T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

PNÖMATİK DEVRELER
521MMI036

Ankara, 2012

- 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 v
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. PNÖMATİĞİN PRENSİPLERİ 3
1.1. Pnömatiğin Tanımı 3
1.1.1.Pnömatiğin Endüstrideki Yeri Ve Önemi 3
1.1.2. Pnömatiğin Uygulama Alanları 3
1.2. Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri Ve Olumsuz Yönleri 4
1.3. Hidrolik Ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması 4
1.4. Pnömatiğin Temel Prensipleri 5
1.4.1. Basınç ve Vakum Kavramı 5
1.4.2. Boyle Mariot Kanunu 7
1.4.3. Gay-Lusac Kanunu 8
1.4.4. Genel Gaz Denklemi 10
1.4.5. Sıkıştırılmış Havanın Debisi 11
1.5. Pnömatik Sistemlerin Kısımları 12
1.6. Pnömatik Sistemlerde Havanın Üretilmesi Ve Hazırlanması 13
1.6.1. Kompresörler 13
1.6.2. Havanın Hazırlanması 21
1.7. Şartlandırıcılar 28
1.7.1. Havanın Filtrelenmesi 29
1.7.2. Hava Basıncının Ayarlanması 30
1.7.3. Havanın Yağlanması 31
1.8. Basınçölçer (Manometreler) 33
1.9. Susturucular 34
1.10. Basınç Anahtarı 34
1.11. Boru Hortum Ve Bağlantı Elemanları 35
1.11.1. Hortumların Birleştirilmesi 36
1.11.2. Boruların İç Çaplarının Belirlenmesi 37
1.11.3. Borularda Basınç Düşmesi 38
UYGULAMA FAALİYETİ 39
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 41
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 42
2. PNÖMATİK SİLİNDİRLER 42
2.1. Görevleri 42
2.2. Silindirlerin Kısımları 43
2.2.1. Silindir Borusu 43
2.2.2. Piston 43
2.2.3. Piston Kolu 44
2.2.4. Sızdırmazlık Elemanları (Keçeler) 44
2.3. Çeşitleri Ve Simgeleri 45

2.3.1. Tek Etkili Silindirler 45
2.3.2. Çift Etkili Silindirler 46
2.3.3. Tandem Silindirler 46
2.3.4. Teleskobik Silindirler 47
2.3.5. Döner Silindirler 47
2.3.6. Özel Silindirler 49
2.4. Silindirlerde Yastıklama İşlemi 51
2.5. Silindirlerin Kuvvet Hesapları 52
UYGULAMA FAALİYETİ 54
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 57
ÖĞRENME FAALİYETİ–3 58
3. PNÖMATİK MOTORLAR 58
3.1. Görevleri 58
3.2. Çeşitleri 59
3.2.1. Pistonlu Pnömatik Motorlar 59
3.2.2. Paletli Tip Pnömatik Motorlar 59
3.2.3. Dişli Tip Pnömatik Motorlar 60
3.2.4. Türbin Tipi Hava Motoru 61
UYGULAMA FAALİYETİ 62
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 63
ÖĞRENME FAALİYETİ–4 64
4. PNÖMATİK VALFLER 64
4.1. Görevleri 64
4.2. Çeşitleri 64
4.2.1. Akış Kontrol Valfleri (AKV) 64
4.3. Yön Kontrol Valfleri 66
4.3.1. Görevi ve Adlandırılması 66
4.3.2. Çeşitleri 68
4.3.3. Konum Türleri 68
4.3.4. Çalışma Sistemleri 69
4.3.5. İç Yapıları 71
4.3.6. Kumanda Çeşitleri 73
4.3.7. Özel Yön Kontrol Valfleri 73
4.4. Basınç Kontrol Valfleri (BKV) 76
4.4.1. Basınç sınırlama valfi (emniyet valfi) 76
4.4.2. Basınç Ayar Valfi (kapama valfi) 77
UYGULAMA FAALİYETİ 78
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 79
ÖĞRENME FAALİYETİ–5 80
5. PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMİ 80
5.1. Pnömatik Devre Elemanlarının Simgeleri 80
5.2. Pnömatik Devre Şemalarının Çizimi 84
5.3. Örnek Devre Şemalarının İncelenmesi 84

5.3.1. Tek Etkili Silindirin Çalıştırılması 84
5.3.2. Çift Yönlü Pnömatik Motorun Çalıştırılması 85
5.3.3. Çift etkili silindirin ileri hareketinin yavaşlatılması 85
UYGULAMA FAALİYETİ 90
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 91
ÖĞRENME FAALİYETİ–6 92
6. HİDRO-PNÖMATİK DEVRELER 92
6.1. Tanımı Ve Kullanım Amacı 92
6.2. Çeşitleri 92
6.2.1. Hidro-Pnömatik Silindir (Hidroçek) 92
6.2.2. Basınç Arttırıcı 93
6.3. Hidro-Pnömatik Devre Örnekleri 94
6.4. Pnömatik Devrelerde Arıza Arama ve Bakım 95
6.4.1. Günlük Bakımlar 96
6.4.2. Haftalık Bakımlar 96
6.4.3. Aylık Bakımlar 96
6.4.4. Altı Aylık Bakımlar 97
UYGULAMA FAALİYETİ 99
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 101
MODÜL DEĞERLENDİRME 102
CEVAP ANAHTARLARI 104
KAYNAKÇA 107

AÇIKLAMALAR

KOD	**521MMI036**
ALAN	**Makine Teknolojisi**
DAL/MESLEK	**Tüm Dallar**
MODÜLÜN ADI	**Pnömatik Devreler**
MODÜLÜN TANIMI	Pnömatik devrelerin ve elemanlarının öğretildiği bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Pnömatik devreler kurmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modüldeki eğitim ve öğretim faaliyetlerini başarı ile tamamlayan her öğrenci; Pnömatik terimleri, pnömatik hesaplamaları, yapabilecek, pnömatik sembolleri öğrenip pnömatik çizimleri yapabilecektir. **Amaçlar** 1. Havanın hazırlanması ile ilgili hesapları yapabilir. 2. Pnömatik silindirler ile ilgili hesapları yapabilir. 3. Pnömatik motorların tipini ve özelliklerini belirleyebilir. 4. Pnömatik valfleri sembolleri ile çizebilir. 5. Pnömatik devre çizebilir. 6. Pnömatik devrelerin bakımını yapabilir.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Hidrolik – Pnömatik laboratuarı **Donanım:** Pnömatik laboratuarı, teknik resim çizim ortamı, çizim araç gereçleri, bilgisayar, hidrolik pnömatik bilgisayar yazılımları, projeksiyon
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Öğrenci, aşağıdaki başarım değerlerini yerine getirecektir.Havanın hazırlanması ile ilgili hesap işlemlerini yapar. Pnömatik silindirler ile ilgili hesap işlemlerini yapar. Pnömatik motorların tipini ve özelliklerini belirleme işlemlerini yapar. Valfleri, sembolleri ile ifade eder. Pnömatik devre çizimi ile ilgili işlemleri yapar. Hidrolik ve pnömatik devrelerin bakımı ile ilgili işlemleri yapar.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu Modül, pnömatik devreleri anlatmaktadır.

Çalışma hayatında yetişmiş bir teknik eleman olarak yerini alabilmen için bu modülü başarıyla tamamlaman gerekmektedir.

Üretim yapmadan önce kullandığınız makinelerin özelliklerini çok iyi bilmeniz için bu modül size yardımcı olacaktır.

Modüler eğitim, yeni bir anlayışı da beraberinde getirmektedir. Gelişigüzel yapılan üretim, yerini ortaya çıkan ihtiyaçlara cevap verebilecek, çağdaş eğitim yöntemleriyle yapılan üretime bırakmak zorunda kalmıştır.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Pnömatik devrelerde kullanılan parçaları tanıyacak, havanın hangi şartlarda nasıl hazırlandığını bileceksin

ARAŞTIRMA

- Makine ve otomasyon sektöründe faliyet gösteren iş yerlerini gezerek pnömatik devre parçaları hakkında bilgi toplayınız ve bu bilgileri sınıfa getirerek arkadaşlarınızla paylaşın.

1. PNÖMATİĞİN PRENSİPLERİ

1.1. Pnömatiğin Tanımı

Pnömatik, Yunanca kökenli, nefes anlamına gelen “pneuma” kelimesinden türetilmiştir. Basınçlı havanın davranışını ve özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Bu bilim dalı, termodinamik, gaz dinamiği, mekanik kontrol tekniği gibi birçok bilim dalını içerir.

Pnömatiğin endüstriye uygulanmış dalına “endüstriyel pnömatik” adı verilir. Bu modülde endüstriyel pnömatiği ve uygulamalarını inceleyeceğiz. Modern endüstriyel sistemlerde pnömatiğin kullanımı her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır.

1.1.1.Pnömatiğin Endüstrideki Yeri Ve Önemi

Endüstriyel sistemlerde pnömatiğin kullanılmadığı alan yok gibidir. Bir fabrika projesi hazırlanırken elektrik, ısıtma, soğutma, havalandırma gibi tesisatların yanı sıra basınçlı hava tesisatı da hazırlanmaktadır.

Orta ve büyük ölçekli işletmelerin tamamında küçük işletmelerin ise bir kısmında pnömatik sistemler kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi gibi pnömatik enerji de işletmelerin olmazsa olmazlarından biridir.

1.1.2. Pnömatiğin Uygulama Alanları

Pnömatik sistemler aşağıda görülen alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

- Otomasyon ve robotik uygulamalar
- Dolum ve ambalaj makineleri
- Temizlik işlemleri
- Boyama işlemleri

- Montaj hatları
- CNC makineler
- Vakum uygulamaları (tutma ve taşıma işlevi)
- Tekstil sanayi
- Gıda sektörü
- Enerji dönüşüm santralleri
- Gemi ve denizcilik endüstrisi
- İş makineleri ve motorlu araçlar

1.2. Pnömatik Sistemlerin Üstünlükleri Ve Olumsuz Yönleri

Basınçlı havanın en basit kullanım şekli temizlik amacıyla kullanılmasıdır. Pnömatik el aletleri yardımıyla taşlama, vidaların sıkılması ve sökülmesi vb. amaçlarla kullanılır. Basınçlı hava, enerji taşıyabilir özellikte olup yanıcı ve patlayıcı değildir. Bu nedenle endüstriyel uygulamalarda doğrusal, dairesel ve açısal hareketlerin elde edilmesi amacıyla yoğun olarak kullanılır.

Pnömatik devre elemanları basit yapılı olup bakım ve montajı kolaydır. Devre elemanlarının fiyatları düşüktür. Ürünlerin birçoğu standart ölçülerde üretildikleri için temini kolaydır. Arızalanan bir elemanın yerine başka markalar tercih edilebilir.

Pnömatik enerji maliyetinin ve sızıntı oranlarının yüksek olması olumsuz yönleridir. Bazı uygulamalarda verimlilik %20'ye kadar düşebilir. Hava içindeki nem miktarı basınçlı havanın kullanımını sınırlar. Gıda, tıp, elektronik, kimya sanayinde basınçlı havanın iyi derecede şartlandırılması gerekir.

1.3. Hidrolik Ve Pnömatik Sistemlerin Karşılaştırılması

Pnömatik sistemlerin hidrolik sistemlere göre olumlu tarafları

- Hava her yerde bulunur ve sınırsızdır.
- Devre elemanları basit yapılı olup bakım ve montajı kolaydır.
- Çalışma hızları yüksektir.
- Sıcaklığa karşı duyarlı değildir.
- Hava yanıcı özellikte değildir.
- Arızaların bulunması kolaydır.
- Depo edilebilirliği yüksektir.
- Daha uzak mesafelere taşınabilir.
- Pnomatik sistemlerin tasarım, kurulum ve işletim maliyeti düsüktür (Basınçlı havanın en pahalı enerji türlerinden biri olduğu unutulmamalıdır.).
- Çevreyi kirletmez (Pnömatik sistemler çevreye önemli miktarlarda yağ verebilir; fakat pnömatik sistemlerin çoğu yağsız çalışacak biçimde tasarlanmaktadır.).
- Hava sızıntıları kirliliğe neden olmadığı için tekstil, ambalaj ve matbaacılıkta kullanılır.
- Pnömatik sistemlerin hidrolik sistemlere göre olumsuz tarafları
- Hava sıkıştırılabilir özellikte olduğu için düzenli hızlar elde edilemez.

- Yağlama gerektirir.
- Büyük kuvvet ya da moment gereken yerlerde ekonomik değildir. Ek önlemler alınmalıdır.
- Özel uygulamalarda basınçlı havanın iyi derecede hazırlanması gerekir.
- Devre elemanları alüminyum ve alaşımlarından yapıldığı için çalışma ömürleri düşüktür.
- Basınçlı havanın elde edilmesi ve egzoz işlemi sırasında gürültü meydana gelir.

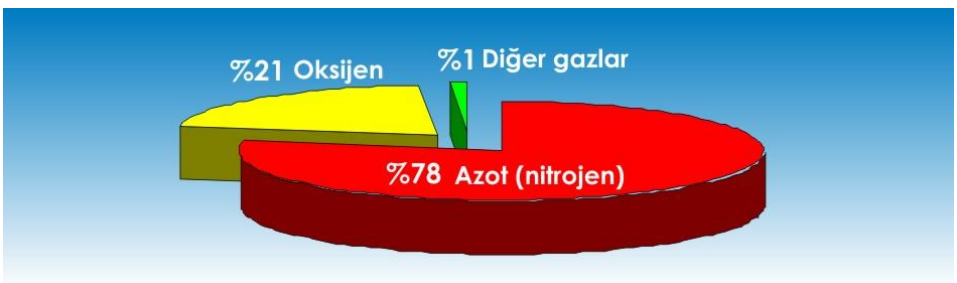
1.4. Pnömatiğin Temel Prensipleri

1.4.1. Basınç ve Vakum Kavramı

Pnömatik sistemde basınç, kompresörler tarafından, vakum ise vakum enjektörleri ya da vakum pompaları tarafından üretilmektedir. Her iki elemanın çalışma prensipleri birbirine göre terstir. Kompresörler bir ortama hava basıp basınç oluştururken, vakum üreteçleri ise ortamdaki havayı emerek basıncı yok etmeye çalışır. Yok, edilmeye çalışılan bu basınca "atmosfer basıncı" adı verilir.

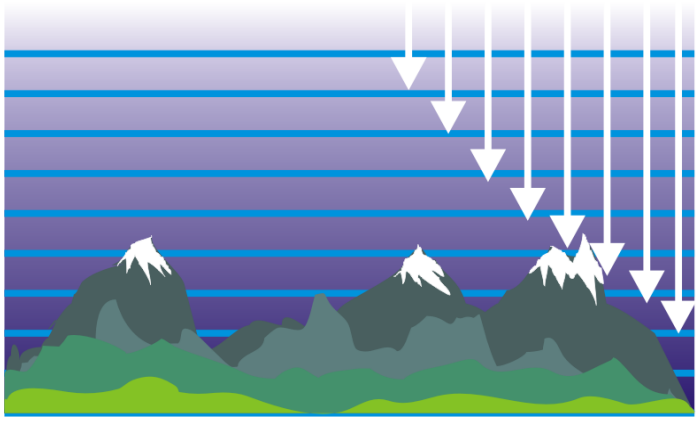
1.4.1.1. Atmosferik Basınç:

Kuru haldeki atmosfer havası oksijen, nitrojen (azot) ağırlıklı olmak üzere çeşitli gazların karışımından oluşur. Şekil. 1'de atmosfer havasını oluşturan gazların oranı verilmiştir.



Şekil.1: Atmosfer havasını oluşturan gazlar

Atmosfer havası yükseklik ve yoğunluğa bağlı olarak değişen bir ağırlığa sahiptir. Atmosfer havasının ağırlığından oluşan basınca "atmosferik basınç" adı verilir. Yüksekliğe bağlı olarak değiştiği için deniz seviyesindeki basınç referans olarak alınır. Deniz seviyesinde atmosferik basınç 1013 mbar = 1,013 bar'dır. Yükseklik arttıkça atmosfer basıncı artar. Şekil.2' de atmosfer basıncının yüksekliğe bağlı olarak değişmesi görülmektedir.



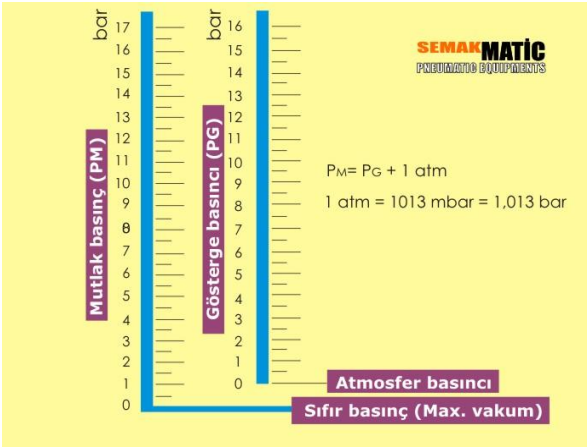
Şekil.2: Atmosfer basıncı ve yüksekliğe bağlı olarak değişimi

1.4.1.2. Gösterge basıncı (PG)

Başlangıç olarak atmosfer basıncını referans alır ve atmosfer basıncının üstündeki basınç değerlerini gösterir. Basınç göstergeleri (manometre) atmosfer basıncında "0" değerini gösterir.

1.4.1.3. Mutlak basınç (PM)

Başlangıç olarak atmosfer basıncının "0" olduğu noktayı (maksimum vakum) referans alır ve üzerindeki basınç değerlerini gösterir. Mutlak basınç, göstergede gördüğümüz basıncın üzerine atmosfer basıncı eklenerek hesaplanır (PM= PG + 1 atm). Yaklaşık olarak hesaplamak istersek; gösterge basıncının üzerine 1 ilave edilir.



Şekil.3: Mutlak basınç ve gösterge basınçlarının karşılaştırılması

1.4.1.4. Basıncın hesaplanması:

Katı, sıvı ve gazların ağırlığından dolayı birim alana uyguladıkları dik kuvvete "basınç" adı verilir. Basınç "P" harfi ile gösterilir ve P= F/A formülü ile ifade edilir.

P= Basınç (Pa)
F= Kuvvet (N)
A= Kesit alanı (m^2)

Uluslararası birim standardına göre (SI) kuvvet birimi Newton (N), uzunluk birimi ise Metre'dir (m). Buna göre alan birimi (m^2) dir. Basınç, kuvvetin alana oranı olarak tanımlandığına göre basınç birimi; N/m^2 dir. 1 N/m^2 = 1 Pascal'dır ve kısaca Pa sembolü ile gösterilir.

Basınç birimleri	
1 N/m^2	1 Pascal (Pa)
1 Bar	100000 Pa
1 Bar	14,5 Psi
1 Atm	1013 mbar

Tablo.1: Basınç birimlerinin karşılaştırılmas

Örnek: Taban alanı 0,5 m^2 ve ağırlığı 10 kg olan katı cismin uyguladığı basıncı hesaplayınız.

Verilenler:
m= 10 kg
A= 0,5 m^2

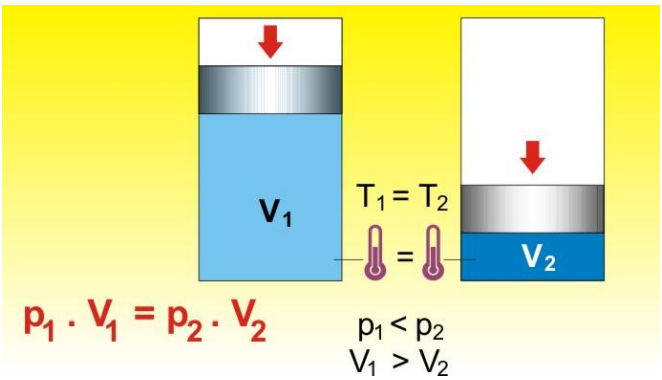
İstenen:
P= ?

Çözüm:
F= m . a = 10 . 10 = 100 N
P= F/A = 100 / 0,5 = 200 N/m^2

1.4.2. Boyle Mariot Kanunu

Sıkıştırıldıkça hacmi azalan gazların -hava da olabilir-basıncı ve sıcaklığı artar. Hava, sıcaklığı sabit kalacak şekilde sıkıştırılırsa sıkıştırılmadan önceki hacmi ve basıncının çarpımı, sıkıştırıldıktan sonraki hacmi ve basıncının çarpımına eşittir.

Basınç ile hacim arasında ters orantı vardır. Aşağıdaki eşitliğe göre sıcaklık sabit tutulduğunda hava basıncı sıkıştırma oranına bağlı olarak artar. Örneğin: Hava iki kat sıkıştırılacak olursa mutlak basıncı iki kat oranında artacaktır.



Şekil. 4: Sıcaklığın sabit tutularak havanın sıkıştırılması.

Örnek: Atmosfer basıncında, serbes haldeki havanın hacmi 1 lt' dir. Sıcaklığı sabit tutularak hacmi 0,5 lt'ye düşürülecek olursa basıncı ne olur?

Verilenler: **İstenen:**

P_1= 1 atm P_2=?

V_1= 1 lt

V_2= 0,5 lt

Çözüm:

$P_1 . V_1 = P_2 . V_2 \longrightarrow 1 \times 1 = P_2 \times 0,5$
$P_2 = 2$ atm.

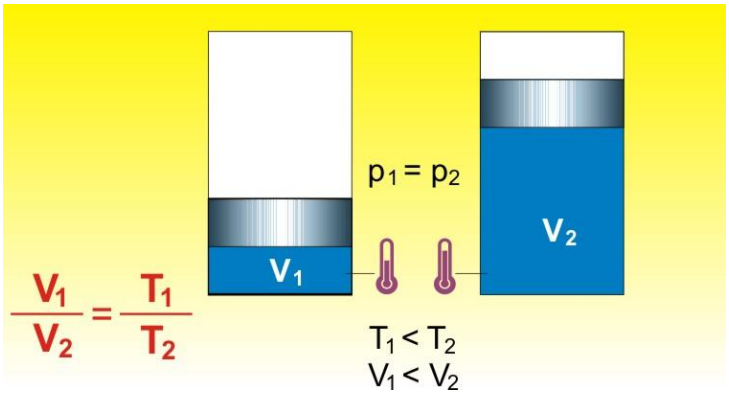
1.4.3. Gay-Lusac Kanunu

Gazlar üzerinde çalışmalar yapan Gay Lusac yaptığı çalışmalar sonucunda gazlarla ilgili ilk temel özellikleri ispatlamıştır. Günümüzde bile bilimsel çalışmaların birçoğu ve hesaplamalar bu çalışmaların ışığında yürütülmektedir.

Gay Lussac, gazların sabit basınç ve sabit hacim altında davranışlarını incelemiştir. Yaptığı çalışmalar sonucunda aşağıdaki iki kanunu ispatlamıştır. Aşağıda bunlarla ilgili açıklamalar ve örnek hesaplamalar görülmektedir.

1.4.3.1. Sabit Basınç Altında Genleşme:

Sabit basınç altında ısıtılan bir gazın genleşme katsayısı, bu gazın; basıncına, cinsine ve sıcaklık aralığına bağlı değildir. Bu nedenle, basıncı sabit kalmak şartıyla; eşit değerlerde ısıtılınca, eşit miktarlarda genleşir. Hacim ve sıcaklık arasında doğru orantı vardır.



Şekil.5: Basıncın sabit tutularak gazların genleşmesi

Örnek: Belirli bir basınçtaki gazın sıcaklığı 10 ^{o}C, hacmi ise 1 lt' dir. Gazın basıncı sabit kalmak koşuluyla sıcaklığı 40 ^{o}C' ye yükseltilecek olursa hacmi ne olur?

Verilenler: **İstenen**

T_1= 10 ^{o}C = 273 + 10 = 283 K
T_2= 40 ^{o}C = 273 + 40 = 313 K
V_1= 1 lt

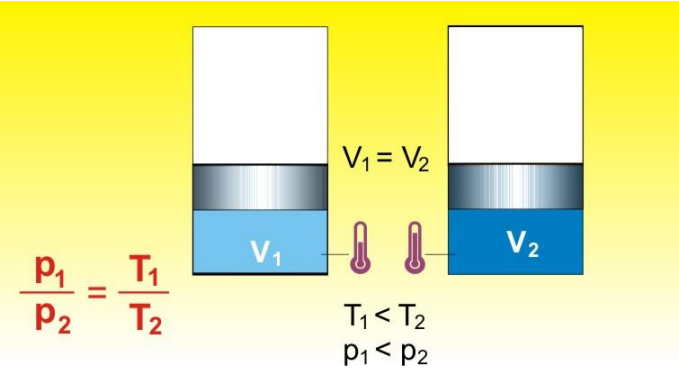
V_2= ?

Çözüm

$V_1 / V_2 = T_1 / T_2$
$V_1 . T_2 = T_1 . V_2$
1 x 313 = 283 x V_2
V_2 = 1, 106 lt

1.4.3.2. Sabit Hacim Altında Genleşme:

Sabit hacim altında ısıtılan bir gazın basınç artma katsayısı; gazın cinsine, ilk sıcaklığına ve ilk basıncına bağlı değildir. Buna göre, gazın ilk sıcaklığı, basıncı ve cinsi ne olursa olsun, sabit hacim altında belli miktarlar kadar ısıtılırsa, basıncı eşit miktarda artar. Basınç ile sıcaklık arasında doğru orantı vardır.



Şekil.6: Hacmin sabit tutularak gazların genleşmesi

Örnek: Fabrika bahçesinde açıkta bekletilen hava kazanının içindeki havanın sıcaklığı gece ölçülmüş ve sıcaklığı T_1= 10 ^oC, basıncı P_1= 4 Bar bulunmuştur. Kazan içindeki havanın sıcaklığı gündüz öğle saatlerinde T_2= 50 ^oC' ye kadar çıkmaktadır. Bu sıcaklıktaki basınç değerini (P_2) hesaplayınız.

Verilenler:

T_1= 10 ^oC = 273 + 10 = 283 K
T_2= 50 ^oC = 273 + 50 = 323 K
p_1= 4 Bar

İstenen:

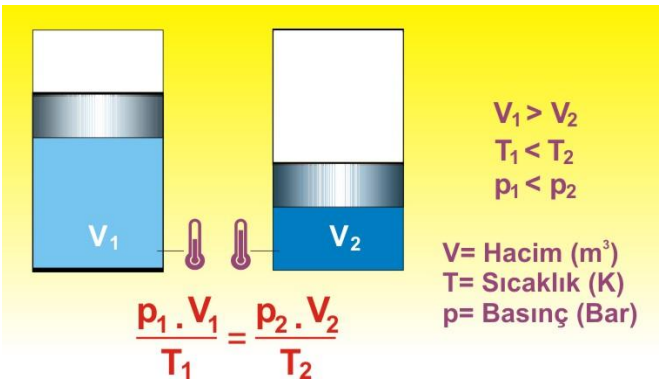
p_2= ?

Çözüm:

$p_1 / p_2 = T_1 / T_2$
$p_1 . T_2 = T_1 . p_2$
4 x 323 = 283 x p_2
p_2 = 4, 56 Bar

1.4.4. Genel Gaz Denklemi

Boyle Mariot ve Gay Lussac Kanunları'nı gördük. Bu kanunlara göre basınç, sıcaklık ve hacim arasında orantı olduğu görülecektir. Isı transferinin olmadığı bir ortamda herhangi bir gazı tıpkı bir yay gibi sıkıştıracak olursak (hacmini düşürürsek); sıcaklık değeri basınçla birlikte artacaktır.



Şekil. 7: Hava sıkıştırılmas sıcaklık ve basınç değeri

Örnek: Atmosfer basıncındaki serbest haldeki havanın hacmi 10 lt, sıcaklığı 10 ^{o}C' dir. Hava sıkıştırılarak hacmi iki lt'ye düşürülmektedir. Sıcaklığı ise 50 ^{o}C olmaktadır. Sıkıştırılan havanın basıncını hesaplayınız.

Verilenler **İstenen**

T_1= 10 ^{o}C = 273 + 10 = 283 K
T_2= 50 ^{o}C = 273 + 50 = 323 K
V_1= 10 lt = 0,010 m^3
V_2= 2 lt = 0,002 m^3
P_1= 1 atm = 1,013 bar

V_1= ?

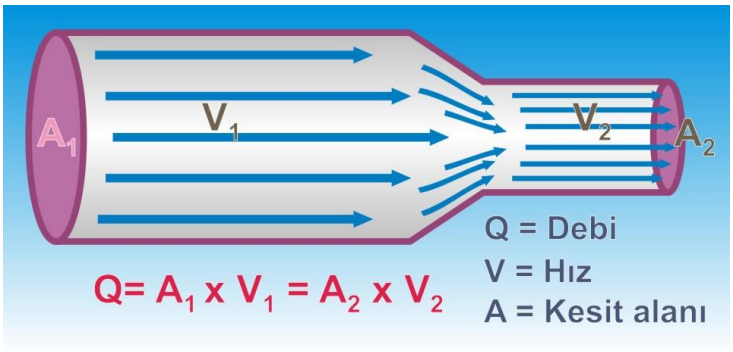
Çözüm

$P_1 . V_1 / T_1 = P_2 . V_2 / T_2 \rightarrow 1,013 . 0,010 /283 = P_2 . 0,002 / 323$

P_2 = 5,78 bar sonuç mutlak basıncı vermektedir. Gösterge basıncı 5,78 – 1,013= 4, 767 bar olur.

1.4.5. Sıkıştırılmış Havanın Debisi

Belirli bir kesitten akan akışkanın debisi, kesitin büyüklüğü ve akış hızına bağlı olarak değişir (Q=A.V). Kesitte değişme olmadığı müddetçe boru içinden akan havanın hızı aynıdır. Kesit alanı büyüdükçe akış hızı azalır, kesit alanı küçüldükçe akış hızı artar. Hava küçük kesitlerde daha hızlı akar diyebiliriz.



Şekil. 8: Havanın akış hızı

Örnek: Küçük çaplı kesiti 10 cm^2 olan bir boru içinden geçen havanın hızı 4,2 m/s' dir. Boru kesiti 25 cm^2 ye büyütüldüğünde hava hızı ne olur?

Verilenler
A_1= 10 cm^2
V_1= 4,2 m/s = 420 cm/s
A_2= 25 cm^2

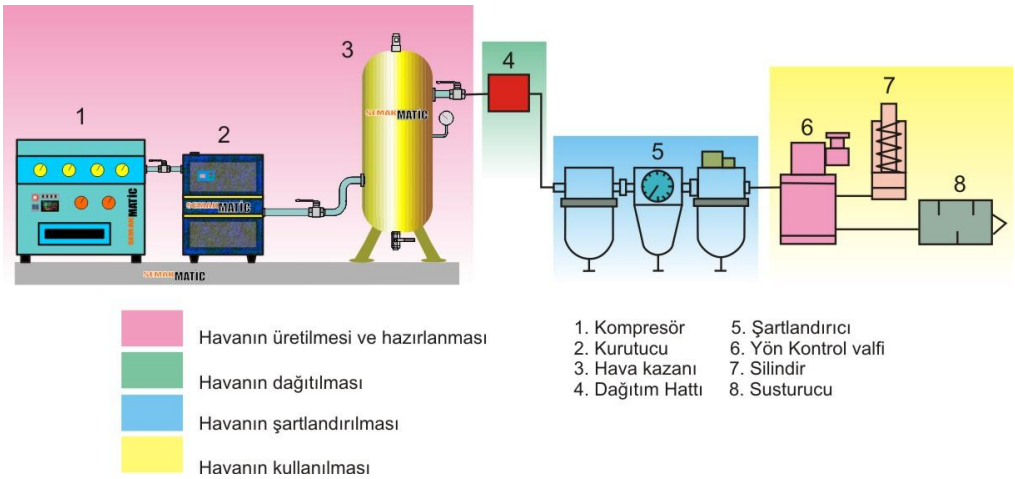
İstenen
V_2= ?

Çözüm
$A_1 . V_1 = A_2 . V_2$
$10 . 420 = 25 . V_2$
$V_2 = 4200/25 \rightarrow V_2 = 168$ cm/s = 1,68 m/s

1.5. Pnömatik Sistemlerin Kısımları

Bir pnömatik sistem çok sayıda elemanın birleşiminden oluşur. Her pnömatik sistemde aynı elemanlar kullanılmaz. Kullanım şartlarına bağlı olarak farklı özellikte elemanlar tercih edilir. Bu nedenle sistemi kısımlara ayırmak en doğru davranış biçimidir. Aşağıda bir pnömatik sistemi oluşturan kısımları görebilirsiniz. Basitten karmaşığa kadar pnömatik sistemlerin tümü bu kısımlardan oluşur.

- Basınçlı havanın üretilmesi ve hazırlanması
- Basınçlı havanın taşınması
- Basınçlı havanın şartlandırılması
- Basınçlı havanın kullanılması



Şekil.9:Pnömatik sistemin kısımları ve devre elemanları

Basınçlı hava üreten makinelere kompresör adı verilir. Kurutucu ve hava kazanı gibi elemanlar basınçlı havanın hazırlanmasında kullanılır.

Havanın dağıtılması Şekil.9'da çok az yer kaplamaktadır; oysa pnömatik sistemin kısımları içinde en fazla yeri kaplar. Küçük işletmelerde kullanılan dağıtım hattı çok uzun değildir. Orta ve büyük işletmelerde kullanılan datıtım hatları yüzlerce metre uzunlukta olabilir. Çoğu kimse dağıtım hattını önemsemez; ancak sistemin en önemli kısımlarından biridir.

Şartlandırıcı birimi kullanılmadan önce havanın çalışma şartlarına hazır hale getirilmesini sağlar. Şartlandırıcı üzerinde filtre, basınç ayarlayıcı ve yağlayıcı olmak üzere üç adet eleman kullanılır. Pnömatik devrenin özelliğine göre bu sayı değişebilir.

Havanın kullanılması için yüzlerce çeşit elemandan yararlanılır ancak devrenin özelliğine ve ihtiyaca göre bu elemanların hepsi aynı devrede yer almaz.

1.6. Pnömatik Sistemlerde Havanın Üretilmesi Ve Hazırlanması

1.6.1. Kompresörler

1.6.1.1. Görevleri

Atmosfer havasını tıpkı bir yay gibi sıkıştırarak basınçlı hava üreten makinelere "kompresör" adı verilir. Mekanik enerjiyi pnömatik enerjiye dönüştürür. Endüstriyel uygulamalarda kompresörler dönme hareketini bir elektrik motorundan alır. İş makineleri, motorlu araçlar, deniz araçları, seyyar sistemlerde ise benzinli ya da dizel motordan hareket alır.

Motordan alınan hareket kompresör içinde negatif basınç (vakum) oluşturur. Bir filtre üzerinden emilen hava kompresör içinde küçük bir hacme hapsedilir ve belirli oranlarda sıkıştırılır. Sıkıştırma oranına bağlı olarak basınç yükselir. Kompresörlerin verimli çalışabilmesi için emiş havasının temiz ve serin olmasına özen gösterilmelidir. Emiş havası yağmur ile temas etmemelidir. Emiş filtreleri sık sık temizlenmeli ve zamanında değiştirilmelidir.

Atmosfer havasının emiş şekline ve elemanların yapılarına göre çok sayıda kompresör çeşidi vardır. Sık kullanılan bazı kompresör çeşitleri aşağıda anlatılmıştır.

1.6.1.2. Çalışma Prensipleri

- **Sıkıştırma prensibine göre çalışan kompresörler:** Sıkıştırma prensibiyle çalışan kompresörler havanın belirli oranlarda sıkıştırılmasını sağlar. Sıkıştırma oranına bağlı olarak havanın basınç değeri artar.

Endüstriyel sistemlerde basınçlı havanın elde edilmesi için sıkıştırma prensibine göre çalışan kompresörler yoğun olarak kullanılır. Küçük ya da büyük tüm işletmelerde en az bir adet bu prensiple çalışan kompresör bulunur.

Sıkıştırma prensibine göre çalışan kompresörler dört çeşide ayrılır.

- Pistonlu kompresörler
- Vidalı kompresörler
- Paletli kompresörler
- Rotorlu kompresör

- **Üfleme prensibine göre çalışan kompresörler:** Üfleme prensibine göre çalışan kompresörler atmosfer havasının bir bölgeden alınıp başka bir bölgeye iletilmesi amacıyla kullanılır. Çalışma sırasında tıpkı bir vantilatör gibi havaya hız enerjisi kazandırılır. Havaya kazandırılan hız enerjisi, kesitin daralması ve meydana gelen sıkışma sonucu havanın önünde bir direnç oluşturup hız enerjisinin basınç enerjisine dönüştürülmesi sağlanır. Orta ve büyük kapasiteli endüstriyel işletmeler ile motorlu araçlarda kullanılır.

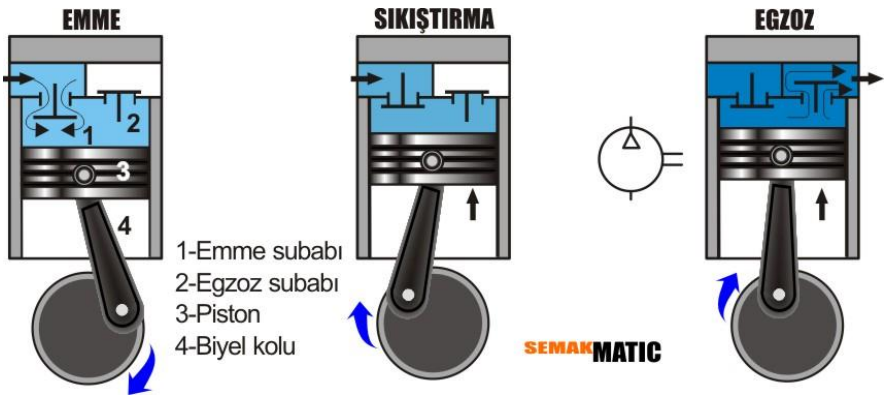
Üfleme prensibine göre çalışan kompresörler iki çeşide ayrılır.

- Merkezkaç türbin tipi (merkezkaç turbo) kompresörler
- Eksenel türbin tipi (eksenel turbo) kompresörler

- **Çeşitleri**

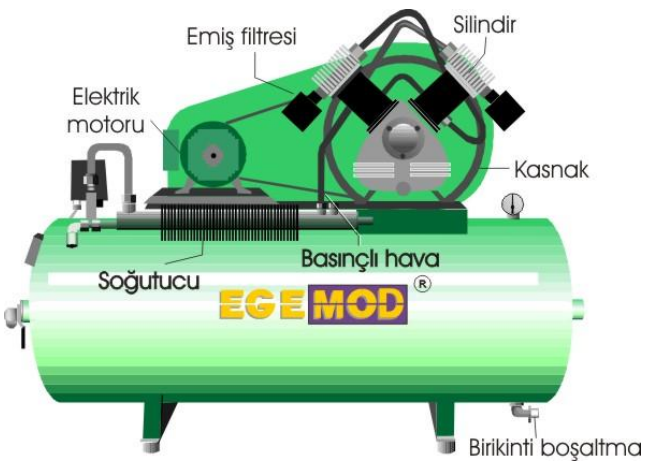
- Pistonlu Kompresörler: Pistonun aşağı hareketi sonucu silindir içinde vakum oluşur ve emme subabı açılır. Atmosferden emilen hava, kaba bir filtreden geçirilir ve silindir içine doldurulur. Pistonun alt ölü bölgeye hareketi boyunca emiş işlevi devam eder. Piston yukarı yönde harekete başladığında hem emme hem de egzoz subabı kapalıdır. Silindir içine

hapsedilen hava, sıkıştırılmaya başlanır. İstenen orana kadar sıkıştırma işlemi devam eder. Egzoz subabı açılır ve basınçlı havayı sisteme gönderir. Pistonlu kompresörün iç yapısı ve çalışması Şekil.10' da görülmektedir.



Şekil. 10: Pistonlu kompresörün iç yapısı ve çalışma mantığı

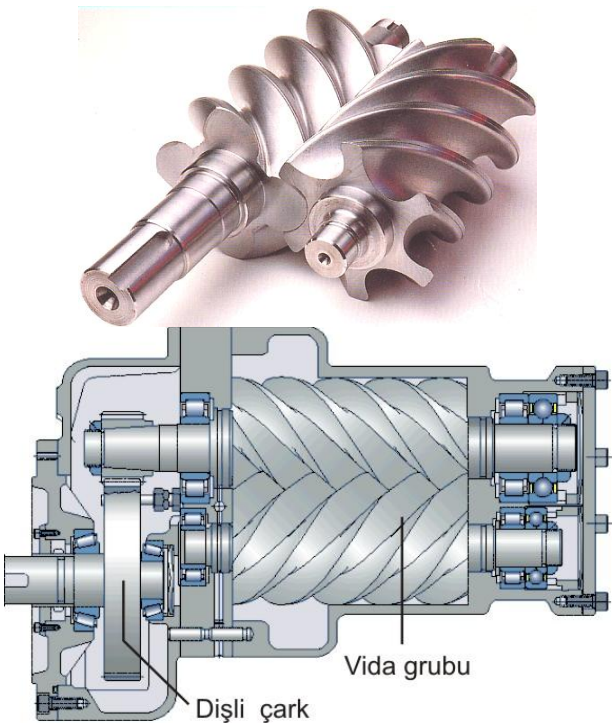
Pistonlu kompresörler gürültülü çalışmaları ve sık sık sorun çıkarmaları nedeniyle çok tercih edilmez. Piston ve silindir arasındaki sürtünmeden dolayı sürekli çalıştırılmaya uygun değildir. Sık sık dinlendirilmesi gerekir. En önemli tercih sebebi fiyatlarının ucuz olmasıdır. Bu nedenle hava tüketimi düşük olan küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde tercih edilir.



Şekil. 11: Pistonlu kompresör

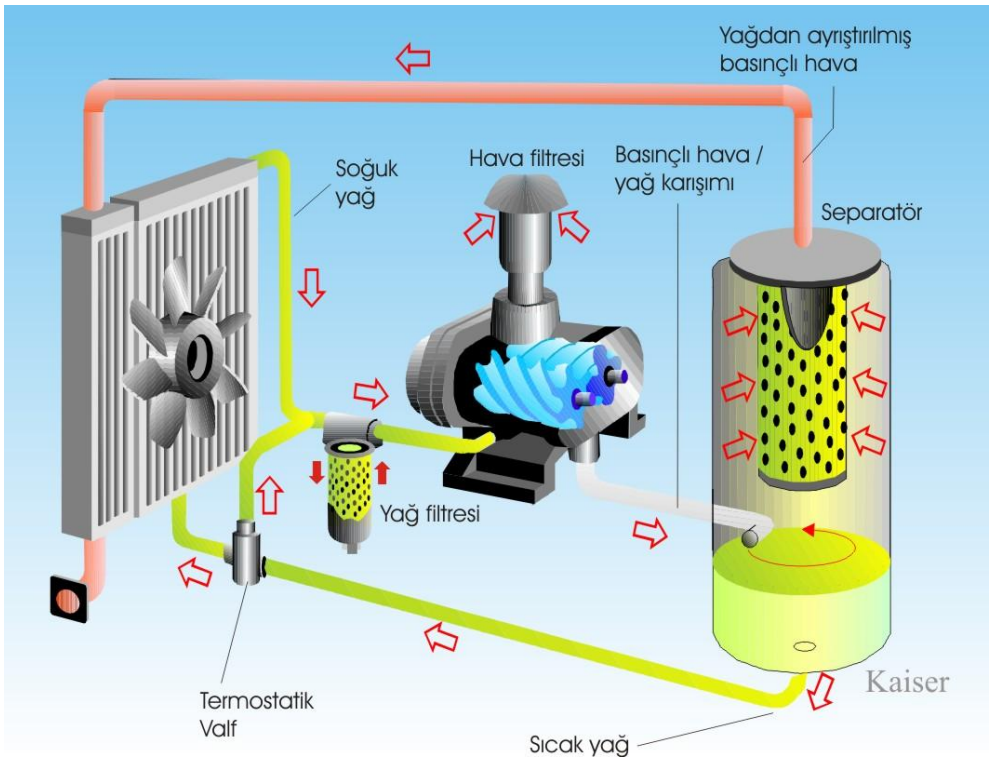
Küçük ve orta büyüklükteki kompresörlerde hava kazanı kompresörün hemen altında bulunur. Tek silindirli ya da çok silindirli olarak yapılabilir. Elektrik motorundan alınan dönme hareketi kayış kasnak düzeneği ile silindire iletilir. Kasnağın iç kısmında bulunan bir pervane hava üfleyerek silindirlerin soğutulmasını sağlar. Soğutma kapasiteleri ortam sıcaklığına bağlıdır ve silindirden aldıkları ısıyı dış ortama verir.

- Vidalı Kompresörler: Vidalı kompresörlerde “vida grubu” adı verilen döner elemanlar kullanılır. Döner elemanların üzerinde vidaya benzer helisel oluklar bulunduğu için “vidalı kompresör” olarak adlandırılır. Vida grubunun dönmesi ile emiş ağzında vakum oluşur. Hava çıkış ağzına kadar vida boşluğunda süpürülür. İstenilen sıkıştırma oranına geldiğinde sisteme gönderilir.



Şekil. 12: Vida grubu

Aşınmayı önlemek ve bakım maliyetlerini düşürmek amacıyla vidalar birbirine temas etmeden döner. Uzun milli vida elektrik motorundan aldığı hareketle dönerken diğer vidayı da serbest olarak döndürür. Vidaların alın kısmında bulunan dişli çarklar iki mil arasında hareket iletimini sağlar.



Şekil. 13: Vidalı kompresör

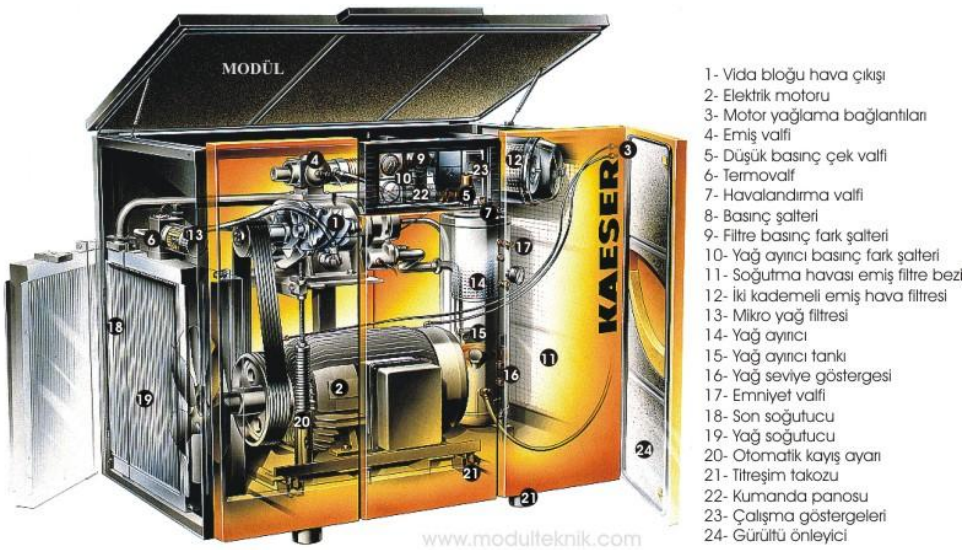
Filtre üzerinden geçirilen hava içine bol miktarda yağ karıştırılır. Yağın iki ayrı işlevi vardır. Sıkıştırma sonucu yaklaşık 100 ^{o}C'ye kadar ısınan havanın ısısını almak ve vida boşluklarını kapatarak verimliliği arttırmaktır. Vida boşluğu içine hapsedilen hava, çıkış tarafına doğru sıkıştırılır.

Sıkıştırılan hava içindeki yağ, çıkış tarafında bulunan ve "separatör" adı verilen eleman tarafından ayrıştırılır. Yağdan arındırılmış olarak çıkan hava, soğutulmak üzere hava soğutucu içine gönderilir. Soğutucu içinden çıkan havanın sıcaklığı yaklaşık 30 ^{o}C' ye kadar düşer.

Separatörde kalan sıcak yağ basınç farkından yararlanarak termostatik valfe gelir. Hava ısısı çok fazla değilse doğrudan yağ filtresine gönderilir. Yağ ısısı yüksekse yağ soğutucu içine gönderilir.

Basınçlı hava kompresörden çıkmadan önce hava soğutucuya gelir. Hava soğutucuya gelen hava sıcaklığı 80–90 ^{o}C civarındadır. Hava soğutucuda hava sıcaklığı 26-30 ^{o}C'a kadar düşürülür.

Vidalı kompresörlerde sıkıştırma sonucu ortaya çıkan ısı dış ortama verilmez. Kompresör odası içine döşenen hava kanalları yardımıyla bina dışına atılabilir (yaz aylarında) ya da ortam ısıtması için kullanılabilir (kış aylarında).

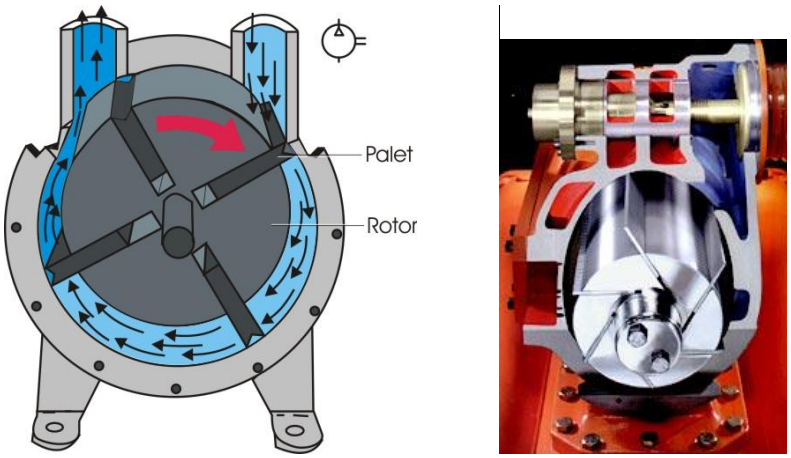


Şekil. 14: Vidalı kompresör

Vidalı kompresörler gürültü seviyesini azaltmak için kapalı bir halde üretilir. Tüm elemanlar kasa içine yerleştirilmiştir. Kompresörün yerleştirileceği zemin düzgün, ortam tozsuz ve serin olmalıdır.

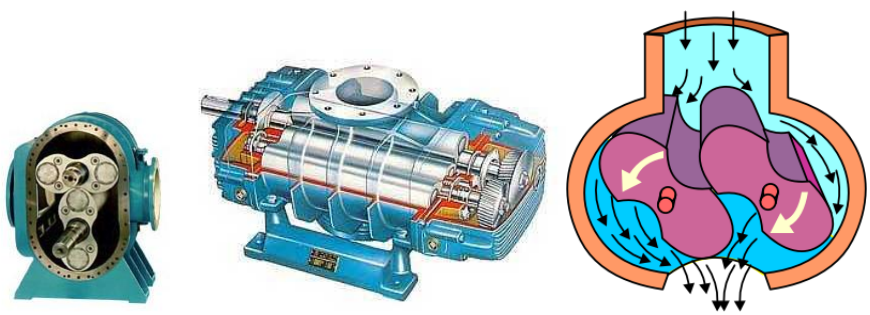
Orta ve büyük işletmelerde sadece vidalı kompresörler kullanılır. Sürtünme olmadığı için bakım giderleri çok düşüktür. Pistonlu kompresörlere göre daha sessizdir. Sürekli çalışabilecek özellikte oldukları için pistonlu kompresörler gibi dur kalk yapmaz.

- Paletli Kompresörler: Bir gövde içinde dönen rotor üzerine kanallar açılmıştır. Kanal içinde "palet" adı verilen ve dönüş sırasında merkezden dışarıya doğru savrulan elemanlar bulunur. Rotor, gövde içine eksenden kaçık olarak yerleştirildiği için dönüş sırasında paletler merkeze doğru ya da merkezden dışarıya doğru savrulur. Paletlerin merkezden dışarıya doğru savrulması atmosfer basıncının altında bir basınç (vakum) oluşturur ve kompresör içine hava emilir. Paletlerin merkeze doğru hareketi emilen havanın sıkıştırılmasını sağlar. Sıkıştırılan hava çıkış ağzından dışarı gönderilir. Paletli kompresörlerin kullanım alanı çok sınırlıdır. İyi bir emiş özelliği gösterdikleri için vakum elde etmek amacıyla kompresörün tam tersi biçiminde çalışacak şekilde üretilir.



Şekil. 15: Paletli kompresör

- Rotorlu Kompresörler: Bu tür kompresörlerin içyapılarında dönen elemanlara "rotor" adı verilir. Rotorlar farklı kesitlere sahip elemanlardan oluşur. Şekil.16'da görüldüğü gibi bazı kompresörlerde rotor kullanılırken bazı türlerinde ise üçgen, ıstavroz vb. profillere sahip elemanlar kullanılır. Vakum üretiminde de kullanılan bu tip kompresörler bazı kaynaklarda üfleyici olarak adlandırılmıştır. Basınç aralığı -0,5-1 Bar'dır. Bir çevrimde iki hacim hava üretir. Debileri 1200 m^3/dak. civarındadır.

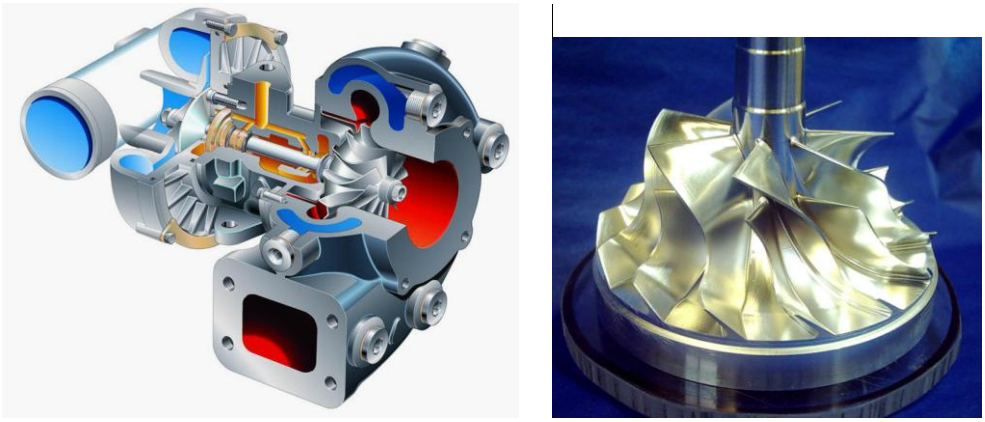


Şekil. 16: Rotorlu kompresör

Rotorlardan biri elektrik motorundan aldığı hareketle dönerken diğer rotor serbest olarak döner. Rotorların dönüşü ile emme ağzından içeri hava emilir ve çıkış ağzına doğru sürüklenir. Çıkış ağzında sıkıştırılan hava sisteme gönderilir.

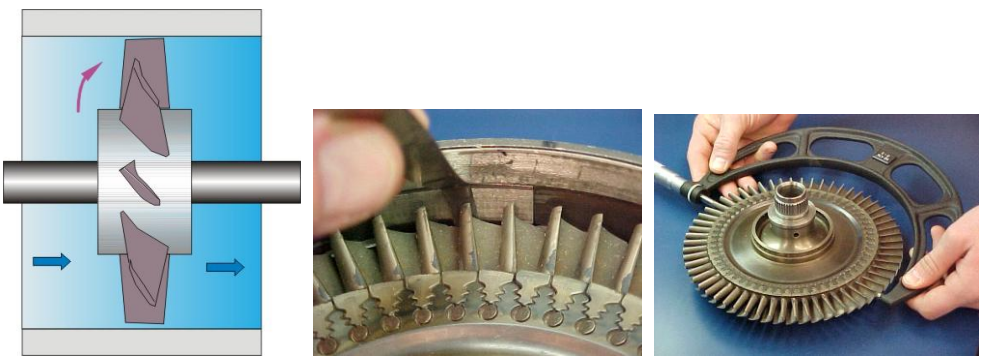
- Merkezkaç Turbo Kompresörler: Turbo kompresörler, genelde hava ve gaz basmak için kullanılır. Atmosfer havası kanatçıkların dışına merkezkaç kuvvetle savrulur. Hacmin daralması havanın sıkıştırılmasını ve hızın artmasını sağlar. Çıkışta meydana gelen yığılma, kinetik enerjinin basınç enerjisine dönüşmesini sağlar. Turbo kompresörlerin

sıkıştırma oranı 2:1 kadardır ve genelde iki ya da daha fazla sayıda kademe yapısına sahiptir.



Şekil. 17: Merkezkaç (santrifüj) turbo kompresör ve kanatçıkları.

- Eksenel turbo kompresörler: 30.000 m^3/dak gibi yüksek debilerde hava üretebilir. Üretilen hava miktarı kanatların dönüş hızına bağlı olarak değişir. Genelde çok kademeli olarak yapılır. Çok kademeli türlerde kanat çapları çıkış ağzına doğru küçülür. Hava her kademeden geçtikten sonra hacim daralması nedeniyle sıkışır ve hız enerjisi basınç enerjisine dönüşür.



Şekil. 18: Eksenel Turbo kompresör ve boşlukların kontrol edilmesi.

Basınç oranları düşük olduğu için yüksek basınç istenen durumlarda 25 kademeye kadar çıkabilir; altı bar ve üzerindeki basınç değerlerine ulaşılabilir.

1.6.1.4. Kompresörlerin Kapasiteleri

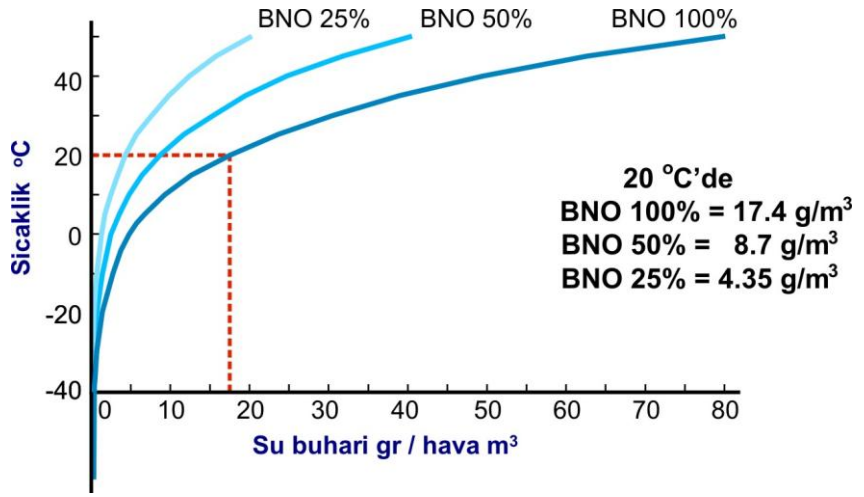
Piyasada kompresörlerin kapasiteleri belirtilirken elektrik motorunun gücü, tank hacmi ya da silindir çapları dikkate alınır. Bu veriler kompresörün seçiminde kullanılabilir; fakat en doğru yöntem kompresörün ürettiği hava miktarına göre yapılmalıdır. Kompresör üreticileri kapasite belirtirken kompresörün emdiği serbest hava miktarını dikkate alır. Oysa kompresör serbest havayı çalışma basıncına bağlı olarak belirli bir oranda sıkıştırmaktadır. Kompresörün sisteme verdiği hava emiş havasına göre düşük olacaktır.

Bir kompresörün serbest hava miktarı 9 m^3/dak olduğunu kabul edelim. Çalışma basıncımız 5,5 bar olsun. Sıkıştırma oranı yaklaşık olarak "1/mutlak basınç" değeri kadar olacağına göre kompresörün bu basınçta verdiği sıkıştırılmış hava miktarı 9/(5,5+1)= 1,5 m^3/dak olur.

1.6.2. Havanın Hazırlanması

1.6.2.1. Havanın Nem Miktarı Ve Hesaplanması

Atmosfer havası içinde havanın bağıl nem oranına (BNO) ve hava sıcaklığına bağlı olarak belirli oranlarda nem bulunur. Sıcaklık arttıkça havanın nem miktarı artar.



Şekil. 19: Bağıl nem oranına (BNO) ve sıcaklığa bağlı olarak hava içindeki nem miktarı.

Örnek: Bir kompresör 20 ºC sıcaklıkta ve bağıl nem oranı % 70 olan 10 m^3 havayı 7 bar basınca yükseltmektedir. Açığa çıkan nem miktarı nedir?

Çözüm: BNO % 100 olan (neme doymuş) havanın içerdiği nem miktarı Şekil 19'dan 20 ºC için 17,4 gr/m^3 olarak bulunur. 10 m^3 havada 17,4 x 10 = 174 gr nem vardır. Soruda kompresörün emdiği havanın BNO % 70 olduğuna göre 174 x 70 /100 = 121,80 gr nem vardır.

Hava basıncı 1 bar mutlak basınçtan 8 (7+1) bar mutlak basınca sıkıştırıldığı için havanın hacmi azalır ve hava içindeki nem yoğunlaşarak su haline dönüşür. 10 m^3 hava, 7 bar basınca kadar sıkıştırıldığında havanın hacmi şu formülle hesaplanır.

$$\frac{P2 \times V2}{T2} = \frac{P1 \times V1}{T1}$$

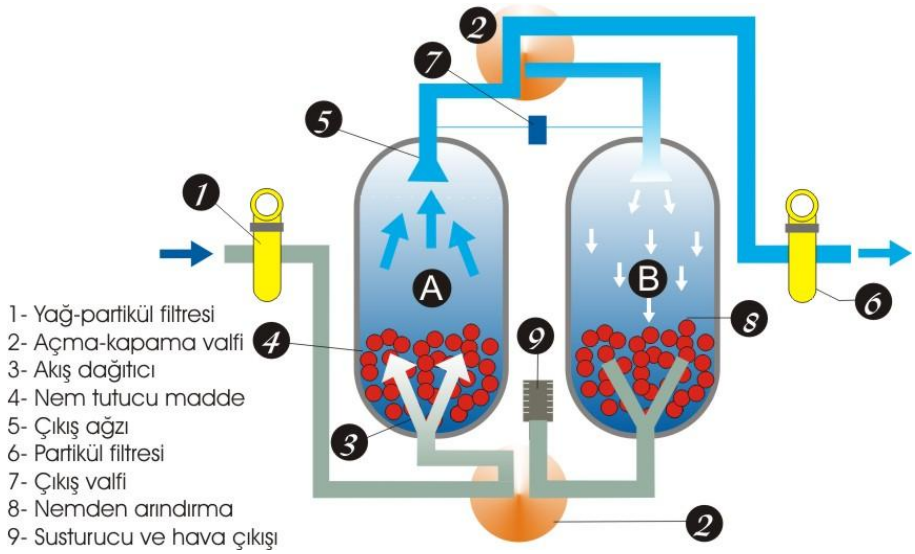
$$\frac{(7+1) \times V2}{273 + 20} = \frac{1 \times 10}{273 + 20} \qquad V2 = 1{,}25\ m^3$$

10 m^3 serbest hava 7 bar basınca sıkıştırıldığında 1,25 m^3 hacme düşer. Kompresörden çıkan sıkıştırılmış havanın içindeki nem miktarı 1,25 m^3 x 17,4 gr/m^3 = 21,75 gr olacaktır. Açığa çıkan nem miktarı: 121,80 – 21,75 gr = 100,05 gr olur.

1.6.2.2. Havanın Kurutulması

Hava içindeki nem pnömatik sistemin kirlenmesine neden olur ve paslanmalara, tıkanıklara yol açar. Boyama işlemlerinde kaliteyi düşürür. Kimya, elektronik vb. gibi sektörlerde ürünün zarar görmesine neden olur. Bu nedenle nemin sistemden uzaklaştırılması gerekir. Hava içindeki nemin alınmasına "havanın kurutulması" adı verilir. Aşağıda bazı kurutma yöntemleri açıklanmıştır.

- Fiziksel Kurutma Yöntemi: Fiziksel kurutma yönteminde sistemi durdurmamak için 2 ayrı kap kullanılır. Her 2 kapta nemi tutarak bünyesine katan (absorbe eden) silikajel vb. maddeler kullanılır. Hava önce A kabından geçirilerek kurutulur. Bir süre sonra bu kap içindeki silikajel doyma noktasına gelir ve nem tutamaz. Bu sırada B kabı devreye alınır. Hava B kabı içinden geçirilirken A kabı içinde bulunan silikajel içinden kuru hava geçirilerek nemden arındırma işlemine tabi tutulur. Kapların devreye girme süresi elektronik bir zaman rölesi yardımıyla ayarlanır.



Şekil. 20: Fiziksel kurutma yöntemi

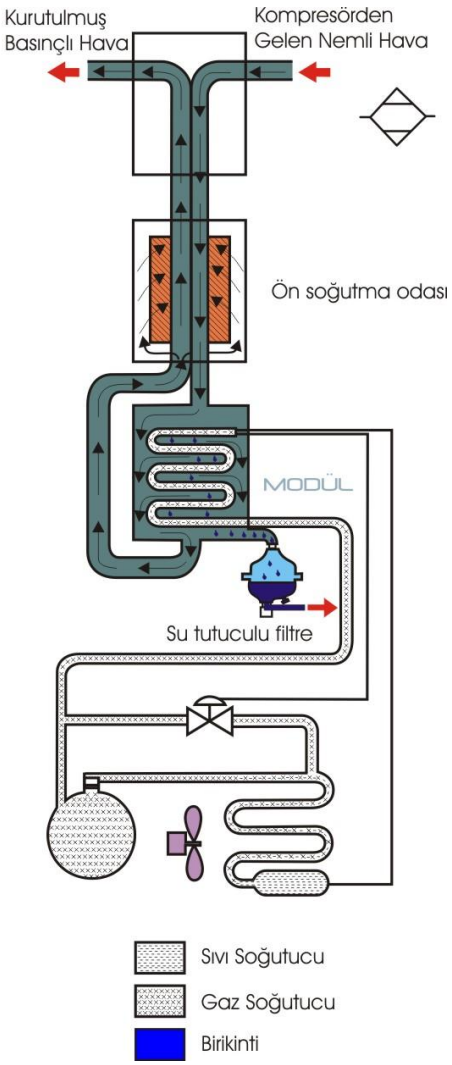
Kurutucu maddenin nemden etkilenmemesi için kap girişinde yağ filtresi kullanılır. Zamanla silikajeller birbirine çarparak ufalanır. Parçaların sisteme gitmemesi için çıkış tarafında partikül filtresi kullanılmalıdır. Üreticinin önerisine göre silikajel 3-5 yılda bir değiştirilmelidir.

Bu yöntem hassas kurutma istenen yerlerde kullanılmalıdır. Havanın yaklaşık olarak -60 ^{o}C'ye kadar soğutulması gibi bir etki gösterir.

1.6.2.2.2. Soğutarak kurutma yöntemi: Kompresörden gelen nemli hava kurutucuya girmeden önce ön soğutma odasından geçirilir. Yaklaşık 25 ^{o}C sıcaklıkta gelen havanın sıcaklığı birkaç kademe düşürülür. Daha sonra asıl soğutucu içine giren havanın sıcaklığı 4-5 ^{o}C' ye kadar düşürülür. Buzlanma olmaması için daha düşük sıcaklıklardan kaçınılmalıdır.

Kurutucunun çıkış kısmına yakın bir noktada yoğunlaşan nemin alınması için "su tutuculu filtre" kullanılmalıdır.

Kurutucudan çıkan hava enerji kazanımı açısından ön soğutma odasından geçirilir ve girişteki sıcak havanın ön soğutulmasını sağlar.



Şekil. 21: Soğutarak kurutma yöntemi.

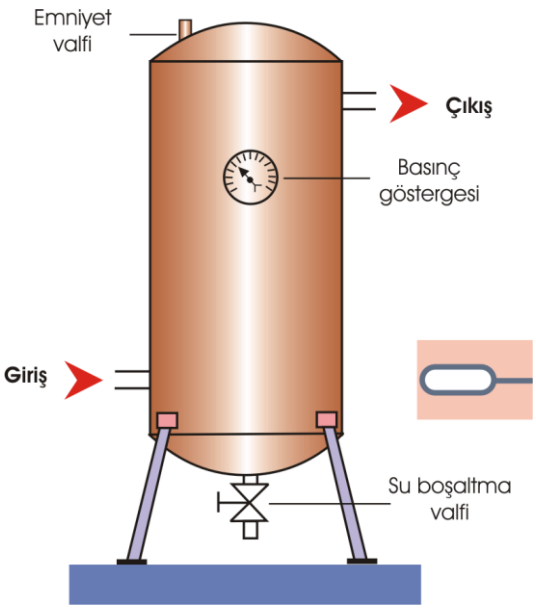
Maliyetinin düşük olması, genel kullanıma uygun olması nedeniyle en fazla tercih edilen kurutma yöntemidir.

1.6.2.3. Havanın Depolanması

Pnömatik enerjinin depolanması amacıyla kullanılan basınçlı kaplara "hava kazanı" veya "hava tankı" denir. Kompresörler belirli ve sabit bir kapasiteye sahiptir. Oysa pnömatik sistemin hava tüketimi değişkendir. Hava tüketimi kompresörün kapasitesinden fazla olduğunda kapasiteleri nedeniyle kompresörler bu ihtiyacı karşılayamaz ve sistemde aşırı basınç düşmeleri olur. Hava kazanları tüketimin düşük olduğu durumlarda ihtiyaç fazlası basınçlı havanın karşılanmasını sağlar ve aşırı basınç düşümlerini önler.

Kazan içindeki basınç, maksimum ve minimum olmak üzere iki ayrı değere ayarlanır. Pistonlu kompresörler sürekli çalışmaya uygun değildir ve zaman zaman durdurularak dinlendirilmesi gerekir. Basınç maksimum değere ulaştığında kazan üzerinde bulunan elektrikli basınç anahtarı kompresörün çalışmasını durdurur. Kazan içinde depolanan hava miktarına göre basınç değişir. Depolanan hava tüketildikçe basınç düşecektir. Hava basıncı mimimum değere düştüğünde kompresör, elektrikli basınç anahtarı yardımıyla tekrar çalışmaya başlar ve kazana hava gönderir.

Vidalı kompresörler sürekli çalışabilecek özelliktedir. Pistonlu kompresörler gibi dur kalk yapmaz. Hava tüketimi azaldığında boşta çalışır ve hava üretmez. Tüketim arttığında yükte çalışmaya başlar.



Şekil. 22: Hava kazanı ve sembolü

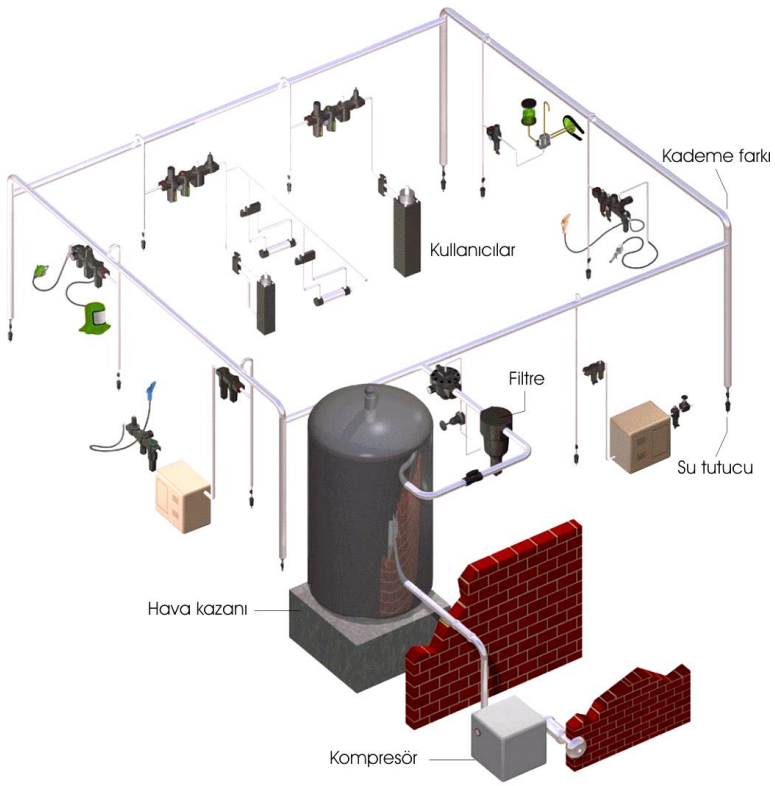
Şekil. 22'de hava kazanı görülmektedir. Endüstriyel sistemlerde kullanılan hava kazanları üzerinde kazan içinde yoğunlaşarak sıvı hale dönüşen birikintinin boşaltılması için bir valf bulunur. Kazan içerisindeki basıncın değeri, basınç göstergesi yardımıyla anlaşılır.

Kazanın patlama riskini ortadan kaldırmak için her kazan üzerine en az 1 adet emniyet valfi konulmalıdır. Biri yedek olmak üzere 2 adet kullanılması önerilir. Emniyet valfinin basınç ayarı, maksimum çalışma basıncının üzerinde (yaklaşık 0,1 bar) bir değere ayarlanmalıdır. Küçük tip kazanlarda kazanın üzerinde, büyük tiplerde ise kazan dışında kompresör üzerinde elektrikli basınç anahtarı bulunur.

1.6.2.4. Havanın Dağıtılması (Dağıtım Hattı)

Hava içinde bulunan nemi almak için her ne kadar bir kurutucu kullansak da nemin tamamını almak mümkün değildir. Hava içinde kalan nemin bir kısmı havanın soğuması sonucu tesisatta yoğunlaşır ve kullanıcılara kadar ulaşır. Dağıtım hattında meydana gelen yoğuşmaların havadan ayrıştırılması için alınan önlemlere "tuzak" adını verirsek dağıtım hattına aşağıdaki tuzaklar kurulmalıdır.

- Dağıtım hattına havanın akış yönüne göre yaklaşık % 1 oranında eğim verilmelidir.
- Eğimden kaynaklanan mesafeyi telafi edebilmek ve yoğunlaşan nemin alınması için dönüşlere kademe farkı verilmelidir.
- Hattın köşelerine su toplama kapları ve boşaltma düzenekleri konulmalıdır.
- Kullanıcılara yapılacak bağlantı hattın üstünden yapılmalıdır.
- Kullanıcılara yapılan bağlantının sonuna fazlalık verilmelidir.

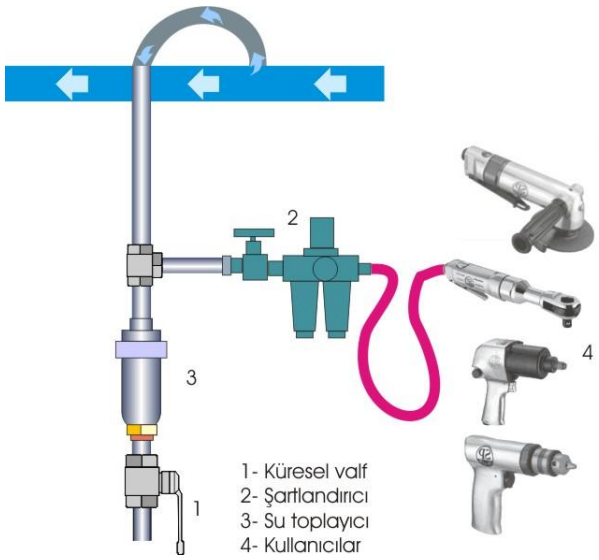


Şekil. 23: Dağıtım hattı.

Kurutucu kullanılmayan pnömatik sistemlerde dağıtım hattına % 1 oranında eğim verilmelidir. Eğim estetik değildir ve uzun hatlarda başlangıç ile bitiş noktaları arasında birkaç metrelik fark olabilir. Bu nedenle kurutucu kullanıldığında eğim verilmeyebilir. Kurutucunun arızalanabileceği düşünülerek borulara eğim verilmesinde fayda vardır. Örneğin: Kurutucuda meydana gelen bir arıza CNC makinelerin elektronik devrelerine zarar verir ve kesicinin iş parçasına bindirmesine neden olur.

Eğimden kaynaklanan yükseklik farkını ortadan kaldırmak için tesisatın köşelerine kademe farkı verilmelidir. Böylece yoğunlaşan suyun köşelerde toplanması sağlanır.

Ana tesisat boruları içinde yoğunlaşan suyun kullanıcılara gitmesini önlemek amacıyla kullanıcılara yapılacak bağlantı hattın üstünden yapılmalıdır (Şekil. 24).



Şekil. 24: Kullanıcılara bağlantının yapılması

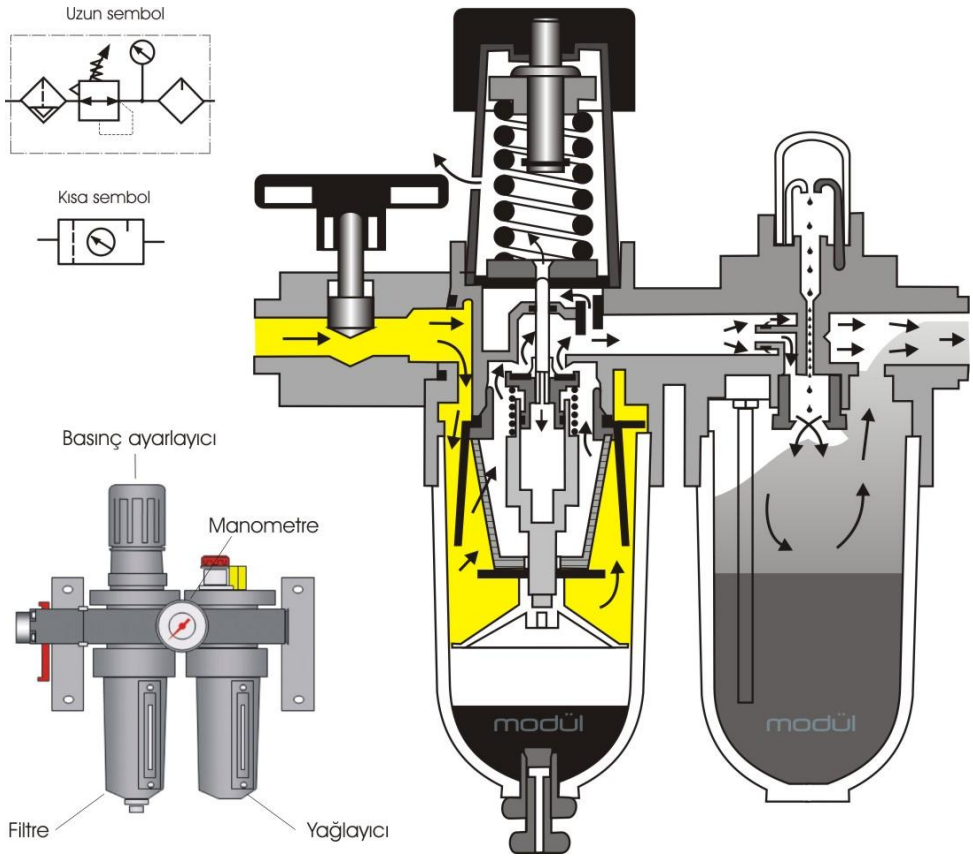
Akşam paydosundan sonra hatta kalan basınçlı hava, geceleri hava sıcaklığının azalmasıyla soğumakta ve bünyesindeki nem yoğunlaşmaktadır. Kullanıcılara giden hatlara şartlandırıcı bağlantısı yapıldıktan sonra yoğunlaşan suyun toplanması ve boşaltılması için hattın sonuna fazlalık bırakılmalıdır.

Sonuç olarak; hava tesisatı döşenirken basınç kayıpları ve yoğuşma suyunun tutulması ile ilgili tüm önlemler alınmalıdır. Tesisatın kurulması sırasında en küçük ayrıntıya dikkat edilmeli, maliyetin yanı sıra verimlilik dikkate alınmalıdır.

Dağıtım hattının uzunluğu minimum değerde tutulmalıdır. Çok geniş alana yayılmış tesislerde, havanın merkezi bir yerde üretilip dağıtılması yerine kullanım yerine yakın noktalarda üretilmesi daha verimli olabilir.

1.7. Şartlandırıcılar

Havayı kullanıcılara vermeden önce çalışma şartlarına hazır hale getirmemiz gerekir. Havayı çalışma şartlarına hazır hale getiren elemanlara, "şartlandırıcı" adı verilir. Şartlandırıcı; filtre, basınç ayarlayıcı ve yağlayıcı olmak üzere 3 çeşit elemanın birleşmesinden oluşur. Havanın kullanım yerindeki ihtiyaçlara göre bu elemanlardan sadece biri, ikisi ya da üçü birden kullanılabilir.



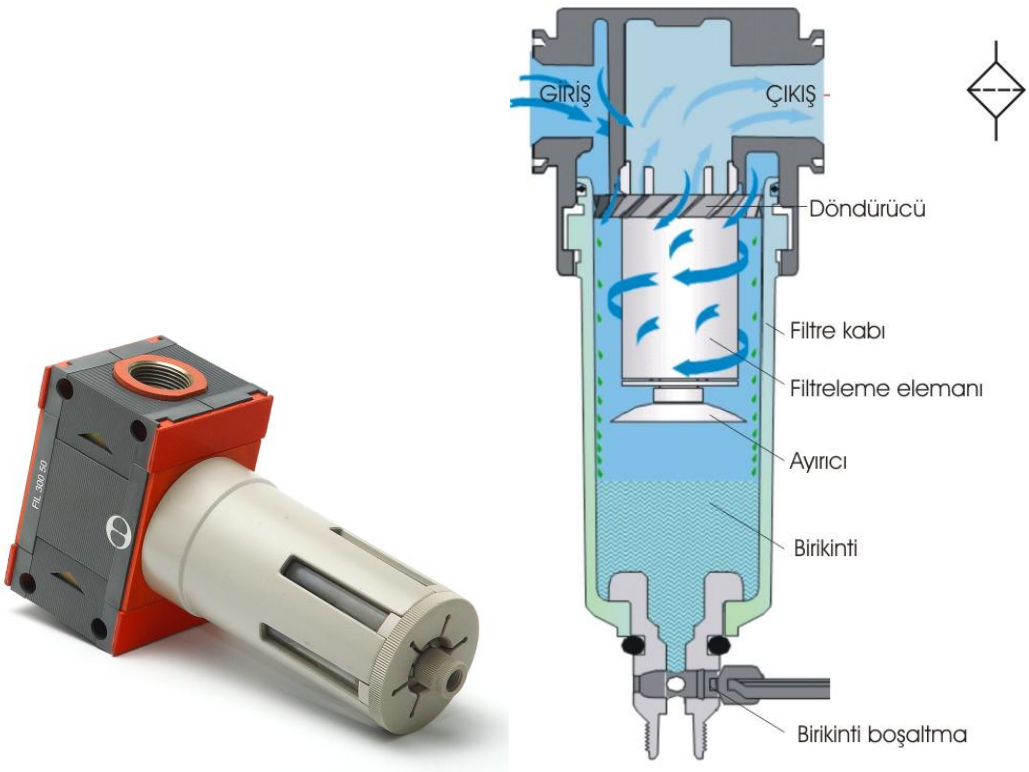
Şekil. 25: Şartlandırıcı

Şartlandırıcının girişinde bulunan ilk eleman filtredir. Havanın kullanıcıya gelmeden önce filtrelenmesini sağlar. Filtreden çıkan hava basınç ayarlayıcıya gelir. Basınç ayarlayıcı, kullanıcılara düzenli basınçta hava vermek için kullanılır. Kullanım yerinde meydana gelen basınç değişimlerini önler. Hava, son olarak yağlayıcıya gider. Bu eleman hava içine yağın zerrecikler halinde karıştırılmasını sağlar. Şartlandırıcıyı terk eden hava, istenilen çalışma şartlarına gelmiştir; artık bu havadan yararlanarak çeşitli işlemleri gerçekleştirebiliriz.

1.7.1. Havanın Filtrelenmesi

Kompresörden elde edilen basınçlı hava kirlidir. Kirliliğin sebebi atmosferden emilen havadaki toz, kir ve nem olabileceği gibi, kompresörden kaynaklanan yağ ve metal parçacıkları olabilir. Kirliliğin en önemli nedenlerinden biri hava kazanı veya dağıtım hattıdır. Hava içindeki yabancı maddeleri ayrıştıran elemanlara "filtre" adı verilir.

Filtre kabına giren havaya döndürücü yardımıyla dönme etkisi ve hız kazandırılır. Oluşan merkezkaç kuvvet nedeniyle hava içindeki nem, kabın çeperlerine çarparak yoğunlaşır. Bünyesindeki nemin bir kısmını bırakan hava, filtreleme elemanından geçer; temizlenmiş olarak sisteme gider.



Şekil. 26: Filtre ve iç yapısı

Filtre kabına çarparak yoğunlaşan su damlacıkları, kabın alt tarafında toplanır. Yoğuşma sıvısının en yüksek seviyesi kap üzerinde belirtilir. Birikinti seviyesi çok yüksek olmamalıdır. Aksi halde hava içine su karışır. Birikintinin boşaltılması için otomatik ya da elle boşaltmalı düzenekler kullanılır.

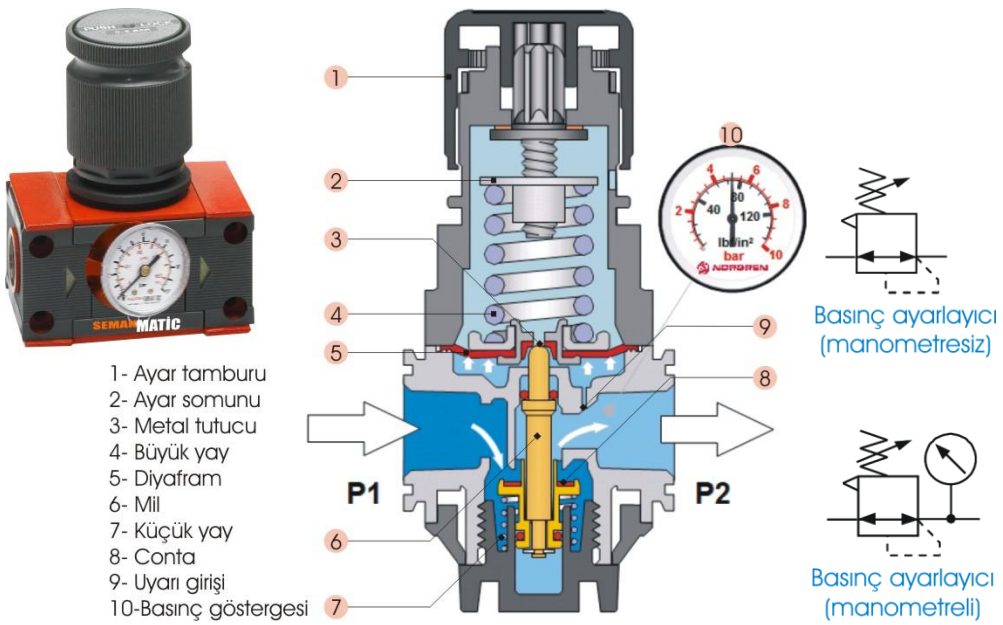
Hassasiyetin gerekmediği genel endüstriyel uygulamalarda 40µ' luk (1µ=0,001mm) filtreler yeterlidir. Kabın alt tarafında toplanan birikintinin dalgalanmaması için ayırıcı kullanılır. Ayırıcının üst tarafında bulunan hava akımı alttaki birikintiyi etkilemez. Ayırıcıya çarpan hava filtreleme elemanına yönlendirilir.

Kabın içindeki birikintinin gözlenebilmesi için şeffaf plâstik kullanılmıştır. Darbeler sonucu plastiğin kırılmasını önlemek, dayanımı arttırmak için metalle desteklenebilir. Eğer filtre 50 ^{o}C üzerinde ya da 10 bar üzerinde kullanılacaksa, ortamda solvent buharı varsa ve yüksek debi geçirgenliği söz konusu ise filtreler; "metal gövdeli" olarak seçilmelidir.

1.7.2. Hava Basıncının Ayarlanması

Pnömatik sistemlerde kullanılan havanın basıncı, kazan içinde depolanan hava miktarı ile orantılıdır. Kullanıcıya farklı basınçlarda havanın gitmesi demek; hız, kuvvet gibi değişkenlerin farklı olacağı anlamına gelir; doğal olarak yapılan iş her çevrim sonunda farklı olacaktır.

Kullanıcıların basınç değişimlerinden etkilenmelerini önlemek ve düzenli bir basınç sağlamak amacıyla kullanılan elemanlara, "basınç ayarlayıcı" adı verilir. Basınç ayarlayıcı, hidrolikte kullanılan basınç düşürücü valfe benzer. Görevi; girişteki "p1" basıncını çıkışta "p2" basıncına düşürmektir.



Şekil. 27: Basınç ayarlayıcının iç yapısı

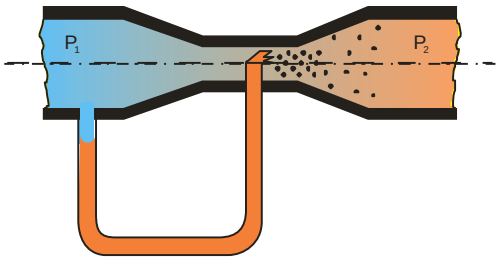
Basınç ayarlayıcı üzerinde bulunan manometre çıkış tarafındaki basıncı (p2) gösterir. Basınç ayarı üstte bulunan ayar vidası ile yapılır. Saat yönünde döndürüldüğünde somun aşağı hareket eder ve 4 no'lu yayı sıkıştırır. Yay, diyaframı ve ona bağlı olan tutucuyu aşağı doğru iter. Tutucu, mili ve ona bağlı olan küçük yayı aşağı doğru itmeye çalışır. Bu sırada 8 no'lu conta hemen üst tarafında bulunan hava geçiş kapısını açık durumda tutmaktadır.

Çıkış tarafında bulunan uyarı girişinden geçen basınçlı hava, altta bulunan küçük yaya ilâve olarak üstteki diyaframı yukarı doğru itmeye çalışır. Çıkış tarafında basınç arttığında,

diyaframa uygulanan kuvvet artar ve diyafram yukarı doğru esner. Diyaframın hareketi ile onu yukarı itmeye çalışan küçük yay ve mil yukarı hareket eder. Böylece hava giriş kapısı kapanmaya başlar. Basınç ayarlanan değere geldiğinde hava geçişi tamamen durur.

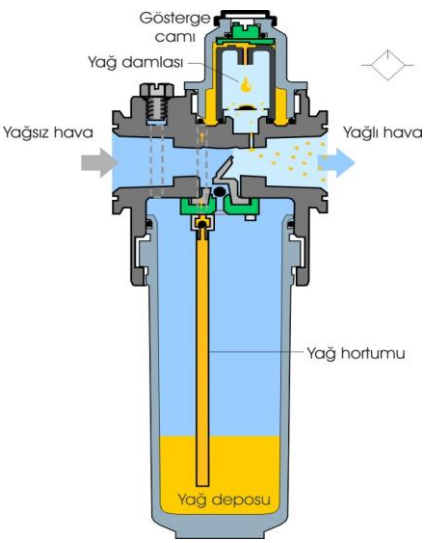
1.7.3. Havanın Yağlanması

Hava içindeki nemin devre elemanlarına zarar vermemesi, sürtünme kuvvetini azaltmak ve sızıntıları önlemek amacıyla devre elemanlarının yağlanması gerekir. Yağlayıcılar "Ventüri İlkesi" ne göre çalışır.



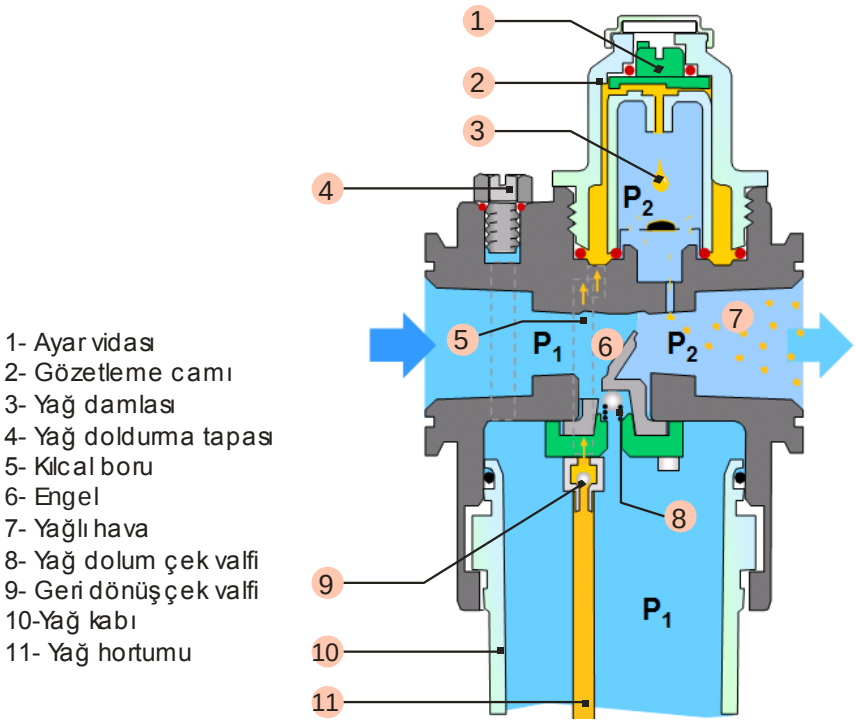
Şekil.28: Ventüri ilkesi

Akış kesiti daralan havanın basıncı azalırken, hızı artar. Kesitler arasındaki bu basınç farkından (p1>p2) dolayı, daralan kesitten hava içine yağ karışması sağlanır (Şekil. 28). Yağ damlacıkları daralan kesitte hızı artan hava ile temas ettiğinde, zerreciklere ayrılarak havaya karışır. Hava akımı azaldığında yağlama olmaz. Bu nedenle ihtiyacımız olan minimum hava ihtiyacını tespit edip; buna göre yağlayıcı seçilmelidir.



Şekil. 29: Yağlayıcı

Yağlayıcı içine giren hava, 6 no' lu engele çarptırılır. Hava akışının engellenmesi sonucu iki taraf arasında basınç farkı oluşur. Dar kesitten geçmeye zorlanan havanın hızı artar. Yağ kabının alt tarafında bulunan yağ üzerine P1 basıncı etki eder. Basınç etkisiyle 11 no'lu hortum içine giren yağ, 9 no'lu çek valften geçer ve 5 no'lu kılcal boru üzerinden yukarı hareketini tamamlar. 2 no'lu gözleme camının üst kısmına gelen yağ, buradan aşağıya damlar. Yüksek hızla akan hava içine karışan yağ damlacıkları küçük parçalara ayrılır. Yağlayıcıyı terk eden hava "7", yağlanmış olarak sisteme gider.



Şekil. 30: Yağlayıcının iç yapısı

Eski tip yağlayıcılarda kap içine yağ ilâve etmek için hava geçişinin durdurulması gerekiyordu. Günümüzde satılan yağlayıcıların birçoğu hava geçişi devam ederken ve yağ kabı sökülmeden yağ ilâvesine izin vermektedir. Yağ ilâvesi "4 no'lu tapa" sökülerek yapılır. Bu sırada dışarı hava kaçışını önlemek için 8 no'lu çek valf kapanır. 8 no' lu çek valf, normal koşullarda az miktarda hava geçişine izin verir. 4 no' lu tapa açıldığında basınç dengesi bozulur ve çek valf kapanarak hava geçişini engeller.

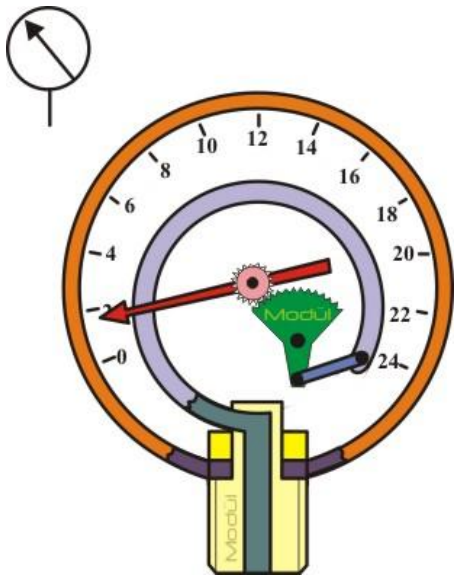
9 no' lu çek valf, çalışma olmadığı zaman kılcal boru içindeki yağın geri dönüşünü engeller. Böylece bir sonraki çalışma sırasında sisteme ilk giden havanın yağsız gitmesi önlenir.

Yağlama kalitesi havanın engele çarpması sonucu giriş ve çıkış arasındaki basınç farkına bağlıdır. Bu ifadeden anlaşılacağı gibi bu tip yağlayıcılar basınç farkına göre

çalışmaktadır ve enerji kaybına yol açar. Debi arttıkça basınç farkı artar. Basınç farkı arttıkça yağlama miktarı artar. Debi ile yağlama miktarı arasında belirli bir oran olduğu için bu tür yağlayıcılara "oransal yağlayıcı" adı verilir. İhtiyacımıza en uygun yağlayıcıyı seçebilmek için debi-basınç düşümü grafiklerine göre seçim yapılmalıdır. Gerekenden daha büyük yağlayıcının seçilmesi durumunda yeterli basınç düşümü sağlanamayacağı için yağlama yapılamaz. Gerekenden küçük yağlayıcı seçilmesi durumunda aşırı bir basınç düşümü olacağı için enerji kaybı oluşacaktır.

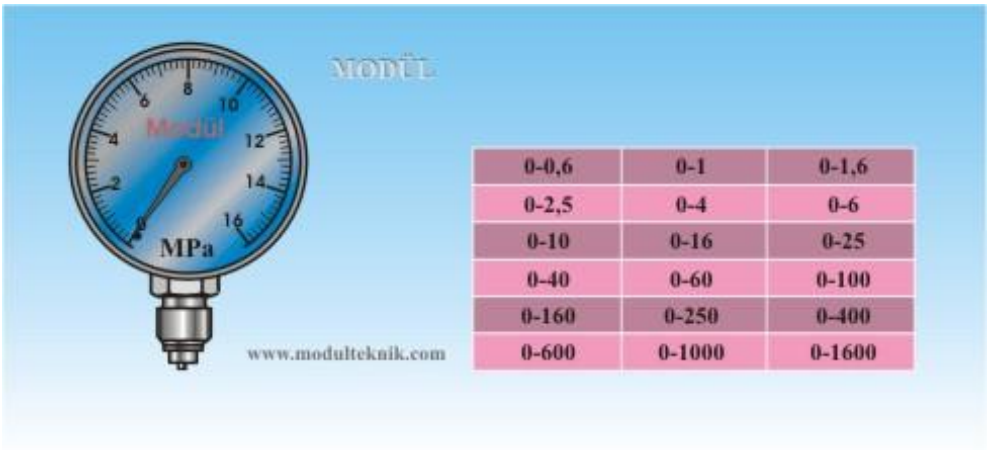
1.8. Basınçölçer (Manometreler)

Mekanik düzenekle çalışan, ölçülen basınç değerini gösterge üzerinde gösteren ölçü aletidir. Manometreler çaplarına, bağlantı türlerine (alttan bağlantı, arkadan bağlantı), ölçüm aralıklarına ve çalışma sistemine (burdon tüplü, diyaframlı vb. gibi) göre çeşitlere ayrılır.



Şekil. 31: Burdon tüplü manometre

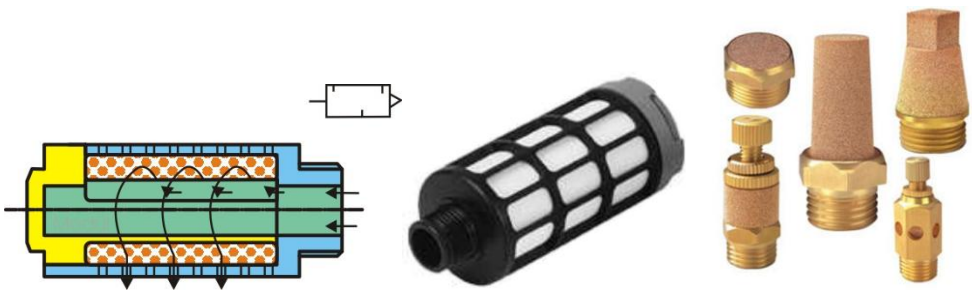
Endüstriyel sistemlerde en fazla kullanılan manometre türü "burdon tüplü" manometredir. Manometre içine yerleştirilmiş bir ucu kapalı ve "C" biçiminde bükülmüş bir tüp bulunur. Tüp içine basınç etki ettirildiğinde tüp esner. Basınç değerine bağlı olarak esneme miktarı değişir. Tüpün ucundaki mekanik düzenek hareketi ibreye aktarır.



Şekil. 32: Manometre ve ölçüm aralıkları

1.9. Susturucular

Pnömatik sistemlerin olumsuz yönlerinden biri havanın egzoz işleminde çıkardığı sestir. Gürültüyü azaltmak ve devre elemanlarının kirlenmesini önlemek için susturucu kullanılır. Susturucular yön kontrol valflerinin egzoz çıkışlarına takılır.

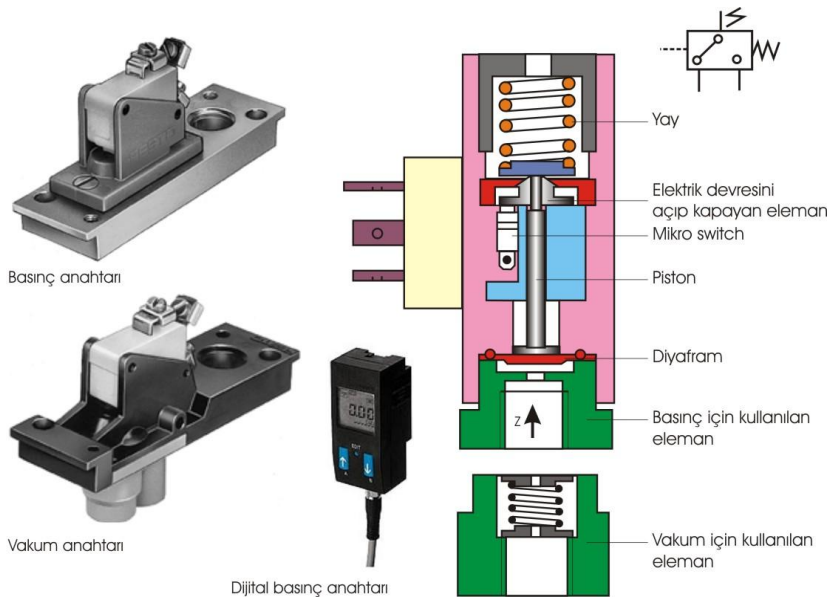


Şekil. 33: Plastik ve sinterlenmiş bronzdan yapılmış susturucu türler.

Hava susturucu içine geldiğinde hacim genişlemesi sonucu hızı düşeceği için gürültü azalır. Susturucuların en önemli işlevinden biri filtre görevi görmesidir. Dışarı atılan hava içindeki yağın tutulması ya da dış ortamdaki toz ve kirlerin devre elemanlarını kirletmesi önlenir. Susturucular plastik malzemeden ya da sinterlenmiş bronzdan yapılır.

1.10. Basınç Anahtarı

Basınç anahtarı adı verilen bu elemanlar çalışma basıncı ayarlanan değere geldiğinde elektriksel sinyal üretir. Üzerinde bulunan bir ayar vidası yardımıyla ayarlama oranı değiştirilebilir. Bu elemanlar analog olabileceği gibi dijital olarak kullanılabilir. Üzerinde bir takım küçük değişiklikler yapılarak, vakum anahtarı olarak kullanılabilir.



Şekil. 34: Basınç anahtarı.

1.11. Boru Hortum Ve Bağlantı Elemanları

Devre elemanlarının birbirlerine ve boru, hortum gibi elemanlara bağlantısını sağlayan makine parçalarının tümüne "bağlantı elemanları" denir. Bağlantı elemanları pnömatik devrenin verimliliğini belirleyen en önemli etkenlerden biridir. Bu nedenle seçim ve kullanım çok önemlidir.

Pnömatik devrelerde kullanılan hortum ve bağlantı vidaları aşağıdaki ölçülerde yapılır. Küçük çaplı bağlantılarda "M" Metrik seri vidalar, daha büyük çaplarda "R" serisi konik vidalar kullanılır.

M3, M5, R 1/8", R 1/4", R 3/8", R 1/2", R 3/4"

Hortum ve boru çaplarının adlandırılması dış çaplarına göre yapılır. Aşağıda pnömatik devrelerde kullanılan çeşitli hortum ölçüleri görülmektedir. Metrik hortum ölçüleri en fazla kullanılan hortum türüdür. Genel uygulamalarda kullanılan hortumlar 10 bar basınca dayanacak yapıda üretilir. Özel uygulamalarda daha yüksek basınca dayanıklı hortum seçilmelidir.

Metrik hortum dış çap ölçüleri (Parantez içindeki değerler hortumun iç çapıdır.): 2(1,5), 3(2), 4(2,5), 5(3), 6(4), 8(5-6), 10(6,5), 12(8), 14(10), 16(12)

Bağlantı elemanlarının seçiminde dikkat edilecek hususlar

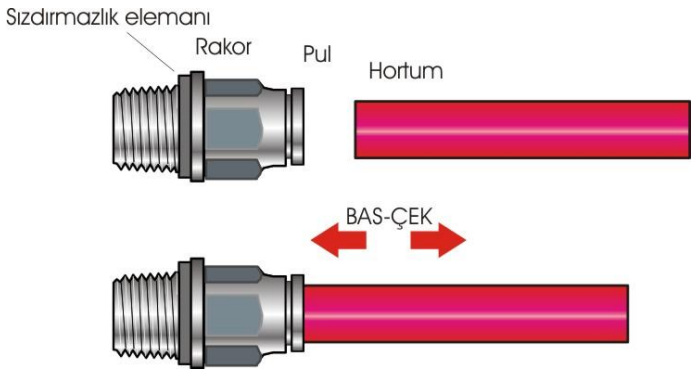
- Yüzey pürüzlülüğü ve basınç kaybı
- Basınçlı havanın kalitesi
- Çalışma ve çevre şartları
- Tesisatın özelliği ve büyüklüğü

- Montaj ve bakım kolaylığı
- Fiyatı
- Yetişmiş personel durumu

1.11.1. Hortumların Birleştirilmesi

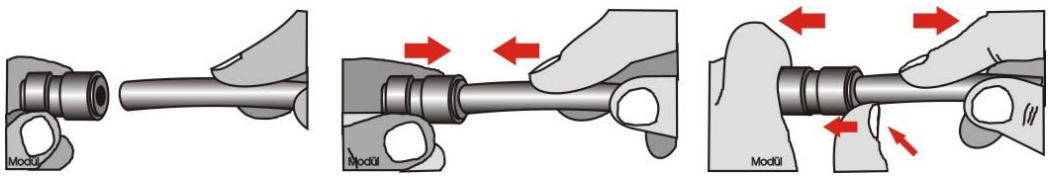
1.11.1.1. Çabuk Bağlantı:

Günümüzde pnömatik devrelerin tamamına yakınında kullanılmaya başlanmış bir bağlantı yöntemidir. Bağlantının ve sökülmenin çok az zaman alması, defalarca söküp takmaya elverişli olması en önemli avantajıdır. Hortum rakor içine itildiğinde bağlantı sağlanır. Sökülmek istendiğinde rakorun ucundaki pula parmak ile bastırıp hortum geri çekilmelidir.



Şekil. 35: Çabuk bağlantı

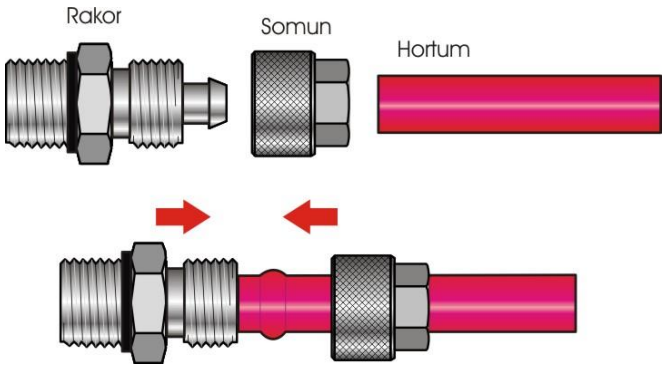
Hortum rakor içine itildiğinde bağlantı sağlanır. Sökülmek istendiğinde rakorun ucundaki pula parmak ile bastırıp hortum geri çekilir (Şekil. 36).



Şekil. 36: Çabuk bağlantının kullanım.

1.11.1.2. Vidalı Bağlantı

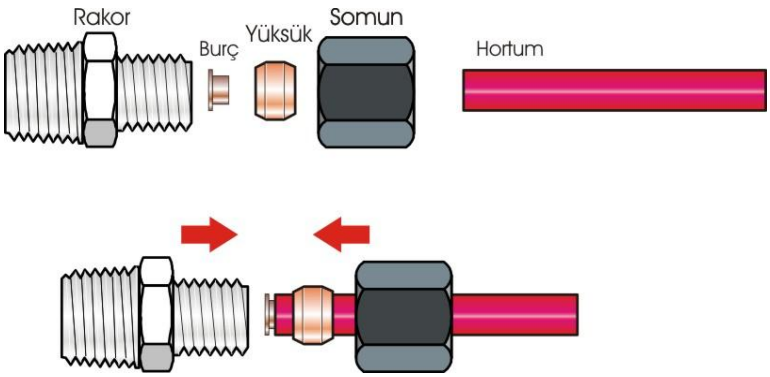
Kullanım alanı gittikçe azalan bir bağlantı türüdür. Hortum uygun ölçüde bir somunun içinden geçirilir. Hortumun ucu rakor üzerinde bulunan bombeli kısma geçirilir. Somun rakora vidalanır ve sıkılır. Somun rakora doğru ilerledikçe bombeli kısma geldiğinde hortumu rakora doğru bastırır. Çabuk bağlantıya göre zaman alıcı bir yöntemdir; ancak sızdırmazlık oranı yüksektir.



Şekil. 37: Vidalı bağlantı

1.11.1.3. Yüksüklü Bağlantı

Yüksek basınç ve kesin sızdırmazlığın gerektiği uygulamalarda (yağlama düzenekleri vb.) kullanılır. Yüksük adı verilen bir elemanın hortumu ısırması sağlanır. Somun, hortum içinden geçirilir. Hortumun ucuna yüksük, içine burç takılır. Somun rakora vidalandığında yüksüğü rakora doğru iter. Koniklikten dolayı yüksüğün çapı küçülür ve hortumu ısırır. Yumuşak hortum ve borularda iç çapının küçülmemesi için hortum içine burç takılır. Sert borularda burç kullanılmaz.



Şekil. 38: Yüksüklü bağlantı

1.11.2. Boruların İç Çaplarının Belirlenmesi

Boru iç çaplarının belirlenmesinde havanın akış hızı dikkate alınmalıdır. Pnömatik sistemde sürtünme kayıplarını düşük tutabilmek için havanın akış hızı 9-10 m/s' yi geçmemelidir. Hesaplama aşağıdaki formül ile yapılır. Bulunan değer küsüratlı olursa bir üst değere yuvarlanır.

$$d=\sqrt{\frac{21.Q}{v}}$$

..... mm Q=Debi miktarı..... lt/dak

v =Ortalama hız..... m/s
d =Boru iç çapı

Örnek: Bir pnömatik devrede hava debisi 80 lt/dak'dır. Akış hızının 9 m/s olması istendiğine göre kullanılacak borunun iç çapını hesaplayınız.

Verilenler **İstenen**

Q= 80 lt/dak d=?
v= 9 m/s

Çözüm

$$d=\sqrt{\frac{21.Q}{v}} \quad d=\sqrt{\frac{21.80}{9}} \quad d=\sqrt{186,66}$$

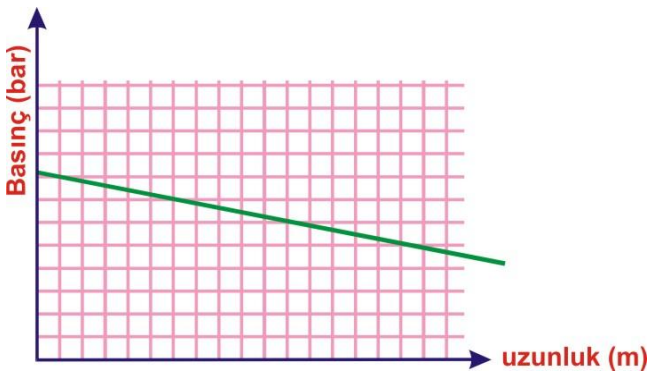
$$d \cong 13,65 = 14\ mm$$

1.11.3. Borularda Basınç Düşmesi

Boru ve hortumlar mümkün olduğunca kısa seçilmelidir. Boru çaplarının küçük olması akış hızını arttırır. Akış hızı ve basınç düşüşü arasında doğrusal bir orantı vardır. Akış hızı arttıkça basınç düşüşü artar. Tesisatın değişik noktalarında (valf bağlantıları, dirsekler, kesitin daraldığı bölgeler vb.) akış hızı belirlenen sınırların üzerine çıkar. Hava tüketiminin de artmasıyla yüksek akış hızları elde edilir. Bu kısımlarda basınç düşüşünün yanı sıra sıcaklığın aşırı düşmesi sonucu buzlanmalar oluşabilir.

Basınç düşüşünün nedenleri

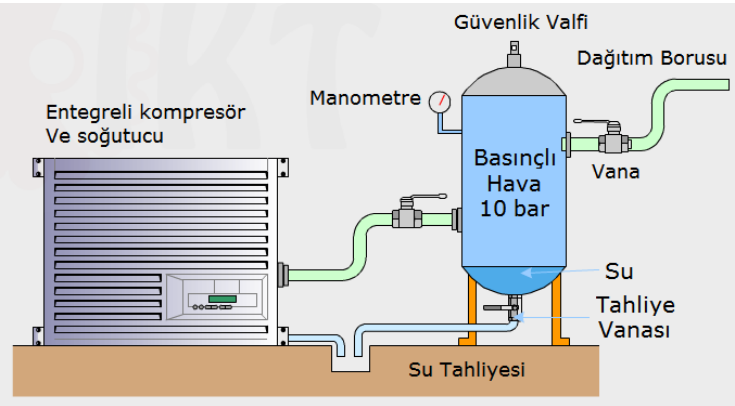
- Hattın uzunluğu ve bağlantı elemanlarının sayısı
- Türbülanslı akış
- İç sürtünmeler (moleküllerin sürtünmesi)
- Yüksek akış hızları



Şekil. 39: Boru uzunluğu ve basınç düşmesi arasındaki ilişki

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen kompresörü aşağıdaki detay resmine göre uygun yere uygun şekilde monte ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
	
➢ Kompresör havalandırma deliği kuzeye bakan yüzeye yerleşirse daha iyi havalandırma yapar. ➢ Çalışan makine dumanlardan ve boya fabrikası ya da deposundaki solvent dumanlarından korumak için giriş filtresi önemlidir. ➢ Kompresör sağlam zemine sağlam zemine oturtulmalıdır. ➢ Kolay bakım yapılabilecek konumda olmalı. ➢ Dış etkenlerden korunmuş, havadar, gürültüsü ile etrafı kirletmeyecek şekilde teshis edilmelidir.	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kompresör havalandırma deliği kuzeye bakan yüzeye yerleştirdiniz mi**?**		
2. Çalışan makine dumanlardan ve boya fabrikası ya da deposundaki solvent dumanlarından korumak için uygun yere yerleştirdiniz mi?		
3. Kompresörü sağlam zemine oturttunuz mu?		
4. Kompresör kolay bakım yapılabilecek konumda mı?		
5. Kompresörü dış etkenlerden korunmuş, havadar, gürültüsü ile etrafı kirletmeyecek şekilde tesis ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Pnömatiğin endüstriye uygulanmış dalına ……. adı verilir.

2. Pnömatik enerji maliyetinin ve sızıntı oranlarının …… olması pnömatiğin ……. yönleridir.

3. Atmosfer havasının ağırlığından oluşan basınca …… adı verilir.

4. Sabit basınç altında ısıtılan bir gazın genleşme katsayısı, bu gazı…… …….. aralığına bağlı değildir.

5. Belirli bir kesitten akan akışkanın debisi, bağlı olarak değişir.

6. Basınçlı hava üreten makinelere ……. adı verilir.

7. Şartlandırıcı üzerinde …… olmak üzere 3 adet eleman kullanılır. Pnömatik devrenin özelliğine göre bu sayı değişebilir.

8. Vidalı kompresörde sıkıştırılan hava içindeki yağ, çıkış tarafında bulunan ve ……. adı verilen eleman tarafından ayrıştırılır.

9. Soğutarak kurutma yönteminde kurutucudan çıkan hava enerji kazanımı açısından …….. odasından geçirilir ve girişteki sıcak havanın …….sağlar.

10. Basınç maksimum değere ulaştığında kazan üzerinde bulunan ……... kompresörün çalışmasını durdurur.

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 devrelerde kullanılan pistonları tanıyacak, piston çeşitlerinin kullanım yerlerini bileceksin.

ARAŞTIRMA

- Makine ve otomasyon sektöründe faliyet gösteren iş yerlerini gezerek pnömatik silindirler hakkında bilgi toplayınız ve bu bilgileri sınıfa getirerek arkadaşlarınızla paylaşın.

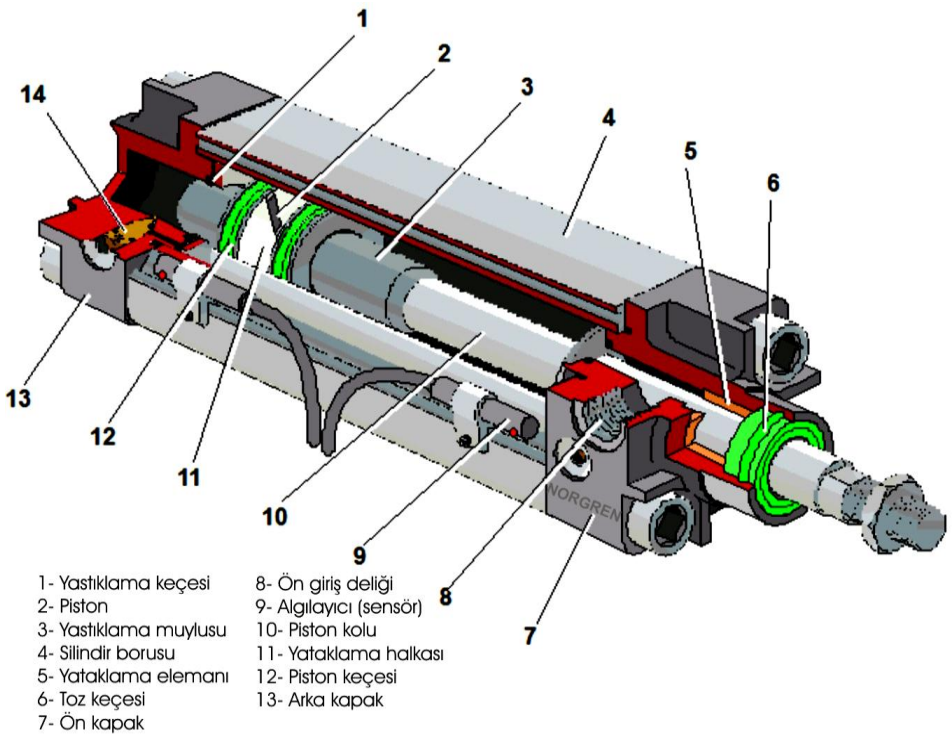
2. PNÖMATİK SİLİNDİRLER

2.1. Görevleri

Pnömatik silindirler doğrusal ve açısal hareketlerin elde edilmesinde kullanılır. Pnömatik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürür. Hidrolik silindirlerle kıyaslandığında çok çeşide sahiptir. Standart ve standart olmayan özellikte çok çeşitli silindir türü vardır. Genel uygulamalar için üretilen silindirler 10 bar'lık çalışma basınçlarına kadar dayanabilir. Daha yüksek basınçlar için özel üretilmiş pnömatik silindirler kullanılmalıdır.

Bir silindirin çalışabilmesi için iki şart gereklidir. 1. Pistonu ileri ya da geri iten bir kuvvet (Yükün etkisiyle ya da akışkan basıncıyla oluşur.) 2. Hava tahliyesi. Bu iki şarttan birisi gerçekleşmezse silindir hareket etmez. Silindire giren ya da silindirden çıkıp egzoza kadar giden hatta kısıtlama varsa, yani akışkan debisi düşükse (örneğin: Hortumlarda ezilme, tıkanma vb. nedenlerden dolayı), silindir hızının azaldığı görülür.

2.2. Silindirlerin Kısımları



Şekil. 40: Çift etkili yastıklı silindirin kısımları.

2.2.1. Silindir Borusu

Silindir gövdeleri; çinko kaplı alüminyum ve alüminyum alaşımlarından yapılır. Asitli ortamlar, gıda sektörü, kimyasal buharlar vb. gibi özel durumlarda paslanmaz çelik, pirinç, bronz, plâstik vb. malzemeler kullanılır. Sızdırmazlık ve verim açısından iç yüzeyi önemlidir. İç yüzeyleri temiz ve hasarsız olmalıdır.

2.2.2. Piston

Yataklama ve sızdırmazlık elemanlarını üzerinde barındırır. Hava basıncının etkisiyle hareket eden kısımdır. Hareket sırasında silindir borusuna temas etmez. Yataklama elemanı sayesinde silindir borusu içinde düzgün hareketi sağlanır. Piston malzemeleri C45 çelik, POM plâstik ve hafif alaşımlar olabilir. Çelik ve hafif alaşımlardan yapılanlar, yuvarlanma yöntemiyle parlatılır. Dış etkenlerden korumak amacıyla sert kromla kaplanır.

2.2.3. Piston Kolu

Hareketi silindir dışına veren kısımdır. Çeşitli aparatların takılabilmesi için ucuna vida açılmıştır. Yastıklı olan tiplerde pistonun üzerinde yastıklama muylusu bulunur. Piston kolu malzemeleri C45 çelikten yapılır. Yuvarlanma yöntemiyle parlatılır. Dış etkenlerden korumak amacıyla yüzeyi sert kromla kaplanır.

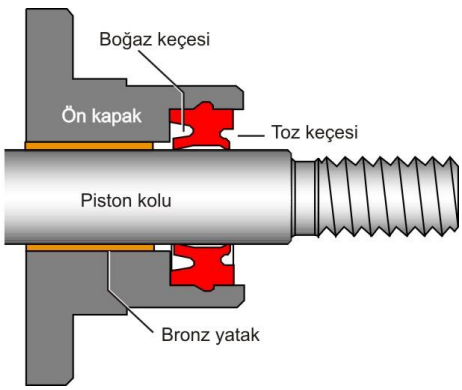
2.2.4. Sızdırmazlık Elemanları (Keçeler)

Sızdırmazlık elemanları nitril, poliüretan ve viton türü kauçuk malzemelerden yapılır. Verimi arttırmak ve dış ortamda bulunan toz ve kirlerin silindir içine girmesini önlemek amacıyla silindirler üzerinde piston keçesi, boğaz (piston kolu) keçesi ve toz keçesi olmak üzere 3 çeşit keçe kullanılır. Pnömatik silindirlerde silindir boyutunu küçültmek amacıyla boğaz keçesi ve toz keçesi aynı gövde üzerinde bulunur. Keçe dudakları arasına dolan basınçlı hava dudakların metal yüzeylere baskı yapmasını sağlayarak sızdırmazlığı sağlar.

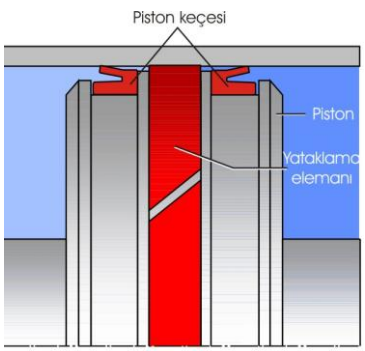


Şekil. 41: Keçe türleri

Boğaz keçesi silindir içinden silindir dışına çıkmak isteyen basınçlı havanın sızıntılarını önlemek amacıyla kullanılır. Toz keçesi piston üzerine yapışan toz ve kirlerin silindir içine girmesini önlemek amacıyla kullanılır. Bazı kaynaklarda "kir silici" olarak adlandırılır. Piston keçeleri ise pistonun bir tarafından diğer tarafına hava geçişini önlemek amacıyla kullanılır. Pistonun iki tarafında maksimum basınç farkı oluşturur.



Boğaz- toz keçesi



Piston Keçesi

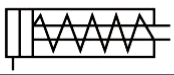
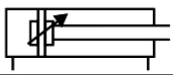
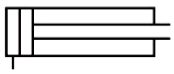
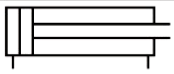
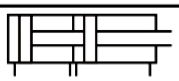
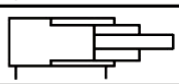
Şekil. 42: Silindir keçeleri

Piston kolu tarafında bulunan yatak, piston koluna dik gelen yükleri karşılar. Piston kollarının yataklanmasında kullanılan yataklama elemanları genelde bronz malzemeden yapılır. Özel durumlarda metal burçlar, teflon, fiber vb. malzemeler kullanılır.

Piston üzerinde bulunan yataklama elemanı pistonun silindir borusu içinde düzgün hareket etmesini sağlar. Piston yatakları; teflon, fiber, asetal reçineden yapılır.

2.3. Çeşitleri Ve Simgeleri

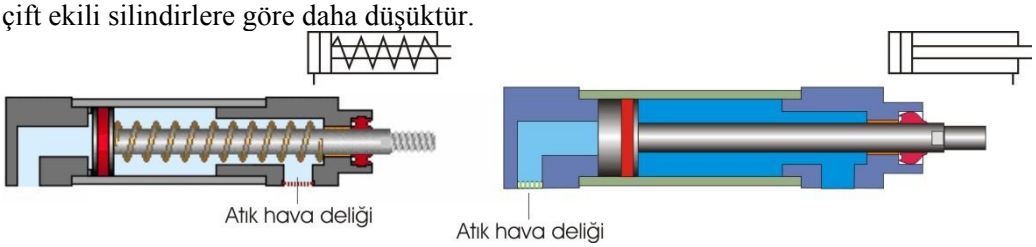
Şekil. 43'te pnömatik devrelerde kullanılan bazı silindir çeşitlerini ve standart sembollerini görebilirsiniz. Aşağıdaki sınıflandırmaya dâhil edilmemiş özel silindir türlerinin sembollerini ilerleyen konularda göreceksiniz.

Tek etkili (yay geri dönüşlü)		Yastıklı (çift tarafı yastıklı ayarlanabilir)	
Tek etkili (ağırlık geri dönüşlü)		Yastıklı (çift tarafı yastıklı ayarlanamaz)	
Çift etkili		Teleskobik (tek etkili)	
Tandem		Teleskobik (çift etkili)	
Çift kollu		Döner silindir	

Şekil. 43: Silindir çeşitleri ve simgeleri

2.3.1. Tek Etkili Silindirler

Hava basıncı pistona tek taraftan etki eder. Silindirin diğer yöndeki hareketi yay ya da ağırlık yardımıyla gerçekleşir. Tek yöndeki hareket basınçlı hava ile gerçekleştiği için hava tüketimi çift ekili silindirlere göre daha düşüktür.



Şekil. 44: Yay ve ağırlık geri dönüşlü tek etkili silindir

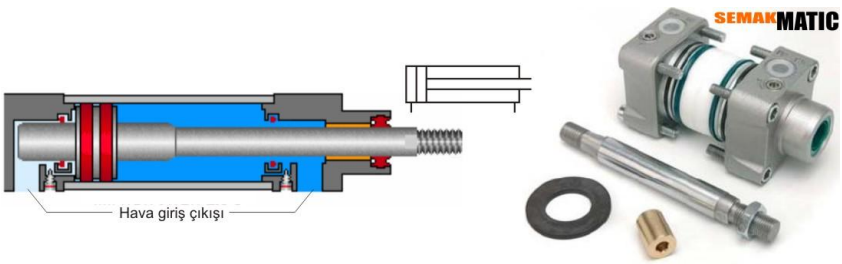
Tek etkili silindirler "yay geri dönüşlü" ya da "ağırlık geri dönüşlü" olarak yapılabilir (Şekil. 44). Yay geri dönüşlü silindirlerde oluşan kuvvetin bir kısmı yay kuvvetinin yenilmesi için

harcanır. Ağırlık geri dönüşlü silindirlerde silindirin geri gelmesi için silindir dışında yay kullanılıyorsa bu tip silindirler ağırlık geri dönüşlü olarak adlandırılır.

Hava girişi için silindir üzerinde tek hava girişi bulunur. Diğer tarafta bulunan delik, hareket sırasında silindir içine hava giriş çıkışını sağlar. Kirlenmeyi önlemek için bu delik bir filtre ile kapatılır.

2.3.2. Çift Etkili Silindirler

Çift etkili silindirin iki yöndeki hareketi basınçlı hava ile sağlanır. Pnömatik sistemlerde en fazla kullanılan silindir türüdür. Bu tür silindirler hem ileri hem de geri gelirken iş yapabilir. Çift etkili silindirin tek etkili silindirden farkı; piston üzerinde bulunan sızdırmazlık elemanının biçimidir. Çift etkili silindirler ağırlık geri dönüşlü tek etkili silindir olarak kullanılabilir.

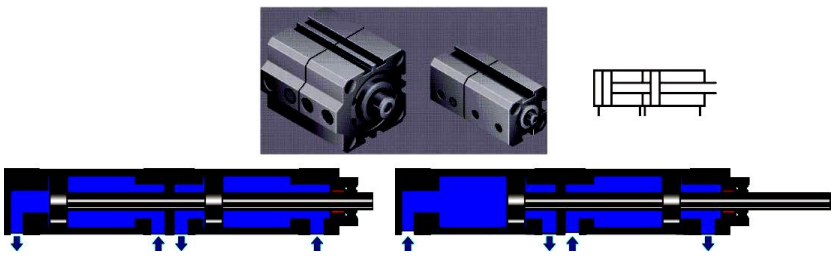


Şekil. 45: Çift etkili silindir

Şekilde yastıklı çift etkili silindirin içyapısı görülmektedir. Yastıklama düzeneklerinin açıklaması ilerleyen konularda yapılacaktır.

2.3.3. Tandem Silindirler

Yüksek itme kuvvetlerinin elde edilmesi amacıyla kullanılan silindir çeşididir. Kursları eşit olan iki veya daha fazla silindirin uç uca eklenmesinden oluşur. Silindir sayısına bağlı olarak giriş çıkış sayısı ve itme kuvveti artar. Tandem silindirleri geri konuma getirirken hava tüketimini azaltmak için silindirlerden sadece birine hava gönderilmesi yeterlidir (Şekil. 46).

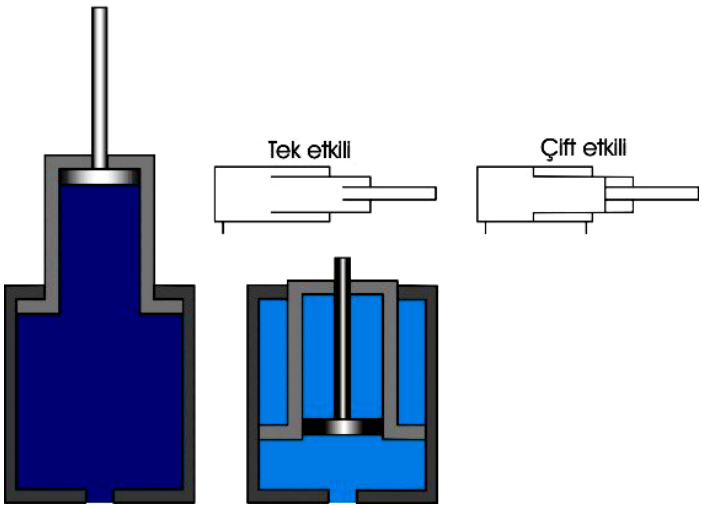


Şekil. 46: Tandem silindir.

I. silindirin itme kuvvetine F1, II. silindirin itme kuvvetine F2 dersek; tandem silindirin itme kuvveti, "F_{TOPLAM} =F1+F2" olur. Tandem silindirler sayesinde silindir çapı ve basıncın arttırılmasına gerek duyulmadan silindirin itme kuvveti önemli oranda arttırılır. İtme kuvvetinin artması piston kolunun burkulmasına neden olabilir. Bu durum silindir seçiminde dikkate alınmalıdır.

2.3.4. Teleskobik Silindirler

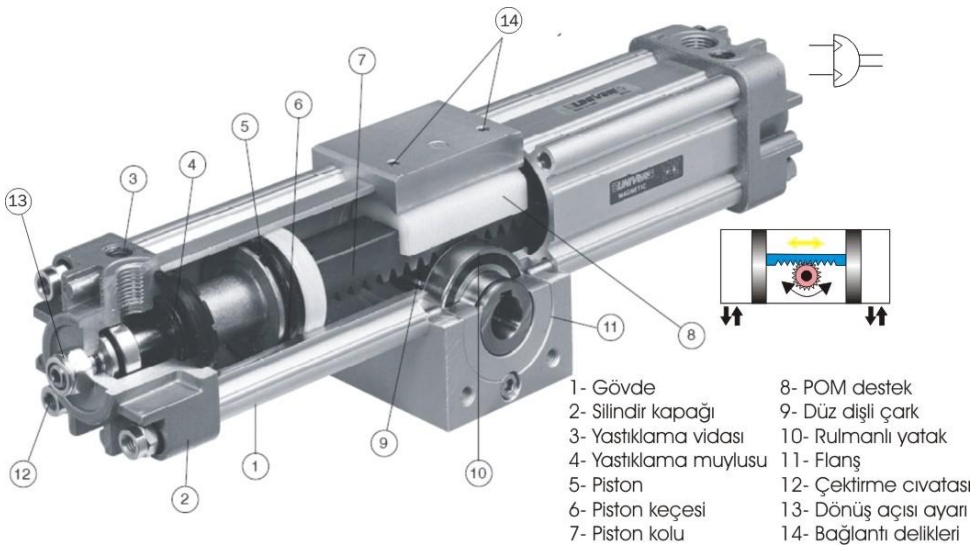
Bu silindirler, iç içe geçmiş, farklı çaplı silindirlerden meydana gelir. Uzun kursların gerekli olduğu ve fazla yer kaplaması istenmeyen yerlerde kullanılır. Pnömatik sistemlerden çok hidrolik sistemlerde kullanılır. İlk çıkış hareketindeki etki yüzeyi küçüktür; dolayısıyla düşük kuvvetler elde edilir.



Şekil. 47: Teleskobik silindir

2.3.5. Döner Silindirler

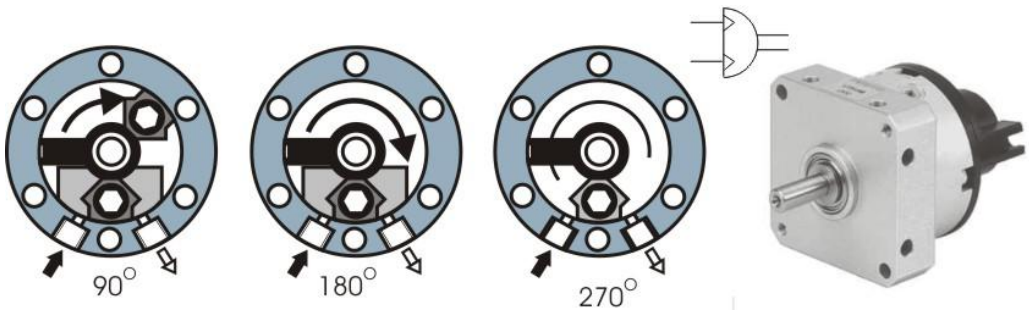
Araba silgeçleri gibi açısal hareketlerin elde edilmesinde kullanılır. Döner tabla, büyük boyutlu valflerin açılıp kapatılması, robot vb. yerlerde gereken açısal hareketler için kullanılır. Endüstriyel uygulamalarda 90^0 ve katları şeklinde açısal hareketlere gerek duyulur. En fazla kullanılan açısal hareket 180^{0}'dir.



Şekil. 48: Dişli tip döner silindir

2.3.5.1. Dişli tip döner silindirler

Yüksek moment gereken uygulamalarda kullanılır. İki piston bir piston kolu ile birleştirilmiştir. Piston koluna kramayer dişli açılmıştır. Kramayer dişli, düz dişli çark ile birlikte çalışır. Basınçlı havanın pistona etki ettirilmesi ile piston kolu hareket eder. Piston kolunun hareketi ile düz dişli çarktan açısal hareket elde edilir.



Şekil. 49: Kanatlı tip döner silindir

2.3.5.2. Kanatlı tip döner silindirler

Yapılarının basit olması ve genel kullanıma uygun olması nedeniyle pnömatik sistemlerde daha fazla tercih edilir. Silindir içine giren basınçlı hava, silindir kanadına etki eder. Oluşan kuvvet sonucu açısal hareket oluşur ve kanadın bağlı olduğu mil tarafından dışarı iletilir. Silindir içinde yapılan küçük değişiklikler yardımıyla çeşitli açısal hareketlerin elde edilmesi mümkündür. Dişli tip silindirlere göre daha basit yapılıdır. Yapılarının

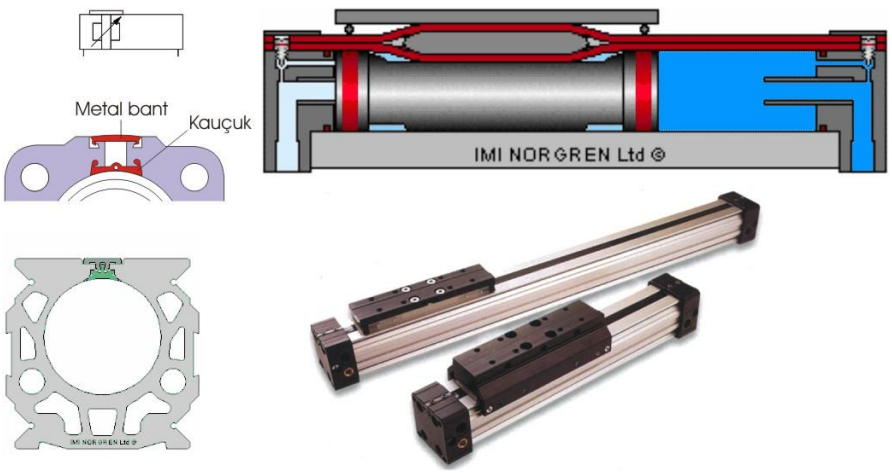
pnömatik motora benzemesi nedeniyle döner silindirlere “açısal motor” ya da “salınımlı motor” adı verilmektedir.

2.3.6. Özel Silindirler

Yukarıda anlattığımız silindir türlerine benzer mantıkla çalışan ancak özel maçlar için üretilmiş silindir türleridir. Kullanım alanları sınırlıdır. Üretim adetleri düşük olduğu için fiyatları yüksektir. Kumaş, kâğıt vb. ince kesitli malzemelerin kesilmesinde, taşıma işlemleri, robotlar, otomatik montaj makinelerinde vb. yerlerde kullanılır.

2.3.6.1. Piston kolsuz silindirler

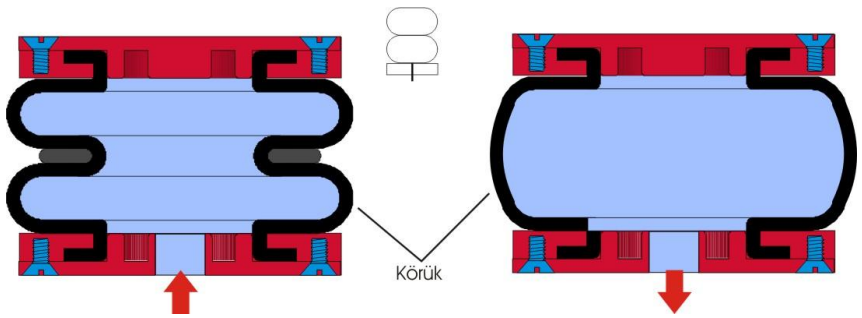
Uzun kursların ve hassas hareketlerin istendiği uygulamalarda, piston kolsuz silindirler kullanılır. 4-5m kurslara sahip olabilir. Bu silindirlerde piston hareketi, silindir dışındaki bir elemana çeşitli şekillerde iletilir. Hareket iletim şekline göre çeşitli şekillerde adlandırılır.



Şekil. 50: Piston kolsuz silindir

2.3.6.2. Körüklü silindirler

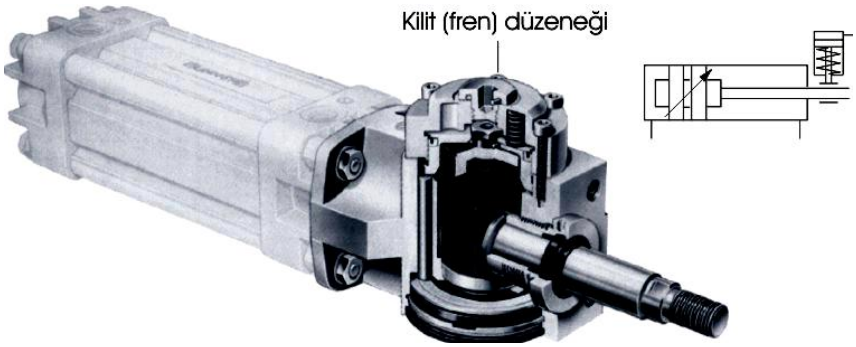
Küçük kurs boylarında yüksek kuvvetlerin gerektiği kaldırma, sıkma vb. işlemlerin yapılmasında kullanılan silindir çeşididir. Silindirin içine hava dolduğunda körük şişer ve ileri hareket gerçekleşir. Ağırlık geri dönüşlü tek etkili silindir gibi çalışır. Keçe piston vb. elemanlar olmadığı için bakım gerektirmez.



Şekil. 51: Körüklü silindir

2.3.6.3. Kilitli silindirler

Silindirin ön tarafına bir kilit düzeneği eklenir. Kilit mekanizması mekanik olarak çalışır. Silindire basınç verilmediği sürece kilit devrededir ve frenleme görevi yaparak silindirin hareketini önler. Silindire basınç verildiğinde kilit açılır ve silindirin hareketi sağlanır. Kilitli silindirler yardımıyla silindirin ara konumlarda emniyetli olarak durdurulması mümkündür. Özellikle dik çalışan ve yük kaldıran silindirlerin konumlarını güvenli bir şekilde koruması için kullanılır.



Şekil. 52: Kilitli silindir

Kilit düzeneği tek etkili bir silindir gibi çalışır. Kilidi açmak için ek olarak 3/2 YKV kullanılmalıdır. Silindir hareket ettirilmek istendiğinde silindiri çalıştıran YKV'ye ve kilit düzeneğini açan YKV'ye hava gönderilmelidir. Kilit düzenekleri boyutları uygun olan herhangi bir silindire monte edilebilir.

2.3.6.4. Yataklı Silindirler

Piston koluna yük geldiğinde silindirin tüm kurs boyunca aynı hassasiyeti koruması mümkün değildir. Bu tür uygulamalarda hassas yataklara ihtiyaç duyulur. Blok yapıları nedeniyle düzlem yüzeylere kolayca bağlanabilir. Tespit için bağlantı plakası gerekmemesi otomasyon uygulamalarında kolaylık sağlar. Bağlandığı yüzeylerin düzgün olması gerekir. Yüzeyler düzgün değilse kasıntılar nedeniyle silindir veya yataklar zarar görebilir.



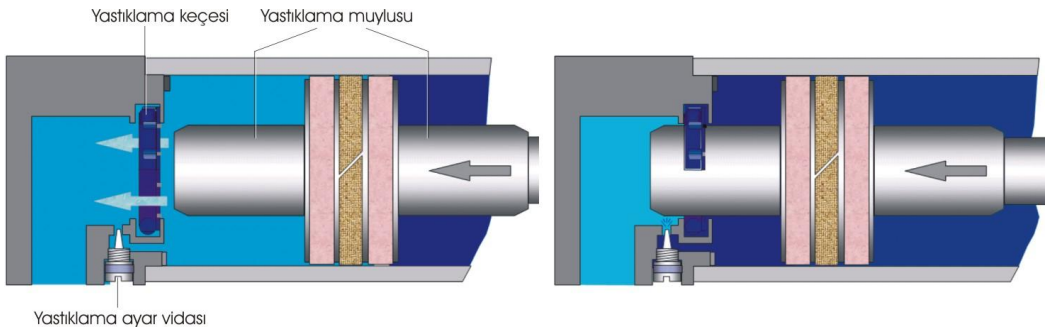
Şekil. 53: Yataklı (kızaklı) silindir

Yataklı silindirler hareket sırasında hassasiyet sağlar. Aynı zamanda piston kolunun dönmesi istenmeyen durumlarda kullanılır. Piston koluna dik gelen kuvvetlerin karşılanmasını sağlar. Boğaz keçesinin, boğaz yataklamasının ve piston kolunun ömrünü arttırır. Yataklama düzenekleri nedeniyle fiyatları normal silindirlere göre daha yüksektir.

2.4. Silindirlerde Yastıklama İşlemi

Yüksek hızlarda çalışan silindirlerin kurs sonlarında pistonun silindir kapaklarına çarpması sonucu darbe oluşur. Silindirler üzerinde oluşan darbenin alınması için yapılan işleme "yastıklama" adı verilir.

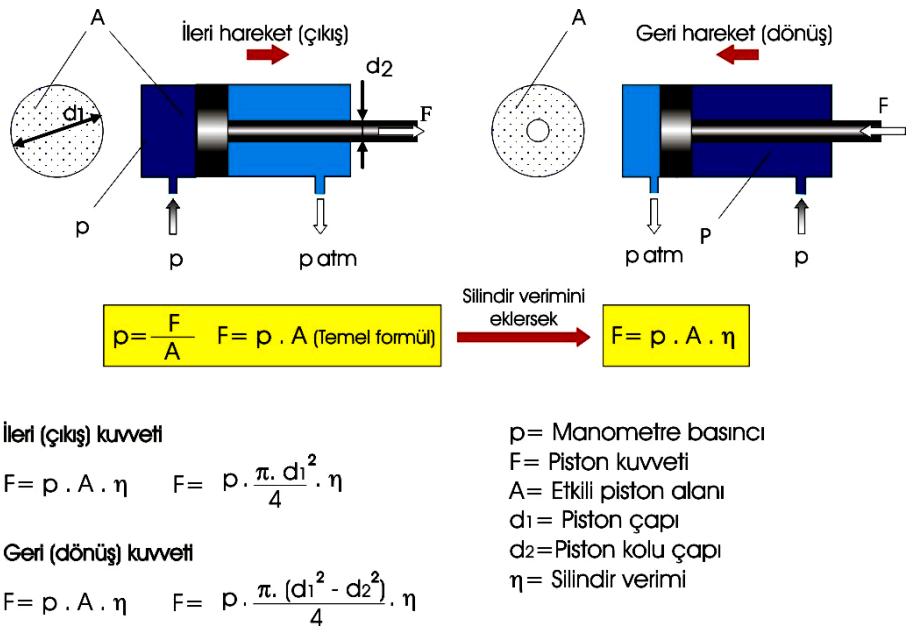
Yastıklama işlemi silindir dışında yapılabilir, ek yatırım gerektirmesi ve yer işgal etmesi nedeniyle maliyet artacağı için yastıklı silindirlerin fiyatı yastıksız silindirlere göre daha yüksektir. Yastıklama işlemi tüm silindir türlerine uygulanabilir ve çalışma ömürlerini arttırır.



Şekil. 54: Yastıklama işlemi

Piston kurs sonuna yaklaştığında yastıklama muylusu yastıklama keçesi içine girer ve havanın geçişini engeller. Silindir içinde kalan hava yastıklama vidası üzerinden dışarı atılır. Ayar vidası ile yastıklama ayarı yapılabilir.

2.5. Silindirlerin Kuvvet Hesapları



Şekil. 55: Silindir kuvvetinin hesaplanması

Silindirlerde itme kuvveti, ileri (çıkış) ve geri (dönüş) hareketlerinde farklıdır. İleri harekette piston alanı (A) tam etkili olurken, dönüşte piston kolu kesit alanı kadar bir kayıp olur. Silindirin uygulayabileceği kuvveti arttırabilmek için basınç ve alan değerlerinden en az birisi arttırılmalıdır.

Örnek: Pnömatik devrede çalışma basıncı 8 bar'dır. Kullanılacak çift etkili silindirde piston çapı d_1=50mm, piston kolu çapı d_2=20 mm olduğuna göre, ileri ve geri harekette pistonun uygulayabileceği kuvvetleri hesaplayınız. Piston verimi η = % 90 alınacaktır.

Not: *Verim silindirin durumuna göre değişir. Sıfır bir silindirde % 90 oranında alınmasında fayda vardır. Zamanla meydana gelebilecek aşınmalar sonucu sorun yaşanması istenmiyorsa daha düşük seçilebilir.*

Verilenler	**İstenenler**
P=8 bar	Fçıkış=?
d_1=50mm	Fdönüş=?
d_2=20 mm	
η = % 90	

Çözüm

1 Bar 0,1 N/mm^2 olduğuna göre sonucu Newton olarak hesaplayabilmek için temel formülde "p" değeri 10'a bölünür.

$$p=\frac{F}{A} \quad F=p\,.\,A \Longrightarrow \boxed{F=p\,.\,A\,.\,\eta}$$

İleri (çıkış) kuvveti

$$F=\frac{p}{10}\,.\,A\,.\,\eta \qquad F=\frac{p\,.\,\pi.\,d_1^{\,2}}{40}\,.\,\eta = 8\,.\,\frac{3{,}14\,.50^2}{40}\,.\,0{,}90$$

$F_{çıkış}= 1413$ N

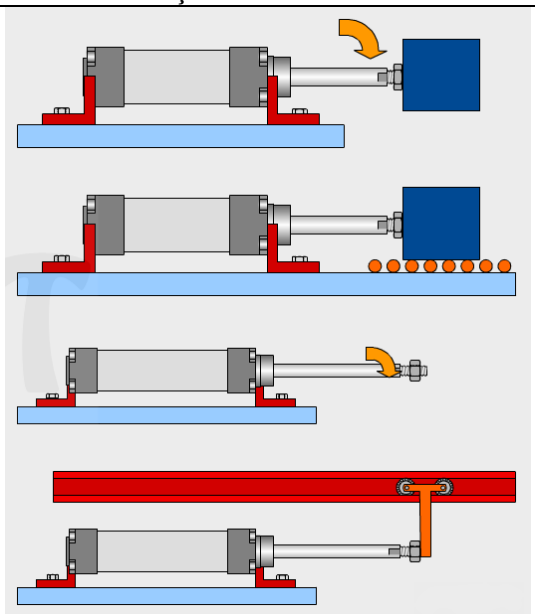
Geri (dönüş) kuvveti

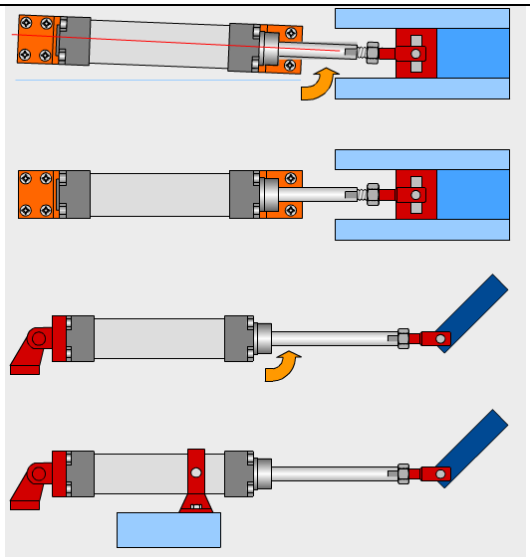
$$F=\frac{p}{10}\,.\,A\,.\,\eta \qquad F=\frac{p\,.\,\pi.\,(d_1^{\,2}-d_2^{\,2})}{40}\,.\,\eta = 8\,.\,\frac{3{,}14\,.(50^2-20^2)}{40}\,.\,0{,}90$$

$F_{dönüş}= 1186{,}92$ N

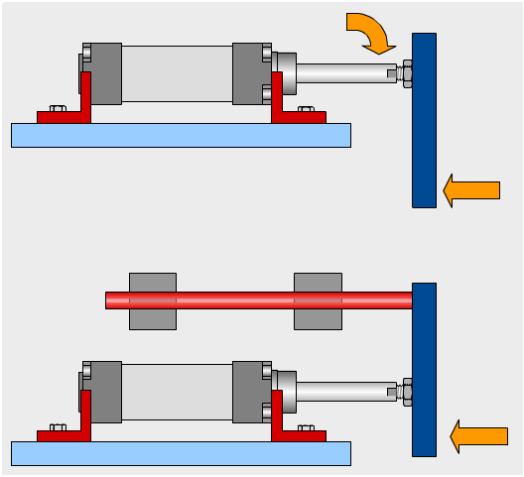
UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen silindiri aşağıdaki detay resmine göre uygun yere uygun şekilde monte ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
 ➢ 1-Yüklü taraflar çok seyrek olarak tamamıyla elimine edilebilir. Ancak iyi bir mühendislik çalışmasıyla kabul edilebilir bir seviyeye düşürülebilir. ➢ 2- Piston roduna desteksiz bir yük koyulması sakıncalıdır. Nerede olursa olsun yüke yatak üzerinde ya da tekerlekli kılavuzlarda mümkün olduğu kadar destek olmalı. ➢ 3- Uzun stroklu bir silindirin piston rodunun eğilme momenti yüksektir. Rod sonunu tekerlekli bir şeritten asmak mümkün olabilir. Ön çatala bir kızak yerleştirilerek bu şekilde yük tarafı elimine edilmiş olur.	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.



- 4- Arkadan menteşeli ve yatay montajlı silindir kırılma momentini silindir gövdesinin sahip olacağı ağırlık tartacaktır.
- 5- Denge noktasına bir muy (trunnion) sabitlemek bunun olmasını önler.



- 6- Yüklü tarafın yükünü azaltmak dışsal yüksek verimli yataklar yerleşmesi yük tarafındaki yük ağırlını azaltabilir.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Yüke yatak üzerinde ya da tekerlekli kılavuzlarda mümkün olduğu kadar destek oldunuz mu?		
2.	Ön çatala bir kızak yerleştirilerek bu şekilde yük tarafı elimine ettiniz mi?		
3.	Arkadan menteşeli ve yatay montajlı silindir kırılma momentini silindir gövdesinin sahip olacağı ağırlık tartacaktır. Bunu engelleyecek tedbirleri aldınız mı?		
4.	Yüklü tarafın yükünü azaltmak dışsal yüksek verimli yataklar yerleştirdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "**Hayır**" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "**Evet**" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1- …… Yüksek itme kuvvetlerinin elde edilmesi amacıyla kullanılan silindir çeşididir.

2- Genel uygulamalar için üretilen silindirler …… çalışma basınçlarına kadar dayanabilir.

3- Yüksek hızlarda çalışan silindirlerin kurs sonlarında pistonun silindir kapaklarına çarpması sonucu darbe oluşur. Silindirler üzerinde oluşan darbenin alınması için yapılan işleme …… adı verilir.

4- Verimi arttırmak ve dış ortamda bulunan toz ve kirlerin silindir içine girmesini önlemek amacıyla silindirler üzerinde ……olmak üzere 3 çeşit keçe kullanılır.

5- Keçe dudakları arasına dolan basınçlı hava dudakların metal yüzeylere ……. sağlar.

6- …….. silindir içinden silindir dışına çıkmak isteyen basınçlı havanın sızıntılarını önlemek amacıyla kullanılır.

7- …….. pistonun bir tarafından diğer tarafına hava geçişini önlemek amacıyla kullanılır.

8- …….. silindirin iki yöndeki hareketi basınçlı hava ile sağlanır. Pnömatik sistemlerde en fazla kullanılan silindir türüdür.

9- Teleskopik silindirler …… gerekli olduğu ve …….. istenmeyen yerlerde kullanılır.

10- …….. yüksek moment gereken uygulamalarda kullanılır.

ÖĞRENME FAALİYETİ–3

AMAÇ

Pnömatik devrelerde kullanılan pnömatik motorları tanıyacak, pnömatik motor çeşitlerinin kullanım yerlerini bileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Makine ve otomasyon sektöründe faliyet gösteren iş yerlerini gezerek pnömatik motorlar hakkında bilgi toplayınız ve bu bilgileri sınıfa getirerek arkadaşlarınızla paylaşın.

3. PNÖMATİK MOTORLAR

3.1. Görevleri

Dairesel hareket elde etmek amacıyla kullanılır. İçerisinde kullanılan değişik düzenekler yardımıyla basınçlı havanın pnömatik motor içerisine gönderilmesi sonucu dairesel hareket üretilir. Elektrik akımının istenmediği durumlarda tercih edilir.



Şekil. 56. Pnömatik motorlar

Pnömatik motorların üstünlükleri

- Devir sayıları çok yüksektir (350.000 dev/dak).
- Hız ayarı sınırsızdır.
- Dönüş yönü hareket devam ederken değiştirilebilir.
- Bakımları kolaydır.
- Her türlü ortamda rahatlıkla kullanılabilir (kirli, tozlu, nemli, yanıcı).
- Fazla yüklenildiklerinde yavaşlar ya da durur.
- Boyutları küçük ve hafiftir.
- Fiyatları ucuzdur.
- Değişik konumlarda çalışabilir.

3.2. Çeşitleri

3.2.1. Pistonlu Pnömatik Motorlar

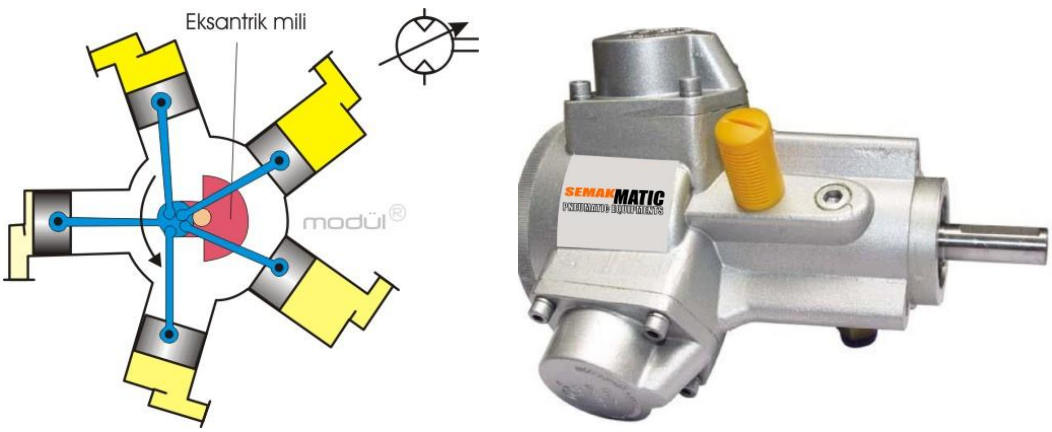
Belirli sayıdaki pistona basınçlı havanın kazandırdığı doğrusal hareketin, dairesel harekete dönüştürülmesi prensibine göre çalışır. Basınçlı hava sırayla silindirler içine girer ve pistonlara etki ederek dairesel hareket oluşturur. Radyal ve eksenel olmak üzere ikiye ayrılır.

3.2.1.1. Radyal Pistonlu Motor

Pistonlar hareket miline paralel yerleştirilmiştir. Dönme hareketi pistonlar tarafından eğik bir plaka vasıtasıyla oluşturulur. Piston sayısı 5 ya da daha fazladır (tek sayıda). Yükteki devir sayıları 2500-3000 dev/dak'dır. Güç aralığı 1,5~20 kW'dir. Kullanım alanı sınırlıdır.

3.2.1.2. Eksenel Pistonlu Motor

Pistonlar hareket miline dik olarak yerleştirilmiştir (Şekil. 57). Yüksek dönme momenti istenilen yerlerde kullanılır. Devir sayıları çok yüksek değildir. Silindir sayısı arttıkça daha düzenli çalışır. Devir sayıları yükte1000-1,500 dev/dak'dır.



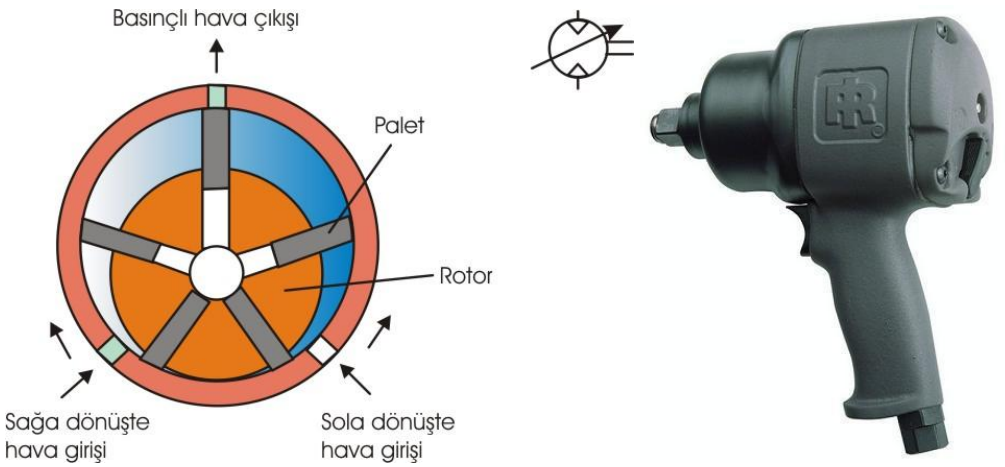
Şekil. 57. Radyal pistonlu pnömatik motor

Yüksek güçleri nedeniyle maden ocaklarında madenlerin parçalanmasında vb. yerlerde tercih edilen pnömatik motor tipidir.

3.2.2. Paletli Tip Pnömatik Motorlar

Endüstriyel sistemlerde çok kullanılan motor çeşididir. Düşük moment, yüksek dönüş hızı gereken durumlarda kullanılır. Yapıları basit ve hafiftir. Rotor adı verilen dönen kısım, gövde içine eksenden kaçık olarak yerleştirilmiştir ve paletlere yataklık yapmaktadır (Şekil. 57).

Paletler fiber gibi yumuşak malzemeden yapılır. Dönüş sırasında oluşan merkezkaç kuvvetten dolayı merkezden uzaklaşmaya çalışır. Gövde ile rotor arasındaki eksen kaçıklığına bağlı olarak merkezden dışarı ya da merkeze doğru hareket eder.

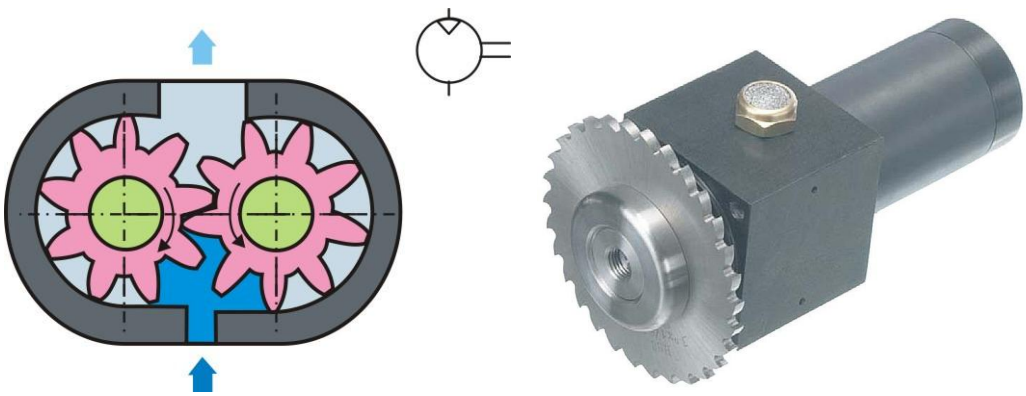


Şekil. 58: Paletli tip pnömatik motor

Eksantriklikten dolayı bir tarafta hacim genişlemesi, diğer tarafta ise hacim küçülmesi olur. İçeri giren basınçlı hava, rotoru hacim genişlemesi yönünde döndürerek dışarı atılır. Dönüş yönü değiştirilmek istenirse, hava diğer girişten gönderilir.

3.2.3. Dişli Tip Pnömatik Motorlar

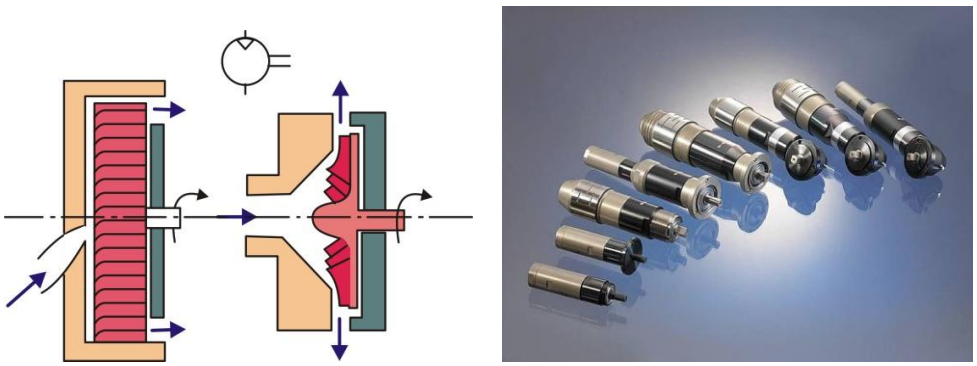
Birbirine hareket veren iki dişliden oluşmuştur. Basınçlı hava dişli çarklardan birini döndürür. Diğer dişli çark serbest olarak döner. Düşük devirli yüksek torkludur. Güçleri 45 kW gibi yüksek değerlere çıkabilir. Düz, helisel, V-dişli (çavuş) dişliler kullanılır. Büyük moment ihtiyacı olan yerlerde kullanılır.



Şekil. 59: Dişli tip pnömatik motor

3.2.4. Türbin Tipi Hava Motoru

Fazla güç istenmeyen yüksek devirli çalışmalarda kullanılır. Endüstriyel sistemlerde pek kullanılmaz. Dönme hızları 350.000 dev/dak'ya kadar çıkabilir. Havadaki kinetik enerjiden (yüksek akış hızı) yararlanılarak güç elde edilir.



Şekil. 60: Türbin tipi pnömatik motor

Makine ve imalat sektöründe yüksek dönüş hızı gereken yerlerde ve diş hekimlerince kullanılır. Diğer motorlarla kıyaslandığında çok daha küçük boyutlara sahiptir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen paletli tip pnömatik motoru sökerek iç yapısını kontrol ediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız takımları temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Motoru uygun tornavida ile sökerken vidaları düzenli bir şekilde bir bez parçasının üzerine koydunuz mu?		
2. Motor içerisindeki paletlerin rahat dönüp dönmediğini kontrol ettiniz mi?		
3. Rotorda boşluk olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
4. Gerekiyorsa dönen kısımlara ince bir tabaka gres yağı sürülerek aşınmanın önüne geçildi mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **“Hayır”** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **“Evet”** ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1- **……..e**lektrik akımının istenmediği durumlarda tercih edilir.
2- Pnömatik motorların …… ayarları sınırsızdır.
3- Pistonlu pnömatik motorlar belirli sayıdaki pistona …… kazandırdığı doğrusal hareketin, ……. harekete dönüştürülmesi prensibine göre çalışır.
4- Radyal pistonlu motorda dönme hareketi pistonlar tarafından …… vasıtasıyla oluşturulur.
5- Eksenel pistonlu motor …… istenilen yerlerde kullanılır.
6- Paletli tip pnömatik motorda …… dolayı bir tarafta hacim …… diğer tarafta ise hacim küçülmesi olur.
7- Büyük moment ihtiyacı olan yerlerde ……..motorlar kullanılır.
8- ……. makine ve imalat sektöründe yüksek dönüş hızı gereken yerlerde ve diş hekimlerince kullanılır.
9- Birbirine hareket veren iki dişliden oluşmuştur. Basınçlı hava …… birini döndürür. Diğer …….. serbest olarak döner.
10- …… motorlarda …… fiber gibi yumuşak malzemeden yapılır. Dönüş sırasında oluşan …… kuvvetten dolayı merkezden uzaklaşmaya çalışır. Gövde ile rotor arasındaki …….. kaçıklığına bağlı olarak merkezden …….ya da merkeze doğru hareket eder.

ÖĞRENME FAALİYETİ–4

AMAÇ

Pnömatik devrelerde kullanılan valhleri tanıyacak, valf çeşitlerinin kullanım yerlerini öğreneceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Makine ve otomasyon sektöründe faliyet gösteren iş yerlerini gezerek pnömatik valfler hakkında bilgi toplayınız ve bu bilgileri sınıfa getirerek arkadaşlarınızla paylaşın.

4. PNÖMATİK VALFLER

4.1. Görevleri

Havanın akışını durduran veya başlatan, akışın yönünü değiştiren, debi ve basınç değerlerini ayarlamaya yarayan devre elemanlarına "valf" adı verilir.

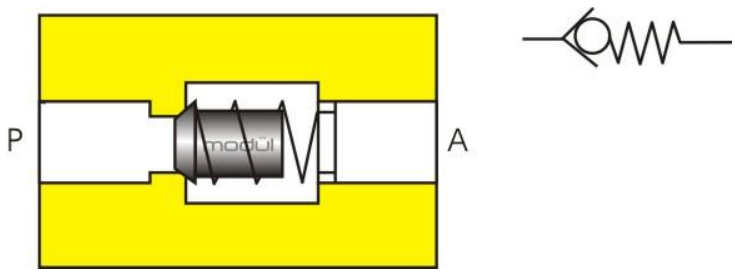
4.2. Çeşitleri



4.2.1. Akış Kontrol Valfleri (AKV)

4.2.1.1. Tek yönlü AKV' leri (çek valf)

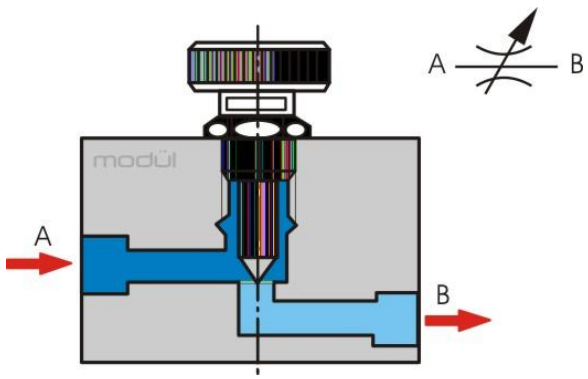
Akışın sadece tek yönde geçmesine izin verirken diğer yönden gelen akışı engeller. Tek yönlü yol gibidir. Kapama elemanı olarak konik elemanlar kullanılır. Konik kapama elemanı bir yay yardımıyla valfin kapalı kalmasını sağlar.



Şekil. 61. Çek valfin iç yapısı ve çalışma prensibi

4.2.1.2. Ayarlanabilen AKV' leri (kısma valfi)

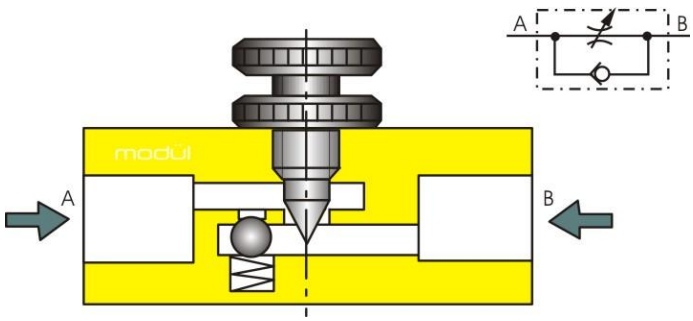
Pnömatik devrelerde silindir, motor vb. alıcıların hızlarını çift yönde ayarlamak amacıyla kullanılır. Alıcılara giden ya da alıcılardan çıkan yani her iki yöne geçen havanın debisini kontrol ettiği için "çift yönlü AKV" olarak adlandırılabilir.



Şekil. 62.Kısma valfi

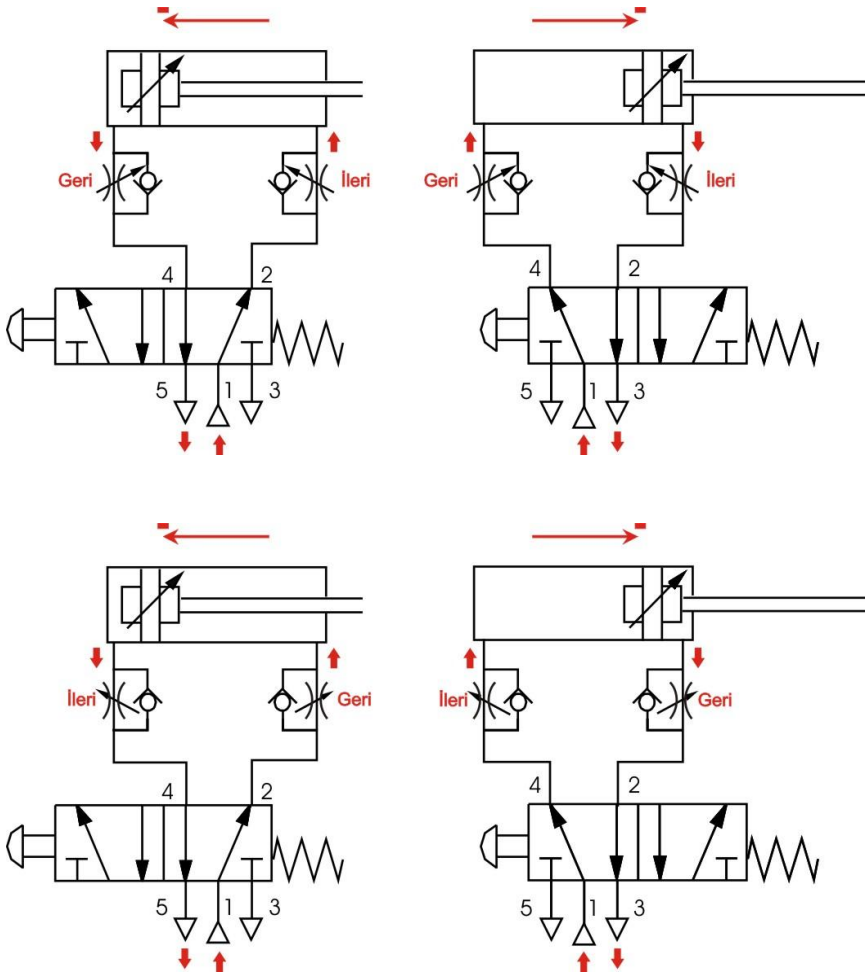
4.2.1.3. Çek valfli ayarlanabilen AKV' leri (Çekli Kısma):

Pnömatik devrelerde alıcıların hızlarını tek yönlü ayarlamak amacıyla kullanılır. Çek valf ve ayarlanabilir AKV' nden oluşur.



Şekil. 63. Çek valfli akış kontrol valfi

Şekil. 63'te görülen valfte soldan gelen akışkan hem çek valften hem de akış kontrol valfinden geçer. Bu yönde akışkanın geçişinde bir kısıtlama yoktur. Akışkan valfe sağdan gelirse çek valf kapalı olduğu için sadece AKV üzerinden geçer. Bu yönde akış kısılır. Tek yönde kısma yaptıkları için "Tek yönlü AKV" olarak adlandırılır. Kısma yaptıkları yönde etkili olup diğer yönde etkisizdir.



Şekil. 64. Çek valfli AKV ile 2 ayrı akış kontrol yöntemi

4.3. Yön Kontrol Valfleri

4.3.1. Görevi ve Adlandırılması

Hava geçişini sağlayan, havanın akış yönünü belirleyen, işi biten havanın havanın atmosfere atılmasını sağlayan devre elemanına "yön kontrol valfi (YKV)" denir. Yön kontrol valfleri boyut, kumanda, işlev olarak çeşitli şekillerde yapılır.

Yön kontrol valflerinin tanımlanmasında 3/2, 5/2 gibi rakamlar kullanılır. "ilk rakam valfin yol sayısını", "ikinci rakam valfin konum sayısını" belirtir.



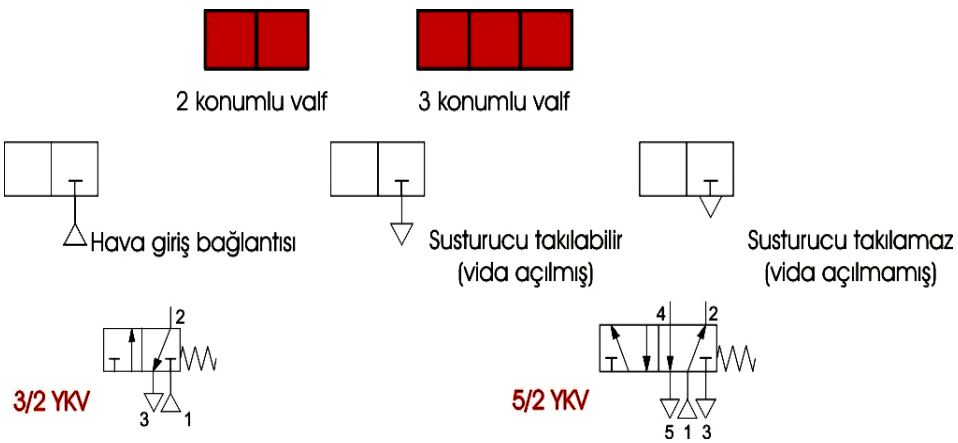
Şekil. 65: YKV' lerinin tanımlanması

Giriş, çıkış ve egzoz kapıları valfin yol sayısını belirler. Uyarı hatları dikkate alınmaz.

HATTIN ADI	RAKAMLA	HARFLE
Basınç hattı	1	P
İş (çalışma) hatları	2-4	A-B
Egzoz hatları	3-5	R-S
Sinyal hatları	10-12-14	X-Y-Z

Şekil. 66: Valf yollarının adlandırılması

Sembol çiziminde kullanılan karelerin sayısı valfin konum sayısını ifade eder. Şekil. 67'de görüldüğü gibi sembolde 2 kare kullanılmış ise bu valf 2 konumlu, 3 kare kullanılmış ise 3 konumludur. YKV' leri en az 2 konumludur. Pnömatik sistemlerde 2 konumlu valfler çok kullanılır. 3 konumlu valflerin kullanım alanı sınırlıdır. 4 ya da daha fazla konuma sahip valfler pek kullanılmaz. Ok yönleri valften geçen havanın akış yönünü belirler. Ok yönünün tersinden de geçiş olabilir.



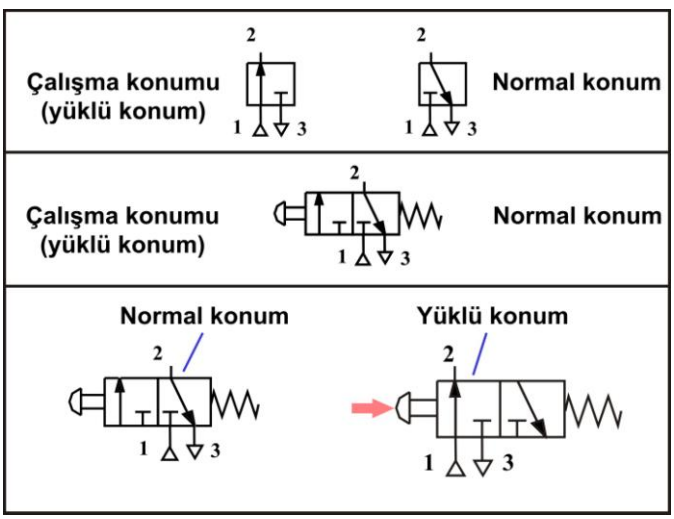
Şekil. 67: Konum sayısı ve yol sayısı

4.3.2. Çeşitleri



4.3.3. Konum Türleri

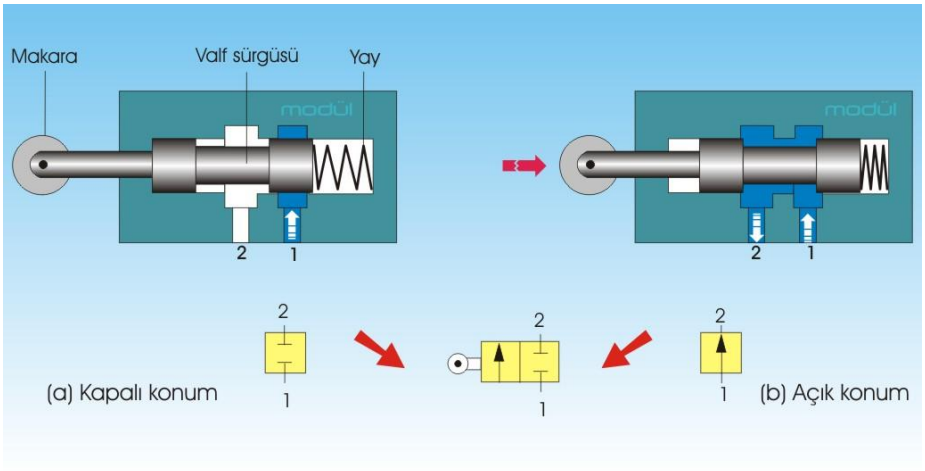
Bir YKV normal konum ve yüklü konum (çalışma konumu) olmak üzere en az iki konuma sahiptir. Şekil. 68'de görülen valfin normal konumunda hava geçemez. Çıkış tarafından yani iş hatlarından gelen hava egzozdan dışarı atılmaktadır. Valf yüklü konuma alındığında hava geçişi sağlanır. Bu konumda egzoz hattı kapalıdır.



Şekil. 68: Normal konum ve yüklü konum

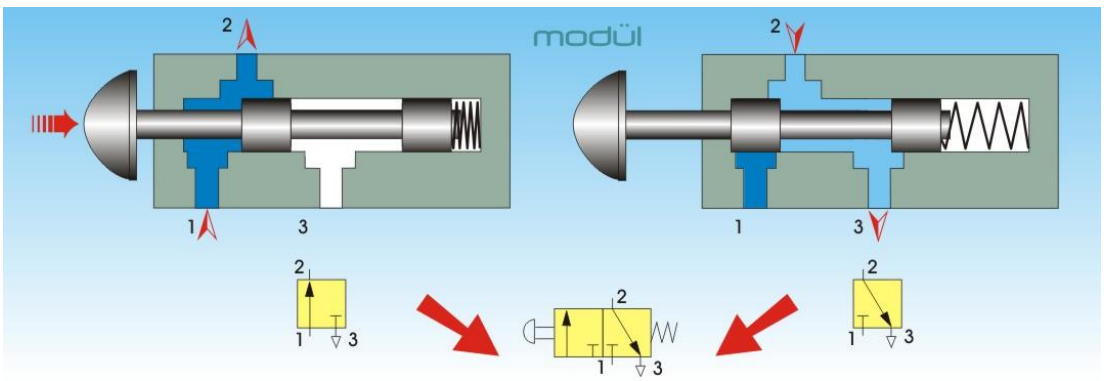
4.3.4. Çalışma Sistemleri

2/2 YKV'leri: Hava hatlarında akışın durdurulması ya da başlatılması gereken yerlerde, açma ve kapama amacıyla kullanılır. Bir giriş ve bir çıkış olmak üzere 2 yol, açık ve kapalı olmak üzere 2 konuma sahiptir.



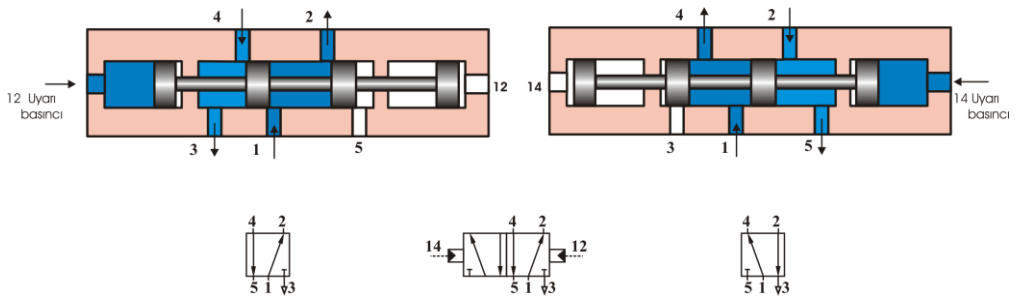
Şekil. 69: 2/2 YKV' nin iç yapısı

3/2 YKV'leri: 2/2 YKV'den farkı, egzoz hattının olmasıdır. Hava akışının başlatılması ve durdurulmasının yanı sıra çıkış hattındaki havanın egzozdan boşaltılmasını sağlar. Şartlandırıcı girişlerinde, tek etkili silindirlerin çalıştırılmasında vb. yerlerde kullanılır. Giriş ve çıkışları değiştirilerek normalde açık ya da normalde kapalı olarak kullanılabilir.



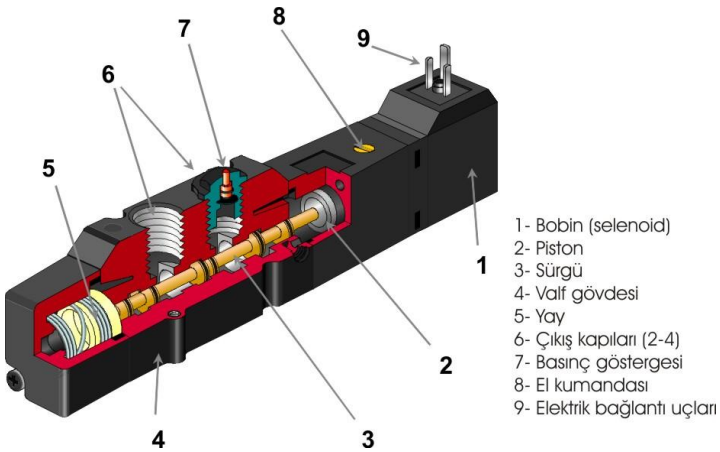
Şekil. 70: 3/2 YKV'nin iç yapısı

5/2 YKV'leri: Pnömatik devrelerde en fazla kullanılan valf türüdür. İki adet çıkışa sahiptir. Bu nedenle çift etkili silindirlerin ve pnömatik motorların çalıştırılmasında kullanılır. Hidrolik devrelerde kullanılan 4/2 valfe karşılık gelir.



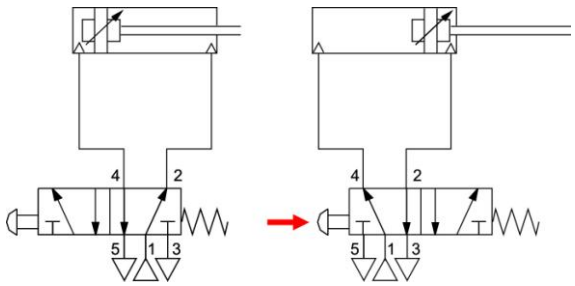
Şekil. 71: 5/2 YKV'nin iç yapısı

5 Yollu valflerin diğer valflerden bir başka farkı ise 2 adet egzoz çıkışına sahip olmasıdır. Valfin her konumunda farklı kapılardan egzoz yapılır; böylece valfin yapımı ve havanın dışarı atılması kolaylaşır.



Şekil. 72: Bobin kumandalı 5/2 YKV (Norgren)

Şekilde çift etkili silindirin çalıştırılmasıyla ilgili bir örnek görülmektedir. Silindiri hareket ettirebilmek için bir ucundan hava gönderirken diğer taraftaki havayı dışarı atmak gerekir. Bu işlem sırayla yapıldığında silindir ileri ve geri hareket eder.



Şekil. 73: Çift etkili silindirin çalıştırılması

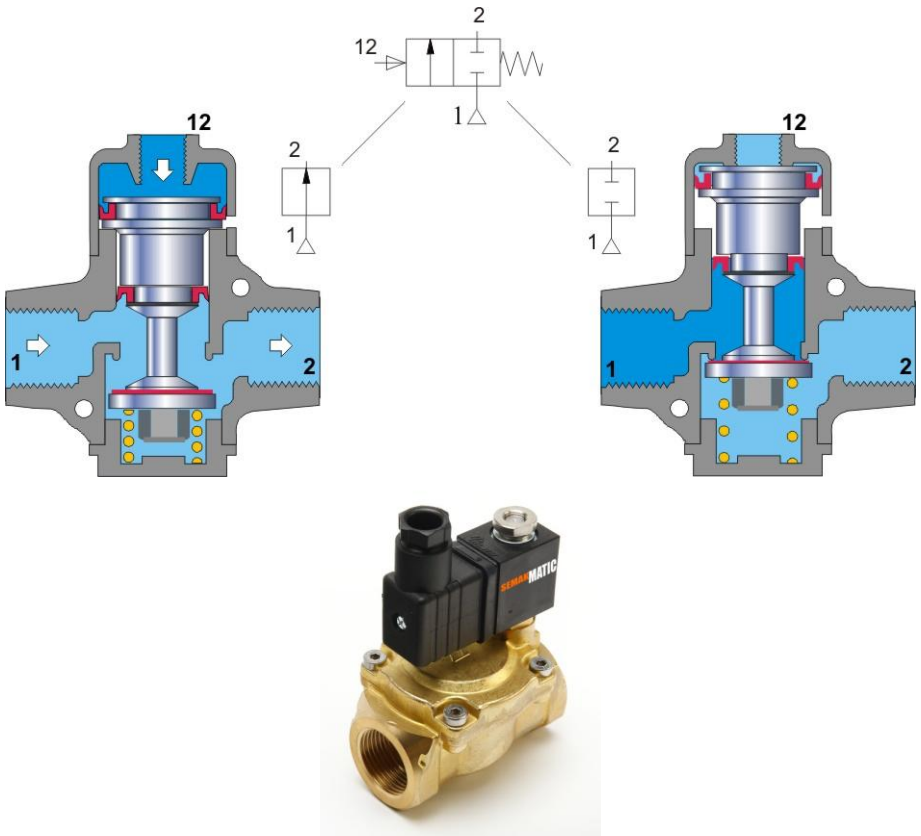
4.3.5. İç Yapıları

4.3.5.1. Sürgülü Valfler

Şu ana kadar YKV'leri ile ilgili verdiğimiz örneklerin tümünde sürgülü valfler kullanıldı. Sürgülü valfler kirliliğe karşı hassas olmasına rağmen çok kullanılır. Özellikle yol ve konum sayısı arttıkça yani valf karmaşık hale gelince sürgülü valfler iyi bir çözümdür.

4.3.5.2. Oturtmalı Valfler

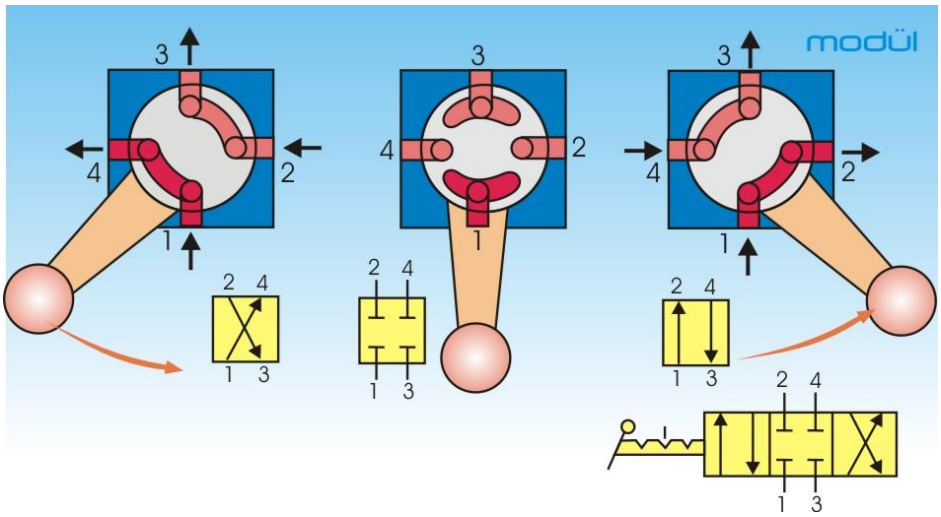
Çalışma sistemi sürgülü valflere benzer. Sızıntı oranlarının düşük, yapımlarının kolay olması nedeniyle birçok uygulamada tercih edilir. Genelde 2 ya da 3 yollu ve 2 konumlu valflerde kullanılır. Yol ve konum sayısı arttıkça cevap verebilmesi güçleşir.



Şekil.74: 2/2 Hava ve bobin kumandalı oturtmalı tip YKV

4.3.5.3. Plaka Tipi Valfler

Normal çalışma basınçlarında sızıntı oranlarının yüksek olması nedeniyle tercih edilmez. 2 adet plakanın birbiri üzerinde hareket etmesiyle çalışır. Özel uygulamalarda, iş makinelerinde vb. yerlerde kullanılır.



Şekil. 75: Plaka tipi YKV

4.3.5.4. Küresel Valfler

Tüm pnömatik sistemlerde, açma kapama amacıyla kullanılır. Valfin içinde bulunan bilyenin (küresel eleman) bir kol yardımıyla döndürülmesi sonucu çalışır. Bilye yüzeyi ve bilyenin yatağı hassas olarak işlenmeli ve yüzey kalitesi yüksek olmalıdır. Kirliliğe karşı hassastır. Valfin sızdırmazlığı bilye ile yatak arasındaki boşluğa bağlıdır ve çok dar toleranslarla işlenmelidir.

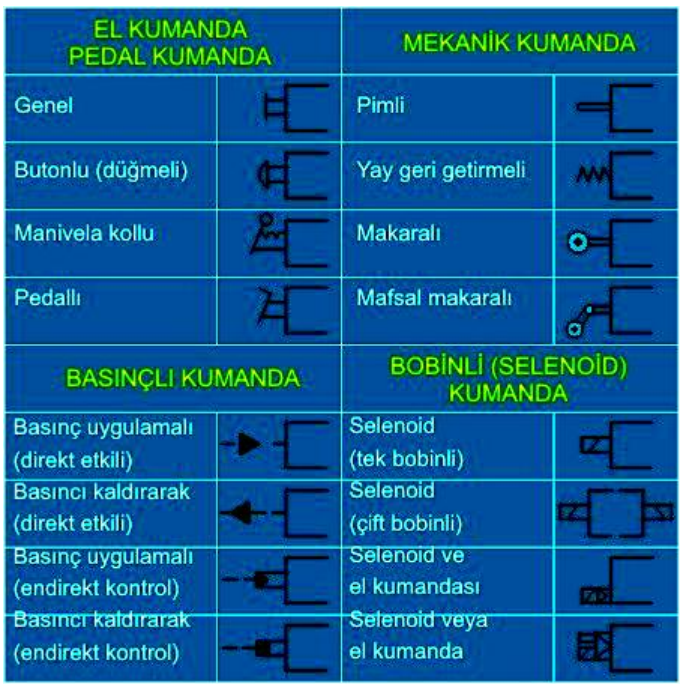


Şekil. 76: Küresel tip YKV

Valfin kolu akış doğrultusu ile aynı olduğunda valf açık demektir. Hem düşük hem de yüksek basınç değerlerinde kullanılabilir. Yüksek basınçlarda kullanılacak türlerin yapımı zor olduğu için fiyatları yüksektir.

4.3.6. Kumanda Çeşitleri

YKV'lerinin konum değiştirme şekline "kumanda" adı verilir. Endüstriyel uygulamalarda bobin kumandalı valfler diğer kumanda türlerine göre daha çok kullanılır. Şekilde açıklanan kumanda türlerinden ikisi aynı anda bir YKV üzerinde uygulanabilir. Bu tip kumanda "birleşik kumanda" olarak adlandırılır.



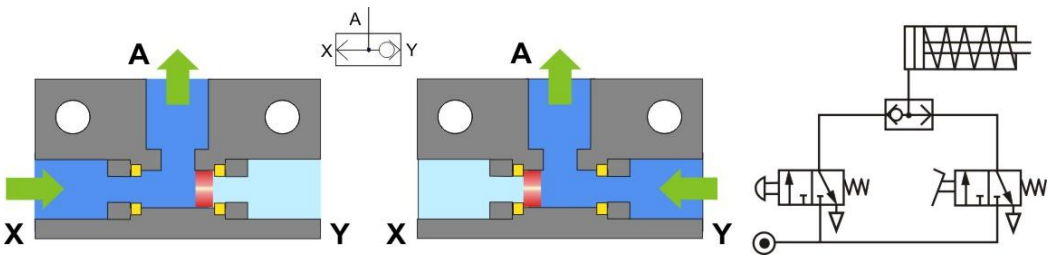
Şekil. 77: Kumanda türleri

4.3.7. Özel Yön Kontrol Valfleri

"Mantık" valfleri olarak da adlandırılan bu tip valfler mantıksal ya da özel uygulamalarda kullanılır. Birden fazla valf birleştirilerek özel valf haline getirilebilir.

4.3.7.1. VEYA Valfleri

İki veya daha fazla kumanda gereken uygulamalarda ya da "VEYA" mantığının gerektiği yerlerde kullanılır. İki giriş, bir çıkış olmak üzere toplam üç adet bağlantı kapısı vardır. Veya valfinden çıkış alabilmek için uyarının X'ten veya Y'den verilmesi gerekir.

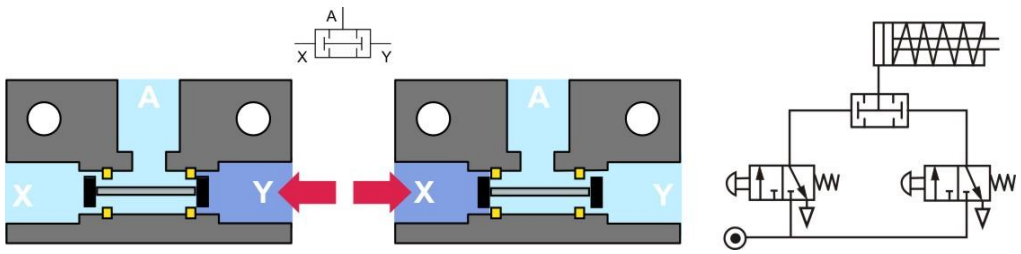


Şekil. 78: VEYA valfi

Şekil. 78'de görülen pnömatik devrede tek etkili silindirin pedalla ya da elle çalıştırılması görülüyor. VEYA valfi 3/2 YKV'lerinden birine kumanda edildiğinde havanın diğer valfin egzozundan dışarı atılmasını önler.

4.3.7.2. VE Valfleri

"VE" mantığı gereken uygulamalarda ve genel olarak güvenlik amacıyla kullanılan valf türüdür. Yapı olarak "VEYA" valfine benzer. İkisi uyarı, biri çıkış olmak üzere üç bağlantı kapısı vardır.



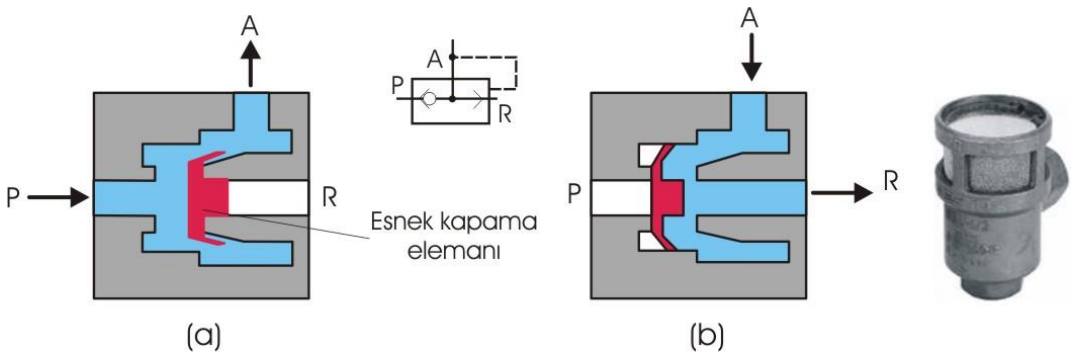
Şekil. 79: VE valfi

"Y" hattından uyarı gönderilecek olursa, sürgü hava girişini kapatır ve uyarı geçemez "X" hattından uyarı gönderilecek olursa, sürgü hava geçişine izin vermez. "VE" valfinden çıkış alabilmenin tek şartı, uyarının "X"ten ve "Y"den verilmesidir.

Şekilde görülen devre pnömatik prese aittir. İşçinin elini presin altında unutmaması için devre iki valfle çalıştırılıyor. Valflerden sadece bir tanesi uyarılacak olursa pres çalışmaz. Presin çalışabilmesi için iki valfe de basılması gerekir.

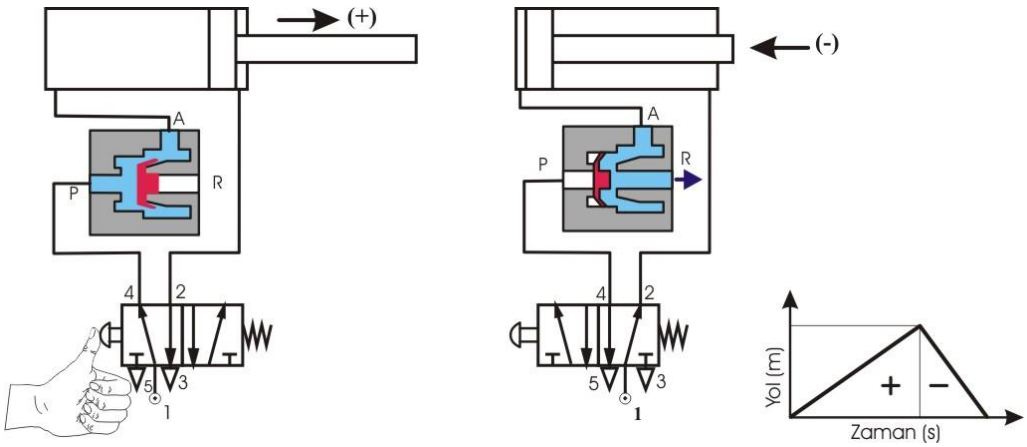
4.3.7.3. Çabuk Boşaltma (egzoz) Valfleri

Silindirde işini bitiren hava YKV üzerinden dolaştırılarak atmosfere bırakılır. Egzoz adı verilen bu işlem sırasında hortumlar ve YKV'leri bir kısıcı gibi davranır ve havanın dışarı atılmasını zorlaştırdığı için silindirin yavaş çalışmasına neden olur.



Şekil. 80. Çabuk boşaltma valfi

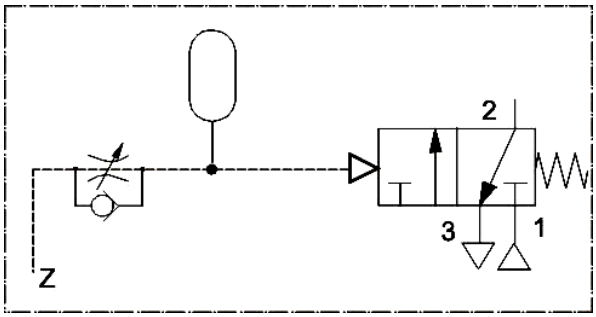
Çabuk atık valfleri havanın dışarı atılması sırasında yön kontrol valfini devre dışı bırakır. Silindirden çıkıp YKV' ne gidecek olan hava çabuk atık valfi üzerinden dışarı atılır. Çabuk atık valfinden çıkan havanın gürültü yapmaması için çabuk atık valfi üzerine susturucu eklenir. Çabuk boşaltma valfleri doğrudan silindir girişine bağlanmalıdır. Çabuk atık valfinin silindire hava girişi sırasında hiç bir etkisi yoktur.



Şekil. 81: Çabuk boşaltma valfinin silindir üzerinde kullanılması

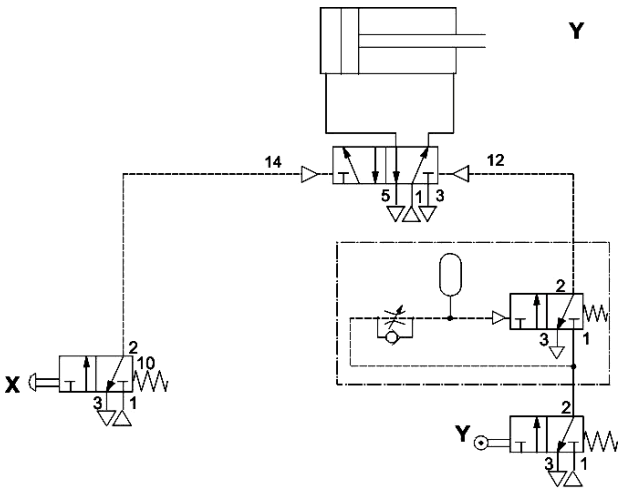
4.3.7.4. Zaman geciktirme valfleri (pnömatik zaman rölesi)

Pnömatik uyarıların geciktirilmesi amacıyla kullanılır. Çek valfli akış kontrol valfi, tank, 3/2 YKV (normalde açık ya da normalde kapalı) olmak üzere üç elemanın birleşmesinden oluşur. Pnömatik zaman rölesini kendi imkânlarımızla yapabiliriz. 3/2 YKV ve çek valfli akış kontrol valfini hazır olarak alıp tank yerine uzun ya da büyük çaplı bir hortum kullanabiliriz.



Şekil. 82. Zaman rölesinin sembolü

Akış kontrol valfi üzerinde bulunan ayar vidası zamanı ayarlamak için kullanılır. Kullanılan havanın temizliği ve basıncına bağlı olarak hassasiyet değişir. Şekil. 83'teki devrede çift etkili silindirin gecikmeli olarak geri gelmesi sağlanmıştır. 12 uyarısı, zaman rölesi kullanarak "t" süresi kadar geciktirilmiştir. Gecikme süresi ayar vidası yardımıyla ayarlanır.

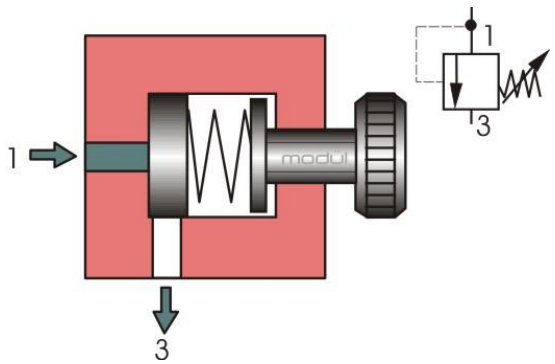


Şekil. 83. Zaman rölesinin kullanılması

4.4. Basınç Kontrol Valfleri (BKV)

4.4.1. Basınç sınırlama valfi (emniyet valfi)

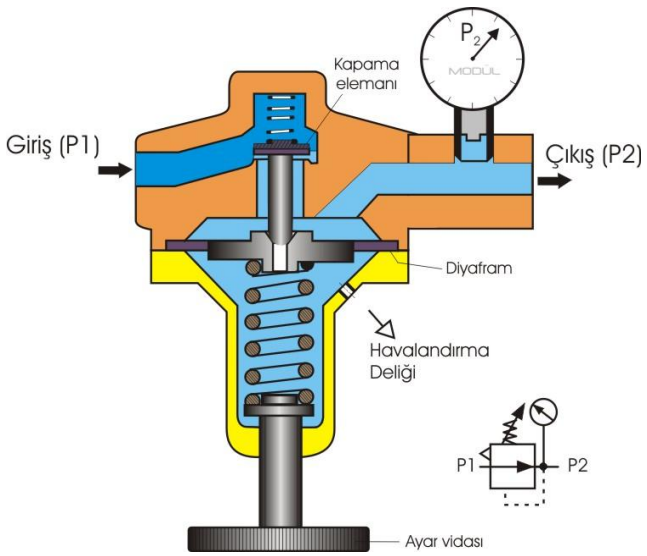
Pnömatik sistemlerde devre elemanlarının yüksek basınçlardan korunması amacıyla kullanılır. Hava kazanları bu valfin kullanımına örnek olarak verilebilir. Basınç değeri valf üzerinde bulunan ayar vidası yardımıyla ayarlanır. Normalde kapalı olan valf, basınç ayarlanan değere ulaştığında açılır ve havanın dışarı atılmasını sağlar. Basınç düştüğünde valf kapalı konuma geçer.



Şekil. 84. Basınç sınırlama valfi

4.4.2. Basınç Ayar Valfi (kapama valfi)

Devre elemanlarının basınçlarını ayarlamak amacıyla kullanılır. Normalde kapalı olan bu valfler gelen havanın geçişine izin verir. Çıkış basıncı (P2) ayarlanan değere ulaştığında açık konumdan kapalı konuma geçer. Şartlandırıcı konusunda anlattığımız basınç ayarlayıcı (regülatör) ile aynıdır. Tek farkı şartlandırıcıdan sonra kullanılmasıdır. Farklı basınç istenen yerlerde kullanılır.

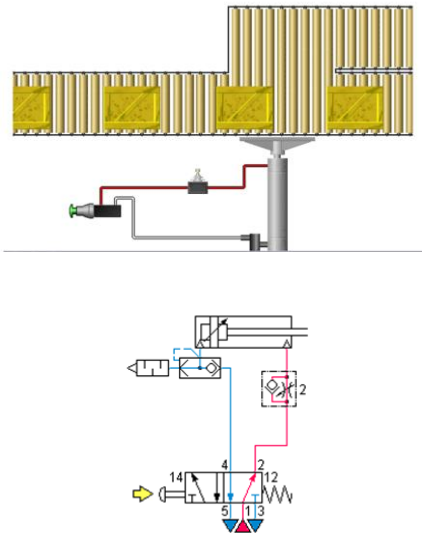


Şekil. 85. Basınç ayarlayıcı

P1 Basıncında gelen hava, basınç ayar valvinden geçer. Büyük yay valfi açık durumda tutmaktadır. Çıkış tarafında basınç arttığında diyaframa uygulanan kuvvet artar ve yay sıkıştırılır. Kapama elemanı aşağı hareket ederek hava geçişini durdurur. Çıkış tarafında basınç düştüğünde valf açılır ve hava geçişine izin verir. Manometre çıkış basıncını (P2) gösterir. En altta bulunan ayar vidası ile çıkış basıncı arttırılır ya da azaltılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen sandık kaldırma devresini kurunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Devreyi kurarken pistonun yastıklamalı olmasına dikkat ettiniz mi?		
2. Hortumların bağlantılarını sağlam yaptınız mı?		
3. Valfleri özelliklerine göre kullandınız mı?		
4. Devrede emniyet valfinin yerini doğru belirlediniz mi?		
5. Kompresör basıncı uygun mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1- Ayarlanabilen valfler pnömatik devrelerde silindir, motor vb. alıcıların hızlarını …….. ayarlamak amacıyla kullanılır.

2- ……. pnömatik devrelerde alıcıların hızlarını tek yönlü ayarlamak amacıyla kullanılır.

3- Hava geçişini sağlayan, havanın akış yönünü belirleyen, işi biten havanın havanın atmosfere atılmasını sağlayan devre elemanına ……denir.

4- Sembol çiziminde kullanılan karelerin sayısı ……. sayısını ifade eder.

5- Valf yüklü konuma alındığında hava geçişi sağlanır. Bu konumda ……kapalıdır.

6- 3/2 YKV' lerinin 2/2 YKV'den farkı, …… hattının olmasıdır. Hava akışının başlatılması ve durdurulmasının yanı sıra …….hattındaki havanın ……. boşaltılmasını sağlar.

7- 5/2 YKV'leri çift etkili silindirlerin ve …….. çalıştırılmasında kullanılır.

8- 5 Yollu valflerin diğer valflerden bir başka farkı ise 2 adet …… sahip olmasıdır.

9- …… normal çalışma basınçlarında sızıntı oranlarının yüksek olması nedeniyle tercih edilmez.

10- Basınç ayar valfi (kapama valfi) devre elemanlarının ……. amacıyla kullanılır. Normalde kapalı olan bu valfler gelen havanın geçişine izin verir.

ÖĞRENME FAALİYETİ–5

AMAÇ

Pnömatik devre kurmayı ve çizilmiş devrenin çalışmasını öğreneceksiniz.

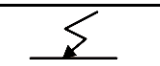
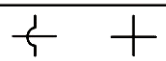
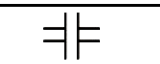
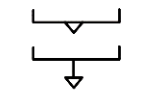
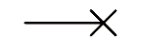
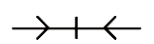
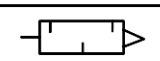
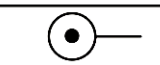
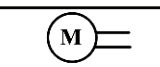
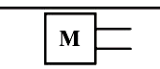
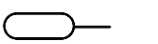
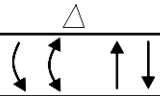
ARAŞTIRMA

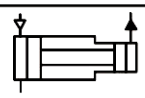
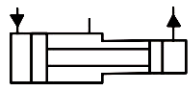
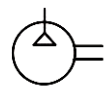
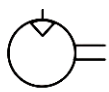
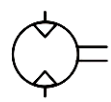
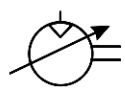
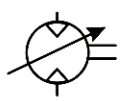
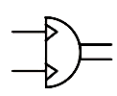
- Makine ve otomasyon sektöründe faliyet gösteren iş yerlerini gezerek pnömatik devreler hakkında bilgi toplayınız ve bu bilgileri sınıfa getirerek arkadaşlarınızla paylaşın

5. PNÖMATİK DEVRE ÇİZİMİ

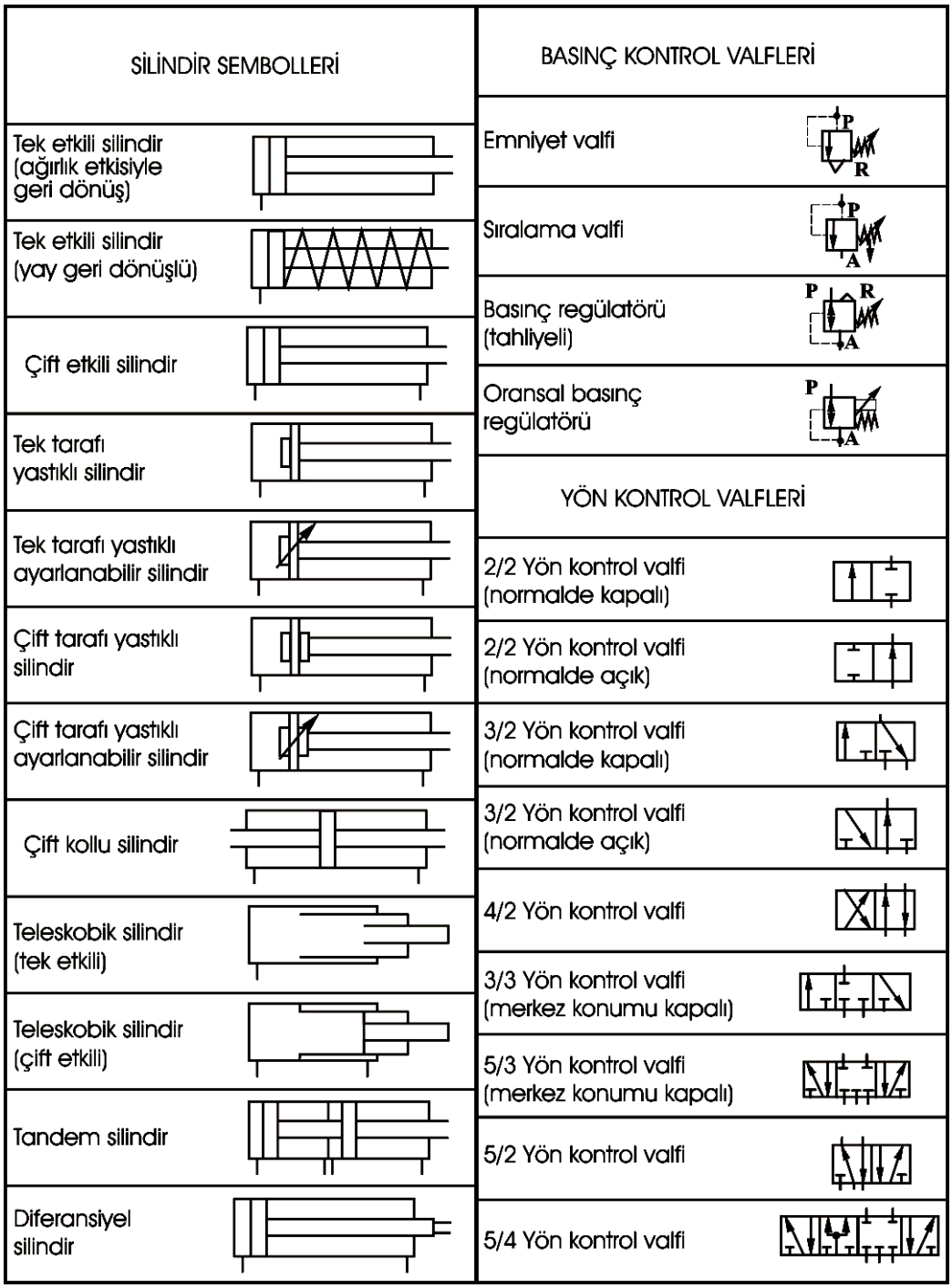
5.1. Pnömatik Devre Elemanlarının Simgeleri

Pnömatik devre elemanlarının simgeleri ve anlamları aşağıda şemada gösterilmiştir.

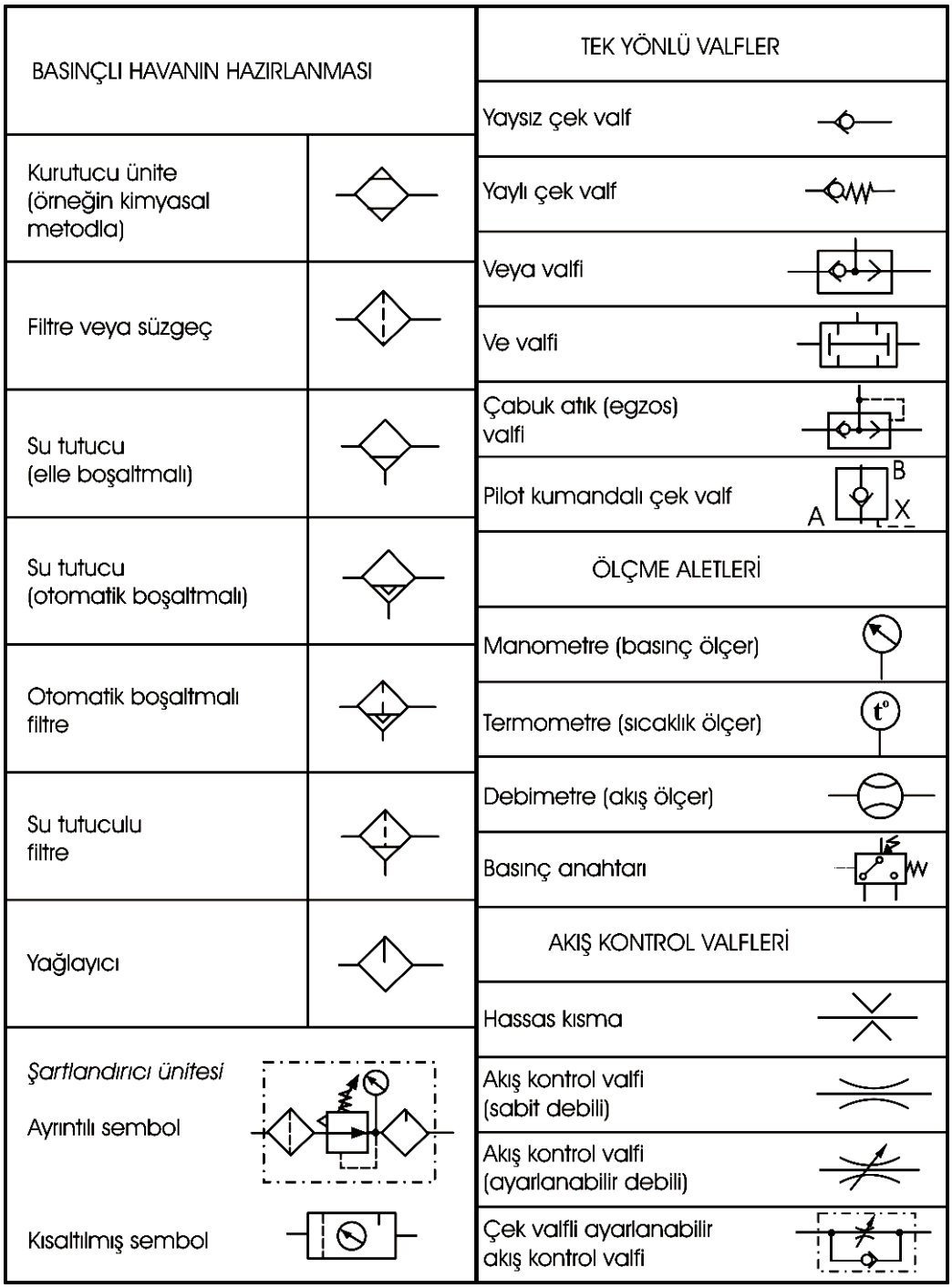
ENERJİ NAKLİ VE DÜZENLENMESİ	
Çalışma hattı. dönüş hattı, besleme hattı	
Pilot (uyarı, sinyal) hattı	
Sızıntı hattı	
Esnek boru (hortum)	
Elektrik hattı	
Boru hattı bağlantısı	
Boru hattı çakışması	
Kavrama	
Atık hava yolu Bağlantı için özel bir tertibat yok. Bağlantı için vida açılmış.	
Kör tapa	
Bağlantı yapılabilir	
Çabuk bağlantı elemanı	
Susturucu	
Basınç kaynağı	
Kapama valfi	
Elektrik motoru	
İçten yanmalı motor	
Hava tankı	
Hidrolik Pnömatik	
Dönüş yönü-Akış yönü	

HİDRO-PNÖMATİK SEMBOLLER	
Basınç arttırıcı iki farklı akışkan (hava-yağ)	
Basınç arttırıcı (yükseltici) aynı tür akışkan	
Hidro-pnömatik dönüştürücü	
BASINÇLI HAVANIN ELDE EDİLMESİ VE PNÖMATİK MOTORLAR	
Kompresör	
Vakum pompası	
Tek yönlü hava motoru	
Çift yönlü hava motoru	
Tek yönlü hava motoru (değişken kapasiteli)	
Çift yönlü hava motoru (değişken kapasiteli)	
Döner silindir (salınımlı hava motoru)	

Şekil. 86. Pnömatik semboller



Şekil. 87. Pnömatik semboller



Şekil. 88. Pnömatik semboller

5.2. Pnömatik Devre Şemalarının Çizimi

Pnömatik devre şemalarının çiziminde standart semboller kullanılır. Standartlar, belirli bir mantıkla hazırlanmıştır. Uluslararası standart ISO 1219'da düzenlenmiştir.

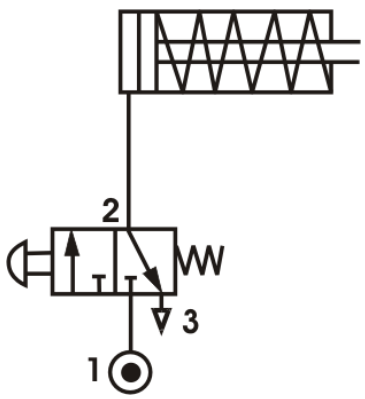
Devre şemalarının çiziminde aşağıdaki kurallara uyulmalıdır.

- Çalışma hatları sürekli çizgi, uyarı hatları kesik çizgiler ile çizilir.
- Devre çizimlerinde elemanların konumu ve büyüklükleri dikkate alınmaz.
- Aynı görevi gören elemanlar eşit seviyede çizilmelidir.
- Hatların kesişimi (+) işareti ile hatların birleşimi (+) işareti ile belirtilir.
- Enerji geçişi aşağıdan yukarıya doğrudur; buna göre havayı üreten ve hazırlayan birimler altta, kumanda ve kontrol elemanları ortada, alıcılar üste gelecek şekilde çizilir.

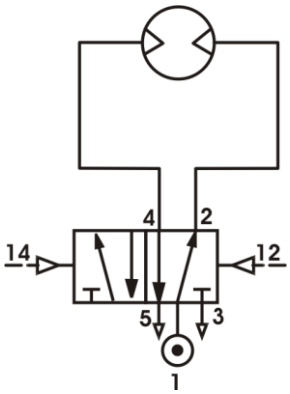
5.3. Örnek Devre Şemalarının İncelenmesi

5.3.1. Tek Etkili Silindirin Çalıştırılması

Silindirin tek hava girişi olduğu için tek çıkışlı bir valfle çalıştırılması mümkündür. Valf, normalde kapalı olduğu için silindir yay yardımıyla geri konumda durmaktadır. Valf butonuna basıldığında valf kapalı konumdan açık konuma geçer. Valften geçen hava silindir içerisine girer ve ileri hareketi sağlar. Şekil. 89'daki pnömatik devre şemasında, tek etkili bir silindirin çalıştırılması görülmektedir.



Şekil. 89: Tek etkili silindirin çalıştırılması



Şekil. 90: Pnömatik motorun çalıştırılması

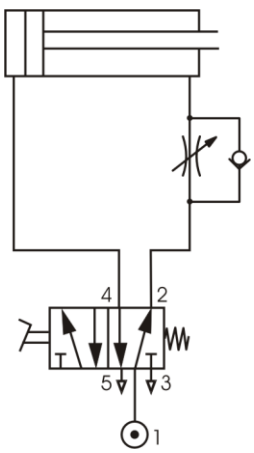
5.3.2. Çift Yönlü Pnömatik Motorun Çalıştırılması

Çift yönlü pnömatik motorun çalıştırılmasında 5/2 YKV kullanılır. Şekil. 90'daki devre şeması, çift yönlü pnömatik bir motorun 5/2 YKV ile çalıştırılmasını göstermektedir. Burada kullanılan çift hava uyarılı bir valftir. Bu valfin bir özelliği gönderilen uyarı kesilse bile valfin konum değiştirmemesidir. Valfi önceki konuma getirebilmek için diğer taraftan uyarının gönderilmesi gerekir.

14 uyarısı gönderildiğinde motor bir yönde dönerken 12 uyarısı gönderildiğinde ters yönde döner. Gönderilen uyarılar kesilse bile motor dönmeye devam eder.

5.3.3. Çift etkili silindirin ileri hareketinin yavaşlatılması

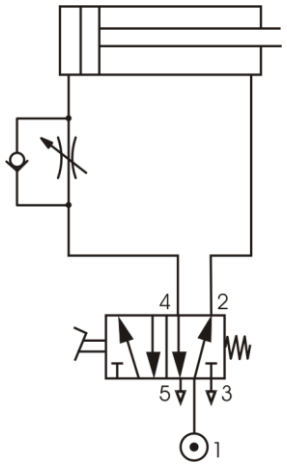
Şekil. 91'deki devre şemasında silindirin sağ girişinde çek valfli akış kontrol valfi kullanılmıştır. Silindire girişte hava çek valfi açar. Herhangi bir kısıtlama olmadığı için hava serbesçe silindir içerisine girer. Hava silindirden kısılarak çıkmaktadır. Silindirin ileri hareketi yavaşlarken geri hareket hızlıdır.



Şekil. 91: İleri hareketin ayarlanması

5.3.4. Çift Etkili Silindirin Geri Hareketinin Yavaşlatılması

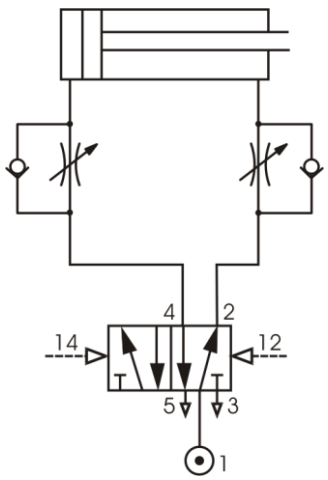
Şekil. 92'deki devre şemasında, silindirin sol girişinde çek valfli akış kontrol valfi kullanılmıştır. Silindire girişte hava çek valfi açar. Herhangi bir kısıtlama olmadığı için hava serbesçe silindir içine girer. Silindirden çıkan hava ise kısılarak çıkmaktadır. Silindirin geri hareketi yavaşlarken ileri hareket hızlıdır.



Şekil. 92: Geri hareketin ayarlanması.

5.3.4. Çift etkili silindirin ileri ve geri hareketinin yavaşlatılması

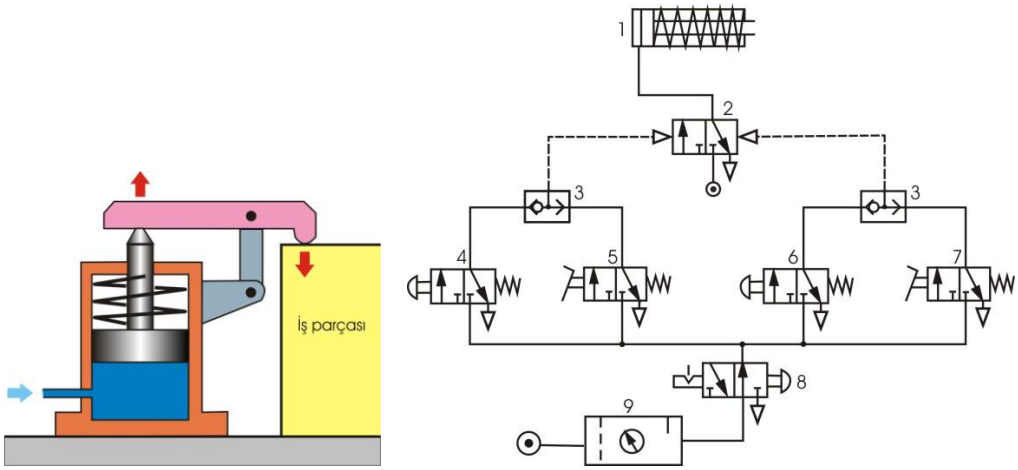
Şekil. 93' teki devre şemasında, silindirin hem sağ girişinde hem de sol girişinde çek valfli akış kontrol valfi kullanılmıştır. Soldaki akış kontrol valfi geri hareketi, sağdaki akış kontrol valfi ise ileri hareketi etkiler. Silindirin ileri ve geri hareket hızları birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilir.



Şekil. 93: İleri geri hareketin ayarlanması

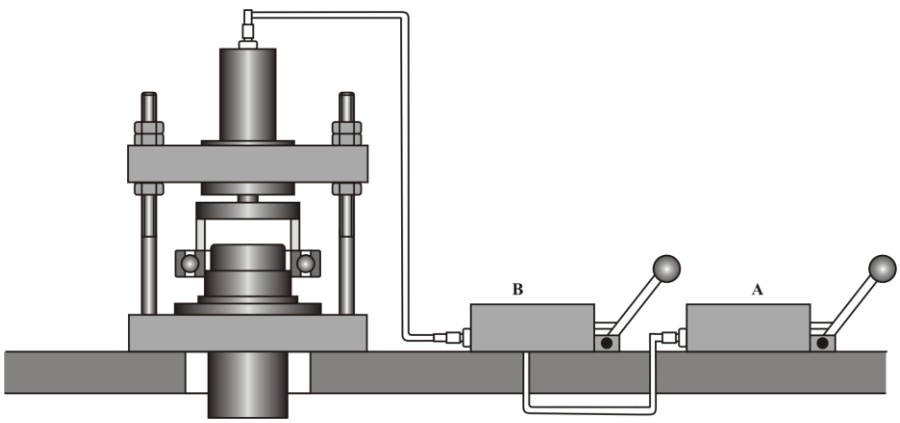
5.3.5. Bağlama Düzeneği

İş parçasının bağlanması için kullanılan düzenekte bağlama işlemini tek etkili silindir gerçekleştiriyor. Sıkma kuvvetini arttırmak için silindirin önünde bağlama pabucu kullanılmıştır. Silindirin hareketini kontrol eden 2 no'lu valf konum değiştirdiğinde silindir ileri, diğer konuma alındığında geri hareket eder.



Şekil. 94: Bağlama düzeneği

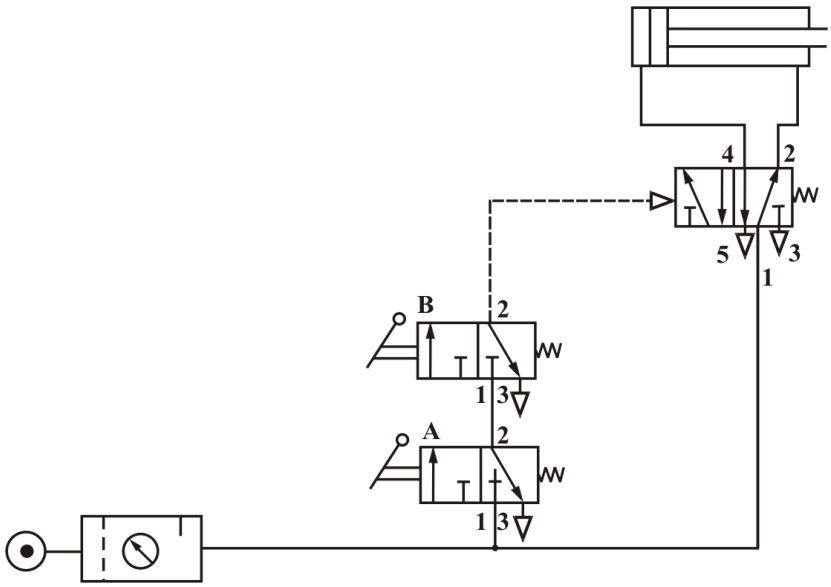
Bağlama işlemi 4 veya 5 no'lu valflerden, sökme işlemi 6 veya 7 no'lu valflerden yapılır. 3 no'lu veya valfleri, bağlama ve sökme işleminde el veya ayak kumandasının kullanılabilmesini sağlar.



Şekil. 95: Rulman çakma aparatı

5.3.7. Rulman Çakma Aparatı

Seri üretimde miller üzerine rulman çakmak amacıyla kullanılır. Çakma işleminde çift etkili bir silindir kullanılmaktadır. Silindir 5/2 YKV ile çalıştırılıyor. İşçinin elini sıkıştırmaması için silindirin 2 ayrı yerden çalıştırılması gerekiyor. A ve B valfleri konum değiştirdiğinde 5/2 YKV'ye kumanda sinyali gönderilir. Valfin konum değiştirmesiyle silindir aşağı doğru hareket ederek işlemi gerçekleştirir. A ve B valflerinin kolları serbest bırakıldığında 5/2 valfe giden uyarı kesileceği için silindir geri hareket eder.

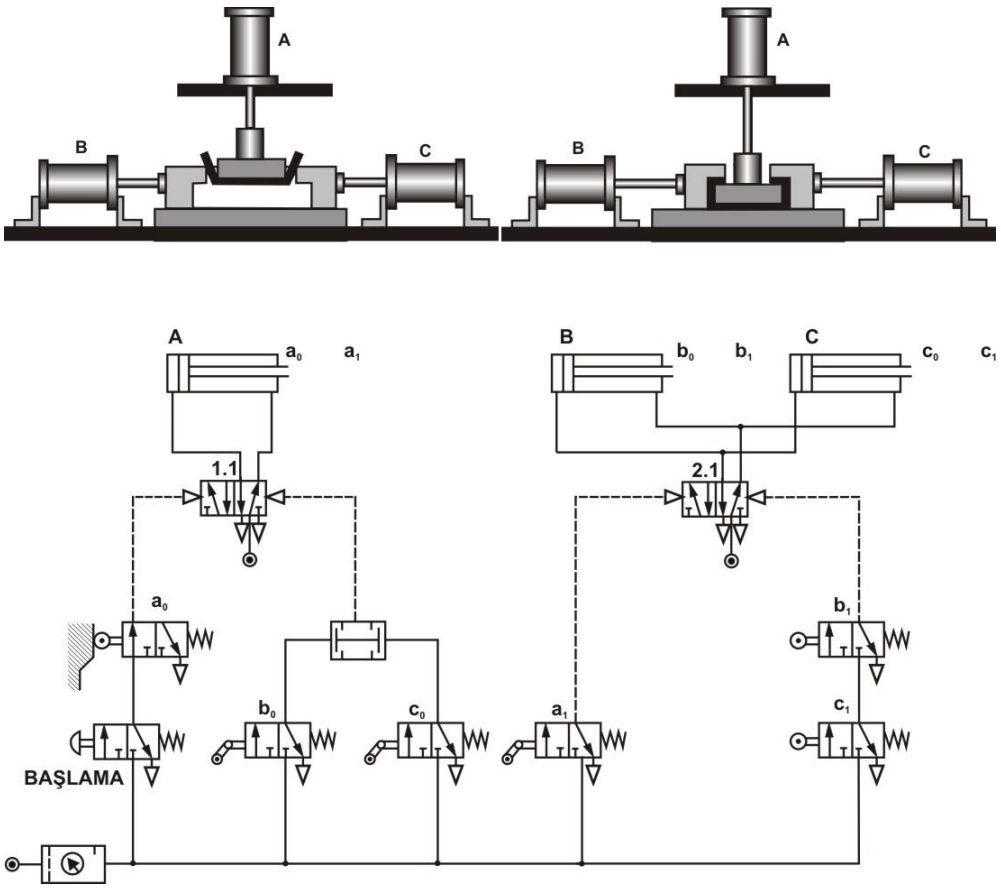


Şekil. 96: Rulman çakma aparatı devre şeması.

A ve B valflerinden sadece birinin koluna bastırılacak olursa devre çalışmaz. Devrenin çalışması için her iki kola kumanda kuvveti uygulanmalıdır.

5.3.8. Bükme Aparatı

Bükme işlemine önce A silindiri başlar. A silindiri bükme işlemini bitirdiği anda B ve C silindirleri bükme işlemine başlar. B ve C silindirleri bükme işlemini bitirince, geri konuma gelirler. B ve C silindirleri geri konuma geldikten sonra, A silindiri geriye gelir. Böylece, bir çevrim tamamlanır.



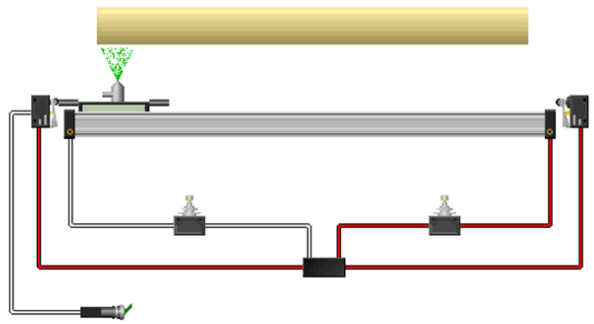
Şekil. 97: Bükme aparatı ve pnömatik devre şeması

Başlama butonuna basıldığında A silindiri ileri (+) hareket yapar. A silindiri (+) hareket yaptığında, a1 mafsal makaralı valfin konumunu değiştirir ve a1 valfi 2.1 valfine uyarı sinyali gönderir. Valf konum değiştirir. B ve C silindirleri (+) hareket yapar ve b1-c1 makaralı valfleri konum değiştirir. Bu iki valf birbirlerine seri bağlanmıştır. Her iki valf konum değiştirdiğinde 2.1 valfine uyarı sinyali gönderir. B ve C silindirleri (-) hareket yapar. İki silindir geri konuma geldiğinde, co ve bo mafsal makaralı valflerin konumunu değiştirir. Bu valfler bir "VE" valfi yardımıyla seri hale getirilmiştir. Her iki valf konum değiştirdiğinde 1.1 valfine uyarı sinyali göndererek A silindirinin (-) hareket yapmasını sağlar.

Böylece bir çevrim tamamlanmış olur. Çevrim tekrar edilmek istenirse başlama butonuna yeniden dokunmak gerekir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen pnömatik ahşap boyama makinesinin devre şemasını çiziniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız ders araç ve gereçlerini temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Sembolleri doğru yerlere yerleştirdiniz mi?		
2. Elemanların sembollerini doğru kullandınız mı?		
3. Valf konumlarını doğru ayarladınız mı?		
4. Emniyet valflerini doğru yerlere koydunuz mu?		
5. Çizgi kalınlık ve türlerine dikkat ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

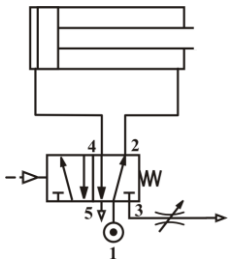
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1-Aşağıdaki sembollerden hangisi kompresöre aittir?

A)  B)  C)  D) 

2- Yandaki şekilde görülen silindirin hızı için ne söylenebilir?

A) İleri hareket yavaşlar.
B) Geri hareket yavaşlar.
C) Hızlarda değişiklik olmaz.
D) İleri ve geri hareket yavaşlar.



3-Aşağıdaki valflerden hangisi çift etkili silindiri çalıştırmak için kullanılır?

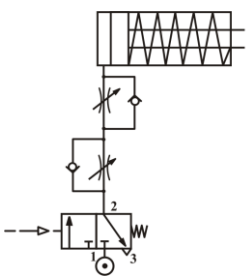
A)  B)  C)  D) 

4- Yandaki şekilde görülen yön kontrol valfinin yol sayısı kaçtır? 

A) 4 B) 5 C) 6 D) 7

5-Yandaki şekildeki silindirde 2 adet çek valfli akış kontrol valfi kullanılmasının sebebi nedir?

A. İleri hareket hızını ayarlamak.
B. Geri hareket hızını ayarlamak.
C. İleri ve geri hareket hızlarını birbirinden bağımsız ayarlamak.
D. 2 valf kullanmanın gereği yoktur.



ÖĞRENME FAALİYETİ–6

AMAÇ

Hidro-Pnömatik devreleri ve kullanım yerlerini tanıyacak, arıza ve bakım işlemlerini gerçekleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Makine ve otomasyon sektöründe faliyet gösteren iş yerlerini gezerek hidro-pnömatik devreler ve kullanım yerleri hakkında bilgi toplayınız ve bu bilgileri sınıfa getirerek arkadaşlarınızla paylaşın.

6. HİDRO-PNÖMATİK DEVRELER

6.1. Tanımı Ve Kullanım Amacı

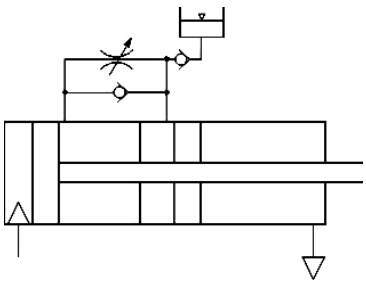
Pnömatik devreler yüksek basınçların ve düzenli hızların gerektiği durumlarda beklentileri karşılayamaz. Havanın sıkıştırılabilir olması hızların değişken olmasına yol açar. Pnömatik devrelerde çalışma basınçları 5-6 bar civarındadır. Bu nedenle yüksek kuvvetler elde edilemez.

Saydığımız bu özellikler pnömatik sistemlerin zayıf yönleridir ve ek önlemler almayı gerektirir. Pnömatik devrelerin hidrolikle birleştirilmesi ile elde edilen devrelere “hidro-pnömatik devre” adı verilir. Hidrolik akışkanların sıkıştırılamaz özellikte olması, hidro-pnömatik devrelerde hızların düzenli hale gelmesini sağlar.

6.2. Çeşitleri

6.2.1. Hidro-Pnömatik Silindir (Hidroçek)

Pnömatik silindirlerin hareketi sırasında meydana gelen dirençler ve sürtünme kuvvetinin çeşitli nedenlerle değişmesi “yapış-kay” adı verilen kesik kesik ilerlemelere yol açar. Özellikle düşük hızlarda bu durum çok rahat bir biçimde görülecektir. Düzenli hızların elde edilmesi için hidrolik ve pnömatiğin birleştirildiği silindirler kullanılır. Bu tip silindirlere “hidro çek” adı verilir.



Şekil. 98: Hidro-pnömatik silindir sembolü

Hidro-pnömatik silindiri hareket ettirmek için basınçlı hava kullanılır. Silindirin hareketi sırasında hidrolik akışkan silindirin bir bölümünden diğer bölümüne gönderilir; böylece düzenli hızlar elde edilir. Akışkan debisi bir akış kontrol valfiyle denetlenecek olursa silindirin hızı ayarlanabilir. Silindirin geri hareket hızının yüksek olması istenirse akışkanın geri dönüşü çek valf üzerinden gerçekleşir. Geri hareket hızını ayarlamak için çek valf iptal edilmelidir.



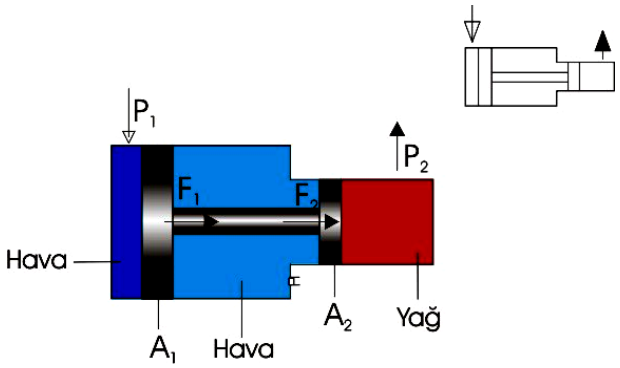
Şekil. 99: Hidroçekler

Sızıntılar sonucu hidrolik akışkanın seviyesinde azalmalar olur. Eksilen akışkanı tamamlamak için devreye küçük bir depo bağlanır. Sızıntı olduğunda eksilen akışkan depodan takviye edilir. Deponun silindir seviyesinden yukarıda olmasında fayda vardır.

6.2.2. Basınç Arttırıcı

Endüstriyel sistemlerde çalışma basınçları 6 bar cıvarındadır. Yüksek basınç ihtiyaçları için özel kompresör kullanılmalıdır. Kompresörlerin haricinde yüksek basınçların elde edilmesi için basınç arttırıcı adı verilen elemanlar kullanılır.

Basınç arttırıcı, çapları farklı iki pistonun bir piston koluyla birleştirilmesi sonucu yapılmıştır. Hava-hava ya da hava-yağ etkili olarak yapılabilir. Hava-yağ olarak yapılan basınç arttırıcılar yüksek basınçların yanında düzenli hızların elde edilmesinde kullanılır.



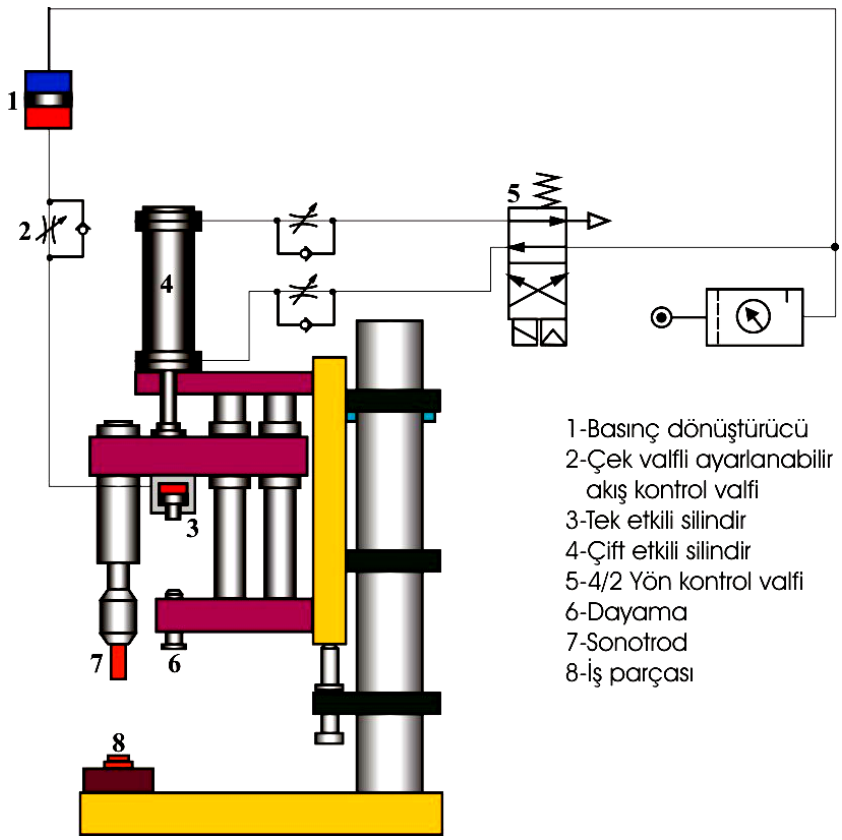
Şekil. 100: Basınç arttırıcı

Büyük çaplı pistona basınçlı hava etki ettirilerek F1 kuvveti elde edilir. İki piston bir piston kolu yardımıyla birleştirildiği için F2 kuvveti de aynı büyüklüktedir. F2 kuvveti hidrolik akışkana etki ettirilerek, akışkan basıncı yükseltilir. Böylece, düşük giriş basıncıyla, yüksek çıkış basıncı elde edilir. Elde edilen yüksek basınç, bir silindire gönderilerek iş yapılır. Piston alanları arasındaki orana bağlı olarak elde edilen basınç değeri farklı olur. Alan oranları 4/1, 8/1, 16/1, 32/1 kadardır.

6.3. Hidro-Pnömatik Devre Örnekleri

Şekil. 101'de termoplastik malzemeleri birleştirmede kullanılan "ultrasonik kaynak" makinesi görülmektedir. Yapılan kaynağın çok iyi olması için "sonotrod" adı verilen elektrodun, ilerleme hızı çok önemlidir. Bu hızın yaklaşık 0,1~0,3 mm/s civarında ayarlanması gerekir. Bu nedenle makinada, hidro-pnömatik ilerleme düzeneği kullanılmış.

1 no'lu basınç dönüştürücüde, pnömatik basınç, hidrolik basınca dönüştürülerek, 3 no'lu tek etkili silindire gönderilir. Bu silindir içinde sürekli sabit bir basınç mevcuttur. 4 no'lu silindir, 5 no'lu valfin konum değiştirmesiyle aşağı doğru hareket eder. Elektrot iş parçasına yaklaşınca, 3 no'lu silindir pistonu, 6 no'lu dayamaya temas eder. Basınç farkından dolayı, 3 no'lu silindir pistonu içeri itilmeye zorlanır. Silindir içindeki yağ 2 no'lu akış kontrol valfinden kısılarak geçer. Kısma miktarı değiştirilerek kaynak hızı ayarlanır.



Şekil. 101: Ultrasonik kaynak makinesinde hidro-pnömatik ilerlemenin uygulanması

6.4. Pnömatik Devrelerde Arıza Arama ve Bakım

Düzenli bakım kadar önemli bir diğer özellik de sistematik arıza aramadır. Arıza en kısa sürede tespit edilmelidir. Böylece ekonomik olma özelliği artar. Küçük bir pnömatik sistemde, sistem tamamen incelenerek hata ya da arıza bulunabilir. Ancak kapsamlı ve karmaşık sistemlerde arızaları bulmak kolay değildir. Tecrübe ve mesleki bilgi gerektirir. Arızalar iki nedenden kaynaklanır.

- Makine ve düzenekleri oluşturan kısımlardan meydana gelen arızalar
- Pnömatik sistemi oluşturan elemanlardan kaynaklanan arızalar

Arızanın giderilmesinde tecrübeli personelin olması son derece önemlidir. Sistemde dıştan görülen fiziksel değişiklikler ve anormal seslerden faydalanarak ilk müdahale yapılır. Bazen büyük arızalar bu şekilde tespit edilerek hemen giderilir.

Arıza yerinin aranmasında ve ortaya çıkarılmasında, makine ile ilgili bilgiler, bakım onarım kartları önemlidir. Böylece harcanan zaman en aza indirilir. Bunların neler olduğu aşağıda sıralanmıştır.

- Pnömatik devre şeması
- Yol-adım diyagramı (Silindir vb. elemanların çalışma sırasını adım adım gösterir.)
- Kullanım kılavuzu
- Yedek parça listesi

Arızalar genellikle şu nedenlerden dolayı çıkmış olabilir

- Çalışma ortamı (sıcaklık, nem, titreşim, toz)
- Basınçlı havanın durumu ve kalitesi
- Pnömatik elemanların hatalı montaj
- Yanlış yüklenme
- Bağlantıların zayıf yapılması (Hava kaçaklarına neden olur.)
- Hatlardaki tıkanmalar
- Yanlış anahtarlamalar

6.4.1. Günlük Bakımlar

Hava kazanı altında bulunan boşaltma musluğunu açık konuma getirerek birikintiyi boşaltın. Boşaltma sırasında önce sıvı halde birikinti gelecek; daha sonra hava ile karışık halde gelmeye başlar. Sadece hava gelmeye başladığında valfi kapalı duruma getiriniz.

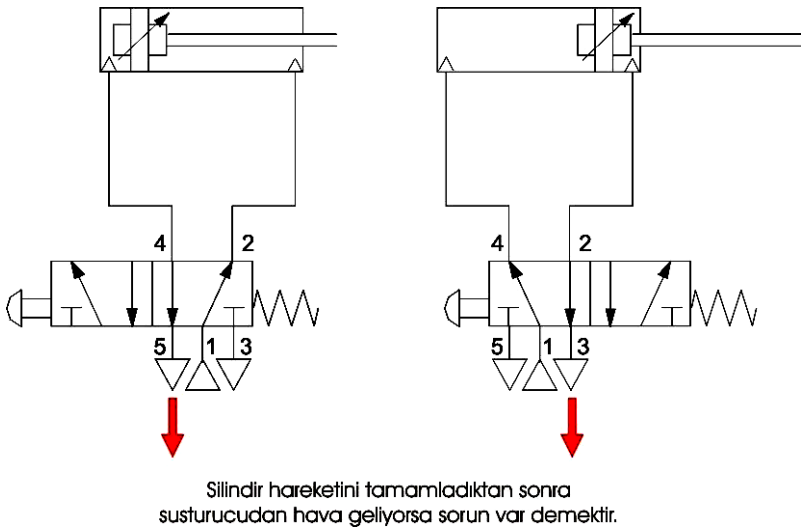
Kompresör emiş filtresini temizleyiniz. Filtreyi söküp sert bir cisme vurdurarak üzerindeki tozları dökünüz. Kesinlikle hava tutmayınız. Hava filtrelerini temizlemek için basınçlı hava kullanılmamalıdır; filtre zarar görür.

6.4.2. Haftalık Bakımlar

Sürekli çalışan kompresörlerin hava filtreleri haftada bir değiştirilmelidir. Şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyeleri kontrol edilip tamamlanmalıdır. Filtre kaplarında ve tesisatta toplanan birikintiler boşaltılmalıdır. Gevşek bağlantılar sıkılmalıdır.

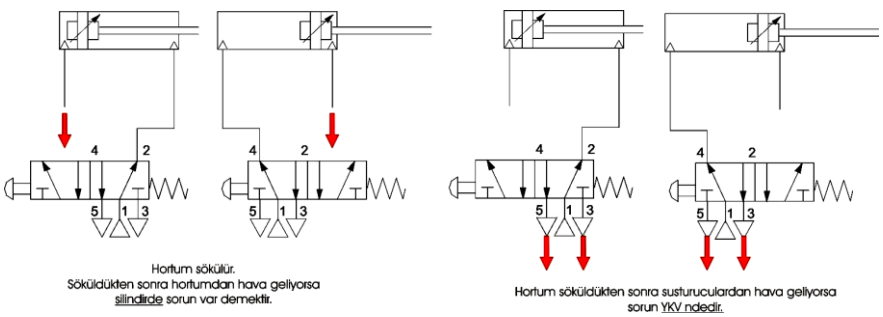
6.4.3. Aylık Bakımlar

Yağlayıcıların damlama miktarı kontrol edilip yeniden ayarlanmalıdır. Hava kaçakları kontrol edilip sızıntılar önlenmelidir. Silindir ya da pnömatik motorlar çalışmadığı halde YKV'lerinin egzoz çıkışlarından hava geliyorsa ya silindirde ya da YKV'de sorun var demektir (Şekil.102).



Şekil. 102: Devre dururken susturucudan hava geliyorsa arıza

Sorunu öğrenmek için silindire giren hortumlar (silindir geri konumdaysa geri konumdaki hortum, ileri konumdaysa ileri konumdaki hortum) sökülür (Şekil.103). Hortum söküldüğünde susturucudan çıkan hava kesiliyorsa ve hortumdan hava geliyorsa sorun silindirden kaynaklanıyordur. Piston keçesi hasar görmüş, silindir gövdesi çizilmiş veya eğrilmiştir.



Şekil. 103: Devre dururken susturucudan hava geliyorsa arıza var demek

Silindire giden hortumlar söküldüğü halde YKV üzerindeki susturucudan hava gelmeye devam ediyorsa sorun YKV'nde demektir. Arızanın nedenini bulup; gideriniz. Gerekirse YKV'yi değiştiriniz.

6.4.4. Altı Aylık Bakımlar

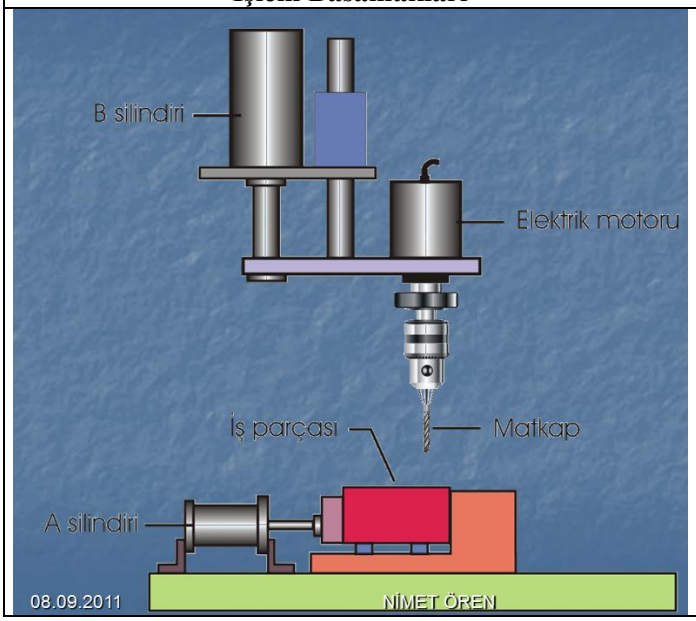
Şartlandırıcılar üzerinde bulunan filtreler değiştirilmelidir. Susturucuların tıkalı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Başınç ayarlayıcıların basınç ayarları kontrol edilmeli ve gerekirse yeniden ayarlanmalıdır. Hortumların çatlak, kırık ve kıvrılmış olup olmadığına bakılmalıdır. Bağlantı elemanlarında hava sızıntıları varsa giderilmelidir. Piston kolunun

silindirden çıkan kısmından hava kaçağı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Hava kaçağı varsa piston kolu (boğaz) keçesi arızalı demektir. Keçe değiştirilmelidir; eğer değiştirme olanağı yoksa silindir değiştirilmelidir.
Hava tesisatı baştan aşağı incelenmeli bağlantıların olduğu kısımlarda sızıntı olup olmadığı kontrol edilmelidir. Hava sızıntıları önlenmelidir.

Not: Pnömatik devrelerde oluşan gürültü nedeniyle hava kaçaklarını bulmak güçtür. Sızıntı kontrolleri sabunlu su ile yapılmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen pnömatik matkap tezgâhının bakımını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.	Hava kazanı altında bulunan boşaltma musluğunu açık konuma getirerek birikintiyi boşalttınız mı?		
2.	Kompresör emiş filtresini temizlediniz mi?		
3.	Sürekli çalışan kompresörlerin hava filtreleri haftada bir değiştirdiniz mi?		
4.	Şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyelerini kontrol edip tamamladınız mı?		
5.	Filtre kaplarında ve tesisatta toplanan birikintileri boşalttınız mı?		
6.	Gevşek bağlantılar sıktınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Hidrolik akışkanların sıkıştırılamaz özellikte olması, …… devrelerde hızların düzenli hale gelmesini sağlar.

2. Düzenli hızların elde edilmesi için hidrolik ve pnömatiğin birleştirildiği silindirler kullanılır. Bu tip silindirlere ……. adı verilir.

3. Hava-yağ olarak yapılan basınç arttırıcılar …….. basınçların yanında …….. hızların elde edilmesinde kullanılır.

4. …….. hava kazanı altında bulunan boşaltma musluğunu açık konuma getirerek birikintiyi boşaltın.

5. …… bakımda şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyeleri kontrol edilip tamamlanmalıdır.

6. Silindir ya da pnömatik motorlar çalışmadığı halde YKV'lerinin egzoz çıkışlarından hava geliyorsa …….. ya da ……..'nde sorun var demektir

7. Hortum söküldüğünde susturucudan çıkan hava kesiliyorsa ve hortumdan hava geliyorsa sorun silindirden kaynaklanıyordur. …… hasar görmüş, …… çizilmiş veya eğrilmiştir.

8. Şartlandırıcılar üzerinde bulunan filtreler ……. bakımda değiştirilmelidir.

9. Pnömatik devrelerde oluşan gürültü nedeniyle hava kaçaklarını bulmak güçtür. Sızıntı kontrolleri …… ile yapılmalıdır.

10. Şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyeleri …….. bir kontrol edilip tamamlanmalıdır.

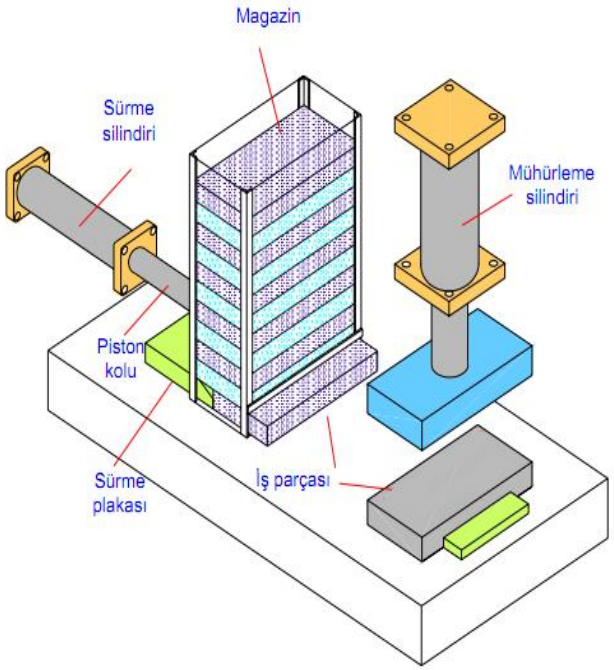
DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı, cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları, faaliyete dönerek tekrar inceleyiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Pnömatik devreler modülünü bitirmiş durumdasınız. Eğer bu modülü başarı ile tamamladıysanız burada elde ettiğiniz yeterlikleri bundan sonraki modüllerde de sık sık kullanacağınızı unutmayınız. Bu konuların daha birçok kez karşınıza çıkacağının farkında olarak burada kazandırılan yeterliklerinizi geliştirmek ve güncel gelişmeleri takip etmek alanınızda yetişmiş bir eleman olmanızı sağlayacaktır.

Aşağıda verilen devrenin bakımını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
	➢ Çalıştığınız alanı temiz ve düzenli tutunuz. ➢ Kullandığınız makineyi temiz tutunuz. ➢ Etik kurallara uyunuz. ➢ Çalışırken dikkatli olunuz. Zamanı iyi kullanınız. ➢ Çalışma esnasında güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.	Hava kazanı altında bulunan boşaltma musluğunu açık konuma getirerek birikintiyi boşalttınız mı?		
2.	Kompresör emiş filtresini temizlediniz mi?		
3.	Sürekli çalışan kompresörlerin hava filtreleri haftada bir değiştirdiniz mi?		
4.	Şartlandırıcı üzerinde ya da bağımsız olarak kullanılan yağlayıcıların yağ seviyelerini kontrol edip tamamladınız mı?		
5.	Filtre kaplarında ve tesisatta toplanan birikintileri boşalttınız mı?		
6.	Gevşek bağlantılar sıktınız mı?		

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	endüstriyel pnömatik
2	yüksek -olumsuz
3	atmosferik basınç
4	basıncına, cinsine ve sıcaklık
5	kesitin büyüklüğü ve akış hızına
6	kompresör
7	filtre, basınç ayarlayıcı ve yağlayıcı
8	separatör
9	ön soğutma - ön soğutulmasını
10	elektrikli basınç anahtarı

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Tandem Silindirler
2	10 bar'lık
3	yastıklama
4	piston keçesi, boğaz (piston kolu) keçesi ve toz keçesi
5	baskı yapmasını sağlayarak sızdırmazlığı
6	Boğaz keçesi
7	Piston keçeleri
8	Çift etkili
9	uzun kursların - fazla yer kaplaması
10	Dişli tip döner silindirler

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Pnömatik motorlar
2	hız
3	basınçlı havanın - dairesel
4	eğik bir plâka
5	yüksek dönme momenti
6	Eksantriklikten - genişlemesi
7	dişli tip pnömatik
8	türbin tipi hava motoru
9	dişli çarklardan - dişli çark
10	Paletli tip pnömatik – paletler – merkezkaç – eksen - dışarı

ÖĞRENME FAALİYETİ 4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	çift yönde
2	Ayarlanabilen çek valfler
3	yön kontrol valfi (YKV)
4	valfin konum
5	egzoz hattı
6	egzoz - çıkış - egzozdan
7	pnömatik motorların
8	egzoz çıkışına
9	Plaka tipi valfler
10	basınçlarını ayarlamak

ÖĞRENME FAALİYETİ 5'İN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	A
3	C
4	B
5	C

ÖĞRENME FAALİYETİ 6'NIN CEVAP ANAHTARI

1	hidro-pnömatik
2	hidro çek
3	yüksek - düzenli
4	Günlük bakımda
5	Haftalık
6	Silindirde - YKV
7	Piston keçesi - silindir gövdesi
8	altı aylık
9	sabunlu su
10	haftada

KAYNAKÇA

- D. Merkle, B. Schrader, M. Thomas. Festo Hidrolik Temel Seviye Öğretim Kitabı TP501, İstanbul-1993
- GÜRSOY, Melih. Hava Kompresörleri Ve Basınçlı Hava Tekniği, MG Grubu Yayınları, İzmir-Mart-1991
- HERİON Pneumatik Gerate, Und Steuerungstechnik
- KAESER Kompresör Eğitim CD' si.
- KAESER Kompresör Kataloğu
- KARACAN, İsmail. Pnömatik Kontrol, Ankara,1988
- KARTAL, Faruk. Hidrolik Ve Pnömatik, Modül Yayınları, 1998-Manisa
- KARTAL, Faruk. Elektro pnömatik Ve Otomasyon sistemleri, Modül Yayınları, 2000-Manisa
- KARTAL, Faruk. Endüstriyel Hidrolik, Modül Yayınları, 2007-İzmir
- M.E.B Pnömatik ve Lâboratuvarı
- NORGREN Ürün Tanıtım Kataloğu
- P. Croser. Festo Pnömatik Temel Seviye Öğretim kitabı TP101, 1990