

**T. C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PROTOTİP 3 EKSENLİ CNC FREZE
TASARIMI VE UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ömer KARABEY
(201292091132)**

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKUŞ

**SİVAS
OCAK 2016**

Ömer KARABEY'in hazırladığı ve “ **Prototip 3 Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**' nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKUŞ**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Orhan ÇAKAR**
Fırat Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. M. Şemseddin ÇİMEN
Cumhuriyet Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKUŞ
Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENÇİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından M-572 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Ömer KARABEY , 2016

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

19.01.2016

Ömer KARABEY

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bilgi ve deneyimlerinden sürekli yararlandığım, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKUŞ' a çok teşekkür ederim. Bu tez çalışması süresince bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren babam Mak. Müh. Ali KARABEY'e , kardeşim Elk- Elctr Müh. Fikret KARABEY'e ve arkadaşım Mak. Müh. Özer YÜCEL'e, tezin uygulamasında yardımcı olan Tekniker Fahri EROL' a, Kılıç Torna ve ilgili tüm personeline teşekkür ederim. Ayrıca her konuda sabır ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme teşekkür ederim.

ÖZET

PROTOTİP 3 EKSENLİ CNC FREZE TASARIMI VE UYGULAMASI

Ömer KARABEY

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKUŞ

2016, 92+xiv sayfa

Bu proje çalışmasında atölye derslerinde kullanılabilecek prototip 3 eksenli CNC freze tezgahı tasarlanıp, modellenip ve prototip olarak imalatı gerçekleştirilmiştir. Yapılan CNC frezenin işleme alanı 500x650x120 mm 'dir. CNC 'de step motor, bilyeli yataklar, alüminyum konstrüksiyon, vidalı mil ve bilyeli somun sistemleri kullanılmıştır. Bununla birlikte CNC hareket sistemleri, elektronik sistemleri, tahrik sistemleri ve hassasiyeti incelenmiştir. Elektronik kontrol ünitesi; üç adet step motor sürücü, sürücü kontrol devresi ve güç kaynağından oluşmaktadır. Tezgâh kontrol yazılımı olarak Mach3 CNC programı kullanılmıştır. Tezgâhın teorik hassasiyeti ve standart sapması hesaplanmıştır.

Sonuç olarak Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tezgâhı sorunsuz bir şekilde çalıştırılmış ve iş parçası işlenmiştir. Eğitim amaçlı kullanılabilecek bir CNC freze tezgahı yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: CNC Tasarımı, CNC Kontrol Kartları, CNC Hareket Sistemleri, CNC Malzemeleri, CNC Yapımı.

ABSTRACT

Designing and Manufacturing of a Prototype 3 Axis CNC Milling Machine

Ömer KARABEY

Master of Science Thesis

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKUŞ

2016, 106 pages

In this study, 3 axis milling machine was designed and a prototype machine was produced for workshop studies. The CNC milling machine working sizes are 500x650x120 mm. Aluminium construction, stepper motors, ballscrews, ball bearings and ball nuts were used in this study. CNC moving systems, electronic systems, CNC drive systems and machine sensitivity were analysed. The electronic control unit consists of three major parts. These are step motors (3 pieces), step motor driver circuit and power supply. Mach3 program was used for controlling the CNC machine. Theoretic processing sensitivity and standart deviation of the CNC milling machine was calculated.

As a result, the three-axis of prototype CNC milling machine was run without any problem and the work piece was processed. A CNC milling machine was produced to educational uses.

Key Words: Design CNC, CNC Control Cards, CNC Motion Systems, CNC Equipment, CNC Made.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK.....	iii
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	2
3. BİLGİSAYARLI SAYISAL KONTROLLÜ (CNC) TEZGAHLAR	8
3.1. Tarihsel Gelişim	8
3.2. NC (Sayısal Kontrol) Nedir?	9
3.3. CNC Nedir?	9
3.4. CNC Tezgahların Özellikleri.....	11
3.5. CNC Tezgahların Avantajları.....	12
3.6. CNC Tezgahların Dezavantajları	12
3.7. CNC Tezgah Çeşitleri	13
3.8. Masaüstü CNC Freze Tezgahları	13
3.8.1. Masaüstü CNC freze tezgahlarının özellikleri	14
3.8.2. Masaüstü CNC freze tezgahlarının mekanik özellikleri.....	15
3.8.3. Masaüstü köprü tipi (tabla hareketli) CNC freze konstrüksiyonu.....	15
3.8.4. Masaüstü portal tip (tabla sabit) CNC freze konstrüksiyonu	16
3.8.5. Masaüstü dik freze tipi CNC freze konstrüksiyonu	16
3.8.6. Dört eksen masaüstü CNC freze tezgahı	17
3.8.7. Beş eksen masaüstü CNC freze tezgahı	18
3.9. CNC Freze Tezgahlarında Kesici Takımlar	18
3.10. CNC Tezgahlarda Parça Tasarım Yazılımları	19
3.11. CNC Tezgahlarda Parça Üretim Yazılımları.....	19
3.12. CNC Tezgahlarda Parça Programlamada Kullanılan G ve M Kodları	19
4. PROTOTİP 3 EKSEN CNC FREZE TASARIMI VE İMALATI	22
4.1. Tezgahın Tasarımı	22
4.1.1. Boyutsal ön tasarım	22
4.1.2. Konstrüksiyon malzemesinin seçilmesi	22
4.1.3. Standart elemanların belirlenmesi	24
4.1.3.1. Tahrik motor tipinin belirlenmesi.....	25
4.1.3.2. Tahrik sisteminin belirlenmesi	29
4.1.3.3. Yatak ve kızak sisteminin belirlenmesi.....	30
4.1.3.4. Motor güç aktarım tipinin belirlenmesi.....	31
4.1.4. Hesaplamalar	32
4.1.4.1. Kesme kuvvetlerinin ve kesme gücünün hesabı.....	32
4.1.4.2. Z ekseni hesaplamaları	37
4.1.4.3. X ekseni hesaplamaları.....	40
4.1.4.4. Y ekseni hesaplamaları.....	42

4.1.5. Sistemin modellenmesi	45
4.2. Tezgahın İmalatı	48
4.3. Step Motor Sürücüleri ve Kontrol Kartı	51
4.4. Tezgahın Teorik Hassasiyeti	53
4.5. Tezgahın Doğruluk Kontrolü	54
4.5.1. X eksenı doğruluk kontrolü	54
4.5.2. Y eksenı doğruluk kontrolü	56
4.5.3. XY eksenı doğruluk kontrolü	58
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	62
EKLER	65
EK-1 Linear Rulman Kataloğu	65
Ek-2 Vidalı Mil Seçimi Yük-Boy Grafiği	66
Ek-3 Vidalı Mil Seçimi Hız-Boy Grafiği	67
Ek-4 Vidalı Mil Rulman Kataloğu	68
Ek-5 Step Motor Teknik Dökümanı	69
Ek-6 Prototip CNC Freze Montaj Şemaları	70
Ek-7 Prototip CNC Freze Teknik Resimleri	73
Ek-8 Cnc Fotoğrafı ve Özellikleri	91

ÖZGEÇMİŞ

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Cincinnati Hydrotel NC freze tezgahı.....	8
Şekil 3.2 CNC imalat adımları	15
Şekil 3.3 Tabla hareketli masasütü CNC freze.....	15
Şekil 3.4 Tabla sabit masaüstü CNC freze	16
Şekil 3.5 Masaüstü dik freze tipi CNC freze	17
Şekil 3.6 Dört eksen masaüstü CNC freze tezgahı.....	17
Şekil 3.7 Beş eksenli masasütü CNC freze ve beşik mekanizması	18
Şekil 3.8 Parmak freze kesici uçları	19
Şekil 4.1 6063 alaşımlı 30x90 alüminyum sigma profil kesiti.....	23
Şekil 4.2 6063 alaşımlı 15x120 alüminyum sigma profil kesiti.....	24
Şekil 4.3 Step motor	25
Şekil 4.4 AC ve DC servo motor.....	27
Şekil 4.5 Bilyeli somun ve vidalı mil	29
Şekil 4.6 Kremayer dişli mekanizması.....	29
Şekil 4.7 Triger kayış mekanizması	30
Şekil 4.8 Krom kaplı indüksiyonla sertleştirilmiş taşlanmış mil.....	30
Şekil 4.9 Alt destekli krom mil.....	31
Şekil 4.10 Doğrusal kızak sistemi	31
Şekil 4.11 Kaplin çeşitleri	31
Şekil 4.12 Triger - dişli kasa sistemi	32
Şekil 4.13 Sert metal plakette freze başlıkları için talaş boyutları	34
Şekil 4.14 Y eksen montajı.....	46
Şekil 4.15 X ve Y eksen montajı.....	46
Şekil 4.16 X, Y ve Z eksen montajı	47
Şekil 4.17 X, Y, Z eksen ve tabla montajı.....	47
Şekil 4.18 İşlenmiş sigma profiller.....	48
Şekil 4.19 İşlenmiş sigma profiller.....	48
Şekil 4.20 Köşe bağlantısı ve somunu.....	49
Şekil 4.21 SHF serisi mil tutucular.....	49
Şekil 4.22 SSG 16 vidalı mil somun gövdesi	50
Şekil 4.23 Vidalı milin tornalanması.....	50
Şekil 4.24 Z eksen montajı	51
Şekil 4.25 CWD556 step motor sürücüsü	52
Şekil 4.26 5 eksen kontrol kartı	52
Şekil 4.27 Elektronik devre kurulum şeması.....	53
Şekil 4.28 X eksen yönünde işlenmiş malzeme ve teknik resmi	54
Şekil 4.29 Y eksen yönünde işlenmiş malzeme ve teknik resmi	56
Şekil 4.30 XY eksen yönünde işlenmiş malzeme ve teknik resmi.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1	CNC G komutları20
Çizelge 3.2	CNC M komutları21
Çizelge 4.1	30x90 sigma profil teknik özellikleri23
Çizelge 4.2	15x120 sigma profil teknik özellikleri23
Çizelge 4.3	Tezgah parametreleri32
Çizelge 4.4	Basitleştirilmiş yöntemle K_s değerleri33
Çizelge 4.5	Kesme parametreleri33
Çizelge 4.6	X eksen numunesinden alınan ölçüm değerleri54
Çizelge 4.7	X eksen standart sapma hesabı56
Çizelge 4.8	Y eksen numunesinden alınan ölçüm değerleri57
Çizelge 4.9	Y eksen standart sapma hesabı57
Çizelge 4.10	XY eksen numunesinden alınan ölçüm değerleri58
Çizelge 4.11	XY eksen standart sapma hesabı59

SİMGELER DİZİNİ

D	Kesici takım çapı, mm
a	Kesme derinliği, mm
Z	Kesici takım ağız sayısı
X	Kesici takımın işlenecek malzemeye temas açısı
S_z	Kesici takımın dişi başına düşen ilerleme, mm/diş
B	Yana kayma değeri, mm
K_s	Kopma dayanımı, N/mm ²
V_c	Kesici takım kesme hızı, m/dk
N	Spindle devir sayısı, dev/dk
V_f	Kesici ilerleme hızı, m/dk
φ₂	Kesici takımın yanının işlenecek malzemeye temas açısı
h_m	Talaş kalınlığı, mm
b	Talaş genişliği, mm
A_s	Ortalama talaş kesit alanı, mm ²
Z_e	Aynı anda temas eden diş sayısı
F_{sz}	Bir dişe karşılık gelen kesme kuvveti, N
F_s	Ortalama kesme kuvveti, N
P_s	Gerekli kesme gücü, kW
F_v	İlerleme kuvveti, N
F_{Ca}	Dinamik kuvvet, N
F_{ECa}	Emniyetli dinamik kuvvet, N
m	Bileşen ağırlığı, kg
F_m	Ağırlık kuvveti, N
F_r	Radyal kesme kuvveti, N
N_m	Maksimum devir sayısı, dev/dk
η	Verim
V_{max}	Tezgah maksimum ilerleme hızı, m/dk
P	Gerekli güç, W
P_m	Motor gücü, W
P_B	Vida adımı
R	Redüksiyon oranı
L	Eksen sabitleme rulmanları arası mesafe, mm
F_{id}	İlerleme direnci kuvveti, N
Var(X)	Varyans
σ	Standart sapma

KISALTMALAR DİZİNİ

BSD	: Bilgisayarlı Sayısal Denetim
CNC	: Computer Numerical Control
CÜBAP	: Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAE	: Computer Aided Engineering (Bilgisayar Destekli Mühendislik)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
MIT	: Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)
PCB	: Printed Circuit Board (Baskı Devre Kartı)
HSS	: High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
HB	: Hardness Brinell (Brinell Sertliği)
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
MDF	: Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluktaki Lifli Levha)
LPT	: Line Printer Terminal (Paralel Port)
PWM	: Pulse Width Modulation (Sinyal Genişlik Modülasyonu)
SMPS	: Switch Mode Power Supply (Anahtarlama Güç Kaynağı)

1. GİRİŞ

İnsanlık var oldukça tüketim de olacaktır. Nüfusun gittikçe arttığı dünyamızda insanların ihtiyaç duyduğu tüketim materyallerini daha kaliteli, seri ve ucuz temin edebilmek için üretim sistemleri daha hızlı ve kolay olmalıdır. Üretimde önemli payı olan tezgahlar da bilgisayarlar ile kontrol edilmektedir. Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) olarak bilinen bu kontrol yöntemi İngilizce kısaltması olan CNC(Computer Numerical Control) olarak ifade edilmektedir. CNC bir yöntemdir ve beraber kullanıldığı tezgah ile birlikte bir anlam kazanmaktadır. CNC Freze Tezgahı, CNC Matkap Tezgahı, CNC Torna Tezgahı, CNC Lazer Kesim Tezgahı gibi tezgahlar CNC tezgahlara örnek olarak gösterilebilir.

Teknolojinin hızla yaygınlaşması nedeniyle günümüzde geleneksel tezgahların imalatta kullanım payları giderek azalmakta ve yerlerini CNC tezgâhlarının kullanımına bırakmaktadır. CNC tezgahlarının üretimdeki bu önemine karşın yüksek maliyetleri nedeniyle mesleki ve teknik eğitim veren üniversitelerimizin bazılarında eğitim amaçlı kullanılmak için CNC bulunmadığı bilinmektedir. CNC bulunan kurumlarda ise tezgahların bozulma korkusu, tezgah yetersizliği gibi nedenlerle öğrenciler yeterince pratik yapma imkanını çoğu zaman bulamamaktadırlar.

Bu çalışmada eğitim amaçlı “Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tezgahı” tasarlanıp imal edilmiştir. Tezgahın imalatında ve çalıştırılmasında gerekli olan malzemeler CÜBAP(Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri) tarafından M-572 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. İlk olarak CNC freze tezgahının tasarımı yapılmış, tasarım esnasında tezgahın hızı ve kapasitesi dikkate alınarak mukavemet hesapları yapılmıştır. Tasarımdan sonra prototip CNC freze tezgahının imalatı gerçekleştirilmiş, imalat sonrasında değişik parça programları yazılarak CNC tezgahı denenmiştir. Sonuç olarak tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen prototip CNC tezgahının sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Tseng A. , Kolluri S. P. ve Radhakrishnan P. (1989); “ A CNC machining system for education ” başlıklı çalışmalarında küçük boyutlarda eğitim amaçlı olarak 3 eksenli bir CNC tasarlamış ve imal etmişlerdir. Geliştirilen CNC için mikroişlemci destekli kontrol ünitesi ve kontrol yazılımı üretilmiştir [1].

Şahbaz H. , Karagülle H. ve Malgaca L. (2000); “ Bir hegzapod uygulamasında bilgisayar tabanlı hareket kontrolü ” başlıklı projelerinde ADLINK PCI hareket kontrol kartlarıyla servo ve adım motorların hareket kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu deneysel çalışmada test düzeneği kurulmuş ve üç adet OMRON fırçasız AC servo motorun kart üzerinden eş zamanlı kontrolü için VisualBASIC programları geliştirilmiştir. Programlarda, hedeflenen hız ve konum eğrileri girdi olarak alınmış, ADLINK kontrol kartı komutlarının parametreleri belirlenmiştir. 3 eksenli bir robotun örnek hız ve konum eğrileri için sonuçlar verilmiştir. Ayrıca HSI firmasına ait adım motor sürücülü doğrusal motorun kontrolü de gerçekleştirilmiştir. Hassas imalat ve tıp gibi alanlarda kullanılan 6 serbestlik dereceli bir paralel manipülatör olan hegzapodun eksenlerinin sonuçları verilmiştir [2].

Erer H. (2000); “ CNC takım tezgahlarının gelişimi ” başlıklı çalışmada CNC takım tezgahları hakkında genel gelişmelere değinmiş, CNC tezgahlarının tanımını yaparak endüstriye getirdiği kolaylıklardan ve gelişmesinde etkili olan teknolojik değişimin sebeplerinden bahsetmiştir. CNC takım tezgahlarının çalışma prensiplerinden ve sistemlerinden bahsederek kullanım kolaylığına dikkat çekmiştir. CNC tezgahların ürettiği iş parçalarının universal ve diğer imalat takım tezgahlarına göre daha hassas ve standart oldukları üzerinde durarak gelecekte universal tezgahların kullanımının azalacağından bahsetmiştir [3].

Özdeveci M. (2001); ” Eğitim tipi CNC frezesinin tasarımı ve imalatı ” başlıklı yaptığı çalışmada ülkemizde yurt dışından ithal edilen eğitim tipi CNC'leri incelemiş ve çok pahalı oldukları kanaatine varmış, çalışmada bu CNC'lere alternatif olarak eğitim ve alıştırmaya amaçlı CNC freze tasarlamış ve imal etmiştir. Fakat imal ettiği tezgahta ithal edilen endüstriyel CNC'lerde kullanılan lineer

kızaklar yerine kırlangıç kuyruğu yataklar, bilyeli vidalı miller yerine ise trapez vidalı miller kullanmıştır. Tezgahın programlanmasında Pascal, C ya da Delphi gibi programlama dilleri kullanılmıştır [4].

Lee H. S. ve Chang S. L. (2003); " Development of a CAD/CAE/CAM system for a robot manipulator " başlıklı çalışmasında robot manipulatörler için bir CAD / CAE / CAM entegre sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen robot manipulatörün pozisyon analiz hesapları Matlab de, parametrik katı modelleri ve kinematik analizleri Pro/Engineer ve Pro/Mecanica da, dinamik simülasyon ve çalışma alanı MasterCAM de oluşturulmuş ve CNC freze kullanılarak imal edilmiştir. Bu entegre sistem bilgisayar destekli mekanizma tasarımı dersi için ek eğitim aracı olarak geliştirilmiştir [5].

Göloğlu C. ve Bunarbaşı İ. (2004); " Üç eksenli doğrusal hareket mekanizması tasarımı ve imalatı " başlıklı çalışmasında doğrusal hareket mekanizmaları ve verimlilikleri üzerinde durmuşlardır. Doğrusal hareket mekanizmaları ve yardımcı elemanlarının farklılıkları analiz edilmiştir. Çalışmada mil üzerinde kayan makaralar ile hareket eden 3 eksenli bir doğrusal hareket mekanizmasının tasarımı ve hesaplarını yaparak imal etmişlerdir [6].

Büyüksahin U. (2005); "Üç eksenli CNC tezgah tasarımı ve uygulaması " başlıklı çalışmasında CNC tezgahları ve onu oluşturan parçalar hakkında bilgi vermiş ve CNC seçim kriterlerine değinmiştir. Yeni bir CNC freze tezgahı tasarlamış, analiz ve hesaplarını yaparak imal etmiştir [7].

Alan S. (2006); " CNC eğitimi " başlıklı çalışmasında ülkemizdeki CNC eğitimi ve CNC' nin mesleki eğitim ve sanayimiz açısından öneminden bahsetmiş ve CNC derslerinde kullanılması için CNC eğitim seti tasarımı yapmıştır. Çalışma kapsamında yalnızca CNC' nin kontrol programı ve eğitim yazılımı geliştirilmiştir, mekanik olarak bir imalat yapılmamıştır [8].

Kutlu M. (2006); " Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatı " başlıklı çalışmasında üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarım ve imalatı için gerekli tasarım parametrelerini belirlemiştir. Bu parametreler çerçevesinde tezgahın

tasarımı ve imalatı için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamaları yaparak tezgahı imal etmiştir. Tezgahın eksenlerinin tahrik sistemi step motorlarla sağlanmıştır. Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahının elektronik kontrolü, step motor sürücüleri ve bir kontrol kartı yardımıyla yapılmıştır, kontrol kartları hazır satın alınmıştır [9].

Özyalçın İ. (2006); “ Kartezyen robot tasarımı ” başlıklı çalışmasında X,Y,Z koordinatlarında esnek hareket eden bir kartezyen robot tasarlamıştır. Robotun bilgisayar bağlantısı paralel port üzerinden yapılmış ve eksenler step motor ile kontrol edilmiştir. Motor sürücülerini kendisi yapmıştır ve Mach3 programını kullanmıştır. Sistemi test etmek için taşıyıcı platforma kalem ve oksijen-gaz aparatı bağlanarak çizim ve kesim işlemi yapılmıştır [10].

Akıncı A. C. (2006); “ Development of a cost-efficient CNC system for a instrumentation and rapid prototyping applications ” başlıklı çalışmasında hızlı prototiplemede kullanılabilecek bir CNC tezgahı tasarlanmış ve üretmiştir. Bu tezgah günümüz 3 boyutlu yazıcılarının benzeridir. Yapılan tezgahta 3 eksene ek olarak ,termoplastik malzemenin(slikon) uygun hız ve miktarda dökülmesini sağlayan kafa kısmındaki motor 4. Eksen görevi görmektedir. Her eksen, bir adım motoru ve bu adım motorunun miline doğrudan bağlı bir sonsuz vidadan oluşmaktadır. Kafa kısmında ise malzemenin akısını denetleyen bir DC motor mevcuttur. Sistemin yazılımı bilgisayar ve mikroişlemci yazılımları olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bilgisayarda hazırlanan uygulama yazılımı prototip üretimi için gerekli komutları seri port üzerinden mikro denetleyici tabanlı kontrol kartına iletilir. Kontrol kartı, adım motoru sürücü ve DC motor sürücü devreleri yardımıyla motorların kontrolünü gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak 3 boyutlu prototipler elde etmeyi başarmıştır [11].

Son S. ve ark. (2009); “A hybrid 5-axis CNC milling machine ” başlıklı çalışmalarında euler açısı makineleri ve hexapod gibi seri ve paralel hareket mekanizmalı makineleri birleştirerek hibrit sisteme sahip MIT-SS-1 isminde melez 5 eksenli bir CNC freze geliştirmişlerdir [12].

Uyanık A. ve ark. (2009); “ Üç eksenli yüzey işleme tezgahının bilgisayar ile kontrolü ” başlıklı çalışmalarında üç eksenli yüzey işleme tezgahını CNC kontrollü

hale dönüştürmüşlerdir. Çalışmada kontrol üniteleri ve kontrol yazılımı yeniden tasarlanmıştır [13].

Karaçam S. (2009); “ Adım motor kontrollü hızlı CNC freze tasarımı ” başlıklı çalışmada 3 eksenli bir CNC tasarlayıp imalatını gerçekleştirmiştir. Çalışmada kare lineer kızaklar kullanmıştır. Mikro adım çalışabilen step motor sürücülerini tasarlamış, bu sürücülerini yüksek hızlarda deneyerek performanslarını incelemiş ve çalışma sonuçlarını değerlendirmiştir [14].

Kavala D. (2010); “ Beş eksenli CNC tezgah tasarımı ve kontrolü ” başlıklı çalışmada üniversitenin bünyesinde bulunan ve çalışmayan üç eksenli CNC tezgahı, iki döner eksenli tabla tasarlayıp imalatını gerçekleştirerek beş eksenli CNC tezgah haline dönüştürmüştür. Tezgah üzerinde beş fazlı step motorlar bulunmaktadır. Bu motorları ve bir döner eksene alınan dört fazlı step motor için beş fazlı ve dört fazlı step motor sürücüsü tasarımını yapıp üretmiştir. CNC tezgah kontrolü için Linux tabanlı EMC (Geliştirilmiş Makine Kontrolörü) kullanılmıştır. EMC içerisinde yazılan G kodlar sayesinde iş parçalarını işlemek mümkün hale getirilip aynı anda 5 eksen çalıştırılmıştır [15].

Kaygısız H. (2010); “Eğitim amaçlı üç eksenli masaüstü CNC freze tasarımı ve prototipi ” başlıklı çalışmada eğitim amaçlı üç eksenli masaüstü CNC freze tezgahı tasarlamış ve prototip imalatını gerçekleştirmiştir. Eksenlerin doğruluğunun tespiti için, eksenler doğrultusunda kanallar açarak kanal boylarını ölçüp standart sapmalarını hesaplamıştır. CNC' nin üç eksen yüzey işleme kabiliyetini test etmek için Atatürk rölyefini başarı ile işlemiştir [16].

Kabaş K. (2011); “ Sıvı soğutma sistemli masaüstü CNC tezgahı tasarımı ve prototip imalatı ” başlıklı çalışmada sıvı soğutma sistemli masaüstü CNC freze tezgahı tasarlamış ve prototipini imal etmiştir. İmal edilen CNC' nin hassasiyet ve ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için deneyler yapılmıştır. Eksenlerin ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için ilgili eksen boyunca açılan kanallardan ölçümler yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Sıvı soğutma sistemini kullanarak tezgahın işleyebileceği malzeme türleri ve üretim kapasitesini artırmıştır. Deneysel

çalışmalarda Al99, Fe37 ve pirinç gibi metal malzemeler soğutma sıvısı uygulanarak başarıyla işlenmiştir [17].

Köbeloğlu A. (2011); “ Eğitim amaçlı masaüstü CNC torna tezgahı tasarımı ve prototipi ” başlıklı çalışmasında eğitim amaçlı iki eksenli masaüstü CNC torna tezgahı tasarlamış ve prototip imalatını gerçekleştirmiştir. Tezgahın eğitim amaçlı olması nedeniyle sisteme bir webcam bağlanarak tezgahdaki işleme süreci bilgisayar ekranından takip edilebilir hale getirilmiştir. Tezgahta soğutma sıvısı sistemine de yer verilmiştir [18].

Savaş S. (2011); “ Yeni bir 3 eksenli küresel CNC işleme tezgahının tasarımı ve imalatı ” başlıklı çalışmasında 3 eksenli kartezyen CNC tezgahının basitliğini ve 5 eksenli CNC tezgahının da esnekliğini bir araya getiren yeni bir 3 eksenli küresel CNC işleme tezgahının prototip tasarımı ve üretimini yapmıştır. Üretimi yapılan küresel 3 eksenli CNC işleme tezgahı prototipi, çeşitli kinematik analiz yöntemleri kullanılarak diğer küresel tip mekanizma tipleri ile karşılaştırılmıştır. Mekanizmaya bilgisayar kontrol ünitesi eklenerek esnek bir kullanıcı ara yüzü sayesinde CAD verisinden kolaylıkla takım yolu modellenmesi sağlanmıştır [19].

Hasar N. (2012); “ Masaüstü 4 eksen CNC freze tasarımı ve helisel konik dişli işleme uygulaması ” başlıklı çalışmasında masaüstü 4 eksen CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatını yapmıştır. Yapılan tezgahta strafordan ve ahşaptan helisel dişliler yapılarak tezgahın hassasiyeti ölçülmüş ve değerlendirilmiştir [20].

Demirel K. (2012); “ Bilgisayar kontrollü dik CNC freze tezgahı modernizasyonu ve kullanımı ” başlıklı çalışmasında üniversitede bulunmakta olan eski bir CNC freze tezgahını dört adet servo motorun eklenmesiyle modernize ederek, üç eksenli bir dik işleme tezgahı haline getirmiştir. Pleksiglas bir parça işlenerek tezgah denenmiştir [21].

Gevrek F. (2013); “ Prototip üç eksenli CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatı ” başlıklı çalışmasında prototip 3 eksenli CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatını yapmıştır. Çalışmada endüstride kullanılan CNC makinelerin tasarım ve imalat

aşamalarının hangi kriterler dikkate alınarak üretildiği, avantaj ve dezavantajlarının neler olduğu ortaya konulmuştur. Tezgahın hassasiyet analizi yapılmıştır [22].

Sevil S. (2013); “ Dört eksen masaüstü CNC freze tezgahı tasarımı, prototipi ve silindirik dişli uygulamaları ” başlıklı çalışmada dört eksenli masaüstü CNC freze tasarlamış ve prototipini imal etmiştir. Tezgahın hassasiyet kontrolü yapılmıştır. Dördüncü eksen çalışması olarak, ahşap veya strafor malzemesine yazı, şekil, dişli çeşitlerinden helisel, düz, sonsuz vida ve karşılık dişlisi işlemesi yapılmıştır [23].

Paktaş D. (2014); “ Design of an a axis CNC router / A eksen CNC router tasarımı ” başlıklı çalışmada 4 eksenli bir CNC freze yapmıştır. Yaptığı CNC tasarımı ortez ve protezde engelli hastaların kullandığı soket üretimine yöneliktir. Bu çalışmada farklı objelerin 3B lazer tarayıcı ile taramaları, 3B tarama ile elde edilen verilerin işlenmesi, bu verilerden G kodlarının elde edilmesi ve tezgahın çalışması başarı ile tamamlanmıştır [24].

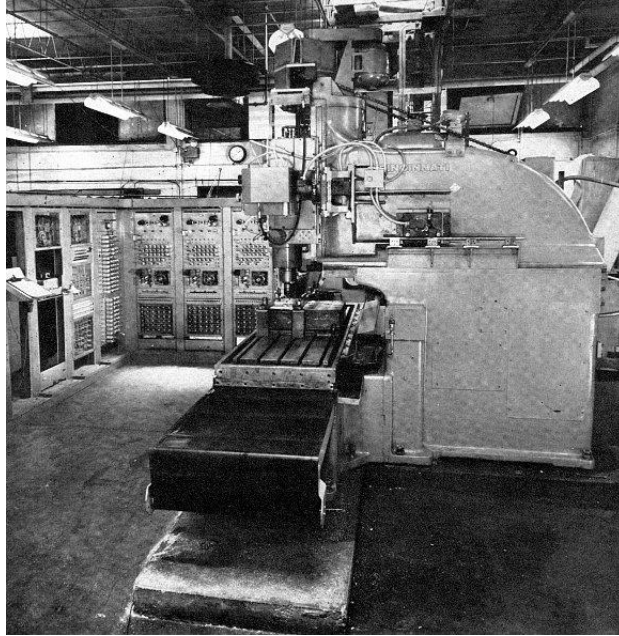
Naqvi H. A. S. (2014); “ Design, prototype and control of 5-axis desktop CNC milling machine ” başlıklı çalışmada eğitim amaçlı 5 eksen CNC tasarlayıp imalatını gerçekleştirmiştir. Tezgahın hassasiyetini ölçmüştür. Strafordan bir parça işleyerek tezgahı denemiş ve başarılı olmuştur [25].

Şefkatlioğlu E. (2015); “ CNC strafor kesme makinesi tasarımı ve imalatı ” başlıklı çalışmada strafor köpüğün iki boyutlu herhangi bir şekilde kesilmesini sağlayacak olan CNC Strafor Kesme Makinesi tasarımı ve imalatını yapmıştır. Yapılan tezgahta strafordan bir at figürü çıkartılmış ve tezgah başarılı bir şekilde çalışmıştır [26].

3. BİLGİSAYARLI SAYISAL KONTROLLÜ (CNC) TEZGAHLAR

3.1. Tarihsel Gelişim

Nümerik kontrol fikri II. Dünya savaşının sonlarında ABD hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan kompleks uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgahları ile üretilmesi mümkün değildi. Bunun gerçekleştirilmesi için PARSONS CORPORATION ve MIT (Massachusetts Institute of Tecnnology) şirketleri ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak Cincinnati-Hydrotel (Şekil 3.1) isimli freze tezgahını Nümerik Kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgahı imalatçısı nümerik kontrollü tezgah imalatına başladı. İlk önceleri NC takım tezgahlarında vakumlu tüpler, elektrik röleleri, komplike kontrol ara yüzleri kullanılıyordu. Ancak bunların sık sık tamirleri hatta yenilenmeleri gerekiyordu. Daha sonraları NC takım tezgahlarında daha kullanışlı olan minyatür elektronik tüp ve yekpare devreler kullanılmaya başlandı. Bilgisayar teknolojisinde ki hızlı gelişmeler Nümerik Kontrollü sistemleri de etkilemiştir.



Şekil 3.1 Cincinnati Hydrotel NC freze tezgahı [29].

Artık günümüzde NC tezgahlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlar kullanılmaktadır. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanması mümkün oldu. Sonuç olarak bu sistemli gelişmeler CNC' nin (Computer Numerical Control) doğmasına öncülük etmiştir. CNC daha sonra torna, matkap, freze, plazma kesim, kaynak, lazer kesim vb. tezgahlarında yaygın olarak kullanılmaya başlandı [27].

3.2. NC (Sayısal Kontrol) Nedir?

Sayısal kontrol (NC – Numerical Control), takım tezgahlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesidir. Komutlar, ilgili takım tezgahına veri blokları şeklinde yüklenir. Her veri bloğu tezgahın anlayabileceği bir dizi komuttan meydana gelir. Tezgah çeşitli işleme fonksiyonlarını yerine getirme için istenen düzen ve şekilde kodlanmış bilgiye cevap verir. Bu fonksiyonlar, iş parçasına nazaran tezgahın ana milinin pozisyonunu değiştirmeye, ana milin dönme yönüne ve hızına, takım seçimine, soğutucunun açıp kapatma kontrolüne vb. fonksiyonlara kadar değişir [28].

3.3. CNC Nedir?

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de (Computer Numerical Control) temel düşünce takım tezgahlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgah kontrol ünitesinin (MCU) parça programıyla kontrol edilebilmesidir [28].

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de tezgah kontrol ünitesinin gelişmesi sonucu programların muhafaza edilebilmelerinin yanında parça üretiminin her aşamasında programı durdurma, programda gerekli olabilecek değişiklikleri yapabilme, programa kalınan yerden tekrar devam edebilme ve programı son şekliyle hafızada saklamak mümkündür. Bu nedenle programın kontrol ünitesine bir kez yüklenmesi yeterlidir.

Başka bir deyişle CNC, basit NC fonksiyonlarını sağlayabilen, parça programlarının yorumlanması ve program girdilerinin yapılması için bünyesinde kontrol elemanı olarak bilgisayar bulunduran mekanik bir sistemdir. Aşağıda sayısal denetimli(NC)

ve bilgisayarlı sayısal kontrollü tezgahların (CNC) temel bileşenleri ve temel çalışma mantığından bahsedilecektir.

Bilgisayarlı sayısal denetimli tezgahlar 4 temel bileşenden oluşur; Bu bileşenler;

- CNC tezgahlarının fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için verileri toplama ve saklamakta kullanılan bilgisayar,
- Tezgah kontrol ünitesi ile bilgisayar arasında iletişimi ve bilgi akışını sağlayan kontrol ünitesi,
- Bilgileri tezgah kontrol ünitesine gönderen arabirim,
- Hız ve ilerleme kontrolleri, servo veya step birimlerini ve tezgah işlemlerini (fener mili-tabla hareketleri, takım değiştiriciler) içeren fonksiyonlardır.

Bilgisayar kontrollü makineler arasında bilgi iletişiminde sistem 4 temel kısımdan oluşmaktadır.

- Tahrik elamanları (elektrik motorları, hidrolik veya pnomatik tahrik elamanları, elektro mıknatıslar)
- Ölçme elamanları (sensörler, takometreler, encoderler ve switchler)
- Bilgisayar ile tahrik ve ölçme elamanları arasındaki iletişimi sağlayan devreler (interface ünitesi)
- Sistemin çalışmasını sağlayan bilgisayar programı

Sayısal denetimli tezgahların giriş bilgileri sayısal olarak verilmektedir. Bu şekilde sisteme büyük esneklik sağlamakta, verilerin hazırlanması ve hesaplanmasında bilgisayarların kullanılması mümkün olmaktadır. Sayısal kontrollü tezgahlarda, bilgileri tezgaha ulaştırmak için yapılan işlemler dış işlemler ve iç işlemler olarak ikiye ayrılmaktadır [28].

Dış işlemler; parçanın imalat resmine ve teknolojik bilgilere dayanarak teknolojik planın hazırlanması, bu planın belirli bir kod veya dile göre programa çevrilmesi ve bu programın manyetik ortamlara aktarılması işlemlerinden oluşur.

İç işlemler; kontrol ünitesi, kontrol devresi ve tezgah devresinden oluşmaktadır. Burada tezgahın kontrol ünitesi iletilen program taşıyıcısının okunması, okunan bilgilerin işlenmesi, bunların tezgahın ilgili elamanlarına iletilmesi ve bu elamanların harekete geçirilmesi gibi işlemleri yapmaktadır. İç işlemler tezgahın donanım, dış işlemler ise yazılım kısmını oluşturmaktadır.

Sayısal denetimin endüstriye yüksek hassaslık ve üretimi arttıran metot olmasına rağmen talaş kaldırma işlemlerinde birçok değişimler yapılmış ve bunun sonunda üretim maliyetlerini düşürmüştür. Gelişen teknoloji ile birlikte CNC tezgahlarının daha verimli kullanımı gerçekleşmiştir. Günümüzde üretilen takım tezgahlarının çoğu bilgisayarla kontrollü veya programlanabilir kontrollü diğer ünitelerle yapılmaktadır. CNC tezgahlarının esası NC sistemlerine dayanır ve mikro elektronik alanda yapılan gelişmelerin sonucu olarak da tezgah kontrol ünitesinde belleğe depolanmış bir program mevcuttur. CNC parça programcısı veya tezgah operatörü bu programları kullanabilir.

CNC ya da başka bir deyişle Bilgisayar Destekli Sayısal Kontrollü tezgahlar modern üretimin belkemiğini oluşturmaktadır. Bir CNC tezgahı bilgisayar, tasarım yazılımları, üretim yazılımları ve hareket kontrol sistemlerinden oluşmaktadır [28].

3.4. CNC Tezgahların Özellikleri

CNC ve NC tezgah arasında kullanım açısından önemli fark vardır. NC tezgâhlarda programın herhangi bir yerinde kullanıcı makineyi durdurabilir, ancak programda düzeltme yapamaz. CNC de ise programda düzeltme yapılabilir. Aynı program yüzlerce binlerce kez kullanılarak aynı standartta iş parçası imal edilebilir. CNC tezgahlara kesici takımlar kullanıcı tarafından öğretilir. CNC takım tezgâhlarının en önemli özellikleri otomasyona olanak tanınmasıdır. CNC tezgâhların kullanılması suretiyle iş parçalarının imalatı esnasında operatörün müdahalesini en aza indirilmekte veya tamamı ile ortadan kaldırılmaktadır. Birçok CNC takım tezgahı parça işleme esnasında dışarıdan bir müdahale olmadan çalışabilmekte, böylece operatörün yapacağı diğer işler için zaman bulmasına imkan tanımaktadır. Bu sayede CNC tezgah operatör hataları azalır. CNC tezgahlarda iş parçasının tamamen ne zaman bitirileceği yani iş süresi tespit edilebilir [28].

3.5. CNC Tezgahların Avantajları

- Konvansiyonel tezgahlarda kullanılan bazı kalıp, master vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgahın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Kalifiye insan ihtiyacına gerek yoktur.
- Tezgah operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgahın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, master, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.
- Depolamada daha az yere gerek vardır.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir [27].

3.6. CNC Tezgahların Dezavantajları

- Detaylı bir planlama gerektirir.
- İlk yatırım süreci pahalıdır.
- Tezgahın çalışma saat ücreti yüksektir.
- Konvansiyonel tezgahlara kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
- Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır [27].

3.7. CNC Tezgah Çeşitleri

CNC takım tezgahları farklı işleme yeteneklerine ve özelliklere sahiptir. Bu nedenle tezgâhın sahip olmadığı hiçbir işleme yeteneği o tezgaha yaptırılamaz. Malzmeden talaş kaldırarak işleyen tezgahlar aşağıdaki ana başlıklarda sıralanmıştır [27].

- Torna Tezgahı (Lathe Machine)
- Freze Tezgahı (Milling Machine)
- Matkap Tezgahı (Drilling Machine)
- Delik Büyütme Tezgahı (Boring Machine)
- Taşlama Tezgahı (Grinding Machine) [27]

Günümüzde CNC tezgah çeşitleri yalnızca yukarıdakiler değildir. Ancak bunlar en yaygın olarak kullanılanlardır. Bunların dışında CNC makine türleri aşağıdaki başlıklarda sıralanabilirler [27].

- Üç boyutlu ölçme ve kontrol tezgahları
- Alet bileme tezgahları
- Testere tezgahları
- Montaj sistemleri
- Erozyon tezgahları
- Kaplama tezgahları
- Malzeme taşıma sistemleri
- Lazer kesme tezgahları
- Plazma kesme tezgahları
- Boru bükme makineleri
- Sıvama tezgahları
- Alevle kesme makineleri

CNC Freze tezgahları diğer tezgahlara göre operasyon yeteneklerinin çeşitliliği bakımından en çok işlem kabiliyetine sahip olan tezgahlardır. Bu tür tezgahlar en az 3 olmak üzere 4–5 ve daha fazla eksenle işlem yapabilme özelliklerine sahiptir. Bu nedenle CNC Freze tezgahları kalıpcılıkta büyük kolaylık sağlarlar [27].

3.8. Masaüstü CNC Freze Tezgahları

Günümüzde CNC tezgahlarının sanayide kullanımı, getirdiği kolaylıklar ve seri üretim için sağladığı avantajlardan dolayı giderek artmaktadır. Masaüstü CNC tezgahları da büyük tip endüstriyel CNC' ler ile aynı mantıkta çalışmakta, ancak

üretim ve işleme kabiliyeti sınırlı kalmaktadır. Masaüstü CNC freze tezgahlarında paslanmaz çelik, çelik, dökme demir gibi sert malzemeler dışındaki; ahşap ve çeşitleri, sert plastik türleri (polyamid, teflon, kestamid, pleksiglas vb.), strafor ve çeşitleri, alüminyum, bakır vb. malzemeler işlenebilir [23]. Bu tezgahları genellikle;

- Modelciler; ahşap, strafor, alüminyum vb. malzemelerden model parçalarını işlemede,
- Reklamcılar; pleksiglas, ahşap, alüminyum gibi reklam malzemelerinin kesiminde,
- Kalıpcılar; kalıpların üzerine küçük yazıların yazılması, küçük alüminyum kalıpların yapılması gibi vb. işlerde,
- Tekstil yedek parça üreticileri; tekstil makinelerinde kullanılan küçük parçaların üretiminde,
- Makine imalatçıları, yumuşak metallere talaş kaldırılması, standart seri halde üretilecek olan bir işe talaşlı imalat yapılması (delik, kama kanalı, T kanalı vb.),
- Elektronikçiler, PCB kazımada,
- Mermer işi ile uğraşanlar; mermer yazı, şekil, vb. işlemlerin yapılması,
- Prototip yapım yerleri; ahşap, sert plastik, strafor, alüminyum gibi malzemelerden istenilen parçaların imal edilmesinde kullanılırlar.

CNC freze tezgahı yukarıda belirtilen iş kollarının haricinde başka iş alanlarında da kullanılabilir. Bu tezgahların kabiliyeti tezgah kabiliyet sınırlarının yanında kullanıcının kabiliyeti ve yaratıcılığına da bağlıdır. Masaüstü CNC freze tezgahlarında sanayi için birçok gerçekçi işler yapılmakta ve insanlar bu yolla maddi kazanç elde edebilmektedirler [23].

3.8.1. Masaüstü CNC freze tezgahlarının özellikleri

Masaüstü CNC freze tezgahları; endüstriyel CNC freze tezgahları ile aynı mantıkta çalışır. Bu tezgahlar da diğer CNC freze tezgahları gibi sayı, simge ve rakamlar (M ve G kodları)'dan aldığı komutlar ile otomatik işleme yapan tezgahlardır. Yalnız bu tezgahların işleme alanı ve kabiliyeti kısıtlıdır.

CNC tezgahlarında parça işleyebilmenin birinci yolu; işlenecek parça ya da parçadaki kısmın öncelikle çizilmesi veya modellenmesi gerekir. Üç boyutlu model ya da iki boyutlu çizim CAM programına aktarılarak işleme parametreleri girilir. CAM programında M-G kodları çıkarılıp CNC makinesine yüklenir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 CNC imalat adımları.

İkinci yol olarak, genellikle basit parçaların M ve G kodları CNC programcısı tarafından elle yazılarak CNC' ye yüklenir [23].

3.8.2. Masaüstü CNC freze tezgahlarının mekanik özellikleri

Masaüstü CNC freze tezgahı şase konstrüksiyonuna göre, tabla hareketli- tabla sabit, olarak ve eksen sayısına göre sınıflandırılır. CNC tezgahların hareketleri doğrusal ve dairesel olabilir [23].

3.8.3. Masaüstü köprü tipi (tabla hareketli) CNC freze konstrüksiyonu

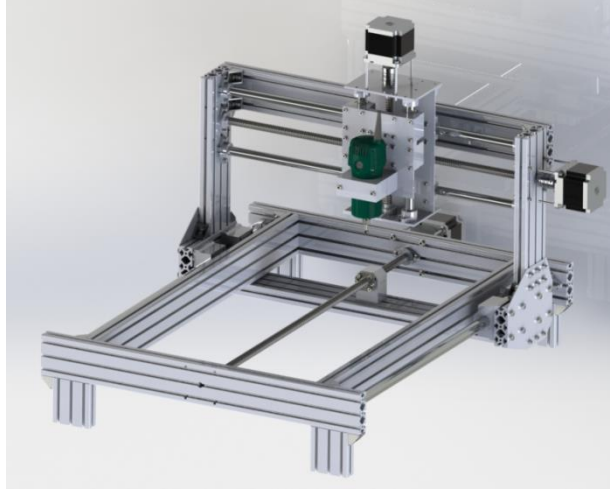
Tabla hareketli (Köprü tipi) masaüstü CNC freze konstrüksiyonu, X ve Z ekseninde iş mili takımı ile Y ekseninde tabla hareketlidir (Şekil 3.3). Bu tip konstrüksiyonun yapımı diğer tip konstrüksiyonlara göre görece daha kolay ve ekonomiktir. Ancak tabla hareketli olduğundan tablaya ağır malzeme bağlanması hareket halindeyken tablanın değişken yük gerilmelerine maruz kalmasına sebep olmaktadır [23].



Şekil 3.3 Tabla hareketli masaüstü CNC freze [30].

3.8.4. Masaüstü portal tip (tabla sabit) CNC freze konstrüksiyonu

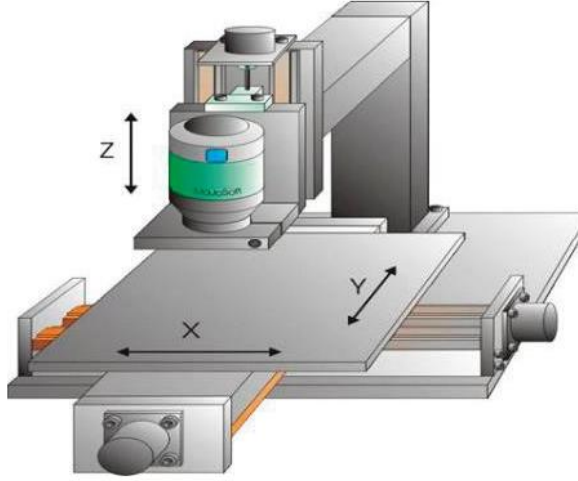
Tabla sabit masaüstü CNC freze (Şekil 3.4) konstrüksiyon tipinde; X, Y, Z iş mili hareketli olup, tabla hareketsizdir. Bu tezgah konstrüksiyon tipi; ağır malzemelerin işlenmesinde, işlenecek parçanın tabla ölçüleri boyutunda bağlanabilmesi, ilave eksen eklenmesi durumunda avantajı vardır. Ancak, Y eksenini hareketli olduğundan ve Y eksenini iş milini taşıdığından tasarıma, yataklama eleman seçimine dikkat etmek gerekmektedir [23].



Şekil 3.4 Tabla sabit masaüstü CNC freze.

3.8.5. Masaüstü dik freze tipi CNC freze konstrüksiyonu

Bu tezgahta iş mili dik durumdadır (Şekil 3.5) X ve Y eksenini tablayı, Z eksenini iş milini hareket ettirir. Yapımında diğerlerine göre daha çok işçilik gereklidir. Bu nedenle, genellikle hazır halde satın alınan küçük frezelere step motor ve kontrol sistemi eklenerek CNC freze haline getirilir [23].



Şekil 3.5 Masaüstü dik freze tipi CNC freze [31].

3.8.6. Dört eksen masaüstü CNC freze tezgahı

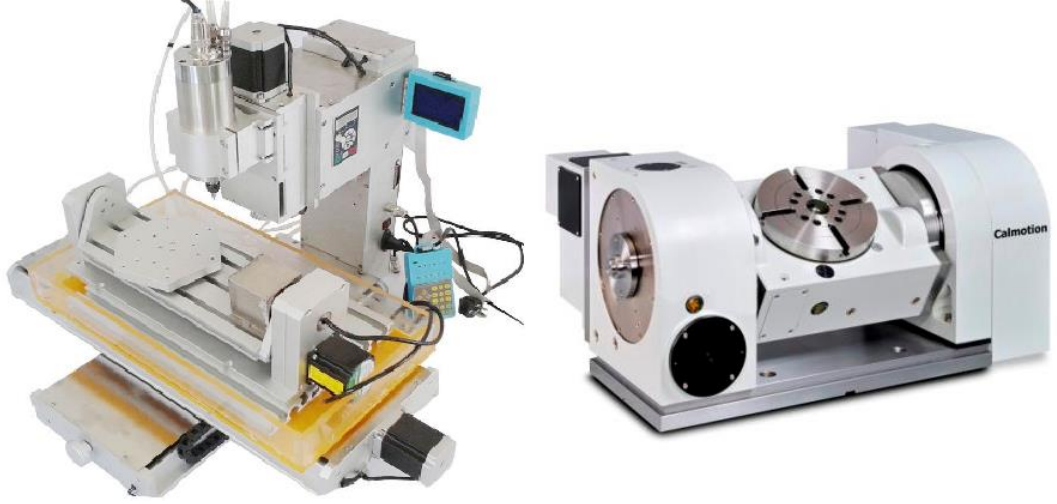
Dört eksen masaüstü CNC tezgahıta dört eksen eş zamanlı hareket etme yeteneğine sahiptir (Şekil 3.6). X, Y, Z eksenini doğrusal hareket halinde, dördüncü eksen ise dairesel hareket yapar. Dördüncü eksen; X eksenine paralel dönüyorsa A eksenini, Y eksenine paralel dönüyorsa B eksenini, Z eksenine paralel dönüyorsa C eksenini olarak adlandırılır [23]. Dördüncü eksen ile rahatlıkla silindirik parçalar, dörtgen prizmalar işlenebilir.



Şekil 3.6 Dört eksen masaüstü CNC freze tezgahı [32].

3.8.7. Beş eksen masaüstü CNC freze tezgahı

Beş eksenli CNC tezgahta beş eksen eş zamanlı hareket etme yeteneğine sahiptir. Bu hareketlerin tamamı iş milinden olacağı gibi, tabla ve iş mili hareketiyle de elde edilebilir. Genellikle üç eksenli CNC freze tezgahını beş eksen CNC freze tezgahına çevirmenin en kolay yolu beşik mekanizması kullanmaktır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Beş eksenli masaüstü CNC freze ve beşik mekanizması [33].

3.9. CNC Freze Tezgahlarında Kesici Takımlar

CNC tezgahlarda işleme süresini ve işleme kalitesini en fazla etkileyen faktörlerin başında kesici takımlar ve bunların bağlanma sistemleri gelir. Bu tezgahlarda kullanılacak kesici uç ve takımların şu özelliklere sahip olması gerekir [34].

- Kesici uç kolayca değiştirilebilir olmalıdır.
- Çıkan talaşları kırma özelliği olmalıdır.
- Kesici takım sağlam ve dengeli bağlanabilmelidir.
- Kesici uç hassas olarak bağlanabilmelidir.
- Kesici takım değişimi kolay ve hızlı olmalıdır.
- Kesici uç yüksek sıcaklıkta sertliğini kaybetmemelidir.

CNC tezgahlarında kullanılan kesiciler; HSS kesiciler ve sert metal uç kesicilerdir. HSS kesiciler tek parça olarak kullanılır. Bu kesiciler küçük çaplı deliklerin delinmesi, kanal açılması, vb. işlerde kullanılır. Kesici uçların en önemli avantajları; standart ve hassas boyutlarda üretilmesi, doğru kesme geometrisine sahip olması, hızlı değiştirilmesi ve bileme işleminin olmamasıdır. Kesici ucun bütün kenarları

kullanıldıktan sonra bu uç yeni bir uç ile değiştirilerek işleme kalınan yerden devam edilebilir [34]. Şekil 3.8 de parmak freze çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Parmak freze kesici uçları [35].

3.10. CNC Tezgahlarda Parça Tasarım Yazılımları

CNC tezgahta bulunan tasarım programı, yapılan tasarımların düzgün bir biçimde çizilmesine, gelecekte üzerinde kolayca değişiklik ve yeni eklentiler yapılmasına ve ayrıca bir dahaki parça ve montaj üretimleri için kütüphaneler oluşturulmasına olanak sağlar. Tasarım yazılımları olarak kullanılan CAD programları arasında AutoCAD, DesignCAD, Solidworks, İntevor vb. programları vardır.

3.11. CNC Tezgahlarda Parça Üretim Yazılımları

Bilgisayar destekli üretim yazılımı (CAM), bir CAD yazılımında tasarlanan parçaların takım yollarının oluşturulmasında ve bu oluşturulan takım yollarının şu anda sanayide herkesin bildiği G kodlarına dönüştürülerek CNC tezgahlara taşınmasında kullanılan bir programdır. Üretim yazılımları için kullanılan CAM programları arasında ArtCAM, MasterCAM, SurfCAM, EdgeCAM, Cut2D, Cut3D ve MillCAM en çok kullanılanlardır.

3.12. CNC Tezgahlarda Parça Programlamada Kullanılan G ve M Kodları

Bu kodlar makineye yaptırılmak istenen işlemin makine tarafından tanınması için kullanılan bir programlama dilidir. G kodları makineye yapması gereken işlemi anlatmakta kullanılır. CNC makinelerinin tipine göre bazı G kodlarının anlamları da değişebilir. G kodlama dili sanayide en çok FANUC marka kontrol ünitesi CNC

tezgahlarda kullanılmaktadır. Çizelge 3.1 de en çok kullanılan G kodları verilmiştir [36].

CNC tezgah sistemlerinde en çok kullanılan M yardımcı kodları da Çizelge 3.2’ de verilmiştir. Bunların dışında tezgah üreticisi kendi sistemleri için farklı anlamlara gelen M kodları da oluşturabilir.

Çizelge 3.1 CNC G komutları [36]

G Komut	Görevi ve Fonksiyonu
G00	Pozisyona Hızlı Gitme
G01	Doğrusal Hareket(Verilen İlerleme Hızında Gitme)
G02	Saat Yönünde Dairesel Kesme
G03	Saatın Tersi Yönde Dairesel Kesme
G04	Bekleme Modu
G09	İstenen Noktada Duruş – Tam Duruş
G17	X-Y Çalışma Düzlemi Seçme
G18	Y-Z Çalışma Düzlemi Seçme
G19	Y-Z Çalışma Düzlemi Seçme
G20	İnç Ölçü Sistemi
G21	Metrik Ölçü Sistemi
G28	Referans Noktasına Dönüş
G29	Referans Noktasından Dönüş
G30	2. Referans Noktasına Dönüş
G40	Takım Yarıçap Telafisi İptali
G41	Takım Yarıçap Telafisi Sola Hareket Halinde
G42	Takım Yarıçap Telafisi Sağa Hareket Halinde
G43	Takım Boyu Düzeltme (+)
G44	Takım Boyu Düzeltme (-)
G49	Takım Boyu Düzeltme İptali
G52	Koordinat Sistemi Kaydırma
G53	Tezgah Koordinat Sistemi Seçimi
G54	1 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G55	2 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G56	3 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G57	4 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G58	5 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G59	6 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G73	Derin Delik Delme Çevrimi
G74	Ters Diş Çekme Çevrimi
G76	Hassas Delik Genişletme Çevrimi
G80	Sabit Çevrim Kodunun İptali
G84	Kılavuz Çekme Çevrimi
G90	Mutlak Koordinatlarda Çalışma Kodu
G91	Artışlı Koordinatlarda Çalışma Kodu
G92	İş Parçası Koordinat Kaydırma
G94	İlerleme Hızı mm/dk
G95	İlerleme Hızı mm/dev
G98	Başlangıç Noktasına Dönüş Kodu
G99	Çevrimde Başlangıç Noktasına Dönüş Kodu

Çizelge 3.2 CNC M komutları [36]

M Komutları	Fonksiyonun Anlamı
M00	Program Durdurma
M01	İsteğe Bağlı Durdurma
M02	Program Sonu (Program Başa Dönmez)
M03	İş Milinin Saat İbresi Yönünde Dönmesi
M04	İş Milinin Saat İbresinin Tersî Yönünde Dönmesi
M05	İş Mili Durdurma
M06	Takım Değişirme Kodu
M07	Püskürtmeli Soğutucu veya Yağ Akışı Açık
M08	Soğutma Sıvısı Açma
M09	Soğutma Sıvısı Kapama
M19	İş Mili Pozisyonlu Durdurma
M30	Program Sonu ve Başa Dönüş
M98	Alt Program Çağırma
M99	Alt Program Sonu

4. PROTOTİP 3 EKSEN CNC FREZE TASARIMI VE İMALATI

4.1. Tezgahın Tasarımı

Tezgahın tasarımı;

- 1) Boyutsal ön tasarım yapılması,
- 2) Konstrüksiyon malzemesinin seçilmesi,
- 3) Standart elemanların belirlenmesi,
- 4) Hesaplamalar ve standart malzemelerin boyutlarının seçilmesi,
- 5) Ön tasarım ve standart elemanlara göre SolidWorks programında 3 boyutlu modellenerek, malzeme listeleri ve imalat resimlerinin oluşturulması.

Olmak üzere 5 aşamada gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Boyutsal ön tasarım

İlk olarak tezgahın genel hareket prensibi portal tipi(tabla sabit) freze tezgahı seçilmiştir. Tezgah işleme alanı X:500 , Y: 650 , Z:120 mm olacak şekilde bir tezgah tasarımı yapılmıştır. Bu işleme alanına sahip bir CNC tezgah eğitim amaçlı olarak kullanılmasının yanında öğrencilerin yapacakları projelerinin parçalarını da işleyebilir.

Daha sonra tezgahın genel hareket prensibine göre (portal – köprü tipi) ve genel tahrik sistemine (vidalı mil, kremayer dişi, triger kayış v.b) karar verilmiş, bu doğrultuda eksenlerde kullanılacak malzeme tipleri belirlenmiştir. Bu aşamada tezgah eksen hareketinin vidalı mil tahrik edilmesine karar verilmiştir.

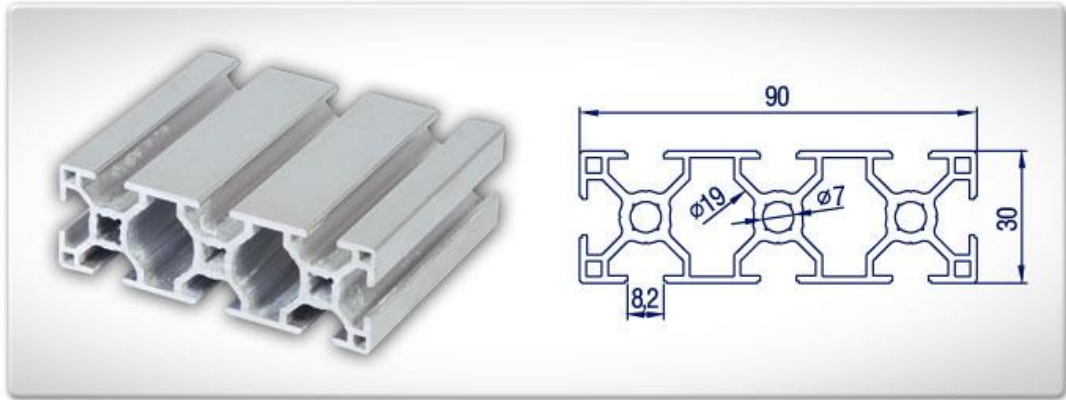
4.1.2. Konstrüksiyon malzemesinin seçilmesi

Yüksek mukavemet, yüksek rijitlik, hafiflik ve dinamik kararlılık bir CNC konstrüksiyonunda istenen özelliklerdir. Bu projede tasarlanan CNC' de 6063 alaşımlı 30x90mm kesitli alüminyum sigma profil (Şekil 4.1) kullanılmıştır. Alüminyum sigma profil seçilmesindeki ana etmenler hafif, düzgün bir geometriye sahip, kolay montajlanabilir(modüler) ve kolay işlenebilir olmasıdır. Hafif olan hareketli parçalar sayesinde yüksek hızlarda dahi düşük atalet momentleri görülür. Bu da ivmelenmeler sırasında titreşime yol açılmasını engelleyecektir. Hafif malzemenin neden olduğu dezavantaj ise ana gövdenin ağırlığının düşük olması sebebiyle meydana gelebilecek sarsıntılardır. Bunu da diğer universal tezgahlar gibi tezgahı çalışacağı alanda yere sabitleyerek engelleyebiliriz.

Alüminyum sigma profiller, ekstrüzyon yöntemiyle üretildikleri için çok düzgün bir şekle ve doğrusalığa sahipler. Bu özelliği tezgâhın gövdesinin ve iş tablasının rijit olması açısından büyük önem arz etmektedir. Sigma profiller ayrıca profil kesit şekliyle profile yüksek mukavemet ve modüler bir yapı kazandırmaktadır. Profildeki bu modüler yapı proje ilerlerken makine üzerinde yapılması olası olan revizyona ve montaja da esneklik sağlamaktadır. Profillerin yüzeyinin eloksal(anodik oksidasyon) kaplı olması, yüzeylerini korozyona karşı korumaktadır. 30x90 sigma profilin teknik özellikleri Çizelge 4.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 30x90 sigma profil teknik özellikleri [39]

Dış Ebat (mm)	Malzeme	Kesit Alanı (cm ²)	Birim Kütle (kg/m)	Atalet Momenti	
				I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
30x90	Alüminyum 6063	8,12	2,19	63,29	7,99

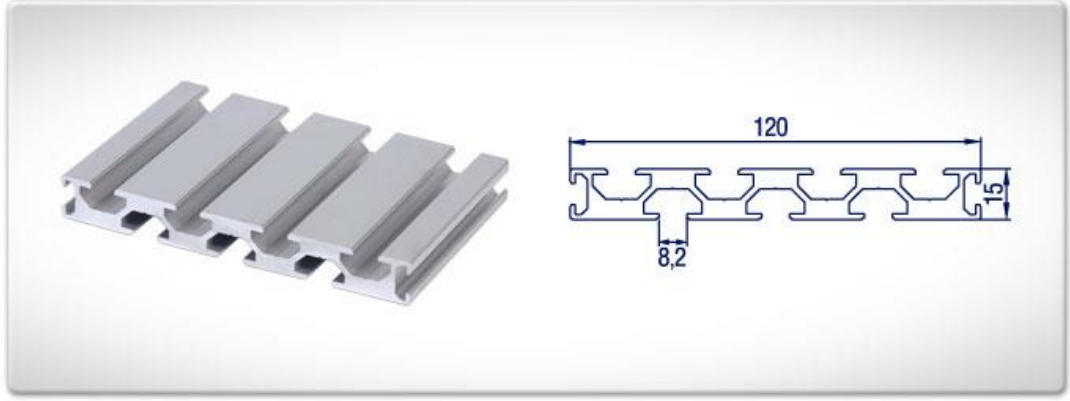


Şekil 4.1 6063 alaşımlı 30x90 alüminyum sigma profil kesiti [37].

Tezgahın tablası için de 6063 alaşımlı 15x120 mm kesitli alüminyum sigma profil (Şekil 4.2) kullanılmıştır. 15x120 sigma profilin teknik özellikleri Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 15x120 sigma profil teknik özellikleri [39]

Dış Ebat (mm)	Malzeme	Kesit Alanı (cm ²)	Birim Kütle (kg/m)	Atalet Momenti	
				I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)
15x120	Alüminyum 6063	8,6	2,33	105,7	2,1



Şekil 4.2 6063 alaşımlı 15x120 alüminyum sigma profil kesiti [38].

6063 alaşımının kimyasal ve fiziksel özellikleri; [40]

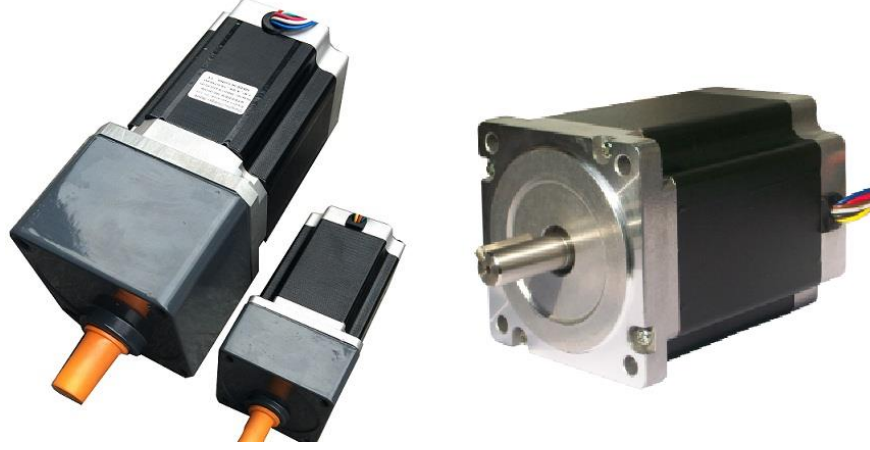
- Malzemenin Adı: AlMgSi 0,5 (AA 6063)
- DIN Standartlarına Göre Malzeme No: DIN 1725 Teil 1 (TS 412)
- Kimyasal Yapı: Si(0,2–0,6%), Mg(0,45–0,90%), Fe(0,35% Max), Ti(0,1% Max), Cr(0,1% Max), Cu(0,1% Max), Mn(0,1% Max), Diğer(0,15% Max)
- Çekme Kuvveti: 215 N/mm²
- Akma Dayanımı: 160 N/mm²
- Elastisite Modülü: 7 kg/mm²
- Genleşme Katsayısı: 23x10⁻⁶ m/°C
- Sertlik: 70 HB
- Kopma Uzaması: A5 %12, A10 %10
- Eloksal Rengi: Mat beyaz
- Eloksal Kalınlığı: 10–30 mikron

4.1.3. Standart elemanların belirlenmesi

Tezgahın genel konstrüksiyonu alüminyum sigma profil olarak seçilmiştir. Elektronik, hareket ve tahrik sistemi için gerekli standart elemanlar araştırılmış, ilgili firmaların kataloglarından fiyat – performans ilişkisi göz önünde bulundurularak standart elemanlar seçilmiştir. Bu sistemlerde kullanılacak malzeme çeşitleri ana başlıklar altında aşağıda ele alınmıştır.

4.1.3.1. Tahrik motor tipinin belirlenmesi

CNC tezgahlarda tahrik için step motor veya servo motor kullanılmaktadır. İlk olarak step motor ve servo motorun genel bir tanımını yaparak, yapılacak olan tezgahın amacına uygun olacak şekilde bir motor tipi seçilecektir.



Şekil 4.3 Step motor [41].

Step motor(Şekil 4.3), elektrik enerjisini dönme hareketine çeviren elektromekanik bir cihazdır. Elektrik enerjisi alındığında rotor ve buna bağlı shaft, sabit açısal birimlerde (step-adım) dönmeye başlar. Step motorlar, sürücü ile çalışırlar ve bu sürücüler çok yüksek hızlı anahtarlama özelliğine sahiptir. Bu sürücü, bir encoder veya PLC' den giriş palsları(sinyal) alır. Alınan her giriş palsında, motor bir adım ilerler. Step motorlar, bir motor turundaki adım sayısı ile adlandırılır. Örnek olarak 200 adımlık bir step motor, bir tam dönüşünde 200 adım yapar. Bu durumda bir adımın açısı “ $360/200 = 1.8$ ” derecedir. Bu değer, step motorun hassasiyetinin bir göstergesidir. Bir devirdeki adım sayısı yükseldikçe step motor hassasiyeti ve dolayısı ile maliyeti artar [43].

Step motorların genel özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Step motorların hassasiyetlerini mikro step tekniği ile 0,07 dereceye kadar düşürmek mümkündür.
- Step motorların bir devirdeki yapmış olduğu adım sayısı yükseldikçe hassasiyeti artar.
- Yan yana bulunan iki sargıya aynı anda sinyal verilerek yarım adım şeklinde çalıştırılabilir.
- Yüksek – hassas pozisyonlama alabilirler.

- Basit ve doğru bir şekilde hız kontrolleri yapılabilir.
- Yüksek duyarlılık ve tutma torkuna sahiptirler [42].

Step motorların avantajları aşağıda sıralanmıştır;

- Adım motorları geri besleme ihtiyacı göstermezler. Bu sayede açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
- Motor hareketlerinde konum hatası yoktur.
- Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca durdurulup çalıştırılabilirler.
- Step motorların mekanik yapıları oldukça basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- Sayısal olarak kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikroişlemci ile kontrol edilirler [42].

Step motorların dezavantajları aşağıda sıralanmıştır;

- Step motorların adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
- Çok yüksek hızlarda kolaylıkla kontrol edilemezler.
- Sürtünme kaynaklı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
- Adım motorlarında elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.
- Step motorlar, DC ve servo motorlara göre daha karmaşık sürücü devrelerine ihtiyaç duyabilirler.
- Yüksek eylemsizliği olan yüklerde yetenekleri sınırlıdır.
- Step motorlar iyi kontrol edilmezse rezonans meydana gelebilir [42].



Şekil 4.4 AC ve DC servo motor [44-45].

Servo motorlar, çok düşük devirlerde (1 dev/dk) bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan motorlardır. Servo motorlar da step motorlar gibi sürücüye ihtiyaç duyar ve bu sürücüler servo motorlarda tümleşik olarak bulunur. Robot teknolojisinde en çok tercih edilen motor çeşididir. Ayrıca hidrolik ve pnomatik gibi alanlarda da kullanılır. Servo motor içerisinde AC veya DC motorlardan herhangi biri bulunmaktadır [43]. Servo motorların genel özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Döndürme momentleri yüksektir.
- Döndürme momentinin iki katına kadar olan değerlere kısa süreli olarak yüklenebilirler.
- Devir sayıları 1-10000 dev/dk arasındaki değerlerden herhangi birisine kolayca ayarlanabilirler.
- Çok sık aralıklı olarak hareket edebilirler. Yani dur-kalk yapma sayılarının çok olması motoru olumsuz etkilemez.
- Atalet (kalkış) momentleri küçük olduğundan verilen komutları gecikme olmadan algılar ve yerine getirirler [46].

Servo motorların avantajları aşağıda sıralanmıştır;

- 10000 dev/dk gibi yüksek devirlerde çalışabilirler.
- Konum kaçırma olmaz. Hareket esnasında pozisyondan ileri gitmiş ise geri alır, geri kalmışsa ileri alarak pozisyon noktasını bulur.
- Yüksek devirlerde yüksek torkta çalışabilirler.

- Torklarının iki katına kadar çıkan durumlarda kısa süreli de olsa çalışırlar [46].

Servo motorların dezavantajları aşağıda sıralanmıştır;

- Eylemsizlik momentleri düşüktür.
- Motor ve sürücüleri pahalıdır.
- Çok tozlu ortamlarda encoderin içine toz girmesinden dolayı çok sorun çıkarırlar.
- Bakım gerektirirler.
- Sabit duracağı durumlarda fren mekanizmasına ihtiyaç duyarlar [46].

Step ve servo motor farkları aşağıda belirtilmiştir.

- Step motorlarda hız arttıkça tork düşerken servo motorlarda böyle bir durum yoktur. Bu yüzden yüksek hız ve tork gerektiren uygulamalarda servo motorlar daha çok avantajlıdır. Fakat yüksek ataletin (eylemsizlik) olduğu durumlarda step motorlar daha avantajlıdır ve durması servo motorlara göre daha güvenlidir.
- Step motorlar daha karardır. Servo motorlar sabit duracağı durumlarda fren mekanizmasına ihtiyaç duyarlar.
- Step motorlarda çoğunlukla encoder olmaz ve açık çevrim çalıştırılır. Servo motorlar genelde kapalı çevrim çalıştırılır.
- Step motorlar ile yapılan çözümler servo motorlara göre daha ucuzdur.
- Servo motorlar step motorlara göre daha fazla hız gerektiren uygulamalarda tercih edilir.
- Profesyonel uygulamalarda servo motorlar tercih edilmektedir. Bunun için de piyasada çeşitli özelliklerde servo motor bulmak ve destek almak daha kolaydır [42].

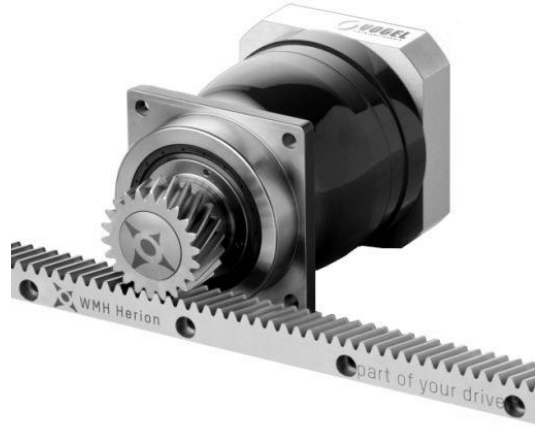
Projemizde yapılan CNC tezgah eğitim amaçlı olduğundan step motor kullanılmıştır. Step motor seçilerek projenin maliyeti azaltılmıştır.

4.1.3.2. Tahrik sisteminin belirlenmesi

CNC eksenlerinin hareketi için kullanılacak hareket sistemleri araştırılarak bilyeli somun ve vidalı mil tahrik sistemi (Şekil 4.5) seçilmiştir. Bu sistem yerine kullanılacak diğer iki sistem kremayer dişli mekanizması (Şekil 4.6) ve triger kayış mekanizmasıdır (Şekil 4.7).



Şekil 4.5 Bilyeli somun ve vidalı mil [47].



Şekil 4.6 Kremayer dişli mekanizması[48].

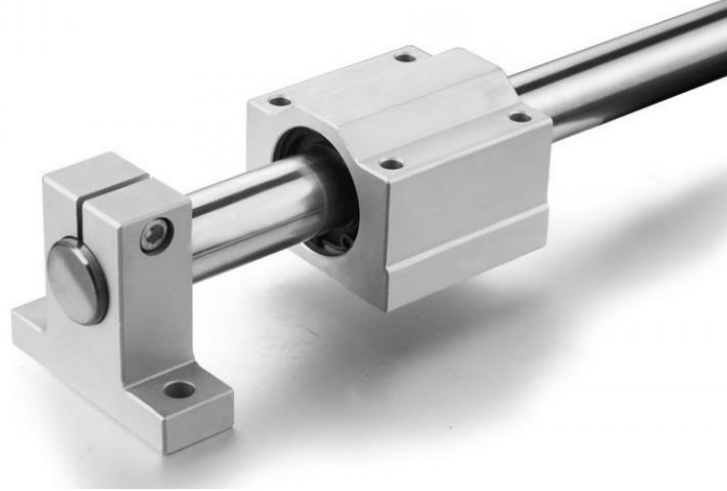


Şekil 4.7 Triger kayış mekanizması [49].

4.1.3.3. Yatak ve kızak sisteminin belirlenmesi

Yataklama sistemi için kullanılabilen standart malzemeler şunlardır:

- Krom kaplı indüksiyonla sertleştirilmiş taşlanmış mil(Şekil 4.8)
- Alt destekli krom mil(Şekil 4.9)
- Doğrusal (kırlangıç) kızak sistemleri(Şekil 4.10)



Şekil 4.8 Krom kaplı indüksiyonla sertleştirilmiş taşlanmış mil [50].

Alt destekli mil ve doğrusal kızak sistemi, krom kaplı indüksiyonla sertleştirilmiş taşlanmış mile göre pahalı olduğu için krom kaplı indüksiyonla sertleştirilmiş taşlanmış mil tipi seçilmiştir.



Şekil 4.9 Alt destekli krom mil [51].



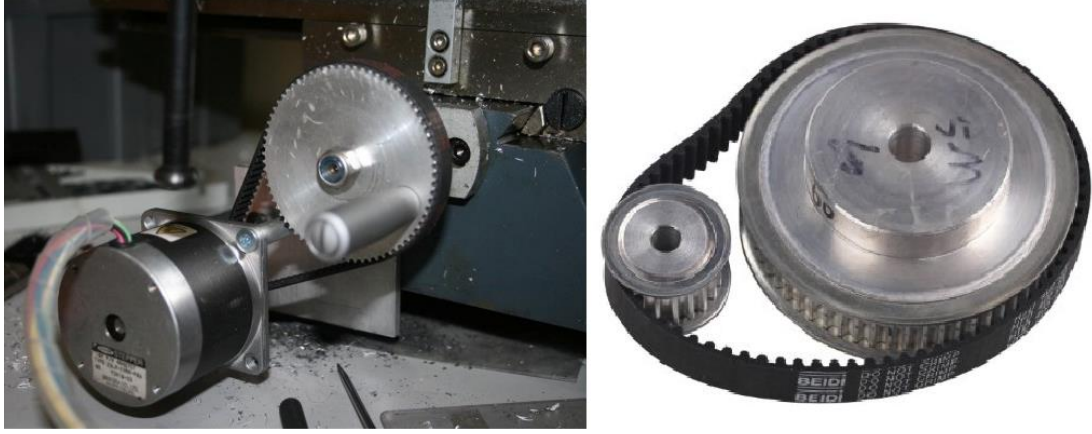
Şekil 4.10 Doğrusal kızak sistemi [52].

4.1.3.4. Motor güç aktarım tipinin belirlenmesi

Güç iletimi için standart olarak kullanılan triger – dişli kasnak (Şekil 4.11) veya kaplin (Şekil 4.12) kullanılmaktadır. Yapacağımız tezgahın boyutları çok büyük olmadığından, alüminyum konstrüksiyon kullanılacağından ve triger sisteminin montajında daha fazla işçilik gerektiğinden kaplin seçilmiştir.



Şekil 4.11 Kaplin çeşitleri [53].



Şekil 4.12 Triger - dişli kasnak sistemi [54].

4.1.4. Hesaplamalar

Çizelge 4.3 Tezgah parametreleri

Tezgah Tipi	CNC Freze Tezgahı
Gövde	Alüminyum
Tahrik Şekli	Step Motor ve Vidalı Mil
İşleme Kapasitesi	500x650x120 mm
Öngörülen Maksimum Kesme Derinlikleri	Mdf: 5mm - Alüminyum: 3mm Mermer: 1mm - Pirinç: 3mm

4.1.4.1. Kesme kuvvetlerinin ve kesme gücünün hesabı

Kesme kuvvetlerinin hesabı 7075 T6 serisi alüminyum malzeme işlendiği düşünülerek ve orta ağırlıkta işlemede tezgah üzerine binen kuvvetler dikkate alınarak yapılacaktır.

Kesici takım çapı : $D = 12 \text{ mm}$

Kesme derinliği : $a = 3 \text{ mm}$

Kesici takım ağız sayısı : $z = 3$

Kesici takımın işlenecek malzemeye temas açısı : $X = 90^\circ$

Kesici takımın dişi başına düşen ilerleme : $S_z = 0,5 \text{ mm/diş}$ (Çizelge 4.5)

Yana kayma değeri : $B = 6 \text{ mm}$

Al 7075 özgül kesme kuvveti (Kopma dayanımı) : $K_s = 800 \text{ N/mm}^2$ (Çizelge 4.4)

Kesici takım kesme hızı : $V_c = 40 \text{ m/dk}$ (Çizelge 4.5)

Çizelge 4.4 Basitleştirilmiş yöntemle K_s değerleri [55]

İşlenecek Malzeme	K_s [N/mm ²]
St 60	1600
St 70	1900
İslah Çelikleri ($\sigma_k < 100$ N/mm)	1350
İslah Çelikleri ($\sigma_k < 1400$ N/mm)	3500
Cr-Ni Çelikleri	3000
Mn Çelikleri	4800
Dökme Çelik	1500
Dökme Demir	2000
Al-Cu-Mg Alaşım	800

Çizelge 4.5 Kesme parametreleri [55]

Parça Malzemesi	İşleme Tarzı	S_z (mm/diş)	V (m/dak)	Takım Açılıları				Sert Metal
				α	γ	γ_f	λ	
St 50-St 60 C 35-C45	Kaba	0.2 - 0.5	100 180	8-12	5-10	-4	-8	P 25'ten K 40'a kadar.
	İnce	0.1-0.2	120 200					
St 70-St 85 ve az alaşımlı çelikler	Kaba	0.2-0.5	70-140	8-12	5-10	-10	-8	
	İnce	0.1-0.2	90-180					
Yüksek alaşımlı çelikler	Kaba	0.2-0.4	50-100	8-10	5	-10	-8	
	İnce	0.1-0.2	70-120					
GS45-GS 52	Kaba	0.2-0.4	60-100	8-10	5-10	-10	-8	
	İnce	0.1-0.2	70-120					
GG25- GG30	Kaba	0.2-0.5	60-120	8-12	0-8	-4	-8	
	İnce	0.2-0.3	80-140					
Ms58- Ms63	Kaba	0.2-0.4	80-140	8-10	10-12	0	-8	
	İnce	0.1-0.3	90-150					
Al Alaşım (9-13%Si) G-ALSi	Kaba	0.1-0.6	40 600	8-12	12-20	0 +15'e kadar	-4 +4'e kadar	K 10'da n K 20'ye kadar.

Spindle(fener mili) devir sayısı

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad [4.1]$$

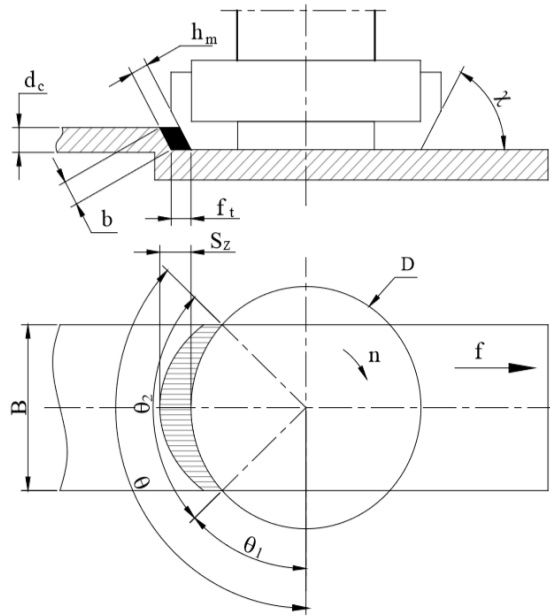
$$N = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 12} = 1061 \text{ dev/dk}$$

Kesici ilerleme hızı(V_f)

$$V_f = N \cdot Z \cdot S_z \quad [4.2]$$

$$V_f = 1061 \cdot 3 \cdot 0,5 = 1591,5 \text{ mm/dk} = 1.59 \text{ m/dk}$$

Temas açısının hesabı (φ_s)



Şekil 4.13 Sert metal plaketsli freze başlıkları için talaş boyutları [55].

$$\varphi_s = \varphi_1 - \varphi_2 \quad [4.3]$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{\left(\frac{D}{2}\right) - A_1}{\frac{D}{2}} = 1 - \left(2 \cdot \frac{A_1}{D}\right) \quad [4.4]$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{\left(\frac{D}{2}\right) - A_2}{\frac{D}{2}} = 1 - \left(2 \cdot \frac{A_2}{D}\right) \quad [4.5]$$

$\varphi_1 = 0$ olduğunda $A_1 = 0$ 'dır;

Bu durumda $\varphi_s = -\varphi_2$ 'dir.

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = 1 - (2 \cdot A_2/D)$$

$A_2 = B$ olduğunda;

$$\cos \varphi_s = 1 - (2 \cdot B/D)$$

$$\cos \varphi_s = 1 - \left(\frac{2 \cdot 6}{12}\right) = 0 \rightarrow \varphi_s = 90^\circ \text{ dir.}$$

Talaş boyutları (h)

Asimetrik frezelemeye göre hesaplamalar yapılmıştır.

$$h_m = \left(\frac{180}{\pi \cdot \varphi_s}\right) \cdot s_z \cdot \sin \gamma \cdot (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) \quad [\text{mm}] \quad [4.6]$$

$$h_m = \left(\frac{180}{\pi \cdot 90}\right) \cdot 0,5 \cdot \sin 90 \cdot (\cos 0 - \cos 90)$$

$$h_m = 0,318 \text{ mm (Talaş kalınlığı)}$$

$$b = \frac{a}{\sin \gamma} \quad [\text{mm}] \quad [4.7]$$

$$b = 3 / \sin 90$$

$$b = 3 \text{ mm (Talaş genişliği)}$$

$$A_s = b \cdot h_m \quad [\text{mm}^2] \quad [4.8]$$

$$A_s = 3 \cdot 0,318$$

$$A_s = 0,954 \text{ mm}^2 \text{ (Ortalama talaş kesiti)}$$

Aynı anda temas eden diş sayısı (Z_e)

$$Z_e = Z \cdot \varphi_s / 360 \quad [4.9]$$

$$Z_e = 3 \cdot 90 / 360$$

$$Z_e = 0,75 \text{ diş}$$

Kesme kuvvetleri (F_s)

Kesme kuvvetlerinin hesabında ilerleme kuvveti ihmal edilecektir.

Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti;

$$F_{sz} = A_s \cdot K_s \quad [4.10]$$

$$F_{sz} = 0,954 \cdot 800$$

$$F_{sz} = 763,2 \text{ N}$$

CNC'ye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti;

$$F_s = Z_e \cdot F_{sz} \quad [4.11]$$

$$F_s = 0,75 \cdot 763,2$$

$$F_s = 572,4 \text{ N}$$

Gerekli kesme gücü (P_s)

$$P_s = \frac{F_s \cdot V_c}{60 \cdot 1000} \quad [\text{kW}] \quad [4.12]$$

$$P_s = \frac{572,4 \cdot 40}{60000}$$

$$P_s = 0,382 \text{ kW} = 382 \text{ W}$$

$$P_m = P_s / \eta = 382 / 0,8 = 477,5 \text{ W}$$

Spindle (freze) için Makita'nın 550W el frezesi seçilmiştir. Maksimum devri 30000 dev/dk' dır.

4.1.4.2. Z eksenini hesaplamaları

a) Doğrusal yatak seçimi

Parça işleme esnasında Z eksenini doğrusal yataklarına etki eden kuvvetler, X ve Y ekseninin hareketleriyle doğrusal yataklara gelen kesme kuvvetleridir. Bu kuvvetler daha önceden hesaplanan CNC' ye karşılık gelen ortalama kesme kuvvetinin ilerleme kuvveti bileşenidir. Burada Z ekseninin ağırlığından oluşan kesme kuvveti ihmal edilerek emniyet katsayısı yüksek tutulacaktır.

$$F_v = 0,3 \cdot F_s \quad [4.13]$$

$$F_v = 0,3 \cdot 572,4$$

$$F_v = 171,72 \text{ N}$$

Titreşimli çalışan takım tezgahları için belirlenen 2,5 – 7 emniyet katsayıları arasından emniyet katsayısı 7 seçilmiştir [55].

$$k = 7 \text{ (Emniyet katsayısı)}$$

$$F_{ECaz-yatak} = k \cdot F_v \quad [4.14]$$

$$F_{ECaz-yatak} = 7 \cdot 171,72$$

$$F_{ECaz-yatak} = 1202,04 \text{ N}$$

Eksende 4 adet lineer rulman kullanılacaktır. Bu nedenle emniyetli dinamik yük dörde bölünecektir.

Ek 1' deki SAMICK firmasının kataloğundan, dinamik yüklemeye göre SCE20UU seçilmiştir.

$$C_{aSCE20UU} = 860 \text{ N} > 300,51 \text{ N olduğundan emniyetlidir.}$$

b) Vidalı mil ve bilyeli somun seçimi

Vidalı mile etki eden kuvvetler radyal kesme kuvveti, ilerleme direnci ve Z ekseninin taşıdığı ağırlıktır (spindle, tabla, yataklar...).

$$Z \text{ eksenindeki bileşenlerin toplam ağırlığı : } m_z = 6,2 \text{ kg}$$

$$F_{m_z} = m_z \cdot g \quad [4.15]$$

$$F_{m_z} = 6,2 \cdot 9,81$$

$$F_{m_z} = 60,82 \text{ N (Ağırlıktan dolayı oluşan kuvvet)}$$

$$F_r = 0,85 \cdot F_s \quad [4.16]$$

$$F_r = 0,85 \cdot 572,4$$

$$F_r = 486,54 \text{ N (Radyal kesme kuvveti)}$$

$$F_{iDz} = (F_r + F_{m_z}) \cdot \mu \quad [4.17]$$

$$F_{iDz} = (60,82 + 486,54) \cdot 0,1$$

$$F_{iDz} = 54,74 \text{ N (İlerleme direnci)}$$

$$F_{Caz} = (F_r + F_{m_z} - F_{iDz}) \quad [4.18]$$

$$F_{Caz} = (486,54 + 60,82 - 54,74)$$

$$F_{Caz} = 492,62 \text{ N (Z eksenindeki dinamik yükleme)}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECaz} = 492,62 \cdot 7$$

$$F_{ECaz} = 3448,34 \text{ N (Z ekseninde emniyetli dinamik yükleme)}$$

TBIMOTION firmasının kataloğundan vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında (Ek 2);

$$L_z = 250 \text{ mm (Z eksenini sabitleme rulmanları arası mesafe)}$$

$$F_{ECaz} = 3448,34 \text{ N} = 351,63 \text{ kgf}$$

Gerekli vidalı mil çapı 16 mm bulunmuştur.

TBIMOTION firmasının kataloğundan vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve maksimum devire göre bakıldığında (Ek 3);

$$N_m = \frac{V \cdot R}{P_B} \quad [4.19]$$

$$V = 5000 \text{ mm/dk (Max motor devri)}$$

$$R = 1 \text{ (Redüksiyon oranı)}$$

$P_B = 5 \text{ mm}$ (Vida adımı)

$$N_m = \frac{5000.1}{5}$$

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

Gerekli vidalı mil çapı 12 mm bulunmuştur.

Dinamik yüke göre firma kataloğundan bakıldığında 16 mm bulunduğundan dolayı vidalı mil çapı 16 mm seçilmiştir.

Somun seçimi için yine TBIMOTION firmasının kataloğundan dinamik yüklemeye göre SFU1605-4 bilyeli somun seçilmiştir.

$$F_{ECaz} = 351,63 \text{ kgf} < F_{Ca} = 1380 \text{ kgf} \text{ olduğundan emniyetlidir.}$$

c) Rulman seçimi

Rulmanlar için FYH firmasının kataloğundan yararlanılmıştır. Dinamik yüke bakılarak UFL000(Ek 4) rulmanı seçilmiştir. Eksende 2 adet rulman kullanılacağı için vidalı milin maksimum dinamik yükünün yarısına bakılarak UFL000 (Ek 4) rulmanı seçilmiştir.

$$\frac{F_{ECaz}}{2} = 1724,17 \text{ N} = 1,7 \text{ kN} < F_{Ca-UFL000} = 1,95 \text{ kN} \text{ olduğundan emniyetlidir.}$$

d) Step motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

$$P = (F_{ECaz} \cdot V_{max})/\eta \text{ (watt)} \quad [4.20]$$

$$\eta = 0,9 \text{ (verim)}$$

$$V_{max} = 5 \text{ m/dk} = 0,0833 \text{ m/s}$$

$$P = (3448,34 \cdot 0,0833)/0,9$$

$$P = 319 \text{ watt}$$

Kaplin ve montajdaki olabilecek aksenal kaçıklıklar için 2 emniyet katsayısı ile çarpılacaktır.

$$P_z = 111 \cdot 2 = 638 \text{ W}$$

Step motor olarak www.sahinrulman.com sitesinden 4,2 Nm tutma torklu 86BHH80-Y420C-Y32B (Ek 5) numaralı ekonomik fiyatlı step motor seçilmiştir.

4.1.4.3. X eksenini hesaplamaları

a) Doğrusal yatak seçimi

X eksenini hareketi esnasında Z eksenini de taşımaktadır. Bu eksene etki edecek kuvvetler ilerleme kuvveti ve Z ekseninin ağırlığından oluşan kuvvettir.

$$F_v = 171,72 \text{ N}$$

$$m_{Tz} = 12 \text{ kg}$$

$$F_{m_{Tz}} = m_{Tz} \cdot g \quad [4.21]$$

$$F_{m_{Tz}} = 12 \cdot 9,81 = 117,72 \text{ N}$$

$$F_{Cax-yatak} = F_v + F_{m_{Tz}} \quad [4.22]$$

$$F_{Cax-yatak} = 171,72 + 117,72 = 289,44 \text{ N}$$

Emniyet katsayısı 7 seçildi.

$$F_{ECax-yatak} = 289,44 \cdot 7 = 2026,08 \text{ N}$$

Eksende 4 adet lineer rulman kullanılacaktır. Bu nedenle emniyetli dinamik yük dörde bölünecektir.

Ek 1' deki SAMICK firmasının katalogundan, dinamik yüklemeye göre SCE20UU seçilmiştir.

$$C_{aSCE20UU} = 860 \text{ N} > 506,52 \text{ N} \text{ olduğundan emniyetlidir.}$$

b) Vidalı mil ve bilyeli somun seçimi

Vidalı mile etki eden kuvvetler ilerleme kuvveti ve Z ekseninin ağırlığından oluşan kesme kuvvetidir.

$$F_v = 171,72 \text{ N}$$

$$F_{m_{Tz}} = 117,72 \text{ N}$$

$$F_{Cax} = F_v + F_{m_{Tz}} \quad [4.23]$$

$$F_{Cax} = 171,72 + 117,72$$

$$F_{Cax} = 289,44 \text{ N (X eksenindeki dinamik yüklemeye)}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECax} = 289,44 \cdot 7$$

$$F_{ECax} = 2026,08 \text{ N} = 206,6 \text{ kgf}$$

TBIMOTION firmasının kataloğundan vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında (Ek 2);

$$L_x = 700 \text{ mm (X eksenli sabitleme rulmanları arası mesafe)}$$

$$F_{ECax} = 206,6 \text{ kgf}$$

Gerekli vidalı mil çapı 16 mm bulunmuştur.

TBIMOTION firmasının kataloğundan vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve maksimum devire göre bakıldığında (Ek 3);

$$N_m = \frac{V \cdot R}{P_B} \quad [4.24]$$

$$V = 5000 \text{ mm/dk (Max motor devri)}$$

$$R = 1 \text{ (Redüksiyon oranı)}$$

$$P_B = 5 \text{ mm (Vida adımı)}$$

$$N_m = \frac{5000 \cdot 1}{5}$$

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

Gerekli vidalı mil çapı 12 mm bulunmuştur.

Dinamik yüke göre firma kataloğundan bakıldığında 16 mm bulunduğu için dolayı vidalı mil çapı 16 mm seçilmiştir.

Somun seçimi için yine TBIMOTION firmasının kataloğundan somuna etkiyen dinamik yüke göre seçilecektir. Somuna etkiyen kuvvetler ilerleme kuvveti ve ilerleme direncidir.

$$F_v = 171,72 \text{ N}$$

$$F_{mTz} = 117,72 \text{ N}$$

$$\mu = 0,1 \text{ (Somun ve vidalı mil sürtünme katsayısı)}$$

$$F_{iDx} = (F_v + F_{mTz}) \cdot \mu \quad [4.25]$$

$$F_{iDx} = (171,72 + 117,82) \cdot 0,1$$

$$F_{iDx} = 28,95 \text{ N (İlerleme direnci)}$$

$$F_{\text{Cax-somun}} = F_v + F_{\text{IDx}} \quad [4.26]$$

$$F_{\text{Cax-somun}} = 171,72 + 28,95$$

$$F_{\text{Cax-somun}} = 200,67 \text{ N}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{\text{ECax-somun}} = 62,06 \cdot 7 = 1404,69 \text{ N} = 143,2 \text{ kgf}$$

Katalogdan dinamik yüklemeye göre SFU1605-4 bilyeli somun seçilmiştir.

$$F_{\text{ECax-somun}} = 143,2 \text{ kgf} < F_{\text{Ca}} = 1380 \text{ kgf} \quad \text{olduğundan emniyetlidir.}$$

c) Rulman seçimi

Rulmanlar için FYH firmasının katalogundan yararlanılmıştır. Eksende 2 adet rulman kullanılacağı için vidalı milin maksimum dinamik yükünün yarısına bakılarak UFL000 (Ek 4) rulmanı seçilmiştir.

$$\frac{F_{\text{ECax}}}{2} = 1013,04 \text{ N} = 1,01 \text{ kN} < F_{\text{Ca-UFL000}} = 1,95 \text{ kN} \quad \text{olduğundan emniyetlidir.}$$

d) Step motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

$$P = (F_{\text{ECax}} \cdot V_{\text{max}}) / \eta \quad (\text{watt}) \quad [4.27]$$

$$\eta = 0,9 \quad (\text{verim})$$

$$V_{\text{max}} = 5 \text{ m/dk} = 0,0833 \text{ m/s}$$

$$P = (2026,08 \cdot 0,0833) / 0,9$$

$$P = 187,6 \text{ watt}$$

Kaplin ve montajdaki olabilecek aksenal kaçıklıklar için 2 emniyet katsayısı ile çarpılacaktır.

$$P_z = 187,6 \cdot 2 = 375,2 \text{ W}$$

Step motor olarak www.sahinrulman.com sitesinden 4,2 Nm tutma torklu 86BHH80-Y420C-Y32B(Ek 5) numaralı ekonomik fiyatlı step motor seçilmiştir.

4.1.4.4. Y ekseni hesaplamaları

a) Doğrusal yatak seçimi

Y ekseni hareketi esnasında X ve Z ekseninin ağırlığını da taşımaktadır. Bu eksene etki edecek kuvvetler ilerleme kuvveti ve taşıdığı ağırlığın kuvvetidir.

$$F_v = 171,72 \text{ N}$$

$$m_{\text{Txz}} = 35 \text{ kg}$$

$$F_{mTxz} = m_{Txz} \cdot g \quad [4.28]$$

$$F_{mTxz} = 35 \cdot 9,81$$

$$F_{mTxz} = 343,35 \text{ N}$$

$$F_{Cay} = F_v + F_{mTxz} \quad [4.29]$$

$$F_{Cay} = 515,07 \text{ N}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECay} = 515,07 \cdot 7 = 3605,49 \text{ N (Y eksenindeki emniyetli dinamik yükleme)}$$

Eksende 4 adet lineer rulman kullanılacaktır. Bu nedenle emniyetli dinamik yük dörde bölünecektir.

Ek 1' deki SAMICK firmasının kataloğundan, dinamik yüklemeye göre SCE25UU seçilmiştir.

$$C_{aSCE25UU} = 980 \text{ N} > 901,37 \text{ N olduğundan emniyetlidir.}$$

b) Vidalı mil ve bilyeli somun seçimi

Vidalı mile etkileyen kuvvetler ilerleme kuvveti ve taşıdığı toplam ağırlığın (X ve Z ekseninin toplam ağırlığı) kuvvetidir.

$$F_v = 171,72 \text{ N}$$

$$F_{mTxz} = 343,35 \text{ N}$$

$$F_{Cay-mil} = F_v + F_{mTxz} \quad [4.30]$$

$$F_{Cay-mil} = 515,07 \text{ N}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECay-mil} = 515,07 \cdot 7 = 3605,49 \text{ N}$$

TBIMOTION firmasının kataloğundan vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında (Ek 2);

$$L_y = 877 \text{ mm (Y eksenini sabitleme rulmanları arası mesafe)}$$

$$F_{ECay} = 3605,49 \text{ N} = 367,66 \text{ kgf}$$

Gerekli vidalı mil çapı 16 mm bulunmuştur.

TBIMOTION firmasının kataloğundan vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve maksimum devire göre bakıldığında (Ek 3);

$$N_m = \frac{V \cdot R}{P_B} \quad [4.31]$$

$V=5000$ mm/dk (Max motor devri)

$R=1$ (Redüksiyon oranı)

$P_B= 5$ mm (Vida adımı)

$$N_m = \frac{5000 \cdot 1}{5}$$

$N_m = 1000$ dev/dk

Gerekli vidalı mil çapı 16 mm bulunmuştur.

Y eksenli vidalı mil çapı 16 mm seçilmiştir.

Somun seçimi için yine TBIMOTION firmasının kataloğundan somuna etkiyen dinamik yüke göre seçilecektir. Somuna etkiyen kuvvetler ilerleme kuvveti ve ilerleme direncidir.

$F_v = 171,72$ N

$F_{m_{T_{xz}}} = 343,35$ N

$\mu = 0,1$ (Somun ve vidalı mil sürtünme katsayısı)

$$F_{iDy} = (F_v + F_{m_{T_{xz}}}) \cdot \mu \quad [4.32]$$

$F_{iDy} = (171,72 + 343,35) \cdot 0,1$

$F_{iDy} = 51,5$ N (İlerleme direnci)

$$F_{Cay-somun} = F_v + F_{iDy} \quad [4.33]$$

$F_{Cay-somun} = 171,72 + 51,5$

$F_{Cay-somun} = 223,22$ N

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$F_{ECay-somun} = 223,22 \cdot 7 = 1562,54$ N = 159,34 kgf

Katalogdan dinamik yüklemeye göre SFU1605-4 bilyeli somun seçilmiştir.

$F_{ECay-somun} = 159,34 \text{ kgf} < F_{Ca} = 1380 \text{ kgf}$ olduğundan emniyetlidir.

c) Rulman seçimi

Rulmanlar için FYH firmasının katalogundan yararlanılmıştır. Eksende 2 adet rulman kullanılacağı için vidalı milin maksimum dinamik yükünün yarısına bakılarak UFL000(Ek 4) rulmanı seçilmiştir.

$$\frac{F_{ECay}}{2} = 1802,7 \text{ N} = 1,8 \text{ kN} < F_{Ca-UFL000} = 1,95 \text{ kN} \text{ olduğundan emniyetlidir.}$$

d) Step motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

$$P = (F_{ECay} \cdot V_{max})/\eta \text{ (watt)} \quad [4.34]$$

$$\eta = 0,9 \text{ (verim)}$$

$$V_{max} = 5 \text{ m/dk} = 0,0833 \text{ m/s}$$

$$P = (3605,49 \cdot 0,0833)/0,9$$

$$P = 333 \text{ watt}$$

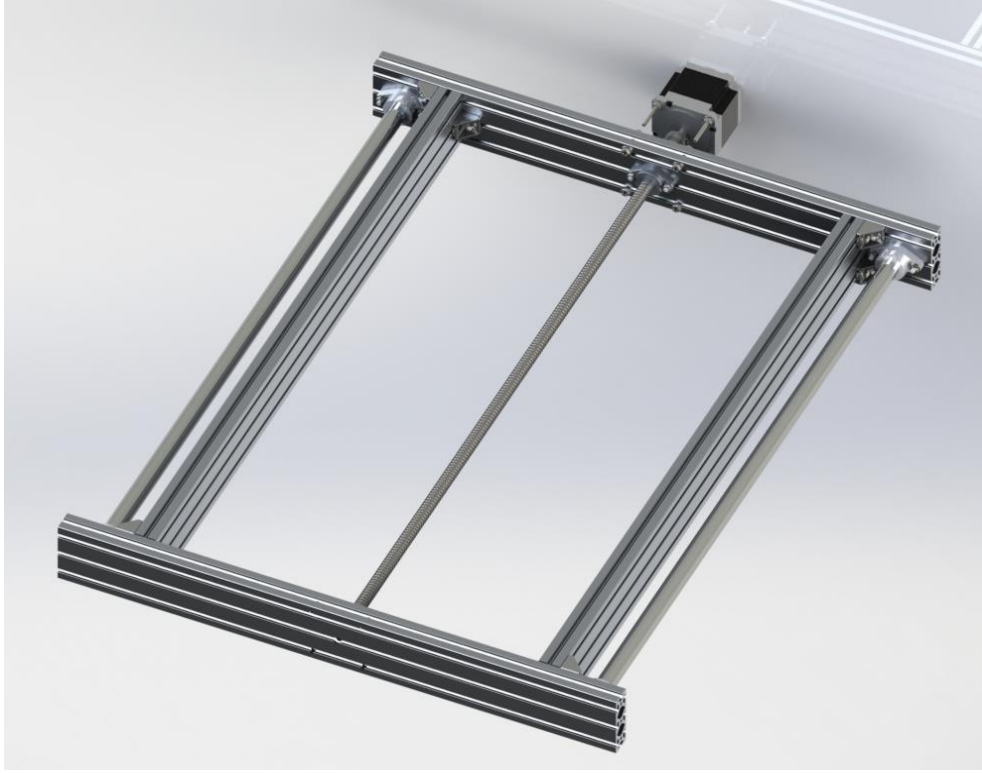
Kaplin ve montajdaki olabilecek aksenel kaçıklıklar için 2 emniyet katsayısı ile çarpılacaktır.

$$P_z = 333 \cdot 2 = 666 \text{ W}$$

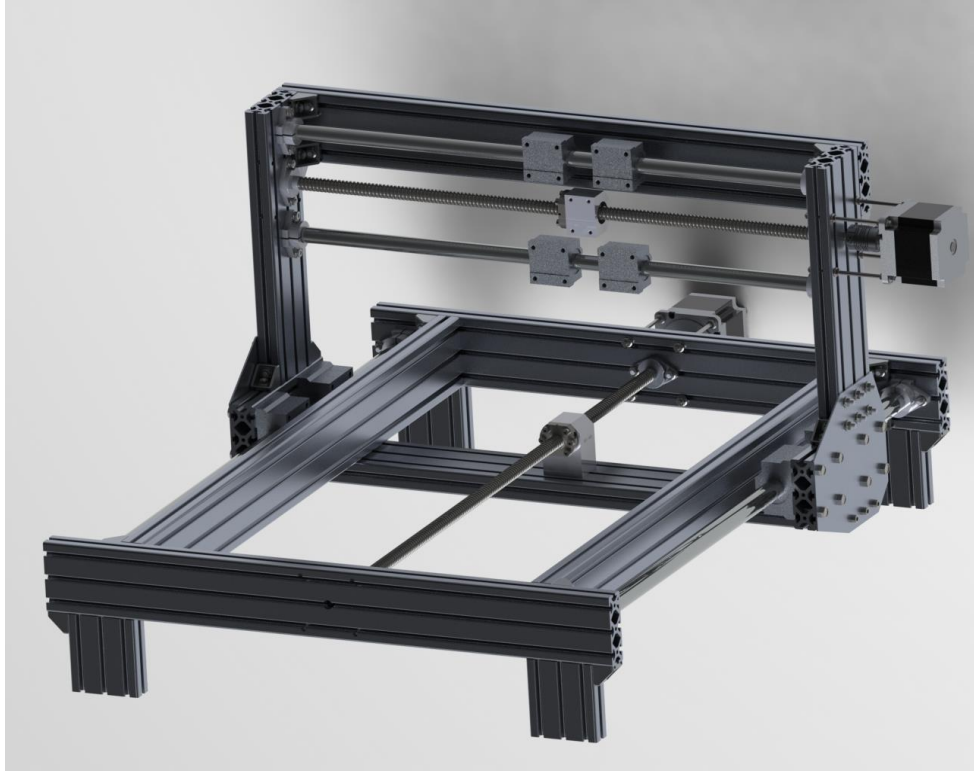
Step motor olarak www.sahinrulman.com sitesinden 4,2 Nm tutma torklu 86BHH80-Y420C-Y32B(Ek 5) numaralı ekonomik fiyatlı step motor seçilmiştir.

4.1.5. Sistemin modellenmesi

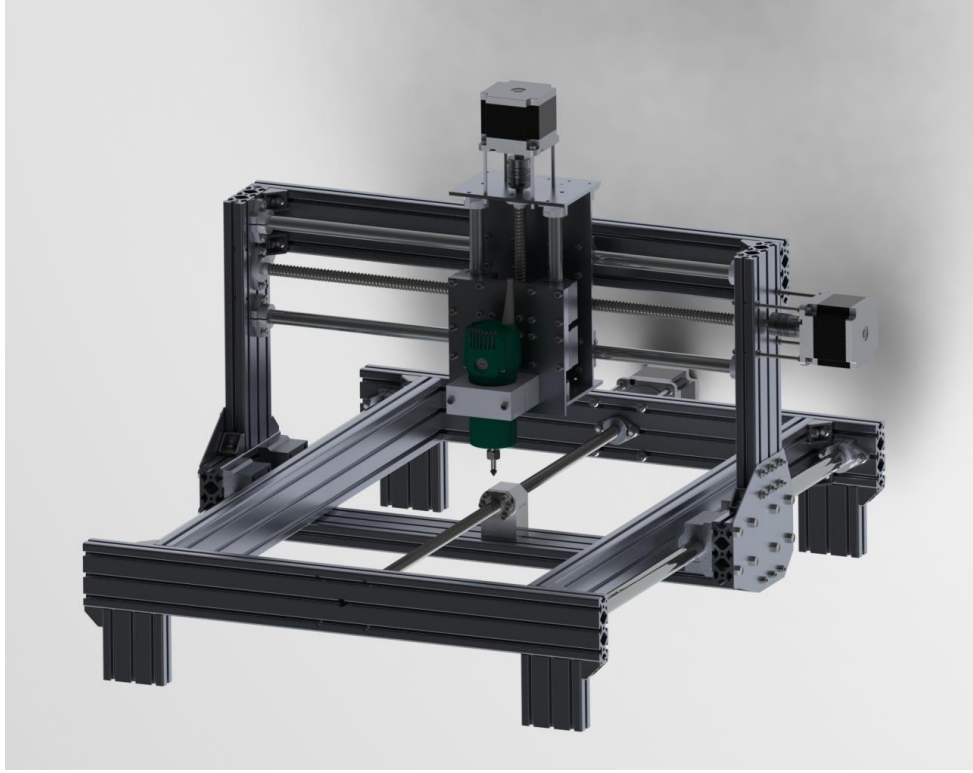
CNC freze' nin hareket sistemleri, tahrik sistemleri ve kullanılacak elemanlara karar verildikten sonra Solidworks programında tasarım modellenmiştir. Tasarımda ilk olarak parçalar modellendi ve modellenen parçalar programda montajlanmıştır. Aşağıda bazı modelleme aşamaları gösterilmiştir (Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17) .



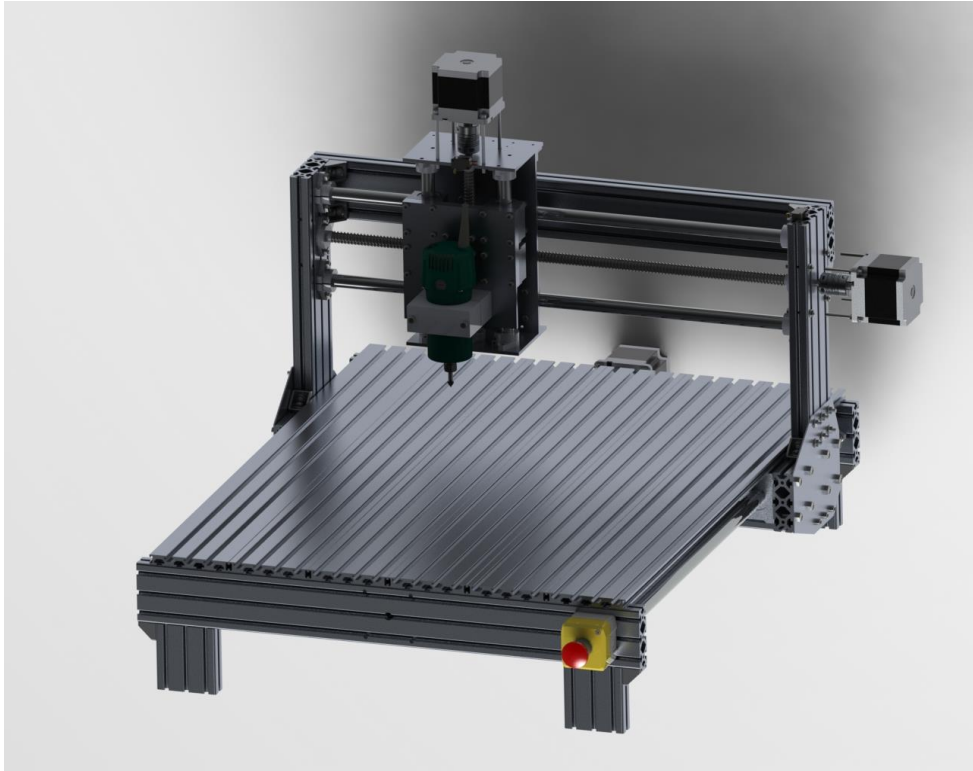
Şekil 4.14 Y ekseni montajı.



Şekil 4.15 X ve Y ekseni montajı.



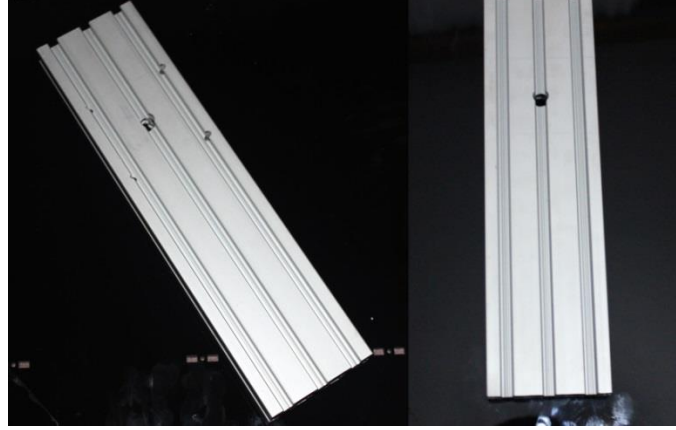
Şekil 4.16 X, Y ve Z ekseni montajı.



Şekil 4.17 X, Y, Z ekseni ve tabla montajı.

4.2. Tezgahın İmalatı

3D tasarımı yapılan tezgahın programda teknik resimleri çıkartılarak parçalar ölçülerine uygun olarak işlenmiştir. İlk olarak sigma profiller boyutlarına göre kesilip delikleri delinmiştir (Şekil 4.18, Şekil 4.19).

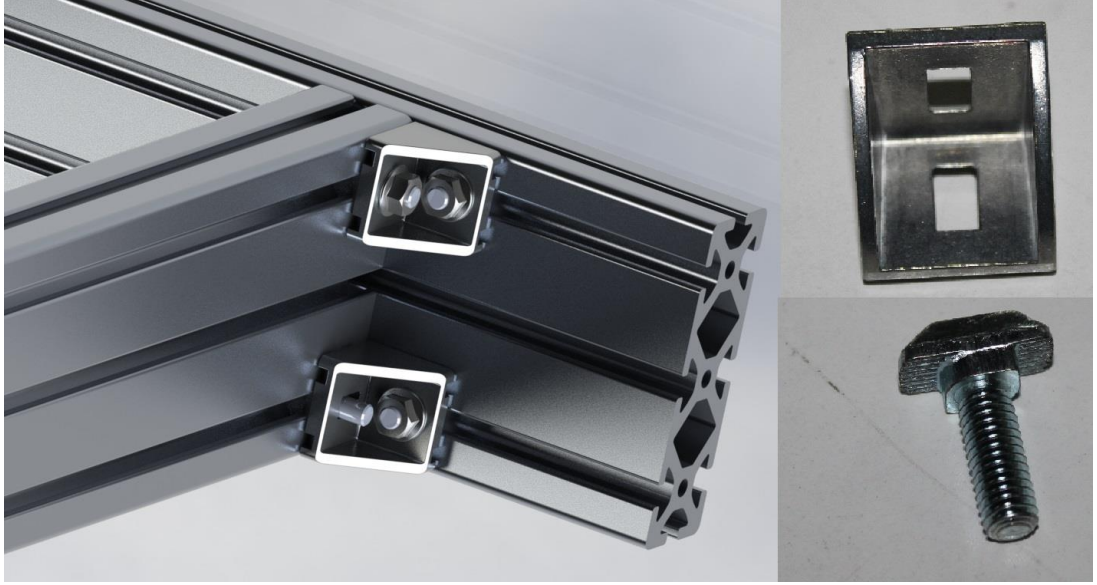


Şekil 4.18 İşlenmiş sigma profiller.



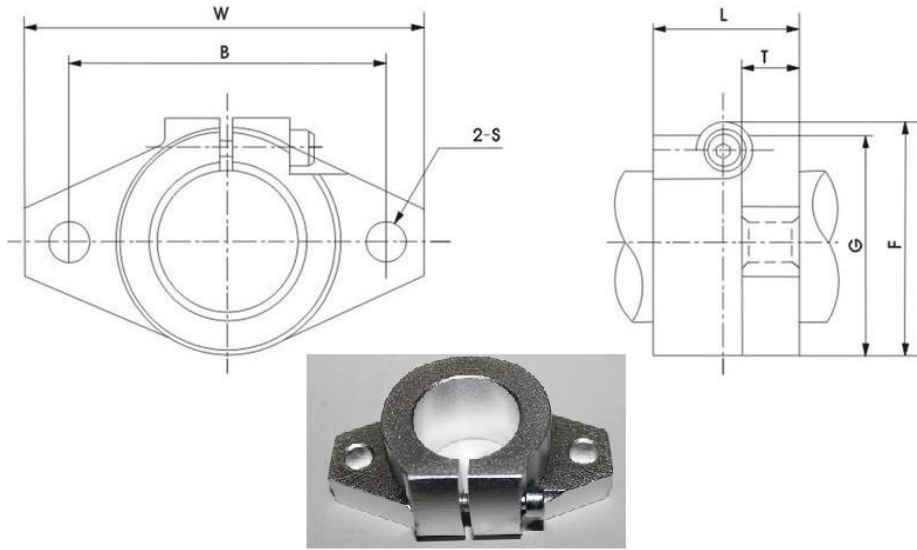
Şekil 4.19 İşlenmiş sigma profiller.

Teknik resimlere göre krom kaplı indüksiyonlu miller, vidalı miller işlenmiştir. Sigma profillerin birleştirilmesinde 30x30x30 mm boyutlarında alüminyum köşebent kullanılmıştır. Birleştirme civatası olarak M6 kanal civataları kullanılmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Köşe bağlantısı ve somunu.

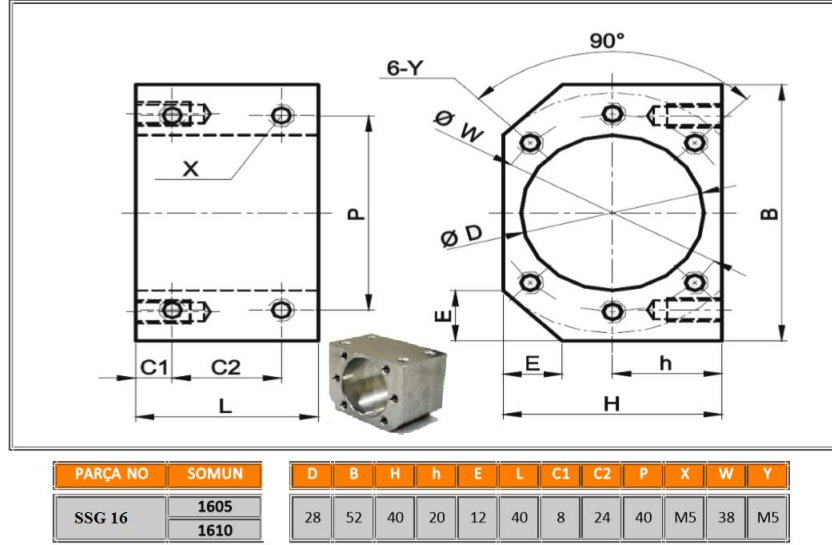
Krom kaplı indüksiyonlu milleri sabitlemek için SHF serisi lineer mil tutucular kullanılmıştır (Şekil 4.21).



MODEL NO.	SHAFT DIAMETER	MAIN DIMENSIONS							DESIGNATION OF CLAMPING BOLT	DESIGNATION OF MOUNTING BOLT	WEIGHT (Kg)
		W	L	T	F	G	B	S			
SHF20	20	60	20	8	37	34	48	7	M5	M6	0.040
SHF25	25	70	25	10	42	40	56	7	M5	M6	0.060

Şekil 4.21 SHF serisi mil tutucular [56].

Vidalı milin somununu hareket ettireceği eksene sabitlemek için SSG serisi SSG-16 somun tutucu kullanılmıştır (Şekil 4.22).



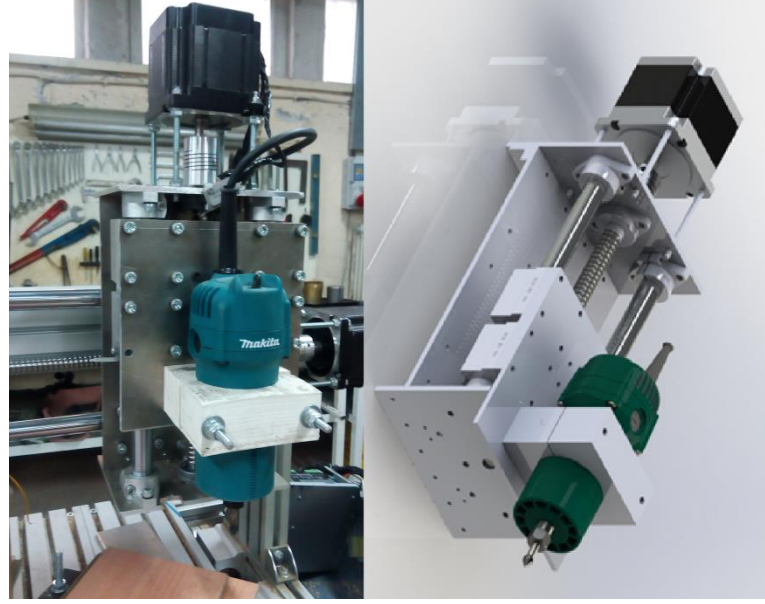
Şekil 4.22 SSG 16 vidalı mil somun gövdesi [57].

Vidalı miller boylarına göre kesilip millerin ucu UFL000 rulmanının iç çapı olan 10mm' ye tornalanmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Vidalı milin tornalanması.

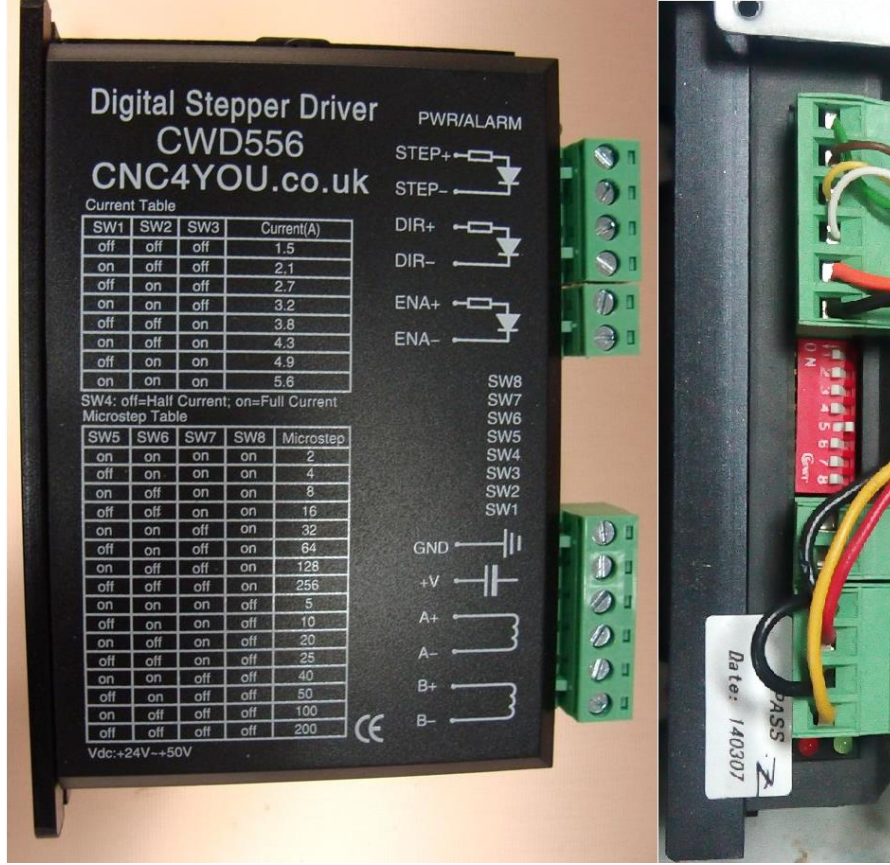
Z eksenini konstrüksiyon malzemesi olarak alüminyum 7075 serisi T6 ısıt işlemin görmüş 5mm kalınlıklı levha kullanılmıştır. Levha önce boyutlarına göre kesilip, radyal matkapla delikleri delinerek montajlanmıştır (Şekil 4.24) .



Şekil 4.24 Z eksenini montajı.

4.3. Step Motor Sürücülerini ve Kontrol Kartı

Hesaplamalara göre seçilen step motorlar minimum 3,6 volt ve maksimum 4,2 A ile çalışmaktadır. Bu değerlere göre CWD556 kodlu mikro step sürücü (Şekil 4.25) özellikli step motor sürücülerini seçilmiştir. Sürücü 1,5-5,6 Amper ve 24-50 V aralığında çalışmaktadır. Seçilen sürücünün maksimum 1/256 oranında adım bölme özelliği vardır. Bu oran ile bir turu 200 adım olan bir step motorun bir turunu 51200 adıma bölebiliriz. Bu sayede daha hassas makineler yapabiliriz. Yapılan tezgahta 1/4 mikro step özelliği kullanılmıştır.



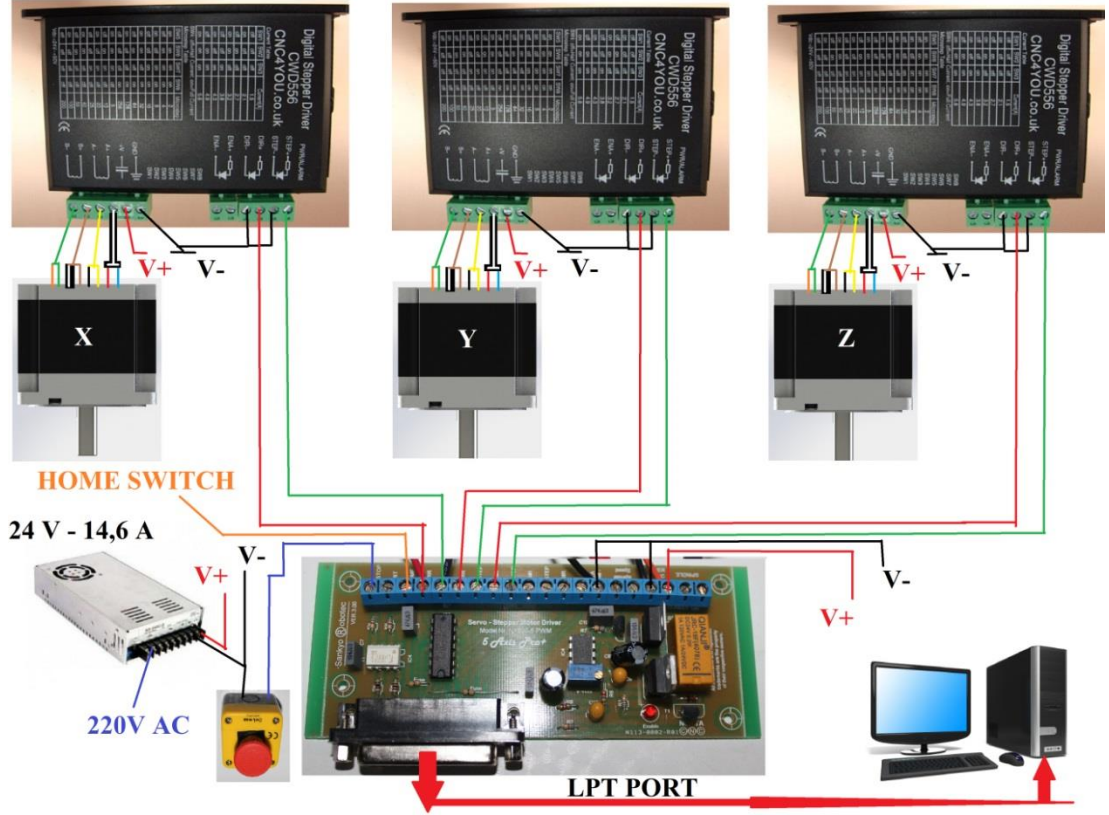
Şekil 4.25 CWD556 step motor sürücüsü.

Kontrol kartı için 5 eksen kontrol edebilen LPT portlu NX-600 PWM kontrol kartı seçilmiştir (Şekil 4.26). Kontrol kartının spindle kontrol, home switch ve limit switch özellikleri vardır.



Şekil 4.26 5 eksen kontrol kartı.

Güç kaynağı olarak 24 Volt 14,6 Amper SMPS güç kaynağı kullanılmıştır. Elektronik devre kurulum şeması aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27 Elektronik devre kurulum şeması.

4.4. Tezgahın Teorik Hassasiyeti

Hassasiyet tezgahın hareket sınırları içinde komut olarak verilen pozisyona gitme kabiliyetidir . Buna göre hassasiyeti formülize edecek olursak;

“Hassasiyet = Bir Devirdeki Doğrusal İlerleme / Motorun Bir Devrindeki Adım Sayısı” diyebiliriz.

Buna göre;

Hareket millerinin hatvesi : 5 mm

Adım motorlar adım sayısı : 200 adım (1,8 derece)

Adım motorları sürüş tekniği : 1/4 adım

Hassasiyet : $200 \times 4 = 800$ (Motorların 1 tur için adım sayısı)

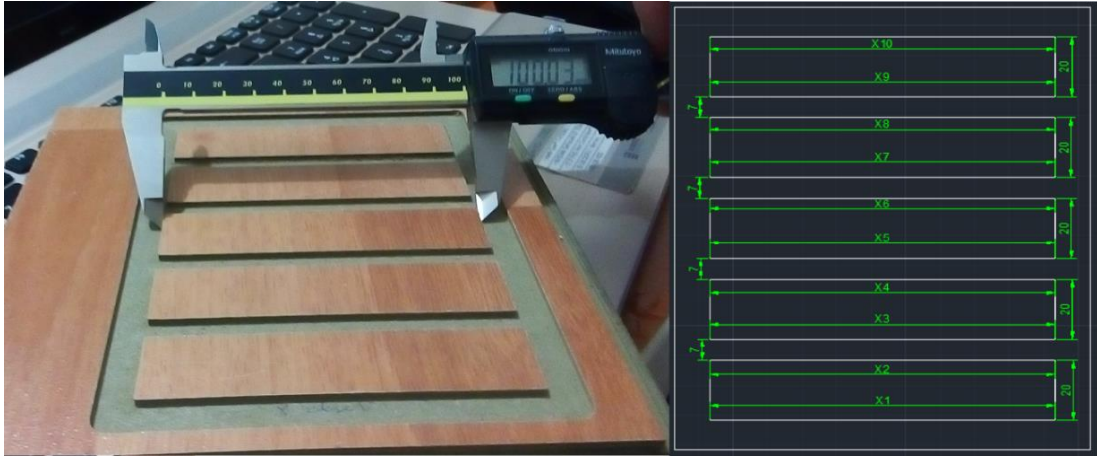
$5/800 = 0,00625$ mm bulunur.

4.5. Tezgahın Doğruluk Kontrolü

Teorik hesaplama; imal edilen bir sistemin gerçek değerini yansıtmaz. Elde edilen teorik değerleri; imalat hataları, üretici firma hataları, tezgâhın bulunduğu yüzey, zamanla malzemelerde oluşan hatalar etkiler. Tezgahın gerçek hassasiyetini ölçmek için X eksen, Y eksen ve X-Y eksenine 45° açı ile MDF malzeme üzerine 6mm çaplı tek ağızlı ahşap frezesi ile 20x100 mm boyutlarında 5 adet dikdörtgen işlenmiştir. Her bir işlenen parçadan on adet ölçüm alınarak eksenlerin doğruluğu hesaplanmıştır.

4.5.1. X eksen doğruluk kontrolü

X ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 4.28’de görüldüğü gibi ölçümler alınmış ve ölçüm sonuçları Çizelge 4.6 ’da verilmiştir.



Şekil 4.28 X eksen yönünde işlenmiş malzeme ve teknik resmi.

Çizelge 4.6 X eksenli numunesinden alınan ölçüm değerleri

Ölçüm No	Boyut(mm)
X1	100,10
X2	100,05
X3	100,20
X4	100,05
X5	100,10
X6	100,03
X7	100,15
X8	100,05
X9	99,95
X10	99,90

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numunelerden alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapma; veri değerlerinin yayılımının özetlenmesi için kullanılan bir ölçüdür , bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu, bir diğer deyişle dağılımın ne yaygınlıkta olduğunu göstermektedir [58]. Standart sapma hesabındaki ilk adımı varyans hesabı teşkil eder, varyans dağılımının yayılımı hakkında bilgi verir [44]. Bir X rasgele değişkenin beklenen değeri μ_x veya sadece μ , varyansı ise $Var(X)$, σ_x^2 veya sadece σ^2 ile de gösterilmektedir. Varyansın kareköküne standart sapma denir ve bir X rasgele değişkenin standart sapması σ_x veya sadece σ ile gösterilmektedir.

$$Var(X) = \sum_{i=1}^N \frac{[(X_i - X_{Ortalama})]^2}{N - 1} \quad [4.35]$$

$$\sigma = \sqrt{Var(X)} \quad [4.36]$$

Varyans hesaplanırken, her bir X değerinden ortalaması çıkarılarak karesi alınıp toplanır, bulunan değer “ N - 1 ” sayısına, yani gözlem sayısının 1 eksiğine bölünür. Çizelge 4.7’de X eksenli için bu değerler görülmektedir.

Çizelge 4.7 X eksenini standart sapma hesabı

Ölçüm No	Boyut (mm)	(X - Ortalama)	(X - Ortalama) ²
X1	100,10	0,042	0,00176
X2	100,05	-0,008	0,000064
X3	100,20	0,142	0,02016
X4	100,05	-0,008	0,000064
X5	100,10	0,042	0,00176
X6	100,03	-0,028	0,00078
X7	100,15	0,092	0,00846
X8	100,05	-0,008	0,000064
X9	99,95	-0,108	0,01166
X10	99,90	-0,158	0,02496
		Toplam	0,06976

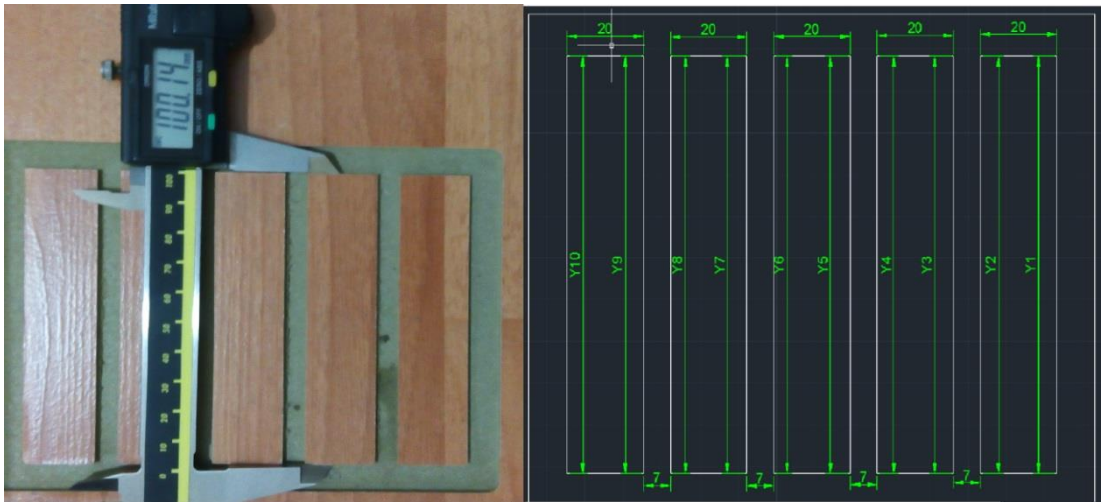
Ortalama = 100,58

Varyans = 0,007751

X Eksenini Standart Sapması = 0,08804 mm

4.5.2. Y eksenini doğruluk kontrolü

Y eksenini doğruluk kontrolü için Şekil 4.29’de görüldüğü gibi ölçümler alınmış ve ölçüm sonuçları Çizelge 4.8 ’de verilmiştir.



Şekil 4.29 Y eksenini yönünde işlenmiş malzeme ve teknik resmi.

Çizelge 4.8 Y eksenini numunesinden alınan ölçüm değerleri

Ölçüm No	Boyut(mm)
Y1	100,05
Y2	100,00
Y3	100,05
Y4	100,14
Y5	100,10
Y6	100,10
Y7	100,15
Y8	100,10
Y9	100,15
Y10	100,10

Y eksenini ölçümlerinin istatistiksel analizi Çizelge 4.9’da görülmektedir.

Çizelge 4.9 Y eksenini standart sapma hesabı

Ölçüm No	Boyut (mm)	(Y - Ortalama)	(Y - Ortalama)²
Y1	100,05	-0,044	0,00194
Y2	100,00	-0,094	0,00884
Y3	100,05	-0,044	0,00194
Y4	100,14	0,046	0,00212
Y5	100,10	0,006	0,000036
Y6	100,10	0,006	0,000036
Y7	100,15	0,056	0,00314
Y8	100,10	0,006	0,000036
Y9	100,15	0,056	0,00314
Y10	100,10	0,006	0,000036
		Toplam	0,02124

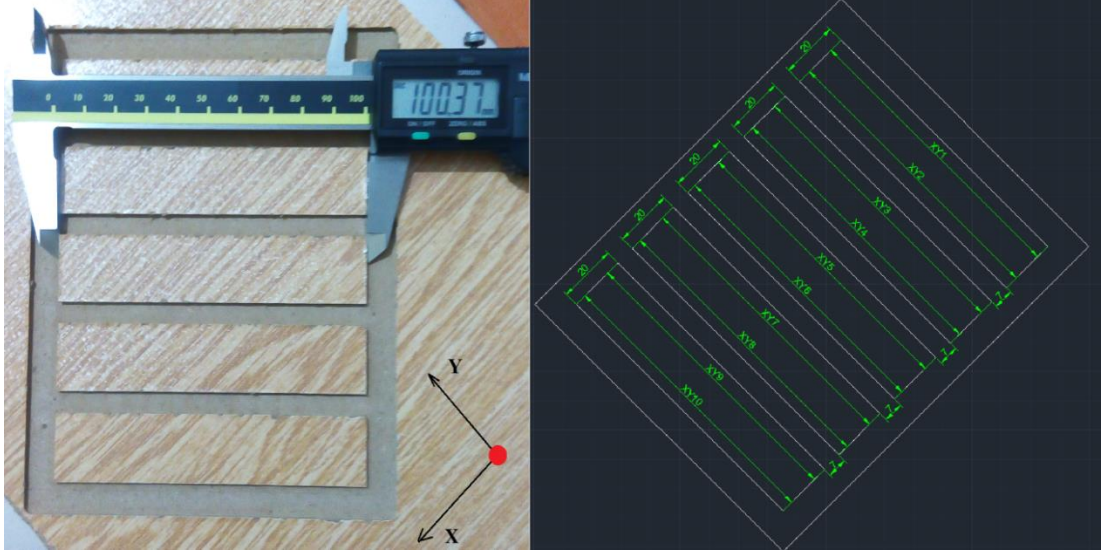
Ortalama = 100,094

Varyans = 0,00236

Y Eksenini Standart Sapması = 0,04858 mm

4.5.3. XY eksenli doğruluk kontrolü

XY ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 4.30'da görüldüğü gibi ölçümler alınmış ve ölçüm sonuçları Çizelge 4.10 'da verilmiştir.



Şekil 4.30 XY eksenli yönünde işlenmiş malzeme ve teknik resmi.

Çizelge 4.10 XY eksenli numunesinden alınan ölçüm değerleri

Ölçüm No	Boyut(mm)
XY1	100,35
XY2	100,30
XY3	100,30
XY4	100,25
XY5	100,37
XY6	100,25
XY7	100,25
XY8	100,20
XY9	100,25
XY10	100,15

Y eksenini ölçümlerinin istatistiksel analizi Çizelge 4.11’de görülmektedir.

Çizelge 4.11 XY eksenini standart sapma hesabı

Ölçüm No	Boyut (mm)	(XY - Ortalama)	(XY - Ortalama)²
XY1	100,35	0,083	0,00689
XY2	100,30	0,033	0,00109
XY3	100,30	0,033	0,00109
XY4	100,25	-0,017	0,00029
XY5	100,37	0,103	0,01061
XY6	100,25	-0,017	0,00029
XY7	100,25	-0,017	0,00029
XY8	100,20	-0,067	0,00449
XY9	100,25	-0,017	0,00029
XY10	100,15	-0,117	0,01369
		Toplam	0,03901

Ortalama = 100,267

Varyans = 0,004334

XY Eksenini Standart Sapması = 0,06584 mm

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, eğitim amaçlı olarak prototip 3 eksenli CNC freze tezgahı tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır. CNC makinelerin tasarım ve imalat aşamalarının hangi kriterler dikkate alınarak üretildiği, avantaj ve dezavantajlarının neler olduğu ortaya konulmuştur.

Hesaplanan mukavemet değerlerine göre mekanik malzeme seçimi yapılarak modelleme aşamasına geçilmiştir. 3D model tasarım programı kullanılarak tezgah parçaları modellenmiş ve imalat için gerekli 2D teknik resimler oluşturulmuştur.

Makinenin kontrolü Mach3, Kcam, DeskCNC gibi piyasada lisanslı olarak satılan ve ucuz olan bu paket programlar vasıtasıyla LPT paralel porttan kontrol edilerek çalışmaktadır. Tezgah 2D, 3D ve delme gibi profesyonel bir tezgâhın yapabildiği işlemleri, kapasitesi doğrultusunda yapabilmektedir. Makinede pleksiglas, dekota ve benzeri kompozit malzemeleri, alüminyum, pirinç vb. yumuşak metalleri, Mdf, sunta gibi ahşap malzemeleri rahatlıkla işlenebilmektedir. Makinenin teorik hassasiyeti 0.00625 mm'dir. Tezgâhı kontrol eden programın hassasiyeti ise 0.001 mm'dir. X eksen standart sapması 0,08804 mm, Y eksen standart sapması 0,04858 mm ve XY eksen standart sapması 0,06584 mm'dir. Makine tasarımda planlanan şekilde sorunsuz olarak çalışmıştır. Ancak daha iyi olabileceği yanlar vardır. Bunlar şunlardır:

1. Tezgah yüksek hızlarda boşta hareketinde X ve Y ekseninde hafif titremeler olmaktadır. Bunun nedeni vidalı milin tornalanması sırasında salgı almasıdır. Normal işlemede sıkıntı olmamaktadır.
2. Spindle (iş mili) devri kontrol edilebilirse uygun kesme parametreleri uygulanabilir ve hem kesici takım zarar görmeyebilir hem de daha hassas yüzeyler elde edilebilir.
3. Yataklama için krom kaplı indüksiyonlu mil kullanılması bu tip sistemler için ekonomik bir yöntemdir. Fakat kare (kırklangıç) ray sistemi kullanılması daha hassas sonuçlar verebilir.
4. 3D işlemede Z ekseninin hareketi daha fazla olduğundan Z ekseninin vidalı mil adımı 10 seçilebilir ve böylece işleme zamanı kısaltılabilir.

Sonuç olarak yapılan CNC freze tezgahı ile makine mühendisliği öğrencileri uygulamalı eğitim olarak CNC makineleri temel bileşenleri, çalışma mantığı ve programlama hakkında daha fazla bilgi sahibi olabileceklerdir.

KAYNAKLAR

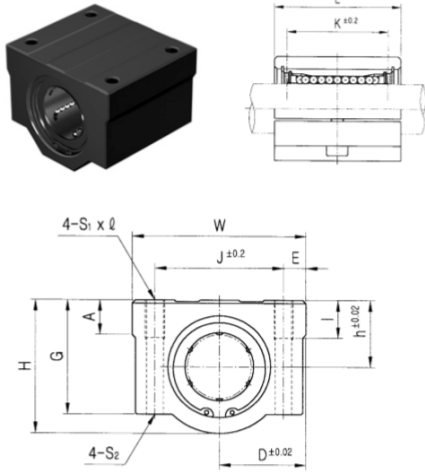
- [1] **Tseng A., Kolluri S.P. and Radhakrishnan P.** (1989). “A CNC machining system for education”, *Journal of Manufacturing Systems*, 8 (3) : 207-214.
- [2] **Şahbaz H., Karagülle H. ve Malgaca L.** (2000). “Bir hegzapod uygulamasında bilgisayar tabanlı hareket kontrolü”, *UMTS 2000*, 241-251.
- [3] **Erer H.** (2000). “CNC takım tezgahlarının gelişimi”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Mühendis Ve Makina Dergisi*, 486: 37 – 40.
- [4] **Özdeveci M.** (2001). “Eğitim tipi cnc frezesinin tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [5] **Lee H.S. and Chang S.L.** (2003). “Development of a CAD/CAE/CAM system for a robot manipulator”, *Journal of Materials Processing Technology*, 140:100–104.
- [6] **Göloğlu C. ve Bunarbaşı İ.** (2004). “Üç eksenli doğrusal hareket mekanizması tasarımı ve imalatı”, *Teknoloji*, 7(3): 507-515.
- [7] **Büyüksahin U.** (2006). “Üç eksenli CNC tezgah tasarımı ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).
- [8] **Alan S.**, “CNC eğitimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- [9] **Kutlu M.** (2006). “Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar.
- [10] **Özyalçın İ.** (2006). “Kartezyen robot tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antakya.
- [11] **Akıncı A.C.** (2006). “Development of a cost-efficient cnc system for instrumentation and rapid prototyping applications”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- [12] **Son S., Kim T., Sarma S.E. and Slocum A.** (2009). “A hybrid 5-axis cnc milling machine”, *Precision Engineering*, 33 (4): 430-446.
- [13] **Uyanık A., Şimşek İ., Aytan İ., Onat M. ve Erdal H.** (2009). “Üç eksenli yüzey işleme tezgahının bilgisayar ile kontrolü”, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük.
- [14] **Karaçam S.** (2009). “Adım Motor Kontrollü hızlı CNC freze tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya.
- [15] **Kavala D.** (2010). “Beş Eksenli CNC Tezgah Tasarımı ve Kontrolü”, *Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- [16] **Kaygısız H.** (2010). “Eğitim amaçlı üç eksenli masaüstü cnc freze tasarımı ve prototipi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük,
- [17] **Kabaş K.** (2011). “Sıvı Soğutma Sistemli Masaüstü CNC Tezgahı Tasarımı ve Prototip İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- [18] **Köbeloğlu A.** (2011). “Eğitim Amaçlı Masaüstü CNC Torna Tezgahı Tasarımı ve Prototipi” , Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- [19] **Savaş S.** (2011). “Yeni Bir 3 Eksenli Küresel CNC İşleme Tezgahının Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

- [20] **Hasar N.** (2012). “Masaüstü 4 Eksen CNC Freze Tasarımı ve Helisel Konik Dişli İşleme Uygulaması” , Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- [21] **Demirel K.** (2012). “Bilgisayar Kontrollü Dik CNC Freze Tezgahı Modernizasyonu ve Kullanımı” , Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- [22] **Gevrek F.** (2013). “Prototip Üç Eksenli CNC freze Tezgahı Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yozgat.
- [23] **Sevil S.** (2013). “Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgahı Tasarımı, Prototipi ve Silindirik Dişli Uygulamaları”, *Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- [24] **Paktaş D.** (2014). “Design of an a axis CNC router / A eksen CNC router tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- [25] **Naqvi H. A. S.** (2014). “Design, prototype, and control of 5-axis desktop cnc milling machine”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- [26] **Şefkatlioğlu E.** (2015). “CNC Strafor Kesme Makinesi Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- [27] **Diñçel, M.** (1999). “CNC Takım Tezgahları”, *Trakya Üniversitesi, Tekirdağ* <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-md/index.html> , (Mart 2009)
- [28] **Akkurt M.** (1996). Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) sistemleri, s. 65-84, *Zafer Matbaası*, İstanbul.
- [29] <http://i1.wp.com/cdn.makezine.com/uploads/2012/04/mits-1952-automatic-mill.jpg?resize=580%2C596>
- [30] http://www.havimakina.com.tr/admin/reshims/20130212__2069970966.JPG
- [31] <http://www.makinatek.com.tr/arsiv/yazi/142-uc-eksenli-masa-tipi-cnc-tezgahi-tasarim-ve-imalati>
- [32] http://www.probotsan.com.tr/FileUpload/bs571852/File/4_eksen_aluminyum_o.jpg
- [33] <http://g01.a.alicdn.com/kf/HTB143biIXXXXXFXVXXq6xXFXXD/New-arrival-5-font-b-axis-b-font-font-b-cnc-b-font-machine-font-b.jpg>
- [34] <http://www.bilgiustam.com/cnccomputer-numerical-control-nedir-cnc-tezgahlari/>
- [35] <http://www.10plusnet.com/thumbs/800x600/data/paymak-1.jpg>
- [36] **Megep** (2006). “Makine teknolojisi cnc freze tezgâhları”, *MEB*, Ankara.
- [37] http://www.karacamakina.com/DataUpload/30x90aluminyumSigma_detay.jpg
- [38] http://www.karacamakina.com/DataUpload/15x120tabankaplama_detay.jpg
- [39] <http://www.doguskalip.com.tr/Sigma-Profil-Katalogu>
- [40] <http://www.aluminyumsanayi.com/6063metalurji.htm>
- [41] <http://sahinrulman.com/site/index.php/tr/sahin-rulman-elektronik-urunler.html>
- [42] <http://www.teknobeyin.com/step-motorlar-hakkinda-her-sey.html>
- [43] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/step-ve-servo-motorlar/14750#ad-image-0>
- [44] <http://www.designworldonline.com/uploads/ImageGallery/jvl%20mac800.png>
- [45] <http://theredish.com/img/about%20dc%20servo%20motor>
- [46] **Megep** (2007). “Elektrik Elektronik Teknolojisi Step ve Servo Motorlar”, *MEB*, Ankara.

- [47] <http://www.adacancnc.com/urunler.414.414.Vidali-Mil-ve-Somun.html>
- [48] http://www.zeymakcncrouter.com/FileUpload/bs591745/File/helis_kremayer_ve_d_isli.jpg
- [49] <http://www.bg-cnc.com/wordpress/wp-content/uploads/2008/09/belt-5.jpg>
- [50] <https://www.kayaotomasyon.net/image/cache/data/sfc-seri-768x1024.jpg>
- [51] http://sahinrulman.com/site/images/stories/urun_resimleri/lineer-rulmanlar/sac_serisi.jpg
- [52] <http://www.avrasya-muhendislik.com/documents/guideway.jpg>
- [53] <http://www.muratrulmanteknik.com/wp-content/uploads/2013/03/b-servo-kaplinler2.jpg>
- [54] <http://www.melihkarakelle.com/yeni-freze-2.html>
- [55] **Akkurt, M.** (1985). Takım Tezgahları Talas Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi, *Birsen Yayınevi*, s.12-64, İstanbul.
- [56] <http://sahinrulman.com/site/index.php/tr/lineer-rulmanlar/lineer-rulman-shf-serisi.html>
- [57] http://www.dogarulman.com.tr/Assets/Dokuman/dsg_20120401_111555.pdf
- [58] https://tr.wikipedia.org/wiki/Standart_sapma

EKLER

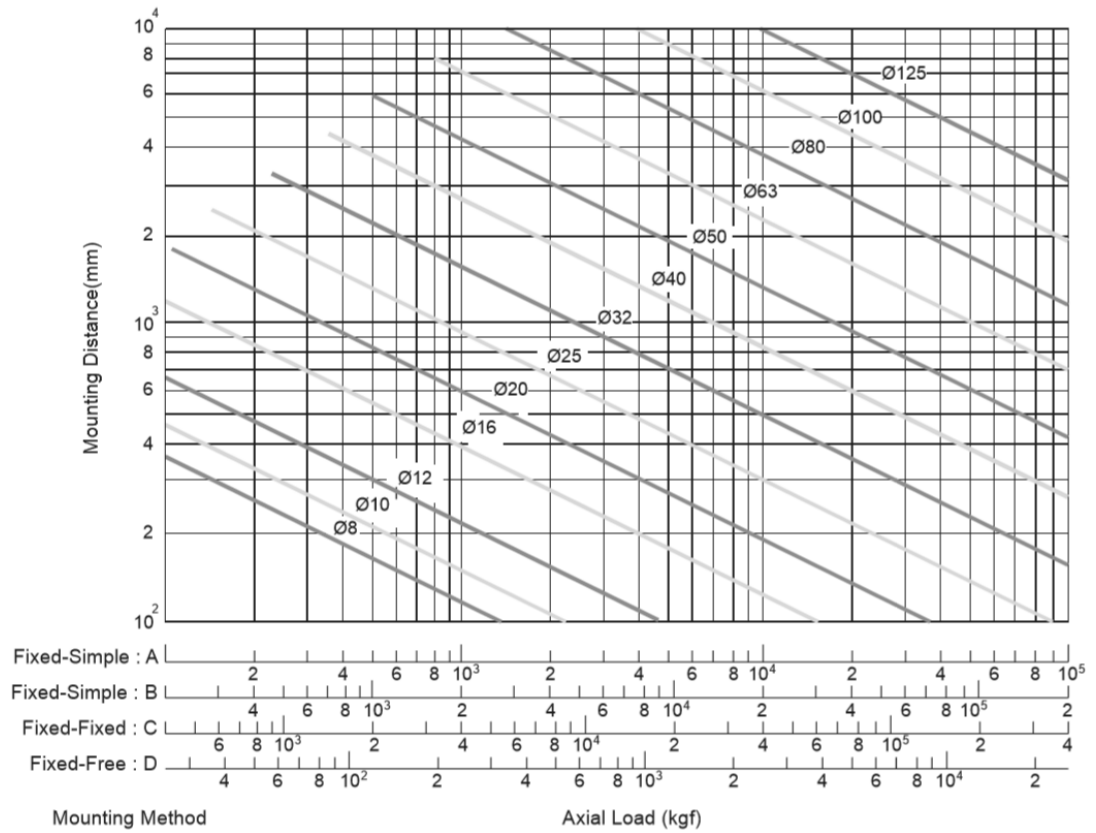
EK-1 Linear Rulman Kataloğu



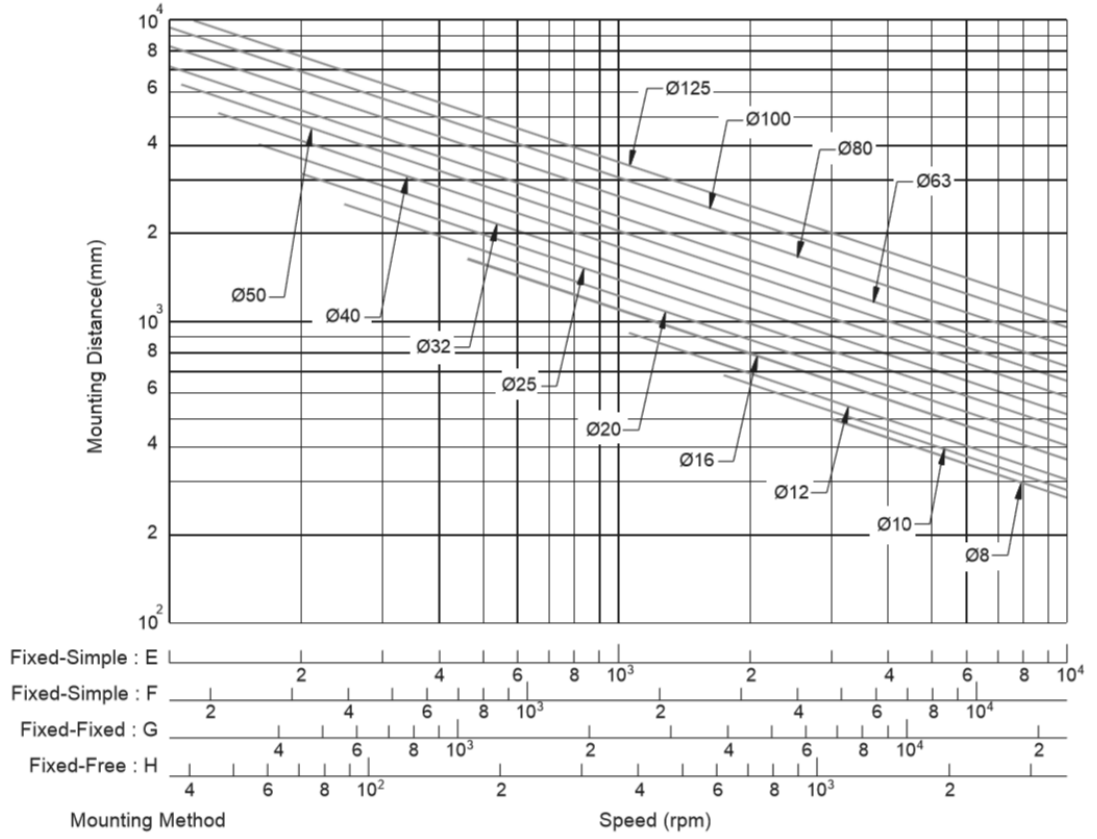
European Standard Aluminum Case Unit	SCE	20	UU	-	A	S
Nominal Shaft Diameter						
Seal	Blank : No Seal U : One Side Seal UU : Both Side Seal					
Retainer	Blank : Resin retainer(Standard) A : Steel retainer(High temperature)					
Ball type (by corrosion resistance)	Blank : High carbon bearing steel ball (standard) S : Stainless steel ball					

PART NUMBER	L/B	L	h	D	W	H	G	A	J	E	S ₁ × l	S ₂	K	BASIC LOAD RATING(N) DYNAMIC(C _d)	STATIC(C _s)	WEIGHT (gf)
SCE8-B	LME8UU	30	11	17	34	22	18	6	24	5	M4×8	Φ3,4	18	260	400	60
SCE12-B	LME12UU	39	15	22	44	30	24,5	8	33	5,5	M5×10	Φ4,3	26	410	590	118
SCE16-B	LME16UU	44	19	25	50	38,5	32,5	9	36	7	M5×12	Φ4,3	34	770	1170	180
SCE20-B	LME20UU	53	21	27	54	41	35	11	40	7	M6×12	Φ5,2	40	860	1370	245
SCE25-B	LME25UU	67	26	38	76	51,5	41	12	54	11	M8×18	Φ6,8	50	980	1560	550
SCE30-B	LME30UU	76	30	39	78	59,5	49	15	58	10	M8×18	Φ6,8	58	1560	2740	760
SCE40-B	LME40UU	90	40	51	102	78	62	20	80	11	M10×25	Φ8,6	60	2150	4010	1700
SCE50-B	LME50UU	110	52	61	122	102	80	24	100	11	M10×25	Φ8,6	80	3820	7930	2950

Ek-2 Vidalı Mil Seçimi Yük-Boy Grafiği



Ek-3 Vidalı Mil Seçimi Hız-Boy Grafiği

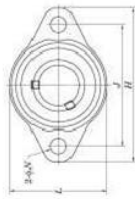
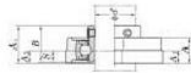


Ek-4 Vidalı Mil Rulman Katalogu

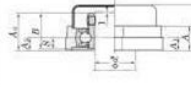
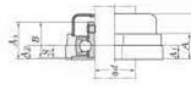
FYH

Lightweight (die-cast) oval two-bolt flange type units

UFL Cylindrical bore (with set screws) d 8 ~ 30 mm



With Through Type Cover With One Side Sealed Cover



Variations of tolerance of distance from mounting surface to the center of the roller (A₁)
Variations of tolerance of distance between centers of bolt holes (L₁)

Housing No.	A ₁ mm	L ₁ mm	Unit
FLO8	±0.05	±0.3	UFL
FLO02-FLO06	±0.3	±0.3	UFL

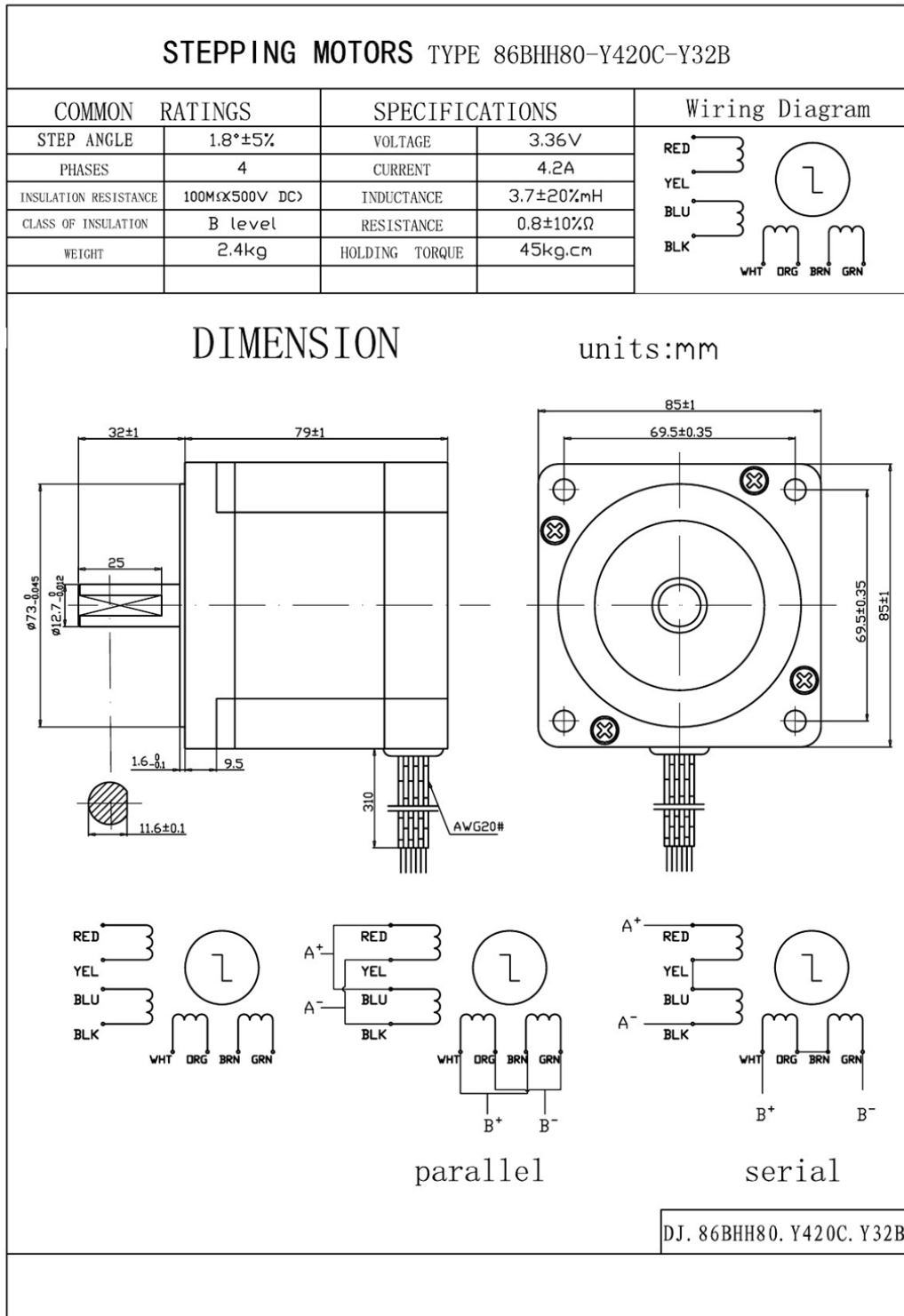
Variations of tolerance of ball bore diameter (A₂)

Housing No.	A ₂ mm	Unit
FLO8	±0.05	UFL
FLO02-FLO06	±0.3	UFL

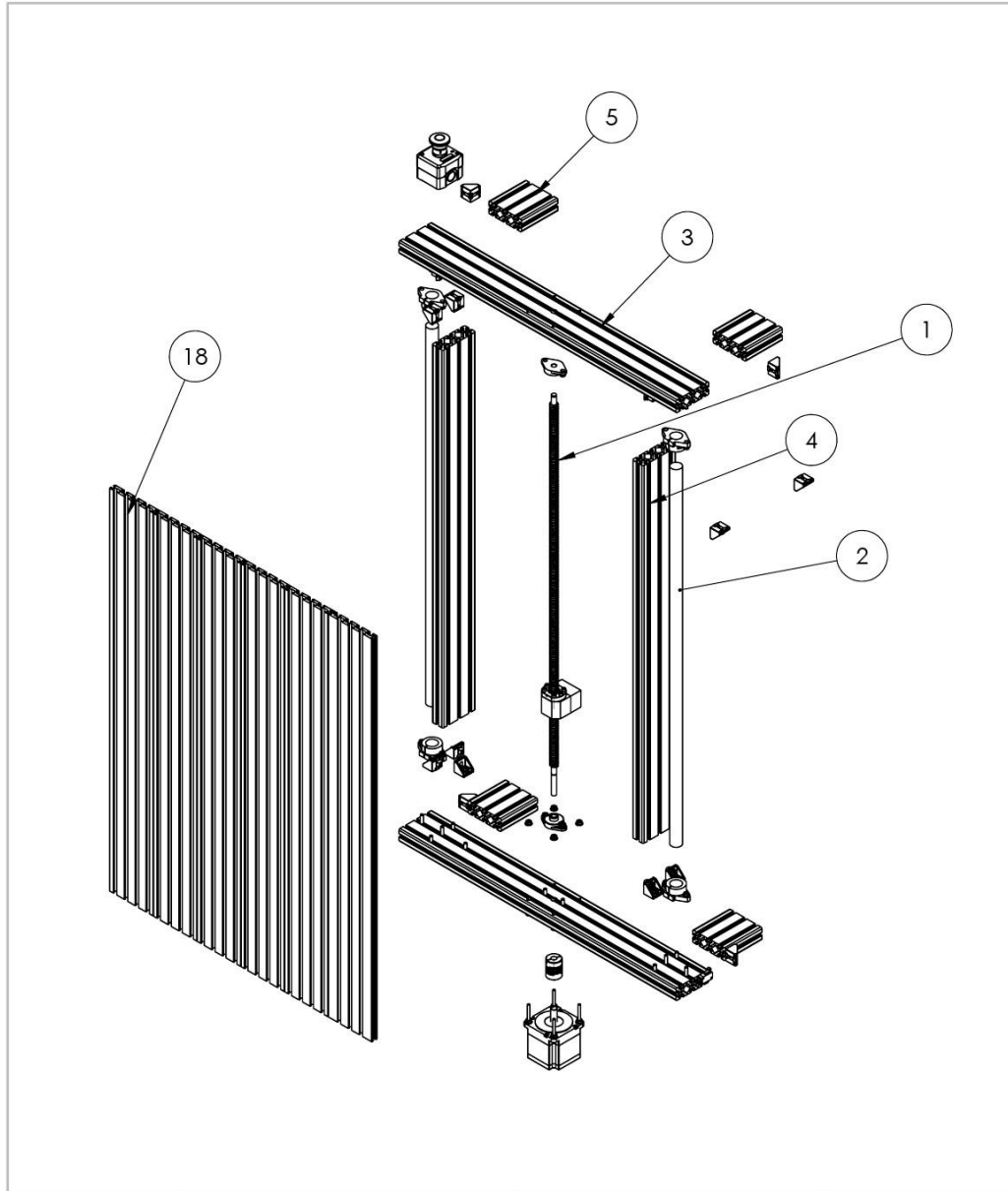
Shaft Dia. mm	Dimensions mm										Bolt Size inch mm	Unit No.	Standard Housing No.	Bearing No.	Basic Load Ratings kN	Factor	With Rubber Coated Cover		Mass kg		
	H	L	A	J	N	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅							Open Type	Closed Type		Dimension mm	Mass kg
8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	M4	UFL08	FLO8	SU08	3.27	1.37	-	-	-	
10	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	M5	UFL010	FLO10	SU010	4.55	1.95	UFL000C	UFL000D	20.5	9.05
12	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	M6	UFL012	FLO12	SU012	5.10	2.40	UFL001C	UFL001D	20.5	9.07
15	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	M6	UFL015	FLO15	SU015	5.80	2.85	UFL002C	UFL002D	22	9.09
17	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	M6	UFL017	FLO17	SU017	6.00	3.25	UFL003C	UFL003D	23.5	9.11
20	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	1 7/8	M8	UFL020	FLO20	SU020	9.40	5.05	UFL004C	UFL004D	27	9.18
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	M8	UFL025	FLO25	SU025	10.1	5.85	UFL005C	UFL005D	28	9.23
30	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	M10	UFL030	FLO30	SU030	13.2	8.25	UFL006C	UFL006D	31	9.31

Remarks 1. In Part No. of unit and units with covers, fitting codes below bore diameter codes. (See Table 16.5 in P.51.)
2. For the dimensions and forms of applicable bearings, see the dimensional tables of ball bearing for unit.

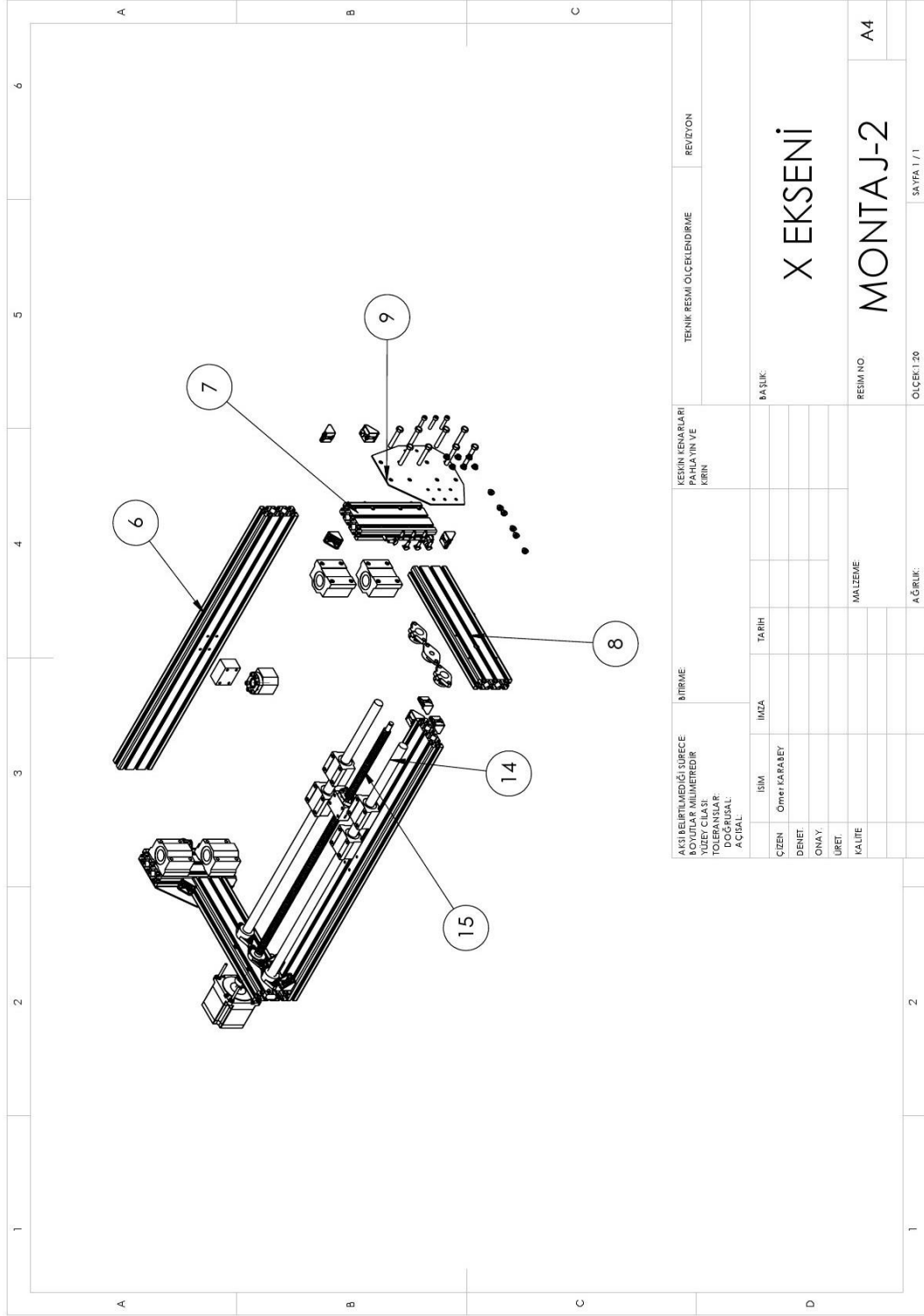
Ek-5 Step Motor Teknik Dökümanı



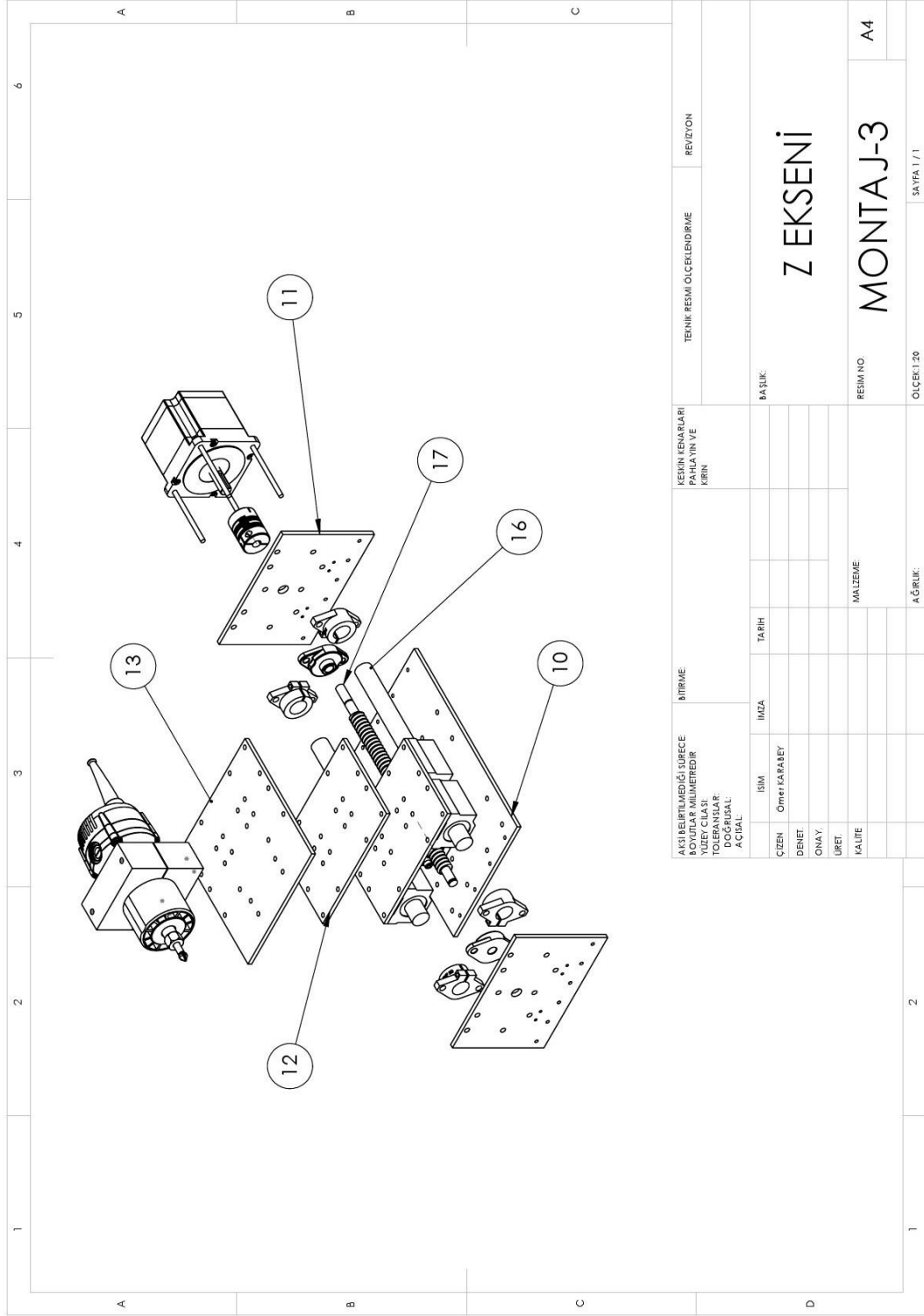
Ek-6 Prototip CNC Freze Montaj Şemaları



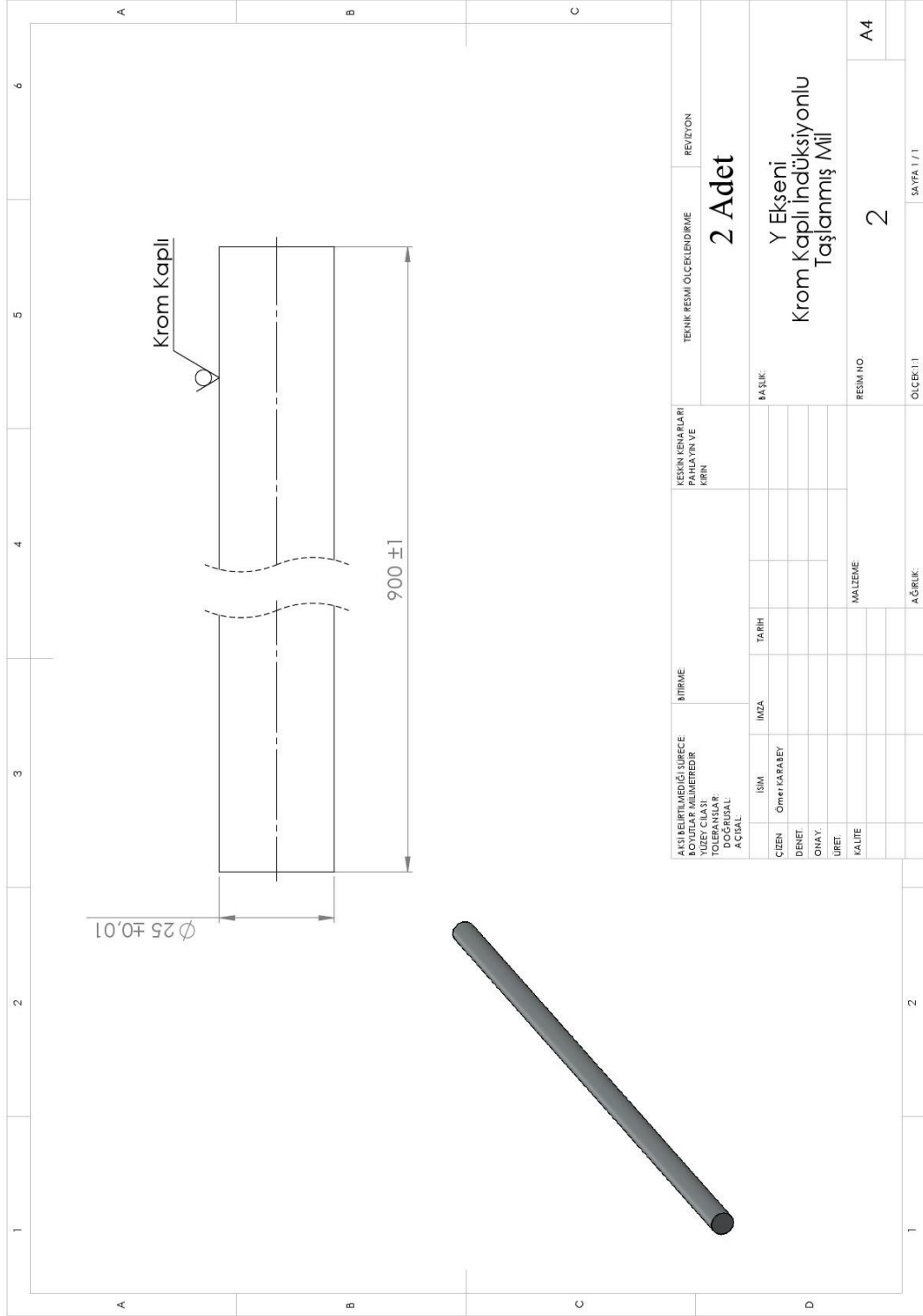
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MİLMİMETREDİR. YÜZEY CİLASI: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:				BİTİRME:	KESKİN KENARLARI PAHLA YIN VE KIRIN	TEKNİK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME	REVİZYON
ÇİZEN	Ömer KARABEY	İMZA	TARİH			BAŞLIK:	
DENET.						Y EKSENİ MONTAJ-1	
ONAY.							
ÜRET.						RESİM NO.	A4
KALİTE					MALZEME		
					AĞIRLI:	ÖLÇEK:1:20	SAYFA 1 / 1



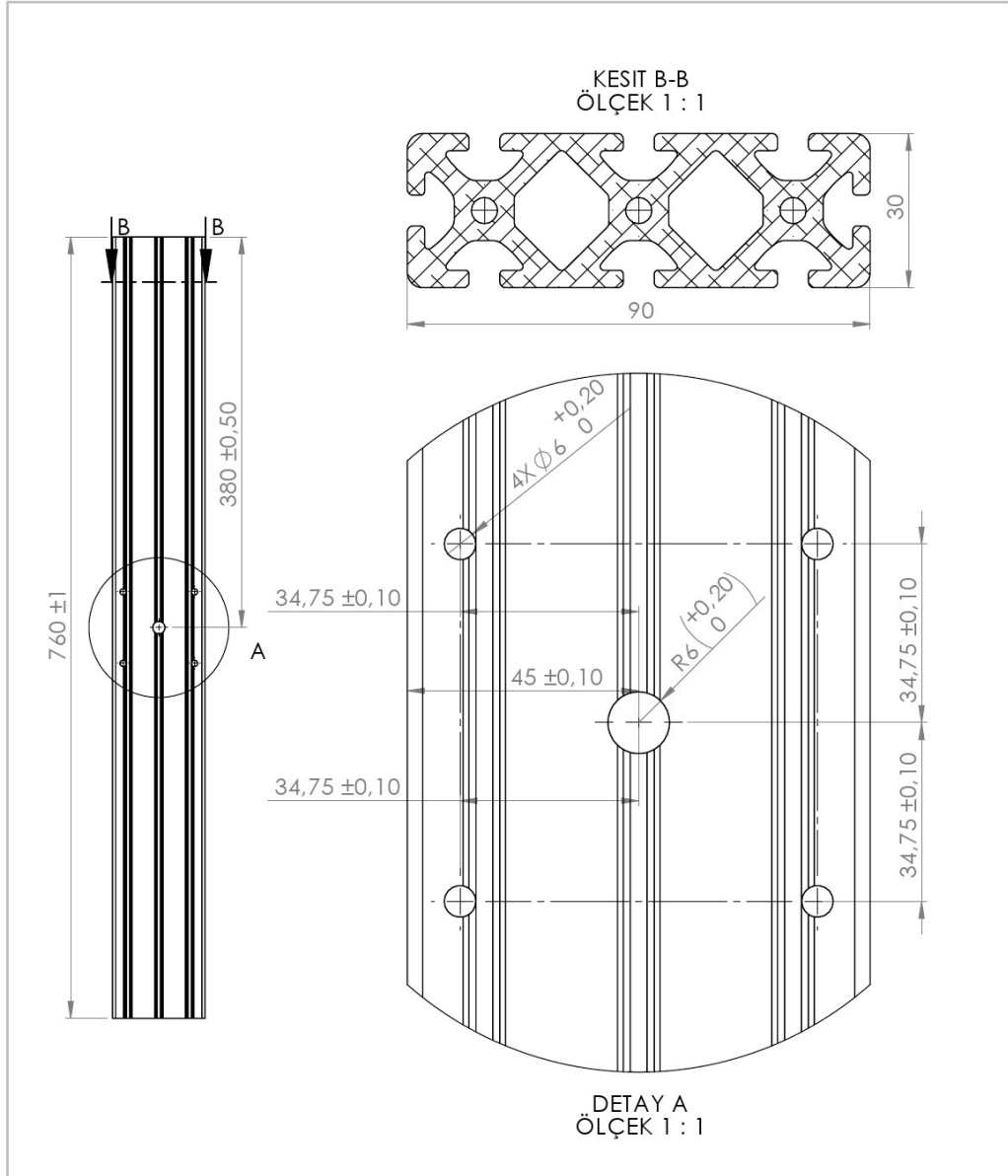
AKIŞIK BULGURUSU VE ÇEÇE KODU VE ÇİZİMİ İZLENİMLERİDİR.		BİTİRME		RESİM YERİ VE PAZLA YERİ		TEKNİK RESİM ÖLÇELERİ		REVİZYON	
YÜZ YERİ VE YÜZ YERİ		YÜZ YERİ VE YÜZ YERİ		YÜZ YERİ VE YÜZ YERİ		YÜZ YERİ VE YÜZ YERİ		YÜZ YERİ VE YÜZ YERİ	
TOLERANSLAR: DOĞRULUK: A ÇİBAL		İSİM		TARİH		BAŞLIK:		X EKSENİ	
ÇİZEN		İMZA		MALZEME		RESİM NO:		MONTAJ-2	
DENET		TARİH		AĞIRLIK:		ÖLÇEK: 1:20		SAYFA 1 / 1	
ONAY		MALZEME		AĞIRLIK:		ÖLÇEK: 1:20		SAYFA 1 / 1	
ÜRET		MALZEME		AĞIRLIK:		ÖLÇEK: 1:20		SAYFA 1 / 1	
KALITE		MALZEME		AĞIRLIK:		ÖLÇEK: 1:20		SAYFA 1 / 1	



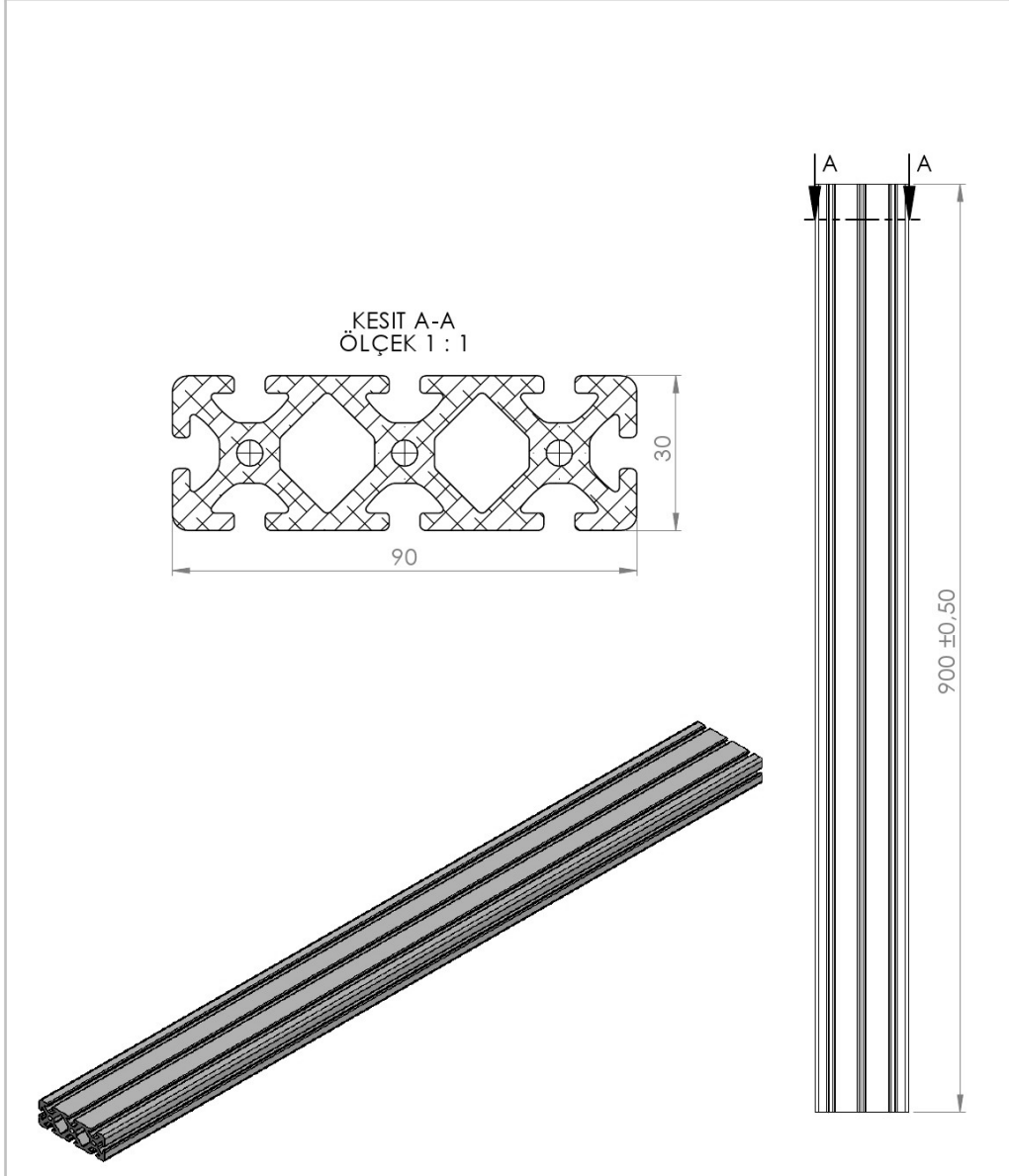
AKIŞI İZLENİMLERİ, ÖLÇÜ VE KONTROL MİMMETLERİ		BİTİRME		RESİM YERİ VE PAZLARININ YERİ		TEKNİK RESİM ÖLÇELERİ		REVİZYON	
YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ	YÜZ YERİ
ÇİZİM	ÖZET KARŞIYAKI	İMZA	TARİH						
DENET									
ONAY									
ÜRET.									
KALİTE									
				MALZEME		BAŞLIK:		Z EKSENİ	
						RESİM NO:		MONTAJ-3	
						AĞIRLIK:		A4	
						ÖLÇÜLERİ:		20	
						SAYFA:		1 / 1	



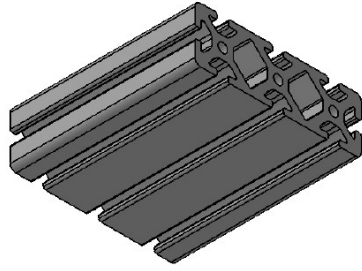
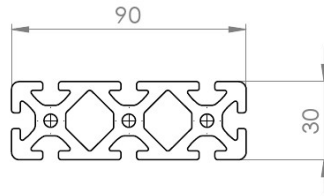
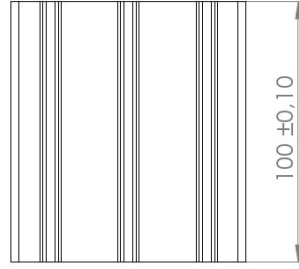
AKSIYONLU (MÜHÜR) SÜRECE KONTROL MÜHÜRÜDÜR YÜZÜ / ÇILASI TOLERANSLAR DOĞRUSAL AŞIYAL		BİTİRİME		KESKİN KENARLARI PAHALIYI VE KIRIN		TEKNİK RESİM ÖLÇELERİDİRME	REVİZYON
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			2 Adet	
DENET	ÖLÇÜMÇÜ						
ONAY							
ÜRET							
KALİTE							
				MALZEME		BAŞLIK	
						Y Eksenli Krom Kaplı İndüksiyonlu Taşlanmış Mil	
						RESİM NO	A4
						OLÇEK:1:1	SAYFA 1 / 1



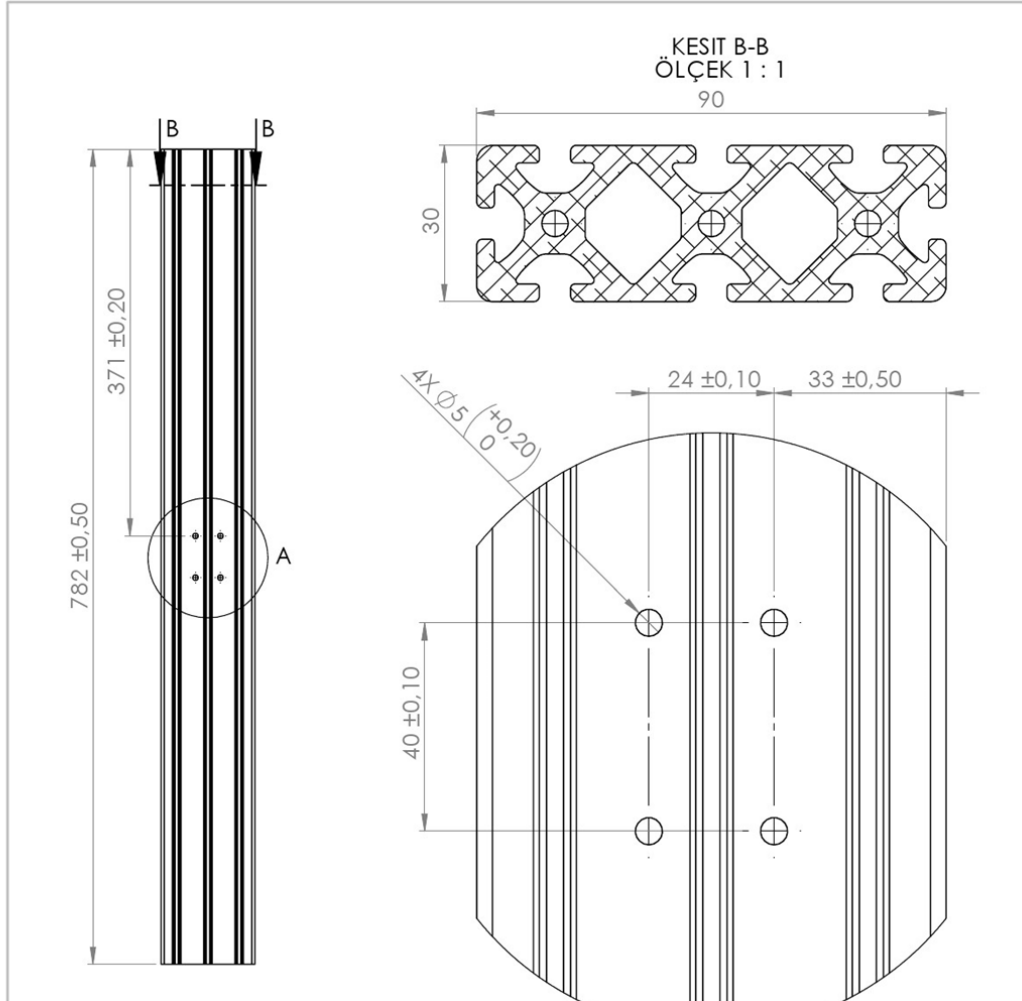
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: 80 YÜZLÜK MİLMİTREDİR		BİTİRME		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESİMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
YÜZEY ÇILASI: DOĞRUSAL: AÇISAL:						2 Adet			
ÇİZEN	Ömer KARA&EY	İMZA	TARİH			BAŞLIK:			
DENET:						Y eksenli 30x90 Sigma Profil 760 mm			
ONAY:						RESİM NO.		3	
ÜRET:						MALZEME		Al 6063	
KALİTE:						AĞIRLI:		A4	
						ÖLÇEK: 1:5		SAYFA 1 / 1	



AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MİLMİTREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESİMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						2 Adet			
						BAŞLIK: Y Eksenli 30X90 Sigma Profil 900 mm			
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			MALZEME		RESİM NO.	
DENET:	Ömer KARA&EY					Al 6063		4	
ONAY:								A4	
ÜRET:									
KALİTE									
				AĞIRLI:		ÖLÇEK:1:5		SAYFA 1 / 1	



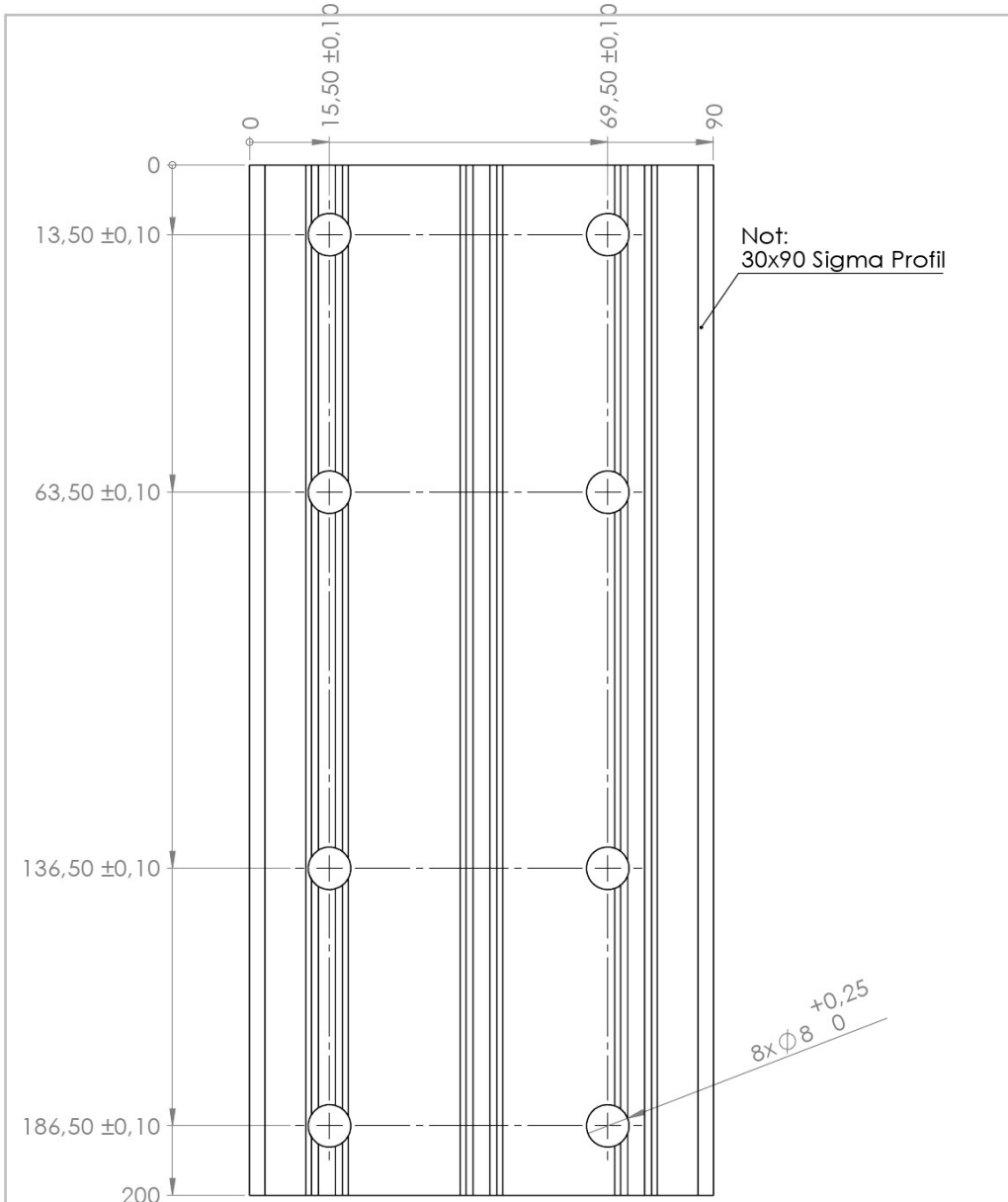
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILASI: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						4 Adet			
						CNC Ayak			
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			BAŞLIK:			
DENET:	Ömer KARA&EY								
ONAY:									
ÜRET:									
KALİTE					MALZEME	RESİM NO.		A4	
					Al 6063	5			
					AĞIRLI:	ÖLÇEK:1:2	SAYFA 1 / 1		



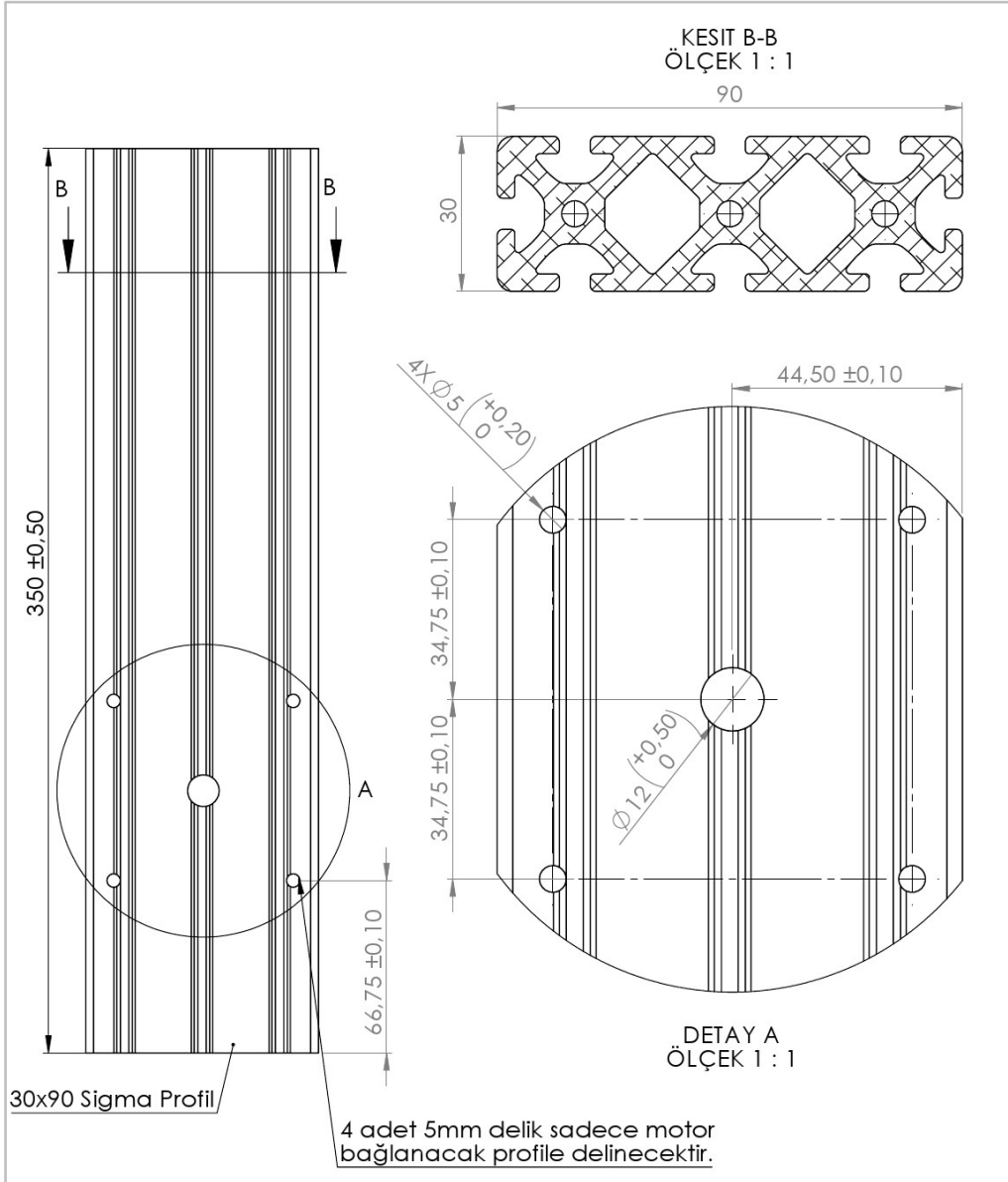
Not:
1 adet için delik delinecektir.
Diğeri sadece boy olarak kesilecektir.

DETAY A
ÖLÇEK 1 : 1

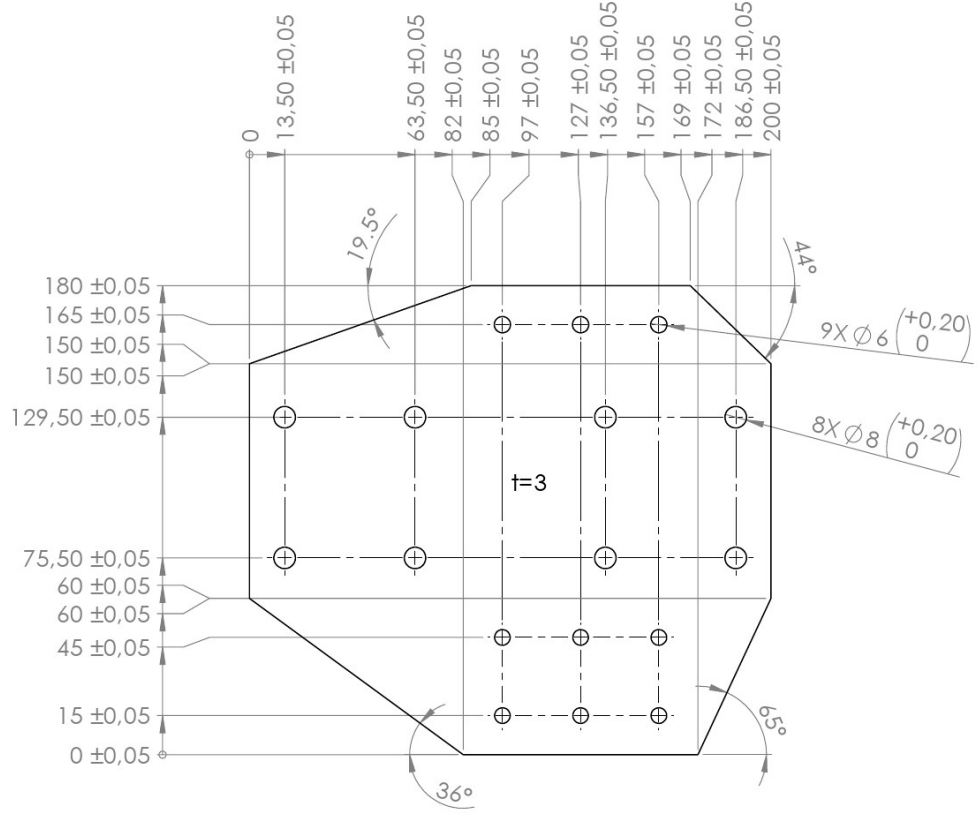
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY CLAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME:		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						1 Adet			
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			BAŞLIK:			
DENET:	Ömer KARABEY					Y Eksenli Bilyeli Somun ve Üst Destek Bağlantı Profili			
ONAY:						RESİM NO.		A4	
ÜRET:						6			
KALİTE:				MALZEME		Al 6063			
				AĞIRLI:		ÖLÇEK:1.5		SAYFA 1 / 1	



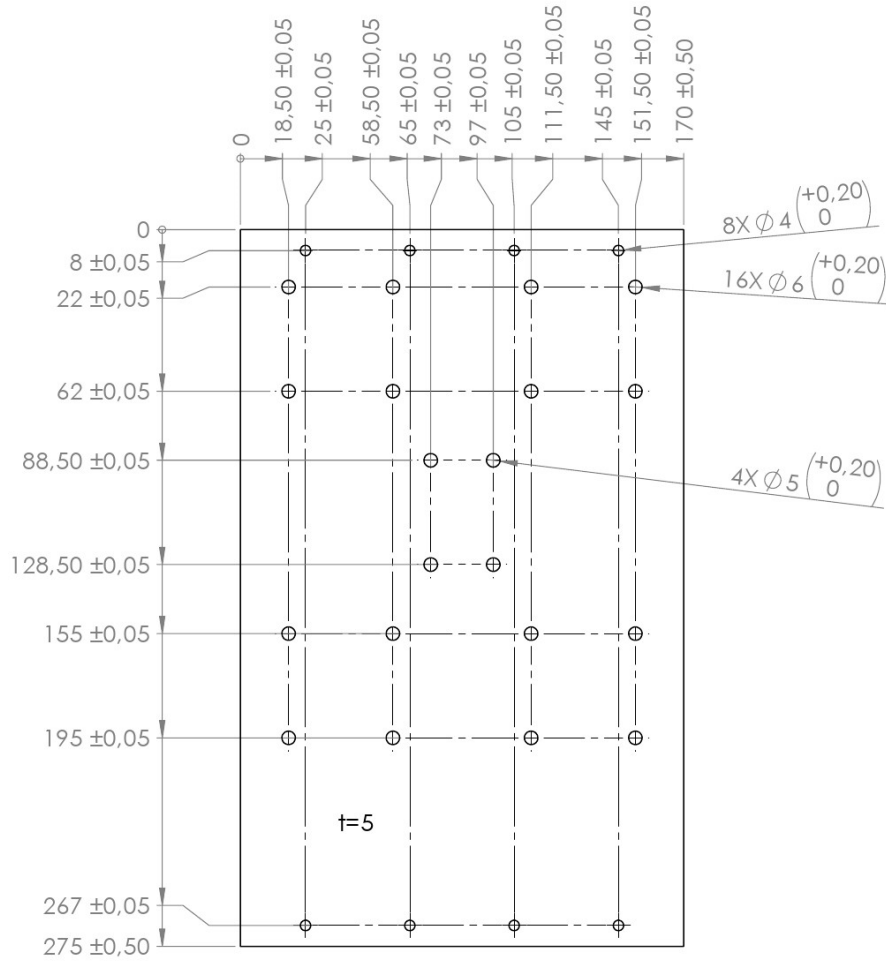
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME	KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN	TEKNİK RESİMİ ÖLÇEKLENDİRME	REVİZYON
				2 Adet	
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH	BAŞLIK:	
DENET:	Ömer KARA&EY			Y Eksenli Linear Rulman Tutucu Profil 30x90 Sigma Profil	
ONAY:					
ÜRET:					
KALİTE					
			MALZEME	RESİM NO.	A4
			Al 6063	7	
			AĞIRLI:	ÖLÇEK: 1:1	SAYFA 1 / 1



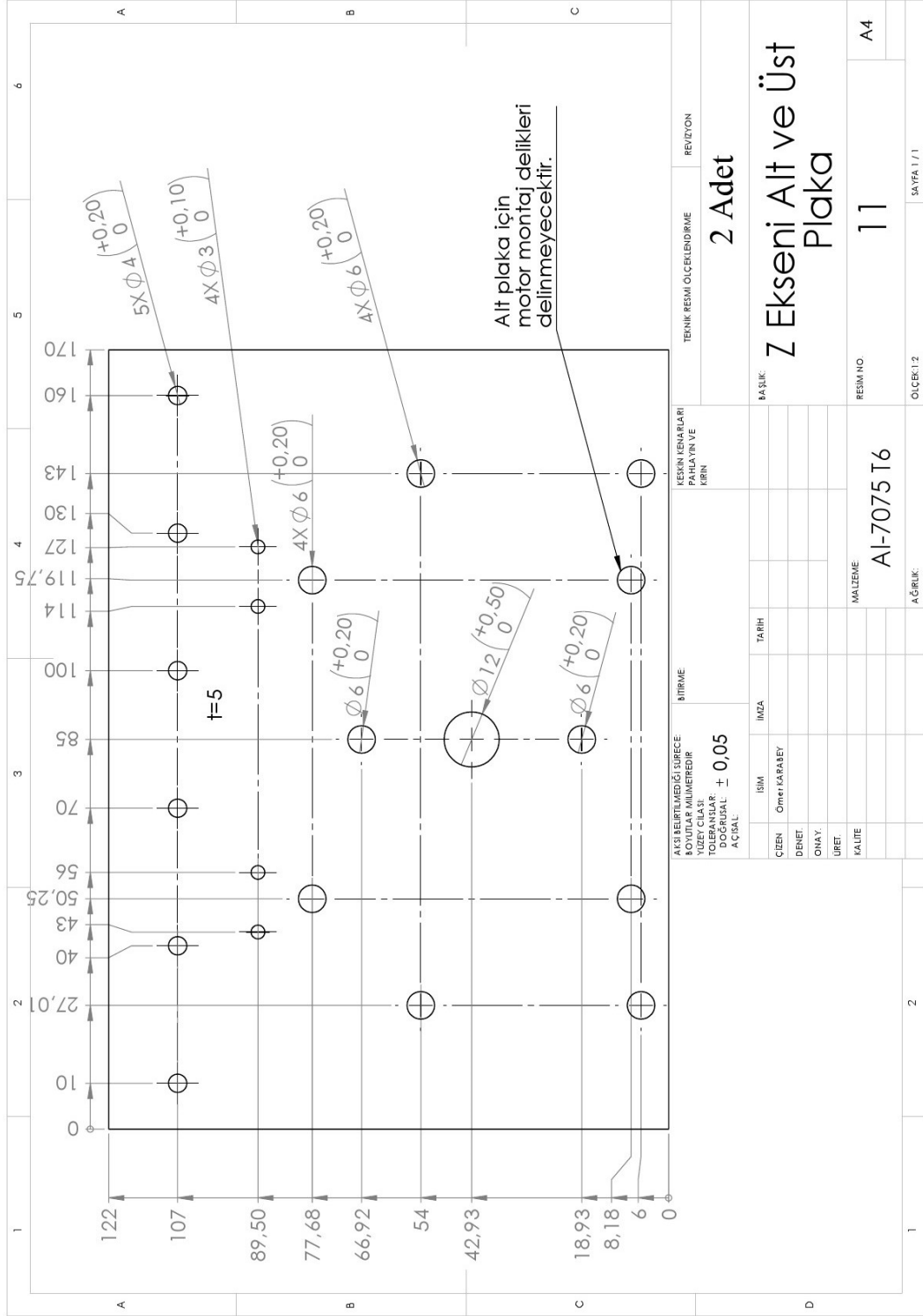
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MİLMİTREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME:		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN:		TEKNIK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						2 Adet			
						X Eksenli Motor Tutucu ve Karşı Destek Profili			
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			RESİM NO:		A4	
DENET:	Omer KARABEY					8			
ONAY:					Al 6063				
ÜRET:									
KALİTE:									
			AĞIRLI:		ÖLÇEK:1:2		SAYFA 1 / 1		

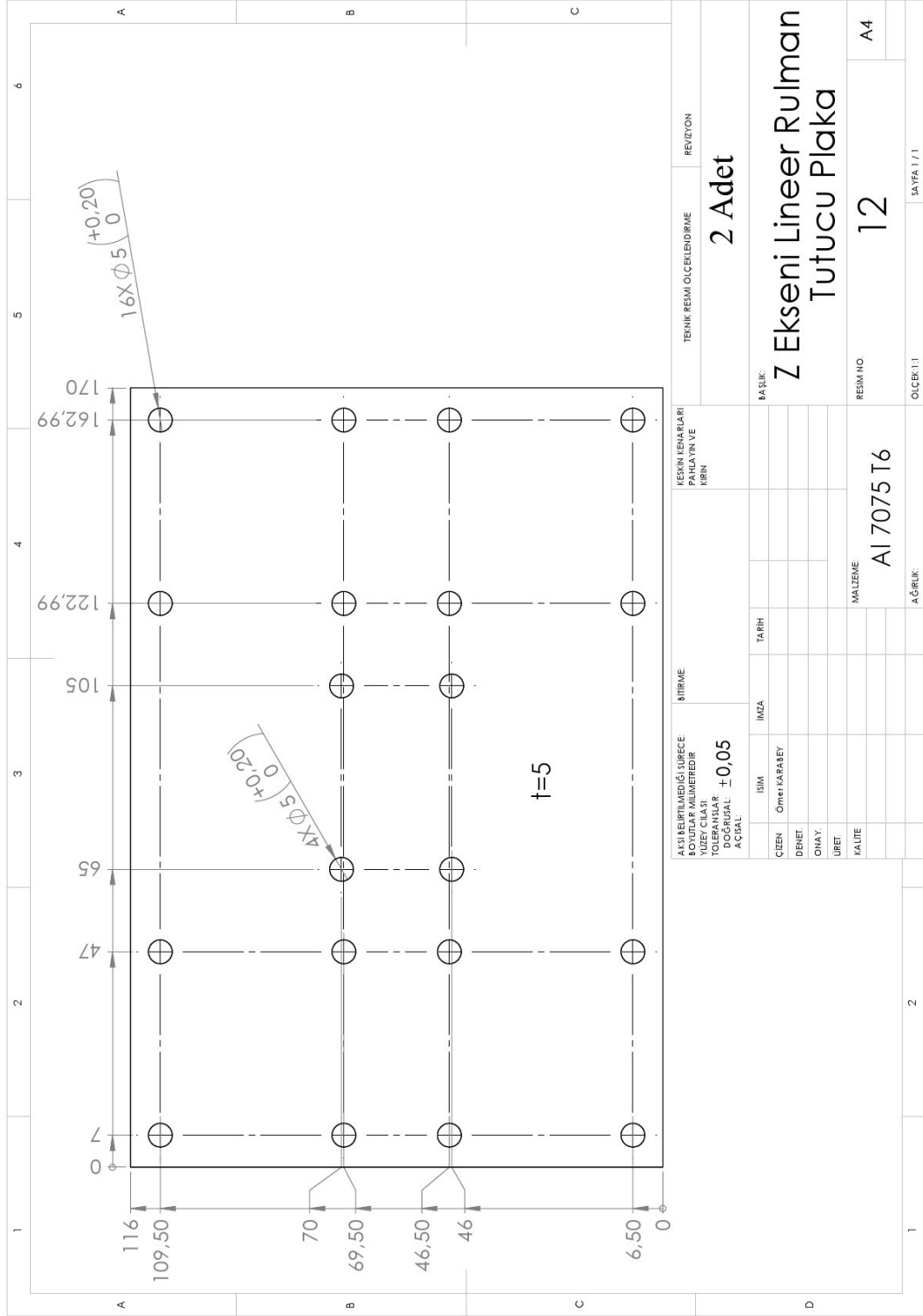


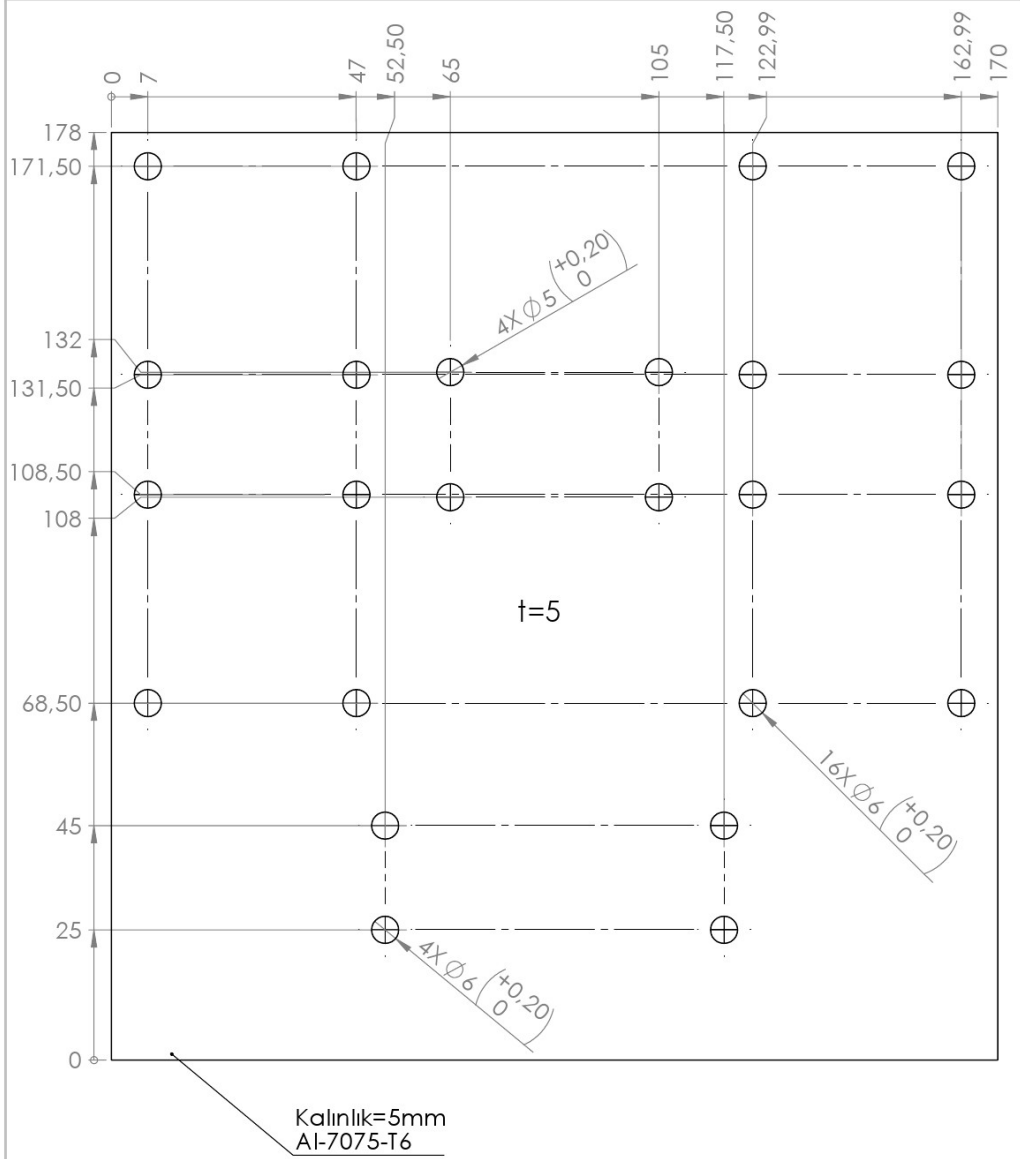
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILASI: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESİMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						2 Adet			
						Yan Destek Sacı			
ÇİZEN: Ömer KARAŞEY		İMZA:		TARİH:		BAŞLIK:			
DENEY:						9			
ONAY:									
ÜRET:						A4			
KALİTE:									
				Al 6063		RESİM NO:			
				AĞIRLI:		ÖLÇEK: 1:2		SAYFA 1 / 1	



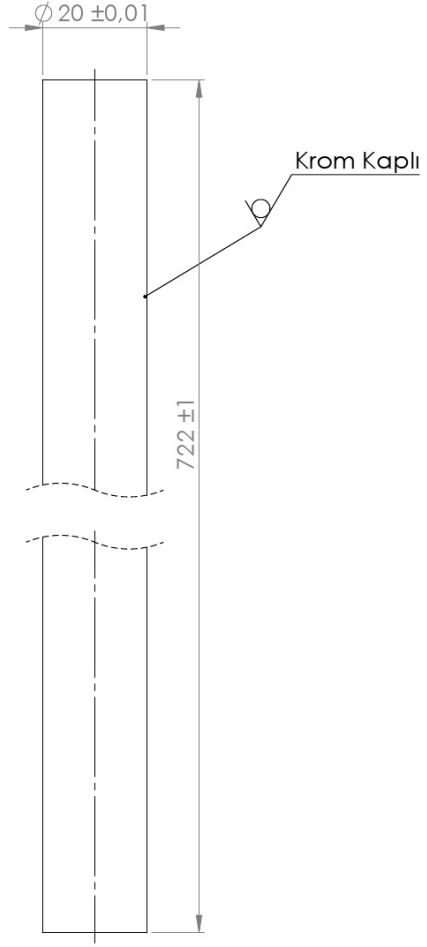
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MİLMETREDİR YÜZEY CALASI: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:			BİTİRME		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESİMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON			
							1 Adet					
							Z Arka Plaka					
							MALZEME		RESİM NO.		A4	
							Al 7075-T6		10			
							AĞIRLI:		ÖLÇEK:1:2		SAYFA 1 / 1	
ÇİZEN Ömer KARABEY			İMZA		TARİH		BAŞLIK:					
DENET:												
ONAY:												
ÜRET:												
KALİTE:												



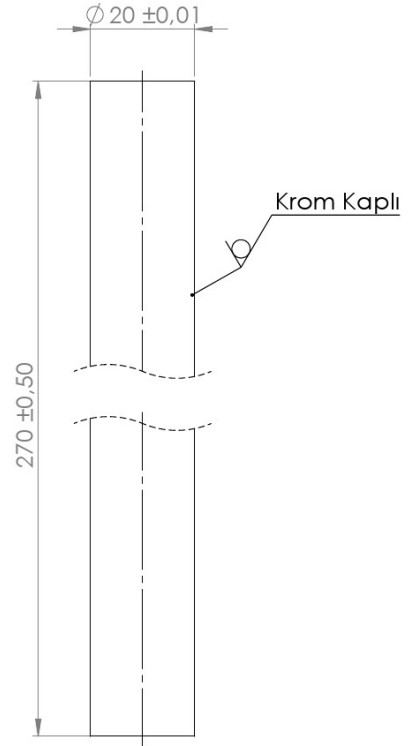
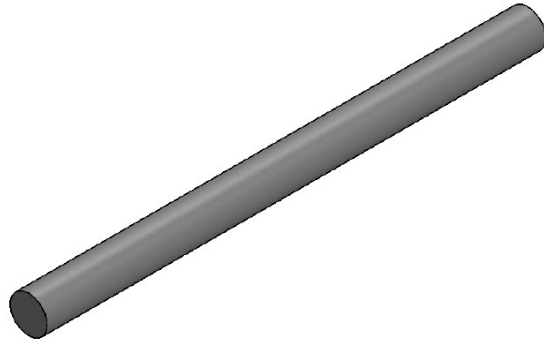




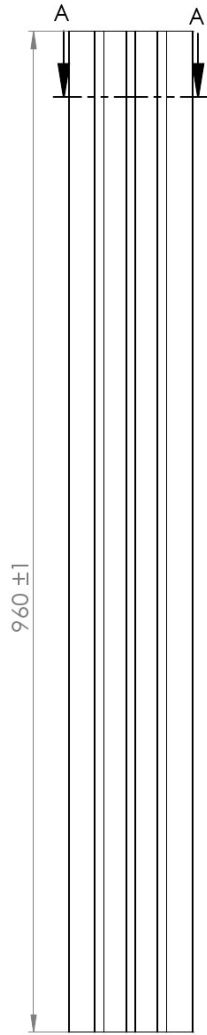
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		±0,05	BİTİRME	KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN	TEKNİK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME	REVİZYON
					1 Adet	
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH		BAŞLIK:	
DENET:	Ömer KARA&EY				Spindle Bağlantı Plakası	
ONAY:						
ÜRET:						
KALİTE				MALZEME	RESİM NO.	A4
				Al 7075 T6	13	
				AĞIRLI:	ÖLÇEK:1:1	SAYFA 1 / 1



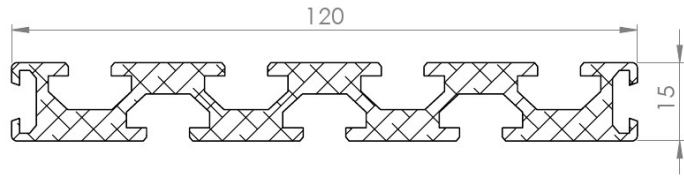
AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME:		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESİMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						2 Adet			
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			BAŞLIK:			
DENET:	Ömer KARA&EY					X Eksenli Doğrusal Yatak			
ONAY:									
ÜRET:									
KALİTE					MALZEME	RESİM NO.		14	
								A4	
					AĞIRLI:	ÖLÇEK: 1:1		SAYFA 1 / 1	



AKSI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:		BİTİRME		KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN		TEKNİK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME		REVİZYON	
						2 Adet			
						Z Eksenli Doğrusal Yatak			
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			RESİM NO.		A4	
DENET:	Ömer KARAŞEY					16			
ONAY:									
ÜRET:									
KALİTE					MALZEME				
					AĞIRLI:	ÖLÇEK:1:1		SAYFA 1 / 1	



KESİT A-A
ÖLÇEK 1 : 1



AKISI BELİRTİLMEDİĞİ SÜRECE: BOYUTLAR MILİMETREDİR YÜZEY ÇILAS: TOLERANSLAR: DOĞRUSAL: AÇISAL:				BİTİRME:	KESKİN KENARLARI PAHLAYIN VE KIRIN	TEKNİK RESMİ ÖLÇEKLENDİRME	REVİZYON
						6 Adet	
ÇİZEN	İSİM	İMZA	TARİH			BAŞLIK:	
DENET:	Ömer KARA&EY					Tabla Sigma Profil	
ONAY:						RESİM NO.	A4
ÜRET:						18	
KALİTE:					MALZEME		
					Al 6063		
					AĞIRLI:	ÖLÇEK:1.5	SAYFA 1 / 1

Ek-8 Cnc Fotoğrafi ve Özellikleri



Tezgaħ Tipi	CNC Freze Tezgaħı
Gövde	Alüminyum
Tahrik Şekli	Step Motor ve Vidalı Mil
Tezgaħ Ölçüleri	930x1100x750 mm
Çalışma Alanı	500x650x120 mm
İşlediği Malzemeler	Mdf, Alüminyum, Mermer, Pirinç, Bakır, pleksiglas vb. yumuşak malzemeler
Spindle	550 Watt, 30000 dev/dak
Boşta ilerleme hızı	5 m/dk
İşlemede maksimum ilerleme hızı	5 m/dk
Tezgaħ hassasiyeti	0,00625 mm



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Ömer KARABEY
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 21.10.1990
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Kadıburhanettin Mah. Ray Sok. No:6/4 58030 Sivas
E-posta Adresi	omerkarabey@hotmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Selçuk Anadolu Lisesi, 2004-2008
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2008-2012
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2013-2016

İş Tecrübesi

Kayalar Yapı Denetim	Makine Mühendisi Kontrol Elemanı, 2012-2013
Sena Ticaret Doğalgaz	Makine Mühendisi 2013-2015