

**T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**PROTOTİP ÜÇ EKSENLİ CNC FREZE TEZGÂHI  
TASARIMI VE İMALATI**

**Ferdi GEVREK**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Tamer UÇAR**

**Yozgat 2013**



**T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**PROTOTİP ÜÇ EKSENLİ CNC FREZE TEZGÂHI  
TASARIMI VE İMALATI**

**Ferdi GEVREK**

**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Tamer UÇAR**

**Bu çalışma, Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi  
tarafından İ.F.E/2011-41 kodu ile desteklenmiştir.**

**Yozgat 2013**

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

**TEZ ONAYI**

Enstitümüzün Makine Mühendisliği Anabilim Dalı 7011090015 numaralı öğrencisi Ferdi GEVREK'in hazırladığı “**Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tezgahı Tasarımı ve İmalatı**” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 14/06/2013 Cuma günü saat 14:00’te yapılmış, tezin onayına ~~OY ÇOKLUĞU~~ / OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Tamer UÇAR



Üye : Prof. Dr. Hasan YUMAK



Üye : Yrd. Doç. Dr. H. Kemal AKYILDIZ



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 04.../06.../2013 tarih ve 15... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

04.../06.../2013  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Bozok Üniversitesi  
Yrd.Doç.Dr. Ramazan COŞKUN  
Fen.Bil.Enst.Müd.V.



# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. CNC ve Otomasyon.....	3
1.2. NC (Sayısal Kontrol) Nedir? .....	6
1.3. CNC Nedir? .....	7
1.4. CNC Freze Tezgâh Çeşitleri.....	9
1.4.1. Köprü Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu .....	9
1.4.2. Üniversal Freze Tipi CNC Freze Tezgâhı Konstrüksiyonu .....	9
1.5. Üç Eksenli Tek Gövdeden Hareket Sistemli CNC Freze Konstrüksiyonu.....	10
1.6. CNC Tezgâhlarının Avantajları.....	11
1.7. CNC Tezgâhlarının Dezavantajları .....	11
<b>2. LİTERATÜR İNCELEMESİ .....</b>	<b>12</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>15</b>
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Tasarım.....	15
3.1.2. Tezgâhın Konstrüksiyonu .....	16
3.1.3. Motorlar.....	17
3.1.4. Kaplin .....	19
3.1.5. Bilyeli Vidalar Ve Doğrusal Kaymalı Yataklar .....	21
3.1.6. Spindle Motor (Kesici Motor).....	22

3.1.7. Step Motor Sürücüleri Ve Kontrolleri.....	23
3.1.8. Kontrol Ünitesi.....	24
3.1.9. Bilgisayar Sistemi ve Kontrol Kartı Haberleşmesi .....	24
3.2. Yöntem .....	26
3.2.1. Tasarım Yazılımları.....	26
3.2.2. Üretim Yazılımları .....	27
3.2.2.1. CNC Tezgâhlarda Kullanılan Kodlar .....	30
3.2.3. Kontrol Yazılımı (Operatör Paneli).....	33
3.3. Tasarım Hesapları.....	34
3.3.1. Hesaplamalar.....	34
3.3.1.1. Kesme Kuvvetlerinin Hesabı .....	35
3.3.2. Z Ekseni Hesapları .....	40
3.3.2.1. Vidalı Mil ve Somunu Hesapları.....	40
3.3.3. X Ekseni Hesapları.....	41
3.3.3.1 Vidalı Mil ve Somunu Hesabı.....	41
3.3.3.2. Alt Destekli Mil Hesabı.....	42
3.3.4. Y Ekseni Hesapları.....	43
3.3.4.1. Vidalı Mil ve Somunu Hesabı.....	43
3.3.4.2. Alt Destekli Mil Hesabı.....	45
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>46</b>
4.1. Tezgâhın Teorik Hassasiyeti .....	46
4.2. Tezgâhın Gerçek Hassasiyet Tespiti.....	46
4.2.1. Tezgâhın X Ekseninin Hassasiyet Tespiti .....	46
4.2.2. Tezgâhın Y Ekseninin Hassasiyet Tespiti .....	51
4.2.3. Tezgâhın XY Ekseninin Hassasiyet Tespiti .....	54
4.3. Tezgâh Maliyeti.....	58
4.3.1. Tezgâh Konstrüksiyon Maliyeti .....	58
4.3.2 Hassas Hareket Elemanları Maliyeti .....	59
4.3.3 Otomasyon Elemanları Maliyeti .....	60
4.3.4. Sarf Giderler Maliyeti .....	61

4.3.5. Toplam Maliyet.....	62
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>63</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>65</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>788</b>

# PROTOTİP ÜÇ EKSENLİ CNC FREZE TEZGÂHI TASARIMI VE İMALATI

**Ferdi GEVREK**

**Bozok Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**2013; Sayfa: 78**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tamer UÇAR**

## ÖZET

İlerleyen teknolojinin sunduğu imkânlar sayesinde üretim aşamalarında kullanılan klasik tezgâhlar yerini CNC tezgâhlara bırakmaktadır. İmalat endüstrisinin iş hacminin yükselmesi daha hassas, daha çok ve daha kaliteli ürünlere olan ihtiyacı artırmıştır. Bu değişimlere paralel olarak bilgisayar kontrollü tezgâhların kullanımı her geçen gün çeşitli sektörlerde yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmada, Prototip Üç eksenli CNC freze tezgâhi tasarımı yapıldı. İmalatı için gerekli tasarım parametreleri belirlendi. Belirlenen bu parametreler çerçevesinde tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli olan hesaplamalar yapıldı. Tasarım ve hesaplamalar doğrultusunda elektronik ve mekanik malzemeler seçildi. Seçimi yapılmış malzemeler hakkında bilgiler verildi. Tezgâhın hassasiyet analizleri yapıldı.

Sonuç olarak tasarımı yapılarak imal edilen tezgâh sorunsuz bir şekilde çalıştı. Örnek iş parçaları işlendi.

**Anahtar Kelimeler:** CNC-CAD-CAM, Bilgisayar Destekli İmalat, Makine Tasarımı, Makine İmalatı, Bilgisayarlı Nümerik Kontrol



# **PROTOTYPE THREE AXIS CNC MILLING MACHINE DESIGN AND MANUFACTURING**

**Ferdi GEVREK**

**Bozok University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering  
Master of Science Thesis**

**2013; Page: 78**

**Thesis Supervisor: Prof. Dr. Tamer UÇAR**

## **ABSTRACT**

Thanks to the possibilities progressive stages of production CNC looms leaves the location of the classical benches. More sensitive to the rise in business volume manufacturing industry, has increased the need for more and better quality products. In parallel with these changes, the use of computer-controlled machine tools in various sectors, expanding with each passing day.

In this study, the prototype has been designed three-axis CNC milling machines. Required for the manufacture of the design parameters were determined. These parameters are determined by calculations in accordance with the counter was necessary to design and manufacture. Electronic and mechanical equipment in accordance with the design and calculations were chosen. Information about the choice of materials was made. Counter sensitivity analyses were performed.

As a result, manufactured by designing the machine worked smoothly. Sample work pieces were processed.

**Keywords:** CNC-CAD-CAM, Computer Aided Manufacturing, Machine Design, Machine Manufacturing, Computerized Numerical Control

## TEŞEKKÜR

Bu tez konusunu seçmemde beni yönlendiren, çalışmalarım sırasında tecrübelerinden, bilgilerinden istifade ettiğim, destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen aynı zamanda kişilik olarak da bana çok şey katan danışman hocam Bozok Üniversitesi Rektörü sayın Prof. Dr. Tamer UÇAR'a, sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada maddi destek sağlayan Bozok Üniversitesi BAP Birimine (I.F.E/2011-41 no'lu proje) teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında bana sağladığı imkânlar ve huzurlu bir aile ortamı için, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli eşime ve çalışmalarım sırasında emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 Üretim bandı ve Beton santrali otomasyonu örnek ekran görüntüleri.....	3
Şekil 1.2 Bir CNC işleme merkezi.....	4
Şekil 1.3 CNC işleme merkezinin takım tutucusu (Magazin) .....	4
Şekil 1.4 CNC işleme merkezinin gövdesi ve işleme merkezinin kontrol ünitesi.....	5
Şekil 1.5 MIT Tarafından Geliştirilen İlk NC Tezgâh.....	6
Şekil 1.6 Örnek Blok Gösterimi .....	6
Şekil 1.7 Köprü Tip CNC Freze .....	9
Şekil 1.8 Üç Eksenli Üniversal Tip CNC Freze .....	10
Şekil 1.9 Üç Eksenli Tek Gövdeden Hareketli CNC Freze Konstrüksiyonu .....	10
Şekil 3.1 Birinci Tasarım .....	15
Şekil 3.2 İkinci Tasarım.....	15
Şekil 3.3 Prototip CNC Freze Tezgahının Konstrüksiyonu.....	16
Şekil 3.4 Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Tabla.....	17
Şekil 3.5 Step Motor İç Yapısı.....	17
Şekil 3.6 Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Step Motor.....	18
Şekil 3.7 Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Yıldız Tip Kaplin .....	20
Şekil 3.8 Bilyeli Vida Sistemi İç Yapısı .....	21
Şekil 3.9 Prototip CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Doğrusal Yataklar .....	22
Şekil 3.10 Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Spindle (İş Mili) Motoru ....	22
Şekil 3.11 Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Step Motor Sürücüsü.....	23
Şekil 3.12 Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Kontrol Kartı .....	24
Şekil 3.13 Prototip CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Kontrol Ünitesi.....	24
Şekil 3.14 Prototip CNC Freze Tezgâhında Kullanılan LPT Kablosu .....	25
Şekil 3.15 Paralel Portun Yapısı .....	25
Şekil 3.16 Prototip CNC Freze Tezgahı İletişim Sistemi .....	26
Şekil 3.17 Solidworks 2010 Programında Üretimi Yapılacak Olan Bir Tornavidanın Tasarımı.....	27
Şekil 3.18 Tasarımı Yapılmış Tornavidanın CAM programında Sayısallaştırılması	29
Şekil 3.19 Tornavidanın CNC Freze Tezgâhında İşlenmesi.....	30

<b>Şekil 3.20</b> CNC Freze Tezgâhında İşlenmesi Bitmiş Tornavida .....	30
<b>Şekil 3.21</b> Mach 3 Kontrol Paneli Örnekleri .....	33
<b>Şekil 3.22</b> Üç Eksenli CNC Tezgahı Tasarım Görüntüsü .....	34
<b>Şekil 3.23</b> Sert Metal Plaketli Başlıkları İçin Talaş Boyutları .....	36
<b>Şekil 3.24</b> Z Eksen Görünümü .....	40
<b>Şekil 3.25</b> X Eksen Görünümü .....	41
<b>Şekil 3.26</b> Alt Destekli Mile Etki Eden Kuvvet ve Momentlerin Gösterimi .....	42
<b>Şekil 3.27</b> Lineer Rulmanın Kuvvet ve Moment Değerleri .....	43
<b>Şekil 3.28</b> Y Eksen Görünümü .....	43
<b>Şekil 3.29</b> Alt Destekli Mile Etki Eden Kuvvet ve Momentlerin Gösterimi .....	45
<b>Şekil 3.30</b> Lineer Rulmanın Kuvvet ve Moment Değerleri .....	45
<b>Şekil 4.1</b> X Ekseni Yönünde İşlenmiş Malzeme .....	47
<b>Şekil 4.2</b> X Ekseni Yönünde İşlenmiş Olan Malzemenin Teknik Resmi .....	47
<b>Şekil 4.3</b> Y Ekseni Yönünde İşlenmiş Olan Malzeme ve Teknik Resmi .....	51
<b>Şekil 4.4</b> XY Ekseni Yönünde İşlenmiş Olan Malzeme ve Teknik Resmi .....	55
<b>Şekil 4.5</b> Şase İmalat Resimleri .....	557
<b>Şekil 4.6</b> Yataklama Elemanları Montaj Resmi .....	559
<b>Şekil 4.7</b> Kullanılan Panonun Yerleşim Görüntüsü .....	60
<b>Şekil 4.8</b> Tezgah Boyama Resmi .....	60

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Step Motorun Özellikleri .....	19
Çizelge 3.2. İso Kod Sistemine Göre Adresleme Harflerinin Anlamları .....	31
Çizelge 3.3. G Kodu Anlamları .....	32
Çizelge 3.4. M Kodu Anlamları.....	33
Çizelge 3.5. Üç eksenli CNC Tezgahı Tasarım Parametreleri.....	35
Çizelge 3.6. Kesme Parametreleri .....	37
Çizelge 3.7. Basitleştirilmiş Yöntemle $K_s$ Değerleri . .....	38
Çizelge 4.1. X Ekseni Numunesinden Alınan Ölçüm Değerleri .....	48
Çizelge 4.2. X Ekseni Standart Sapma Hesabı .....	49
Çizelge 4.3. Y Ekseni Numunesinden Alınan Ölçüm Değerleri .....	52
Çizelge 4.4. Y Ekseni Standart Sapma Hesabı .....	53
Çizelge 4.5. XY Ekseni Numunesinden Alınan Ölçüm Değerleri .....	55
Çizelge 4.6. XY Ekseni Standart Sapma Hesabı .....	56
Çizelge 4.7. Konstrüksiyon İmalatında Kullanılan Malzemeler ve Fiyatları .....	58
Çizelge 4.8. Hassas Kontrol Elemanları ve Fiyatları.....	59
Çizelge 4.9. Otomasyon Elemanları ve Fiyatları .....	60
Çizelge 4.10. Sarf Giderler Hesabı .....	61
Çizelge 4.11. Toplam Maliyet .....	62

## KISALTMALAR LİSTESİ

a	: Kesme Derinliği.
As	: Ortalama Talaş Kesiti
B	: Yana Kayma değeri
b	: Talaş Genişliği
CAD	: Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	: Computer-Aided Manufacturing, Bilgisayar destekli Üretim
CNC	: Computer Numerical Control, Bilgisaylı Sayısal Kontrol
D	: Kesici Takım Çapı, mm.
d	: Olayın Sıklığına Göre Yapılmak İstenen $\pm$ Sapma
$F_{ex}$	: Eksenel Kuvvet
$F_{id}$	: İlerleme Direnci
$F_r$	: Radyal Kuvvet
$F_v$	: İlerleme Kuvveti
$F_{ya}$	: Y Ekseninin Taşıdığı Kuvvet
h	: Talaş Kalınlığı
Hm	: Ortalama Talaş Kalınlığı
Ks	: Özgöl Kesme Kuvveti
L	: Uzunluk
LPT	: Local Print Terminal, Veri Çıkış Portu
$M_y$	: Y Yönündeki Moment
$M_x$	: X Yönündeki Moment
$M_z$	: Z Yönündeki Moment
MCU	: Machine Control Unit, Maline Kontrol Ünitesi
MDF	: Medium Density Fiberboard, Orta Yođunluktaki Lifli Levha

N	:	Ölçüm Sayısı
n	:	Örnekleme Sayısı
N	:	İş Mili Devir Sayısı, dev/dak
NC	:	Numerical Control, Sayısal Kontrol
p	:	İncelenecek Olayın Görülüş Sıklığı
Ps	:	İş Mili Motor Gücü, kW
q	:	İncelenecek Olayın Görülmeyiş Sıklığı (1-p)
S <sub>z</sub>	:	Kesici Takımın Dişi Başına Düşen İlerleme, mm/diş sayısı
t	:	Teorik Değer (Sabit Sayı)
V <sub>c</sub>	:	Kesme Hızı, m/dak.
V <sub>f</sub>	:	İş Tablası İlerleme Hızı, mm/dak.
W <sub>z</sub>	:	Z Ekseni Ağırlığı
W <sub>y</sub>	:	Y Ekseni Ağırlığı
W <sub>x</sub>	:	X Ekseni Ağırlığı
X	:	Kesici takımın işlenecek malzemeye temas açısı
Z	:	Kesici Takımın Diş Sayısı
μ	:	Vidalı Milin Sürtünme Katsayısı
2D	:	İki Boyut
3D	:	Üç Boyut

## 1. GİRİŞ

İmalatın amacı, hammadde halinde bulunan herhangi bir malzemeyi, belirli bir şekilde dönüştürmektir, imalat, insan veya hayvan gücü kullanarak ilkel yöntemlerle veya mekanik enerji kullanarak makinelerle yapılabilir. Makinelerin çoğunlukla kullanıldığı imalat sistemine sanayi denir. Toplumun, örneğin tarım, tekstil, gıda vs. gibi herhangi bir üretim alanına tatbik edilebilen sanayi, ülkenin kalkınmasında ve ekonominin gelişmesinde önemli rol oynar [10].

İmalat yöntemleri, mekanik ve fiziksel-kimyasal olmak üzere iki büyük guruba ayrılabilir. Bunlardan en önemlisi olan mekanik imalat yöntemleri Talaşlı ve Talaşsız olmak üzere ikiye ayrılır. Talaşsız imalat yöntemleri, talaş kaldırmadan, talaşlı imalat yöntemleri ise talaş kaldırarak şekil veren yöntemlerdir [10]. Bir dizi talaş kaldırma işlemiyle malzemelere biçim veren, motorlar ile tahrik edilen tezgâhlara takım tezgâhi denir.

Takım tezgâhları alanında büyük atılım, 1950 yıllarında nümerik programlamaya göre çalışan ve Nümerik Kontrollü (NC-Numerical Control) tezgâhların uygulamaya konulmasıyla başlar. Nümerik kontrol fikri II. Dünya savaşının sonlarında ABD hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan karmaşık uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgâhları ile üretilmesi mümkün değildi [1].

Bunun gerçekleştirilmesi için PARSONS CORPORATION şirketi ve MIT (Massachusetts Institute of Tecnnology) ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak bir CINCINNATTI-HYDROTEL freze tezgâhını Nümerik Kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgâhi imalatçısı Nümerik Kontrollü tezgâh imalatına başladı. İlk önceleri NC takım tezgâhlarında vakumlu tüpler, elektrik röleleri, karışık kontrol ara yüzleri kullanılıyordu [1].

Ancak bunların sık sık tamirleri hatta yenilenmeleri gerekiyordu. Daha sonraları NC takım tezgâhlarında daha kullanışlı olan minyatür elektronik tüp ve yekpare devreler



kullanılmaya başlandı. Bilgisayar teknolojisinde ki hızlı gelişmeler Nümerik Kontrollü sistemleri de etkilemiştir [1].

Artık günümüzde NC tezgahlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlar kullanılmıştır. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanmaları mümkün oldu. Sonuç olarak bu sistemli gelişmeler CNC' nin (Computer Numerical Control) doğmasına öncülük etmiştir. CNC daha sonra talaşlı imalat makinelerinin birçoğunda kullanılmaya başlandı [1].

Teknolojinin hızla yaygınlaşması nedeniyle günümüzde geleneksel tezgâhların imalatta kullanım payları giderek azalmakta ve yerlerini CNC tezgâhlarının kullanımına bırakmaktadır. CNC tezgâhlarının bu önemine karşın; yüksek maliyetleri nedeniyle mesleki ve teknik eğitim veren üniversite ve liselerin bazılarında eğitim amaçlı kullanılmak için CNC bulunmadığı bilinmektedir. CNC bulunan kurumlarda ise tezgâh yetersizliği, tezgâhların bozulma korkusu gibi nedenlerle öğrenciler yeterince pratik yapma imkânı ve fırsatı çoğu zaman bulamamaktadırlar.

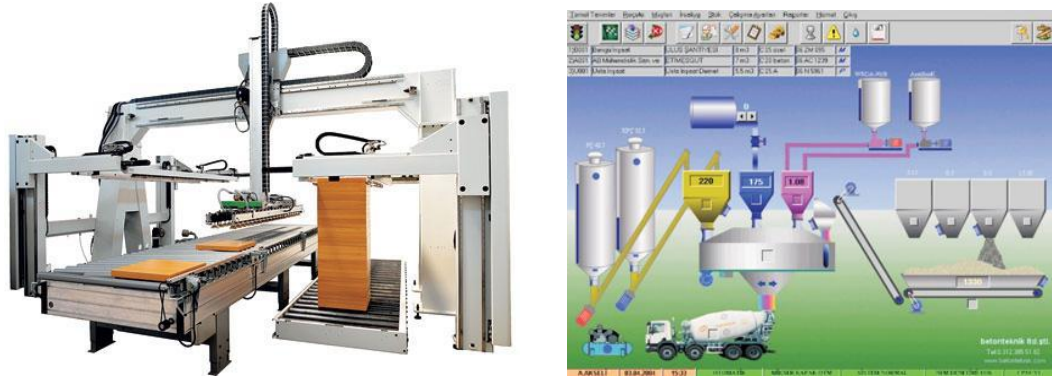
Bu çalışmada düşük maliyetli, hem eğitim amacı ile hem de karmaşık olmayan işleri yapabilecek bir CNC Freze tezgahı yapılması amaçlanmıştır. Tezgah imalatından önce iki adet makine konstrüksiyonu tasarımı CAD programı kullanılarak tasarlandı ve bu tasarımların maliyet analizi, üretilebilirlik gibi konular dikkate alınarak bir tasarıma karar verilerek imalatı gerçekleştirildi. İmalatı gerçekleştirilen CNC freze tezgahında Şase olarak kutu profil, tabla olarak preslenmiş özel ahşap, doğrusal hareketler için alt destekli mil ve lineer rulman, eksen hareketleri için step motorlar, bilyeli vida ve somunu, Spindle olarak kalıpçı taşlama kullanılmıştır.

İmal edilen tezgâhta Alüminyum, Çelik, Granit, Mdf gibi çeşitli sertlikteki malzemeler 3d olarak rahatlıkla işlendi ayrıca bazı grafik programlarından faydalanarak fotoğraftan ahşap üzerine rölyef işlemesi yapıldı.

## 1.1. CNC ve Otomasyon

İnsan müdahalesiyle gerçekleştirilen işlerde, bu müdahalenin yerini kısmen ya da bütünüyle makinelerin almasına **otomasyon** denir. Otomasyon, otomatikleştirme olarak da bilinir. Başka biçimde; gerçekleştirilmesi olanaksız olan işlemlerin makineler tarafından yerine getirilmesine otomasyon denir [8].

Otomasyon kavramı makineleşmeden nitelikçe farklıdır; makineleşme, insan gücünün yerini makinelerin alması, otomasyon ise makinelerin özdenetimli bir sistem halinde bütünleştirilmesidir. Otomasyon, uygulandığı alanların hepsinde köklü dönüşümler yaratmış, günlük yaşamın hemen her alanını derinden etkilemiş ve sanayi toplumlarının yaşamında yeni bir çığır açmıştır [7]. Şekil 1.1 de otomasyon ve seri üretimle ilgili sistem örnekleri görülmektedir.



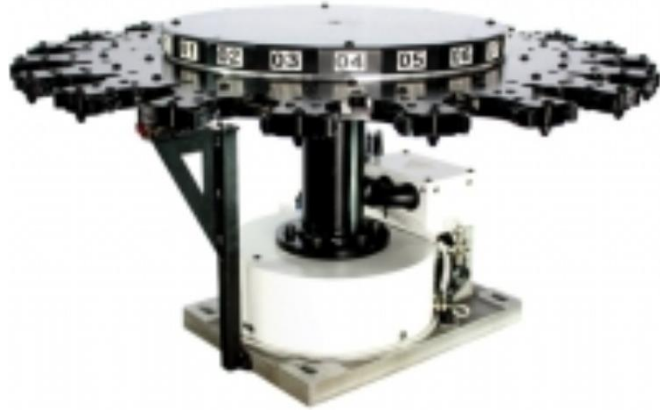
**Şekil 1.1** Üretim Bandı ve Beton Santrali Otomasyonu Örnek Ekran Görüntüleri

Makineleşmeden nitelikçe farklı gerçek otomasyon ise, geri besleme sistemlerinin geliştirilmesiyle ortaya çıktı; nitekim bu iki kavram bugün birbirinden bu sistemin varlığıyla ayırt edilir. Geri besleme, bir makinenin kendi kendini düzenleme yeteneğini ifade eder. Geri besleme yeteneğiyle donatılmış bir makine kendi üretim sürecini kendisi denetler, ürünü yüklenmiş talimatlar uyarınca inceleyerek verili standart kümelerine göre kıyaslar ve işlemi buna göre gerçekleştirir [7].



**Şekil 1.2** Bir CNC İşleme Merkezi

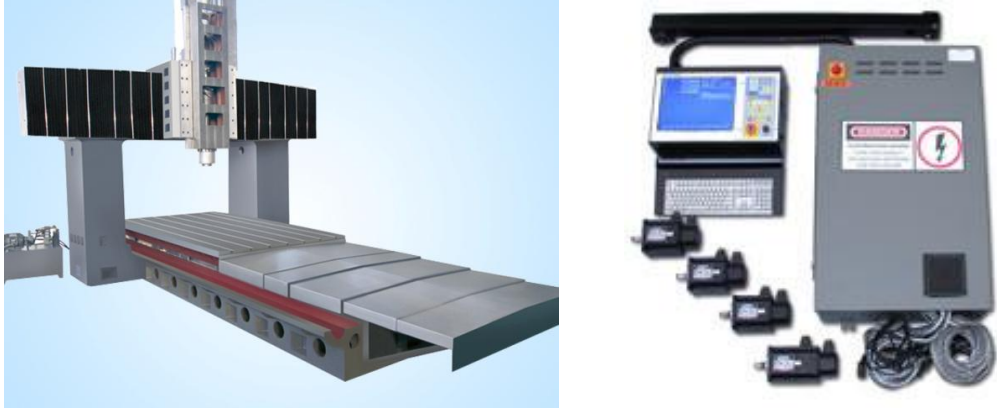
Şekil 1.2 de bir CNC işleme merkezi görülmektedir. Bu CNC ile bilgisayar ortamında tasarımı (Computer Aided Design), yapılan parçanın imalatı (Computer Aided Manufacturing) yapılmaktadır. Basit olarak anlatacak olursak; bilgisayarda çizim programları aracılığıyla çizilen bir parçanın üretimi tam otomatik olarak yapılmaktadır.



**Şekil 1.3** CNC İşleme Merkezinin Takım Tutucusu (Magazin)

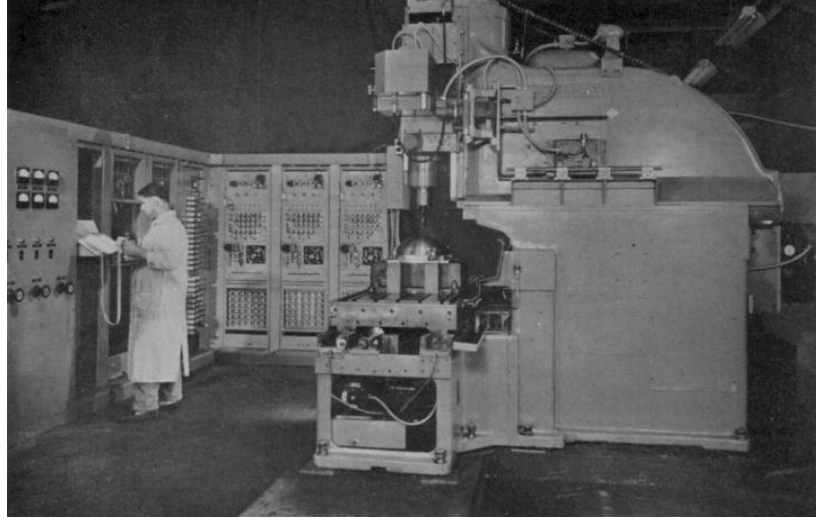
Bu CNC'nin kafası birden çok kesici takımını bir seferde tutabilecek şekilde yapılmıştır. Bu sayede aynı parça üzerindeki işlemler sırasında makinenin durdurulup kesici takımının değiştirilmesine gerek kalmamaktadır. Şekil 1.3 de işleme merkezine ait takım tutucu görülmektedir.

Şekil 1.4 de ise günümüzde kullanılan tezgahların konstrüksiyon ve elektronik bileşenlerine ait örnekler verilmiştir.



**Şekil 1.4** CNC İşleme Merkezinin Gövdesi ve İşleme Merkezinin Kontrol Ünitesi

CNC işlemenin temelleri İkinci Dünya Savaşı'nın sonlarına doğru atılmıştır. Bu dönemde uçak ve füze yapımında klasik işleme yöntemlerinin ihtiyaca yeterince cevap verememesi CNC işlemenin geliştirilmesine neden olmuştur. Amerikan ordusuyla bir anlaşma yapan Parsons Corporation, verimliliği en üst düzeye çıkaracak olan ve detaylara özel önem vererek istenen hassaslığın elde edilebilmesini sağlayacak esnek bir üretim sisteminin geliştirilmesi için bir proje başlattı. Parsons Corporation da Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) ile 1952'de bir anlaşma yaparak, bir bilgisayardan alınan çıktılara göre bir mili belli bir yüzey boyunca hareket ettirecek bir kontrol sistemi tasarlamasını istedi. MIT talep edilen sistemi üretti ve 1952' de Cincinnati Hydrotel isimli freze makinesini tanıttı. Bu makine Nümerik Kontrol (NC) adı verilen yeni bir teknoloji ile donatılmıştı. 1952' den beri dünyanın birçok yerinde makine parçası üreten firmalar üretimlerini nümerik kontrollü olarak yeniden düzenlemişlerdir [13]. Şekil 1.5 de MIT tarafından geliştirilen ilk NC tezgâhın resimleri görülmektedir.

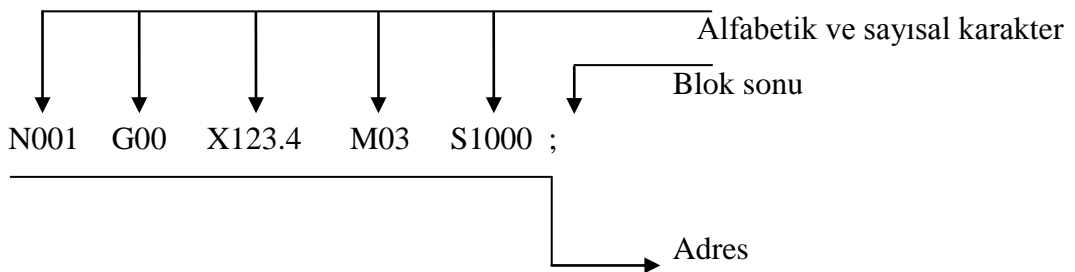


**Şekil 1.5** MIT Tarafından Geliştirilen İlk NC Tezgâh

## 1.2. NC (Sayısal Kontrol) Nedir?

Sayısal kontrol ( NC – Numerical Kontrol ), takım tezgâhlarının sayı harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesidir. Komutlar ilgili takım tezgâhına veri blokları şeklinde yüklenir. Her veri bloğu tezgâhın anlayabileceği bir dizi komuttan meydana gelir. Tezgâh çeşitli işleme fonksiyonlarını yerine getirme için istenen düzen ve şekilde kodlanmış bilgiye cevap verir. Bu fonksiyonlar, iş parçasına nazaran tezgâhın ana milinin pozisyonunu değiştirmeye, ana milin dönme yönüne ve hızına takım seçimine, soğutucunun açıp kapatma kontrolüne vb. fonksiyonlara kadar değişir [21].

CNC kontrol sisteminde kullanılan örnek blok yapısı şekil 1.6 da gösterilmiştir.



**Şekil 1.6** Örnek Blok Gösterimi

### 1.3. CNC Nedir?

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de (Computer Numerical Control ) temel düşünce takım tezgâhlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgâh kontrol ünitesinin (MCU) parça programıyla kontrol edilebilmesidir [20].

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de tezgâh 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 sekliyle hafızada saklamak mümkündür. Bu nedenle programın kontrol ünitesine bir kez yüklenmesi yeterlidir.

Bilgisayarlı nümerik kontrol’de (CNC) temel düşünce: takım tezgâhlarının sayı, harf, vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesidir. Bu tip tezgâhlarda kullanılan bilgisayarlar yardımıyla programların saklanması, parça üretiminin her aşamasında programı durdurma, programda istenilen değişiklikleri yapabilme, programa istenilen noktadan devam edebilme mümkündür.

Sayısal denetimli tezgâhlar 4 temel bileşenden oluşur; Bu bileşenler;

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

Bilgisayar kontrolü makineler arasında bilgi iletişimde sistem 4 temel kısımdan oluşmaktadır.

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

Sayısal denetimli tezgâhların giriş bilgileri sayısal olarak verilmektedir. Bu şekilde sisteme büyük esneklik sağlamakta, verilerin hazırlanması ve hesaplanmasında bilgisayarların kullanılması mümkün olmaktadır. Sayısal kontrollü tezgâhlarda, bilgileri tezgâha ulaştırmak için yapılan işlemler dış işlemler ve iç işlemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

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 tezgâh devresinden oluşmaktadır. Burada tezgâhın kontrol ünitesi iletilen program taşıyıcısının okunması, okunan bilgilerin işlenmesi, bunların tezgâhın ilgili elamanlarına iletilmesi ve bu elamanların harekete geçirilmesi gibi işlemleri yapmaktadır. İç işlemler tezgâhın donanım, dış işlemler 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 tezgâhlarının daha verimli kullanımı gerçekleşmiştir. Günümüzde üretilen takım tezgâhlarının çoğu bilgisayarla kontrollü veya programlanabilir kontrollü diğer ünitelerle yapılmaktadır. CNC tezgâhlarının esası NC sistemlerine dayanır ve mikro elektronik alanda yapılan gelişmelerin sonucu olarak da tezgâh kontrol ünitesinde belleğe

depolanmış bir program mevcuttur. CNC parça programcısı veya tezgâh operatörü bu programları kullanabilir.

CNC ya da başka bir deyişle Bilgisayar Destekli Sayısal Kontrollü tezgâhlar modern üretimin belkemiğini oluşturmaktadır. Bir CNC tezgâhı bilgisayar, tasarım yazılımları, üretim yazılımları ve hareket kontrol sistemlerinden oluşmaktadır.

#### **1.4. CNC Freze Tezgâh Çeşitleri**

##### **1.4.1. Köprü Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu**

Şekil 1.7 de görülen makine konstrüksiyonu basit ve sağlam bir yapıya sahiptir. Bu konstrüksiyon tasarımında X eksenini ve Z eksenini aynı sütun üzerinde hareket ettirmek ve Y eksenini bu iki eksenden bağımsız hareket ettirmektedir. Bu nedenle yüksek mukavemetli parçaların işlenmesine elverişli bir tasarımdır. Fakat işlenecek olan iş parçası ebatları tabla ebatları ile sınırlı olduğundan makine tabla ölçülerinden büyük iş parçaları işlenemez [7].



**Şekil 1.7** Köprü Tipi CNC Freze

##### **1.4.2. Üniversal Freze Tipi CNC Freze Tezgâhı Konstrüksiyonu**

Şekil 1.8 de görülen makine konstrüksiyonu şu anda endüstriyel alanda kullanılan CNC'ler ile yaklaşık olarak aynı yapıya sahiptir. X ve Y eksenleri aynı yapı üzerinde Z eksenini ise bağımsız olarak hareket ettirmektedir. Bu tür konstrüksiyonların imalatı kolay değildir. Yüksek maliyet ve işçilik gerekmektedir. Bu yüzden küçük tip tezgâh yapımında bu tür konstrüksiyonlara yer verilmemektedir.

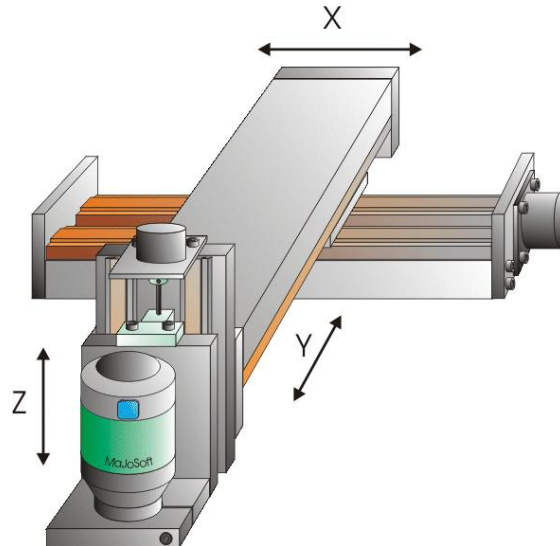




**Şekil 1.8** Üç Eksenli Üniversal Tip CNC Freze

### **1.5. Üç Eksenli Tek Gövdeden Hareket Sistemli CNC Freze Konstrüksiyonu**

Şekil 1.9 da görülen tasarım oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Çünkü kesici takım, üç eksende birden hareket edebilme kabiliyetine sahiptir. Bu yüzden tezgâhın gövdesinin rijit ve dayanıklı olması gerekmektedir.



**Şekil 1.9** Üç Eksenli Tek Gövdeden Hareketli CNC Freze Konstrüksiyonu

## 1.6. CNC Tezgâhlarının Avantajları

CNC tezgâhları klasik tezgâhlarla karşılaştırıldığında üretimde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bunlar şunlardır [24].

- Tezgâhın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Tezgâhta yüksek hassasiyette parça üretmek mümkündür.
- Seri ve hassas üretim insan faktörünün fazla etkili olmaması nedeniyle mümkündür.
- Üretim sırasında ayarlama, ölçü kontrolü ve elle hareket nedeniyle oluşan zaman kayıpları en aza indirilmiştir.
- Üretim sırasında operatörden kaynaklanan hatalar ortadan kaldırılmıştır.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikleri kısa sürede program üzerinde yapmak suretiyle uygulamak mümkündür.
- Ayar zamanının çok kısa olması
- Her türlü sarfiyat (malzeme, elektrik, emek) en aza indirgenmiştir.

## 1.7. CNC Tezgâhlarının Dezavantajları

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- İlk yatırım maliyeti çok pahalıdır.
- Klasik tezgâhlara göre daha titiz bakım ve kullanım gereklidir.
- Kaliteli dolayısıyla pahalı kesici takımların kullanılması gerekir.
- Periyodik bakımları uzman kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.
- CNC tezgâhlarını kullanacak elemanların eğitim düzeyi yüksek ve nitelikli elemanlar olmasına özen gösterilmelidir.

## 2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Tarih boyunca teknolojiyi bulan, teknolojik olarak güncel olan, teknolojiye yatırım yapan, mesleki eğitimini günün teknolojik şartlarına uyarlayan ülkeler gelişmiş, teknolojiden uzak, yatırım yapmayan, teknolojik olarak güncel olmayan ülkeler tüketen toplum olmuşlar ve bunun sonucunda da ekonomik olarak diğer devletlere bağımlı kalmışlardır.

Bu çalışmada da imalat sanayinde kullanılan bir CNC freze tezgâhının prototipi elektronik ve mekanik olarak tasarlanıp, imal edilerek çalıştırılmıştır. İlk olarak iki farklı tipte tezgâh, bilgisayar ortamında Solidworks programı kullanılarak 3d olarak tasarlanmış, projelendirilmiş ve maliyet hesabı yapılmıştır. Tasarlanmış olan makinelerden konstrüksiyon, işleme kapasitesi, maliyet ve imalat süreleri gibi konular dikkate alınarak seçim yapılmıştır. Tezgâh kapasitesi ve hedeflenen mekanik özellikler doğrultusunda mukavemet hesapları yapılmıştır. CNC freze tezgâhında kullanılan vidalı miller, alt destekli raylar, lineer rulmanlar, kaplinler, vidalı mil somunu ve elektronik malzemeler hazır olarak alınmıştır. Tezgâh hedeflenen mukavemet değerlerinde çalıştırılmıştır. Tezgâh ahşap, alüminyum, bakır gibi malzemeleri işleyebildiği gibi düşük hız ve düşük kesme derinliğinde mermer ve çelik malzeme de işlemiştir. Tezgâhta 2d ve 3d çalışmalar yapılmıştır. Çalışma örnekleri tez sonunda ekler bölümünde yer almaktadır. Tezgâhta sadece kapasite ölçme anlamında işlerin dışında enstitümüzde çalışılmakta olan yüksek lisans tezlerinde kullanacak hassasiyet gerektiren bazı parçalarında imalatı yapılmıştır. Bu tez çalışmasına benzer tez çalışmalarında tezgâhta işlenmiş örnekleme sayısı az ve bu tezdeki örneklemler kadar çeşitli değildir.

Mamur, yüksek hızda işleme özelliklerine sahip olan bir tezgâhın hem kontrol hem de mekanik özellikler açısından, normal konvansiyonel işleme şartlarında çalışan bir tezgâha göre hangi üstün özelliklerde olması gerektiğini araştırmıştır. Mamur bu çalışmasında kontrol sistemi özellikleri iyi olmayan bir tezgâhta mekanik sistemin yapısının yüksek hızda işleme tekniklerine uygun olmasının, sadece tezgâh mekaniği açısından bir üstünlük sağladığı ve kontrol sisteminin de çok iyi olması gerektiğini vurgulamıştır [14].

Büyükşahin, yaptığı çalışmada üç eksenli CNC freze tezgâhı, onu oluşturan parça ve malzemeler hakkında bilgi verilmiştir. CNC seçim kriterlerine değinmiştir. Tezgâhın üzerine binen tüm kuvvet ve momentler tespit edip, tüm eksen elemanları için etkileri kontrol etmiştir. Farklı malzemeleri farklı hızlarda işleme sırasında tezgâha binen yükleri hesaplanmış, en ağır şart için tezgâh gücü belirlenmiştir. Tespit edilen verilere göre tezgâh maliyet raporu yazmıştır [7].

Karaçam S., çalışmasında CNC freze tasarımı, adım motor sürücülerini araştırılmış ve mikro adım sürücüler kullanılarak yüksek hızda performansları incelenmiş ve çalışma sonuçları değerlendirilmiştir [16].

Baptista R. ve Simoes J. F. Antune, çalışmalarında işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini incelemişler. Yüzey pürüzlülüğünü incelemek üzere oluşturdukları geometrik model eğimli yüzeylerden, iç bükey yüzeylerden, dış bükey yüzeylerden ve düz yüzeylerden oluşmaktadır. Üç ve beş eksen frezeleme yapıp yüzey pürüzlülüklerini ve işleme zamanını ölçmüşler. Sonuç olarak ilerleme doğrultusuna, ilerleme hızına, yanal talaş genişliğine, üç ve beş eksen frezelemeye göre yüzey pürüzlülüğünün nasıl değiştiğini yorumlamışlar [17].

Chungchoo ve Saini, araştırmalarda CNC tornalama işlemlerinde belirli zaman aralığında kesme, ilerleme ve radyal kuvvetleri Sinir Ağları Yöntemi ile incelemiştir. Sınırlayıcı kriter olarak takım geometrisini ve giriş açısını kullanan yazar, bu iki kritere uygun deneysel çalışmaları kullanarak kural tabanı oluşturmuştur. Yapılan çalışma sonunda elde edilen veriler grafiksel olarak sunulmuştur [18].

Tseng ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada eğitim amaçlı, küçük boyutlarda 3 eksenli bir CNC freze tasarlanmış ve imal edilmiştir, geliştirilen CNC için mikroişlemci destekli kontrol ünitesi ve kontrol yazılımı çalışma kapsamında üretilmiştir [19].

Alan'nın çalışmasında, ülkemizdeki CNC eğitimi, CNC'nin mesleki eğitim ve sanayi açısından öneminden bahsedilerek CNC derslerinde kullanılması için CNC eğitim seti tasarımı yapılmıştır. Çalışma kapsamında yalnızca CNC'nin kontrol programı ve eğitim yazılımı geliştirilmiştir, mekanik olarak bir imalat yapılmamıştır [20].

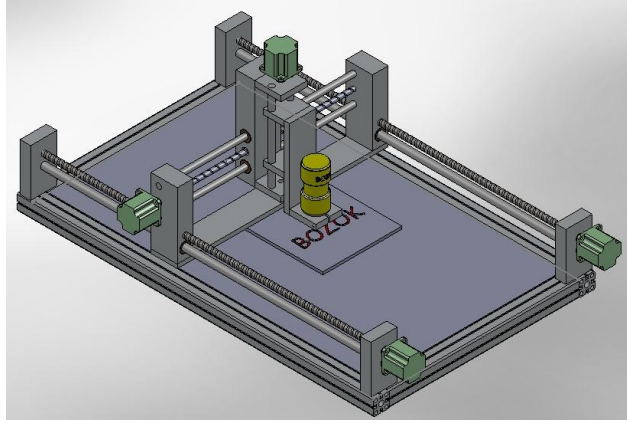
Apaydın H. yaptığı çalışmada adım motorlarının yapısı, çeşitleri, kontrol ve sürücü sistemleri ile dinamik modeli açıklanmıştır. RS 232 seri haberleşme portu üzerinden bilgisayar ile kontrolü sağlanmıştır. Yazılım ve mikro denetleyicilerden faydalanarak konum kontrolü sorunsuz yapılmıştır[21].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

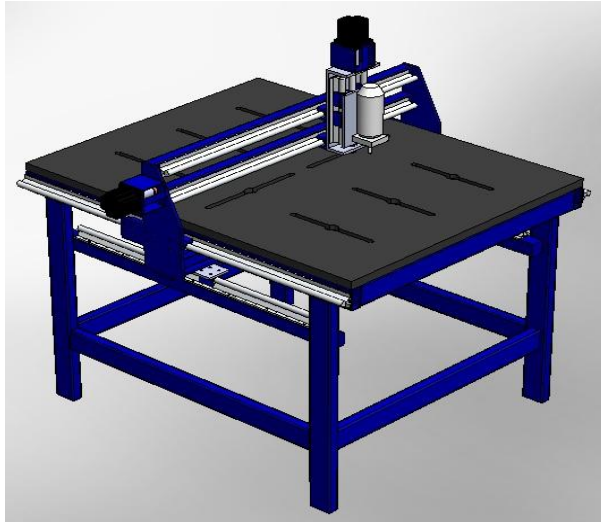
#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Tasarım

İmalatı planlanan tezgahın ilk adımı olarak Solidworks 2010 programında iki prototip tasarımı yapıldı. Şekil 3.1 de birinci tasarıma ait, şekil 3.2 de ise ikinci tasarıma ait teknik resimler verilmiştir.



Şekil 3.1 Birinci Tasarım



Şekil 3.2 İkinci Tasarım

Tasarlanan bu iki prototip çizimden maliyet, işleme kapasitesi, imal edilebilirlik gibi bazı kriterler dikkate alınarak ikinci tasarım seçilmiş ve tüm hesaplamalar bu yönde yapılmıştır.

### 3.1.2. Tezgâhın Konstrüksiyonu

Klasik tezgâhlarda olduğu gibi CNC freze tezgâhlarında da en ağır parça is parçasının sabitlendiği is tablasıdır. Tabla malzemesi olarak dökme demir yaygın olarak kullanılmaktadır. Dökme demirin ucuz olma özelliğinin yanı sıra istenilen şekilde üretilebilmesi ve sönümleyici etkisi avantajlı yönleridir. Çelik malzemeler de, en fazla kullanılan malzemeler arasındadır. Çelik yapılar dökme demirden daha hafif, buna karşın yaklaşık iki kat daha dayanıklıdır. Bu nedenle özellikle büyük tip tezgâhlarda çelik gövdeler tercih edilmektedir [16]. Şekil 3.3 de makinenin konstrüksiyonu, şekil 3.4 de ise tezgahta kullanılan tabla görülmektedir.



**Şekil 3.3** Prototip CNC Freze Tezgahının Konstrüksiyonu

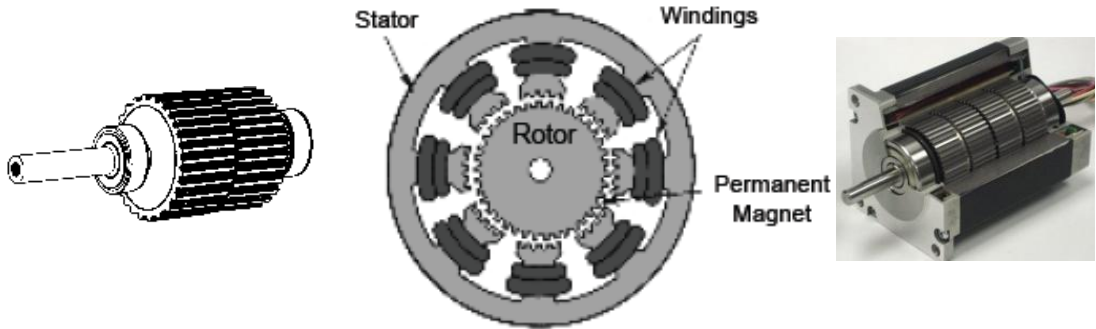
İmalatını gerçekleştirilen prototip CNC freze tezgâhında şase konstrüksiyonu olarak çeşitli ölçülerde kutu profiller ve çeşitli kalınlıklarda sac kullanılmıştır. Tabla olarak ise preslenmiş özel ahşap kullanılmıştır.



**Şekil 3.4** Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Tabla

### 3.1.3. Motorlar

Step motorlar dönme hareketindeki adım ve yön sinyallerini dönüştürler ve basit bir şekilde kontrol edilebilirler. Her ne kadar step motorlar, dijital geri besleme sinyalleri ile ya da analog sinyal kombinasyonları ile kullanılsa da, çoğunlukla geri bildirim (açık uçlu) dışında kullanılanları da vardır. Step motorların kontrolü için sürücü veya kontrol kartı gereklidir [17].



**Şekil 3.5** Step Motor İç Yapısı

Tipik bir hybrids motorun rotoru, iki yumuşak demir parçası etrafında aksenal mıknatıslanma yardımıyla sabit hale gelir. Rotorun üzerindeki demir parçaların yüzeyinde 50 diş vardır ve rotorla stator arasındaki hava boşluğunda bu dişler akıma yol gösterir. Genellikle iki fazlı bir step motor için sarım adımı diğer dişler arasında kalan mesafeye bakılarak 1,5 diş olarak ayarlanır. Stator genellikle rotorda bulunan



diş sayısı ile aynı diş sayısına sahiptir. Fakat motorun tasarımına bağlı olarak bir-iki diş eksik veya fazla olabilir. Şekil 3.5 de basit bir step motorun şematik içyapısı görülmektedir.

Step motorların avantajlarından bahsedecek olursak; maksimum dinamik dönme momenti, düşük hızlarda en yüksek değerine ulaşır. Şekil 3.6 da prototip CNC tezgahında kullanılan step motor görülmektedir. Step motorlar kolaylıkla ivmelenebilirler, rijitliğe ve sabit bir dönme momentine sahiptirler, bu yüzden genellikle fren ve kavramalara gerek duyulmaz. Step motorlar üretim yapıları itibarıyla dijitaldirler. Pozisyon belirleyici adımların sayısı, hız belirleyici frekans adımlarının sayısı ile aynıdır. Bu avantajlara ek olarak çok pahalı değil, kolay kontrol edilebilir ve yapısında fırça yoktur, ısı kaybı bakımından üstün bir özellik gösterirler ve her boyuttaki motor için yüksek dönme momenti ile birlikte oldukça rijit motorlardır. Step motorlarla ilgili dezavantajlar da vardır. Dezavantajların en büyüğünden biri devir sayısı arttıkça buna ters orantılı olarak dönme momenti de düşer. Çünkü çoğu step motorlar pozisyon sensörü olmadan açık uçlu olarak kullanılırlar buna bağlı olarak emniyetli dönme momenti değeri aşılsa, pozisyon kaybı olabilir ya da motor durabilir. Açık uçlu step motor sistemleri yüksek yüklemeli uygulamalarda ya da yüksek performans isteyen uygulamalarda kullanılmamalıdır. Başka bir eksiklik ise rezonans noktalarında motor milinin çok yüksek salınım yaptığı durumlarda yüksek atalet kuvvetlerini emmemesidir.



**Şekil 3.6** Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Step Motor

Sonuç olarak step motorlar yüksek hız gerektiren uygulamalarda iyi sonuçlar vermeyebilirler. Motorun maksimum adım/sn oranı ve düşük hızlardaki dönme momenti değeri dikkate değer bir özellik olabilir [17].

Hesaplamalarımız sonucunda çizelge 3.1 de belirtilen özelliklerde step motor kullanılmıştır.

**Çizelge 3.1** CNC Freze Tezgahında Kullanılan Step Motorun Özellikleri

Step Açısı	1.8 Derece
Nema	34
Amper	4.2 A
İndüktans	6.76 mH
Rezistans	0.775 ohms
Tutma Torku	4.5 N.m
Faz Numarası	2
Ağırlık	2.3 Kg.
Uzunluk	80 mm.
Tel Sayısı	8

#### **3.1.4. Kaplin**

Kaplin bir hareketi diğer bir ekipmana iletmek için kullanılan makine parçasıdır. Bu hareketi iletme esnasında mekanik titreşimleri ortadan kaldırmak için kaplin lastiği denilen absorban bir malzeme kullanılmak zorundadır. Kullanılmadığı takdirde ortaya çıkacak mekanik titreşimler makineye zarar verebilir ve kulağa hoş gelmeyen sesler üretebilir. Kaplinler iki parçalı veya üç parçalı üreten firmaya göre çok parçalı da olabilirler; örneğin şaftlar gibi.



**Şekil 3.7** Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Yıldız Tip Kaplin

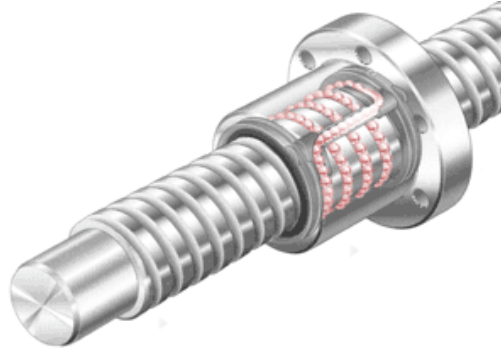
Makinelere emniyetli hareket iletiminde önemli bir görevi olan; sistem içersinden belki en basit, takıldığı makineye göre de en ucuz eleman gibi görünen kaplinler; seçiminde, montajında dikkatli davranılmadığında üretimin en pahalı elemanı haline gelir. Monte edildiği makinenin sık durmasına sebep olur. Tüm makineli çalışmalarda (özellikle endüstriyel) üretim zincirindeki bir halkanın aksaması tüm sistemi durduracağından, kaplinlerin seçimi montajı ve kontrolleri son derece önemlidir. Burada yapılan hatalar nedeniyle işletmelerde üretim kesintileri olur, kayıplar artar. Genel anlamda irtibat elemanlarının görevi, güç kaynağı olan motor veya döndüren eleman ile döndürülen eleman arasında irtibat sağlamak ve bu şekilde hareketi iletmektir. Mekanik irtibat elemanları olarak pratikte kaplinler ve kavramalar kullanılmaktadır. Kaplinlerde bağlantı, mekanik bağ ile gerçekleştirilir. Bu nedenle iki mil arasındaki irtibatı sağlamak veya kesmek, mekanik bağlantı elemanının takılıp sökülmesi ile yapılır; bu da ancak döndüren mil dururken mümkündür. Kavramalarda ise irtibat, mekanik veya fiziksel bir olaya (genellikle sürtünme olayına) dayanmaktadır; şöyle ki döndüren mil döndüğü halde istenildiği zaman irtibat sağlanabilir veya kesilebilir.

İmalatı yapılan tezgahta Şekil 3.7 de görülen yıldız tip kaplinlerden 3 adet kullanılmıştır. Kullanılan kaplin elastik parçası nitroleks tipidir. Bu tip elastik parçalar 10 °C ile 100 °C arasında rahatlıkla çalışabilmektedir.

### 3.1.5. Bilyeli Vidalar Ve Doğrusal Kaymalı Yataklar

Bilyeli vida, bir yatak içindeki kanallarda sürekli devir-daim edecek şekilde dizilmiş bilyelerin bir mil üzerinde, bilye profiline uygun şekilde açılmış kanallarda hareket etmesiyle oluşan sisteme denir. Mil üzerindeki bu kanallar genellikle sürekli yağlanarak vida ömrünün artmasında önemli bir etki yapmıştır. Mil ve somundan oluşan bu sistemler bir birleri üzerinde hareket etme suretiyle çalıştıkları için aralarında kritik değerlerde geçme toleransları bulunmaktadır. Vida dişleri bilyelerin şekil yapısına uygun olarak yuvarlatılmıştır. Normal vida sistemleri için bulunmuş formüller ve teknik terimler bilyeli vidalar içinde geçerliliğini korumaktadır. Diğer vida sistemlerinin birbirleri üzerinde kayarak çalışma sistemlerine karşı bilyeli vidaların yuvarlanma hareketleri hassasiyet açısından diğer vida somunlarına göre bilyeli vida somununa önemli üstünlükler sağlamaktadır.

Düşük motor kuvvetlerinde verimin yüksek olması, tahmin edilebilir kullanım ömrünün yüksek olması düşük aşınma oranlarına sahip olması ve bakımının fazla bir mali külfetinin olmaması bilyeli vidaların avantajları arasındadır. Şekil 3.8 de bilyeli vida sistemi basit olarak gösterilmiştir.

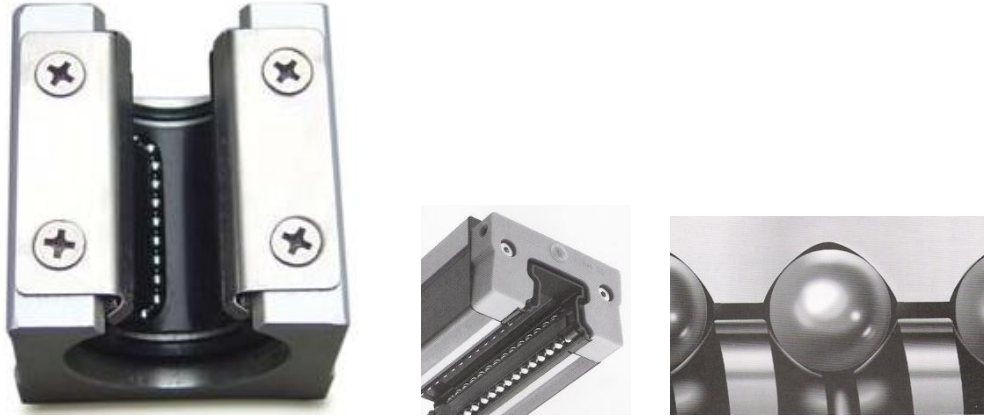


**Şekil 3.8** Bilyeli Vida Sistemi İç Yapısı

Malzeme seçiminin sınırlı olması, başlangıçtaki yüksek maliyeti ve dikey uygulamalarda bir yardımcı fren sistemine gerek duyulması bilyeli vidaların dezavantajları arasındadır.

Doğrusal yataklar en çok doğrusal hareket uygulamalarında kullanılırlar. Bu tür yataklar üzerlerine gelen yükleri eşit olarak dağıtarak desteklemekle beraber bir ray

boyunca ileri geri hareket edebilirler. Doğrusal yatak sistemleri iki ana parçadan oluşur. Araba ve arabanın üzerinde kaydığı ray, arabada bulunan bilye taneleri yuvalarından çıkmayacak şekilde sürekli devir daim yapacak biçimde dizilmiştir. Şekil 3.9 da Prototip CNC freze tezgahında kullanılan yataklama sistemi görülmektedir. Doğrusal yatakların yuvarlanarak temas etmelerinin avantajlarından faydalanarak bir düzlemsel yatak gibi kolayca montajı yapılabilir. Bilye dizilimine göre yük dağılımı, kızak sertliği, kullanım ömrü ve doğrusal yatakların yük kapasiteleri göz önünde tutulması gereken önemli özelliklerinden bir kaçıdır. Çoğu uygulamalarda doğrusal yataklar çift raylı ve bir rayın üzerinde iki araba olacak şekilde montaj edilirler.



**Şekil 3.9** Prototip CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Doğrusal Yataklar

### **3.1.6. Spindle Motor (Kesici Motor)**

Kesici motor olarak Crown Flex marka kesici kullanılmıştır. 600 Watt güç, 27000 d/d elektronik devir bulunan kesiciye maksimum 6mm. çapa kadar freze çakısı bağlanabiliyor. Kesici 1.4 Kg. ağırlığındadır.

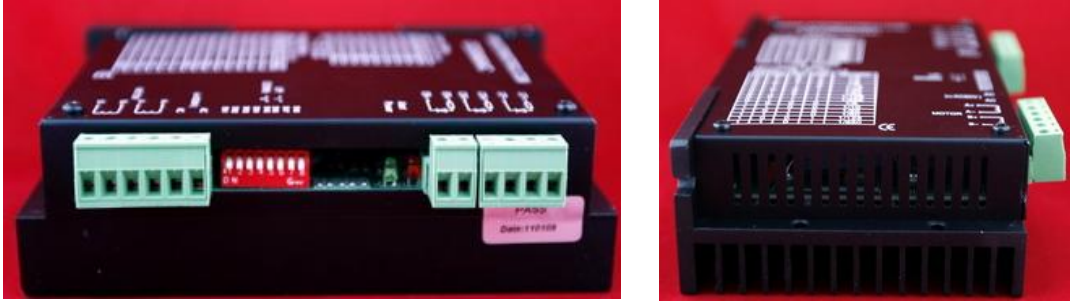


**Şekil 3.10** Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Spindle (İş Mili) Motoru

### 3.1.7. Step Motor Sürücüleri Ve Kontrolleri

Step motor sürücüleri, bir step motorun kontrol edilmesinde kullanılır. G kodları tarafından verilen komut değeri kadar motorun ileri veya geri hareket ettirilmesi step motor sürücüleri tarafından sağlanmaktadır. Şekil 3.11 de tasarımı yapılan tezgâhta kullanılan step motor sürücüsü görülmektedir. Sürücüler motorun bir turunu kaç adıma böldüklerine göre sınıflandırılırlar. Örneğin bir turunu 5000 adıma bölen bir sürücünün hassasiyeti 1/5000 dir. Sürücülerin fiyatları hassasiyetleri ile doğru orantılıdır.

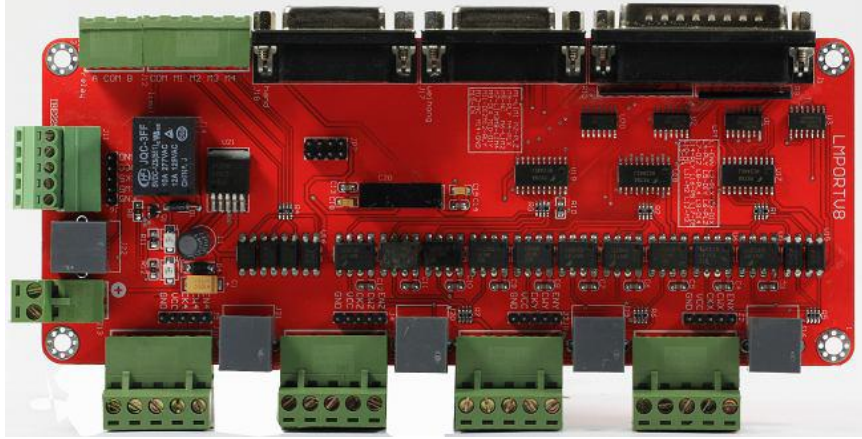
Kullanılana step motor sürücüsüne ait bazı bilgiler şöyledir; Güç giriş tipi 24vAC ~ 55v AC veya 24v DC ~ 60v DC ile besleme yapılabilir, çıkış akımı 2 ~ 6 Amperdir.



**Şekil 3.11** Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Step Motor Sürücüsü

Step motor kontrolleri, programdan alınan değerin yorumlanarak sürücüye gönderilmesini sağlar. Bu yorumlamayı bir ara yüz programı sayesinde yapar. Şekil 3.12 de bağlantı giriş ve çıkışları bulunan bir kontroller görülmektedir.

G ve M kodları ile yazılmış bir programın yorumunu yaparak programda G kodları ile birlikte verilen komutlardaki değerler kadar, sürücü yardımıyla, step motora hareket verir.



**Şekil 3.12** Prototip CNC Freze Tezgahında Kullanılan Kontrol Kartı

Şekil 3.12 de görülen kontrol kartı Mach2 ve Mach3 programlarına uyumlu 5 eksen kontrol edilebilir bir kontrol kartıdır. Bu nedenle tezgâhı kontrol etmek için kullandığımız kontrol programı mach 3 olarak seçilmiştir. Kontrol kartının LPT çıkışı ile bilgisayarın LPT çıkışı arasında bir bağlantı kurularak haberleşme sağlanmaktadır.

### **3.1.8. Kontrol Ünitesi**

Elektronik kontrol ünitesi kontrol programından aldığı sinyallere göre adım motorları süren; adım motor kontrol devresi, trafo, sigorta ve güç kaynağından oluşmaktadır. Şekil 3.13 de tezgahta kullanılan kontrol elemanları görülmektedir.



**Şekil 3.13** Prototip CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Kontrol Ünitesi

### **3.1.9. Bilgisayar Sistemi ve Kontrol Kartı Haberleşmesi**

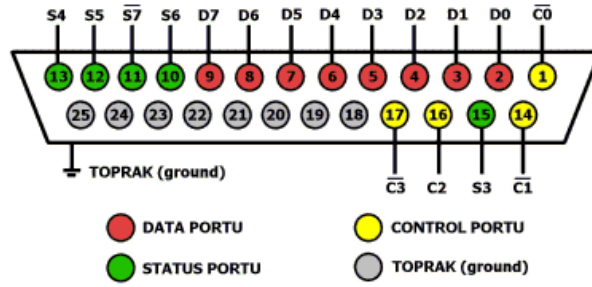
Kontrol devresi ile kontrol programının haberleşmesi bilgisayarın paralel portu (LPT) aracılığı ile yapılmaktadır.

Paralel port, 8 bit veri aktarabilen, 25 pinden oluşmaktadır. Veri aktarımı “Data Portu” üzerinden gerçekleştirilmektedir. Data portu üzerindeki bu 8 pinin değeri özel bir durum “+5 Volt”luk bir gerilim oluşması sağlanır. Paralel port üzerinde “Data Portu”na ilave olarak “Status” ve “Control” portları da bulunmaktadır. Bu Portlar dışındaki 18–25 numaralı pinler ise toprak pinleridir. Şekil 3.15 de paralel portun yapısı görülmektedir [22].

İmalatı yapılan tezgâhta kontrol kartı ile bilgisayar arasındaki haberleşme için Şekil 3.14 de görülen LPT kablosu kullanılmıştır.

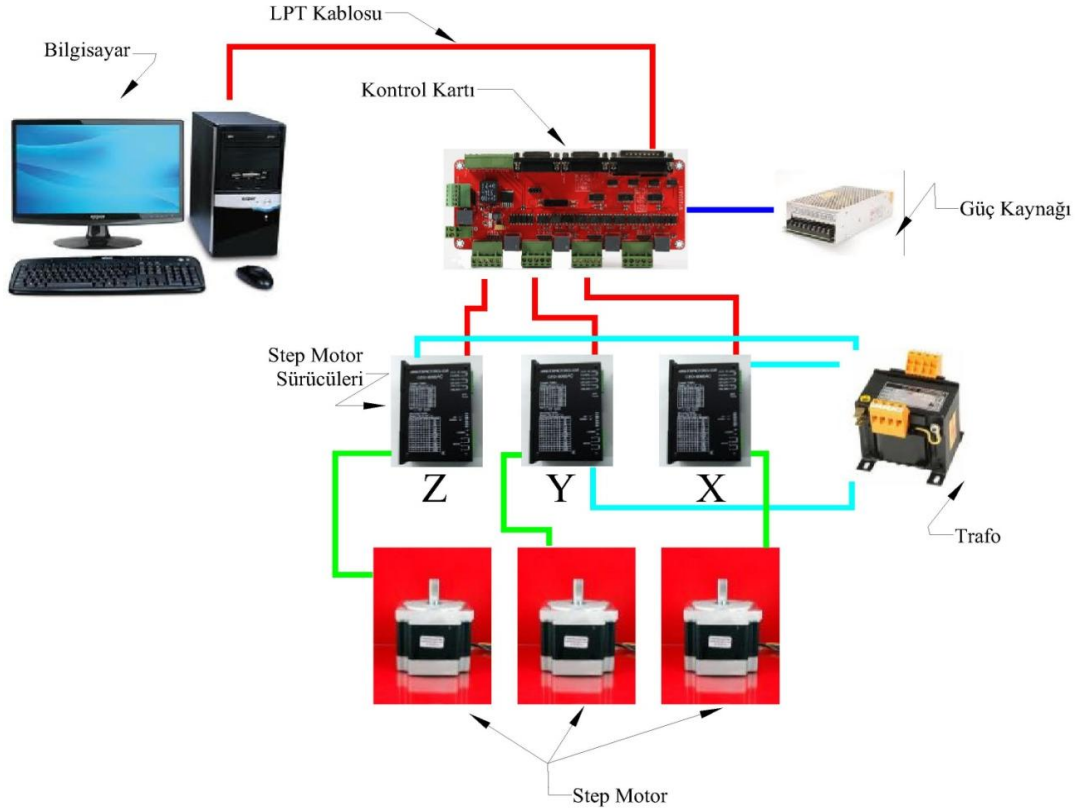


Şekil 3.14 Prototip CNC Freze Tezgâhında Kullanılan LPT Kablosu



Şekil 3.15 Paralel Portun Yapısı [22].



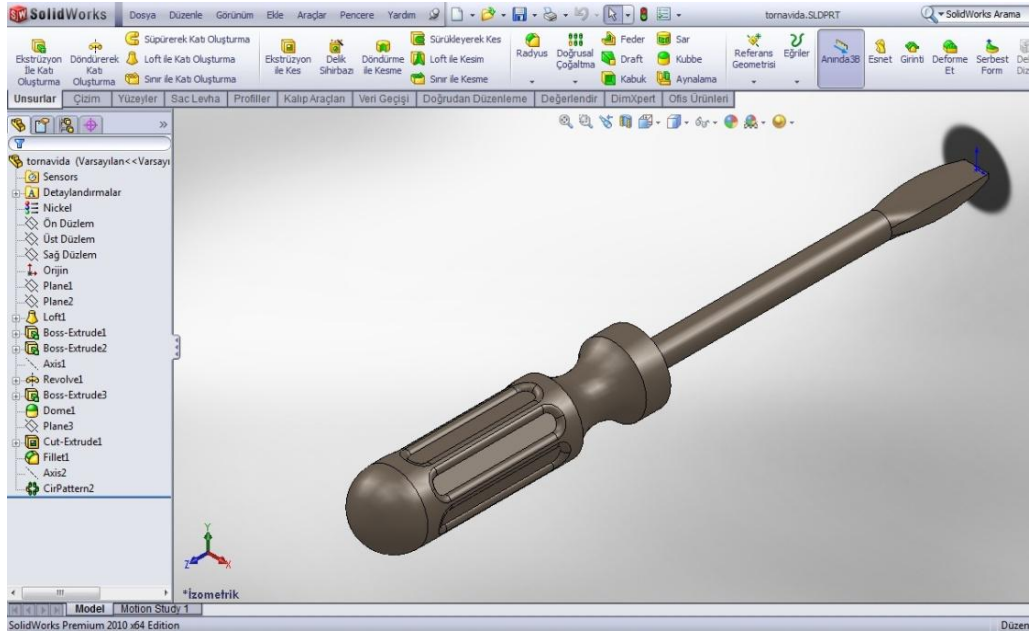


Şekil 3.16 Prototip CNC Freze Tezgâhı İletişim Sistemi

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Tasarım Yazılımları

CNC tezgâhta 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 , Artcam ve İntevor programları vardır [21]. Şekil 3.17 de Solidworks 2010 programında üretimi yapılacak olan bir tornavidanın tasarımı görülmektedir.



**Şekil 3.17** Solidworks 2010 Programında Üretimi Yapılacak Olan Bir Tornavidanın Tasarımı

### 3.2.2. Üretim Yazılımları

Bilgisayar destekli imalat yazılımı (CAM), bilgisayar sistemlerinin planlama, yönetme ve bir imalat işleminin kontrolünün doğrudan veya dolaylı olarak bilgisayar ara yüzü kullanılarak yapılması gibi işlemlerde kullanılmasıdır. CAM sisteminin aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

- Tasarım
- Analiz
- Çizim
- İşlem Planlama
- Parça Programlama
- Parça işleme
- Muayene

Günümüzde bilgisayar destekli imalat CNC tezgâhlarında ve işleme merkezlerinde yapılmaktadır. Bu tezgâhlar 2, 3, 4, 5 eksenli olarak tanımlanır.

Tezgâhların programlanması basit parçalar için tezgâhın kendi bilgisayar konsolundan mümkün olabilir ve bu tuşları kullanarak yapılabilir. Ancak zor

parçaların programlanması tasarım sonucu elde edilen geometrik tasarım kullanan son işlemci (post processor) programları ile yapılabilir. Bu şekilde binlerce satırlık programı yazma gereği kalmaz ve hata payları azalır.

Bilgi işlem teknolojisindeki hızlı gelişmelere paralel olarak bilgisayarlar yardımı ile ayrı ayrı yapılan bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli imalat (CAM) işlemleri birleştirilerek CAD-CAM (bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar imalat); ve bunların CNC ve DNC sistemlerinin birleşmesi ile esnek imalat sistemleri FMS (Flexible Manufacturing System) oluşturulmuştur. Bunlara ilaveten üretimi yansıtan FMS ile fabrikanın kalite kontrol, stok kontrol, muhasebe, alım satım ve yönetim gibi diğer kısımlarını bilgisayar denetimi altında birleştiren CIM (Computer Integrated Manufacturing) bilgisayarlı tümleşik imalat ile üretim teknolojisinde, takım ve tezgâh özelliklerinde büyük gelişmeler meydana gelmiştir.

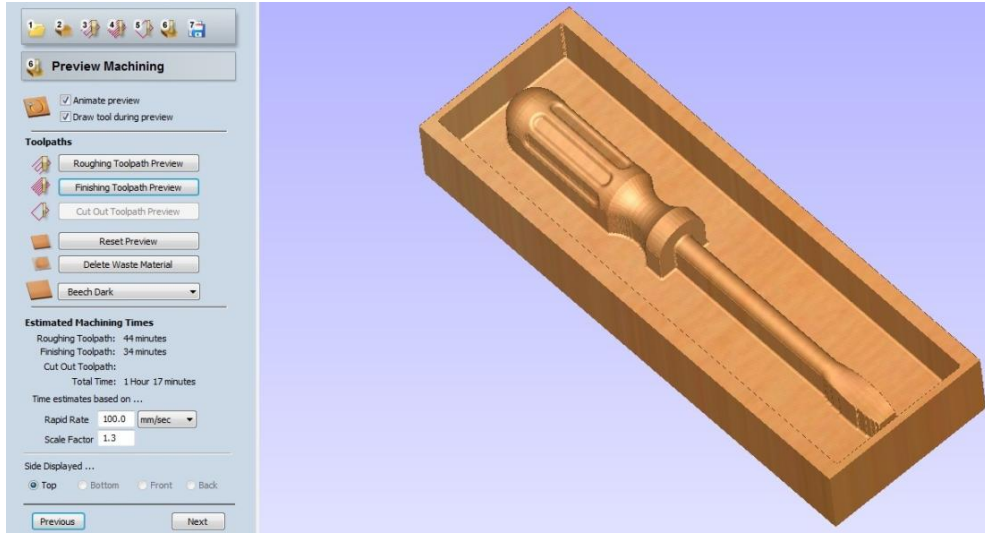
Sayısal denetimli takım tezgâhları tasarımda ve imalatta (CAD/CAM) daha büyük bir otomasyon ve aşağıda belirtilen avantajları sağlamaktadır.

- Tasarım sürecinin hızlanması
- Tasarım kalitesinin artması
- Tasarımın 3 boyutlu model veya 2 boyutlu teknik resimlerle kolaylıkla hazırlanması
- Tasarım değişikliklerinin kolaylıkla işlenmesi ve tasarımın güncelleştirilmesi
- Tasarımın imalatçı kuruluşa elektronik ortamda iletilebilmesi
- İmalatın CNC tezgahında otomatik olarak yapılabilmesi
- İmalatın hassas ve kaliteli olması
- İmalatın kısa sürede hazırlanabilmesi
- İmalat masraflarının parça başına daha düşük düzeye inmesi
- İşçilikten tasarruf edilmesi
- Tasarım ve imalat ile ilgili dokümantasyonun kolaylıkla hazırlanması

Bilgisayar destekli tasarım ve imalatta karşılaşılan güçlükler

- Görevli personelin eğitim ve yetişkinlik düzeyinin artması
- Bilgisayar, çevre üniteleri olan yazıcılar, çiziciler, ekranlar için yatırım yapılması
- Yazılım için lisans ücretlerinin ödenmesi

Endüstride bilgisayarlı tasarım ve üretim (CAD/CAM) alanında kullanılan yazılımların sayısı bir hayli fazladır. Sürekli olarak her yazılımın yeni versiyonları kullanılmaya başladığı gibi yeni CAD/CAM programları da hazırlanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan CAD/CAM yazılımları ve bu yazılımların özellikleri şunlardır. Pro/Engineer, Catia, I-Deas, Unigraphics, VisiCAD/CAM, MasterCAM, SolidCAM, Cut3D, AspireVetric en çok kullanılanlarıdır. Şekil 3.18 de tasarımı yapılmış tornavidanın CAM programında sayısallaştırılması, Şekil 3.19 da tornavidanın CNC freze tezgâhında işlenmesi, Şekil 3.20 de ise CNC freze tezgâhında işlenmesi bittikten sonraki resimleri bulunmaktadır.



**Şekil 3.18** Tasarımı Yapılmış Tornavidanın CAM Programında Sayısallaştırılması



**Şekil 3.19** Tornavidanın CNC Freze Tezgâhında İşlenmesi



**Şekil 3.20** CNC Freze Tezgâhında İşlenmesi Bitmiş Tornavida

### **3.2.2.1. CNC Tezgâhlarda Kullanılan Kodlar**

Endüstride çeşitli programlama prensipleri kullanılmaktadır. Bunlar **FANUC, SIEMENS, BOSCH, MAZATROL, OKUMA, HEIDENHAIN, MITSUBISHI** gibi programlardır. Bu kodlamalar arasında özellikle çevrimlerde farklılıklar görebiliriz. Ancak temel olarak programlama mantığı aynıdır. Belli kodlar ISO (International Standardization Organization-Uluslar arası standartlar organizasyonu) tarafından standartlaştırılmış fakat bazı kodlar ise üretici tarafından kullanılmak üzere standartlaştırılmamıştır. Örneğin program adı FANUC sisteminde **O** harfi ile, SIEMENS sisteminde ise " %" işareti ile başlar. Çizelge 3.2 , çizelge 3.3 ve çizelge 3.4 de İSO tarafında standartlaştırılmış kodlar ile ilgili örnekler verilmiştir.

**Örnek:**

- O1234; **FANUC** sisteminde program numarası (adı) 1234'tür. Program numarasının önüne O harfi konur. Satır sonu; işareti ile bitirilir.
- %1234; **SIMENS** sisteminde ise % işareti programın önüne konur. Satır sonu ";" işareti ile bitirilir.

**Çizelge 3.2** İso Kod Sistemine Göre Adresleme Harflerinin Anlamları

O	Program numarası
N	Satır numarası
F	İlerleme hızı (mm/dak veya mm/dev)
S	Devir sayısı (dev/dak) veya kesme hızı kodu (m/dak.)
T	Kesici takım
M	Yardımcı fonksiyonlar
G	Hazırlık fonksiyonları
P	Bekleme süresi (milisaniye), alt program numarası adresi
L	Tekrarlama sayısı (Alt programı veya çevrimi)
Q	Kesme derinliği
X, Y, Z	Koordinat kodları (Takımın X,Y, Z eksenine yönündeki hareketleri gösterir).
I, J, K	Dairesel interpolasyonda X,Y, Z eksenine göre yarıçap bileşeni
H	Takım uzunluk telafisi
C	Pah kırma işlemi

**Çizelge 3.3** G Kodu Anlamları

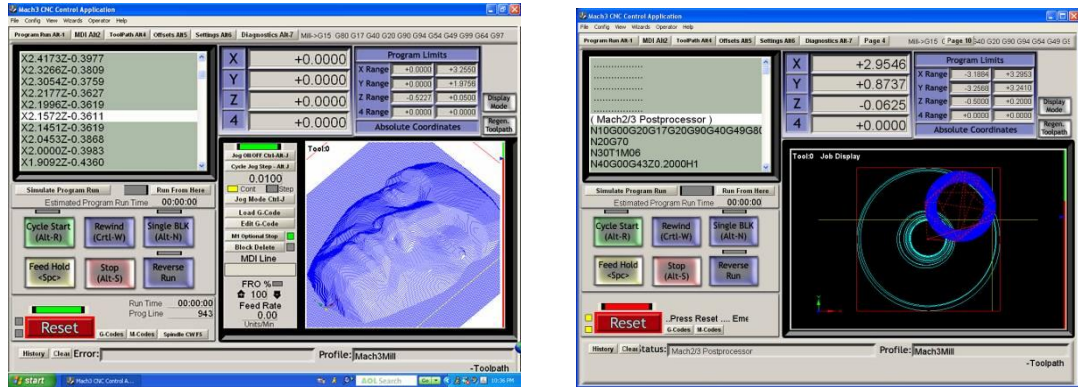
G00	Pozisyona hızlı hareket
G01	Doğrusal yavaş hareket (düz ve konik işleme).F kesme hızı ile,
G02	Saat yönünde dairesel hareket
G03	Saat yönü tersinde dairesel hareket
G04	Bekleme
G17	X-Y çalışma yüzeyi
G18	X-Z çalışma yüzeyi
G19	Y-Z çalışma yüzeyi
G20	İnch(parmak) ölçü sistemi
G21	Metrik ölçü sistemi
G28	Tezgah referans noktasına dönüş
G33	Vida (diş) çekme fonksiyonu
G40	Takım çap telafisi iptali
G41	Takım işin solunda (izleyeceği yolun(konturun)solunda)
G42	Takım izleyeceği yolun sağında
G54	İş parçası sıfır noktası(birden fazla sıfır noktası için 55,56,57,58,59)
G73	Derin delik delme çevrimi
G74	Ters diş çekme çevrimi
G80	Delik delme çevrimlerinin iptali
G82	Bekleme zamanlı delik delme
G83	Derin delik delme( Kademeli delik delme)
G84	Diş çekme çevrimi
G86	Delme.Yavaş girip , deliğin sonunda durur.
G87	Delik dibi genişletme.Yavaş girip delik dibinde çalışmaya başlar.
G90	Mutlak (absolit) ölçülendirme
G91	Artımsal ölçülendirme
G92	İş parçası koordinatını kaydırma
G95	İlerleme mm/dev
G98	Delme öncesi ve sonrası emniyet mesafesini aktif eder.
G99	G98'in iptali

**Çizelge 3.4 M Kodu Anlamları**

M00	Program durdurma
M01	İsteğe bağlı durdurma
M02	Program sonu (program başa dönmez)
M03	İş milinin (takımın) saat ibresi yönünde dönmesi
M04	İş milinin (takımın) saat ibresi tersi yönünde dönmesi
M05	İş mili durdurma
M06	Takım değiştirme 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 (program otomatik olarak başa döner)
M98	Alt program çağırma
M99	Alt program sonu

### 3.2.3. Kontrol Yazılımı (Operatör Paneli)

CNC takım tezgâhlarında tezgâha veri ve program girişini sağlayan ve üzerindeki ekran sayesinde tezgahın durumu ve hareketleri hakkında kullanıcıya bilgi veren, programın simülasyonunun izlenmesine imkan sağlayan kısma kontrol paneli denir. Aşağıdaki Şekil 3.21 de tezgâhta kullanılan Mach 3 kontrol programına ait örnekler mevcuttur.



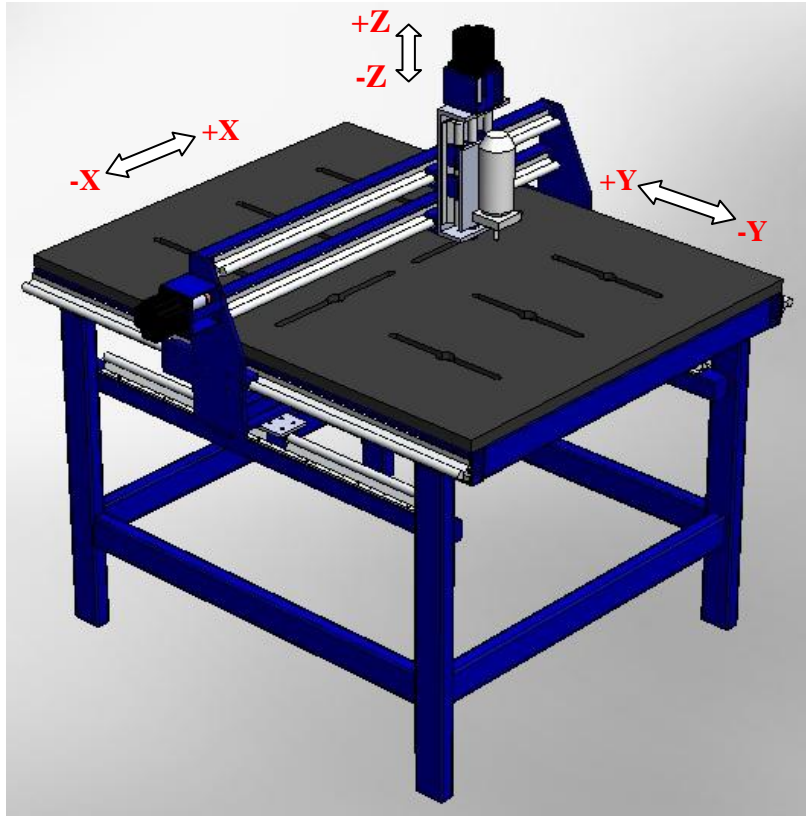
**Şekil 3.21 Mach 3 Kontrol Paneli Örnekleri**



### 3.3. Tasarım Hesapları

#### 3.3.1. Hesaplamalar

Montaj resmi Şekil 3.22 de görülen üç eksenli CNC freze tezgâhının hareket iletiminde doğrusal yataklar, vidalı bilyeli miller kullanılmıştır. Tahrik motoru olarak tüm eksenler için step motor seçilmiştir. Kesici motor olarak spindle motor tercih edilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 3.5 de tezgâhın ön tasarım için kabul edilen boyutları kesme hızları gibi değerler verilmiştir. Bu değerlerden yola çıkılarak ilk olarak X,Y,Z eksenlerindeki kesme kuvvetleri hesaplandı. Diğer hesaplarda da X,Y,Z eksenini için gerekli doğrusal rulman, bilyeli vidalı mil, step motor tipleri ve boyutları için yapıldı.



Şekil 3.22 Üç Eksenli CNC Tezgahı Tasarım Görüntüsü

**Çizelge 3.5** Üç eksenli CNC Tezgâhı Tasarım Parametreleri

<b>PARAMETRELER</b>	
Tezgâh Tipi	CNC Freze Tezgâhı
Gövde	Çelik Konstrüksiyon
Tahrik Şekli	Adım Motor
İşleme Kapasitesi	900mm. x 790mm. x 100mm.
Kesme Derinliği	Mdf: 5mm. – Al: 3mm. – Mermer: 1mm.

### **3.3.1.1. Kesme Kuvvetlerinin Hesabı**

Kesme kuvvetinin hesabı alüminyum(7075) malzeme işlendiği düşünülerek ve Orta tip kesme kuvveti dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$D = \text{Ø}6 \text{ mm.}$  (Kesici Takım Çapı)

$a = 3 \text{ mm.}$  (Kesme Derinliği)

$Z = 2$  (Kesici Takımın Kanal Sayısı)

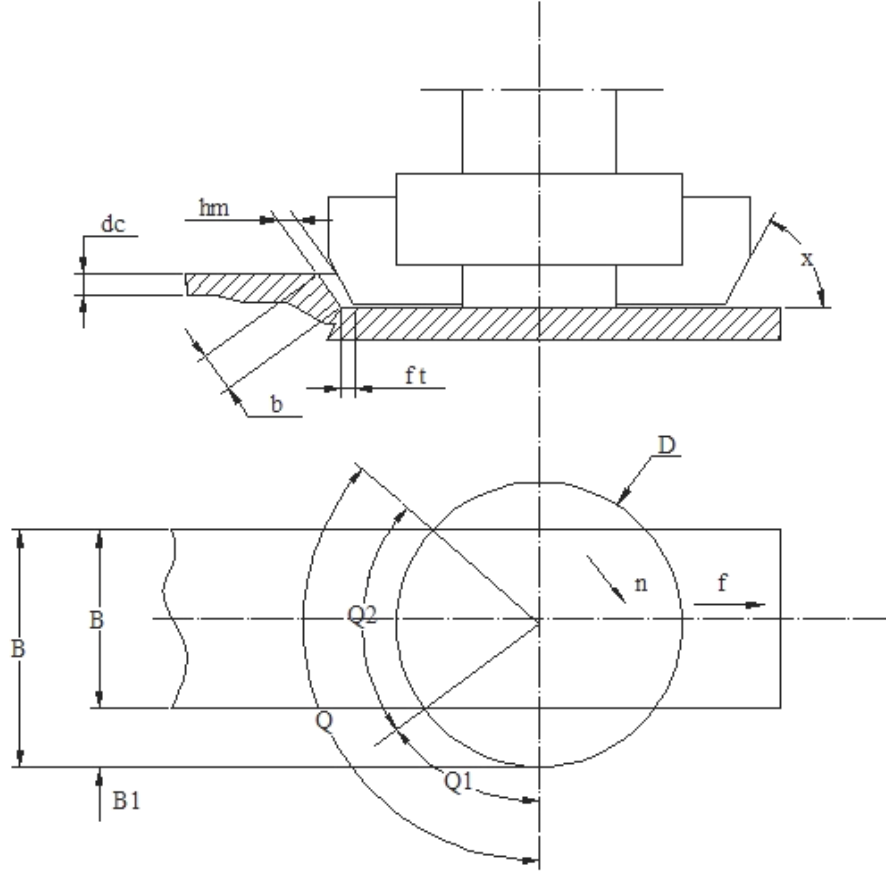
$X = 90^\circ$  (Kesici takımın işlenecek malzemeye temas açısı)

$S_z = 0.12 \text{ mm/diş}$  ( Kesici takımın dişi başına düşen ilerleme) Çizelge 3.6

$B = 2.5 \text{ mm.}$  (Yana kayma değeri)

$K_s = 800 \text{ N/mm}^2$  Al 7075 (Özgül kesme kuvveti) (Malzemenin kopma dayanımı)

$V_c = 140 \text{ m/dak.}$  (Kesici takım kesme hızı) Çizelge 3.6



Şekil 3.23 Sert Metal Plaketli Freze Başlıkları İçin Talaş Boyutları [7].

**Çizelge 3.6** Kesme Parametreleri [13].

Parça Malzemesi	İşleme Tarzı	Sz (mm./diş)	V (m/dak)	Takım Açıları				Sert Metal
				$\alpha$	$\gamma$	$\gamma f$	$\lambda$	
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 alaşımli çelikler	Kaba	0.2-0.5	70-140	8-12	5-10	-10	-8	
	İnce	0.1-0.2	90-180					
Yüksek alaşımli 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	300- 600	8-12	12-20	0 +15'e kadar	-4 +4'e kadar	K 10'da n K 20'ye kadar.

**Çizelge 3.7** Basitleştirilmiş Yöntemle  $K_s$  Değerleri [13].

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

**1.) Spindle (freze) devir sayısı (N)**

$$N = 1000.V_c / \pi.D$$
$$= 1000.140 / 3,14.6 = 7427 \text{ dev/dak} \quad (3.1)$$

**2.)Kesici İlerleme Hızı ( $V_f$ )**

$$V_f = n. Z . S_z = 7427 \text{ dev/dak} \times 2 \times 0.12\text{mm.} = 1782.48 \text{ mm/dak} \quad (3.2)$$
$$\approx 1.78 \text{ m/dak}$$

**3.)Temas Açısı ( $\varphi_s$ )**

$$\text{Cos}\varphi_1 = ((d/2)-A_1) / (D/2) = 1-(2A_1/D) \quad (3.3)$$

$$\text{Cos}\varphi_2 = ((D/2)-A_2) / (D/2) = 1-(2A_2/D) \quad (3.4)$$

$$\varphi_1=0 \iff A_1=0 \iff \varphi_s=\varphi_2 \iff A_2=B \text{ olur}$$

$$\text{Cos}\varphi_s = ((D/2)-A_2) / (D/2) = 1-(2B_1/D) = 1- (2 \cdot 2.5)/6 \quad (3.5)$$

$$\text{Cos}\varphi_s = 0.16$$

$$\text{Cos}\varphi_s = 99^\circ$$

#### 4.)Talaş Kalınlığı (h)

$$h = (B \cdot S_z \cdot 180 \cdot \sin x) / (\pi \cdot D \cdot \arcsin(B/D)) \implies \text{Asimetrik frezeleme} \quad (3.6)$$

$$h = (2.5 \cdot 0.12 \cdot 180 \cdot \sin 90^\circ) / (\pi \cdot 6 \cdot \arcsin(2.5 / 6))$$

$$h = 54 / 464.144$$

$$h = 0.116 \text{ mm. Talaş kalınlığı}$$

#### 5.)Talaş Geniřliđi (b)

$$b = a \cdot \sin x = 3 \cdot \sin 90^\circ = 3 \text{ mm. (a=Kesme derinliği)} \quad (3.7)$$

#### 6.) Ortalama Talaş Kesiti (A<sub>s</sub>)

$$A_s = h \cdot b = 0.116 \cdot 3 = 0.348 \text{ mm}^2 \quad (3.8)$$

#### 7.) Aynı Anda Temas Eden Diş Sayısı (Z<sub>e</sub>)

$$\begin{aligned} Z_e &= Z \cdot \varphi_s / 360 = 2 \cdot 99^\circ / 360 \\ &= 0.55 \text{ diş} \end{aligned} \quad (3.9)$$

#### 8.) Ortalama Kesme Kuvveti (F<sub>s</sub>)

$$F_s = Z_e \cdot A_s \cdot K_s = 0.55 \cdot 0.348 \cdot 800 = 153.12 \text{ N} \quad (3.10)$$

#### 9.) Radyal Kuvvet (F<sub>r</sub>)

$$F_r = 0.85 \cdot F_s = 0.85 \cdot 153.12 = 130.152 \text{ N} \quad (3.11)$$

#### 10.) İlerleme Kuvveti (F<sub>v</sub>)

$$F_v = 0.3 \cdot F_s = 0.3 \cdot 153.12 = 45.936 \text{ N} \quad (3.12)$$

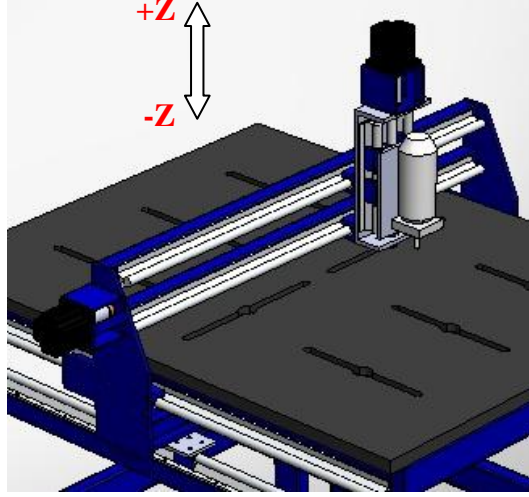
#### 11.) Kesme Kuvveti (N<sub>k</sub>)

$$N_k = (F_s \cdot V_c) / (60 \cdot 1000) = (153.140) / 60000 = 0.358 \text{ kW} = 358 \text{ Watt} \quad (3.14)$$

Seçim yapılan Spindle gücü uygun (Grown 600 Watt)

### 3.3.2. Z Ekseni Hesapları

#### 3.3.2.1. Vidalı Mil ve Somunu Hesapları



**Şekil 3.24** Z Eksen Görünümü

Tasarımda görülen Z ekseni üzerinde iki adet alt destekli ray, dört adet lineer rulman, bir adet vidalı mil, bir adet vidalı mil somunu ve spindle motor bulunmaktadır. Bu eksene etki edecek en büyük kuvvet daha önce hesapladığımız ilerleme kuvvetidir. İlerleme kuvveti değeri ise;  $F_V = 0.3 \cdot F_s = 0.3 \cdot 153.12 = 45.936$  N dir.

Bu değerler sonucunda  $C_{SBR20UUA} = 860N \geq F_V = 45.936$  N olduğu için tasarımda kullanılan SBR20UUA kodlu yataklama sistemi güvenlidir.

Z ekseninde kullanılan vidalı mil ve somununun seçiminde, Z eksen ağırlığı yani düşey kuvvet ve kesme kuvvetinden elde edilecek olan radyal kuvvet hesaplanmalıdır. Düşey kuvvetin hesabında daha önce eksen üzerinde bulunan tüm elemanların ağırlıkları dikkate alınmalıdır. Bu eksenindeki elemanların toplam ağırlığı;  $m_z = 16$  kg dır.

$Fm_z = m_z \cdot g = 16 \text{ kg} \cdot 9.81 = 156.96$  N bulunur.

$F_{ID} = \text{ilerleme direncidir} = 20$  N [23].

$F_{caz} = F_r + F_{id} + Fm_z = 130.152N + 20N + 156.96N = 307.112$  N (Dinamik Yükleme)

Titreşimli makineler için belirlenen 2.5 - 7 emniyet katsayıları arasından uygun bir katsayı ile çarparak seçim yapılması uygun olacaktır [22]. Yüksek titreşime maruz

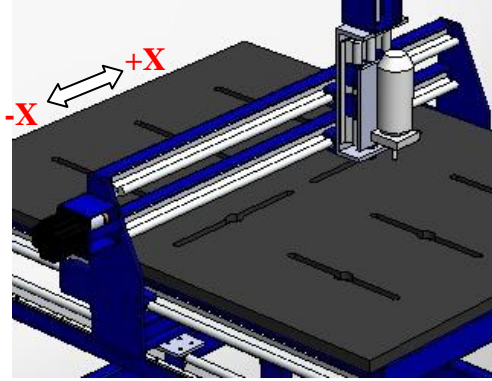
kalan dövme presleri, vibrasyonlu elekler vb. makineler için maksimum emniyet katsayısı seçimi yapılabilir fakat titreşime maruz kalmadan çalışan makinelerde ise düşük bir emniyet katsayısı seçimi yapılabilir. Bu nedenle katsayı olarak tüm eksen hesaplamaları için 2.5 seçilmiştir.

$2.5 \cdot 307.112 = 767.78 \text{ N}$  bulunur.

Katalog değeri  $1484 \text{ N} \geq 767.78 \text{ N}$  olduğundan seçimi yapılmış olan SFS02005-3.8 kodlu vidalı mil ve SFUR-2005 kodlu vidalı mil somunu sistem için güvenle çalışacaktır. Vidalı milin teknik verileri;  $D_z = 20\text{mm}$ ,  $L_z = 330\text{mm}$  ve  $L(\text{adım}) = 5\text{mm}$  de şeklinde olacaktır.

### 3.3.3. X Ekseni Hesapları

#### 3.3.3.1 Vidalı Mil ve Somunu Hesabı



Şekil 3.25 X Eksen Görünümü

Bu ekseninde bir adet step motor, dört adet lineer rulman, iki adet alt destekli mil ve bir adet vidalı mil bulunmaktadır. Eksen hareket esnasında Z eksenini de taşımaktadır. Eksenin net kesme uzunluğu 900mm. dir. Bu eksenin çalışma koşulları hesaplanacaktır.

Bu eksene etki edecek kuvvetler; ilerleme kuvveti ve Z ekseninin ağırlığından kaynaklanan kuvvetlerdir.

İlerleme Kuvveti;  $F_v = 45.936 \text{ N}$

Z eksen kuvvet; eksen ağırlığı \* 9.8  $\rightarrow 16 * 9.8 = 156.96 \text{ N}$

Toplam kuvvet :  $F_{\text{cax}} = F_v + W_z = 45.936 \text{ N} + 156.96 \text{ N} = 202.896 \text{ N}$  bulunur.

Titreşimli makineler için ön görülen emniyet katsayısı 2.5 ile 7 arasında olmalıdır.



Sonuç olarak emniyet katsayısını 2.5 olarak kabul edersek [22].

$2.5 \cdot 202.896 \text{ N} = 507.24 \text{ N}$  bulunur.

Katalog değeri  $1484 \text{ N} \geq 507.24 \text{ N}$  olduğundan seçimi yapılmış olan SFS02005-3.8 kodlu vidalı mil, eksen için güvenle çalışacaktır. Vidalı milin teknik verileri;  $D_z = 20\text{mm}$ ,  $L_z = 1030\text{mm}$  ve  $L(\text{adım}) = 5\text{mm}$  şeklinde olacaktır.

Vidalı mil somununun seçiminde ise vidalı mil ilerleme direnci  $F_{id}$ , Z eksen ağırlığı  $W_z$  ve ilerleme miktarı  $F_v$  dikkate alınarak, eksene etki eden eksenel kuvvet  $F_{ex}$  hesaplanır.

$\mu = \text{vidalı milin sürtünme katsayısı} = 0.1$

$$F_{ex} = F_{id} + F_v + W_z \cdot \mu \quad (3.13)$$

$$F_{id} = 20\text{N}$$

$$F_v = 45.936 \text{ N}$$

$$W_z = 156.96 \text{ N}$$

$$F_{ex} = 20\text{N} + 45.936\text{N} + 156.96\text{N} \cdot 0.1 = 81.632\text{N}$$

Titreşimli makineler için ön görülen emniyet katsayısı 2.5 ile 7 arasında olmalıdır.

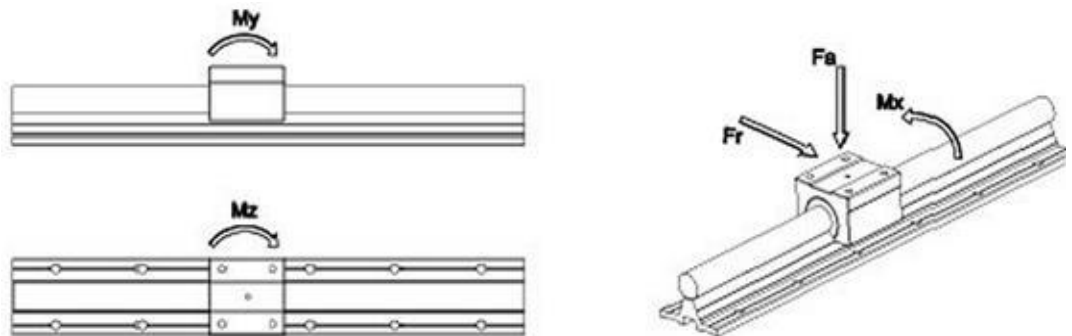
Emniyet katsayısını 2.5 olarak kabul edersek [22]

$2.5 \cdot 81.632 \text{ N} = 204.08 \text{ N}$  bulunur.

Katalog değeri  $1130 \text{ N} \geq 204.08 \text{ N}$  olduğundan seçimi yapılmış olan SFUR-2005 kodlu vidalı mil somunu sistem için güvenle çalışacaktır. Vidalı milin teknik verileri;  $D_z = 20\text{mm}$ ,  $L_z = 1000\text{mm}$  ve  $L(\text{adım}) = 5\text{mm}$  de şeklinde olacaktır.

### 3.3.3.2. Alt Destekli Mil Hesabı

Lineer rulman etki edecek kuvvetler; taşıyacağı eksenin ağırlığı ve işleme esnasında karşılaşacağı momentlerdir.



**Şekil 3.26** Alt Destekli Mile Etki Eden Kuvvet ve Momentlerin Gösterimi

Kod	Max. Yükleme Kapasitesi		Statik Momentler		
	Fr	Fa	Mx	My	Mz
170-16	3106	3685	.....	108,6Nm	129,5Nm
170-20	3762N	4787,2N	.....	152,5Nm	178,5Nm
170-25	5110N	5984N	.....	190,7Nm	223,2Nm
170-30	5787,1N	6777,3N	.....	216Nm	252,7Nm
170-40	8180,6N	9580N	.....	305,2Nm	357,3Nm

**Şekil 3.27** Linear Rulmanın Kuvvet ve Moment Değerleri

$F_{xa} = 156.96 \text{ N}$  X ekseninin taşıdığı toplam kuvvet ( $F_z$ )

$L = 1000 \text{ mm}$  X eksenin alt destekli mil uzunluğu

$$M_x = (F_{xa} / 2) * (L / 2) \text{ Moment} \quad (3.14)$$

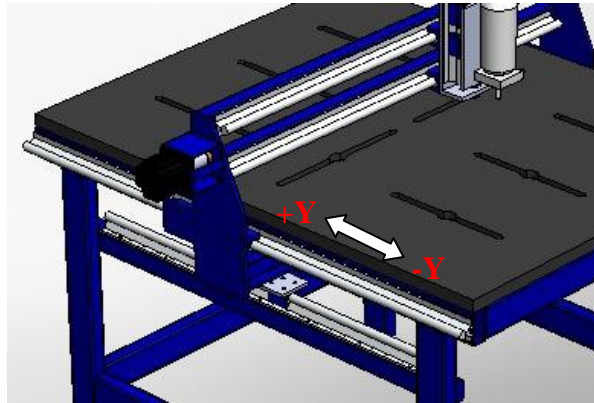
$M_x = 156.96 \text{ N} * 500 = 78.48 \text{ N}$  statik moment olarak uygun

$F_{rx} = 3762 \text{ N} \geq 156.96 \text{ N}$  yükleme kapasitesi olarak uygun

Sonuç olarak seçimi yapılmış olan 170-20 kodlu alt destekli mil maksimum yükleme kapasitesi ve statik moment olara uygundur.

### 3.3.4. Y Ekseni Hesapları

#### 3.3.4.1. Vidalı Mil ve Somunu Hesabı



**Şekil 3.28** Y Eksen Görünümü

Bu eksende dört adet alt destekli mil, on adet lineer rulman, bir adet vidalı mil, bir adet vidalı mil somunu, eksen bağlantı parçası bulunmaktadır. Eksen hareket esnasında X ve Z eksenini taşımaktadır. Eksenin net kesme uzunluğu 790mm. dir. Bu eksenin çalışma koşulları hesaplanacaktır.

Bu eksene etki edecek kuvvetler; ilerleme kuvveti ile X ve Z ekseninin ağırlığından kaynaklanan kuvvetlerdir.

İlerleme Kuvveti ;  $F_v = 45.936 \text{ N}$

Z eksen ağırlığı =  $156.96 \text{ N}$

X eksen kuvveti =  $25 \text{ kğ. (eksen ağırlığı) } \cdot 9.81 = 245.25 \text{ N}$  olur.

Toplam kuvvet :

$$F_{\text{cay}} = F_v + W_z + W_x = 45.936 \text{ N} + 156.96 \text{ N} + 245.25 \text{ N} = 448.17 \text{ N} \text{ bulunur.} \quad (3.15)$$

Titreşimli makineler için ön görülen emniyet katsayısı 2.5 ile 7 arasında olmalıdır.

Sonuç olarak emniyet katsayısını 2.5 olarak kabul edersek [22].

$$2.5 \cdot 448.17 \text{ N} = 1120.425 \text{ N} \text{ bulunur.}$$

Katalog değeri  $1484 \text{ N} \geq 1120.425 \text{ N}$  olduğundan seçimi yapılmış olan SFS02005-3.8 kodlu vidalı mil, eksen için güvenle çalışacaktır. Vidalı milin teknik verileri;  $D_z = 20\text{mm}$ ,  $L_z = 1300\text{mm}$  ve  $L(\text{adım}) = 5\text{mm}$  şeklinde olacaktır.

Vidalı mil somununun seçiminde ise vidalı mil ilerleme direnci  $F_{id}$ , Z eksen ağırlığı  $W_z$ , X eksen ağırlığı  $W_x$  ve ilerleme miktarı  $F_v$  dikkate alınarak, eksene etki eden eksenel kuvvet  $F_{ex}$  hesaplanır.

$\mu = \text{vidalı milin sürtünme katsayısı} = 0.1$

$$F_{ex} = F_{id} + F_v + (W_z + W_x) \cdot \mu \quad (3.16)$$

$$F_{id} = 20\text{N}$$

$$F_v = 45.936 \text{ N}$$

$$W_z = 156.96 \text{ N}$$

$$W_x = 245.25 \text{ N}$$

$$F_{ex} = 20\text{N} + 45.936\text{N} + (156.96\text{N} + 245.25 \text{ N}) \cdot 0.1 = 106.157 \text{ N}$$

Titreşimli makineler için ön görülen emniyet katsayısı 2.5 ile 7 arasında olmalıdır.

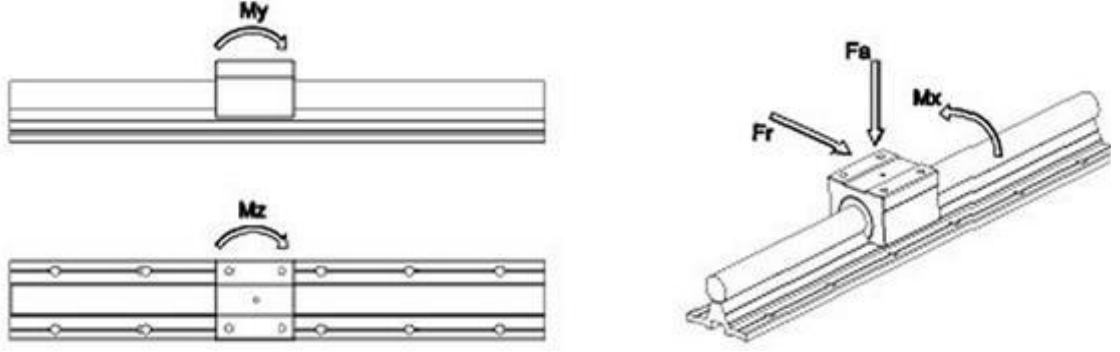
Emniyet katsayısını 2.5 olarak kabul edersek [22]

$$2.5 \cdot 106.157 \text{ N} = 265.3925 \text{ N} \text{ bulunur.}$$

Katalog değeri  $1130 \text{ N} \geq 265.3925 \text{ N}$  olduğundan seçimi yapılmış olan SFUR-2005 kodlu vidalı mil somunu eksen için güvenle çalışacaktır.

### 3.3.4.2. Alt Destekli Mil Hesabı

Lineer rulman etki edecek kuvvetler; taşıyacağı eksenin ağırlığı ve işleme esnasında karşılaşacağı momentlerdir.



Şekil 3.29 Alt Destekli Mile Etki Eden Kuvvet ve Momentlerin Gösterimi

	Max. Yükleme Kapasitesi		Statik Momentler		
Kod	Fr	Fa	Mx	Mv	Mz
170-16	3106	3685	.....	108,6Nm	129,5Nm
170-20	3762N	4787,2N	.....	152,5Nm	178,5Nm
170-25	5110N	5984N	.....	190,7Nm	223,2Nm
170-30	5787,1N	6777,3N	.....	216Nm	252,7Nm
170-40	8180,6N	9580N	.....	305,2Nm	357,3Nm

Şekil 3.30 Lineer Rulmanın Kuvvet ve Moment Değerleri

$$F_{ya} = 402.21 \text{ N} \quad Y \text{ ekseninin taşıdığı toplam kuvvet } (F_z + F_x)$$

$$L = 1300 \text{ mm} \quad Y \text{ ekseninin alt destekli mil uzunluğu}$$

$$M_y = (F_{ya} / 2) * (L / 2) \text{ Moment} \quad (3.17)$$

$$M_y = 201.105 * 650 = 130.718 \text{ N} \text{ statik moment}$$

$$Fr = 3762 \text{ N} \geq 402.21 \text{ N} \quad \text{yükleme kapasitesi}$$

Sonuç olarak seçimi yapılmış olan 170-20 kodlu alt destekli mil maksimum yüklenme kapasitesi ve statik moment olara uygundur.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Tezgâhın Teorik Hassasiyeti

Hassasiyet; tezgâhın belirli bir pozisyona varma kabiliyetidir. Bu tanıma göre hassasiyeti formül halinde yazacak olursak;

Teorik Hassasiyet = Birim doğrusal ilerleme / Motorun birim adım sayısı

Bilyeli vidanın adımı: 5mm.

Step motorların adım sayısı: 200 adım ( $360^\circ/200:1.8^\circ$ )

Step motorun çözünürlüğü: 1/2 Adım

Bir turdaki adım sayısı:  $200 \times 2 = 400$  adım

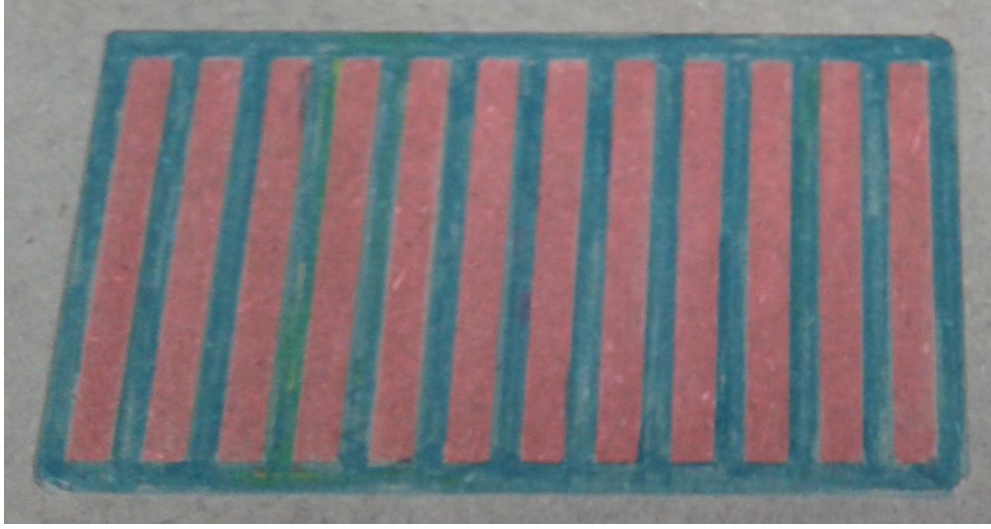
Hassasiyet:  $5\text{mm}/400$  adım = 0.0125mm. dir.

### 4.2. Tezgâhın Gerçek Hassasiyet Tespiti

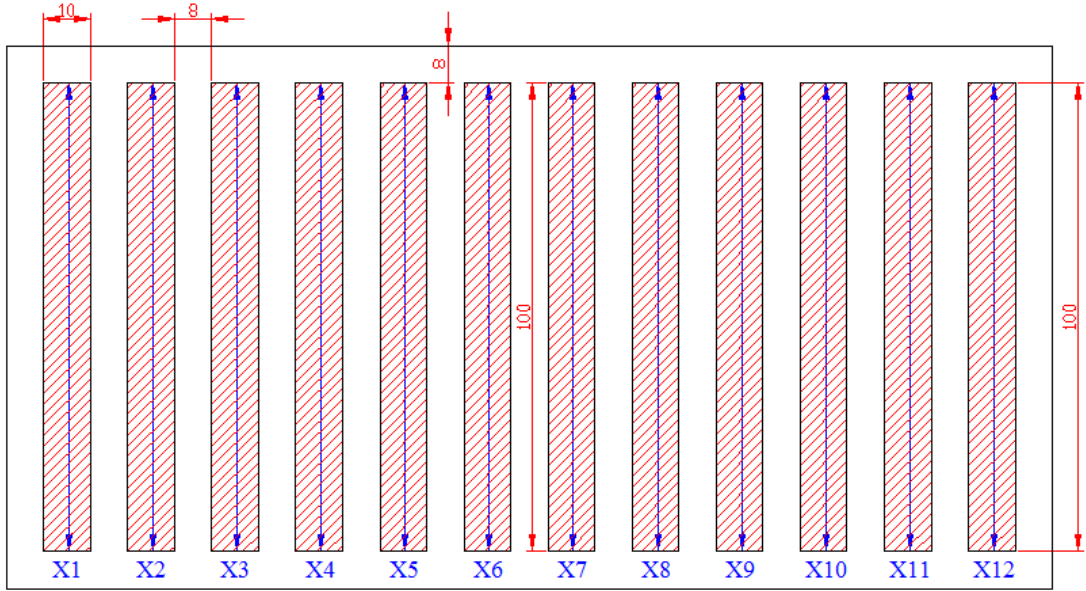
İmalat hataları, tezgâhın bulunduğu yüzeyin eğriliği, eksenleri taşıyan millerin zamanla eğrilmesi veya kızak ve somunlarda zamanla boşlukların oluşması gibi nedenlerle CNC'nin eksenlerinde normal yörüngelerinden sapmalar meydana gelebilir. Eksenlerdeki bu sapmaların tespiti için ilgili eksen boyunca kanallar açılmış ve bu kanal boyları ölçülerek eksenlerin standart sapmaları hesaplanmaya çalışılarak teorik hassasiyet aralığı tespit edilmiştir [7].

#### 4.2.1. Tezgâhın X Ekseninin Hassasiyet Tespiti

X eksen hassasiyet tespiti için MDF üzerinde kanallar açılmış, açılan kanalların ölçümü yapılmıştır. Şekil 4.1. de görülen 12 adet kanal X eksen yönünde işlenmiştir.



Şekil 4.1 X Eksenine Yönde İşlenmiş Malzeme



Şekil 4.2 X Eksenine Yönde İşlenmiş Olan Malzemenin Teknik Resmi

**Çizelge 4.1** X Eksenine Numunesinden Alınan Ölçüm Değerleri

Ölçü alınan kısım	Ölçülen (mm)
X1	100.09 mm
X2	100.21 mm
X3	100.05 mm
X4	99.97 mm
X5	100.09 mm
X6	100.15mm
X7	100.11 mm
X8	100.02 mm
X9	100.13 mm
X10	99.98 mm
X11	100.07 mm
X12	100.06 mm

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numunelerden alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapma bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu, bir diğer deyişle dağılımın ne yaygınlıkta olduğunu göstermektedir [18]. Standart sapma hesabındaki ilk adımı varyans hesabı teşkil eder, varyans dağılımının yayılımı hakkında bilgi verir [19]. Varyans;

Varyans(x)= $\Sigma ((X_i - (\text{Ortalama})))^2 / n-1$  olarak hesaplanır ve varyansın karekökü standart sapmayı vermektedir. X eksenine ait standart sapma hesabı Çizelge 4.2 de verilmiştir.

**Çizelge 4.2** X Eksenli Standart Sapma Hesabı

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) <sup>2</sup>
X1	100.09 mm	-0.01	0.0002
X2	100.21 mm	-0.13	0.0176
X3	100.05 mm	0.03	0.0008
X4	99.97 mm	0.11	0.0116
X5	100.09 mm	-0.01	0.0002
X6	100.15mm	-0.07	0.0053
X7	100.11 mm	-0.03	0.0011
X8	100.02 mm	0.06	0.0033
X9	100.13 mm	-0.05	0.0028
X10	99.98 mm	0.10	0.0095
X11	100.07 mm	0.01	0.0001
X12	100.06 mm	0.02	0.0003
		<b>Toplam</b>	0.0524

$$\text{Ortalama}(X) = 100.0775$$

$$\text{Varyans} = 0.0524 / 11 = 0.0048$$

$$\text{Standart Sapma} = \sqrt{0.0048} = 0.0690$$

Güven aralığı;

Kitle ortalama için güven aralığı;

$$\text{Alt sınır} = (\text{ortalama}) - (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

$$\text{Üst sınır} = (\text{ortalama}) + (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır.

$$n = Nt^2pq / d^2(N-1) + t^2pq \quad (4.1)$$

Formülleri uygulanır, Formüllerde

N= Ölçüm sayısı

n= Örnekleme sayısı

p= İncelenecek olayın görülüş sıklığı ( olasılığı )

q= İncelenecek olayın görülmeyiş sıklığı (1-p)



t= Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik değer (sabit sayı)

d= Olayın görülüş sıklığına göre yapılmak istenen  $\pm$  sapma olarak simgelenmiştir.

$$n = 12 \times (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5 / (0.5)^2 + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5$$

$$n = 3.1$$

t = örneklem sayısı / ölçüm sayısı

$$t = 3.1 / 12$$

$$t = 0.258$$

$$\text{Alt sınır} = 100.0775 - (0.258) \cdot 0.0690 = 100.0597$$

$$\text{Üst sınır} = 100.0775 + (0.258) \cdot 0.0690 = 100.0953$$

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir.

$\mu_x$  için;

$(1-\alpha) = 0.95$  olduğuna göre  $\alpha = 0.05$  olur. Bu durumda  $\alpha/2 = 0.025$  olacaktır.

Güven aralıkları;

$\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma / \sqrt{n}$  ifadesinde  $Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.96$ ,  $\alpha / \sqrt{n} = 10 / \sqrt{25} = 2$  olur. Bu durumda

%95'lik güven sınırları;

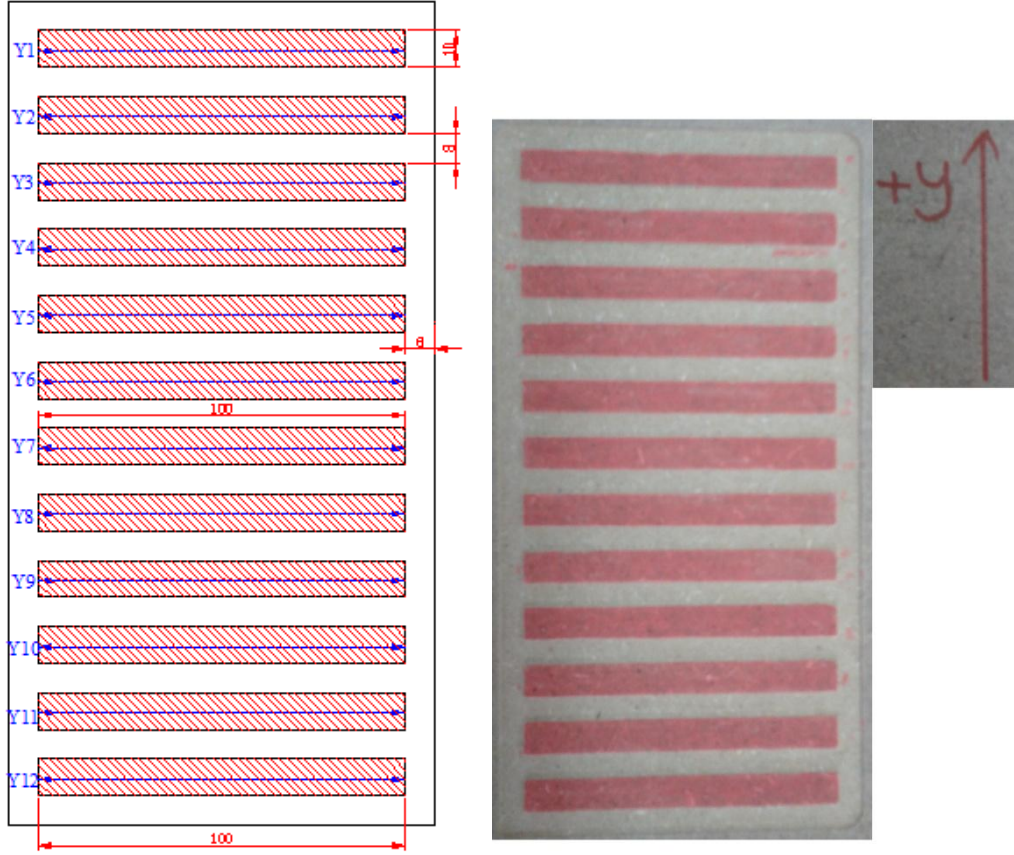
$$\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma / \sqrt{n} \tag{4.2}$$

$$100 \pm 1.96 \cdot 2 \iff 100 \pm 3.92$$

hesaplanan %95 güven aralığı (100.02597 ; 100.0953) olarak bulunur.

#### 4.2.2. Tezgâhın Y Ekseninin Hassasiyet Tespiti

X eksenini hassasiyet tespiti için MDF üzerinde kanallar açılmış, açılan kanalların ölçümü yapılmıştır. Şekil 4.3. de görülen 12 adet kanal Y eksenini yönünde işlenmiştir.



Şekil 4.3 Y Eksenini Yönünde İşlenmiş Olan Malzeme ve Teknik Resmi

**Çizelge 4.3** Y Eksenini Numunesinden Alınan Ölçüm Değerleri

<b>Ölçü alınan kısım</b>	<b>Ölçülen (mm)</b>
Y1	100.00 mm
Y2	100.02 mm
Y3	100.00 mm
Y4	99.94 mm
Y5	100.09 mm
Y6	100.05mm
Y7	100.09 mm
Y8	100.02 mm
Y9	99.97 mm
Y10	99.98 mm
Y11	100.03 mm
Y12	100.06 mm

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numunelerden alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.4** Y Eksenli Standart Sapma Hesabı

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(Y – ortalama)	(Y – ortalama) <sup>2</sup>
Y1	100.00 mm	0.01	0.0001
Y2	100.02 mm	-0.01	0.0001
Y3	100.00 mm	0.01	0.0001
Y4	99.94 mm	0.07	0.0050
Y5	100.09 mm	-0.08	0.0063
Y6	100.00 mm	0.01	0.0001
Y7	100.05 mm	-0.04	0.0015
Y8	100.09 mm	-0.08	0.0063
Y9	100.02 mm	-0.01	0.0001
Y10	99.98 mm	0.03	0.0010
Y11	99.97 mm	0.04	0.0001
Y12	99.97 mm	0.04	0.0017
		Toplam	0.0223

$$\text{Ortalama}(Y) = 100.0108$$

$$\text{Varyans} = 0.0223 / 11 = 0.0020$$

$$\text{Standart Sapma} = \sqrt{0.0020} = 0.0450$$

Güven aralığı;

Kitle ortalama için güven aralığı;

$$\text{Alt sınır} = (\text{ortalama}) - (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

$$\text{Üst sınır} = (\text{ortalama}) + (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır.

$$n = Nt^2pq / d^2(N-1) + t^2pq \quad (4.3)$$

Formülleri uygulanır. Formüllerde

N= Ölçüm sayısı

n= Örnekleme sayısı

p= İncelenecek olayın görülüş sıklığı ( olasılığı )

q= İncelenecek olayın görülmeyiş sıklığı (1-p)

t= Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik değer (sabit sayı)

d= Olayın görülüş sıklığına göre yapılmak istenen  $\pm$  sapma olarak simgelenmiştir.

$$n = 12 \times (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5 / (0.5)^2 + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5$$

$$n = 3.1$$

t = örneklem sayısı / ölçüm sayısı

$$t = 3.1 / 12$$

$$t = 0.258$$

$$\text{Alt sınır} = 100.0108 - (0.258) \cdot 0.0450 = 99.9992$$

$$\text{Üst sınır} = 100.0108 + (0.258) \cdot 0.0450 = 100.0224$$

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir.

$\mu_x$  için;

$(1-\alpha) = 0.95$  olduğuna göre  $\alpha = 0.05$  olur. Bu durumda  $\alpha/2 = 0.025$  olacaktır.

Güven aralıkları;

$X \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma / \sqrt{n}$  ifadesinde  $Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.96$ ,  $\sigma / \sqrt{n} = 10 / \sqrt{25} = 2$  olur. Bu durumda

%95'lik güven sınırları;

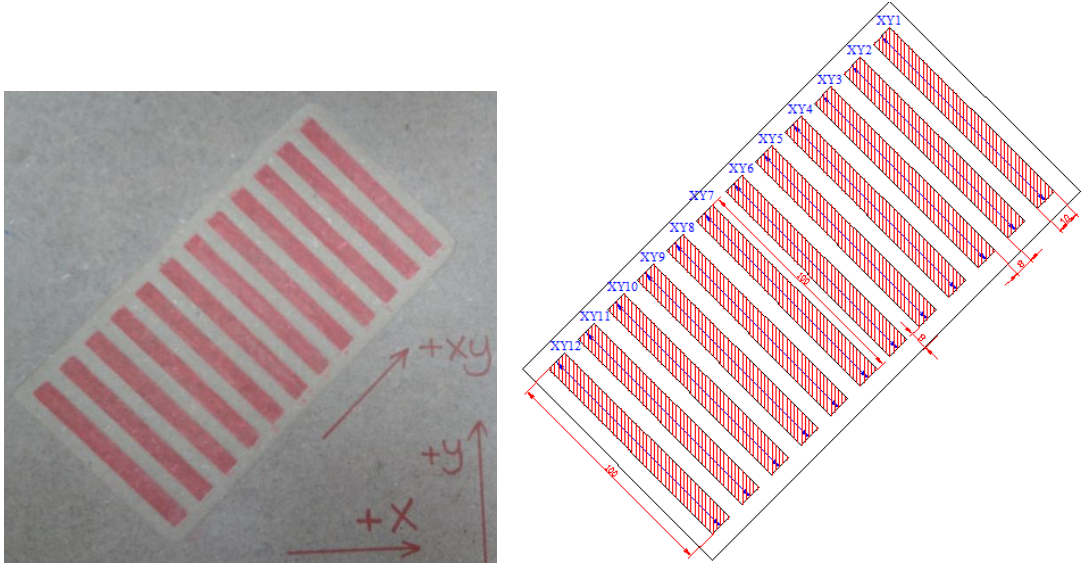
$$X \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma / \sqrt{n} \tag{4.4}$$

$$100 \pm 1.96 \cdot 2 \implies 100 \pm 3.92$$

hesaplanan %95 güven aralığı (99.9992 ; 100.0224) olarak bulunur.

#### 4.2.3. Tezgâhın XY Ekseninin Hassasiyet Tespiti

X ekseni hassasiyet tespiti için MDF üzerinde kanallar açılmış, açılan kanalların ölçümü yapılmıştır. Şekil 4.4 de görülen 12 adet kanal XY ekseni yönünde işlenmiştir.



**Şekil 4.4** XY Eksenine Yönde İşlenmiş Olan Malzeme ve Teknik Resmi

**Çizelge 4.5** XY Eksenine Numunesinden Alınan Ölçüm Değerleri

Ölçü alınan kısım	Ölçülen (mm)
XY1	100.26 mm
XY2	100.03 mm
XY3	100.11 mm
XY4	100.12 mm
XY5	100.1 mm
XY6	100.04mm
XY7	99.98 mm
XY8	100.09 mm
XY9	100.02 mm
XY10	99.94 mm
XY11	100.01 mm
XY12	99.96 mm

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numunelerden alınan ölçüm değerlerinin İstatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır.

**Çizelge 4.6** XY Eksenli Standart Sapma Hesabı

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(Y – ortalama)	(Y – ortalama) <sup>2</sup>
XY1	100.16 mm	-0.11	0.0128
XY2	100.03 mm	0.02	0.0003
XY3	100.11 mm	-0.06	0.0040
XY4	100.12 mm	-0.07	0.0054
XY5	100.1 mm	-0.05	0.0028
XY6	100.04mm	0.01	0.0000
XY7	99.98 mm	0.07	0.0044
XY8	100.09 mm	-0.04	0.0019
XY9	100.02 mm	0.03	0.0007
XY10	99.94 mm	0.11	0.0114
XY11	100.01 mm	0.04	0.0001
XY12	99.96 mm	0.09	0.0075
		Toplam	0.0514

$$\text{Ortalama(XY)} = 100.0467$$

$$\text{Varyans} = 0.0514 / 11 = 0.0047$$

$$\text{Standart Sapma} = \sqrt{0.0047} = 0.0683$$

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

$$\text{Alt sınır} = (\text{ortalama}) - (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

$$\text{Üst sınır} = (\text{ortalama}) + (\text{tablo değeri}) \times (\text{standart sapma})$$

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır.

$$n = Nt^2pq / d^2(N-1) + t^2pq \quad (4.5)$$

Formülleri uygulanır. Formüllerde

N= Ölçüm sayısı

n= Örnekleme sayısı

p= İncelenecek olayın görülüş sıklığı ( olasılığı )

q= İncelenecek olayın görülmeyiş sıklığı (1-p)

t= Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik değer (sabit sayı)

d= Olayın görülüş sıklığına göre yapılmak istenen  $\pm$  sapma olarak simgelenmiştir.

$$n = 12 \times (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5 / (0.5)^2 + (1.96)^2 \times 0.5 \times 0.5$$

$$n = 3.1$$

t = örneklem sayısı / ölçüm sayısı

$$t = 3.1 / 12$$

$$t = 0.258$$

$$\text{Alt sınır} = 100.0775 - (0.258) \cdot 0.0690 = 100.0290$$

$$\text{Üst sınır} = 100.0775 - (0.258) \cdot 0.0690 = 100.0643$$

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir.

$\mu_x$  için;

$(1-\alpha) = 0.95$  olduğuna göre  $\alpha = 0.05$  olur. Bu durumda  $\alpha/2 = 0.025$  olacaktır.

Güven aralıkları;

$X \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma / \sqrt{n}$  ifadesinde  $Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.96$ ,  $\sigma / \sqrt{n} = 10 / \sqrt{25} = 2$  olur. Bu durumda

%95'lik güven sınırları;

$$X \pm Z_{\alpha/2} \cdot \sigma / \sqrt{n} \tag{4.6}$$

$$100 \pm 1.96 \cdot 2 \iff 100 \pm 3.92$$

hesaplanan %95 güven aralığı (100.0290 ; 100.0643) olarak bulunur.



### 4.3. Tezgâh Maliyeti

Tasarımı yapılan prototip CNC freze tezgahı hedeflenen düşük bir maliyetle imalatı gerçekleştirilmiştir.

#### 4.3.1. Tezgâh Konstrüksiyon Maliyeti

**Çizelge 4.7** Konstrüksiyon İmalatında Kullanılan Malzemeler ve Fiyatları

Malzeme	Boyut	Miktar	Toplam	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
40x80x3 Kutu profil	6 mt.	3	18 mt.	75 TL	225 TL
DKP sac	400x200x10mm	2		30 TL	60 TL
DKP sac	300x200x10mm	1		25 TL	25 TL
Cıvata	M6 x 25 İbus	200 Adet		0.25 TL	50 TL
<b>Toplam</b>					<b>360 TL</b>

Tezgâhın imalat resimleri göre belirlenen ölçü ve sayılarda profiller kesildi. İmalat resmine uygun olarak şasenin kaynak işlemleri yapıldı. Şase imalatı için 40x80x3 kutu profiller kullanıldı.



**Şekil 4.5** Şase İmalat Resimleri

### 4.3.2 Hassas Hareket Elemanları Maliyeti

**Çizelge 4.8** Hassas Kontrol Elemanları ve Fiyatları

Malzeme	Boyut	Miktar	Toplam	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Lineer Ray (Alt Destekli)	2.6 m.	2	5.2 m.	70 TL	364 TL
Lineer Ray (Alt Destekli)	2 m.	2	4 m.	70 TL	280 TL
Lineer Ray (Alt Destekli)	2.4 m.	2	4.8 m.	70 TL	336 TL
Lineer Ray (Alt Destekli)	0.3 m.	2	0.6	70 TL	42 TL
Lineer Rulman		18		40	720 TL
Bilyalı vida		1	1.3 m.	150 TL	195 TL
Bilyalı vida		1	1 m.	150 TL	150 TL
Bilyalı vida		1	0.3 m.	150 TL	45 TL
Bilyalı vida Somunu		3		180 TL	540 TL
<b>Toplam</b>					<b>2.672 TL</b>

Şase imalatı tamamlandıktan sonra her eksen için alt destekli raylar ve bilyeli vidalar montajlandı. Doğrusal hareketlerin rahat olması için gerekli düzenlemeler yapıldı. Daha sonra X,Y ve Z eksenin bilyeli vida yatakları yapılarak şase üzerine montajlandı. Şekil 4.6 da bilyeli vidanın ve doğrusal yataklamaların imalat aşamasındaki montaj resimleri görülmektedir.



Şekil 4.6 Yataklama Elemanları Montaj Resmi

### 4.3.3 Otomasyon Elemanları Maliyeti

Çizelge 4.9 Otomasyon Elemanları ve Fiyatları

Malzeme	Boyut	Miktar	Toplam	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Step Motor (4.5Nm Nema34)		3		190 TL	570 TL
Step Motor Sürücüsü		3		220 TL	660 TL
Kontrol Kartı (Mach3)		1		180 TL	180 TL
Güç Kaynağı (24V-8.3V)		1		65 TL	65 TL
Trafo 1KW		1		286 TL	286 TL
Haberleşme Kablosu		1		45 TL	45 TL
Sigorta		3		20 TL	60 TL
Kablo	15 mt	1		3.6 TL	54 TL
Pano		1		325 TL	325 TL
Kalıpçı Taşlama 600W		1		110 TL	110 TL
				<b>Toplam</b>	<b>2.355 TL</b>

Kontrol kartı, motor sürücüleri, güç kaynağı, trafo pano içerisine bağlantı resimlerine göre içerisine montajlandı.



Şekil 4.7 Kullanılan Panonun Yerleşim Görüntüsü

#### 4.3.4. Sarf Giderler Maliyeti

Çizelge 4.10 Sarf Giderler Hesabı

Malzeme	Boyut	Miktar	Toplam	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
Boya		Muhtelif			110 TL
Elektrot-Taş		Muhtelif			100 TL
Torna ve Freze işçiliği					650 TL
<b>Toplam</b>					<b>860 TL</b>

Şasesi ve hareket elemanları tamamlanan tezgâhın boyama iş yapıldı. Boyanın istenmediği yüzeyler (doğrusal hareket elemanları) kapatıldı. Boya işlemi şekil 4.8 de görülmektedir.



Şekil 4.8 Tezgahı Boyama Resmi

#### 4.3.5. Toplam Maliyet

**Çizelge 4.11** Toplam Maliyet

<b>Kalemler</b>	<b>Toplam Fiyat</b>
Tezgah Konstrüksiyonu	355 TL
Hassas Hareket Elemanları	2.672 TL
Otomasyon Elemanları	2.356 TL
Sarf Giderler	850 TL
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>6.233 TL</b>

Tezgâhın şase imalatı, doğrusal elemanları pano içerisine yerleştirilerek kullanıma hazır hale getirildi. Kontrol programının kurulmuş olduğu bir bilgisayar ile panonun bağlantısı LPT kablosu kullanılarak yapılmış oldu. Kontrol programı olarak Mach3 programı kullanıldı. Kontrol programı içerisinde gerekli ayarlamalar yapılarak tezgâh ile programın tanıtılması yapıldı.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sonunda endüstride kullanılan CNC makinelerin tasarım ve imalat aşamalarının hangi kriterler dikkate alınarak üretildiği, avantaj ve dezavantajlarının neler olduğu ortaya koyulmuştur.

Solidworks 2010 programı kullanılarak 3d ve imalat için gerekli 2d teknik resimler oluşturulmuştur. Hesaplanan mukavemet değerlerine göre mekanik ve elektronik malzeme seçimi yapılarak imalat aşamasına geçilmiştir.

Makine imalat aşamasında “Y” eksenini iki lineer raylı olarak tasarlanmış fakat imalat sonrası denemelerimizde eksen hareketi esnasında gerek boşta hareket gerekse kesme anındaki hareketlerde titreşimler gözlenmiş, bu sorunun giderilmesi için ise “Y” eksenine iki lineer ray ilave edilmiştir. Bu ilave sonrası daha önce gözlemlenen titreşimler olmadığı saptanmıştır.

Makinenin kontrolü Mach2, Mach3, Kcam gibi piyasada lisanslı olarak satılan ve ucuz olan bu paket programlar vasıtasıyla LPT paralel porttan kontrol edilerek çalışmaktadır. Makine 2d, 3d ve delme gibi profesyonel bir tezgâhın yapabildiklerini kapasitesi doğrultusunda yapabilmektedir. Makinede Alüminyum, bakır vb. yumuşak metalleri, Mdf, sunta, gibi ahşap malzemeleri ve reklam sektöründe kullanılan pleksiglas, dekota ve benzeri kompozit malzemeleri rahatlıkla işlemektedir. Ayrıca kesme parametreleri ve uygun kesici kullanılarak mermer ve çelik malzemede işlenmiştir.

Makinenin teorik hassasiyeti 0.0125 mm'dir. Tezgâhı kontrol eden programın hassasiyeti ise 0.001 mm'dir.

Makine tasarımda planlanan şekilde çalışmıştır. Ancak daha iyi olabileceği yanlar vardır. bunlar;

1. Tasarlanan bir CNC tezgâhının Y eksenini hareketi 700 mm. den uzun olacaksa eksenin iki noktasından tahrik edilmesi veya döner somun kullanılması uygun olabilir.

2. Alt destekli ray kullanılması bu tip sistemler için ciddi manada maliyet kazandırabilir kare ray sistemi kullanılması daha hassas sonuçlar verebilir.
3. İş mili motorunun devri kontrol edilebilirse uygun kesme parametreleri uygulanabilir ve hem kesici takım zarar görmeyebilir hem de daha hassas yüzeyler elde edilebilir.

Sanayileşmenin en belirgin ögesi teknoloji üretebilmektir. Teknoloji üretebildiğimiz, bilgiyi ürün tasarlamada kullanabildiğimiz takdirde ticarete rekabet üstünlüğünü, savunma sistemlerinde de caydırıcılığı sağlayabiliriz. Kimse kendisine üstünlük sağlayan bir şeyi başkasına vermeyeceğine göre salt teknoloji transferi yaparak sanayileşmemiz ve kalkınmamız, savunma sistemlerinde de caydırıcılığı sağlamamız olası değildir. Bu nedenle amaç kendi teknolojimizi kendimizin üretmesi olmalıdır. Kendi teknolojisini üreten bir sanayileşme ile ulusal ekonomiye, ülkenin mühendislik gücüne ve ulusal teknolojiye en yüksek katkıyı sağlayabilir, beyin göçü önlenebilir.

Tez sonunda tasarımını ve üretimini yaptığımız CNC makine ile meslek liseleri, meslek yüksekokulları, makine mühendisliği ve mekatronik mühendisliği öğrencileri uygulamalı eğitim alarak CNC makinelerin temel bileşenleri hakkında bilgi sahibi olabileceklerdir.

## KAYNAKLAR

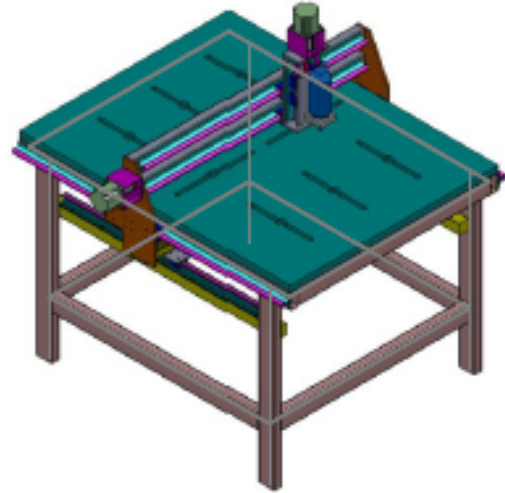
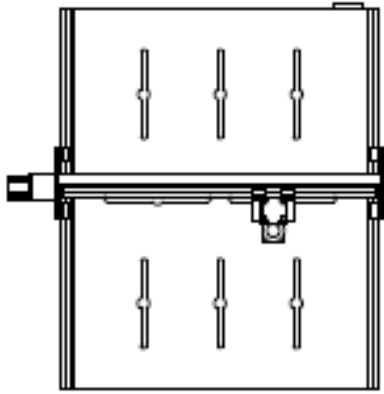
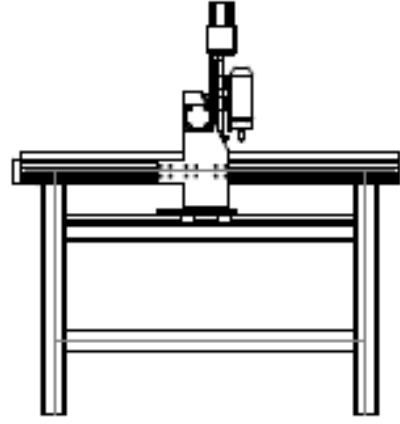
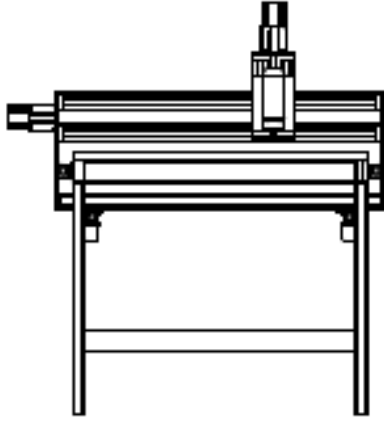
1. Dincel, M., CNC Takım Tezgâhları, Bitirme Ödevi, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ, 1999.
2. Erkmen B., AnaBritannica Ansiklopedisi, 17. Cilt sn. 243-244 Ana Yayıncılık, 1989
3. <http://tr.wikipedia.org/wiki/CNC> Kasım 2012
4. <http://www.dirinler.com.tr> , Kasım 2010
5. <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index.html> Kasım 2012
6. <http://www.masotomasyon.com/Default.aspx?pageID=56&nID=154> Kasım 2010
7. Büyüksahin, U. 3 Eksenli CNC Tezgâh Tasarımı Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi”, İstanbul, 2005
8. <http://www.masotomasyon.com/Default.aspx?pageID=56&nID=219> Kasım 2012
9. [http://www.birlikrulman.com/resimler/urunler/Schneeberger-LinearBearings09\\_TR\\_r\\_LWRMT.pdf](http://www.birlikrulman.com/resimler/urunler/Schneeberger-LinearBearings09_TR_r_LWRMT.pdf) Nisan 2013
10. <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index.html>
11. Şahin Y., Talaş Kaldırma Prensipleri Nobel Yayınları, s.136, Ankara 2000
12. [http://www.tezproje.8m.com/hakan\\_gungor/1\\_bolum.htm](http://www.tezproje.8m.com/hakan_gungor/1_bolum.htm) Şubat 2013
13. Akkurt, M., Takım Tezgahları Talas Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi, Birsen Yayınevi, s.12-64, İstanbul, 1985
14. Mamur, T., Yüksek Hızda İşleme ve Makine Mekaniği, <http://www.makineteknik.com/makale.asp?gorev=detay&id=25>, Mart 2013
15. Karaçam, S., Adım Motor Kontrollü Hızlı CNC Freze Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi., Dumlupınar Üniversitesi. FBE Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 2009
16. Baptista, R. ve Simoes J. F. Antune. Three And Five Axes Milling Of Sculptured Surfaces. Journal Of Materials Technology 103 (2000) 398-403
17. C. Chungchoo, D. Saini, "On-Line Tool Wear Estimation in CNC Turning Operations Using Fuzzy Neural Network Model", International Journal of Machine Tools & Manufacture Cilt 42, 2002, s. 29-40



18. A. Tseng, S. P. Kolluri, P. Radhakrishnan, (1989) “A CNC Machining System For Education”, Journal of Manufacturing Systems, Volume 8, Issue 3, 1989, Pages 207-214
19. Alan, S., CNC Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2006
20. Akkurt M., Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat ( CAD-CAM) sistemleri, s. 65-84, Zafer Matbaası, İstanbul, 1996.
21. Apaydın, H., Adım Motorlarının Karakteristikleri ve Bilgisayar ile Konum Kontrolü Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi. Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitim Programı, İstanbul, 2006
22. Gediktaş M., Temiz V., Palabıyık M., Makine Elemanları Problemleri, s.28-45, Çağlayan Kitapevi, İstanbul, 2001
23. [http://www.comtop.com.tw/US/ShowProduct.aspx?p\\_id=149](http://www.comtop.com.tw/US/ShowProduct.aspx?p_id=149), Mayıs 2013
24. Ergün M., Sayısal Kontrollü Tezgahlar ve Programlama Prensipleri, Mercan Ofset, s.78-93, İzmir, 2004

## EKLER

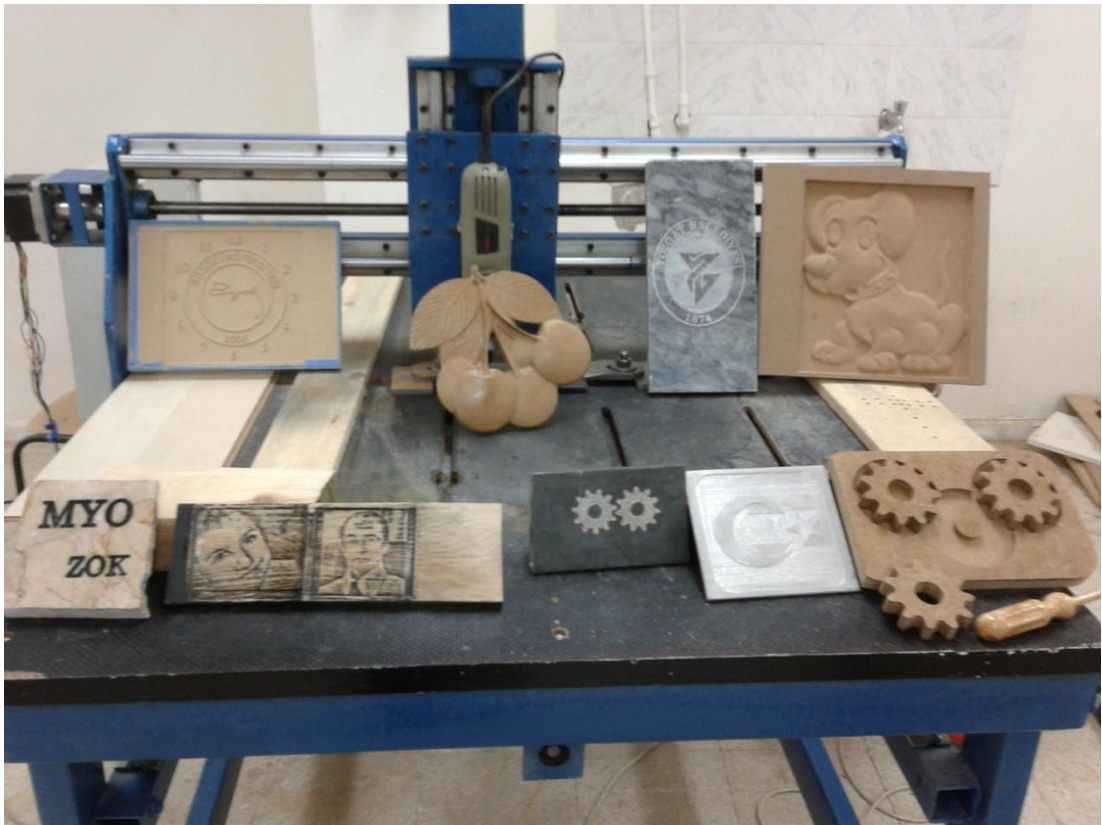
### EK 1: CNC Freze Tezgâh Teknik Resmi



**EK 2: Tezgâhta Üretilen İş Örnekleri**







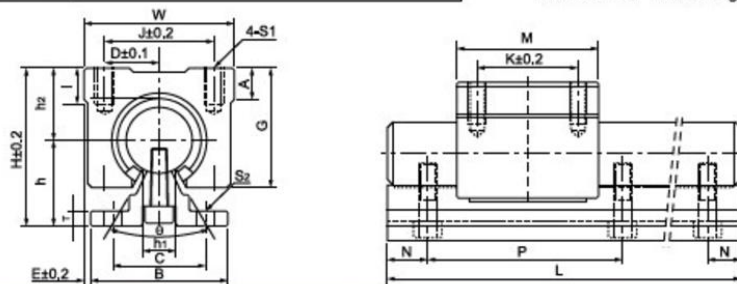
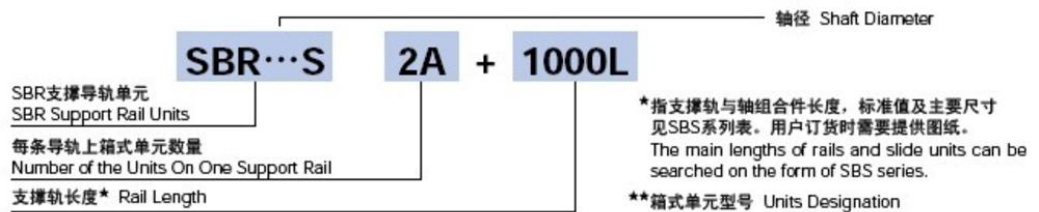
## EK 3: Kataloglar

### Support Rail Units SBR...S:

Home >> Products >> Support Rail Units >> Support Rail Units SBR...S



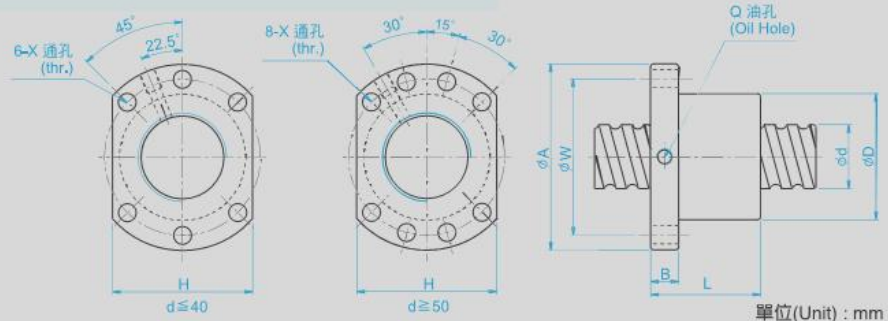
#### Product description:



ation	Shaft Diameter	Basic load rating		Weight(gf)		Dimensions (mm)				
		Dynamic C N	Static Co N	Slide Units (kgf)	Rails (kgf/m)	D	h	H	E	Θ
SBR16UUA	16	770	1170	0.15	2.56	22.5	25	45	2.5	80°
SBR20UUA	20	860	1370	0.2	3.5	24	27	50	1.5	60°
SBR25UUA	25	980	1560	0.45	5.3	30	33	60	2.5	50°

# COMTOP 滾珠螺桿規格表 Dimension Table of COMTOP Ball Screws

型式 (TYPE) : SFU(DIN 69051 FORM B)

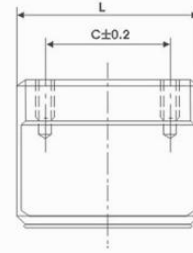
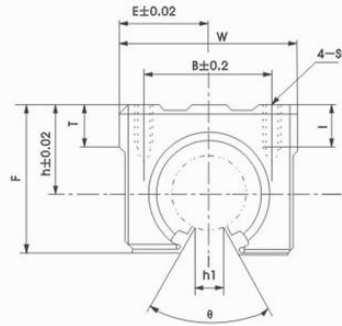


單位(Unit) : mm

l: 導程 Lead Da: 珠徑 Ball Dia. n: 珠圈數 Number of Circuits K: 剛性 Stiffness (Kgf/μm)  
 Ca: 動額定負荷 Basic Dynamic Rating Load (Kgf) Coa: 靜額定負荷 Basic Static Rating Load(Kgf)

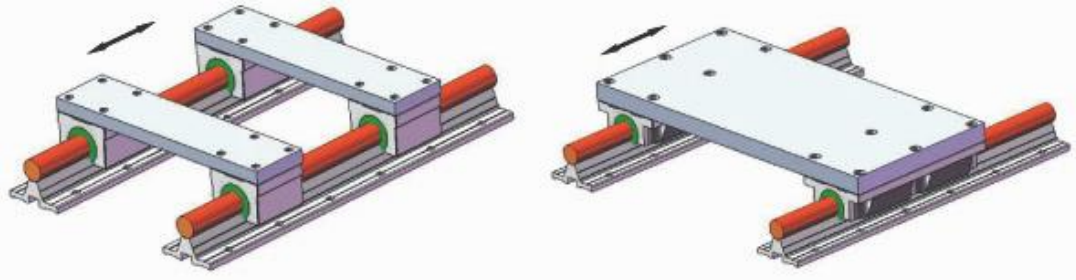
型號 Model No.	滾珠螺桿、螺帽之基準數據 Dimensions														
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	H	Q	n	Ca	Coa	K
★ SFU01604-4	4	2,381	28	48	10	40	38	5,5	40	M6	4	625,1	1253,7	21,8	
★ SFU01605-4	5	3,175	28	48	10	50	38	5,5	40	M6	4	888,1	1525,4	22,1	
★ SFU01610-3	10	3,175	28	48	10	57	38	5,5	40	M6	3	716,4	1232	16,6	
SFU02004-4	4	2,381	36	58	10	42	47	6,6	44	M6	4	692,8	1583,7	26,9	
★ SFU02005-4	5	3,175	36	58	10	51	47	6,6	44	M6	4	999,3	1994,7	27,3	
SFU02504-4	4	2,381	40	62	10	42	51	6,6	48	M6	4	775,4	2045,6	33,4	
★ SFU02505-4	5	3,175	40	62	10	51	51	6,6	48	M6	4	1119,4	2581,4	33,8	
SFU02506-4	25	6	3,969	40	62	10	54	51	6,6	48	M6	4	1493,5	3117,1	34,1
SFU02508-4	8	4,762	40	62	10	63	51	6,6	48	M6	4	1903,3	3695,3	34,5	
★ SFU02510-4	10	4,762	40	62	12	85	51	6,6	48	M6	4	1903,3	3695,3	34,5	
SFU03204-4	4	2,381	50	80	12	44	65	9	62	M6	4	867,5	2639,5	42,5	
★ SFU03205-4	5	3,175	50	80	12	52	65	9	62	M6	4	1264,1	3402,8	42,8	
SFU03206-4	6	3,969	50	80	12	57	65	9	62	M6	4	1706	4217,3	43,2	
SFU03208-4	8	4,762	50	80	12	65	65	9	62	M6	4	2177	5015,1	43,5	
★ SFU03210-4	10	6,350	50	80	12	90	65	9	62	M6	4	3154,4	6478,1	44,2	
★ SFU04005-4	5	3,175	63	93	14	55	78	9	70	M8	4	1407,1	4341,5	53,2	
SFU04006-4	40	6	3,969	63	93	14	60	78	9	70	M6	4	1889,2	5317,5	53,5
SFU04008-4	8	4,762	63	93	14	67	78	9	70	M6	4	2412,7	6334,9	53,9	
★ SFU04010-4	10	6,350	63	93	14	93	78	9	70	M8	4	3480	7979	54,6	
SFU05010-4	50	10	6,350	75	110	16	93	93	11	85	M8	4	3898	10325,7	67,5
★ SFU05020-4	20	7,144	75	110	16	138	93	11	85	M8	4	4621,1	11881,3	67,9	
★ SFU06310-4	10	6,350	90	125	18	98	108	11	95	M8	4	4401,9	13611,2	84,3	
SFU06320-4	63	20	9,525	95	135	20	149	115	13,5	100	M8	4	7401,1	19008,8	85,7
★ SFU08010-4	10	6,350	105	145	20	98	125	13,5	110	M8	4	4900	17366	106	
SFU08020-4	80	20	9,525	125	165	25	154	145	13,5	130	M8	4	8403,2	25345,1	108
SFU10020-4	100	20	9,525	150	202	30	180	170	17,5	155	M8	4	9404,9	32737,4	134

備註: 右標註 ★ 記號者可製作左標註 Note: with sign ★ can produce left helix

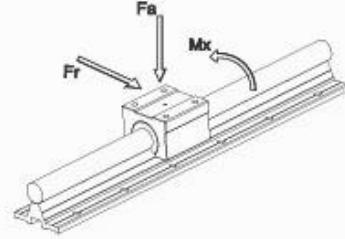
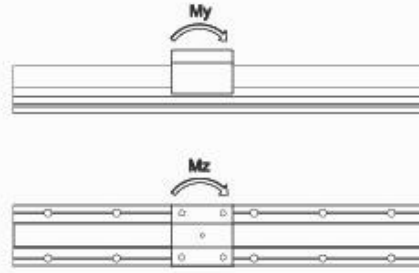
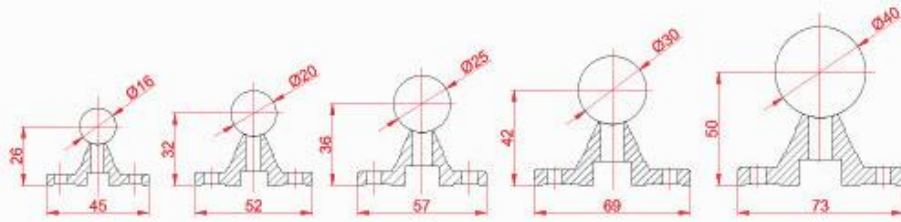


型号 MODEL NO.	轴径 SHAFT DIAMETER	主要尺寸 MAIN DIMENSIONS								安装尺寸 MOUNTING DIMENSION				基本额定载荷 BASIC LOAD RATING		重量 WEIGHT (kg)
		H	E	W	L	F	T	h1	θ	B	C	S	I	C(kgf)	Co(kgf)	
SBR 10 UU	10	15	18	36	32	24	7	6	80°	25	20	M5	10	38	56	0.065
SBR 12 UU	12	17	20	40	39	27.6	8	8.5	80°	28	26	M5	10	52	79	0.10
SBR 16 UU	16	20	22.5	45	45	33	9	10	80°	32	30	M5	12	59	91	0.15
SBR 20 UU	20	23	24	48	50	39	11	10	60°	35	35	M6	12	88	140	0.20
SBR 25 UU	25	27	30	60	65	47	14	11.5	60°	40	40	M6	12	100	160	0.45
SBR 30 UU	30	33	35	70	80	56	15	14	60°	50	50	M8	18	160	280	0.63
SBR 40 UU	40	42	45	90	90	72	20	19	60°	65	65	M10	20	220	410	1.33
SBR 50 UU	50	53	60	120	110	92	25	23	60°	94	80	M10	20	390	810	3.00





MİL ALT DESTEK PROFİLLERİ (MİLLİ)



Kod	Max. Yükleme Kapasitesi		Statik Momentler		
	Fr	Fa	Mx	My	Mz
170-16	3106	3685	.....	108,6Nm	129,5Nm
170-20	3762N	4787,2N	.....	152,5Nm	178,5Nm
170-25	5110N	5984N	.....	190,7Nm	223,2Nm
170-30	5787,1N	6777,3N	.....	216Nm	252,7Nm
170-40	8180,6N	9580N	.....	305,2Nm	357,3Nm

## EK 4: Step Motor Sürücüsü Teknik Bilgiler

### Stepper Motor Driver

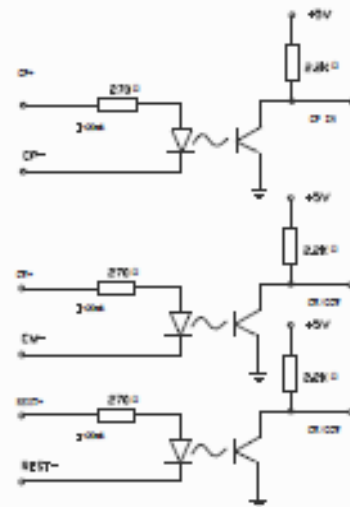
#### CEO-6060AC stepping Motor Driver

##### Characteristics:

1. power input type:24V~55V AC
2. Output current:2~6A
3. Microstepping: 1(1.8°), 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256  
1/5, 1/10, 1/25, 1/50, 1/125, 1/250
4. Protect form : Overheated protect, lock automatic half current ,error correct protect
5. Dimensions: 147mm\*97mm\*30mm
6. Weight: <600g.
7. Working environment: Temperature-15~40°C Humidity<90%.

##### I/O Ports:

1. AC,AC: AC power positive pole 24V~55V AC  
Note:Must guard against exceeding 55V AC,  
so as not to damage the module
  2. GND: DC power cathode
  3. A+, A-: Stepping motor one winding
  4. B+, B-: Stepping motor other winding
  5. CP+, CP-: Stepping pulse input+5V (Rising edge effective,  
rising edge duration >10μS)
  6. CW+, CW-: Stepping motor direction input, voltage level  
touched off, high towards, low reverse
  7. MEST+, MEST-: motor free
- The interface see the right picture



##### NOTE:

1. When ambient temperature is high or working current over 5A, fix the module on big metal shell, or use axial flow fan dispels the heat, to make the module run reliably for a long time.
2. Half current automatically: if control machine not send out signal in half second, driver enter half current state of automatically for electricity saving, the phase current of the winding of the electric
3. The fault phase is protected: When the double-phase electrical machinery is connected with driver, users are apt to connect the phase by mistake, thus would damage the driver seriously. The protecting circuit is within this driver, when users connect by mistake, the driver will not be damaged, but the electrical machinery runs abnormally, shake, and output is small. Please check whether the wiring of electrical machinery is a mistake

# Stepper Motor Driver

## CEO-6060AC stepping Motor Driver

Switch Choice: ("ON=0, OFF=1")

### 1. Microstepping choice:

SW5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
SW6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
SW7	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
SW8	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Micro	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/128	1/256	1/5	1/10	1/25	1/50	1/125	1/250

### 2. Current choice:

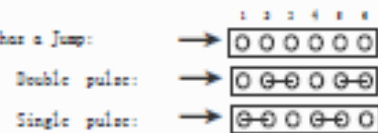
SW1	0	1	0	1	0	1	0	1
SW2	0	0	1	1	0	0	1	1
SW3	0	0	0	0	1	1	1	1
Current (A)	2.00	2.57	3.14	3.71	4.28	4.86	5.43	6.00

### 3. Full current or half current choice:

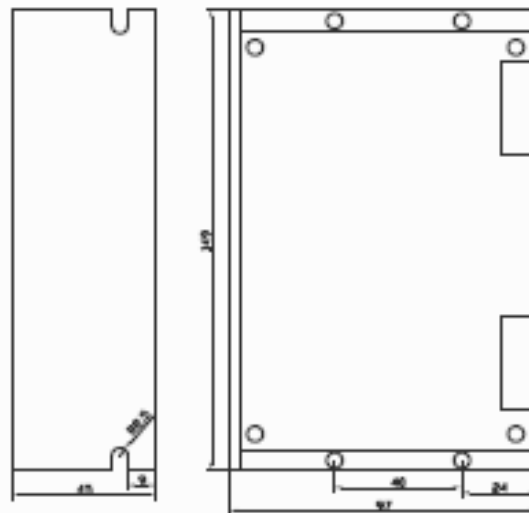
SW4: 0=Full current; 1=half current

### 4. Pulse choice:

In the driver has a Jump:



### 5. Pulse choice:



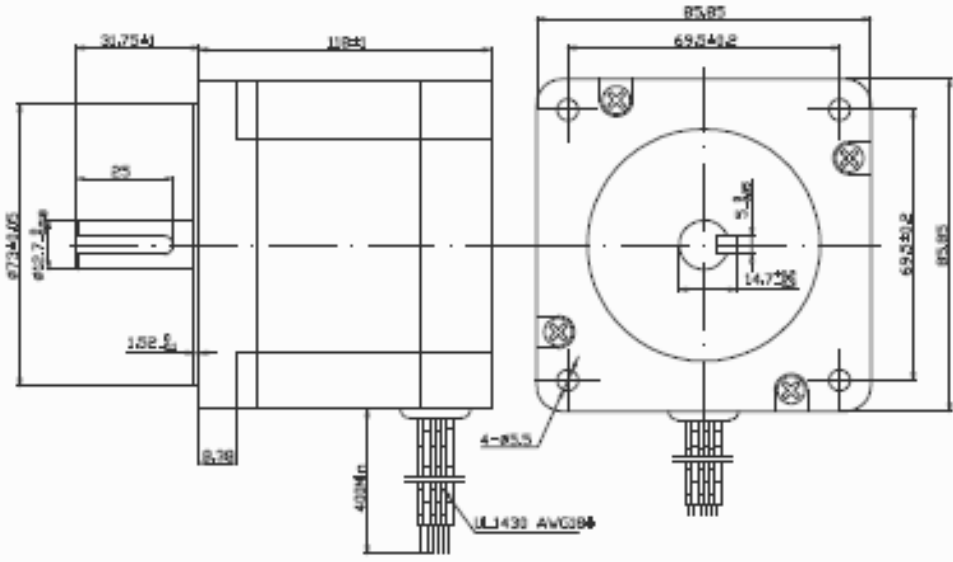
## EK 5: Step Motor Teknik Bilgiler

STEPPING MOTORS TYPE 86BYGH450B-51JB								
SPECIFICATIONS								
PHASE	STEP ANGLE	CONNECTION STYLE	CURRENT	RESISTANCE	INDUCTANCE	HOLDING TORQUE	CLASS OF INSULATION	WEIGHT
	DEG/STEP		A	ohms $\pm$ 10%	mH $\pm$ 20%	N.n		Kg
2	1.8	parallel	6.0	0.5	6	8.5	B	3.8
2		series	3.0	2	24	8.5		
4		unipolar	4.24	1	6	6		

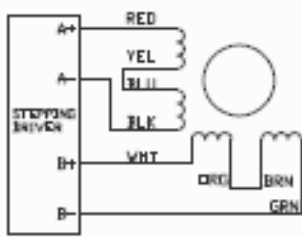
### DIMENSION:

Units :mm

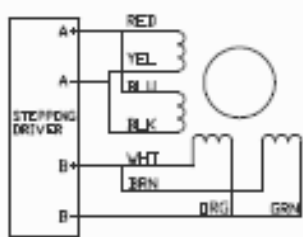

  

### WIRING DIAGRAM

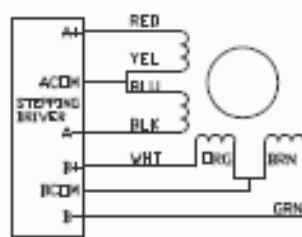
**Bipolar Series**



**Bipolar Parallel**



**Unipolar**



## ÖZGEÇMİŞ

Ankara’da doğan Ferdi GEVREK, İlk, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Mareşal Fevzi Çakmak İlkokulu, Semiha İsen Ortaokulu ve Ankara Yapı Meslek ve İnşaat Teknik Lisesinde tamamlamıştır. Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitim Bölümünden 2004 yılında mezun olmuştur.

Özel sektörde İnkabinay Çelik Kalıp ve İnşaat Makineleri Firmasında Üretim Şefi ve Kalite Yönetim Temsilcisi, Uysal Makine Fabrikasında ise Üretim Müdürü ve Kalite Güvence Sorumlusu olarak görev yapmıştır.

2010 yılında yüksek lisans eğitimine Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında başlamıştır. Prof. Dr. Tamer UÇAR danışmanlığında hazırladığı “ Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tezgâhı Tasarımı ve İmalatı” Başlıklı tezi ile Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.

2010 yılında Bozok Üniversitesi Meslek Yüksekokuluna Öğretim Görevlisi olarak atanmıştır, halen bu görevi sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

### İletişim Bilgileri

Adres: Bozok Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Bahçeşehir Mahallesi Esentepe Mevki

66200 YOZGAT

Telefon: (354) 212 38 43 / 4076

Faks: (354) 217 17 80

Cep : (505) 687 94 63

E-posta: ferdi.gevrek@bozok.edu.tr