

# HIDROLİK SILINDIR TASARIM VE İMALATINDA KULLANILAN TOLERANSLAR VE FORMÜLLER

Mehmet ARSLAN  
Murat SERER

## ÖZET

Bilindiği üzere lineer motor olarak ta tanımlanan hidrolik silindirler akışkanın hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren hidrolik ekipmanlardır. Hidrolik sistemlerin tamamına yakını nihai olarak bir hidrolik silindiri tahrik ederler. Hidrolik ünite ekipmanlarının seçimi ne kadar isabetli yapılırsa yapısın, bu seçimin iş olarak karşılığını hidrolik silindirler sayesinde görürüz.

Belirli prensiplere dikkat edilmeden tasarlanan ve üretilen hidrolik silindirler servis sırasında istenildiği gibi performans göstermeyebilir. Sonuç olarak bundan hidrolik sistemin tamamı etkilenir ve büyük maddi kayıplara neden olabilir.

Bu bildiride hidrolik silindirlerin tasarımı ve üretimi aşamasında en sık karşılaşılan problemler, bu problemlerin neden olduğu sorunlar ele alınarak, çözüm yolları ile dikkat edilmesi gereken noktalara işaret edilecektir.

## 1. HIDROLİK SILINDIRI OLUŞTURAN PARÇALAR



Resim 1. kati model silindir resmi

### 1.1. Kovan (Silindir Borusu)

Malzemesi özel bir talep olmadığı takdirde St 52-3 kalitedir. Kovan iç yüzeyi honlanmıştır.

### 1.2. Rot (Mil)

Malzemesi genel olarak iç piyasada Ck 45 dış piyasada St 52 çalışma şartlarına göre paslanmaz türüleri, işlah çeliklerinden imal edilebilirler.

Silindir içerisinde hareketli, çalışma esnasında dış ortamla temas olduğundan korozyona dayanıklı kaplama mevcuttur.



### 1.3. Ön Kapak (Kep)

Malzemesi pik, sfero döküm veya alasimsiz imalat çeliklerinden yapılabilir. Kovana bağlantısı vidalı veya civatalı bağlantı olarak gerçekleştirilebilir. Sızdırmazlık elemanlarını tasimasının yanı sıra yataklama görevi de yapar.

### 1.4. Piston

Malzemesi pik, sfero döküm veya alasimsiz imalat çeliklerinden yapılabilir. İç kaçağı önleyen sızdırmazlık elemanını üzerinde taşır. Aynı zamanda yataklama görevi de yapar.

### 1.5. Arka Kapak

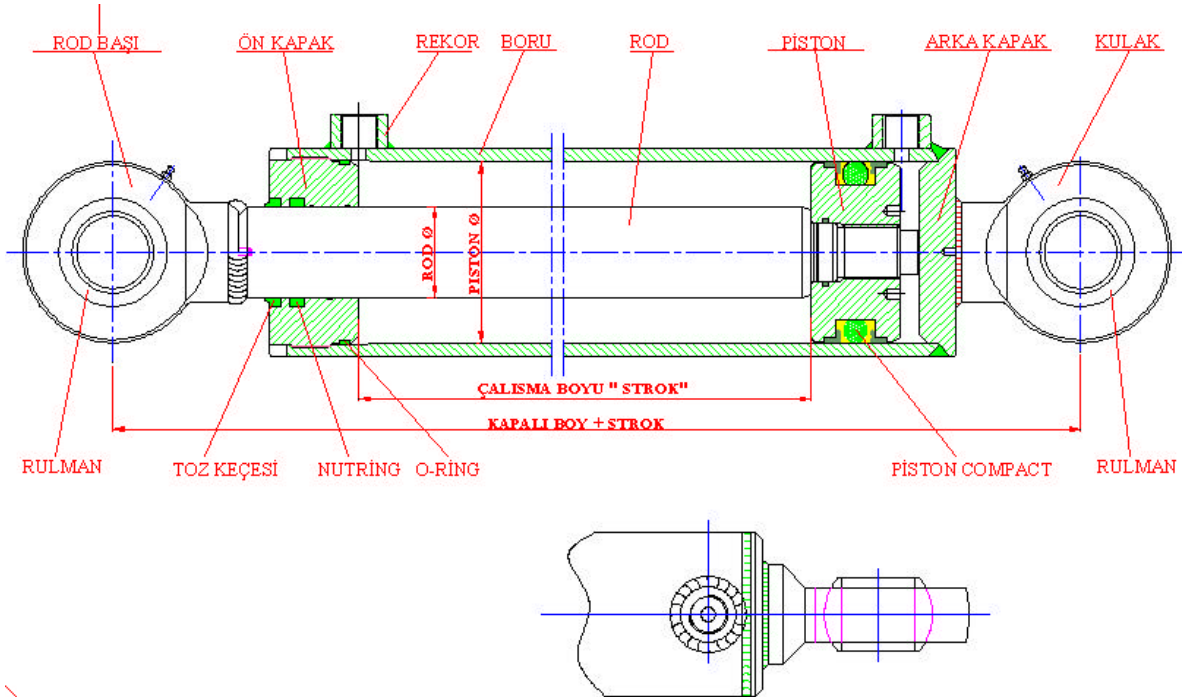
Malzemesi kovanla uyum sağlaması açısından St 52- 3 kalitesinde seçilmelidir. Sayet bulunamazsa karbon oranı düşük alasimsiz çelikler tercih edilmelidir. Görevi kovan arka kısmını kapatır ve bağlantı elemanını üzerinde taşır.

### 1.6. Rot Basi ve Kovan Basi

Malzemesi kovanla uyum sağlaması açısından st 52- 3 kalitesinde seçilmelidir. Hazır olarak üretimleri yapılmakla beraber, makine konstrüksiyonunda talep edilen, değişik bağlantı şekilleri de mevcuttur.

### 1.7. Sızdırmazlık Elemanları

Bölüm 4' te anlatılacaktır.



Sekil 1. 2 boyutlu montaj resmi

## 2. HIDROLİK SILINDIR TIPLERİ

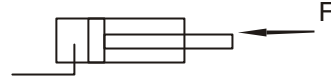
Hidrolik silindirler genel olarak üç grupta ele alınabilir. Bunlar;

### 2.1. Tek Etkili Hidrolik Silindirler

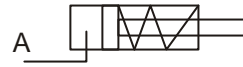
#### 2.1.1 Dalma Tip Hidrolik Silindirler



#### 2.1.2 Geri Dönüşü Ağırlıklı Hidrolik Silindirler.



#### 2.1.3 Geri Dönüşü Yaylı Hidrolik Silindirler.



### 2.2. Çift Tesirli Hidrolik Silindirler

#### 2.2.1. Tek Rodlu Hidrolik Silindirler.

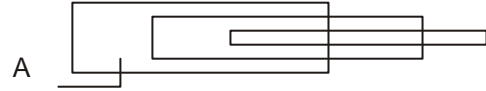


#### 2.2.2. Çift Rodlu Hidrolik Silindirler

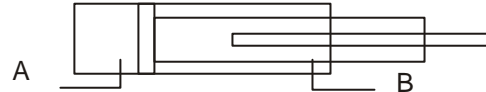


### 2.3. Teleskopik Silindirler

#### 2.3.1. Tek Etkili Teleskopik Silindirler



#### 2.3.2. Çift Etkili Teleskopik Silindirler



## 3. HIDROLİK SILINDIRLERDE DOĞRUSALLIK

Hidrolik silindirler birden fazla parçanın bir araya gelmesiyle oluşan komplike ekipmanlardır. Çalışma şartları incelendiğinde ileri – geri hareketi yapan parçalar tek bağlantı ekseninde çalışmaktadır. Bu nedenle silindiri oluşturan tüm parçalar aynı eksen üzerinde konumlandırılmalıdır.

Aksi takdirde;

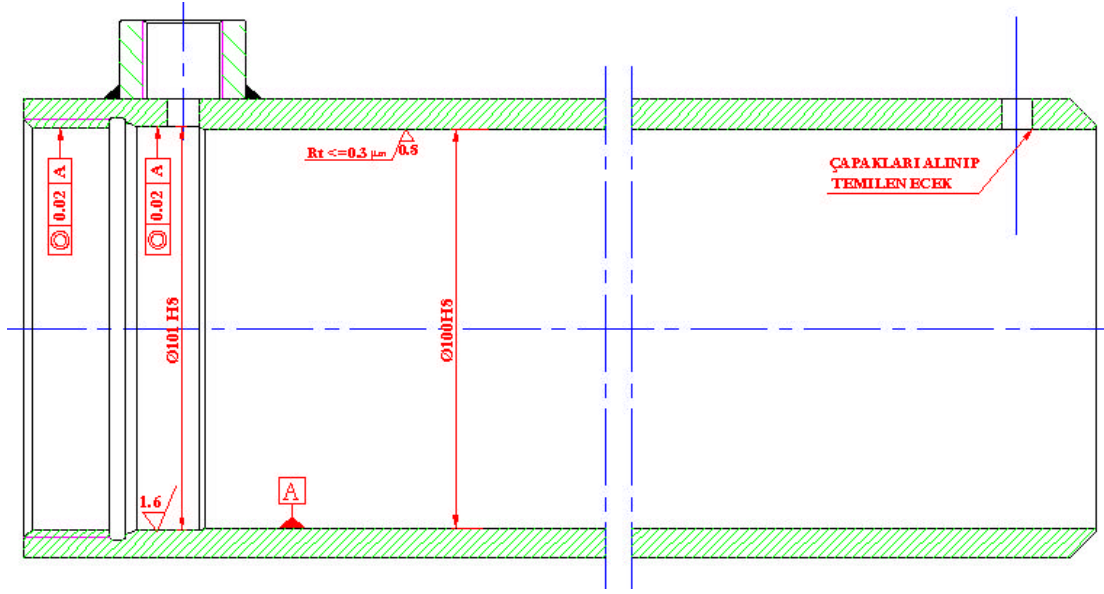
- Eksen farklılıkları silindirin yaslanarak çalışması demektir ki, buda keçelerin hızla aşınmasına neden olur.
- Farklı eksen istenmeyen yükleri de silindir elemanlarına tasitmak anlamına gelir, sonuç olarak silindir elemanlarının ömrü kısalmaktadır.
- Silindir sayet güçlü sase bağlantısından güçlü ise makinenin sasesini zorlar ve sasede deformasyona sebep olabilir.
- Sistem çabuk isinir.



- Elektrik motoru ve pompa zorlanır.
- Sonuç olarak gereksiz güç kayıpları oluşur ve verim düşer.

Şimdi silindiri oluşturan parçaların işlem metodlarını ve dikkat edilecek detayları kısaca inceleyelim.

### 3.1. Kovan



ŞEKİL 2.

Kovan imalatlarında daima referans kovan iç çapıdır. İmalat esnasında kovana yapılacak tüm işlemler iç çap referans alınarak gerçekleştirilir. Ayrıca yağ giriş rakoru sayet kaynaklıysa bu proses tornalama işlemi öncesi yapılmalıdır. Resme dikkatlice bakıldığında kovan çapından 1 mm büyük 101 ölçüsü mevcuttur. Bu bölge ön kapagın oturma bölgesi olup, sayet kaynak sonrası ovalik öngörülen sınırları geçmiş ise yine kovanın iç çapı referans alınarak dış çekimi ile birlikte bir seferde işlenmelidir.

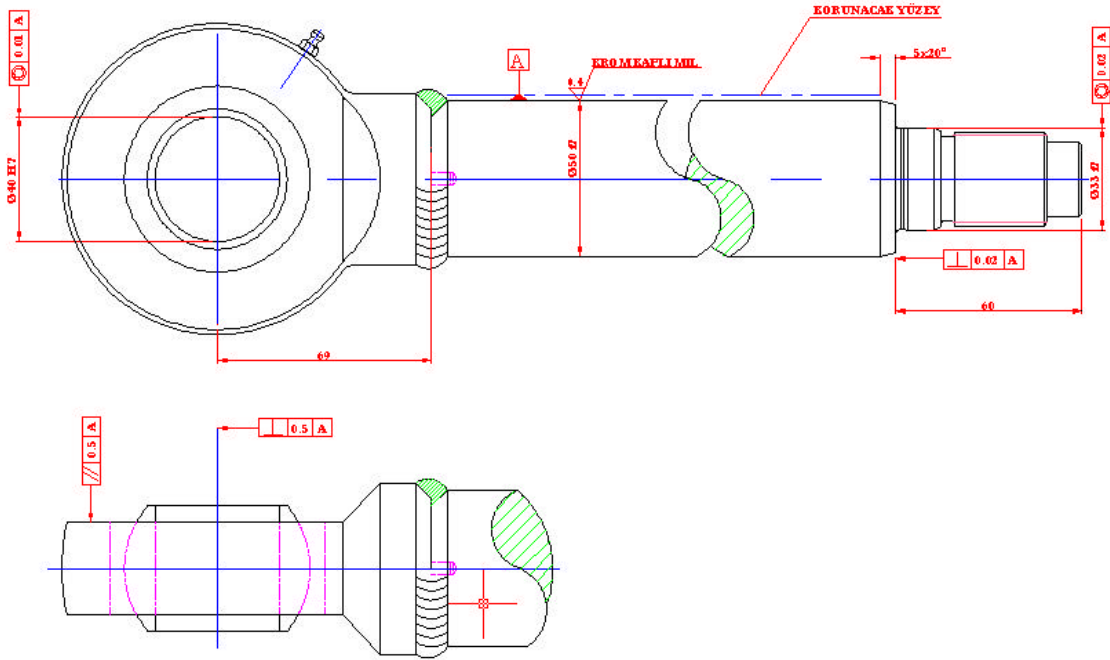
Çap 101 ölçüsünün işlenmesinde dikkat edilecek diğer nokta ise yüzey kalitesidir. Komple resme bakıldığında sızdırmazlık elemanlarından o-ring diye tanımlanmış eleman bu bölgede yataklarıdır.

Yüzey kalitesi ve dairesellik bu sızdırmazlık elemanının sağlıklı olarak çalışmasını engellemektedir.

Resim üzerinde çap 100 ölçüsüne bakıldığında yüzey kalitesinin  $R_t \leq 0.3 \mu m$  mertebesinde istendiği görülmektedir. Bu yüzey piston keşesinin ve yataklama elemanlarının çalıştığı yüzeydir. Yüzey kalitesi bozuk ise keçe ömrünü azaltarak silindirin iç kaçak yapmasına neden olabilir. Piyasada bu borular honlanmış veya honlamaya hazır olarak temin edilebilir.

### 3.2. Rot (Mil)

Silindir rodlarında çalışan yüzey ile piston, yastıklama elemanları gerekli es merkezlik toleranslarını karşılamalıdır. Resimde 20 derece olarak gösterilen pah montaj aşamasında sızdırmazlık elemanlarının hasar görmeden geçmesini sağlar. Sayet rod hazır kapli milden imal ediliyorsa, işleme sırasında dış yüzeyi muhakkak korunmalıdır. Rot yatakta iken yatakla rod arasına talas girmesi önlenmeli ve yatağın dönme esnasında iz yapmaması için aparat kullanılmalıdır.



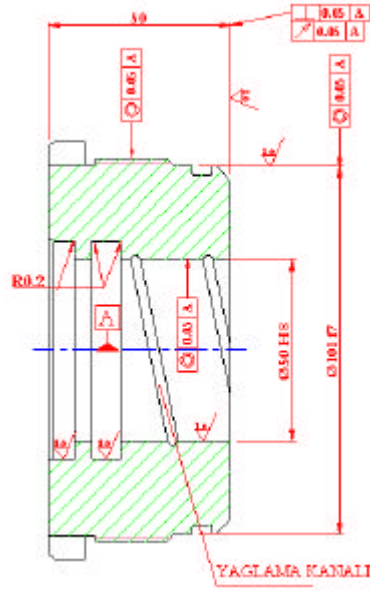
Sekil 3.

### 3.3. Ön Kapak (Kep)

Kovana konstrüksiyon prensiplerine göre çeşitli metotlarla bağlanan ön kapak, imalatı önemli proseslerden biridir. Disi kovanda sabit içi rod yüzeyiyle temas halinde olduğundan kovana ve rod ne kadar sağlıklı imal edilirse edilsin, kapakta oluşabilecek geometrik tolerans sapmaları, bütün sistemi riske edebilir. Bu nedenle kovana yataklayan bölge ile roda yataklayan bölgede es merkezlilik toleransı çok önemlidir. Ayrıca alındaki diklik toleransı da çalışma esnasında strok sonunda önem arz eder. Alında eksene göre bir eğrilik mevcut ise, strok sonunda basıncın etkisiyle piston ön yüzü, eğri yüzeye yaslanmaya çalışır. Eğrilik miktarınca rodu esnetmeye ve pistonun sızdırmazlık ve yataklama elemanlarına farklı eksenlerde istenmeyen ekstra yükler uygular.

Ön kapaklar sızdırmazlık elemanlarına da yataklık yapmaktadır. Sızdırmazlık elemanlarının takıldığı kanalların yüzey kalitesi elemanların ömrünü doğrudan etkiler. Kanallarda karıncalanma, setler, tolerans dışına çıkmış ölçüler doğrudan dış kaçak sebebidir.

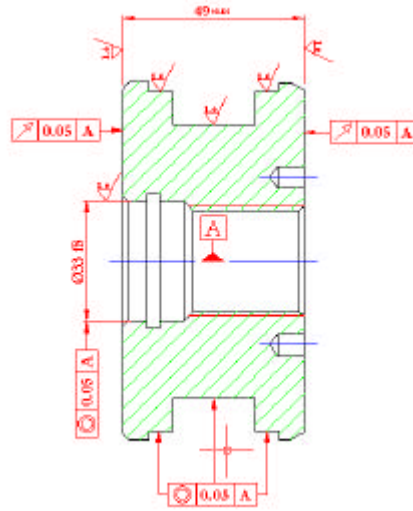
Hidrolik silindir yataklama elemanları ön kapaklara monte edilmektedir. Ön kapak alasimsiz çelikten imal edilmişse kesinlikle rodla temas ettirilmemelidir. Prensip olarak aynı özellikteki iki malzeme birbirleriyle temas ettirilmemelidir. Böyle olduğu takdirde birbirlerini aşındırma ve sivanma riski vardır. Bu nedenle ön kapak çelik yapılmış ise muhakkak yataklama elemanı kullanılmalıdır. Sayet ön kapak imalinde kullanılan malzeme alüminyum alasimi, pik, sfero türevleri, bronz alasimli malzemeler ise rodla temas etmesinde bir sakınca yoktur.



Sekil 4.

### 3.4. Piston

Ön kapak gibi sızdırmazlık elemanlarını üzerinde tasamakla beraber, dişi kovanda hareket eden içi rodta sabit olduğundan kovan ve rod ne kadar sağlıklı imal edilirse edilsin, pistonda oluşabilecek geometrik tolerans sapmaları bütün sistemi riske edebilir. Ön kapakta bahsi geçen konular piston içinde geçerlidir.

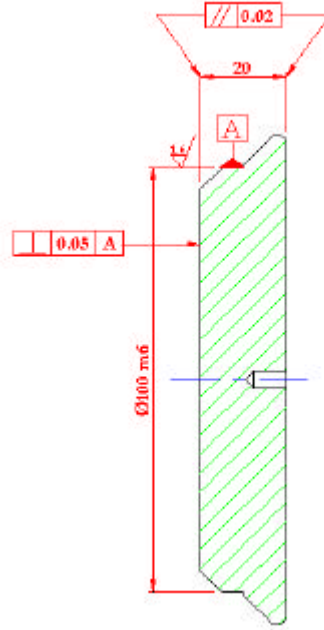


Sekil 5.

### 3.5. Arka Kapak

Silindire kapaklık yapan eleman olup, silindir arka bağlantısını üzerinde taşıdığından iki yüzey arasındaki paralellik ve bu yüzeylerin fatura çapına göre diklik toleransları hatırı sayılır bir öneme sahiptir. Bu bölgelerde oluşabilecek tolerans dışı olumsuzluklar, silindir bağlantı eksenini bozacağından silindir ve konstrüksiyonda istenmeyen yükler meydana getirecek, hatta silindirin yerine montajına izin veremeyecektir.

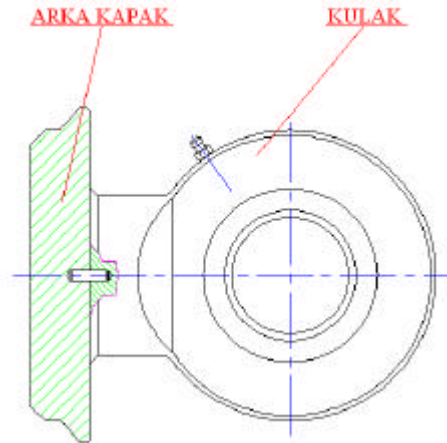
Kapagimiz çek saglikli bir sekilde imal de edilebilir, sayet kapak kovana kaynakli birlestirmeye baglaniyorsa kaynak operasyonu da kritik bir prosestir. Kaynak esnasinda arka kapakta çarpilma meydana gelir ise yeniden yukarida saydigimiz olumsuzluklar meydana gelecektir.



Sekil 6.

### 3.6. Rot Basi ve Kovan Basi

Konstrüksiyona göre yüzlerce bağlantı şekli mevcuttur. Bağlantı tipi ne olursa olsun temel esas bağlantı anında aksel sapmaları önleyecek şekilde talaslı imalat ve kaynak operasyonlarının gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır. Gerekli görüldüğü hallerde kaynaklı bağlantı yapılmışsa rod ve kovan başları kaynak sonrası da işlenebilmektedir. Bu tip imalat hata risklerini azaltır. Ancak işleme süreleri uzar ve malzeme ebatları büyür.



Sekil 7.

### 3.7. Sızdırmazlık Elemanları

Bölüm 4' te anlatılacaktır.



#### 4. HIDROLİK SILİNDİRLERDE KEÇE SEÇİMİ

Silindiri kendi içinde kapalı devre haline sokan, sistem içinde ve dışında yağ sızıntısını önleyen ve bu sayede basınç oluşumunu sağlayan hidrolik silindir elemanlarıdır.

Sızdırmazlık elemanları seçimi, dizayn aşamasında planlaması yapılacak bir süreçtir. Yanlış seçim bir makinenin veya büyük bir tesisin komple durması anlamına gelir ki bu da önemlerini açıkça ortaya koymaktadır.

Silindir sızdırmazlık elemanları seçimi, aşağıdaki şartlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

- Çalışma basıncı
- Çalışma sıcaklığı
- Kayma hızı
- Çalışma sıklığı
- Çalışma periyodu
- Dizayn spesifikasyonları
- Akışkan viskozitesi

Yukarıdaki faktörler göze alınarak yapılacak keçe seçimi sonrasında kullanılacak sızdırmazlık ve yataklama elemanlarında muhakkak imalatçı firmanın ön gördüğü tolerans ve yüzey kaliteleri dikkate alınmalıdır.

Sızdırmazlık elemanları üretimi ülkemizde başarıyla gerçekleştirilmektedir. Üretici firmalarımızın ürün katalogları dizayn için yeterli bilgileri içermektedir.

#### 5. MONTAJ ESNASINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

İmalatı başarıyla yapılmış tüm silindir parçaları, sayet eğitimsiz personel tarafından montaj edilirse bu ana kadar verilen tüm emeklerin bosa gitme riskiyle karşı karşıya kalırız. Montaj esnasında dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. İmalatı tamamlanan tüm parçalar çapaklarından arındırılmalıdır. Bu noktada atlanmayacak en önemli bölgeler yağ giriş delikleridir. Yağ giriş deliklerinden montaj sırasında piston üzerine takili sızdırmazlık elemanları geçmek zorundadır. Delik içleri yeterince yuvarlatılmazsa keçe o bölgeden geçiş esnasında hasar görür ve işlevini yitirir.
2. Silindir parçaları geometrisi gereği bez vb. Malzemelerle temizlenemez. Vida diş dipleri, kanallar, küçük delikler kesinlikle yağ ve metal tozlarından arındırılamaz. Bu nedenle en uygun temizleme metodu, basınç altında kapalı bir ortamda uygun solüsyonlarla yıkamadır.
3. Silindir montajının yapılacağı bölge imalatın yapıldığı bölgeden uzak ve steril bir ortam olmalıdır.
4. Silindir sızdırmazlık ve yataklama elemanları montajı yapılırken kesinlikle keskin uçlu tornavida, bıçak gibi metaller kullanılmamalıdır.
5. Sızdırmazlık elemanları yerine takılırken kesinlikle esnemesini sağlamak amacıyla ısıtılmamalıdır. Bu elemanların ömrünü direkt etkiler. Ancak ortam ısı çok düşük ise bir miktar sıcak hava altında bekletilebilir.
6. Sızdırmazlık elemanları yuvalarına takıldıktan sonra, temas edeceği diğer malzeme ile rahat çalışması için bir miktar yağlanmaktadır. Kullanılan yağ sistem yağı olmalı sayet, farklı bir yağ kullanılıyorsa bu sızdırmazlık elemanlarının özelliğini bozmamalıdır.
7. Statik sızdırmazlık elemanı olarak kullanılan o-ringler montaj sırasında yerinde dönük ve kıvrılmış olarak durmamalıdır.
8. Bağlantı elemanları sıkılırken uygun tork değerleri gözetilmeli ve tork anahtarıyla torklanmalıdır.
9. Silindir ne kadar temizlikle toplanırsa toplansın silindirin performansı montaj sonrası muhakkak ölçülmelidir. Bu nedenle montajı tamamlanan her silindir %100 teste tabi tutulmalıdır.





Bu testler;

1. Basınç testi
2. İç kaçak testi
3. Ömür testi

olarak gruplandırılabilir. Basınç ve iç kaçak testleri %100 periyotta uygulanmalı, ömür testi numune bazında yapılmalıdır. Basınç ve iç kaçak testi, sayesinde silindirde ilk anda görülebilecek kusurlar ortaya çıkar bunlar;

- Montaj sırasında sızdırmazlık elemanlarının hasar görüp görmediği,
- Silindirde iç kaçak olup olmadığı,
- Silindirde aksel bozukluk olup olmadığı,
- Silindirde aşırı ısınma olup olmadığı,
- Kovan ve bağlantı elemanlarının istenen test basıncında hasar görüp görmediği
- Silindir çalışma strokunun doğru olup olmadığı
- Sayet silindirde yastıklama var ise silindirin yastıklama mekanizmasının çalışıp çalışmadığı gibi önemli verilerin toplanmasını sağlar.

ömür testleri ise tüm silindir elemanlarının istenen çalışma ömrünü sağlayıp sağlamadığının cevabını verir.

## 6. TEMEL DİZAYN HESAPLARI VE YENİ TEKNOLOJİLER

**Semboller:**

P:	ÇALIŞMA BASINCI (BAR)	?:	HACİMSEL VERİM (0,90 – 0,95)
F:	BASINÇ KUVVETİ (daN)	Q <sub>th</sub> :	TEORİK DEBİ (lt/dk)
A:	ALAN (cm <sup>2</sup> )	Q:	GERÇEK DEBİ (lt/dk)
A':	ALAN(cm <sup>2</sup> )	K:	BURKULMA YÜKÜ (kg)
D:	BORU İÇ ÇAPI(mm)	F <sub>ç</sub> :	MAKSİMUM ÇALIŞMA YÜKÜ (kg)
d:	ROD ÇAPI (mm)	Sk:	SERBEST BURKULMA BOYU (cm)
h:	STROK (mm)	E:	ELASTİKİYET MODÜLÜ (kg/cm <sup>2</sup> )
t:	STROK TAMAMLAMA SÜRESİ (sn)	J:	ATALET MOMENTİ (cm <sup>4</sup> )
V:	STROK HACMI(lt)	S:	EMNİYET KATSAYISI (BURKULMA İÇİN 2.5- 3)
v:	STROK HIZI (m/sn)		

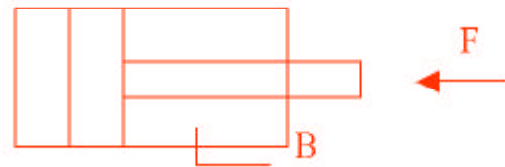
### 6.1.1. Silindir İtme Kuvveti Hesabi

$$F = P \times A \text{ (kg)}$$
$$A = p \times D^2 / 4 \times 100 \text{ (cm}^2\text{)}$$



### 6.1.2. Silindir Çekme Kuvveti Hesabi

$$F = P \times A'$$
$$A' = p(D^2 - d^2) / 4 \times 100 \text{ (cm}^2\text{)}$$



### 6.1.3. Silindir Piston Hızı Hesabi

$$v = Q / A \times 6 \text{ (m/sn) (İTMEDE)}$$
$$v = Q / A' \times 6 \text{ (m/sn) (ÇEKMEDE)}$$

### 6.1.4. Silindir Strok Tamamlama Süresi Hesabi

$$t = A \times h \times 6 / Q \times 1000 \text{ (sn) (İTMEDE)}$$
$$t = A' \times h \times 6 / Q \times 1000 \text{ (sn) (ÇEKMEDE)}$$

### 6.1.5. Burkulma Hesabi

$$K = p^2 \times E \times J / S_k^2$$

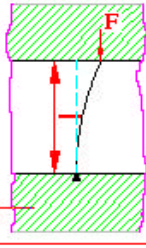
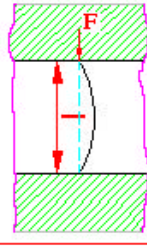
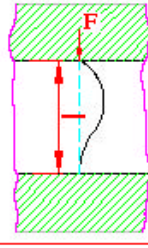
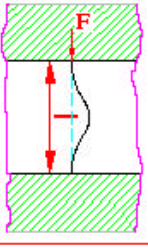
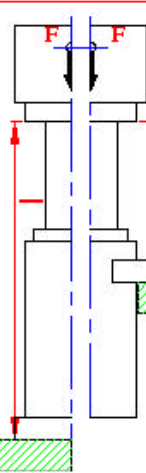
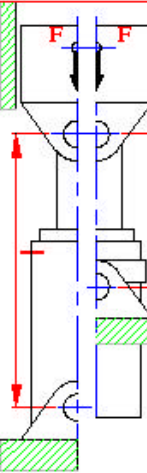
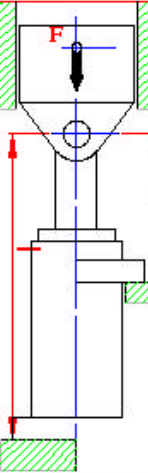
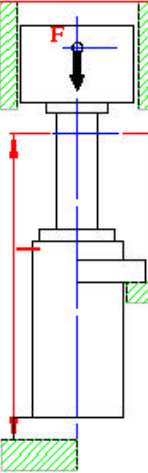
$$J = p \times d^4 / 64$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ (ÇELİK İÇİN)}$$

$$F\zeta = K/S$$

Not:  $s_k$  aşağıdaki tablodan (Tablo 1) silindir bağlantı şekli esas alınarak seçilecektir.

Tablo1.

	DURUM 1	DURUM 2	DURUM 3	DURUM 4
EULER YÜK DURUMLARI	BİR UCU SERBEST DİĞER UCU SABİT BAĞLANTI	HER İKİ UCU EKLEM BAĞLANTILI	BİR UCU EKLEM DİĞER UCU SABİT BAĞLANTI	HER İKİ UCU SABİT BAĞLANTI
BURKULMA SEELİ				
SERBEST BURKULMA BOYU	$s_k = 2l$	$s_k = l$	$s_k = 1.0,7$	$s_k = 1/2$
BAGLANTI SEELERİ				
ÖNERİLER			YÜKÜN DİKKATLE UZULMEDİĞİ DURUMLARDA GERİLME OLABİLİR	UYGUN DEĞİL GERİLMELER OLABİLİR

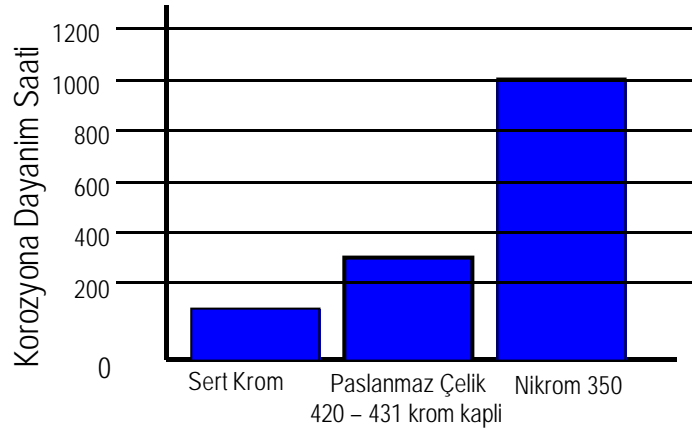
### 6.2.Yeni Teknolojiler

#### NIKROM 350

Silindir rodlarının korozyona karşı korunması ve kaygan bir yüzey elde edip sürtünmenin azaltılması amacıyla dış yüzeyleri çeşitli kaplamalarla korunur ülkemizde ve dünyada en yaygın görülen kaplama şekli krom kaplamadır. Krom ; elektroliz yoluyla taslama sonrası rod yüzeyine çalışma şartlarına göre 20-50 mikron arası kaplanır. Fakat asiri rutubetli ortamlarda, örneğin maden ocakları, limanlar vb. kromun çok iyi bir performans göstermediği saptanmıştır. Bu nedenle imalatçı firmalar çeşitli arayışlara girmişlerdir. Ülkemizde pek kullanılmasa da dünyada krom kaplı mile alternatif olarak nikel+krom kaplı miller yaygın olarak kullanıma başlamıştır.

### Kullanılan Sektörler

- Kimyasal üretim tesisleri,
- Yağ ve gaz işleme istasyonları,
- Nakliye araçlarında,
- Yer altı inşaatlarında,
- Tarımsal makinelerde,
- Askeri araçlarda,
- Uçaklarda,
- Rüzgar enerjisi tesislerinde,



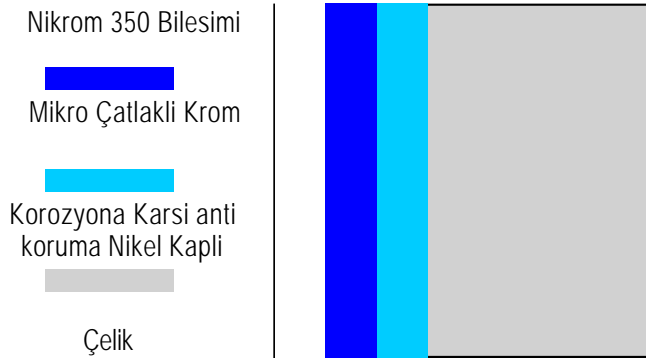
**Sekil 8.**

### Kalınlıklar ve Yüzey Kalitesi

Nikel kalınlığı >30 mm  
Krom kalınlığı >20 mm  
Yüzey kalitesi Ra≤0.2 mm

### Toleranslar

Çap Düzgünlük ISO f7  
Eksantriklik 0.1mm/m  
%50 f7'nin



**Sekil 9.**

### İmalat Ölçüleri

Standart uzunluk 6100+100/0 mm  
Maksimum 6500+100/0 mm  
F130' dan sonra uzunluk 6100+1000 mm

### Korozyona Karsi Koruma Garanti

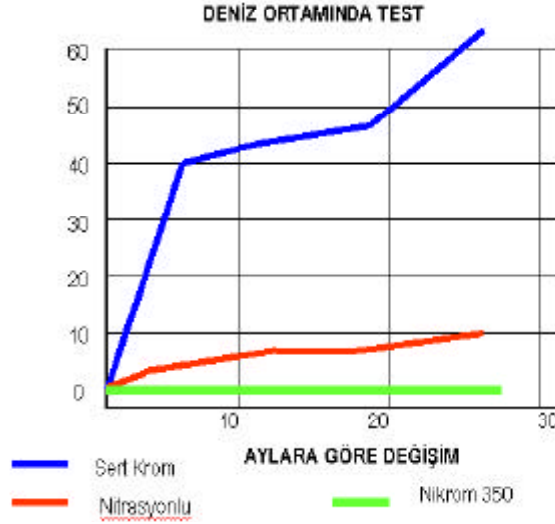
ISO 9227NSS ISO 9227NSS

ASTM B 117 ASTM B 287

Normal Çürümüş

Ortamda Ortamda

Tuz Testi (1000 saat) Tuz Testi (350 saat)



**Sekil 10.**

### ÖZGEÇMİSLER

#### Mehmet ARSLAN

1953 yılında Ankara'da doğmuştur. 1967 yılında Ankara ATA Sanayi'nde hidrolik silindir revizyonu yaparak ilk iş hayatına çekirdekte başlamış olup, 1978 yılında bu günleri düşünerek hidrolik silindir ve iş makineleri yedek parçası üreten kendine ait ilk işletmesini kurmuştur. Bu süreç içinde kendi imkanlarıyla orta ve meslek lisesini dışarıdan bitirerek eğitimini tamamlamıştır.

1978 yılından 1997 yılına kadar Ankara OSTİM'de işletmesini ve kalitesini geliştirerek 2000m<sup>2</sup> kapalı alanda ve 60 çalışan deneyimli personeli ile Türk Sanayisi ve müteahhitlerinin ihtiyacı olan iş makineleri silindirleri ve yedek parçalarını üretmiştir. 1997 yılı sonu itibarıyla Ankara 1. Organize sanayi bölgesinde 15000 m<sup>2</sup> arazi üzerine modern fabrikasını kurup, ürettiği %65'ini Avrupa ülkelerine ihraç eden önemli bir güç haline gelmiştir.

Osiad kurucu üyesi olup, uzun yıllar başkan yardımcılığı görevini yapmıştır. Ostim Organize sanayi bölgesinde başkan yardımcılığı görevinde bulunmuş, 1. Organize Sanayi Bölgesi Yürütücü Kurulunda görev almıştır. Su anda Ankara Sanayi Odası Oda Meclis üyesidir.

#### Murat SERER

1973 yılında Ankara'da doğdu. 1996 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Ana Bilim Dalı Otomotiv Bölümü'nden Lisans diploması aldı. Bağlı bulunduğu Hidroliift Firmasında Askerlik öncesi 1 yıl çalıştı. Halen Aynı firmada Fabrika Müdürlüğü görevini yürütmektedir.