
 - D) Yıllık bakımlar

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	B
4	C
5	D
6	A
7	D
8	B
9	A
10	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	A
3	C
4	D
5	C
6	D
7	C
8	A
9	C
10	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	C
4	B
5	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	A
4	A
5	B
6	B
7	A
8	C
9	D
10	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	C
4	A
5	D
6	A
7	D
8	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-6'NIN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	B
4	D

MODÜL DEĞERLENDİRMEİNİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	A
4	D
5	A
6	B
7	A
8	D
9	C
10	C
11	C
12	B
13	D
14	A
15	B
16	C
17	B
18	B
19	C
20	D
21	B
22	C
23	D
24	A
25	B
26	D

KAYNAKÇA

- **Fren Sistemleri**, MEB Yayınları, Ankara, 2006.
- KARACAN İsmail, **Hidrolik+Pnömatik**, Ankara, 1989.
- KÜÇÜK Mehmet, **Makine Bilgisi**, MEB Yayınları, Ankara, 1990.
- KÜÇÜK Mehmet, **Hidrolik Pnömatik**, MEB Yayınları, İstanbul, 2003.
- **Pnömatik Arıza Arama Becerisini Geliştirme**, MEB Yayınları, Ankara, 1994.
- **Pnömatik Devre**, MEB Yayınları, Ankara, 2007.
- **Pnömatik Sistemler**, MEB Yayınları, Ankara, 2007.
- **Temel Pnömatik**, MEB Yayınları, Ankara, 1994.