

**LAZERLİ PROFİL KESİM TEZGÂHLARI İÇİN
BAĞIMSIZ ÇENELİ HİDROLİK AYNA TASARIMI VE
PROTOTİP İMALATI**

Recep DÖNMEZ



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LAZERLİ PROFİL KESİM TEZGÂHLARI İÇİN BAĞIMSIZ ÇENELİ
HİDROLİK AYNA TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

Recep DÖNMEZ

Orcid No: 0000-0002-3489-6672

Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Orcid No: 0000-0001-9126-0315

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Recep DÖNMEZ tarafından hazırlanan “Lazerli Profil Kesim Tezgâhları için Bağımsız Çeneli Hidrolik Ayna Tasarımı ve Prototip İmalatı” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Orcid No: 0000-0001-9126-0315

Başkan: Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Orcid No: 0000-0001-9126-0315

Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İmza

Üye: Doç. Dr. Ali DURMUŞ

Orcid No: 0000-0003-2487-7344

Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İmza

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Celalettin YÜCE

Orcid No: 0000-0003-1387-907X

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

...../...../.....

Bursa U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

06/09/2019

Recep DÖNMEZ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LAZERLİ PROFİL KESİM TEZGÂHLARI İÇİN BAĞIMSIZ ÇENELİ HİDROLİK AYNA TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

Recep DÖNMEZ

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR

Tube Laser Cutting Machine olarak isimlendirilen özel profil lazer kesim makineleri henüz ülkemizde üretilmeyen ve ithal edilen makinelerdir. Bu makinelerin hassasiyetlerini belirleyen en önemli parçaları da torna aynalarına benzeyen, kesilen parçanın bağlandığı bağımsız çeneli hidrolik bağlama aparatlarıdır. Hidrolik ya da pnömatik olarak kontrol edilen bu aynaların imalatının tam olarak yapılabilmesi için bilimsel yollarla hesaplanıp sistematik şekilde tasarlanmaları gerekmektedir.

Proje kapsamında bağlama aynalarının modern mühendislik hesaplama tekniklerinin kullanımı ile sistematik şekilde tasarlanması amaçlanmaktadır. Mevcut tasarımlar patent ile korunduğundan yepyeni bir tasarım ortaya konmaya çalışılacak ve bu tür bağlama aynalarının ülkemizde de imal edilebileceği gösterilecektir. Proje başarıya ulaştığı takdirde Durmazlar firması üreteceği özel profil kesim makinelerinde bu aynaları kullanacak ve özel aynalar tekil olarak da ihraç edilebilecektir.

Anahtar Sözcükler: Hidrolik ayna, hassas bağlama, sistematik tasarım

2019, xi + 79 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

**DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURE OF HYDRAULIC CHUCK
WITH INDEPENDENT JAWS FOR LASER TUBE CUTTING MACHINES**

Recep DÖNMEZ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR

Tube Laser Cutting Machines to cutting of special profiles are not produced in Turkey. With this machines can be cutted most important profiles which must fix with sensitive tools as lathe chuck. The hydraulic controlled chucks must calculate exactly, scientifically and must be systematically designed. Under the project of chuck design and prototype manufacture with the use of modern engineering calculation techniques are intended to be designed in a systematic way. Because of available designs are protected by patents, tried to put forward a new design of such products can be manufactured in Turkey will be shown.

Keywords: Hydraulic chuck, precise bonding, systematic design

2019, xi + 79 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi ve tez çalışmasını hazırlamamda destek ve yardımlarından dolayı danışman hocam Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım kapsamında maddi manevi her türlü desteği sunan Durmazlar Makine A.Ş.'ye, mesai arkadaşlarıma ve eşim Kübra DÖNMEZ'e ayrıca teşekkür ederim.

Bu tez çalışması; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı SANTEZ Destekleme Programı kapsamında, 0705.STZ.2014 kod numaralı "Lazerli Profil Kesim Tezgâhları için Bağımsız Çeneli Hidrolik Ayna Tasarımı ve Prototip İmalatı" başlığı ile desteklenmiştir. Bu sebeple Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na ayrıca teşekkür ederiz.

Recep DÖNMEZ

.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Boru-Profil Kesim Makinelerinin Kullanım Alanları.....	8
3.2. Rakip Firmalardaki Çözümler ve Teknik Özellikler.....	12
3.3. Yöntem.....	16
3.4. Sıkma Kuvvetinin Tayini.....	18
3.5. Hidrolik Sistem.....	21
3.5.1 Hidrolik Sistem Tanıtımı.....	21
3.5.2 Hidrolik Devre Elemanları Yapısı ve Çalışma Özellikleri.....	22
3.5.3 Hidrolik Sistem Tasarımı ve Hesapları.....	25
3.6. Motor-Redüktör Hesapları.....	27
4. BULGULAR.....	37
4.1. Tasarım Aşamaları.....	37
4.1.1 Çene Grubu.....	40
4.1.2 Hidrolik Silindir Grubu.....	42
4.1.3 A Eksen Tahrik Grubu.....	43
4.1.4 Toz Emiş Sistemi.....	44
4.1.1 Gövde ve Yataklama Grubu.....	46
4.1.2 X Eksen Hareketi Tahrik Grubu.....	48
4.1.3 Hidrolik Ünite Grubu.....	48
4.1.4 Kaporta Grubu.....	50
4.2. Tasarım Aşamaları.....	51
4.2.1 Sıkma Kuvveti Hesaplanan-Gerçekleşen Karşılaştırması.....	51
4.2.2 X Eksen Hareketinin Lazer İnterferometre ile Ölçümü.....	60
4.2.3 Profil Ölçüsüne Göre Sıkma Kuvvetinin Belirlenmesi.....	64
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	69
KAYNAKLAR.....	73
EKLER.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	78
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU.....	79

SİMGELER DİZİNİ

SİMGELER

AÇIKLAMA

F	Kuvvet (N)
m	Kütle (kg)
a	İvme (m/s^2)
F_n	Normal kuvvet (N)
μ	Sürtünme katsayısı
F_{n_X}	X yönündeki normal kuvvet (N)
α	Açısal ivme (rad/s^2)
J_b	Atalet ($kg.m^2$)
M_b	Atalet momenti (Nm)
r	Boru yarıçapı (m)
F_{n_A}	A yönündeki normal kuvvet (N)
$F_{bileşke}$	Bileşke sürtünme kuvveti (N)
$F_{n_{bileşke}}$	Bileşke sıkma kuvveti (N)
A_1	İçteki silindirin kesit alanı
A_2	Dıştaki silindirin kesit alanı
A_T	İki silindirin toplam kesit alanı
p	Pompa basıncı (bar)
F	Silindir kuvveti (kN)
A	Silindir alanı(cm^2)
Q	Pompa debisi (lt/dk)
V	Pompa basma hızı (cm^3/dev)
N	Pompa devri (dev/dk)
μ	Pompa verimi
P	Pompa gücü (kW)
D	Hidrolik boru çapı (mm)
F_P	İtme kuvveti (kN)
$F_Ç$	Sıkma kuvveti (kN)
x_P	İtme stroğu (mm)
x_S	Sıkma stroğu (mm)
W_P	Silindir pistonunun yaptığı iş (J)
W_S	Sürtünmeye harcanan enerji (J)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Boru-Profil Lazer Kesim Örnekleri	2
Şekil 3.1 Boru-Profil Lazer Kesim makinelerinden parça örnekleri.....	8
Şekil 3.2. Lazer Kesim Boru-Profil Malzemelerin Kullanım Alanları	9
Şekil 3.3. Dünyadaki Boru-Profil Lazer Kesim Üreten Başlıca Firmalar.....	10
Şekil 3.4. Trumpf Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi.....	10
Şekil 3.5. Adige- BLM Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi	11
Şekil 3.6. TTM Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi.....	11
Şekil 3.7. Mazak Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi	12
Şekil 3.8. TRUMPF Firmasının Boru-Profil Lazer Kesim Pnömatik Ayna Örnekleri	13
Şekil 3.9. BLM Firması Boru-Profil Lazer Kesim Hidrolik Ayna	15
Şekil 3.10. Hidrolik Silindir Yapısı.....	17
Şekil 3.11. Ayna Döner Çene Kısmı.....	17
Şekil 3.12. Ayna Hareket Eksenleri	19
Şekil 3.13. Maksimum Çapta Boru Yüklenmiş Ayna.....	20
Şekil 3.14. Hidrolik Tank (Üstten ve Önden Görünüş) (Güçtekin, 2019)	23
Şekil 3.15. Hidrolik Tank İç Yapısı (Güçtekin, 2019).....	23
Şekil 3.16. Hidrolik Pompa (Güçtekin, 2019)	24
Şekil 3.17. Tek Etkili Silindir (Güçtekin, 2019)	25
Şekil 3.18. Çift Etkili Silindir (Güçtekin, 2019)	25
Şekil 3.19. Ayna Döner Parçaları ve Maksimum Çapta Boru	31
Şekil 3.20. A Eksen Hareket Profili	32
Şekil 3.21. A Eksen Yük Çevrim Datası.....	32
Şekil 3.22. A Eksen Motor Kontrol Sayfası.....	33
Şekil 3.23. A Eksen Planet Redüktör Seçim Programı	33
Şekil 3.24. X Eksen Hareket Profili	34
Şekil 3.25. X Eksen Redüktör Data Sayfası.....	35
Şekil 3.26. X eksen Yük Çevrim Data Sayfası	35
Şekil 3.27. X Eksen Motor Kontrol Sayfası.....	36
Şekil 3.28. X Eksen Redüktör Seçim Programı	36
Şekil 4.1. Boru-Profil Lazer Kesim Makinesi Genel Konsepti.....	37
Şekil 4.2. Durma HD-TC 60170 Makinesi	38
Şekil 4.3. Sürücü Ayna Genel Görüntüsü	40
Şekil 4.4. Sürücü Ayna Kesit Görüntüsü	40
Şekil 4.5. Ayna Çene Hareketleri.....	41
Şekil 4.6. Ayna Uzatılmış Çene Yapısı.....	41
Şekil 4.7. Ayna Hidrolik Silindir Grubu	43
Şekil 4.8. A Eksen Tahrik Grubu	44
Şekil 4.9. A Eksen Kayış Kasnak Takımı	44
Şekil 4.10. Sürücü Ayna Emiş Sistemi Çalışma Prensibi	46
Şekil 4.11. Ayna Gövde Genel Görüntüsü.....	47
Şekil 4.12. Ayna Gövde Kesit Görüntüsü	47
Şekil 4.13. X Eksen Tahrik grubu.....	48
Şekil 4.14. Hidrolik Ünite ve Alt Gövde Grubu	49

Şekil 4.15. Hidrolik Sistem Grubu	50
Şekil 4.16. Ayna Kaportası	51
Şekil 4.17. Ayna Kesit Görüntüsü	51
Şekil 4.18. Aynada Silindir İtme Hareketinin Çene Hareketine Aktarımı.....	52
Şekil 4.19. Ayna Sıkma Kuvvetinin Loadcell İle Ölçümü.....	53
Şekil 4.20. 1.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Grafiği.....	55
Şekil 4.21. 2.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Grafiği.....	57
Şekil 4.22. 3.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Grafiği.....	59
Şekil 4.23. Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	60
Şekil 4.24. 1.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Öncesi).....	61
Şekil 4.25. 1.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Sonrası).....	62
Şekil 4.26. 2.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Öncesi).....	62
Şekil 4.27. 2.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Sonrası).....	63
Şekil 4.28. 3.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Öncesi).....	63
Şekil 4.29. 3.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Sonrası).....	64
Şekil 4.30. Ayna Hidrolik Basınç Ayar Ekranı.....	64
Şekil 4.31. Girilen- Okunan Basınç Değerleri Grafiği.....	67
Şekil 5.1. Ayna Test Ünitesi	70
Şekil 5.2. Dört Silindirli Ayna Hidrolik Sistemi.....	71
Şekil 5.3. Ayna Gövdesi Üzerine Monte Edilmiş Hidrolik Sistem	72
Şekil 5.4. İstavroz Parça Görseli	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

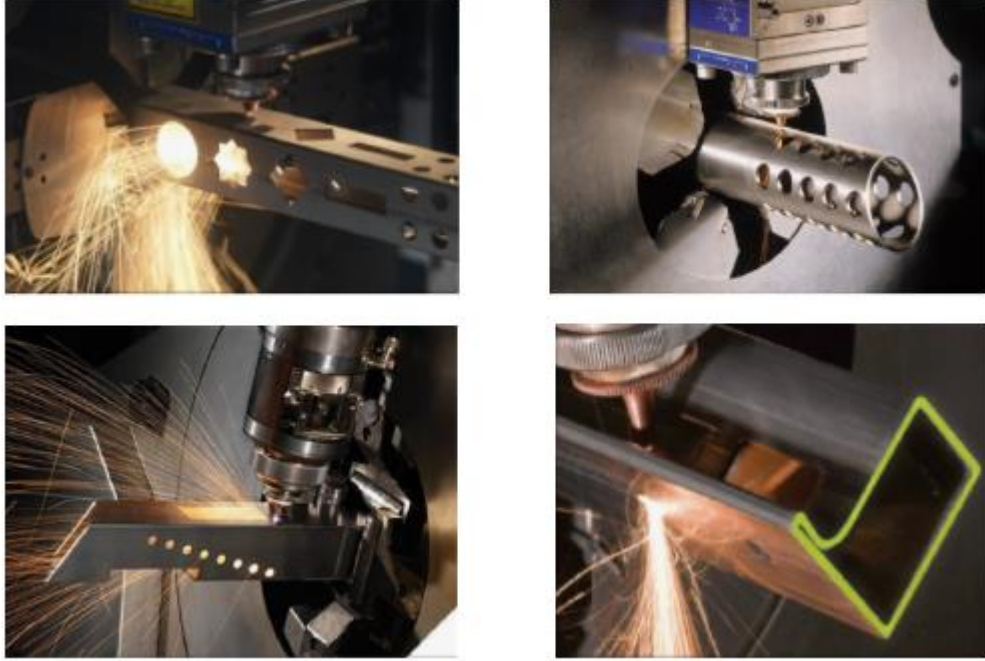
	Sayfa
Çizelge 3.1. TRUMPF Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler.....	14
Çizelge 3.2. BLM Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler	15
Çizelge 3.3. MAZAK Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler	15
Çizelge 3.4. TTM Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler	16
Çizelge 3.5. Oksijen İle Siyah Sac Kesim Parametreleri	28
Çizelge 3.6. Azot İle Paslanmaz Sac Kesim Parametreleri.....	29
Çizelge 3.7. Azot İle Alüminyum Kesim Parametreleri	30
Çizelge 4.1. Durma HD-TC Lazer Makineyi Oluşturan Elemanlar.....	38
Çizelge 4.2. 1.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları	53
Çizelge 4.3. 2. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları	55
Çizelge 4.4. 3. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları	58
Çizelge 4.5. Üç Makine İçin Girilen-Okunan Basınç Değerler	65
Çizelge 4.6. Çelik Boru Üzerinde Sıkma Kuvveti	67
Çizelge 4.7. Alüminyum Borular Üzerinde Sıkma Kuvveti	68

1. GİRİŞ

Tube Laser Cutting Machine olarak isimlendirilen özel profil lazer kesim makineleri günümüze kadar ülkemizde üretilmeyen ve ithal edilen makinelerdir. Bu makineler, birkaç tezgâhta yapılan işlemin tek başına yapabiliyor olması, kesim parçalarını otomatik yükleme ve otomatik tahliye yapabilmesi, hızlı ve esnek üretim kabiliyetine sahip olması, işçilik maliyetini, depolama maliyetini ve tezgâha bağlama zamanını düşürmesi, sınırsız geometrilerde kesim yapılabilmesi gibi avantajlarıyla ülkemizde ve dünyada kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu makinelerin kesim hassasiyetlerini belirleyen en önemli parçaları torna aynalarına benzeyen, kesilecek parçanın bağlandığı bağımsız çeneli bağlama aparatlarıdır. Bu makinelerde boru-profiller balya şeklinde makineye yüklenir, otomatik yükleme sistemi balyadan malzemeleri birer birer alır, kesim hattına getirir ve ardından ayna aparatı malzemeyi kavrar. Kavradıktan sonra sürme ve döndürme hareketi yaparak kesim işlemine yardımcı olur. Bu aynalar otomatik yüklemeli lazer boru-profil kesim makinelerine özel olup, torna aynalarına nazaran hassas kesim kabiliyetine sahip oldukları için bir takım farklı özellikleri bulunmaktadır.

Boru-profil lazer kesim makineleri genellikle kesebildikleri boru çaplarına göre sınıflandırılır, boru dışındaki kare, dikdörtgen, H, U vb. profiller içinse profil kesimini içine alacak çap belirtilir. Boru profil lazer kesim örnekleri Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Dünyadaki lider üretici firmaların en çok sattıkları makinelerde kesim kapasitesi genellikle Ø20-Ø155 aralığındadır. Bunun dışında Ø250, Ø400, Ø600 şeklinde daha özel uygulamaların olduğu makineler de mevcuttur. Bu makinelerdeki aynaların bu aralık içindeki boru-profilleri çenelerinde ayar gereksinimi olmadan otomatik olarak kavrayabilmeleri gerekmektedir. Dolayısıyla ayna çenelerinin strokları bu aralıktaki boru-profillere uygun olmalıdır. Projedeki çalışmada kesim aralığı Ø12 – Ø170 olarak belirlenmiştir. Ø170 boruyu tutabilmesi için çenelerin en az Ø180 mm’ye kadar açılabilmesi, böylece malzemedeki 5mm kaçıklığın tolere edilebilmesi öngörülmüştür. Bu öngörüye göre çeneler Ø10 ile Ø180 arasında açılıp kapanabilmelidir. Bu durumda toplamda 170 mm strok için, bir çenede ise 85 mm strok gerekmektedir. Ancak yapılan ön çalışmalar ve rakip araştırmaları sonucunda bu stroğu sağlamak için ayna ebatlarının çok büyüyeceği ve hem makinenin tasarımı

hem de verimlilik açısından bunun uygun olmayacağı anlaşılmıştır. Sonuç olarak ayna çenelerinin sökülebilir ve 40 mm kaydırılarak bağlanabilir şekilde olmasına karar verilmiştir, strok ise her bir çene için 42,5 mm olacaktır. Bu şekilde çeneler birinci pozisyonda Ø10 – Ø95 arasında, ikinci pozisyonda ise (42,5 mm kaydırılarak) Ø95 – Ø180 arasında çalışacaktır.



Şekil 1.1.Boru-Profil Lazer Kesim Örnekleri (Anonim 2016)

Ayna çenelerinin boru ve eşkenar profil dışındaki dikdörtgen, H, U, L gibi eşkenar olmayan profilleri kavrayabilmesi ve sürebilmesi gerekmektedir. Bu yüzden çeneler 2+2 şeklinde bağımsız şekilde çalışabilmelidir.

Kesilen boru-profillerin et kalınlıkları ve malzeme cinsleri değişebilmektedir. Ayna çenelerinin malzemeyi ezmeden sıkabilmesi gerekmektedir. Ayrıca sürme-döndürme işlemleri sırasında kesim hassasiyetini etkilememesi için malzemeyi kaçırmaması gerekmektedir. Bu yüzden et kalınlığı ve malzeme cinsine göre ayna çenelerinin sıkma kuvvetinin de değişebilmesi gerekmektedir. Sıkma kuvvetini elde etmek için pnömatik, hidrolik veya elektrik tahrikli bir sistem yapılabilir. Hidrolik sistem güç ve kontrol kolaylığı avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. Projede ayna çenelerinin hareketi hidrolik olarak sağlanacak (hidrostatik kontrollü sürüş), sistemin kontrolü

ise elektronik olacaktır. Projedeki çalışmada toplam sıkma kuvvetinin 20 kN olması öngörülmüştür. Yapılacak deneysel çalışmalar sonucunda bu değer optimize edilecek, ayrıca değişik et kalınlıkları ve malzeme cinsleri için sıkma kuvveti tablosu oluşturulacaktır. Hidrolik ayna tutma çenelerinde oluşan sürtünme kuvveti ve bu kuvvetin değişimi ile ilgili teorik bağıntılar çıkartılmaya çalışılacaktır.

Lazer ile kesim sırasında boru-profil malzemenin için toplanan kirli gaz ve küçük parçacıkların ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu yüzden ayna ortasında toz emiş yapılabilecek boydan boya bir delik olmalı ve ayna arkasında bu deliğe bir toz toplama filtre ünitesine bağlı bir emiş hattı bağlanmalıdır.

Ayna çeneleri malzeme üzerinde hassas kesimler yapılabilmesinde en etkili faktörlerden biridir. Dönme hareketinin yalpalama olmadan sağlanması kesimden sonra ortaya çıkacak ürünün hassasiyetinin kabul edilebilir sınırlar içinde olması için oldukça önemlidir. Bu yüzden çeneler boru ve profili her zaman hassas bir şekilde tam merkezde boşluksuz bir şekilde kavramalı ve sürmelidir. Dolayısıyla çene hareketini sağlayan parçaların hassasiyetleri burada önem kazanmaktadır. Projede yapılacak aynanın malzemeyi maksimum 5 mikron kaçıklıkla kavrayabilecek şekilde üretilmesi öngörülmüştür.

Bu makineler seri üretim mantığında çalıştıklarından makine hareketlerindeki hızlar çok önemlidir. Aynanın malzemeyi kavrama, sürme, döndürme, bırakma hızları kabul edilebilir seviyede olmalıdır. Projedeki çalışmada öngörülen hızlar aşağıdaki gibidir.

- Çenelerin sıkma işlemi maksimum 3 s.
- Döndürme hızı 150 dev/dk, açısal ivmesi 50 rad/s^2
- Sürme hızı 100 m/dk, ivmesi 10 m/s^2
- Çenelerin açılması ve malzemeyi bırakması maksimum 3s.

Hidrolik olarak kontrol edilen bu aynaların imalatının tam olarak yapılabilmesi için bilimsel yollarla hesaplanıp sistematik şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Hidrolik ayna için yurt dışında patentlerle sağlanan bir koruma söz konusu

olduğundan yeni bir ürünün ortaya konması amaçlanmıştır. Proje kapsamında modern mühendislik teknikleri kullanılarak (sistemik tasarım, katı modelleme ve analiz yazılımları, analitik mühendislik hesaplamaları gibi) hidrolik tutucu ayna ortaya konacaktır. Sahip olacağı yeni özellikleri nedeniyle bağımsız çeneli ayna patent ile korunacaktır. Ayrıca hidrolik tutucu aynanın ülkemizde imal edilebilmesi ile lazerli kesim tezgâhları daha rekabetçi şartlarda imal edilebilecektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu alandaki tasarım çalışmalarına yardımcı olarak kullanılan literatür araştırması çalışmaları aşağıda özetlenmiştir:

Thornley ve Wilson (1972) tarafından hazırlanan yayında bir tutucu kafanın tasarımındaki temel prensipler sıralanmıştır. Oldukça eski tarihli bir çalışma olmasına rağmen temel hesaplama denklemlerinin ve detaylı literatür araştırmasının verilmesi açılarından önemli bir çalışmadır. Kendinden merkezlemeli ve o yıllarda genellikle tornalarda kullanılan aynalar imalat yeterlilikleri göz önüne alınarak tasarlanmalıdırlar.

Nyarnekye ve Mudiam (1992) tarafından hazırlanan yayında tornalardaki kesme işlemi esnasında aynanın iş parçasına uyguladığı sıkma kuvvetlerinin deneysel olarak belirlenmesi açıklanmaktadır. Kurulan deney düzeneğinde kuvvet ölçümleri temassız sensörlerle yapılmaktadır. Sonuçta teorik ve deneysel statik tutma kuvveti değerlerinde bazı farklar tespit edilip teorik hesaplama denklemleri kritize edilmiştir.

Feng ve ark. (2008) tarafından sunulan çalışmada da yüksek hızlı tornalama işlemi için kullanılan aynaların rijitlikleri ve bunun dinamik sıkma kuvvetine etkisi araştırılmıştır. Yüksek hızlı tornalamanın klasik problemi olan merkezkaç kuvvetleri nedeni ile sıkma kuvvetindeki azalma değerleri de çalışmada incelenmiştir. Aynaların tasarımında kullanılacak teorik bir model geliştirilip deneysel çalışmalar ile doğrulaması yapılmıştır.

Feng ve ark. (2008) tarafından hazırlanan diğer bir yayında, üç çeneli bir ayna için kritik eğilme kuvvetleri araştırılmıştır. Bu yayında da torna aynalarının statik ve dinamik hesaplamalarındaki yaklaşımların yetersiz kaldığı ve uygulamadaki sonuçlar ile sapmalar görüldüğü savunulmaktadır. Sonlu elemanlar yaklaşımının kullanıldığı, önerilen hesap yöntemi ile daha yüksek hızlardaki çalışmalarda tutma kuvvetlerinin daha doğru şekilde tahmin edilebileceği ve bunun da çalışma güvenliğini arttıracığı vurgulanmıştır.

Andrews ve ark (1999) tarafından hazırlanan yayında da sistematik tasarım yaklaşımının kullanıldığı endüstriyel tasarım çalışmaları açıklanmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi de ayna tasarımıdır. Benzer bir yaklaşımla, metodik konstrüksiyon ilkeleri ışığında bildirinin konusu olan geliştirme sürecinde de benzer bir çalışma yolu takip edilmiş ve teknik istekleri tam olarak karşılayan bir ayna prototipi imal edilmiştir.

Zhou ve ark. (2010) tarafından sunulan çalışmada da yüksek hızlı CNC tornalarda kullanılabilir aynalarda sıkma kuvvetlerinin gerçek zamanda ölçülebilmesi için bir sistem tanıtılmaktadır. Bu sistem ile aynanın parça sıkma kuvvetleri ölçülebilmekte ve herhangi bir arıza veya eksiklik durumunda müdahale edilebilmektedir. Çalışmanın yüksek hızlı tornalarda soğutma sıvısı ve talaş oluşumu konularını da etkileyip daha güvenli sonuçlar verdiği vurgulanmaktadır.

Literatürde çok fazla çalışmaya rastlanmamakla birlikte aynanın hidrolik kumandası ile ilgili makaleler de mevcut olup bu kısımda verilmemiştir. Bilimsel yayınların dışında konu ile ilgili patent araştırması da yapılmış olup bulunan patentlerden bazıları aşağıda listelenmiştir:

US 1,075,715. Fluid actuated lathe Chuck, H.M. Ludwick, 1913.

US 3,566,722. TOOL HOLDING APPARATUS USED ON LATHES FOR CUTTING VARIOUS CURVED SHAPES, J. Audet, 1971.

CHUCK OF LATHE OR THE LIKE, Yuji Akashi, 1989.

US 4,872,691. LATHE CHUCK, Günter H. Röhm, 1989.

US 4,984,844. SAFETY KEY FOR TOOLROOM LATHE CHUCK, Haig Tekeyan, 1991.

US 5,895,059. HIGH SPEED LATHE CHUCK, Alan C. Patterson, 1999.

US 6,079,303. AUTOMATIC ADJUSTABLE POWER

US 6,880,831 B2. POWER-ACTUATED LATHE CHUCK, Johann Taglang, 2005.

US 7,204,493 B1. LATHE CHUCK WITH STEPPED JAWS, Geoffrey L. Gatton, 2007.

US 7,654,178 B2. HYDRAULIC CHUCK WITH INDEPENDENTLY MOVEABLE JAWS, David R. Hall, 2010.

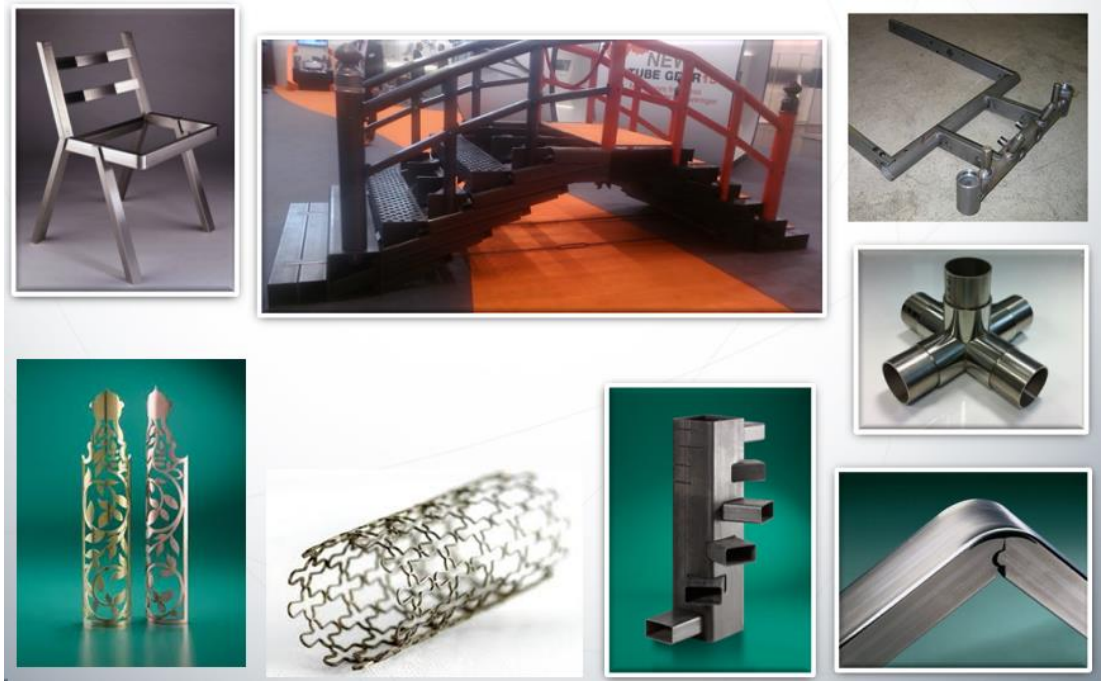
US 2011/0006490 A1, CHUCK WITH JAW FOR WORKPIECE HAVING CONSTANT HOLDING FORCE, Levenfeld Pearlstein, LLC (ILLINOIS TOOL WORKS), 2011.

US 8,172,646 B2. MAGNETICALLY ACTUATED CHUCK FOR EDGE BEVEL REMOVAL, Novellus Systems, Inc., 2012

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Boru-Profil Kesim Makinelerinin Kullanım Alanları

Çelik yapıların hayatımıza günden güne daha fazla girmesi, boru ve profillerde kaynaklı ve sökülebilir bağlantıların yapılabilmesi için hassas bir şekilde kesme, delme, boşaltma açma gibi işlemlerin yapılabilirdiği, hızlı ve yüksek otomasyon ile üretim yapabilen makinelere olan ihtiyacı doğurmuştur. Bu ihtiyacı karşılamada lazer boru-profil kesim makineleri hız ve hassasiyet avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır. Boru-profil lazer kesim makinelerinden çıkan parçalara örnekler Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Boru-Profil Lazer Kesim makinelerinden parça örnekleri (Anonim 2016)

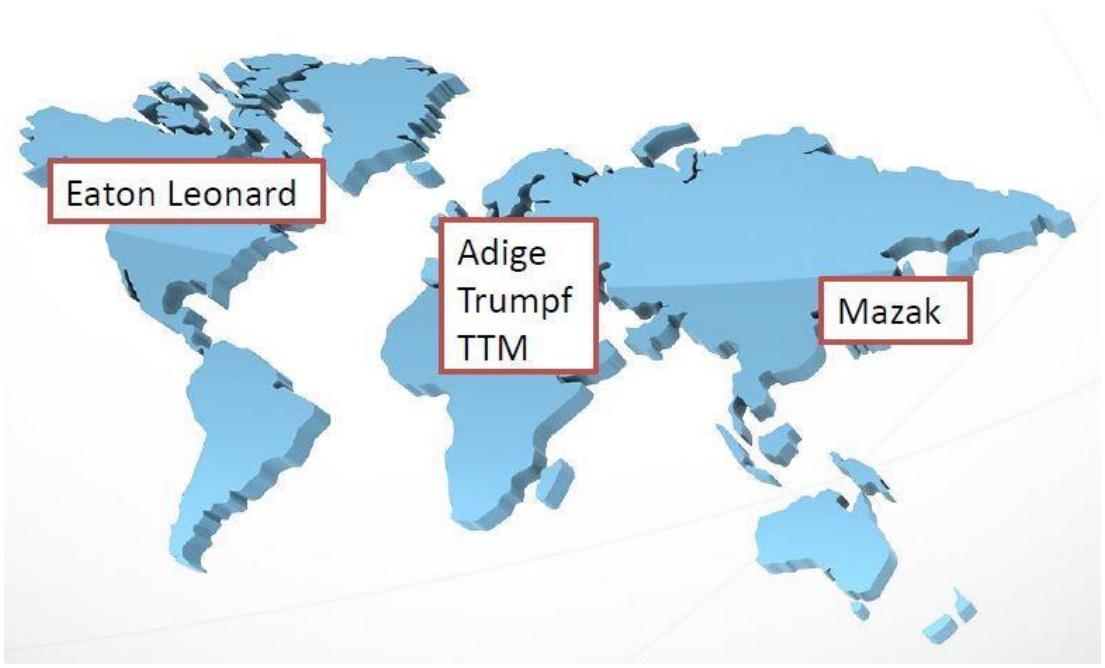
Günümüzde boru ve profiller çelik konstrüksiyon, enerji nakil hatları, telekomünikasyon, raf sistemleri gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Bu malzemelerin kaynaklı veya sökülebilir bağlantılarının yapılabilmesi için çoğunlukla boy kesimin yanında delik delme ve değişik geometrilere boşaltmalar açma ihtiyacı

ortaya çıkmaktadır. Bu işlemlerin klasik yöntemlerle gerçekleştirilmesi için birbirinden bağımsız tezgâh, aparat, takım kullanılmakta, her tezgâhta istifleme, transport, yeniden referanslama gereksiniminden dolayı yer ve zaman kaybı yaşanmakta, yüksek hassasiyet elde edilememekte, belli geometrilere boşaltmalar açabilme ve yüksek işçilik maliyeti gibi problemler de ortaya çıkmaktadır. Boru-profil lazer kesim makineleri birçok farklı sektörde kullanılmakta olup, başlıca alanlar Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Lazer Kesim Boru-Profil Malzemelerin Kullanım Alanları (Anonim 2016)

Dünyada lazer makineleri üreten onlarca firma olmasına rağmen, Trumpf, Mazak, Adige, TTM gibi sadece birkaç firma boru-profil lazer kesim makinelerinin üretimini gerçekleştirmektedir. Bu makinelerin yüksek otomasyon ve yazılım bilgisi, proses ile ilgili yüksek tecrübe gerektirmesi üretici firma sayısının az olmasının başlıca nedenleri olduğu tahmin edilmektedir. Ülkemizde ise bu makinelerin imalatı henüz yapılmamakta olup dünyadaki başlıca boru-profil lazer kesim makinesi üreten firmalar Şekil 3.3’de görüldüğü gibidir. Bahsedilen firmaların makine görsellerinin örnekleri ise Şekil 3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7’de gösterilmiştir.



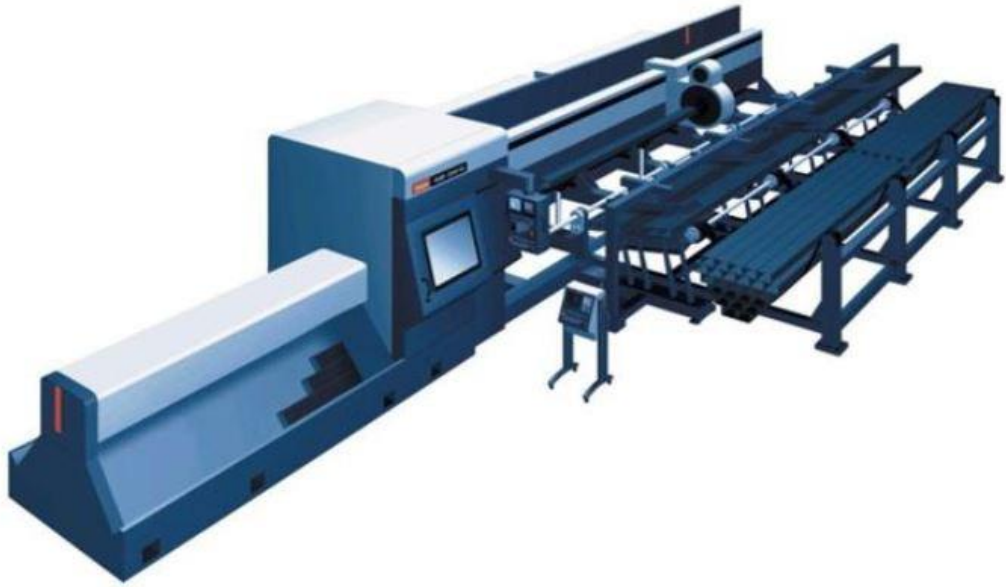
Şekil 3.3. Dünyada Boru-Profil Lazer Kesim Üreten Başlıca Firmalar(Anonim 2016)



Şekil 3.4. Trumpf Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi (Anonim 2016)



Şekil 3.5. Adige- BLM Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi (Anonim 2016)



Şekil 3.6. TTM Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi (Anonim 2016)



Şekil 3.7.Mazak Firmasına Ait Boru-Profil Lazer Makinesi (Anonim 2016)

3.2. Rakip Firmalardaki Çözümler ve Teknik Özellikler

Boru-Profil Lazer Kesim makinelerinin teknik özelliklerini ve kapasitesini belirleyen en önemli faktörlerden olan ayna, standart bir ürün olarak torna aynası üreten firmaların ürün gamlarında bulunmamaktadır. Bu yüzden bu makineyi üreten firmalar bu konuda kendi çözümlerini geliştirmişlerdir. Sıkma işlemini kuvveti kontrol ederek gerçekleştirmek için kullanılan yöntemler:

- Hidrolik silindirli sistem
- Pnömatik silindirli sistem
- Servo motorlu sistem

Trumpf firmasının benzer makinesinde ayna sistemi için pnömatik sistem kullanılmış olup Şekil 3.8’de örnekleri gösterilmiştir. Bu sistemde 2 adet pnömatik silindir ile 4 ayna çenesi 2+2 şeklinde birbirinden bağımsız olarak tahrik edilmiştir. Aynanın çenelerinin bulunduğu kafa kısmı makinenin özelliği gereği iki yönde de sonsuz şekilde dönebilmelidir. Pnömatik silindirler bu sistemde sabit tutulmaktadır, silindirlerin itme ve çekme kuvveti uyguladığı halka şeklinde işlenmiş parçalar ileri-geri hareket etmektedir ve kam rulmanları sayesinde döner hareket yapan kafa kısmına hareketi iletmektedir. Sıkma kuvveti, silindirlere gelen pnömatik basıncı bir

regülatör vasıtasıyla, 0-6 bar arasında 3 kademeli şekilde kontrol ederek ayarlanmaktadır.

Bu sistemin avantajları;

- Hidrolikte olduğu gibi bir pompa ve depo gerektirmemesi
- Daha düşük hacim ve ağırlığa sahip olması
- Tepki süresi daha hızlı olması.

Dezantajları ise;

- Hidrolik sistem kadar sıkma kuvvetinin hassas şekilde ayarlanamaması
- Pnömatik basıncın 2-6 bar arasında ayarlanabilmesi nedeniyle çalışma aralığının daha dar olması.

TRUMPF firmasına ait benzer makine için teknik özellikler Çizelge 3.1’de belirtilmiştir.



Şekil 3.8.TRUMPF Firmasının Boru-Profil Lazer Kesim Pnömatik Ayna Örnekleri
(Anonim 2016)

Çizelge 3.1. TRUMPF Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler

TruLaser Tube 5000 (T05)	
Maksimum Dış Çap	152 mm
Maksimum Malzeme Uzunluğu	6500 mm
Maksimum Kesilmiş Parça Uzunluğu	3000 mm
Maksimum Kesilmiş Parça Uzunluğu(Opsiyon)	4500 / 6500 mm
Maksimum Malzeme Ağırlığı	20 kg/m
Maksimum Malzeme Et Kalınlığı (2000 Watt için)	
▪ Konstrüksiyon Çeliği	8 mm
▪ Paslanmaz Çelik	4 mm
▪ Alüminyum	3 mm
Maksimum Malzeme Et Kalınlığı (2700 Watt için)	
▪ Konstrüksiyon Çeliği	8 mm
▪ Paslanmaz Çelik	5 mm
▪ Alüminyum	4 mm
Maksimum Malzeme Et Kalınlığı (3200 Watt için)	
▪ Konstrüksiyon Çeliği	8 mm
▪ Paslanmaz Çelik	5 mm
▪ Alüminyum	4 mm

BLM firmasının benzer makinesinde ayna sistemi için hidrolik sistem kullanmış olup BLM firmasına ait hidrolik ayna görseli Şekil 3.9’da gösterilmiştir. BLM firmasının hidrolik aynasına ait teknik özellikler ise Çizelge 3.2’de belirtilmiştir. Ayrıca Çizelge 3.3’te MAZAK firmasına ait Boru-Profil lazer kesim makinesine ait teknik özellikler, Çizelge 3.4’te ise TTM firmasının makinesine ait teknik özellikler verilmiştir.



Şekil 3.9. BLM Firması Boru-Profil Lazer Kesim Hidrolik Ayna (Anonim 2016)

Çizelge 3.2. BLM Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler

BLM LT FIBER	
Maksimum Dış Çap	152.4 mm
Maksimum Boru Uzunluğu	6500 mm
Maksimum Kesilmiş Parça Boyu	3000 mm
Maksimum Kesilmiş Parça Boyu (Opsiyon)	3500 / 4500 / 6500 mm
Maksimum Malzeme Ağırlığı	15 kg/m
Lazer Gücü	2 / 3 kW

Çizelge 3.3. MAZAK Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler

Mazak Fabri Gear 2200	
Maksimum Dış Çap	220 mm
Maksimum Boru Uzunluğu	152,4 mm
Maksimum Kesilmiş Parça Boyu	8000 mm
Maksimum Kesilmiş Parça Boyu (Opsiyon)	8000 mm
Maksimum Malzeme Ağırlığı	327 kg
Maksimum Malzeme Kalınlığı	
- Konstrüksiyon Çeliği	19 mm
- Paslanmaz Çelik	8 mm
- Alüminyum	6 mm

Çizelge 3.4. TTM Firmasının Benzer Makinesine Ait Teknik Özellikler

	Minimum	Maksimum
Boru Çapı	12 mm	168 mm
Kare Profil Ölçüsü	15x15 mm	140x140 mm
Dikdörtgen Profil Ölçüsü	20x15 mm	150x120 mm
Açık Şekilli Profiller	NPU,L	
Maksimum Yükleme	25 kg/m	
Yükleme Uzunluğu	6,5 m	8,5 m
Boşaltma Uzunluğu	2 m	6 m
Malzeme Çeşitleri	Kons. Çeliği, Paslanmaz Çelik, Alüminyum	
Güç Kaynağı Tipi	Fiber	
Kesim Kafası Tipi	3D	

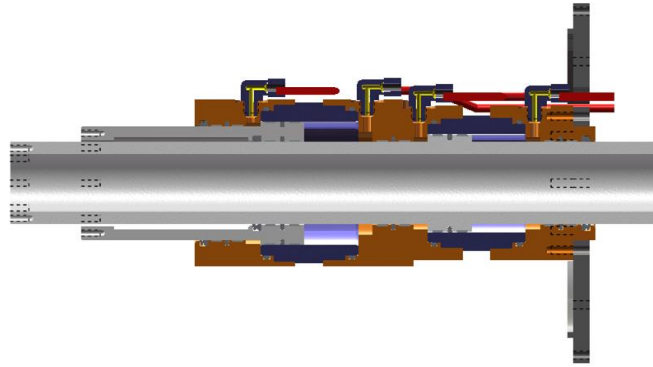
3.3. Yöntem

Bu tez çalışmasında, makinenin kesebildiği malzeme ölçü aralığı rakip makinelere göre daha geniş olması ve daha hassas şekilde sıkma kuvvetinin ayarlanması gerektiğinden hidrolik sistem tercih edilmiştir. Çenelerin 2+2 şekilde birbirinden bağımsız çalışabilmesi için iç içe geçmiş iki adet hidrolik silindir kullanılmıştır. Her hidrolik silindir karşılıklı 2 çeneye itme ve çekme kuvveti uygulamaktadır. Silindirlerin içindeki pistonlar hem ileri geri hareket etmektedirler hem de çenelere bağlı oldukları için çenelerle birlikte dönme hareketi yapmaktadırlar. Pistonların ileri ve geri yönde uyguladıkları kuvvetin çenelere aktarılması için, 45° açılı T kanallar kullanılmıştır. T kanallar, pistonlardan yatay yönde gelen kuvveti T kanallar içinde dikey yönde çalışan istavroz şeklinde parçalara aktarmaktadır. Bu şekilde yatayda 1 birimlik hareket dikeyde 1 birimlik harekete çevrilerek çenelerin açma ve kapama hareketi sağlanmaktadır.

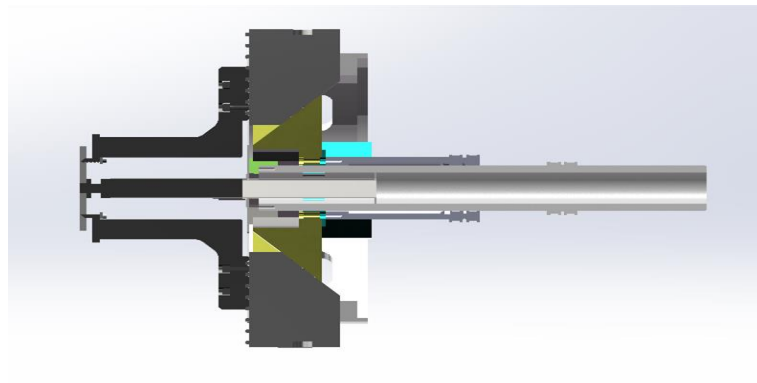
Şekil 3.10' da gösterilen iki hidrolik silindir aynı pompa ve depodan tahrik edilmektedir. Hidrolik borulama paralel bağlantı şeklinde yapılmaktadır. Ayna

çenelerinin profili kavrarken kapanma hızları birbirine yakın olması profili hassas merkezleme açısından önemlidir. Bu yüzden hidrolik silindirlerin kesit alanları arasındaki fark minimum seviyede tutulmalıdır. Herhangi iki çenenin profile önce basması durumunda; iki silindir aynı hidrolik üniteden tahrik aldığı için diğer iki çene de profili kavrayana kadar çeneler tam sıkma kuvvetine ulaşamamaktadır. Böylece önce kavrayan çeneler profilin merkezlenmesine engel olamamaktadır. Aynanın çene ve döner kısmı Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

İçteki silindirin pistonunun içinden toz ve küçük parçacıkların emişi yapılabilmesi için Ø50 delik bırakılması gerekmektedir. Dolayısıyla bütün hidrolik sistemin ölçülendirmesi bu Ø50 delikten başlanarak yapılmıştır.



Şekil 3.10. Hidrolik Silindir Yapısı



Şekil 3.11. Ayna Döner Çene Kısmı

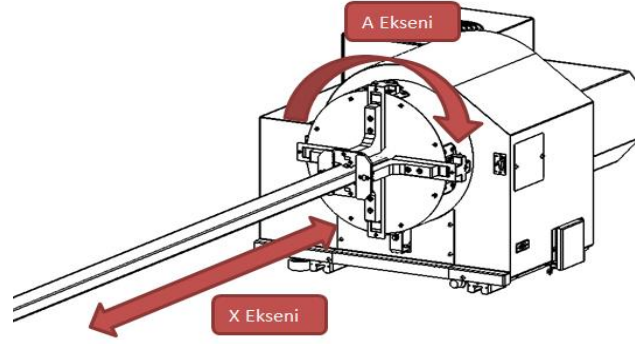
3.4. Sıkma Kuvvetinin Tayini

Lazer boru-profil kesim makinelerinde iş parçasını tutan ayna, Şekil 3.12’de görüldüğü gibi parçanın hem A ekseninde dönme hem de X ekseninde ileri-geri hareketini sağlamaktadır. Lazer kesim işleminde torna tezgâhlarında olduğu gibi iş parçası üzerine gelen bir işleme kuvveti bulunmamaktadır. Bu yüzden ayna çenelerinin sıkma kuvveti torna aynasına göre daha düşük olabilir. Bununla birlikte lazer tezgâhında aynanın dönme ve doğrusal hareketleri yüksek ivmeli ve hızlı hareketlerdir. Bu hareketler sırasında iş parçasının ayna çenelerindeki konumunun değişmemesi kesim hassasiyetinin elde edilmesi açısından çok önemlidir. Lazer ile kaliteli bir kesimde beklenen kesim hassasiyeti $\pm 0,05$ mm’dir. Buradaki hata aslında eksen hareketlerinde kullanılan motor, redüktör, pinyon-kremayer, bilyalı mil gibi hareket elemanlarındaki ve lineer ya da döner yataklama elemanlarındaki boşluktan kaynaklanmaktadır. $\pm 0,05$ mm tolerans değeri tüm hareket elemanlarından gelen hatanın toplamı şeklinde yorumlanabilir. Beklenen kesim hassasiyetinin sağlanabilmesi için boru ve profil kesim uygulamalarında ayna çenelerinin malzemeyi hassas ve pozisyonunu kaçırmadan tutması gerekmektedir.

Diğer bir husus da çenelerin malzemeyi tutarken malzeme yüzeyine ezme şeklinde tahribat vermemesi. Malzemenin bu kısmı bazı kesimlerde fire parça olurken bazı kesimlerde nihai iş parçası olarak değerlendirilmektedir.

Bu bilgiler çerçevesinde ayna çenelerinin sıkma kuvvetini hesaplarken dikkate alınacak hususlar:

1. Aynanın A ve X eksenindeki yüksek ivmeli hareketlerinde çeneler iş parçasını kaçırmamalı.
2. Malzeme tipi ve kesilecek boru-profil et kalınlıkları göz önüne alınarak tutma işleminde malzemeyi deforme etmemeli.



Şekil 3.12. Ayna Hareket Eksenleri

A eksenindeki hareketlerde kare, dikdörtgen gibi profillerde herhangi bir pozisyon kaçırma durumu malzemenin şekli nedeniyle söz konusu değildir. Ancak pozisyon kaçırma durumu sadece boru malzemeler için geçerlidir. X eksenindeki hareketlerde ise tüm boru ve profiller için kaçırma riski bulunmaktadır.

Makinanın kesim sırasında ve boştaki hareketlerinde ayna çenelerinin malzemeyi salmaması veya kaçırmaması için gereken sürtünme kuvvetinin tayininde en kötü durumları ele alacak olursak;

Makinanın kesebileceği, atalet değeri ve ağırlığı en büyük olan boru malzemenin, yani Şekil 3.13'te gösterilen Ø170 ve 8 mm et kalınlığında çelik borunun;

a) X ekseninde 10 m/s^2 ivme ile hareket ettirilmesi:

Ø170 mm çapında, 8 mm et kalınlığında ve 6500 mm uzunluğunda çelik bir borunun ağırlığı 206.4 kg'dır.

$$F = m.a \quad (3.1)$$

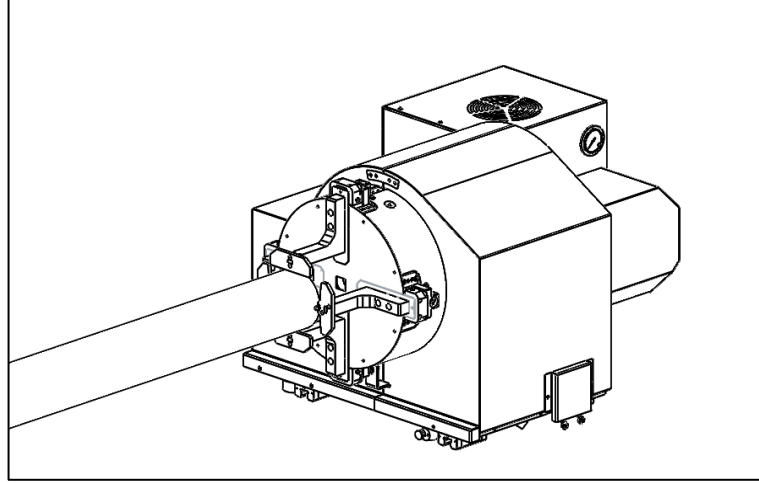
$$F = 206,4 \times 9,81 = 2064 \text{ N}$$

Çelik-Çelik arasındaki sürtünme katsayısını malzemelerin yağlı olabileceğini de göz önüne alarak $\mu=0.1$ alırsak;

$$F = F_n \times \mu \quad (3.2)$$

$$F_{n_X} = F / \mu = 2064 / 0,1 = 20640 \text{ N}$$

$$= 20,6 \text{ kN} \quad \text{sıkma kuvveti gerekir.}$$



Şekil 3.13. Maksimum Çapta Boru Yüklenmiş Ayna

b) A ekseninde $\alpha = 50 \text{ rad/s}^2$ açısal ivme ile hareket ettirilmesi;

$\text{Ø}170 \text{ mm}$ çapında, 8 mm et kalınlığında ve 6500 mm uzunluğunda çelik bir borunun ataleti $J_b = 1,357 \text{ kg. m}^2$ dir.

$$M_b = J_b \cdot \alpha = 1,357 \times 50 = 67,85 \text{ Nm} \quad (3.3)$$

$$r = 170 / 2 = 85 \text{ mm} = 0,085 \text{ m}$$

$$F_A = M_b / r = 67,85 / 0,085 = 798,24 \text{ N} \quad (3.4)$$

$$F_{n_A} = F_A / \mu = 798,24 / 0,1 = 7982,4 \text{ N} \quad (3.5)$$

$$= 7,98 \text{ kN} \quad \text{sıkma kuvveti gerekir.}$$

c) Borunun X ekseninde $a = 10 \text{ m/s}^2$ ivme ile, A ekseninde $\alpha = 50 \text{ rad/s}^2$ açısal ivme simultane şekilde hareket ettirilmesi;

Makinenin kesim sırasında ya da boşta hareketleri sırasında bileşke hareketler sıklıkla görülür. Bu durumda bileşke kuvvet hesaplandığında;

$$F_{\text{bileşke}} = \sqrt{F_X^2 + F_A^2} = \sqrt{2064^2 + 798,24^2} \quad (3.6)$$
$$= \sqrt{4260096 + 637187,1}$$

$$F_{\text{bileşke}} = 2213 \text{ N}$$

$$F_{n_bileşke} = F_{\text{bileşke}} / \mu = 2213 / 0,1 = 22130 \text{ N} \quad (3.7)$$
$$= 22,1 \text{ kN sıkma kuvveti gerekir.}$$

En kötü durumlar ele alındığında 4 ayna çenesinin toplamda en az 22,1 kN sıkma kuvveti uygulaması gerektiği sonucuna varılmıştır. Tez çalışmasında hesaplamalar 25 kN sıkma kuvveti üzerinden yapılacaktır.

3.5. Hidrolik Sistem

3.5.1 Hidrolik Sistem Tanıtımı

Hidrolik Sistemin Temel Yapısı, Mantığı ve Çalışma Kuralları

Elektrik motorunun tahrik ettiği hidrolik pompa ile akışkanın belirli basınçta ve debide basıldığı ve bu hidrolik enerji ile doğrusal, dairesel ve açsal hareketin üretildiği sistemdir.

Hidrolik sistemlerin Üstünlükleri:

- Hidrolik sistemler sessiz çalışırlar.
- Hidrolik akışkanlar, sıkıştırılmaz kabul edildikleri için titreşimsiz hareket elde edilir.
- Yüksek çalışma basınçları elde edilebilir.
- Hareket devam ederken hız ayarı yapılabilir.

- Akışkan olarak hidrolik yağ kullanıldığı için devre elemanları aynı zamanda yağlanmış olurlar.
- Emniyet valfleri yardımıyla sistem güvenli çalışır.
- Hassas hız ayarı yapılabilir.
- Hidrolik akışkan oluşan ısının çevreye yayılmasını sağlar.
- Hidrolik devre elemanları uzun ömürlüdür.

Hidrolik Sistemlerin Dezavantajları:

- Hidrolik akışkanlar, yüksek ısılara karşı hassastır. Akışkan sıcaklığının 500C'yi geçmesi istenmez.
- Hidrolik devre elemanları, yüksek basınçlarda çalışacağı için yapıları sağlam olmalıdır.
- Hidrolik devre elemanlarının fiyatları pahalıdır.
- Hidrolik devre elemanlarının bağlantıları sağlam ve sızdırmaz olmalıdır.
- Hidrolik akışkanların sürtünme direnci yüksek olduğu için uzak mesafelere taşınamaz.
- Depo edilebilirliği azdır.
- Akış hızı düşüktür. Devre elemanları, düşük hızlarla çalışır.
- Hidrolik akışkanlar havaya karşı hassastır. Akışkan içindeki hava gürültü ve titreşime yol açar, düzenli hızlar elde edilemez. (Güçtekin, 2019)

3.5.2 Hidrolik Devre Elemanları Yapısı ve Çalışma Özellikleri

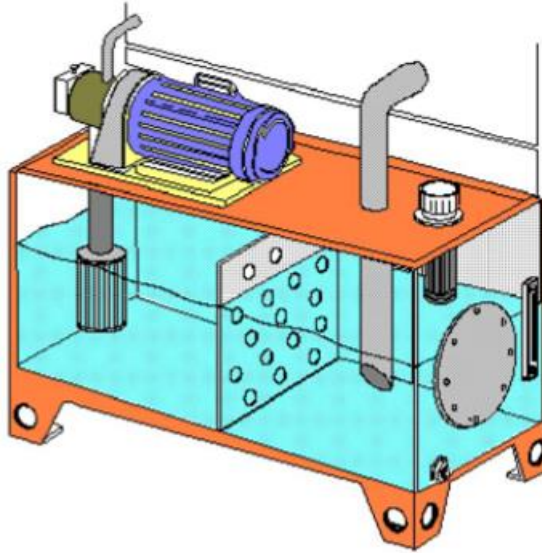
Tank ve Özellikleri

Hidrolik akışkanı depolayan, çalışma şartlarına uygun şekilde hazırlayan devre elemanlarına depo (tank) adı verilir ve tank ile ilgili görseller Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te görüldüğü gibidir. Isınan hidrolik akışkanın kolayca soğutulması için deponun alt kısmı hava akımı oluşturacak şekilde dizayn edilmelidir. Depoya dönen akışkanın dinlenmeden emilmesini önlemek için dinlendirme levhası konulmalıdır. Depo kapasitesi, hidrolik sisteme gerekli olan akışkan miktarına ve dağıtım

sisteminin büyüklüğüne göre seçilir. Pratik olarak pompa debisinin 3-5 katı kadar alınabilir.



Şekil 3.14. Hidrolik Tank (Üstten ve Önden Görünüş) (Güçtekin, 2019)



Şekil 3.15. Hidrolik Tank İç Yapısı (Güçtekin, 2019)

Pompalar

Tankta bulunan akışkanı, ayarlanan basınç ve debide sisteme gönderen devre elemanıdır. Pompalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürür. Pompa, dönme hareketini elektrik motorundan alır. Pompalar basınç oluşturmaz. Akışkan sistemde bir engelle karşılaştığında basınç oluşur.

Pompa seçilirken, kullanılacak sistemin işlevini yerine getirebilecek debiyi ve basıncı üretebilecek büyüklükte seçilmeli, kataloğunda yazan akışkan ve filtre

kullanılmalıdır. Pompa çalıştırılırken elektrik motorunun dönüş yönü ile pompa milinin dönüş yönü birbirine uygun olmalıdır. Pompanın içindeki koruyucu yağlar temizlenmelidir. İlk harekete geçerken basınç borusunun havası alınmalı, emiş borusu hidrolik yağla doldurulmalıdır. Ayrıca yağ seviyesi sık sık kontrol edilmelidir. Şekil 3.16’da hidrolik pompa görseli bulunmaktadır.

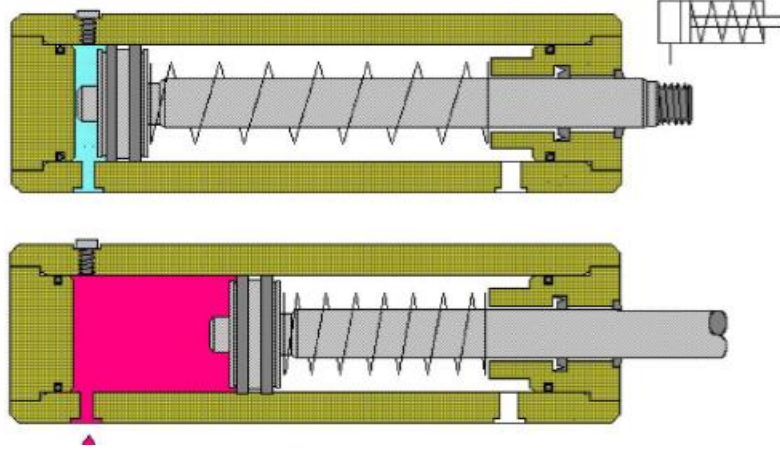


Şekil 3.16. Hidrolik Pompa (Güçtekin, 2019)

Silindirler

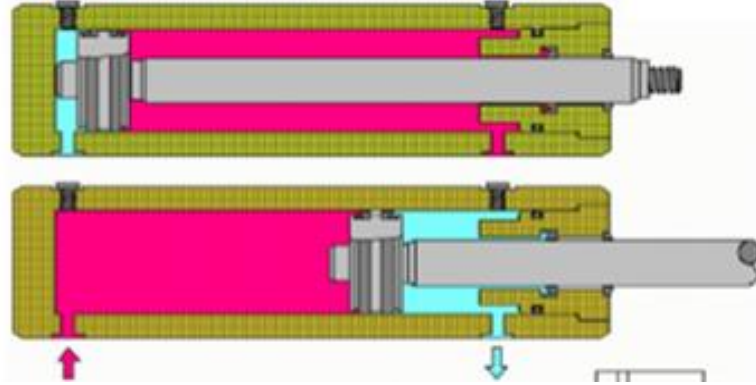
Hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren devre elemanına hidrolik silindirler denir ve iki ana gruba ayrılır:

Tek etkili silindirler: Şekil 3.17’de gösterilen basınçlı akışkan silindirin tek yönünden girip pistonun tek bir yüzeyine etki ediyorsa bu tip silindirlere tek etkili silindir denir. Dönüşü, yaylı ve yaysız olabilir.



Şekil 3.17. Tek Etkili Silindir (Güçtekin, 2019)

Çift etkili silindirler: Şekil 3.18’de görüldüğü gibi basınçlı akışkan silindirin iki ayrı yerinden girip pistonun iki yüzeyine etki ederek ileri geri hareketleri akışkan gücüyle üreten silindirlerdir.



Şekil 3.18.Çift Etkili Silindir (Güçtekin, 2019)

3.5.3 Hidrolik Sistem Tasarımı ve Hesapları

Ayna hidrolik sistemi tasarımında belirlenen tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir:

- Maksimum basınçta 25 kN sıkma kuvvetini sağlayabilmeli.
- Ölçüsel ve ağırlık olarak minimum tutulmalıdır, çünkü aynanın genel yapısını en çok belirleyen parçası olacaktır. Ayna hacmi ve toplam ağırlığı ne kadar

düşük seviyede tutulursa aynanın dinamik performansı o kadar arttırılabilir olacaktır.

- Ortasından emiş yapılabilmesi için Ø50 bir delik olmalı.
- Silindir gövdeleri sabit fakat pistonları çenelerle birlikte döner şekilde olmalı, keçeler ve yataklamalar buna uygun seçilmelidir.

Çenelerde sıkma hareketi 45° kama hareketi ile birebir oranında pistonların yatay hareketinden gelmektedir. Burada pistonların uygulayacağı kuvvetin bir kısmı 45° kama hareketinde oluşacak sürtünme kuvvetini yenmek için harcanacağı öngörülmektedir. Sürtünen yüzeylerde oluşacak kuvvet kaybının en aza indirmek için bu yüzeylerde yağlama kanalları açılarak periyodik olarak gresle yağlanacaktır.

Çenelerde gerekli sıkma kuvveti 22 kN'dur. Sürtünme kayıplarını göz önünde bulundurarak pistonların itme kuvvetini 25 kN olarak kabul edeceğiz.

Hidrolik silindirler Ø50 delikten başlayarak ölçülendirilmeye başlanmıştır. Standart toz keçeleri, boğaz keçeleri ve yataklama bantları ölçüleri dikkate alınarak iki gövde ve piston çapları belirlenmiştir. Parçaların malzeme tedarikleri ve imal usulleri göz önünde bulundurularak hidrolik silindirlerin boyutsal tasarımı tamamlanmıştır. Buna göre;

İçteki silindirin kesit alanı $A_1 = 2060 \text{ mm}^2$

Dıştaki silindirin kesit alanı $A_2 = 1805 \text{ mm}^2$ olmuştur.

Silindirlerin kesit alanı oranı;

$2060 / 1805 = 1,14$ olarak gerçekleşmiştir. Yani silindir hacimlerinin farkından kaynaklanacak zaman farkı %14 olacaktır.

İki silindirin toplam kesit alanı ise;

$$A_T = A_1 + A_2 = 3865 \text{ mm}^2 = 38,65 \text{ cm}^2 \quad (3.8)$$

Gerekli pompa basıncı;

$$p = F / A = 30 \text{ kN} / 38,65 \text{ cm}^2 \quad (3.9)$$

$p = 77,6 \text{ bar}$ olur.

$3,2 \text{ cm}^3/\text{dev.}$ ve 1500 dev/dk 'lık bir pompa kullanıldığında pompa debisi ;

$$Q = (V.n.\mu) / 1000 = (3,2 \times 1500 \times 0,9) / 1000 \quad (3.10)$$

$Q = 4,32 \text{ lt/dk}$ olur.

Pompa gücü;

$$P = (p \cdot Q) / 540 = (77,6 \times 4,32) / 540 \quad (3.11)$$

$P = 0,62 \text{ kW}$ olur.

Hidrolik sistemin minimum 5 barda çalışacağı düşünülürse minimum sıkma kuvveti;

$$F = p \times A = 5 \times 38,65 = 193,25 \text{ daN} \quad (3.12)$$

$F = 1,9 \text{ kN}$ olur.

Hidrolik Tesisat Boru Çapı Hesabı

Hidrolik sistemde kullanılacak boruların çapları;

$$D = \sqrt{ Q \left(\frac{\text{lt}}{\text{dk}} \right) * \frac{21,22}{V \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)} } \quad (3.13)$$
$$= \sqrt{ 4,32 \left(\frac{\text{lt}}{\text{dk}} \right) * \frac{21,22}{3 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)} } = 5,5 \text{ mm}'den büyük olmalıdır.$$

3.6. Motor-Redüktör Hesapları

Boru-profil kesim makinelerinde aynanın dönme ve sürme hızı parça üretim süresini belirleyen en önemli faktörlerdir. Kesim sırasında lazer kesimin izin verdiği belli

sınırlar içinde hızlara ulaşılır. Ancak kontörler arası geçişlerde ve profilin döndürülmesi sırasındaki hızlar genellikle parça kesim süresini belirlemektedir. Dönme hareketi kısa stroklarda olduğu için ivme ve jerk değerlerinin etkisi ön plana çıkmaktadır.

Lazer kesim hızları:

Lazer kesimde malzeme kalınlığına göre kesim hızları değişmektedir. Malzeme et kalınlığı arttıkça lazer kesim hızı düşmektedir. Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'te düz sac kesimde malzeme kalınlığına göre kesim hızları gösterilmiştir. Lazer ile boru-profil kesim makinelerinde kesilen maksimum malzeme et kalınlığı 8mm olduğundan çoğunlukla 2000 W lazer gücü kullanılmaktadır. Tablolardan görülebileceği üzere kesim sırasında hız maksimum 30 m/dk olmaktadır.

Çizelge 3.5. Oksijen İle Siyah Sac Kesim Parametreleri

Standart Kesme Değerleri ve Tüketim Verileri						
Lazer: 2000 Watt						
Odak: 150mm						
Materyal: Siyah Sac						
Kesme Gazı: Oksijen						
Kalınlık (mm)	Güç (Watt)	Hız (mm/dk)	Nozul Tipi	Nozul Çapı (mm)	Gaz Basıncı (bar)	Gaz Tüketimi (lt/dak)
0,5	2000	12000	Tek	1,5	2,2	67
1	2000	7000	Tek	1,5	2,2	67
1,5	2000	5000	Tek	1,5	2,2	67
2	2000	4800	Tek	1,5	2,2	67
3	2000	4000	Çift	1,2	0,7	23
4	2000	3100	Çift	1,2	0,7	23
5	2000	2600	Çift	1,2	0,7	23
6	2000	2200	Çift	1,2	0,7	23
8	2000	1600	Çift	1,2	0,7	23

Çizelge 3.6. Oksijen İle Siyah Sac Kesim Parametreleri (Devamı)

10	2000	1200	Çift	1,2	0,7	23
12	2000	900	Çift	1,5	0,7	36
(16)	2000	700	Çift	4	0,7	254

Çizelge 3.7. Azot İle Paslanmaz Sac Kesim Parametreleri

Standart Kesme Değerleri ve Tüketim Verileri						
Lazer: 2000 Watt						
Odak: 150mm						
Material / Materyal: Paslanmaz Sac						
Cutting Gas / Kesme Gazı: Azot						
Kalınlık (mm)	Güç (Watt)	Hız (mm/dak)	Nozul Tipi	Nozul Çapı (mm)	Gaz Basıncı (bar)	Gaz Tüketimi (lt/dak)
0,5	2000	30000	Tek	1,5	10	229
1	2000	20000	Tek	1,5	13	292
1,5	2000	14000	Tek	2	13	592
2	2000	9000	Tek	2	15	592
3	2000	5000	Tek	2	15	592
4	2000	2800	Tek	2	15	592
5	2000	2500	Tek	2,5	15	926
6	2000	1200	Tek	2,5	15	926
(8)	2000	750	Tek	3	15	1333

Çizelge 3.8. Azot İle Alüminyum Kesim Parametreleri

Standart Kesme Değerleri ve Tüketim Verileri						
Lazer: 2000 Watt						
Odak: 150mm						
Materyal: Alüminyum						
Kesme Gazı: Azot						
Kalınlık (mm)	Güç (Watt)	Hız (mm/dak)	Nozul Tipi	Nozul Çapı (mm)	Gaz Basıncı (bar)	Gaz Tüketimi (lt/dak)
0,5	2000	30000	Tek	1,5	10	229
1	2000	20000	Tek	1,5	10	229
1,5	2000	14000	Tek	1,5	10	229
2	2000	9000	Tek	2	10	407
3	2000	5000	Tek	2	15	592
4	2000	3000	Tek	2	15	592
5	2000	2600	Tek	2,5	15	926
6	3000	1200	Tek	2,5	15	926
(8)	2000	750	Tek	3	15	1333

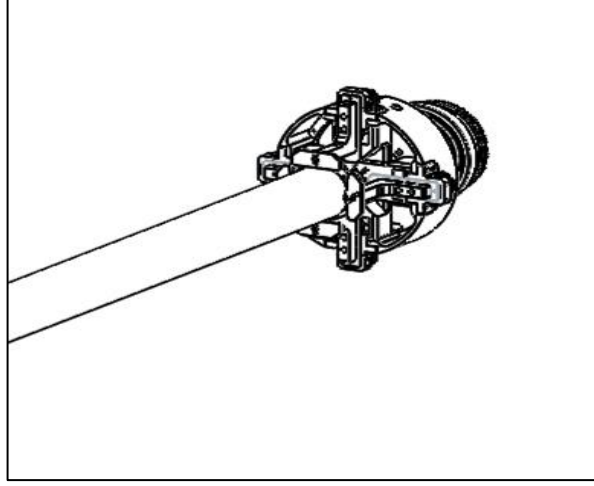
Projede A ve X ekseninde belirlenen tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir;

- Dönme hareketinde (A eksen) 150 dev/dk. hız ve 50 rad/s² ivme
- Doğrusal sürme hareketinde (X eksen) 100 m/dk. hız ve 10 m/s² ivme
- Aynanın pozisyon hassasiyeti X ekseninde $\pm 0,05$ A ekseninde $\pm 0,015$ ° olmalı
- A ekseninde kayış kasnaklı aktarım

Bu başlangıç şartları doğrultusunda sistemde kullanılacak servo motorlar ve boşluksuz planet redüktörlerin seçimi için öncelikle aynanın toplam ağırlığı ve dönen parçaların atalet momentleri 3D tasarım programı yardımıyla belirlenmiştir.

Aynanın toplam ağırlığı: 740 kg

Şekil 3.19’da gösterilen döner parçaların toplam ataleti (Maksimum büyüklükte iş parçası dahil) : 6,23 kg/m²



Şekil 3.19. Ayna Döner Parçaları ve Maksimum Çapta Boru

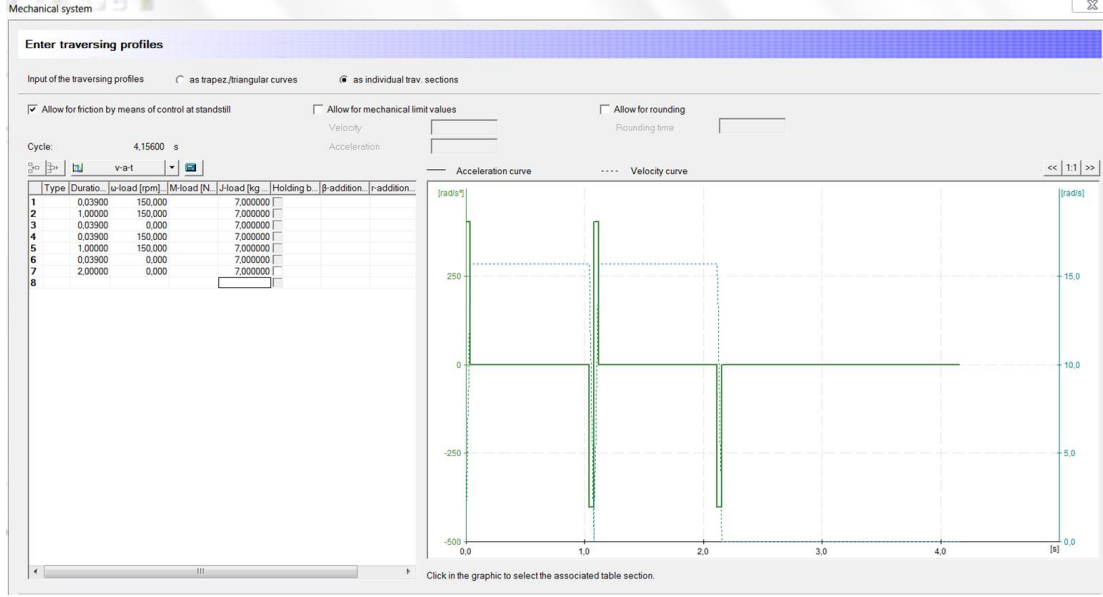
Servo motor ve planet redüktör seçiminde tedarikçi firmaların hesaplama ve ürün seçme programlarından yararlanılmıştır.

A ekseni;

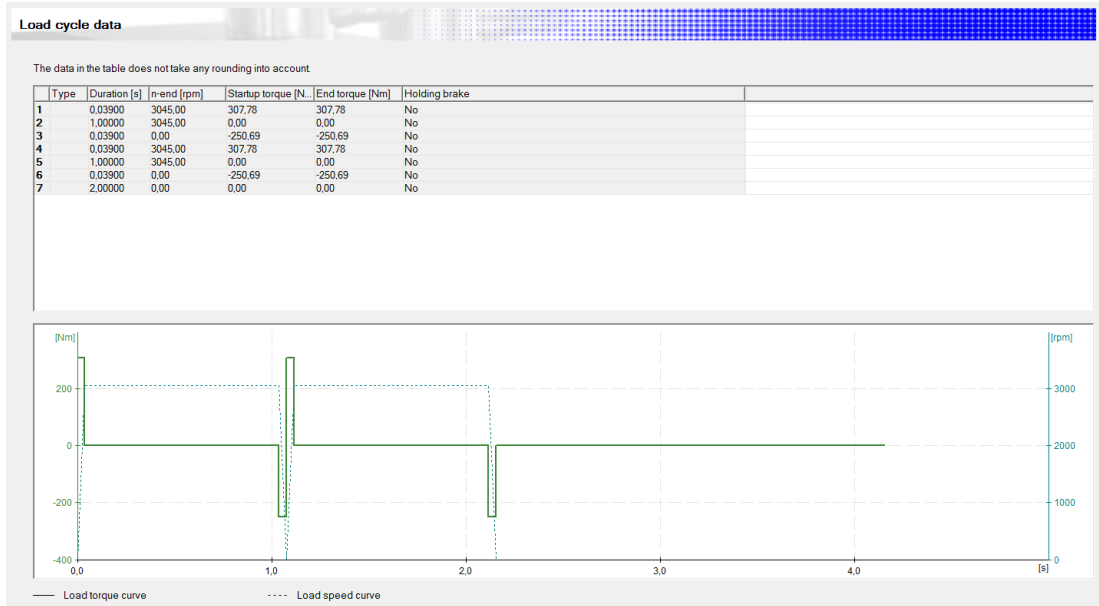
A ekseni hareketinde $\pm 00,015^\circ$ pozisyonlama hassasiyetini elde edebilmek için < 1 arc.min. boşluğunda planet redüktör kullanılması gerekmektedir.

Şekil 3.20’de A eksenin hareket profili gösterilmektedir. Oluşturulan hareket profiline göre tork ve hız grafikleri Şekil 3.21’de gösterilmektedir. Gerekli redüktör bilgileri girildikten sonra ortaya çıkan servo motor tork grafikleri, akım ve ısınma değerleri Şekil 3.22’de gösterilmektedir.

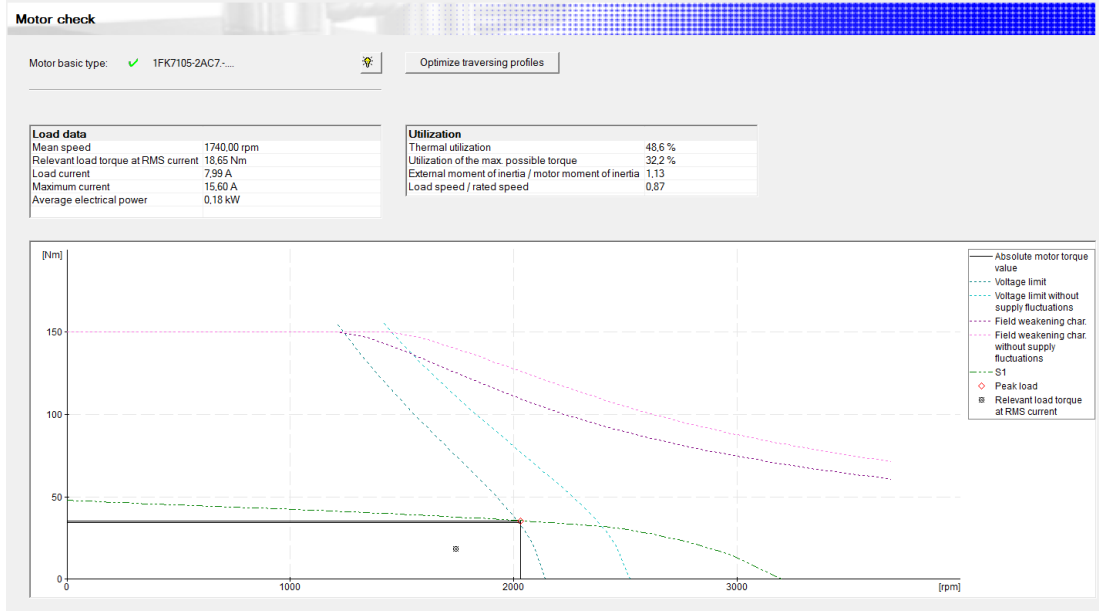
Belirlenen tahvil oranı ve kayış-kasnak bilgileri Şekil 3.23’te redüktör seçim programına girilerek uygun redüktör seçimi yapılmıştır.



Şekil 3.20. A Eksen Hareket Profili



Şekil 3.21. A Eksen Yük Çevrim Datası



Şekil 3.22. A Eksen Motor Kontrol Sayfası

NCP 2.9.0 - Neugart GmbH / C:\Users\RDONMEZ\Desktop\TUBE CUT\DOKUMANLAR\hesaplamalar\AYNA DONDURME.rsd

Kontrol ve ayar hattı Uygulama Araçlar Dokümantasyon Kullanıcı bilgileri Neugart Lisans verme ?

The software interface shows a 3D model of a planetary gearbox and various configuration panels:

- Motor:** Siemens, 1FK7, 1FK710, 1FK7105-5AC71
- Dişli kutusu (Gearbox):** PSN-142, M2
- Yük (Load):** ED: 50, Kavış (Kavış: 204.000 mm, d2: 285.000 mm, J1: 132.000 kgcm², J2: 178.000 kgcm², J_L: 6.230 kgm², A: 50.000 mm, F_v: 5.000.000 N, T_p: 0.000 Nm)
- Özellikler (Properties):** i: 7, T_{2N}: 355.000 Nm, T_{2max}: 710.000 Nm, n_{1max}: 6.500.000 U/min, n_{1 80%T2N}: 2.000.000 U/min, n_{1 100%T2N}: 1.800.000 U/min, J1: 11.096 kgcm², η: 97.000 %, D30: 42.000 mm
- Uygulama verileri (Application data):** Profil: Trapez işletmesi (1/3 kuru), t_p: 2.175 [s], t_{0yc}: 1.087 [s], ED: 50.000 [%], n_{A,max}: 377.206 [U/min], n_{A,m}: 125.723 [U/min], T_{A,max}: 350.276 [Nm], T_{A,m1}: 174.987 [Nm], T_{A,m2}: 202.242 [Nm], T_{A,m7}: 317.214 [Nm]
- Dişli kutusu verileri (Gearbox data):** F_{r,max}: 10.000.000 [N], F_{r,m}: 10.000.000 [N], F_{am,max}: 0.000 [N], F_{am}: 0.000 [N], n_{2,max}: 377.206 [U/min], n_{2,m}: 125.723 [U/min], T_{2,max}: 350.276 [Nm], T_{2,m7}: 317.214 [Nm], V_{a1,T2max}: 2.462 [1], V_{a2,T2m}: 1.111 [1], V_{a3,n2max}: 2.276 [1], V_{a4,Thermik}: 2.276 [1], L_{10h}: 7.532.000 [h], S_d: 3.243 [1], S_f: 0.375 [1], S_p: -
- Motor bilgileri (Motor data):** n_{1,max}: 2.640.441 [U/min], n_{1,m}: 880.059 [U/min], T_{1,max}: 64.816 [Nm], T_{1,m2}: 35.282 [Nm], V_{M1,T1max}: 2.314 [1], V_{M2,T1m2}: 1.020 [1], V_{M3,n1max}: 1.094 [1], λ_{1,max}: 4.276 [1]

Kullanıcı: rdonmez Şu tarihe kadar geçerli: 06.01 NCP Sürüm: 2.9.0.1 DB Sürüm: 2.9.1.0

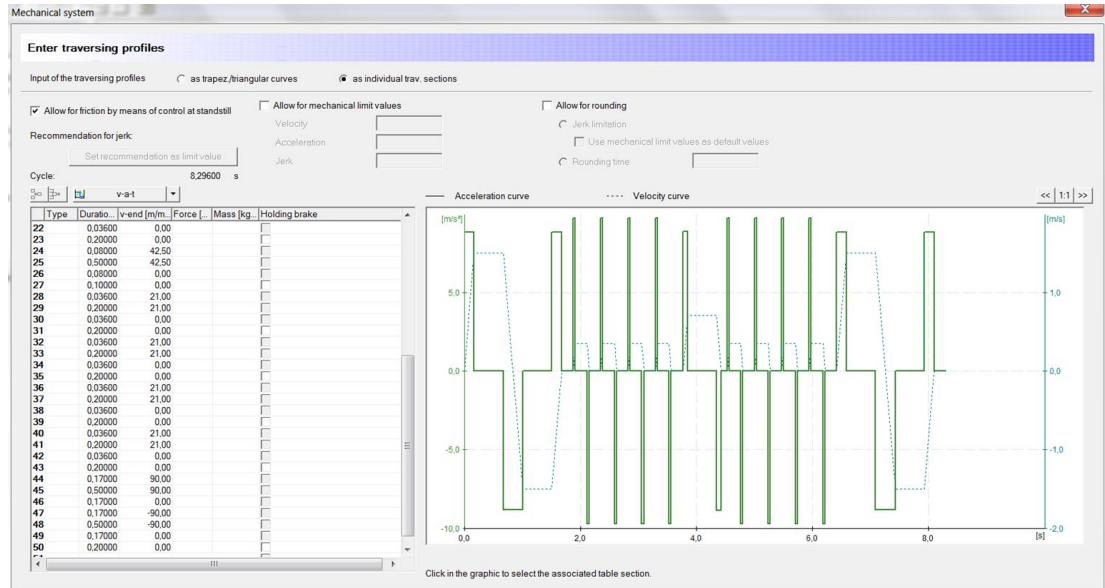
Şekil 3.23. A Eksen Planet Redüktör Seçim Programı

X ekseni;

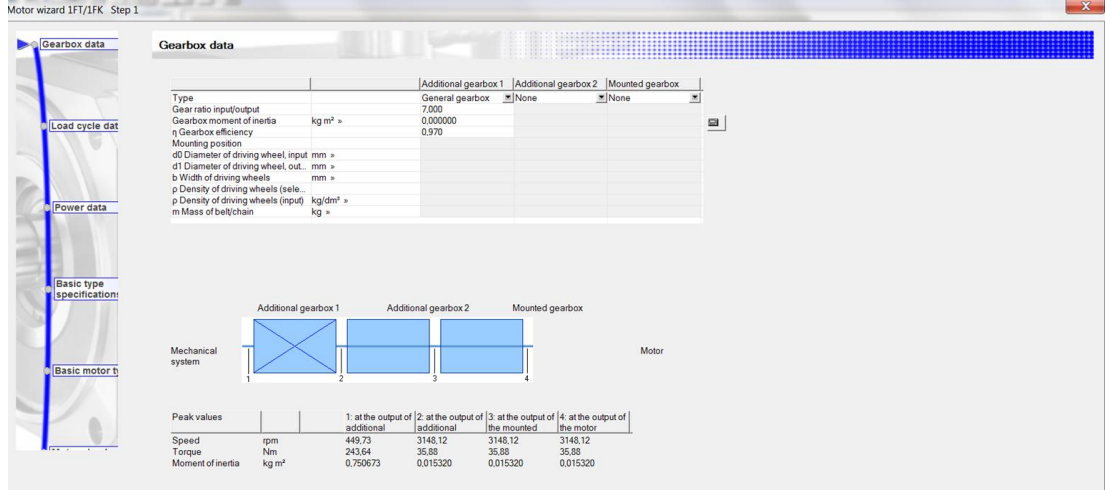
X ekseni hareketinde $\pm 0,05$ pozisyonlama hassasiyetini elde edebilmek için düşük boşluklu hassas işlenmiş ve taşlanmış kramayer-pinyon kullanılması ve redüktörün <1 arc.min. boşluğunda olması gerekmektedir.

Motor seçim programında X ekseni için oluşturulan hareket profili sayfası Şekil 3.24'te gösterilmektedir. Programda, seçilecek servo motor ile birlikte kullanılacak redüktör bilgileri Şekil 3.25'te gösterilen sayfada girilmektedir. Girilen bilgiler doğrultusunda programın oluşturduğu yük çevrim dataları Şekil 3.26'da gösterilmektedir. Şekil 3.27'de gösterilen seçim programının motor kontrol sayfasında seçilen motorun tork grafikleri, akım ve sıcaklık değerleri görülebilmektedir.

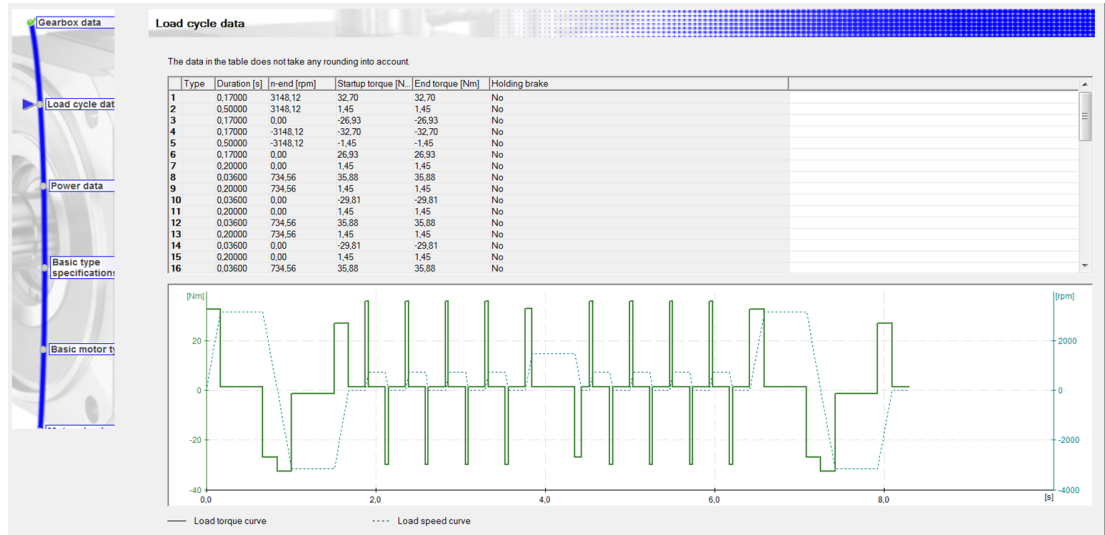
Şekil 3.28'de gösterilen redüktör seçim programı ile motor, yük bilgileri ve tahvil oranı girilerek uygun planet redüktör seçimi yapılabilmektedir.



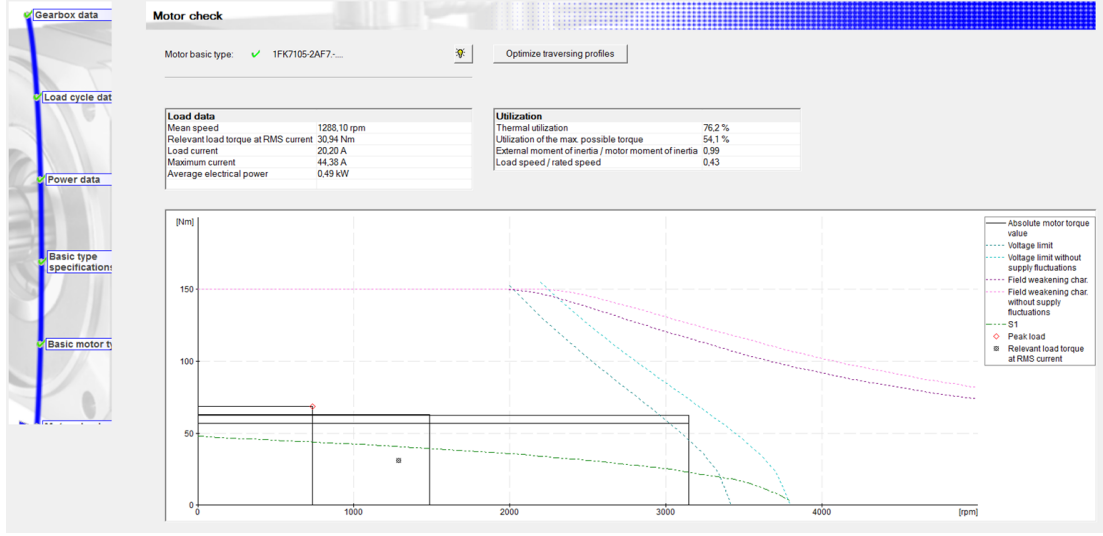
Şekil 3.24. X Eksen Hareket Profili



Şekil 3.25. X Eksen Redüktör Data Sayfası



Şekil 3.26. X eksen Yük Çevrim Data Sayfası



Şekil 3.27. X Eksen Motor Kontrol Sayfası

NCP 2.9.0 - Neugart GmbH / C:\Users\RDONMEZ\Desktop\TUBE CUT DOKUMANLAR\hesaplamalar\AYNA SURME.rsd

Kontrol ve ayar hattı | Uygulama | Araçlar | Dokümantasyon | Kullanıcı bilgileri | Neugart | Lisans verme ?

Uygulama verileri:

Uygul.	Pinyon/kremayer dişli
Profil	Trapez işletmesi (1/3 kuralı)
t_g	1,667 [s]
t_{cyc}	0,833 [s]
ED	50,000 [%]
$n_{A,max}$	468,833 [U/min]
$n_{A,m}$	156,262 [U/min]
$T_{A,m}$	315,503 [Nm]
$T_{A,m1}$	149,951 [Nm]
$T_{A,m2}$	173,512 [Nm]
$T_{A,m7}$	273,901 [Nm]

Dişli kutusu verileri:

F_{max}	7.112,716 [N]
F_{m1}	5.382,907 [N]
F_{m2}	2.352,000 [N]
F_{m3}	1.779,995 [N]
$n_{2,max}$	468,833 [U/min]
$n_{2,m}$	156,262 [U/min]
$T_{2,max}$	315,503 [Nm]
$T_{2,m7}$	273,901 [Nm]
$V_{d1,T2max}$	0,991 [1]
$V_{d2,T2m}$	1,288 [1]
$V_{d3,T2max}$	0,991 [1]
$V_{d4,Thermik}$	0,991 [1]
L_{10h}	103,832,0670 [h]
S_d	0,177 [1]
S_f	0,940 [1]
S_p	--

Motor bilgileri:

$n_{1,max}$	3.281,828 [U/min]
$n_{1,m}$	1.093,833 [U/min]
$T_{1,max}$	67,677 [Nm]
$T_{1,m2}$	36,811 [Nm]
$V_{d1,T1max}$	0,316 [1]
$V_{d2,T1m2}$	1,005 [1]
$V_{d3,T1max}$	0,316 [1]
$\lambda_{1,max}$	2,250 [1]

Motor:

Üretici: Siemens
Yapı serisi: 1FK7
Ana tip: 1FK710
Özel tip: 1FK7105-5AC71

Dişli kutusu:

Dişli kutusu: PSN-142
Tip: PSN-142
Seçenekler: M2

Özellikler:

J : 156,000 $kgcm^2$
 n_{Max} : 5.000,000 U/min
 n_{Nenn} : 2.000,000 U/min
 T_{Nenn} : 37,000 Nm
 T_{Max} : 150,000 Nm
 P : 7.749,000 W

Dişli kutusu özellikleri:

i : 7
 T_{2N} : 355,000 Nm
 T_{2max} : 710,000 Nm
 $n_{1,max}$: 6.500,000 U/min
 $n_{1,80\%T2N}$: 2.000,000 U/min
 $n_{1,100\%T2N}$: 1.800,000 U/min
 J_1 : 11,096 $kgcm^2$
 η : 97,000 %
 $D30$: 42,000 mm

Yük:

Yük: Pinyon/kremayer dişli
ED: 50

Ek veriler:

t_B : 20,000,000 h
 N_z : 43.200,000 KA, 1,000

Dinamik:

t : 0,833 s
 s_2 : 1.296,296 mm
 v_2 : 140,000 m/min
 a_2 : 8,400 m/s²

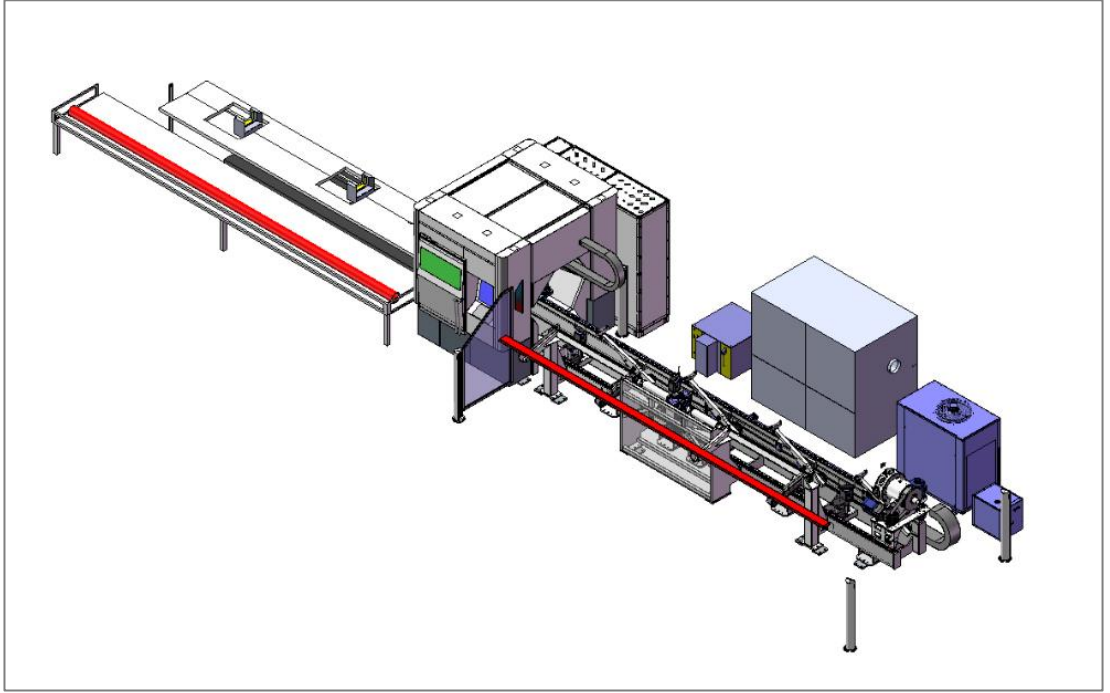
Kullanıcı: rdonmez | Şu tarihe kadar geçerli: 06.01 | NCP Sürüm: 2.9.0.1 | DB Sürüm: 2.9.1.0

Şekil 3.28. X Eksen Redüktör Seçim Programı

4. BULGULAR

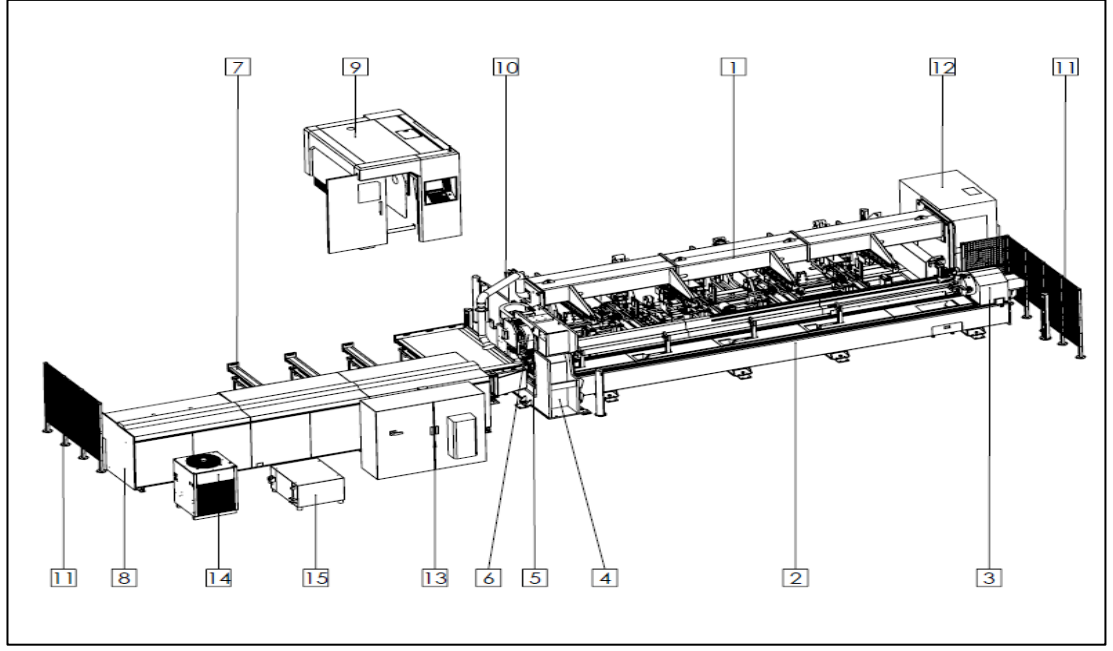
4.1. Tasarım Aşamaları

Rakip araştırmaları, fuar ziyaretlerinde yapılan incelemeler ve kullanıcılar ile yapılan görüşmelerden elde edilen bilgiler doğrultusunda boru-profil kesim makinesinin sürücü aynası için tasarım kriterleri oluşturulmuştur. Makine genel konsepti için yapılan ön çalışma Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bu çalışma sonucunda sürücü aynanın boyutlarının makine genel boyutlarını da etkilediği görülmüş, bu sebeple tasarımda ayna genel ölçülerini minimum seviyede tutmak ana prensip olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1.Boru-Profil Lazer Kesim Makinesi Genel Konsepti

Boru-profil lazer kesim makinesi genel görüntüsü Şekil 4.2’ de gösterilmiştir. Sürücü ayna boru-profil malzemeyi hem A ekseninde döndürmektedir hem de X ekseninde sürmektedir. Kesim kafası X ekseninde sabit, Y ve Z ekseninde hareket etmektedir. Kesim noktasına en yakın konumda sabit bir merkezleme aynası bulunmaktadır. Bu ikinci ayna çeneleri rulo şeklinde ve malzemenin içinden sürülmesine olanak vermektedir. Sürücü aynanın yapısı ve özellikleri makinenin performansını ve kapasitesini belirleyen en önemli unsurlardır.



Şekil 4.2. Durma HD-TC 60170 Makinesi

Çizelge 4.1. Durma HD-TC Lazer Makineyi Oluşturan Elemanlar

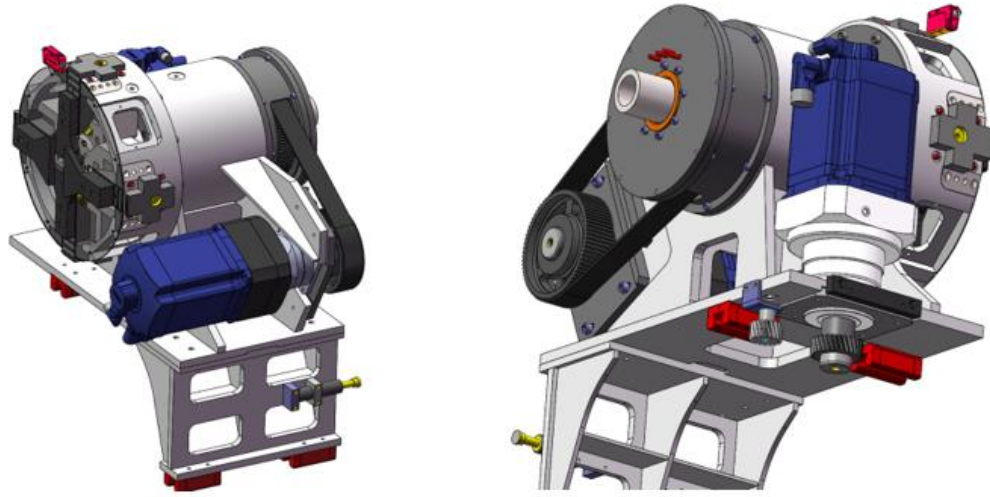
Durma HD-TC Lazer	
1	Yükleme Ünitesi
2	Alt Gövde-Destek Grubu
3	Sürücü Ayna
4	Ana Gövde
5	Merkezleme Aynası
6	Z Eksen
7	Konveyör Bant
8	Boşaltma Ünitesi
9	Kabin
10	Emiş Sistemi
11	Koruma Çiti
12	Filtre
13	Elektrik Panosu
14	Soğutucu
15	Rezonatör

Sürücü ayna tasarım kriterleri;

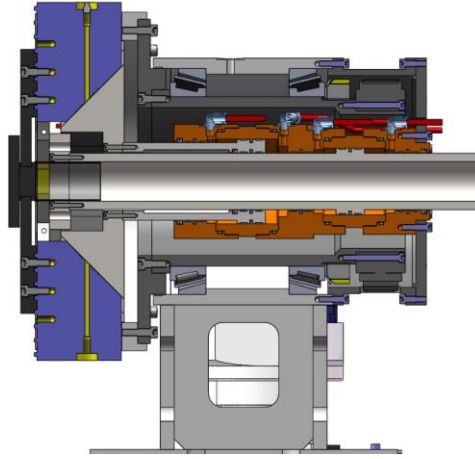
- Kare, dikdörtgen, yuvarlak, H, U, L profilleri merkezde kavrayabilmesi için çeneleri 2+2 şekilde bağımsız çalışabilmeli.
- Çenelerin sıkma kuvveti 25 kN'a kadar çıkabilmeli.
- Çenelerin sıkma kuvveti ayarlanabilir olmalı.
- Çeneler iki kademeli olmalı ve çene uç kısımları kaydırılarak 10-95 ve 95-180 arasında çalışabilmeli.
- Ayna ortasından toz emişi için minimum Ø50 delik bırakılmalı.
- Emilen küçük parçalar toz toplama filtresine ulaşmadan bir kutu içinde toplanabilmeli.
- Ayna çeneleri malzemeyi en fazla 5 mikron kaçıklıkla kavrayabilmeli.
- Aynanın dönme hareketinde yalpalama 10 mikronu geçmemeli.
- Çenelerin sıkma işlemi maksimum 3 s. olmalı.
- Döndürme hızı 150 dev/dk, açısal ivmesi 50 rad/s² olmalı.
- Sürme hızı 100 m/dk, ivmesi 10 m/s² olmalı.
- Çenelerin açılması ve malzemeyi bırakması maksimum 3s. olmalı.
- Manuel yağlama ihtiyacı bulunan noktalar yağlama yapılabilmesi için kolay ulaşılabilir olmalı.
- Ulaşılamayan lineer yatak ve rulmanlarda otomatik merkezi yağlama sistemi olmalı.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4' te gösterilen sürücü ayna genel olarak 8 ana gruptan oluşmaktadır:

- 1) Çene grubu
- 2) Hidrolik silindir grubu
- 3) Dönme hareketi tahrik grubu (A eksen)
- 4) Toz emiş sistemi
- 5) Gövde ve yataklama grubu
- 6) X eksen hareketi tahrik grubu
- 7) Hidrolik ünite grubu
- 8) Kaporta grubu



Şekil 4.3. Sürücü Ayna Genel Görüntüsü



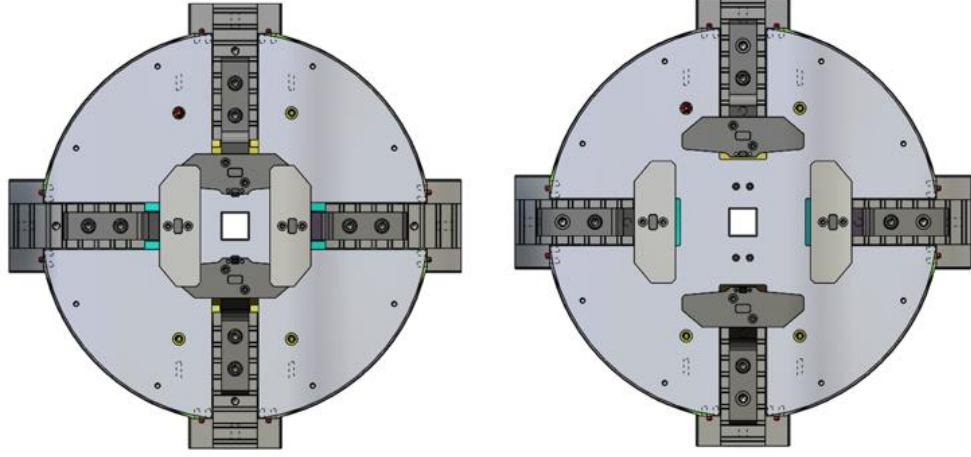
Şekil 4.4. Sürücü Ayna Kesit Görüntüsü

4.1.1 Çene Grubu

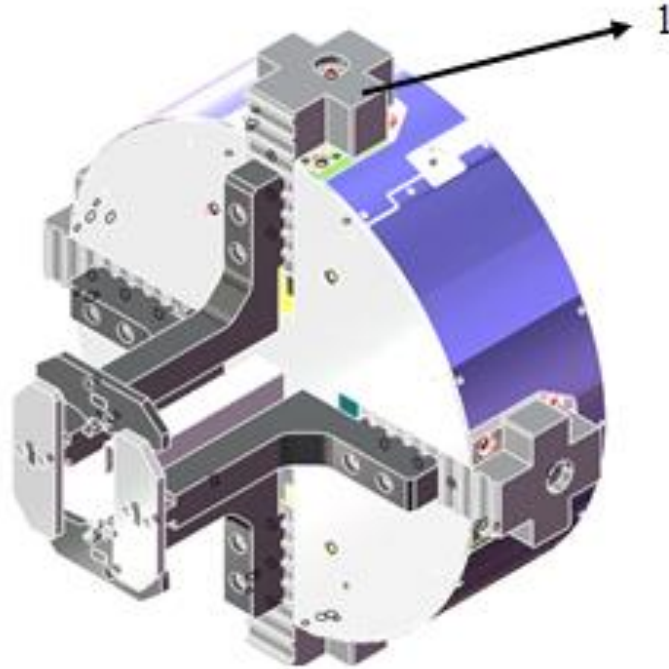
Çeneler Şekil 4.5’de 1 numara ile gösterilen istavroz şeklindeki parçalar üzerine bağlanmıştır. İstavroz parçalar üzerindeki dişler çenelerin hem hassas bir şekilde bağlanabilmesi hem de çeneleri ikinci kademeye kolay bir şekilde alınabilmesi için yapılmıştır. Çenelerin profili tutan yüzeyler malzemenin kaymasını zorlaştıracak yapıda olması için tırtıklı şekilde işlenmiştir.

Ayna çeneleri başlangıçta Şekil 4.5’teki gibi düz bir yapıda tasarlanmıştır. Daha sonra makine tasarımı da tamamlandığında, kesim sırasında sürücü ayna merkezleme aynasına yaklaştığında çenelerinin ön aynanın içine doğru ne kadar fazla girerse iş

parçası üzerinde o kadar fire miktarının az olacağı görülmüştür. Bu sebeple Şekil 4.6'daki gibi çeneler öne doğru 250 mm uzatılmıştır.



Şekil 4.5. Ayna Çene Hareketleri



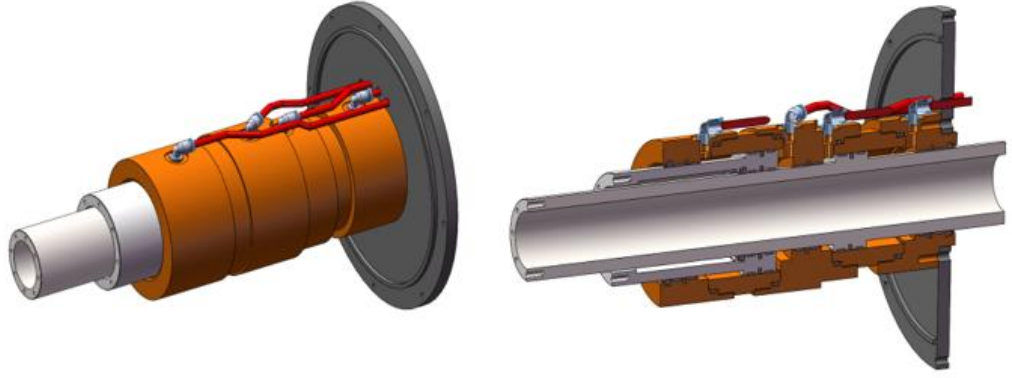
Şekil 4.6. Ayna Uzatılmış Çene Yapısı

4.1.2 Hidrolik Silindir Grubu

Şekil 4.7’de gösterilen hidrolik silindir grubu için belirlenen tasarım kriterleri:

- Çenelerin 2+2 şeklinde birbirinden bağımsız çalışabilmesi için dört çenenin iki ayrı hidrolik silindirden tahrik alması gerekmektedir.
- Hidrolik silindirlerin pistonları çene hareketi için itme kuvvetini uygularken çene grubuyla birlikte dönme hareketi yapacaktır.
- Ayrıca silindirlerin ortasında toz emişi için minimum Ø50 mm çapında delik olması gerekmektedir.
- Silindirlerin eş zamanlı çalışması ve aynı kuvveti uygulaması önemlidir. Aksi halde bir silindir fazla kuvvet uyguladığında ve profili önce sıkıldığında, diğer silindir bu kuvveti yenemeyebilir ve profili merkeze getiremeyebilir. Bu nedenle iki silindirin hacimlerinin mümkün olduğu kadar birbirine yakın olması gerekmektedir.
- Silindir sızdırmazlık elemanlarının hem lineer hem de dönme hareketine uygun olması gerekmektedir.
- Hidrolik silindir grubunun bakım ve arıza için kolay ulaşılabilir ve kolay sökülebilir olması gerekmektedir.

Bu kriterler doğrultusunda yapılan tasarım çalışmaları sonucu Şekil 4.7’deki gibi bir yapı ortaya çıkmıştır. Silindirlerin hidrolik bağlantıları paralel bağlantıyla yapılmış olup tek bir hidrolik üniteden tahrik edilmektedir.



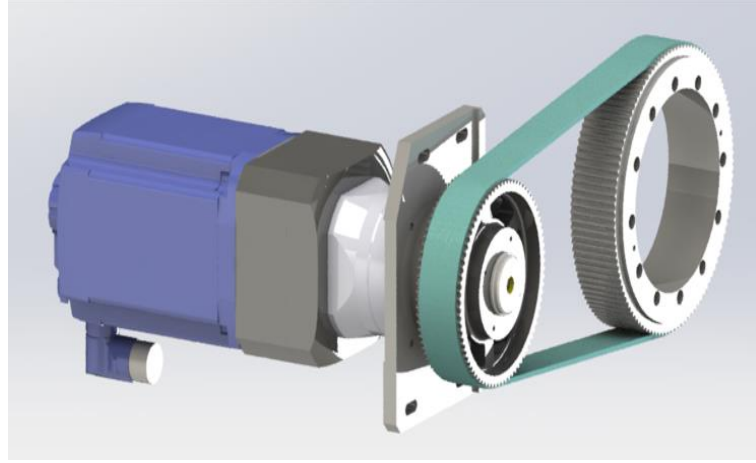
Şekil 4.7.Ayna Hidrolik Silindir Grubu

4.1.3 A Eksen Tahrik Grubu

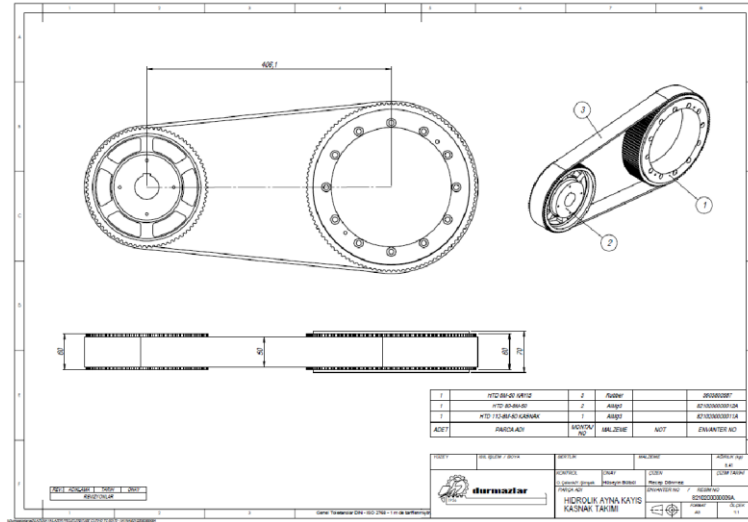
Makinede hedeflenen hız ve ivme değerleri doğrultusunda yapılan motor-redüktör hesaplamaları sonucu uygun servo motor, planet redüktör ve kayış-kasnak mekanizması seçimleri yapılmıştır. Şekil 4.8’de A eksen tahrik grubu ve Şekil 4.9’da A Eksen kayış kasnak takımı gösterilmiştir.

Belirlenen ekipmanlar:

- SERVO MOTOR 1FK7105-2AC71-1RG0 SIEMENS
- REDUKTOR PSN-142-7 - SIEMENS 1FK7105-2AC71-1 NEUGART
- KAYIŞ HTD 8M – 50
- KASNAK HTD 80-8M-50
- KASNAK HTD 112-8M-50 KASNAK



Şekil 4.8. A Eksen Tahrik Grubu

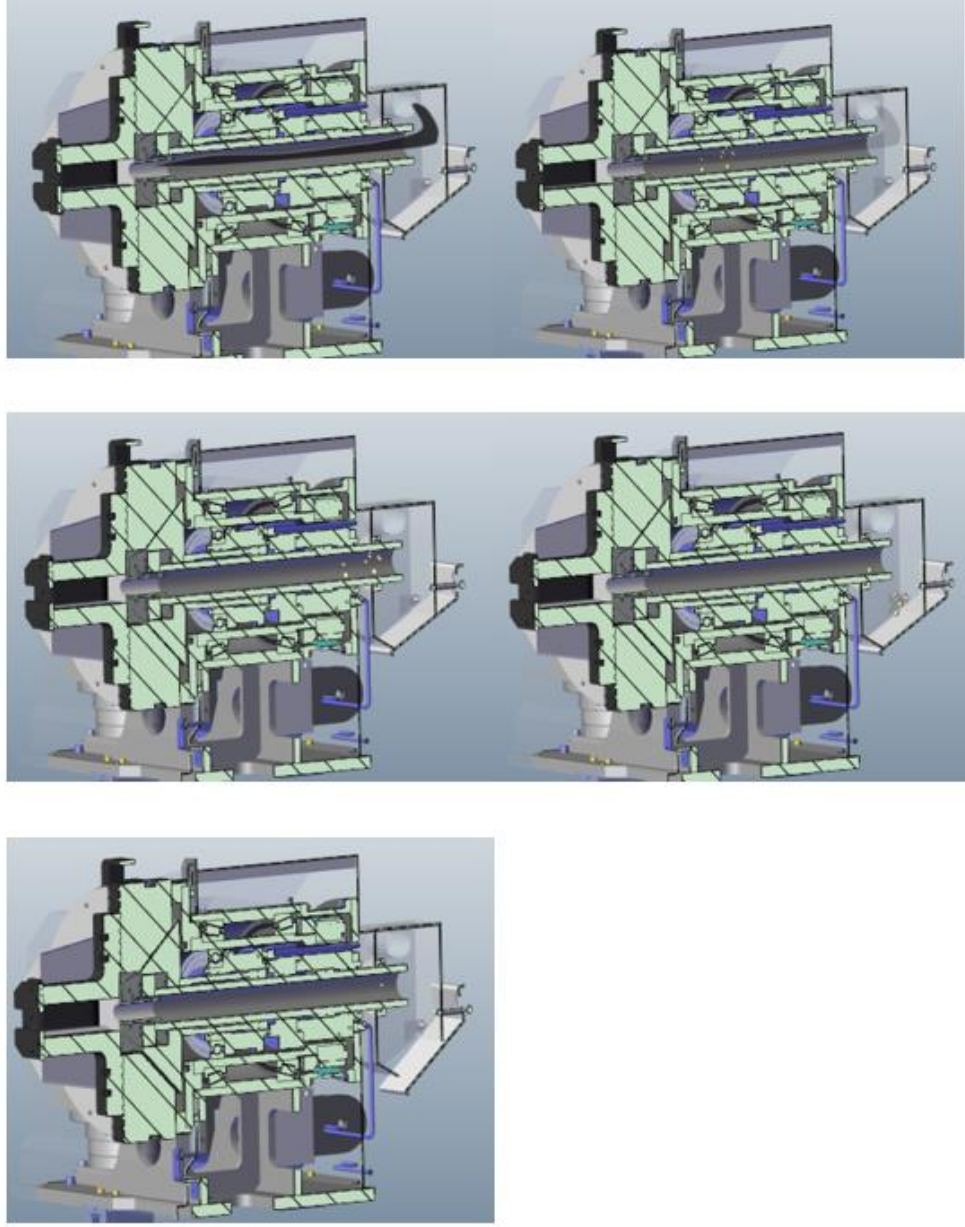


Şekil 4.9. A Eksen Kayış Kasnak Takımı

4.1.4 Toz Emiş Sistemi

Lazer ile boru-profil kesim sırasında malzeme üzerinde kesilen küçük parçalar sıcak olduğu için malzemenin içine yapışabilir ya da birikebilir. Bu durum sonraki işlemler için fazladan bir temizleme işlemini gerektirir. Ayrıca kesim kabini içinden ne kadar emiş toz emişi yapılsa da, lazer kesimde ortaya çıkan toz ve kirli gazın büyük kısmı malzemenin içinde hapsolür. Bu toz ve gazın da ortamdan uzaklaştırılması ve filtrelenmesi gerekmektedir.

Hem parçacıkların hem de toz ve kirli gazın malzeme içinden uzaklaştırılması için sürücü ayna içinde bir emiş sistemi tasarlanmıştır. Emiş sisteminin genel tasarımı ve çalışma prensibi Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Ayna çenelerine kadar uzanan emiş kanalı aynanın arka tarafında bir hazne içine açılır. Bu hazne ile toz emiş filtresi arasında bir spiral hortum bulunmaktadır. Küçük parçaların ve tozun bir kısmının filtreye ulaşması filtre kartuşlarının ömrünü kısaltmaktadır. Bu sebeple hazne içinde toz ve parçacıklar biriktirilip ayna sıfır pozisyonuna geldiğinde yaylı bir mekanizma sayesinde otomatik açılan bir kapak tasarlanmış ve bu şekilde bunların bir kutuya boşaltılması sağlanmıştır.



Şekil 4.10. Sürücü Ayna Emiş Sistemi Çalışma Prensibi

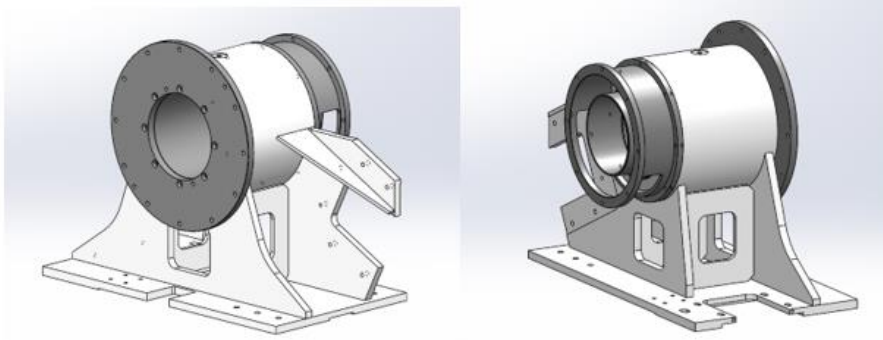
4.1.1 Gövde ve Yataklama Grubu

Ayna gövdesi ilk konsept tasarımda kaba olarak modellenmiştir. Üzerine bağlanan döner grup, tahrik grupları gibi diğer aksamların tasarımı şekillendikten sonra detaylı tasarımı yapılmış ve son halini almıştır. Sürücü ayna hem A ekseninde hem de X ekseninde ivmeli hareketlere maruz kalacağı için döner grubu yataklamada eksenel

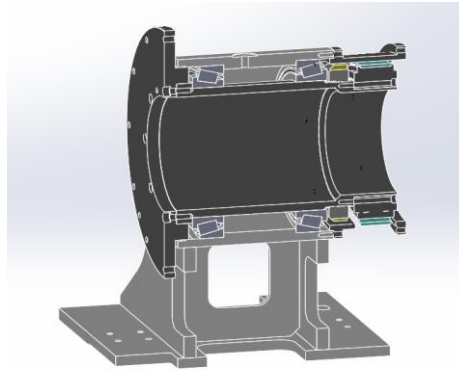
ve radyal yönde yük taşıyabilen konik sıkmalı rulman çifti kullanılmıştır. Gövde tasarlanırken göz önünde bulundurulmuş kriterler:

- Ağır bir döner grubu taşıyacak şekilde rijit bir yapıda olması.
- Aynanın dinamik özelliğini arttıracak olması nedeniyle mümkün olduğunca hafif olması.
- Kompakt bir yapıda olması.
- Üzerinde bulunacak akşamlara bakım ve müdahale için kolay ulaşılabilir yapıda olması.
- Kolay ve hassas şekilde üretilebilir yapıda olması.

Bu kriterler doğrultusunda tasarlanan ayna gövdesi genel yapısı Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



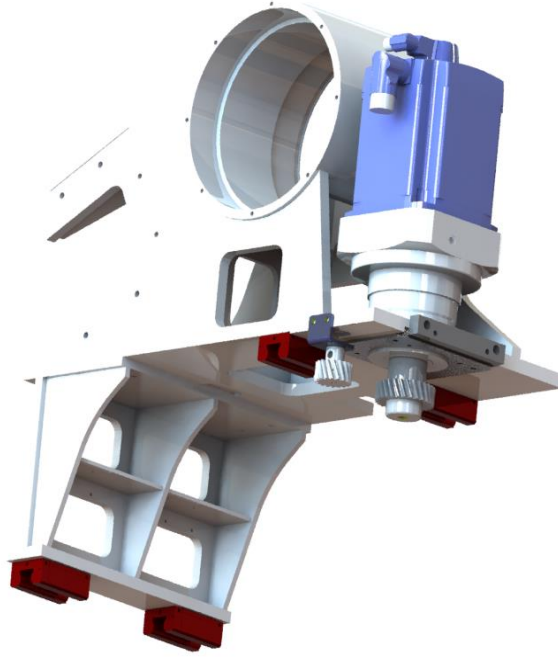
Şekil 4.11. Ayna Gövde Genel Görüntüsü



Şekil 4.12. Ayna Gövde Kesit Görüntüsü

4.1.2 X Eksen Hareketi Tahrik Grubu

Sürücü aynanın X eksen hareketinde, hedeflenen 100 m/dk hız, 10 m/s² ivme ve $\pm 0,05$ pozisyon hassasiyeti değerleri dikkate alınarak helis dişli kremayer-pinyon mekanizması kullanılmıştır. İstenen hassasiyetin yakalanabilmesi için boşluksuz planet redüktör kullanılmıştır. Pinyon ve kremayerler taşlanmış ve sertleştirilmiş olup hassasiyet derecesi Q5'tir. Gayt arabaları %2 ön yüklemeli olarak seçilmiştir. Lazer kesim tezgâhlarında eksenlerde kremayerler otomatik yağlama sistemi ile periyodik olarak yağlanmaktadır. Aynanın X ekseninde üzerinde hareket edeceği kremayerin yağlanması için merkezi yağlama sisteminden gelen gres yağı kremayere aktaran yağlama pinyonu kullanılmıştır. X eksen tahrik grubunun genel görüntüsü Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

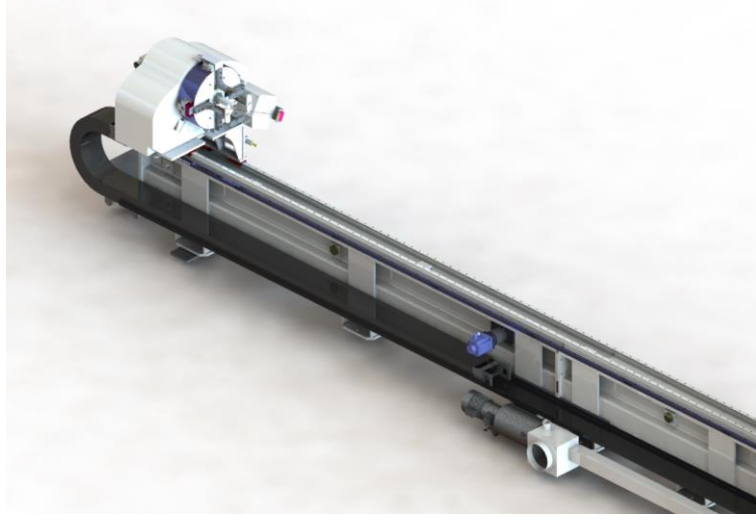


Şekil 4.13. X Eksen Tahrik grubu

4.1.3 Hidrolik Ünite Grubu

Hidrolik ünite 3,2 cm³/dev., 0,75 kW ve 1500 dev/dk'lik bir pompa ve 12 lt'lik bir tank kullanılmıştır. Hidrolik ünite ayna üzerinde ağırlık getirmemesi ve tankın içindeki yağın çalkalanmaması amacıyla Şekil 4.14'te gösterildiği gibi makine

üzerinde sabit bir yere konumlandırılmıştır. Aynadaki silindirlere yağ hidrolik hortumlar ile götürülmüştür.

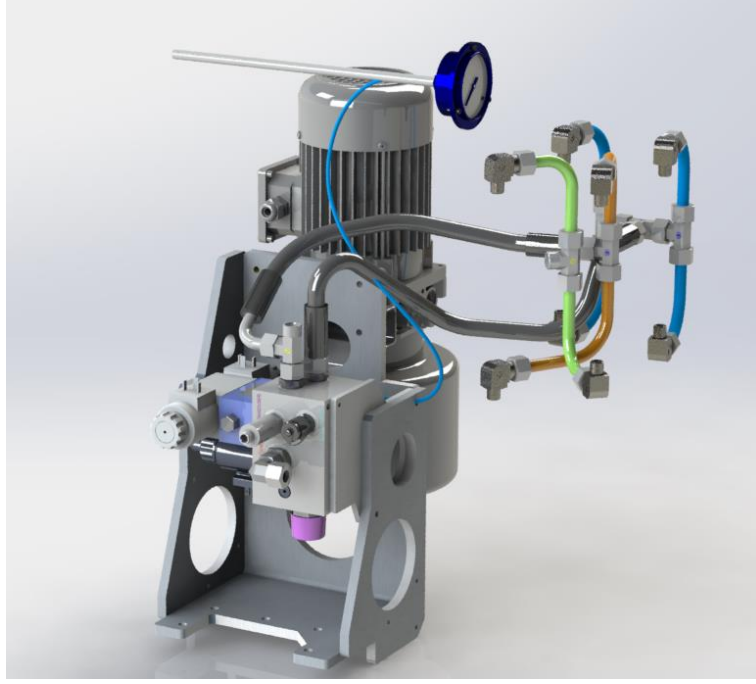


Şekil 4.14. Hidrolik Ünite ve Alt Gövde Grubu

Ayna çenelerinin sıkma kuvveti malzeme et kalınlığına göre ayarlanabilir olacağı için oransal valf kullanılmıştır. Boru-profil malzemenin çeneler tarafından sıkıldığını algılayabilmek için bir basınç transmitteri kullanılmıştır. Bu sayede hidrolik basınç belirlenen seviyeye geldiğinde pompanın durdurulması ve yön valfinin kapatması sağlanmıştır. Sitemdeki fazla basıncın atılması için bir basınç tahliye valfi konulmuştur. Ayna üzerinde anlık basıncın göz ile görülebilmesi amacıyla bir manometre yerleştirilmiştir.

Şekil 4.15'te gösterilen sistemin hidrolik devresini oluşturan elemanlar:

- Blok gövdesi
- Oransal valf
- Basınç tahliye valfi
- Çift bobinli yön valfi
- İkiz kilitleme valfi
- Basınç transmitteri
- Manometre



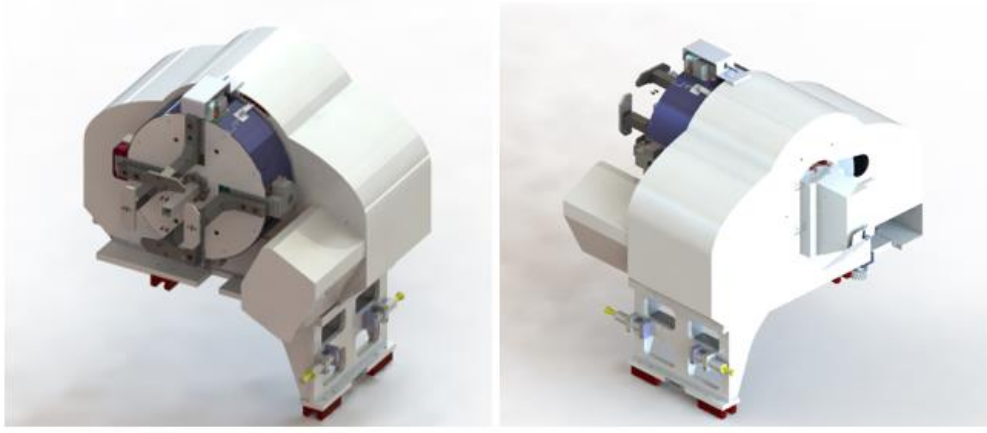
Şekil 4.15. Hidrolik Sistem Grubu

4.1.4 Kaporta Grubu

Ayna kaportası tasarlanırken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

- Bakım gerektiren durumlarda kolay sökülebilir takılabilir olması
- Minimum hacim kaplayacak şekilde olması
- Bir kişinin söküp takabileceği şekilde hafif olması
- Üretiminin kolay olması
- Estetik olması

Yapılan ayna kaportası tasarımı Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

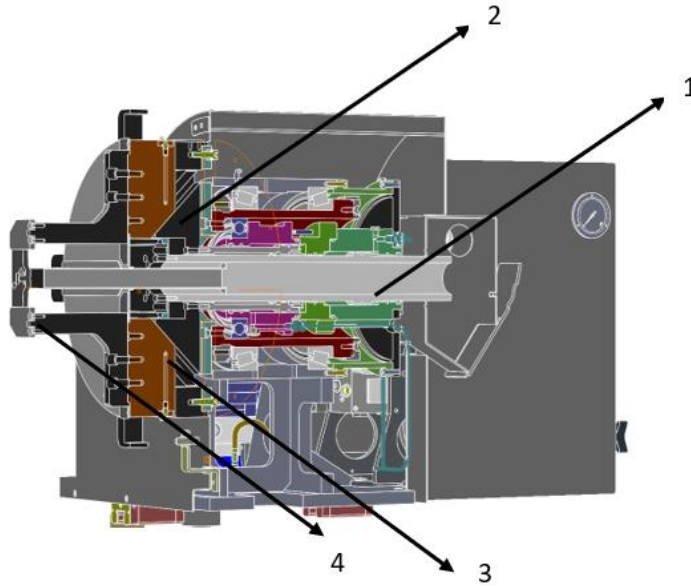


Şekil 4.16.Ayna Kaportası

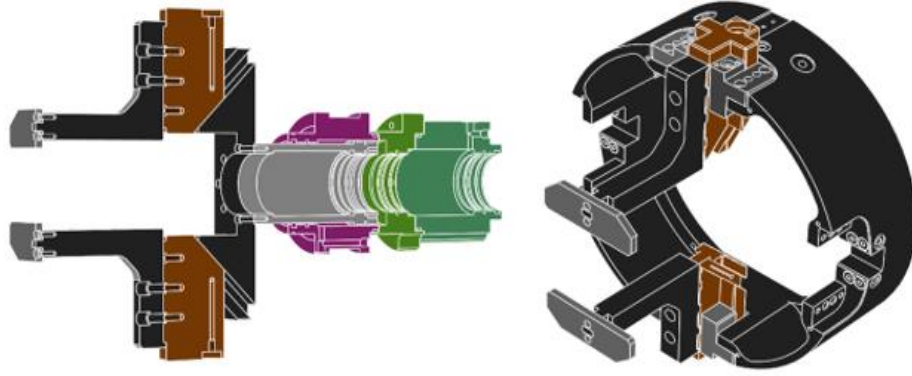
4.2 Tasarım Aşamaları

4.2.1 Sıkma Kuvveti Hesaplanan-Gerçekleşen Karşılaştırması

Ayna hidrolik silindirlerinden sıkma çenelerine hareket aktarımı; Şekil 4.17’de gösterilen 1 nolu silindir pistonuna bağlı 2 nolu parçanın 3 nolu parça ile 45° kanallı bağlantısı ile gerçekleştirilir. 3 nolu parça 4 nolu parça içinde sadece dikey yönde hareket edebilmektedir. 3 nolu parça ile 2 nolu parça arasında ve 3 nolu parça ile 4 nolu parça arasında sürtünmeli çalışan yüzeyler mevcuttur.



Şekil 4.17. Ayna Kesit Görüntüsü



Şekil 4.18. Aynada Silindir İtme Hareketinin Çene Hareketine Aktarımı

Şekil 4.18’de gösterilen hareket aktarımı 45° olduğu için silindir pistonun yataydaki stroğu ile 3 nolu parçanın dikeydeki stroğu 1:1 oranında olmaktadır. Sürtünme kuvveti ihmal edildiğinde silindir pistonun uyguladığı F_P itme kuvveti ile çenenin uyguladığı F_C sıkma kuvveti eşit olmaktadır.

$$F_P \cdot x_P = F_C \cdot x_S \quad (4.1)$$

$$x_P = x_S \quad \rightarrow \quad F_P = F_C$$

Sürtünme kuvveti hesaba katıldığında silindir pistonunun yaptığı işin (W_P) bir kısmı yüzeyler arası oluşan sürtünmeye (W_S) harcanmaktadır, kalan kısmı çenelerde sıkma kuvveti olarak ortaya çıkmaktadır.

$$W_P = W_C + W_S \quad (4.2)$$

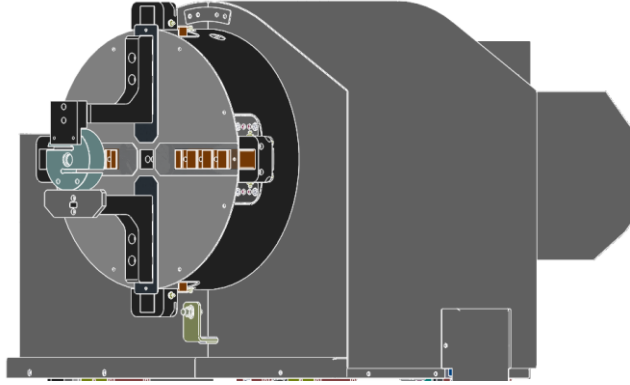
$$F_P \cdot x_P = F_C \cdot x_S + F_S \cdot x_S$$

Stroklar aynı olduğundan;

$$F_P = F_C + F_S \quad \text{olur.} \quad (4.3)$$

Projede, sistemde sürtünmeye harcanan işi ve sistemin verimini tespit etmek için ayna montajı tamamlandıktan ve devreye alma işlemleri gerçekleştirildikten sonra çenelerdeki sıkma kuvvetinin ölçülmesi ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi planlanmıştır.

Çenelerin sıkma kuvvetinin ölçümü için 5 tonluk bir loadcell tedarik edilmiş ve bir bağlantı aparatıyla çenelere bağlanmıştır. Ölçümler imal edilen 3 farklı ayna üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede montaj ve üretim hatalarının etkisi gözlemlenmiş, ayrıca ölçüm sonuçlarının kararlı olup olmadığı irdelenmiştir. Şekil 4.19’da ayna sıkma kuvvetinin loadcell ile ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Ayna Sıkma Kuvvetinin Loadcell İle Ölçümü

Birinci aynada yapılan ölçümlerde sürtünmeye harcanan enerji düştüğünde verim %40 - %54 arasında gerçekleşmektedir. Birinci aynaya ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.2’de, ölçüm grafikleri ise Şekil 4.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. 1.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları

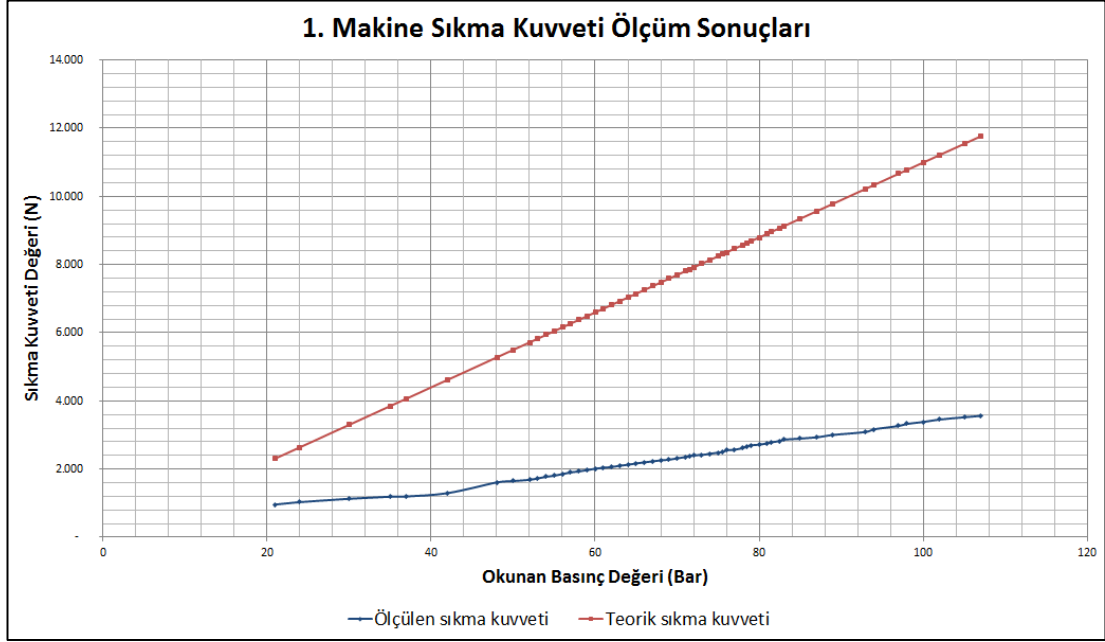
OKUNAN BASINÇ DEĞERİ (bar)	TEORİK SIKMA KUVVETİ (N)	ÖLÇÜLEN SIKMA KUVVETİ (N)	HİDROLİK VERİM
21	2309	961	42%
24	2639	1030	43%
30	3299	1128	45%
35	3848	1187	45%
37	4068	1197	44%
42	4618	1295	45%
48	5278	1609	54%
50	5498	1648	54%
52	5718	1687	53%
53	5828	1727	52%
54	5938	1776	52%

Çizelge 4.3. 1.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları (Devamı)

55	6048	1805	51%
56	6158	1854	51%
57	6267	1903	51%
58	6377	1933	50%
59	6487	1972	50%
60	6597	2011	49%
61	6707	2040	49%
62	6817	2060	48%
63	6927	2099	48%
64	7037	2129	47%
65	7147	2168	47%
66	7257	2197	46%
67	7367	2227	46%
68	7477	2256	46%
69	7587	2276	45%
70	7697	2315	45%
71	7807	2354	45%
71,5	7862	2374	44%
72	7917	2403	44%
73	8027	2413	43%
74	8137	2453	43%
75	8247	2482	43%
75,5	8302	2502	42%
76	8357	2551	42%
77	8467	2570	42%
78	8577	2619	42%
78,5	8632	2668	42%
79	8687	2698	42%
80	8796	2717	41%
81	8906	2757	41%
81,5	8961	2786	41%
82,5	9071	2825	41%
83	9126	2865	41%
85	9346	2894	40%
87	9566	2933	40%
89	9786	3002	40%
93	10226	3090	39%
94	10336	3169	39%

Çizelge 4.4. 1.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları (Devamı)

97	10666	3267	39%
98	10776	3326	38%
100	10996	3384	38%
102	11215	3453	38%
105	11545	3522	38%



Şekil 4.20. 1.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Grafiği

İkinci aynada yapılan ölçümlerde sürtünmeye harcanan enerji düştüğünde verim %43 - %50 arasında gerçekleşmektedir. İkinci aynaya ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.3’de, ölçüm grafikleri ise Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. 2. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları

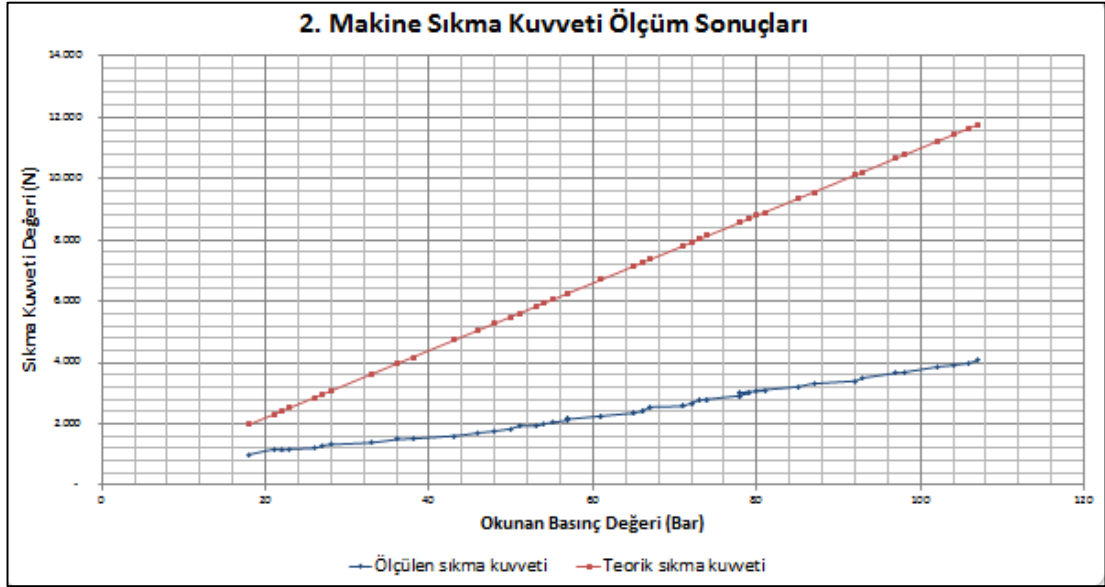
OKUNAN BASINÇ DEĞERİ (bar)	TEORİK SIKMA KUVVETİ (N)	ÖLÇÜLEN SIKMA KUVVETİ (N)	HİDROLİK VERİM
18	1979	1001	43%
21	2309	1167	48%
22	2419	1138	45%
23	2529	1177	45%
26	2859	1216	44%
27	2969	1295	45%

Çizelge 4.6. 2. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları (Devamı)

28	3079	1324	45%
33	3629	1393	45%
36	3958	1491	47%
38	4178	1521	46%
43	4728	1609	47%
46	5058	1707	49%
48	5278	1766	49%
50	5498	1844	49%
51	5608	1923	50%
53	5828	1933	49%
54	5938	2001	49%
55	6048	2040	49%
57	6267	2129	50%
57	6267	2158	49%
57	6267	2158	48%
61	6707	2256	49%
61	6707	2256	48%
65	7147	2354	49%
65	7147	2354	48%
66	7257	2423	48%
66	7257	2423	47%
67	7367	2551	48%
67	7367	2551	47%
71	7807	2580	47%
71	7807	2580	46%
72	7917	2678	47%
72	7917	2678	46%
73	8027	2786	47%
73	8027	2786	46%
74	8137	2806	46%
74	8137	2806	45%
78	8577	2923	46%
78	8577	2923	45%
79	8687	3002	46%
79	8687	3002	45%
78	8577	3021	44%
78	8577	3021	44%
81	8906	3090	44%

Çizelge 4.7. 2. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları (Devamı)

80	8796	3090	43%
85	9346	3218	44%
87	9566	3316	44%
92	10116	3404	43%
93	10226	3502	43%
97	10666	3659	43%
98	10776	3689	42%
102	11215	3855	43%
104	11435	3914	43%
106	11655	3993	43%
107	11765	4081	43%



Şekil 4.21. 2.Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Grafiği

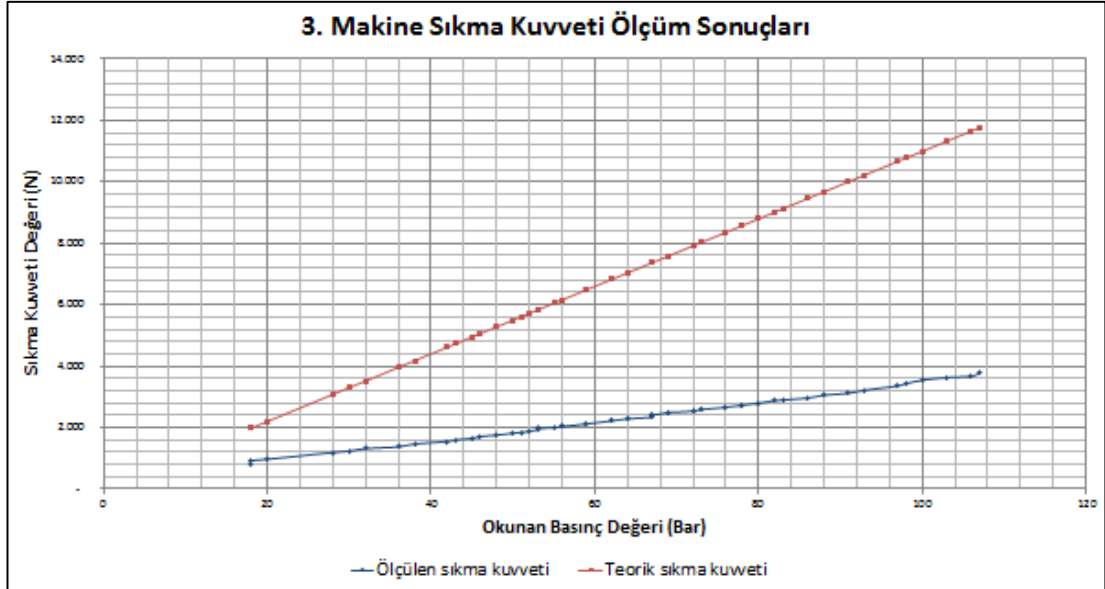
Üçüncü aynada yapılan ölçümlerde sürtünmeye harcanan enerji düştüğünde verim %40 - %49 arasında gerçekleşmektedir. Üçüncü aynaya ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.4'de, ölçüm grafikleri ise Şekil 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. 3. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları

OKUNAN BASINÇ DEĞERİ (bar)	TEORİK SIKMA KUVVETİ (N)	ÖLÇÜLEN SIKMA KUVVETİ (N)	HİDROLİK VERİM
18	1979	785	34%
18	1979	922	38%
20	2199	971	38%
28	3079	1187	45%
30	3299	1236	45%
32	3519	1.315	46%
36	3958	1373	46%
38	4178	1462	47%
42	4618	1550	49%
43	4728	1599	48%
45	4948	1648	48%
46	5058	1707	49%
48	5278	1756	48%
50	5498	1815	49%
51	5608	1844	48%
52	5718	1874	47%
53	5828	1933	48%
53	5828	1972	47%
55	6048	2001	47%
56	6158	2031	46%
56	6158	2031	45%
59	6487	2119	46%
59	6487	2119	45%
62	6817	2217	46%
62	6817	2217	45%
64	7037	2286	45%
64	7037	2286	44%
67	7367	2335	44%
67	7367	2335	43%
67	7367	2403	44%
67	7367	2403	43%
69	7587	2492	44%
69	7587	2492	43%
72	7917	2531	43%
72	7917	2531	42%

Çizelge 4.9. 3. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçları (Devamı)

73	8027	2590	42%
73	8027	2590	41%
76	8357	2659	42%
76	8357	2659	41%
78	8577	2727	41%
78	8577	2727	41%
80	8796	2796	41%
80	8796	2796	40%
82	9016	2874	41%
83	9126	2894	40%
86	9456	2963	40%
88	9676	3051	40%
91	10006	3120	39%
93	10226	3218	40%
97	10666	3355	40%
98	10776	3434	40%
100	10996	3541	40%
103	11325	3630	40%
106	11655	3669	39%
107	11765	3777	39%

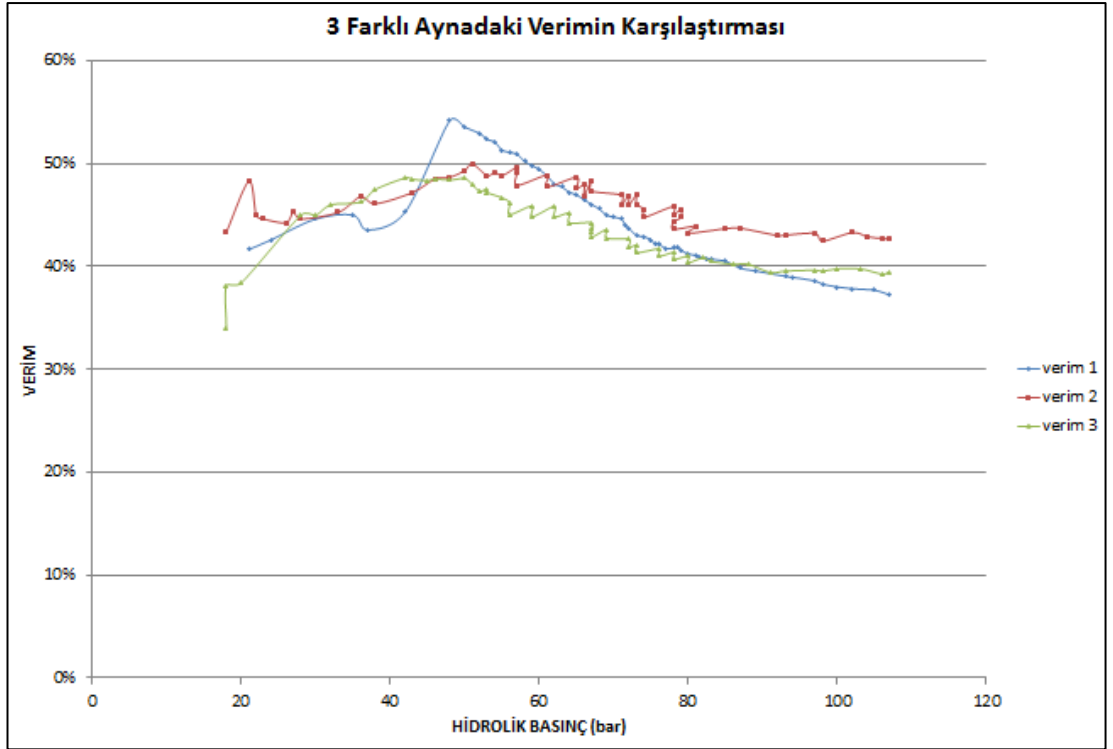


Şekil 4.22. 3. Makine Sıkma Kuvveti Ölçüm Grafiği

Üç farklı aynada yapılan ölçümlerde basınca bağlı olarak ortaya çıkan verim birbirine yakın olmaktadır. Verim farkının maksimum %5 olduğu gözlemlenmektedir. Bu farkın oluşmasında;

- Çalışan yüzeylerdeki yağlanma miktarının
- Parçaların ölçüsel toleranslarındaki farkların

etkili olduğu öngörülmektedir. Şekil 4.23'te sıkma kuvveti ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasına ait grafik verilmiştir.



Şekil 4.23. Sıkma Kuvveti Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

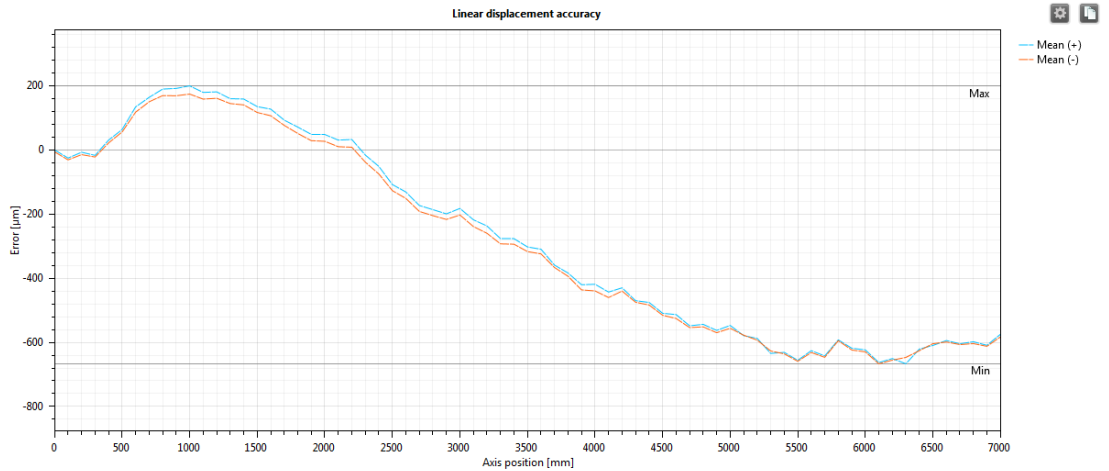
4.2.2 X Eksen Hareketinin Lazer İnterferometre ile Ölçümü

Tüm lazer kesim makinelerinde olduğu gibi lazer boru-profil kesim makinesinde de devreye almadan sonra eksen hareketleri lazer interferometre ile belirli aralıklarla ölçülmektedir. Ölçüm sonuçları eksenin gitmesi gereken pozisyon ile gerçekte gittiği pozisyonu karşılaştırarak hata miktarlarını göstermektedir. Bu hatanın kaynağı aşağıdaki durumlar olabilir:

- Pinyonun ve kremayerin diş formlarının uyumsuzluğu
- Kremayerin hatvesindeki hata miktarı
- Pinyon ve kremayer arasındaki boşluk miktarının doğru ayarlanmaması
- Pinyonun kremayera tam 90° açıda basmıyor olması
- Kremayerin bağlandığı gövdede atıklık olması
- Makine terazisinin düzgün olmaması

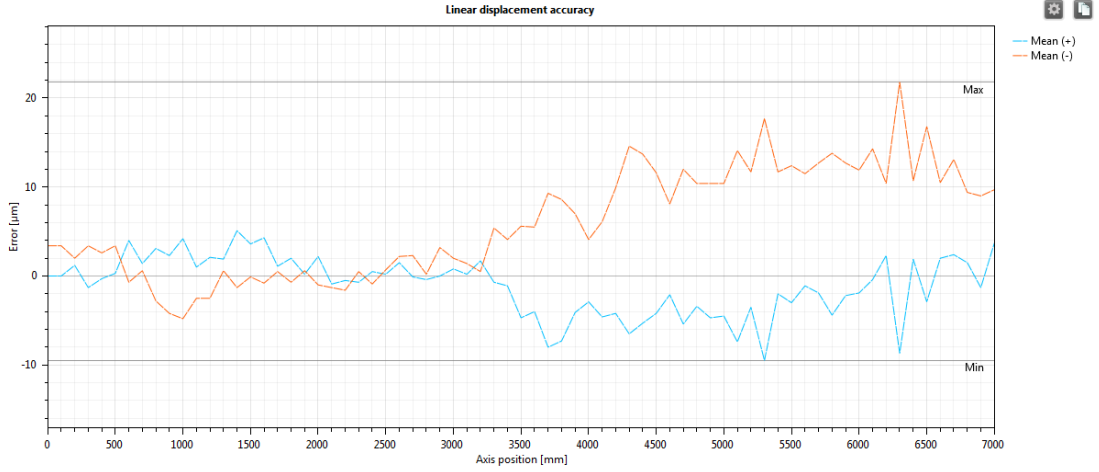
Lazer kesim makinelerinde eksen hareketlerinde hata miktarının 0,025 mm içinde olması beklenmektedir. Montaj ve devreye almadan sonra ilk yapılan ölçümler genellikle bu değerin çok üzerinde olmaktadır. Dolayısıyla ölçümden sonra bir kompanzasyon işleme gereklidir. Kompanzasyon işleminde eksen hareketini kontrol eden yazılımda belirli aralıklarla düzeltme çarpanları girilir. Bu işlem bir program vasıtasıyla otomatik olarak yapılmaktadır. Aşağıda üç ayrı makinede yapılan ilk ölçümler ve kompanzasyon sonrası ölçümler gösterilmektedir. Grafiklerde mavi renkli çizgi, X ekseninde X:0 başlangıç pozisyonundan X:7000 son pozisyona kadar 100 mm aralıklarla X (+) yönünde yapılan hareket sonucunda alınan ölçümleri göstermektedir. Kırmızı çizgi ise X:7000 pozisyonundan X:0 pozisyonuna kadar 100 mm aralıklarla X (-) yönünde yapılan ölçüm sonuçlarını göstermektedir.

şekil 4.24'te 1. makinede yapılan ilk ölçüm sonucunda oluşan hata dağılım grafiği gösterilmiştir. Maksimum sapma -666,8 / +199,7 µm olarak gerçekteştir.



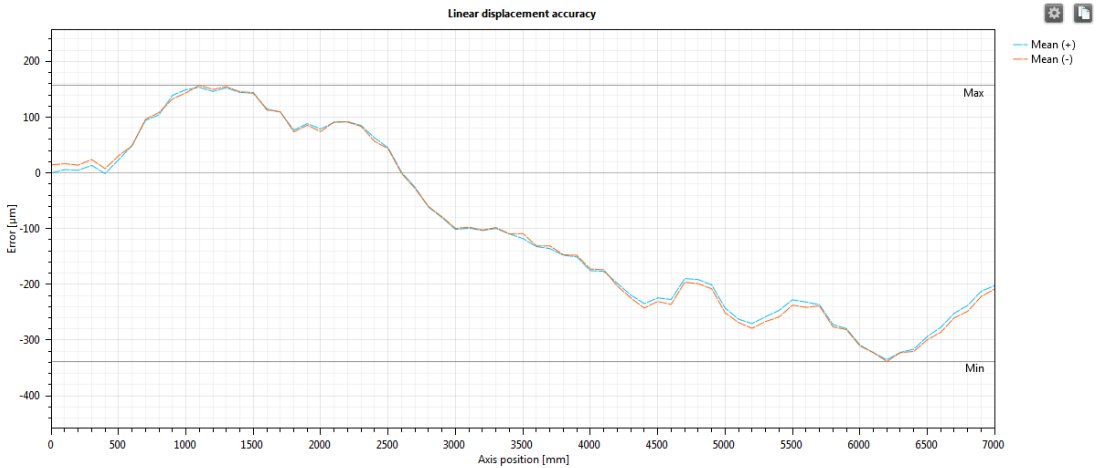
şekil 4.24. 1.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Öncesi)

Şekil 4.25’de 1. makinede kompanzasyon işlemi sonrası yapılan ölçüm sonucunda oluşan hata dağılım grafiği gösterilmiştir. Grafikte kompanzasyon sonrası maksimum sapmanın $-9,5 / +21,8 \mu\text{m}$ ’ye düştüğü görülmektedir. Bu makinede toplam mutlak hata değeri $9,5 + 21,8 = 31,3 \mu\text{m}$, $0,025 \text{ mm}$ değeri içinde olmadığı için montaj aşamaları kontrol edilecektir.



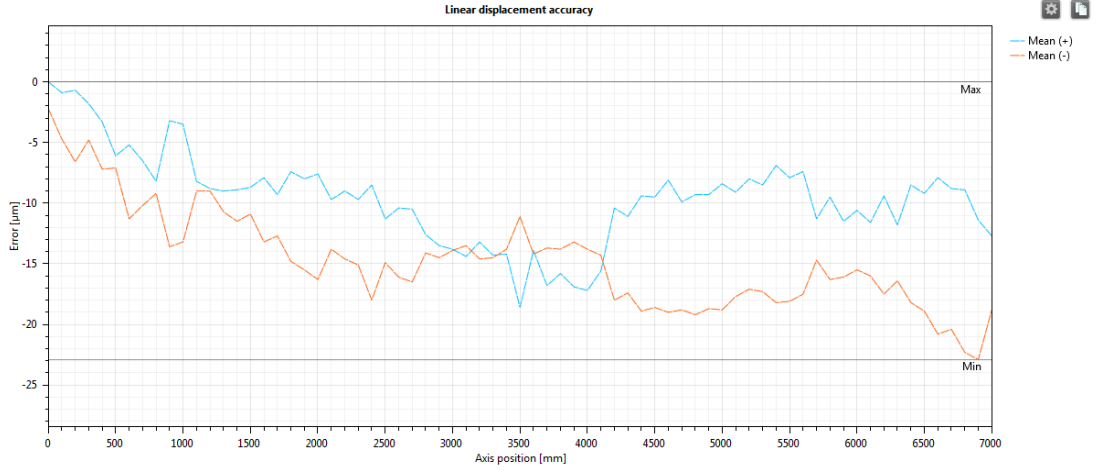
Şekil 4.25. 1.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Sonrası)

Şekil 4.26’da 2. makinede yapılan ilk ölçüm sonucunda oluşan hata dağılım grafiği gösterilmiştir. Maksimum sapma $-338,3 / +157,2 \mu\text{m}$ olarak gerçekleşmiştir.



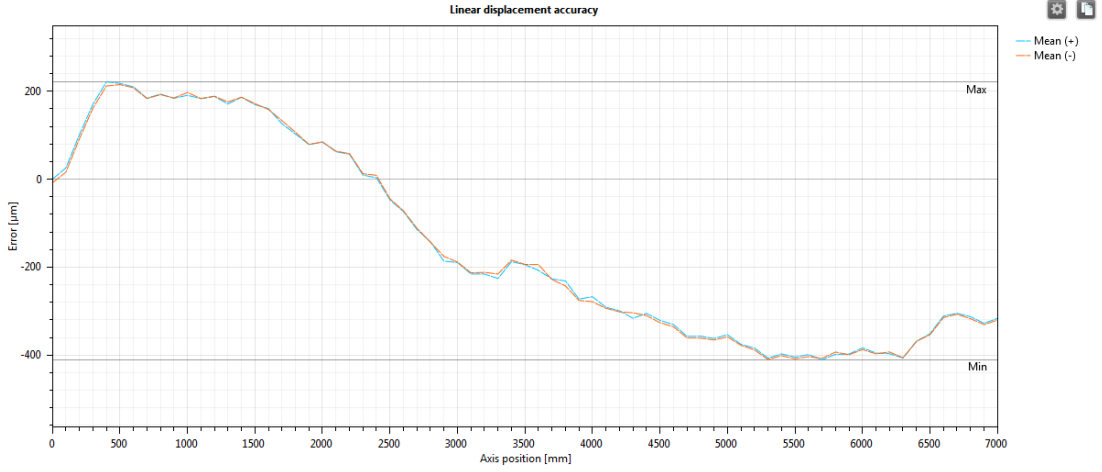
Şekil 4.26. 2.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Öncesi)

Şekil 3.27’de 2. makinede kompanzasyon işlemi sonrası yapılan ölçüm sonucunda oluşan hata dağılım grafiği gösterilmiştir. Grafikte kompanzasyon sonrası maksimum sapmanın $-22,9 \mu\text{m}$ ’ye düştüğü görülmektedir.



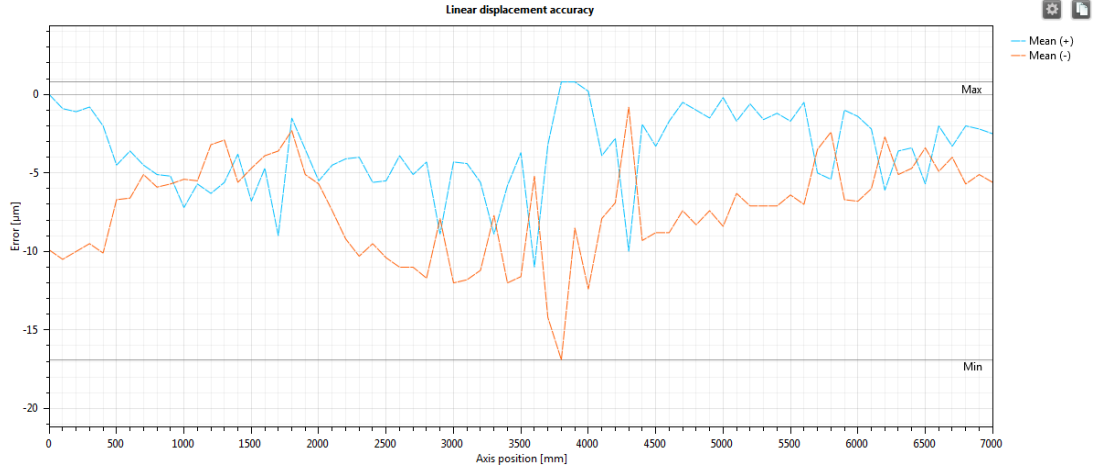
Şekil 4.27. 2.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Sonrası)

Şekil 4.28’de 3. makinede yapılan ilk ölçüm sonucunda oluşan hata dağılım grafiği gösterilmiştir. Maksimum sapma $-410,7 / +221,2 \mu\text{m}$ olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.28. 3.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Öncesi)

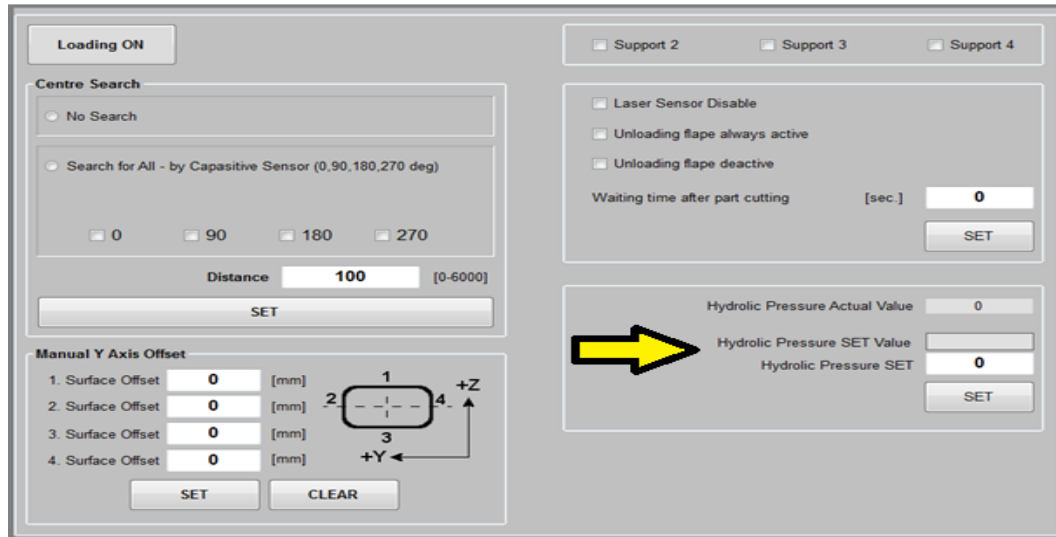
Şekil 4.29’da 3. makinede kompanzasyon işlemi sonrası yapılan ölçüm sonucunda oluşan hata dağılım grafiği gösterilmiştir. Grafikte kompanzasyon sonrası maksimum sapmanın $-16,9 / +0,8 \mu\text{m}$ ’ye düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.29. 3.Makine X Eksen Hata Grafiği (Kompanzasyon Sonrası)

4.2.3 Profil Ölçüsüne Göre Sıkma Kuvvetinin Belirlenmesi

Kesilen boru-profil malzemenin ölçüsüne ve et kalınlığına göre çenelerin sıkma kuvvetinin ayarlanması gerekmektedir. Bunun için makine ekranında hidrolik basıncın kontrol edilebildiği bir arayüz tasarlanmıştır. Bu sayfada hidrolik basınç set değeri girilerek oransal valfe komut verilir. Hidrolik blok üzerinde bulunan basınç transmitteri ile ölçülen gerçek basınç değeri “Actual Value” olarak ekranda gösterilmektedir. Hidrolik basınç ayar sayfası Şekil 4.30’da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Ayna Hidrolik Basınç Ayar Ekranı

Oransal valfe girilen basınç değeri ile ölçülen basınç değeri arasında bir miktar fark olduğu gözlenmektedir. Çizelge 4.5'te üç ayrı makinede yapılan ölçümler sonucunda girilen basınç ve ölçülen basınç değerlerini göstermektedir.

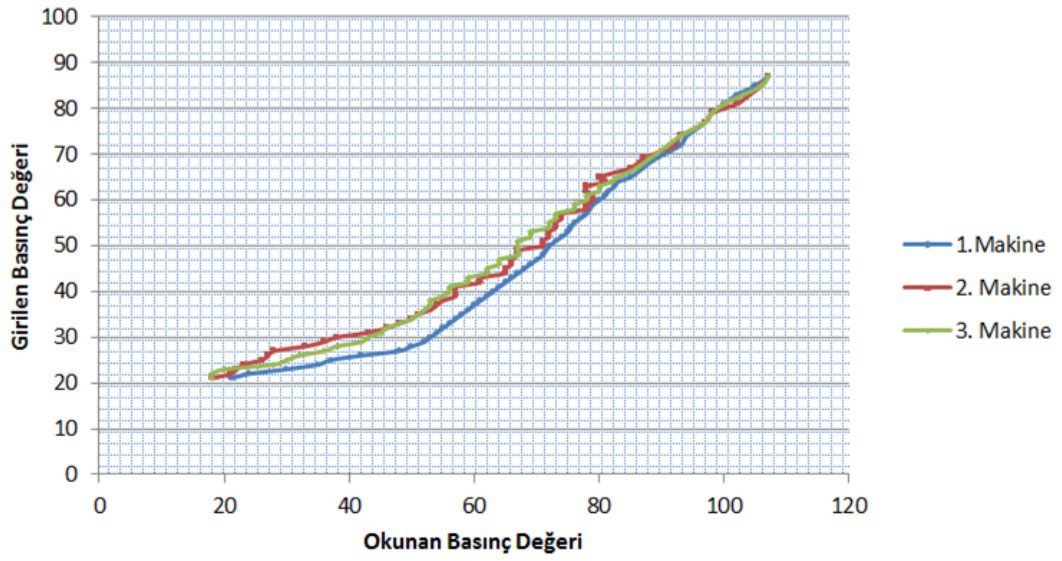
Çizelge 4.10. Üç Makine İçin Girilen-Okunan Basınç Değerler

GİRİLEN BASINÇ DEĞERİ (bar)	1. MAKİNE	2. MAKİNE	3. MAKİNE
	OKUNAN BASINÇ DEĞERİ (bar)	OKUNAN BASINÇ DEĞERİ (bar)	OKUNAN BASINÇ DEĞERİ (bar)
21	21	18	18
22	24	21	18
23	30	22	20
24	35	23	28
25	37	26	30
26	42	27	32
27	48	28	36
28	50	33	38
29	52	36	42
30	53	38	43
31	54	43	45
32	55	46	46
33	56	48	48
34	57	50	50
35	58	51	51
36	59	53	52
37	60	54	53
38	61	55	53
39	62	57	55
40	63	57	56
41	64	57	56
42	65	61	59
43	66	61	59
44	67	65	62
45	68	65	62
46	69	66	64
47	70	66	64
48	71	67	67

Çizelge 4.11. Üç Makine İçin Girilen-Okunan Basınç Değerler (Devamı)

49	71,5	67	67
50	72	71	67
51	73	71	67
52	74	72	69
53	75	72	69
54	75,5	73	72
55	76	73	72
56	77	74	73
57	78	74	73
58	78,5	78	76
59	79	78	76
60	80	79	78
61	81	79	78
62	81,5	78	80
63	82,5	78	80
64	83	81	82
65	85	80	83
67	87	85	86
69	89	87	88
72	93	92	91
74	94	93	93
77	97	97	97
79	98	98	98
81	100	102	100
83	102	104	103
85	105	106	106
87	107	107	107

Girilen ve ölçülen basınç değerlerinin karşılaştırıldığı Şekil 4.31'deki grafikte görülebileceği üzere; oransal valf ~50 bar basınca kadar farklı bir doğrusal çizgide, ~50 bar basıncın üzerinde farklı bir doğrusal çizgide sonuçlar vermektedir.



Şekil 4.31. Girilen- Okunan Basınç Değerleri Grafiği

Malzemelerin yüzeylerinde ezilme olmayacak şekilde sıkılabilen maksimum kuvveti belirlemek için farklı et kalınlığında boru malzemeler ile deneyler yapılmıştır. Kesim sırasında çenelerin malzemeyi salma, kaydırma yapmaması için uygulanabilen en yüksek basınç değerleri ölçülmüştür. Ölçülen basınç değerlerine karşılık gelen sıkma kuvveti değerleri belirlenmiştir.

Yapılan ölçümler sonucu çelik borular üzerinde belirlenen sıkma kuvveti değerleri Çizelge 4.6'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Çelik Boru Üzerinde Sıkma Kuvveti

Malzeme Et Kalınlığı (mm)	Girilen Basınç Değeri (Bar)	Ölçülen Basınç Değeri (Bar)	Ölçülen Sıkma Kuvveti (kN)
0,5	28	35	1,32
1	32	46	1,71
1,5	33	49	1,79
2	36	52	1,89
2,5	37	54	2,01
3	39	56	2,04
3,5	41	59	2,12
4	42	62	2,23
4,5	46	65	2,35

Çizelge 4.13. Çelik Boru Üzerinde Sıkma Kuvveti (Devamı)

5	49	67	2,50
5,5	52	70	2,53
6	55	74	2,65
6,5	58	77	2,72
7	61	79	2,80
7,5	63	81	2,95
8	65	83	3,09

Yapılan ölçümler sonucu alüminyum borular üzerinde belirlenen sıkma kuvveti değerleri Çizelge 4.7’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Alüminyum Borular Üzerinde Sıkma Kuvveti

Malzeme Et Kalınlığı (mm)	Girilen Basınç Değeri (Bar)	Okunan Basınç Değeri (Bar)	Ölçülen Sıkma Kuvveti (kN)
1	27	34	1,3
2	30	41	1,55
3	32	46	1,71
4	34	51	1,88
5	37	54	2,01
6	40	58	2,12
7	43	63	2,28
8	45	64	2,3

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan tasarım doğrultusunda prototip üretimleri gerçekleştirilen hidrolik aynalar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda aşağıdaki kazanımlar elde edilmiştir.

- Sıkma kuvveti ölçümleri ile sistemin verimi belirlenmiştir. %40- %54 aralığında gerçekleşen verim bize sistemin geliştirilmeye açık yönlerinin olduğunu göstermiştir.
- X eksen hareketinin lazer interferometre ile ölçümleri, makinenin beklenen hassasiyeti için doğru hareket elemanlarının seçildiğini göstermiştir. Bunun yanında makinede montaj işlemlerinin doğru yapılıp yapılmamasının makine hassasiyetine etki ettiği görülmüştür.
- Çeşitli ölçülerdeki çelik ve alüminyum borularla yapılan sıkma deneyleri neticesinde et kalınlıklarına göre malzemenin ezilmemesi ve konumunu kaçırmaması için gereken hidrolik basınç değerleri belirlenmiştir. Bu değerler makine yazılımına eklenmiştir. Operatör kesim programını yüklediğinde ve malzeme seçimini yaptığında sıkma işlemini yapacağı basıncı sistem otomatik olarak belirlemektedir. Sıkma basıncı varsayılan değerler olarak ekrana gelmektedir. Eğer operatör malzeme tipindeki farklılıktan ya da başka bir nedenden dolayı sıkımda problem gördüğünde basınç değerini manuel olarak değiştirebilmektedir.

Hidrolik aynanın makineye montajından önce test edilebilmesi ve üretim, montaj ya da malzeme kaynaklı herhangi bir problem varsa önceden tespit edilebilmesi amacıyla bir test ünitesi üretilmiştir. Ayna bu test ünitesine bağlanarak otomatik olarak açma, kapama ve dönme hareketleri aralıksız şekilde yapılabilmektedir. Yaşanan problemlerin bazen ilk çalıştırmalarda değil de zaman geçtikçe ortaya çıkabildiği görülmüştür. Bu sebeple ayna test ünitesinde 100 saat aralıksız teste tabi tutulmaktadır. Testteki 100 saatlik aralıksız açma, kapama ve dönme hareketi normal çalışma şartlarında yaklaşık 2000 saat yani 6 aylık çalışmasına karşılık gelmektedir. Hazırlanan test ünitesi Şekil 4.32’de gösterilmiştir.

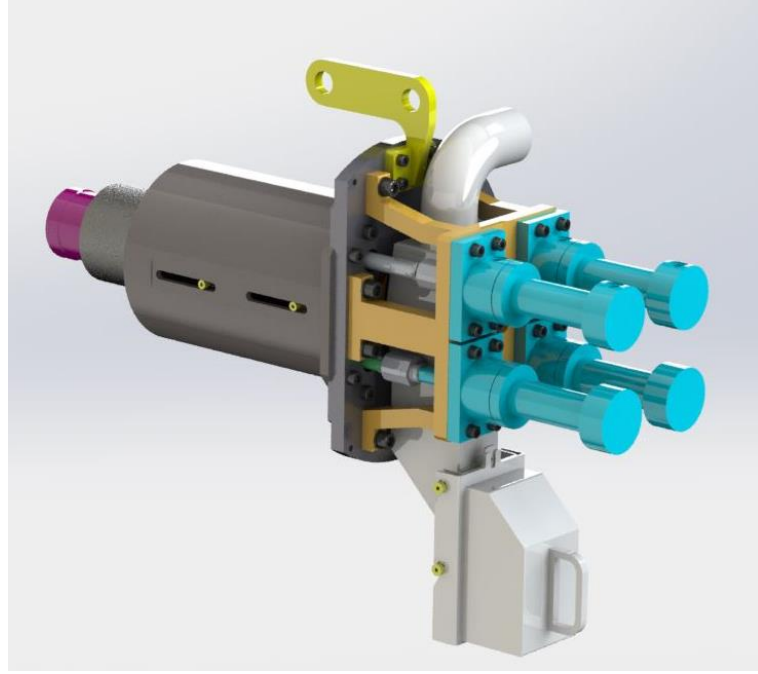


Şekil 5.1. Ayna Test Ünitesi (Durma)

Gerçek çalışma koşullarında her zaman test ortamında görülemeyen problemler çıkabilmektedir. Makinenin gerçek saha koşullarında yoğun şekilde birkaç ay çalışmasından sonra tasarımda aşağıdaki problemler tespit edilmiş ve bu konularda revizyonların yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

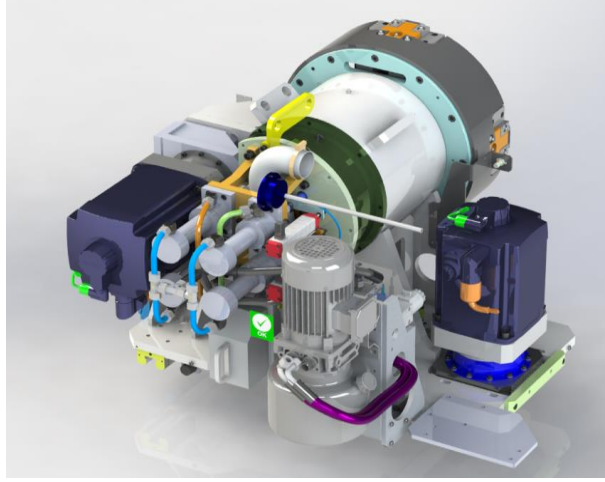
- İlk tasarımda hidrolik silindirlerin ayna çenelerine yakın yerde olması, lazer kesimde ortaya çıkan küçük partiküllerin boru ya da profil içinden gelerek hidrolik silindirlerin içine girmesine yol açmıştır. İçeri giren partiküller silindir keçelerine zarar vermiş, bu nedenle sistemde kaçaklar ve basınç düşümleri meydana gelmiştir. Ayrıca hidrolik tankın çok kısa sürede kirlenmesine, pompanın yeterli basınçta basamamasına neden olmuştur. Hidrolik sisteme giren toz ve parçacıklar valflerin de düzgün çalışmaması ve kısa sürede arızalanması problemini ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlar tespit edildikten sonra hidrolik silindirlerin kesimden daha uzak ve etkilenmeyecek bir konuma alınmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda yapılan yeni tasarım çalışmaları sonucunda sistem, ayna içinde iç içe geçmiş iki silindir yerine, aynanın arkasında ve dışında konumlanan dört standart silindirli bir yapıya dönüştürülmüştür. Yeni hidrolik sistem tasarımı Şekil 4.33'te gösterilmiştir. Önceki sistemde silindirlerin itme kuvvetini öndeki döner harekete aktarması için silindir pistonları silindir gövdesi içinde dönebilmekteydi. Yeni sistemde

ise silindirler döner sistemin tamamen dışındadır ve silindirlerin itme ve çekme kuvvetini döner kısma aktarmak için başka bir mekanizma kullanılmaktadır.



Şekil 5.2. Dört Silindirli Ayna Hidrolik Sistemi

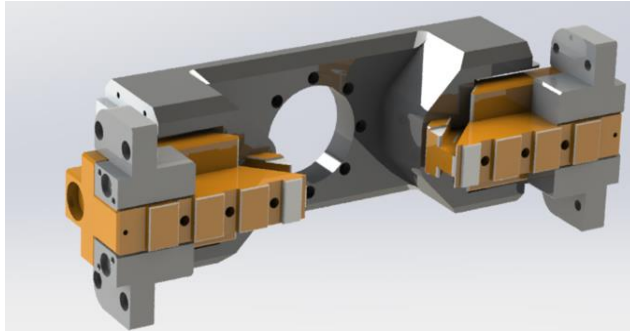
Makinenin saha koşullarında sürekli çalışmasından sonra tespit edilen diğer bir problem; hidrolik ünitenin hareketli sürücü aynadan uzakta sabit bir yerde olması, hidrolik hortum hatlarının uzun olması ve bu yüzden basınç düşümlerine neden olmasıdır. Başlangıçta hareketli ayna toplam kütlesini arttırmamak için bu yöntem seçilmiştir. Ancak bu problem hidrolik sistemin çalışma verimini %20-25 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bunu ortadan kaldırmak amacıyla hidrolik ünite ve valf grubunun ayna üzerine alınması için yeniden tasarım çalışması yapılmıştır. Ayna üzerine alınan hidrolik ünite Şekil 4.34'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Ayna Gövdesi Üzerine Monte Edilmiş Hidrolik Sistem

Testler sırasında karşılaşılan bir diğer problem; 0-300 bar çalışma aralığı olan oransal valfin aynanın çalışma aralığı olan 20-90 bar aralığında çok kararlı sonuçlar verememesi olmuştur. Bu problem 0-110 bar bir oransal valf kullanılarak giderilmiştir.

Yapılan uzun çalışma testlerinden sonra aynada yataydaki itme hareketini çenelerin dikey hareketine aktaran, 45° açıyla birbiri üzerinde kaymalı çalışan parçalarda bazı deformasyonların olduğu gözlemlenmiştir. Her ne kadar yağlama yapılsa da malzeme yüzeylerinde oluşan bu deformasyonların kuvvet iletiminde sürtünme kaybının artmasına neden olmuştur. Bu problemi ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek amacıyla Şekil 4.35'te gösterilen istavroz şeklindeki parçaların bronz malzemedan yapılmasına karar verilmiştir. Bronz malzemeye çevrildikten sonra iki malzemenin birbiri ile daha rahat çalıştığı ve sistemin bu şekilde çok daha uzun ömürlü olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.4. İstavroz Parça Görseli

KAYNAKLAR

- Andrews P.T.J., Shahin T.M.M., Sivaloganathan S. 1999.** Design Reuse in a CAD Environment - Four Case Studies. *Computers & Industrial Engineering* 37: 105-109.
- Anonim,1913.** US 1,075,715. Fluid actuated lathe Chuck, H.M. Ludwick, 1913.
- Anonim,1971.** US 3,566,722. Tool holding apparatus used on lathes for cutting various curved shapes, J. Audet, 1971.
- Anonim,1989a.** Chuck of lathe or the like, Yuji Akashi, 1989.
- Anonim,1989b.** US 4,872,691. Lathe chuck, Günter H. Röhm, 1989.
- Anonim,1991.** US 4,984,844. Safety key for toolroom lathe chuck, Haig Tekeyan, 1991.
- Anonim,1998.** US 6,079,303. Automatic adjustable power.
- Anonim,1999.** US 5,895,059. High speed lathe chuck, Alan C. Patterson, 1999.
- Anonim,2005.** US 6,880,831 B2. Power-actuated lathe chuck, Johann Taglang, 2005.
- Anonim,2007.** US 7,204,493 B1. Lathe chuck with stepped jaws, Geoffrey L. Gatton, 2007.
- Anonim,2010.** US 7,654,178 B2. Hydraulic chuck with independently moveable jaws, David R. Hall, 2010.
- Anonim,2011.** US 2011/0006490 A1, Chuck with jaw for workpiece having constant holding force, Levenfeld Pearlstein, LLC (Illinois tool works), 2011.
- Anonim,2012.** US 8,172,646 B2. Magnetically actuated chuck for edge bevel removal, Novellus Systems, Inc., 2012.
- Anonim,2016.** Durmazlar Makine Boru-Profil Lazer Benchmark Çalışması, 2016.
- Feng P.F., Yu D.W., Wu Z.J., Uhlmann E. 2008.** Jaw-chuck stiffness and its influence on dynamic clamping force during high-speed turning. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 48: 1268– 1275.
- Feng P.F., Wu Z.J., Yu D.W., Uhlmann E. 2008.** An improved computation model for critical bending force of three-jaw chucks. *Journal of materials processing technology* 208: 124–129.
- Güçtekin, O.,2019.** Hidrolik Sistemler Ders Notları, Manisa Celal Bayar Üniversitesi (osmanguctekin.cbu.edu.tr/index.php/hidrolik-sistemler/) (Erişim Tarihi: 05.03.2019)
- Nyarnekye K., Mudiam S.S. 1992.** A model for predicting initial static stripping force in lathe chucks. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 7(5): 286-291.
- Thornley R.H., Wilson B. 1972.** A Review of Some of the Principles Involved in Chuck Design. *The Production Engineer-March*: 87-97.
- Zhou C., Yang H., Yang L. (2010),** Real Time Monitoring of Input Force for High Speed Power Chucks Used in CNC Lathes, *IEEE Trans.:* 387-391.

EKLER

Tez çalışması sonucunda yayın ve fikri haklar çıktıları olarak 2 adet patent başvurusu ve 1 adet bildiri gerçekleştirilmiştir.

Ek 1 : Patent 1

Ek 2 : Patent 2

Ek 3 : Bildiri

EK 1

Patent 1

Buluş Başlığı: Lazerli Profil Kesim Tezgâhları İçin Hidrolik Ayna

Başvuru Numarası: 2016/18606

Buluş Sahibi: Recep DÖNMEZ

EK 2

Patent 2

Buluş Başlığı: Lazer Profil Kesim Tezgâhı İçin Atık Uzaklaştırma Mekanizması

Başvuru Numarası: 2016/20022

Buluş Sahibi: Recep DÖNMEZ

EK 3

Bildiri

‘‘Bağımsız Çeneli Hidrolik Ayna Tasarımı ve İmalatı’’ başlığıyla aşağıda belirtilen kongrelerde bildiri yayınlanmıştır.

- 17. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, 12–15 Temmuz 2016,
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası Makina İmalat Teknolojileri Kongresi, 23-24 Ekim 2015

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Recep DÖNMEZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 01.05.1982
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kestel H.Coşkun Süper Lisesi, 2000
Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
2005

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Tıkkır Makine San. Ltd. Şti. (2006-2007)
Durmazlar Makina San. ve Tic. A.Ş. (2007-
....)

İletişim (e-posta) : donmezre@hotmail.com

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Recep DÖNMEZ
Tez Adı	Profil Kesim Tezgâhları İçin Bağımsız Çeneli Hidrolik Ayna Tasarımı Ve Prototip İmalatı
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Makine Mühendisliği
Tez Türü	Yüksek Lisans Tezi
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Kadir ÇAVDAR
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin Veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 06.09.2019

İmza :

