

**DAR ALANDA ÇALIŞACAK
STANDART DIŞI PNÖMATİK
SİLİNDİR İMALATI**

Serkan KUMRU

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Nurşen YENİCİ

2011

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAR ALANDA ÇALIŞACAK STANDART DIŞI
PNÖMATİK SİLİNDİR İMALATI

Serkan KUMRU

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Nurşen (ÖNTÜRK) YENİCİ

TEKİRDAĞ – 2011

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Nurşen (ÖNTÜRK) YENİCİ danışmanlığında, Serkan KUMRU tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Yrd. Doç. Dr. Nilhan (ÜRKMEZ) TAŞKIN *İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ *İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nurşen (ÖNTÜRK) YENİCİ *İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Fatih KONUKÇU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DAR ALANDA ÇALIŞACAK STANDART DIŞI PNÖMATİK SİLİNDİR İMALATI

Serkan KUMRU

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nurşen (ÖNTÜRK) YENİCİ

Pnömatik sistemlerin elektronik sistemlerle kontrol edilmesi sık görülmektedir. Standart pnömatik silindirlerin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda özel üretim silindirler kullanılır. Bu çalışmada bir termoform kalıbı için dar alanda çalışacak özel pnömatik silindir imal edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Pnömatik, Pnömatik Silindir, Tasarım, İmalat

2011, 41 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

SPECIAL PNEUMATIC CYLINDER MANUFACTURING FOR SCANT AREA

Serkan KUMRU

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Mechanical Engineering

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Nurşen (ÖNTÜRK) YENİCİ

Frequently seen that pneumatik systems controls by electrical systems. Special pneumatic cylinders is used when standart cylinders can not provide needs. İn this project special pneumatik cylinders was manufactured for a thermoform mold.

Keywords : Pneumatic, Pneumatic Cylinder, Desing, Manufacture

2011, 41 pages

ÖNSÖZ

Pnömatik tesisatın hazır olduğu işletmelerde ve makinalarda mekanik güç kaynağı olarak pnömatik ürünler kullanmak çok akılcı bir yöntemdir. Gerek ucuzluğu ve basit yapıda olması, gerekse de güvenli bir sistem olması pnömatiğı iyice yaygınlaştırmıştır.

Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında konumlandırma hassasiyeti pnömatik sistemlerde yeterli değildir. Yani standartta olmayan bir ölçüde veya acıda hareket istendiğinde özel imalatlar söz konusu olmaktadır. Özel imalat silindirlerle istenilen ihtiyaca cevap verilebilmektedir.

Yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd.Doc.Dr. Nurşen (ÖNTÜRK) YENİCİ'ye ve Atlas Makine çalışanlarına teşekkürlerimi borç bilirim.

Serkan KUMRU

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Havanın Kurutulması.....	1
1.2. Basıncın Ayarlanması ve Filtre Edilmesi.....	2
1.3. Pnömatik Silindirler.....	3
1.3.1. Tek Etkili Silindir.....	4
1.3.2 Çift Etkili Silindir.....	4
1.3.3. Yastıklı Silindirler.....	5
1.3.4.Çift Milli Silindirler.....	6
1.3.5. Tandem Silindirler.....	7
1.3.6. Standart Silindirler.....	7
1.3.7. Özel Pnömatik Silindir.....	8
1.4. Pnömatik Silindirlerde Sızdırmazlık Elemanları.....	11
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	17
3.2. Yöntem.....	26
3.2.1. Silindir Gövdesi Üretimi.....	27
3.2.2. Silindir Mil Üretimi.....	29
3.2.3. Piston Üretimi.....	30
3.2.4. Piston Kapağı Üretimi.....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	37
6. KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

<u>Sembol</u>	<u>Büyükük</u>	<u>Birim</u>
F_v	Pnömatik ileri itme kuvveti	[N]
F_R	Pnömatik geri dönüş kuvveti	[N]
P	Çalışma basıncı	[bar]
A_v	Piston alanı	[mm ²]
A_R	Halka alanı	[mm ²]
d_1	Piston çapı	[mm]
d_2	Mil çapı	[mm]

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Hava Şartlandırma Birimi.....	3
Şekil 1.2. Tek Etkili Silindir ve Kısımları.....	4
Şekil 1.3. Çift Etkili Silindirin Elemanları ve Çalışması.....	5
Şekil 1.4. Çift Taraftan Ayarlanabilir Yastıklı ve Çift Etkili Silindir.....	6
Şekil 1.5. Çift Milli Silindir.....	6
Şekil 1.6. Tandem Silindirin Kesiti.....	7
Şekil 1.7. Özel Pnömatik Silindirin Parçaları	8
Şekil 1.8. Pnömatik Silindirlerde Kullanılan Sızdırmazlık Elemanları.....	11
Şekil 1.9. Pnömatikte Kullanılan Çeşitli Tipteki Sızdırmazlık Elemanları	12
Şekil 3.1. Kalıbında Özel Silindirin Kullanıldığı Parça	16
Şekil 3.2. Boğaz Sızdırmazlık Keçesi ve Kapak O-Ringi.....	19
Şekil 3.3. Kapak O-Ringinin Montajlı Hali.....	20
Şekil 3.4. Silindir Mili.....	21
Şekil 3.5. PAP. P10 Burç.....	22
Şekil 3.6. PAP P10 Burç Kesiti.....	23
Şekil 3.7. PAP P10 Burç Alıştırma Safhaları.....	24
Şekil 3.8. PAP P10 Burcun Montajlı Hali.....	24
Şekil 3.9. Piston Yataklama Bandı.....	25
Şekil 3.10. Yataklama Bandının Katı Modeli.....	26
Şekil 3.11. Silindir Gövdesi Ön Yüz.....	27
Şekil 3.12. Silindir Gövdesi Arka Yüz.....	28
Şekil 3.13. Silindir Mili Katı Modeli.....	29
Şekil 3.14. Piston Fotoğrafları ve Katı Modeli.....	30
Şekil 3.15. Silindir Kapağı Fotoğrafları ve Katı Modeli.....	31
Şekil 4.1. Pnömatik Silindirin Efektif Yüzey Alanları.....	33
Şekil 4.2. Farklı Basınçlarda Elde Edilen Teorik Tuvvetler	36

ÇİZEGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Pnömatik Silindirlerin Genel Tanımlanma Büyüklükleri.....	3
Çizelge 1.2. Özel Pnömatik Silindir Parçaları.....	8
Çizelge 1.3. ISO 6431 Standart Silindir Çapları.....	9
Çizelge 3.1. Özel Pnömatik Silindir Parçaları ve Malzeme Türleri.....	17
Çizelge 3.2. Alüminyum Alaşımları Temper Gösterimleri.....	19
Çizelge 3.3. Silindir Milinin Özellikleri.....	21
Çizelge 4.1 Farklı Basınçlarda Elde Edilen Teorik Kuvvetler.....	35

1. GİRİŞ

Pnömatik sistemler, gaz basıncıyla çalışan sistemlerin hareket ve kontrolünü gerçekleştiren uygulama alanıdır. Pratik olarak vakum ve pozitif hava basıncı ile çalışan sistemler ve kullanılan devre elemanları pnömatiğin kapsamı içerisinde değerlendirilir. Özellikle çok fazla kuvvet gerektirmeyen doğrusal, salınım ve dönme hareketleri gibi işlemlerin yerine getirilmesi için oldukça basit ve süratli çalışan pnömatik sistemler oluşturmak mümkündür.

Hava çeşitli gazların karışımından meydana gelmiştir. Karışımda başlıca aşağıdaki bileşenler bulunur:

- %78 Azot (N₂)
- %21 Oksijen (O₂)

Yukarıdaki temel bileşenlere ek olarak karbondioksit, argon, hidrojen, neon, helyum, kripton, ksenon ve su buharı küçük miktarlarda bulunur.

Bir pnömatik sistemin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlayabilmek için basınçlı havanın istenen şartlarda sisteme gönderilmesi gerekir. Basınçlı havanın istenen kalitede olması için aşağıdaki özelliklerde olması gerekir.

- Doğru hava basıncı,
- Kuru hava,
- Temiz havadır.

1.1. Havanın Kurutulması

Hava neminin fazla olması pnömatik sistemlerin ömrünü önemli ölçüde azaltır. Hava nemini azaltmak, kabul edilebilir miktara indirebilmek amacıyla aşağıdaki kurutma yöntemleri kullanılır.

- Soğutarak kurutma
- Fiziksel kurutma
- Kimyasal kurutma

Havanın kurutulmasıyla elde edilen düşürülmüş bakım maliyetleri, daha kısa süre devre dışı kalma ve yüksek sistem güvenilirliği, kurutucu için yapılan harcamayı kısa sürede geri kazandırır, dengeler.

1.2. Basıncın Ayarlanması ve Filtre Edilmesi

Kural olarak pnömatik devre elemanları maksimum 8-10 bar işletme basıncı için imal edilirler. Bununla birlikte ekonomik bir çalışma için 6 bar'lık işletme basıncı yeterlidir. Hava iletim hatları ve elemanlardaki kayıplardan ötürü meydana gelen basınç düşümü 0,1-0,5 bar arasında hesaplanmalıdır. Sistemde istenilen basınç düzeyini elde edebilmek için kayıplar da göz önünde bulundurularak kompresör 6,5-7 bar arasında bir basınç sağlamalıdır.

Yoğuşma suyu, kirletici maddeler ve çok fazla yağ hareketli devre elemanlarında erken aşınmalara neden olur. Diğer yandan sızdırmazlık sorununun olduğu yerlerde bu maddeler dışarı kaçabilir, sızabilir. Özellikle gıda, ilaç ve tekstil sanayiinde bu sorunun kesinlikle çözülmesi gerekir. Çözüm için basınçlı hava filtrelerinin kullanılması gerekir.

Pnömatik hava basıncının istenilen düzeye getirilmesi ve pnömatik hava içerisindeki aşındırıcı yabancı maddelerin filtre edilmesiyle hava kullanılabilir hale gelir. Ancak aşağıdaki durumlarda havanın yağlanması gerekmektedir:

- Elemanların çok hızlı hareket etmesi durumunda
- Büyük çaplı silindirlerin kullanılması gerektiğinde (Bu durumlarda yağlayıcının silindire doğrudan bağlanmasında yarar vardır.

Pnömatik sistemlerdeki ihtiyaçlar doğrultusunda aynı anda filtreleme, basıncı ayarlama ve yağlama işlemlerini aynı anda yapabilen hava şartlandırma birimleri geliştirilmiştir. Şekil 1.1'de hava şartlandırma birimi gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Hava Şartlandırma Birimi

1.3. Pnömatik Silindirler

Pnömatik silindirler, basınçlı havanın enerjisi ile doğrusal hareket ve mekanik kuvvetler üreten önemli elemanlardır. Basınçlı hava tek etkili silindirlerde silindirin tek yüzeyine ,çift etkili silindirlerde ise silindirin iki yüzeyine etki ettirilerek itme ve çekme kuvvetleri üretilir. Pnömatik silindirlerin ana boyutları ISO 6431 ve 6432'ye göre standartlaştırılmıştır. Pistonun ileri geri hareketi ile yapılacak çeşitli mekanizmalarla ve çeşitli kombinezonlarla dairesel, açısız ve doğrusal hareketler üretilebilir. Bu mekanizmalarla piston kolunun itme kuvveti artırılabilir veya azaltılabilir (**Karacan 2003**).

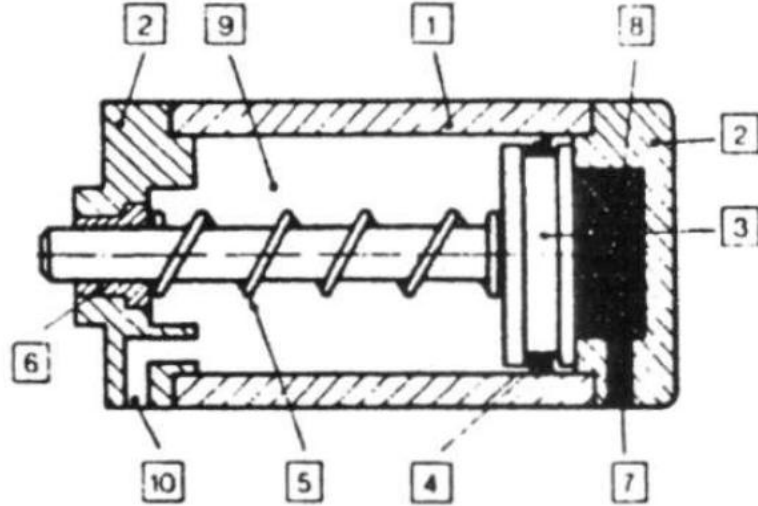
Pnömatik silindir bağıl olarak ucuz, bağlantısı kolay, basit ve dayanıklı konstrüksiyonu, değişik boyutlarda bulunabilir olması nedeniyle (Çizelge 1.1) doğrusal tahrik elemanı olarak en çok kullanılan pnömatik iş elemanıdır.

Çizelge1.1 Pnömatik silindirlerin genel tanımlanma büyüklükleri

Çap	3 - 320 mm
Strok	1 - 2000mm
Kuvvet	2 - 50000 N
Piston hızı	0.02 - 1 m/s

1.3.1. Tek Etkili Silindir

Tek etkili silindirlerde basınçlı hava silindire tek taraftan girer ve pistonu tek yöne doğru hareket ettirir. Pistonun geriye dönüşü ağırlığın etkisiyle veya yayın etkisiyle olur. Yatay eksendeki çalışmalarda genellikle yay dönüşlü, düşey eksendeki çalışmalarda da yaysız olan tek etkili silindirler kullanılır. Tek etkili silindirler genellikle sıkıştırma, itme, kaldırma, besleme gibi işlemleri yaparken kullanılır. Tek etkili silindirler pnömatik devrede genellikle yay dönüşlü olarak kullanılır. Pistonun tek yüzeyine etki eden basınçlı hava, piston kolu tarafındaki yayın karşı direncini yener ve pistonu ileriye iter, bu arada yay sıkışır. Basınçlı havanın etkisi ortadan kalkınca yay ilk şeklini alır ve piston geriye döner. Pnömatik devrelerde daha çok yaylı tek etkili silindirler kullanılır.

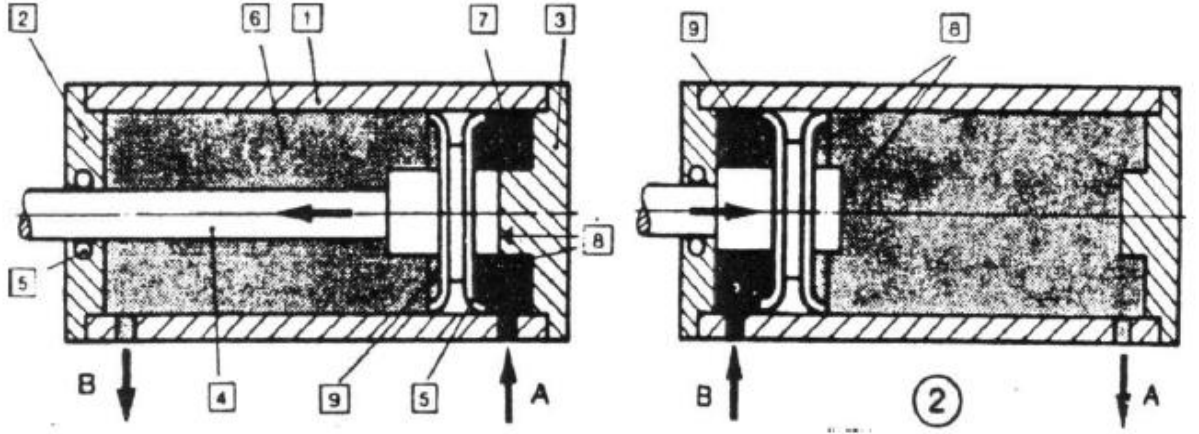


Şekil 1.2. Tek etkili silindir ve kısımları: 1. Gövde 2. Yataklı kapak 3. Piston ve kolu 4. Sızdırmazlık elemanı 5. Basma yayı 6. Yatak 7. Basınçlı hava girişi 8. Piston yüzüne etki eden hava 9. Piston kolu ve yayın olduğu basınçsız bölge 10. Hava çıkışı

1.3.2. Çift Etkili Silindir

Çift etkili silindirler, sürekli olarak ileri geri hareket üretmek için kullanılır. Silindirin iki tarafından da basınçlı hava girer ve pistonun iki yüzüne etki eden hava, ileri geri hareketin üretilmesini sağlar. Normal çift etkili silindirlerin tek piston kolu vardır. Bu nedenle piston yüzeyinin tek tarafındaki faydalı alan büyük, piston kolu tarafındaki alan piston kolu kesit alanı kadar küçüktür. Bu nedenle ileri geri harekete üretilen kuvvetler ve hızlar birbirinden farklı olur. Pistonun iki yöne doğru aynı hızlarda gidip gelmesini sağlamak için çift piston kollu silindirler de

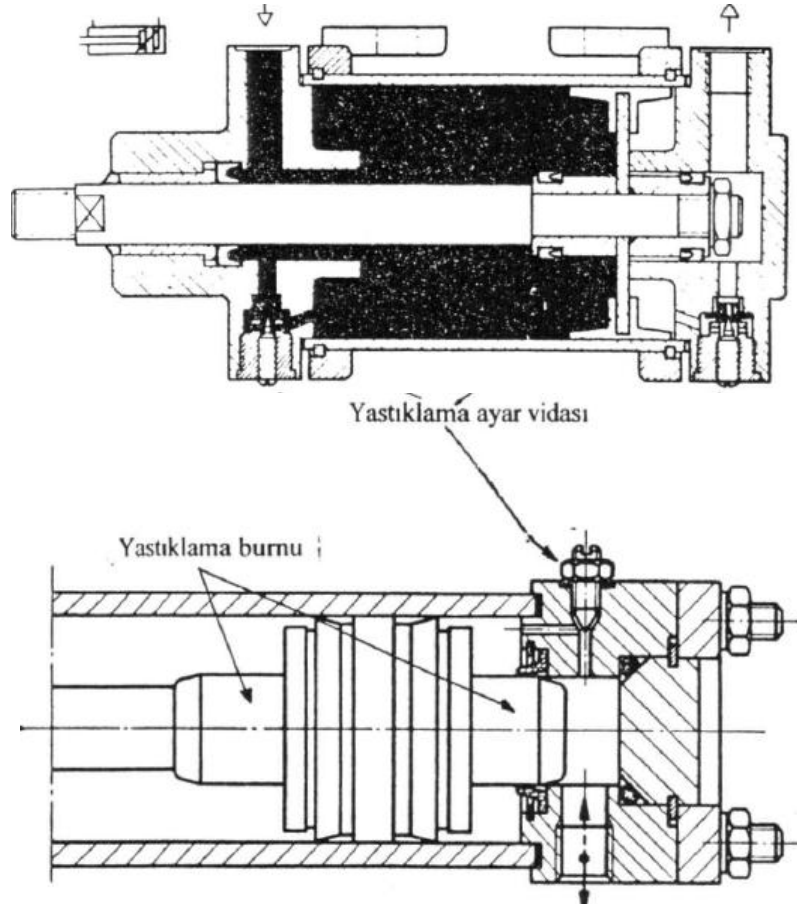
kullanılır.Şekil 1.3. 'ün 1.durumunda basınçlı hava silindire (A)'dan girmekte ve pistonu sola itmektir. Sol taraftaki egzoz gazı da atmosfere atılmak üzere (B)'den çıkmaktadır. 2. durumda ise, basınçlı hava silindirin sol kesitine (B)'den girmekte ve pistonu sağa doğru itmektir.



Şekil 1.3. Çift etkili silindirin elamanları ve çalışması: 1. Silindir gömleği 2. Yataklı ön kapak 3. Arka kapak 4. Piston kolu 5. Sızdırmazlık elemanı 6. Egzoz gazı 7. Basınçlı hava 8. Piston yüzeyi 9. Piston kolu tarafı

1.3.3. Yastıklı Silindirler

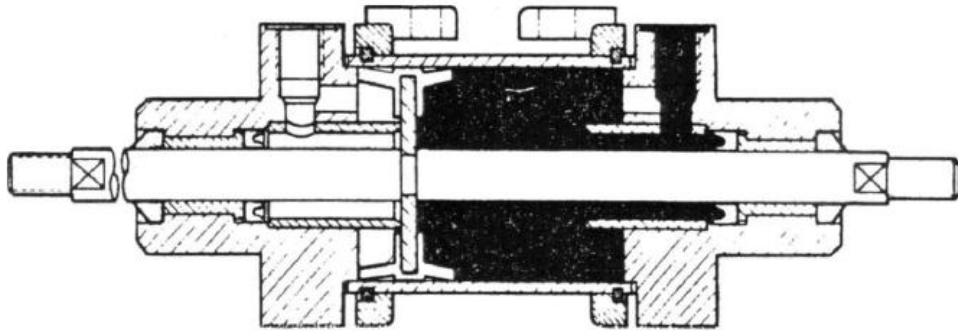
Yastıklı silindirler, pistonun kurs sonlarına yaklaşırken hızının yavaşlamasını sağlayan silindirlerdir. Bu silindirlerde piston normal hızlarda ileri geri hareketini yapar, kurs sonlarına yaklaşırken yavaşlar. İleri geri hareket eden pistonların silindirin dip kısımlarına hızla çarpması sarsıntıya ve titreşime yol açar. Kurs sonlarına pistonun hızla çarpmaması, sarsıntı ve titreşim meydana getirmemesi için yastıklı silindirler kullanılır. Yastıklama olayında, silindirlerde piston kurs sonlarına yaklaşırken, yastık bumu büyük çaplı yatağına girer ve piston tarafından sürüklenen ve atmosfere atılacak havanın atıldığı büyük kesiti kapatır ve egzoz havası küçük bir delikten geçmeye zorlanır. Bu olaya yastıklama olayı denir. Yastıklama süresi bir ayar vidası havanın geçtiği kesit daraltılarak veya genişletilerek ayarlanır. Yastıklı silindirler, tek veya çift taraftan yastıklı olarak yapılırlar. Yastıklama sabit (ayar vidasız) veya ayarlanabilir (ayar vidalı) şekilde olabilir (Karacan 2003).



Şekil 1.4. Çift taraftan ayarlanabilir yastıklı ve çift etkili silindir.

1.3.4. Çift Milli Silindirler

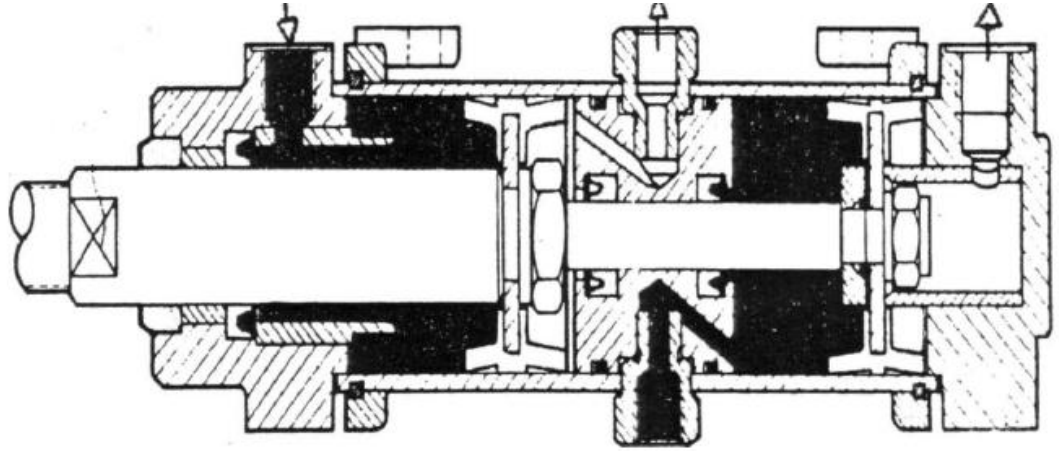
Bu silindirlerde pistonun iki tarafında aynı çaplı iki piston kolu bulunur. Pistonun her iki tarafındaki kesit alanları eşit olduğundan dolayı pistonun ileri - geri hareketinde üreteceği itme ve çekme kuvvetleri ile pistonun ilerleme hızları birbirine eşit olur.



Şekil 1.5. Çift milli silindir.

1.3.5. Tandem Silindirler

Tandem silindirler, birleştirilmiş iki çift etkili silindirden meydana gelir. Aynı çapta iki silindir ve iki piston birleştirilmiştir. Bazı durumlarda piston çapını artırmadan daha büyük itme ve çekme kuvvetleri gerekebilir. Pistonların itme ve çekme kuvvetlerini arttırmak için ya hava basıncının yükseltilmesi veya piston çaplarının büyütülmesi gerekir. Ancak bu iki değeri de değiştirmek mümkün olmadığı özel durumlarda, silindirin çapını aynı tutmak suretiyle tandem silindirlerden kullanılabilir. Burada birleştirilmiş durumdaki iki silindire aynı anda basınçlı hava gönderilir. Aynı anda silindirlerin sol tarafına giren hava pistonu sağa doğru ($F_1 + F_2$) kuvvetleri ile iter. Aynı şekilde sağ tarafa gönderilen hava iki pistonu aynı anda sola doğru ($F_1 + F_2$) kuvveti ile iter. Bu silindirlerde görüldüğü gibi, basınç ve silindir çapı değişmediği halde itme ve çekme kuvvetleri iki katına çıkmış olur (**Karacan 2003**).



Şekil 1.6. Tandem silindirin kesiti.

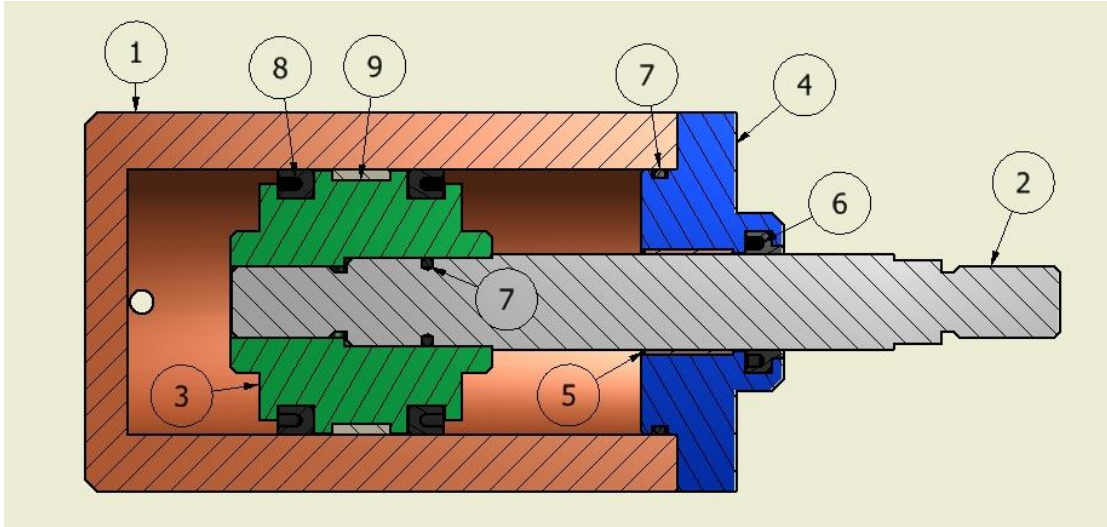
1.3.6. Standart Silindirler

Pnömatik silindirler TS ISO 6431'e göre standartlaştırılmıştır. Bu standartla birlikte piston çapları, montaj bağlantı şekli ve ölçüleri, hava bağlantıları ve mil ucu tahrik bağlantıları standartlaştırılmıştır. Standartlaştırmayla birlikte bir sistemde mevcut çalışan bir silindir farklı markadaki bir silindirle değiştirildiğinde sorunsuz şekilde çalışmasına devam edebilmektedir. Silindirin standartlara göre üretilmiş olması yeterlidir.

1.3.7. Özel Pnömatik Silindir

Standart pnömatik silindirler piyasada çok rahat bulunabilen ve en yaygın olarak kullanılan pnömatik devre elemanıdır. Standart silindirlerin dış ölçüleri ve montaj delik ölçü bilgileri standartlarda belirtilmiştir.

Makine imalatı yapan tasarımcılar standartlardaki ölçüleri baz alarak makine ve ekipmanları tasarlamaktadırlar. Ancak nadir olarak karşılaşılmakla birlikte belirli durumlarda, standart pnömatik silindirler ihtiyaca tam olarak cevap verememektedir. Piston gücünün yetersiz kalması, standartlar arası bir strok ihtiyacı, standart silindiri montajlamak istenilen yere montajlanamaması gibi sebepler özel pnömatik silindir imalatını gerekli kılmıştır.



Şekil 1.7 Özel pnömatik silindirin parçaları

Çizelge 1.2 Özel pnömatik silindirin parçaları

No	Parça Adı
1	Silindir Gövdesi
2	Silindir Mili
3	Piston
4	Silindir Kapağı
5	Burç
6	Boğaz Sızdırmazlık Keçesi
7	Kapak ve Piston O-Ringi
8	Nutring Keçe
9	Yataklama Bandı

Şekil 1.7’de istisnai durumlar için imal edilmiş bir pnömatik silindir örneği verilmiştir ve özel silindir üzerindeki parçaların listesi Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Temel olarak özel silindir standartlardaki silindirlerle aynıdır. Sızdırmazlık elemanlarının yerleşimi, silindir çalışma prensibi ve kullanılan malzeme türleri hemen hemen aynıdır. Temel farklar; üretim yöntemi, temel ölçüler ve montajlama deliklerinin farklı olmasıdır.

Pnömatik silindirlerin karakteristikleri o silindir için bize daha derin teknik ve teorik bilgi verir. Bu bilgiler ışığında ihtiyaca uygun silindir seçimi yapılabilir. Makine tasarımcıları da bu karakteristikler doğrultusunda tasarım yaparlar. Standart silindirlerdeki genel karakteristikler şunlardır :

- Silindir çapı
- Silindir stroğu
- Montaj bağlantı elemanları ve ölçüleri

Yukarıda listelenen bu karakteristikleri üretilen özel pnömatik silindir için de uygulanacak. Aynı zamanda özel silindir ile standart silindirler arasındaki farkları da görülmüş olacaktır.

Silindir gömleği veya silindir gövdesi içinde basınçlı havanın itme etkisiyle ileri geri hareket eden dairesel parça pistondur. Silindir gömleğinin çapı ve piston çapı genel anlamda birbirine eşittir. Sadece aralarında rahat hareket sağlamak için tolerans boşlukları vardır. Pistonun veya silindirin ISO6431 standardına göre çapları Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1.3. ISO 6431 Standart Silindir Çapları

Çap (mm)	32	40	50	63	80	100	125
----------	----	----	----	----	----	-----	-----

Silindir çapının bir karakteristik olmasının sebebi silindirin çapının elde edilen kuvveti birebir etkilemesindedir. Başka bir deyişle silindirin çapı silindirden alınacak kuvveti belirler. Tasarlanan sistemde ihtiyaç olan kuvvet doğrultusunda silindir çapı belirlenir.

Özel silindirde silindir çapı 45mm'dir. Özel silindir çap ölçüsü standart dışındadır. ISO 6431'de özel silindire en yakın çaplar 40mm ve 50mm'dir.

Strok, maximum nokta ile minimum nokta arasındaki fark şeklinde tanımlanabilir. Pnömatik silindirler için pistonun en gerideki konumu ve en ilerideki konumu arasındaki mesafenin milimetre cinsinden değeri şeklinde tanımlanabilir.

ISO 6431 standardında silindir strokları 10mm ve katları şeklinde gitmektedir. Standart stok değeri haricinde bir stroğa sahip silindir istenildiğinde bu ara strok sınıfına girer. Silindir imalatçıları ara stroklarda silindir imalatı özel siparişe yapmaktadırlar. Ara stroktaki silindiri imal etmek için silindir gömleğinin ve silindir milinin standart dışı ölçüde olması yeterlidir. Diğer bağlantı elemanları ve ölçüleri yine standartlara bağlı kalır.

Pistonun en geri konumu sıfır noktası olarak kabul edildiğinde özel silindir 42.8 mm ileri gidebilmektedir.

Özel silindirde stroğu belirleyen silindir kapağı ile gövde arasındaki mesafedir. Piston ileri ve geri konumlarında bu parçalara dayanarak durabilmektedir.

Standart olsun veya olmasın bir pnömatik silindir üzerinde temelde üç tip montaj bağlantı grubu vardır. Bunlardan birincisi pnömatik silindirin gövdesinin sabitleneceği dişlerdir. Silindir bu bağlantılarla sabit bir zemine veya ek montaj parçasına (flanş, mafsal vb) montajlanır. Silindir itme-çekme kuvvetini bu bağlantılardan alır.

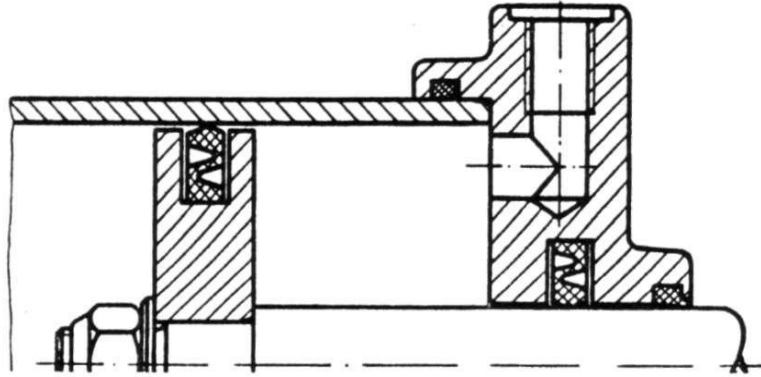
İkinci bağlantı grubu itilecek veya çekilecek parçaya sabitlenmenin sağlandığı gruptur. Yani hareket verilecek parçaya olan bağlantıdır. Silindir üzerinde bu bağlantı mil üzerindedir. Milin ileri geri hareketi montaj bağlantı dişleriyle iş parçasına aktarılmış olur. Hareketli iş parçasına açılan dişlere rahat montajlanması için montaj dişinin yanına anahtar ağzı açılmıştır.

Üçüncü bağlantı grubu basınçlı hava bağlantı dişleridir. Pnömatik endüstride bütün rekor, hortum,dirsek gibi bağlantı elemanları bir standarda göre üretilmiştir. Piston çapı büyüdükçe gerekli olan basınçlı hava miktarı arttığından dolayı besleme de büyümektedir.

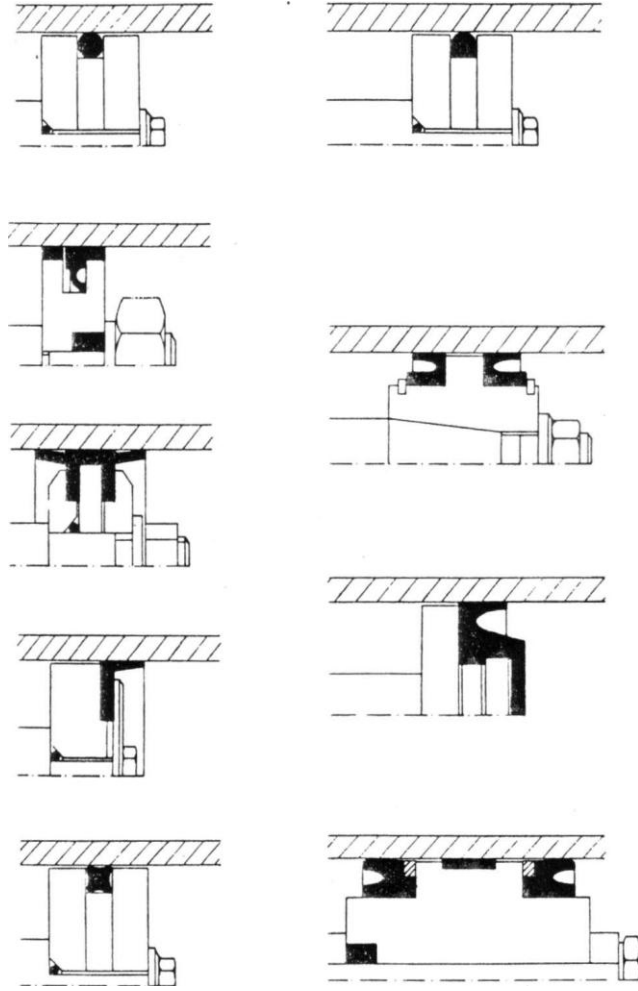
Silindiri gövdeden sabitleme yöntemi olarak standarttan çok farklı tür bağlantı tipi vardır. Silindir gövdesinde silindir eksenine dik şekilde 4 adet M4x8 montajlama dişleri açılmıştır. Bu tip bir bağlantı şekli sadece özel üretim silindirlerde olabilmektedir. Standart silindirlerde gödenin boru şeklinde olması bu tip gövde bağlantılarını imkansız kılar.

1.4. Pnömatik Silindirlerde Sızdırmazlık Elemanları

Pnömatik silindirlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları silindirin içine toz ve pisliklerin girmesini önler ve silindirin veriminin yükselmesine yardımcı olur. Çalışma şartlarına uygun özellikte ve uygun ölçü ve şekildeki sızdırmazlık elemanları seçildikten sonra, devrede kullanılan havanın çalışma ortamındaki ve dış ortamdaki toz ve pisliklerden temizlenmiş, filtrelenmiş olarak silindirlere girmesi sağlanmalıdır.Piston kolunu yataklamak için bir yataklama bileziği bulunur.Bu burç genellikle sinterlenmiş bronzdan veya yapay malzemeyle kaplanmış metalden yapılır.



Şekil 1.8. Pnömatik silindirlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları



Şekil 1.9. Pnömatikte kullanılan çeşitli tipteki sızdırmazlık elemanları

Yataklama burcunun önünde toz tutucu keçe bulunur. Sızdırmazlık elemanlarının malzemeleri ve çalışma sıcaklıkları: Perbunan (-20 °C ile +80°C) Viton (-20 °C ile +190°C) ve Teflon (-20 °C ile +200°C) . Hareketli olmayan yerlerde sızdırmazlık elemanı olarak "O- ring" ler kullanılır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ek Alana Sahip Pistonlar, Mehmet Polat (2005), Ek alana sahip pistonlar bilinen tandem silindirlerin farklı dizayn edilmiş şekli gibi düşünülebilir. Pistonun öne çıkan özelliği basma alanının tandem silindirden fazla olmasıdır.

Özel tasarım bir silindir örneğidir. Gerek basit yapıda olması, gerekse kullanılabilirliği ile pratiğe uygundur. Ayrıca hem pnömatik hem de hidrolik sistemler için uygulanabilir olması avantaj yaratmıştır.

Makine Mühendisleri Odası, Pnömatik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri (2005), Makine Mühendisleri Odası'nın pnömatik üzerine çalışan mühendisler için hazırladığı bir kaynaktır. Pnömatik hava üzerine verilen genel bilgilerden, vakum ve pnömatik kontrol devrelerine kadar konu yelpazesi vardır.

Kitap içeriği ve anlatımı olarak mühendisliğe yönelik grafikler ve formüllerle seviyeli bir anlatımdan faydalanılmıştır. Aynı zamanda pratik bilgiler verilerek direkt olarak uygulamaya yönelik çalışmalar amaçlanmıştır.

En çok kullanılan pnömatik devre elemanı olan pnömatik silindirler üzerine geniş bilgi verilmesi, pnömatik silindirin iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

Pneumatic cylinders: modelling and feedback force-control -Achim Ilchmann Oliver Sawodny Stephan Trenn (2005), Bu çalışma servo pnömatik piston modelleme, analiz etme ve güç kontrolü üzerinedir. İlk olarak matematiksel model oluşturulmuş, daha sonra gerekli hesaplamalar yapılmış, ve son olarak sistem gerçekte oluşturulmuştur.

Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Temel Savaşkan (2004), Malzeme bilgisi ve malzemelerin incelenmesi, testler uygulanarak malzeme özelliklerinin saptanması üzerine bir kaynaktır.

Malzemenin atom yapısı, kristal yapısı, malzeme deformasyonu, alaşım yapıları, faz diyagramları, demir-karbon alaşım sistemleri, ısıl işlemler, metal korozyonu ve malzeme muayenesi konularını içermektedir.

Metal malzemelerin kristal yapılarına bağlı olarak ısıl işlemler uygulanması ve ısıl işlemler sonucunda malzeme özelliklerinin değişimi konularına değinilmiştir. Isıl işlem haricindeki tertleştirme yöntemleri de kapsamlı olarak anlatılmıştır.

Bakır Esaslı Bronz ve Pirinç Yatakların Tribolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması, Bekir Sadın Ünlü, Sinan Köksal, Enver Atik, (2003). Kaymalı yatak malzemesi olarak bakır esaslı alaşımlardan pirinç ve özellikle bronz yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alaşımlar kaymalı yataklardan beklenen özellikleri sağlamaktadırlar. İyi bir tribolojik performansa sahip malzemeler, kaymalı yataklarda iyi sonuç vermektedir.

Bu çalışmada CuSn10 ile CuZn30 pirincinden üretilen kaymalı yatakların sürtünme ve aşınma özellikleri belirlenip, birbiriyle karşılaştırılmıştır. Karşı aşındırıcı olarak SAE 1050 çelik mil kullanılmıştır. Pnömatik sistemlerde de pirinç kaymalı yataklar sıklıkla kullanılmaktadır.

Hidrolik ve Pnömatik, İsmail Karacan (2003), Hidroliğe giriş, hidrolik sistemler, devre elemanları, valfler, hidrolik akışkanlar, semboller, hidrolik devre kurulması ve bakım-onarım konularında bilgiler vermiştir. Pnömatik bölümünde basınçlı havanın üretilmesi, hava sarfiyat hesapları, yön kontrol valfleri, pnömatik devreler, yol-adım diyagramları, pnömatikte arıza tespit gibi konulara değinmiştir.

Kitaptaki bilgilerin yanısıra pratikte çokça karşılaşılan uygulama örnekleri verilmiş ve bu örnekler üzerinden matematiksel hesaplar yapılmıştır. Ayrıca farklı marka hidrolik ve pnömatik markalarının ürünleri hakkında da bilgiler verilmiştir.

Festo, Temel Seviye Pnömatik Eğitim Kitabı.(2002), Bu eser pnömatik ürün imalatçısı Festo tarafından pnömatik ürün kullanıcılarına temel seviye eğitim veren iyi bir kaynaktır. Temel pnömatik eğitimin yanısıra pnömatik devre elemanlarının tanıtılması, kullanım şekli ve

özelliklerinden bahsedilmiştir. Son olarak verilen “Pnömatik Sistemlerde Arıza Aranması” bölümü direkt uygulamaya yönelik yöntemler içermektedir. Böylelikle arıza kısa zamanda tespit edilebilmekte ve arızanın bir daha yaşanmaması için alınan önlemlerle arıza tekrarlanmamaktadır.

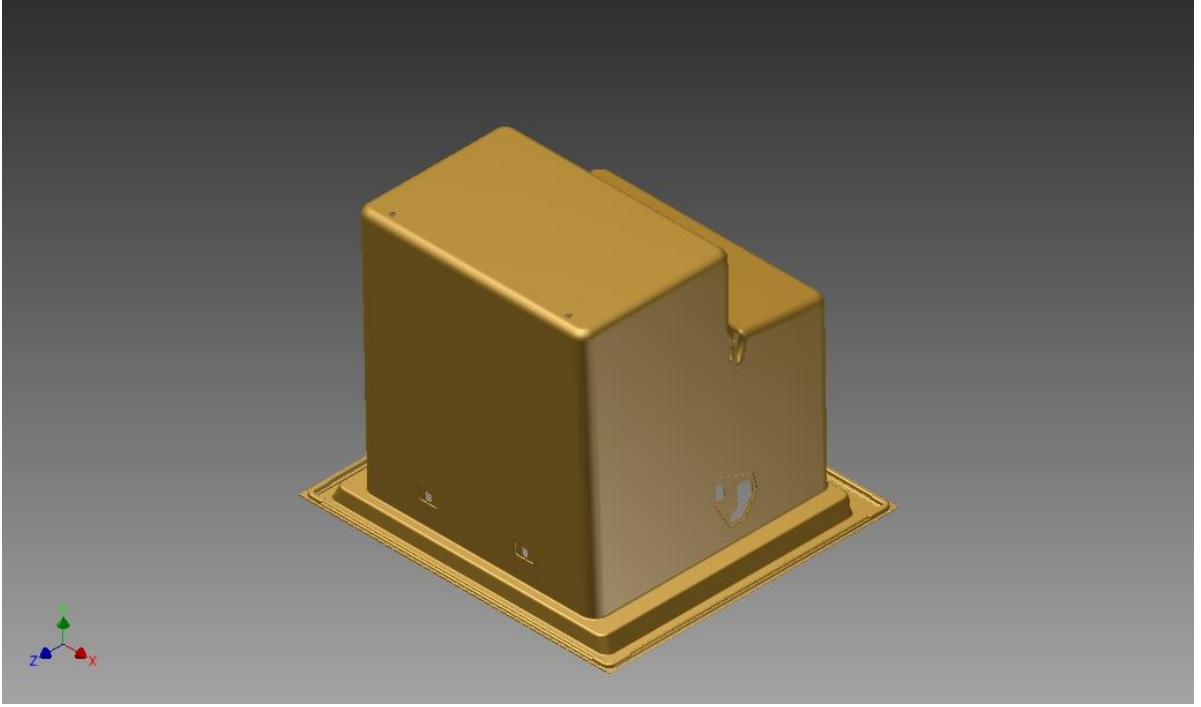
Megep, Temel pnömatik,(2002), “Temel Pnömatik” kitabında pnömatik üzerine çok genel bilgiler verilmiştir. Temelde havanın özellikleri başta olmak üzere, basınçlı havanın üretilmesi ve özellikleri, daha sonra da pnömatik sistemlerde kullanılan elemanlar tanıtılmıştır. Pratiğe yönelik olan kitapta teorik bilgi minimum tutulmuştur.

Bilgisayar Destekli Pnömatik Devre Tasarımı, Zafer Tekniker, İhsan Korkut, (1999), Teknolojinin gelişmesiyle birlikte makine ile elektronik (otomasyon) birlikte çalışmaya başlamıştır. Pnömatik sistemlerin kontrolü de bilgisayar programları ile yapılmaya başlanmıştır.

Bir pnömatik devreyi gerçekte oluşturmadan önce projelendirme ve simülasyon için kullanılan programların avantajları açıkça belirtilmiştir. Pnömatik tesisatı çekmeden önce, kullanılacak bağlantı elemanlarına, sarfedilecek hava miktarına kadar birçok değer bilgisayar destekli tasarım yoluyla elde edilebilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada imal edilmiş pnömatik silindir bir kalıp içerisinde maça iticisi olarak çalışmaktadır. Kalıbında özel silindirin kullanıldığı parça Şekil 3.1’de gösteriştir. Kalıp içinde yeterli alan olmadığı için silindir çapı, stroğu, dış ölçüleri kalıp içindeki alana göre belirlenmiştir. Silindirin sığdırıldığı hacim 65x70x200 milimetre boyutlarındadır.



Şekil 3.1. Kalıbında özel silindirin kullanıldığı parça

Özel pnömatik silindiri imal ederken kullanılan materyalin belirlenmesinde temelde iki kriter göz önüne alınmıştır. Bunlardan birincisi hafiflik, ikincisi de dayanımdır. Silindir üzerinde kullanılan standart yataklama ve sızdırmazlık elemanlarını seçerken de tedarik kolaylığı belirleyici olmuştur.

Seçilen üretim yöntemi olarak da numune üretim olması talaşlı imalat yöntemini cazip kılmıştır. İçi dolu malzemeden talaş kaldırma prensibi ile imalat yapılmıştır.

3.1. Materyal

Silindir üzerinde gövdelik görevi yapacak ana parçaların hafifliği, dayanımı, talaşlığı imalata uygunluğu göz önünde bulundurularak, uçak sanayiinde de kullanılan alüminyum alaşımı olan 7075 serisi Zn alaşımı tercih edilmiştir.

Sızdırmazlık malzemelerinden (keçeler ve o-ringler) en yaygın olarak bulunabilen ve piyasada hemen her yerde kullanılan NBR (Nitril Kauçuk) seçilmiştir. Yataklama malzemeleri özel olarak imal edilen PTFE (Politetrafloroetilen) esaslı standart ürünler arasından seçilmiştir. İmal edilen özel pnömatik silindirde kullanılan malzeme türleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Özel pnömatik silindir parçaları ve malzeme türleri

No	Parça Adı	Malzeme Türü
1	Silindir Gövdesi	Al 7075 T6
2	Silindir Mili	Cr,SAE 1045
3	Piston	Al 7075 T6
4	Silindir Kapağı	Al 7075 T6
5	Burç	PAP P10
6	Boğaz Sızdırmazlık Keçesi	NBR
7	Kapak ve Piston O-Ringi	NBR
8	Nutring Keçe	NBR
9	Yataklama Bandı	Bronz,PTFE

İmal edilen standart dışı pnömatik silindirde; silindir gövdesi, piston ve silindir kapağı Al 7075 T6 malzemedan imal edilmiştir (Çizelge3.1). Al 7075 T6 malzemim seçilmesinde alüminyum malzemenin genel özellikleri etkili olmuştur.Alüminyum malzemenin genel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Yoğunluğu $2,7\text{g/cm}^3$ tür. Çelikten sonra kullanım alanı en yaygın olan metelsel mühendislik malzemesidir ve hafifliği nedeniyle özellikle uçak uzay sanayinde tercih edilir.
- Elastiklik modülü 70GPa ’dır (Çelik 200GPa); yani çelikten daha az rijittir ve aynı zorlama altında çeliğe göre 3 misli daha çok esner.

- Çelikle karşılaştırıldığında özgül dayanımı daha iyidir (birim ağırlık başına dayanım). Aynı yükü çeliğe göre daha hafif malzemeyle taşır.
- Gevrek-sünek geçiş sıcaklığı olmadığından dolayı, aniden çok soğuk ortama girdiğinde dahi gevrekleşmez.
- Oksidasyon ve korozyona dayanıklıdır.
- Yüzeyinde koruyucu oksit tabakası bulunur, çizilse bile hemen tekrar oluşur. Oksit tabakasının bileşimi ayarlanarak farklı renkler alması sağlanabilir.
- Alüminyum alaşımlarında değişik dayanım artırma yöntemleri seçilebilir, ancak en etkin dayanım artırma yöntemi, çökeltme sertleşmesidir (yaşlandırma).

Alüminyum alaşımlarının mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri alaşım elementlerine ve mikroyapısına bağlı olarak değişir. Alüminyuma katılan en önemli alaşım elementleri bakır, mangan, silisyum, magnezyum ve çinkodur. Alüminyum alaşımları dövme ve döküm alaşımları olarak iki gruba ayrılır. Dövme alaşımlarının, plastik deformasyon kabiliyeti iyi olup kolayca şekillendirilebilirler. Alüminyum dövme ve döküm alaşımlarının büyük bir kısmına ısıtma işlemi uygulanabilmektedir.

Al 7075 malzeme bir Al-Zn alaşımlarıdır. Bakır esas alaşım elementi olup, magnezyum, krom ve zirkonyum ilave alaşım elementleridir. 7075 serisi, alüminyum alaşımlarının en yüksek mukavemete sahip olanıdır. Uçak parçaları yapımı ve diğer yüksek dayanım istenen yerlerde kullanılır.

Malzemelerin ısıtma işlem durumları temper gösterimleri ile ifade edilir. Alüminyum alaşımlarının bazı temper gösterimleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Uygulanan bu ısıtma işlemleri hafif olan alüminyum malzemeye daha iyi mekanik özellikler kazandırılmaktadır.

Çizelge 3.2. Alüminyum Alaşımları Temper Gösterimleri

Alüminyum Alaşımları Temper Gösterimleri	
F	İmal edildiği gibi
O	Tavlanmış
H	Soğuk şekil verilmiş
W	Çözme tavi uygulanmış
I	Yaşlandırma (Çök. Sert.) uygulanmış
	Mesela T4 - çözme tavi ve doğal yaşlandırma
	T6 - çözme tavi ve yapay yaşlandırma

İmal edilen pnömatik silindirde 7075 T6 alüminyum malzeme kullanılmıştır. Yani malzeme Zn alaşımlıdır ve çökeltme tavi ile yapay yaşlandırılmıştır. Mekanik özelliklerinin iyi olması ve ince taneli bir yapıya sahip olması bu malzemenin seçiminde etkili olmuştur. 7075 seçilmesiyle malzeme üzerinden talaş kaldırmak kolaylaşmış daha dar toleranslarda üretim gerçekleşmiştir. Ayrıca yüzeyler daha daha pürüzsüz olmuştur. Ortalama yüzey pürüzlülüğü az olan yüzeyler sızdırmazlık elemanlarının ömrünü önemli ölçüde artırmıştır.

Çizelge 3.1'den de görüleceği üzere özel pnömatik silindirde kullanılan bütün sızdırmazlık keçeleri (boğaz sızdırmazlık keçesi, nutring keçeler) ve O-ringler NBR denilen Akrilnitral Bütadien malzemedendir. Piyasadaki standart pnömatik silindirlerin çoğunda da sızdırmazlık elemanları NBR malzemedendir.



Şekil 3.2. Boğaz sızdırmazlık keçesi ve kapak O-ringi

NBR malzeme -20 ile +100 °C aralığındaki sıcaklıklarda çalışabilir. Eğer silindirin çalıştığı ortam sıcaklığı 100°C üzerinde ise NBR malzeme sızdırmazlık sağlayamayacaktır. Bunun yerine viton (FKM) malzemedan imal edilmiş bir keçe kullanılması daha doğru olacaktır. Silindirin çalışma sıcaklığının oda sıcaklığında olduğunu düşünerek NBR malzeme kullanılması uygundur.

Kapak O ringinin yuvasına montajdan önceki hali ve silindir kapağı üzerine montajlı hali Şekil3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Kapak O ringinin monrajlı hali

NBR keçeler ön yağlama (ilk piston montajı esnasında ilk yağlama) yapılmadığı ve çalışma keçenin yağsız kaldığı durumlarda sızdırmazlık dudaklarında aşınmalar olacaktır. Böylelikle keçeden hava kaçakları meydana gelir.

Çizelge 3.1'de de görüleceği üzere özel silindir mil malzemesi Cr-SEA 1045'dir. Silindir mili kabaca çelik malzeme yüzeyinin kromla kaplanmasıyla üretilmiştir. Piyasada kolaylıkla bulunabilen, pnömatik silindirde mil imalatı için kullanılan vazgeçilmez malzemelerdendir. Milin merkezinde SAE 1045 türü imalat çeliği malzeme vardır. Bu imalat çeliği malzemenin yüzeyinin taşlanması ve daha sonra elektroliz yöntemiyle yüzeyinin kaplanmasıyla imal edilmiştir.

Çizelge 3.3 Silindir milinin özellikleri

SAE 1045 Kimyasal Özellikler					SAE 1045 Mekanik Özellikler		
C %	Mn%	Si%	S %	P %	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Uzama
0.42 – 0.50	0.60 – 0.90	0,4	0.035	0.03	750 N/mm2	650– 750 N/mm2	0.07

Cr Tabaka Kalınlığı	Cr Tabaka Sertliği	Yüzey Pürüzlülüğü
20 mikron	66-72 HRC	Ra 0.10–0.20 mikron

Çizelge 3.3'deki değerlerden de anlaşılacağı üzere mil malzemesi olarak kullanılan sert krom kaplı milin dış yüzeyi sert, yüzeyin altındaki bölümler kısmen yumuşaktır. İç bölümlerin kısmen yumuşak olması ihtiyaca göre istenildiği gibi imal edilebilme kolaylığı vermiştir. Örnek olarak istenildiğinde mil üzerine ekseninden delik delinerek klavuzla dış çekilebilmektedir. Yüzeyinin sert olması da aşınma dayanımını artırmakta ve mil yüzeyinin deforme süresini uzatmaktadır.



Şekil 3.4. Silindir mili

Şekil 3.4'de Ø16 Cr kaplı çelik milden imal edilmiş silindir mili görülmektedir. Cr kaplanmış yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülüğünün düşük (0.10–0.20 mikron) olmasından dolayı

daha parlak olduğu gör÷lmektedir. Milin iç kısımlarının da daha yumuşak olması mil üzerine diş çekilmesini mümkün kılmıştır.

Burç, silindir mili ve gövde arasındaki eksen kaymalarını engellemek amacıyla kullanılan bir parçadır. Yani mili ve gövdeyi aynı ekseninde tutar. Aksi takdirde sürtünmeler ve aşınmalar, yapılan işte ölçü farkları meydana gelir. Özel pnömatik silindirde kullanılan PAP P10 burç Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



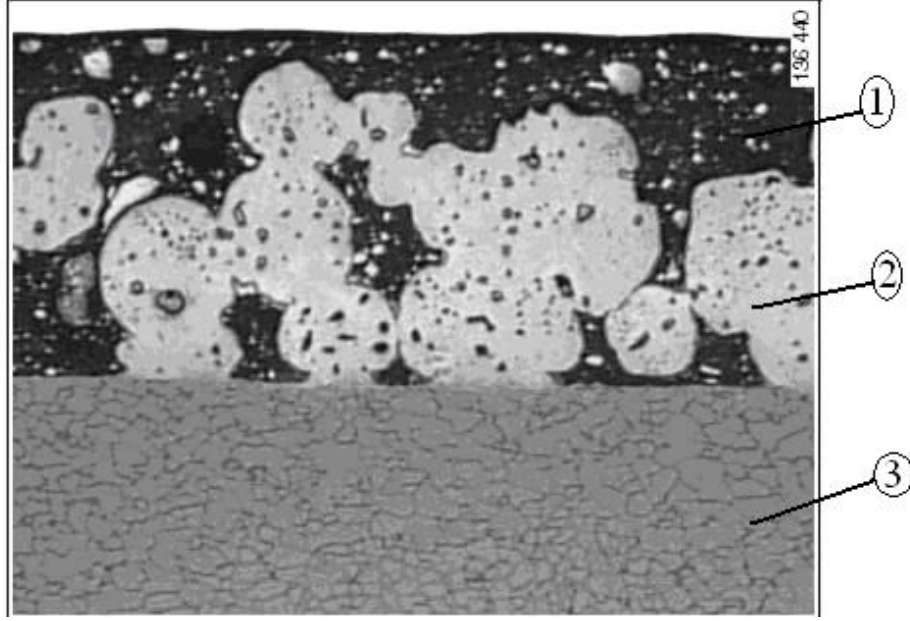
Şekil 3.5 PAP P10 burç

Standart pnömatik silindirlerin hemen hepsinde kullanılan standart PAP burç özel silindirde de kullanılmıştır. Burç Ø16 x 15 ölçülerindedir. Yani çalıştığı mil çapı 16mm, burcun yataklama uzunluğu 15 mm’dir. Özel silindirde P10 tipi PAP burç kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Bu PAP burcun genel özellikleri şöyledir:

- Bakım gerektirmez,
- Yağsız kullanım için uygundur,
- Doğrusal ve dönme hareketi için kullanılabilir,
- Kendi kendini yağlama özelliği vardır,
- Sürtünme düşüktür,
- Kimyasal direnci iyidir,
- Su emmez.

PAP P10 burç, çelik bir bilezik içine kaplama yapılmasıyla imal edilmiş çok pratik ve verimli bir burçtur. Burç bileziğinin içindeki kaplama temelde PTFE (teflon) malzemeden oluşmaktadır. PTFE aşınma direnci yüksek, sürtünmesi az, kimyasal direnci iyidir. Malzemenin

en önemli özelliği yüksek çalışma sıcaklıklarında (250°C) yapısını koruyabilmesidir. Bu yüzden en çok tercih edilen malzemeler arasındadır.



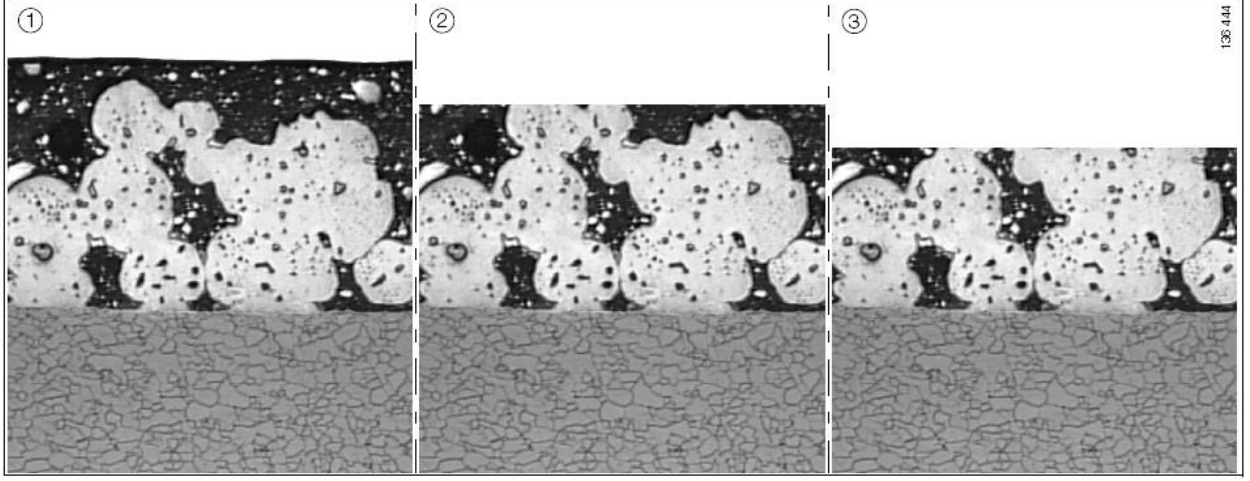
Şekil 3.6. Burç Kesiti 1.Alıştırma Tabakası 2. Kayma Yüzeyi 3. Destek Gövdesi (www.ina.com)

Şekil 3.6'de görülen 1 numaralı aşınma tabakasının oransal olarak büyük çoğunluğu PTFE malzemeden oluşmaktadır. Tabakanın ortalama kalınlığı 0.03mm'dir.

Resimde 2 numaralı tabaka asıl işin yapıldığı kayma yüzeyidir. Tabaka içinde PTFE matriks malzeme ile birlikte kalay-kurşun-tunç metalleri bulunur. Metaller hacimsel olarak ortalama %30 oranında bulunur. Tabaka kalınlığı ortalama 0.25 mm'dir. Burç çalışması esnasında tabaka yapısındaki metaller doğal yağlama sağlayarak düşük sürtünmeli ve uzun ömürlü yataklama sağlar.

Resimde 3 numaralı destek gövdesi iç bölümdeki kompozit malzemeye gövdelik görevi yapar. Çelik malzemeden imal edilmiştir. Malzeme kalınlığı burcun boyutuna bağlı olarak 0.8-2mm arasında olabilmektedir.

PAP P10 burcun çalışmaya başlamasından itibaren aşınma biçimi Şekil 3.7’de verilmiştir. Burcun içinde ki teflon reçineli tabaka zamanla kaybedilmeye başlar. Madde kayıpları sonucunda mil ve burç arasında boşluklar oluşur.



Şekil 3.7. PAP P10 burç alıştırma safhaları 1. Alıştırılmadan önceki durum 2. Alıştırımdan sonraki ideal durum 3. Uzun çalışma süresinden sonraki durum (www.ina.com)

İmal edilen özel silindirin üzerine PAP P10 burcun montajlanmış hali Şekil 3.8.’de görülmektedir.



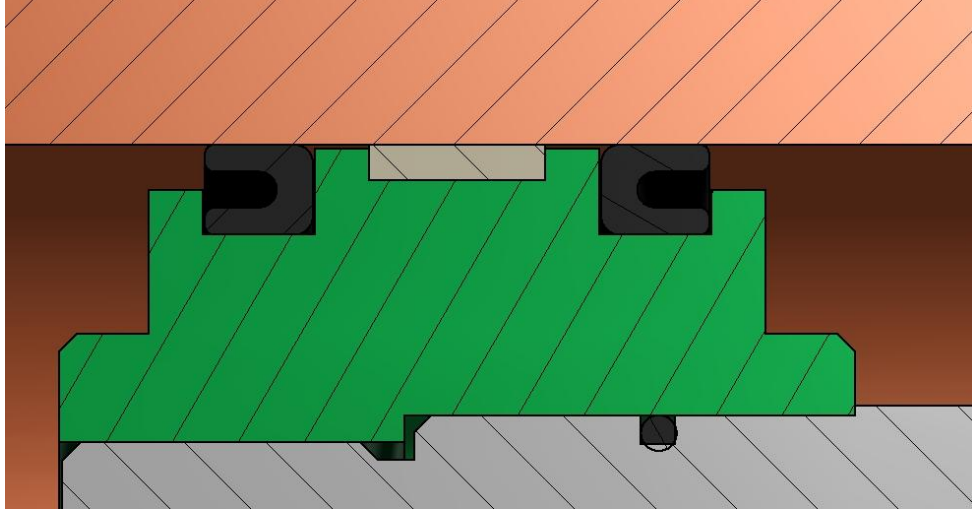
Şekil 3.8 PAP P10 burcun montajlı hali

Pnömatik sistemlerin uzun süre sorunsuz çalışabilmeleri için piston üzerinde yataklama bandına ihtiyaçları vardır. Çalışma esnasında pnömatik silindir mil eksenine gelen dik kuvvetler silindirin boğaz bölgesinde ve piston üzerinde momentlere ve kuvvetlere neden olur. Bu kuvvet ve moment silindir üzerindeki parçaların birbirine sürtmesine ve bu sebeple aşınmalara neden olacaktır. Sürtünme ve aşınmaları minimum seviyeye çekmek için yataklama bantları kullanılmaktadır. Yataklama bantları hem sürtünme kuvvetlerini azaltarak pistonun uzun süre verimli şekilde çalışmasını sağlar, hem de silindir milini ve silindir gömleğini eş ekseninde tutar. Böylelikle düşük sürtünmeli ve uzun ömürlü bir dinamik yataklama saylanmış olur.



Şekil 3.9. Piston yataklama bandı

Özel silindirde kullanılan yataklama bandı Şekil 3.9'da ve Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Yataklama bandı olarak kullanılan malzeme bronzlu teflondur (Çizelge 3.1). Yani teflon reçine içinde bronz (Cu-Sn) malzeme parçacıkları ilavesiyle elde edilmiştir. Bronz ve teflon malzeme PAP P10 burçta kullanılanla aynıdır.



Şekil 3.10. Yataklama bandının katı modeli

Piston ve gömlek arasında sürtünme yataklama bandı ile sağlanacağından alüminyum malzemedен imal edilen piston ile gömlek arasında mesafe olmalıdır. Şekil 3.10’da bu mesafe görülmektedir. Yani piston ile gömlek hiçbir şekilde birbirlerine temas etmemektedir. Temaslar keçeler ve yataklama bandı ile olmaktadır.

3.2. Yöntem

Standart dışı pnömatik silindiri imal ederken göz önünde bulundurulan ana kriter üretilecek olan silindir sayısıdır. Silindir sayısına göre en uygun üretim yöntemi seçimi üretim adediyle yakından ilgilidir.

Silindirden birkaç adet üretileceği düşünüldüğünde, universal tezgahlarda talaşlı imalat yöntemiyle üretilmesi hem daha hızlı hem daha ekonomik olacaktır. Eğer çok sayıda üretmek istenilirse, seri üretim mantığıyla bazı parçaları (özellikle silindir gövde ve kapakları) döküm yöntemiyle üretilebilirdi.

Aşağıda özel pnömatik silindirin imal edilen parçalarının imalatına ait bilgiler verilmiştir. Diğer parçalar piyasadan tedarik edilmiş ve hazır kullanılmıştır.

3.2.1. Silindir Gövdesi Üretimi

Pnömatik silindirlerin büyük çoğunluğu alüminyum gövdelidir. Cidar kalınlığı 2-3mm olan içi honlanmış (ekstrüzyon yöntemiyle üretilen) hazır silindir gömlekleri ve alüminyum dökümden imal edilmiş ön ve arka kapakları vardır. Özel silindirin malzemesi de alüminyumdur. Standart silindirlerden farklı olarak alüminyum malzeme serisi 7075'dir. Silindir hazır gömlek yerine içi dolu alüminyum malzemedен işlenmiştir. Çünkü hazır gömlekte silindir gövde üzerine dış açılmamaktadır. Ayrıca hazır gömlekler istenilen çapta bulunamamaktadır.

Şekil 3.11'de ve Şekil 3.12'de özel silindirin gövdesi verilmiştir. Şekillerden keçenin çalıştığı basınç odası ve bağlantı elemanları görülmektedir.



Şekil 3.11. Silindir gövdesi ön yüz

Silindir gövdesi imalat yöntemi olarak talaşlı imalat en uygun olanıdır. Talaşlı imalat yöntemini seçerken malzeme cinsi, üretim adedi ve imal edilecek malzeme formu göz önüne alınmıştır.



Şekil 3.12. Silindir gövdesi arka yüz

Gövdeyi imal etmek üzere $\text{Ø}80 \times 105$ 7075 T6 alüminyum malzeme tedarik edilmiştir. Tasarımın genel formu itibariyle gövde torna ve freze tezgahlarında imal edilebilecek formlara sahiptir. Silindirik işlemler tornada, bağlantı delikleri ve dış açılma işlemleri freze tezgahında yapılmıştır.

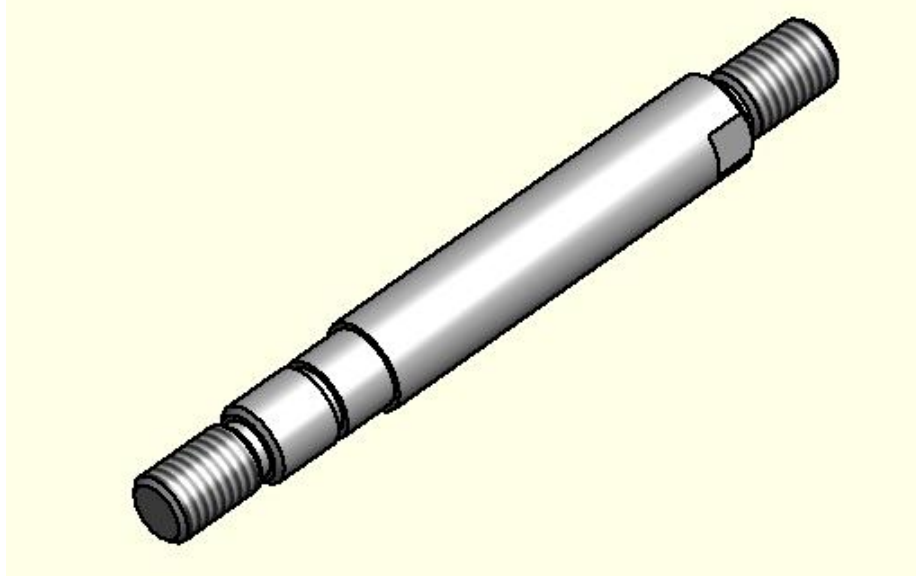
İlk olarak torna tezgahına bağlanan malzeme $\text{Ø}70 \times 100$ ölçülerine getirilmiştir. Daha sonra $\text{Ø}45$ silindir yuvası açılmıştır. Bu yuva açılırken daha sonraki aşama olan zımparalama ve parlatma işlemi için $0,025\text{mm}$ zımparalama payı bırakılmıştır. Yani strok yuvası $\text{Ø}44,975$ olmuştur. Zımparalama işleminden sonra $\text{Ø}45,00 - \text{Ø}45,10$ aralığında olması istenmektedir. Yuva açılma işlemi ve silindirik parçanın keskin köşelerine radüs yapıldıktan sonra parça freze tezgahına bağlanmıştır. Freze tezgahında silindirin gövdesine kare form verilmiş, M5 kapak bağlantı dişleri, M6 ve M4 gövde bağlantı dişleri çekilmiştir. En son işlem olarak zımparalama ve $\text{Ø}45$ deliğin parlatılması işlemleri yapılmıştır. $\text{Ø}45$ deliğin iç yüzeylerinin pürüzsüz olması önemlidir. Çünkü bu yüzeylerde piston keçeleri çalışacaktır. Keçe ve silindir yüzeyi arasındaki sürtünmenin minimum olması hem keçe ömrünü uzatır hem de silindir verimini artırmaktadır.

3.2.2. Silindir Mili Üretimi

Silindir mili silindir üzerinde en çok zorlanan parçadır. Silindirin iş yapacağı parçaya ucundaki dişlerle bağlanmaktadır. Genelde bu dişler standart metrik diş formunda olmasına rağmen metrik diş boyutu küçüktür. Mesela M10 standart civatanın hatvesi 1,5 iken pnömatik silindirlerde M10 dişin hatvesi 1,25'dir. Daha ince diş kullanılmasının temel sebebi silindir milinin sıkıldığı parçadan gevşeyip sökülmesini önlemektir.

İmal edilen özel silindirde M14 2,0 diş kullanılmıştır. Standart pnömatik silindir dişlerine bakarak daha büyük bir diş kullanılmıştır. Özel silindirde daha farklı bir diş kullanılmasının sebebi standarttan farklı üretim yapılmasıdır.

Silindir milinin katı modeli Şekil 3.13'de verilmiştir. Milin imalatı bu katı model üzerinden gerçekleştirilmiştir.



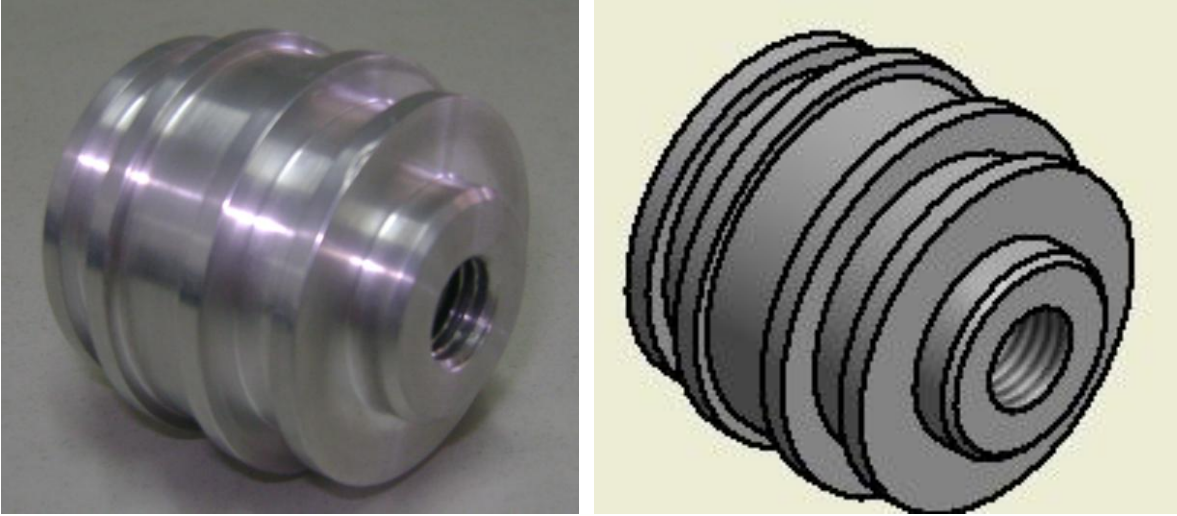
Şekil 3.13. Silindir mili katı modeli

Silindir mil imalatı için Ø16 x 145 sert krom kaplı mil kullanılmıştır. Milin formu itibariyle 2 aşamalı olarak üretilmiştir. Önce tornalama ve daha sonra frezeleme ile devam edilmiştir. Öncelikle mil tasarım boyuna getirilmiştir, daha sonra her iki ucundaki dişler çekilmiş ve son olarak da O-ring kanalı açılmıştır.

Tornalamadan sonraki imalat aşaması olarak freze kullanılmıştır. Freze tezgahında milin dışta kalan ucuna anahtar ağzı açılmıştır. Anahtar ağzı hem montaj esnasında mil-piston montajını kolaylaştırır hem de montajlanmış pistonun yerine montajı sırasında mil ucundaki dişin yerine sıkılmasını kolaylaştırmıştır. Anahtar ağzı açılan bölüm silindirin içine girmediği için boğaz keçesine ve yataklama malzemesine zarar vermemektedir.

3.2.3. Piston Üretimi

Silindir içerisinde malle birlikte hareket eden parça pistondur. Basınçlı havanın sızdırmazlığının sağlandığı sızdırmazlık keçelerini, piston malzemesi ve silindir arası metal sürtünmelerini önleyen yataklama bandını ve üzerine sabitlenmiş silindir milini üzerinde taşır. Hafiflik göz önüne alınarak (2.9 g/cm^3) 7075 serisi alüminyum malzemedan yapılmıştır. Aynı zamanda ileriki zamanlarda oluşabilecek paslanmalar da önlenmiştir.



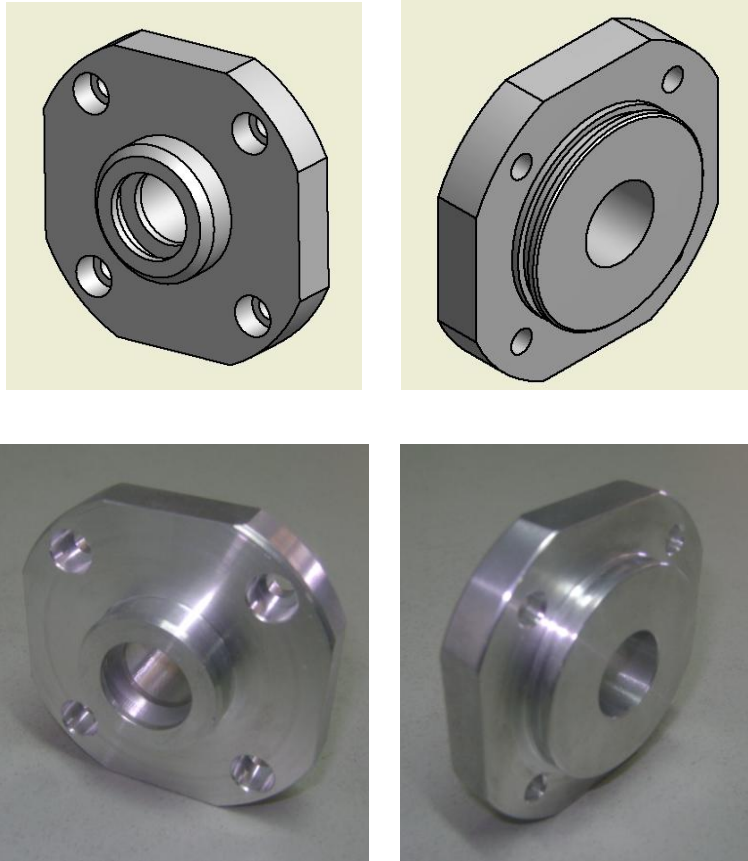
Şekil 3.14. Piston fotoğrafları ve katı modeli

Genel geometrisi itibariyle piston torna tezgahında üretime daha uygundur. $\text{Ø}50 \times 50$ 7075 serisi alüminyum malzeme kullanılarak imal edilmiştir. Pistonun dış yüzünde tam ortadaki kanalda yataklama bandı kanalı, yataklama bandının iki yanında da keçe yuvaları açılmıştır.

Daha sonra silindir milinin montajı ve merkezlenmesi için piston merkezinden delik açılmıştır. Pistonun tam merkezinde Ø15 merkezleme deliği ve M14 sabitleme dişi açılmıştır.

3.2.4. Silindir Kapağı Üretimi

Silindir kapağı, Ø45 strok deliğini kapatan ve basınçlı hava için içeride kapalı bir hacim oluşturan parçadır. Silindir içerisinde kapalı bir hacim oluşturmasından ziyade silindir kapağının temel iki görevi daha vardır; birincisi silindirden çıkan silindir milinin strok hacmi ile olan hava sızdırmazlığının sağlanmasıdır. Bu sızdırmazlık boğaz keçesi ile sağlanır. Aynı zamanda bu keçe toz sıyırma fonksiyonu ile dışarıdan yabancı maddelerin silindir içine girmesine engel olur. Silindir kapağının ikinci görevi silindir milinin yataklanmasıdır. Silindirin içindeki pistonun gövdedeki strok deliğiyle aynı eksende olması önemlidir. Aksi takdirde istenmeyen sürtünmeler ve kasıtlılar olacaktır. Bu da silindirin ömrünü azaltır, sürtünmeleri artırır ve verimi düşürür.



Şekil 3.15. Silindir kapağı fotoğrafları ve katı modeli

7075 serisi alüminyum dolu malzemedan Ø70 x 50 ölçülerinde malzeme kullanılarak imal edilmiştir. Kapağın geometrisinin gerektirdiği şekilde üretim önce torna tezgahında, daha sonra da freze tezgahında yapılmıştır.

Malzemenin dış ölçülere getirilmesi işleminden sonra O-ring kanalı açılmıştır. Daha sonra yataklama burcunun yuvası açılmıştır. Parçanın tornaya ters bağlanmasından sonra keçe yuvası açılmıştır.

Freze tezgahında dış çapın dört tarafındaki faturalar işlenmiş ve son olarak M5 imbus bağlantı delikleri açılıp imalat tamamlanmıştır.

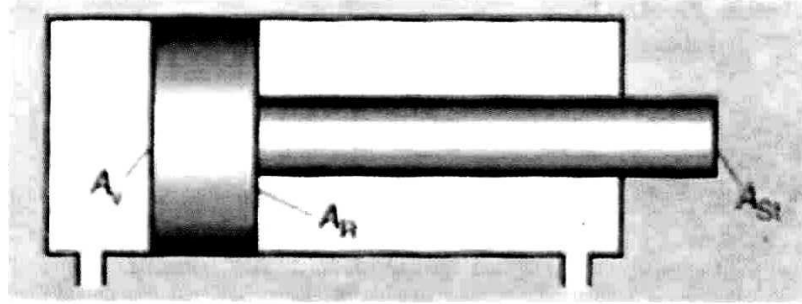
Gövde ile kapak birbirine dört adet M5 civata ile bağlanmıştır. Gövdeye dış çekilmiş, kapağa civata boşluklu geçecek şekilde tasarlanmıştır. M5 imbus civatanın baş kısımları kapak içerisine gömülü vaziyettedir. Civataları gömmek için önce matkapla delinmiş, daha sonra civata başının çapından büyük bir parmak freze ucu ile civata başı gömülecek kadar yuva açılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tasarlanan ve imal edilen özel pnömatrik silindir standartlar ışığında üretilen silindirlerle karşılaştırılması ve gerekli matematiksel hesapların yapılması gereklidir. Çünkü karşılaştırma ve hesaplamaların yapılması özel silindirin değerlendirilmesi ve daha derinlemesine anlaşılması açısından önemlidir.

Sızdırmazlık elemanlarından kaybedilen basınçlı hava gözardı edildiğinde teorik olarak silindirden elde edilen kuvvet, hava basıncı ile efektif piston alanının çarpımına eşittir.

Elde edilen kuvvet, sürtünme (yaklaşık %5-10), karşı basınç, hava kaçakları ve pistonun üzerine etki eden toplam yükü yenerek pistonu hareket ettirir.



Şekil 4.1. Pnömatik Silindirin Efektif Yüzey Alanları

Bir çift etkili silindirde elde edilen teorik kuvvet (sürtünme kuvveti, hava kaçakları ihmal edilmiş hali) formül (4.1) ve formül (4.2) ile hesaplanır. Formüllerdeki A_v ve A_R değerleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

İlerleme kuvveti :

$$F_v = P \times A_v = P \times [(\pi \times d_1^2) / 4] \quad (4.1)$$

Geri dönüş kuvveti aşağıda verilmiştir,

$$F_R = P \times A_R = P \times [\pi (d_1^2 - d_2^2) / 4] \quad (4.2)$$

(3.1) ve (3.2) numaralı formüllerde kullanılan simgeler aşağıda verilmiştir :

F_v : Pnömatik ileri itme kuvveti
 F_R : Pnömatik geri dönüş kuvveti
 P : Çalışma basıncı
 A_v : Piston alanı
 A_R : Halka alanı
 d_1 : Piston çapı
 d_2 : Mil çapı

Standart silindirlerin kataloglarında piston çapına göre elde edilen kuvvet farklı hava basınçlarına göre verilmiştir. Silindirler standart olduğu için sabit basınçta elde edilen kuvvet markadan markaya farklılık göstermez. Ancak bu kataloglar imal edilen özel silindir için geçerli değildir. Çünkü standart silindirlerde Ø40 ve Ø50 vardır. Özel silindirin Ø45'dir. Yani aynı basınçta elde edilen kuvvet Ø40 ve Ø50 arasında olacaktır.

Formül (4.1) ve (4.2)'yi özel silindir için uygulamak istenildiğinde formüller için gerekli bilgiler aşağıdadır.

$$d_1 = 45 \text{ mm}$$

$$d_2 = 16 \text{ mm ise ;}$$

$$A_v = (\pi \times d_1^2) / 4$$

$$A_R = \pi (d_1^2 - d_2^2) / 4$$

d_1 ve d_2 'yi yerine konulduğunda A_v ve A_R değerleri :

$$A_v = 1590,4 \text{ mm}^2$$

$$A_R = 1389,4 \text{ mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Silindire verilen farklı basınçlı hava değeri için elde edilen teorik kuvvetler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere basınç arttıkça silindirden elde edilen kuvvet de artmaktadır.

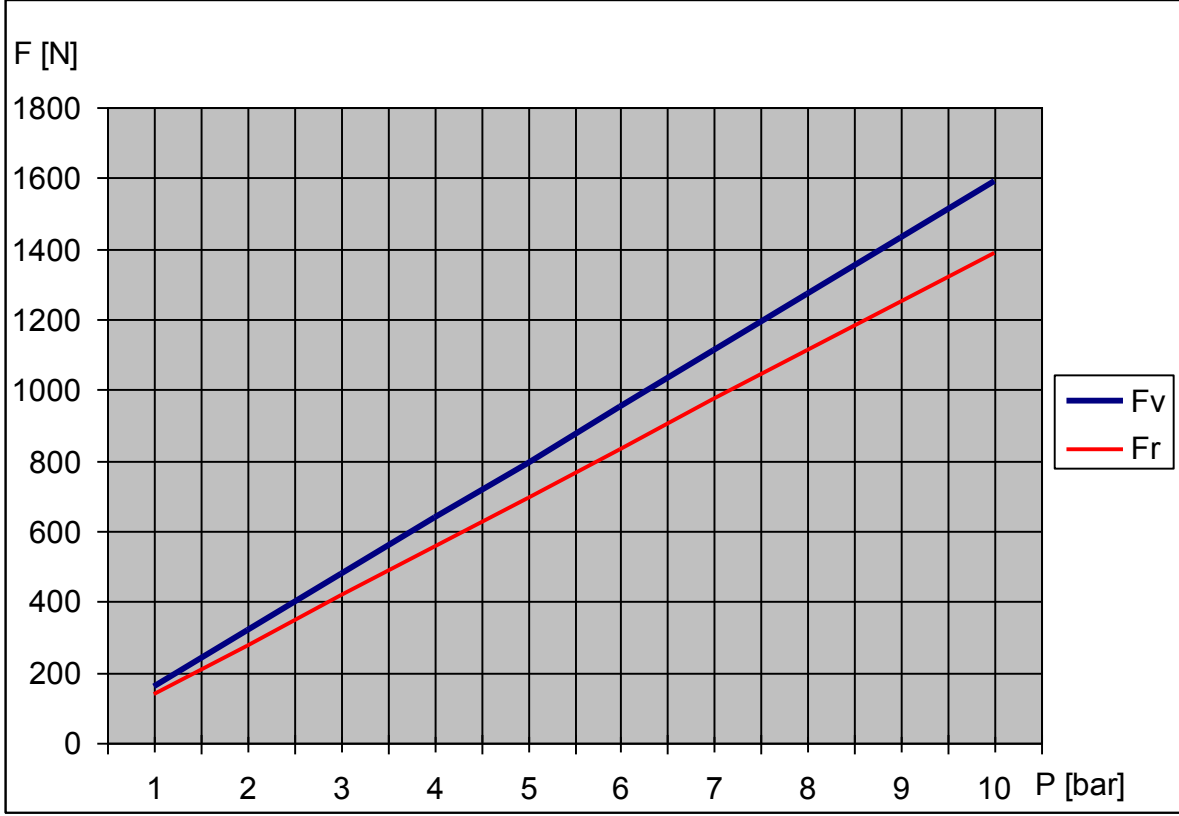
Çizelge 4.1 Farklı basınçlarda elde edilen teorik kuvvetler

P [bar]	Fv [N]	Fr [N]
1	159.04	138.94
2	318.08	277.88
3	477.12	416.82
4	636.16	555.76
5	795.2	694.7
6	954.24	833.64
7	1113.28	972.58
8	1272.32	1111.52
9	1431.36	1250.46
10	1590.4	1389.4

Çizelge 4.1’de verilen farklı basınçlarda elde edilen teorik kuvvet değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.2’de verilmiştir.

Şekil 4.2’den de görüleceği üzere mil çapı kadar alanın kaybı Fv ve Fr kuvvetlerinin farklı olmasına neden olmuştur. Mil çapının daha fazla olması mil yataklamasını kolaylaştırır. Ancak itme kuvveti ile çekme kuvveti arasındaki farkı arttıracığından mil çapını minimum tutmakta fayda vardır. Mil çapını minimum seviyeye çekerken de emniyeti gözardı etmemelidir.

Silindir aynı basınçta iterken farklı, çekerken farklı kuvvetler üretir. Pnömatik hava basıncı arttıkça elde edilen kuvvet artar, ayrıca kaçaklar varsa kaybedilen hava miktarı da artacaktır.



Şekil 4.2 Farklı basınçlarda elde edilen teorik kuvvetler

Elde edilen teorik itme ve geri geçme kuvvetlerinin grafiksel olarak gösterimi, silindir seçiminde çok büyük kolaylık sağlamaktadır. İhtiyaç duyulan kuvveti ne kadarlık bir basınçta elde edebileceği görülmektedir.

Pnömatik sistemler çoğunlukla 6-6.5 bar'da çalışacak şekilde tasarlanır. Aynı şekilde standart pnömatik elemanların da çalışma basınçları 6-6.5 bar civarlarındadır. Pnömatik elemanlar yüksek basınçlara da dayanabilir. Ancak yüksek basınçta sızdırmazlık elemanlarının ömrü kısalmaktadır. Ayrıca yüksek basınçlı havayı elde etmek ve nakletmek düşük basınca göre daha maliyetlidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pnömatik birim maliyeti yüksek bir enerji türü olmasına rağmen, sistem olarak düşünüldüğünde ekonomik bir enerjidir. Birim maliyeti yüksektir, ancak pnömatik devre elemanları basit konstrüksiyona sahip ve ucuzdurlar. Ayrıca pnömatik, iş güvenliği göz önüne alındığında güvenlidir. Kaçak, sızıntı, aşırı yükleme gibi durumlarda insana ve kendi kendine zarar vermez.

Pnömatik elemanlar arasında da en yaygın olarak kullanılan eleman silindirlerdir. Çünkü en temel hareket türü olan doğrusal hareket silindirle sağlanır. Radyal hareket ve salınım hareketi yapan pnömatik elemanlar da vardır. Ancak hiçbiri silindir kadar yaygın, pratik, basit yapıya sahip ve ucuz değildir.

İstenilen materyali seçmekle birlikte silindir üzerindeki montaj deliklerini montajlayacağınız yere göre istenilen şekilde açabilirsiniz. Bu tezde de standart silindirlerin hiçbirinde olmayan M4x8 gövde üzerinde eksene dik montaj dişleri açılmıştır.

Özel üretim silindirlerin avantajları kadar dezavantajları da vardır. Bunlardan ilki maliyettir. Özel üretim bir silindir her zaman için standart bir silindirden daha pahalıya mal olacaktır. Çünkü özel bir silindir üretmek için öncelikle ihtiyaca uygun tasarlamak gerekmektedir. Tasarım için ölçüler kadar kullanılacak malzeme ve malzemenin tedarik süresi göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarım ve malzeme tedarik aşamalarının tamamlandığını düşünürsek silindirin imalat safhası da sıkıntılıdır. Çünkü imalat süresi kesinlikle standart bir silindirden uzun sürecektir. Ayrıca imalat sırasında oluşabilecek bir sıkıntı (özellikle toleranslar konusunda) prosesi daha zorlayacaktır. Toleranslardaki çok küçük sapmalar silindirin rahat çalışmamasını, yani sürtünme kuvvetlerinin artmasına ve sonuçta silindir verimini düşürür. Yani başta hesaplanan teorik kuvveti elde edilmez.

Yukarıda sayılan dezavantajlara rağmen imal edilen ve çalışmakta olan silindirin çalışma ömrü de göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanılan sızdırmazlık elemanlarının periyodik kontrolü ve bakımı zamanında yapılmalıdır. Silindir çalışma esnasında en çok hangi kısımdan zorlanıyorsa

o bölüme daha çok önem verilmeli, gerekirse daha etli veya mukavil malzemeler seçilmelidir. Sıcaklık söz konusu ise risk almadan viton (PTFE) sızdırmazlık elemanları kullanılmalıdır.

Unutulmaması gereken bir diğer konu da verimdir. İster standart ister özel olsun her silindirde sürtünme ve hava kaçağı vardır. Büyük değerlerde olmasa da mühendislik hesaplamalarını yaparken elde edilen teorik kuvvet kayıpların ihmal edildiği değerdir. Kayıplar silindir imalatı sırasındaki tolerans geçmeleriyle ilgilidir. Keçe yuvasındaki pürüzler, ölçü hataları, eksen kaçıklıkları veya burç yuvası açılırken deliğin olması gerekenden küçük olması ve milin kasıtlı hareket etmesi verimi düşürmektedir. Kayıplar kabaca %5 - %10 olarak alınabilir. Yani teorik hesaplanan kuvvetin 100 N olduğunu varsayarsak silindir 90 N – 95 N kuvvet sağlar.

Makine imalatı ve tadilatı sırasında öyle durumlarla karşılaşılır ki piyasada satılan hiçbir pnömatik silindir istenilen özelliklere sahip değildir. Buna benzer şekilde bir pnömatik silindirden standartta olmayan bir özellik beklentisi imalatçıları özel üretime yönlendirmektedir.

Tasarımı ve üretimi özel yapılan bir pnömatik silindir istenilen her özelliğe sahip olabilir. Bu durum tasarımcı ve imalatçıları tamamen özgür bırakmaktadır. Örnek olarak gıda sektöründe çalışacak silindirler paslanmaz çelikten imal edilmelidir.

5. KAYNAKLAR

Akdoğan A (1997). Otomasyon Sistemleri. İstanbul

Anonim (2005). Pnömatik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri . Makina Mühendisleri Odası, 160s. Ankara

Anonim (2006). Temel Seviye Pnömatik Öğretim Kitabı. Festo Didactic Türkiye, 221s, İstanbul.

Anonim (2007). Pnömatik Sistemler, Megep, 90s, Ankara.

Anonim (1995). Temel Pnömatik. Milli Eğitim Bakanlığı, 46s, Ankara

Can A (2010). Tasarımcı Mühendisler İçin Malzeme Bilgisi, 281s.

Çakır A (1988). Metallerin Korozyonu, Borusan, İstanbul.

Güleç Ş (1990). Malzeme Ders Notları, İTÜ Makine Fakültesi, İstanbul.

Demetgül M (2002). Pnömatik Sistem Arızalarının Giderilmesinde Uzman Sistem Yaklaşımı. Göztepe, İstanbul

Demirel K (2000) Hidrolik Pnömatik, Birsen Yayınevi.

Düzgün D (1996). Makina Elemanları Dizayn-Konstrüksiyon. TSE, Ankara

Erdoğan D (1999). Makine Malzeme Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.

Fındık F (2010). Malzeme ve Tasarım Bilgisi, Seçkim Yayıncılık, 360s.

Karacan İ (2003). Hidrolik ve Pnömatik. Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, 318s, Karabük.

Karacan İ (1994). Pnömatik Kontrol. 304s, Karabük

Kartal F (1999) Hidrolik ve Pnömatik. Modül Teknik Eğitim Organizasyonu Yayını, İstanbul

Kartal F (1999) Elektropnömatik ve Otomasyon, 160s, Manisa

Karagöz S (2008). Malzeme Bilgisi. Adnan Menderes Üniversitesi, 90s, Aydın.

Onaran K (1993). Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.

Permaglide Plain Bearing, www.ina.com (eriřim tarihi, 10.08.2011)

Savaskan T (2004). Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 348s,
Trabzon

Simith W (2004). Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Literatür Yayıncılık,860s.

Sipahiođlu S (1994). Temel Pnömatik, Milli Eğitim Bakanlığı, 182s.

ÖZGEÇMİŞ

16.02.1987'de Bursa'nın Mustafakemalpaşa ilçesinde doğmuştur. İlk ve ortaöğretimini Mustafakemalpaşada'da tamamlamış, 2004-2005 eğitim öğretim yılında Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü kazanmıştır. Lisans eğitimi esnasında Erasmus Öğrenci Değişim Programı ile 2008-2009 eğitim öğretim yılı bahar yarıyılı Szent Istvan Üniversitesi'nde (Macaristan) okumuştur. 2008-2009 eğitim öğretim yılında başarıyla mezun olmuş ve 2009-2010 öğretim yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Programı'na kabul edilmiştir ve halen devam etmektedir. Ayrıca, yaklaşık 1,5 yıl Atlas Makina'da tasarım-imalat mühendisi olarak çalışmıştır.