

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK İSTASYONLU OTOMATİK
METALOGRAFİK NUMUNE ZIMPARALAMA VE
PARLATMA MAKİNASI TASARIMI, İMALATI VE
OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
AYBARS MAHMAT
111120111

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih:

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nihat TOSUN

Diğer Jüri Üyeleri:

HAZİRAN - 2015

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇOK İSTASYONLU OTOMATİK METALOGRAFİK NUMUNE
ZIMPARALAMA VE PARLATMA MAKİNASI TASARIMI,
İMALATI VE OTOMASYONU

AYBARS MAHMAT

Yüksek Lisans Tezi

Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı

**ÇOK İSTASYONLU OTOMATİK METALOGRAFİK NUMUNE ZIMPARALAMA
VE PARLATMA MAKİNASI TASARIMI, İMALATI VE OTOMASYONU**
AYBARS MAHMAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KONSTRÜKSİYON VE İMALAT ANABİLİM DALI

Bu tez, .../...../ 2015 tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından **oybirliği** ile **başarılı** olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Nihat TOSUN

Üye: Prof. Dr. Vedat SAVAŞ

Üye: Prof. Dr. Ali İNAN

Bu tezin kabulü fen bilimleri enstitüsü yönetim kurulunun/...../ 2015 tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖNSÖZ

Bu proje çalışmasında, bizi teknik açıdan yönlendirmeleri ve vermiş olduğu araştırma heyecanından dolayı Sayın Doç. Dr. Nihat TOSUN'a ve teknik açıdan yardımları için bölümümüz atölye ustalarına teşekkür ederiz.

Aybars MAHMAT

ELAZIĞ - 2015

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Metalografik Numune Hazırlama	4
2.1.1. Numune Seçimi	5
2.1.2. Numune Alma (Kesme).....	6
2.1.3. Kalıplama.....	7
2.1.4. Metalografik Zımparalama İşlemi.....	10
2.1.5. Metalografik Parlatma İşlemi	14
2.1.6. Dağlama.....	21
3. MAKİNANIN TASARIMI, İMALATI VE OTOMASYONU.....	25
3.1. Tasarım Seçenekleri	25
3.1.1. Güç Aktarma Sistemi Seçenekleri	26
3.1.2. Ana Gövde Seçenekleri.....	26
3.1.3. Makine Tasarımımızın Geometrisine Ait Seçenekler.....	27
3.1.4. Doğrusal Hareket Sistemi Seçenekleri.....	28
3.2. Zımparalama ve Parlatma Makinesi ve Çalışma Prensibi.....	28
3.3. Tasarıma Ait Hesaplamalar.....	29
3.3.1. Mafsal Kuvvetlerinin Tespiti.....	30
3.4. X Eksenindeki Hareket İçin Hesaplamalar.....	32
3.4.1. X Eksenindeki Hareket İçin Motor Hesabı ve Seçimi.....	32
3.4.2. X Ekseninde Gerekli Hareketi Sağlayan Vidalı Milin Hesabı ve Seçimi.....	36
3.4.3. X Ekseninde Çalışan Vidalı Mil Somunu ve Somun Gövdesi Seçimi.....	38
3.4.4. Vidalı Mil Rulman Hesabı.....	39
3.5. Z Ekseninde Gerekli Hareket İçin Hesaplamalar.....	41
3.5.1. Pnömatik Sistem Tasarımı.....	41
3.5.2. Pnömatik Silindir Seçimi ve Sistem Devresi.....	41
3.6. Güç Aktarma Sisteminin Hesabı.....	42
3.6.1. Parlatma Diski Mil Çapı Hesabı.....	43
3.6.2. Parlatma Disk Mili Kontrolü Hesabı.....	45
3.6.3. Kayış-Kasnak Hesabı ve Seçimi.....	46
3.6.4. Kayış Uzunluğu Hesabı.....	48
3.6.5. Kayış Kuvvetlerinin Hesabı.....	49
3.6.6. Rulman Hesabı.....	51
3.6.7. Gergi Kasnakları İçin Rulman Hesabı.....	52
3.6.8. Parlatma Disk Mili Kama Hesabı.....	54
3.6.9. Flanşlı Kaplin Hesabı.....	56
3.7. İmalat ve Montaj.....	58
3.7.1. Hareket Sisteminin Montajı.....	62
3.7.1.1. AC Motor Montajı.....	62
3.7.1.2. Pnömatik Sistemin Montajı.....	62

3.7.1.3.	Step Motor Montaj.....	63
3.8.	Otomasyon.....	65
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	75
5.	KAYNAKLAR.....	76
EKLER.....		77
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

ÇOK İSTASYONLU OTOMATİK METALOGRAFİK NUMUNE ZIMPARALAMA VE PARLATMA MAKİNASI TASARIMI, İMALATI VE OTOMASYONU

Teknolojinin sürekli değişip gelişmesiyle birlikte, bir çok alanda yeni ve kullanım alanı bir hayli geniş olan makina ve cihazlar insanlığın kullanımına sunulmuştur. Makina teknolojisindeki hedef, ilk zamanlarda insan ihtiyaçlarını giderme ve yaşamı kolaylaştırma olmuştur, günümüzde ise makina teknolojisindeki gelişmeler yaşamın temel ihtiyacı haline gelmiştir.

Bu çalışmada, dünya ve ülkemiz sanayisinin taleplerine uygun olarak tam otomatik olarak çalışacak, metalografik incelemeler için bir numune zımparalama ve parlatma makinesinin tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla, daha önceden imal edilmiş numune zımparalama ve parlatma makinaları baz alınarak bir takım hesaplamalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metalografi, zımparalama, parlatma.

SUMMARY

MULTI-STATION AUTOMATIC METALLOGRAPHIC SAMPLE GRINDING AND POLISHING MACHINE DESIGN, MANUFACTURE AND AUTOMATION

As the technology constantly changes, a wide range of machinery and equipment with new and wide fields of utility have been available for usage for humanity. Initially, the aim of technological development in machinery was to meet the needs of humanity and to make the life easier for mankind. Later, these development have become the basic need of life.

In this study, a design of a fully automated sample sanding and polishing machine was presented. This machine is for metallographic analyses of the samples and geared for the industrial markets of the country and of the world.

For this purpose, previously produced sample sanding and polishing machines were used as basic for the calculations. The results were presented.

Keywords: Metallography, sanding, polishing.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Merkezden dışarı doğru uzanan iğne şeklinde tanelerin görüldüğü silindirik bir bakır ingot kesiti.....	4
Şekil 2.2. Sulu kesme cihazı	7
Şekil 2.3.a. Kalıplanmış numune.....	8
Şekil 2.3.b. Kelepçelerle tutturulmuş numune.....	8
Şekil 2.4. Bakalite Alma Cihazı	9
Şekil 2.5. Polyestere ve Bakalite Alınmış Numune	9
Şekil 2.6. Soğukta kalıplama	10
Şekil 2.7. Aşındırıcı tane boyutunun çizik derinliği ile deformasyon tabakasının kalınlığına etkisi.....	11
Şekil 2.8. Önerilen zımparalama yönleri	12
Şekil 2.9. Elektrolitik parlatma devresinde voltaj ile akım yoğunluğu arasındaki ilişki.....	18
Şekil 2.10. Parlatılmış ve dağlanmış çok kristalli bir pirinç numunenin mikroyapısı	21
Şekil 2.11.a. Dağlama sonucu tane sınırında oluşan oyuğun ve bu oyuğun civarında ışığın muhtemel yansıma şeklinin gösterildiği bir tane sınırı kesitinin şematik gösterimi.....	22
Şekil 2.11.b. Tane sınırlarının koyu gösterimi bir çok-kristalli demir-krom alaşımının mikroyapısı.....	22
Şekil 3.1. Dairesel formdaki sistemin üstten görünüşü.....	26
Şekil 3.2. Doğrusal formdaki sistemin izometrik perspektif görünüşü.....	26
Şekil 3.3. Zımparalama ve parlatma makinesinin detay resmi	27
Şekil 3.4. SOLIDWORKS’de çizilmiş doğrusal hareket elemanlarının montaj resminin önden görünüşü.....	28
Şekil 3.5. Parlatma pistonu ve yataklar	29
Şekil 3.6. Vidalı mile gelen eksenel ve teğetsel kuvvetlerin gösterimi	32
Şekil 3.7. α eğim açısına göre vida verimi	34
Şekil 3.8. SFUR serisi vidalı mil ve somunu	35

Şekil 3.9.	SSG serisi vidalı mil somun gövdesi	37
Şekil 3.10.	Rulmanlara gelen radyal kuvvetlerin gösterimi.....	38
Şekil 3.11.	Pnömatik sistem devresi.....	41
Şekil 3.12.	Parlatma disk miline etkiyen eksenel kuvvet	43
Şekil 3.13.	Parlatma disk miline etkiyen radyal kuvvetler	44
Şekil 3.14.	Kasnak sarım açılarının gösterimi	47
Şekil 3.15.	Güç aktarma sistemi	47
Şekil 3.16.	β sarım açısı	48
Şekil 3.17.	Kayış kollarında meydana gelen kuvvetler.....	48
Şekil 3.18.	Gergi kasnağı sarım açısının gösterimi.....	51
Şekil 3.19.	Uygu kamanın gösterimi.....	53
Şekil 3.20.	Kasnağa bağlı kayıştaki kuvvetler.....	54
Şekil 3.21.	Flanşlı kaplinin gösterimi.....	55
Şekil 3.22.	Zımparalama ve parlatma makinesi ana gövdesinin montaj fotoğrafı...	57
Şekil 3.23.	Elektrik motoru tahrikli güç aktarma sisteminin montaj fotoğrafı.....	58
Şekil 3.24.	Vidalı milin, rulman yuvalarına montajı.....	59
Şekil 3.25.	Vidalı mil doğrusal (lineer) hareket elemanlarının montaj fotoğrafı.....	60
Şekil 3.26.	Vidalı mil doğrusal (lineer) hareket elemanlarının, pnömatik sistem ile birlikte montaj fotoğrafı.....	60
Şekil 3.27.	Zımparalama ve parlatma makinesi AC motor montaj resmi.....	61
Şekil 3.28.	Zımparalama ve parlatma makinesinin basınç ayar ve yön kontrol valfi montaj resimleri.....	62
Şekil 3.29.	Zımparalama ve parlatma makinesi pnömatik silindir montaj resmi....	62
Şekil 3.30.	Zımparalama ve parlatma makinesi step motor özellikleri.....	63
Şekil 3.31.	Zımparalama ve parlatma makinesi step motor üstten görünüş montaj resmi.....	63
Şekil 3.32.	Zımparalama ve parlatma makinesi step motor yandan görünüş montaj resmi.....	64
Şekil 3.33.	Elektrik Panosu.....	65
Şekil 3.34.	Ara yüz ayarları.....	66
Şekil 3.35.	Manuel çalışmada kullanılacak butonlar.....	67
Şekil 3.36.	PLC programının ladder diyagramı.....	71
Şekil 3.37.	Zımparalama ve parlatma makinesi güç paneli iç donanım resmi.....	72

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Zımpara kağıtlarının tasnifi.....	11
Tablo 2.2.	Parlatmada kullanılan aşındırıcılar ve kullanım alanları.....	16
Tablo 2.3.	Elektrolitik parlatmada kullanılan bazı elektrolitler.....	18
Tablo 2.4.	Dağlama yöntemleri	24
Tablo 3.1.	Ladder Diyagram Fonksiyonları.....	69

KISALTMALAR

F	: Kuvvet, N
F_ç	: Çevresel kuvvet, N
Fr	: Radyal kuvvet, N
Fa	: Eksenel kuvvet, N
X	: Mesafe, mm
V	: Hız, mm/sn
t	: Zaman, sn
M	: Moment, N.mm
M	: Kütle, kg
g	: Yerçekim, m/sn ²
μ	: Sürtünme katsayısı
d	: Çap, mm
N	: Güç, kw
n	: Motor devri, dev/dk
S	: Emniyet katsayısı
Wp	: Atalet momenti, mm ³
A	: Alan, mm ²
P	: Basınç, Pa
C	: Statik yük, N
Co	: Dinamik yük, N
L	: Uzunluk, mm
r	: Ağırlık merkezine uzaklık, mm
Lh	: Çalışma saati, milyon devir
σ	: Sigma, daN/mm ²
σ_{ak}	: Akma gerilmesi, daN/mm ²
σ_{em}	: Emniyet gerilmesi, daN/mm ²
τ	: Burulma gerilmesi, daN/mm ²
τ_{dD}	: Burulma genel değişken gerilme, daN/mm ²
τ_{em}	: Burulma gerilmesi emniyeti, daN/mm ²

β	: Sarım açısı
δ	: Sehim
n_k	: Kritik motor devri, d/dk
w	: Açısal hız, rad/sn
w_k	: Kritik açısal hız, rad/sn
G	: Ağırlık
c_2	: İşletme faktörü
θ	: Açı
F_n	: Basma kuvveti, N
k_b	: Çap düzeltme katsayısı
k_y	: Yüzey düzgünlük faktörü
k_{ϕ}	: Çentik etkisi
α	: Zorlanma katsayısı
M_s	: Sürtünme momenti, N.mm ²
Z	: Cıvata sayısı

1.GİRİŞ

Metalik malzemelerin yapısını incelemek için yapılan işlemlere metalografik test adı verilir. Metalografi 1700'lü yıllarda metaller ve onların özelliklerini açıklamak için kullanılmıştır. 1892 yılında ise metallerin içyapısını, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini de içine alarak kapsadığı alan genişlemiştir. Metalografi de amaç numunenin hangi malzeme olursa olsun gerçek yapısını açığa çıkarmaktır. Böylece malzemenin yapısı tespit edilerek, bu tespit sayesinde malzemenin özellikleri hakkında bilgi edinilir. Bunu gerçekleştirmek için sistematik bir yöntem uygulamak gerekir.

Metalografi, metalürjistler için en önemli araçlardan biridir. Metalografik numunelerin gerçek yapıları elde etmek için ustaca bir biçimde düzgün bir zımparalama ve parlatma işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Mekanik numune hazırlama işlemi metalografik numune hazırlamada en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Mekanik numune hazırlama işlemi zımparalama ve parlatma işlemi olmak üzere ikiye ayrılır. Numune yüzeyinden mekanik olarak malzeme alma işleminde ilk adım zımparalama olarak adlandırılır. Parlatma işleminde amaç parlatma esnasında mümkün olan en kısa sürede kolayca giderilebilecek minimum hasar içeren düzgün yüzeyler elde etmektir. Zımparalama işleminde olduğu gibi, parlatma işlemi de bir önceki kademede oluşan hasarı gidermelidir. Bu hasar, gittikçe incelen tane boyutlarındaki aşındırıcı parçacıklar kullanılarak sağlanır (Samuels, 2003; Geels, 2007; Bülbül, 2011a-b; Stuers, 2014).

Metalografik zımparalama işlemi, numunenin özellikleri ve yapısıyla ilgilidir. Gelişi güzel şekilde yapılan hazırlama işlemi ile sistematik ve doğru sarf malzemeleriyle yapılan işlem arasında fark oldukça fazla olacaktır. Şöyle ki hazırlama işlemi sonunda yapı incelemesi aşamasında hazırlamadan kaynaklanan birçok hata yapının yanlış okunmasına sebep olabilir. Metalografik numune hazırlamada geçilen her kademedeki zımpara aşamasında, zımparanın tane boyutu kadar hasar verilerek ve zımpara tane boyutları küçültülerek hasar oranı düşürülür ve yüzey pürüzsüzleştirilir (Bülbül, 2011a).

Teknolojinin sürekli değişip gelişmesiyle birlikte, birçok alanda yeni ve kullanım alanı bir hayli geniş olan makine ve cihazlar insanlığın kullanımına sunulmuştur. Makine teknolojisindeki hedef, ilk zamanlarda insan ihtiyaçlarını giderme ve yaşamı kolaylaştırma olmuştur, günümüzde ise makine teknolojisindeki gelişmeler yaşamın temel ihtiyacı haline

gelmiştir. Bütün bu gelişmeler ve teknolojinin durdurulamaz ilerleyişi, hayatı tamamen makinelere bağımlı hale getirmiştir. Malzemelerin kimyasal bileşim ve mikro yapılarının incelenmesi gerektiği bütün yerlerde kullanılması zorunlu olan makinalardan birisi de zımparalama ve parlatma makinalarıdır. Numune zımparalama ve parlatma makineleri, teknolojiyle birlikte yenilenen makine çeşitlerinden biridir. İmalat sanayiindeki gelişmeler ve teknolojinin durdurulamaz ilerleyişiyle birlikte birçok alanda yeni ve kullanım alanı bir hayli geniş olan makine ve cihazlar insanlığın kullanımına sunulmuştur. Sanayinin gelişmesiyle birlikte iş gücüne duyulan ihtiyaçta artmış ve bu ihtiyacın büyük bir kısmı insanlarla karşılanmaya çalışılmıştır. Fakat sanayideki gelişmenin ilerlemesiyle birlikte ihtiyaç duyulan güç daha da artmış, bu sebeple insanların görevlerini yapabilen ve tek başına birçok insanın yapabileceği işi gerçekleştirebilen makineler yapılmıştır.

Yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde, bu konuda yapılan çalışmaların yetersiz olup, bu konuda yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak ticari niteliktedir.

1860 yılında Henry Clifton Sorby mekanik parlatmaya öncü olacak bir çalışma yapmıştır (Samuel, 2003). Desch Guinier 1937 yılında yayınlamış olduğu “Metalografik” adlı kitabında metallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini yayınlamıştır. Bu çalışmalar ışığında Rosenhain W 1940’lı yıllarda kumaş kaplı ve damıtılmış su ile bir hamur haline getirilmiş toz cila ile numune hazırlamıştır (Smith, 2009). Geliştirilmiş ekipman ve parlatma malzemesiyle ile yapılan mekanik parlatma işlemi için ilk ve en kapsamlı araştırmalar 1940 ve 1950’li yıllarda ortaya çıkmıştır (Samuels, 2003). William (1970) tarafından yapılan ve patenti kendine ait olan “Method of Honing by Extruding” adlı çalışmayla ilk olarak aşındırmayı kolaylaştırmak için sıvı yardımıyla zımparalama işlemi otomatik olarak yapılmıştır.

İlk aşındırıcı makinalar SKF Steel AB (İsveç) firması tarafından 1970’ten önce üretilmiş ve daha sonra Struers firması tarafından düzenlenen 1970’teki sempozyumda otomatik numune hazırlama için ilk fikir ortaya atılmıştır. Bu fikir SKF Steel AB (şimdi Ovaka Steel AB) çelik firması tarafından ortaya atılmış ve düşük hızlı ilk düzlem kaba zımparalama işlemi yapan prototip 1971 yılında üretilmiştir (Stuers, 2014). İlk üretilen parlatma cihazları tamamen insan faktörüne bağlı olarak çalışmak zorunda olan ve hassasiyeti çok iyi olmayan makinelerdir.

İlerleyen süreçte üretilen parlatma makineleri hassasiyet bakımından çok yüksek düzeylere ulaşmış ve bu makinalara insana bağlı olmadan yani otomatik olarak çalışabilme yeteneği kazandırılmıştır. Ancak birçok parlatma işlemi seri halde yapılamamaktadır. Metalografik numunelerin zımparalanması ve parlatılmasının çok istasyonlu otomatik bir

şekilde gerçekleştirilmesi, hem hassasiyet ve zamandan kazanç hem de en önemlisi insan gücü gereksinimini minimize edebilecektir.

Bu çalışmada, dünya ve ülkemiz sanayisinin taleplerine uygun olarak otomatik olarak çalışan, metalografik incelemeler için bir numune zımparalama ve parlatma makinesinin tasarımı, imalatı ve otomasyonu yapılmıştır. Bu amaçla, CAD programları kullanılarak makinenin tasarımını takiben imalatı, montajı ve otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, daha önceden imal edilmiş numune zımparalama ve parlatma makineleri baz alınarak bir takım hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmadaki tasarımın farkı, numunenin parlatma işleminin 5 farklı kademede otomatik olarak gerçekleştirilmesidir. Ayrıca her zımparadaki basınç değeri ve süresi otomatik olarak değiştirilebilir olmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Metalografik Numune Hazırlama

Mühendislik için malzemenin dış özellikleri kadar fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini bilmek gerekmektedir. Malzemelerin özelliklerini etkileyen yapısal öğelerin ve kusurların tespiti, kalite kontrol gibi işlemler için malzemenin iç yapısının titizlikle incelenmesi gerekir. Metalografi malzemelerin iç yapısını inceler. Bazı yapı öğeleri ve kusurlar gözle görülebilecek kadar büyük yani makro (makroskobik) boyuttadır. Şekil 2.1’de gösterilen bakır ingotun merkezden dışa doğru yüzeyinde bulunan yapılara sahip tanecikler görülmektedir. Ancak, çoğu malzemeler mikron mertebelerinde veya mikro boyutlarda tanelerden meydana gelir. Bunlar ise mikroskoplar kullanılarak incelenebilir.



Şekil 2. 1. Merkezden dışarı doğru uzanan iğne şeklinde tanelerin görüldüğü silindirik bir bakır ingot kesiti (Azaklı, 2013)

Mikroskobik incelemelerin sonucunda malzemenin kusurları ve yapısı tespit edilerek yapı ile kusur arasındaki ilişki ortaya konularak malzemenin özellikleri belirlenir. Bu kusurların giderilmesi için yeni özelliklere sahip alaşımların tasarlanması ve malzemenin doğru bir ısıtım işlemi görüp görmediğinin belirlenmesine yarar. Mikroskop ile bakıldığında, mikroyapıdaki çeşitli bölgelerin ışığı farklı yansıtma özelliklerinden dolayı, iç yapı görüntülerinde farklı tonlarda (kontrastlarda) bölgeler görülür. Metalografik ya da mikro yapısal analiz ile

aşağıdaki özellikler incelenebilir (Salman ve Gülsoy, 2004; Azaklı, 2013; Callister ve Rethwishch, 2013):

- Tane boyutu
- Porozite
- Dendritik büyüme
- Faz analizi
- Çatlak ve diğer kusurlar
- Korozyon
- İnklüzyon boyutu, şekli ve dağılımı
- Grafit şekli, boyutu ve dağılımı
- Karbürizasyon kalınlığı
- Dekarbürizasyon
- Nitrür kalınlığı
- Dövme akış çizgileri

Dikkatli ve özenli yüzey hazırlama faaliyetleri mikroyapı detaylarının ortaya çıkarılmasını sağlar. Metalografik numune belli bir sıralamaya göre hazırlanır. Bu sıralama aşağıdaki gibidir:

- Numune seçimi
- Numune alma (kesme)
- Kalıplama (gerekliyse)
- Zımparalama
- Parlatma
- Dağlama

2.1.1. Numune Seçimi

Numunenin alınması metalografik incelemenin esası ve başarısı için çok önemlidir. Alınan numunenin doğru sonuçlar vermesi için, numunenin fiziksel, kimyasal bileşim yönünden malzemenin bütün özelliklerini temsil etmesi gerekir. En önemli kriter, numunenin inceleme amacına uygun olmasıdır. Yani numune, ya genel mikroyapı incelenmesine veya sadece bir veya birkaç belirlenmiş parametrenin (tane boyutu, kırılma veya çatlama türü vb.)

incelenmesine imkan verecek şekilde alınmalıdır. İnceleme yapılacak yere göre malzemenin ince ve kalın yerlerinden, kenar ve ortasından, bozuk ve sağlam kısımlarından numune alınmalıdır. İncelenecek özellik için tek bir yön yeterli ise ve yönle değişmeyen özellikler olduğu biliniyorsa, bir kesitten numune almak yeterli olacaktır. Birçok durumda yöne bağlı olarak malzemenin özelliği değiştiği için genişlik, kalınlık ve uzunluk yönlerinde olmak üzere iki veya üç boyutta kesit hazırlanması gerekir.

2.1.2. Numune Alma (Kesme)

İncelenmesi yapılacak mikro yapı elemanlarına göre, malzemedan alınacak numunenin ne tür olacağı belirlendikten sonra numuneye uygun bir kesiciyle numune kesilir. Bu kesiciler; keski, kesici taş, testere, oksiasetilen ve çekiçle kırmadır. Bazı durumlarda bu aletlerin birkaçı birlikte kullanılabilir. Bu işlemler yapılırken numune üzerinden kestikleri kısımlar malzemenin içyapısını değiştirebilir. Örnek olarak, numuneden oksiasetilen ile kesilen kısımdaki metal önce sıvı hale geçer, daha sonra katılaşır. Böylelikle, kesilen kısmın yapısı değişerek, sıcaklığın etkisiyle de dıştan içe doğru tane yapısında da değişiklik meydana gelebilir. Testere, keski gibi kesici araçla kesilen yüzeyde ise, malzeme soğuk işleme tabii tutularak içyapısı değişebilir. Testere, kesici taş, torna gibi kesici aletler metali ısıtarak, soğuk işleme birlikte, ısının etkisiyle malzemenin içyapısını değiştirebilir. Numunenin kesilen kısmında bazen bir miktar hasar oluşur, ancak bu hasarın boyutu en az seviyeye indirilebilir. Hasarın boyutu kullanılan yöntem ve malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Bu amaçla testere, torna, oksiasetilen, kesici taş, çekiç gibi alet ve cihazlar şartlara göre kullanılabilmeyle beraber çoğu kesme işlemleri teknolojik gelişmelere paralel olarak geliştirilmiş kesme makinelerinde yapılmaktadır. Ayrıca kesme işlemi soğutma sıvısıyla birlikte malzemeye uygulandığında bu hasar en aza indirilmiş olur. Kesme işlemi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus malzemede en az yapı değişikliğini meydana getirmektir. Numunede en az deformasyon ve minimum ısınma oluşmalı ve malzeme kaybını en az seviyede tutmak gerekmektedir.

Büyük boyutlu parçalarda numune alma işlemi incelenen bölgenin yakma işlemiyle alınmasıyla gerçekleşir. Bu işlem malzemede yapı değişimine sebep olacağından yakarak alınan bölge incelenen bölgeden uzak olması gerekmektedir. Küçük boyutlu numuneler ise laboratuvarlarda bulunan şerit testere, makas, aşındırıcı disk ile kesilebilir.

Aşındırıcı (abrasiv) ile kesme mikroskobik ve diğer malzeme incelemelerinde en yaygın kullanılan kesme yöntemi olup kolay, doğru ve ekonomiktir. Bu yöntemle yapılan

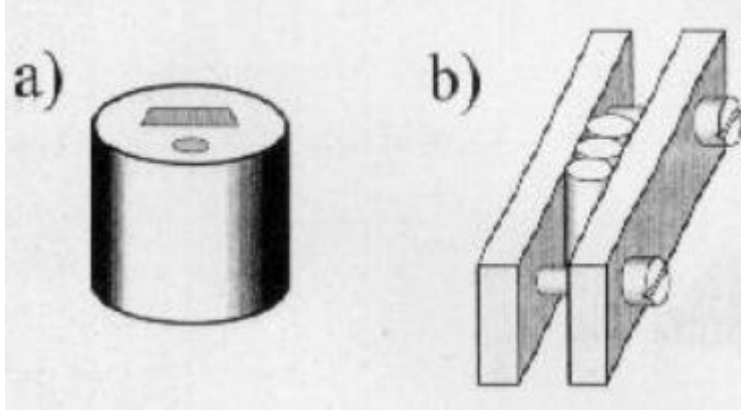
kesme işlemi diğer kesme yöntemlerine göre daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Ayrıca işlem adımları diğer yöntemlere göre az olduğu için zaman tasarrufu sağlamaktadır. Sert malzemelerin kesimine uygundur. Yumuşak diskler ve sert diskler olmak üzere iki gruba ayrılır. Disklerin bu şekilde isimlendirilmesinin nedeni diskin nasıl hasara uğradığıyla ilgilidir. SiC ve Al₂O₃ sertliği birbirine çok yakındır. Sert ya da yumuşak terimi bağlayıcıdaki porozite miktarını gösterir. Yumuşak disklere göre sert kesme diskleri aşındırıcı tanecikleri daha iyi tutarlar. Yumuşak kesme diskleri kırılğan ve sert malzemeleri kesmek için kullanılırlar. Bunun nedeni yumuşak bağlayıcı kopunca yeni keskin aşındırıcı taneler sağlanmış olur. Sert bağlayıcılı kesme diskler ise sünek ve yumuşak malzemelerin kesmek için kullanılmaktadır. Elmas/CBN kesme diskleri, çok yüksek sertliğe sahip aşındırıcı parçacıklardan ve bu parçaları tutan bağlayıcının yüksek dayanımından dolayı uzun ömürlüdür. Elmas ya da CBN, bir metal diske metal ya da reçine bağlayıcı ile tutturulmuştur. Şekil 2.2’de sulu bir kesme cihazı bulunmaktadır.



Şekil 2. 2. Sulu kesme cihazı (Yıldırım,2013)

2.1.3. Kalıplama

Kesilerek incelenmeye hazırlanan numuneler küçük veya bozuk şekilli ise zımparalama ve parlatma yaparken sorun teşkil eder. Bundan dolayı numuneler zımparalama ve parlatma işleminden önce Şekil 2.3’deki gibi kalıplanır.



Şekil 2. 3. a) Kalıplanmış numune b) Kelepçelerle tutturulmuş numune (Azaklı, 2013)

Numuneyi kalıplamanın diğer önemli bir sebebi de; zımparalama ve parlatma esnasında temizliğin kolayca sağlanmasıdır. Numunenin yan yüzeylerinin pürüzlü olması nedeniyle, parlatma esnasında aşındırıcı tozları (abrasiv) tutar ve numune ne kadar yıkanırsa yıkansın yine bir miktar abrasiv üzerinde kalır. Bu abrasivler bir sonraki parlatma kademesinde dökülerek numunenin yüzeyinde çizik meydana getirir. Hâlbuki kalıplanmış (örneğin; bakalite alınmış) bir numunede bu tozlar bakalite yapışır ve yıkama ile kolayca bakaliti terk ederler. Numuneyi kalıplama iki farklı yöntemle yapılabilir (Salman ve Gülsoy, 2004; Azaklı,2013; Callister ve Rethwishch,2013);

a) Sıcakta ve basınç altında kalıplama

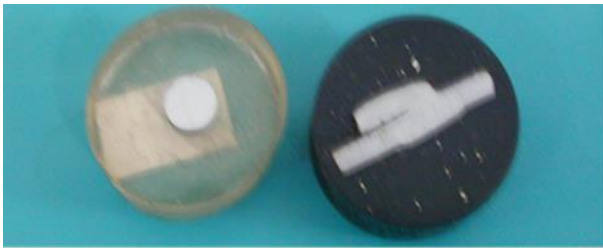
b) Soğukta kalıplama

Numuneyi sıcak ve basınç altında kalıplamada genellikle bu iş için özel olarak imal edilmiş presler kullanılır. Numune 150°C civarında ısıtılırken aynı zamanda 30 MPa kadar basınç uygulanır. Genellikle numune alt zimba üzerine yerleştirildikten sonra numunenin üzerine toz halindeki plastikten ölçek yardımı ile numune boyutuna göre bir miktar plastik tozu dökülür. Üst zimbayı taşıyan kapak kapatılarak kilitlendikten sonra basınç uygulanır ve yaklaşık 15 dakika ısıtıldıktan sonra soğutma suyu yardımıyla soğutulur ve dışarı alınır. Basınç ve sıcaklığın etkisi ile tozlar birbirine tamamen kaynaşarak numunenin etrafını sarar (Şekil 2.4). Kalıplama parametreleri (sıcaklık, basınç, süre) seçilen polimerik malzemeye göre değişir. Seçilen plastik malzemenin aynı zamanda dağlama esnasında kullanılacak dağlama reaktifinden etkilenmemesi gerekir. Bu özelliklere sahip piyasada pek çok malzeme mevcuttur. Bu malzemelerden en yaygın kullanılanı plastik bir malzeme olan bakalit'tir (Şekil 2.5). Bazı durumlarda iletkenlik kazandırmak için bakır veya demir tozu kullanılır (Salman ve Gülsoy, 2004). Soğuk kalıplamaya göre elde edilen kalıbın sertliği ve kalitesi daha iyidir

(özellikle otomatik hazırlamada önemli), kalıp çapı kesin toleranslar içinde kalır (Salman ve Gülsoy, 2004; Azaklı, 2013; Callister ve Rethwishch, 2013).

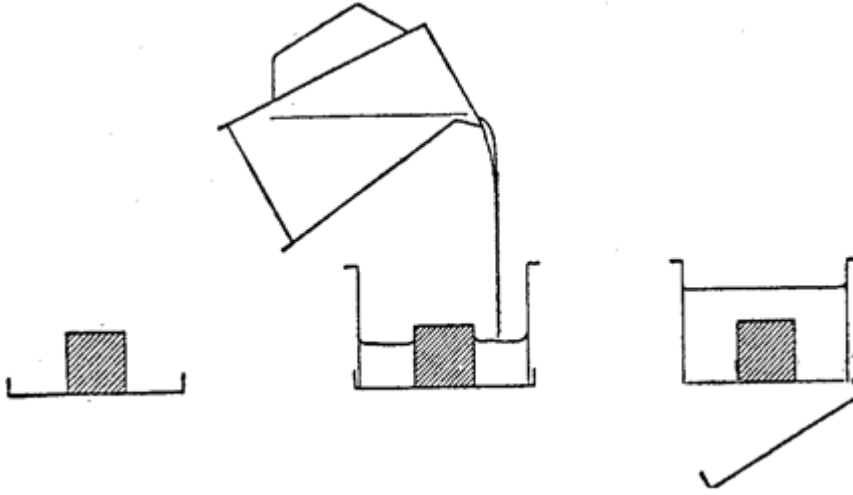


Şekil 2. 4. Bakalite Alma Cihazı (Özgürlük,2010)



Şekil 2.5. Polyestere ve Bakalite Alınmış Numune (Özgürlük,2010)

Kalıplama preslerinde uygulanan basınç ve sıcaklık, ergime noktası düşük, yumuşak metalleri deforme edeceğinden bu yöntem uygulanmaz. Bunun yerine soğuk kalıplama yöntemi uygulanır. Soğuk kalıplama oda sıcaklığında yapılır. Basınç veya sıcaklık uygulanmaz. Ancak sertleşme sırasında egzotermik reaksiyonla bir miktar ısı artışı olabilir. Bu yöntemde kullanılan malzemeler polyester, epoksi ve akriliktir. Her üç malzeme de iki bileşenden ibaret olup, bunlardan biri reçine, diğeri ise sertleştiricidir. Her iki bileşen belirli oranlarda karıştırıldıktan sonra aşağıdaki Şekil 2.6'da gösterildiği gibi numuneyi ihtiva eden kalıba dökülür. Karışım oda sıcaklığında egzotermik polimerizasyona uğrayarak bir süre sonra katılaşır. Kalıp istenilen büyüklükte olabilir ve dolayısıyla bu yöntemde bir kaç küçük numuneyi bir arada kalıplamak mümkündür. Katılaşma süresi, kullanılan malzemeye bağlı olarak 20 dakika ile 24 saat arasında değişir. Bu süreyi kısaltmak için dökümler düşük sıcaklıktaki bir fırında tutulabilir. Katılaşma tamamlandıktan sonra esnek plastik kalıp, katılaşan kitleden kolayca sıyrılır [(Salman ve Gülsoy,2004).



Şekil 2.6. Soğukta kalıplama (Salman ve Gülsoy, 2004)

2.1.4. Metalografik Zımparalama İşlemi

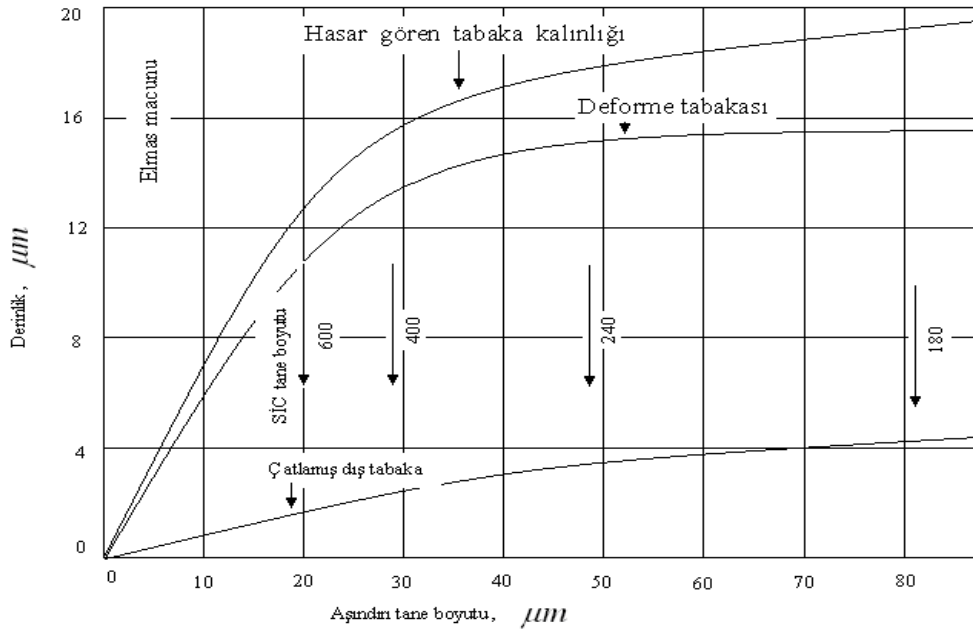
Kalıplama sonunda incelenecek numunenin yüzeyi pürüzlüdür ve yüzeyde deformasyon tabakası bulunmaktadır. İnceleme yapılacak numunenin yüzeyi pürüzsüz ve düzgün olması gerekir. Numunenin içyapısının ortaya çıkarılması için de bu pürüz ve deformasyon ortadan kaldırılması gerekir. Numunenin yüzeyinden bu deformasyonu yok edecek ilk işlem zımparalamadır. Bu işlem yapılırken de hasar görmüş yüzeyden minimum seviyede hasar bırakarak yapılmasına dikkat edilmelidir. Amaç parlatma işlemi esnasında mümkün olan en kısa sürede kolayca giderilebilecek minimum hasar içeren düzgün yüzeyler elde etmektir (Stuers, 2014). Bu amacı gerçekleştirmek için numuneye önce zımparalama daha sonra parlatma işlemi uygulanır. Numuneler kesildikten ve kalıba alındıktan sonra, inceleme yapılması için öncelikle zımparalanması gerekir. Zımparalama işlemi malzeme üzerinde aşındırma işlemidir ve malzemeye kalından inceye doğru aşındırarak en pürüzsüz yüzeyi elde etmeye yarar. Zımparalama numune üzerinde çeşitli kademelerde yapılır. Her kademedeki bir önceki kademede kullanılan aşındırıcılardan daha ince aşındırıcı kullanılır ve böylece her kademenin numune yüzeyinde yarattığı deformasyon ve çizik minimuma indirilir (Salman ve Gülsoy, 2004; Bülbül, 2011a).

Zımparalama işlemi için farklı aşındırıcılar kullanılmaktadır. Piyasada en çok kullanılan suya dayanıklı zımpara kâğıtlarıdır. Zımparlama işlemi farklı kademelerde gerçekleştiği için bu kademeleri gerçekleştirecek olan zımpara kâğıtları farklı boyutlarda üretilirler. Zımparalar SiC taneleri veya genellikle tabii %55-70 Al_2O_3 (Korindon) ve magnetit tozu ihtiva ederler. Bazen korindon yerine boksit'in elektrik fırınında muamelesinde elde edilen alümina (Al_2O_3) de kullanılır. Zımpara kâğıtları Ek Tablo 1'de gösterildiği gibi zımpara no ile tasnif edilir. Tablo 2.1'den zımpara tane numarası arttıkça tane boyutunun küçüldüğü görülmektedir (Salman ve Gülsoy, 2004). Zımpara kâğıtları çok kısa ömürlüdür. Fakat düzgün saklandığında ve doğru şekilde kullanıldığında ömürleri uzayabilir. Zımparalar sert ve aşındırıcı nitelikteki SiC veya Al_2O_3 taneciklerinin suya dayanıklı kâğıt veya kumaş üzerine yapıştırılması ile üretilmiştir.

Tablo 2.1. . Zımpara kâğıtlarının tasnifi (Salman ve Gülsoy, 2004)

Tane Cinsinden Zımpara Numarası	Uzun Yazılış Şekli	Kısaltılmış Şekli	Tane Boyutu (mikron)
80	4	-	210 - 177
150	3	-	105 - 88
180	2	-	88 - 74
240	1	-	53 - 45
320	0	1/0	37 - 31
400	00	2/0	31 - 27
600	000	3/0	22 - 18
800	0000	4/0	15 - 11

Numunenin zımparalanması sonucu malzemede çizikler ve deformasyon tabakası oluşmaktadır. Bunun nedeni numunenin sertliği ve zımparadaki aşındırıcının tane boyutudur. Şekil 2.7'de aşındırıcı boyutunun çizik derinliği ile deformasyon tabakasına etkisi görülmektedir.

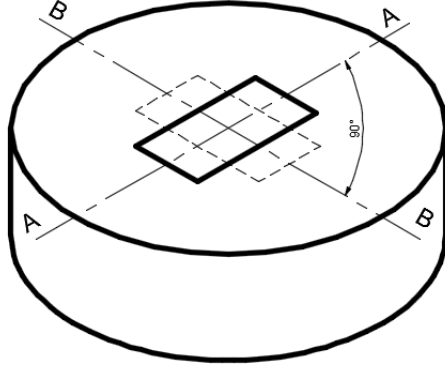


Şekil 2.7. Aşındırıcı tane boyutunun çizik derinliği ile deformasyon tabakasının kalınlığına etkisi (Salman ve Gülsoy, 2004)

Numunenin yapısı ve özellikleriyle zımparalama işlemi oldukça alakalıdır. Numunenin malzemesine göre doğru malzemelerle yapılan işlemlerle geliş güzel şekilde yapılan işlemler arasında fark vardır. Şöyle ki hazırlama işlemi sonunda yapı incelemesi aşamasında hazırlamadan kaynaklanan birçok hata yapının yanlış okunmasına sebep olabilir (Bülbül, 2011a). Zımparalama yapılırken bastırma hatalarından dolayı eğik yüzeyler meydana gelebilir. Bunun sonucunda dağlama ve mikroskop incelemesinde sıkıntılar ortaya çıkabilir. Numunenin yüzeyi homojen olarak dağılmaz ve inceleme esnasında görüntü netliğinde problemler oluşabilir.

Zımpara yapılırken öncelikle yüzeyi temiz ve düzgün olan bir tabla üzerine zımpara kâğıdı yerleştirilir. Numune, zımpara kâğıdı üzerinde aynı doğrultuda kalmak şartıyla ileri geri hareket ettirilir. Zımparalama esnasında numuneyi fazla bastırmak, numune yüzeyinde düzelmeyecek çok derin bozuklukların meydana gelmesine neden olabilir. Zımparalama esnasında kopan taneciklerin uzaklaştırılması gerekir, bu nedenle sulu zımparalama yapılmalıdır. Su, hem malzemenin ısınmasını engeller hem de talaşı malzeme yüzeyinden uzaklaştırır. Zımparalama işlemi süresince her bir zımpara değişimi sırasında numune iyice yıkanmalı ve kurutulmalıdır. Bir önceki zımparalama yönüne göre numune 90° çevrilerek zımparalamaya devam edilmelidir (Şekil 2.8). Yapılan zımparalama işlemlerinde 60, 120, 180, 220, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 numaralı zımpara kâğıtları sırasıyla

kullanılmaktadır. En son zımparalamadan sonra numune iyice yıkanıp kurutulduktan sonra parlatma işlemine geçilir.



Şekil 2.8. Önerilen zımparalama yönleri (AA ve BB) (Yıldırım, 2013)

Zımparalama işlemi iki kademe de yapılır;

- a) Kaba zımparalama kademesi
- b) İnce zımparalama kademesi

Kaba zımparalama kademesinin amacı, bir sonraki zımparalama ve parlatma kademeleri için gerekli düz yüzeyi elde etmektir. Bu işlemde numune önce zımpara taşına tutulur. Böylece numunedeki çapaklar ve numuneyi kesen aletin izleri ortadan kaldırılmış olur. Arkasından, sırayla 80 ve 150 meshlik (no'lu) zımpara kâğıtları ile zımparalanır.

İnce zımparalama kademesinde, 240, 320, 400, 600 meshlik zımpara kâğıtları kullanılır. Mekanik zımparalama esnasında numune ve zımpara elle tutulduğu için zımpara taneleri kendisinden daha ince taneli zımparaya geçebilir. Bunu önlemek için el ve numune iyice yıkanmalıdır. Numunede porozite veya çatlak bulunuyorsa; bu boşluklara yerleşen zımpara taneleri yıkamayla uzaklaştırılmaz. Böyle durumlarda numune ultrasonik temizleyiciyle temizlenmesi gerekir. İnce zımparalama kademesi sıvı ile yapılması gerekir. Bunun nedeni numunenin ısınmasını önlemektir. Ayrıca sıvı numuneyle zımpara arasında homojen bir temas oluşmasını sağlar.

Numune üzerinde yapılan her zımparalama işlemi bir önceki yüzeyde meydana gelen deformasyonu ve çizikleri yok eder. Bu yüzden her zımparalamadan sonra numune kontrol edilmelidir.

2.1.5. Metalografik Parlatma İşlemi

Parlatma işlemi sonucunda zımparalama sonrası çiziksiz, deformasyonsuz ve düzgün yüzeyler elde edilir. Parlatma, numune yüzeyinde zımparalama sırasında kalan çizik ve sıyrıkları yok etmek için yapılır. Her türlü yabancı madde bulaşmasının önüne geçmek için zımparalama ve parlatma işlemleri mutlaka ayrı ortamlarda yapılmalıdır. Çünkü hava akımıyla sıçrayan zımpara taneleri parlatma aletine yapışmaktadır (Salman ve Özsoy, 2004; Bülbül, 2011b).

Parlatma işlemi başlıca iki kademedede yapılır;

- a) Kaba parlatma kademesi
- b) Nihai parlatma kademesi

Parlatma yapılırken numune parlatma çarklarına temas ettirilir. Kaba parlatma kademesinde numunenin fazla bastırması gerekir. Uzun süreli zımparalama, kaba ve nihai parlatma ikinci fazın dökülmesine yol açabilir (Geels, 2007). Parlatma çarkları numunenin özelliğine göre uygun kumaşlarla kaplanır. Kaba parlatma kademesinde genellikle çadır bezi tüysüz kumaşlar seçilirken, nihai parlatma kademesinde kısa tüylü kumaşlar tercih edilir (Salman ve Gülsoy, 2004). Numuneyi parlatma çarkının farklı yüzeylerine temas ettirmenin bazı avantajları vardır. Bu işlem yapılırken parlatma çarkının dönme yönünün tersine hareket ettirmek gerekir. Ayrıca çarkın merkezinden dışa doğru ileri geri hareket ettirmek gerekmektedir. Bunun sonucunda mükemmel yakın yüzeyler elde edilirken parlatma kumaşının da homojen yıpranmasına neden olur. Numuneyi hareket ettirmenin diğer bir avantajı; özellikle kalıntı, porozite ve ince çökelti fazı içeren numunelerde görülen ve yönlendirilmiş parlatmadan kaynaklanan “kuyruklu yıldız” görünümünün önlenmesidir. (Geels, 2007).

Zımparalamadaki gibi parlatmada da farklı kademelerde yapılan parlatma işlemleri arasında numune ve el bol su ile fırçalanıp yıkanmalıdır. İşlem sonucunda çark kumaşlarının deforme olup olmadığına dikkat edilmelidir.

Parlatma işlemi sonucunda amaç numunenin yüzeyi ayna gibi görünür. Numune dağlanmadan önce mikroskopta incelenmesi gerekiyorsa alkollenerek hava cereyanında kurutulur. Bu durumda yüzeyin çizilmesine ve lekelerin meydana gelmemesine dikkat edilmelidir.

Parlatma işlemi mekanik, elektrolitik, kimyasal, otomatik parlatma yöntemlerin biriyle yapılır.

Mekanik parlatma işleminde 150-600d/dk hızla dönen disklerden faydalanılır. Disklerin üzeri parlatma aşamasına göre çadır bezi, sert çuha, poplin, kadife, naylon vb. kumaş ile kaplanır. Metalografik numune parlatma işleminde öncelikle dikkat edilmesi gereken husus zımparalama işleminden sonra oluşan yüzeye uygun kademedan devam etmektir. Seçilecek grit, süspansiyonun özellikleri ve keçe burada oldukça fazla önem taşımaktadır ve tabi ki parlatılacak malzeme. Seçilecek süspansiyon ve keçe parlatma işleminin kalitesini ve ekonomikliğini de oldukça fazla etkilemektedir. Bununla birlikte alelade kullanılan keçe ve süspansiyonlar belli bir zaman sonra pürüzsüz yüzeyi verecektir; fakat harcanan süre, süspansiyon miktarı ve keçe aşınması birim başına numune sayısını düşüreceğinden maliyetli bir hal almaya başlayacaktır. Yüzeyin matlığı da inceleme esnasında yapının düzgün görülememesine sebep olacaktır.

Kaba parlatmada aşındırıcı boyutu 15-1 μm arasındadır. İnce parlatmada ise 0,25-0,05 μm arasındadır. Kaba ve nihai parlatma için genellikle Al_2O_3 , Cr_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 ve elmas tozu gibi aşındırıcılar kullanılır (Tablo 2.2). Bunlardan elmas tozu, macun veya sprey şeklinde, diğerleri ise toz veya damıtık su ile süspansiyon halinde kullanılır. Parlatma kumaşının yüzeyine bakılarak aşındırıcının yeterli olup olmadığı belirlenebilir. Yüzey üzerinde ince tabaka opak bulunmaktaysa aşındırıcı miktarı yeterlidir (Salman ve Gülsoy, 2004). Numune yüzeyi sudan etkileniyorsa su yerine glikol, etilen, alkoli, kerosen ve gliserin kullanılabilir. Nihai parlatma kademesinde ise MgO , Mg , Al ve alaşımlarının kullanılması önerilir. Yağlayıcılar keçe ile numune arasında kayganlaştırıcı bir yastık oluşturmaktadır. Bu sayede numunelerin hem yüzeyleri ısınmayacak hem de elmasların verdiği gereğinden deformasyon engellenmiş olacaktır. Günümüzde artık birçok sıvı süspansiyon özel koşullarda yağlayıcı ile birlikte karıştırılmış halde satılmaktadır. Elmas süspansiyonlar hem güçlü aşındırma özellikleri sayesinde hem de doğru kullanıldıklarında genelde yapı incelemeleri için yeterli olmaktadır.

Tablo 2.2. Parlatmada kullanılan aşındırıcılar ve kullanım alanları (Salman ve Gülsoy, 2004)

Zımparalama		En ince zımparalama	İnce zımparalama	Kaba zımparalama
Parlatma	Son parlatma	İnce parlatma	Kaba parlatma	
Sünger taşı				
Alçı taşı				
SnO ₂				
MgO				
Fe ₂ O ₃				
Cr ₂ O ₃				
Zımpara				
Doğal korund				
Sentetik korund				
BeO				
Al ₂ O ₃				
SiC				
B ₄ C				
Elmas				
Parçacık boyutu (µm)		0,1	1	10 100

Parlatma işleminde seçilen aşındırıcı kadar numunenin sürekli temas halinde olacağı yüzeyde çok önemlidir. Yanlış seçilen parlatma keçeleri yüzeyde çizikler kalmasına, kenar yuvarlanmalarına ve numune yüzeyinde batıklar oluşmasına sebebiyet verirler. Parlatma keçelerinin bakımı oldukça önemli bir işlemdir. Özellikle farklı tane boyutlarında kullanılan keçeler kesinlikle yan yana gelmemeli ve bir birlerine değmeleri engellenmelidir. Bununla birlikte ortamdaki tozdan ve üretimden gelebilecek (metal tozu v.b.) atıklardan da olabildiğince uzak tutulmalıdır. Keçeler bir süre sonra solüsyon ve parlatılan malzemenin atıkları ile kirlenecektir, bu gibi durumlarda keçeler su ve bir diş fırçası yardımıyla temizlenebilir. Bu durum hem parlatma kalitesini hem de keçenin ömrünü artıracaktır.

Otomatik parlatma; seri üretim yapılan yerlerde, çok sayıda numunenin incelnemesi yapılan laboratuvarlarda ve süre tasarrufu yapmak istenilen yerlerde genellikle otomatik parlatma işlemi yapılır. Numunenin elle tutulamayacağı durumlarda da otomatik parlatma cihazlarından yararlanılır. Ayrıca diğer parlatma yöntemlerinde özel durumlarda parlatma gerektiren hallerde de bu parlatma yöntemi tercih edilir.

Otomatik parlatma cihazlarından en çok kullanılanı vibrasyonlu parlatma cihazıdır. Bu cihazda çarklar parlatma kumaşı ile kaplanır ve kumaş süspansiyonla ıslatılır. Numuneler zımparalama sonucunda parlatılacak yüzeyleri kumaşa temas edecek şekilde çarka yerleştirilir. Cihaz çalıştırıldığında çarkın hareketiyle sayesinde numuneler hareket ederek parlatma işlemi yapılır. Bu cihazın dezavantajı farklı cins numunelerin parlatılmasının yapılmamasıdır. Bunun nedeni farklı numunelerin iyon alışverişi nedeniyle numunelerin

yüzeyinin bozulmasına sebep olmasıdır. Aynı cins numunelerin parlatılması sonucu yüzeyde deformasyon meydana gelmez. Ayrıca gevrek ve kalıntı fazların dökülme olasılığı azdır.

Tahribatsız parlatma; konvansiyonel metalografik incelemede, numune malzemeden kesilerek çıkarılır ve parlatma işlemine tabi tutulur. Fakat, incelenecek parça bir boru hattı, akaryakıt tankı, kaynak bölgesi, döküm parçası, uçak, gemi vb. konstrüksiyon olabilir. Bu mamullerden şüphesiz numune kesilip alınamaz ve numune hazırlanması mamulün bulunduğu yerde yapılır. Tahribatsız yöntem olarak tanımlanan bu işlemde, incelenecek parçanın yüzeyinde bir yüzey seçilir ve bu alan zımparalanır, parlatılır ve daha sonra dağlanır. Bunun için taşınabilen parlatma cihazları piyasada mevcuttur. Hazırlanan yüzeye genellikle replika tekniği uygulanarak yüzeyin izi, asetat filme aktarılır ve bu film laboratuvarında mikroskopta incelenir.

Elektrolitik parlatma, mekanik parlatmanın zorluklarını ortadan kaldırmak amacı ile yapılmıştır. 600 numara zımpara sonucunda dağlama işleminin yapılmasına gerek yoktur. Bunun nedeni elektrolitik parlatma sonucu kaba ve nihai parlatma kademelerine gerek kalmayıp malzeme dağlanmış olmaktadır. Bunun sonucunda hem zamandan tasarruf sağlanmış olup hemde ekonomik bir işlem uygulanmıştır. Ayrıca kaba ve nihai parlatma sonucunda meydana gelen distorsiyon ortadan kalkar. Elektrolitik parlatma yumuşak malzemelerde, paslanmaz çeliklerde, tek fazlı alaşımlarda diğer parlatma yöntemlerine göre daha avantajlıdır. Ayrıca, kolayca işlem sertleşmesi gösteren malzemelerin bu yöntemle parlatılması yerinde olur (Salman ve Gülsoy, 2004). Bu yöntemin dezavantajlarından biri saf alüminyum alaşımları ve çeliklerde görülen metalik olmayan kalıntıların yok olmasıdır. Buna ilaveten metaller arası bileşenlerde örneğin, çelikte sementit fazı, parlatmadan sonra farklı yapıdaki bileşenlerin farklı çözünme hızları nedeniyle, kabartma bir görünüş meydana gelebilir ki bu durum özellikle yüksek büyütmelerdeki mikroskobik etütler için sakıncalıdır. Elektrolit, elektroliz banyosu içerisinde parlatılacak numunenin metal iyonlarının ve kompleks bileşiklerinin çözülebileceği iletken çözeltilerdir. Elektrolit seçimi, parlatılacak numunenin kimyasal bileşimine ve mikro yapısına bağlıdır. Tablo 2.3’de elektrolitik parlatmada kullanılan elektrolitlerden örnekler görülmektedir. Elektrolitik parlatma yönteminde parlatma mekanizması anodik çözümdedir. Numune yüzeyindeki pürüzlerin ortadan kalkması çıkıntıların tercihli çözünmesi ile olur ve çıkıntılar arasındaki çukurlar bu anodik çözünmeden korunurlar. Çünkü bu bölgelerdeki çözünme hızı, çıkıntılı kısımlara kıyasla daha azdır. Numune anot durumunda olduğundan, (+) yüklü metal iyonları numune yüzeyini terk ederek katoda gider. Numunenin bu şekilde çözünmesi esnasında, numune yüzeyinin hemen üstünde metal iyonlarının meydana getirdiği bir film tabakası teşekkül eder.

Bu film tabakasının elektrik direnci, elektrolitin direncinden daha büyüktür ve farklı bileşimdedir. Parlatma mekanizması hakkındaki genel görüş; yüzeydeki çıkıntılı kısımlarda film tabakasının daha ince, metal iyon konsantrasyonunun yüksek ve elektrik direncinin düşük olduğudur. Bu duruma göre uygulanan potansiyel altında pürüzlü kısımlardaki akım yoğunluğu çukur kısımlara kıyasla daha fazla olacaktır. Eğer yeterli miktarda bir potansiyel uygulanmışsa metal, çıkıntılı kısımlardan çukur kısımlara kıyasla, daha hızlı elektrolite geçecektir. Bu durum, yüzeyin tamamen düz olmasına (parlaması) kadar devam eder.

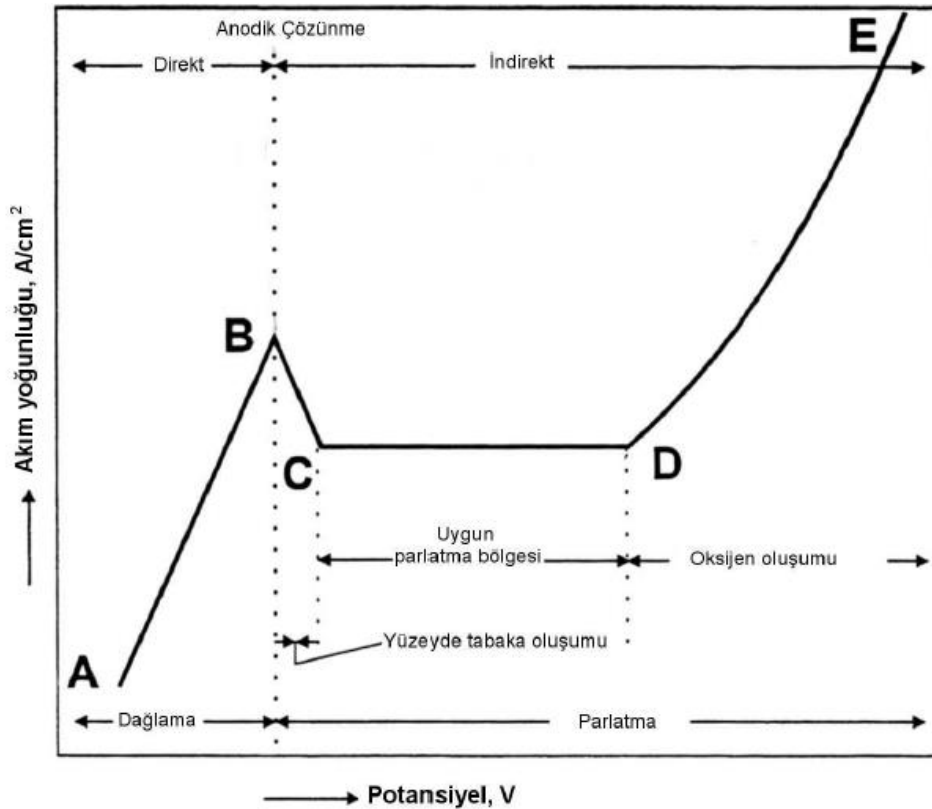
Tablo 2.3. Elektrolitik parlatmada kullanılan bazı elektrolitler

Parlatılan Malzeme	Elektrolitin Bileşimi
Çelik	a) 850 ml Etilalkol 100 ml Destile Su 50 ml Perklorik asit, konsantre b) 200 ml Perklorik asit, özgül ağırlık 1,2- %30 100 ml Gliserin 700 ml Etilalkol, biraz benzolle inceltilmiş
Dökme Demir	a) 200 ml Perklorik asit, özgül ağırlık 1,2- %30 100 ml Gliserin 700 ml Etilalkol, biraz benzolle inceltilmiş b) 15 ml Perklorik asit 100 ml Sodyum diyosiyanat 100 ml Limon Asidi 900 ml Etanol 100 ml Propanol
Bakır ve Bakır Alaşımları	370 ml Ortofosforik asit 630 ml Destile su veya etilalkol
Alüminyum	580 ml Metilalkol 370 ml Dietilen-Glikol-Monobutylether 50 ml Perklorik asit
Magnezyum	370 ml Ortofosforik asit 670 ml Etilalkol

Başarılı bir elektrolitik parlatma için en önemli faktör, uygulanan akım yoğunluğu ile voltaj arasındaki ilişkidir (Şekil 2.9). Öyle ki; voltajın değişmesi halinde, akım yoğunluğunda herhangi bir değişiklik olmaması gerekir. Bu Şekil 2.9’da eğrinin C-D kısmına tekabül etmektedir.

A-B bölgesinde, voltaj arttıkça akım yoğunluğu da orantılı olarak artmaktadır. Bu artış, numune yüzeyindeki kararlı olmayan bir film tabakasının teşekkülü ile ilgilidir. Öyle ki; elektrolit içine iyon verme hızı, film teşekkül hızından büyüktür. Bu bölgede numune ile elektrolit arasındaki kimyasal reaksiyondan dolayı yüzey mat bir görünüş kazanır. Her ne kadar film A-B arasında kararlı değilse de, voltaj arttıkça daha kararlı bir hal alır. B’de kararlı

durum maksimumdur ve film teşekkülü tamamlanmıştır. Bu arada filmin elektrik direnci zıt elektromotor kuvveti bir miktar artar ve bilahare Şekil 2.9’da görüldüğü gibi, akım yoğunluğu düşmeye başlar. Voltajın artması ile akım yoğunluğu C noktasına ulaşır ki, bu değerde filmin teşekkül hızı ile elektrolite yayınma hızı arasında bir denge meydana gelir. Film, metal iyonları ile doyar, aynı zamanda numune, metalin çözünme hızının yüksek voltajın sınır bir değere kadar artması nedeniyle film, üniform olarak kalınlaşır. Kalınlıktaki bu artış, filmin belirli bir sınır değerine kadar, elektrik direncinin orantılı olarak artmasına karşılık, akım yoğunluğu voltajın yükselmesiyle sabit kalır. Bu sınır değer Şekil 2.9’da D noktası ile gösterilmiştir. Eğrinin C-D bölgesi başarılı elektrolitik parlatma noktasıdır. Voltajın daha fazla arttırılması, numune yüzeyinden gaz çıkışına neden olur (genellikle serbest oksijen). D-E bölgesinde voltajın artmasıyla akım yoğunluğu yeniden artar. Bu hal, mevcut filmin sürekli parçalanmasına neden olur. Yüksek voltaj aynı zamanda elektrolit ve numunenin ısınmasına neden olduğundan sakıncalıdır. Sonuç olarak, numune yüzeyinden (anottan) gaz çıkışı ve büyük gaz kümelerinin meydana gelmesiyle parlatılmış yüzey, dalgalı bir hal alarak bozulur.



Şekil 2.9. Elektrolitik parlatma devresinde voltaj ile akım yoğunluğu arasındaki ilişki [Salman ve Gülsoy,2004]

Kimyasal parlatma, numuneye uygun kimyasal çözeltiyle işlem yapılması sonucu yüzeyinin parlamasıdır. Bu yöntem büyük boyutlardaki numunelerin zımparalama sonucunda parlatılmasına uygundur. Örneğin, çekme numunesinin tümü bu yöntemle deney öncesi parlatılır ve deformasyon esnasında yüzeyde meydana gelen değişiklik izlenebilir. Bu boyuttaki numunelerin mekanik yöntemle parlatılması hem çok uzun zaman alır hem de parlatmadaki başarı derecesi oldukça düşüktür. Benzer şekilde elektrolitik parlatma yönteminin uygulanması halinde de parlatma koşullarını sabit tutmak oldukça düşüktür. Kimyasal parlatmanın diğer parlatma yöntemlerine kıyasla üstünlükleri şunlardır:

- a) Parlatma düzeni çok basittir çoğu kez cihaz gerekmez.
- b) Enerji sarfıyatı minimumdur.
- c) Parlatma süresi kısadır. Kaba parlatmada meydana gelen deformasyon tabakası kısa bir sürede tamamen ortadan kalkar.
- d) Basit veya karmaşık numunelerin her tarafı aynı kalitede parlatılabilir.
- e) Parlatma kalitesi yüksektir.
- f) Kimyasal parlatma, mekanik ve elektrolitik yöntemlerin başarı ile uygulanamadığı Mg, Pb, Zn, gibi metallerin parlatılmasında başarı ile uygulanır.
- g) Kimyasal parlatma, ışın geçirmeli elektron mikroskobuna numune hazırlamada (ince folye elde etmede) geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Bütün bunlara rağmen kimyasal parlatma yönteminin bazı dezavantajları vardır. Bunlar sırasıyla;

- a) Diğer yöntemlere göre pahalıdır. Banyolar fazla numunenin parlatılmasına müsait değildir, kullanılmış banyolarda parlatma iyi netice vermez.
- b) Yapıda mevcut kalıntıların etrafı tercihli çözünmeye uğrar.
- c) Numunedeki keskin köşeler tercihli çözünmeye uğrar.
- d) Parlatma için gerekli optimum şartların sağlanması bazen çok güçtür.

Kimyasal parlatma esnasında, ya elektrolitik parlatmada olduğu gibi yüzeyde bir film oluşur veya demir-çelik grubu malzemelerin ortofosforik asit ve hidrojen peroksit çözeltisinde görüldüğü gibi gaz çıkışı olur. Numuneler sürekli olarak karıştırılan bir çözelti içerisine daldırılır. Parlatma banyosunun sıcaklığı ise termostatlı bir ısıtıcı ile sabit tutulur. Kimyasal parlatma başlıca;

- a) Parlatılacak numunenin cinsine
- b) Banyo bileşimine
- c) Banyo sıcaklığına
- d) Numunenin boyutunun, çözelti miktarına oranına
- e) Ön parlatma işlemine
- f) Parlatma süresine

bağlıdır.

Kimyasal parlatma için kullanılan çözeltiler taze olarak hazırlanmalıdır. Kimyasal parlatma, elektrolitik parlatmada olduğu gibi, saf ve tek fazlı malzemelerde en iyi sonucu vermektedir. Farklı malzemeleri kimyasal yöntemle parlatabilmek için çeşitli çözeltiler önerilmektedir. Kimyasal parlatmada optimum şartlar, çoğu kez deneme ile saptanmaktadır.

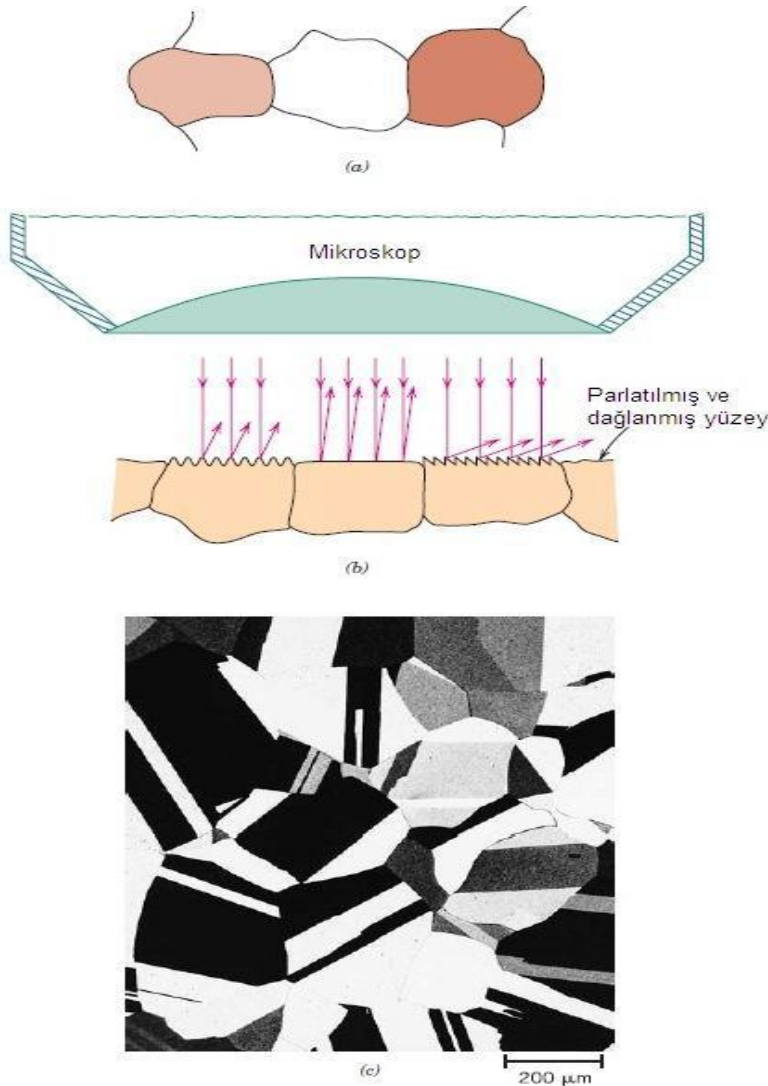
2.1.6. Dağlama

Parlatılmış numunelere mikroskopta bakıldığında, yapıları hakkında bilgi edinmek nadir rastlanan bir durumdur. Parlatmadan sonra ancak, metalik olmayan kalıntılar, porozite, çatlak, yüzeydeki diğer benzeri kusurlar kolaylıkla görülebilir. Bazı demir- dışı alaşımlarda taneler dağlanmadan önce sadece polarize ışık altında görülebilmektedir. Bu nedenle parlatmadan sonra numunelerin mikroskopta incelenmesinde yarar vardır. Parlatılmış numunenin yüzeyi ışığı eşit bir şekilde dağıttığından yapıdaki ayrıntılar ayırt edilemez. Bu nedenle yapıda kontrast oluşturulması gerekir.

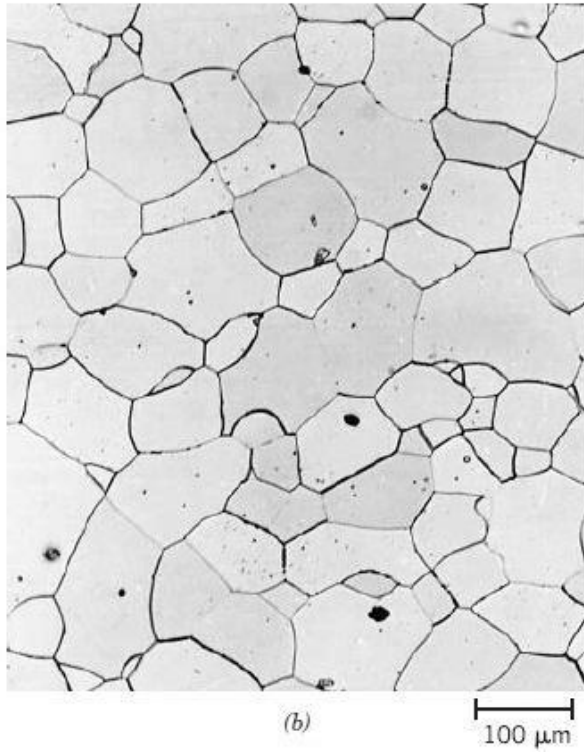
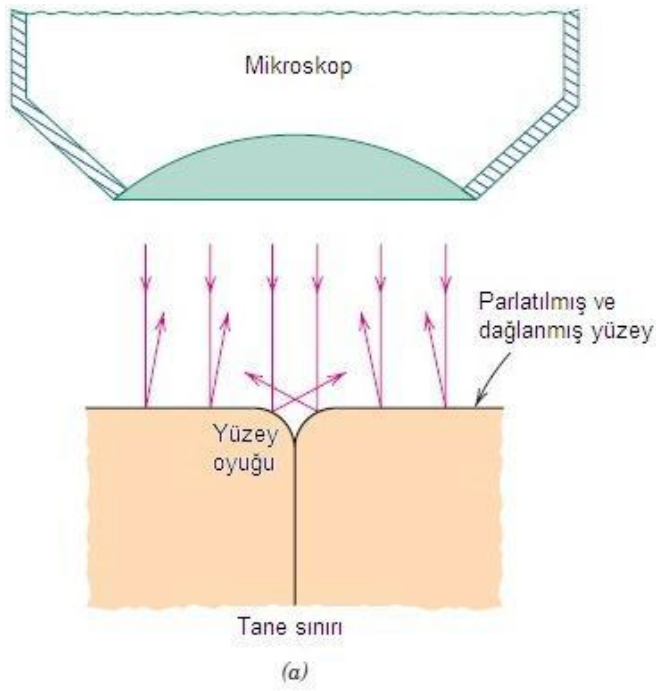
Malzemelerde gerçek iç yapı özelliklerini ortaya çıkarmak için metalografide çoğu kez, parlatılmış numune yüzeyine uygun bir reaktif tatbik edilir. Bu işleme kimyasal dağlama veya kısaca dağlama (etching) denir. Dağlama ile parlatma sonunda görülemeyen mikroyapı özellikleri açığa çıkar. Dağlama, ayrıca fazların cinsini tayin etmede, dislokasyonların yerlerini belirlemede ve yönlenme etütlerinde kullanılır. Kimyasal dağlama işleminde çeşitli kimyasal maddelerin karışımından oluşan ve her malzeme için farklı olan “dağlama ayırıcı veya dağlama reaktifi” kullanılır. Ayıraçlar su, alkol, gliserin, glikol veya bunların karışımından oluşan çözücülerin çeşitli asit, alkali veya diğer kimyasalların karıştırılmasıyla elde edilirler. Ayıraç numune üzerine dökülerek ya da numune ayıraç içerisine daldırılarak belirli bir süre etki ettirilir.

Tek fazlı malzemelerde, tanelerin kimyasal reaktiflikleri kristal yönlenmelerine göre farklılık gösterdiği için, çok kristalli numunelerde, dağlanma davranışı taneden taneye farklılık gösterir. Şekil 2.10b’ e gelen ışığın, dağlanmış halde bulunan ve değişik

yönlenmelere sahip üç farklı tane yüzeyinden ışığın nasıl yansıdığı, Şekil 2.10a'da ise bu tanelerin mikroskop altında görülebilecek muhtemel yüzey yapısı şematik olarak verilmiştir. Her bir tanenin dokusu ve parlaklığı kendisinin yansıtma özelliğine göre değişir. Şekil 2.10c'de bu özellikleri sergileyen çok kristalli bir numunenin mikro yapı fotoğrafı gösterilmiştir. Ayrıca, kimyasal olarak daha aktif olmalarından dolayı, tane sınırlarındaki atomlar, tane içine göre daha hızlı bir şekilde çözünür. Sonuçta, dağlama sırasında tane sınırlarında meydana gelen hızlı malzeme kaybı sonucunda bu sınırlar boyunca küçük oyuklar oluşur. Şekil 2.11a'da görüleceği gibi, tane sınırlarının, tane içlerine göre ışığı farklı açılarda yansıtma özelliklerinden dolayı, optik mikroskop ile bakıldığında tane sınırları ayırt edilebilir hale gelir. Şekil 2.11b'de oyuk tane sınırlarının açık bir şekilde koyu çizgiler olarak görüldüğü, çok kristalli bir numunenin mikroyapı fotoğrafı verilmiştir (Salman ve Gülsoy, 2004; Azaklı,2013; Callister ve Rethwishch, 2013).



Şekil 2.10. Parlatılmış ve dağlanmış çok kristalli bir pirinç numunenin mikroyapısı (Azaklı, 2013)



Şekil 2.11. (a) Dağlama sonucu tane sınırında oluşan oyuğun ve bu oyuğun civarında ışığın muhtemel yansıma şeklinin gösterildiği bir tane sınırı kesitinin şematik gösterimi (b) Tane sınırlarının koyu gösterimi bir çok-kristalli demir-krom alaşımının mikroyapısı (Azaklı, 2013)

İki fazlı bir alaşımin mikroyapı incelenmesinde, genellikle her faz için farklı görünüm oluşturacak ve bu sayede farklı fazların birbirlerinden ayırt edilebilmelerini sağlayacak bir dağlayıcı seçilir. Dağlama ayıracının numune üzerine tatbik edilmesi daldırma, damlatma, yıkama, silme, alternatif dağlama vb. gibi değişik şekilde yapılabilir (Ek Tablo 4). Dağlama işlemi kimyasal olduğu gibi elektrolitik veya termal (ısının etkisiyle) de yapılabilir.

Tablo 2.4. Dağlama yöntemleri (Azaklı, 2013)

Yöntem	Tanım ve Öneriler
Daldırma	Numune dağlama ayıracına daldırılır.
Damlatma	Dağlama ayıracından birkaç damla numune yüzeyine damlatılır. Çok pahalı ayıraçlarda kullanılır.
Yıkama	Numunenin yüzeyi dağlama ayıracı ile çalkalanır. Genellikle büyük numunelerde uygulanır.
Alternatif daldırma	Numune alternatif olarak iki farklı dağlama ayıracı ile dağlanır. İkinci dağlamada, birinci dağlama sonucu bozulan tabakalar çözünür.
Silme	Numunenin yüzeyi dağlama ayıracına daldırılmış bir pamuk veya bezle silinir.
Temperleme	Numune ısıtılır. Faz yapısına göre renklenme meydana gelir.
Sıcak dağlama	Numune ısıtılmış dağlama ayıracı içerisine daldırılır.
Çifte dağlama	Farklı fazlar, farklı renklere karşı duyarlı olduğunda kullanılır.
Tespit dağlaması	Belirli fazların tayini için özel reaktiflerin kullanılması
Elektrolitik dağlama	Numune elektrolitik içerisinde anot durumdadır, dağlama belirli bir akım yoğunluğu ve voltajın uygulanması ile gerçekleştirilir

3. MAKİNANIN TASARIMI, İMALATI VE OTOMASYONU

Numune zımparalama ve parlatma makinesi piyasada çok nadir bulunan bir makinedir. Günümüzde numune parlatma işlemi genellikle insan gücü kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada, otomatik olarak çalışan metalografik incelemeler için bir numune zımparalama ve parlatma makinesinin tasarımı, imalatı ve otomasyonu yapılmıştır. Bu amaçla, daha önceden imal edilmiş numune zımparalama ve parlatma makineleri baz alınarak bir takım hesaplamalar yapılmıştır. Metalografik numune zımparalama ve parlatma makinası yapılırken aşağıdaki sıra izlenmiştir.

- Öncelikle konu ilgili literatür taraması yapılmış ve piyasadaki mevcut makineler incelenmiştir.
- Bu yöntemlerde görülen eksikliklerden yola çıkarak otomatik ve seri üretim yapılacak makinenin tasarımı SolidWorks programında yapılmıştır.
- Tasarım sonrası imalat ve montaj işlemleri yapılmış ve makine test edilmiştir.
- Üretim sonrası yapılacak zımparalama ve parlatma işlemlerinin otomatik olarak çalışması için makinenin otomasyonu sistemi PLC kullanılarak hazırlanarak çalışma tamamlanmıştır.

Yukarıdaki yöntem dâhilinde yapılan işlemler aşağıdaki detaylı bir şekilde verilmiştir.

3.1. Tasarım Seçenekleri

Hassasiyet, zamandan kazanç ve en önemlisi insan gücü gereksinimini minimize etmek bizi makinenin tasarımında çeşitli yollar bulmaya itmiştir. Düşünülen tasarım aşamaları şöyledir;

- Güç Aktarma sistemi seçenekleri
- Ana gövde seçenekleri
- Makine geometrisine ait seçenekler
- Doğrusal hareket sistemi seçenekleri

3.1.1. Güç Aktarma Sistemi Seçenekleri

Tasarımdaki güç aktarma sistemi seçiminde yapılan araştırma sonucunda 3 farklı sistem düşünülmüştür. Bunlar; aktarma sisteminin kayış-kasnak sistemi, zincir dişli sistemi ve triger kayış sistemi olması durumudur.

Bu sistemlerin karşılaştırılmasında ve uygun sistemin seçilmesinde aşağıdaki kriterler göz önüne alınmıştır. Bunlar;

- Kayış kasnak ve triger kayış kasnak sistemi, zincir dişli sistemine göre daha az gürültülü çalışır.
- Triger kayış sistemi ve kayış kasnak sistemi, zincir dişli sistemine göre daha uzun ömürlüdür. Bunun nedenlerinden biri zincir sisteminin paslanma ihtimali olmasıdır. Ayrıca zincir dişli sistemi belli periyotlarda yağlanması gerekmektedir. Triger ve kayış kasnak sisteminde ise böyle bir uygulamaya ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Sistem yüke bindiği zaman kayış kasnak sisteminde kaymalar meydana gelebilir. Bu durum parlatma disklerimizin uygun devirde dönmemesine sebebiyet verir ve parlatma işlemini olumsuz etkileyecektir.

Genel olarak bu güç aktarma sistemleri içerisinde bütün kriterler göz önünde bulundurulduğunda, triger kayış sistemi seçilmiştir.

3.1.2. Ana Gövde Seçenekleri

Ana gövdenin seçiminde; mukavemet, çevresel etkilere karşı uzun ömürlü olması ve maliyet kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Ana gövde olarak sigma profil, kare profil, köşebent, ahşap gibi seçeneklerimiz mevcuttur. Ayrıca gövde de kullanılacak üç farklı levha seçeneği mevcuttur. Bu sistemlerin seçiminde göz önüne alınacak kriterler şunlardır;

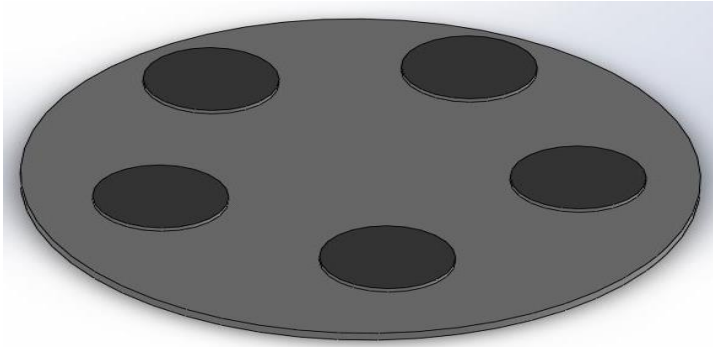
- Sigma profillerin tercih edilmesinin nedeni, diğer profil seçeneklerine göre hafif ve sağlam bir konstrüksiyon oluşturmaktır.
- Sigma profilin, kare profil, köşebent ve ahşaba göre avantajı montaj ve demontaj da kolaylıklar sağlar ve daha uzun ömürlüdür.
- Maliyet açısından değerlendirdiğimizde ise sigma profilin kare profil ve köşebente göre maliyeti yüksektir.

Yukarıdaki kriterler göz önünde bulundurularak konstrüksiyon açısından ana gövde imalatında köşebent kullanılması uygun görülmüştür. Bunun nedeni çok ağır işlemler yapılmayacağı için maliyet göz önüne alınarak bu seçim yapılmıştır.

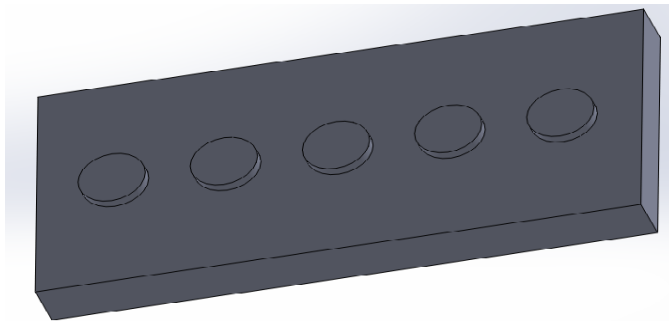
Sistemde profiller arasına yerleştirilecek olan ve sistem elemanlarının monte edildiği levha olarak alüminyum levha düşünülmüştür. Bunun sebebi ise; MDF ve polyamid levhalara göre mukavemet açısından dayanımı en yüksek olması, sulu ortamda çalışacağı için MDF ve polyamid levhalar göre neme karşı dayanıklı olması nedeniyle alüminyum levha seçilmiştir.

3.1.3. Makine Tasarımımızın Geometrisine Ait Seçenekler

Parlatma diskleri yerleştirilirken, doğrusal veya dairesel şekilde yerleştirilmesi düşünülmüştür (Şekil 3.1 -Şekil 3.2). Dairesel disk yerleşiminde disklerin bağlı olduğu tablaya dönme hareketi vermek sıkıntı oluşturacaktır. Çünkü diskleri döndürecek olan motorun bu tablaya monte edilmesi gerekir. Bu nedenle tablanın sabit olarak yerleştirilmesi ve numunenin bağlanacağı parlatma pistonunun döner şekilde hareketli olacaktır. Piston dönerken kablolarında birlikte dönmesi ayrıca bir sorun çıkartacağı öngörüldüğünden dairesel disk yerleşimi yerine doğrusal disk yerleştirilmesi tercih edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Dairesel formdaki sistemin üstten görünüşü



Şekil 3.2. Doğrusal formdaki sistemin izometrik perspektif görünüşü

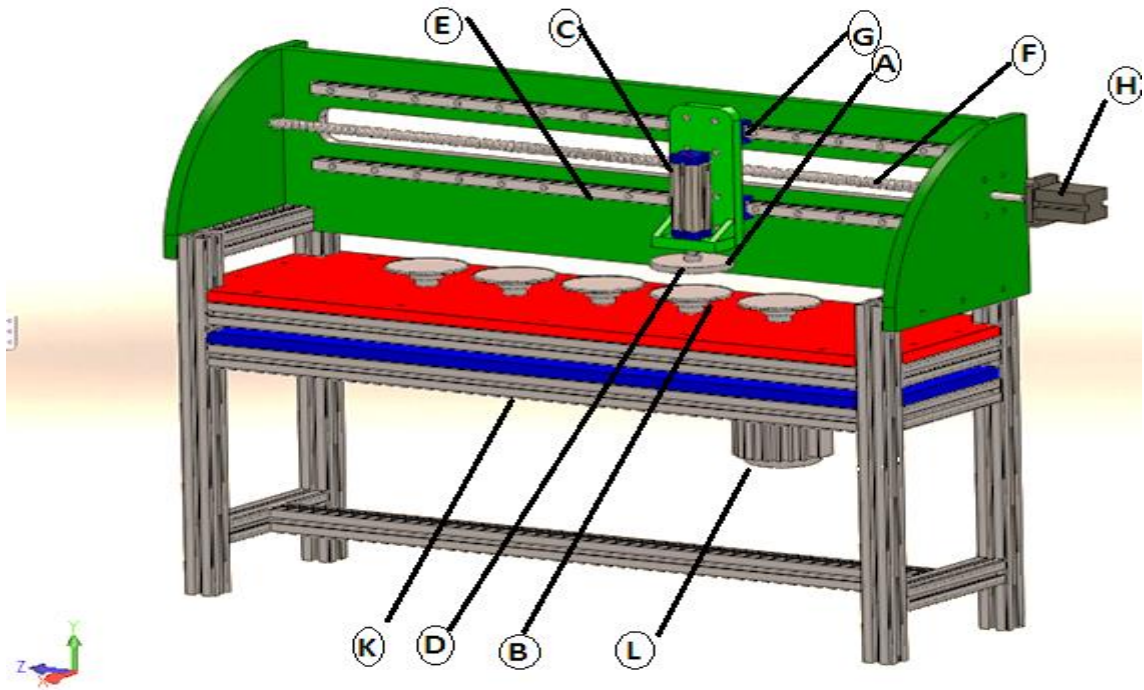
3.1.4. Doğrusal Hareket Sistemi Seçenekleri

Parlatma pistonu diskler boyunca X ekseninde hareket etmesini sağlamak için doğrusal hareket elemanları olarak vidalı mil ve somun ikilisi ve zincir-dişli sistemi ile lineer hareket sağlanması durumu gibi yöntemler düşünülmüştür

Zincir dişli sistemi vidalı mil lineer hareket sistemine göre bağlantı elemanları daha karmaşık ve sıkıntılı olup, gürültülü çalışır. Zincir dişli sistemindeki diş boşluklarından dolayı hassas konumlama gerçekleştirilemez.

Bu nedenle, zımparalama ve parlatma işlemleri çok hassas işlemler olmasından dolayı ve diğer kriterlerde göz önüne alındığında doğrusal hareket sistemi seçiminde vidalı mil lineer hareket sistemi seçimi daha uygun olacağı düşünülmüştür.

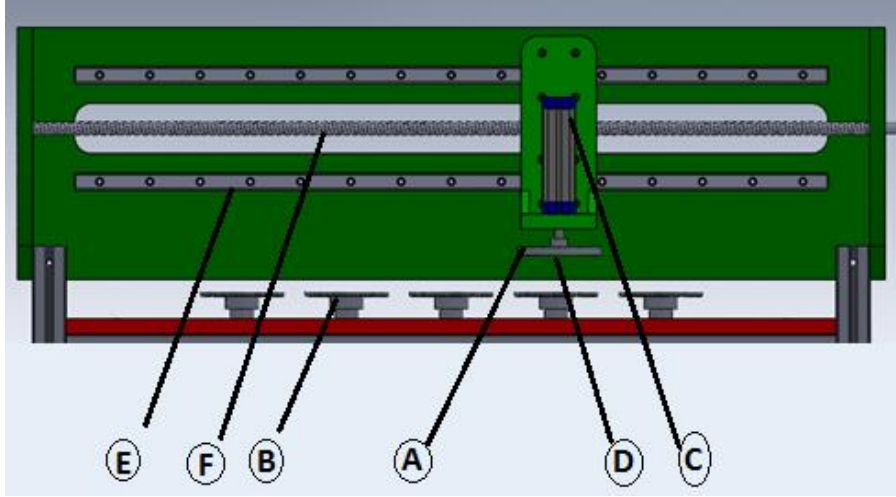
3.2. Zımparalama ve Parlatma Makinesi ve Çalışma Prensibi



Şekil 3.3. Zımparalama ve parlatma makinesinin detay resmi

Zımparalama ve parlatma makinesinin resmi Şekil 3.3’de görüldüğü gibidir. Zımparalama ve parlatma makinesi 1600x650x400 ebatlarında olup tasarımı yapılırken alt ve üst kısım olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Üst kısım X ve Z olmak üzere iki eksene sahiptir. Parlatma pistonu (A), X ekseninde lineer yataklar üzerinde hareket etmektedir. Z ekseninde ise parlatma diskine (B) baskı kuvveti uygulamak için bir pnömatik silindir (C) kullanılmıştır. Metalik numunelerin bağlı olduğu numune tutucu (D), pnömatik silindirin miline monte

edilmiştir. Şekil 3.3’de görüldüğü gibi, her bir diskte işlem yapmak için pnömatik silindirin gezer halde olması gerekmektedir. Bu maksatla makinenin X eksenine pnömatik silindiri sistemde hareketini sağlayan lineer yataklar (E) yerleştirilmiştir. Parlatma pistonu, X ekseninde öteleme hareketini gerçekleştirmek için ise X eksenine bir vidalı mil (F) yerleştirilmiştir. Vidalı milin dönme hareketini, parlatma pistonuna doğrusal hareket olarak aktarmak için vidalı mil somunu (G) kullanılmıştır (Şekil 3.4).



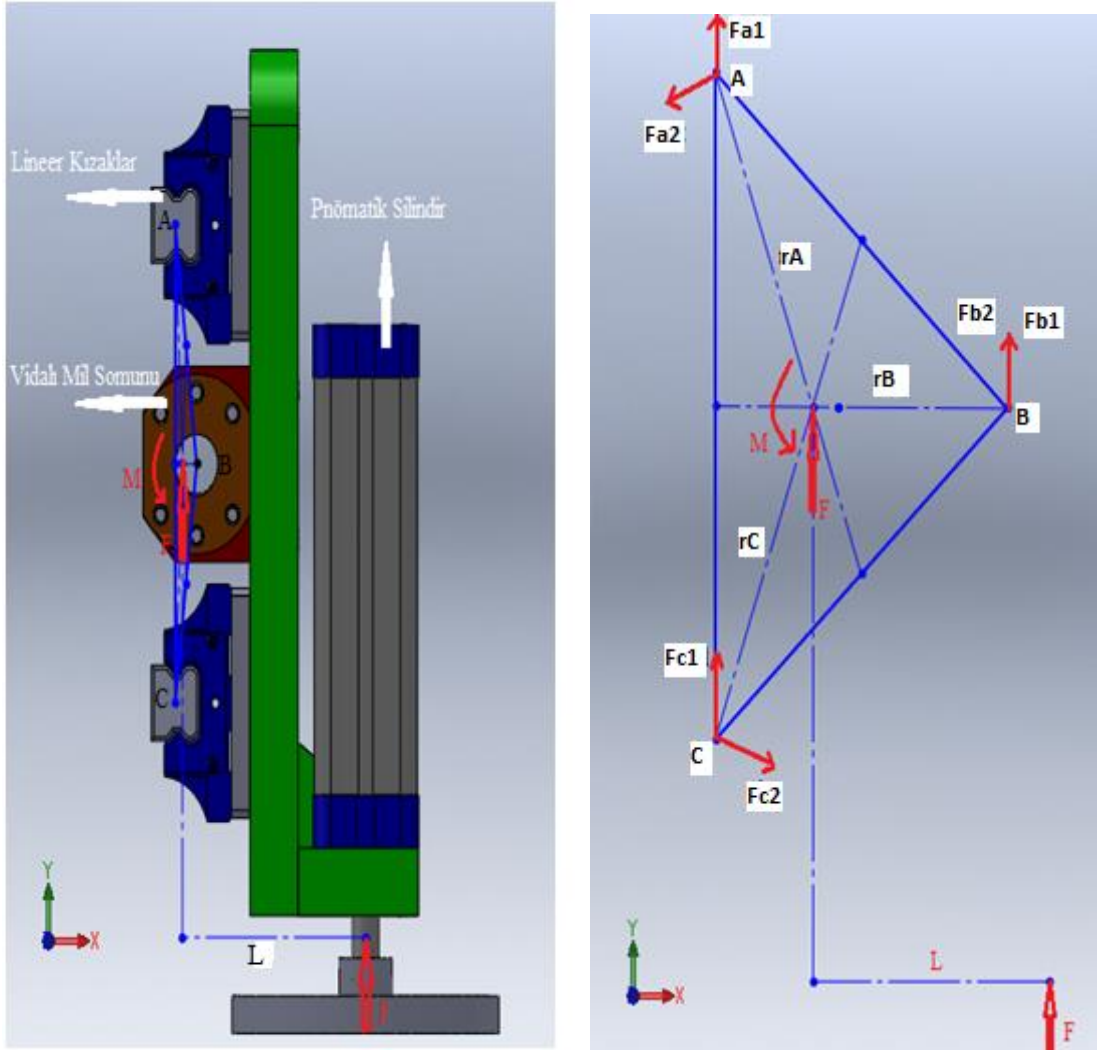
Şekil 3.4. SOLIDWORKS’de çizilmiş doğrusal hareket elemanlarının montaj resminin önden görünüşü

Vidalı mili tahrik etmek için hassas bir servo motor (H) kullanılmıştır. Zımparalama ve parlatma işlemi beş aşamada bitirilecektir. Parlatma diskleri 150 mm çapında olup beş adettir. Ayrıca soğutma suyunun alt kısma geçmesini önlemek için her bir diskin altına huni yerleştirilmiştir. Alt kısımda ise, parlatma disklerine hareket ve güç iletmek amacıyla trigger kayış sistemi tercih edilmiştir. Kayış kasnakların düzgün çalışması için gergi kasnakları (K) kullanılmıştır. Parlatma disklerinin hareket ve güç iletimi için, bir elektrik motoru (L) sondaki diskin miline kaplin ile monte edilmiştir. Zımparalama ve parlatma makinesinin otomasyon sistemi PLC programlama ile sağlanacaktır.

3.3. Tasarıma Ait Hesaplamalar

İmalat esnasında kullanılacak sistemler belirlendikten sonra bu sistemlerin değerlerinin ve özelliklerinin belirlenmesi için bazı hesaplamalar yapılmıştır. Sisteme etkiyen kuvvetler ve mukavemet değerleri göz önünde bulundurularak seçilen sistemlerde kullanılacak makine elemanlarının boyutları yapılmıştır.

3.3.1. Mafsal Kuvvetlerinin Tespiti



Şekil 3.5. Parlatma pistonu ve yataklar

Parlatma pistonuna ait yataklarına gelen kuvvetler tayin edilecektir. Şekil 3.5’de yatakların sol yan görünüşü mevcuttur. A ve C kayar mafsallarında lineer kızaklar, B mafsalında ise vidalı mil ve somun ikilisi bulunmaktadır. Serbest cisim diyagramı Şekil 3.5’de açık bir şekilde çizilmiştir.

Parlatma işlemlerinde metal numunelere, 5 kg ile 20 kg arasında baskı kuvveti uygulandığı bilinmektedir. Hesaplamalarda, uygulama kuvveti maksimum 200 N kabul edilmiştir. SOLIDWORKS çizim programı kullanılarak elemanların G ağırlık merkezinin, pnömatik silindirin eksenine dik uzaklığı 68,5 mm olarak bulunmuştur.

Elemanların, G ağırlık merkezine uzaklıkları r_A , r_B , r_C ise;

$$r_A = 63,5 \text{ mm}$$

$$r_B = 5 \text{ mm}$$

$$r_C = 63,5 \text{ mm}$$

olarak bulunmuştur (Şekil 3.5).

Şekil 3.5’de F kuvvetinin, sistemin G ağırlık merkezine indirgenmesi ile bağlantı; F kuvveti ve $M = F.L$ momentine zorlanır. Bu moment parlatma pistonunun zımparalama işlemi yapılırken vidalı mile uygulamış olduğu momenttir. F kuvvetinin her bir elemana düşen payı;

$$F_A' = \frac{F}{i} \quad (F_A' = F_B' = F_C') \quad (3.1)$$

olarak bulunur. M momentinin her bir elemanda meydana getirdiği ek kuvveti bulmak için moment denge denklemi yazılır. Buna göre r_A , r_B , r_C , elemanların G merkezine uzaklıkları, F_A'' , F_B'' , F_C'' , eleman reaksiyon kuvvetleri olmak üzere toplam moment;

$$M = F_A'' . r_A + F_B'' . r_B + F_C'' . r_C \quad (3.2)$$

Ayrıca eleman reaksiyon kuvvetleri, bu kuvvetlerin G merkezine uzaklıkları ile orantılıdır (Akkurt,1984).

o halde

$$\frac{F_A''}{r_A} = \frac{F_B''}{r_B} = \frac{F_C''}{r_C} = k \quad (3.3)$$

olur.

$$k = \frac{M}{r_A^2 + r_B^2 + r_C^2} \quad (3.4)$$

Birim uzunluğa gelen kuvvet;

$$k = \frac{200 \times 68,5}{63,5^2 + 63,5^2 + 5^2} = 1,7 \text{ (N/mm)}$$

F_A'' , F_B'' , F_C'' elemanların reaksiyon kuvvetleri olmak üzere, sırasıyla A, B, C noktalarında olup r_A , r_B , r_C vektörlerine diktirler. Elemanların reaksiyon kuvvetlerini bulmak için r_A , r_B , r_C vektörleri Eşitlik (3.3)'de sırasıyla, k birim uzunluğa gelen kuvvetle çarpılırsa ;

$$F_A'' = 1,7 \times 63,5 = 107,95 \text{ N}$$

$$F_B'' = 1,7 \times 5 = 8,5 \text{ N}$$

$$F_C'' = 1,7 \times 63,5 = 107,95 \text{ N}$$

olarak bulunur.

Elemanlara gelen kuvvetler bulunduktan sonra Kosinüs Teoremi kullanılarak elemanların toplam reaksiyon kuvvetleri bulunur. θ açıları her bir elemandaki F' ve reaksiyon kuvvetlerinin arasındaki açılardır. Açılar çizim programı kullanılarak Şekil 3.5'den alınmıştır.

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \theta \quad (3.5)$$

F baskı kuvvetinin, elemanların ağırlık merkezi G'ye taşınmasıyla her bir elemana gelen F' kuvvetini ve sırasıyla F_A'' , F_B'' , F_C'' reaksiyon kuvvetlerini Eşitlik (3.5)'deki kosinüs teoreminde yerlerine yazdığımızda toplam reaksiyon kuvvetleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$R_A = \sqrt{(200/3)^2 + (107,95)^2 - 2 \cdot (200/3) \cdot 107,95 \cdot \cos(85,8^\circ)} = 122,6 \text{ N}$$

$$R_B = (200/3) + 8,5 = 75 \text{ N}$$

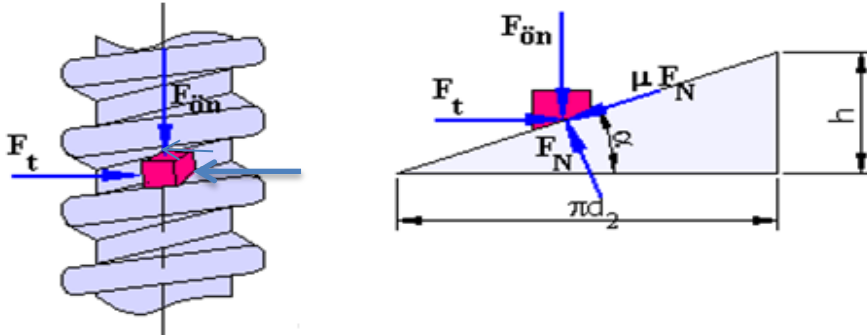
$$R_C = \sqrt{(200/3)^2 + (107,95)^2 - 2 \cdot (200/3) \cdot 107,95 \cdot \cos(85,8^\circ)} = 122,6 \text{ N}$$

3.4. X Eksenindeki Hareket İçin Hesaplamalar

3.4.1. X Eksenindeki Hareket İçin Motor Hesabı ve Seçimi

Parlatma pistonu, lineer yataklar üzerinde vidalı bir mil ile hareket ettirilecektir. Vidalı mile istenilen hızı ve gerekli gücü aktaracak bir motora ihtiyaç vardır. Gerekli motor

seçiminde hesap yapılırken, F_T teğetsel kuvvetin meydana getirdiği eksenel kuvvetin oluşturduğu moment dikkate alınmalıdır (şekil 3.6).



şekil 3.6. Vidalı mile gelen eksenel ve teğetsel kuvvetlerin gösterimi (Akkurt, 1984)

X ekseninde vidalı mile gelen kuvvetler toplamı Eşitlik (3.6)'da ki formül ile hesaplanacaktır.

$$F_t = \mu \cdot m \cdot g + m \cdot a \quad (3.6)$$

$$x = v \cdot t \quad (3.7)$$

$$a = \frac{v}{t} \quad (3.8)$$

Parlatma pistonunun m toplam kütlesi, pistonun alınacağı firma katalogundan 15 kg olarak alınmıştır. Sistemde kullanılacak vidalı milin hatvesi $\lambda = 10$ mm olarak belirlendi. Vidalı mil ile somunu arasındaki elik-elik sürtünme katsayısı Ek Tablo 1'den $\mu=0,2$ seçildi. Parlatma pistonunun, 1 saniyede 50 mm ilerlediğini varsayarsak. Parlatma kafasının hızını bulmak için verilenleri Eşitlik (3.7)'de yerlerine yazdığımızda;

Parlatma kafasının hızı $v = 50$ mm/s bulunur.

Bulduğumuz hızı ve motorun kalkma süresini Eşitlik (3.8)'de yerlerine yazarsak parlatma pistonunun X yönündeki ivmesi ;

$$a = \frac{50(\text{mm/s})}{1(\text{s})} = 50 \text{ mm/s}^2 \text{ bulunur.}$$

Buna göre;

Parlatma kafasının kütlesi : $m=15$ kg

Vidalı mil ile somunu arasındaki sürtünme katsayısı : $\mu=0,2$

Yerçekimi ivmesi : $g=9,81\text{m/s}^2$ 'dir.

Elde edilen ivme değerini ve verilenleri (3.6)'da yerlerine yazarsak teğetsel kuvvet;

$$F_T = 0,2.15.9,81 + 15.0,05 = 30 \text{ N}$$

bulunur.

Bir cıvata somun sisteminde verim, helis (α) ve sürtünme (ρ') açlarına bağlıdır. Sabit bir sürtünme açısı için, helis açısına bağlı olarak verim Şekil 3.7'de verildiği gibi değişir. Şekilden de görüldüğü gibi verim önce (α) helis açısına bağlı olarak hızlı bir artış göstermekte, artma hızı sonradan azalmakta ve $\alpha = 45^\circ - (\rho'/2)$ derece için maksimum değerine erişmektedir (Akkurt, 1984)

Standart cıvatalarda $\alpha \cong 2.3^\circ \dots 3.5^\circ$ arasındadır. Diğer taraftan $\mu'=0,12 \dots 0,2$ için $\rho' = 6.84^\circ \dots 11.31^\circ$ 'dir.

$$\tan \alpha = \frac{\lambda}{\pi.d_2} \quad (3.9)$$

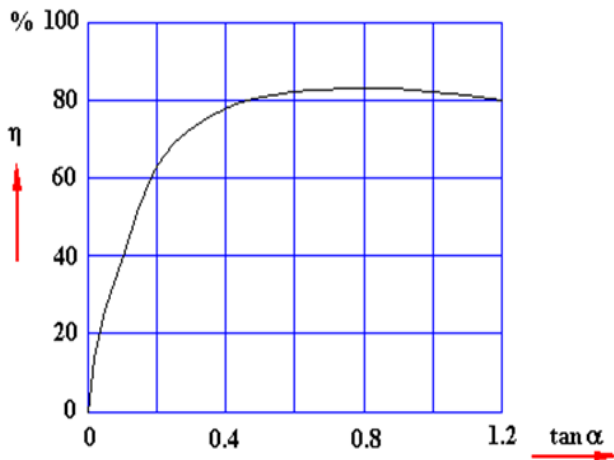
$$\mu' = \tan \rho' \quad (3.10)$$

Vidalı milimizin çapı $d=16 \text{ mm}$ ve bölüm dairesi çapı $d_2 = 14,5 \text{ mm}$, hatvesi $\lambda = 5 \text{ mm}$ 'dir. Verilenleri Eşitlik (3.9)'da yerlerine yazarsak. α açısı;

$$\alpha = \arctan\left(\frac{5}{\pi.14,5}\right) = 6,26^\circ$$

Ek Tablo 1'den $\mu'=0,2$ seçmiştik. $\mu'=0,2$ Eşitlik (3.10)'da yerine yazılırsa;

$\rho' = 11,3^\circ$ bulunur.



Şekil 3.7. α eğim açısına göre vida verimi (Akkurt, 1984)

Hareket cıvatalarında bir güç iletimi söz konusu olduğundan verimin yüksek olması istenir. Vida dişlerindeki sürtünme açıları dikkate alınırsa;

$$\rho'_{\text{üçgen}} > \rho'_{\text{trapez}} > \rho'_{\text{kare}} \text{ dir.}$$

Buna göre aynı helis açısı için;

$$\eta_{\text{üçgen}} < \eta_{\text{trapez}} < \eta_{\text{kare}} \text{ olur.}$$

Bu nedenle vidalı mil-somun sisteminde, kare profilli vidalı mil kullanılmıştır. Şekil 3.8'de gösterildiği gibi bir kare profilli vidanın üzerinde bir somun elemanı düşünölsün. Vida profilinin açınımı bir eğik düzlem olduğuna göre, somunun sıkılması bir yükün bir eğik düzlem üzerinde kaldırılmasına eşdeğer olarak düşünölebilir.

Hareket cıvatalarında somun ile cıvata arasındaki hareket yük altında yapılır. Bu nedenle hareket cıvatalarının çalışma prensibi bağlama cıvatalarının sıkma prensibine benzer. Ancak burada cıvataya uygulanan moment bir burulma momenti (M_b) ve cıvata üzerindeki aksenal kuvvette ön gerilme kuvveti değil nominal kuvvet veya yüküdür. Hareket cıvatalarına uygulanan döndürme momenti de somun ve cıvata dişleri arasındaki sürtünme momenti M_{s1} ve yataklama sistemindeki sürtünme momenti M_{s2} olmak üzere iki direnç momenti yenen bir momenttir (Akkurt, 1984).

Bağlama cıvataları için elde edilen sıkma momenti hareket cıvataları için yazılırsa;

$$M_b = M_{s1} + M_{s2}$$

$$M_b = F \cdot \frac{d_2}{2} \cdot [\tan(\alpha + \rho') + \mu_s \cdot r_s] \quad (3.11)$$

M_{s1} : somun ve cıvata dişleri arasındaki sürtünme momenti

M_{s2} : yataklama sistemindeki sürtünme momenti

r_s : ortalama sürtünme yarıçapı

μ_s : yatak sürtünme katsayısıdır.

Eşitlik (3.6)'daki formölü kullanarak F_t teğetsel kuvvetini bulmuştuk.

$$\alpha = 6,26^\circ, \rho' = 11,3^\circ, r_s = 10 \text{ mm}, \mu_s = 0,15$$

Verilenler Eşitlik (3.11)'de yazılırsa;

$$M_b = 30 \cdot \frac{1,45}{2} \cdot [\tan(6,26+11,3) + 0,15 \cdot 10] = 39,5 \text{ N.cm} = 0,39 \text{ N.m}$$

bulunur. Bulduğumuz bu tork değerini karşılayacak motor seçmemiz gerekmektedir. Sistem için motorun devrini 300 d/dk belirleyerek, 2.2N.m'lik Nema 23 step motoru seçilmiştir.

3.4.2. X Ekseninde Gerekli Hareketi Sağlayan Vidalı Milin Hesabı ve Seçimi

Modern mühendislikte emniyet katsayısı, statik kopma dayanımı yerine parçanın zorlanmasına karşılık gelen malzeme mukavemeti ile birlikte kullanılır.

Örneğin parça değişken yüklere ve gerilmelere maruz ise yorulma dayanımı;

- Statik zorlanma, sünek malzeme ise akma dayanımı
- Statik zorlanma, gevrek malzeme ise kopma dayanımı vb.

Buna göre en genel halde emniyet katsayısı;

$$S = \frac{\text{Malzeme mukavemeti}}{\text{Parçada meydana gelen gerilme}} \quad (3.12)$$

Belirsizlik ne kadar fazla ise emniyet katsayısı o kadar büyük olmalıdır. Fakat gereğinden büyük emniyet katsayıları dramatik sonuçlar doğurur (Temiz, 2001). Sistemde kullanılacak vidalı mil genellikle piyasada kullanılan ve malzemesi St70 olup, dinamik çalıştığından dolayı burulma genel değişken mukavemeti baz alınmıştır. Malzemenin burulma genel değişken mukavemet değeri Ek Tablo 3'den 26 daN/mm² seçildi. Vidalı mil, vida eksenini ve somun arasında bir dönme hareketi yapan bilyeye sahip yüksek etkili bir besleme vidasıdır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. SFUR serisi vidalı mil ve somunu (www.sahinrulman.com,2012)

$$\tau_{dD} = 2600 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Burulma genel değişken mukavemet değeri})$$

$$\tau_d = \frac{M_b}{W_p} \leq \tau_{dem} \quad (3.13)$$

$$\tau_{dem} = \frac{\tau_{dD}}{S} \quad (3.14)$$

Buna göre Ek Tablo 2’den uygun S emniyet katsayısı 2,5 seçilmiştir. τ_{dem} burulma emniyet gerilmesi için, seçilenler Eşitlik (3.14)’de yerlerine yazılırsa;

$$\tau_{dem} = \frac{2600}{2,5} = 1040 \text{ daN/cm}^2 \text{ bulunur.}$$

$$M_b = 71620 \cdot \frac{N}{n} \quad (3.15)$$

Burulma momenti M_b değeri, motora ait güç ve devir değerleri Eşitlik (3.15)’de yerlerine yazılırsa;

$$M_b = 71620 \cdot \frac{0,45 \cdot 1,36}{300} = 146,1 \text{ daN.cm bulunur.}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3}{16} \quad (3.16)$$

Burulma momenti M_b ve mukavemet momenti W_p Eşitlik (3.13)'de yerlerine yazılırsa vidalı mil çapı;

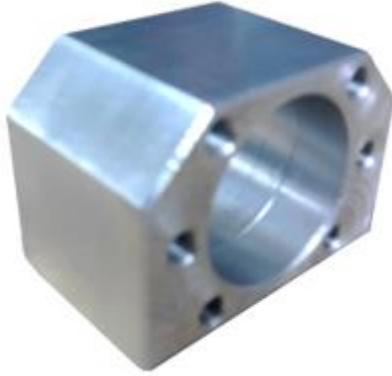
$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16.146,1}{\pi.1040}}$$

$$d_1 \geq 0,89 \text{ cm} = 9 \text{ mm bulunur.}$$

Vidalı milin çapı Ek Tablo 4'deki SFUR serisinden seçilen $d = 16 \text{ mm}$ olarak uygundur.

3.4.3. X Ekseninde Çalışan Vidalı Mil Somunu ve Somun Gövdesi Seçimi

Sistemde kullanılacak vidalı milin çapı yapılan hesaplamalar sonucu 16 mm olarak belirlenmiştir. Kataloglardan bu çapa uygun vidalı mil somunu seçimine gidilmiş olup Ek Tablo 4'den SFUR 1610 vidalı mil somunu seçilmiştir. Somun gövdesi için ise SSG serisi kullanılacaktır(Şekil 3.9).

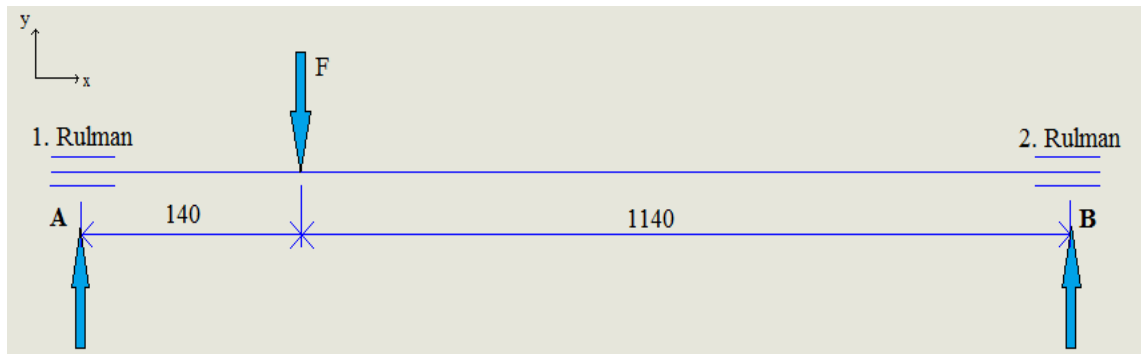


Şekil 3.9. SSG serisi vidalı mil somun gövdesi(www.sahinrulman.com, 2012)

3.4.4. Vidalı Mil Rulman Hesabı

Vidalı mile gelen kuvvetleri karşılamak için sistemde bilyeli rulman kullanılacaktır. Eşitlik (3.6)'da vidalı mile gelen toplam kuvvet olan $F_t = 30$ N hesaplanmıştır.

Rulmanlardan herhangi birine gelen maksimum radyal kuvvet, baskı işleminin rulmanlara en yakın noktalara uygulanmasıyla meydana gelmektedir. Burada kritik nokta pistonun başlangıç durumunda yani birinci diskte bulunduğu konumdur.



Şekil 3.10. Rulmanlara gelen radyal kuvvetlerin gösterimi

Şekil 3.10'daki 1. rulmana gelen maksimum F_A kuvvetini hesaplarsak;

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_A + F_B - 74,2 = 0 \quad (3.17)$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$74,2 \times 1140 - F_A \times 1280 = 0$$

$$F_A = 66 \text{ N}$$

Eşitlik (3.17)'de yerine yazılırsa;

$$F_B = 8,2 \text{ N}$$

bulunur.

Rulmanın çalışma ömrü, saat cinsinden 500 saat olarak belirlenmiştir. Devir cinsinden ise 9 milyon devirdir.

Rulman mil çapı : $d = 12 \text{ mm}$

Rulmana gelen eksenel kuvvet : $F_a = 30 \text{ N}$

Rulmana gelen radyal kuvvet : $F_r = 66 \text{ N}$

Rulman çalışma ömrü : $L_h = 500 \text{ saat}$

Rulman devri : $n = 300 \text{ dev/dak}$

Statik yük sayısı : C

Dinamik yük sayısı.....: C_o

$$F = x.F_r + y.F_a \quad (3.18)$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{30}{66} = 0,45$$

0,44'den büyük olduğu için SKF rulman kataloğundan $x = 0,56$, $y = 1$ seçilip Eşitlik (3.18)'de yerlerine yazılırsa;

$$F = 0,56.66 + 1.66 = 91 \text{ N}$$

Ek Tablo 6'dan $L = 9$ milyon devir, $n = 300 \text{ dev/dak}$ için $\frac{C}{F} = 2,07$ seçilir.

$$C = 2,07.91 = 188,4 \text{ N}$$

Ek Tablo 5'den SKF6001 nolu rulman seçilmiştir.

SKF 6001 için $C = 3900 \text{ N}$, $C_o = 2240 \text{ N}$ 'dur.

$$\frac{F_a}{C_o} = \frac{30}{2240} = 0,013 \quad x = 1, y = 0 \text{ için;}$$

$$F = 1.66 + 0.30 = 66 \text{ N}$$

$$\frac{C}{F} = \frac{3900}{66} = 59,1$$

SKF 6001 nolu rulman uygundur.

3.5. Z Ekseninde Gerekli Hareket İçin Hesaplamalar

3.5.1. Pnömatik Sistem Tasarımı

Numunelerin yerleştirildiği tutucunun, dönen bir diske belirli bir kuvvetle bastırılması gerekmektedir. Bu iş için, z eksenine pnömatik bir silindir yerleştirilmiştir.

Kullanılacak silindir için, 6 bar çalışma basıncında maksimum 200 N kuvvet üretmesi istenmektedir.

Bu kriterler baz alınarak silindir çap hesabı yapılırsa;

Basklı kuvveti : $F_{\max} = 200 \text{ N}$

Çalışma basıncı : $P = 6 \text{ bar}$

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

$\eta = 0,9$

$$A = \frac{F}{P \cdot \eta} \quad (3.19)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{Silindir yüzey alanı}) \quad (3.20)$$

Basınç ve maksimum kuvvet Eşitlik (3.19)'da yerlerine yazılırsa;

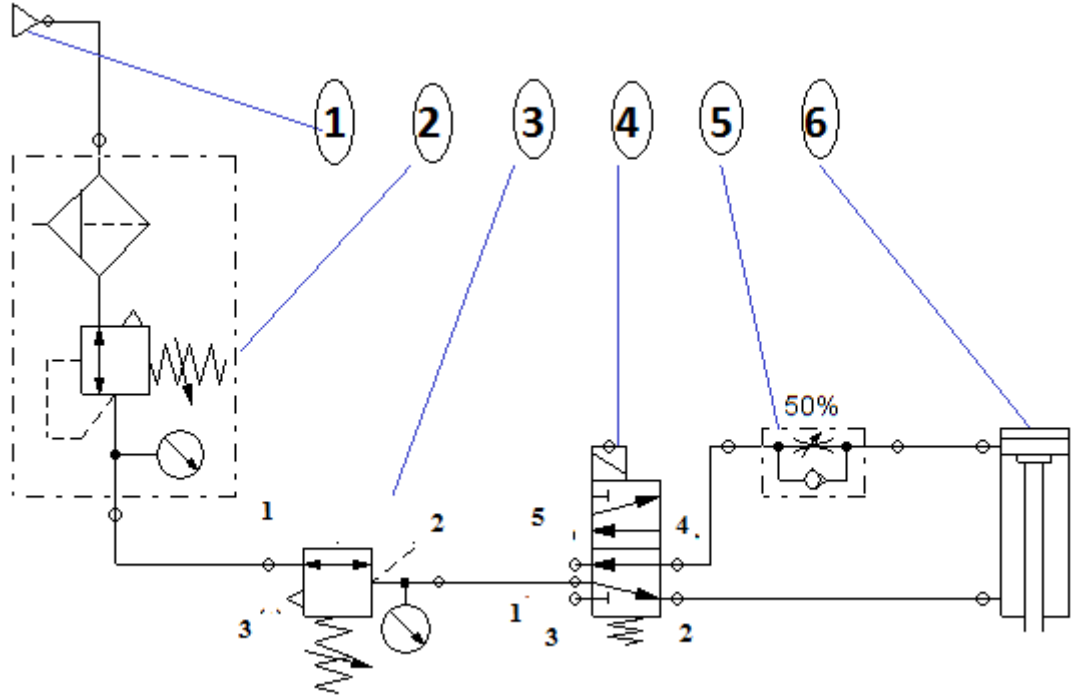
$$A = \frac{200 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^5 \cdot 0,9} = 370,37 \text{ mm}^2$$

bulunur. Bulunan yüzey alanı değeri Eşitlik (3.20)'de yazılırsa d silindir çapı;

$d = 21,7 \text{ mm}$ bulunur.

3.5.2. Pnömatik Silindir Seçimi ve Sistem Devresi

Pnömatik sistem tasarımı konu başlığı altında hesaplanan pnömatik silindir, pemax'ın internet sitesinden pemax marka PKY-A serisi piston çapı 32 mm ve 435 N kuvvet üretebilen dönmez milli pnömatik silindir seçilmiştir. 6 bar'lık çalışma basıncında üretilen 435N'luk kuvveti, 200 N'a indirmek için sistemde basınç sınırlandırma valfi kullanılmıştır.



Şekil 3.11.Pnömatik sistem devresi

Pnömatik sistemin devre şeması, Şekil 3.13’de görüldüğü gibi çift etkili silindir için tasarlanmıştır.

Kompresörden (1) gelen basınçlı hava, hava servis ünitesinden (2) geçip basınç kontrol valfine (3) gelmektedir. Basınç kontrol valfi, ayarlanan basınç değerinden fazlasının devreye iletilmesini engeller. Basıncı sabit hale gelmiş hava, 5/2 yön kontrol valfinden (4) valf konumuna göre 2 yolundan geçerek pnömatik silindire (6) veya 4 yolundan geçerek tek yönlü hava akış kontrol valfine (5) ulaşır. Akış kontrol valfi, vananın konumuna göre hava debisini sabitler (Şekil 3.11).

3.6. Güç Aktarma Sisteminin Hesabı

Sistemde zımpara ve çuhaların bağlı olduğu beş adet disk, kayış kasnak sistemiyle hareket ettirilmektedir. Bu şekilde, hareket ve güç iletimi sessiz ve sağlıklı bir şekilde sağlanmaktadır.

3.6.1. Parlatma Diski Mil Çapı Hesabı

Hareket ve güç sistemdeki ana aktarma mili, motora bağlı olup motordan aldığı güçle diğer millere hareket ve kuvvet iletmektedir. Motora bağlı milin malzemesi St50 olup, dinamik çalıştığından dolayı burulma genel değişken mukavemet baz alınmalıdır. Malzemenin burulma genel değişken mukavemet değeri Ek Tablo 3'den 19 daN/mm² seçilmiştir.

Sistemi çalıştırmak için gerekli güç, zımpara ile numune arasındaki sürtünme momentiyle belirlenmelidir.

Zımpara kâğıdı ile numune

arasındaki sürtünme katsayısı: $\mu = 0,5$

Normal kuvvet : $F_n = 200 \text{ N}$

Sürtünme yarıçapı : $r_s = 50 \text{ mm}$

Disk in ağırlığı : $G = 2 \text{ kg}$ ise;

$M_s = F_n \cdot r_s \cdot \mu \cdot G = 20 \cdot 5 \cdot 0,5 \cdot 2 = 100 \text{ daN.cm}$ (Sürtünme momenti)

1000 dev/dak'lık motorda olması gereken güç;

$$N = \frac{100 \cdot 1000}{71620 \cdot 1,36} = 1,02 \text{ kW}$$

bulunur.

Bu değerler göz önüne alınarak $N=1\text{kW}$, $n=1000 \text{ dev/dk}$ 'lık motor seçilmiştir. Seçilmiş olan motora göre mil hesabı yapmak için verilenler Eşitlik (3.15)'de yerlerine yazılırsa;

$$M_d = 71620 \cdot \frac{1,36 \cdot 1}{1000} = 97,4032 \text{ daN.cm} \text{ (Mili çeviren moment)}$$

Mil malzemesi için Ek Tablo 3'den St 50 için $\tau_{dD} = 19 \text{ daN/mm}^2$ alındı.

Düşük kalitedeki malzemelerde, S emniyet katsayısı $S=(10...14)$ arasında alınmalıdır. Emniyet katsayısı $S=12$ alındı.

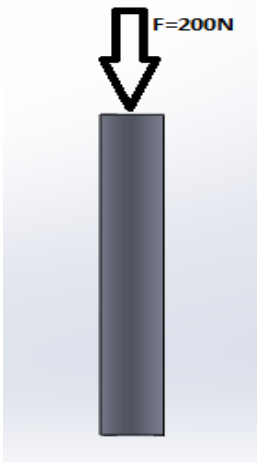
Değerler Eşitlik (3.13)'de yerlerine yazılırsa;

$$\tau_{d_{em}} = \frac{1900}{12} = 158,33 \text{ daN/cm}^2 \text{ (Emniyet gerilmesi)}$$

Emniyet gerilmesi ve döndürme momenti Eşitlik (3.13)'da yerlerine yazılırsa;

$$d = \sqrt[3]{\frac{5.97,4032}{158,33}} = 1,45 \text{ cm} \cong 15 \text{ mm} \text{ (Mil çapı)}$$

Bulunan bu mil çapı tüm miller için kullanılmaktadır. Bu miller yataklanma konumlarına göre fazla uzun olmadığından flambaj etkisi göz önüne alınmamıştır. Eğer sadece basma kuvvetine göre mil çapı hesabı yapılırsa:



Şekil 3.12. Parlatma disk miline etkiyen eksenel kuvvet

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq \sigma_{em} \quad (3.21)$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{ak}}{S} \quad (3.22)$$

F=200N St 50 mil malzemesi için akma mukavemeti Ek Tablo 3'den $\sigma_{ak}=29 \text{ daN/mm}^2$ seçilir. Sıradan malzemeler ve normal kuvvetlerden dolayı S emniyet katsayısı Ek Tablo 2'den S=2 seçildi. Verilen değerler Eşitlik (3.21)'de ve Eşitlik (3.22)'de yerine yazılırsa basmaya göre mil çapı hesaplanır.

Eşitlik (3.20)'deki formül kullanılarak değerler yerlerine yazılırsa;

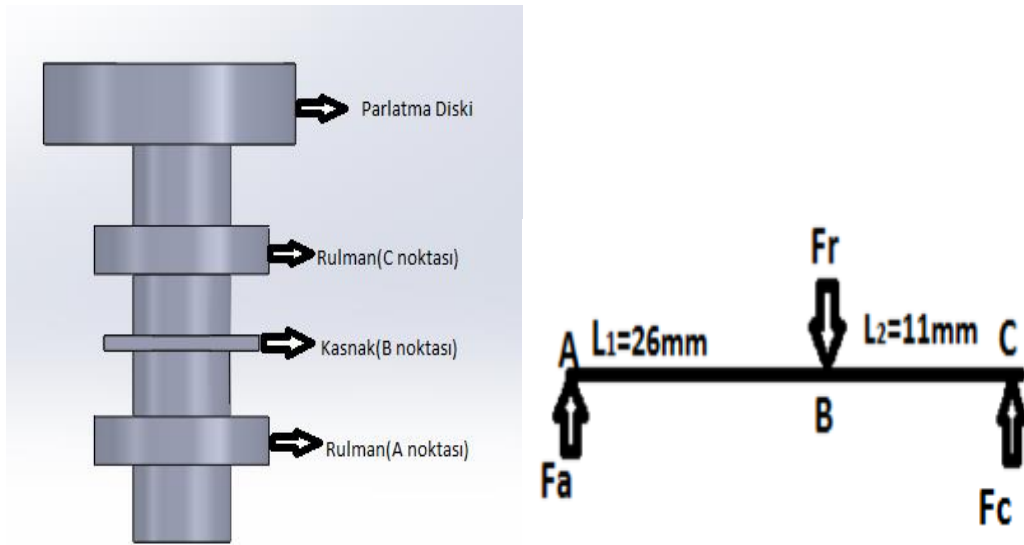
$$\frac{29}{2.5} = \frac{200}{\frac{\pi \times d^2}{4}}$$

d=4.69mm bulunur.

Mil çapı basmaya göre 4.69 mm bulmamıza rağmen emniyetli olması için momente göre bulunan mil çapı (d=25mm) alınır.

3.6.2. Parlatma Disk Milinin Kontrolü

Milin açısal hız ve devrinin uygun olup olmadığı aşağıdaki hesaplarla kontrol edilmiştir.



Şekil 3.13. Parlatma disk miline etkiyen radyal kuvvetler

Şekilde A ve C noktasında rulman olup B noktasında kasnak bulunmaktadır. B noktasında kayışlardan dolayı radyal kuvvet oluşmaktadır.

$$\sum F_y = 0 \quad F_a + F_c = F_r \quad F_a + F_c = 26$$

$$\sum M_a = 0 \quad F_r \times 26 = F_c \times 37 \quad F_r = 26 \text{ daN}$$

yerine konulursa $F_c = 18.2 \text{ daN}$, $F_a = 7.8 \text{ daN}$ bulunur.

Mil için sehım formülü.

$$\delta = \frac{F \times a^2 \times b^2}{3 \times E \times I_e \times L} \quad (3.23)$$

$F=Fr$, $a=L1=2.6\text{cm}$, $b=L2=1.1\text{cm}$, $E=2.15.10^6 \text{daN/cm}^2$, $L=3.7\text{cm}$, $d=1.5\text{cm}$ bu değerler Eşitlik (3.23)'de yazılırsa;

$$I_e = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (\text{Atalet momenti})$$

$$\delta = \frac{26 \times 2.6^2 \times 1.1^2}{3 \times 2.15.10^6 \times \frac{\pi \times 1.5^4}{64}} = 3,587.10^{-5} \text{cm}$$

$$n_k = \frac{30}{\pi} \times \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{F}{\delta} , \quad m = \frac{G}{g} \quad (\text{Kritik devir}) \quad (3.24)$$

$\delta=3,587.10^{-5} \text{cm}$, $F=26\text{daN}$, $G=F$, $g=9.81\text{m/s}^2$ bu değerler Eşitlik (3.24)'de yazılırsa;

$$n_k = \frac{30}{\pi} \times \sqrt{\frac{F}{\delta}} = \frac{30}{\pi} \times \sqrt{\frac{g}{\delta}} = \frac{30}{\pi} \times \sqrt{\frac{9.81}{3,587.10^{-5}}} = 50.000 \text{dev/dk}$$

$$w_k = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{9.81}{3,587.10^{-5}}} = 553 \text{rad/s}$$

$n < n_k$ ve $w < w_k$ olduğundan dolayı rezonans olmaz.

3.6.3.Kayış-Kasnak Hesabı ve Seçimi

Sistemde zımpara ve çuhaların bağlı olduğu beş adet disk, kayış kasnak sistemiyle hareket ettirilmektedir. Bu şekilde, hareket ve güç iletimi sessiz ve sağlıklı bir şekilde sağlanmaktadır.

Kuvvet nakli kayış ile kasnak arasındaki sürtünme sayesinde olur. Sürtünme sağlayan kayışlar; düz kayış, V kayış, yuvarlak kayış, dişli kayış şeklinde sınıflandırılırlar. Dar V kayış

mekanizmalarıyla kama etkisi nedeniyle daha az ön gerilme kuvvetiyle daha büyük moment aktarmak mümkündür. Kayış yuvaları yerleştiği için mekanizma hangi konum olursa olsun kayışın kasnaktan çıkması, ayrılması tehlikesi yoktur. Hem mekanizmanın kaplayacağı hacim, hem de fiyat açısından karşılaştırıldığında hemen hemen tüm mühendisler dar V kayışı seçmişlerdir. Bizde bu avantajlarından dolayı kayış olarak dar V kayışı seçilmiştir.

$$N=P=1\text{kw}, n=1000\text{dev/dk} \quad (\text{Motor gücü})$$

Kasnak ile gergi kasnak çaplarını eşit ve dar V kayışı ele alarak kayış ve kasnak aşağıdaki hesaplamalara göre bulunmuştur.

Ek Tablo 7' den işletme faktörü olarak parlatma makinesi A grubu hafif işletme olup ortalama 10 saat altında çalıştığını kabul ederek $C_2=1$ alınır.

$$P_H=P.C_2 \quad (\text{Hesap gücü}) \quad (3.25)$$

$$P=1\text{kw}, C_2=1$$

Değerler Eşitlik (3.25)'de yerlerine yazılırsa;

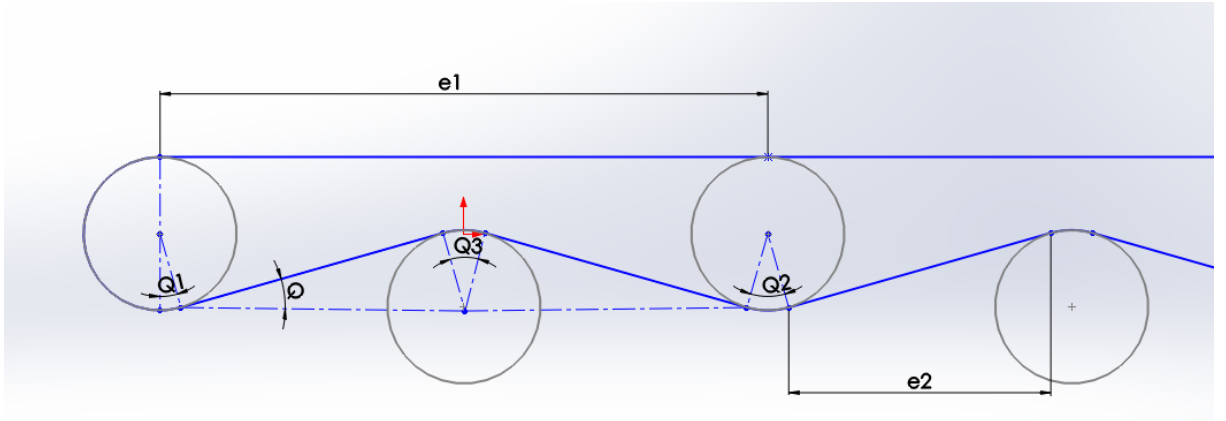
$$P_H=1.1=1$$

Ek Tablo 8'deki P_H ve n değerlerinden SPZ seçilir. Ek Tablo 9'dan SPZ için kayış boyutları;

$$b=9,7 \text{ mm} \quad h=8 \text{ mm} \quad h_e=2 \text{ mm} \quad b_e=8.5 \text{ mm} \quad t=11 \text{ mm' dir.}$$

Ek Tablo 10'dan dar V kayış için kasnak çapları 63-100 mm arasında olmalıdır. Ek Tablo 11'den dar V kayış için kasnak çapı 63 mm alınır.

3.6.4. Kayış Uzunluğu Hesabı



Şekil 3.14. Kasknak sarım açılarının gösterimi

Kayış uzunluğu hesabı Eşitlik (3.26) formülü ile hesaplanacaktır.

$$L_a = 4 \cdot e_2 + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{\pi \cdot \theta_1 \cdot d_1}{360} \times 2 + 8 \cdot e_2 \cdot \cos \theta + 4 \cdot \frac{\pi \cdot Q_3 \cdot d_2}{360} + 3 \cdot \frac{\pi \cdot \theta_2 \cdot d_2}{360} \quad (3.26)$$

$$d_1 = d_2 = 63 \text{ mm}, \theta = 16.54, \theta_2 = 31.70, \theta_1 = 15.85, e_1 = 250 \text{ mm},$$

$$e_2 = 107.79 \text{ mm}, \theta_3 = 30.07$$

Değerler Eşitlik (3.26)'da yerlerine yazılırsa;

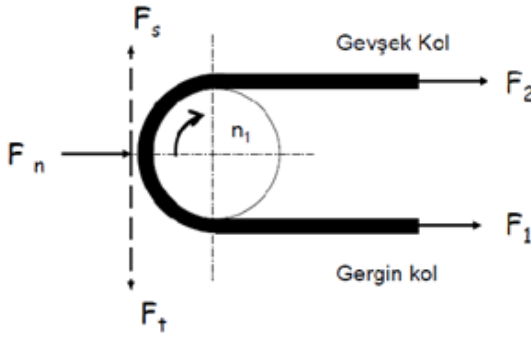
$$L_a = 4 \cdot 250 + \frac{\pi}{2} \times (63 + 63) + \frac{\pi \times 15.85 \times 63}{360} \times 2 + 8 \times 107.79 \cdot \cos 16.54 + \frac{\pi \times 30.07 \times 63}{360} \times 4 + \frac{\pi \times 31.70 \times 63}{360} \times 3 = 2161 \text{ mm bulunur.}$$



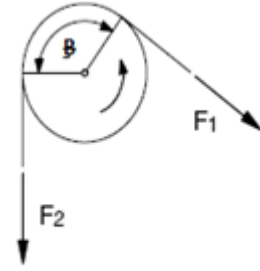
Şekil 3.15. Güç aktarma sistemi

3.6.5.Kayış Kuvvetlerinin Hesabı

Kayış kasnak mekanizmaları sürtünme yolu ile hareket ileten mekanizmalardır. Sürtünmenin meydana gelebilmesi için kayışın kasnak üzerinde bastırması gerekmektedir. Yani F_n basma kuvveti olması gerekir. Basma kuvveti kayış gerdirilerek oluşturulur. Sükûnet halinde kayış kollarında eşit F kuvvetleri oluşmaktadır. Ancak çalışma sırasında sürtünmeden dolayı kayış kollarında eşit olmayan F_1 ve F_2 kuvvetleri meydana gelir. Hareket iletme işleminin güvenilir şekilde yerine getirilmesi için sürtünme kuvvetinin (F_s), nakledilecek momente ait çevresel kuvvetin değerinden büyük veya eşit olması gerekir (Şekil 3.16 ve Şekil 3.17).



Şekil 3.16. β sarım açısı



Şekil 3.17. Kayış kollarında meydana gelen kuvvetler

$$F_{\zeta} = F_e = F_a = 200\text{N} = 20\text{daN} \text{ (Çevresel kuvvet)}$$

$$Md = F_{\zeta} \cdot d/2 \text{ (Moment)}$$

$$97,4032 = F_{\zeta} \cdot \frac{1,5}{2} \cdot 5$$

$$F_{\zeta} = 25,97 \cong 26\text{daN}$$

$$F_{\zeta} = F_1 - F_2 \quad (3.27)$$

$$F_1/F_2 = e^{\mu\beta} \quad (3.28)$$

β : Sarım açısı

$\beta_1 = 195,85$ (Kayışın kasnağa girdiği ve çıktığı yerler arasındaki açı)

$$\beta = \pi \cdot \beta_1 / 360 \quad (\text{Sarım açısı})$$

$$\beta = \frac{\pi \cdot 195.85}{360} = 1.7$$

Ek Tablo 12 ve Ek Tablo 13 ‘den kayış malzemesi özelliklerinden tekstil kayış ve standart kabul ederek sürtünme katsayısı (μ) 0,3 seçilmiştir.

$$e^{\mu\beta} = e^{(0,3 \times 1.7)} = 1,67 \text{ bulunur.}$$

$$F_1 = F_2 (e^{\mu\beta} - 1) \quad (\text{Gergin kol kuvveti}) \quad (3.29)$$

Değerler Eşitlik (3.29)’da yerlerine yazılırsa;

$$26 = F_2 (1.67 - 1) \quad (\text{Gevşek kol kuvveti})$$

$$F_2 \cong 39 \text{ daN}$$

Değerler Eşitlik (3.28)’de yerlerine yazılırsa;

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu\beta} \quad F_1 = 39 \times 1,67 \cong 65 \text{ daN}$$

bulunur.

$$F_r = F \sqrt{2(1 + \cos(\pi - \beta))} \quad \text{Hareketsiz} \quad (\text{Radial kuvvet}) \quad (3.30)$$

$$F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \beta} \quad \text{Hareketli} \quad (3.31)$$

Sistem hareketli olduğundan dolayı Eşitlik (3.31)’deki denklem kullanılacaktır. Değerler Eşitlik (3.31)’de yerlerine yazılırsa;

$$F_r = \sqrt{65^2 + 39^2 - 2 \times 39 \times 65 \times \cos 1.7} = 26,04 \text{ daN}$$

bulunur.

3.6.6. Rulman Hesabı

Rulmanlar yuvarlanma sürtünmesinin, kayma sürtünmesine göre daha az olmasından dolayı yapılmış olup, millerin yataklanması için kullanılan makine elemanıdır. Rulman hesaplarında verilen formüller ve değerleri ancak rulman nominal ömrünü verir. Mutlak ömrü ise bu değeri altında veya üstünde olabilir.

Rulman tipini bilyeli yatak seçip SKF rulman kataloğundan eksenel kuvvet (F_a) ile radyal kuvveti (F_r) oranlayarak eşdeğer dinamik yatak kuvvet bulunur.

$$F_a / F_r = \frac{20}{26,04} = 0.77$$

e sayısı 0,44'ten büyük olduğu için SKF rulman kataloğundan $x=0,56$ $y=1$ seçilir. Değerler Eşitlik (3.18)'de yerlerine yazılırsa;

$$F = 0,56 \cdot 26,04 + 1 \cdot 20 = 34,58 \text{ daN} = 345,8 \text{ N} \quad (\text{Eşdeğer dinamik yatak kuvveti})$$

bulunur.

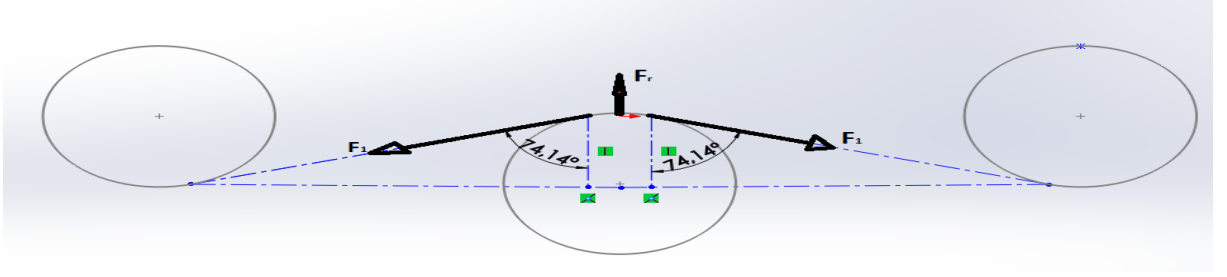
Parlatma makinesi günde en fazla sekiz saat çalıştığından ve her zaman tam yük altında bulunmadığından nominal ömrü tablodan (L_{10h}) $25 \cdot 10^3$ alınır.

$L_{10h} = 25 \cdot 10^3$ ve $n = 1000$ dev/dk için işletme saati cinsinden tekabül eden yük emniyet derecesi ($\frac{C}{F}$) Ek Tablo 14'den 11,5 alınır.

$$C = 11,5 \times 345,8 = 3976,7 \text{ N} \quad (\text{Dinamik yük})$$

Ek Tablo 5'den en yakın dinamik yük (c) 4300 N'dur ve 6002 numaralı rulman seçilir.

3.6.7. Gergi Kasnakları İçin Rulman Hesabı



Şekil 3.18. Gergi kasnağı sarım açısının gösterimi

$$F_r = 2 \times F_1 \times \cos 74.14 \quad (\text{Gergi kasnağı için radyal kuvvet})$$

$$F_r = 2 \times 65 \times \cos 74.14 = 35.53 \text{ daN}$$

$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$$

$$1000 \times 63 = n_1 \times 63$$

$$n_1 = 1000 \text{ dev/dk}$$

$$L_{10h} = 25 \cdot 10^3 \text{ ve } n = 1000 \text{ dev/dk (Nominal ömrü)}$$

$$\text{için Ek Tablo 18'den (Emniyet derecesi) } \frac{C}{F} = 11.5 \text{ alınır.}$$

$$C = 11.5 \times 35.53 = 4086 \text{ N}$$

SKF rulman tablosundan en yakın $C=3900 \text{ N}$ 'dur ve 6001 numaralı rulman seçilir. Fakat mil kontrolü yapılırsa momente göre tüm millerin çapı 15 mm bulunmuştu. Ancak miller genel olarak aynı zamanda hem burulma hem de eğilmeye maruz kalacağı için emniyet açısından burulmaya ve eğilmeye göre mil çapı hesaplanır.

$$M_{emax} = \frac{F}{2} \times \frac{L}{2} = \frac{F \times L}{4} \quad (3.32)$$

$$L_{mil} = 78.80 \text{ mm}$$

$$F = F_r = 35,53 \text{ daN}$$

$$M_{emax} = \frac{35,53 \times 7,88}{4} = 70 \text{ daNcm}^2$$

$$d_{mil} = \sqrt[3]{\frac{5}{\sigma_{bem}} \sqrt{4(M_{emax})^2 + 3(\alpha^2 \cdot Mb^2)}} \quad (3.33)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_{bem}}{1.73 \cdot \tau_{dD}} < 1 \quad (\text{Zorlanma katsayısı}) \quad (3.34)$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\sigma_{et} \times Kb \times Ky}{K\phi \times S} \quad (3.35)$$

Ek Tablo 3'den St 50 için eğilme tam değişken mukavemeti (σ_{et}) 24 daN/mm² alınır. Emniyet katsayısı (S) 2.75, yüzey düzgünlük faktörü (Ky) Ek Tablo 15'den 0.9, çap düzeltme katsayısı (Kb) Ek Tablo 16'dan 1, çentik etkisi (K ϕ) ise milde segman yuvası olduğundan 2.75 seçilmiştir.

σ_{et} =24 daN/mm² , S=2.75, Ky= 0.9, Kb=1, K ϕ =2.75 bu değerler Eşitlik (3.35)'de yerlerine yazılırsa;

$$\sigma_{bem} = \frac{24 \times 1 \times 0.9}{2.75 \times 2.75} = 2.86 \text{ daN/mm}^2$$

Zorlanma katsayısını bulmak için bulunan σ_{bem} ve seçilen τ_{dD} Eşitlik (3.34)'de yerlerine yazılırsa;

$$\alpha = \frac{158.33}{1.73 \times 1900} = 0.048$$

bulunur.

$$Mb = 71620 \times \frac{PH}{n} = 1 \quad (3.36)$$

Değerler Eşitlik (3.36)'da yerlerine yazılırsa Mb burulma momenti;

$$Mb = 71620 \times \frac{1}{1000} = 71.62 \text{ daNcm}$$

bulunur.

$$\sigma_{bem} = 2860 \text{ daN/cm}^2, \tau_{dD} = 1900 \text{ daN/cm}^2, M_{emax} = 70 \text{ daN/cm}^2, Mb = 71.62 \text{ daNcm}^2$$

Değerler Eşitlik (3.33)'de yerlerine yazılırsa

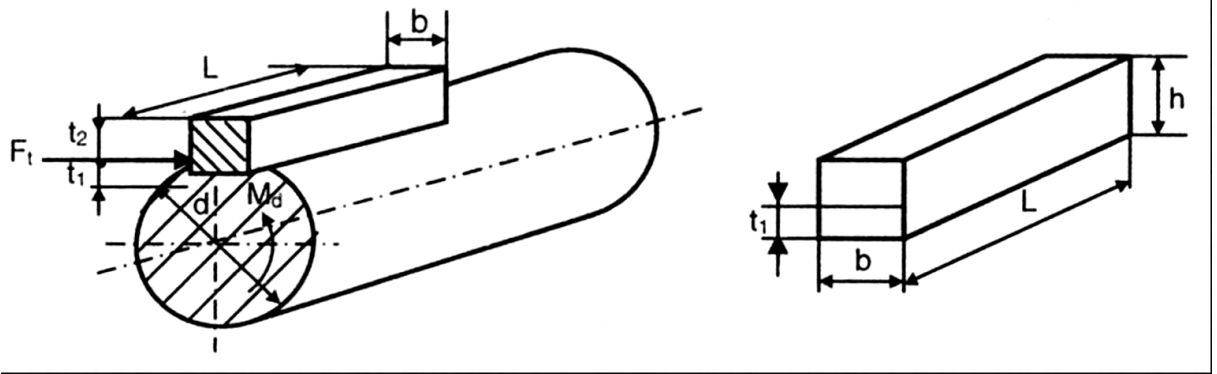
$$d_{mil} = \sqrt[3]{\frac{5}{2860} \sqrt{4(70)^2 + 3(0.048)^2 \times (71.62)^2}} = 0.63 \text{ cm} = 6.3 \text{ mm}$$

bulunur.

Mil çapını 6.3 mm alsaydık emniyetsiz olacağı için 15 mm alınır ve Ek Tablo 5'den 6202 numaralı rulman seçilir.

3.6.8. Parlatma Disk Mili Kama Hesabı

Parlatma makinesinde kama milden aldığı dönme hareketini kasmağa aktarmakta aracı olmaktadır. Sökülüp takılabildiği gibi iki makine elemanı arasında bağlantı elemanı görevi yapmaktadır. Seçilen kama, eğimsiz olup uygu kama çeşididir.



Şekil 3.19. Uygu kamanın gösterimi

L=Kama boyu(mm)

b=Kama genişliği(mm)

Y=Kama kanalı yan yüksekliği(mm)

t₁=Kamanın mil içerisinde kalan kısmın yüksekliği(mm)

t₂=Kamanın göbek içerisinde kalan kısmın yüksekliği(mm)

h=Kama yüksekliği(mm)

Kamanın zorlanmalarda mile ve kasmağa zarar vermemesi için St42 malzemesi seçilmiştir.

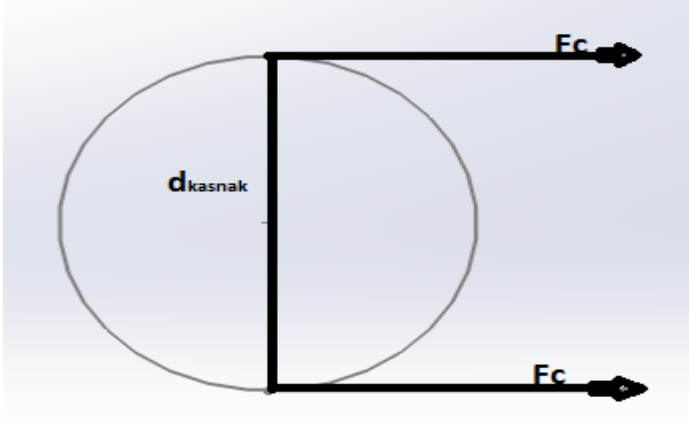
$$L_{ort} = 1.3 \times d \quad (3.37)$$

Mil çapı d=1.5cm'dir. Bunu Eşitlik (3.37)'de yazarsak kama uzunluğunu;

$$L_{ort} = 1.3 \times 1.5 = 1.95 \text{ cm} = 19.5 \text{ mm}$$

bulunur.

Buna göre, Ek Tablo 17'den $d=15\text{mm}$ çaplı mil için kama boyutları $b=5\text{ mm}$, $h=5\text{ mm}$
 $t_1=3\text{ mm}$, $t_2=1.2\text{ mm}$ seçilir.



Şekil 3.20. Kasmağa bağı kayıştaki kuvvetler

$$Md = F_{\text{ç}} \cdot d_{\text{kasmak}} \quad (3.38)$$

$d_{\text{kasmak}}=3.15\text{cm}$ olarak firmanın katalog bölümünden alınmıştır. Önceki yapılan hesaplamalardan $Md=97.4\text{daNcm}$ değeri alınmış olup Eşitlik (3.38)'de yerlerine yazılırsa çevresel kuvvet;

$$97.4 = F_{\text{ç}} \cdot 3.15 = 30 \text{ daN}$$

bulunur. Çevresel kuvvet;

$$F_t = F_{\text{ç}} = \mu \cdot F \quad (3.39)$$

Kama ile kasmak göbeği arasındaki sürtünme katsayısı μ Ek Tablo 16'dan 0.15 seçildi. Değerler Eşitlik (3.39)'da yerlerine yazılırsa;

$$30 = 0.15 \times F \quad F=200 \text{ daN bulunur.}$$

$$F = P \cdot A = P \cdot b \cdot L \quad (3.40)$$

$F=200$ daN, $b=0.5$ cm , $L=1.95$ cm bu değerleri Eşitlik (3.40)'da yerlerine yazılırsa;
 $200 = P \times 0.5 \times 1.95 \quad P=205.1 \text{ daN/cm}^2$

$$Md = \mu . P . b . L . d_{mil} \quad (3.41)$$

Bulunan değerler Eşitlik (3.41)'de yerlerine yazılırsa kamadaki döndürme momenti;

$$Md = 0.15 \times 205.1 \times 0.5 \times 1.95 \times 1.5 = 44.99 \text{ daNcm}$$

bulunur.

St 42 için Ek Tablo 3'den $\tau_{dD}=1600$ daN/cm² , $S=12$ seçilmişti. Buna göre kamanın emniyet kontrolü yapılırsa;

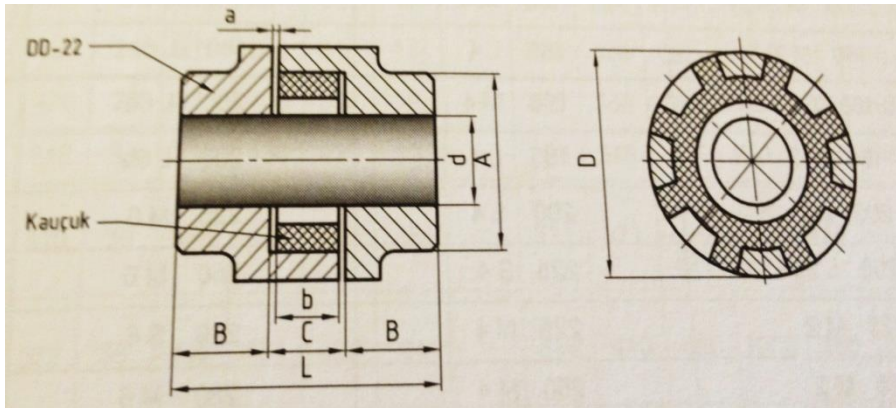
$$\tau_{dem} = \frac{\tau_{dD}}{S} = \frac{1600}{12} = 133.33 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau = \frac{Md}{Wp} = \frac{44.99}{\frac{\pi \times 1.5^3}{16}} = 67.89 \text{ daN/cm}^2$$

$\tau \leq \tau_{dem}$ olduğundan dolayı kamamız aldığımız boyutlar doğrultusunda emniyetli bir şekilde çalışmaktadır.

3.6.9. Flanşlı Kaplin Hesabı

Sistemde, motor mili ile disk milinin aynı ekseninde çalışmasını sağlamak ve dönme hareketini iletmek için kaplin kullanılmıştır.



Şekil 3.21. Flanşlı kaplinin gösterimi (Şen ve Özçilingir,2011)

$d=15\text{mm}=1.5\text{cm}$ (mil çapı)

$de = 3.1 \times d = 3.1 \times 1.5 = 4.65\text{cm}$ (Merkez dairesi)

$D = 4.75 \times d = 4.75 \times 1.5 = 7.125\text{cm}$ (Flaşın dış çapı)

$Lg = 1.6 \times d = 1.6 \times 1.5 = 2.4\text{cm}$ (Flaşın göbek uzunluğu)

$Lg > Lkama$ olduğundan dolayı emniyetlidir.

$$Ms = k.Md \quad (3.42)$$

$$Ms = F\phi \cdot \frac{de}{2} \quad (\text{Sürtünme momenti}) \quad (3.43)$$

$$F_1 = \frac{F}{0.7.z} \quad (\text{Bir civataya gelen kuvvet}) \quad (3.44)$$

$$F = \frac{F\phi}{M} = \frac{2.Ms}{de.m} = \frac{2.71620.N.k}{de.\mu.n} \quad (\text{Tüm civataya gelen kuvvet}) \quad (3.45)$$

$$\mu=0,2\dots\dots\dots 0,25$$

Sürtünme katsayısı ne kadar büyük olursa kaplin o kadar dayanıklı olur(Pıhtılı, 2012).

$\mu=0,25$ seçildi. k =orta sarsıntılı olduğundan 1.5 alınır. $N=1,36$ BG , $k=1.5$, $\mu=0,25$, $de=4.65$ cm , $n=1000$ dev/dk bulduğumuz bu değerleri Eşitlik (3.44) ve Eşitlik (3.45)'de yerlerine yazılıp F_1 'leri yalnız bırakırsak;

$$F_1 \times 0.7 \times z = \frac{2 \times 71620 \times 1.36 \times 1.5}{4.65 \times 0.25 \times 1000} F_1 \times z = 359daN$$

bulunur.

$z=4$ (civata sayısı) için her bir civataya gelen kuvvet;

$$F_1 \times 4 = 359 F_1 = 89.77daN$$

bulunur.

Civata 6.8 kalitesinde kabul ederek 6.8 kalitesinde civata için

$$\sigma_{ak} = 6 \times 8 = 48daN/cm^2$$

sabit ortam şartları ve kuvvet kesinliğinden dolayı Ek Tablo 2' den $S=1.75$ seçilir.

$$\sigma_s = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \frac{\sigma_{ak}}{S} \quad (3.46)$$

Değerler Eşitlik (3.46)'da yerlerine yazılırsa;

$$\frac{89,77}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{24}{1,75} d = 2,88mm$$

bulunur. Montaj için M4 cıvata seçilmiştir. Cıvata diş dibi çapı 2,88'den büyük seçilmelidir. Aksi takdirde cıvata diş dibinden kesilir. Metrik cıvata kullanılması önerilir.

3.7. İmalat ve Montaj

Tasarım ve gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra imalat ve montaj kısmına geçilmiştir. Bu kısımda farklı tasarım seçenekleri ve seçim kriterleri bölümündeki mukayeseler göz önünde bulundurularak belirlenen malzemeler ışığında gerekli imalat ve montajlar yapılmıştır.

İmalatının gerçekleştirilmesi düşünülen zımparalama ve parlatma makinesine ait konstrüksiyon ve makine elemanları projelendirilmiştir. Zımparalama ve parlatma makinesine ait imalat ve montaj aşamaları imalat resimleriyle birlikte açıklanmıştır.



Şekil 3.22. Zımparalama ve parlatma makinesi ana gövdesinin montaj fotoğrafı

Zımparalama ve parlatma makinesinin ana gövdesinin yapımında 40x40 sigma profillerin kullanımı öngörülmüştür. Fakat, elde bulunan malzeme ve imkanlar dahilinde 40x40 kare profil ve 40x40 köşebent kullanılmıştır. Levhaların montajı cıvatalarla gerçekleştirilmiştir.

Levhaların montajında sıkıntı olmaması açısından, iskelete ait tüm profillerin delik yerleri levhayla beraber delinmiştir. Makineye ait iskelet montajı (Şekil 3.22), imalat ölçüleri belirlenmiş ve çizilmiş montaj resmi baz alınarak kaynakla birleştirme usulüyle gerçekleştirildi.



Şekil 3.23. Elektrik motoru tahrikli güç aktarma sisteminin montaj fotoğrafı

Parlatma disklerinin tahrikinde bir mono faz AC elektrik motoru kullanılmıştır. Parlatma disklerine hareket ve güç iletmek amacıyla, tasarım seçeneklerinden triger kayış-kasnak sistemi seçilmiştir.

Güç aktarma sistemi elemanlarına ait millerin yatak yuvaları, alt ve üst olmak üzere iki plaka üzerine açıldı. Millerin yataklanmasında, eksenden kaçmayı önlemek amacıyla her iki plaka da beraber delinmiştir. Rulman yuvalarını açma işlemi, her iki plakada da ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.23).

Öncelikle, klasik freze tezgahında 28 mm çaplı matkapla rulman oturma yüzeyine kadar delik açıldı. Daha sonra rulman deliği, rulmanlar sıkı geçecek şekilde delik genişletme kalemiiyle çap 47 mm'ye kadar genişletildi.

Bu işlem esnasında, klasik torna tezgâhında zincir dişlilerin bağlanacağı miller işlendi ve segman kanalları açıldı. Torna tezgâhında işlemleri biten miller, parlatma disklerinin bağlantısı için tek tek freze tezgâhına bağlanarak 12 mm çaplı delikler matkapla delindi. Daha sonra, rulmanlar millere çakıldı ve zincir dişliler kamayla millere bağlandı. Zincir dişliler segmanlarla emniyete alındıktan sonra rulmanlar plaka üzerindeki yuvalarına çakıldı



Şekil 3.24. Vidalı milin, rulman yuvalarına montajı

Vidalı mil rulman yuvalarının açılacağı plakalar, klasik freze tezgâhında 12 mm çaplı matkapla delindi. Bu işlem esnasında, torna tezgâhında vidalı milin rulman bağlanacak kısımları işlendi. Rulmanlar, vidalı mile çakıldıktan sonra plakalar üzerindeki yuvalarına yerleştirildi (Şekil 3.24).



Şekil 3.25. Vidalı mil doğrusal (lineer) hareket elemanlarının montaj fotoğrafı

Doğrusal hareket elemanlarının bağlanacağı düşey plakanın, freze tezgâhında cep boşaltma işlemi yapıldı ve lineer kılakların(rayların), alyan başlı (imbus) cıvatarla bağlanacağı delikler 6 mm çaplı matkapla delindi. Ardından kılakların ve arabaların montajı gerçekleştirildi(Şekil 3.25).



Şekil 3.26. Vidalı mil doğrusal (lineer) hareket elemanlarının, pnömatisik sistem ile birlikte montaj fotoğrafı

Kılaklar üzerinde hareket eden arabalar ve vidalı mil somunu düşey ekseninde hareket edebilen pnömatisik silindirin bağlanacağı plaka üzerine cıvatarla montaj edildi. Arka ve yan

plakalar birbirlerine köşebentlerle bağlandı ve pnömatik silindir montajı gerçekleştirildi (Şekil 3.26).

Güç aktarma sistemi gurubu ve doğrusal hareket sistemi gurubu, montajları bitmiş bir şekilde tezgâh üzerine yerleştirilerek M8 cıvatalarla bağlantıları gerçekleştirilmiştir

3.7.1. Hareket Sisteminin Montajı

3.7.1.1. AC Motor Montajı

Hesaplamalara göre sisteme en uygun olan AC motor seçilmiştir. Kullanılan AC motor özellikleri 1.1kW, 1400 devir, Trifaze olup şekil üzerinde detaylı olarak gösterilmiştir (Şekil 3.27). AC motorunu uygun devirlerde çalıştırarak parlatma millerinin kontrolü sağlanır ve parlatma işlemi yapılacak numuneye göre parlatma milinin devirleri belirlenir

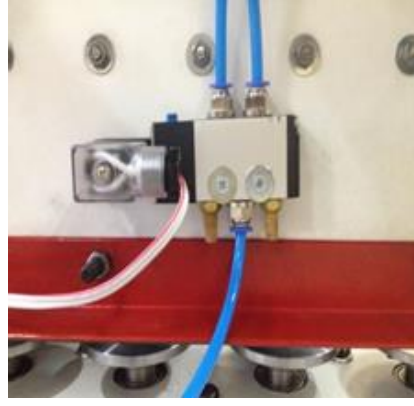


Şekil 3.27. Zımparalama ve parlatma makinesi AC motor montaj resmi

AC motorun montajı için motor mili ve zımpara parlatma makinesi ana hareket milinin çaplarına göre uygun kaplin seçimi yapılarak, ana hareket mili ile motor mili bağlantısı gerçekleştirildi. Daha sonra ana gövdeye kaynatılan saç ile AC motor sabitlenerek montajı gerçekleştirildi.

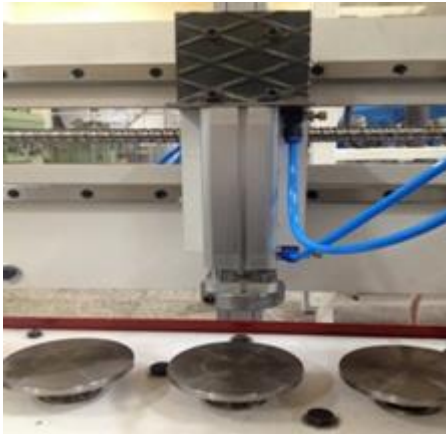
3.7.1.2. Pnömatik Sistemin Montajı

Hesaplamalara göre pemax marka PKY-A serisi piston çapı 32 mm strok boyu 100mm olan pnömatik silindir ile 5/2'lik yön kontrol valfi, basınç ayar valfi ve iki adet kısma valfi kullanılmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Zımparalama ve parlatma makinesinin basınç ayar ve yön kontrol valfi montaj resimleri

Pnömatik silindir montajında basınç ayar valfi ve kısma valflerinin önemi büyüktür çünkü pnömatik silindir belirlenen hızlarda yukarı aşağı hareket yapmaktadır. Bu yüzden kısma valfleri ile yukarı aşağı hız kontrolü sağlanmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Zımparalama ve parlatma makinesi pnömatik silindir montaj resmi

3.7.1.3. Step Motor Montaj

Sistem için motorun devrini 300 d/dk belirleyerek, Şekil 3.30'deki özelliklerdeki 2.2N.m'lik Nema23 step motor seçilmiştir. Motorumuz unipolar bir motor olup güç kaynağına seri olarak bağlanmıştır.

2.2NM STEP MOTOR

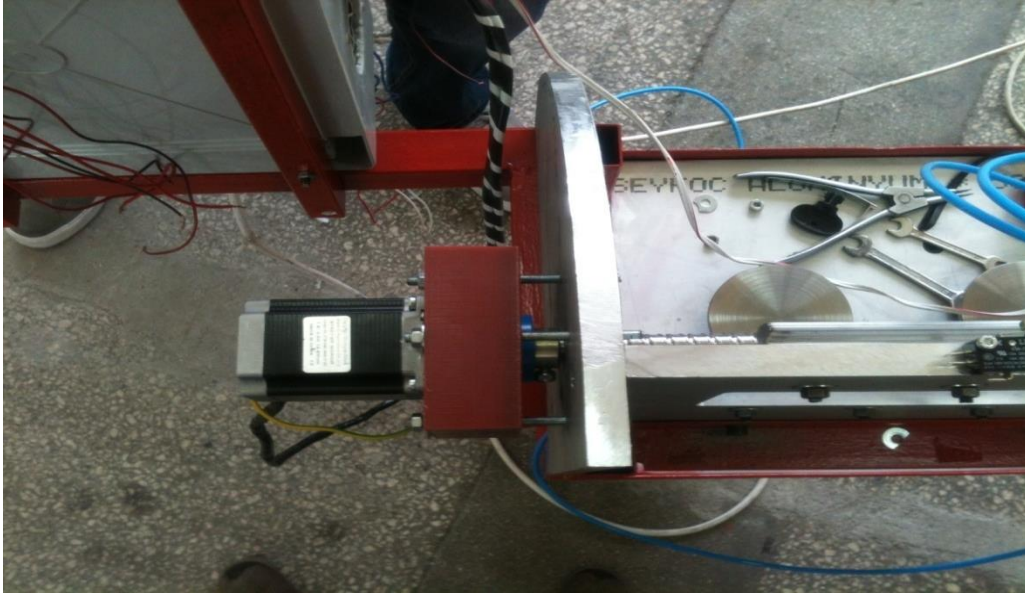
Ön kare flanş ebatları: 57mm x 57mm
Uzunluk: 76mm
Mil kalınlığı: 8MM
tel sayısı: 8
önerilen sürücü kartı: JK-1545

tel renkleri:
kırmızı + mavi : A+
sarı + siyah : A-
beyaz + kahve: B+
turuncu + yeşil : B-

STEP AÇISI	1.8 Derece
NEMA	23
AMPER	3.0 A
INDUKTANS	3.0mH
REZİSTANS	0.9 ohms
TUTMA TORKU	2.2 N.m
FAZ NUMARASI	2
AĞIRLIK	1.1 Kg
UZUNLUK	76mm
TEL SAYISI	8

Şekil 3.30. Zımparalama ve parlatma makinesi step motor özellikleri

Step motorun vidalı mile bağlantı resimleri Şekil 3.31 ve Şekil 3.32’de gösterilmektedir.



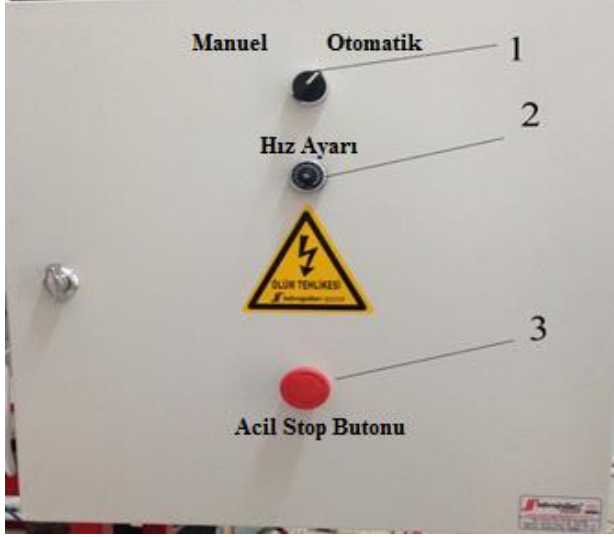
Şekil 3.31. Zımparalama ve parlatma makinesi step motor montaj resmi-1



Şekil 3.32. Zımparalama ve parlatma makinesi step motor montaj resmi-2

3.8. Otomasyon

İmalat ve montajı yapılan zımparalama ve parlatma makinesini kontrol etmek ve otomatik olarak çalışması için otomasyon işlemi yapılmıştır. Zımparalama ve parlatma makinesinin otomasyon sisteminde PLC SIMATIC S7-1200 kullanılmıştır. PLC'nin programlamasında PASCAL yazılım dili kullanılmıştır. Makinenin kontrolü manuel ve otomatik olmak üzere iki kademedan oluşmaktadır.



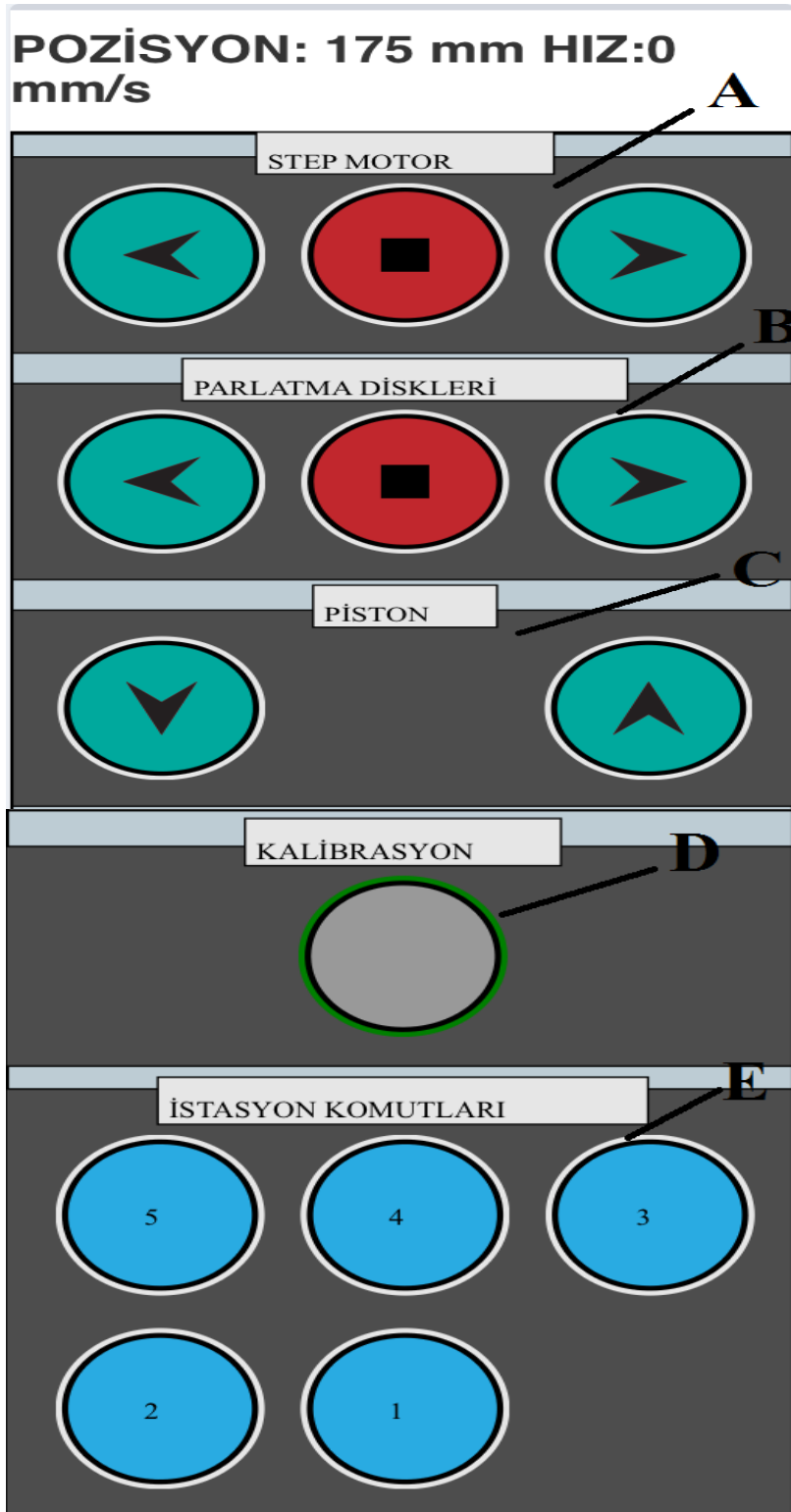
Şekil 3.33. Elektrik Panosu

Manuel ve otomatik kademesi seçme butonu (1) aktif edilerek makinenin hangi kademede çalışacağı belirlenir (Şekil 3.33). Makinenin otomatik kademesi seçildiğinde programın ara yüzünde belirlenen özelliklere göre zımparalama ve parlatma işlemi tam otomatik olarak yapılmaktadır. Ara yüz ayarları içerisinde vidalı milin bağlı olduğu step motorun adım hızı (jog hızı), hareket hızı, kalibrasyon yaklaşım hızı, kalibrasyon ayar hızı, step motorun hızlanma, yavaşlama ve durma süresi, pistonun disklerde bekleme süresi ve parlatma pistonunun diskler üzerinde durma konumu yer almaktadır (Şekil 3.34).

Manuel kademede ise pistonu istediğimiz disk konumuna hareket ettirilmesi sağlanmaktadır. Manuel kademe seçilerek Şekil 3.35’de gösterildiği gibi elektronik cihaz ara yüzünde, step motorun tahrikiyle vidalı milin üzerindeki parlatma pistonunun ileri geri gitmesinin ayarlanması (A), parlatma disklerinin saat yönüne veya tersine hareket etmesini (B), pistonun aşağı yukarı hareketinin sağlanması (C) ve parlatma pistonunun istenilen disklerle hareket etmesini (E) sağlanmaktadır (Şekil 3.35). Ayrıca kalibrasyon butonu (D) sayesinde acil bir durumda sistemin kapatılması sebebiyle yada işlemlerin bitmesi sonucunda sistemi başlangıç konumuna getirmesini sağlanmaktadır. Parlatma disklerinin bağlı olduğu elektrik motorunun hız ayarı ayarlama butonu (2) sayesinde istenilen hız değerlerinin ayarları yapılmaktadır. Sistemde herhangi bir problem çıktığında ise Acil Stop Butonu (3) aktif edilerek sistemin durdurulması sağlanmaktadır. Bu kontroller pano dışında elektronik cihazlarla da yapılabilir. PLC ethernet kablusunun kablosuz modeme bağlandığında, kablosuz modem vasıtasıyla elektronik cihazlar PLC’nin ara yüzüne bağlanır. Böylelikle bilgisayar, akıllı telefon ve tablet gibi elektronik cihazlarla da makine kontrol edilebilir.

Hız Ayarları	
Jog Hızı (15mm/s)	
Sistem manuel konumdayken step motor adım hızını belirler.	
Hareket Hızı (20mm/s)	
Sistem otomatik konumdayken veya motor konumlama yaparken step motor hızını belirler	
Kalibrasyon Yaklaşım Hızı (12mm/s)	
Kalibrasyon esnasında motor başlangıç konumuna yol alırkenki yüksek hızı belirler.	
Kalibrasyon Ayar Hızı (11mm/s)	
Kalibrasyon esnasında motor başlangıç konumu civarında ince ayar hızını belirler.	
Süre Ayarları	
Hızlanma Süresi (3s)	
Step motor ilk kalkıştan ayarlanan hızı ulaşma süresini belirler	
Yavaşlama Süresi (3s)	
Step motor mevcut hızından durma hızına ulaşma süresini belirler	
Durma Süresi (1s)	
Step motor durdurma komutu geldikten sonra motorun durma hızına ulaşma süresini belirler.	
Piston Bekleme Süresi (2s)	
Otomatik konumda parlatma süresini belirler.	
Konum Ayarları	
Disk 1 Pozisyon Değeri (0mm)	
Disk 1 başlangıç konumuna olan uzaklığını belirler.	
Disk 2 Pozisyon Değeri (175mm)	
Disk 2 başlangıç konumuna olan uzaklığını belirler.	
Disk 3 Pozisyon Değeri (350mm)	
Disk 3 başlangıç konumuna olan uzaklığını belirler.	
Disk 4 Pozisyon Değeri (525mm)	
Disk 4 başlangıç konumuna olan uzaklığını belirler.	
Disk 5 Pozisyon Değeri (700mm)	
Disk 5 başlangıç konumuna olan uzaklığını belirler.	

Şekil 3.34. Ara yüz ayarları



Şekil 3.35. Manuel çalışmada kullanılacak butonlar

Tablo 3.1’de sistemde kullanılan ladder diyagram fonksiyonları yer almaktadır. Bu fonksiyonlar programın çalışmasını sağlayan kontaklardır. Ladder diyagramında I1; 1. disk merkez konumunun sınır anahtarı, I2; 2. disk merkez konumunun sınır anahtarı, I3; 3. disk merkez konumunun sınır anahtarı, I4; 4.diskin merkez konumunun sınır anahtarıdır. Bu

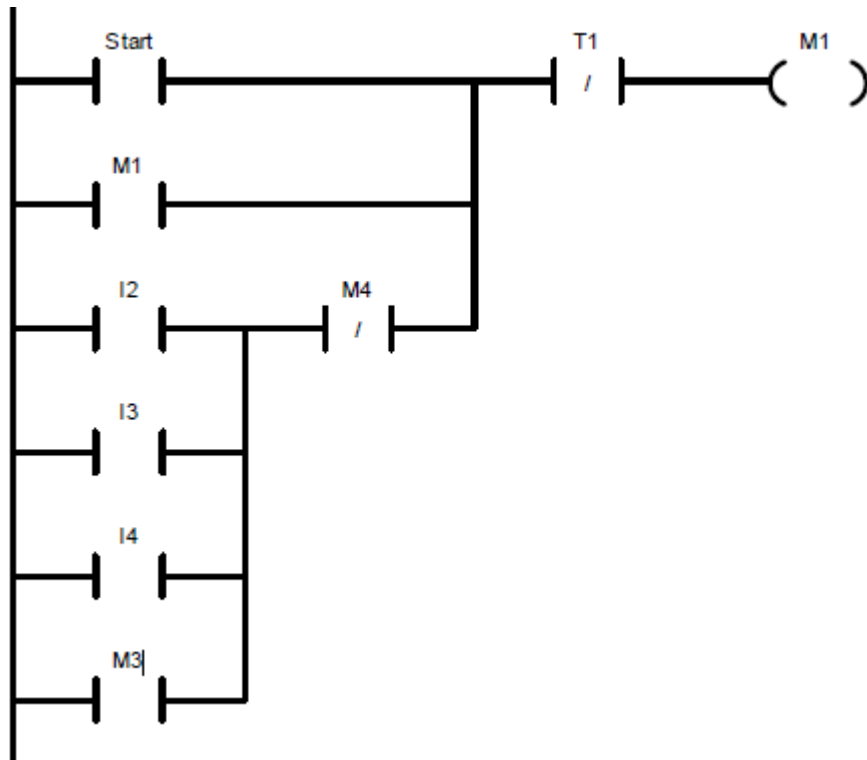
komutların hepsi giriş kontaklarıdır ve sisteme enerji verildiğinde çıkış kontaklarını enerjilendirerek aktif eder. T1, T2, T4 kontakları zamanlayıcı komutlardır. Pistonun parlatma diski üzerinde ne kadar süre kalmasını belirleyen komuttur ve saniye cinsinden hesaplama yapılır. M1,M2,M3,M4,M5,M6 ve M7 yardımcı rölelerdir. Çıkış kontağı olmayan, yük bağlanmayan, geçici hafıza birimleridir. Kullanılmasının nedeni bazı durumlarda giriş kontaklarının direk çıkış kontaklarına bağlanamamasıdır. Bu yüzden geçici olarak giriş kontakları yardımcı rölelere enerji vererek çıkış kontakları kontrol edilir. Q1 step motorun ileri hareketini kontrol eden kontak, Q2 step motorun geri hareketini kontrol eden kontak, Q3 parlatma pistonunun aşağı yukarı hareketini kontrol eden kontak, Q4 ise step motorunu durduran kontak. Bu komutlar da sistemin çıkış kontaklarıdır. Giriş kontakları ve yardımcı kontaklar sayesinde enerjilenerek aktif olur ve sistem çalışır.

Tablo 3.1. Ladder Diyagram Fonksiyonları

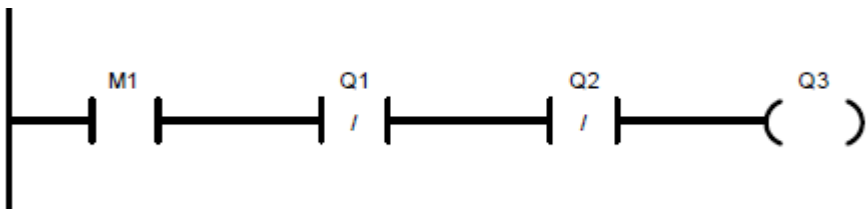
Fonksiyon	Normalde Açık Kontak	Normalde Kapalı Kontak	Açıklama
Girişler (I1, I2, I3, I4, I5, I6)	I1	İ1	PLC Logo Girişleri
Çıkışlar (Q1, Q2, Q3, Q4)	Q1	Q1	PLC Logo Çıkışları
Yardımcı Kontak (M1, M2,...)	M1	M2	PLC Logo Programı İçindeki Yardımcı Kontaklar
Zamanlayıcı (Tt1, Tt2,...)	T1	T1	Zamanlayıcılar 1'den F'e Kadar 16 Tane
Sayıcı (C1, C2,...)	C1	C1	Sayıcılar 1'den F'e Kadar 16 Tane

Sistemin otomatik çalıştığı durumda ki ladder diyagramı Şekil 3.36'daki gibidir.

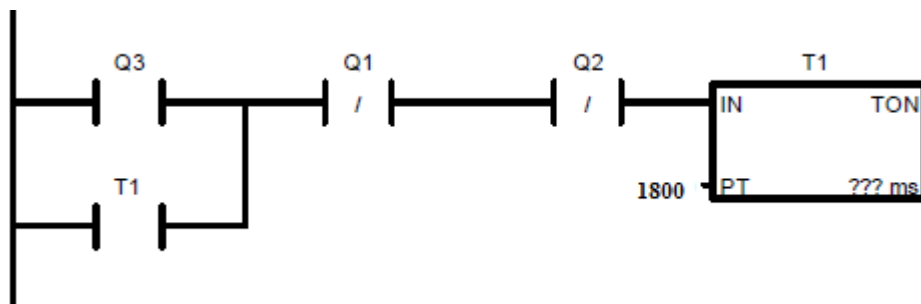
NETWORK 1



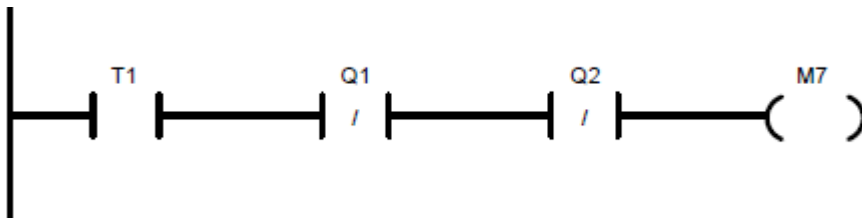
NETWORK 2



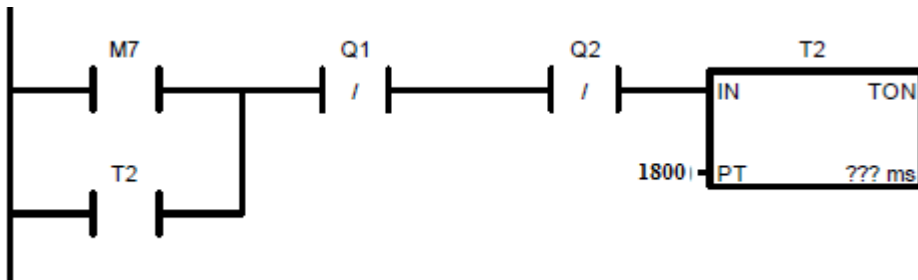
NETWORK 3



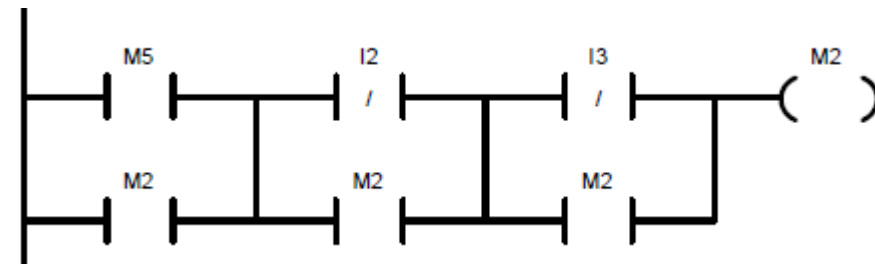
NETWORK 4



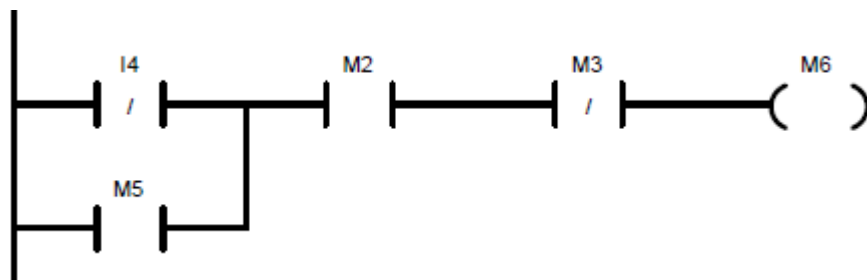
NETWORK 5



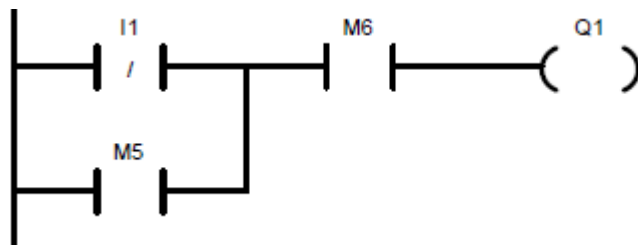
NETWORK 6



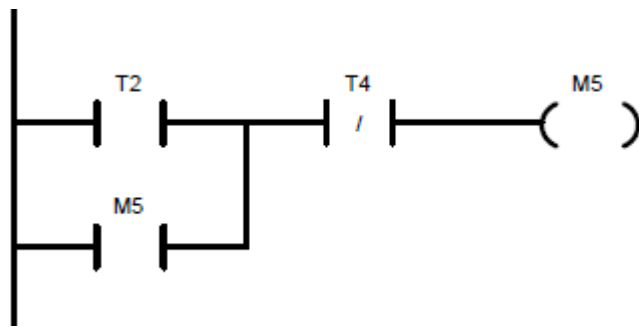
NETWORK 7



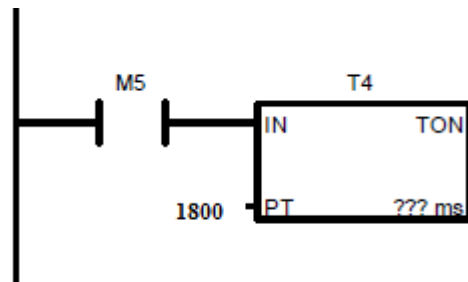
NETWORK 8



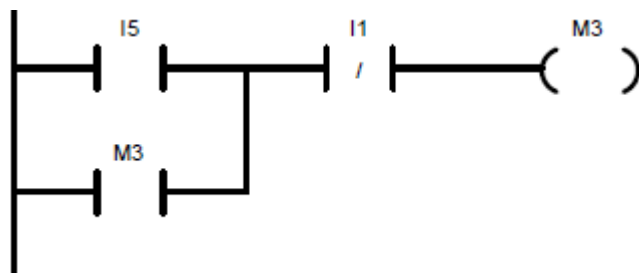
NETWORK 9



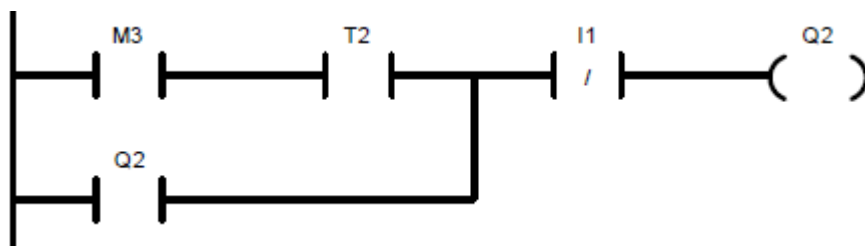
NETWORK 10



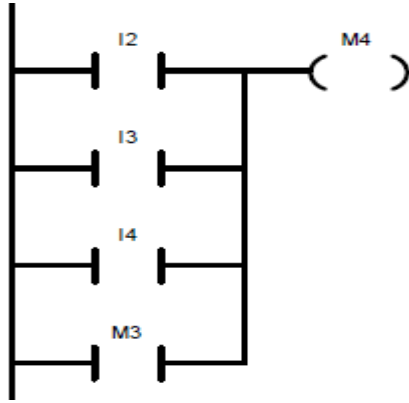
NETWORK 11



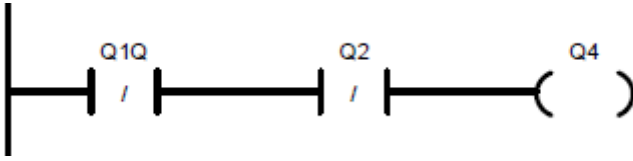
NETWORK 12



NETWORK 13



NETWORK 14

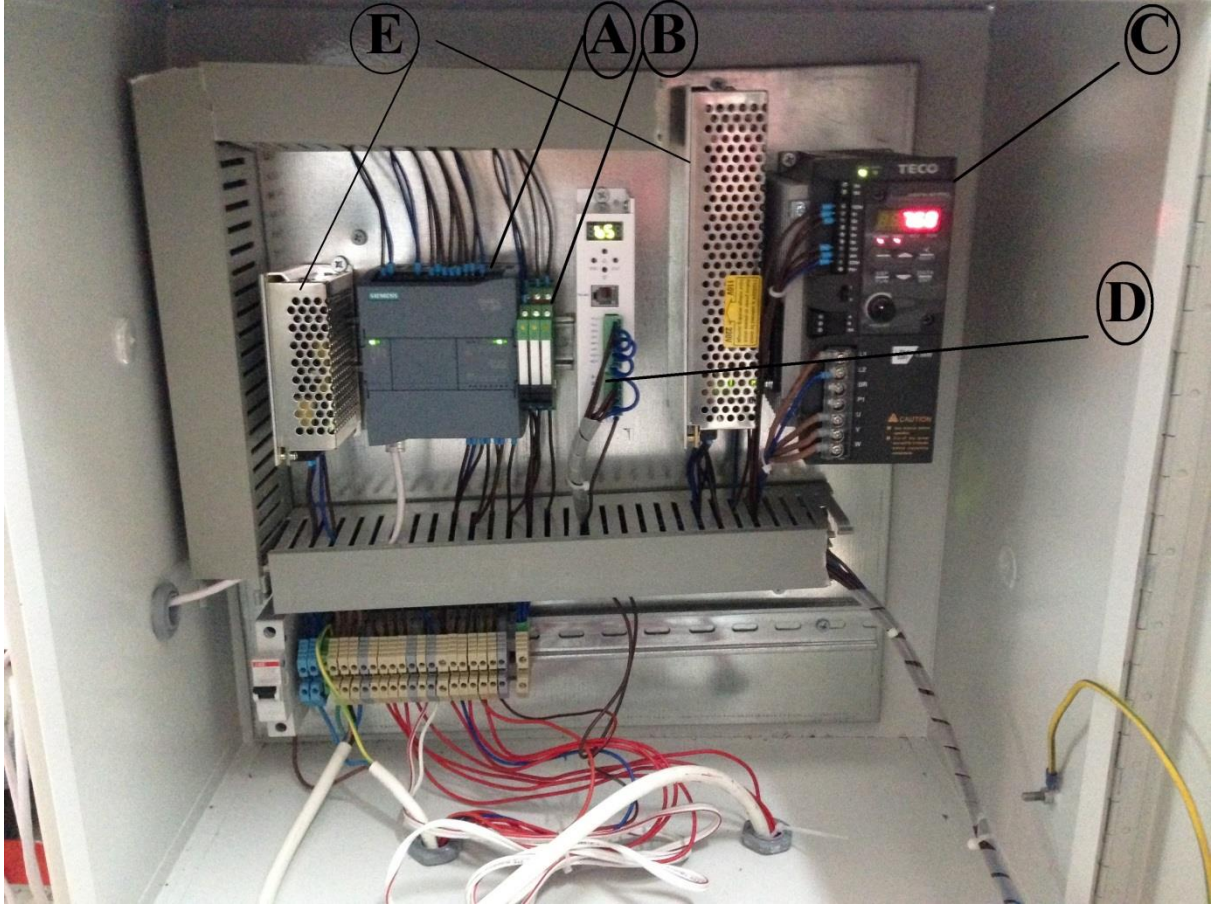


Şekil 3.36. PLC programının ladder diyagramı.

Şekil 3.36’da gösterilen ladder diyagramının çalışma prensibi şu şekildedir;

Başlangıç durumunda pnömatik piston 1. Diskin üzerinde bulunmaktadır. Başlama butonuna basılmasıyla piston aşağı iner 3 dakika zımparalama işlemi yapar ve piston yukarı çıkar, pistonun yukarı çıkmasıyla step ileri hareketi aktif olur ve step motor ileri hareketi verir. Bu süre program ara yüzünden değiştirilerek istenilen sürede zımparalama ve parlatma işlemi yapılabilir. Sırasıyla 2., 3. ve 4. pistonlarda da aynı hareketi yapar.

Piston 5. sınır anahtarına değince step motor durur ve piston aşağı iner tekrar 3 dakika durur ve yukarı çıkar. Pistonun yukarıya çıkmasıyla step geri hareketi aktif olur ve step motor geri hareketi verir. Piston geri gelirken 1. sınır anahtarına temas edene kadar hareketi devam eder. Sınır anahtarına temas ettiği anda sistem tamamen durur ve yeniden başlatmak için başlatma butonuna basmak gerekir.



Şekil 3.37. Zımparalama ve parlatma makinesi güç paneli iç donanım resmi

Zımparalama ve parlatma makinesinin kontrolü PLC S7 1200 (A) ile sağlanmaktadır. Sisteme gücü veren 12 V ve 24 V olan iki adet güç kaynağı (E) vardır. Bunun sebebi valfler 12 V ile geriye kalan diğer elemanlar ise 24 V ile çalışmaktadır. Parlatma disklerini döndüren elektrikli motorun çalışması, dönme yönünü ve valfleri kontrol etmek için 3 adet röle (B) kullanılmıştır. Vidalı milin hareketini kontrol etmek ve parlatma disklerinin hareketini sağlamak için sürücüler (C;D) kullanılmıştır (Şekil 3.37).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

“Çok İstasyonlu Otomatik Metalografik Numune Zımparalama ve Parlatma Makinesinin Tasarımı, İmalatı ve Otomasyonu” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında Makinenin tasarımı, imalatı ve otomasyonu, aynı görevi yapan zımparalama ve parlatma makinelerinden olabildiğince farklı ve kullanışlı tutulmuştur. Makinenin tasarımı SolidWorks programı kullanılarak yapılmıştır. Otomasyon sistemi PLC ile kontrol edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Bu çalışmada tasarımı yapılan makinedeki zımparalama ve parlatma işlemleri, 5 farklı kademede hem otomatik hem de manuel olarak gerçekleştirilebilmektedir.
- Her istasyondaki basınç değeri ve süresi otomatik olarak ayarlanabilmektedir.
- Ethernet bağlantı özelliğine sahip PLC S7-1200’ün kablosuz modeme (WiFi) bağlantısı sayesinde, sistem bilgisayar, akıllı telefon ve tabletler üzerinden kontrol edilebilmektedir.
- Yapılan deneme testleri sonucunda makinenin istenilen şekilde manuel ve otomatik çalıştığı görülmüştür.
- Diskler üzerine yerleştirilen zımparanın tane boyutuna bağlı olarak istenilen yüzeyler elde edilebilebildiği görülmüştür.
- İthal durumunda olan bu tür cihaz/makinelerin ülkemiz de gerçekleştirilmesi sayesinde hem ekonomik kazanımlar sağlamakta hem de bilgi birikimine katkı sağlayacaktır.

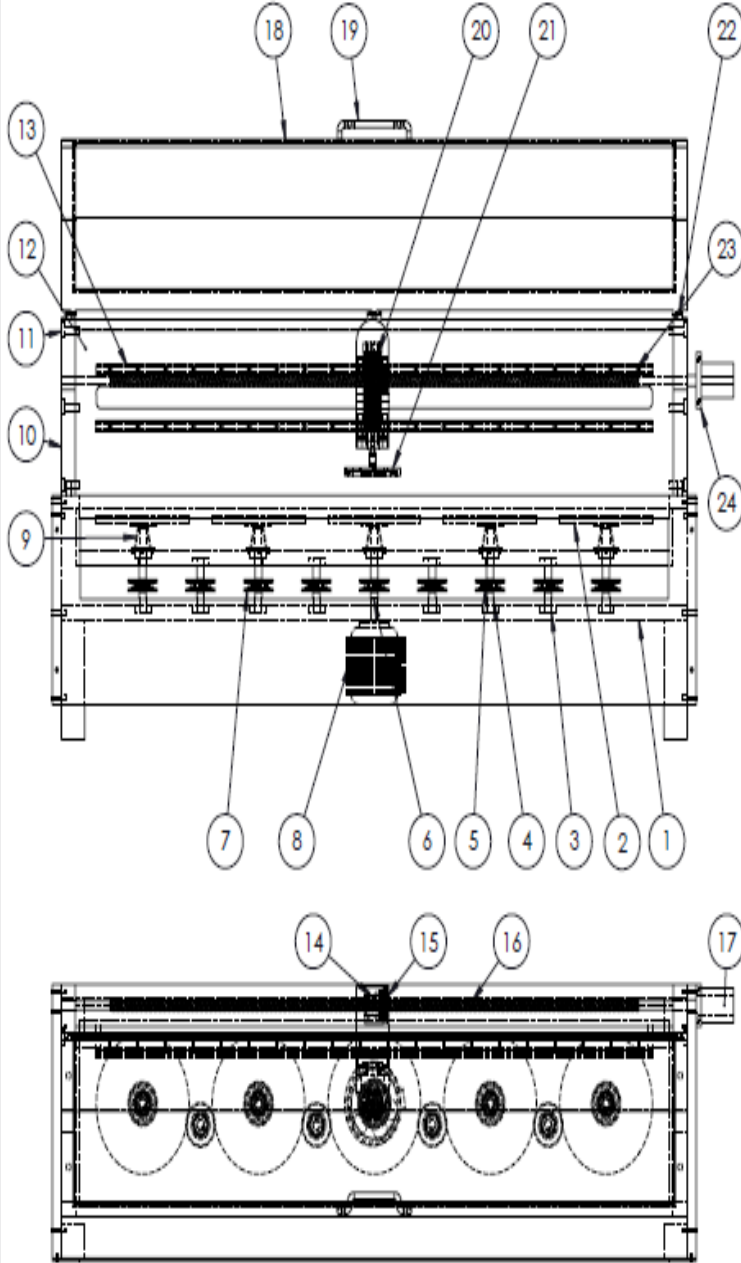
Öneri olarak, tasarımı gerçekleştirilen zımparalama ve parlatma makinesinin parlatma diski sayısı artırılarak numunenin ihtiyaç duyduğu tüm zımparalama ve parlatma aşamaları sırayla otomatik olarak yapılabilir. Ayrıca zımparalama ve parlatma makinesine daha yeni özellikler kazandırılarak dünya metal piyasasında rekabet edebilecek konuma getirilebilir.

5. KAYNAKLAR

1. **Samuels, L.E.**, “Metallographic Polishing by Mechanical Methods”, ASM International, 4rd. Edition, Materials Park, Ohio, USA,2003
2. **Geels,K.**, Metallographic and Materialographic Specimen Preparation, Light Microscopy, Image Analysis and Hardness Testing, ATSM International, 2007.
3. **Bülbül,B.**, “Metalografik Numune Zımparalama & Parlatma İşlemi”, Metal Dünyası Dergisi, 216, 2-3, 2011a.
4. **www.stuers.com**, “Zımparalama ve Parlatma İşlemi Hakkında”, Kasım 2014.
5. **Bülbül,B.**, “Metalografik Numune Zımparalama & Parlatma İşlemi”, Metal Dünyası Dergisi, 217, 2-3, 2011b.
6. **Smith, S.**, “Metallography - History and Development”,Vol.3, P.11-13, Amsterdam, 2009.
7. **Azaklı, Z.**, Metalografi Laboratuvarı Deney Föyü, 2013.
8. **Salman,S., Gülsoy, O.**,”Metalografi Bilimi”,Vol.1,P.17,2004.
9. **Yıldırım, S.**, Metalografi, İÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 2013.
10. **Ozgurluk, Y.**, Temel Metalografik İşlemler, Bartın Üniversitesi, 2010.
11. **Callister, W.D. ve Rethwishch, D.G.**, Çev. Edt. Genel, K., “Malzeme Bilimi ve Mühendisliği”, Nobel Yayın Dağıtım, Şubat 2013.
12. **Kutay, G.**, Mukavemet Değerleri Formüller ve Tablolar,2009.
13. **Akkurt M. , Kent M. ,** ‘Makine Elemanları’, Cilt 1, Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul,(1984).
14. **www.sahinrulman.com**,”Vidalı Mil Somun ve Gövdesi Tablosu”,2012.
15. **Temiz,V.**, “Makina Elemanlarının Sürekli Mukavemete Göre Hesabı”,P.40,2001.
16. **SKF**, “Rulman Bakım ve Değiştirme Kılavuzu”, 2003.
17. **Babalık, F.**, “Makine Bilimleri ve Elemanları”, 2002.
18. **Belevi, M., Çiçek, Ö.**, DEÜ Mühendislik Fakültesi Makine Tasarımı,2012.
19. **Bozca, M.**, ”Makine Elemanlar-2 Tablolar”, P.9, 2012.
20. **Bozca, M.**, ”Makine Elemanlar-2 Tablolar”, P.4, 2012.
21. **PıhtılıH.**,”Makine Elemanları-I, Ders Notları”, 2012.
22. **Şen, İ., Z., Özçilingir, N.**, “Standart Makine Elemanları Çizelgeleri”, P.103, 2011

EKLER

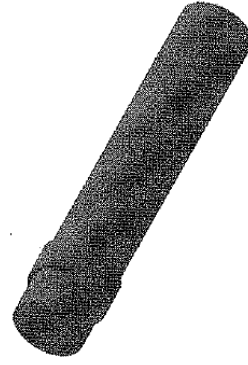
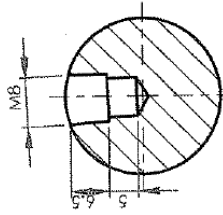
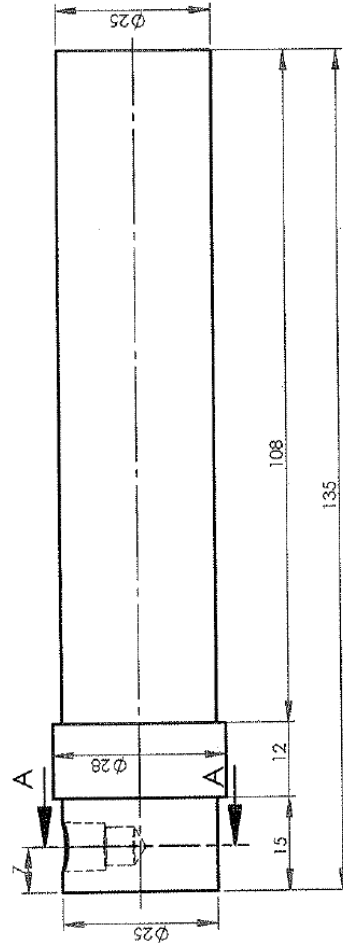
EK 1. MONTAJ VE TEKNİK RESİMLER



24	Step Motor Montaj Elemanı	-	1	-	Hazır
23	Ailin Bağlı Cıvata	-	40	-	M6x30
22	Montaj	MKN 2015-01-22	2	-	
21	Namune Tutucu	MKN 2015-01-21	1	-	
20	Pnömatik Piston	-	1	-	Hazır
19	Ön Cam Kapak Tutma Kulpu	-	1	-	Hazır
18	Ön Cam Kapak	-	1	Flexiglass	Hazır
17	Step Motor	-	1	-	300 dev/dak, 2.2Nm
16	Vidalı Mil	-	1	S870	Hazır
15	Vidalı Mil Somunu	-	1	-	Hazır
14	Vidalı Mil Somun Otvdesi	-	1	-	Hazır
13	Lineer Yatakl Kızgı	-	2	-	Hazır
12	Arka Plaka	MKN 2015-01-12	1	S837	
11	Cıvata	-	30	-	M8x30
10	Yan Plaka	MKN 2015-01-10	2	-	
9	Hani	-	5	Plastik	Hazır
8	Motor	-	1	-	1.1 kW
7	Kamnak	-	9	St 50	Hazır
6	Aktarma Mili	MKN 2015-01-06	1	St 50	
5	Kamnak Karmas	MKN 2015-01-05	9	St 50	
4	Kamnak Mili	MKN 2015-01-04	4	St 50	
3	Ana Aktarma Mili	MKN-2015-01-03	5	S850	
2	Parlatma Diski	MKN 2015-01-02	5	S842	
1	Alt plaka	MKN 2015-01-01	1	AA5038	

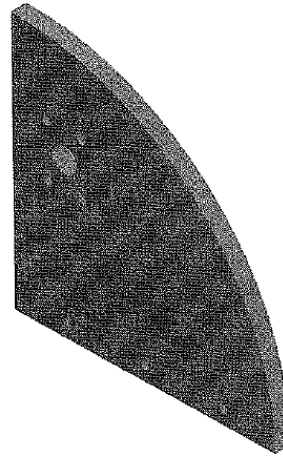
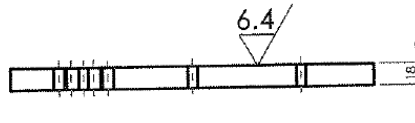
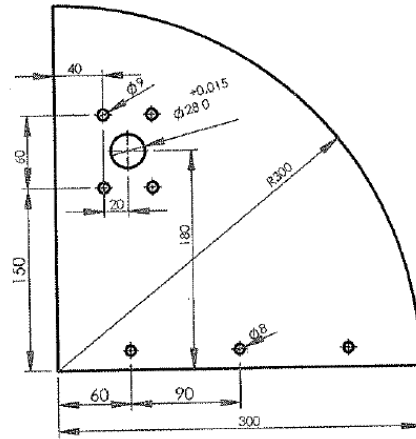
Parça No.	Parça Adı	Resim No. Standart No.	Adet	Malzeme	Açıklamalar
Çizim	03.07.2015	Adı	İmza	Sayı	Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat YOSUN		1	
Ölçek	ÇOK İSTASYONLU OTOMATİK ZIMPARALAMA ve PARLATMA MAKİNASI				Resim Numarası
1:4					MKN-2015-01

3.2/ her yer



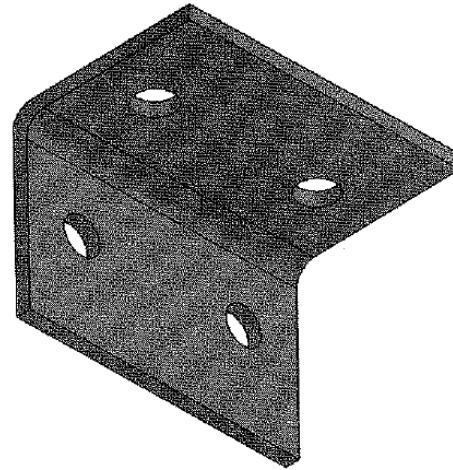
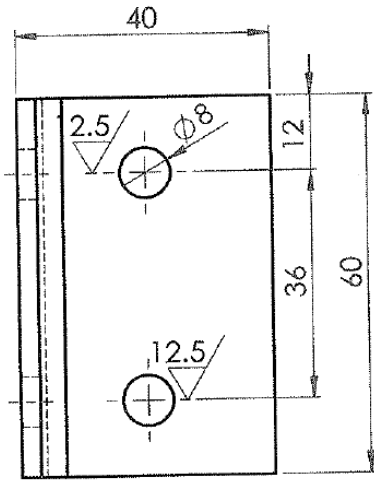
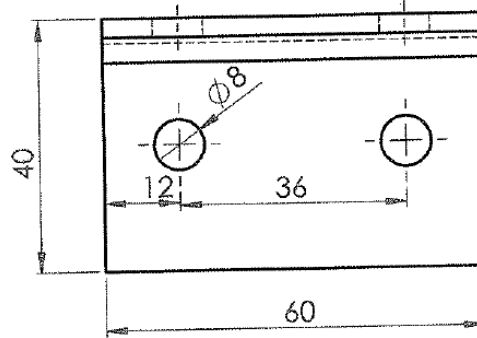
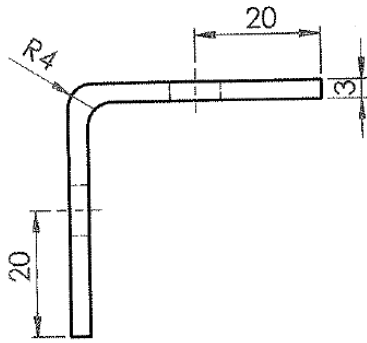
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		4	ST 50	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	KASNAK MİLİ					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-04

3.2/ (6.4/)



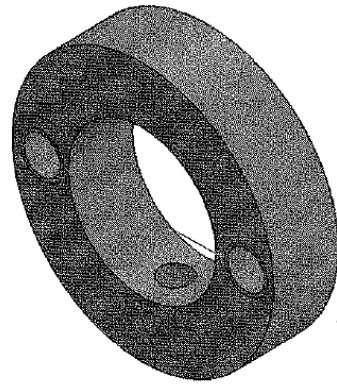
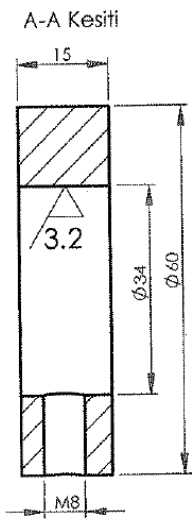
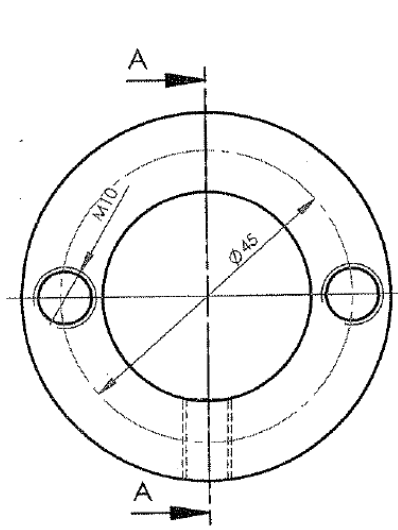
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		2	AA 5038	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	YAN PLAKA					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-12

(12.5/)



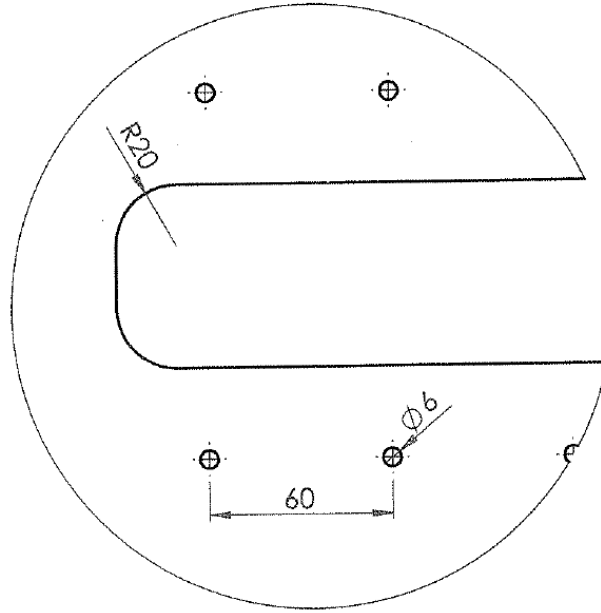
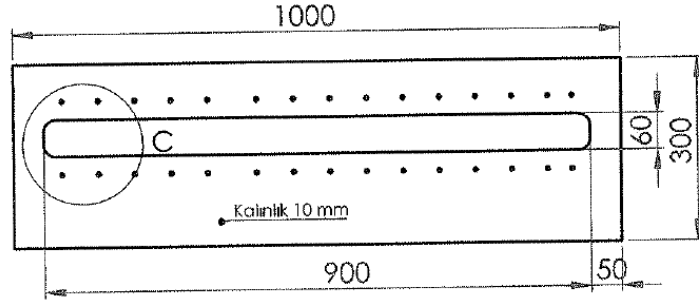
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		1	St 37	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	KÖŞEBENT					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-22

6.4/ (3.2/)

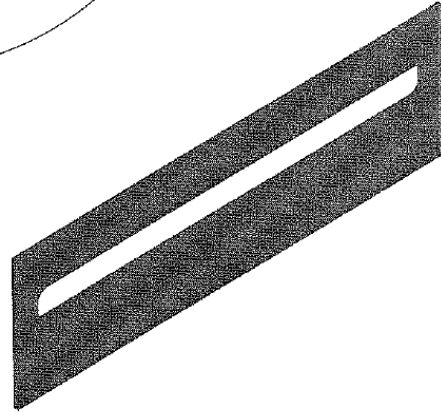


	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		1	St 37	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	NUMUNE TUTUCU					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-21

6.4
her yer

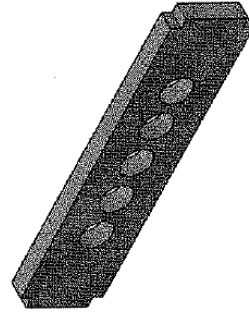
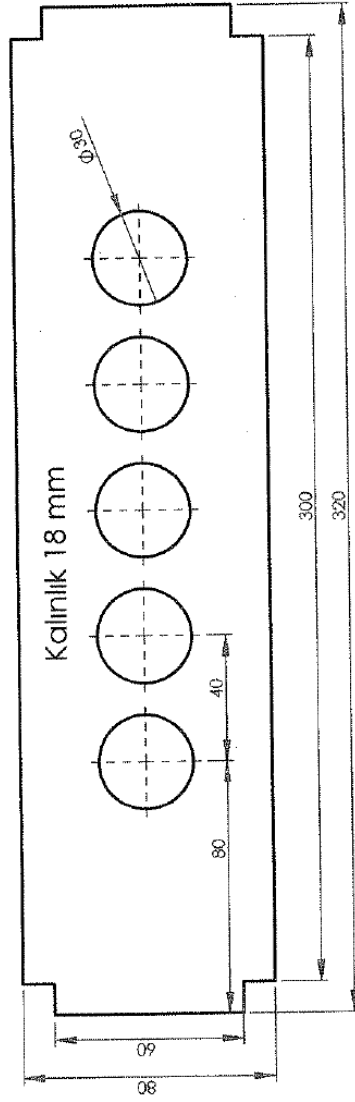


DETAY C



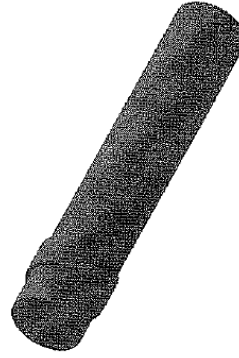
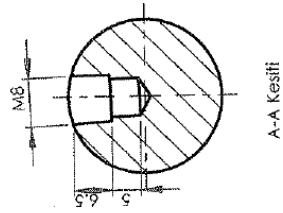
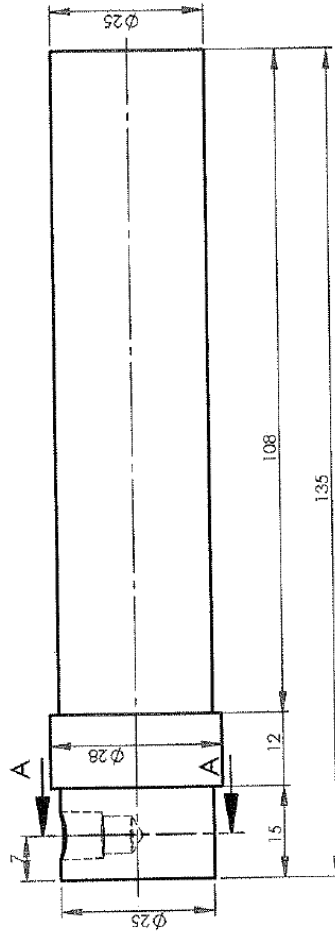
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		1	St 37	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	1:1					Resim Numarası
	ARKA PLAKA					MKN-2015-01-12

6.4 her yer



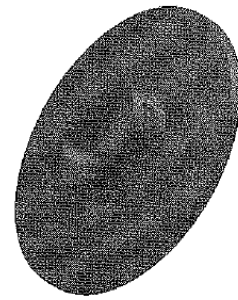
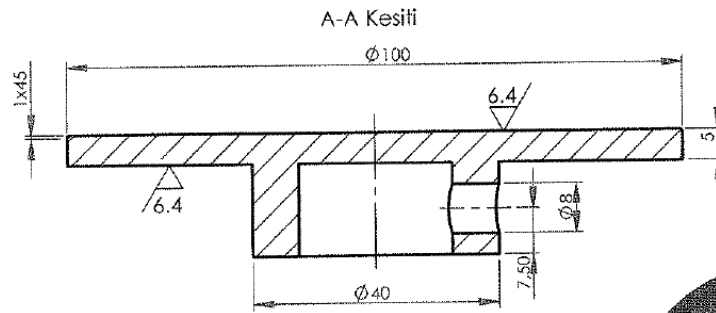
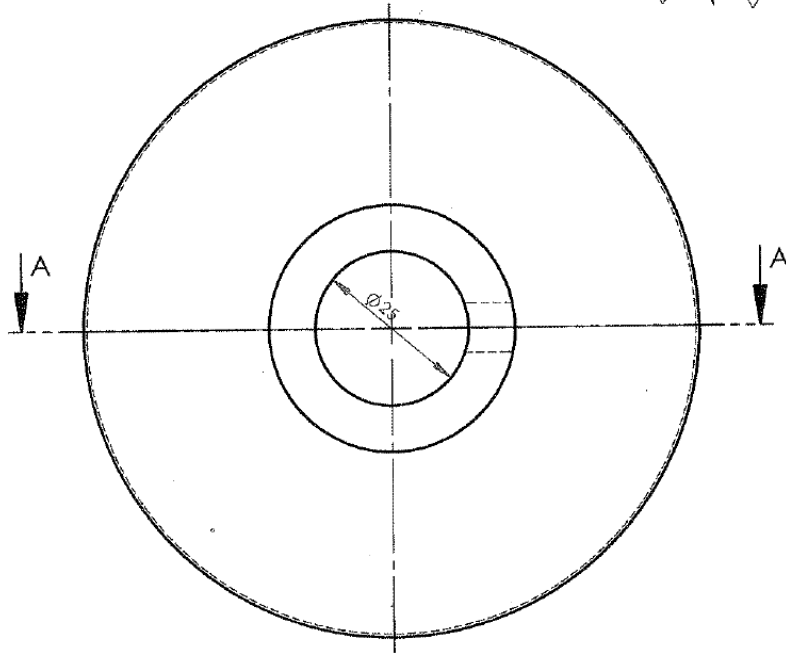
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		1	AA 5038	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	ALT PLAKA					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-01

3.2
her yer



	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		5	St 50	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	ANA AKTARMA MİLİ					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-03

3.2/ (6.4/)



	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	Fırat Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Böl.
Çizen	03.07.2015	Aybars Mahmat		5	St 42	
Kontrol	10.07.2015	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	PARLATMA DİSKİ					Resim Numarası
1:1						MKN-2015-01-02

EK 2. TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Çelik ile çeşitli malzemeler arasındaki sürtünme katsayıları (Kutay,2009)

Malzeme	sürtünme tutukluluğu katsayısı			sürtünme katsayısı		
	kuru	μ_0 yağlı	kuru	yağlı	μ sabunlu	ıslak
çelik	0,15-0,2	0,1	0,12-	0,05-0,1	---	---
pik döküm veya	0,18-	0,1	0,15-0,2	0,05-0,1	---	---
tesfiyeli bakır	---	---	0,35	---	---	---
Al-Cu-Mg	---	---	0,15	---	---	---
Al-Cu-Mg	---	---	0,22	---	---	---
Al-Si-Mg	---	---	0,16	---	---	---
Al-Si-Mg	---	---	0,21	---	---	---
G-Al-Si	---	---	0,1-0,15	---	---	---
meşe	0,50-0,6	0,02-0,1	0,2-0,5	0,2-0,08	0,2	0,24-
buz	---	---	0,014	---	----	---
akik taşı	---	---	0,20	0,12	---	---
taş	---	---	0,3-0,7	---	---	---
deri, deri kayış	0,5-0,6	0,3	0,28-0,6	0,2	---	0,36

Tablo 2. Önerilen emniyet katsayıları (Temiz, 2001)

S=1,25...1,5	Kontrol edilen şartlar, çok güvenilir malzeme, kuvvet değerleri kesin
S=1,5...2	İyi bilinen malzemeler, sabit ortam şartları, kuvvet değerleri kesin
S=2...2,5	Sıradan malzemeler ve ortam şartları, normal yükler
S=2,5...3	Daha az denenmiş malzemeler, normal işletme ve zorlanma durumundaki gevrek malzemeler
S=3...4	Denenmiş malzemeler, ortalama yük ve işletme koşulları
S=3...4	İyi bilinen malzemeler, belirsiz ortam ve yükleme

Tablo 3. Çeşitli çelikler için sürekli mukavemet değerleri (daN/mm²) (Akkurt, 1984)

Çelik Cinsi	Gösterilişi	kopma mukav. σ_K	Akme Mukav. σ_{Ak}	Eğilme Tam değişken mukavemeti σ_{eT}	Eğilme genel değişken mukavemet σ_{eD}	Burulma tam değişken mukavemet τ_{dT}	Burulma genel değişken mukavemet τ_{dD}
Aleşimsiz Çelikler	St 33-2 *	33.....50	18	-	-	-	-
	St 34-2	34.....42	20	17	-	9	-
	St 37-2	37.....45	23	17	26	10	14
	St 42-2	42.....50	25	19	30	11	16
	St 50-2	50.....60	29	24	37	14	19
	St 60-2	60.....70	33	28	43	16	22
	St 70-2	70.....85	36	32	50	19	26
İslah Çelikleri	C22	55.....65	30	22	42	16	22
	C35	65.....80	37	30	45	16	22
	C45	75.....90	40	35	53	18	22
	C60	85.....105	49	40	60	20	25
	25CrMo ₄	90.....105	55	32	47	19	26
	30MnS	80.....95	55	40	62	23	27
	37MnSi ₅	100.....120	65	45	80	29	42
	34CrNiMo ₆	110.....130	90	55	98	34	57
	34Cr Mo ₄	100.....120	65	36	61	24	34
Tekim Çelikleri	15Cr ₃	60.....85	40	35	56	20	24
	16MoC ₁₅	80.....110	60	44	64	26	35
	18CrNi ₈	120.....145	80	64	108	37	46

Tablo 4. Vidalı mil ve somun seçim tablosu (www.sahinrulman.com, 2012)

Vidalı Mil Somunu	Mil Çapı (mm)	Hatve (mm)	Flanş Çapı (mm)	Yatak Çapı (mm)	Tüm Boy (mm)	Taşıma Kapasitesi (N) Statik	Taşıma Kapasitesi (N) Dinamik
SFUR 1605	16	5	5	28	50	1790	780
SFUR 1610	16	10	40	28	57	1249	721

Tablo 5. Bilyeli sabit rulman tablosu(SKF Catalogue 5000 E, 2003)

Ana boyutlar			Yük sayıları		Devir Sayısı s.		Ağırlık	Semboller
d	D	B	din. C	stat. C ₀	Gres	Sıvıyağ		
mm			N (1 N = 0,102 kp)		d/dak		kg	
3	10	4	375	176	40 000	48 000	0,0015	623
4	13	5	695	335	38 000	45 000	0,0031	624
	16	5	865	440	36 000	43 000	0,0054	634
5	16	5	865	440	36 000	43 000	0,0050	625
	19	6	1 290	695	32 000	38 000	0,0090	635
6	19	6	1 290	695	32 000	38 000	0,0084	626
7	19	6	1 320	710	34 000	40 000	0,0075	607
	22	7	2 500	1 340	30 000	36 000	0,013	627
8	22	7	2 500	1 340	32 000	38 000	0,012	608
9	24	7	2 850	1 530	30 000	36 000	0,014	609
	26	8	3 550	1 960	26 000	32 000	0,020	629
10	26	8	3 550	1 960	30 000	36 000	0,019	6000
	30	9	3 900	2 240	24 000	30 000	0,032	6200
	35	11	6 200	3 750	20 000	26 000	0,053	6300
12	28	8	3 900	2 240	26 000	32 000	0,022	6001
	32	10	5 300	3 100	22 000	28 000	0,037	6201
	37	12	7 500	4 650	19 000	24 000	0,060	6301
15	32	9	4 300	2 500	22 000	28 000	0,030	6002
	35	11	6 000	3 550	19 000	24 000	0,045	6202
	42	13	8 800	5 400	17 000	20 000	0,082	6302
17	35	10	4 650	2 800	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	7 350	4 500	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	10 400	6 550	16 000	19 000	0,12	6303
	62	17	17 600	11 800	12 000	15 000	0,27	6403
20	42	12	7 200	4 500	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	9 800	6 200	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	12 200	7 800	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	23 600	16 600	10 000	13 000	0,40	6404
25	47	12	8 650	5 600	15 000	18 000	0,080	6005
	52	15	10 800	6 950	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	17 300	11 400	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	27 500	19 600	9 000	11 000	0,53	6405
30	55	13	10 200	6 800	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	15 000	10 000	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	21 600	14 600	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	33 500	24 000	8 500	10 000	0,74	6406

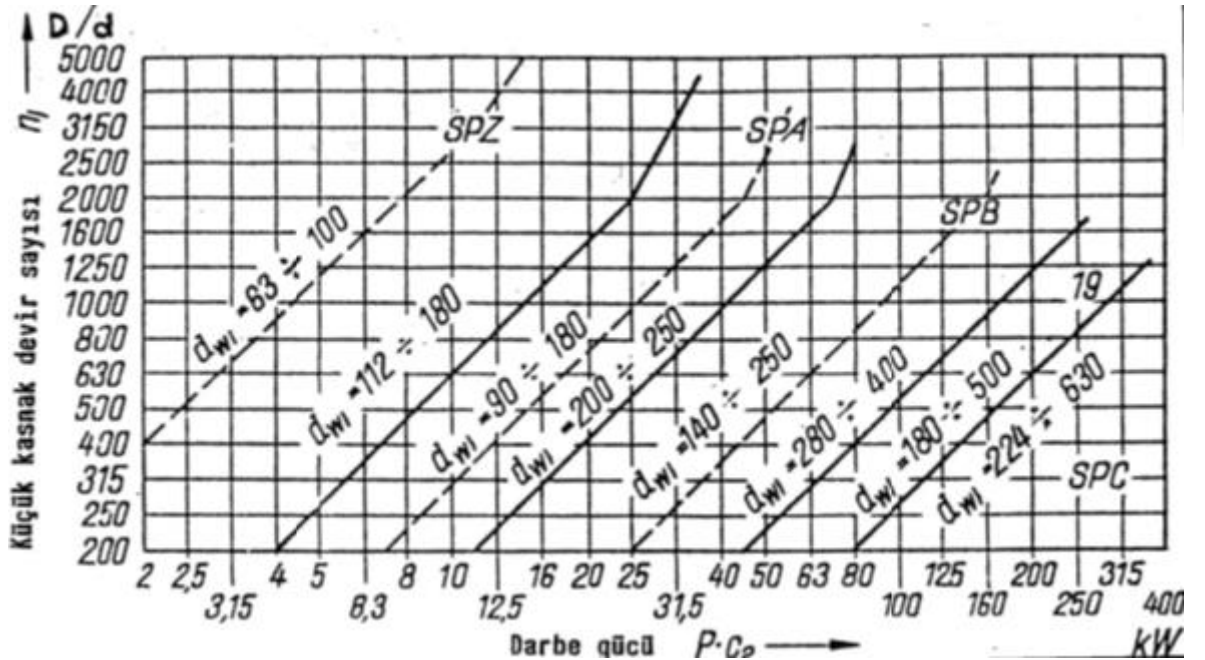
Tablo 6. Milyon devir sayısı cinsinden çeşitli ömürler için yük emniyet derecesi(C/F)
(SKF Catalogue 5000 E, 2003)

milyon devir ömür L 10	$\frac{C}{P}$	milyon devir ömür L 10	$\frac{C}{P}$
0.5	0.793	600	8.43
0.75	0.909	650	8.66
1	1	700	8.88
1.5	1.14	750	9.09
2	1.26	800	9.28
3	1.44	850	9.47
4	1.59	900	9.65
5	1.71	950	9.83
6	1.82	1 000	10
8	2	1 100	10.3
10	2.15	1 200	10.6
12	2.29	1 300	10.9
14	2.41	1 400	11.2
16	2.52	1 500	11.4
18	2.62	1 600	11.7
20	2.71	1 700	11.9
25	2.92	1 800	12.2
30	3.11	1 900	12.4
35	3.27	2 000	12.6
40	3.42	2 200	13
45	3.56	2 400	13.4
50	3.68	2 600	13.8
60	3.91	2 800	14.1
70	4.12	3 000	14.4
80	4.31	3 200	14.7
90	4.48	3 400	15
100	4.64	3 600	15.3
120	4.93	3 800	15.6
140	5.19	4 000	15.9
160	5.43	4 500	16.5
180	5.65	5 000	17.1
200	5.85	5 500	17.7
220	6.04	6 000	18.2
240	6.21	6 500	18.7
260	6.38	7 000	19.1
280	6.54	7 500	19.6
300	6.69	8 000	20
320	6.84	8 500	20.4
340	6.98	9 000	20.8
360	7.11	9 500	21.2
380	7.24	10 000	21.5
400	7.37	12 000	22.9
420	7.49	14 000	24.1
440	7.61	16 000	25.2
460	7.72	18 000	26.2
480	7.83	20 000	27.1
500	7.94	25 000	29.2
550	8.19	30 000	31.1

Tablo 7. Çalışma faktörü c_2 tablosu((Babalık, 2002)

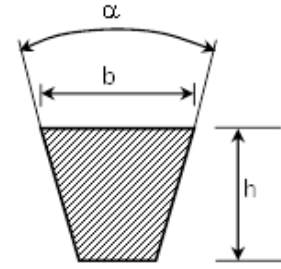
İş Makinası	Tahrik Makinası					
	A			B		
	Günlük çalışma süresi (saat)			Günlük çalışma süresi* (saat)		
	≤ 10 h	10-16 h	> 16 h	≤ 10 h	10-16 h	> 16 h
Hafif İşletme						
Santrifüj pompalar ve kompresörler, Bandlı ileticiler (hafif malı), vantilatörler ve pompalar ($P \leq 7,4$ kW)	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Orta ağır İşletme						
Saç makasları, Presler, Zincirli ve Bandlı ileticiler (ağır malı), Titreşim elekleri, jeneratörler ve Uyarım makineleri, Yoğurma makineleri, Takım Tezgahları (Torna ve Taşlama), Çamaşır Makinaları, Matbaa Makinaları, Vantilatörler ve Pompalar ($P \geq 7,4$ kW)	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Ağır İşletme						
Üvütme tesisleri, Pistonlu kompresörler, Aşırı yük, fırlatma ve darbeli ileticiler (Salyangoz iletiçi, Plakalı bantlar, kovalı ve kürekli ileticiler), Asansörler, Briket presleri, Textil makineleri, Kâğıt makineleri, Pistonlu Pompalar, Baggar Pompaları, Testerele, Çekiçli değirmenler	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Çok ağır İşletme						
Ağır yüklü üvütme tesisleri, taşıyıcılar, Kalander karıştırıcılar, Sarma makineleri, Krenler, Baggar	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
A-Grubu Tahrik Makinaları : Normal kalkış momentli elektrik motorları; Kalkış yardımcı fazlı senkron ve tekfazlı motorlar, direkt bağlı dönel akımlı motorlar, Yıldız, Üçgen galterli veya sürtünme halkalı marş motorları; Doğru akım yan sargılı motorlar; İçten yanmalı motorlar ve türbinler ($n > 600$ d/d) B Grubu Tahrik Makinaları : Yüksek kalkış momentli elektrik motorları, Örneğin yüksek kalkış momentli monofaze motorlar, Doğru akım ana sargılı motorlar (Seri bağlı ve kompaud); İçten yanmalı motorlar ve türbinler ($n \leq 600$ d/d)						

Tablo 8. Dar V kayış kasnak mekanizmaları devir-güç tablosu DIN 7753'e göre (Babalık, 2002)



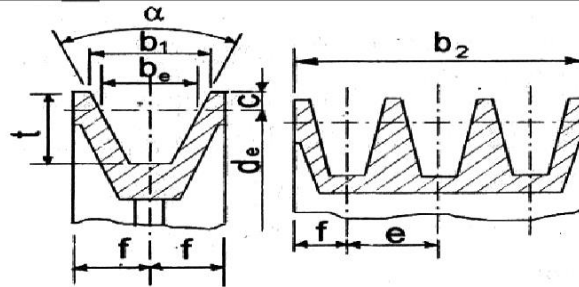
Tablo 9.Standart dar V kayış tablosu(Belevi ve Çiçek,2012)

Profil türü	SPZ	SPA	SPB	SPC
b (mm)	9,7	12,7	16,3	22
h (mm)	8	10	13	18
Min kasnak çapı (mm)	63	90	140	224
Kullanılabilecek kayış sayısı	1-6	1-6	2-8	3-12
Max. çevrim oranı	12	10	7,8	5,6
Çalışma sıcaklığı	0°C ile +85°C			



Tablo 10.Dar V kayışı için kasnak boyutları (Babalık, 2002)

Kayış profili	Y Normal	SPZ Normal -Dar	SPA Normal- Dar	SPB Normal- Dar	SPC Normal - Dar	D Normal	E Normal
b_e	5.3	8.5	11	14	19	27	32
b_1	6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40
c	1.6	2	2.8	3.5	4.8	8.1	12
e	8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7
f	6 ± 0.5	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2
t	7 ± 0.6	11 ± 0.6	14 ± 0.6	18 ± 0.6	24 ± 0.6	28 ± 0.6	33 ± 0.6
	≤ 63	≤ 80	≤ 118	≤ 190	≤ 250	-	-
α 32° - 34° d_e	> 63	> 80	> 118	> 190	> 250	≤ 500	≤ 630
36°-38° etken çapı	-	-	-	-	-	> 500	> 630
α açısının toleransı	-	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	-	-
$b_2 = (Z_f - 1)e + 2f$ Yiv sayısı Z_f	1	12	16	20	25	34	48
	2	20	28	35	44	59.5	85
	3	28	40	50	63	85	122
	4	36	52	65	82	110.5	159
	5	44	64	80	101	136	196
	6	52	76	95	120	161.5	233
	7	60	88	110	139	187	270
	8	-	100	125	158	212.5	307
	9	-	112	140	177	238	344
	10	-	124	155	196	263.5	381
	11	-	136	170	215	289	418
	12	-	148	185	234	314.5	455



Tablo 11. Dar V kayışlara ait kasnakların etken çapları (Babalık, 2002)

50	56	63	71	80	90	100
112	118	125	132	140	150	160
170	180	190	200	212	224	236
250	280	300	315	355	400	450
500	560	630	710	800	900	1000
1120	1250	1400	1600	1800	2000	

Tablo 12. Standart ve dar V kayışları için standart kayış uzunlukları (Bozca, 2012)

Normal V Kayışı DIN 2215								Dar V Kayışı DIN 7753												
Profil	6	10	13	17	22	32	40	Profil	SPZ	SPA	SPB	SPC	9,5	12,5						
L_w	280	422	660	943	1452	3225	4832	L_w	630	800	1250	2240	617	782						
L_f	265	400	630	900	1400	3150	4750	L_f	643	818	1272	2270	630	800						
C_u	0,97	0,87	0,81	0,81	0,81	0,86	0,91	C_u	0,82	0,81	0,82	0,83	0,82	0,81						
L_w	295	447	740	1043	1652	3625	5082	L_w	710	900	1400	2500	697	882						
L_f	280	425	710	1000	1600	3550	5000	L_f	723	918	1422	2530	710	900						
C_u	0,98	0,88	0,82	0,84	0,84	0,89	0,92	C_u	0,84	0,83	0,84	0,86	0,84	0,83						
L_w	315	472	830	1163	1852	4075	5382	L_w	800	1000	1600	2800	787	982						
L_f	300	450	800	1120	1800	4000	5300	L_f	813	1018	1622	2830	800	1000						
C_u	1,00	0,89	0,85	0,86	0,85	0,91	0,94	C_u	0,86	0,85	0,86	0,88	0,86	0,85						
L_w	330	497	930	1293	2052	4575	5682	L_w	900	1120	1800	3150	887	1102						
L_f	335	478	900	1250	2000	4500	5600	L_f	913	1138	1822	3180	900	1120						
C_u	1,02	0,90	0,87	0,88	0,88	0,93	0,95	C_u	0,88	0,87	0,88	0,90	0,88	0,87						
L_w	355	522	1030	1443	2242	5075	6082	L_w	1000	1250	2000	3550	987	1232						
L_f	340	500	1000	1400	2240	5000	6000	L_f	1013	1268	2022	3580	1000	1250						
C_u	1,03	0,91	0,89	0,90	0,91	0,96	0,96	C_u	0,90	0,89	0,90	0,92	0,90	0,89						
L_w	370	552	1150	1643	2552	5675	6382	L_w	1120	1400	2240	4000	1107	1382						
L_f	355	530	1120	1600	2500	5600	6300	L_f	1133	1418	2262	4030	1120	1400						
C_u	1,04	0,93	0,91	0,93	0,93	0,98	0,97	C_u	0,93	0,91	0,92	0,94	0,93	0,91						
L_w	415	582	1280	1843	2852	6375	6782	L_w	1250	1600	2540	4500	1237	1582						
L_f	400	560	1250	1800	2800	6300	6700	L_f	1263	1618	2522	4530	1250	1600						
C_u	1,06	0,94	0,93	0,95	0,95	1,00	0,99	C_u	0,94	0,93	0,94	0,96	0,94	0,93						
L_w	440	622	1430	2043	3202	7175	7182	L_w	1400	1800	2800	5000	1387	1782						
L_f	425	600	1400	2000	3150	7100	7100	L_f	1413	1818	2822	5030	1400	1800						
C_u	1,07	0,95	0,96	0,98	0,97	1,03	1,03	C_u	0,96	0,95	0,96	0,98	0,96	0,95						
L_w	465	652	1630	2283	3602	7575	7582	L_w	1600	2000	3150	5600	1587	1982						
L_f	450	630	1600	2240	3550	7500	7500	L_f	1613	2018	3172	5630	1600	2000						
C_u	1,08	0,96	0,99	1,00	0,98	1,05	1,01	C_u	1,00	0,96	0,98	1,00	1,00	0,96						
L_w	515	700	1730	2693	3802	8075	8082	L_w	1800	2240	3550	6300	1787	2222						
L_f	500	678	1700	2650	3750	8000	8000	L_f	1813	2258	3572	6330	1800	2240						
C_u	1,11	0,97	1,00	1,03	1,00	1,06	1,02	C_u	1,01	0,98	1,00	1,02	1,01	0,98						
L_w	545	732	1830	2843	4052	8575	8582	L_w	2000	2500	4000	7100	1987	2482						
L_f	530	710	1800	2800	4000	8500	8500	L_f	2013	2518	4012	7130	2000	2500						
C_u	1,13	0,99	1,01	1,05	1,02	1,07	1,03	C_u	1,02	1,00	1,02	1,04	1,02	1,00						
L_w	865	822	2030	3193	4552	9075	9082	L_w	2240	2800	4500	8000	2227	2782						
L_f	850	800	2000	3150	4500	9000	9000	L_f	2253	2818	4512	8030	2240	2800						
C_u	1,25	1,00	1,03	1,07	1,04	1,08	1,05	C_u	1,05	1,02	1,04	1,06	1,05	1,02						
L_w		922	2270	3593	5052	9575	9582	L_w	2500	3150	5000	9000	2487	3132						
L_f		900	2240	3550	5000	9500	9500	L_f	2513	3168	5012	9030	2500	3150						
C_u		1,03	1,06	1,10	1,07	1,10	1,06	C_u	1,07	1,04	1,06	1,08	1,07	1,04						
L_w		1022	2530	4043	5652	10075	10082	L_w	2800	3550	5600	10000								
L_f		1000	2500	4000	5600	10000	10000	L_f	2813	3568	5612	10030								
C_u		1,06	1,09	1,13	1,09	1,11	1,07	C_u	1,09	1,06	1,08	1,10								
L_w		1142	2830	4543	6352	11275	11282	L_w	3150	4000	6300	11200								
L_f		1120	2800	4500	6300	11200	11200	L_f	3163	4018	6312	11230								
C_u		1,08	1,11	1,15	1,12	1,14	1,10	C_u	1,11	1,08	1,10	1,12								
L_w		1272	3180	5043	7152	12575	12582	L_w	3550	4500	7100	12500								
L_f		1250	3150	5000	7100	12500	12500	L_f	3563	4518	7112	12530								
C_u		1,11	1,13	1,18	1,15	1,17	1,12	C_u	1,13	1,09	1,12	1,14								
L_w		1422	4030	5643	8052	14075	14082	L_w			8000									
L_f		1400	4000	5600	8000	14000	14000	L_f			8012									
C_u		1,14	1,20	1,20	1,18	1,20	1,15	C_u			1,14									
L_w		1622	5030	6343	10052	16075	16082	L_w	Etkin uzunluk İç uzunluk Değ uzunluk											
L_f		1600	5000	6300	10000	16000	16000	L_f												
C_u		1,17	1,25	1,23	1,23	1,22	1,18	C_u												

Tablo 13. Kayış malzemesi ve özellikleri (Bozca,2012)

Çeki Tabakası	Kayma Tabakası	μ	T_{em} [°C]	$(s/d_1)_{maks}$	F_{φ} maks [N/mm]	ρ [kg/dm ³]	f_e maks [1/s]	V_{maks} [m/s]
Dokuma Kayışlar								
Tek kat, PA veya PE elyaf	Kauçuk veya poliüretan	0,5	-20 .. 100	0,035	100	1,1 .. 1,4	10 .. 50	80
Çok katlı, PA, PE veya Pamuk elyaf	Kauçuk veya balata	0,5	-20 .. 100	0,035	300	1,1 .. 1,4	10 .. 20	20 .. 50
Çok katlı kompozit								
PA veya PE elyaf kauçuk gövdede	Kauçuk veya PU	0,75	-20 .. 100	0,008 .. 0,025	200	1,1 .. 1,4	100	60 .. 120
PA veya PE elyaf kauçuk gövdede	Krom tuzlu kösele	Kösele gibi	-20 .. 100	0,01 .. 0,03	400	1,1 .. 1,4	100	60 .. 120
Tek veya çok katlı PA	Kauçuk veya PU	0,75	-20 .. 100	0,008 .. 0,025	800	1,1 .. 1,4	100	80
Tek veya çok katlı PA	Krom tuzlu kösele	Kösele gibi	-20 .. 100	0,01 .. 0,03	800	1,1 .. 1,4	100	80
Tekstil kayışlar								
Pamuklu	-	0,3	-	0,05	-	1,3	40	50
PA veya Perlon	-	0,3	70	0,07	-	1,1	80	60
Kösele								
Standart	-	0,3	35	0,033	-	1,0	5	25
Yüksek elastik	-	0,3	70	0,07	-	0,9	25	40

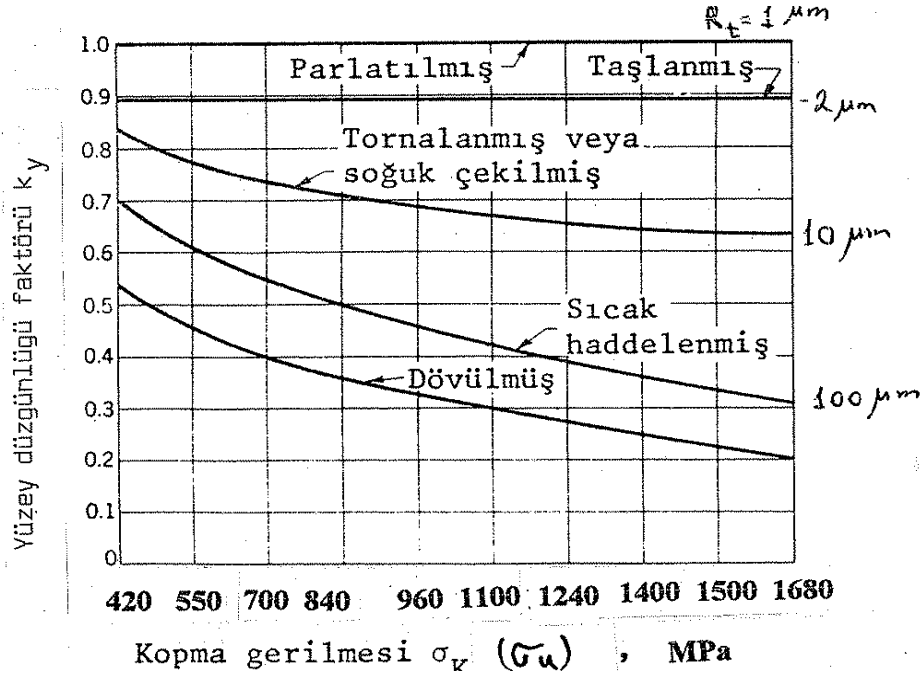
Tablo 14. İşletme saati cinsinden çeşitli ömürler için yük emniyet derecesi(C/F)

Saat olarak ölçülen ömür L_{10h}	Dakikadaki devir sayısı											
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000
100	1.68	1.82	1.96	2.12	2.29	2.47	2.67	2.88	3.11	3.36	3.63	3.91
500	2.88	3.11	3.36	3.63	3.91	4.23	4.56	4.93	5.32	5.75	6.20	6.70
1000	3.63	3.91	4.23	4.56	4.93	5.32	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43
1250	3.91	4.23	4.56	4.93	5.32	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11
1600	4.23	4.56	4.93	5.32	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83
2000	4.56	4.93	5.32	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6
2500	4.93	5.32	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5
3200	5.32	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4
4000	5.75	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4
5000	6.20	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5
6300	6.70	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6
8000	7.23	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8
10000	7.81	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2
12500	8.43	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6
16000	9.11	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2
20000	9.83	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2	22.9
25000	10.6	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2	22.9	24.7
32000	11.5	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2	22.9	24.7	26.7
40000	12.4	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2	22.9	24.7	26.7	28.8
50000	13.4	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2	22.9	24.7	26.7	28.8	31.1
63000	14.5	15.6	16.8	18.2	19.6	21.2	22.9	24.7	26.7	28.8	31.1	
80000												

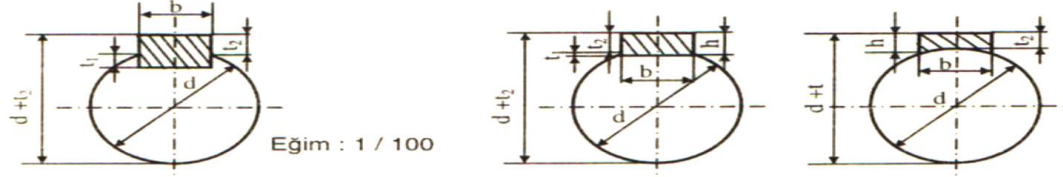
Tablo 15. kb büyüklük faktörü tablosu(Pıhtılı, 2012)

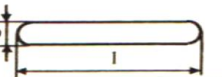
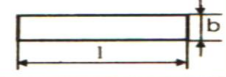
d, mm	10	20	30	50	100	200	250	300
k_b	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,57	0,56	0,56

Tablo 16. τ_k , k_y seçim tablosu (Pıhtılı, 2012)



Tablo 17. Standart kama ölçüleri tablosu (Pıhtılı H., 2012)



Çap (d) den kadar	Gömme kama ve federler				Burunlu veya burunsuz					
	b x h	t ₁	feder	kama	Düz-yassı kama			Oyuk kama		
			t ₂	t ₂	b x h	t ₁	t ₂	b x h	t ₂	
6.....8	2 x 2	1.1	0.8	0.6						
8.....10	3 x 3	1.7	1.2	1						
10.....12	4 x 4	2.5	1.8	1.2						
12.....17	5 x 5	3	2.3	1.7						
17.....22	6 x 6	3.5	2.8	2.2						
22.....30	8 x 7	4	3.3	2.4	8 x 5	1.3	3.2	8 x 3.5	3.2	
30.....38	10 x 8	5	3.3	2.4	10 x 6	1.8	3.7	10 x 4	3.7	
38.....44	12 x 8	5	3.3	2.4	12 x 6	1.8	3.7	12 x 4	3.7	
44.....50	14 x 9	5.5	3.8	2.9	14 x 6	1.8	4	14 x 4.5	4	
50.....58	16 x 10	6	4.3	3.4	16 x 7	1.9	4	16 x 5	4.5	
58.....65	18 x 11	7	4.4	3.4	18 x 7	1.9	4.5	18 x 5	4.5	
65.....75	20 x 12	7.5	4.9	3.9	20 x 8	1.9	5.5	20 x 6	5.5	
75.....85	22 x 14	9	5.4	4.4	22 x 9	1.8	6.5	22 x 7	6.5	
85.....95	25 x 14	9	6.4	4.4	25 x 9	1.9	6.4	25 x 7	6.4	
95.....110	28 x 16	10	7.4	5.4	28 x 10	2.4	6.9	28 x 7.5	6.9	
110.....130	32 x 18	11	8	6.4	32 x 11	2.3	7.9	32 x 8.5	7.9	
130.....150	36 x 20	12	9	7.1	36 x 12	2.8	8.4	36 x 9	8.4	
150.....170	40 x 22	13	10	8.1	40 x 14	4	9.1			
170.....200	45 x 25	15	11.5	A-Yuvarlak alınlı  B-Düz alınlı 						
200.....230	50 x 28	17	13							
230.....260	56 x 32	19	15							
260.....290	63 x 32	20	14							

Standart kama uzunlukları (l) : 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400 mm

Tablo 18. Sürtünmeli kavramalar için sürtünme malzemeleri çiftleri(Bozca, 2012)

Sıra	Sürtünme malzemesi çifti	Kayma sürtünme değerleri μ	En büyük sıcaklık T [°C]	Emniyetli yüzey basıncı p_{em} [N/mm ²]
		Kuru / Yağlı		
1	Dökme demir/Çelik	0,15-0,25 / 0,03-0,06	260	0,8 - 1,4
2	Dökme demir/Dökme demir	0,15-0,25 / 0,02-0,1	300	1,5 - 2
3	Sert çelik/Sert çelik	- / 0,05	260	0,5 - 2
4	Sinter bronz/Dökme demir veya çelik	0,1-0,4 / 0,05-0,1	500	0,5 - 2
5	Sinter bronz/Krom kaplanmış sert çelik	0,1-0,3 / 0,05-0,1	500	2
6	Dökme bronz/Dökme demir veya çelik	- / 0,05	148	0,05 - 0,08
7	Haddelenmiş fosfor bronz / Dökme demir veya çelik	- / 0,03	260	0,1
8	Vulkanize fiber/Dökme demir veya çelik	0,3-0,5 / -	90	0,07 - 0,03
9	Karbon grafit/Dökme demir veya çelik	0,25 / 0,05-0,1	370	2
10	Fenolik plastik/Dökme demir veya çelik	0,25 / 0,1-0,15	148	0,7
11	Kösele/Dökme demir veya çelik	0,3-0,6 / 0,12-0,15	100	0,07 - 0,03
12	Ahşap/Dökme demir veya çelik	0,2-0,35 / 0,16	150	0,4 - 0,6
13	Mantar/Dökme demir veya çelik	0,3-0,5 / 0,15-0,25	93	0,05 - 0,09

ÖZGEÇMİŞ

Aybars MAHMAT, 1988 yılında Elazığ'da doğdu. Lise eğitimini Balakgazi Lisesi'nde tamamlayıp, 2007 yılında girdiği Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden 2011'de mezun oldu. Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğrenimini sürdürürken, Fırat Üniversitesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde çift anadal eğitimini devam ettirdi. Elektrik – Elektronik Mühendisliği'nden 2013 yılında mezun oldu. Aynı zamanda 2011 yılında Fırat Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.