T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK DEVİRLİ PİSTONLU POMPA SİLİNDİR BLOKU İLE SABİT VALF PLAKASI ARASINDA SÜRTÜNMEYE BAĞLI AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Fatih AKKUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi. E. Selçuk ERDOĞAN

EDİRNE-2019

MEHMET FATİH AKKUŞ'Un hazırladığı "YÜKSEK DEVİRLİ PİSTONLU POMPA SİLİNDİR BLOKU İLE SABİT VALF PLAKASI ARASINDA SÜRTÜNMEYE BAĞLI AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında birYüksek lisans/ ~~Doktora tezi~~ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Muhammet Murat Tahir ALTINBALIK .....

Doç. Dr. Erol TÜRKEŞ .....

Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul Selçuk ERDOĞAN .....

....

....

Tez Savunma Tarihi: 13./06./2019

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul Selçuk ERDOĞAN .....

Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

.....

(Ünvan, Ad, Soyad)

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

13/06/2019

Mehmet Fatih AKKUŞ

Yüksek Lisans Tezi

Yüksek Devirli Pistonlu Pompa Silindir Bloku İle Sabit Valf Plakası Arasında Sürtünmeye Bağlı Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

ÖZET

Günümüzde ilerleyen teknolojik imkânlar ile üretime bağlı iyileştirmeler sayesinde hidrolik sistemlerin vazgeçilmez parçası olan hidrolik pompaların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle debisi ve basıncı ayarlanabilir pompalar, karmaşık yapısına ve ağırlıklarına rağmen havacılık sektöründe geniş kullanım alanı bulmaktadır. Bu tür pompa türlerinden birisi de eksenel pistonlu pompalardır.

Havacılıkta, uçaklar, helikopter hatta roket tahrik sistemlerinde aktif olarak kullanılan pistonlu pompaların stabilitesi ve çalışma ömrü gibi etkenler çok önemli rol oynamaktadır. Bu da yapısal olarak daha dayanıklı, daha verimli ve uzun ömürlü pompa tasarımını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada havacılık sektöründe yüksek devirlerde kullanılan eksenel pistonlu pompaların deformasyona maruz kalan parçalarından olan silindir bloku ile valf plakasının sürtünmeye bağlı aşınma davranışının ve özelliklerinin deneysel incelenmesi amaçlanmıştır.

Yıl **:** 2019

Sayfa Sayısı **:** 74

Anahtar kelimeler: Eksenel Pistonlu Pompa, Silindir Bloku, Valf Plakası, Sürtünme, Aşınma,

Master Thesis

Analysis of Abrasive Wearing Behaviour between Cylinder Block and Valve Plate of Axial Piston Pump at High Speed.

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Nowadays, paralel to developing technology and technological possibilies, in help with production improving processes, hydraulic pumps which are essensial parts of hydraulic systems become widespread. Especially pumps which have adjustable flow rate and pressure, no matter their complicated structure and weight, have wide usage area even at aviation sector. One of those kind of pumps calls axial piston pump.

Stability, lifetime and such criterias play big roles for piston pumps, which actively used by aircrafts, helicopters even rockets thrust systems. Therefore those kind of criterias, obligate to use more durable structurely, more efficient pumps which have good lifetime values and good design skills.

In this study, it's aimed to experimentally examine abrasive and wearing behaviour between cylinder block and valve plate of an axial piston which use by aviation sector, at high turning speed.

Year **:** 2019

Number of Pages **:** 74

Keywords **:** Axial Piston Pump, Cylinder Block, Valve Plate, Friction, Wear

ÖNSÖZ

Hazırlanan bu yüksek lisans tezinde yüksek devirlerde dönen eksenel piston pompalarının silindir bloku ile valf plakası arasındaki aşınma ve sürtünme davranışı deneysel incelenmeye çalışılmıştır. Bu suretle yapılan deneysel çalışmalar ayrıntılı bir biçimde yer almaktadır.

Tez konumun belirlenmesinde, araştırma aşamalarında ve çalışmalarımın tamamlanmasında destek olan değerli hocam ve tez danışmanım sayın Dr. Öğr. Görevlisi E. Selçuk ERDOĞAN'a bana ayırdığı değerli zamanı ve sağladığı destek ile göstermiş olduğu sabır için teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarıma destek veren çalışma arkadaşlarıma ve Sn. Aziz ASRAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tezimin ve çalışmalarımın başlangıcından bitimine kadar bana inanan, benden yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda olan eşim Cevriye AKKUŞ ile oğlum Yusuf Çağrı AKKUŞ'a teşekkür ederim.

Mehmet Fatih AKKUŞ

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
KISALTMALAR v
ŞEKİL LİSTESİ vi
ÇIZELGE LİSTESİ ix
EKLER LİSTESİ x
BÖLÜM 1 : GİRİŞ VE AMAÇ 1
1.1 Pompalar Hakkında Genel Bilgi 1
1.2 Çalışmanın Amacı 2
1.3 Çalışmanın İçeriği 3
BÖLÜM 2: LİTERATÜR ÖZETİ 4
BÖLÜM 3: MALZEME VE YÖNTEM 8
3.1 Piston Pompaların Yapısı 8
3.2 Kontrol Plakası Yüzey ve Malzeme Bilgileri 9
3.3 Silindir Bloğu Çalışma Yüzey ve Malzeme Bilgileri 11
3.4 Aşınma Yüzeyleri Ölçü ve Tolerans Değerleri 13
3.5 Test Cihazı ve Özellikleri 15
3.6 Ölçüm Cihazları ve Özellikleri 21
BÖLÜM 4 : DENEYSEL ÇALIŞMALAR 26
4.1 Yüksek Devir Testleri 26
4.2 Uzun Süreli Testler 28
4.3 Test Öncesi Malzemelerin Mikroskopta İncelenmesi 28
BÖLÜM 5 : SONUÇLAR 33
5.1 Kuvvetler ve Yapısal Analiz 33
5.2 Test Değerleri ve Test Öncesi Yüzey Pürüzlülükleri 35
5.3 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Resimleri 39
5.4 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Yüzey Pürüzlülükleri 47
5.5 Elde Edilen Veriler ve Değerlendirmeleri 48
BÖLÜM 6 : TARTIŞMA 56
KAYNAKLAR 57
EKLER 59
ÖZGEÇMİŞ 74

KISALTMALAR

L : Uzunluk (mm)

n : Dönme sayısı (devir/dk)

P : Sürtünen parçalar arası yüzey basıncı (bar)

$\mathbf{P_{alan}}$: Pürüzlülükte merkez çizgi üzerindeki alan (mm^2)

$\mathbf{Q_{alan}}$: Pürüzlülükte merkez çizgi altındaki alan (mm^2)

r : Sürtünme temas yüzeyi iç çap(mm)

R : Sürtünme temas yüzeyi dış çap(mm)

Ra : Yüzey Pürüzlülüğü Aritmetik ortalama

Rz : Yüzey pürüzlülüğünde 5 en yüksek ve 5 en alçak noktanın ortalaması

Vq : Düşey büyütme değeri

$\gamma_{1\text{-}2}$: Aşınma Derecesi miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. 1 Pompa Türleri 1
Şekil 3. 1 Eksenel Piston Pompa 8
Şekil 3. 2 Eksenel Piston pompada debi ayarı. 9
Şekil 3. 3 Eksenel Piston pompa arka kapak 9
Şekil 3. 4 Lepleme Tezgahı 11
Şekil 3. 5 Silindir Bloğu 12
Şekil 3. 6 Piston pompa silindir bloğu aşınma temas yüzeyi 13
Şekil 3. 7 Piston pompa arka kapağı çalışma yüzeyi 14
Şekil 3. 8 Yüksek devir piston pompa test tezgahı 15
Şekil 3. 9 Test tezgahının kontrol edildiği program ve arayüzü 16
Şekil 3. 10 Test tezgahından test esnasında alınan program ekran örneği. 17
Şekil 3. 11 Piston pompanın montajı ve yüksek devirli motor 18
Şekil 3. 12 Test tezgahı hidrolik ünitesi 19
Şekil 3. 13 Test süresince sızıntı ve kaçakların gözlendiği açıklık 20
Şekil 3. 14 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 21
Şekil 3. 15 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı Ekranı 21
Şekil 3. 16 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2 22
Şekil 3. 17 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazından alınmış ölçüm sonucu örneği 22
Şekil 3. 18 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2 Ekranı 23
Şekil 3. 19 Yüzeylerin görüntülendiği mikroskoplar..... 24
Şekil 3. 20 Parçaların mikroskop altında yüzeyinin incelenmesi 25
Şekil 4. 1 Yüksek devir testleri çevrimdeki basınç değerleri 27
Şekil 4. 2 Yüksek devir testi numune basınç değişim grafiği 27
Şekil 4. 3 Yüksek devir testi debi zaman değişim grafiği 27
Şekil 4. 4 Yüksek devir testi güç zaman grafiği 28
Şekil 4. 5 2 nolu piston pompanın test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü 29
Şekil 4. 6 1 nolu piston pompa silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü 29
Şekil 4. 7 3 nolu piston pompası silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü 30
Şekil 4. 8 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü 30
Şekil 4. 9 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü 31
Şekil 4. 10 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü 31

Şekil 4. 11 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü 32
Şekil 4. 12 6 nolu piston pompa kapağının mikroskopta incelenmesi 32
Şekil 5. 1 Eğim Plakası- piston pabuçları arası maksimum eşdeğer gerilme 33
Şekil 5. 2 Silindir bloğu basınç ve moment değerleri 34
Şekil 5. 3 Silindir bloğu toplam deformasyon değerleri 34
Şekil 5. 4 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği 35
Şekil 5. 5 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği 35
Şekil 5. 6 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) karşılaştırmalı grafiği (Kırmızı 2 nolu pompa, yeşil- 1 nolu pompa) 36
Şekil 5. 7 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa) 36
Şekil 5. 8 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa) 37
Şekil 5. 9 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa) 37
Şekil 5. 10 Test edilen pompaların numaralandırılması ve silindir blokları 39
Şekil 5. 11 5 saat çalışmış 2 nolu pompa kapak yüzeyi 40
Şekil 5. 12 5 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi 40
Şekil 5. 13 5 saat çalışmış 4 nolu pompa kapak yüzeyi 41
Şekil 5. 14 5 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi 41
Şekil 5. 15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi 42
Şekil 5. 16 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi 42
Şekil 5. 17 10 saat çalışmış 1 nolu pompa kapak yüzeyi 43
Şekil 5. 18 10 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi 43
Şekil 5. 19 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi 44
Şekil 5. 20 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi 44
Şekil 5. 21 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzeyi 45
Şekil 5. 22 15 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi 45
Şekil 5. 23 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi …….....……..46
Şekil 5. 24 15 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi 46
Şekil 5. 25 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi 47
Şekil 5. 26 Ra değerinin grafiksel elde edilmesi.....48
Şekil 5. 27 1 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği.....49
Şekil 5. 28 2 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği..... ...50
Şekil 5. 29 3 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği 50
Şekil 5. 30 4 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği 50
Şekil 5. 31 1 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği 51

Şekil 5. 32 2 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği 51
Şekil 5. 33 3 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği 51
Şekil 5. 34 4 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği 52
Şekil 5. 35 1 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği 52
Şekil 5. 36 2 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği 52
Şekil 5. 37 3 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği 53
Şekil 5. 38 4 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği 53
Şekil 5. 39 1 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği 53
Şekil 5. 40 2 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği 54
Şekil 5. 41 3 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği 54
Şekil 5. 42 4 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği 54
Şekil 5. 43 Piston kapağı test öncesi ve sonrası Ra değişim grafiği 55
Şekil 5. 44 Silindir bloğu test öncesi ve sonrası Ra değişim grafiği 55

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3. 1 DIN18509 standardına göre 41CrAlMo7 kimyasal kompozisyonu 10
Çizelge 3. 2 41CrAlMo7 Çeliğinin ısıl işlem sıcaklık ile sertlik değerleri Çizelgesi 10
Çizelge 3. 3 41CrAlMo7 çeliğinin bazı mekanik özellikleri 10
Çizelge 3. 4 DIN1705 standardına göre CuSn12Ni kimyasal kompozisyonu 11
Çizelge 3. 5 DIN1705 standardına göre CuSn12Ni bazı mekanik özellikleri 12
Çizelge 5. 1 Yüksek devir testi 4.pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi 37
Çizelge 5. 2 Yüksek devir testi 4. pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi 38
Çizelge 5. 3 1 Nolu pompa için uzun süreli test basınç, debi ve güç Çizelgesi 38
Çizelge 5. 4 Numunelerin yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri Çizelgesi 48

EKLER LİSTESİ

EK 1 2 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlüğü……59
EK 2 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey pürüzlülüğü…….....59
EK 3 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey profil eğrisi.....60
EK 4 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey pürüzlülük değerleri….....60
EK 5 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey profil eğrisi…….....60
EK 6 5 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü……..61
EK 7 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü…….....61
EK 8 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü…….....62
EK 9 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü…...……62
EK 10 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü….....63
EK 11 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü….....63
EK 12 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü.....63
EK 13 15 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü….....64
EK 14 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü…….....64
EK 15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi…….....65
EK 16 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....65
EK 17 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğirişi…….....65
EK 18 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....66
EK 19 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....66
EK 20 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....66
EK 21 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....67
EK 22 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....67
EK 23 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....67
EK 24 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....68
EK 25 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....68
EK 26 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....68
EK 27 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak pürüzlülük eğrisi.....69
EK 28 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....69
EK 29 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi.....69
EK 30 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....70
EK 31 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi ……..70

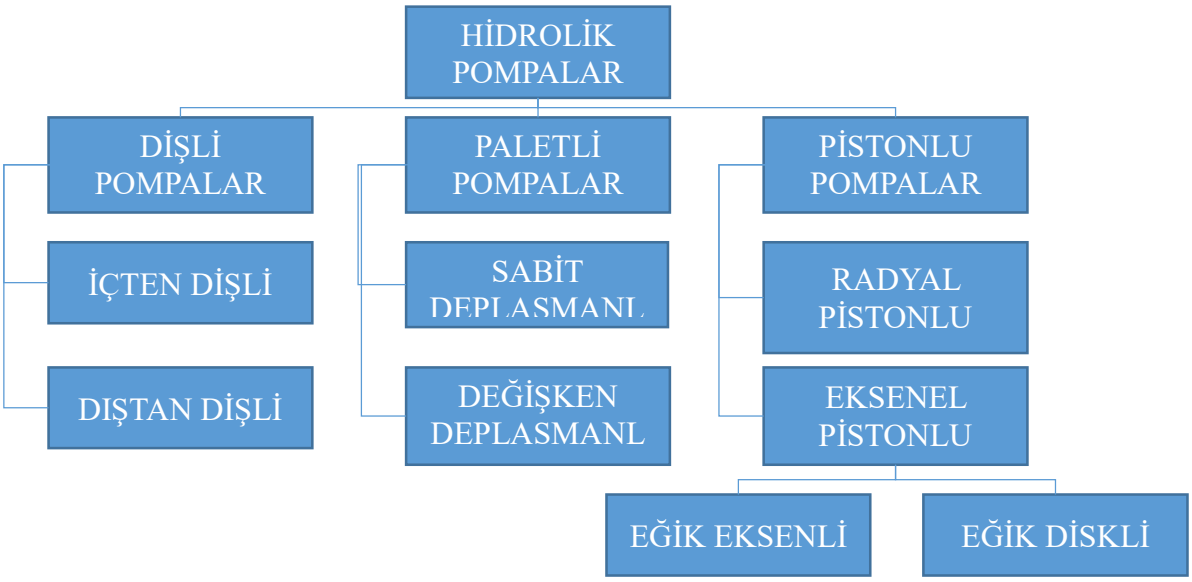
EK 32 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....70
EK 33 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....71
EK 34 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....71
EK 35 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....71
EK 36 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü.....72
EK 37 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi.....72

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE AMAÇ

1.1Pompalar Hakkında Genel Bilgi

Hidrostatik gücün, mekanik güce dönüştürülmesinde kullanılan verimli yöntemlerden birisi de pompalardır. Günümüzde havacılıktan tarıma, ev ve iş yerleri uygulamalarından günlük kullanımda geniş bir alanda ihtiyaca en uygun karşılık veren farklı türdeki pompalar bulunmaktadır. Pompaların türleri şekil 1.1de gösterilmektedir.



Şekil-1.1 Pompa Türleri

Farklı türdeki pompalardan birisi de piston pompalardır. Özellikle ayarlanabilir debi ve yüksek çalışma basıncı aralığında bulunmasından dolayı havacılık ve otomotiv sektöründe yaygın kullanım alanı bulunmaktadır.

Günlük Ve Ticari Hayatta Kullanım: Kendi içerisinde 2 temel alt gruba ayrılan pistonlu pompalara günlük ve ticari hayatta, evlerde su depolarında kullanımından, araçlar üzerinde yağlama ve beton pompalamaya kadar geniş bir yelpazede

karşılaşmaktayız. Otomotiv sektöründe traktörlerde yağlama ve direksiyon ile fren sistemlerinin hidrolik hatlarının basınçlandırılmasında, özellikle değişken debi istenilen yerlerde eksenel pistonlu pompalar kullanılmaktadır.

Uzay Ve Havacılık Sanayisinde: Her ne kadar yapısal olarak karmaşık ve ağır olsalar da eksenel pistonlu pompaların havacılıkta kullanımı yaygındır. Farklı eğim açılarında çalışma şartlarının iyi oluşu, dişli pompaların sahip olduğu dezavantajların olmayışı, değişken debi, yüksek basınç gibi kriterler uçaklarda yakıt pompalanması ve hidrolik hatların basınçlandırılması, elevator ve rudderlerda mekanik hareketin sağlandığı yerlerde ağırlıklı olarak piston pompalar kullanılmaktadır. Aynı zamanda helikopterlerde acil iniş prosedürü devreye girdiği zaman piston pompalar belirli bir süre maksimum devir ve maksimum basınç limitlerinde çalıştırılabilmektedir.

Silah, Roket ve Diğer Mühimmat Sanayisinde**:** Günümünde gelişen radar ve güdüm sistemleri ile roketlerin menzilleri daha da uzamakta, hassasiyetleri artmakta ve radara yakalanmamak için performansı yüksek roketler geliştirilmektedir. Bu kapsamda, çok uzun süreler çalışmasalar bile kısa sürede en yüksek performansı gösterecek piston pompa tasarımları yapılmakta ve pompalar bu alanda geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Roketlerde kullanılan piston pompalar için uzun süreli dayanımdan ziyade, kısa süre zarfında ancak çok yüksek devirlerde çalışan pompalara da ihtiyaç duyulmaktadır. Öyle ki otomotiv ve havacılık sektöründe kullanılan piston pompaların devirlerinin 500 ile 2500 devir/ dk arasında değişirken roketler için bu sayılar 10.000-200.000 d/d ya ulaşabilmektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Yapılan bu çalışmada, yüksek devirde çalışan piston pompaların aşınma davranışı incelenmiştir. Çalışma ile, üretim öncesi tasarım sürecinde ürün iyileştirme ve aşınma yüzeyi optimizasyonu açısından kaynak teşkil etmesi amaçlanmıştır. Evvelce, yapılan testlerde, piston pompa performansları yeterli gelmemekte, çalışma ömrü nispeten daha kısa olmaktaydı. Talaşlı imalat sürecinde de meydana gelen tolerans darlıklarına bağlı üretim zorlukları, çalışma esnasında meydana gelen mekanik hasarlar, hammaddenin kolay erişilebilir olmayışı ve tasarım sürecini şekillendirecek literatür kaynağının yeterli olmayışı, bu çalışmanın yapılmasını gerekli kılan etkenlerdir.

Aşınma yüzeylerinde dayanımın daha yüksek olduğu malzemelerin geliştirilmesi ile, sadece savunma sanayine değil, aynı zamanda otomotiv sektöründe ve günlük

kullanımlardaki piston pompaların ömrü uzatılmış olacak ve daha istikrarlı, bakım giderleri azaltılmış uzun ömürlü pompalar insanlığın hizmetine sunulmuş olacaktır.

1.3 Çalışmanın İçeriği

Bu çalışmada yüksek devirlerde çalışan piston pompaların valf plakaları ile piston pabuçları yüzeylerine etkiyen kuvvetler hesaba katılarak bu yüzeylerdeki sürtünme kuvvetlerinde zamana bağlı aşınma incelenmiştir. Sabit devirde farklı sürelerdeki aşınma davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde, uzun süreli çalışma sonucu yüzeylerin nasıl deforme olduğu anlaşılmış ve sonuçta tasarım sürecinde birtakım parçalarda yeniden düzenlemeye gidilmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

Khalil, Svoboda & Bhat (2004) yapmış olduğu çalışmada, elektrik kontrollü, konik silindir bloklu eksenel piston pompalarda kontrol plakasının matematiksel modellemesi ve tasarımı üzerine çalışmıştır.

Konik silindirli eksenel piston pompalar üzerine etki eden dinamik kuvvetler analiz edilerek kontrol plakasının performansını sıfır derece eğim açısında açıklayan matematiksel modellemesi geliştirilmiş ve gerçek sonuçlar ile çok yakın değerler elde edildiği anlaşılmıştır.

Gowd & Reddy (2006) yapmış olduğu çalışmada ANSYS programı kullanarak eksenel piston pompanın sonlu elemanlar yöntemiyle analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmasında piston yuvaları ve pabuçlarına etkiyen kuvvetler üzerinden analiz gerçekleştirmiştir.

Hareket eden pistonların silindir bloğu, pabuçlar ve piston yüzeyi üzerine etkisi incelendiğinde, malzeme değiştirilmeden nominal basıncın 420 bara kadar yükseltilebileceği anlaşılmıştır.

Bergada, Watton & Kumar (2008) çalışmasında eksenel piston pompalarda kontrol plakası ile silindir bloğu arasındaki basınç, akış, kuvvet ve tork değerlerini hesaplamış, farklı eğim açılarında bu değerlerin değişime ilişkin modellemeler yaparak matematiksel formülasyonu çıkarmıştır.

Çalışmada silindir bloğu ile kontrol plakası arasındaki basınç dağılımının analitik çözümü, sızdırma, kuvvet ve torkların hesaplanmasının yapılabileceği yeni formülasyon seti ortaya konmuştur. Dış kaçağın iç kaçaklardan daha fazla olduğu görülmüş, kavitasyonun yüksek dönme hızlarında, küçük basınçlarda ve küçük boşluklarda daha kolay ortaya çıktığı anlaşılmıştır.

Yamaguchi A. (2002) yapmış olduğu çalışmada piston pompalardaki mekanik kontaklar kuvvetleri ile güç kayıpları arasındaki ilişkiyi inceleyen ve piston ile silindir yuvası iç cidarı arasındaki tribolojik durumları incelemiştir.

Çalışmasında orta ve yüksek hız operasyonlarında mekanik kontakt kuvvetleri ile güç kayıpları incelenmiş ve piston yüzeyindeki basınç dağılımı konusunda 3 farklı metod ile yapılan hesaplamalarda, kontakt kuvvetlerinin hidrodinamik etkiler ile önce artıp sonra azaldığı, silindir bloğu sonundaki kontakt kuvvetlerinin piston kütlesiyle doğru orantılı olarak arttığı anlaşılmıştır. Solid kontaktlara bağlı güç kayıp oranlarının hidrodinamik kuvvetler ile azaldığı anlaşılmıştır.

Manring & Damtew (2001) yapmış olduğu çalışmada, eksenel piston pompanın kontrol plakası üzerindeki kontrol torku üzerine piston pompa yay kuvvetlerinden kaynaklı etkilerini hesaplamıştır.

Çalışmada, pompanın iç dinamiklerinin yanısıra, dinamik hesaplamalar için gerekli denklemler geliştirilmiş, çalışmasının sonucu olarak, piston pompalardaki yay kullanımının kontrol plakasının sabitlenmesi, pompa kontrolünde backlash boşluğunun önlenmesi, kinetik enerjinin absorbe edilerek piston pompanın daha stabil çalışması konularında uygun yay kriterlerinin avantajlı etkilerinin olduğu gözlenmiştir.

Kazama, Tsuruno. & Sasaki (2008) yapmış olduğu çalışmasında, kontrol plakalı eksenel piston pompalardaki parçalar arasındaki tribolojik sürtünmeden kaynaklı ısının ölçümlerini parça bazında ele almıştır.

Hidrolik akışkanların viskozitesi, akışkanın giriş sıcaklığı, akışkan türü, akışkan çıkış hızı, silindir bloğu dönüş hızı, piston serbestisi gibi kriterler parametre olarak alınıp yapılan ölçümler neticesinde çıkış hattı basıncının artması ile kontrol plakası, silindir bloğu ve eğim plakası yüzeyinde sıcaklığın neredeyse eşit oranda arttığı, dönme hızı arttırıldığında ise sıcaklığın çalışma şartlarına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Silindir bloğundaki en yüksek sıcaklık artışının blok alt-ölü kısmında piston gövdesi iç cidarında 1000 dev/dak da takribi 30°C sıcaklık artışı olduğu görülmüştür. Kontrol plakası ile silindir bloğu arasında ince yağ filmi olması ve sürekli hidrodinamik akışkan etkisi olmasına rağmen, akışkan sıcaklığı 900 dev/dak da 4°C artmış; kontrol plakası yüzeyinde en yüksek sıcaklık artışı ise 20°C olmuştur.

Bergada, Davies, Xue & Kumar (2009) yapmış olduğu çalışmasında, yağ basıncı ve sıcaklığın, kontrol plakası ile silindir bloğu arasındaki film tabakasının inceliğine ve piston pompanın bu bölgedeki dinamik etkisini incelemiştir.

Yağ sıcaklığının azalması ile ortalama film tabakası inceliğinin azaldığı, pompa çıkış basıncının azalması ile de yağ film tabakasının inceliğinin daha az bir oranda azaldığı görülmüştür. Buna bağlı olarak düşük sıcaklık ve düşük basınç değerlerinde yağ film tabakası kalınlıklarının en yüksek değerde olduğu anlaşılmaktadır.

Sfantos & Aliabadi (2007) yapmış olduğu çalışmada, aşınma davranışının 3 boyutta kayan parçaların sınır koşullardaki sürtünme bazında analizini simülasyon şeklinde gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada, piston pabuç kafaları gibi 3 boyutta maruz kalınan sürtünmeden pin-on test tezgahları yüzeyi ve piston pompaların silindir bloğu ile kontrol plakası yüzeyi arasında meydana gelen sürtünme gibi farklı senaryolar simüle edilerek incelenmiştir.

Nümerik basınç dağılımı yönteminin başarılı sonuçlar çıkardığı gözlemlenen çalışmada, sadece temas yüzeyinin modellenmesi ile, buralarda malzeme kayıpları gerçekleştiğinden dolayı, analizlerinin nispeten daha kolay olduğu, uzun peryodlardaki simülasyonlara uygun olduğu ve büyük modellemelere uyarlama rahatlığının bulunduğu görülmüştür. Ancak mevcut yöntemin, klasik sürtünme kurallarıyla açıklanabilecek mikroyapılara uygulanabilmesinin belirli limitler dahilinde yapılabileceği anlaşılmaktadır.

Salles & Blanc (2011) çalışmalarında titreşimli yükler altında aşınma davranışı numerik süreçte, dinamik Lagrance Frekans zaman metodu yöntemiyle, Coulomb'un sürtünme kanunu hesabı temel alınarak incelemiştir.

Titreşimle aynı anda aşınma durumunun incelendiği çalışmada, tribolojik ve dinamik olaylar iki farklı zaman dilimine ayrılmıştır. Doğrusal olmayan kuvvetlerin hesaplanması için alternatif bir zaman skalası temel alınmıştır. Titreşim altıdaki yüklerden kaynaklı aşınma sonuçlarının karşılaştırılması açısından durağan durum hesaplamaları da gözden geçirilmiştir. Tasarım esnasında, titreşime dayalı durumların göz önünde bulundurulmasının öneminin yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Kurban, Erdem & Canbulut (2011) yapmış oldukları çalışmalarında eğik plakalı eksenel piston pompaların pompa ve motor performansı üzerinde etkisi bulunan kayıcı pabuçların performansını incelemişlerdir.

Her ne kadar viskoz moment kayıpları, viskoz akışkan kaçakları, ve güç kayıplarına ilişkin denklemler farklı bölgeler için elde edilmiş olsa da, sızıntı ve kaçakların hızın artması ile doğru orantılı arttığının deneysel olarak ölçüldüğü çalışmada, sızıntı ve hız arasındaki ilişki, viskoz güç kaybı- devir ilişkisi, akış güç kaybı- devir ilişkisi incelenmiş ve denklemleri ortaya konmuştur.

İzciler & Öcal (1993) çalışmalarında yüzey topoğrafyasına bağlı olarak aşınmanın ölçümü konusunu incelemişledir. Yüzey pürüzlülükleri, pürüzlülük hesaplama yöntemleri gibi konulara değinmekle beraber, aşınma hesabı ile pürüzlülük arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlar, formülasyonun yanısıra Abbot eğrisine değinmişler ve pürüzlü yüzeydeki doluluk ve boşlukların formülasyonunu çıkartmışlardır.

Okayasu, Izuka, Ninomiya, Manabe & Shiraishi (2013) Cu-Al-Ni-Fe-Sn içerebilen alaşımlarda mekanik ve aşınma davranışları üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarında özellikle bronz alaşımları konusunda deneysel yaklaşım sergilemişledir.

Yeni bronz tabir edilen ve %10,5 Al, %3,1 Fe, %3.2 Ni, %1,1 Mn ve %3,7 Sn içeren alaşımın sertlik değerinin diğer alaşımlardan daha yüksek olduğu, bu nedenle mükemmel aşınma özellikleri gösterdikleri anlaşılmış, bu alaşımın sünekliğinin bilinen alaşımlara nispeden daha düşük olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Liu, Shen & Yang (2014) sonlu elemanlar yönteminin farklı sürtünme modellerinin farklı dönme aşınma davranışlarına uygulamasını simüle etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen simülasyonlar ile deneysel çalışmaların aşınma eğrileri arasında aşınma davranışları açısından örtüştüğü anlaşılmıştır. Mevcut çalışma, farklı kayma rejimlerindeki muhtelif hasarlanmaları, plastik gerilme sürtünme kayma gerilmesi analizleri ile irdelemektedir.

BÖLÜM 3

MALZEME VE YÖNTEM

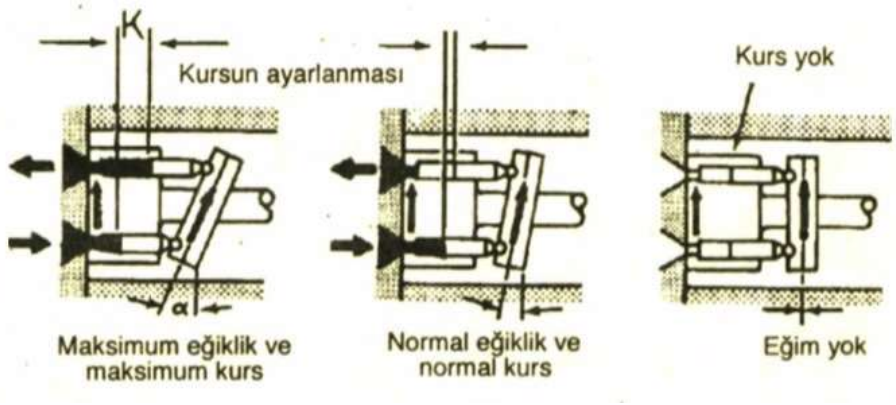
3.1 Piston Pompaların Yapısı

Piston pompaların tasarımı her ne kadar derin deneysel temellere dayansa da, yakın zamana kadar tasarım sürecini şekillendiren denklemler yakın zamana kadar bulunmamaktaydı(Khalil vd., 2004). Bu bağlamda farklı kullanım amaçlarına göre farklı tasarımlarda ve mekanizmalar içeren farklı eksenel piston pompalar imal edilmektedir. Ancak temel olarak eksenel piston pompaların kısımlarını, gövde, pompa mili, oynak mafsal, piston kolu ve piston, silindir bloku,valf plakası ve dağıtım plakası şeklinde sıralayabiliriz. Bir eksenel pistonlu pompanın genel görünümü Şekil3.1de verilmiştir.



Şekil 3. 1 Eksenel Piston Pompa

Çalışma esnasında, oynak mafsaldaki eğim plakasının açısı arttırıldığı zaman, pistonların yuva içerisine girdiği mesafe artacağından pompanın debisi de artar. Açı küçüldükçe pompa debisi de azalmaktadır(Şekil3.2).

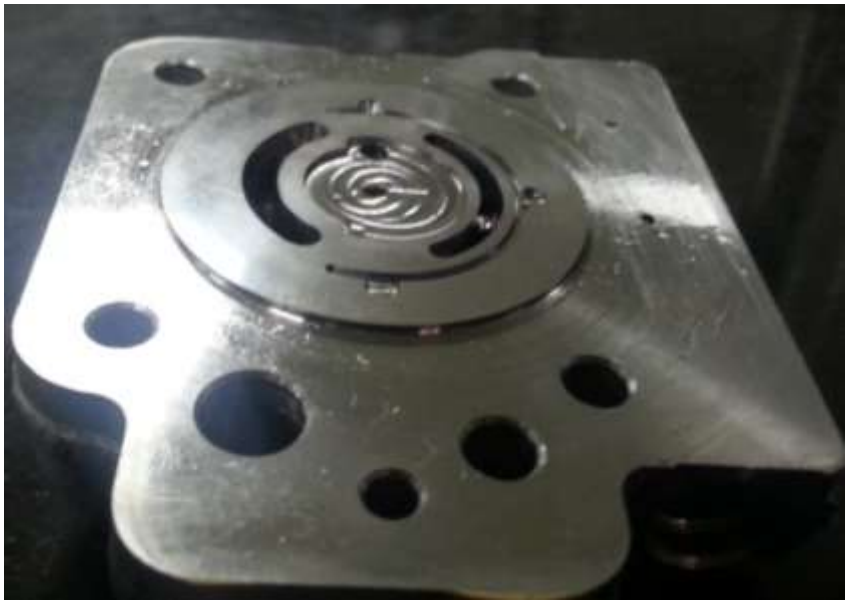


Şekil 3. 2 Eksenel Piston pompada debi ayarı.

3.2 Kontrol Plakası Yüzey ve Malzeme Bilgileri

Arka kapak yüzeyinde sabit ve bütünleşik olan kontrol plakası 41CrAlMo7 (DIN18509) dövme çelikten imal edilmiş olup yüzey lepleme yöntemiyle işlenmiştir.

Şekil 3.3'te genel görünümü verilmiş olan kontrol plakasının kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.1'de görülmektedir. Kontrol plakası malzemesini ısıl işlem ve sıcaklık değerleri Çizelgesi (Çizelge 3.2) ile 41CrAlMo7 çeliğinin bazı mekanik özellikleri Çizelge 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3. 3 Eksenel Piston pompa arka kapak

Çizelge 3. 1 DIN18509 standardına göre 41CrAlMo7 kimyasal kompozisyonu

Element	C	Mn	Al	Cr	Mo
Bileşimi (%)	0,38-0,45	0,4-0,7	0,8-1,2	1,5-1,8	0,2-0,35

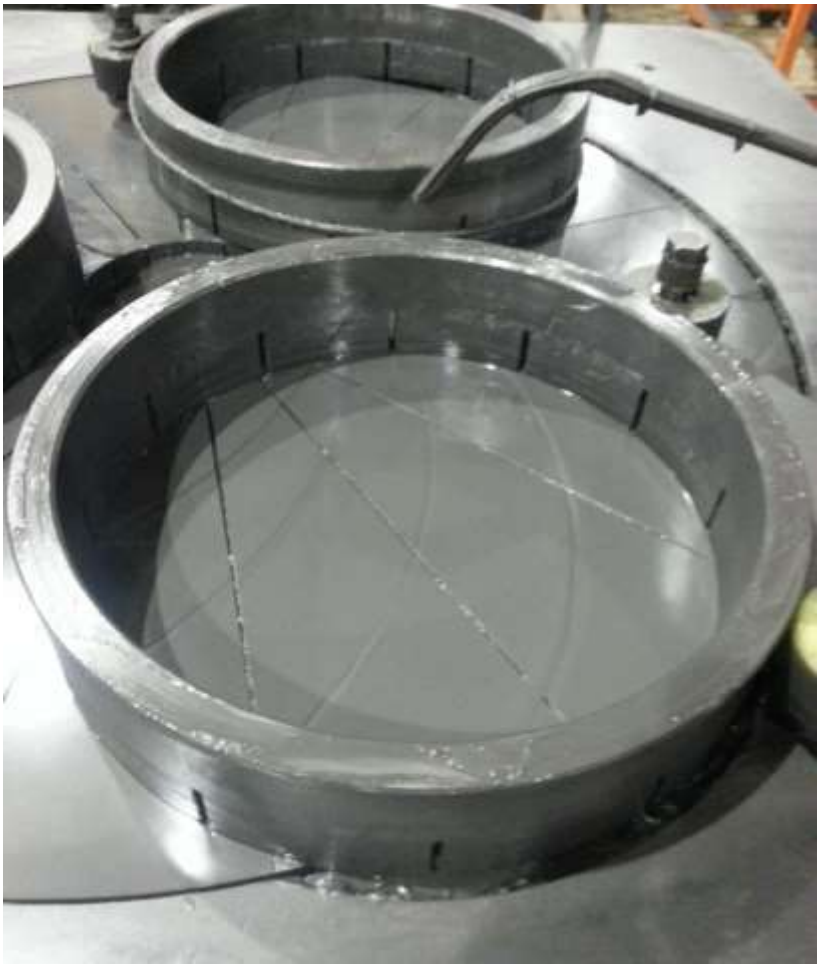
Çizelge 3. 2 41CrAlMo7 Çeliğinin ısıl işlem sıcaklık ile sertlik değerleri Çizelgesi

İşlem	Sıcak Şekil Verme Sıcaklığı (°C)	Yumuşak Tavlama Sıcaklığı (°C)	Yumuşak tavlama Sertliği (Brinell)	Nitrasyon Sonrası Yüzey Sertliği (Vickers)	Sertleştirme Sıcaklığı (°C)	Sertleştirme Ortamı	Menevişleme Sıcaklığı (°C)	İşlem Sonrası Gerilim Giderme Sıcaklığı (°C)	Nitrasyon Sıcaklığı (°C)
Değer	1050-850	650-700	262	950	880-920	Yağ /Su	570-650	550-570	500-520

Çizelge 3. 3 41CrAlMo7 çeliğinin bazı mekanik özellikleri

Mekanik Özellik	Akma Gerilimi (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Sertlik (Brinell)	Elastisite (%)
Değer	940	1130	340	11

Kontrol plakası mevcut yüzey pürüzlülüğü lepleme yöntemiyle sağlanmıştır. Yüzey düzlemselliği 0,002; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,005 değerleri olarak belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülük giderme işlemi yapılan lepleme tezgâhı sürekli yağlama ile hassas ayarların yapılması sonrası çalıştırılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4 Lepleme Tezgahı

3.3 Silindir Bloğu Çalışma Yüzey ve Malzeme Bilgileri

Aşınma plakası ile beraber çalışan ve sabitlenmiş plaka yüzeyine temas ederek burada aşınmayı gerçekleştiren karşı parça 13.000 dev/dak dönen silindir bloğudur.

Kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.4 te verilmiş olan CuSn12Ni (DIN1705) bronz alaşımından toz metalürjisi yöntemi ile imal edilmiş olan silindir bloğu talaşlı işleme yöntemiyle üretilmiştir.

Çizelge 3. 4 DIN1705 standardına göre CuSn12Ni kimyasal kompozisyonu

Element	Cu	Sn	Ni	Pb	Zn
Bileşimi (%)	84	12	2	1	1

Aşınma yüzeyi olarak kullanımı açısından bronz alaşımı, aşınmaya dayanıklı yatak ve burçlarda, piston pompalarda ve aşınma miktarının yüksek olabileceği sürtünme yüzeylerinde kullanılmaktadır. Yüzeyi mikron seviyesinde yüksek hassasiyet ile taşlanmıştır. Sertlik değer 80 Brinell dir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3. 5 DIN1705 standardına göre CuSn12Ni bazı mekanik özellikleri

Mekanik Özellik	Akma Gerilimi (Mpa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Sertlik (Brinell)	Elastisite (%)
Değer	140	260	80	12-14

Silindir bloğu (Şekil3.5) sürtünme yüzey pürüzlülüğü DIN3142 standardına göre 0,4 değerindedir. Taşlama, raybalama, kaba honlama yöntemleri ile elde edilebilen bu değerler yüksek devirli yataklamalar, sızdırmazlık istenen yüzeyler pistonlar, kaymalı yataklar ve fren kasnakları gibi yüzeylerde aranabilmektedir. Test edilen plakada mevcut yüzey pürüzlülüğü taşlama yöntemiyle elde edilmiştir. Yüzey düzlemselliği 0,005; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,01 değerleri olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 5 Silindir Bloğu

3.4 Aşınma Yüzeyleri Ölçü ve Tolerans Değerleri

Piston pompa silindir bloğu mevcut yüzey pürüzlülüğü taşlama yöntemiyle elde edilmiştir. Yüzey düzlemselliği 0,005; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,01 değerleri olarak belirlenmiştir.

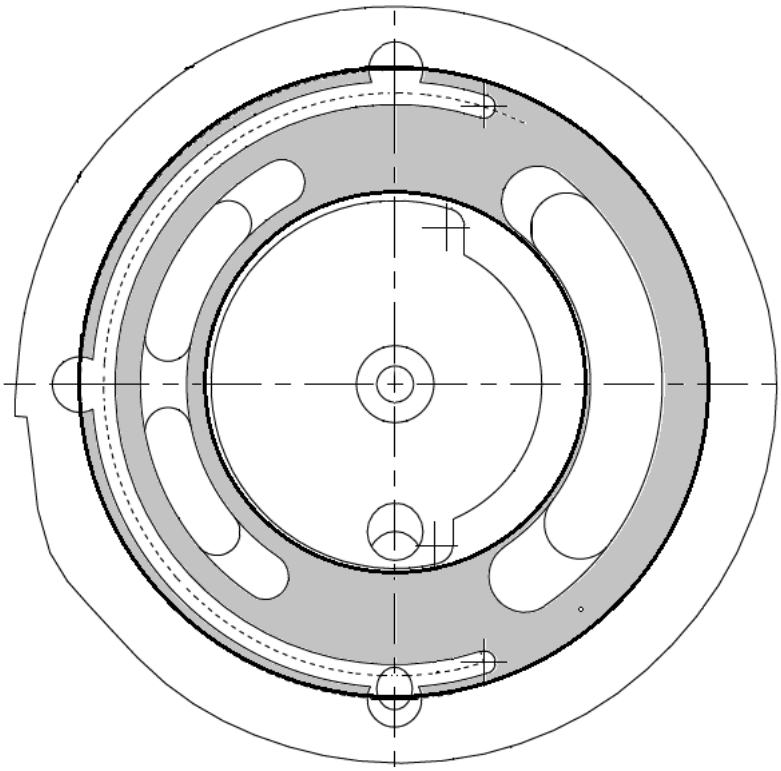
Kontrol plakası ile temas ederek aşınacak toplam yüzey alanı, verilen ölçüler baz alınarak hesaplandığında, 40,0195mm^2, en büyük çapın ise 13,8mm olduğu hesaplanmıştır. Kontrol plakası ile temas ederek aşınmanın gerçekleşeceği silindir bloğu yüzeyi şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 6 Piston pompa silindir bloğu aşınma temas yüzeyi

Çalışmada baz alınan eksenel piston pompanın kontrol plakası, pompa arka kapağı yüzeyi ile sıkı geçmelidir. Kontrol plakası mevcut yüzey pürüzlülüğü lepleme yöntemiyle elde giderilmiştir. Yüzey düzlemselliği 0,002; paralellik toleransı ise arka yüzeye göre 0,005 değerleri olarak belirlenmiştir.

Silindir bloğu ile temas ederek aşınmanın gerçekleşeceği yüzeyde (şekil3.7) alan 283,579mm^2 olarak hesaplanmış, kontrol plakası ölçülerinde en büyük çap ise 18,1mm olarak ölçülmüştür. Temas edecek alan koyu çizgili daire arasında kalan gri bölgedir.



Şekil 3. 7 Piston pompa arka kapağı çalışma yüzeyi

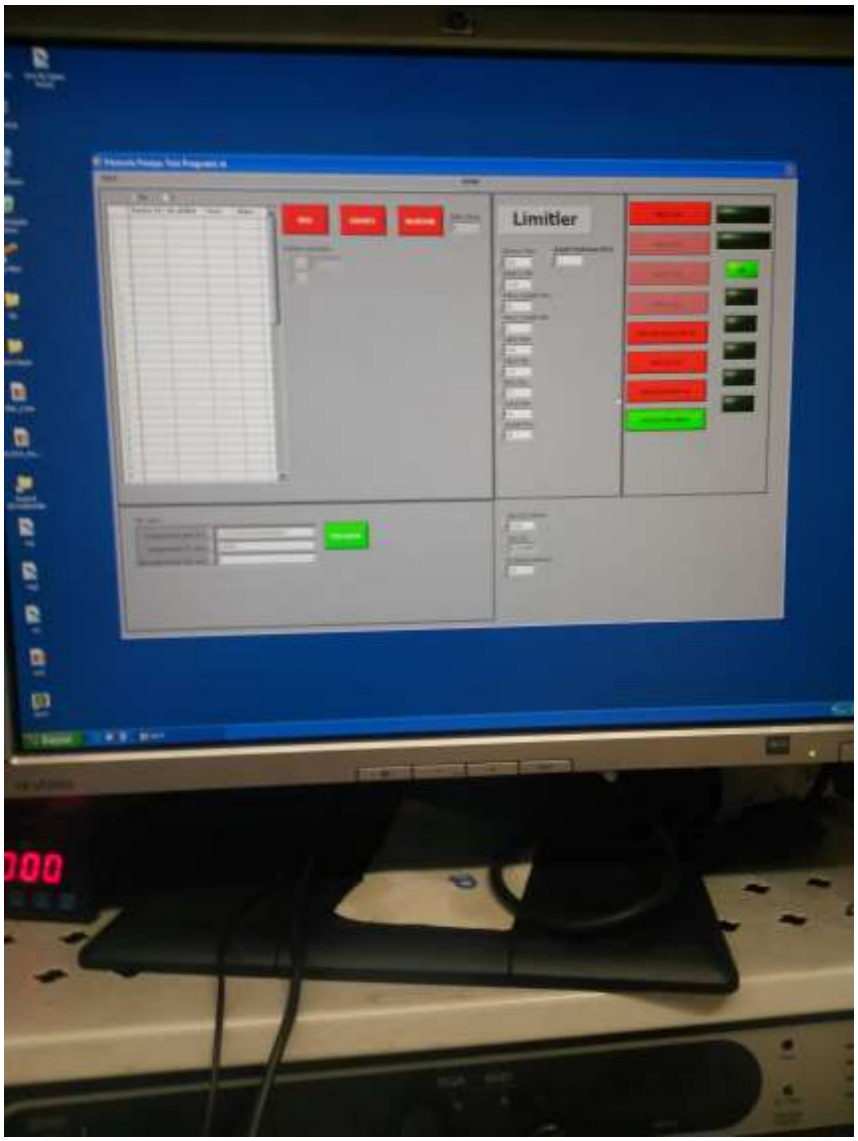
3.5 Test Cihazı ve Özellikleri

Yüksek devirli piston pompaların test edilmesi için, test tezgâhı özel olarak geliştirilmiştir. Test cihazı (şekil 3.8) bilgisayar, yüksek devirli (12000dev/dak) motor ve hidrolik aksam olarak 3 bölümden oluşmaktadır.

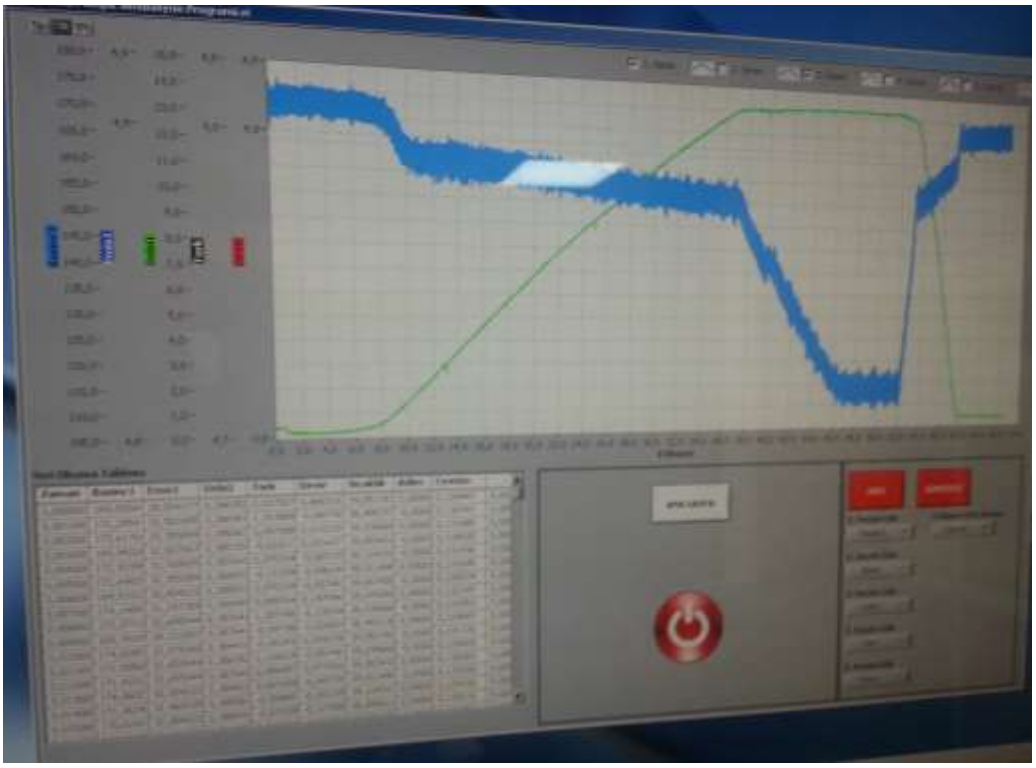


Şekil 3. 8 Yüksek devir piston pompa test tezgâhı

Bilgisayarda, basınç, sıcaklık, devir, debi, süre gibi değerlerin gösterildiği ve ayarlandığı, motor ile haberleşerek testin başlangıç, bitiş ve motor kontrolünün sağlandığı, aynı zamanda test süresi, debi değişimleri ve sıcaklık gibi değerlerin anlık olarak takip edilebildiği bir yazılım mevcuttur. Yazılım National Instruments'in LabView programı ile lisanlı ve özel olarak hazırlanmıştır (şekil3.9).



Şekil 3. 9 Test tezgâhının kontrol edildiği program ve ara yüzü



Şekil 3. 10 Test tezgâhından test esnasında alınan program ekran örneği.

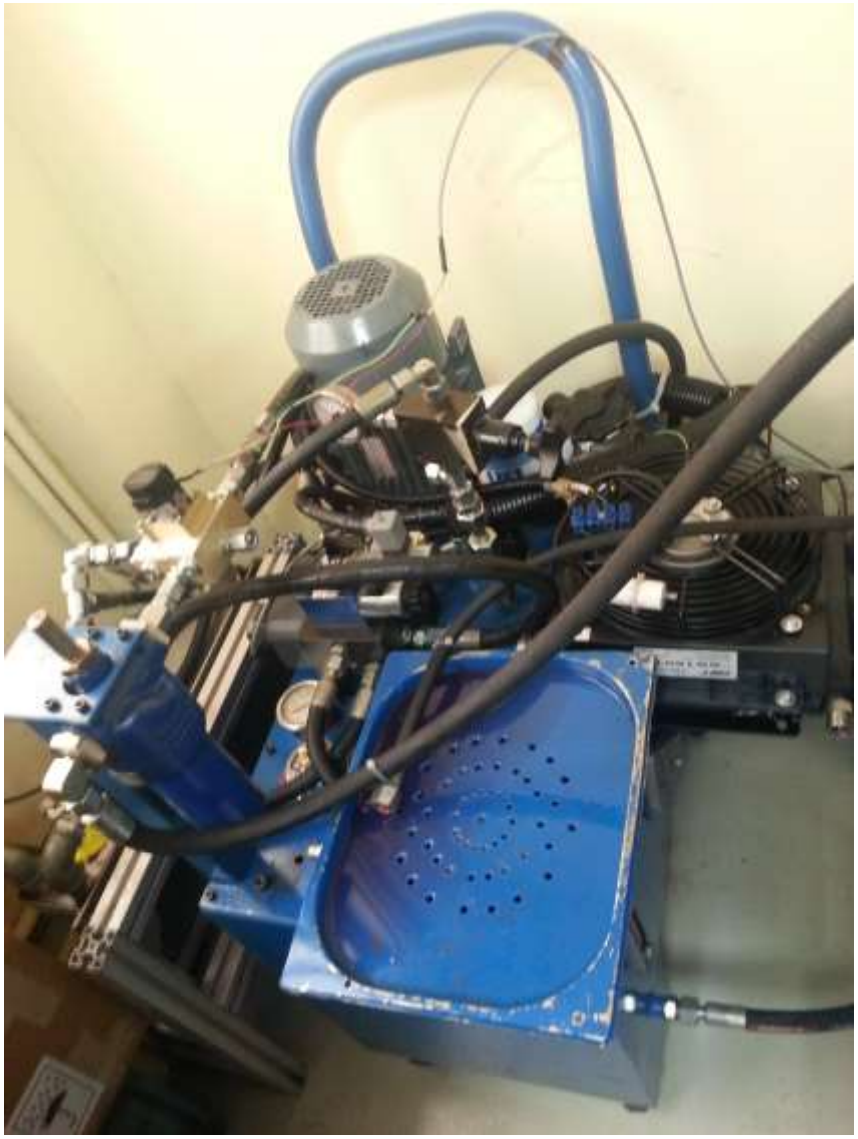
Mevcut yazılımda test koşullarının limitleri de belirlenerek, test için sınır koşullar hazırlanabilmektedir. Dijital olarak valf aç/kapa, motor besleme açma ve kapama, ısıtıcı açıp kapama gibi işlemler gerçekleştirilebilmekte ve basınç, motor sıcaklık, debi maximum ve minimum değerleri ile akım ve voltaj kritik değerleri limitlendirilebilmektedir. Şekil 3.10'da test esnasında program ara yüzünden alınmış ekran görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3. 11 Piston pompanın montajı ve yüksek devirli motor

Piston pompanın, bilgisayar programından belirlenen devir ve sürede çevriminin sağlandığı motor, 12000dev/dak çevrimle dönen, elektrik motorudur (şekil 3.11). Motorun rotoru ile piston pompanın tahrik milinin bağlantısının sağlanması için motor ile pompa arasına gerekli hidrolik besleme ve çıkışların alınabildiği, barometreler ile analog olarak basıncın takip edilebildiği bir ara ünite eklenmiştir.

Test edilecek pompalar, bu ünitede motora karşı konuma hızlı bir şekilde montajlanmakta ve test bitiminde kolaylıkla sökülebilmektedir.



Şekil 3. 12 Test tezgâhı hidrolik ünitesi

Test esnasında, pompanın gerekli emiş ve basınç değerlerini sağlayabilmesi için gerekli olan hidrolik ünite, motorun alt kısmında bulunmaktadır (şekil 3.12). Besleme, tahliye hatları ile bu hatlara bağlı valfler ve filtre de içeren ünite, karıştırıcı motorlu bir tanka da sahiptir.

Teste başlanmadan önce, harici olarak sürekli çevrim sağlayabilecek şekilde tasarlanan hidrolik ünite, testte karşılaşılabilecek sorunlara tedbir olması açısından bir tahliye vanası ile çek valfe de sahiptir.



Şekil 3. 13 Test süresince sızıntı ve kaçakların gözlendiği açıklık

Test esnasında meydana gelen sızıntı ve kaçakların tespit edilebilmesi ve gözlemlenebilmesi için, piston pompanın montajının gerçekleştirildiği redüktör üzerinde bir kanal açılmıştır (Şekil 3.13). Test tezgahı tahrik mili ile piston pompanın milinin montajlandığı bu noktada kaçaklar izlenmekte ve duruma göre müdahale edilerek test durdurulmaktadır.

3.6 Ölçüm Cihazları ve Özellikleri

Testleri gerçekleştirilen numunelerin ölçümlerinin yapıldığı 2 adet yüzey pürüzlülük ölçüm cihazları ile mikroskop görüntüleri ve ekran görüntüleri şekil 3.14 ve şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3. 14 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı



Şekil 3. 15 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı Ekranı



Şekil 3. 16 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2



Şekil 3. 17 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazından alınmış ölçüm sonucu örneği

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı (şekil3.16) ölçüm sonuçlarını bir rapor ile çıktı verme özelliğine sahiptir (şekil 3.17). Pürüzlülük ölçüm sonuçları aynı zamanda ölçüm sonrasında cihaz ekranından görülebilmekte ve bu arayüz ile hangi değerlerin raporlanacağı seçilebilmektedir (şekil 3.18).



Şekil 3. 18 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı 2 Ekranı

Yüzey pürüzlülük cihazları, yatay eksende belirli bir alandaki, aşınmış yüzeyin mikron hassasiyetindeki ölçümlerini gerçekleştiren cihazlardır. Bu cihazlar ile yüzeyde gözle görülemeyen çizgiler ile aşınmış yüzeylere ilişkin hassas ölçüm sonuçları elde edilebilmektedir.

Yüzey pürüzlülük ölçüm değerlerinin analiz edilebilmesi ve ölçülen değerler uluslararası standartlar ile kabul edilmiş olan ISO EN4287 ve ölçüm koşulları da ISO EN 4288 standardınla belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ölçüm sonuçları olarak aritmetik ortalama pürüzlülük değeri (Ra); ortalama pürüzlülük derinliği (Rz) ve maksimum pürüzlülük değeri ($Rz1_{max}$) gibi ölçüm değerleri alınmıştır.

Burada Ra: tüm profil değerlerinin toplamının aritmetik ortalamasını; Rz: Değerlendirme uzunluğu içinde beş örnekleme uzunluğunun ortalama beş değerini, $Rz1_{max}$: değerlendirme uzunluğu içinde beş örnekleme uzunluğunun en büyük beş Rz değerini göstermektedir.

Yüzeydeki deformasyonun gözlemlenebileceği bir diğer cihaz mikroskoptur (şekil 3.19). Mikroskop yardımıyla büyütme yapılabilmekte ve yüzeydeki küçük çizikler ve deforme olmuş alanlar gözlemlenebilmektedir.



Şekil 3. 19 Yüzeylerin görüntülendiği mikroskoplar



Şekil 3. 20 Parçaların mikroskop altında yüzeyinin incelenmesi

Büyütme gücü istenilen miktara kadar manuel ayarlanabilen mikroskoplardan direkt bilgisayar üzerinden kontrol edilebilmekte ve görüntüler bir kamera yardımıyla ve bir yazılım aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir (şekil 3.20).

Mikroskop büyütme gücü 50x ile 1000x arasında olup, bu çalışmada genellikle 50x ile 500x büyütme gücü değerleri kullanılmıştır. Bilgisayar programı, büyütmeye bağlı olarak resimler üzerine ölçekleri otomatik olarak koymaktadır.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

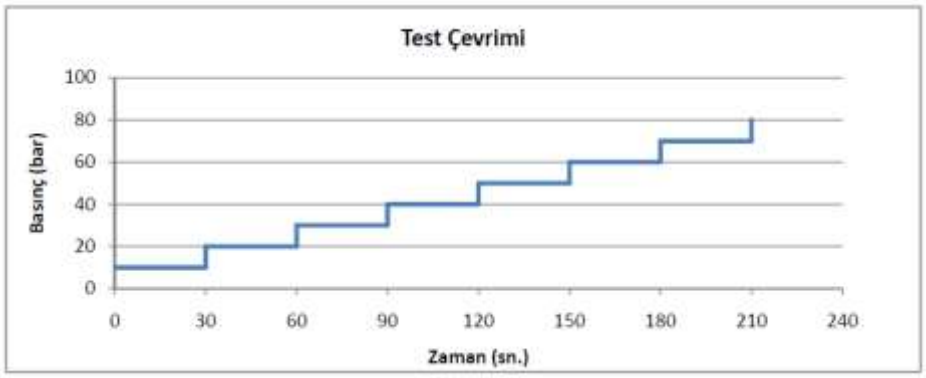
Test tezgâhında farklı pompalar ile gerçekleştirilen testler, kısa sürede maksimum performans (zorlama) testi, uzun süreli testler, dalgalanma testleri ve kaçak testleri gibi muhtelif testlere tabi tutulmaktadır.

Sızdırma testi, oluk üzerinden kaçağın gözle takip edilerek yapıldığından ve yüksek performans testleri ve uzun süreli testler devam ederken gözlemlendiğinden, aşınma açısından dikkate alınmamıştır. Numune seçimi yapılırken, düşük devirde uzun süreli kaçak testi yapılmış olan pompaların numune seçilmemesine özen gösterilmiştir.

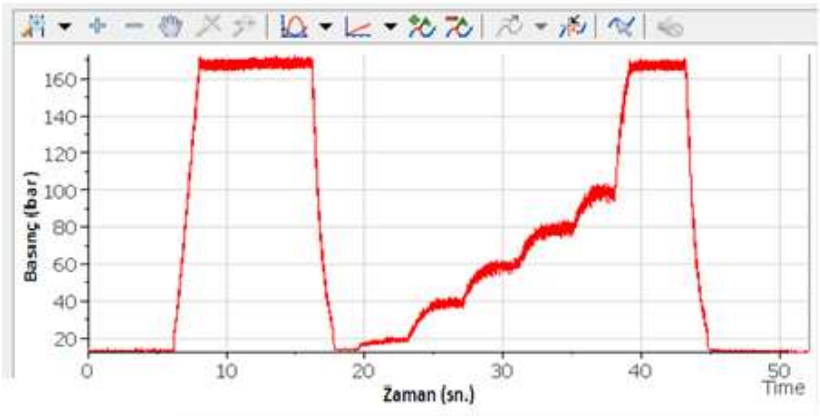
Testler süresince basınç değişimleri (bar), debi (lt/dak) ve motor güç (kW) değerleri kaydedilmiş, raporlanmıştır. Testler farklı zaman dilimlerinde ve aynı pompalar üzerinde belirli aralıklarla gerçekleştirildiğinden, pompaların aşınma durumları, tüm testlerin süreleri toplamı üzerinden incelenmiştir.

4.1 Yüksek Devir Testleri

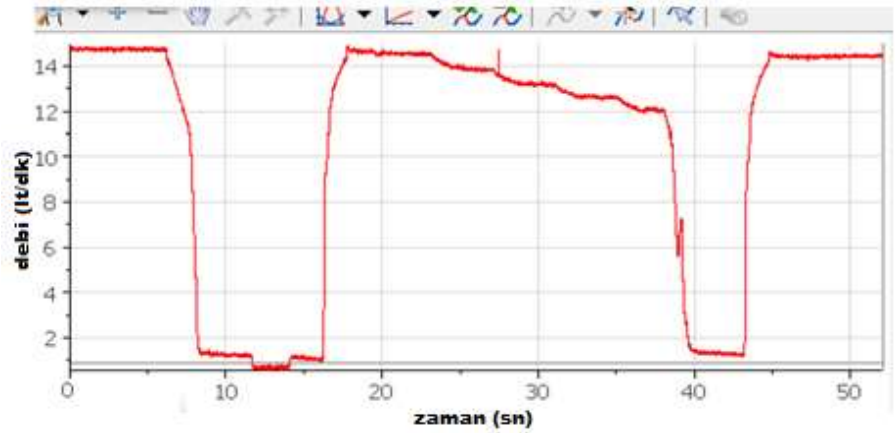
Test tezgahında en yüksek performans değerlerini gözlemlemek için gerçekleştirilen testlerdir. Her bir test 2,5 dakikalık sürelerde farklı pompalar üzerinde gerçekleştirilmekte ve tüm veriler ayrıntılı olarak kayıt altına alınmaktadır. Pompa, maksimum debi verecek şekilde açısı ayarlanmakta ve mil 12000 dev/dak olacak şekilde test süresince tahrik edilmektedir. Pompa, basınç değerleri kademeli arttırılarak (şekil 3.21) ve basınç pikleri yaptırılarak (şekil 3.22) da test edilmektedir.



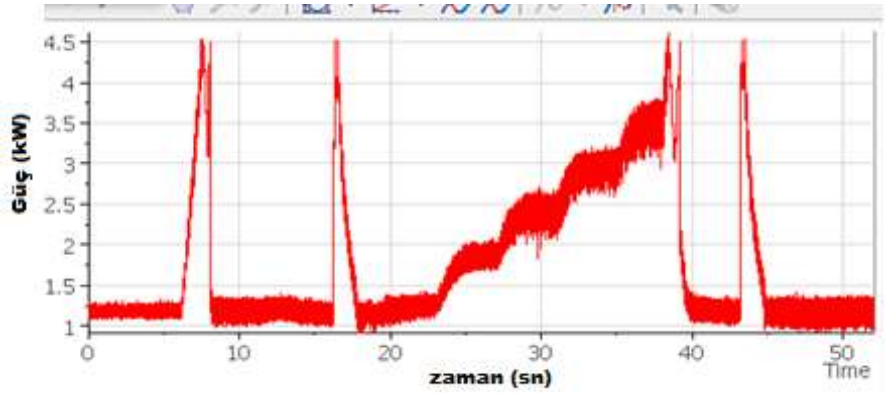
Şekil 4. 1 Yüksek devir testleri çevrimdeki basınç değerleri



Şekil 4. 2 Yüksek devir testi numune basınç değişim grafiği



Şekil 4. 3 Yüksek devir testi debi zaman değişim grafiği



Şekil 4. 4 Yüksek devir testi güç zaman grafiği

Zamana göre debi (şekil4.3) ve güç değerleri (şekil 4.4) de alınarak test edilen pompalar, kontroller sonrası de montaj sonrası uzun süreli testlere sokulmaktadır.

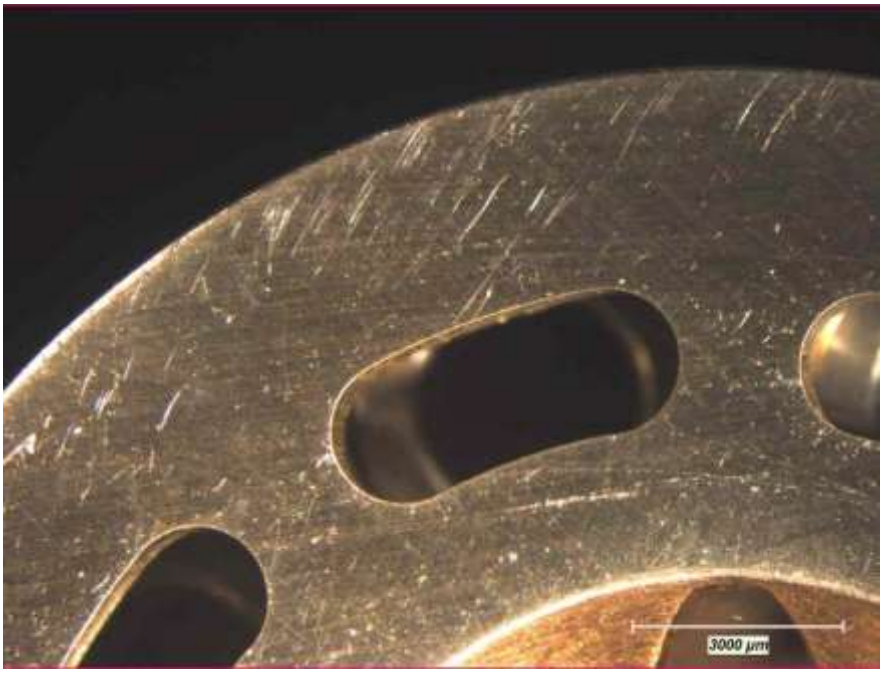
4.2 Uzun Süreli Testler

Kısa süreli yüksek performans testlerinin ardından hasarlanmamış olan pompalar daha uzun süreli testlere tabi tutulmak üzere de montaj ve kontrol sonrasında yeniden test tezgâhına bağlanmaktadır.

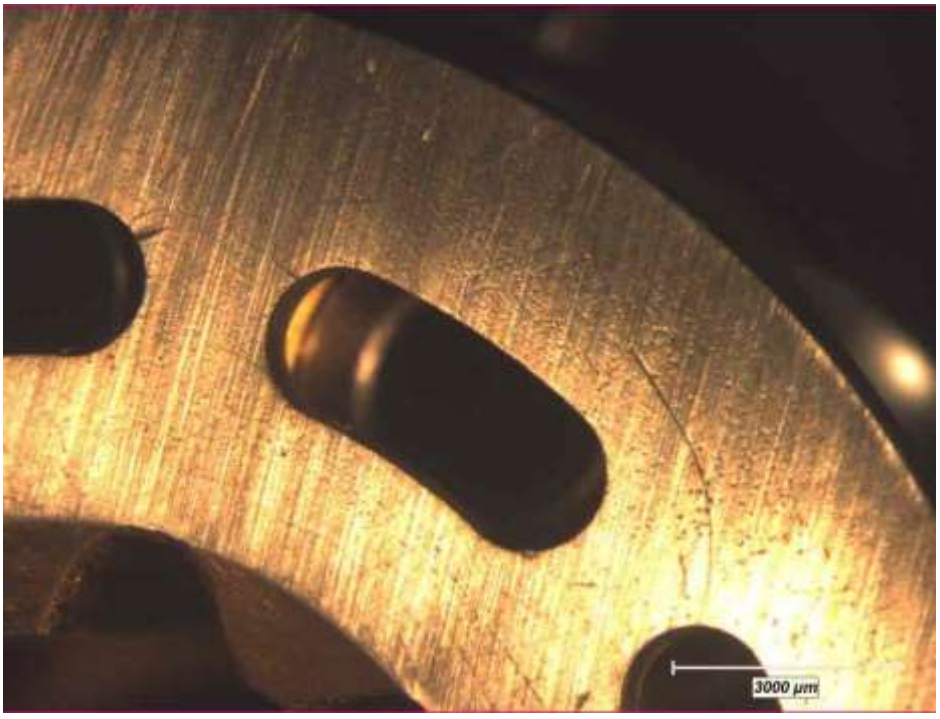
Bu testler süresince, piston pompalar 80-90 dakika süresince yüksek devirde tahrik edilerek hasarlanma durumları gözlenmektedir. Ancak pompaların aşırı ısınmasının önlenmesi adına, testler ara ara soğutma duruşları yapılarak tekrarlanmaktadır. Pompalar bu esnada kısa süreli testlere nispeten daha yüksek miktarda sıcaklık ve aşınmaya maruz kalmaktadır.

4.3 Test Öncesi Malzemelerin Mikroskopta İncelenmesi

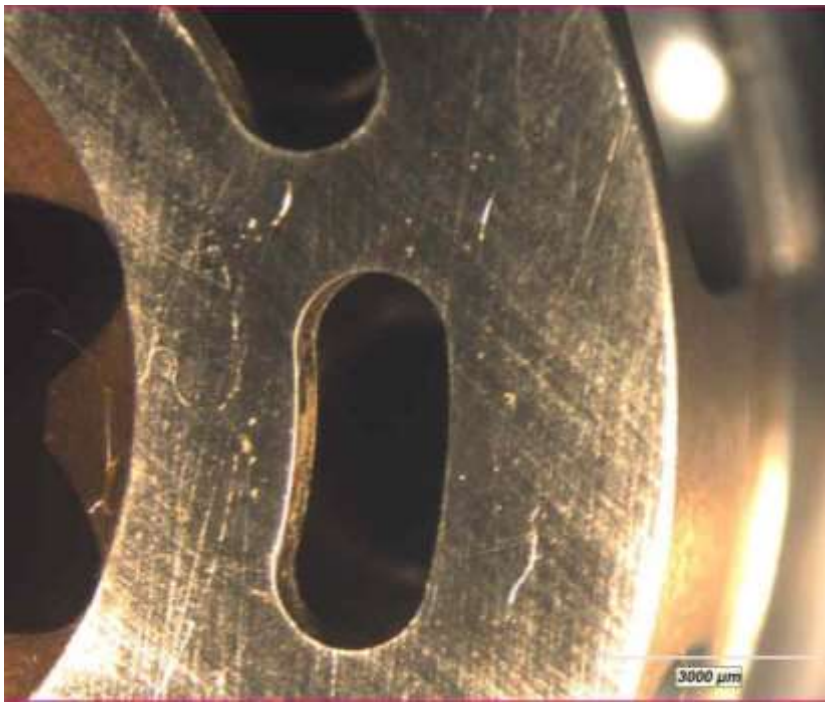
Talaşlı imalat yöntemi ile imal edilmiş ve yüzeyi lepleme yöntemi ile iyileştirilmiş piston kapağı ile, silindir bloğunun test öncesi değerlerinin belirlenmesi açısından yüzey mikroskop görüntüleri testler başlamadan önce incelenmiş ve yüzey özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçekte 3000µm olarak gösterilen resimler 63x büyütme ile, 20µm olarak gösterilenler 500x büyütme ile görüntülenmişlerdir. Şekil 4.5'te 2 numaralı piston pompanın silindir bloğunun test öncesi yüzey ayrıntısı verilmiştir. 1 numaralı numunenin silindir blok yüzey ayrıntısı da şekil 4.26'da görülmektedir.



Şekil 4. 5 2 nolu piston pompanın test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

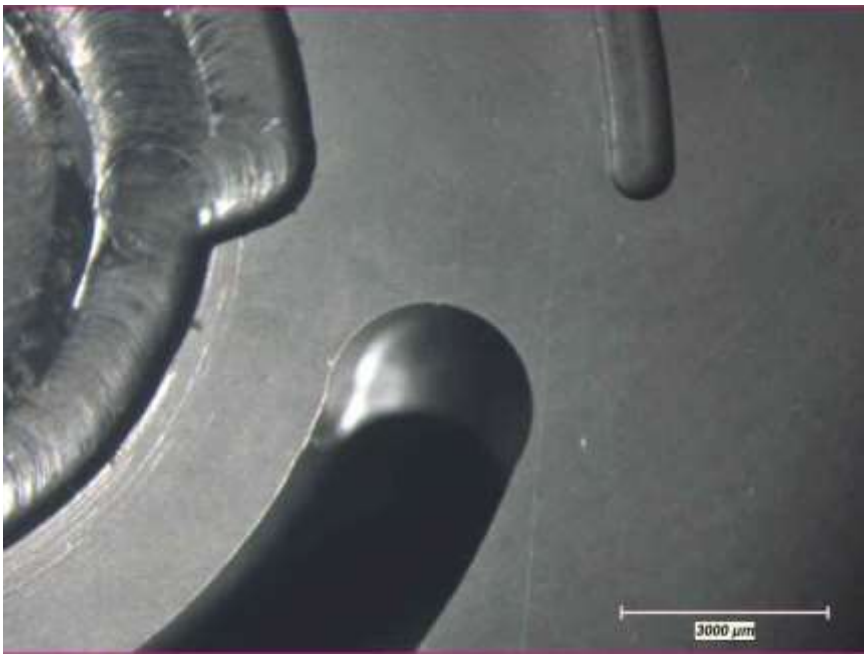


Şekil 4. 6 1 nolu piston pompa silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü



Şekil 4. 7 3 nolu piston pompası silindir blok yüzey mikroskop görüntüsü

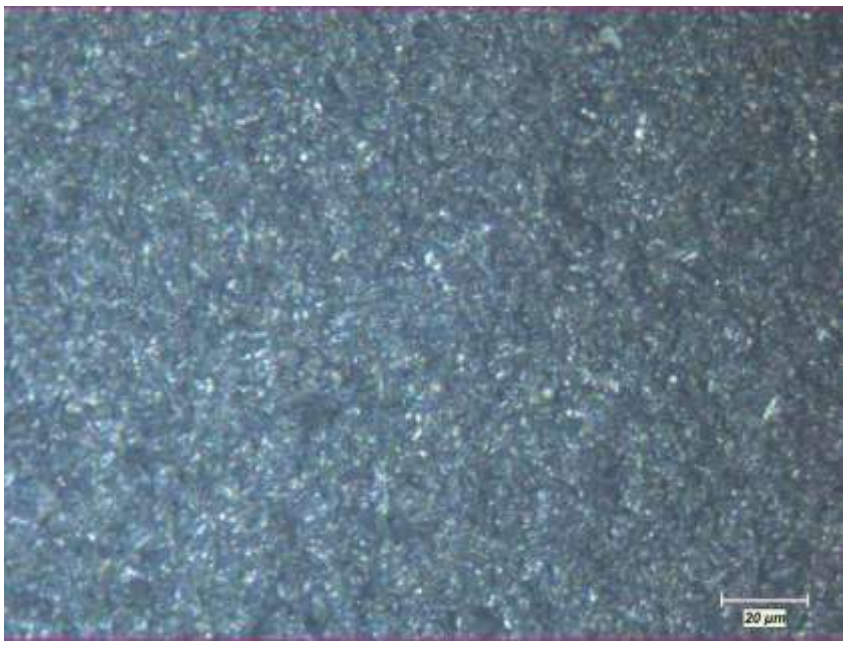
Şekil 4.7'de verilen 3 nolu piston pompa silindir bloğu ile 1 numaralı piston pompa kapak yüzey ayrıntısından (şekil4.8 ve şekil 4.9) anlaşılacağı üzere, yüzeyde deformasyon izleri bulunmamaktadır.



Şekil 4. 8 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

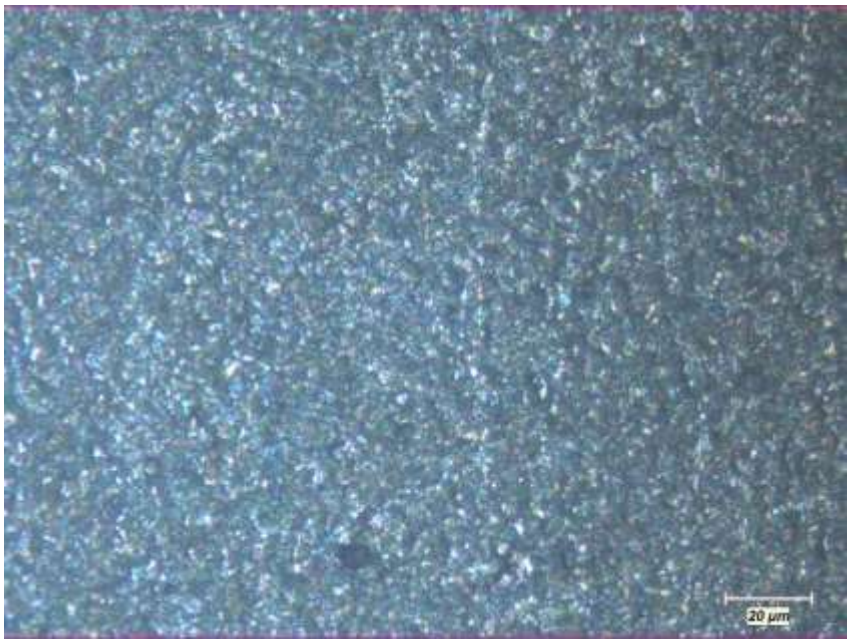


Şekil 4. 9 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü



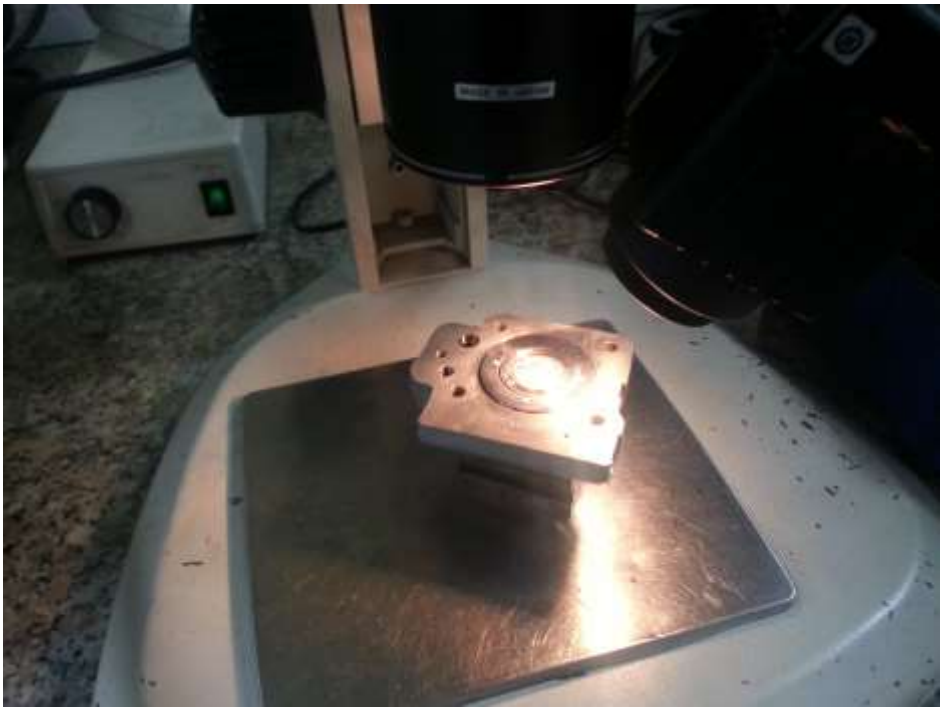
Şekil 4. 10 2 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

Test öncesi daha yüksek büyütme gücünde görüntüsünün alındığı 2 nolu piston pompa kapak yüzeyi (şekil 4.10) ile 1 numaralı numune yüzey görüntüsünde (şekil 4.11) de lokal deformasyon izlerine rastlanmamıştır.



Şekil 4. 11 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey mikroskop görüntüsü

Test öncesi ve test sürecinde aralıklı olarak yüzey ayrıntıları her bir piston pompa kapak ve silindir bloğu yüzeyi için tekrarlanmıştır. Örneğin 2 numaralı piston pompa kapağının mikroskop görüntüsünün alınması şekil 4.12'de genel hatlarıyla gösterilmiştir.



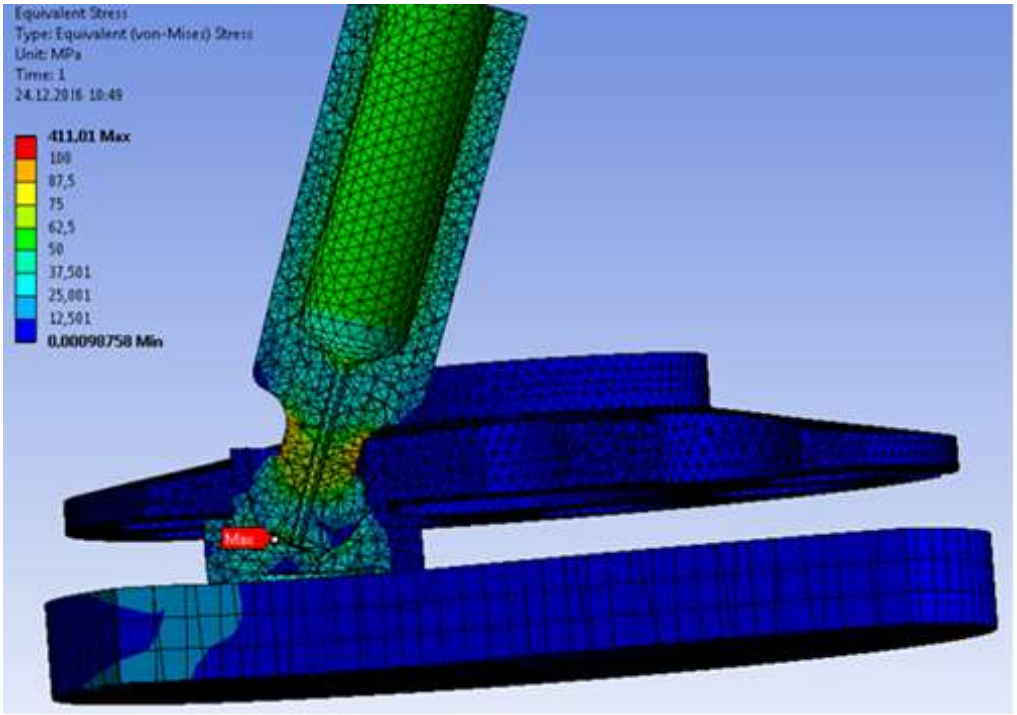
Şekil 4. 12 2 nolu piston pompa kapağının mikroskopta incelenmesi

BÖLÜM 5

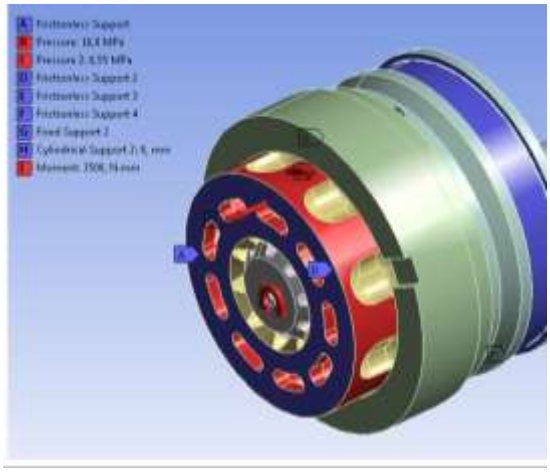
SONUÇLAR

5.1 Kuvvetler ve Yapısal Analiz

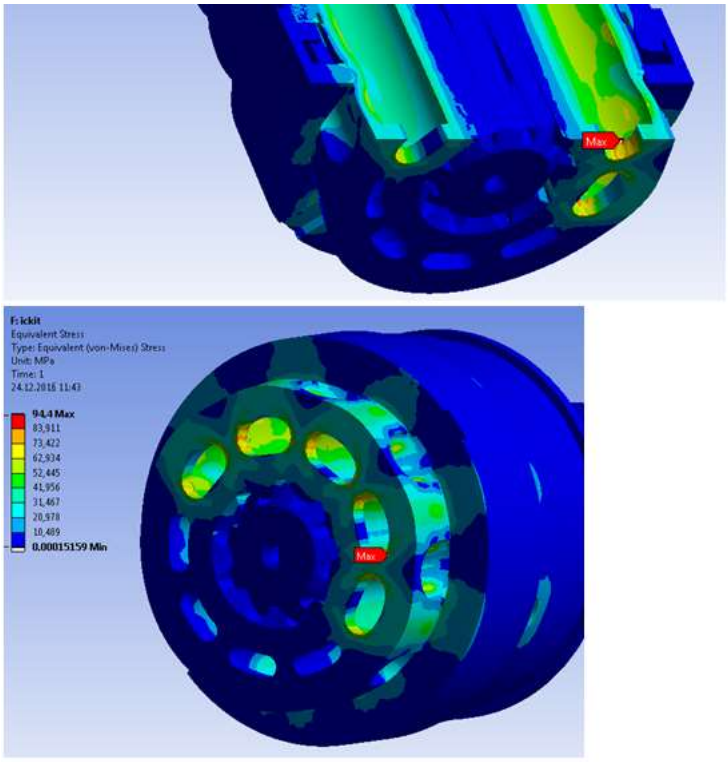
ANSYS programı ile yapılan yapısal mukavemet analizleri neticesinde, silindir bloğu alt yüzeyi ile kontrol plakası arasındaki sürtünmeler göz önüne alınmadığında, silindir bloğu tarafından kontrol plakası üzerine uygulanan basıncın 0,55Mpa, silindir bloğu dış yüzeyinin pompa gövde iç cidarına uygulamış olduğu basıncın 16,8 Mpa olduğu anlaşılmaktadır(şekil 5.2). Aynı zamanda çalışma prensibinin anlaşılması açısından, eğim plakası ile piston pabuçları arasındaki eşdeğer gerilme şekil 5.1'de irdelenmiştir.



Şekil 5. 1 Eğim Plakası- piston pabuçları arası maksimum eşdeğer gerilme



Şekil 5. 2 Silindir bloğu basınç ve moment değerleri



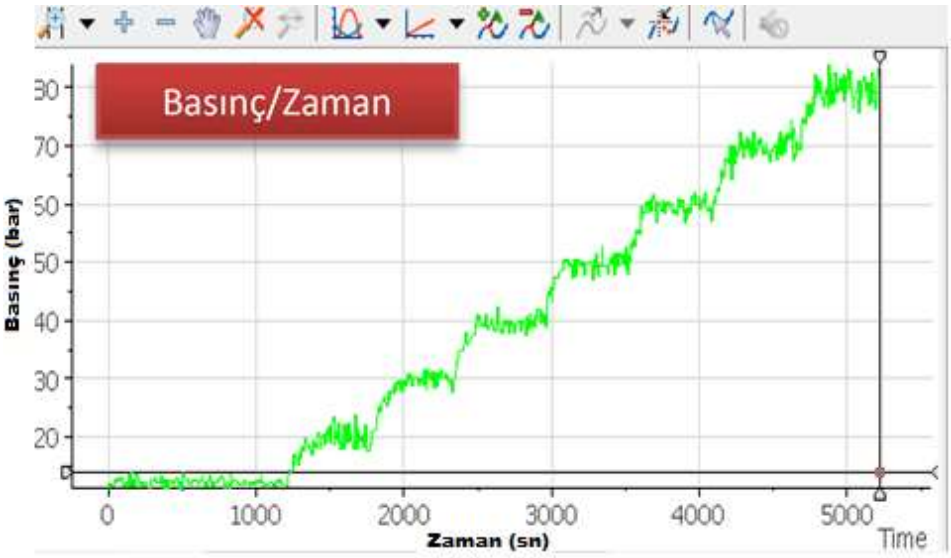
Şekil 5. 3 Silindir bloğu toplam deformasyon değerleri

Silindir bloğunu döndürmek için gerekli olan toplam moment ise, yüzey sürtünmelerinin hesaba katılmadığı durumda 3500Nm olduğu görülmektedir.

Yüksek performansta çalışma esnasında silindir bloğu üzerinde meydana gelebilecek deformasyon ve bu deformasyonun hangi bölgelerde ne seviyede olabileceği Şekil 5.3 de gösterilmiştir.

5.2 Test Değerleri ve Test Öncesi Yüzey Pürüzlülükleri

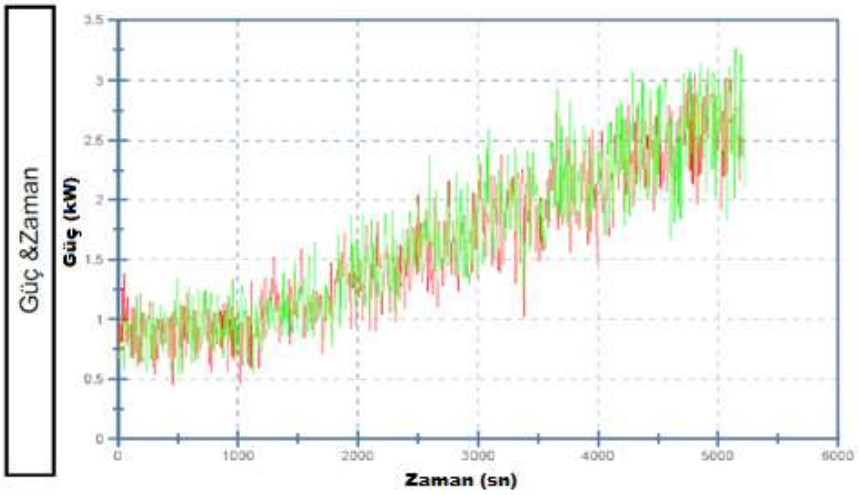
Piston pompasının çalışması esnasında pompaların basınç (şekil 5.4), debi (şekil 5.5) ve pompa tahrik motorunun güç değerleri (şekil5.6) test süresince takip edilmiş, pompalar farklı senaryolara göre performans testlerine tabi tutulmuştur.



Şekil 5. 4 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği



Şekil 5. 5 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği



Şekil 5. 6 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) karşılaştırmalı grafiği (Kırmızı 2 nolu pompa, yeşil- 1 nolu pompa)

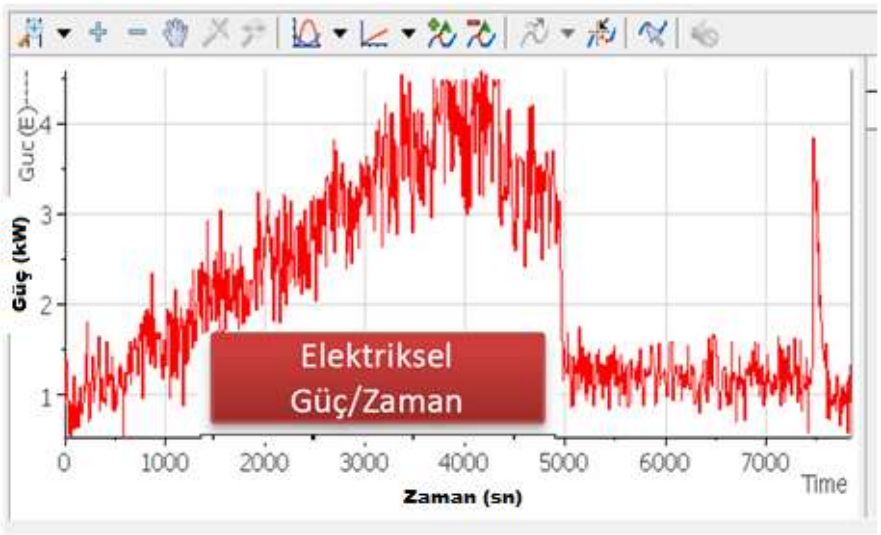


Şekil 5. 7 Uzun süreli test basınç(bar) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa)

4 numaralı örnek piston pompa uzun süreli test basınç grafiği (şekil5.7), debi (şekil 5.8) ve tahrik güç grafiği (şekil 5.9) alınmıştır. 1 ve 2 numaralı piston pompa güç-zaman karşılaştırmalı değerleri şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5. 8 Uzun süreli test debi(lt/dak) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa)



Şekil 5. 9 Uzun süreli test güç(kW) zaman(sn) grafiği (4Nolu pompa)

4. pompa için basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5. 1 Yüksek devir testi 4. pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi

Basınç (Bar)	Debi lt/dak)	Elektriksel Güç(kW)
20	14,51	1,26
40	13,8	1,84
60	13,15	2,35
80	12,56	2,98
100	12,04	3,35
170	0,7	1,21

Çizelge 5. 2 4 Nolu pompa için uzun süreli test basınç, debi ve güç Çizelgesi

Basınç (Bar)	Debi lt/dak)	Elektriksel Güç(kW)
20	12,1	1,14
40	11,6	1,64
60	11,16	2,2
80	10,6	2,6
100	10,38	3,18
120	9,83	3,67
140	9,08	4,03
160	5,89	3,34

Çizelge 5. 3 Yüksek devir testi1.pompa basınç, debi ve elektriksel güç Çizelgesi

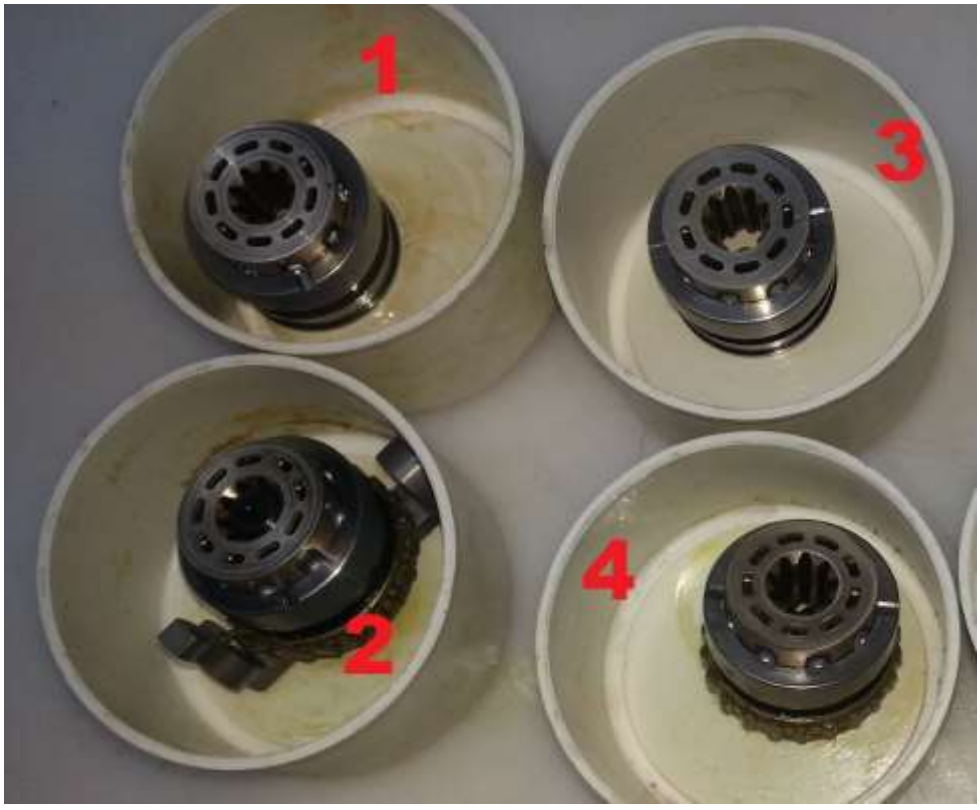
Basınç (Bar)	Debi lt/dak)	Elektriksel Güç(kW)
20	12,45	1,26
40	11,93	1,74
60	11,05	2,18
80	10,43	2,65
100	9,68	3,4
120	9,08	3,8

4 nolu pompa basınç, debi ve tahrik motor elektriksel güç değerleri Çizelge 5.2'de; aynı değerler 1. Pompa için de Çizelge 5.3'de gösterilmiştir.

Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde karşılaşılan yüzey ölçüm parametrelerinden Ra aritmetik ortalama pürüzlülüğü gösteren istatistiksel bir değerdir. Yüzey pürüzlülük profiline karşılık gelen y koordinatlarının mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır. Rz ise maksimum pürüzlülük derinliğini gösteren parametredir. Yüzey pürüzlülük profilinin verilen ölçü bölümündeki en geniş profil tepesi Rp'nin yüksekliğine ve en derin profil koyağı Rv derinliğine dayanan bir değerdir. Niceliği yapılan 5 ölçüme göre belirlenir. Rz1max ise yapılan Rz ölçümleri arasında en yüksek değerliğe sahip olan ölçüm sonuçlarını gösterir.

5.3 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Resimleri

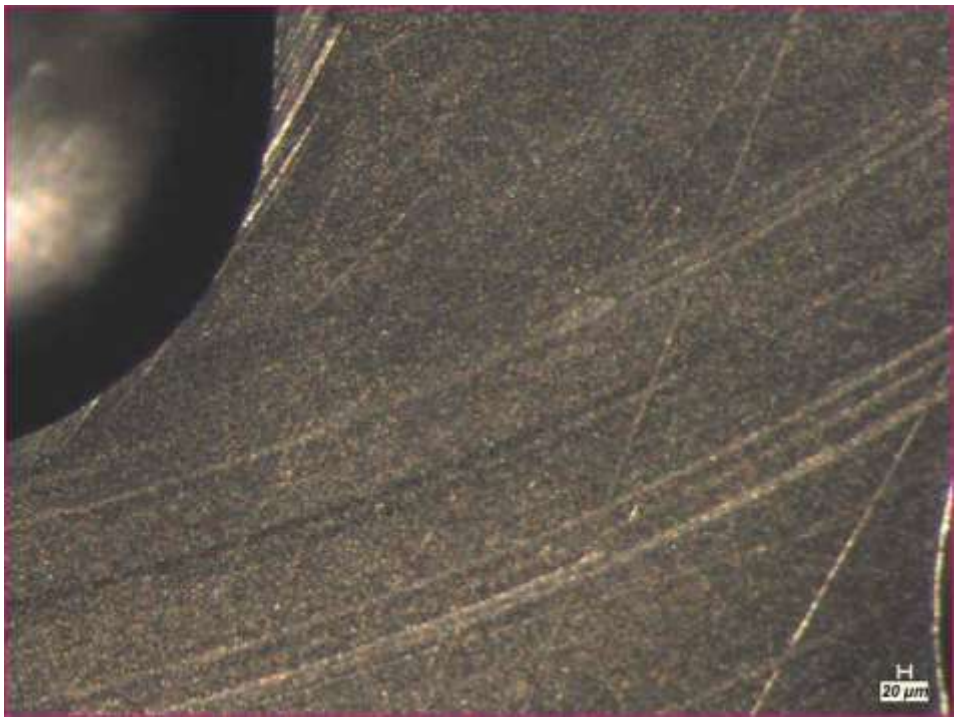
Karışıklığın önüne geçilmesi adına her biri özdeş seçilmiş, birbirinin aynısı 4 adet piston pompanın numaralandırılması henüz testler başlamadan yapılmıştır (şekil5.10).



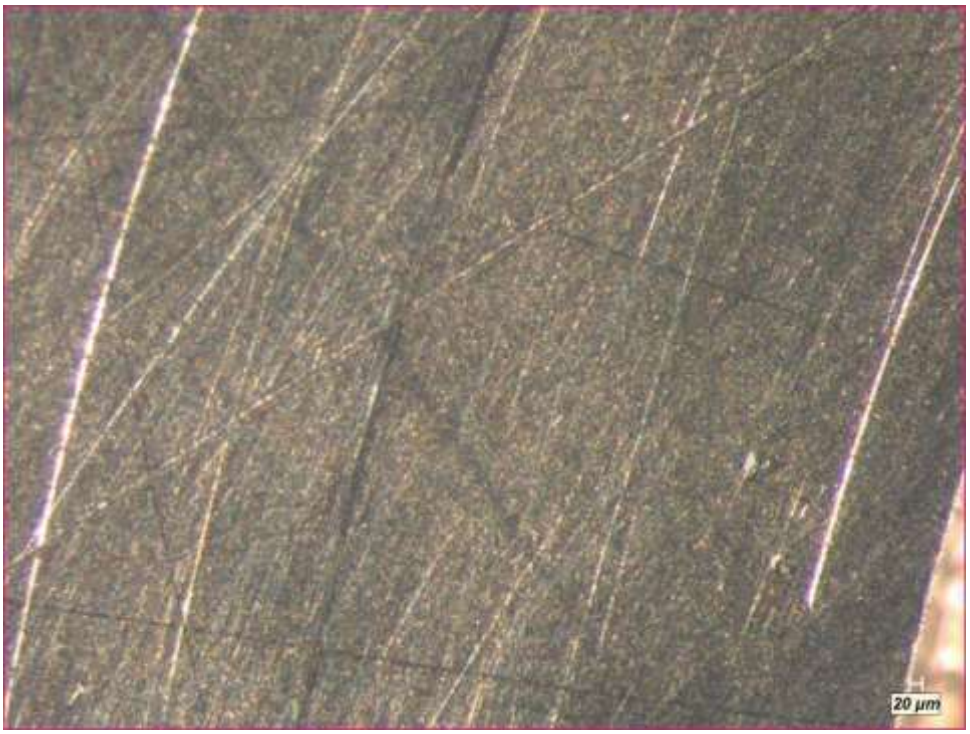
Şekil 5.10 Test edilen pompaların numaralandırılması ve silindir blokları

Numaralandırılmış pompaların her biri toplamda 5 saati bulan ve 90'ar dakikalık periyotlarda gerçekleştirilen testler sonucunda demonte edilerek incelenmiş, bu inceleme esnasında silindir blokları ile pompa kapaklarının mikroskop görüntüleri alınmıştır.

5 saatlik çalışma sonucu alınan 2 numaralı pompa silindir bloğu mikroskop görüntüsü şekil 5.11'de; 3 nolu pompa silindir bloğu görüntüsü şekil 5.12'da verilmiştir.



Şekil 5.11 5 saat çalışmış 2 nolu pompa kapak yüzeyi

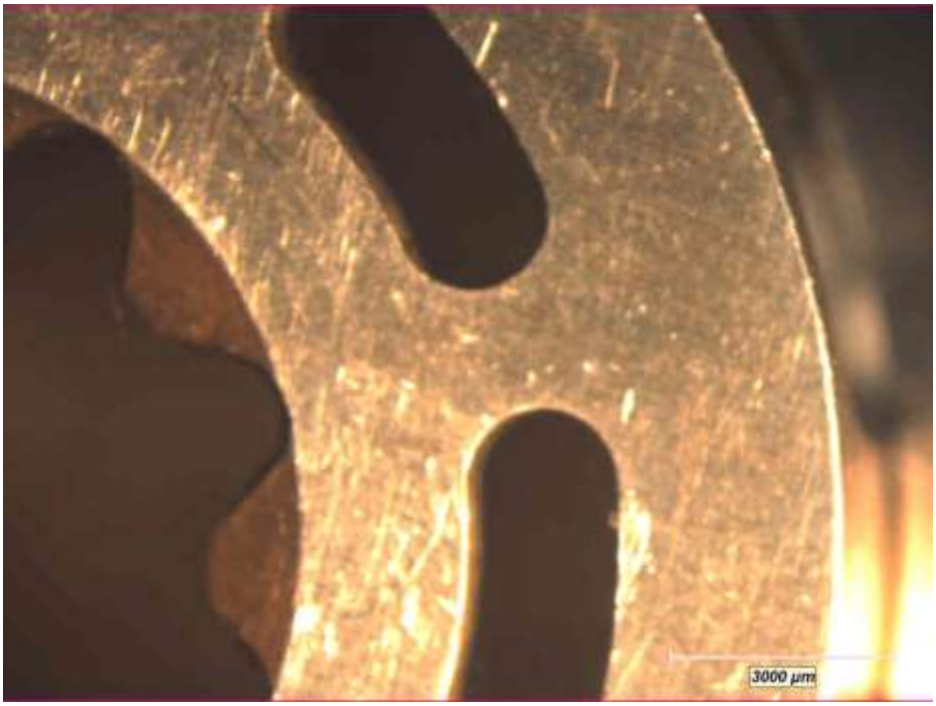


Şekil 5.12 5 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi

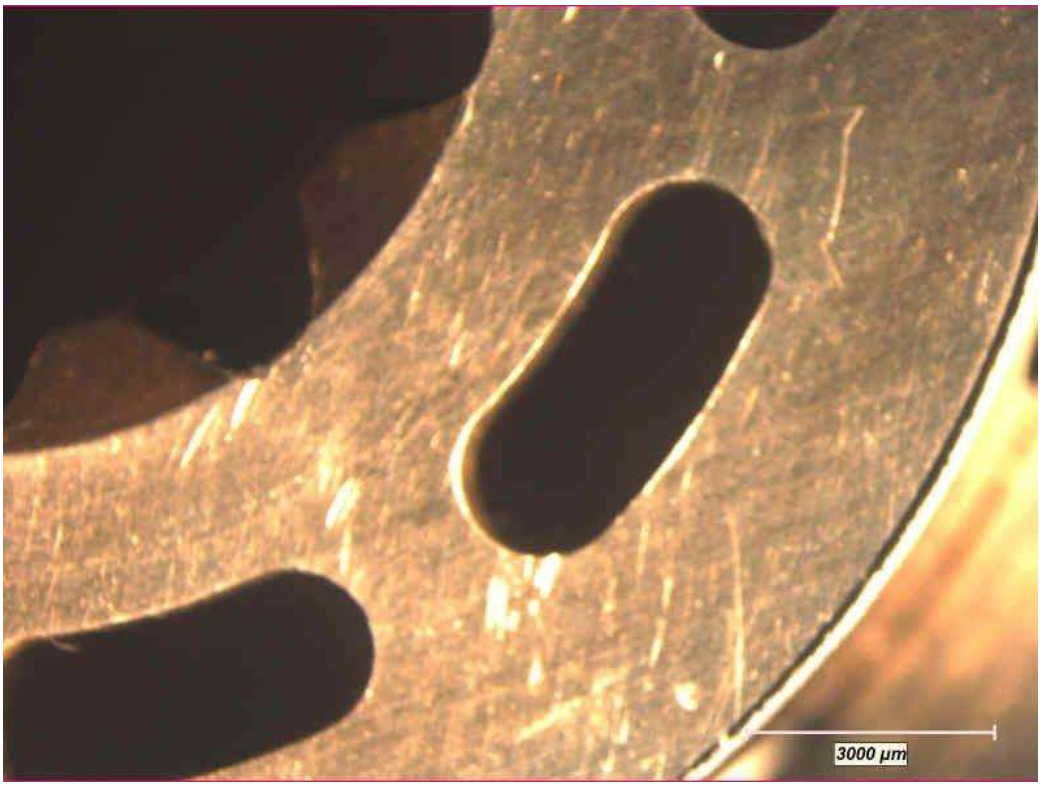


Şekil 5.13 5 saat çalışmış 4 nolu pompa kapak yüzeyi

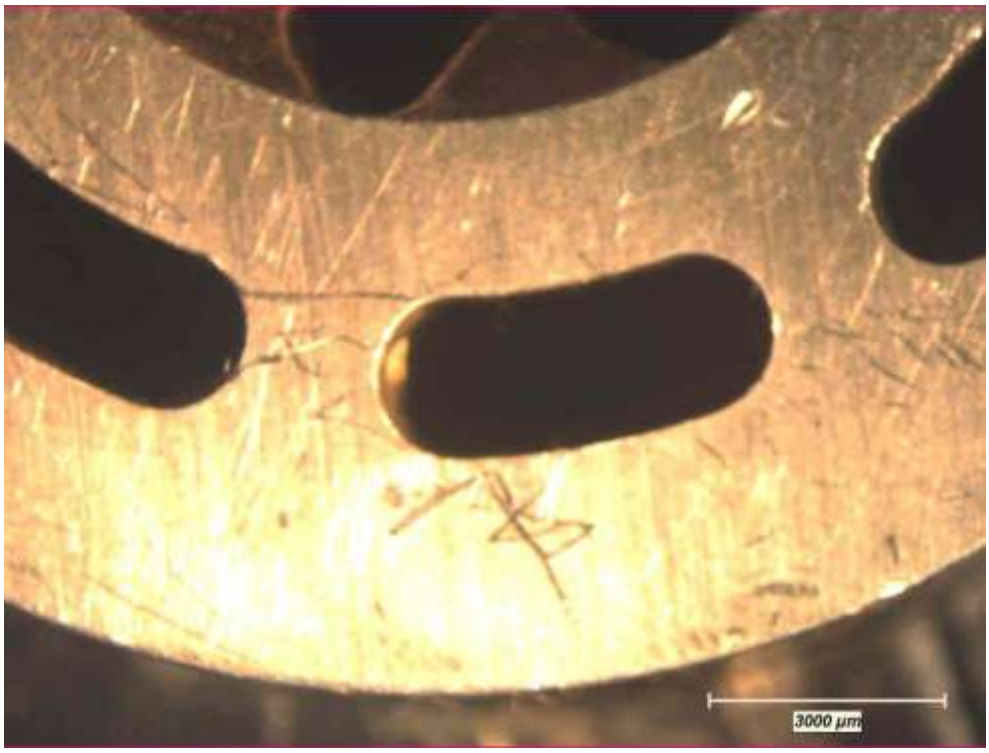
Şekil 5.13'de 5 saat çalışma sonucunda 4 nolu pompa kapak yüzeyindeki üretim kaynaklı çizgiler görünmektedir. 5 saat sonunda 1 nolu pompa (şekil5.15), 2 nolu pompa silindir bloğu (şekil 5.14) ile 3 nolu pompa silindir bloğu yüzeyinde de henüz gözle görülür bir aşınma olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 5.14 5 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi



Şekil 5.15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi

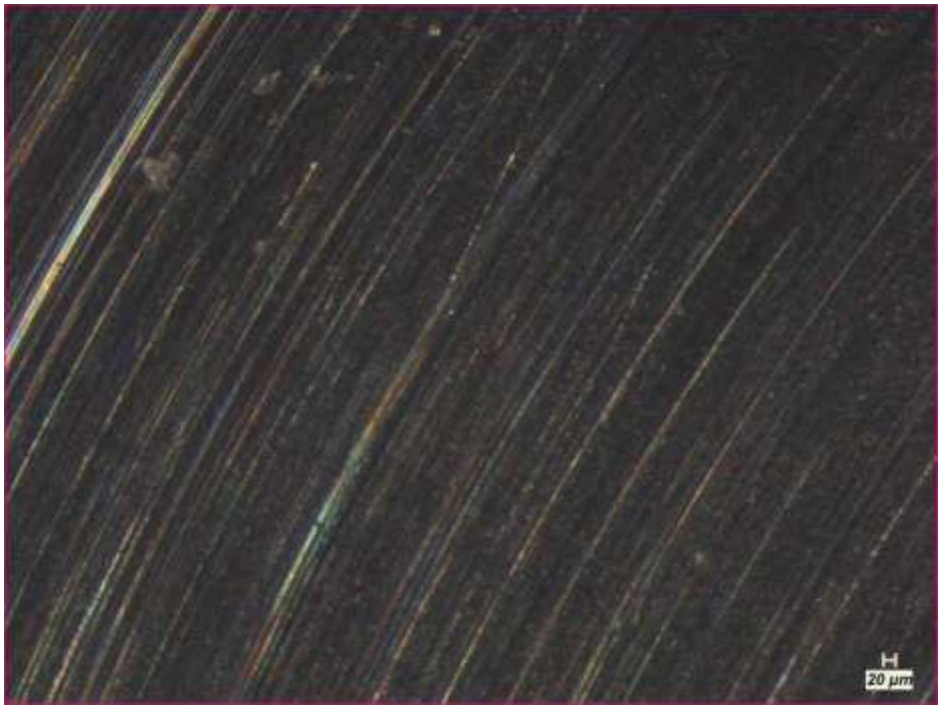


Şekil 5.16 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi

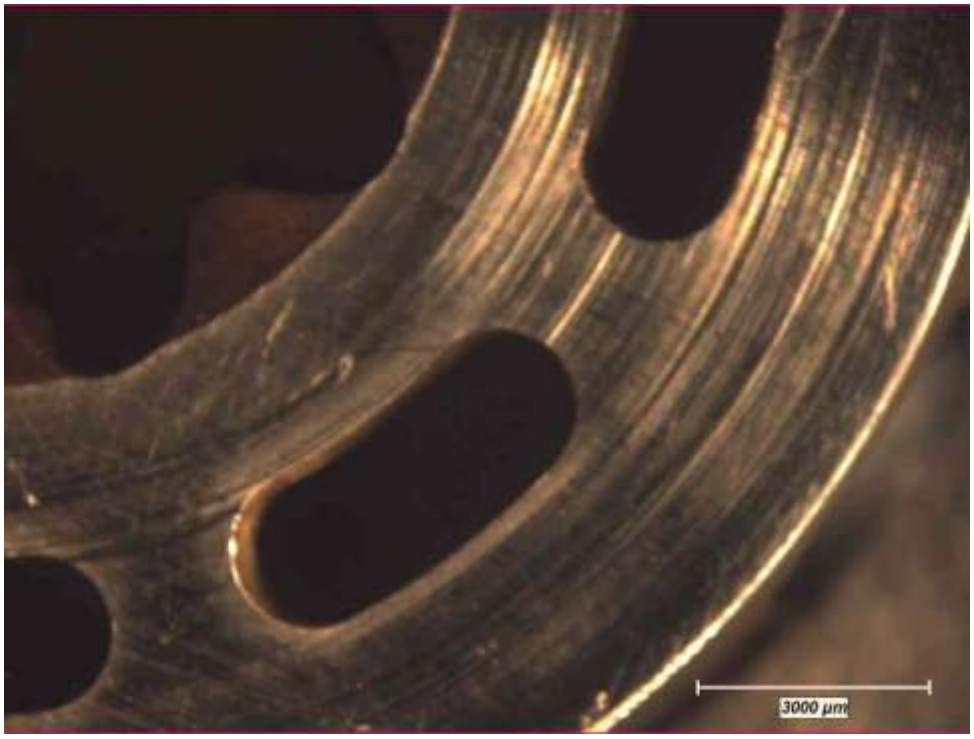


Şekil 5. 17 10 saat çalışmış 1 nolu pompa kapak yüzeyi

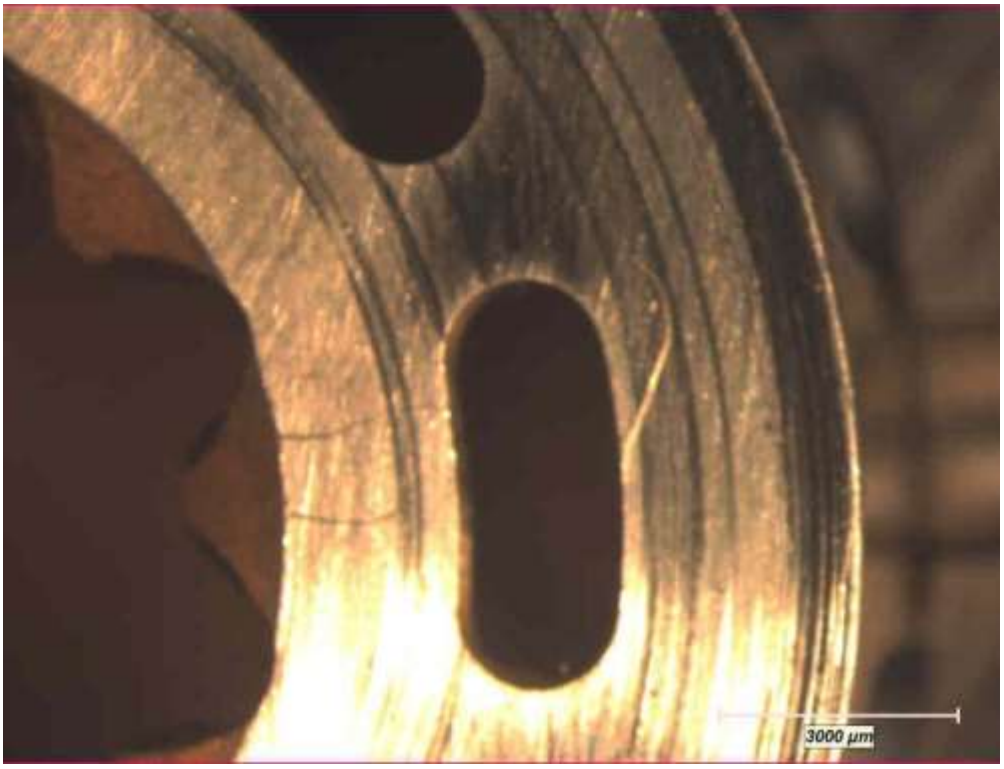
10 saatlik testler sonucunda 1 nolu pompa kapak yüzeyi (şekil 5.17) ile 3 nolu pompa kapak yüzeyinde (şekil 5.18) derin çizgilerin oluşmaya başladığı dikkat çekmektedir.



Şekil 5. 18 10 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi

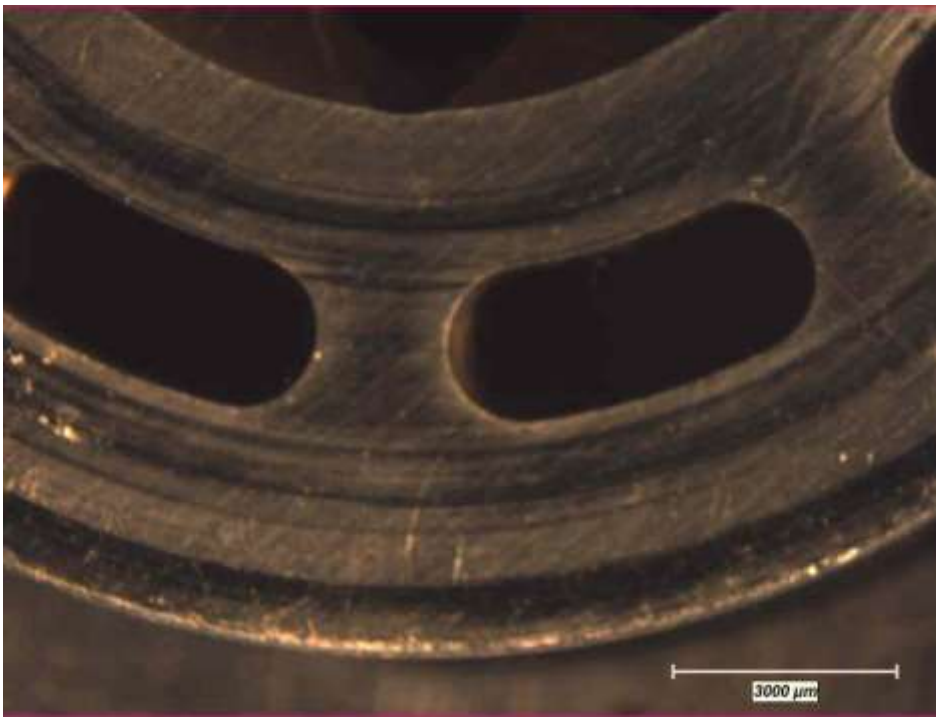


Şekil 5. 19 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi

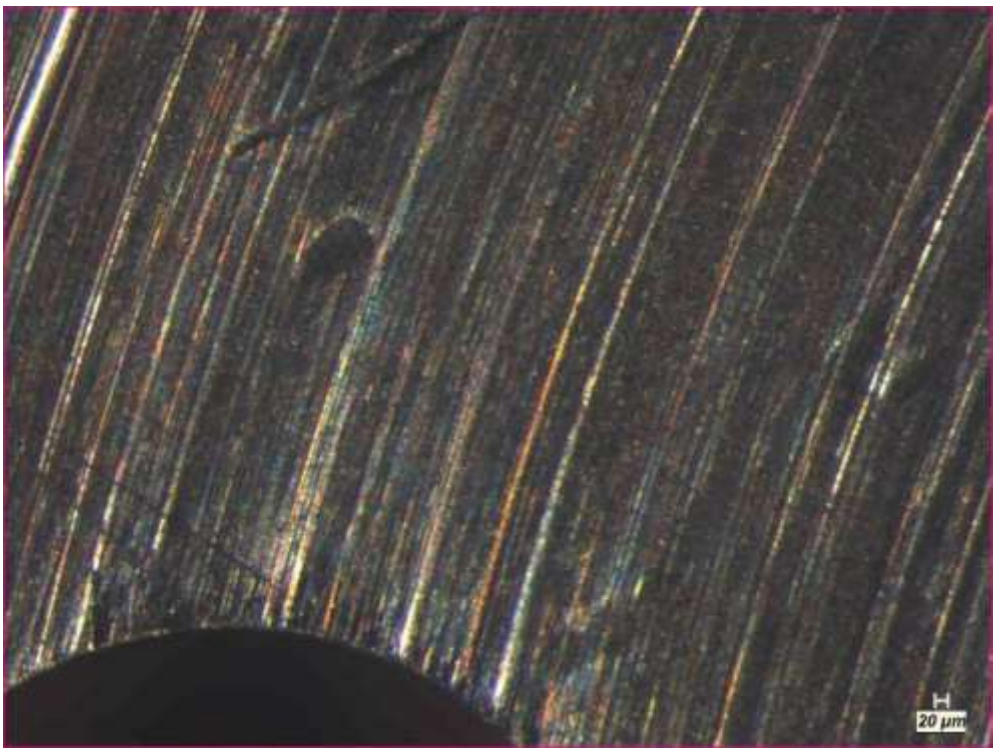


Şekil 5. 20 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi

10 saatlik testler sonucunda 1 nolu silindir blok yüzeyi (şekil 5.20) ile 4 nolu pompa silindir blok yüzeyinde (şekil 5.21), kapak yüzeyindekilerinden daha derin çizgilerin oluşmaya başladığı dikkat çekmektedir.



Şekil 5. 21 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzeyi

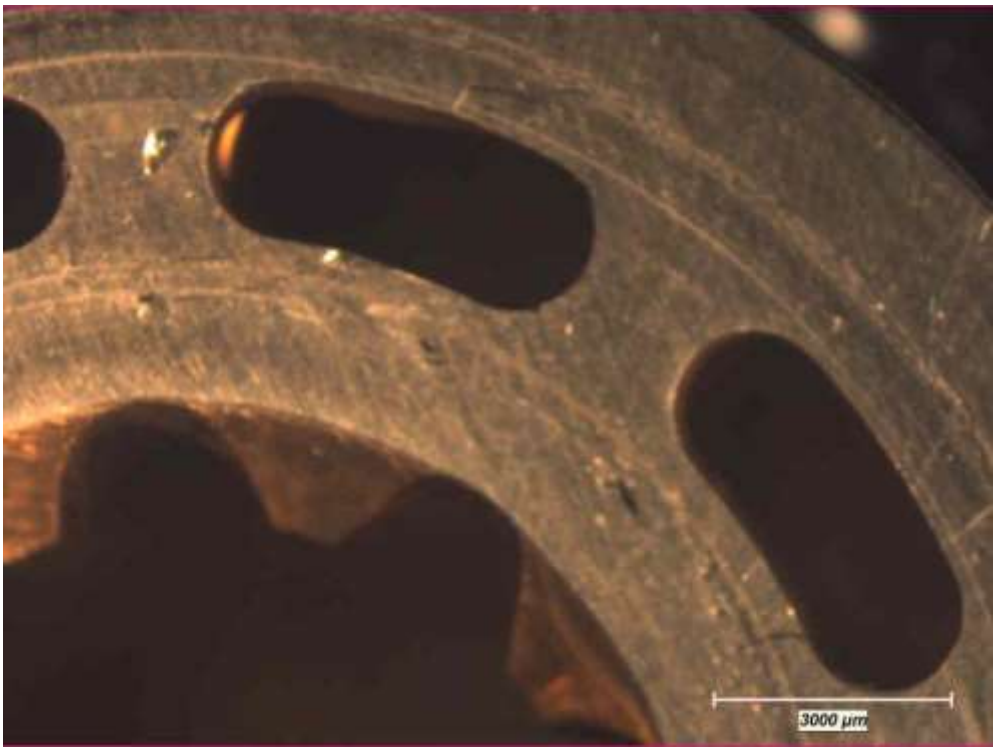


Şekil 5. 22 15 saat çalışmış 3 nolu pompa kapak yüzeyi

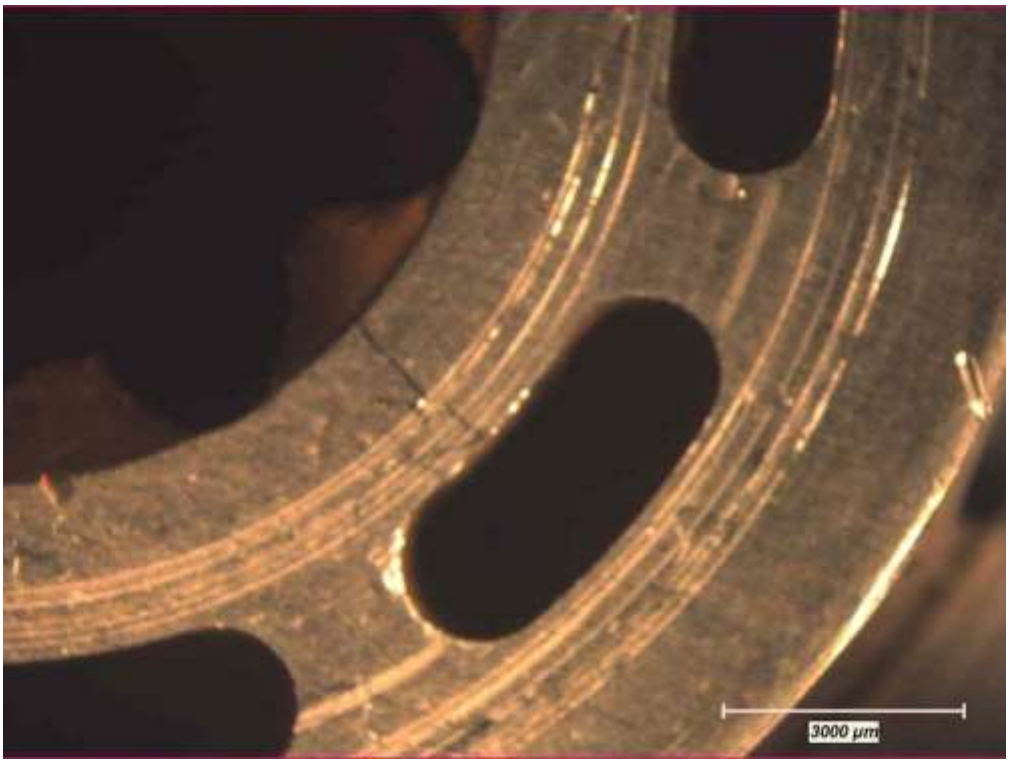
15. saate ulaşıldığında 3 nolu silindir blok yüzeyi (şekil 5.22) ile 3 nolu pompa silindir blok yüzeyinde (şekil 5.23) ve 2 nolu pompa silindir blok yüzeyindeki (şekil 5.24) deformasyon verilmiştir. Burada dönüş doğrultusunda derin çizgiler görülmektedir.



Şekil 5. 23 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzeyi



Şekil 5. 24 15 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzeyi



Şekil 5. 25 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzeyi

15 saat çalışmış 1 nolu piston pompa silindir blok yüzeyinde (şekil 5.25) görüleceği üzere, yüzeyde derin çizgiler halinde, dönme ekseni boyunca deformasyon görülmektedir.

5.4 Test Sonrası Aşınma Plakası ve Silindir Blok Yüzey Pürüzlülükleri

5 saat süren testler sonucunda kontrol işlemi için sökülen piston pompalardan 2 numaralı piston pompa silindir blok yüzey pürüzlülük raporu ek-40'ta verilmiştir. Testler süresince alınmış olan yüzey pürüzlülük değerleri ve yüzey profil eğrileri raporları ekler (ek1- ek37) bölümünde verilmiştir.

5.5 Elde Edilen Veriler ve Değerlendirmeleri

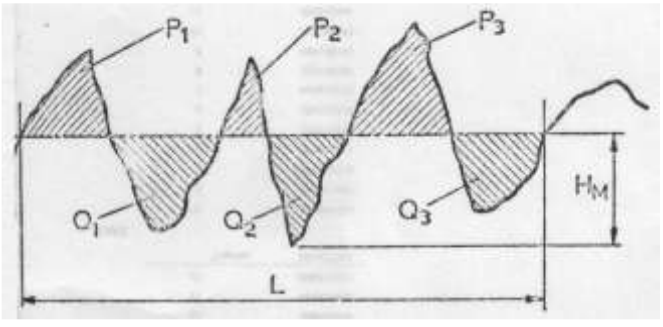
4 adet piston pompanın farklı test koşullarına maruz bırakıldıktan sonraki yüzey pürüzlülükleri ölçülmüş ve çizelge 5.4'te sunulmuştur. Gerçek çalışma koşullarına çok yakın şekilde yapılan testler sonucu silindir blokları ile piston arka kapak yüzeylerinde derin çizikler oluştuğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5. 4 Numunelerin yüzey pürüzlülük Ra ve Rz değerleri Çizelgesi

Parça No	**Toplam Test Süresi (Saat)**	**Silindir Blok (Ra)**	**Silindir Blok (Rz)**	**Piston Kapak (Ra)**	**Piston kapak (Rz)**
1	5	0,062	1,047	0,049	0,662
2	5	0,077	0,656	0,057	0,575
3	5	0,044	0,581	0,065	1,195
4	5	0,087	0,849	0,076	1,344
1	10	0,128	1,201	0,136	2,525
2	10	0,072	0,641	0,157	1,4
3	10	0,088	1,097	0,174	1,688
4	10	0,071	0,706	0,153	2,263
1	15	0,290	2,698	0,199	2,363
2	15	0,421	2,487	0,197	1,744
3	15	0,449	3,176	0,159	2,450
4	15	0,579	3,898	0,585	6,450

Yüzey pürüzlülüğünde Ra'nın aritmetik anlamda sapmayı ifade ettiği (şekil 5.26) ve BSJ standardında merkez ekseni ortalam yüksekliği olarak tarif edildiği unutulmamalıdır. Ra'nın grafik olarak elde edilebilmesi için;

$$Ra(\mu m) = \left(\frac{P_{alan}+Q_{alan}}{L}\right) \times \frac{1000}{Vq} \qquad (5.1)$$



Şekil 5. 26 Ra değerinin grafiksel elde edilmesi

denkleminden faydalanılabilir("Yüzey pürüzlülüğü Ölçümü", 2018, sf.4).

Aşınmış yüzeyin biçimini saptamada bulunacak olan miktarlar, sürtüşen yüzeylerin her noktada aşınma miktarı; yüzey arasındaki p basınç diyagramı; aşınmada hasıl olan parçaların göreceli pozisyonlarındaki değişme, yani birleşmenin aşınması olacaktır. Bu hesaplar, malzemelerin aşınma kanunlarına dayanıp birleşmenin genel şeklini nazara alırlar. Basınç dağılımını hesaplamak için

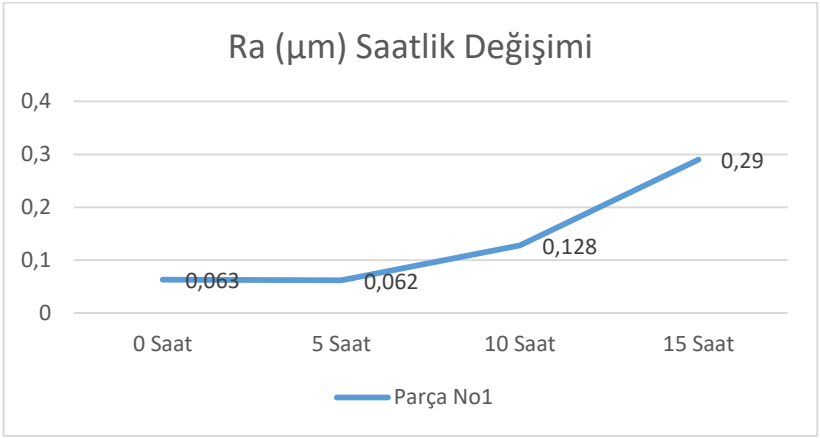
$$P = \int_s pcos\alpha dS = 2\pi \int_{y_1}^{y_2} pcos\alpha \rho dy = 2\pi cos^2\alpha \int_{y_1}^{y_2} pydy \qquad (5.2)$$

denklemi elde edilebilir; bu formülün entegrasyonu ile elde edilen

$$\gamma_{1-2} = \frac{P \times n \times (k_1 + k_2)}{(R-r)} \qquad (5.3)$$

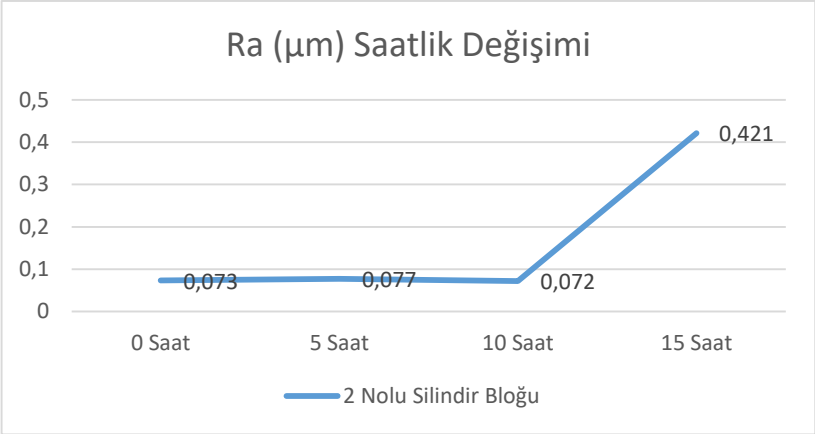
denklemi ile de zaman içindeki aşınma derecesi, birleşme için, emin çalışma koşulları (P ve n), boyutları ve şekli (R, r) ve karşılıklı parçaların (k_1 ve k_2) malzemelerinin aşınma karakteristiklerine bağlı olarak hesaplanabilir. (Oğuz, 1993).

Bu hesaplama yönteminde, Ra ve Rz değerleri k_1 ve k_2 malzemelerinin aşınma karakteristiklerine etki etmektedir.

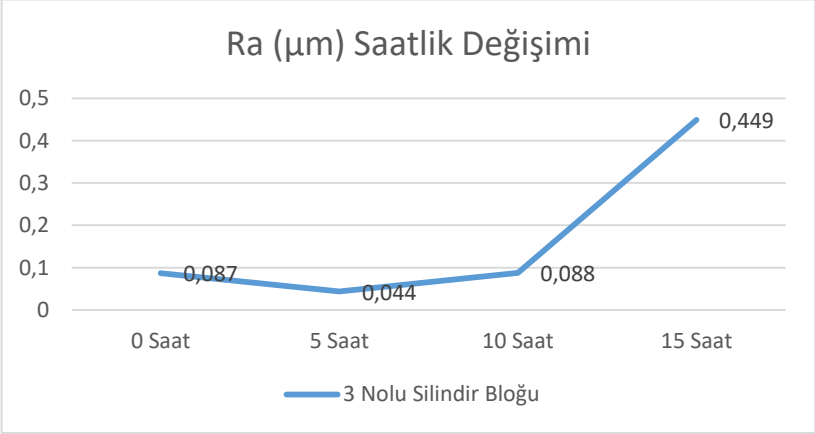


Şekil 5. 27 1 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği

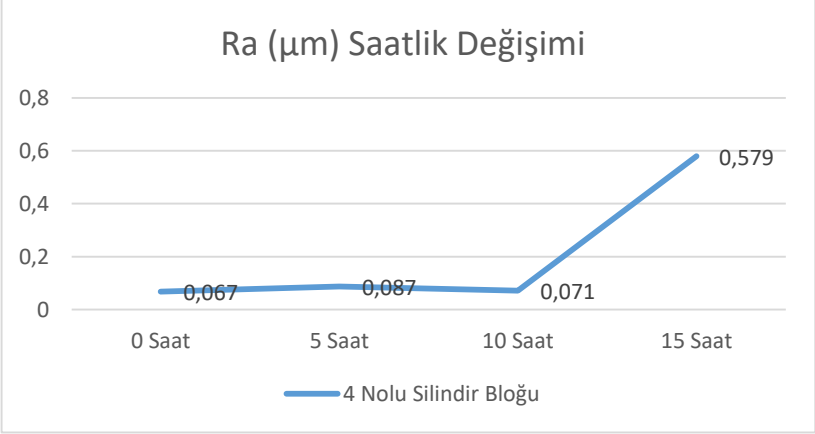
Birbirine özdeş 4 adet piston pompanın, çalışma şartları ve test koşulları ile süreleri aynı olmasına rağmen pürüzlülük değerlerinin farklılık gösterdiğini şekil 5.27, şekil 5.28, şekil 5.29 ve şekil 5.30'te verilen zamana göre Ra değerinin değişim grafikleri üzerinden anlamak mümkündür.



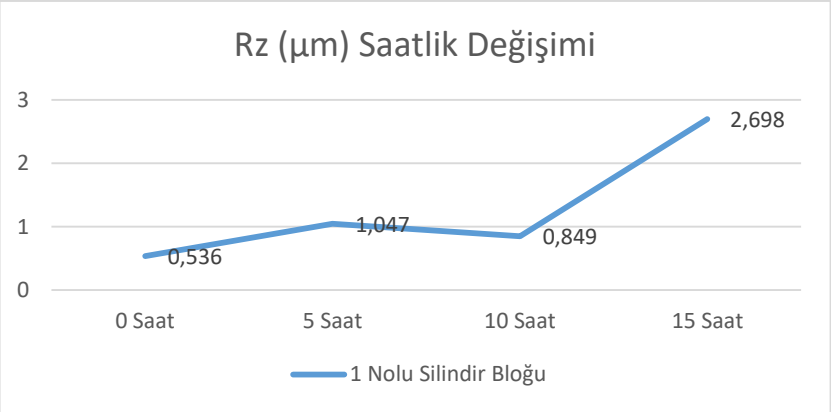
Şekil 5. 28 2 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği



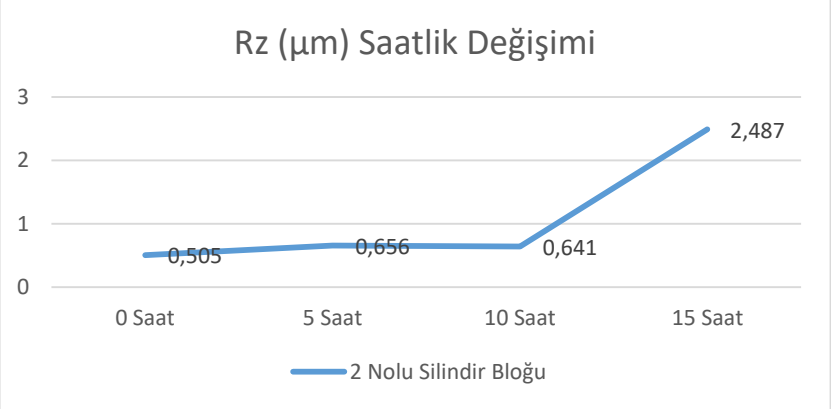
Şekil 5. 29 3 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği



Şekil 5. 30 4 nolu silindir bloğunun saatlik Ra değişim grafiği

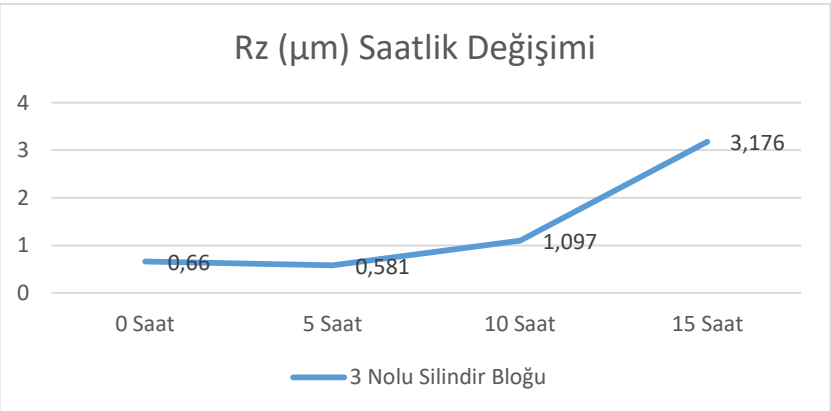


Şekil 5. 31 1 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği

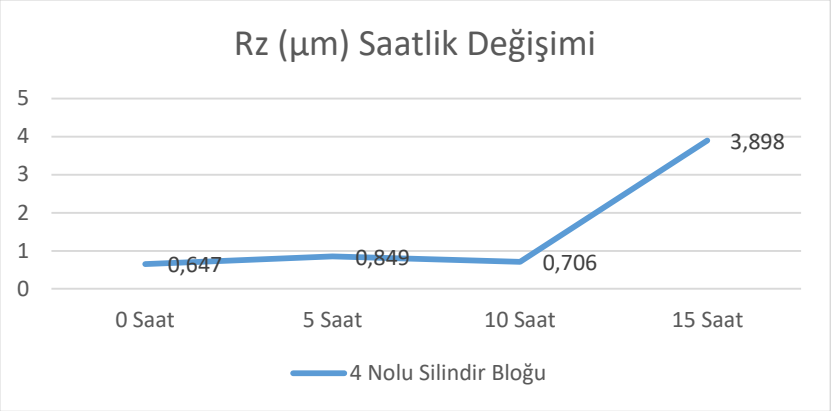


Şekil 5. 32 2 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği

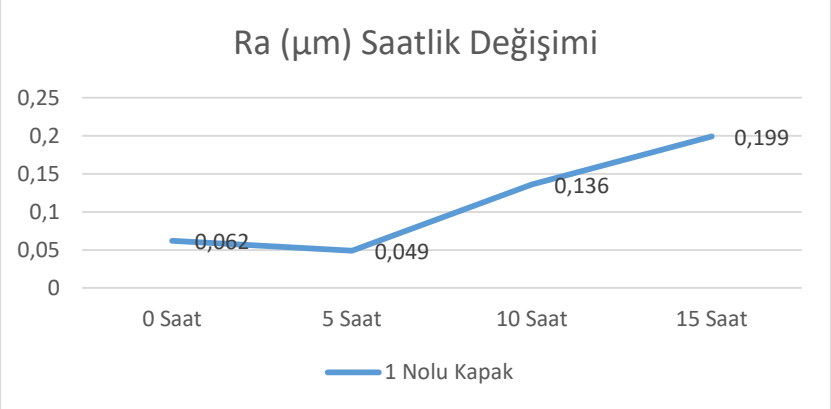
Test koşullarına göre saate bağlı olarak Rz değişim grafiklerini 1 nolu pompa silindir bloğu (şekil5.31) 2 nolu silindir bloğu (şekil 5.32), 3 nolu silindir bloğu (şekil 5.33) ve 4 nolu silindir bloğu (şekil 5.34) için test süresi arttıkça arttığını görmek mümkündür.



Şekil 5. 33 3 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği

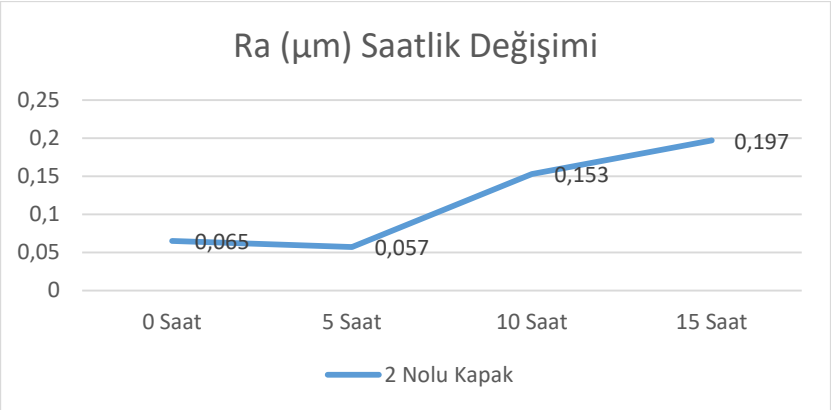


Şekil 5. 34 4 nolu silindir bloğunun saatlik Rz değişim grafiği

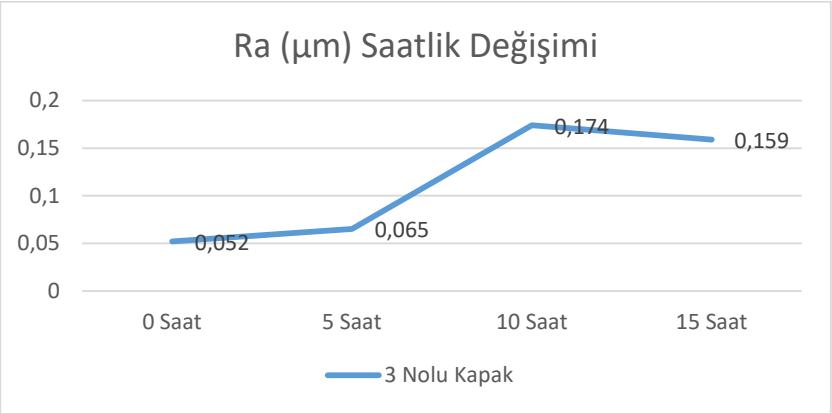


Şekil 5. 35 1 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği

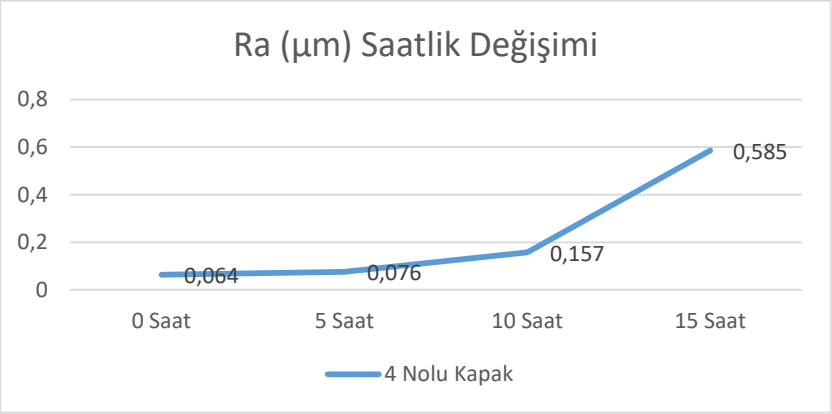
Pompa kapak Ra değişimlerine bakıldığında 1 nolu pompa grafiği (şekil 5.35), 2 nolu pompa (şekil(5.36) ve önce azaldığı, 5. Saatten sonra artmaya başladığı, 3 nolu pompa için (şekil 5.37) 10. Saatten sonra bir düzelmeye maruz kaldığı görülebilmektedir. Bunun yanında 4 nolu pompa kapağı grafiği (şekil 5.38) beklendiği şekilde sürekli artış göstermiştir.



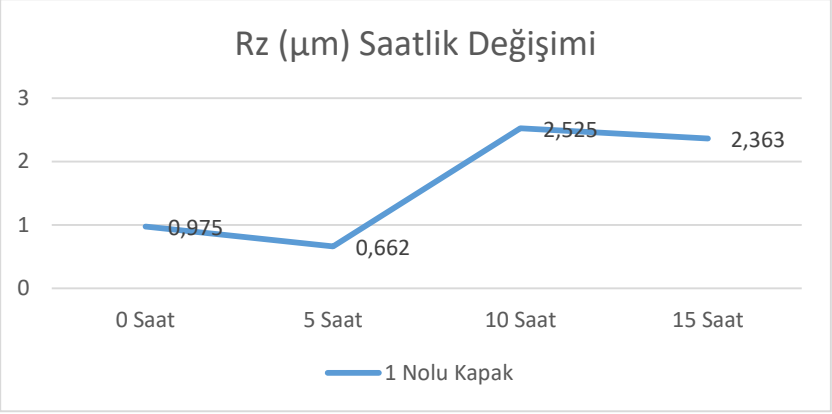
Şekil 5. 36 2 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği



Şekil 5. 37 3 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği

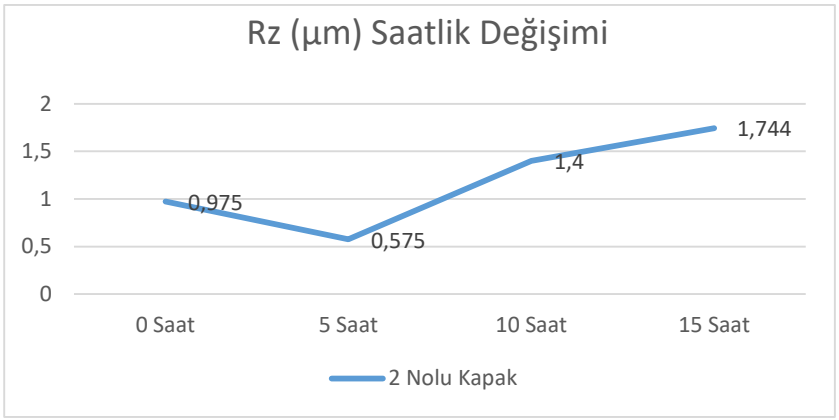


Şekil 5. 38 4 nolu Piston kapağının saatlik Ra değişim grafiği

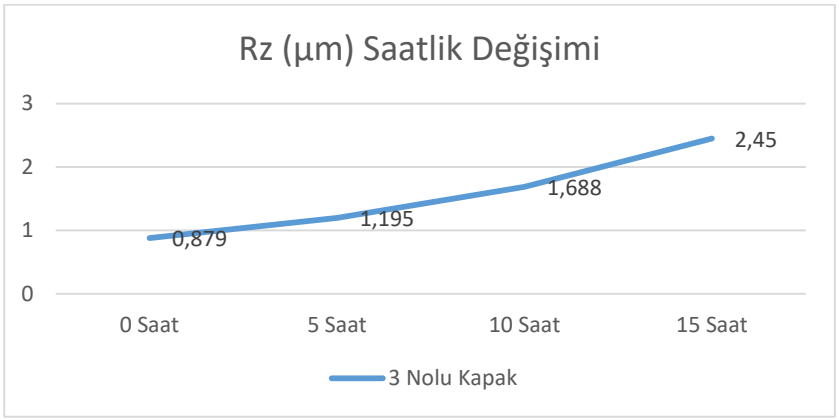


Şekil 5. 39 1 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği

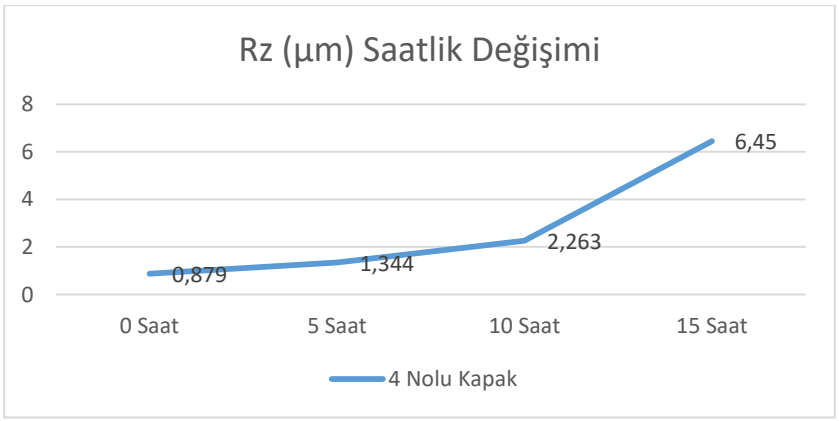
1 nolu pompa kapağının Rz grafiği şekil 5.39'da, 2 nolu pompa için aynı grafik şekil 5.40'de, 3 nolu pompa için şekil 5.41'de, 4 nolu pompa için kapak Rz grafiği de şekil 5.42'de görülmektedir. Buradan 3 ve 4 nolu pompa kapağında derin çiziklerin lineer olarak arttığı anlaşılmaktadır.



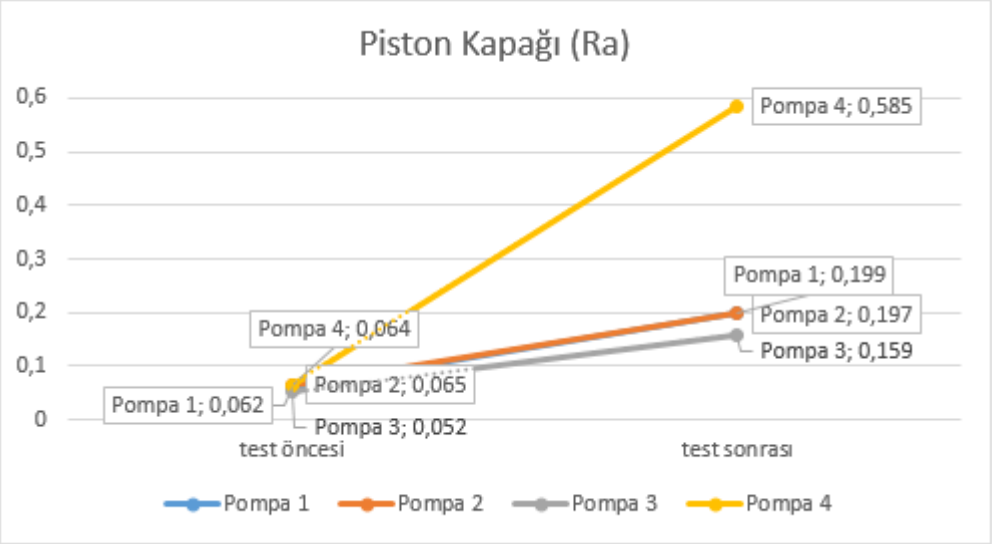
Şekil 5. 40 2 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği



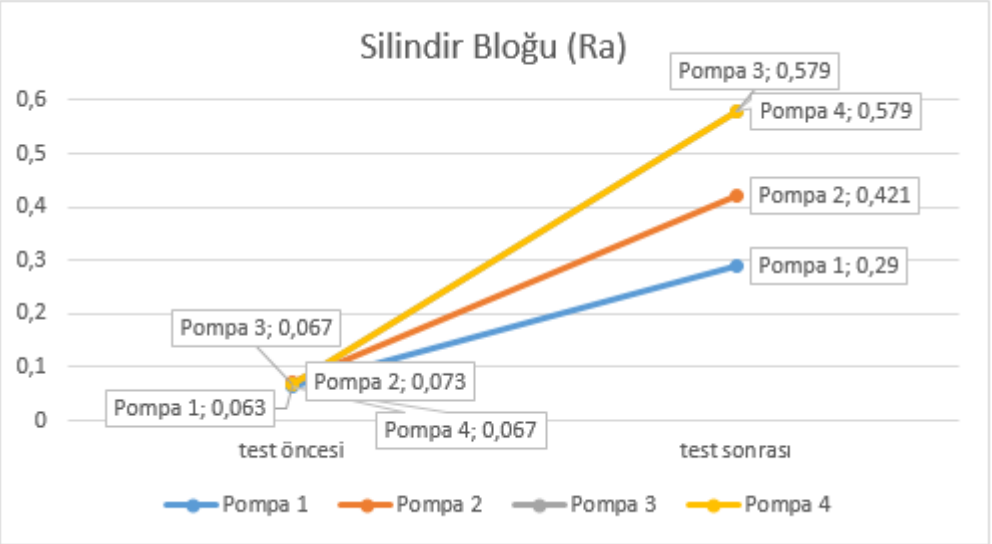
Şekil 5. 41 3 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği



Şekil 5. 42 4 nolu Piston kapağının saatlik Rz değişim grafiği



Şekil 5. 43 Piston Kapağı Test Öncesi ve Sonrası Ra Değişim Grafiği



Şekil 5. 44 Silindir Bloğu Test Öncesi ve Sonrası Ra Değişim Grafiği

Silindir bloğu test öncesi Ra değişim grafiği (şekil 5.44) ile pompa arka kapak Rz değerleri grafiği (şekil 5.43) incelendiğinde, tüm pompalar için zaman geçtikçe aritmetik yüzey pürüzlülük değeri olan Ra ile Rz değerlerinin farklı oranlarda da olsa artış gösterdiği anlaşılmaktadır.

Buna göre test edilen numune pompalar, her ne kadar geometrik özellikleri ve malzemeleri aynı olsa da, aynı test koşullarına tabi tutulsalar da farklı oranlarda aşınmaya maruz kaldıkları anlaşılmaktadır.

BÖLÜM 6

TARTIŞMA

Günümüzde gelişen ve uygulama alanı genişleyen havacılık sanayii, havacılıkta kullanılan piston pompaların da geliştirilmesi gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Bu alanda, yüksek hızda olmayan düşük-orta devirde dönen piston pompalar için bir çok tasarım, hesaplama ve analiz dokümanı literatüre kazandırılmıştır.

Yapılan çalışmada, düşük hızlarda dönen piston pompaların valf plakaları ile silindir blokları arasındaki aşınma davranışının, yüksek devirli dönme hızlarında da benzer şekilde gerçekleştiği gösterilmiştir. 12000 devir/dk hızlarda sürtünen plakalar arasında kaynama, yanma, moleküler düzeyde fizikokimyasal özelliklerde değişim emarelerine rastlanmamış, aşınmanın mekanik olarak gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

CuAl10Ni bronz plakaların 10 saate kadar çalışması esnasında, aşınma belirli bir korelasyon ile artmıştır. Ancak 10 saatin üzerinde aşınma hızı ve miktarı ivmeli bir şekilde artış gösterme eğilimine girmiştir. 41CrAlMo7 çeliğinden mamul kontrol plakası /pompa arka kapak yüzeyindeki aşınmanın, bazı istisnai durumlar haricinde beklendiği şekilde belirli bir korelasyon ile gerçekleştiği görülmektedir.

Devir sayısının artmasının, aşınma ile doğru orantılı olduğu bilinmekle beraber, yüksek devirlerde aşınma davranışının malzemeye bağımlılığı ve farklı malzemeler altındaki davranışı konularında çalışmalar yapılabilir.

Sonuç olarak, simülasyon ortamında, belli parçaları izole edilerek kısmen yapılan testlere nazaran, gerçek ortamda, pompanın gerçek debi, basınç ve dönme hızlı değerlerinin olması gereken ve beklenen yağlama ortamında ve çevresel koşullarda test edilmesi açısından yapılan bu çalışma yüksek devirlerde çalışan pompalar için bilimsel katkı sağlayacaktır. Yüksek devirlerde çalışan pompalar için benzer bir çalışma olmayışı da yapılan bu çalışmayı orijinal kılmaktadır.

KAYNAKLAR

Bergadà Granyó, J. M., Davies, D. L., Xue, Y., & Kumar, S. (2009). Experimental investigation in axial piston pumps barrel dynamics. In *10th International Conference on Fluid Control, Measurements and Visualization* (pp. 1-6).

Bergada, J. M., Watton, J., & Kumar, S. (2008). Pressure, flow, force, and torque between the barrel and port plate in an axial piston pump. *Journal of dynamic systems, measurement, and control*, *130*(1), 011011.

Gowd, U.M., Reddy, C.(2006) Finite Element Analysis of Axial Piston Pumps Using Ansys, *https://jntuhceh.ac.in/faculty_portal/uploads/staff_downloads/744_nc058-2006.pdf* 515 002

İzciler, M., Öcal, İ.(1993). Yüzey Topoğrafyasına Bağlı Olarak Aşınmanın Ölçümü, 1. *Demir-Çelik Sempozyum Bildirileri,* 828-833

Kazama, T., Tsuruno, T., & Sasaki, H. (2008). Temperature measurement of tribological parts in swash-plate type axial piston pumps. In *Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power* (Vol. 2008, No. 7-2, pp. 341-346). The Japan Fluid Power System Society.

Khalil, M. B., Svoboda, J., & Bhat, R. B. (2004). Modeling of swash plate axial piston pumps with conical cylinder blocks. *TRANSACTIONS-AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN*, *126*(1), 196-200.

Kurban, A. O., Erdem, K. O. Ç., & Canbulut, F. (2011). EKSENEL PİSTONLU POMPA VE MOTORLARDA KAYICI PAPUÇ PERFORMANS ARAŞTIRMASI-AKIŞ VE VİSKOZ GÜÇ KAYBI. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *3*(1), 305-311.

Liu, J., Shen, H. M., & Yang, Y. R. (2014). Finite element implementation of a varied friction model applied to torsional fretting wear. *Wear*, *314*(1-2), 220-227.

Manring, N. D., & Damtew, F. A. (2001). The control torque on the swash plate of an axial-piston pump utilizing piston-bore springs. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, *123*(3), 471-478.

Oğuz, B.(1993). Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları *Oerlikon yayını* 2-3

Okayasu, M., Izuka, D., Ninomiya, Y., Manabe, Y., Shiraishi, T.(2013). Mechanical and Wear Properties of Cu-Al-Ni-Fe-Sn Based Alloy, *Advences in Material Research*, 2(4) DOI:http://dx.doi.org/10.12989/amr.*2015.4.4.221*, 221-235

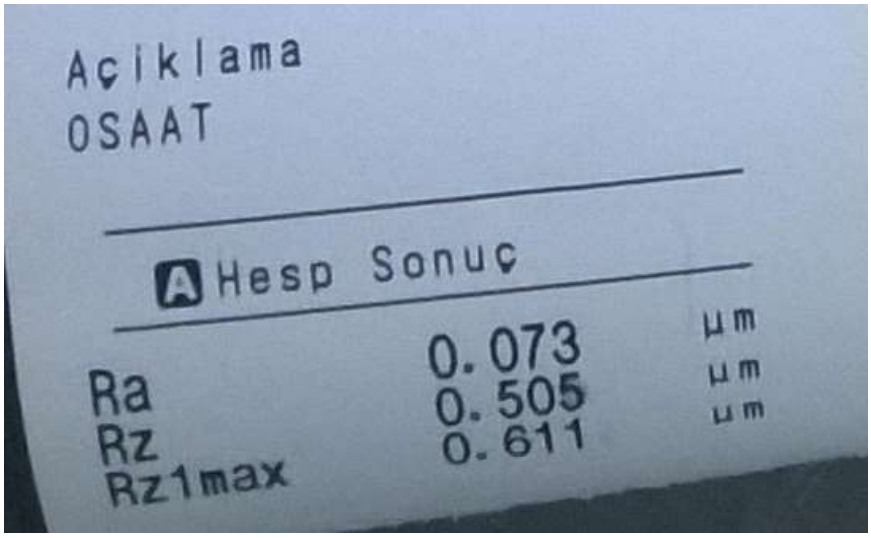
Salles, L., Blanc, L.(2011). Dynamic Analysis of Fretting-Wear in friction Contact Interfaces, *International Journal of Solids and Structures* 48(10) 1513-1524

Sfantos, G.K., Aliabadi, M.H.(2007). A Boundary Element formulation for Three-Dimensional Sliding Wear Simulation.*Wear* 262(5-6), 672-689 doi: 10.1016/j.wear.2006.08.008

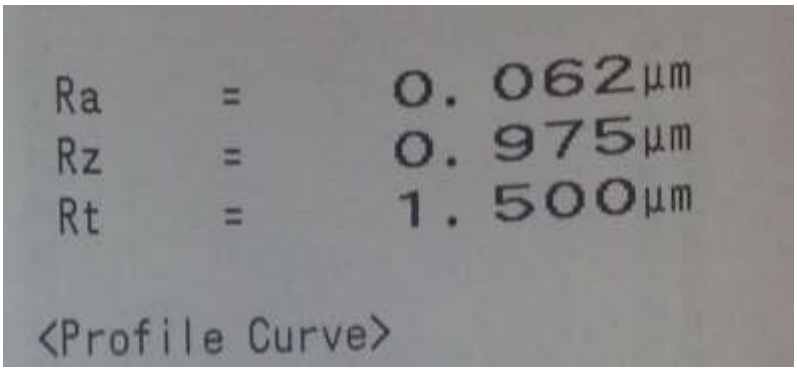
Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü. w5.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf (Erişim Tarihi: Kasım2018)

Yamaguchi, A.(2002). Motion of the Piston in Piston Pumps and Motors (Theoretical Discussion in Relation ti Solid Contact Force and Power Loss). *JSME International Journal Series B Fluids and Thermal Engineering*, 43(2), 213-218

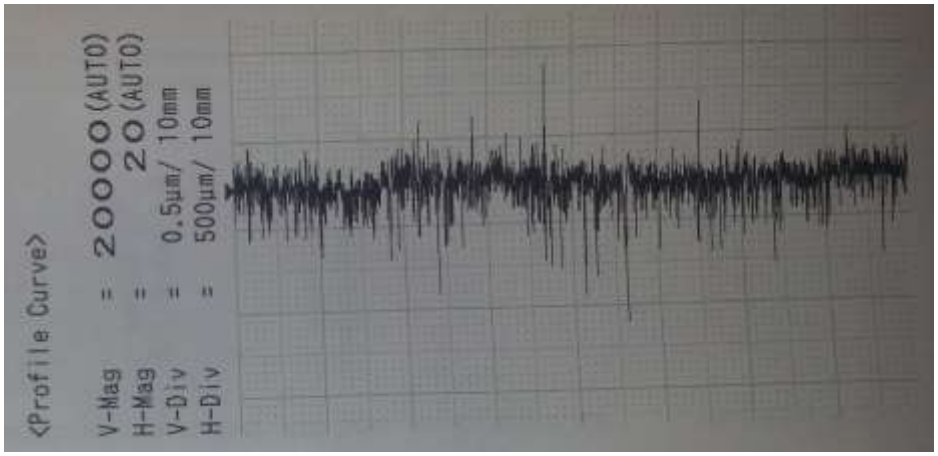
EKLER



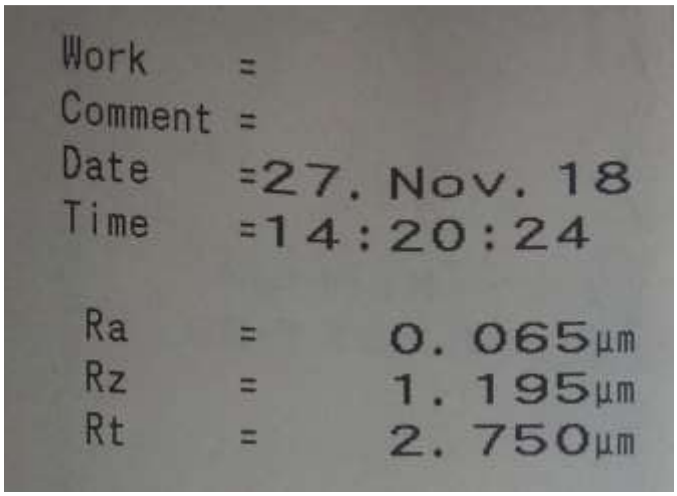
EK-1 2 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlüğü



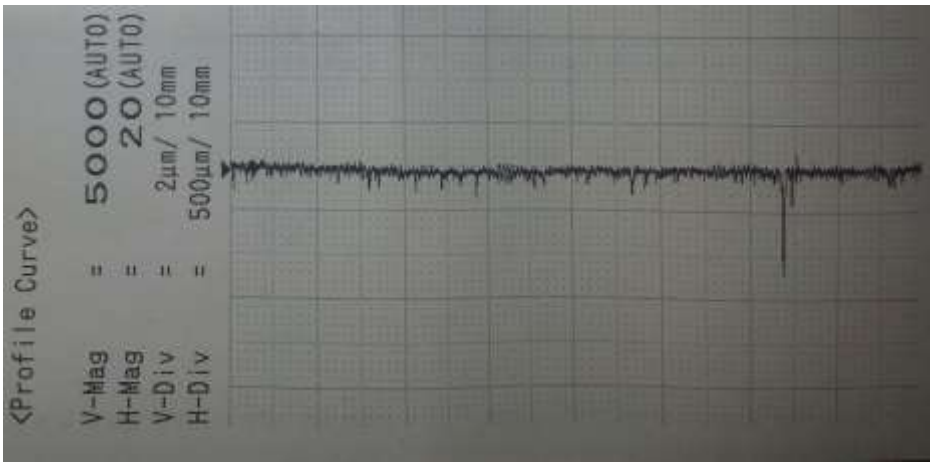
EK-2 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey pürüzlülüğü



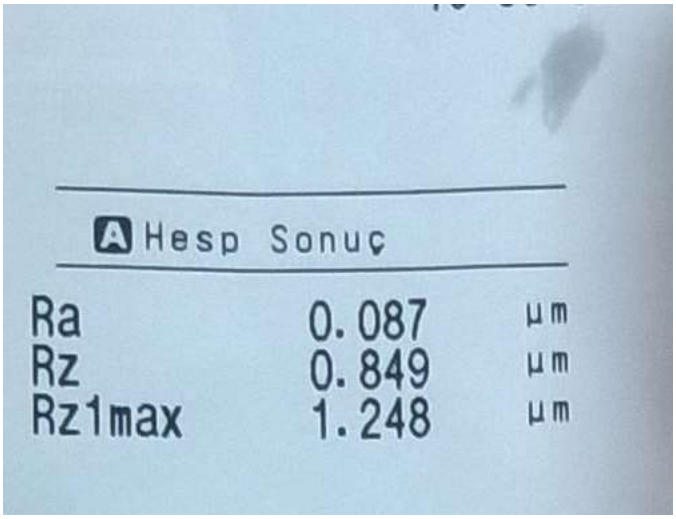
EK-3 2 nolu piston pompa test öncesi kapak yüzey profil eğrisi



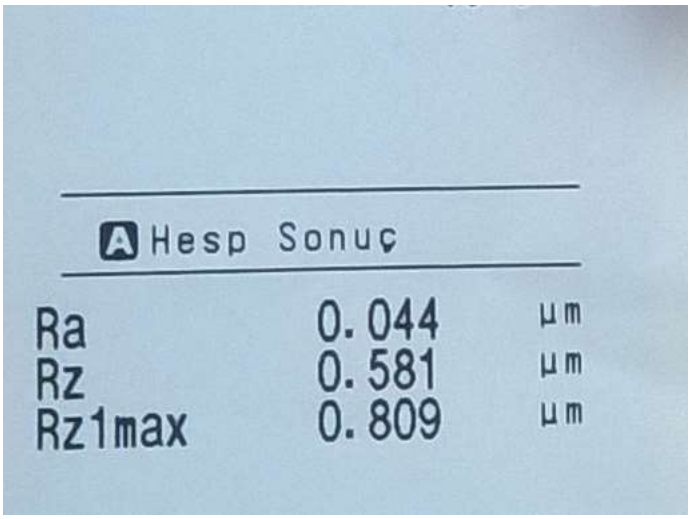
EK-4 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey pürüzlülük değerleri



EK-5 1 nolu piston pompa kapak test öncesi yüzey profil eğrisi



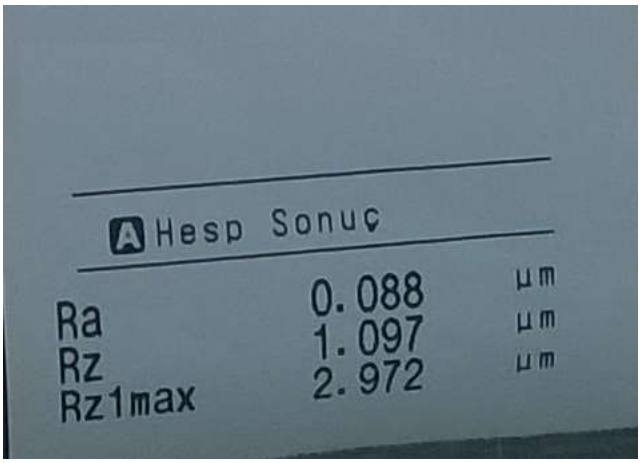
EK-6 5 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



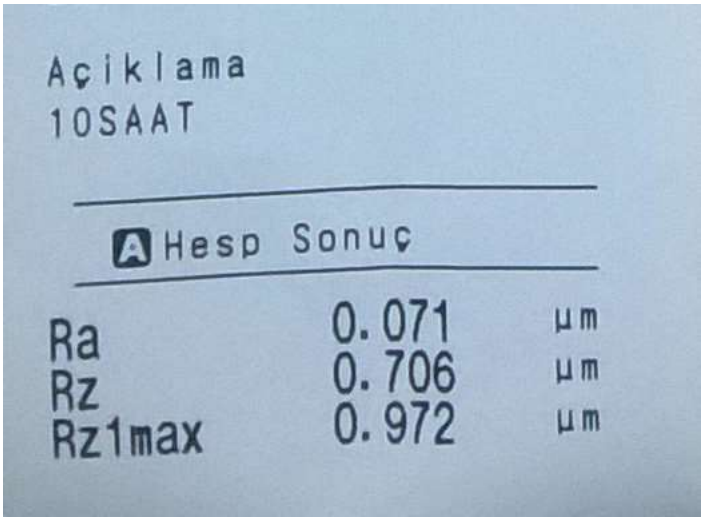
EK-7 5 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



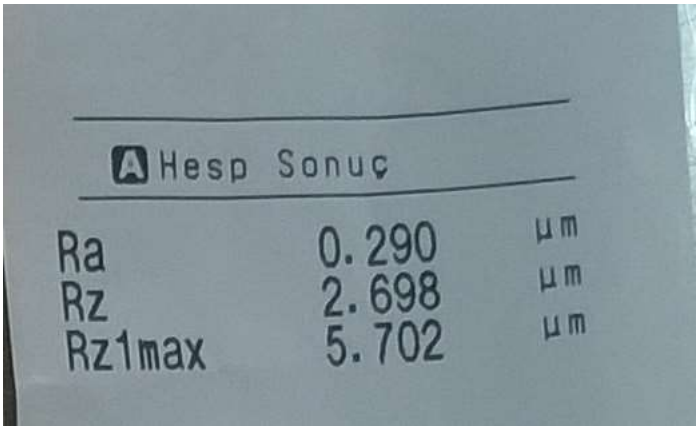
EK-8 10 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



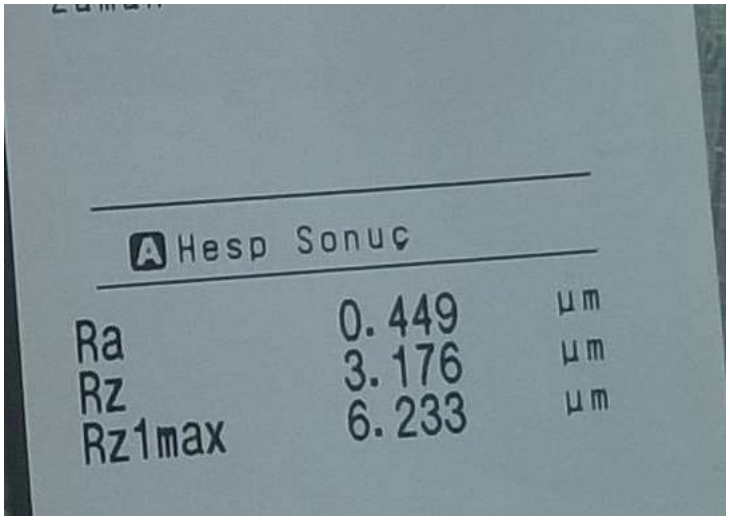
EK-9 10 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



EK-10 10 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



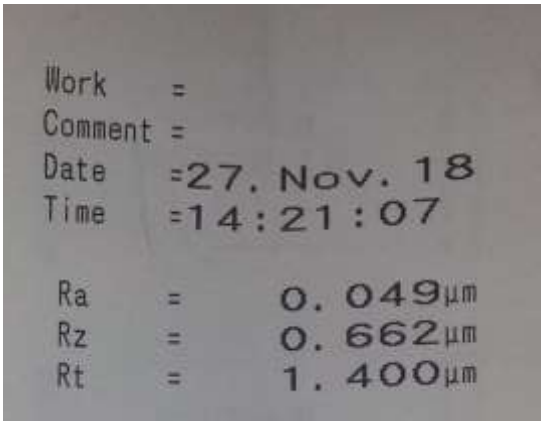
EK-11 15 saat çalışmış 1 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



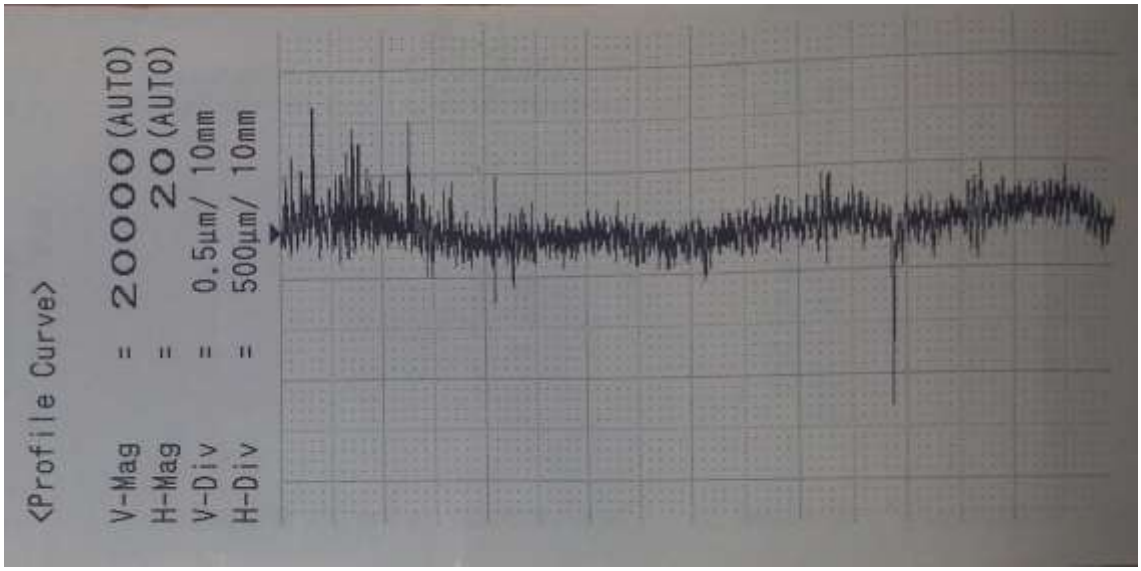
EK-12 15 saat çalışmış 3 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



EK-13 15 saat çalışmış 4 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü



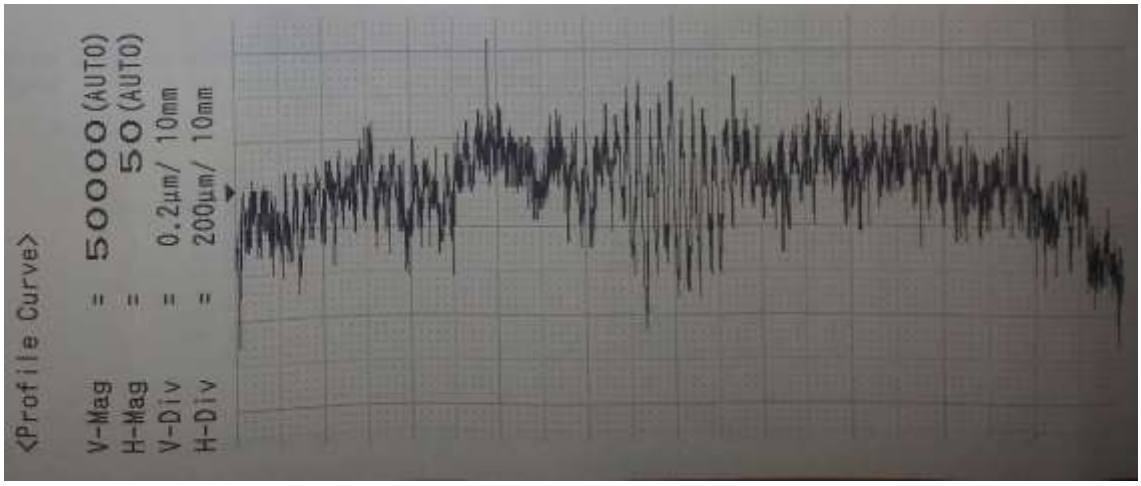
EK-14 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-15 5 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



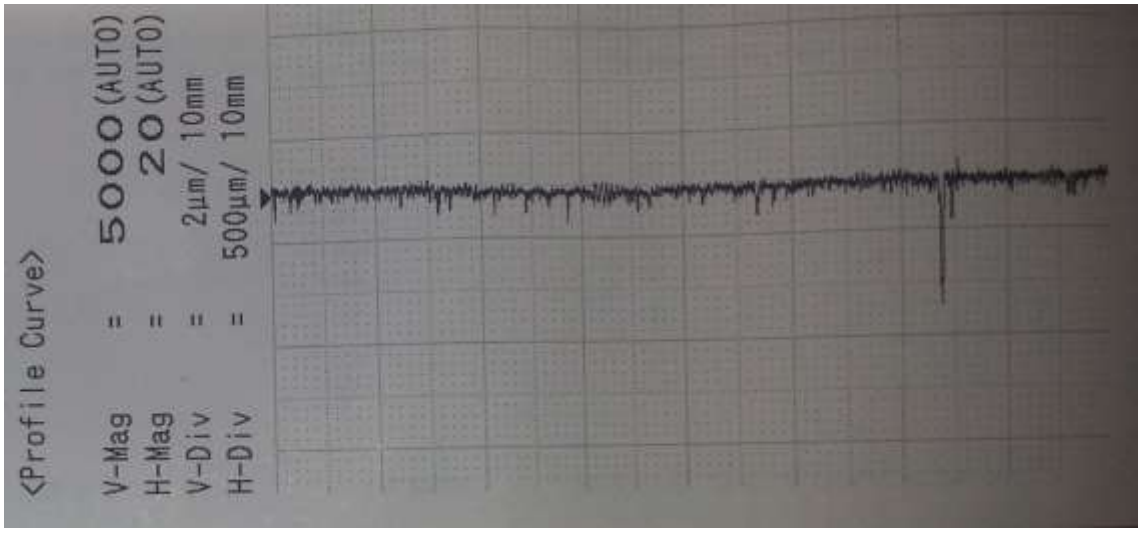
EK-16 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-17 5 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğirisi



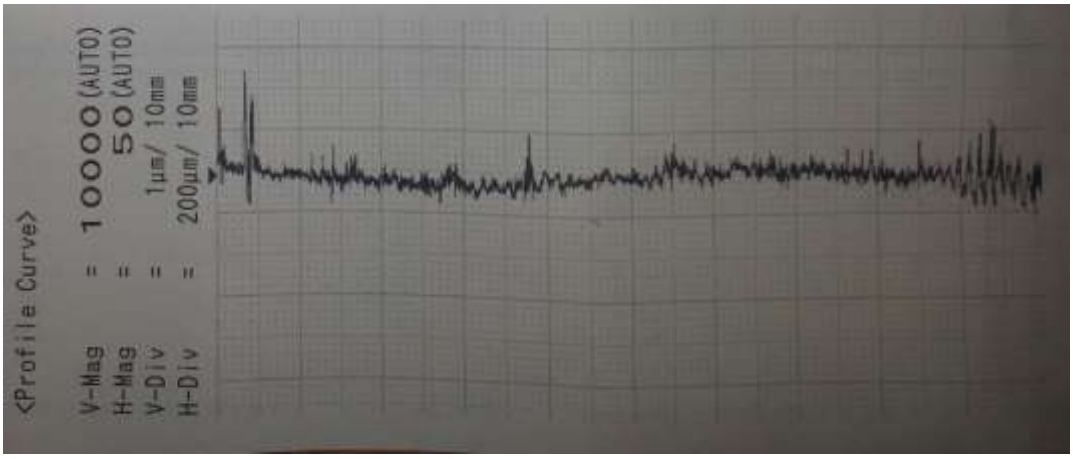
EK-18 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-19 5 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



EK-20 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-21 5 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



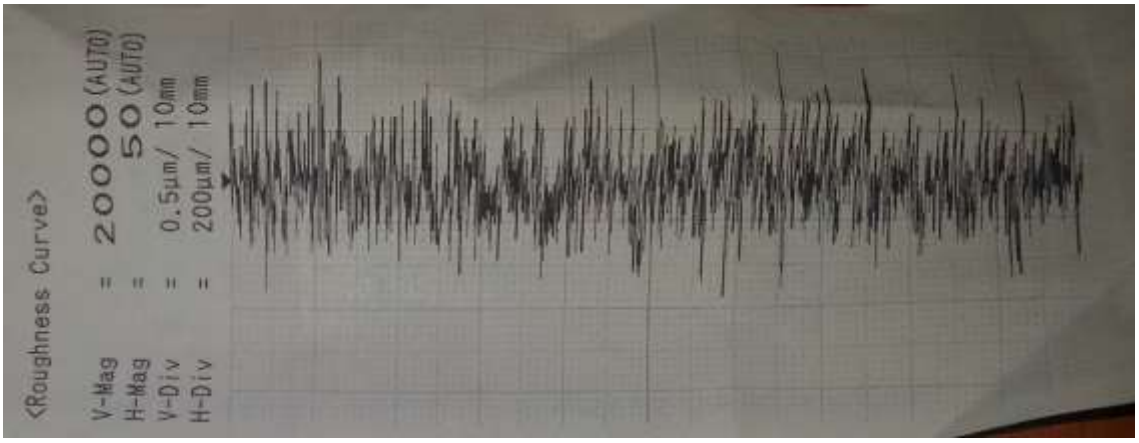
EK-22 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-23 10 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



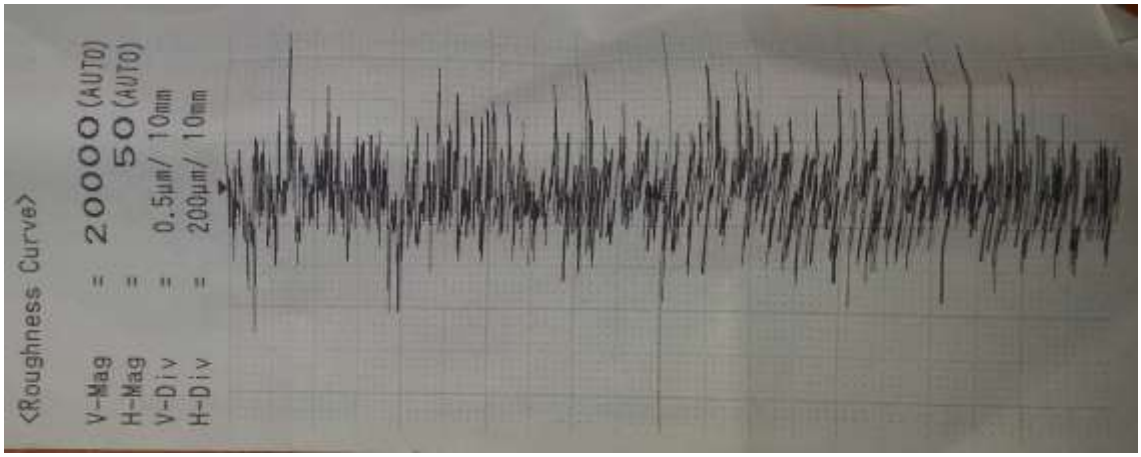
EK-24 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



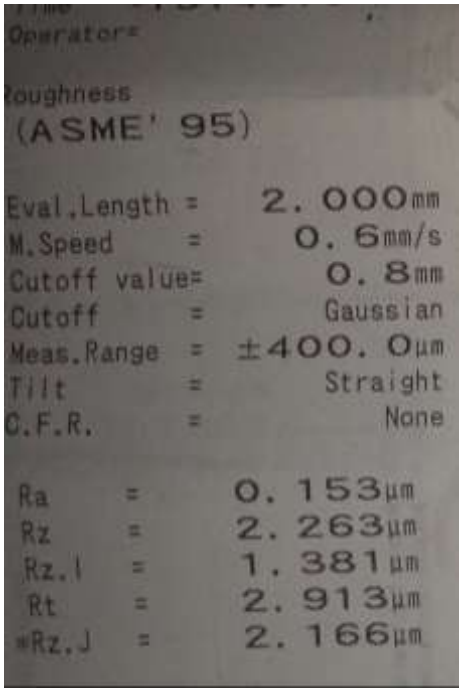
EK-25 10 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



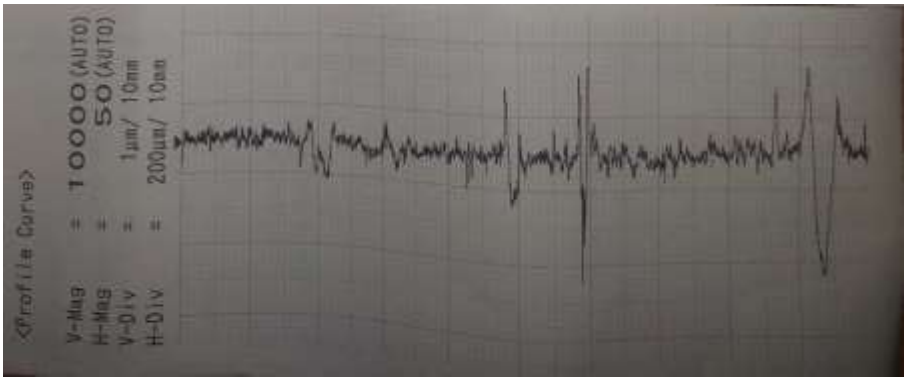
EK-26 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-27 10 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak pürüzlülük eğrisi



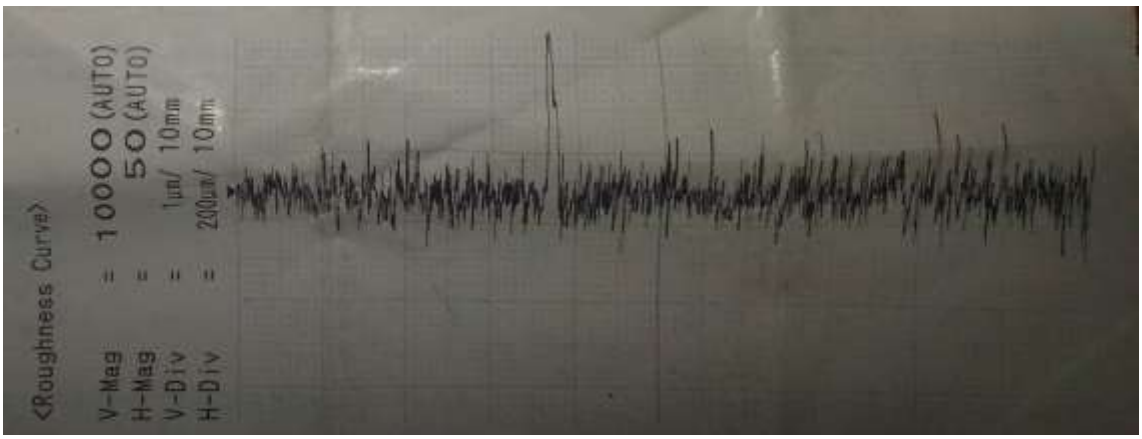
EK-28 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-29 10 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi



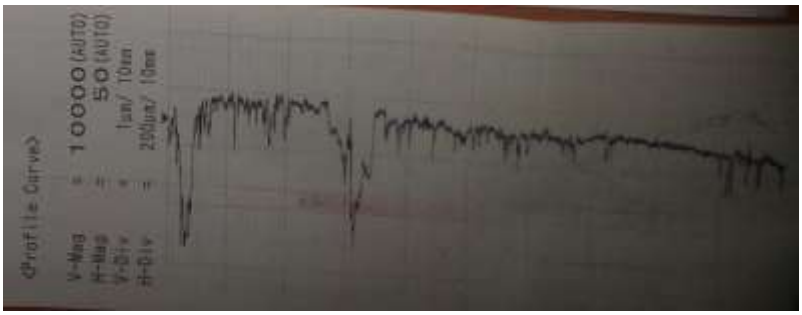
EK-30 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-31 15 saat çalışmış 1 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülük eğrisi



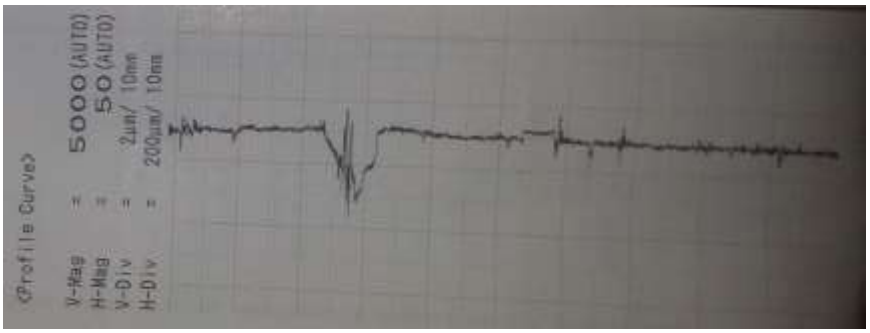
EK-32 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-33 15 saat çalışmış 2 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



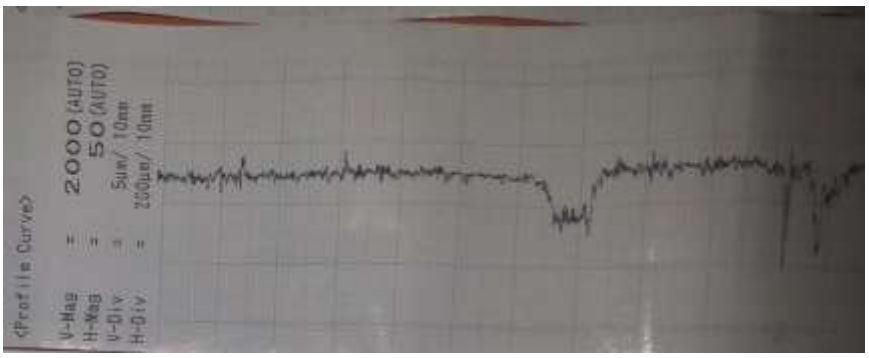
EK-34 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-35 15 saat çalışmış 3 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



EK-36 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak yüzey pürüzlülüğü



EK-37 15 saat çalışmış 4 nolu pompa arka kapak profil eğrisi



EK-38 1 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlüğü



EK-39 3 nolu piston silindir bloğunun test öncesi yüzey pürüzlüğü



EK-40 5 saat çalışmış 2 nolu pompa silindir blok yüzey pürüzlülüğü

ÖZGEÇMİŞ

İsim	: Mehmet Fatih AKKUŞ
Uyruk	: T.C.
Cinsiyet	: Erkek
Doğum Yeri	: İstanbul
Doğum Tarihi	: 15.06.1984
Medeni Durum	: Evli (1 çocuk)
İlkokul	: Karacabey14 Eylül İlköğretim Okulu- Bursa
Ortaokul	: Anadolu İmam Hatip Lisesi- Tekirdağ
Lise	: Namık Kemal Anadolu Lisesi- Tekirdağ
Lisans	: Ulusal Havacılık Üniversitesi Uçak Bakım Onarım Mühendisliği Bölümü (2011)