

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

Yüksek Lisans Tezi

**ÜÇ EKSENLİ CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE
İMALATI**

Tuğba BOZKURT

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAZ**

Yozgat 2019

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

Yüksek Lisans Tezi

**ÜÇ EKSENLİ CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE
İMALATI**

Tuğba BOZKURT

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAZ**

Yozgat 2019

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 70111712007 numaralı öğrencisi Tuğba BOZKURT'un hazırladığı “**ÜÇ EKSENLİ CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE İMALATI**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 10/01/2019 Perşembe günü saat 13:00'te yapılmış, tezin onayına oy birliği/~~oy çokluğu~~ ile karar verilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Hamdi TAPLAK



Jüri Üyesi (Danışman) : Dr. Öğr. Ü. Mustafa YAZ



Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Ü. Emrah ÇETİN



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 24.../01.../19 tarih ve 5... sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

24/01/2019



Prof. Dr. Mustafa SAÇMACI
Müdür

ÜÇ EKSENLİ CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE İMALATI

Tuğba BOZKURT

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

2019; Sayfa: 111+xv

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAZ

ÖZET

Üretimin makineleşmesi, ülkenin kalkınmasına ve ekonominin gelişmesine hız verir. İlerleyen teknoloji ile birlikte üretim aşamalarında kullanılan klasik tezgâhlar yerini CNC tezgâhlara bırakmaktadır. Malzeme işlenirken imalatla kullanılan yöntem; takım ve tezgâh türünün iyi seçilmesidir. Bilgisayarlı Sayısal Denetim, mekanik işleme gerektiren bir çalışmayı, basit NC fonksiyonları sağlayarak parça programlarını yorumlayıp bilgisayarın, kontrol elemanı olarak kullanılarak komutların işlendiği mekanik bir sistemdir. İmalat endüstrisinin iş hacminin yükselmesi daha hassas, daha çok ve daha kaliteli ürünlere olan ihtiyacı artırdığından, günümüzde birçok ürün CNC tezgâhları kullanılarak üretilmektedir. Bu değişimler, bilgisayar kontrollü tezgâhların kullanımını her geçen gün çeşitli sektörlerde de yaygınlaştırmıştır.

Bu çalışmada, üç eksenli CNC takım tezgâh tasarımı yapıldı. İmalatı için gerekli tasarım parametreleri belirlenip, tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli hesaplamalar yapıldı. Seçilen elektronik ve mekanik malzemeler tanıtılıp, tezgâhın hassasiyet analizleri yapıldı.

Sonuç olarak; üç eksenli CNC takım tezgâhı imal edilip, iş parçaları işlenmiştir.

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

THREE AXIS CNC MACHINE DESIGN AND MANUFACTURING

Tuğba BOZKURT

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

2019; Page: 111+xv

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Mustafa YAZ

ABSTRACT

The mechanization of production accelerates the development of the country and the development of the economy. Together with the advancing technology, the classical workbenches used in production stages are replaced by CNC machines. The method used in manufacturing the material; good selection of the type of tool and machine. Computerized Numerical Control is a mechanical system that requires a mechanical operation, simple part functions are provided by providing simple NC functions and commands are processed by using the computer as a control element. Since the increase in the production volume of the manufacturing industry increases the need for more sensitive, more and better quality products, many products are manufactured by using CNC machines. These changes have expanded the use of computer controlled looms in various sectors.

In this study, three axis CNC machine design was made. Design parameters for the production of the machine were determined and the necessary calculations were made. Selected electronic and mechanical materials were introduced and precision analysis of the machine was performed.

As a result, three axis CNC machine is manufactured and work pieces are processed.

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

TEŞEKKÜR

Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsüne yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur.

Yüksek lisans çalışmam boyunca ve tez konusu seçiminde kıymetli bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAZ' a, değerli destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, gerekli kaynakların sağlanmasında yardımcı olan Makine Mühendisi Sertaç SOMUNCU' ya ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, tez çalışmam sırasında bana sağladıkları imkânlar için aileme sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER LİSTESİ.....	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ	4
3. CNC TAKIM TEZGÂHLARI	7
3.1. Tarihsel Gelişim	7
3.2. NC (Sayısal Kontrol) Nedir?	8
3.3. Bilgisayarlı Sayısal Kontrol	10
3.4. CNC Tezgâhların Özellikleri.....	10
3.5. CNC Tezgâhların Avantajları.....	11
3.6. CNC Tezgâhların Dezavantajları	11
3.7. CNC Tezgâh Çeşitleri	12
3.7.1. Masaüstü CNC Freze Tezgâhları	12
3.7.1.1. Masaüstü CNC Freze Tezgâhlarının Özellikleri	13
3.7.2. Masaüstü CNC Freze Tezgâhlarının Mekanik Özellikleri	14
3.7.3. Masaüstü Köprü Tipi (Tabla Hareketli) CNC Freze Konstrüksiyonu	14
3.7.4. Masaüstü Portal Tip (Tabla Sabit) CNC Freze Konstrüksiyonu	14
3.7.5. Üniversal Tip CNC Freze Tezgâhı	15
3.7.6. Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı	16
3.7.7. Beş Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı	16
4. ÜÇ EKSEN CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE İMALATI.....	18

4.1. Tezgâhın Tasarımı	18
4.1.1. Alt Tabla Tasarımı	18
4.1.2. Köprü Tasarımı	23
4.1.3. Z Eksen Tasarımı	23
4.1.4. Eksen Yataklama Tasarımı	25
4.1.5. Eksen Tahrik Sistemleri Tasarımı	28
4.1.6. Zincir Dişlileri	30
4.1.6.1. Zincir Dişli Ve Çeşitleri	31
4.1.6.2. Zincir Dişli Avantajları	31
4.1.6.3. Zincir Dişli Dezavantajları	32
4.1.7. Çelik Sac Plaka Tasarımları	32
4.1.7.1. Y Ekseni Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası	32
4.1.7.2. Y Ekseni Servo Motor Bağlantı Plakası	33
4.1.7.3. Y Ekseni Vidalı Mil Somun Gövdesi Bağlantı Plakası	34
4.1.7.4. Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu	34
4.1.7.5. X Ekseni Motor Bağlantı Plakası	36
4.1.7.6. X Ekseni Vidalı Mil Uç Yataklama Plakaları	37
4.1.7.7. X Ekseni Somun Gövdesi Bağlantı Plakası	38
4.1.7.8. X Ekseni Plaka Grubu	39
4.1.7.9. Z Ekseni Motor Bağlantı Plakası	40
4.1.7.10. Z Ekseni Plaka Grubu	43
4.1.8. Hareketli Kablo Kanalları	44
4.1.9. Harekete Dayanıklı Kablo	44
4.1.10. Kafa Aydınlatması	45
4.1.11. Toz Emme Sistemi	45
4.1.11.1. Toz Emme Makinesi	45
4.1.11.2. Toz Emme Makinesi Gövde Bağlantı Elemanı	46

4.1.11.3. Toz Emme Makinesi Kafa Bağlantı Elemanı.....	47
4.2. Kontrol Sistemi.....	47
4.2.1. Açık Çevrim Kontrol Sistemleri	47
4.2.2. Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri	48
4.3. Motor Tipinin Belirlenmesi.....	48
4.3.1. Step Motor	48
4.3.2. Servo Sistem Elemanları.....	49
4.3.3. Step ve Servo Motor Farkları.....	52
4.4. AC Servo Sürücüleri ve Kontrolleri	54
4.4.1. Servo Sürücü Temel Birimleri.....	54
4.4.2. Servo Motor Sürücülerinin Teknik Özellikleri.....	55
4.4.3. Servo Sürücü İle Servo Motorların Bağlantıları.....	58
4.4.4. Servo Sürücü I/O Arayüz Bağlantıları.....	58
4.4.4.1. X1 Arayüzü	60
4.4.4.2. X2 Arayüzü	60
4.4.4.3. X3 Arayüzü	60
4.4.4.4. X6 Arayüzü	61
4.4.4.5. Devreye Alma	61
4.4.5. AC Servo Sürücüleri Kontrolleri	62
4.5. Spindle (İş Mili) Motor	63
4.6. Spindle Motor AC Sürücü	63
4.7. Elektrik-Elektronik Pano Tasarımı.....	64
4.8. Switch Mode Güç Kaynağı	65
4.9. Otomatik Sigortalar ve Kontaktörler	66
4.10. Kontrol Ünitesi	67
4.11. Bilgisayar Sistemi ve Kontrol Kartı Haberleşmesi	68
4.12. Tasarım Yazılımları.....	71

4.13. Üretim Yazılımları	71
4.14. CNC Tezgâhlarda Kullanılan Kodlar	73
4.15. Kontrol Yazılımı (Operatör Paneli).....	75
4.16. Tasarım Hesapları.....	78
4.16.1. Kesme Kuvvetlerinin ve Kesme Gücünün Hesabı	78
4.16.2. Z Eksen Hesapları.....	82
4.16.3. X Eksen Hesapları	84
4.16.4. Y Eksen Hesapları	87
5. BULGULAR.....	90
5.1. Tezgâhın Doğruluk Kontrolü	90
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR	98
EKLER.....	103
ÖZGEÇMİŞ.....	111

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Kağıt Şerit Delici	8
Şekil 3.2 NC Programlı Delikli Kağıt Şerit	9
Şekil 3.3 NC Kodların Şeritte Dizilişi	9
Şekil 3.4 NC Freze Tezgâhı ve Delikli Kağıt Şerit Okuma Ünitesi	10
Şekil 3.5 CNC İmalat Adımları	13
Şekil 3.6 Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı	14
Şekil 3.7 Tabla Sabit Masaüstü CNC Freze	15
Şekil 3.8 Üniversal Tip CNC Freze Tezgâhı	15
Şekil 3.9 Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı	16
Şekil 3.10 Beş Eksenli Masaüstü CNC Freze ve Beşik Mekanizması	17
Şekil 4.1 90x90 Ağır Sigma Profil	19
Şekil 4.2 90x90 Ağır Sigma Profil Teknik Çizimi	19
Şekil 4.3 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Alt Tabla	19
Şekil 4.4 90x90 Geniş Köşe Bağlantı	20
Şekil 4.5 90x90 Geniş Köşe Bağlantı Teknik Çizimi	20
Şekil 4.6 90x90 Geniş Köşe Bağlantı Montajı	21
Şekil 4.7 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8	22
Şekil 4.8 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 Teknik Çizimi	22
Şekil 4.9 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 Uygulama Örneği	22
Şekil 4.10 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Tasarımı	23
Şekil 4.11 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenini	24
Şekil 4.12 Rhinoceros Programında Z Eksen Plakalarının Katmanlar Halinde Montajı	24
Şekil 4.13 Z Eksen Plakalarının Katmanlar Halinde Montajı	25
Şekil 4.14 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Y Eksenini Yataklama Tasarımı	26
Şekil 4.15 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu X ve Z Eksen Yataklama Tasarımı	26
Şekil 4.16 Lineer Ray	27
Şekil 4.17 Lineer Ray Araba	28
Şekil 4.18 Vidalı Mil SCR 3210	28
Şekil 4.19 Vidalı Mil Somun SFUR 3210 – Metal Deflektör	29
Şekil 4.20 Vidalı Mil Somun Gövde SSG 32	29
Şekil 4.21 Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25	30
Şekil 4.22 Zincir Dişli Çark	31
Şekil 4.23 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenini Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası	32
Şekil 4.24 Y Eksenini Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası Montajı	33
Şekil 4.25 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenini Servo Motor Bağlantı Plakası	33
Şekil 4.26 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenini Vidalı Mil Somun Gövdesi Bağlantı Plakası	34

Şekil 4.27 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Yan Görünüşü	35
Şekil 4.28 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Üst Görünüşü.....	35
Şekil 4.29 Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Montajı	36
Şekil 4.30 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Motor Bağlantı Plakası	36
Şekil 4.31 X Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı.....	37
Şekil 4.32 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Vidalı Mil Uç Yataklama Plakası	37
Şekil 4.33 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası.....	38
Şekil 4.34 X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası Montajı	38
Şekil 4.35 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu Arka Görünüşü	39
Şekil 4.36 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu Ön Görünüşü	40
Şekil 4.37 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası	40
Şekil 4.38 Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı	41
Şekil 4.39 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu	42
Şekil 4.40 Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu Montajı	42
Şekil 4.41 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Plaka Grubu Ön Görünüş	43
Şekil 4.42 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Plaka Grubu Yan Görünüş	43
Şekil 4.43 Hareketli Kablo Kanalları.....	44
Şekil 4.44 Harekete Dayanıklı Kablo	44
Şekil 4.45 100 Watt Smd Beyaz Işık Enerji Tasarruflu Led Projektör Armatür	45
Şekil 4.46 Scheppach Ha1000 Toz Emme Makinesi.....	45
Şekil 4.47 Toz Emme Makinesi Gövde Bağlantı Elemanı	46
Şekil 4.48 Toz Emme Makinesi Kafa Bağlantı Elemanı	47
Şekil 4.49 Geri Besleme Kontrol Sisteminin Blok Diyagramı	48
Şekil 4.50 Step Motor	49
Şekil 4.51 Servo Sistemin Blok Diyagramı	49
Şekil 4.52 Servo Sistemin Birimleri	50
Şekil 4.53 Servo Motor	50
Şekil 4.54 GSSF-L1-250x250 Servo Sürücü	54
Şekil 4.55 Servo Sürücü Teknik Özellikleri	57
Şekil 4.56 Servo Sürücü Bağlantı Diyagramı	58

Şekil 4.57 Servo Sürücü I/O Arayüzleri Bağlantıları	58
Şekil 4.58 Servo Sürücü I/O Arayüzleri	60
Şekil 4.59 CNC Tezgâhında Kullanılan Kontrol Kartı.....	62
Şekil 4.60 CNC Tezgâhında Kullanılan Spindle (İş Mili) Motoru.....	63
Şekil 4.61 Spindle Motoru İnvertör (AC Sürücü).....	63
Şekil 4.62 Elektrik Panosu	64
Şekil 4.63 Switch Mode Güç Kaynağı.....	65
Şekil 4.64 Otomatik Sigorta.....	66
Şekil 4.65 Kontaktör	66
Şekil 4.66 Panoya Montajı Yapılan Kontrol Elemanları	67
Şekil 4.67 Elektrik Panosu Dış Görünümü	68
Şekil 4.68 LPT Kablosu	69
Şekil 4.69 Paralel Portun Yapısı	69
Şekil 4.70 CNC Tezgâhı İletişim Sistemi	70
Şekil 4.71 Rhinoceros Programında Üretimi Yapılacak Olan Kalorifer Peteği Kaplaması.....	71
Şekil 4.72 Tasarımı Yapılmış Kalorifer Peteği Kaplama Modelinin CAM Programında Sayısallaştırılması.....	72
Şekil 4.73 Kalorifer Peteği Kaplama Modeli.....	72
Şekil 4.74 Mach3 Arayüzü	75
Şekil 4.75 Makine Eksen Seçimi ve Hız seçimi	76
Şekil 4.76 Motor Çıkış Pin Ayarları	76
Şekil 4.77 Motor Giriş Sinyali Ayarları.....	77
Şekil 4.78 Motor Çıkış Sinyali Ayarları	77
Şekil 4.79 Parça İşleme Esnasında Mach3 Arayüzü.....	78
Şekil 4.80 Sert Metal Plaketli Freze Başlıkları İçin Talaş Boyutları	80
Şekil 5.1 X Eksenli Motor Hareket Profili.....	91
Şekil 6.1 İmalatı Gerçekleştirilen CNC Tezgâh	93
Şekil 6.2 PCB Kazıma İşlemi	93
Şekil 6.3 PCB İşleme	94
Şekil 6.4 Kapı İsimliklerinin CNC Tezgâhta İşlenmesi.....	94
Şekil 6.5 Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesi Kapı İsimlikleri ...	95
Şekil 6.6 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Hub Motor	95
Şekil 6.7 Hub Motor Parçalarının CNC Tezgâhta İşlenmesi	96
Şekil 6.8 Hub Motor İmalatı	96

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4. 1	90x90 Sigma Profil Teknik Özellikleri	18
Tablo 4. 2	90x90 Geniş Köşe Bağlantı Teknik Özellikleri	20
Tablo 4. 3	Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 Teknik Özellikleri	21
Tablo 4. 4	Lineer Kızak Lineer Ray SH 30 Teknik Özellikleri	27
Tablo 4. 5	Lineer Ray Araba Teknik Özellikleri.....	27
Tablo 4. 6	Scheppach Ha1000 Toz Emme Makinesi Teknik Bilgiler.....	46
Tablo 4. 7	GS80D-075-30AYK-3LH Servo Motor Genel Özellikleri.....	53
Tablo 4. 8	GS80D-075-30AYK-3LH Servo Motor Fiziksel Özellikleri.....	53
Tablo 4. 9	GS80D-075-30AYK-3LH Servo Motor Çevresel Özellikleri	53
Tablo 4. 10	GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Genel Özellikler	56
Tablo 4. 11	GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Haberleşme Portları ...	56
Tablo 4. 12	GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücüler Giriş/Çıkışlar	56
Tablo 4. 13	GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Çevresel Özellikleri ...	57
Tablo 4. 14	GSSF-L1 0.75 KW Servo Sürücü Arayüzleri	59
Tablo 4. 15	GSSF-L1 0.75 KW Servo Sürücü X1 Arayüzü	60
Tablo 4. 16	GSSF-L1 0.75 KW Servo Sürücü X6 Arayüzü	61
Tablo 4. 17	Sindle Motor AC Sürücü Güç/Akım Bilgileri	64
Tablo 4. 18	Sindle Motor AC Sürücü Boyutları.....	64
Tablo 4. 19	Elektrik Panosu Genel Özellikleri.....	65
Tablo 4. 20	CNC Freze Hazırlayıcı Fonksiyon Kodları (FANUC G Kodu).....	73
Tablo 4. 21	CNC Freze Yardımcı Fonksiyon Kodları (FANUC M Kodu).....	74
Tablo 4. 22	Üç eksenli CNC Tezgâhı Tasarım Parametreleri	78
Tablo 4. 23	Üç eksenli CNC Tezgâhı Hesaplama Parametreleri	79
Tablo 4. 24	Kesme Parametreleri	79
Tablo 4. 25	Basitleştirilmiş Yöntemle Ks Değerleri	80

SİMGELER LİSTESİ

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

KISALTMALAR LİSTESİ

NC	: Numerical Control, Sayısal Kontrol
CNC	: Computer Numerical Control, Bilgisaylı Sayısal Kontrol
DNC	: Direct Numerical Control, Doğrudan Sayısal Kontrol
CAD	: Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	: Computer Aided Manufacturing, Bilgisayar Destekli Üretim
BSD	: Bilgisayarlı Sayısal Denetim
ENIAC	: Electronic Numerical Integrator and Computer, Elektronik Sayısal Entegreli Hesaplayıcı
CAD-CAM	: Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon ve İmalat
FMS	: Flexible Manufacturing System, Esnek İmalat Sistemleri
CIM	: Computer Intemated Manufacturing, Bilgisayar Destekli Bütünleşik İmalat Sistemleri
MIT	: Massachusetts Instute of Tecnnology, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
ROM	: Read Only Memory, Salt Okunur Bellek
PCB	: Printed Circuit Board, Baskılı Devre Kartı
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
MDF	: Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluktaki Lifli Levha)
LPT	: Line Printer Terminal (Paralel Port

1. GİRİŞ

İmalatın amacı, hammadde halindeki malzemeyi kullanılabilir son şekle dönüştürmektir. İmalat yapmak için, insan, hayvan gücü veya mekanik enerji kullanan makineler gerekir. Makinelerin imalat sistemine sanayi denir. Üretimin makineleşmesi, ülkenin kalkınmasına ve ekonominin gelişmesine hız verir. Malzeme işlenirken imalatatta kullanılan yöntem; takım ve tezgâh türünün iyi seçilmesidir. İmalat yönetimi, hammaddeye şekil vermek için uygulanan fiziksel olaydır. Takım, yönteme uygun hammaddeye şekil veren hareketleri sağlayan makine parçasıdır. İmalat yönetimi, mekanik imalat yöntemi ve fiziksel-kimyasal imalat yöntemi olarak gruplara ayrılabilir. Mekanik imalat yöntemleri; Talaşlı, talaşsız imalat olarak sınıflandırılır. Talaşsız imalatatta, hammadde halindeki malzemenin mevcut kütlesi değişmez. Talaşlı imalatatta, tasarlanan parçaların çizimi talaş kaldırılarak işlenir ve bundan ötürü mevcut kütle kesinlikle değişir. Talaşlı imalatatta; takım tezgâhları yaptıkları işlere göre isimlendirilirler. Örnek olarak; Torna tezgâhı, Freze tezgâhı, Matkap tezgâhı, Yüzey ve Silindirik taşlama tezgâhları verilebilir. Fiziksel-kimyasal imalata, elektroerozyon, tel erozyon, elektro-kimyasal, kimyasal, elektron, plazma veya lazer kesim gibi yöntemler girer[1].

Takım tezgâhları alanında gelişme, 1950'li yıllarda nümerik programlamaya göre çalışan ve NC (Numerical Control/Sayısal Kontrol) tezgâhların endüstride kullanılmasıyla başlar. Bu yıllarda seramikten yapılan takımların kullanılmasıyla kesme hızları ve işleme kaliteleri iyileştirilmiştir. NC tezgâhların bilgisayarla donatılmasıyla CNC (Computer Numerical Control) ve DNC (Direct Numerical Control) tezgâhları elde edilmiştir. Bilgisayarların ve kişisel bilgisayarların kullanılması ile de bu tezgâhlar daha fonksiyonel hale gelmişlerdir[1].

Bilgisayar kontrollü tezgâhların kullanımı her geçen gün artmaktadır. Elektronik ve yazılım teknolojisinin gelişmesine paralel olarak NC tezgâhlarda gelişmekte ve ucuzlamaktadır. Günümüzde flash disk teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla programların hafızada saklanması, portatif (taşınabilir) hale gelmeleri CNC kullanımını kolaylaştırmıştır. Gelişen teknolojiyle üretim aşamalarında kullanılan klasik tezgâhlar yerlerini CNC tezgâhlara terk etmektedirler.

1980'li yıllarda CNC sistemleri kullanımı kolaylaşmış, hammadde halindeki malzemeyi hızlı ve en doğru şekliyle kullanıma hazır etme amaçlanmıştır. Tasarlanan parçanın çizimi üzerinde değişiklikler yapılmasıyla da farklı tasarım örnekleri ortaya çıkmıştır. Bu da, zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesine olanak sağlamıştır. Aynı zamanda tasarlanan parçanın doğruluk kontrolü için bilgisayar ortamında analiz ve simülasyon imkânları sunulmuştur. İmalatta bilgisayarların; parça dizaynının ortaya çıkarılması, geliştirilmesi, analiz ve tasarımın optimizasyonu gibi işlerde kullanılması CAD (Computer Aided Design) olarak adlandırılır. Yazılım ve donanım olarak kısımlara ayrılır. Yazılım kısmı, parçaların gerilme-şekil değişimi analizinin yapılabildiği programlar, mekanizmaların dinamik cevapları, ısı transferi hesapları ve NC parça programlama gibi modülleri kapsamaktadır. CAM (Computer Aided Manufacturing), bilgisayar sistemlerinin planlama, yönetme ve bir imalat işleminin kontrolünün doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmasıdır. CAD/CAM sistemleri, en zor tasarımın bile kolayca yapılabilmesine, kontrolünün sağlıklı ve en doğru şekilde yapılabilmesine ve parçanın üretime hazır hale getirilmesine imkân sağlamaktadır[3].

Tezgâh kullanımı imalat sektörüne büyük kolaylıklar sağlamıştır. İnsan hayatındaki tüketim artışından dolayı zaman ve iş gücü tasarrufu ile CNC tezgâhlar günümüzde daha çok kullanılmaya başlamıştır. İmalat endüstrisinin iş hacminin yükselmesi daha hassas, daha çok ve daha kaliteli ürünlere olan ihtiyacı artırdığından günümüzde birçok ürün CNC tezgâhları kullanılarak üretilmektedir. Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) yani CNC, bir kontrol yöntemidir ve kullanıldığı tezgâha göre farklı isimler alır. Freze, Matkap, Torna, Lazer Kesim, Plazma Tezgâhı gibi tezgâhlar CNC tezgâhlara örnek olarak gösterilebilir.

CNC, G veya M kodlarından oluşan programlar vasıtasıyla çalışır. CAM programlarında oluşturulabilen bu kodlar istenildiğinde elle yazılabilir. Program ile istenilen işlevi yerine getirerek binlerce ve hatasızca işleri art arda gerçekleştirmektedir. Bu işlemleri gerçekleştirirken belirli aşamalardan geçmektedir. Her bir adımda üzerindeki program komutlarını icra ederek gerekli işlemleri yerine getirmek suretiyle istenilen işlevlerin yapılması CNC makineler tarafından sağlanmaktadır.

Günümüzde hala CNC ile ilgili eğitimler teorikte kalmaktadır. Bunun sebebi olarak tezgâh tasarım ve imalatının düşük maliyetlerde olmayışıdır. Öğrenciler için tecrübe etme, gözlem yapma, örnek uygulamalar üzerine çalışma ve gelişen teknolojiyle birlikte yeni tasarımlar yapma imkânı olmadığından kalıcı bir eğitim sağlanamamaktadır.

Eğitim amaçlı kullanımı planlanan bu çalışma, üç eksenli CNC takım tezgâh tasarım ve imalatı üzerinedir. İlk olarak CNC tezgâh tasarlanmıştır ve X eksenini 1800 mm, Y eksenini 2800 mm ve Z eksenini 800 mm boylarına sahip bir tezgâh üretilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen tezgâhın, CAD/CAM bilgisayar sistemleriyle uyumunun nasıl sağlanacağı, nasıl kullanılması gerektiği araştırılmıştır. CNC tezgâh, kontrol amaçlı parça tasarım aşamasında farklı parça programları kullanılarak tekrar tekrar test edilmiştir. Alüminyum, Çelik, Granit, Mdf gibi çeşitli sertlikteki malzemeler üç boyutlu olarak rahatlıkla işlenmiştir.

Sonuç olarak; bir üç eksenli CNC takım tezgâh tasarım ve imalatı yapılmış oldu.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Pehlivanoglu V. ve Batı M. (2002); “CNC Takım Tezgahları ve DNC” başlıklı çalışmada, CNC torna ve freze makinelerinde kullanılan FANUC kontrol sisteminde karşılaşılan genel hatalar ve bu hataların giderilmesi, CNC makinelerinin özellikleri, diğer manuel ve konvansiyonel makinelerle üstünlüklerinin karşılaştırılması, bilgisayar makine ilişkisi, kontrol panelinin tanıtımı ve tezgâh bakımı üzerinde durulmuştur[1].

Kutlu M. (2006); “Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhı tasarımı ve imalatı” başlıklı çalışmada, üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhı tasarım ve imalatı için gerekli tasarım parametrelerini belirlemiştir. Bu parametreler çerçevesinde tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamaları yaparak tezgâhı imal etmiştir. Tezgâhın eksenlerinin tahrik sistemi step motorlarla sağlanmıştır. Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhının elektronik kontrolü, step motor sürücüleri ve bir kontrol kartı yardımıyla yapılmıştır, kontrol kartları hazır satın alınmıştır[1].

Yağmur L. (2004); "Tasarım ve İmalatta CNC ve CAD/CAM Sistemlerinin Fonksiyonları" başlıklı çalışmada, bilgisayarın kullanıldığı imalat metotlarından en önemlileri incelenmiştir. İmalat ile CAD/CAM sistemlerinin entegrasyonunun nasıl yapılabileceği ve imalatın, uygulanan metoda göre hangi aşamasında ve ne şekilde kullanılabileceği araştırılmıştır. CAD/CAM fonksiyonlarının ilgili imalat metoduna uygulanmasının hangi aşamalarda yapılabildiği incelenmiştir. İncelenen imalat metotları; otomotiv uygulaması, plastik enjeksiyon ve hızlı prototip imalatıdır. Bu uygulama alanlarında CAD/CAM sistemleri, karmaşık parçaların kolay ve esnek bir şekilde tasarlanmasına, analizin yapılabilmesine ve doğru bir şekilde kalıp imalatının yapılabilmesine imkân tanımaktadır[3].

Dinçel M. (1999); “CNC Takım Tezgâhları” başlıklı çalışmada, CNC 'nin tanıtılması, tezgâh çeşitleri ve programlama tekniklerine değinilmiştir[6].

Karabey Ö. (2016); “Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması” başlıklı çalışmada, atölye derslerinde kullanılabilecek prototip üç eksenli CNC freze tezgâhı tasarlanıp, modellenip ve prototip olarak imalatı gerçekleştirilmiştir.

CNC’ de step motor, bilyeli yataklar, alüminyum konstrüksiyon, vidalı mil ve bilyeli somun sistemleri kullanılmıştır. Bununla birlikte CNC hareket sistemleri, elektronik sistemleri, tahrik sistemleri ve hassasiyeti incelenmiştir. Elektronik kontrol ünitesi; üç adet step motor sürücü, sürücü kontrol devresi ve güç kaynağından oluşmaktadır. Tezgâh kontrol yazılımı olarak Mach3 CNC programı kullanılmıştır. Tezgâhın teorik hassasiyeti ve standart sapması hesaplanmıştır[7].

Alan S. (2006); “ CNC eğitim seti tasarımı” başlıklı çalışmada, CNC eğitimi alan öğrencilerin bireysel olarak kullanabilecekleri düşük maliyetli, tamamıyla Türkçe ve eğitim amaçlı olarak bir eğitim seti tasarlanmış ve imal edilmeye çalışılmıştır. CNC Eğitim Seti, CNC ile ilgili teorik bilgilerin alınabileceği bir elektronik kitap, CNC’ nin kullanımı, yapısı, programlanması vb. konuların anlatıldığı bir multimedya ortamı, programların yazılabileceği bir editör ortamı, yazılan programın bilgisayarda sonucunun görülebileceği bir simülasyon ortamı, yazılan programların sonunda parçanın alacağı gerçek şeklin görülebileceği bir ortam olan normal tezgâh fonksiyonlarına sahip bir mini CNC tezgâhı gibi farklı ortamların tümünün bir arada kullanılabileceği şekilde tasarlanmıştır[9].

Büyükhahin U. (2005); “Üç eksenli CNC tezgâh tasarımı ve uygulaması” başlıklı çalışmada, CNC tezgâh, onu oluşturan parçalar hakkında bilgi vermiştir. CNC seçim kriterlerine değinmiştir. Farklı malzemeleri, farklı hızlarda işleme sırasında tezgâha binen yükleri hesaplanmış, en ağır şart için tezgâh gücü belirlenmiştir. Elde edilen verilerle yeni bir CNC freze tezgâhı tasarlamış, analiz ve hesaplarını yaparak imal etmiştir.

Kavala D. (2010); “Beş eksenli CNC tezgâh tasarımı ve kontrolü” başlıklı çalışmada, üniversitenin bünyesinde bulunan ve çalışmayan üç eksenli CNC tezgâhı, iki döner eksenli tabla tasarlanıp üretilerek beş eksenli CNC tezgâh haline dönüştürülmüştür. Tezgâh üzerinde beş fazlı step motorlar bulunmaktadır. Bu motorları ve bir döner eksene alınan dört fazlı step motor için beş fazlı ve dört fazlı step motor sürücüsü tasarımı yapıp üretilmiştir. CNC tezgâh kontrolü için Linux tabanlı EMC(Geliştirilmiş Makine Kontrolörü) kullanılmıştır. EMC içerisinde yazılan G kodlar sayesinde iş parçalarını işlemek mümkün hale getirilip aynı anda 5 eksen çalıştırılmıştır.

Sevil S. (2013); “ Dört eksen masaüstü CNC freze tezgâhı tasarımı, prototipi ve silindirik dişli uygulamaları ” başlıklı çalışmada, dört eksenli masaüstü CNC freze tasarlamış ve prototipini imal etmiştir. Tezgâhın hassasiyet kontrolü yapılmıştır. Dördüncü eksen çalışması olarak, ahşap veya strafor malzemesine yazı, şekil, dişli çeşitlerinden helisel, düz, sonsuz vida ve karşılık dişlisi işlemesi yapılmıştır[46].



3. CNC TAKIM TEZGÂHLARI

3.1. Tarihsel Gelişim

1900 yılına daha gelmeden kesici takımlar için sağlamlığı tam anlamıyla yeterli olmayan takım çelikleri kullanılırken, 1900 yılından itibaren Taylor tarafından sağlamlık açısından iyi bir performansa sahip çelikler bulunmuştur. Üretimi fazlasıyla etkileyen bu durum, işleme aşamasını hızlandırmış ve üretim miktarında artış sağlamıştır. Lokomotiflerin, motorların, türbinlerin, az maliyetli otomobillerin ve saatlerin üretiminde artış olmuştur. 1930 ve bunu takip eden yıllarda, çeliklerde daha avantajlı ve çok daha sert yapıya sahip malzemelerin kullanımı, üretimde kaliteli işler yapılmasına imkân sağlayıp, üretimin daha da hızlanmasına vesile olmuştur. İlerleyen teknolojinin etkisiyle, atölyelerde çalışan usta ve işçilerin kişisel tecrübelerinde de seviye artışı görülmüştür. Bu hususta M.E. Merchant, F.W. Taylor ve M. Kronenberg gibi bilim adamlarının büyük katkıları olmuştur[4].

Daha az isabet hatalı uzun menzilli top ve füzelerin hesaplanması için 1941 yılında Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC-Elektronik sayısal entegreli hesaplayıcı) adındaki ilk bilgisayarın inşa edilmesi ile endüstride makinelerin de bilgisayarlar ile kontrol edilebileceği görülmüştür.

1947 yılında, bilgisayar destekli tasarım CAD ve bilgisayarlı üretim CAM bir araya gelerek CAD-CAM (Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon ve İmalat) oluşturulmuştur. Bu tasarım ve üretimin, CNC ve DNC tezgâhlarla birleşmesi Esnek İmalat Sistemlerini (FMS-Flexible Manufacturing System) oluşturmuştur. FMS ile fabrikanın kalite kontrol, stok kontrol, muhasebe alım satım ve yönetim gibi diğer kısımları bilgisayar kontrolü altında birleştiren Bilgisayar Destekli Bütünleşik İmalat Sistemleri (CIM-Computer Intemated Manufacturing) devri başlamıştır[4].

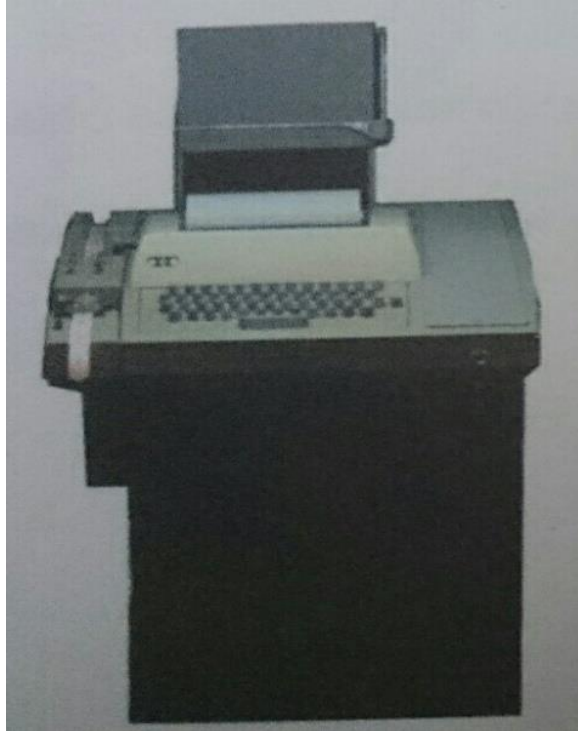
1950 yıllarında, II. Dünya savaşının sonlarında A.B.D. hava kuvvetleri, karmaşık uçak parçalarını üretmek için nümerik kontrol fikri oluşmaya başlamıştır. PARSONS CORPORATION ve MIT (Massachusetts Instute of Tecnnology) birlikte çalışarak bu fikrin öncüsü olmuşlardır. 1952 yılında, nümerik kontrol donanımına sahip CINCINNATTI-HYDROTEL freze tezgâhın imalatını başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir. Bu sayede nümerik kontrollü tezgâh imalatında artış başlamış

oldu. Ama teknolojik gelişmeler, sistemlerde bilgisayar kullanımının artmasına sebep olduğundan nümerik kontrollü sistemlerde bundan fazlasıyla etkilenmiştir. Son yıllarda, gelişme gösteren entegre devre elemanları, düşük maliyetli ve güvenilirliği yüksek donanımlar NC tezgâhlarla birleştirilerek gelişmelere ayak uydurulmuştur. Bilgilerin hafızada saklanması amacıyla da ROM (Read Only Memory) teknolojisine başvurulmuştur. CNC tüm bu teknolojik gelişmelerin birleşimi sonucu oluşmuştur[5].

3.2. NC (Sayısal Kontrol) Nedir?

Sayı, harf gibi sembollerin kullanımıyla mantıksal kodlar üretilmiş, NC tezgâhlarda bu komutlarla işlem yapılmaya başlamıştır. Her tezgâhı bir diğer tezgâhtan ayıran kapasite, işleme yeteneği ve karakteristik özellikler vardır. Bir NC tezgâhın yaptığı işi bir başka tezgâhın yapması mümkün değildir.

NC tezgâhlarının kontrol ünitesi, delikli şerit sistemiyle çalışır. Uzun yıllar parça programları elle yazılıp, delikli kâğıt şerit delici ünitesi yardımıyla kâğıt şeritlere aktarılmıştır.



Şekil 3.1 Kağıt Şerit Delici[44]

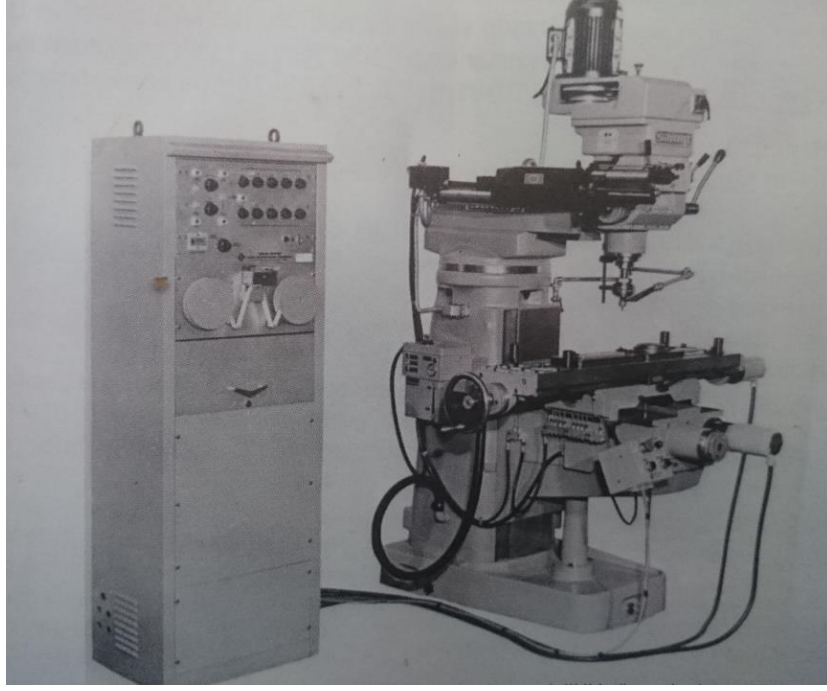


Şekil 3.2 NC Programlı Delikli Kağıt Şerit[44]



Şekil 3.3 NC Kodların Şeritte Dizilişi[45]

Üretimin yapılabilmesi, delikli kâğıt şeritin tezgâha yerleştirilmesiyle gerçekleşmektedir. Bu kâğıt şeritlerin, delikli kâğıt şerit okuma ünitesinde okutturulmasının tek nedeni; nümerik kontrol ünitesinin hafızaya kaydetme özelliğinin olmamasıdır. Bu şeritlerin okunması esnasında tezgâh motorlarına sinyalle gönderilerek, motor ve motora bağlı olan milin dönmesini sağlamaktadır. Her üretimde işlemler en baştan tekrarlanarak parça işlenmesine devam edilir.



Şekil 3.4 NC Freze Tezgâhı ve Delikli Kağıt Şerit Okuma Ünitesi[44]

3.3. Bilgisayarlı Sayısal Kontrol

CNC tezgâhları bir robotik uygulaması olarak düşünülebilir. Mekanik işleme gerektiren bir çalışmayı, basit NC fonksiyonları sağlayarak parça programlarını yorumlayıp bilgisayarın, kontrol elemanı olarak kullanılarak komutların işlendiği mekanik bir sistemdir[6].

CNC tezgâhlar;

- Bilgisayar (veri toplama ve depolama),
- Kontrol Ünitesi (Tezgâh-bilgisayar veri akışı),
- Arabirim,
- Hız ve ilerleme kontrolleri, servo veya step birimlerini ve tezgâh işlemlerini (fener mili-tabla hareketleri, takım değiştiriciler) içeren fonksiyonlardır.

3.4. CNC Tezgâhların Özellikleri

Kullanıma göre değişiklik gösteren CNC ve NC tezgâhlar arasındaki farklar çok önemlidir. NC tezgâhlarda programın herhangi bir yerinde, kullanıcı makineyi

durdurabilir, ancak programda düzeltme yapamaz. CNC de ise programda düzeltme yapılabilir. Aynı program yüzlerce binlerce kez kullanılarak aynı standartta iş parçası imal edilebilir. CNC tezgâhlara kesici takımlar kullanıcı tarafından öğretilebilir. CNC takım tezgâhlarının en önemli özellikleri arasında hammaddenin işlenmesi sırasında tezgâhı kullanan kişinin müdahale etmesine fırsat vermeden çalışabilir olması vardır ve CNC tezgâh kullanıcı hataları azalır. CNC tezgâhlarda iş parçasının tamamen ne zaman bitirileceği yani iş süresi tespit edilebilir.

3.5. CNC Tezgâhların Avantajları

- Konvansiyonel tezgâhlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, master vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgâhın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatla fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Kalifiye insan ihtiyacına gerek yoktur.
- Tezgâh operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgâhın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, master, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.
- Depolamada daha az yere gerek vardır.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgâhlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir[7].

3.6. CNC Tezgâhların Dezavantajları

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- Pahalı bir yatırımı gerektirir.

- Tezgâhın saat ücreti yüksektir.
- Konvensiyonel tezgâhlarla kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
- Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır[7].

3.7. CNC Tezgâh Çeşitleri

3.7.1. Masaüstü CNC Freze Tezgâhları

Günümüzde CNC tezgâhlarının sanayide kullanımı, getirdiği kolaylıklar ve seri üretim için sağladığı avantajlardan dolayı giderek artmaktadır. Masaüstü CNC tezgâhları da büyük tip endüstriyel CNC' ler ile aynı mantıkta çalışmakta, ancak üretim ve işleme kabiliyeti sınırlı kalmaktadır. Masaüstü CNC freze tezgâhlarında paslanmaz çelik, çelik, dökme demir gibi sert malzemeler dışındaki; ahşap ve çeşitleri, sert plastik türleri (polyamid, teflon, kestamid, pleksiglas vb.), strafor ve çeşitleri, alüminyum, bakır vb. malzemeler işlenebilir[8].

Bu tezgâhları genellikle;

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

- Prototip yapım yerleri; ahşap, sert plastik, strafor, alüminyum gibi malzemelerden istenilen parçaların imal edilmesinde kullanılır.

Bu tezgâhların kabiliyeti, tezgâh kabiliyet sınırlarının yanında kullanıcının kabiliyeti ve yaratıcılığına da bağlıdır. Masaüstü CNC freze tezgâhlarında sanayi için birçok işler yapılmakta ve insanlar bu yolla maddi kazanç elde edebilmektedirler.

3.7.1.1. Masaüstü CNC Freze Tezgâhlarının Özellikleri

Masaüstü CNC freze tezgâhları; endüstriyel CNC freze tezgâhları ile aynı mantıkta çalışır. Bu tezgâhlar da diğer CNC freze tezgâhları gibi sayı, simge ve rakamlardan (M ve G kodları) aldığı komutlar ile otomatik işleme yapan tezgâhlardır. Yalnız bu tezgâhların işleme alanı ve kabiliyeti kısıtlıdır. CNC tezgâhlarında parça işleyebilmenin birinci yolu;

Şekil 3.5’ te görüldüğü gibi işlenecek parça ya da parçadaki kısmın öncelikle çizilmesi veya modellenmesi gerekir. Üç boyutlu model ya da iki boyutlu çizim CAM programına aktarılarak işleme parametreleri girilir. CAM programında M-G kodları çıkarılıp CNC makinesine yüklenir.



Şekil 3.5 CNC İmalat Adımları[46]

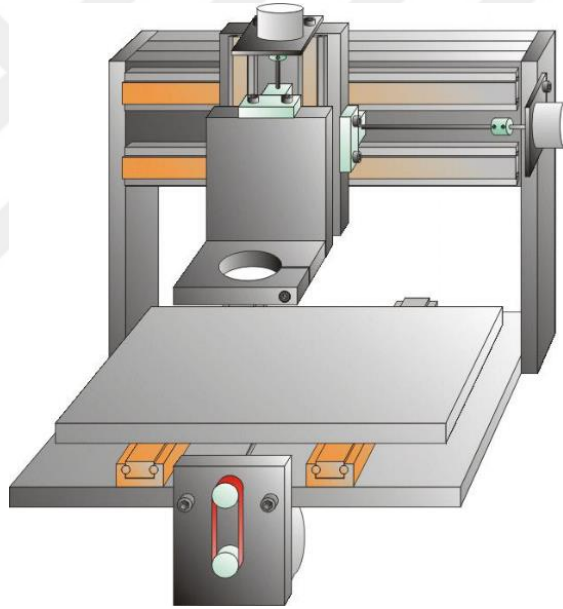
İkinci yol olarak, genellikle basit parçaların M ve G kodları CNC programcısı tarafından elle yazılarak CNC’ ye yüklenir[8].

3.7.2. Masaüstü CNC Freze Tezgâhlarının Mekanik Özellikleri

Masaüstü CNC freze tezgâhı şase konstrüksiyonuna göre, tabla hareketli- tabla sabit, olarak ve eksen sayısına göre sınıflandırılır. CNC tezgâhların hareketleri doğrusal ve dairesel olabilir.

3.7.3. Masaüstü Köprü Tipi (Tabla Hareketli) CNC Freze Konstrüksiyonu

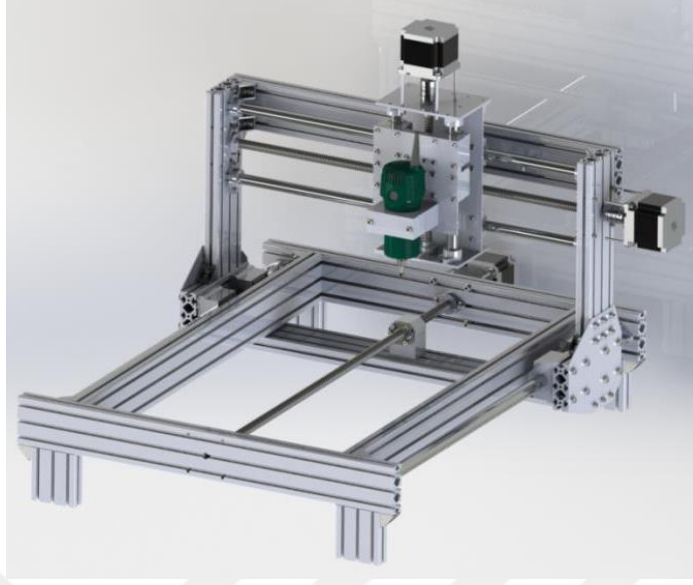
Kolay tasarlanan ve yapısal olarak sağlamlığı fazla olan bu tezgâhın tasarımında X eksenini ve Z eksenini aynı yapı üzerinde hareket ederken, Y eksenini bu iki ekseninden bağımsız hareket ettirmektedir. Dayanımı yüksek parçaların işlenmesi için uygun bir tasarımdır[9].



Şekil 3.6 Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı[47]

3.7.4. Masaüstü Portal Tip (Tabla Sabit) CNC Freze Konstrüksiyonu

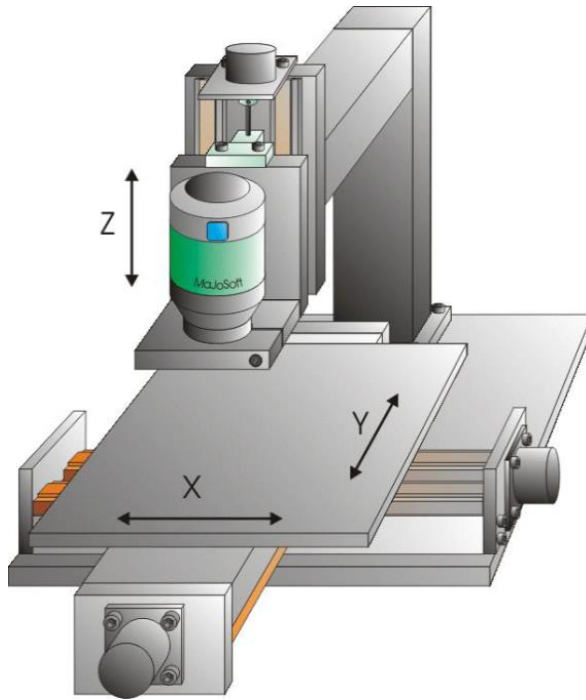
Tabla sabit masaüstü CNC freze konstrüksiyon tipinde; X, Y, Z iş mili hareketli olup, tabla hareketsizdir. Bu tezgâh konstrüksiyon tipi; ağır malzemelerin işlenmesinde, işlenecek parçanın tabla ölçüleri boyutunda bağlanabilmesi, ilave eksen eklenmesi durumunda avantajı vardır. Ancak, Y eksenini hareketli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



Şekil 3.7 Tabla Sabit Masaüstü CNC Freze[46]

3.7.5. Üniversal Tip CNC Freze Tezgâhı

Bu tezgâhın tasarımında; X eksenini ve Y eksenleri aynı parça üzerinde hareket ederken, Z eksenini bu iki ekseniden bağımsız olarak hareket ettirmektedir. İmalatı zordur[9].



Şekil 3.8 Üniversal Tip CNC Freze Tezgâhı[47]

3.7.6. Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı

Dört eksen masaüstü CNC tezgâhta, dört eksen eş zamanlı hareket etme yeteneğine sahiptir. X, Y, Z eksenleri doğrusal hareket halinde, dördüncü eksen ise dairesel hareket yapar. Dördüncü eksen; X eksenine paralel dönüyorsa A eksen, Y eksenine paralel dönüyorsa B eksen, Z eksenine paralel dönüyorsa C eksen olarak adlandırılır. Dördüncü eksen ile rahatlıkla silindirik parçalar, dörtgen prizmalar işlenebilir[8].



Şekil 3.9 Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı[48]

3.7.7. Beş Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı

Beş eksenli CNC tezgâhta beş eksen eş zamanlı hareket etme yeteneğine sahiptir. Hareketler iş milinden sağlanabilir, tabla ve iş mili hareketiyle de elde edilebilir. Genellikle üç eksenli CNC freze tezgâhını beş eksen CNC freze tezgâhına çevirmenin en kolay yolu beşik mekanizması kullanmaktır.



Şekil 3.10 Beş Eksenli Masaüstü CNC Freze ve Beşik Mekanizması[49]

4. ÜÇ EKSEN CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE İMALATI

4.1. Tezgâhın Tasarımı

Tezgâhın tasarımı; boyutsal ön tasarım yapılması, konstrüksiyon malzemesinin seçilmesi, standart elemanların belirlenmesi, hesaplamalar ve standart malzemelerin boyutlarının seçilmesi, ön tasarım ve standart elemanlara göre Rhinoceros programında üç boyutlu modellenerek, malzeme listeleri ve imalat resimlerinin oluşturulmasıyla gerçekleştirilmiştir.

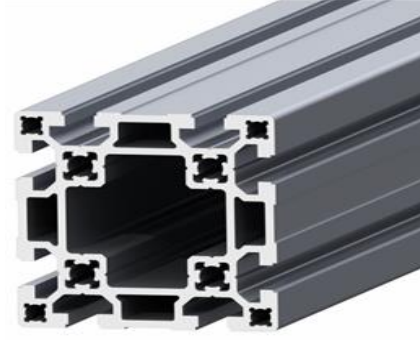
4.1.1. Alt Tabla Tasarımı

Bir CNC konstrüksiyonunda; yüksek mukavemet, yüksek rijitlik, hafiflik ve dinamik kararlılık istenen özelliklerdendir. Makine şaselerinde, CNC konstrüksiyonların taşıyıcı profili ve mekanik ürünler ile yataklama eksenleri şasesi olarak kullanılabilen 90x90 ağır sigma profil, gövdenin yapısını oluşturan eleman olarak kullanılmıştır.

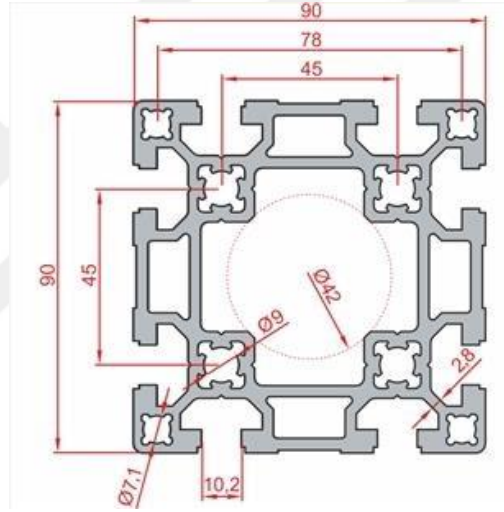
Alüminyum sigma profil kullanılmasının sebebi; hafif, düzgün bir geometriye sahip, kolay montajlanabilir ve kolay işlenebilirliğidir. Hareketli parçaların hafifliği, yüksek hızlarda düşük eylemsizlik momenti oluşturur ve ivmelenmeler sırasında titreşime yol açılmasını engeller. Fakat ana gövdenin ağırlığının düşük olması sarsıntılara sebep olacaktır.

Tablo 4. 1 90x90 Sigma Profil Teknik Özellikleri[19]

Dış Ebat	Malzeme	L (mm)	I _x	I _y	W _x	W _y	Alan	Kütle
90x90	6063	6000	220,49 <i>cm</i> ⁴	220,49 <i>cm</i> ⁴	48,9 <i>cm</i> ³	48,9 <i>cm</i> ³	25,31 <i>cm</i> ²	6,83 Kg/m



Şekil 4.1 90x90 Ağır Sigma Profil[19]



Şekil 4.2 90x90 Ağır Sigma Profil Teknik Çizimi[19]



Şekil 4.3 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Alt Tabla

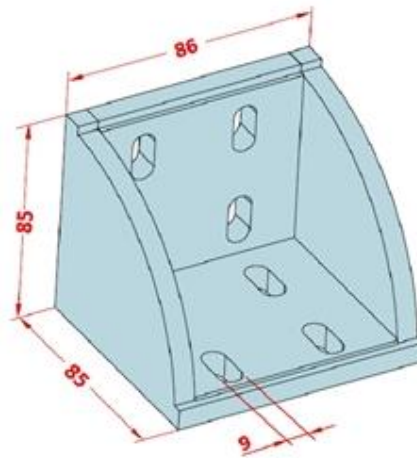
Şaselerin dayanıklılığını artırmak için ve köşe bağlantılara takılan 90x90 Geniş Köşe Bağlantı kullanılmıştır.

Tablo 4. 2 90x90 Geniş Köşe Bağlantı Teknik Özellikleri[17]

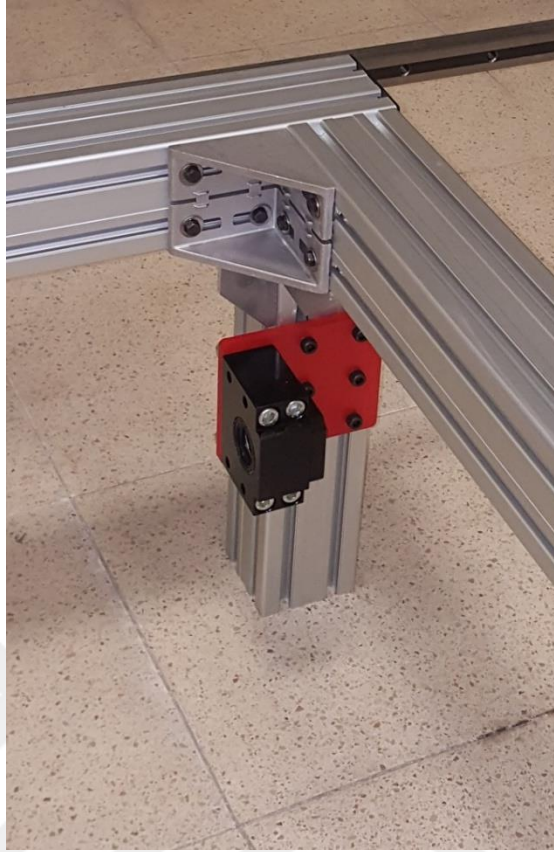
Kod	Ürün Adı	L	H	W	D	Malzeme	Ağırlık (gr)
2.2.001.10.9090.03	90x90 Geniş Köşe Bağlantı	84,7	84,7	86,5	9	336	Alüminyum



Şekil 4.4 90x90 Geniş Köşe Bağlantı [17]



Şekil 4.5 90x90 Geniş Köşe Bağlantı Teknik Çizimi[17]



Şekil 4.6 90x90 Geniş Köşe Bağlantı Montajı

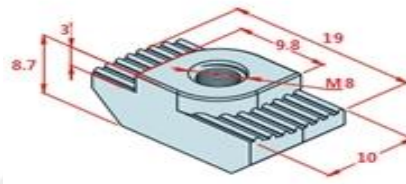
Profil bağlantılarını kayma ve gevşeme olmadan, tırtılların profil içerisine yerleşmesiyle montaj yapılmıştır. Montaj aşamasında; profile istenilen yerden bağlanıp, istenildiği zaman da bağlanılan yerden kolayca çıkartılabilen Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 kullanılmıştır.

Tablo 4. 3 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 Teknik Özellikleri[18]

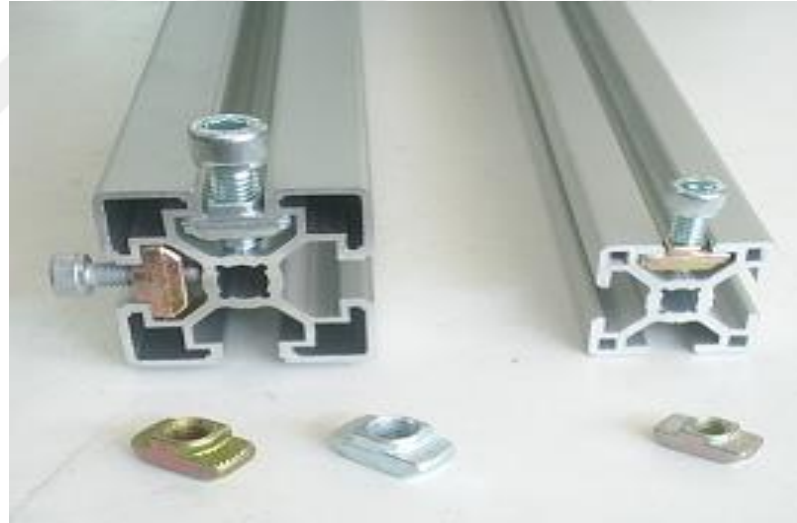
Kod	Ürün Adı	M	B	W	D	H	A	Malzeme	Ağırlık (gr)
2.1.001.10.08	Kanal 10 Tırtıllı Somun M8	M8	10	19	8,7	3	9,8	8,8 Çelik	5,5



Şekil 4.7 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8[18]



Şekil 4.8 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 Teknik Çizimi[18]



Şekil 4.9 Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 Uygulama Örneği

Tabla olarak toplam 18 mm kalınlığında 2 kat mdf plaka kullanılması uygun görülmüştür. Hem maliyetinin düşük olması hem de tezgâhta işlenecek malzemelerin bağlantısının kolay olması, hem de kolay değiştirilmesi amacıyla mdf plakalar tercih edilmiştir. Mdf plakaların genişliği köprü genişliğinden 1 mm küçük olacak şekilde boyutlandırılarak köprü ile tabla arasındaki boşluk 0,5 mm bırakılmıştır. Bunun sayesinde lineer kızakların tozlanma ve kirlenmesinin önüne geçilmiştir. Bunun sonucu olarak Y eksenli yataklamasında körük kullanımına gerek kalmamıştır.

4.1.2. Köprü Tasarımı

Köprü tasarımında genelde dökme demir tercih edilmektedir. Daha ucuz olması, tasarlanan şekillerin kolayca üretilmesi ve sönümleyici etkisi dökme demirin tercih edilme sebepleri arasındadır. Bunun yanında, çelik malzeme kullanımı da fazladır. Çelik malzemelerin daha hafif ve daha dayanıklı olması, endüstriyel tezgâhlara bir avantaj kazandırmaktadır.

Köprü tasarımında çelik ve 90x180 sigma profil kullanılmıştır. Kullanılan çelik aksam konstrüktif yapıda tasarlanmıştır. Bunun amacı hafif olması ve x ekseninden gelecek kuvvetlere karşı eğilme dayanımının daha yüksek olmasıdır. Kullanılan çelik parçalar sigma profile 16 adet M12 cıvata ile sabitlenmesi uygun görülmüştür.



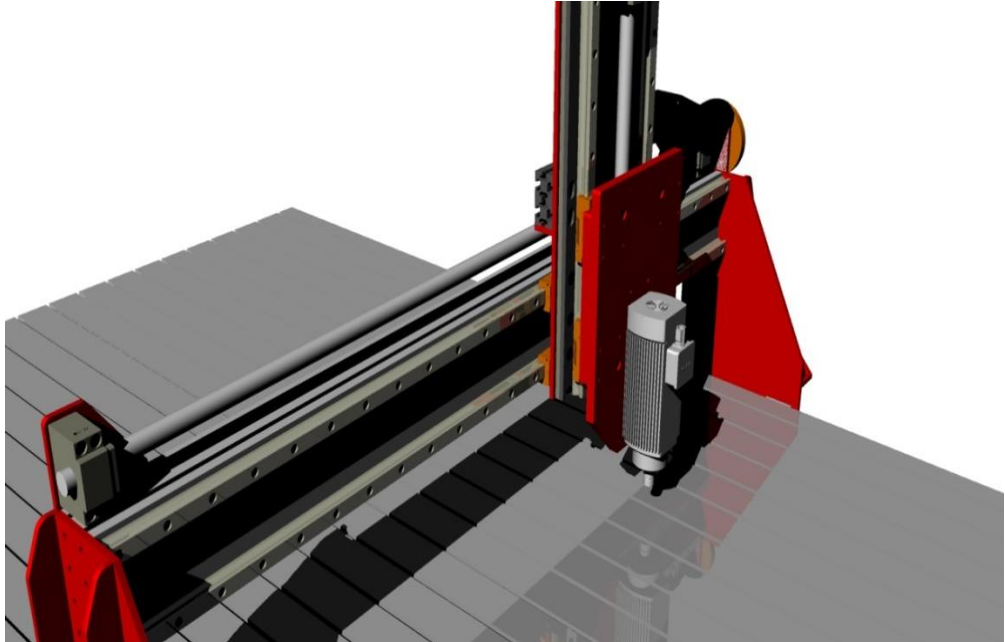
Şekil 4.10 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Tasarımı

4.1.3. Z Eksen Tasarımı

10 mm kalınlığında saclar kullanılarak oluşturulan tasarımda; dökme demirde uygulanan döküm sonrası işlemlerin azaltılması için katmanlar halinde tasarım yapılmıştır. Spindle motorun montajı için kullanılan plaka, 10 mm çelik sacdan tasarlanmıştır. Yüksekliğin manuel olarak ayarlanması için motor bağlantı delikleri yerine kanal şeklinde tasarlanması uygun görülmüştür. Bu tasarlanan 10 mm parçaların eksenin dayanımını artırması yanında bir diğer amacı; montaj kolaylığı, kolay müdahale edilebilirlik, yatak ve plakalar arası mesafeyi ayarlamak içindir.



Şekil 4.11 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Ekseni



Şekil 4.12 Rhinoceros Programında Z Eksen Plakalarının Katmanlar Halinde Montajı



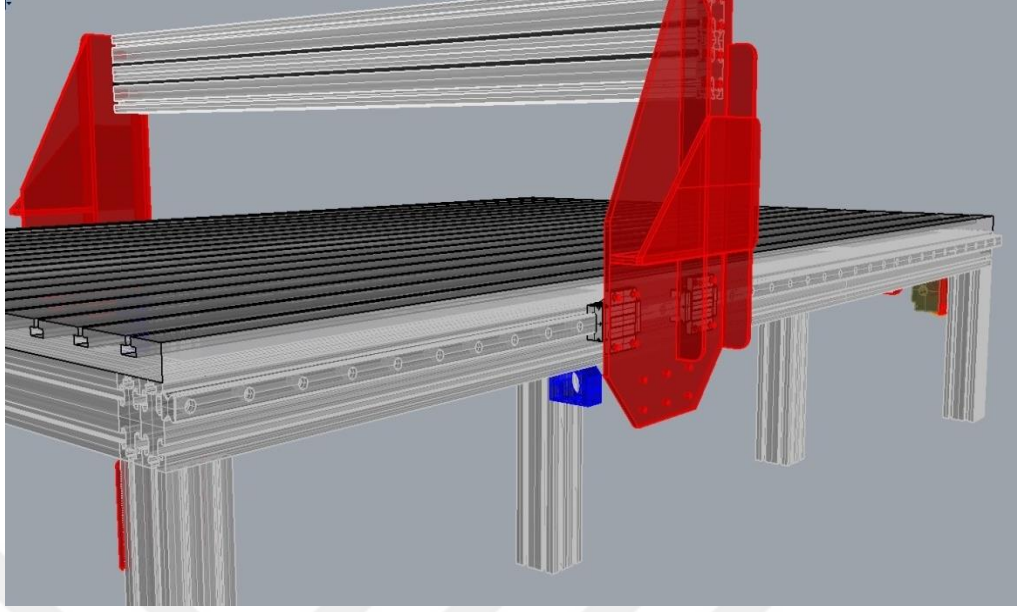
Şekil 4.13 Z Eksen Plakalarının Katmanlar Halinde Montajı

4.1.4. Eksen Yataklama Tasarımı

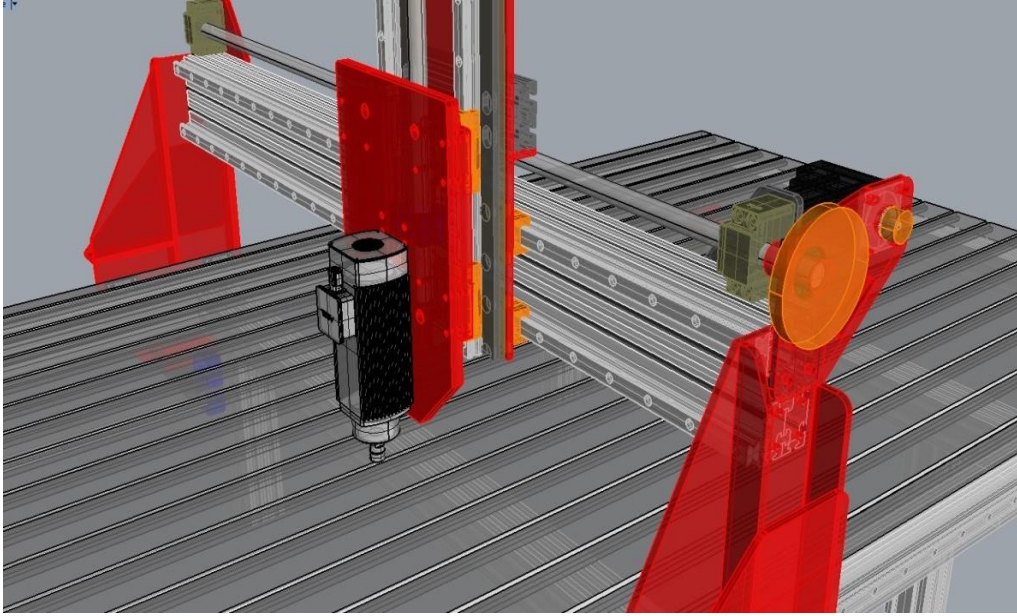
X eksenini için 1800 mm boyunda, 30x30 mm boyutlarında 2 adet kare lineer kızak ve bunlara uygun geniş tip arabalar kullanılarak yataklama sağlanmıştır.

Y eksenini için 2800 mm boyunda 30x30 mm boyutlarında 2 adet kare lineer kızak ve bunlara uygun geniş tip arabalar kullanılarak yataklama sağlanmıştır.

Z eksenini için 800 mm boyunda 30x30 mm boyutlarında 2 adet kare lineer kızak ve bunlara uygun geniş tip arabalar kullanılarak yataklama sağlanmıştır.



Şekil 4.14 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Y Eksenli Yataklama Tasarımı

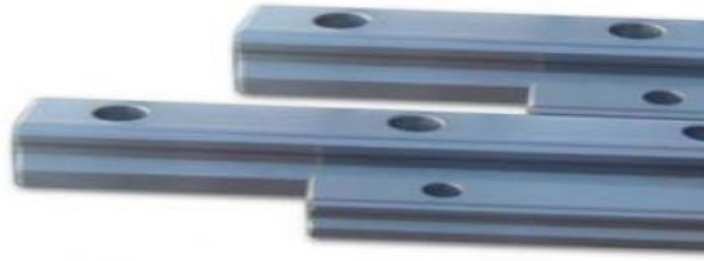


Şekil 4.15 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu X ve Z Eksen Yataklama Tasarımı

Yataklama elemanı olarak montajı yapılan lineer kızaklar; hareketin doğrusal düzlemde yapılabilmesi için ve düşey-yatay esnemelere çok fazla olanak sağlamadığından kullanımı uygun görülmüştür.

Tablo 4. 4 Lineer Kızak Lineer Ray SH 30 Teknik Özellikleri[12]

Ray Delik Merkez Arası	80 mm
Ray Taban Genişlik	28 mm



Şekil 4.16 Lineer Ray[12]

Hareketin doğrusal düzlemde yapılabilmesi, düşey ekseninde aşağı-yukarı hareketlerin, yatay ekseninde ileri-geri hareketlerin kolaylıkla yapılabilmesi lineer ray araba ile sağlanmıştır.

Tablo 4. 5 Lineer Ray Araba Teknik Özellikleri[11]

Ray Dahil Yükseklik	42 mm
Delik Merkezi EnxBoy	72x52 mm
Tüm Boy	97.40 mm
Tüm En	90 mm
Taşıma Kapasitesi Statik	83.06 KN
Taşıma Kapasitesi Dinamik	38.74
Ray Delik Merkez Arası	80 mm
Ray Taban Genişlik	28mm



Şekil 4.17 Lineer Ray Araba[11]

4.1.5. Eksen Tahrik Sistemleri Tasarımı

Eksenlerin tahrik sistemleri için zincir dişlileri, zincir, vidalı mil (x ekseninde 1 adet 1800 mm boyunda 3210 vidalı mil, y eksen 2 adet 2800 mm boyunda 3210 vidalı mil, z ekseninde ise 780 mm boyunda 3210 vidalı mil), bilyalı vidalı mil somunu ve vidalı mil gövdesi kullanımı uygun görülmüştür. Vidalı milleri yataklamak için vidalı mil uç yatakları kullanılmıştır. Y eksenin de 4 adet, x ve z eksenlerinde 2 şer adet vidalı mil uç yatağı kullanılmıştır.



Şekil 4.18 Vidalı Mil SCR 3210[14]



Şekil 4.19 Vidalı Mil Somun SFUR 3210 – Metal Deflektör[13]

Vidalı milleri yataklamak için millerin her 2 tarafı da tornalanmıştır. Vidalı mili döndürmek için kullanılan zincir dişlileri mile göre tornalanmış, ayrıca üzerlerine setskur cıvata dişleri açılmıştır.

Zincir dişlileri olarak vidalı mil tarafında üzerinde 56 diş bulunan, 3/8 inç çaplı dişli ve motor tarafında üzerinde 15 diş bulunan, 3/8 inç çapında dişli kullanılması ile redüksiyon oranı 15/56 dişlilerle redüksiyon yapılmıştır. Azami motor devri 3000 devir/dk hızı, yaklaşık 800 devir/dk mil hızına düşülmüş ve mil torku 3.7 kat artırılmıştır. CNC' nin öngörülen eksen hızı, 10 mm hatveli vidalı mil kullanıldığı için 8000 mm/dk olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.20 Vidalı Mil Somun Gövde SSG 32[15]



Şekil 4.21 Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25[16]

Vidalı mil uç yatakları, eksen hareketleriyle elde edilen yükün gövdeye aktarımını sağlar ve bu yük aktarımı vidalı millerin motor tarafına montajıyla sağlanmıştır.

4.1.6. Zincir Dişlileri

Millerin güç ve hareket iletmesinde zincirler ve dişli çarklar kullanılır. Miller arasında mesafe olduğu durumlarda hareket iletimi için kullanılırlar. Kullanılan dişli çarkların dişleri mutlaka kullanılan zincire uyumlu olmalıdır.

Zincir dişlilerde yüksek tork uygulanabilir ama yüksek devirlerde kullanılmazlar. Bağlı ürün olarak zincir sarkmalarını engelleyen gerdirme dişlisi kullanılır.

- Bu mekanizmalar şekil bağlıdır.
- Çeşitli türleri standart olarak mevcuttur.
- İletilecek güç ve devir sayısına göre seçilirler.
- Transmisyon zincirleri belli standart uzunluklarda satılırlar.
- Zincir uçları uygun bir yöntemle birleştirilir.
- Şekil bağlı olduğu için senkron hareket iletimine uygundur.
- Genellikle metalden imal edildikleri için kayışlara göre daha küçük hacim kaplarlar.



Şekil 4.22 Zincir Dişli Çark[50]

4.1.6.1. Zincir Dişli Ve Çeşitleri

Kullanılan dişli çarkların dişleri mutlaka kullanılan zincire uyumlu olması gerektiğinden çeşitli zincir dişli çeşitleri mevcuttur. Dişli, röleli, blok, normal ve çaplı zincir dişli çarklar en çok kullanılanların başında gelmektedir.

4.1.6.2. Zincir Dişli Avantajları

- Hem uzun hem de kısa eksenler arası mesafe için uygun çözüm oluştururlar. Küçük eksen mesafeleri ve büyük çevrim oranlarında bile bir kayma olmaz.
- Verimleri oldukça yüksektir (%96... 98 civarı).
- Ön gerilmeli montaj gerekmediğinden milde daha düşük radyal kuvvetler oluştururlar.
- Aynı bir zincirle ikiden fazla çarkın, farklı dönme yönlerinde tahriki mümkündür.
- Kayışlara göre güç iletim kapasitesi daha yüksektir.
- Tek kademedede 8...10 gibi çevrim oranları mümkündür.
- Zincirlerin ömürleri kısaltmakla birlikte tünel fırınlar gibi yüksek sıcaklıktaki ortamlarda ve tozlu, kirli, rutubetli çevrelerde de kullanılması mümkündür.
- Uygun boyda montajı kolaydır (kilit baklası)[40].

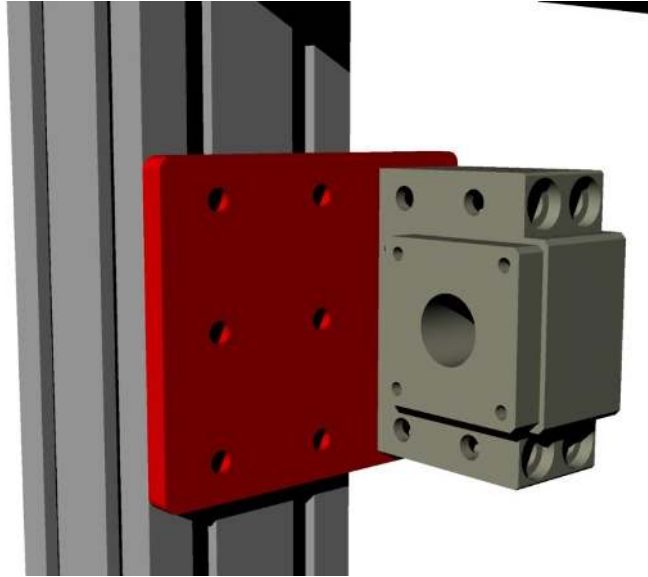
4.1.6.3. Zincir Dişli Dezavantajları

- Üretim maliyetleri kayışlara göre daha yüksektir.
- Montajlarının çok dikkatli yapılması gerekir.
- Çalışmaları için yağlama gerekir. Çok yüksek hızlarda kutu içine alınmaları gerekebilir.
- Önlenmesi mümkün olmayan poligon etkisi, çevre hızında dalgalanmalara neden olur.
- Mafsallardaki aşınma nedeni ile zincir hatvesi büyür ve zincirin çarktan atma tehlikesi ortaya çıkar (bunu engellemek için motor bağlantı plakasına kanal açarak zincir gerginliği ayarlanabilir tasarlanmıştır).
- Sadece paralel miller arasında kullanılabilirler[40].

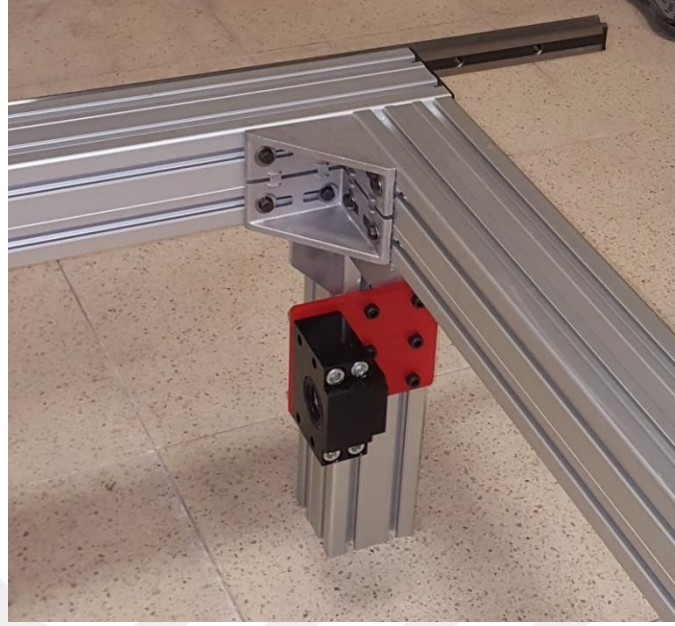
4.1.7. Çelik Sac Plaka Tasarımları

4.1.7.1. Y Eksenli Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası

10 mm çelik sac plakanın 4 deliği; vidalı mil uç yatağının montaj deliği merkezinde, diğer delikleri; alüminyum sigma profilin kanallarında hareket edecek şekilde tasarlanmıştır.



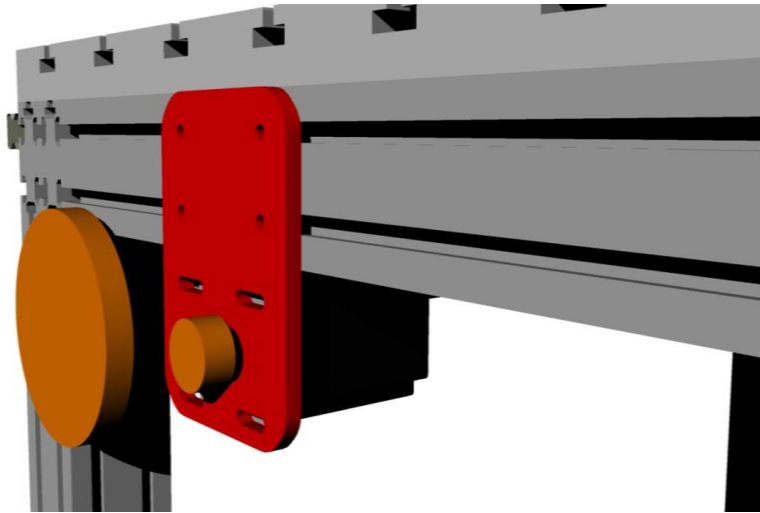
Şekil 4.23 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenli Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası



Şekil 4.24 Y Eksenli Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası Montajı

4.1.7.2. Y Eksenli Servo Motor Bağlantı Plakası

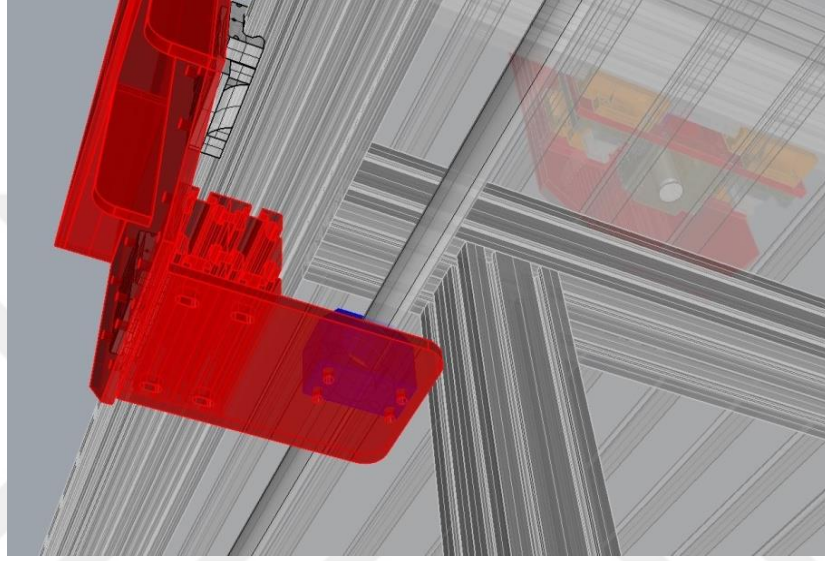
Milinde 15 diş zincir dişlisi bulunan servo motorun bağlantısında kullanılan zincirin gerginliğinin ayarlanabilmesi için 10 mm çelik sacdan kanallı bir plaka tasarlanmıştır. Gövdeye montajı; alüminyum sigma profilin kanallarına vida ile bağlanabilmesi için 4 adet delik delinmiştir.



Şekil 4.25 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenli Servo Motor Bağlantı Plakası

4.1.7.3. Y Eksenli Vidalı Mil Somun Gövdesi Bağlantı Plakası

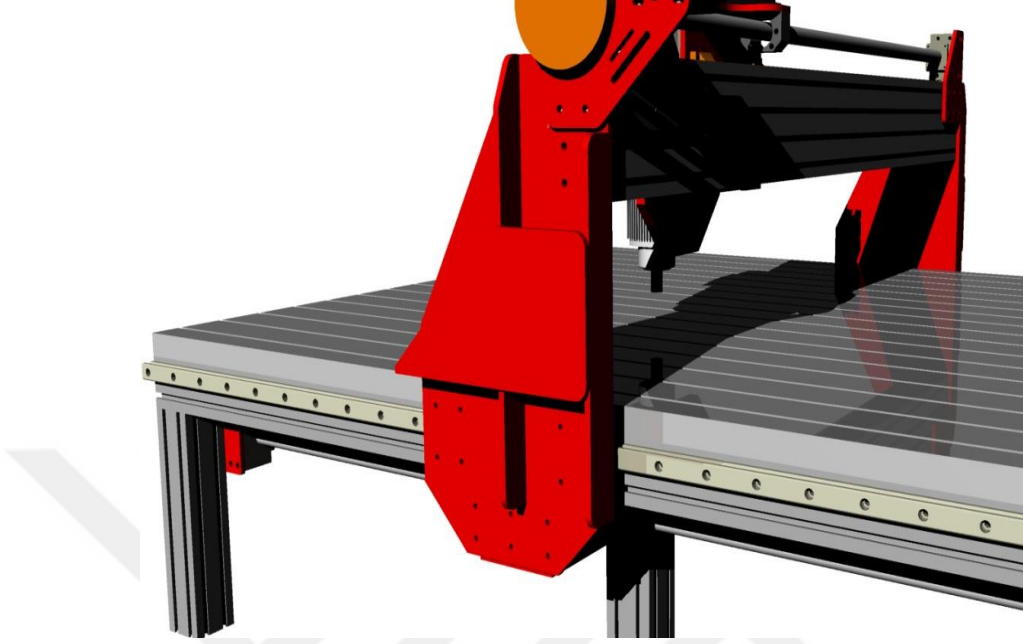
10 mm elik sacdan, vidalı milin eksenini boyunca merkezlenebilmesi için eksene paralel monte edilmiş sigma profilin kanallarında, eksene dik şekilde hareket edebilmesini sağlayan kanallar açılmıştır. Somun gövdesine montajı için montaj delikleri tasarlanmıştır.



şekil 4.26 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenli Vidalı Mil Somun Gövdesi Bağlantı Plakası

4.1.7.4. Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu

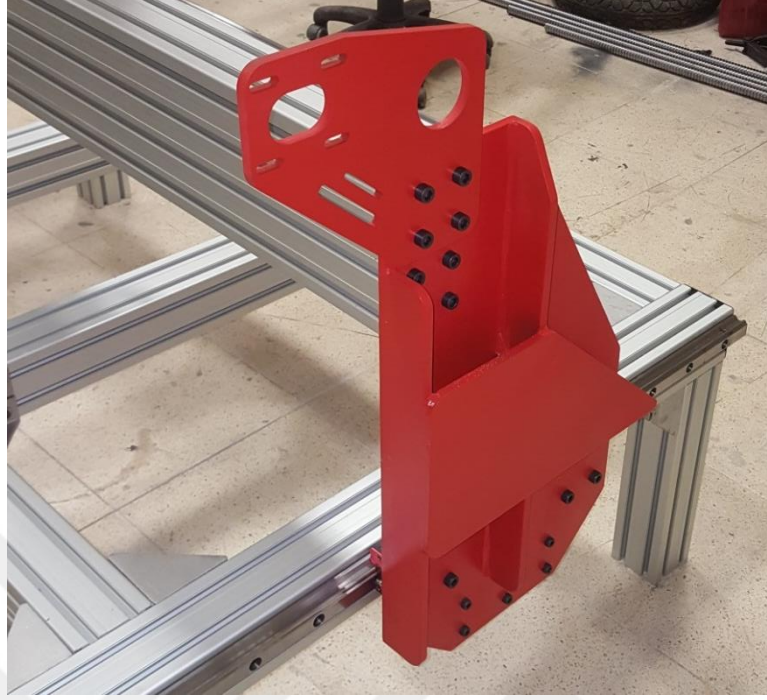
5 parça plakadan oluşan köprü direği bağlantı grubu kaynak işlemi ile montajlanmıştır. Hafif ve x ekseninden gelen yatay yüklere karşı daha az esnemesi için bağlantı parçaları ana plakaya dik şekilde kaynaklanarak konstriktf yapı oluşturulmuştur. Ana bağlantı plakasına Y eksenindeki lineer arabaları monte etmek için 8 adet delik delinmiştir. Ayrıca köprü profili olarak kullanılan 90x180 sigma profile, alın kısmından açılmış M12 vidalara bağlanabilmesi için 12 mm çapında 8 adet delik delinmiştir. Vidalı mil somun gövdesi bağlantı plakası ile montajlanmasını sağlayabilmek için 6 adet 8 mm çapında delik delinmiştir.



Şekil 4.27 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Yan Görünüşü



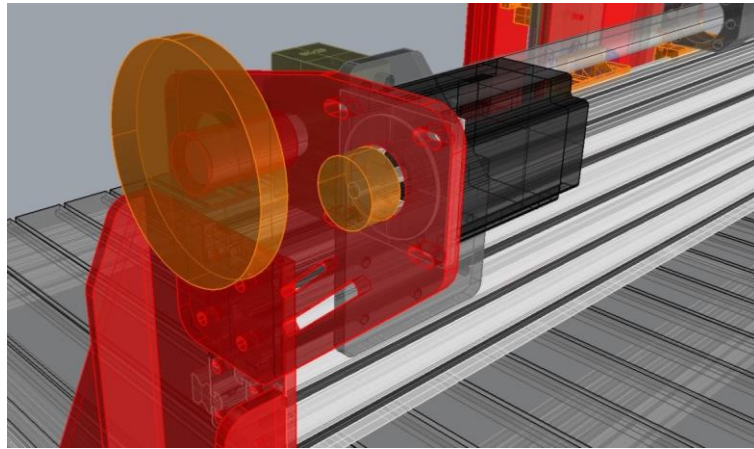
Şekil 4.28 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Üst Görünüşü



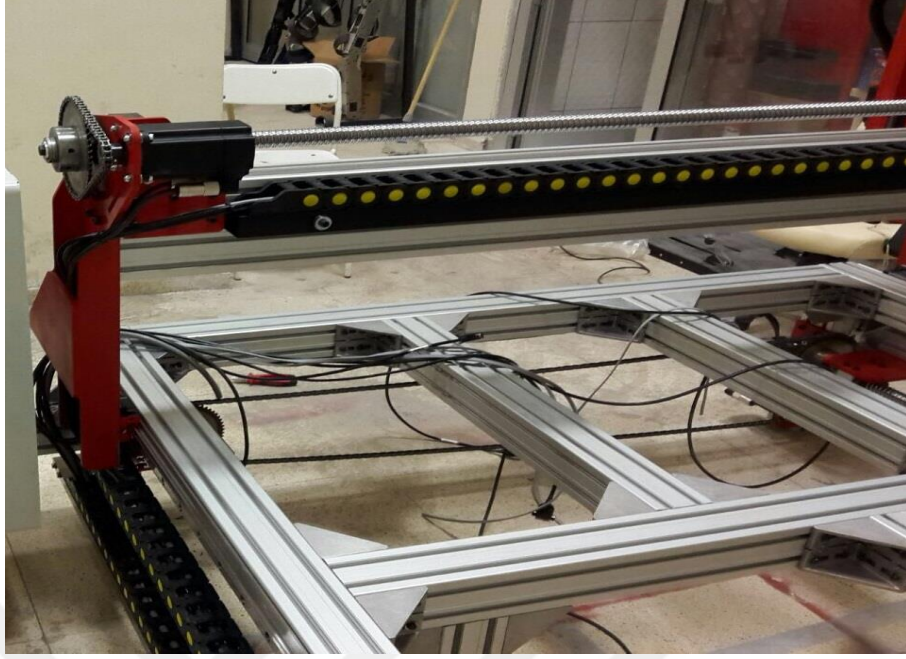
Şekil 4.29 Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Montajı

4.1.7.5. X Eksenli Motor Bağlantı Plakası

10 mm çelik sacdan tasarlanan parçanın üzerinde köprü ile bağlanabilmesi için 4 adet 12 mm çapında delik ve X ekseninin vidalı milinin merkezinden geçen 60 mm çapında bir delik açılmıştır. Ayrıca zamanla boşluk yaparak gevşeyen zincirin gerilmesi için servo motorun bağlantı delikleri kanal şeklinde tasarlanmıştır.



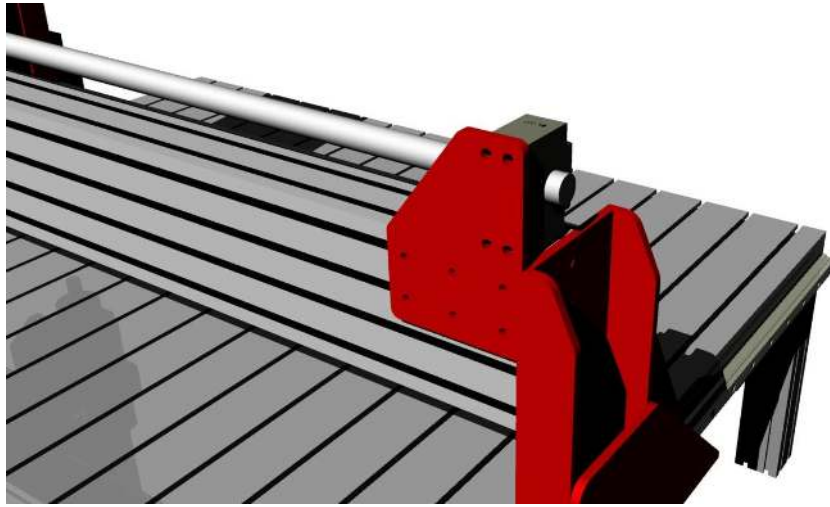
Şekil 4.30 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Motor Bağlantı Plakası



Şekil 4.31 X Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı

4.1.7.6. X Eksenli Vidalı Mil Uç Yataklama Plakaları

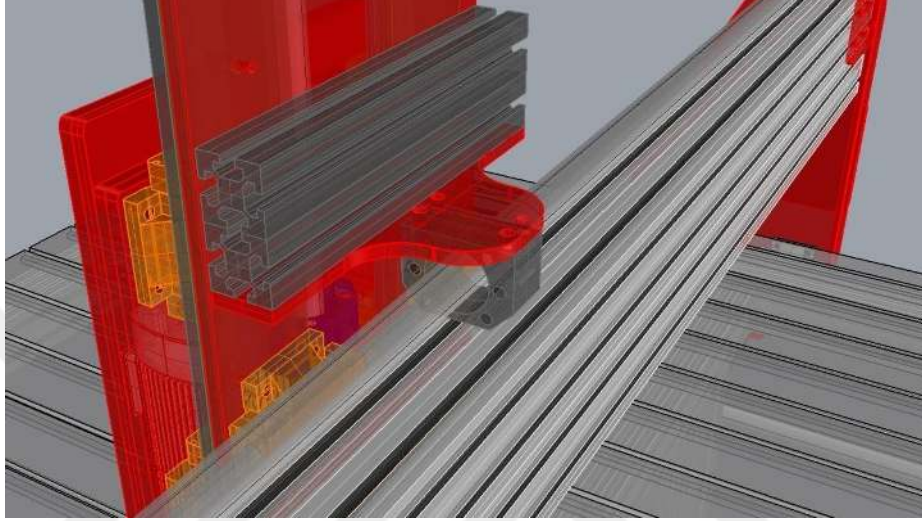
10 mm çelik sacdan tasarlanan parçanın, köprü sigma profiline ve vidalı mil uç yatağına montajı için toplamda 10 adet delik açılmıştır. Kullanılması ön görülen hareketli kablo kanallarının çarpmasını önlemek için plakanın köşesi kesik tasarlanmıştır.



Şekil 4.32 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Vidalı Mil Uç Yataklama Plakası

4.1.7.7. X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası

X eksenli vidalı mil somun gövdesi ile X eksenli plakasının bağlantısını sağlayan 10 mm elik sacdan tasarlanan parça, hafif olması ve eksen başlarında X eksenli vidalı mil uç yataklarına çarpmaması için “T” şeklinde tasarlanmıştır.



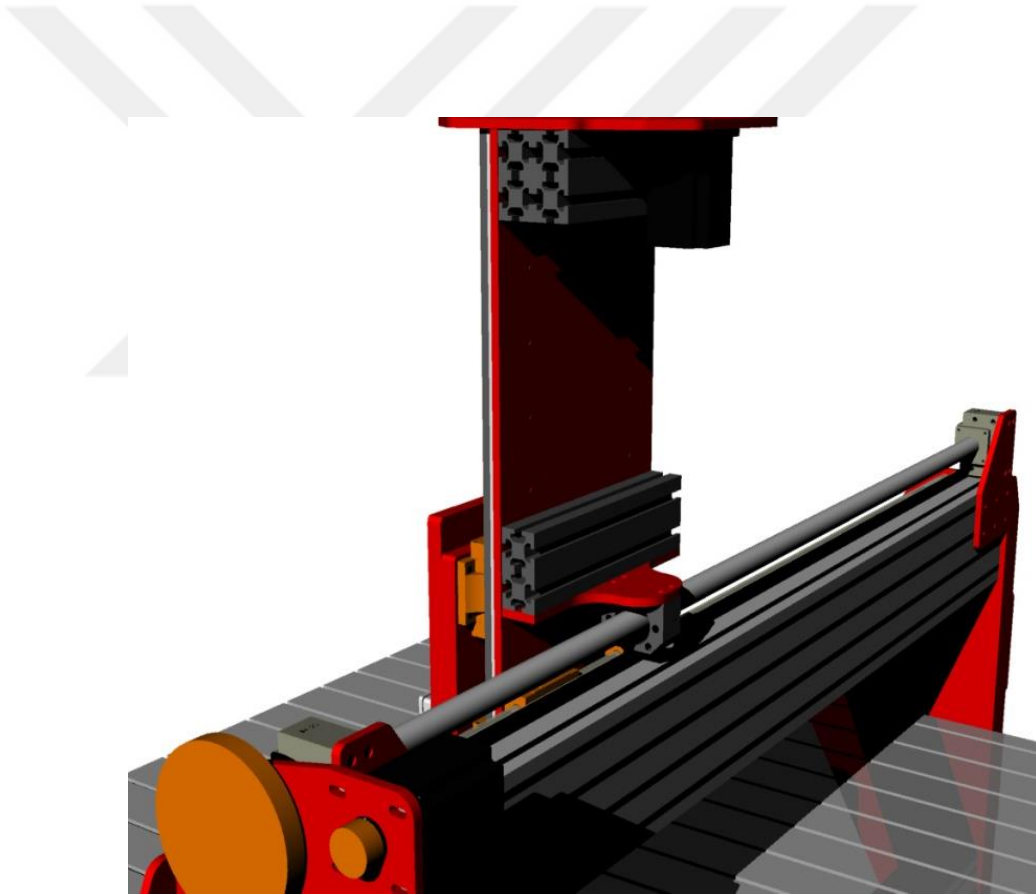
şekil 4.33 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası



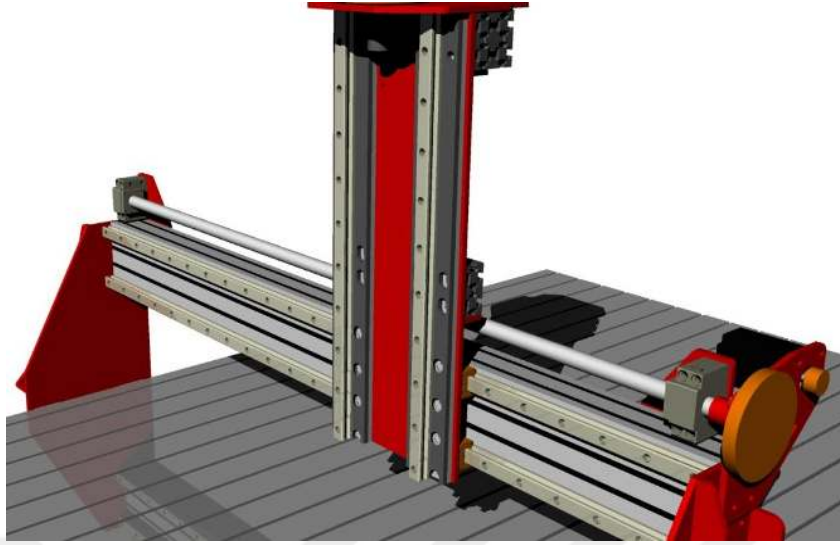
şekil 4.34 X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası Montajı

4.1.7.8. X Eksenli Plaka Grubu

5 parçadan oluşan, 10 mm çelik sacdan tasarlanan X eksenli plaka grubunun üzerine; Z ekseninin lineer kızaklarının, Z ekseninin vidalı mil uç yataklarının, Z eksenli motor bağlantı plakasının, X eksenli döner somun gövdesi plakasının ve X eksenli lineer arabalarının montajlarının yapılabilmesi için gerekli delikler açılmıştır. X eksenli döner somun gövdesi plakasının merkezleme ayarının yapılabilmesi için plaka üzerine 8 adet kanal açılmıştır. Z ekseninin lineer kızaklarının montajlanması için açılan 6.5 mm çapındaki deliklere M8 diş açılarak, yatakların montajında somun kullanılmamıştır.



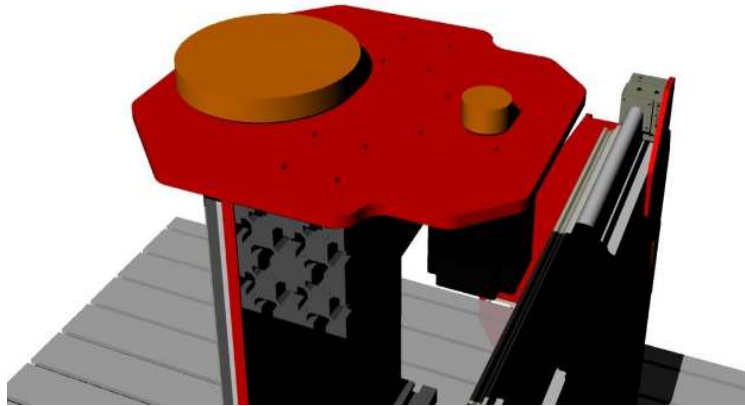
Şekil 4.35 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu
Arka Görünüşü



Şekil 4.36 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu
Ön Görünüşü

4.1.7.9. Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası

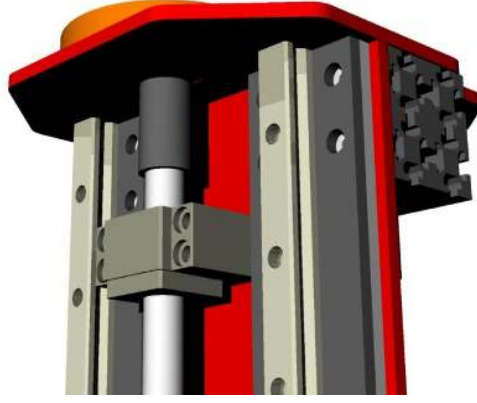
10 mm çelik sacdan tasarlanan Z eksenli motor bağlantı plakası üzerinde zamanla boşluk yaparak gevşeyecek zincirin tekrar gerilmesini sağlayacak servo motorun monte edildiği kanallar ve X eksenli bağlantı plakası grubu ile montajlanmasını sağlayacak 8 adet delik açılmıştır. Hareketli kablo kanalı bağlanabilmesi için gerekli alan bırakılmıştır. Z ekseninin vidalı milinin geçebilmesi için 60 mm çapında delik açılmıştır.



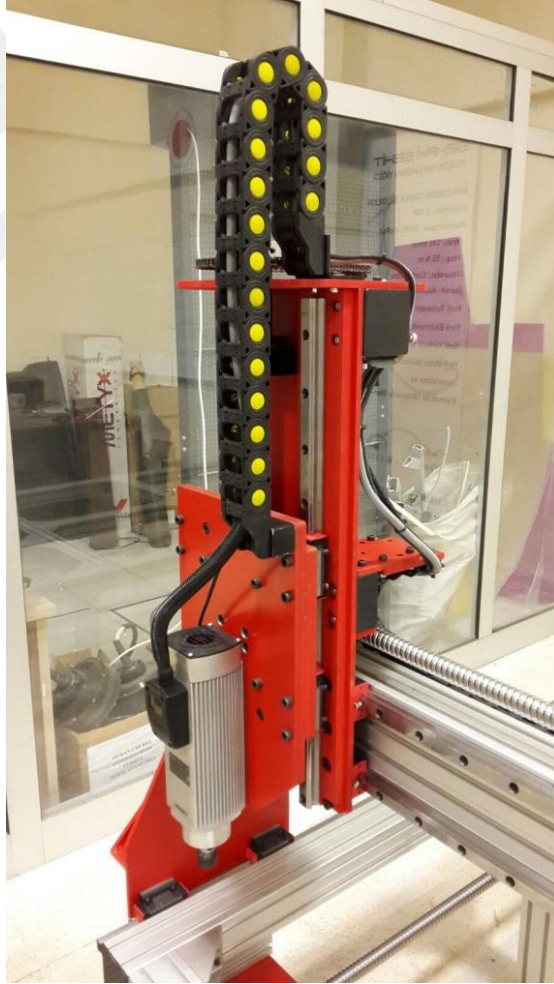
Şekil 4.37 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı
Plakası



Şekil 4.38 Z Ekseni Motor Bağlantı Plakası Montajı



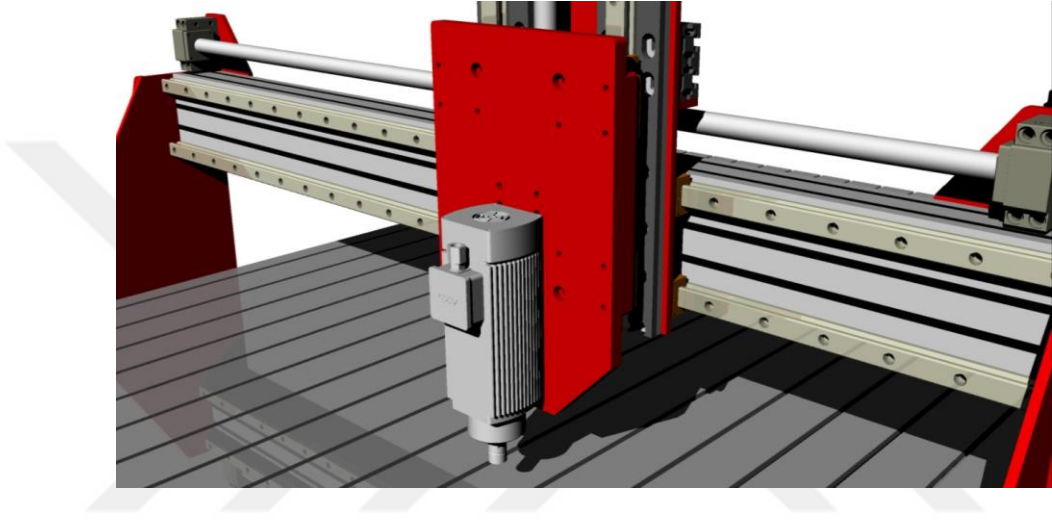
Şekil 4.39 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu



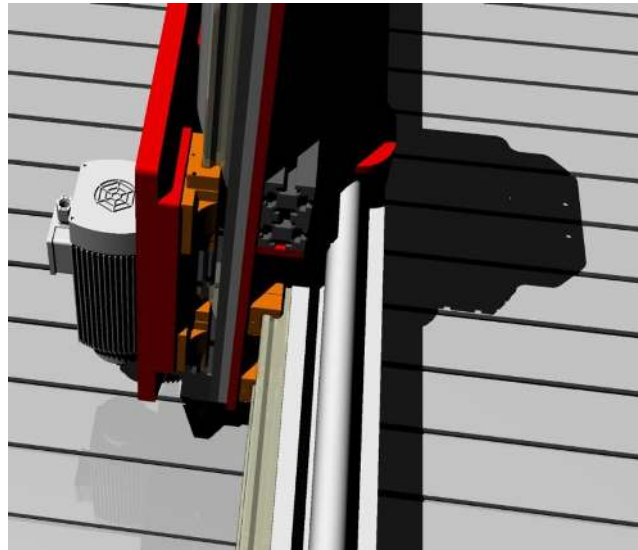
Şekil 4.40 Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu Montajı

4.1.7.10. Z Eksenli Plaka Grubu

6 parçadan oluşan Z eksenli bağlantı plakaları birbirleri ve Z eksenli lineer arabaları ile vidalanarak montajlanmıştır. 10 mm çelik sacdan tasarlanmıştır. Üzerinde Z eksenli vidalı mil somun gövdesi, spindle motor ve hareketli kablo kanalı bağlantısı için delikler açılmıştır. Üst üste gelecek plakalar şeklinde tasarlanması ile dökme demirde uygulanan işçilikten kaçılmıştır.



Şekil 4.41 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Plaka Grubu Ön Görünüş



Şekil 4.42 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Plaka Grubu Yan Görünüş

4.1.8. Hareketli Kablo Kanalları

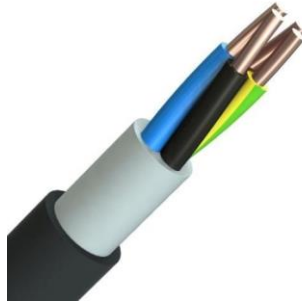
Eksen motorlarında (X,Y,Z), spindle motorda, kafa aydınlatmasında ve toz emme gibi ekipmanlarda kullanılan kabloların sıkışmaması, çevreye sürtünmelerinden dolayı aşınmaması ve düzenli şekilde çalışabilmeleri için 60x80 hareketli kablo kanalları kullanılmıştır.



Şekil 4.43 Hareketli Kablo Kanalları[20]

4.1.9. Harekete Dayanıklı Kablo

Eksenlerin sürekli hareket halinde olması ve uzun süreli kullanım öngörüldüğünden dolayı harekete karşı dayanıklı ve dışarıdan gelebilecek parazitlere karşı önleyici özellikte olan 4x2.5 mm özel kablo kullanımı uygun görülmüştür.



Şekil 4.44 Harekete Dayanıklı Kablo[22]

4.1.10. Kafa Aydınlatması

Yapılan işin, tezgâha bağlanan malzemenin daha iyi görülebilmesi için Z ekseninde kafa aydınlatması olarak led projektör kullanılmıştır.



Şekil 4.45 100 Watt Smd Beyaz Işık Enerji Tasarruflu Led Projektör Armatür[21]

4.1.11. Toz Emme Sistemi

4.1.11.1. Toz Emme Makinesi

CNC kullanımı sırasında açığa çıkan toz, küçük fire parçalar ve talaşlar hem insan sağlığı açısından hem de işlenen parçanın yüzey kalitesine etki etmesinden dolayı toz emme makinesi kullanımı gerekli görülmüştür.



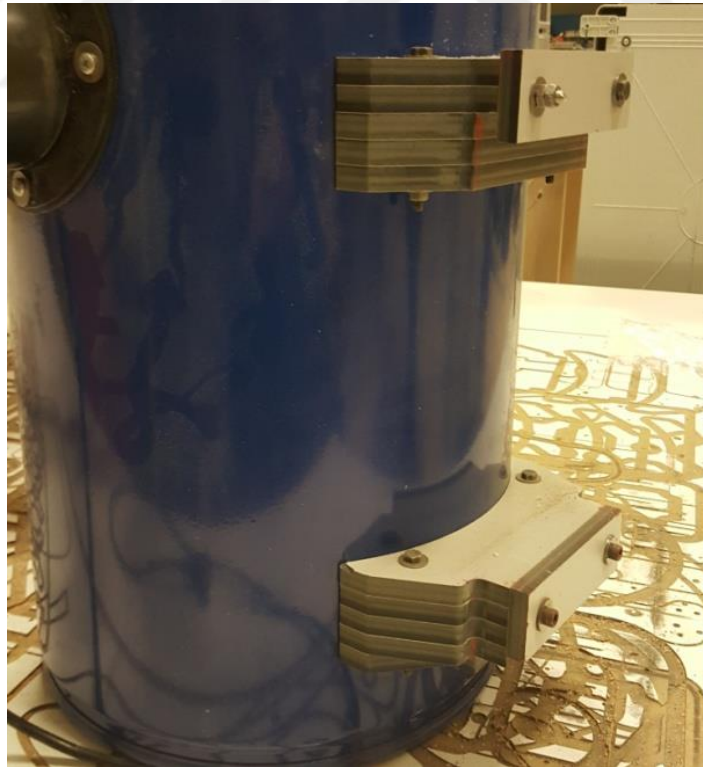
Şekil 4.46 Scheppach Ha1000 Toz Emme Makinesi[23]

Tablo 4. 6 Scheppach Ha1000 Toz Emme Makinesi Teknik Bilgiler[23]

Voltaaj	230-240V/1100W
Kapasite	50 lt metal kazan
Hava Akışı	183 m^3/s
Hortum	100 mm
Emme Hortumu	100x1500 mm
Süzme	0.5 mikron
Ses düzeyi	85 db
Ağırlık	11 kg

4.1.11.2. Toz Emme Makinesi Gövde Bağlantı Elemanı

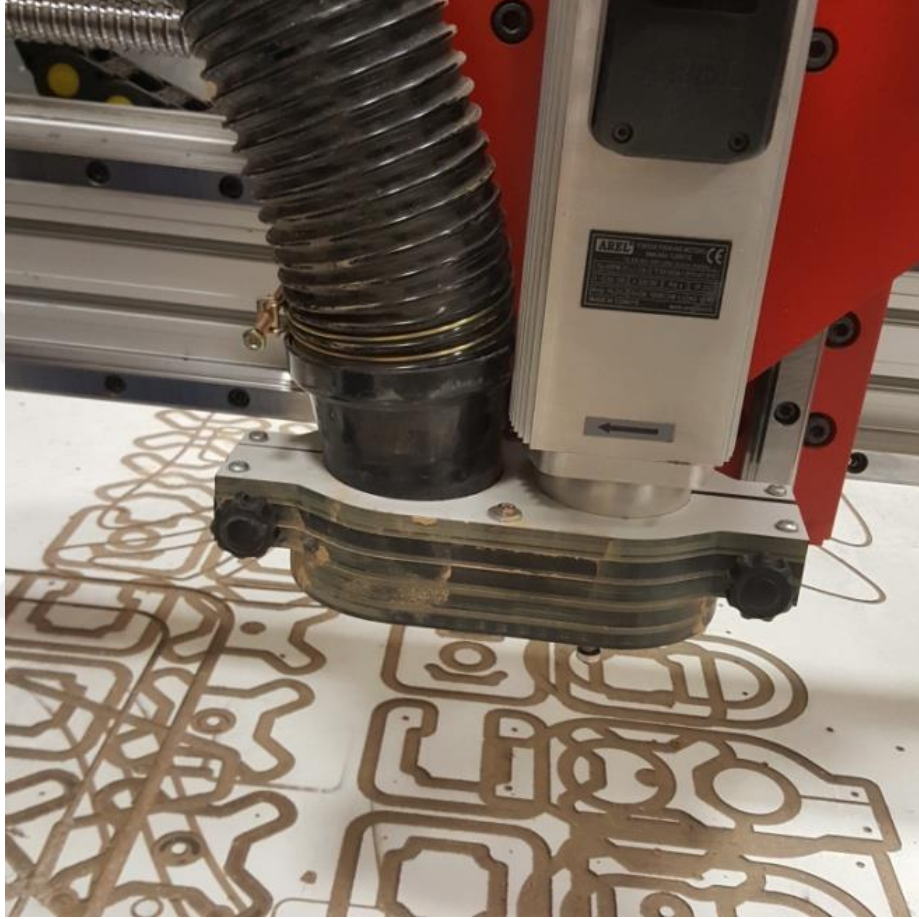
Toz emme makinesinin istenildiğinde gövdeye bağlanabilmesi ve istenildiğinde ayrılarak manuel olarak sistemin temizlenmesinde kullanılabilmesi için kanca şeklinde bir bağlantı elemanı tasarlanmıştır.



Şekil 4.47 Toz Emme Makinesi Gövde Bağlantı Elemanı

4.1.11.3. Toz Emme Makinesi Kafa Bağlantı Elemanı

Toz emme makinesinin parça işleme esnasında çıkan talaş ve tozları daha verimli şekilde emebilmesi için spindle motorun ucuna bağlanacak şekildeki gibi bir parça tasarlanmıştır.



Şekil 4.48 Toz Emme Makinesi Kafa Bağlantı Elemanı

4.2. Kontrol Sistemi

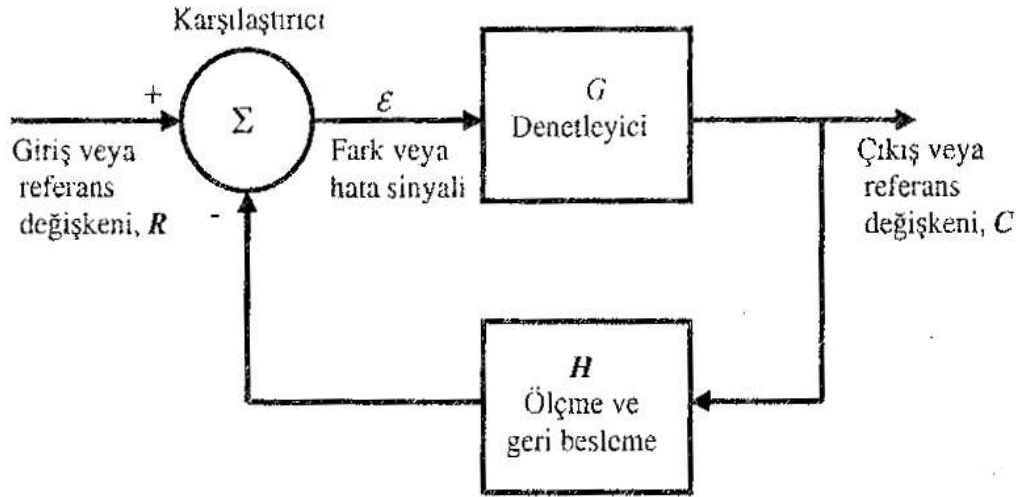
CNC tezgâhlarda, servo veya step motor hareketleri kontrol sistemlerine göre sürücülere iletilir. Kontrol sistemleri, birimlerin denetimi amacıyla geliştirilmiştir.

4.2.1. Açık Çevrim Kontrol Sistemleri

Yaygın olarak step motorun kullanıldığı küçük tezgâhlarda kullanılır. Çıkış sinyali, giriş sinyaline müdahale etmez.

4.2.2. Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri

Doğruya en yakın sonuç elde edebilmek için, servo sistemler olarak adlandırılan, kapalı çevrimli sistemler kullanılır.



Şekil 4.49 Geri Besleme Kontrol Sisteminin Blok Diyagramı[41]

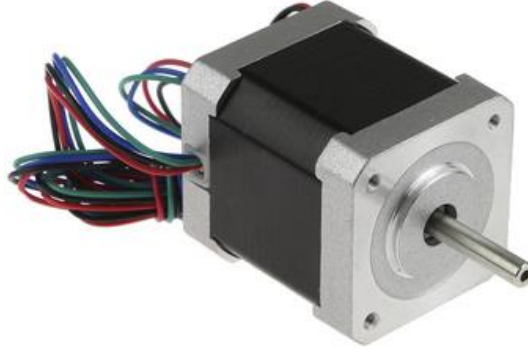
Geri besleme mevcuttur. Bu sistemlerde elde edilen çıkış sinyali ölçülerek girişe geri besleme verilir ve giriş sinyali ile çıkıştan gelen geri besleme sinyalini karşılaştırılarak oluşan fark ya da hata sinyali denetleyiciye iletilir. Sistemin performansının kontrol edilmesiyle istenen çıkış sinyalinin üretilmesi sağlanır.

4.3. Motor Tipinin Belirlenmesi

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

4.3.1. Step Motor

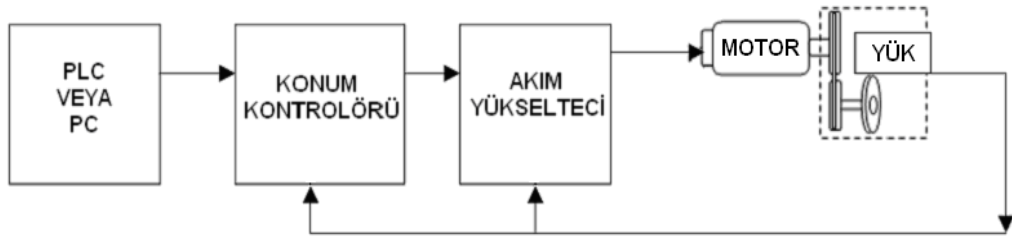
Step motor; elektrik enerjisini, dönme hareketindeki adım ve yön sinyallerine dönüştüren ve kolaylıkla kontrol edilebilen cihazlardır. Step motorlar, sürücü ile çalışırlar ve bu sürücü, bir encoder veya PLC' den giriş sinyalleri alır. Alınan her giriş sinyalinde motor bir adım ilerler. Step motorlar, bir motor turundaki adım sayısı ile adlandırılır.



Şekil 4.50 Step Motor[39]

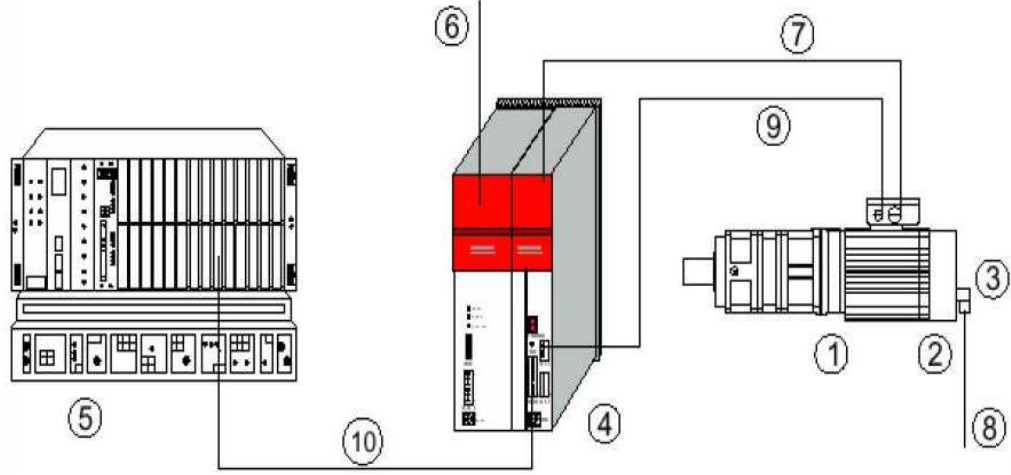
4.3.2. Servo Sistem Elemanları

Aslında servo, bir sistemdir. Bir enerjinin harekete dönüştürülmesini sağlayan cihaz, motor olarak adlandırılır. Servo sistemlerde günümüzde en çok kullanılan DC ve AC motorlar bulunur.



Şekil 4.51 Servo Sistemin Blok Diyagramı[42]

Şekil 4.51’ deki diyagramda PLC veya PC vasıtasıyla yük konum kontrolörüne gönderilmektedir. Konum kontrolöründen alınan düşük düzeyli sinyaller, akım yükselteciyle yükseltilerek motora gönderilir. Motor aldığı sinyalle yükü hareket ettirir. Konumu belirlenen yük, bir geri besleme elemanı ile konum kontrolörüne iletilir. Konum kontrolörü aldığı geri besleme sinyaline ve yükün gitmesi gereken pozisyon bilgisine göre sinyal üreterek, en kısa sürede ve en yakın şekilde yükü istenilen konuma getirir[42].



Şekil 4.52 Servo Sistemin Birimleri[42]

1. Motor (redüktörlü/redüktörsüz)
2. Geri besleme elemanı
3. Fren sistemi (isteğe bağlı)
4. Servo sürücü/kontrolör
5. Kontrol sistemi PC/PLC
6. Güç kablosu (Besleme kablosu)
7. Motor kablosu
8. Frenleme kablosu
9. Enkoder kablosu (Sinyal kablosu)
10. Kontrol (Haberleşme) kabloları



Şekil 4.53 Servo Motor[42]

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelere elektrik motorları denir. Elektrik motorları; stator (sabit) ve rotor (kendi çevresinde dönen) olmak üzere iki parçadan oluşur. Servo motor, aktarma organı ve yükten oluşan mekanik servo sistemin hız, moment veya pozisyon değişkenlerinden herhangi birinin bu değişkenle ilgili verilen referans değerine uygun olarak hareket ettirilmesini sağlayan elektrik makinesidir[38].

Servo motorlar ile diğer motorlar arasındaki birinci fark, çok hızlı ivmelendirme ve frenleme yapabilmeleridir. Bunun için döndürme momentinin büyük, eylemsizlik momentinin olabildiğince küçük olması gerekir. Bunu sağlamanın da iki yolu vardır:

1. Bir silindirde eylemsizlik momenti, çapa bağlıdır. Bu yüzden tüm servo motorların ortak özelliği çaplarının küçük, boylarının uzun olmasıdır.
2. Eylemsizliği etkileyen diğer husus rotorun ağırlığıdır. Servo motorların rotorları hafif yapılır. Rotor; demir yerine, daha hafif yalıtkan bir malzemeden yapılırsa, eylemsizlik momenti 8–10 kat azalır. Hızlanma ve yavaşlama normal motorda saniyelerle ölçüldüğü halde, servo motorlarda milisaniye ile ölçülür.

Servo motorların genel özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Döndürme momentleri yüksektir.
- Döndürme momentinin iki katına kadar olan değerlere kısa süreli olarak yüklenebilirler.
- Devir sayıları 1-10000 dev/dk arasındaki değerlerden herhangi birisine kolayca ayarlanabilirler.
- Çok sık aralıklı olarak hareket edebilirler. Yani dur-kalk yapma sayılarının çok olması motoru olumsuz etkilemez.
- Atalet (kalkış) momentleri küçük olduğundan verilen komutları gecikme olmadan algılar ve yerine getirirler[43].

Servo motorların avantajları aşağıda sıralanmıştır;

- 10000 dev/dk gibi yüksek devirlerde çalışabilirler.

- Konum kaçırma olmaz. Hareket esnasında pozisyondan ileri gitmiş ise geri alır, geri kalmışsa ileri alarak pozisyon noktasını bulur.
- Yüksek devirlerde yüksek torkta çalışabilirler.
- Torklarının iki katına kadar çıkan durumlarda kısa süreli de olsa çalışırlar[43].

Servo motorların dezavantajları aşağıda sıralanmıştır;

- Eylemsizlik momentleri düşüktür.
- Motor ve sürücüleri pahalıdır.
- Çok tozlu ortamlarda encoderin içine toz girmesinden dolayı çok sorun çıkarırlar.
- Bakım gerektirirler.
- Sabit duracağı durumlarda fren mekanizmasına ihtiyaç duyarlar[43].

4.3.3. Step ve Servo Motor Farkları

- Step motorlarda hız arttıkça tork düşerken; servo motorlarda böyle bir durum yoktur. Bu yüzden yüksek hız ve tork gerektiren uygulamalarda servo motorlar daha çok avantajlıdır. Fakat yüksek ataletin (eylemsizlik) olduğu durumlarda step motorlar daha avantajlıdır ve durması servo motorlara göre daha güvenlidir.
- Step motorlar daha kararlıdır. Servo motorlar sabit duracağı durumlarda fren mekanizmasına ihtiyaç duyarlar.
- Step motorlarda çoğunlukla encoder olmaz ve açık çevrim çalıştırılır. Servo motorlar genelde kapalı çevrim çalıştırılır.
- Step motorlar ile yapılan çözümler servo motorlara göre daha ucuzdur.
- Servo motorlar, step motorlara göre daha fazla hız gerektiren uygulamalarda tercih edilir.
- Profesyonel uygulamalarda servo motorlar tercih edilmektedir. Bunun için de piyasada çeşitli özelliklerde servo motor bulmak ve destek almak daha kolaydır[39].

AC servo motorları yüksek performans gerektiren projelerde kullanabildiğimiz gibi düşük güç performansı gereken projeler için de kullanabiliriz. İç Yapısı olarak basit bir yapıya sahip olsa dahi kesintisiz bir çalışma performansı göstermektedir. Bu sebeple, eksenlerin hareketini sağlayacak konum kontrollü GS80D-075-30AYK-3LH modeli, 0.75 Kw servo motor tasarım için uygun görülmüştür.

Tablo 4. 7 GS80D-075-30AYK-3LH Servo Motor Genel Özellikleri[24]

Uygun Sürücü	GSSF-L1
Nominal Tork	2.39 Nm
Nominal Hız	3000 rpm
Nominal Akım	3.9 A
Maksimum Tork	7.17 Nm
Maksimum Akım	11.7 A
Duraklama Torku	2.63 Nm
Duraklama Akımı	4.4 A
Rotor Moment Ataleti	1.36 kg.cm ²
Konum Geri Besleme	Artımlı enkoder 2500 ppr

Tablo 4. 8 GS80D-075-30AYK-3LH Servo Motor Fiziksel Özellikleri[24]

Ağırlık (kg)	3.3
Soğutma Sınıfı	Tamamen kapalı, havalandırmasız
Koruma Sınıfı:	Gövdede IP65, mil contasında IP54

Tablo 4. 9 GS80D-075-30AYK-3LH Servo Motor Çevresel Özellikleri[24]

Çalışma Sıcaklığı	-20°C ile 40°C arası
Nem	%90 Rh (Yoğunlaşma olmadan)
Ortam	Aktif gaz, yanıcı gaz, yağ ve tozdan uzak
Yükseklik	1000 mt ve altında nominal güç (max 4000 mt)

4.4. AC Servo Sürücüleri ve Kontrolleri

Servo motorun hız, pozisyon ve momentini bir servo sürücü tarafından kontrol edilir.



Şekil 4.54 GSSF-L1-250x250 Servo Sürücü[25]

4.4.1. Servo Sürücü Temel Birimleri

- Güç kaynağı
- Eksen

Güç kaynağı birimi; sürücü besleme gerilimlerine, eksen kontrol güçlerine, servo motor frenleme gerilimine, sürücü ve sistemi koruyacak birçok koruma düzeneği ve standart bir haberleşme (RS 232/RS 485) kapısına sahiptir.

Eksen birimi; servo motorun hız, pozisyon ve momentini kontrol eder. Bu kontrol için gerekli elektronik donanımı içerir.

4.4.2. Servo Motor Sürücülerinin Teknik Özellikleri

- 200W, 400W ve 750W motorlar için,
- Monofaze 220VAC +%15 / -%20, 47~63Hz Besleme voltajı,
- Pozisyon / Hız / Tork Kontrol Modları,
- Open-collector, line-driver, 600 kHz yüksek hızlı limitlenebilir puls girişleri,
- Hız ve tork set değerlerini analog girişler ve dahili parametrelerle ayarlayabilme,
- PC yazılımı, Dahili tuş takımı ve gösterge ile kolay devreye alma,
- PC yazılımı için ilave RS-232 haberleşme portu,
- Enkoder bilgileri A,B,Z ve eşlenekleri şeklinde alınabilir,
- Maximum 2MHz Enkoder çıkış sinyali,
- Pozisyon, Hız, Tork modları ve modlar arasında geçiş yapabilme,
- Elektronik ayarlanabilen Gearbox,
- Kazanç ayar parametreleri,
- Tork/Hız limitleri,
- Dahili pozisyon ve Homing fonksiyonu,
- Modbus RTU haberleşme (Maximum 115.2kbps),
- 7 adet PNP/NPN seçilebilir dijital giriş,
- 5 adet dijital çıkış,
- Fren kontrol çıkışı (24VDC, 500mA),
- 2 adet -10V...+10V analog giriş,
- Aşırı gerilim, Düşük gerilim, Kısa devre, Motor aşırı ısınma, Servo sürücü aşırı ısınma koruma fonksiyonları vardır[25].

Kullanılan AC servo motorlara uyumlu GMTCNT firmasının GSSF-L1 0.75 KW modeli sürücü seçilmiştir.

Tablo 4. 10 GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Genel Özellikleri[25]

Besleme Gerilimi	1x220 V (Monofaze)
Besleme Frekansı	47 Hz ile 63 Hz arası
Kontrol Devresi Gerilimi	18 VDC ile 30 VDC arası, 1 A
Nominal Akım	4 A
Pik Akımı	15 A
Geri besleme Sinyali	2500 PPR (5 V kaynaklı artımlı enkoder)
Fren Kıyıcı	Uygulamaya bağlı olarak harici fren kullanılabilir.
Fren Kıyıcı Eşik Gerilimi	380 VDC (+/- 5 V)
Aşırı Gerilim Alarm Eşik	400 VDC (+/- 5 V)
Düşük Gerilim Alarm Eşik	200 VDC (+/- 5 V)
Soğutma Yöntemi	Doğal hava soğutma
Ağırlık (kg)	1.2

Tablo 4. 11 GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Haberleşme Portları[25]

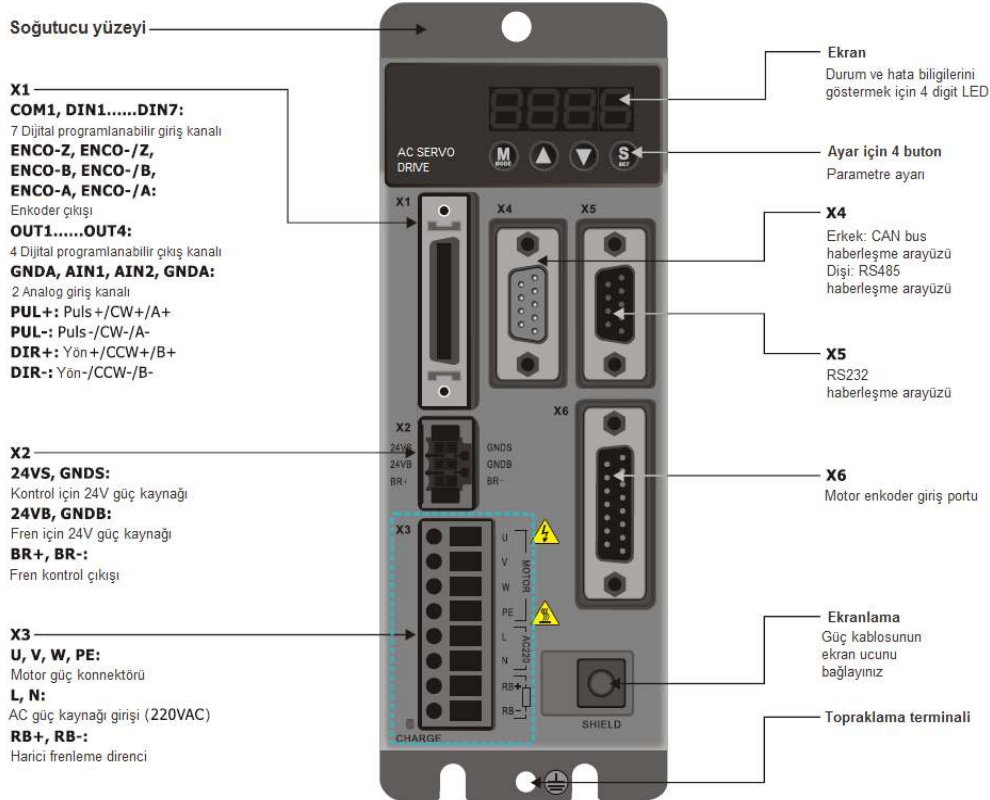
RS-232 Portu	Seri port, 4800..115200 baudrate hız aralığı, Standart ModBUS RTU protokolünü destekler.
RS-485 Portu	Seri port, 4800..115200 baudrate hız aralığı, Standart ModBUS RTU protokolünü destekler.

Tablo 4. 12 GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Giriş/Çıkışları[25]

Dijital Giriş	7 adet PNP veya NPN seçilebilen dijital giriş
Dijital Çıkış	5 adet dijital çıkış
Analog Giriş	2 adet -10V...+10V analog giriş (Hız ve tork kontrolü için kullanılabilir.)
Enkoder Sinyali Çıkışı	Opsiyonel (max. 2 MHz)

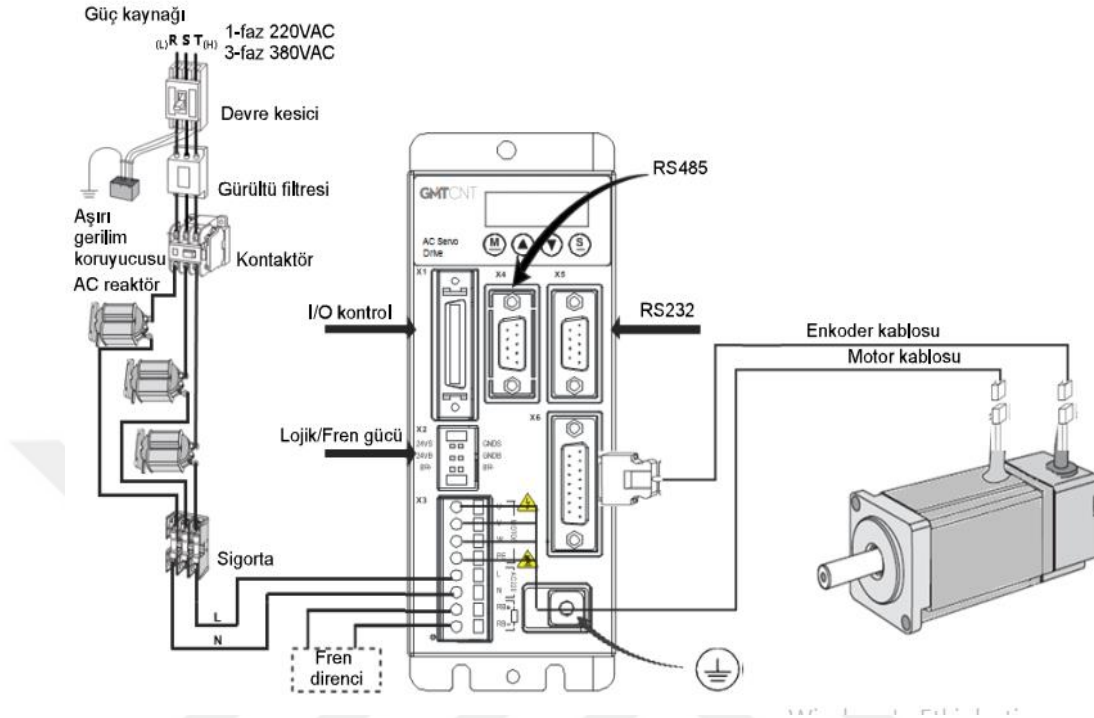
Tablo 4. 13 GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Çevresel Özellikleri[25]

Çalışma Sıcaklığı	0°C ile 40°C arasında
Depolama Sıcaklığı	-10°C ile 70°C arasında
Nem	%90 Rh altında (Yoğunlaşma olmadan)
Koruma Sınıfı	IP20
Montaj Şartları	Tozsuz, kuru ve kapalı ortam
Montaj Şekli	Dikey montaj
Yükseklik	En çok 1000 metre
Atmosfer Basıncı	86 kPa ile 106 kPa arasında
Titreşim	5.9 m/s ² (0.6 G), 10 Hz ile 55 Hz arası



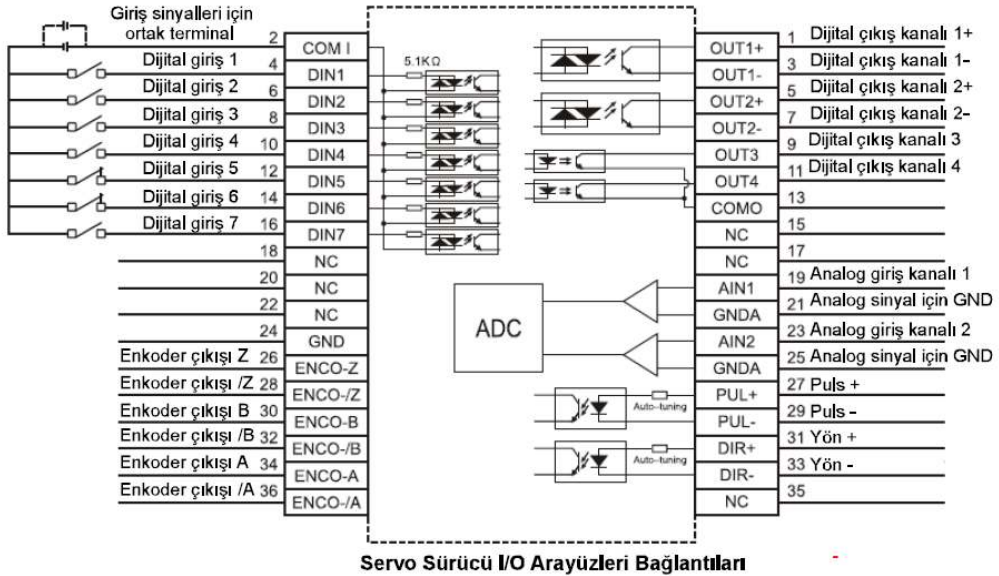
Şekil 4.55 Servo Sürücü Teknik Özellikleri[53]

4.4.3. Servo Sürücü İle Servo Motorların Bağlantıları



Şekil 4.56 Servo Sürücü Bağlantı Diyagramı[53]

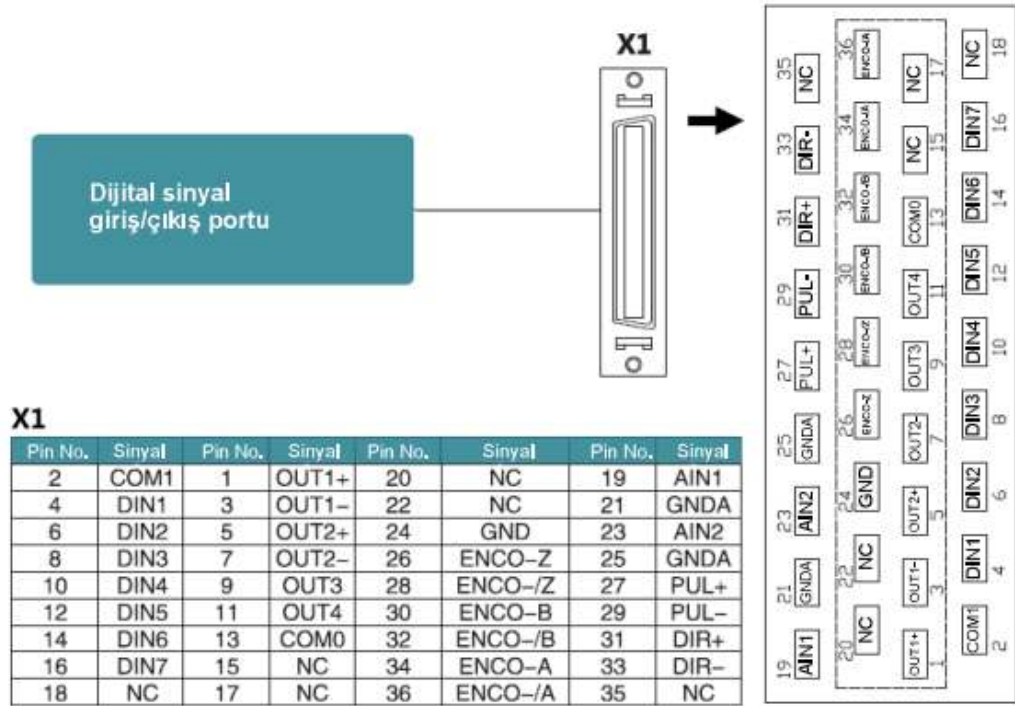
4.4.4. Servo Sürücü I/O Arayüz Bağlantıları



Şekil 4.57 Servo Sürücü I/O Arayüzleri Bağlantıları[53]

Tablo 4. 14 GSSF-L1 0.75 KW Servo Sürücü Arayüzleri[53]

Arayüz	Sürücü	Sembol	Fonksiyon
X1	GSSF-L1	COM1	Dijital girişler için ortak
		DIN1~DIN7	Dijital girişler. Geçerli sinyal:12,5V~24V. Geçersiz sinyal: <5V
		OUT1+	Dijital çıkış 1+
		OUT1-	Dijital çıkış 1-
		OUT2+	Dijital çıkış 2+
		OUT2-	Dijital çıkış 2-
		OUT3	Dijital çıkış 3
		OUT4	Dijital çıkış 4
		COM0	Dijital çıkışlar için ortak terminal (OUT 3-4) için
		GND	Topraklama sinyali
		ENCO-Z	Motor enkoder çıkış arayüzü
		ENCO-/Z	
		ENCO-B	Motor enkoder çıkış arayüzü
		ENCO-/B	
		ENCO-A	Motor enkoder çıkış arayüzü
		ENCO-/A	
		AIN1	Analog sinyal giriş 1. Giriş empedansı: 200 k Ω
		GNDA	Analog sinyal için topraklama
		AIN2	Analog sinyal giriş 2. Giriş empedansı: 200 k Ω
		GNDA	Analog sinyal için topraklama
		PUL+	Puls veya pozitif puls arayüzü (+) Giriş gerilim aralığı: 5V~24V
		PUL-	Puls veya pozitif puls arayüzü (-) Giriş gerilim aralığı: 5V~24V
		DIR+	Yön veya negatif puls arayüzü (+) Giriş gerilim aralığı: 5V~24V
		DIR-	Yön veya negatif puls arayüzü(-) Giriş gerilim aralığı: 5V~24V
X2	GSSF-L1	24VS/GNDS	Lojik güç kaynağı: 24V $\pm$ 15%,>0,5 A
		24VB/GNDB	Fren için güç kaynağı: 18~30 VDC 2A
		BR+/BR-	Fren arayüzü
X3	GSSF-L1	U/V/W/PE	Motor kablosu arayüzü
		L/N	Ana güç kaynağı (1x220VAC)
		RB+/RB-	Frenleme direnci arayüzü
X4	GSSF-L1	BUS	RS485 arayüzü
X5	GSSF-L1	RS232	RS232 arayüzü
X6	GSSF-L1	ENCODER IN	Enkoder kablosu arayüzü



Şekil 4.58 Servo Sürücü I/O Arayüzleri[53]

4.4.4.1. X1 Arayüzü

X1 arayüzü bağlantı kablo renkleri Tablo 4.15’te gösterilmiştir.

Tablo 4. 15 GSSF-L1 0.75 KW Servo Sürücü X1 Arayüzü[53]

GND	Kahverengi Kablo
PUL+	Kırmızı Kablo
PUL-	Beyaz Kablo
DIR+	Sarı Kablo
DIR-	Gri Kablo

4.4.4.2. X2 Arayüzü

Kontrol için 24V güç kaynağı bağlantısı yapılmıştır.

4.4.4.3. X3 Arayüzü

Motor güç konnektörü ve AC güç kaynağı (220 VAC) bağlantıları yapılmıştır.

4.4.4.4. X6 Arayüzü

Motor enkoder giriş bağlantısı yapılmıştır.

Tablo 4. 16 GSSF-L1 0.75 KW Servo Sürücü X6 Arayüzü[53]

Adı	Pin	Sinyal	Açıklamalar	Fonksiyon
Enkoder girişi (Çift sıra 15-Pin dişi)	1	+5V	5V çıkış	Motor enkoder girişi
	9	GND	0V	
	8	PTC_IN	PTC sensor için motor girişi	
	2	A	Enkoder girişi için A fazı	
	10	/A	Enkoder girişi için A fazı	
	3	B	Enkoder girişi için B fazı	
	11	/B	Enkoder girişi için B fazı	
	4	Z	Enkoder girişi için Z fazı	
	12	/Z	Enkoder girişi için Z fazı	
	5	U	Enkoder girişi için U fazı	
	13	/U	Enkoder girişi için U fazı	
	6	V	Enkoder girişi için V fazı	
	14	/V	Enkoder girişi için V fazı	
	7	W	Enkoder girişi için W fazı	
	15	/W	Enkoder girişi için W fazı	

4.4.4.5. Devreye Alma

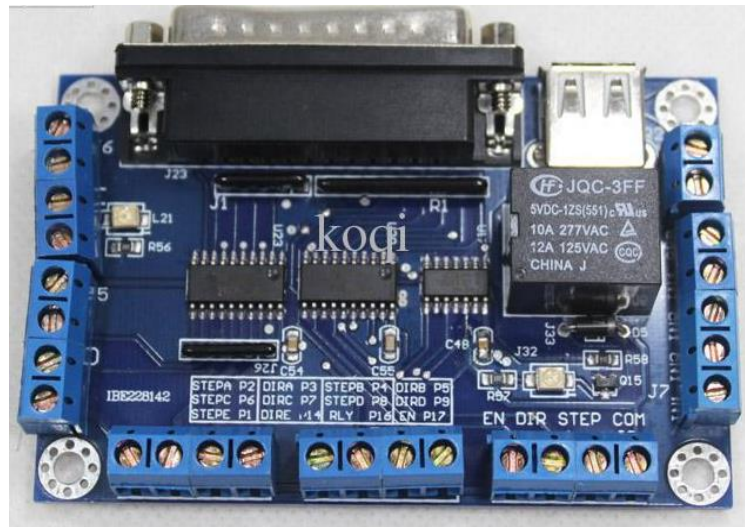
Devreye almadan önce elektriksel bağlantıda; servo sürücünün topraklamasına, AC güç besleme kabloları ile 24 VDC kablolarının ayrıldığına dikkat edilmiştir.

Servo sürücü ilk devreye alınırken;

1. Sürücüde X3 terminalinde bulunan U,V,W,PE uçları, motorun uçlarına doğru eşleşmeye göre bağlanmıştır.
2. Motordan gelen enkoder geri besleme kablosu X6 girişine bağlanmıştır.
3. X2 girişinde bulunan 24 VS ve GND uçlarına harici 24 VDC bağlanmıştır.
4. X3 girişindeki L-N uçlarına harici 220 VAC besleme gerilim sinyali bağlanmıştır.
5. X1 girişine tanımlanan sinyal girişleri oluşturulup bağlanmıştır.
6. Cihaza enerji verilmiştir.
7. Motor tipi set edilmiştir.
8. Pozisyon modunda parametre ayarlama adımları;
DIN dijital girişleri ayarlanırken minimum DIN ayar değerleri seçilir. Sürücünün aktif edilebilmesi için dijital giriş 3, set edilir. Ancak fabrika ayarlarında set edilemediği için ayrı bir 24V, sürücü aktif dijital girişine (Dijital giriş 3) bağlanmıştır.

4.4.5. AC Servo Sürücüleri Kontrolleri

Şekilde görülen kontrol kartı Mach2 ve Mach3 programlarına uyumlu 5 eksen kontrol edilebilir bir kontrol kartıdır. Bu nedenle tezgâhı kontrol etmek için kullandığımız kontrol programı Mach3 olarak seçilmiştir.



Şekil 4.59 CNC Tezgâhında Kullanılan Kontrol Kartı[54]

4.5. Spindle (İş Mili) Motor

Spindle motor olarak Arel firmasının ürünü olan ARFM.3Y-L3 modeli ER 20 pens kafasına sahip 4 KW gücünde 18000 devir/dk modeli seçilmiştir.



Şekil 4.60 CNC Tezgâhında Kullanılan Spindle (İş Mili) Motoru[55]

4.6. Spindle Motor AC Sürücü

Kullanılan spindle motora uyumlu GMTCNT firmasının ürünü olan micno-4 KW model AC hız kontrol cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.61 Spindle Motoru İnvörtör (AC Sürücü)[27]

Tablo 4. 17 Sindle Motor AC Sürücü Güç/Akım Bilgileri[27]

Ürün Kodu	Güç Bilgisi	Akım Bilgisi	Uygun Fren Direnci
MICNO-00550 H	5.5 kW/7.5 kW	13A/17A	600 ω /130 Ω

Tablo 4. 18 Sindle Motor AC Sürücü Boyutları[27]

Ürün Kodu	Genişlik(mm)	Yükseklik(mm)	Derinlik(mm)
MICNO-00550 H	135	240	173

4.7. Elektrik-Elektronik Pano Tasarımı

Sistemde bulunan elektronik malzemelerin (AC Servo sürücü, interface kart, inverter sürücü, switch mode güç kaynağı, sigortalar, kontaktörler) bağlantılarının düzenli olması ve korunması için gövde üzerine sabit 50x70x25 cm boyutlarında bir pano monte edilmesi uygun görülmüştür.



Şekil 4.62 Elektrik Panosu[28]

Tablo 4. 19 Elektrik Panosu Genel Özellikleri[28]

Hammadde	HB ABS HALOGEN FREE
Renk	RAL 7035
Çalışma Sıcaklığı	-40°C / +70°C
Voltaaj	690 V 'a kadar
Maksimum Akım	800 A 'e kadar
Kapak Açılma Açısı	180°
Koruma Sınıfı	IP65
IK Derecesi	IK08
Taban Sacı	1 mm Galvanizli Sac
Poliüretan Dökme Conta veya EPDM Conta	
Olumsuz Hava Koşullarına Yüksek Dayanım	
Asit ve Bazlara Karşı Tam Koruma	
UV Dayanımı	
Nem Dayanımı	

4.8. Switch Mode Güç Kaynağı

AC servo sürücülerin ihtiyaç duyduğu 24 V gerilimi sağlayan 100 W gücünde bir switch mode güç kaynağı kullanılmıştır.



Şekil 4.63 Switch Mode Güç Kaynağı[29]

4.9. Otomatik Sigortalar ve Kontaktörler

İnverter sürücünün korunması amaçlı sistemde bir adet 3x25 amper trifaze otomatik sigorta kullanılmıştır. Ayrıca AC servo sürücülerin ve switch mode güç kaynağının korunması için 10 amper monofaze otomatik sigorta kullanılmıştır.



Şekil 4.64 Otomatik Sigorta[30]

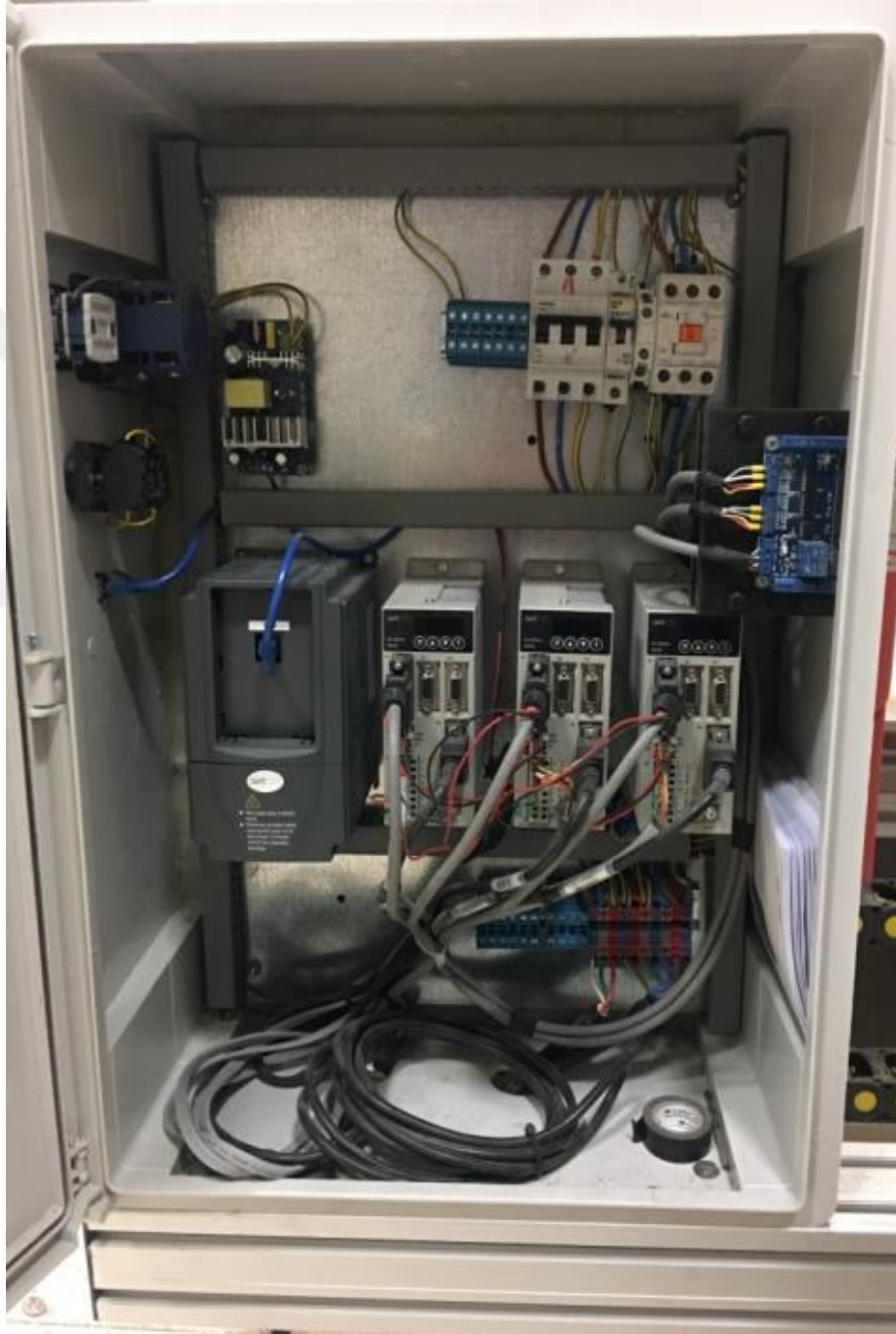
Sistemin açılıp kapanması sırasında çekeceği peak akımların karşılanabilmesi ve sistemin elektrik kesintilerinde otomatik olarak off konumuna geçebilmesi için GMC-40-AC240 model kontaktör kullanılmıştır.



Şekil 4.65 Kontaktör[31]

4.10. Kontrol Ünitesi

AC Servo sürücü, interface kart, inverter sürücü, switch mode güç kaynağı, sigortalar, kontaktörlerden oluşmaktadır. Şekilde tezgâhta kullanılan kontrol elemanları görülmektedir.



Şekil 4.66 Panoya Montajı Yapılan Kontrol Elemanları

Spindle motor hız kontrol ayarı, pano dış yüzeyine monte edilmiş kontrol panelinden de yapılabilmektedir. Pano dış yüzeyinde ayrıca açma-kapama butonları ve kafa aydınlatma anahtarı da mevcuttur.



Şekil 4.67 Elektrik Panosu Dış Görünümü

4.11. Bilgisayar Sistemi ve Kontrol Kartı Haberleşmesi

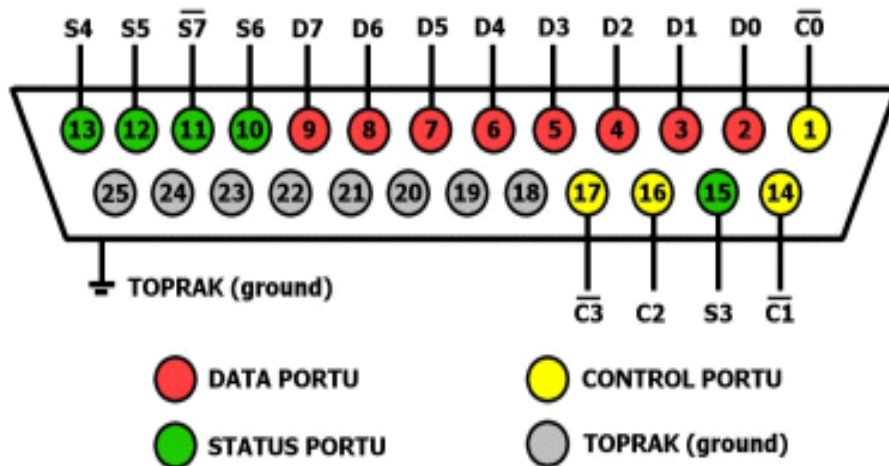
Kontrol kartı, kontrol programından alınan verileri sürücüye aktarır, programdan alınan veriler bir arayüz programı ile yorumlar. G ve M kodlarından oluşan program, sürücü vasıtasıyla servo motorun hareketini sağlar. Kontrol kartının LPT çıkışı ile bilgisayarın LPT çıkışı arasında bir bağlantı kurularak haberleşme sağlanmaktadır. İmalatı yapılan tezgâhta kontrol kartı ile bilgisayar arasındaki haberleşme için şekilde görülen LPT kablosu kullanılmıştır.



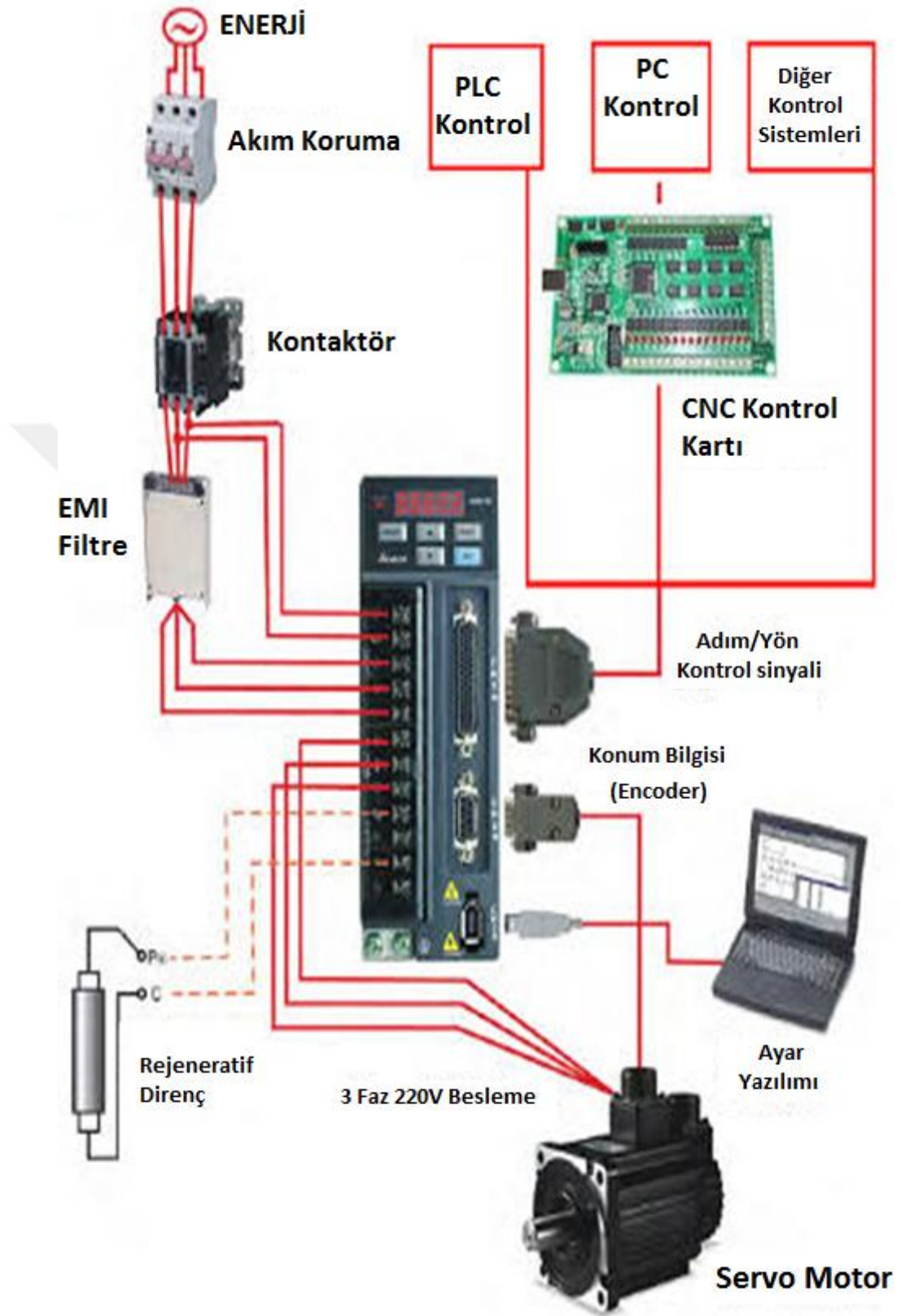
Şekil 4.68 LPT Kablosu

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 olmadığı sürece “0” dır. Bu pinlerden arzu edilenler “1” durumuna getirilerek o pinin üzerinde “+5 Volt” luk bir gerilim oluşması sağlanır. Paralel port üzerinde “Data Portu”, “Status” ve “Control” portları da bulunmaktadır. Bu Portlar dışındaki 18–25 numaralı pinler ise toprak pinleridir.

PARALEL PORT UÇLARI



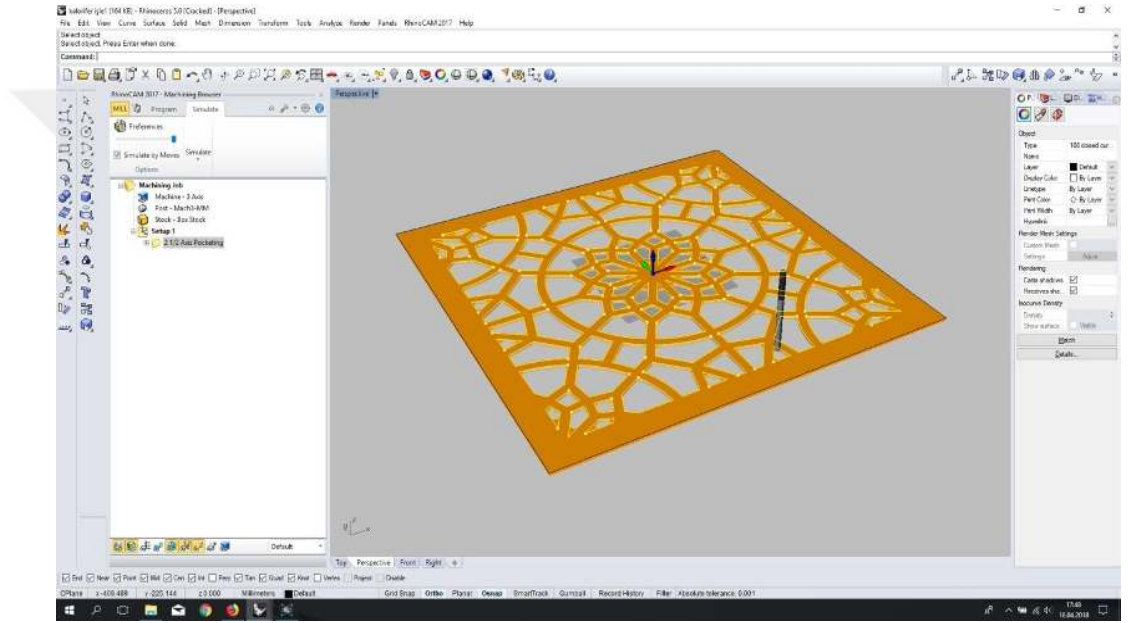
Şekil 4.69 Paralel Portun Yapısı[56]



Şekil 4.70 CNC Tezgâhı İletişim Sistemi[56]

4.12. Tasarım Yazılımları

CAD programı kullanımı; tasarlanan parçaların çizimi, istenildiğinde çizimlerde değişiklik yapılma ve bu parça programlarını saklama ve daha sonra bu programları tekrar kullanarak üretim yapılmasını sağlar. Tasarım yazılımı olarak kullanılan CAD programları arasında Rhinoceros programı kullanılmıştır. Rhinoceros programında, üretimi yapılacak olan kalorifer peteği kaplama modelinin çizimi Şekil 4.71' gösterilmiştir.

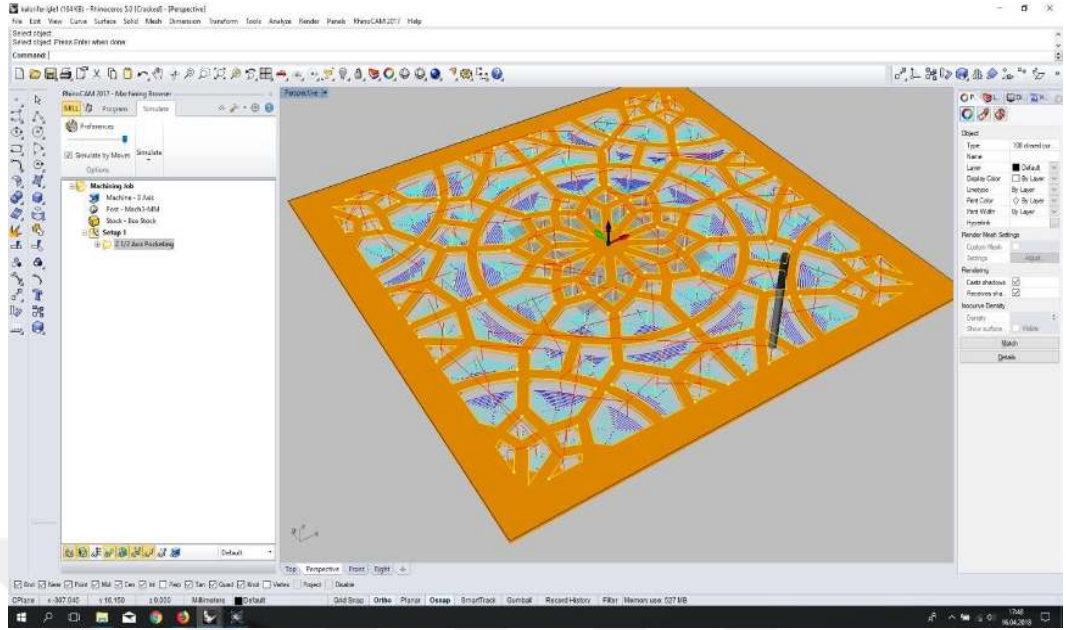


Şekil 4.71 Rhinoceros Programında Üretimi Yapılacak Olan Kalorifer Peteği Kaplaması

4.13. Üretim Yazılımları

CAM, tasarlanan parçaların takım yollarının CAD yazılımında oluşturulmasında ve bu takım yollarının G kodlarına dönüştürülerek CNC tezgâhlara yüklenmesinde kullanılan bir programdır. ArtCAM, MasterCAM, SurfCAM, EdgeCAM, Cut2D, Cut3D ve MillCAM üretim yazılımları için kullanılan CAM programları arasındadır.

Tasarımı yapılmış kalorifer peteği kaplama modelinin CAM programında sayısallaştırılması Şekil 4.72' de görülmektedir.



Şekil 4.72 Tasarımı Yapılmış Kalerifer Peteği Kaplama Modelinin CAM Programında Sayısallaştırılması

Şekil 4.73'te CNC takım tezgâhında işlenmesi bitmiş kalerifer peteği kaplama modeli bulunmaktadır.



Şekil 4.73 Kalerifer Peteği Kaplama Modeli

4.14. CNC Tezgâhlarda Kullanılan Kodlar

Temelinde aynı programlama mantığına sahip Fanuc, Siemens, Bosch, Mazatrol, Okuma, Heidenhain, Mitsubishi gibi programlar endüstride kullanılanlardan yaygın olanlarıdır. Endüstriyel CNC tezgâhlarda üretilen hareket sinyalleri bir mikroişlemci yardımıyla G kodlarına dönüştürülür. Kullanılan arayüz programları, G kodlarını seri haberleşme bağlantı noktaları üzerinden yazı biçiminde alırlar. Bu kodlar makineye yaptırılmak istenen işlemin makine tarafından tanınması için kullanılan bir programlama dilidir. Belli kodlar ISO (International Standardization Organization- Uluslararası 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.

Tablo 4. 20 CNC Freze Hazırlayıcı Fonksiyon Kodları (FANUC G Kodu) [57]

G Komut	Görevi ve Fonksiyonu
G00	Pozisyona Hızlı Gitme
G01	Doğrusal Hareket(Verilen İlerleme Hızında Gitme)
G02	Saat Yönünde Dairesel Kesme
G03	Saatın Tersi Yönde Dairesel Kesme
G04	Bekleme Modu
G09	İstenen Noktada Duruş – Tam Duruş
G17	X-Y Çalışma Düzlemi Seçme
G18	Y-Z Çalışma Düzlemi Seçme
G19	Y-Z Çalışma Düzlemi Seçme
G20	İnç Ölçü Sistemi
G21	Metrik Ölçü Sistemi
G28	Referans Noktasına Dönüş
G29	Referans Noktasından Dönüş
G30	2. Referans Noktasına Dönüş
G40	Takım Yarıçap Telafisi İptali
G41	Takım Yarıçap Telafisi Sola Hareket Halinde
G42	Takım Yarıçap Telafisi Sağa Hareket Halinde

G43	Takım Boyu Düzeltme (+)
G44	Takım Boyu Düzeltme (-)
G49	Takım Boyu Düzeltme İptali
G52	Koordinat Sistemi Kaydırma
G53	Tezgâh Koordinat Sistemi Seçimi
G54	1 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G55	2 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G56	3 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G57	4 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G58	5 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G59	6 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G73	Derin Delik Delme Çevrimi
G74	Ters Diş Çekme Çevrimi
G76	Hassas Delik Genişletme Çevrimi
G80	Sabit Çevrim Kodunun İptali
G84	Kılavuz Çekme Çevrimi
G90	Mutlak Koordinatlarda Çalışma Kodu
G91	Artışlı Koordinatlarda Çalışma Kodu
G92	İş Parçası Koordinat Kaydırma
G94	İlerleme Hızı mm/dk
G95	İlerleme Hızı mm/dev
G98	Başlangıç Noktasına Dönüş Kodu
G99	Çevrimde Başlangıç Noktasına Dönüş Kodu

Tablo 4. 21 CNC Freze Yardımcı Fonksiyon Kodları (FANUC M Kodu) [57]

M Komutları	Fonksiyonun Anlamı
M00	Program Durdurma
M01	İsteğe Bağlı Durdurma
M02	Program Sonu (Program Başa Dönmez)
M03	İş Milinin Saat İbresi Yönünde Dönmesi
M04	İş Milinin Saat İbresinin Tersi Yönünde Dönmesi
M05	İş Mili Durdurma
M06	Takım Değiştirme Kodu
M07	Püskürtmeli Soğutucu veya Yağ Akışı Açık

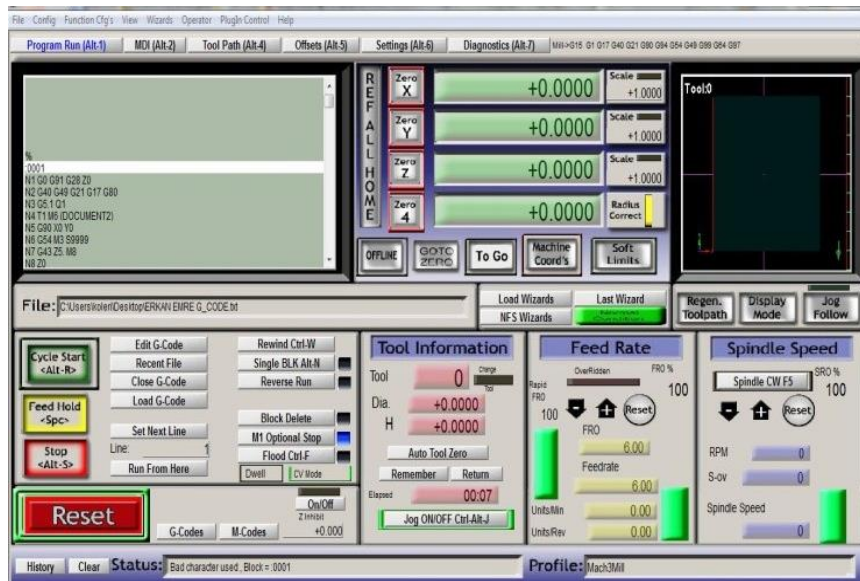
M08	Soğutma Sıvısı Açma
M09	Soğutma Sıvısı Kapama
M19	İş Mili Pozisyonlu Durdurma
M30	Program Sonu ve Başa Dönüş
M98	Alt Program Çağırma
M99	Alt Program Sonu

4.15. Kontrol Yazılımı (Operatör Paneli)

Kontrol yazılımı olarak Mach3 programı kullanılmıştır. Kullanımı kolay ve anlaşılır olan Mach3 programı bir ara yüz programıdır. Mach3 programı, bilgisayarın paralel portlarına çıkış verebilen 6 eksene kadar CNC tezgâhların kontrol edilmesine imkân tanıyan, dxf ve image importuna sahip her türlü CNC kodlarını tanıyabilen kullanışlı bir CNC kontrol programıdır.

Bu programda, tasarlanan parçaların çizimleri G koda dönüştürülür. Kontroller ile uyumlu bir şekilde çalışmaktadır. Bu programları yorumlayan kontroller, sistemi harekete geçirerek makinenin çalışmasını sağlamaktadır.

Şekil 4.74' te Mach3 arayüzü ve kodların tezgâha aktarımında gerekli olan ayarlar yapılmıştır.



Şekil 4.74 Mach3 Arayüzü

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Port #1

☒ Port Enabled

0x378 Port Address

Entry in Hex 0-9 A-F only

Port #2

☐ Port Enabled

0x278 Port Address

Entry in Hex 0-9 A-F only

☐ Pins 2-9 as inputs

OR

MaxNC Mode

☐ Max CL Mode enabled

☐ Max NC-10 Wave Drive

Program restart necessary

Restart if changed

☐ Sherline 1/2 Pulse mode.

☒ ModBus InputOutput Support

☐ ModBus PlugIn Supported.

☐ TCP Modbus support

☐ Event Driven Serial Control

☐ Servo Serial Link Feedback

Kemel Speed

☐ 25000Hz ☐ 35000Hz ☒ 45000Hz ☐ 60000Hz

☐ 65000Hz ☐ 75000Hz ☐ 100kHz

Note: Software must be restarted and motors returned if kemel speed is changed.

Tamam iptal Uygula

Şekil 4.75 Makine Eksen Seçimi ve Hız seçimi

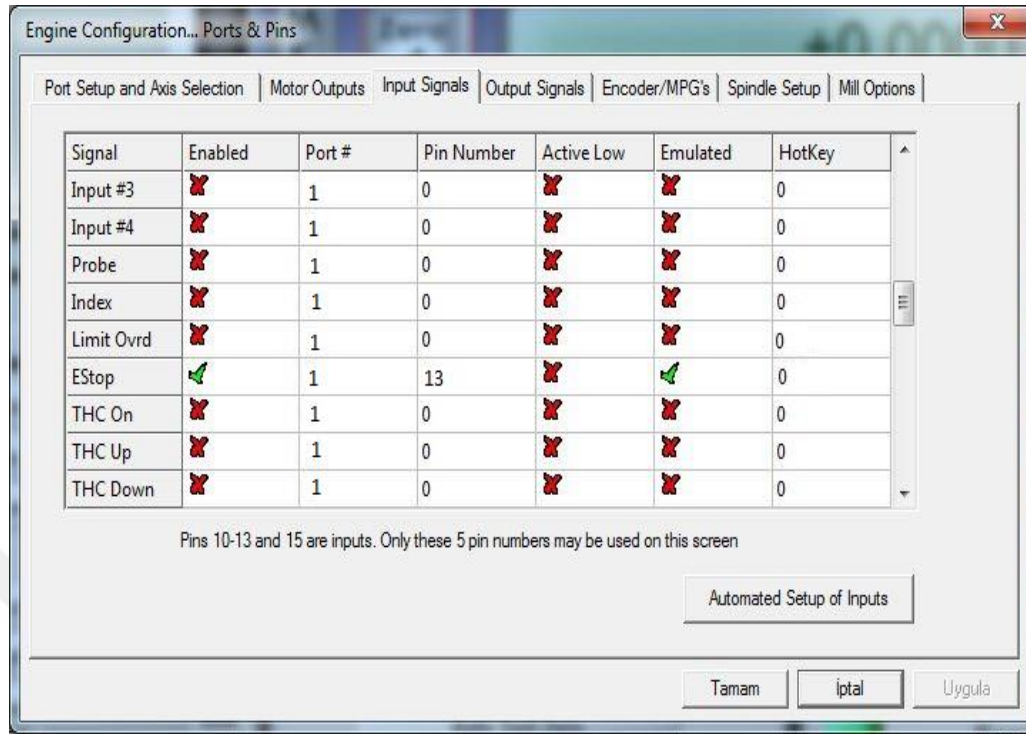
Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

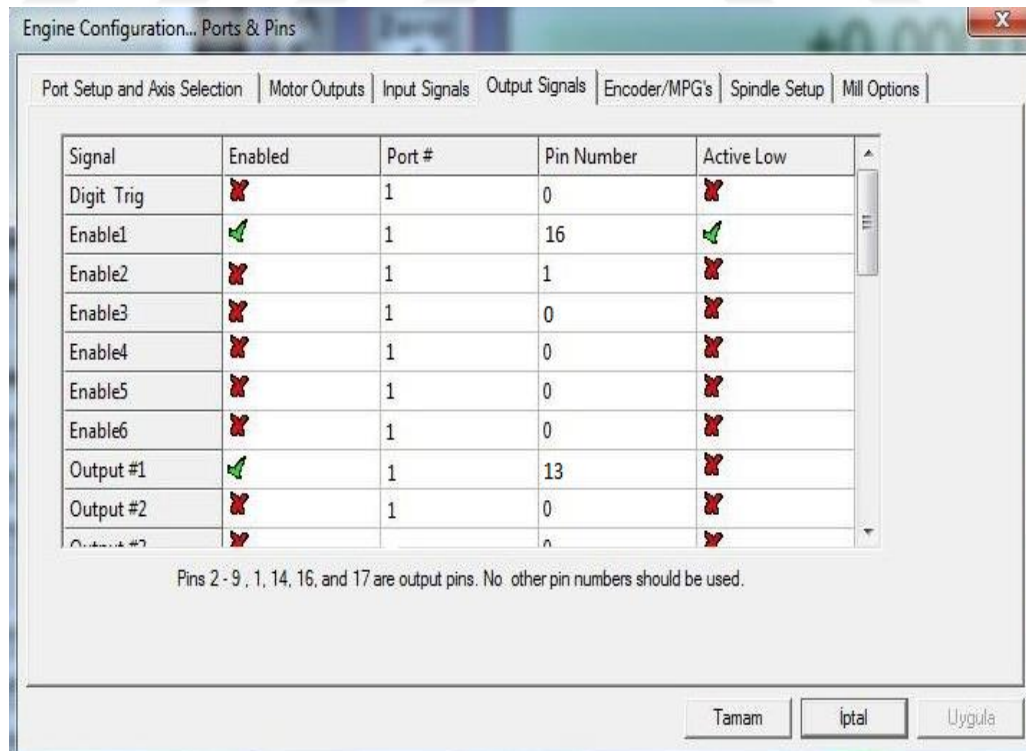
Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir LowActi...	Step Low A...	Step Port	Dir Port
X Axis	☒	2	3	☒	☒	1	1
Y Axis	☒	4	5	☒	☒	1	1
Z Axis	☒	6	7	☒	☒	1	1
A Axis	☒	8	9	☒	☒	1	1
B Axis	☒	16	17	☒	☒	1	1
C Axis	☒	0	0	☒	☒	0	0
Spindle	☒	16	17	☒	☒	1	1

Tamam iptal Uygula

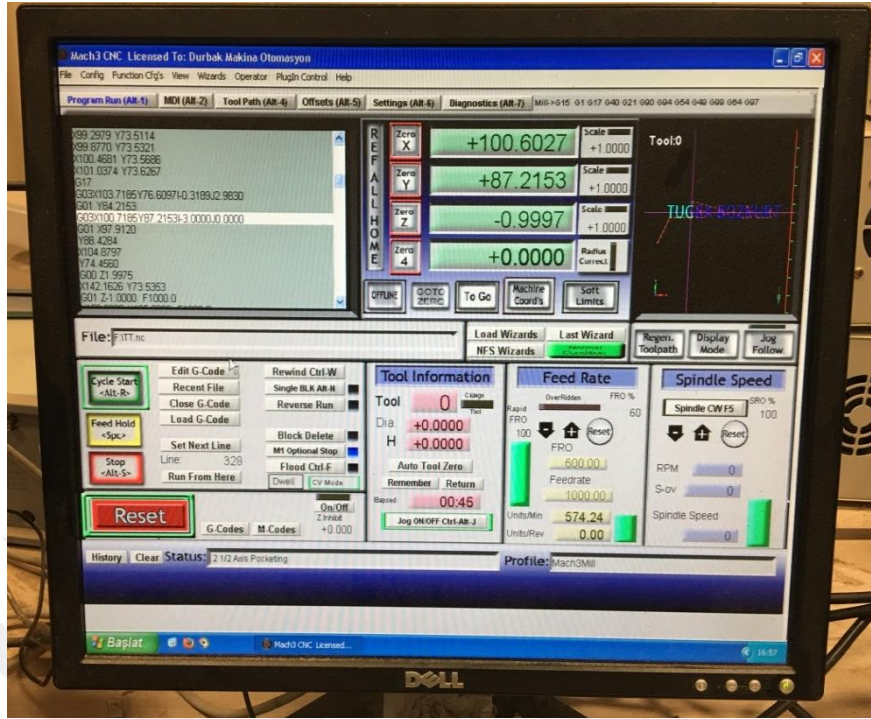
Şekil 4.76 Motor Çıkış Pin Ayarları



Şekil 4.77 Motor Giriş Sinyali Ayarları



Şekil 4.78 Motor Çıkış Sinyali Ayarları



Şekil 4.79 Parça İşleme Esnasında Mach3 Arayüzü

4.16. Tasarım Hesapları

Tablo 4. 22 Üç eksenli CNC Tezgâhı Tasarım Parametreleri

Tezgâhın Tipi	CNC Tezgâhı
Gövde	Alüminyum
Tahrik Şekli	AC Servo Motor ve Vidalı Mil
İşleme Kapasitesi	1800mm. x 2800mm. x 800mm.
Kesme Derinliği	Mdf: 5mm - Alüminyum: 3mm - Mermer: 1mm - Piriç: 3mm

4.16.1. Kesme Kuvvetlerinin ve Kesme Gücünün Hesabı

7075 T6 serisi alüminyum malzeme işlendiği varsayılarak ve orta bir ağırlıktaki malzemenin işlenmesi durumunda tezgâh üzerine etkiyen kuvvetler de dikkate alınarak kesme kuvvetlerinin hesabı yapılmıştır.

Tablo 4. 23 Üç eksenli CNC Tezgâhı Hesaplama Parametreleri

Kesici takım çapı (D)	12 mm
Kesme derinliği (a)	3 mm
Kesici takım ağız sayısı (z)	3
Kesici takımın işlenecek malzemeye temas açısı (X)	90°
Kesici takımın dişi başına düşen ilerleme (S _Z)	0,5 mm/diş
Yana kayma değeri (B)	6 mm
Malzemenin kopma dayanımı (Al 7075 özgül kesme kuvveti) (K _S)	800 N/mm ²
Kesici takım kesme hızı (V _C)	40 m/dk

Tablo 4. 24 Kesme Parametreleri [58]

Parça Malzemesi	İşleme Tarzı	Sz (mm./diş)	V (m/dak)	Takım Açıları				Sert Metal	
				α	γ	γ_f	λ		
St 50-St 60 C 35-C45	Kaba	0.2 - 0.5	100 180	8-12	5-10	-4	-8	P 25'ten K 40'a kadar.	
	İnce	0.1-0.2	120 200						
St 70-St 85 ve az 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- GS52	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		K 10'dan K 20'ye kadar
	İnce	0.2-0.3	80-140						
Ms58- Ms63	Kaba	0.2-0.4	80-140	8-10	10- 12	0	-8		
	İnce	0.1-0.3	90-150						
Al alaşım(9- 13%Si) G-AlSi	Kaba	0.1-0.6	40 600	8-12	12- 20	0 +15' e kadar	-4 +4'e kadar		

Tablo 4. 25 Basitleştirilmiş Yöntemle K_s Değerleri [58]

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

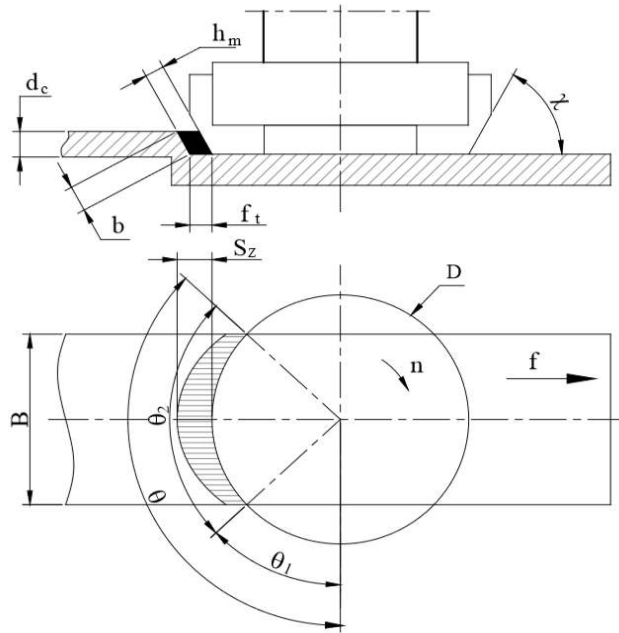
1. Spindle (fener mili) devir sayısı (N)

$$\begin{aligned} N &= 1000 \times V_c / \pi \times D \\ &= 1000 \times 40 / 3,14 \times 12 = 1061 \text{ dev/dak} \end{aligned} \quad [4.1]$$

2. Kesici ilerleme hızı (V_f)

$$\begin{aligned} V_f &= N \times Z \times S_z = 1061 \times 3 \times 0,5 \\ &= 1591,5 \text{ mm/dk} = 1,59 \text{ m/dk} \end{aligned} \quad [4.2]$$

3. Temas açısı (φ_s)



Şekil 4.80 Sert Metal Plaketli Freze Başlıkları İçin Talaş Boyutları [58]

- $\cos \varphi_1 = ((D/2) - A_1)/(D/2) = 1 - (2A_1/D)$ [4.3]

- $\cos \varphi_2 = ((D/2) - A_2)/(D/2) = 1 - (2A_2/D)$ [4.4]

- $\varphi_s = \varphi_1 - \varphi_2$ [4.5]

$$\varphi_1 = 0 \text{ olduğunda } A_1 = 0$$

$$\varphi_s = -\varphi_2$$

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

$$A_2 = B \text{ olduğunda;}$$

$$\cos \varphi_s = ((D/2) - A_2)/(D/2) = 1 - (2B/D) = 1 - (2 \times 6)/12$$

$$\cos \varphi_s = 0 \quad \text{ve} \quad \varphi_s = 90^\circ$$

4. Talaş boyutları (h)

Asimetrik frezelemeye göre;

- $h_m = (180/(\pi \times \varphi_s)) \times S_z \times \sin \gamma \times (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$ [mm] [4.6]

- $h_m = (180/(\pi \times 90)) \times 0,5 \times \sin 90^\circ \times (\cos 0^\circ - \cos 90^\circ)$

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

5. Talaş genişliği (b)

- $b = a/\sin \gamma$ [mm] [4.7]

$$b = 3/\sin 90^\circ \quad \text{ve} \quad b = 3 \text{ mm}$$

6. Ortalama talaş kesiti (As)

- $A_s = b \times h_m$ [mm²] [4.8]

$$A_s = 3 \times 0,318 \text{ [mm}^2\text{]} \quad A_s = 0,954 \text{ [mm}^2\text{]}$$

7. Aynı anda temas eden diş sayısı (Ze)

- $Z_e = (Z \times \varphi_s)/360$ [4.9]

$$Z_e = (3 \times 90)/360 \quad Z_e = 0,75$$

8. Kesme kuvvetleri (Fs)

Kesme kuvvetlerinin hesabında ilerleme kuvveti ihmal edilip, bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti hesaplanmıştır.

- $F_{SZ} = A_s \times K_s$ [4.10]

$$F_{SZ} = 0,954 \times 800$$

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

CNC' ye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti;

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_S &= Z_e \times F_{Sz} \\ F_S &= 0,75 \times 763,2 \qquad F_S = 572,4 \text{ N} \end{aligned} \quad [4.11]$$

9. Gerekli kesme gücü (Ps)

$$\begin{aligned} \bullet \quad P_S &= (F_S \times V_c) / (60 \times 1000) \quad [\text{kW}] \\ P_S &= (572,4 \times 40) / (6000) \\ P_S &= 0,382 \text{ kW} = 382 \text{ W} \\ P_m &= P_S / \eta = 382 / 0,8 \quad P_m = 477,5 \text{ W} \end{aligned} \quad [4.12]$$

Spindle motor olarak Arel firmasının ürünü olan ARFM.3Y-L3 modeli ER 20 pens kafasına sahip 4 KW gücünde 18000 devir/dk modeli seçilmiştir.

4.16.2. Z Ekseni Hesapları

a) Doğrusal yatak seçimi

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

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_v &= 0.3 \times F_S \\ F_v &= 0,3 \times 572,4 \\ F_v &= 171,72 \text{ N} \end{aligned} \quad [4.13]$$

Titreşimli çalışan takım tezgâhları için belirlenen 2,5 – 7 emniyet katsayıları arasından emniyet katsayısı 7 seçilmiştir.

$k = 7$ (Emniyet katsayısı)

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{\text{ECaz-yatak}} &= k \times F_v \\ F_{\text{ECaz-yatak}} &= 7 \times 171,72 \\ F_{\text{ECaz-yatak}} &= 1202,04 \text{ N} \end{aligned} \quad [4.14]$$

Eksende 4 adet lineer ray ve araba kullanılacaktır. Bu nedenle emniyetli dinamik yük dörde bölünecektir.

Ek 1'' deki Lineer Kızak Lineer Ray Araba SHN 30 A, Şahin Rulman firmasının kataloğundan, dinamik yüklemeye göre SHN30A seçilmiştir.

$C_{aSHN30A} = 38740 \text{ N} > 300,51 \text{ N}$ olduğundan emniyetlidir.

b) Vidalı mil ve somunu hesapları

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

Z eksenindeki bileşenlerin toplam ağırlığı : $m_z = 40 \text{ kg}$

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

$$F_{m_z} = 40 \times 9,81$$

$$F_{m_z} = 392,4 \text{ N} \quad (\text{Ağırlıktan dolayı oluşan kuvvet})$$

$$\bullet F_r = 0.85 \times F_s \quad [4.16]$$

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

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

$$\bullet F_{iD_z} = (F_r + F_{m_z}) \times \mu \quad [4.17]$$

$$F_{iD_z} = (486,54 + 392,4) \times 0,1$$

$$F_{iD_z} = 87,894 \text{ N} \quad (\text{İlerleme direnci})$$

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

$$F_{Caz} = (486,54 + 392,4 - 87,894)$$

$$F_{Caz} = 791,046 \quad (\text{Z eksenindeki dinamik yükleme})$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECaz} = 791,046 \times 7$$

$$F_{ECaz} = 5.537,322 \quad (\text{Z ekseninde emniyetli dinamik yükleme})$$

Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25 vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında; $L_z = 590 \text{ mm}$ (Z eksen sabitleme rulmanları arası mesafe)

$$F_{ECaz} = 5.537,322 = 564,46 \text{ kgf}$$

Gerekli vidalı mil çapı 32 mm seçilmiştir.

Vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve maksimum devire göre bakıldığında;

$$N_m = (V \times R)/P_B \quad [4.19]$$

$$V = 4000 \text{ mm/dak}$$

$$R=1 \text{ (Redüksiyon oranı)}$$

$$P_B = 10 \text{ mm (Vida adımı)}$$

$$N_m = (V \times R)/P_B$$

$$N_m = 400 \text{ dev/dk}$$

Gerekli vidalı mil çapı 12 mm bulunmuştur. Dinamik yüke göre firma kataloğundan bakıldığında 16 mm bulunmuştur. Fakat farklı işlerde daha rijit vidalı mil ihtiyacı öngörüldüğünden dolayı çapı 32 mm seçilmiştir. Somun seçimi için dinamik yüklemeye göre Vidalı Mil Somun SFUR 3210 bilyeli somun seçilmiştir.

$F_{ECaz} = 564,46 \text{ kgf} < F_{Ca} = 3390 \text{ kgf}$ olduğundan emniyetlidir.

c) Servo motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

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

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

$$V_{max} = 4 \text{ m/dk} = 0,0666 \text{ m/s}$$

$$P = (5.537,322 \times 0,0666)/0,9$$

$$P = 410 \text{ watt}$$

Montajda oluşabilecek eksenel kaçıklıklar için 2 emniyet katsayısı ile çarpılacaktır.

$$P_z = 410 \times 2 = 820 \text{ W}$$

AC servo motorları yüksek performans gerektiren projelerde kullanabildiğimiz gibi düşük güç performansı gereken projeler için de kullanabiliriz. İç Yapısı olarak basit bir yapıya sahip olsa dahi kesintisiz bir çalışma performansı göstermektedir. Sessiz çalışması, daha karalı olması, kendi içerisinde kapalı çevrim çalışması (arkasındaki encoder sayesinde konum geri bildirimi alıp çalışır, sistemde hata olursa sistemin haberi olur) sebebiyle, eksenlerin hareketini sağlayacak konum kontrollü GS80D-075-30AYK-3LH modeli, 0.75 Kw servo motor seçilmiştir.

4.16.3. X Eksen Hesapları

a) Doğrusal yatak seçimi

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

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

$$m_{Tz} = 118 \text{ kg}$$

$$F_{mTz} = m_{Tz} \times g = 118 \times 9,81 = 1157,58 \text{ N} \quad [4.21]$$

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

$$F_{Cax-yatak} = 171,72 + 1157,58 = 1329,3 \text{ N}$$

$k = 7$ (Emniyet katsayısı)

- $$F_{ECax-yatak} = k \times F_v$$
$$F_{ECax-yatak} = 7 \times 1329,3 = 9305,1 \text{ N}$$

Eksende 4 adet lineer ray ve araba kullanılacaktır. Bu nedenle emniyetli dinamik yük dörde bölünecektir.

Ek 1'' deki Lineer Kızak Lineer Ray Araba SHN 30 A, Şahin Rulman firmasının kataloğundan, dinamik yüklemeye göre SHN30A seçilmiştir.

$C_{aSHN30A} = 38740 \text{ N} > 2326,275 \text{ N}$ olduğundan emniyetlidir.

b) Vidalı mil ve somunu hesapları

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

$$\begin{aligned} F_v &= 171,72 \text{ N} \\ F_{mTz} &= 1157,58 \text{ N} \\ F_{Cax} &= F_v + F_{mTz} \\ F_{Cax} &= 171,72 + 1157,58 = 1329,3 \text{ N} \quad (\text{X eksenindeki dinamik yüklemeye}) \end{aligned} \quad [4.23]$$

$k = 7$ (Emniyet katsayısı)

$$F_{ECax} = 7 \times 1329,3 = 9305,1 \text{ N} = 948,5 \text{ kgf}$$

Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25 vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında; $L_x = 1640 \text{ mm}$ (X eksen sabitleme rulmanları arası mesafe)

$$F_{ECax} = 7 \times 1329,3 = 9305,1 \text{ N} = 948,5 \text{ kgf}$$

Gerekli vidalı mil çapı 32 mm seçilmiştir.

Vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve maksimum devire göre bakıldığında;

$$\begin{aligned} N_m &= (V \times R)/P_B \\ V &= 4000 \text{ mm/dak} \\ R &= 1 \text{ (Redüksiyon oranı)} \\ P_B &= 10 \text{ mm (Vida adımı)} \\ N_m &= (V \times R)/P_B \\ N_m &= 400 \text{ dev/dk} \end{aligned} \quad [4.24]$$

Gerekli vidalı mil çapı 12 mm bulunmuştur. Dinamik yüke göre firma kataloğundan bakıldığında 16 mm bulunmuştur. Fakat farklı işlerde daha rijit vidalı mil ihtiyacı öngörüldüğünden dolayı çapı 32 mm seçilmiştir. Somun seçimi için dinamik yüklemeye göre Vidalı Mil Somun SFUR 3210 bilyeli somun seçilmiştir. Somuna etkiyen kuvvetler ilerleme kuvveti ve ilerleme direncidir.

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

$$F_{m_{Tz}} = 1157,58 \text{ N}$$

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

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{iD_x} &= (F_v + F_{m_{Tz}}) \times \mu & [4.25] \\ F_{iD_x} &= (171,72 + 1157,58) \times 0,1 \\ F_{iD_x} &= 132,93 \text{ N} \quad (\text{İlerleme direnci}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad F_{Cax-somun} &= (F_v + F_{iD_x}) & [4.26] \\ F_{Cax-somun} &= 171,72 + 132,93 \\ F_{Cax-somun} &= 304,65 \end{aligned}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECax-somun} = 304,65 \times 7 = 2132,55 \text{ N} = 217,38 \text{ kgf}$$

Somun seçimi için dinamik yüklemeye göre Vidalı Mil Somun SFUR 3210 bilyeli somun seçilmiştir.

$$F_{ECax-somun} = 217,38 \text{ kgf} < F_{Ca} = 3390 \text{ kgf} \text{ olduğundan emniyetlidir.}$$

c) Servo motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

$$\begin{aligned} P &= (F_{ECax} \times V_{max}) / \eta \text{ (watt)} & [4.27] \\ \eta &= 0,9 \text{ (verim)} \\ V_{max} &= 4 \text{ m/dk} = 0,0666 \text{ m/s} \\ P &= (9305,1 \times 0,0666) / 0,9 \\ P &= 688,6 \text{ watt} \end{aligned}$$

Montajda oluşabilecek eksenel kaçıklıklar için 2 emniyet katsayısı ile çarpılacaktır.

$$P_z = 688,6 \times 2 = 1377,2 \text{ W}$$

Konum kontrollü GS80D-075-30AYK-3LH modeli, 0.75 Kw servo motor seçilmiştir.

4.16.4. Y Eksen Hesapları

a) Doğrusal yatak seçimi

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

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

$$m_{T_{xz}} = 283 \text{ kg}$$

$$F_{m_{T_{xz}}} = m_{T_{xz}} \times g = 283 \times 9,81 = 2776,23 \text{ N} \quad [4.28]$$

$$F_{Cay} = F_v + F_{m_{T_{xz}}} \quad [4.29]$$

$$F_{Cay} = 171,72 + 2776,23 = 2947,95 \text{ N}$$

$k = 7$ (Emniyet katsayısı)

- $F_{ECay} = 7 \times 2947,95 = 20635,65 \text{ N}$ (Y eksenindeki emniyetli dinamik yükleme)

Eksende 4 adet lineer ray ve araba kullanılacaktır. Bu nedenle emniyetli dinamik yük dörde bölünecektir.

Ek 1'' deki Lineer Kızak Lineer Ray Araba SHN 30 A, Şahin Rulman firmasının kataloğundan, dinamik yüklemeye göre SHN30A seçilmiştir.

$C_{aSHN30A} = 38740 \text{ N} > 5158,9 \text{ N}$ olduğundan emniyetlidir.

b) Vidalı mil ve somunu hesapları

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

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

$$F_{m_{T_{xz}}} = 2776,23 \text{ N}$$

$$F_{Cay-mil} = F_v + F_{m_{T_{xz}}} \quad [4.30]$$

$$F_{Cay-mil} = 171,72 + 2776,23 = 2947,95 \text{ N}$$

$k = 7$ (Emniyet katsayısı)

$$F_{ECay-mil} = 7 \times 2947,95 = 20635,65 \text{ N} = 2103,5 \text{ kgf}$$

Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25 vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında; $L_y = 2520$ mm (Y eksenli sabitleme rulmanları arası mesafe)

$$F_{ECay} = 20635,65 \text{ N} = 2103,5 \text{ kgf}$$

Gerekli vidalı mil çapı 32 mm seçilmiştir.

Vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve maksimum devire göre bakıldığında;

$$N_m = (V \times R)/P_B \quad [4.31]$$

$$V = 4000 \text{ mm/dak}$$

$$R=1 \text{ (Redüksiyon oranı)}$$

$$P_B = 10 \text{ mm (Vida adımı)}$$

$$N_m = (V \times R)/P_B$$

$$N_m = 400 \text{ dev/dk}$$

Dinamik yüke göre firma kataloğundan bakıldığında 16 mm bulunmuştur. Fakat farklı işlerde daha rijit vidalı mil ihtiyacı öngörüldüğünden dolayı çapı 32 mm seçilmiştir. Somun seçimi için dinamik yüklemeye göre Vidalı Mil Somun SFUR 3210 bilyeli somun seçilmiştir. Somuna etkiyen kuvvetler ilerleme kuvveti ve ilerleme direncidir.

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

$$F_{m_{Txx}} = 2776,23 \text{ N}$$

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

$$\bullet F_{iD_y} = (F_v + F_{m_{Txx}}) \times \mu \quad [4.32]$$

$$F_{iD_y} = (171,72 + 2776,23) \times 0,1$$

$$F_{iD_y} = 294,795 \text{ N} \quad (\text{İlerleme direnci})$$

$$\bullet F_{Cay-somun} = (F_v + F_{iD_y}) \quad [4.33]$$

$$F_{Cay-somun} = 171,72 + 294,795$$

$$F_{Cay-somun} = 466,515 \text{ N}$$

İki adet somun ve iki adet vidalı mil kullanıldığından dolayı;

$$F_{Cay-somun}/2 = 466,515/2 = 233,26 \text{ N}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$F_{ECay-somun} = 233,26 \times 7 = 1632,8 \text{ N} = 166,44 \text{ kgf}$$

Somun seçimi için dinamik yüklemeye göre Vidalı Mil Somun SFUR 3210 bilyeli somun seçilmiştir.

$F_{ECay-somun} = 166,44 \text{ kgf} < F_{ca} = 3390 \text{ kgf}$ olduğundan emniyetlidir.

c) Servo motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

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

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

$$V_{max} = 4 \text{ m/dk} = 0,0666 \text{ m/s}$$

$$P = (20635,65 \times 0,0666)/0,9$$

$$P = 1527,04 \text{ watt}$$

Montajda oluşabilecek aksinel kaçıklıklar için 2 emniyet katsayısı ile çarpılacaktır.

$$P_z = 1527,04 \times 2 = 3054,08 \text{ W}$$

Konum kontrollü GS80D-075-30AYK-3LH modeli, 0.75 kW servo motor seçilmiştir.

5. BULGULAR

5.1. Tezgâhın Doğruluk Kontrolü

Teorik hesaplama; imal edilen bir sistemin gerçek değerini yansıtmaz. Elde edilen teorik değerleri; imalat hataları, üretici firma hataları, tezgâhın bulunduğu yüzey, zamanla malzemelerde oluşan hatalar etkiler.

Eksenlerin tahrik sistemleri için vidalı mil;

- x ekseninde; 1 adet 1800mm boyunda 3210 vidalı mil,
- y ekseninde; 2 adet 2800mm boyunda 3210 vidalı mil,
- z ekseninde; 780 mm boyunda 3210 vidalı mil kullanımı uygun görüldü.

Zincir dişlileri olarak vidalı mil tarafında 56 diş, 3/8 inç dişli ve motor tarafında 15 diş, 3/8 inç dişli kullanılması ile redüksiyon oranı 15/56 olarak tasarlanmıştır.

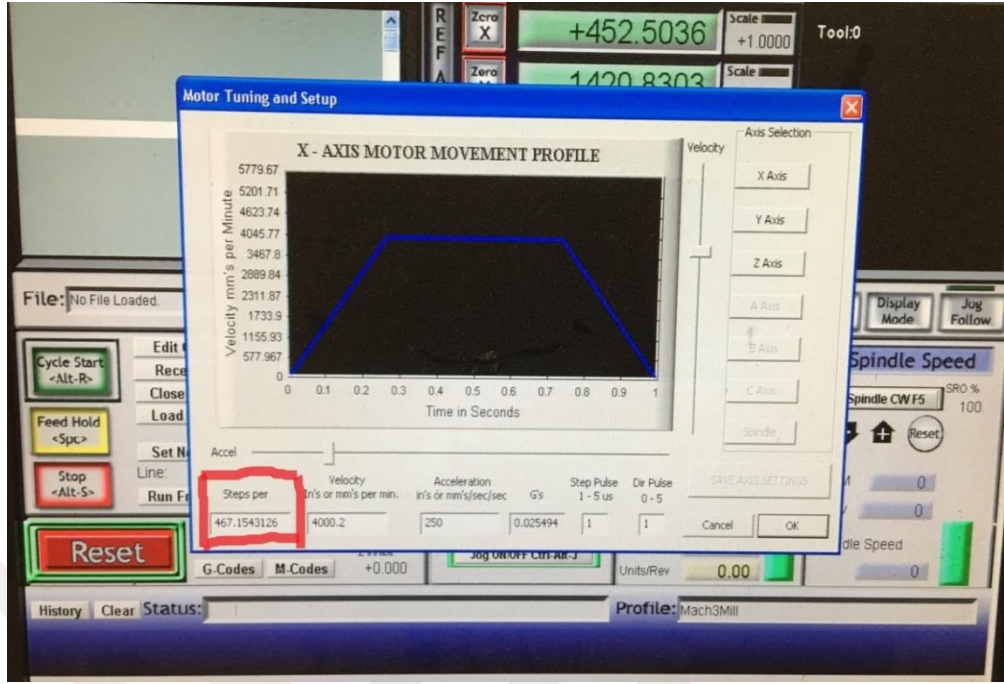
- Vidalı mil hatve : 10 mm
- Motor dişlisi : 15 diş
- Vidalı mil dişlisi : 56 diş

Bu değerlere dayanarak, motor 1 tur attığında vidalı mil 15/56 tur döner. Aynı zamanda eksenin 1 mm hareket edebilmesi için de vidalı mil 1/10 tur dönmelidir. Bu durumda motorun atması gereken tur sayısını hesaplamak istersek;

$$\begin{array}{lll} \text{Motorun 1 turunda} & \rightarrow & \text{Vidalı mil 15/56 tur} \\ \mathbf{X} & \rightarrow & \text{Vidalı mil 1/10 tur} \end{array}$$

Motor 0,0268 tur atmalıdır. Bunun açıklaması olarak; maksimum motor devri 3000 devir/dk' dan yaklaşık 800 devir/dk ya düşürülerek, tork yaklaşık 3.7 katına çıkarılmıştır. CNC' nin öngörülen eksen hızı, 10 mm hatveli vidalı mil kullanıldığı için 8000 mm/dk olarak öngörülmüştür.

Motorun 0,0268 turunda eksen 1 mm hareket eder. Bilgisayar motora Şekil 5.1' de gösterildiği gibi 467 pulse yolladığında, motor 0,0268 tur atar ve eksen 1 mm hareket eder.



Şekil 5.1 X Eksenli Motor Hareket Profili

- Motorun 0,0268 turunda → 467 pulse
- Motorun 1 turunda → **X**

Bilgisayar motora 17425 pulse gönderdiğinde, motor 1 tur atar ve eksen 2.68 mm hareket etmiş olur.

Motor 1 tur attığında, vidalı mil 15/56 tur döner. 15/56 tur dönen vidalı mil eksen; sistemin 4000 mm/dk hızla gidebilmesi için, dakikada 400 devir yapması gerekir.

Sonuç olarak, vidalı mil devri normal kullanımda yaklaşık 400 dev/dak' dır. Konum ölçere sahip olmadığımızdan dolayı, tezgâhın doğruluk kontrolü uygulamalarla yapılamamıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

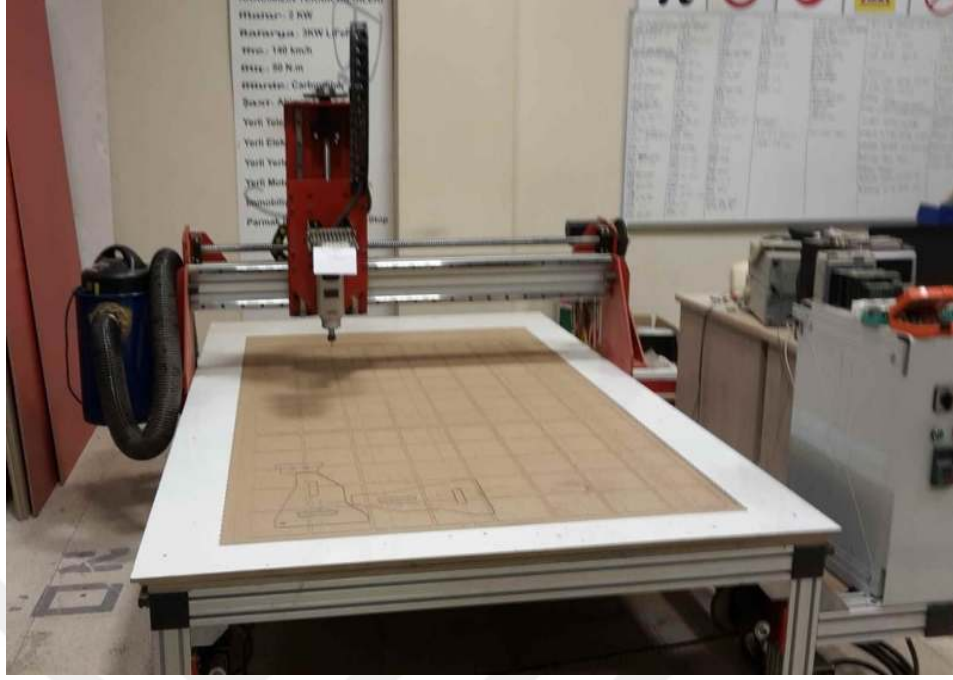
Bu çalışmada, üç eksenli CNC takım tezgâh tasarımı yapılmıştır. İmalatı için gerekli tasarım parametreleri belirlenip, tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli elektronik ve mekanik malzemeler seçimi yapılarak adım adım ilerlenmiş oldu. Bu sayede, imalatla dikkate alınacak hususlar, hangi ölçütlere göre kazanç sağlayıp sağlamadığımızı kontrollü bir şekilde tespit edilmiş oldu.

Tezgâhın tasarımı; boyutsal ön tasarım yapılması, konstrüksiyon malzemesinin seçilmesi, standart elemanların belirlenmesi, hesaplamalar ve standart malzemelerin boyutlarının seçilmesi, ön tasarım ve standart elemanlara göre Rhinoceros programında 3 boyutlu modellenerek, malzeme listeleri ve imalat resimlerinin oluşturulmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Üretimi gerçekleştirilen tezgâhın, CAD/CAM bilgisayar sistemleriyle uyumunun nasıl sağlanacağı, nasıl kullanılması gerektiği araştırılmıştır. Kontrol programı olarak kullanılan Mach3' ten alınan verileri sürücüye aktarır. G ve M kodlarından oluşan program sürücü vasıtasıyla servo motorun hareketini sağlar. Kontrol kartının LPT çıkışı ile bilgisayarın LPT çıkışı arasında bir bağlantı kurularak haberleşme sağlanmıştır.

CNC tezgâh, kontrol amaçlı parça tasarım aşamasında farklı parça programları kullanılarak tekrar tekrar test edilmiştir. Alüminyum, Çelik, Granit, Mdf gibi çeşitli sertlikteki malzemeler 3 boyutlu olarak rahatlıkla işlenmiştir.

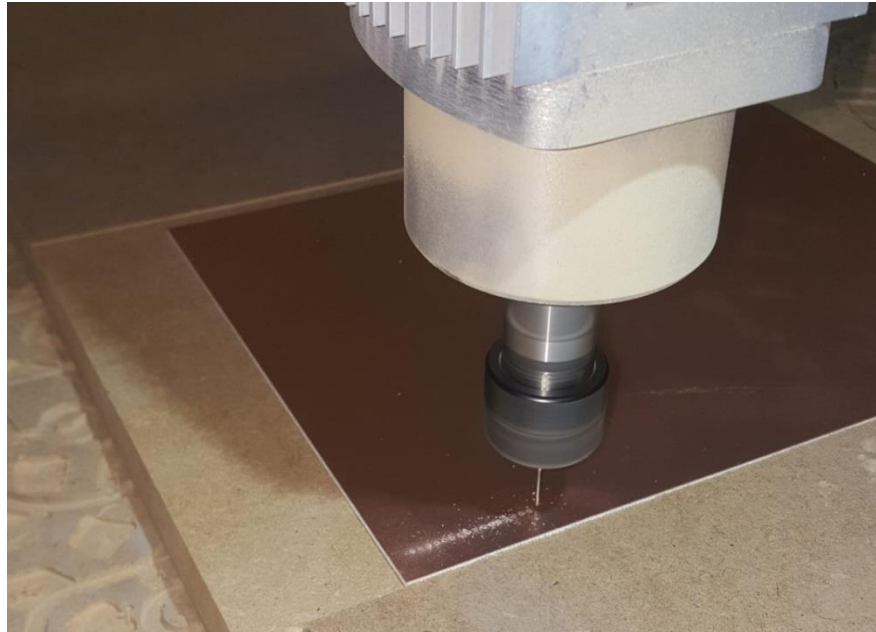
Sonuç olarak, üç eksenli CNC takım tezgâh tasarım ve imalatı yapılmış oldu.



Şekil 6.1 İmalatı Gerçekleştirilen CNC Tezgâh

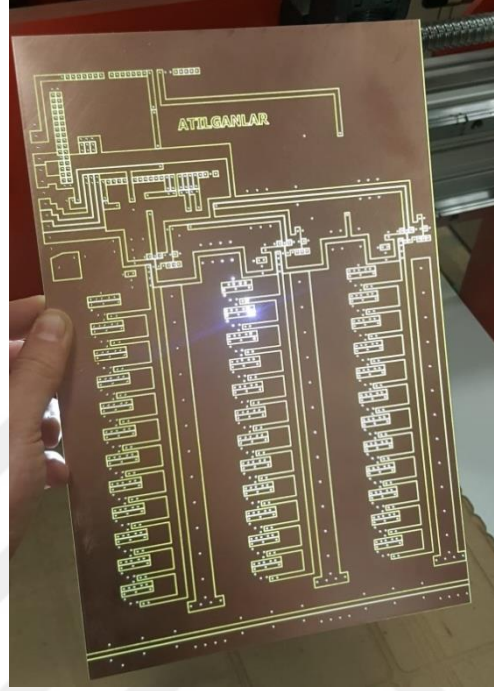
Parça işleme örnekleri olarak;

- Pratikte hassasiyetini algılayabilmek için; FR4 tipi, bakır kalınlığı 0,16 mm olan PCB kazıma işlemi yapılmıştır.



Şekil 6.2 PCB Kazıma İşlemi

- 10° açılı, V uç (0,2 mm kesici) kullanarak; 0,20 ve 0,24 mm derinliğinde PCB üzerinde işlemleri yapılmıştır ve yüksek hassasiyetle baskılı devre elde edildiği görüldü.



Şekil 6.3 PCB İşleme

- Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesinde kullanılan kapı isimlikleri ve yönlendirme levhaları CNC ile işlenmiştir.

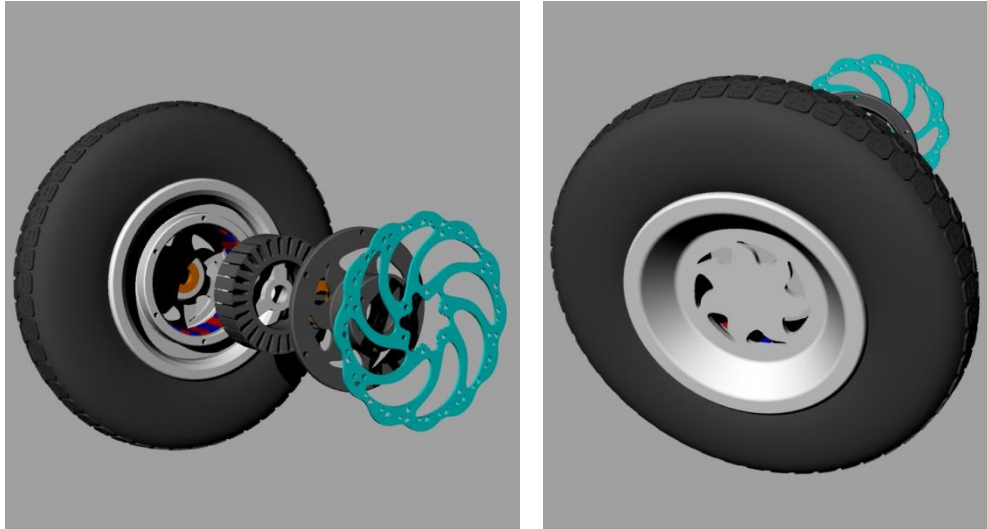


Şekil 6.4 Kapı İsimliklerinin CNC Tezgâhta İşlenmesi



Şekil 6.5 Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesi
Kapı İsimlikleri

- Alüminyum işleme hassasiyetini öğrenmek için hub motorlar CNC ile işlenmiştir. Aşağıdaki şekilde Rhinoceros üç boyutlu model çıktısı görülmektedir.



Şekil 6.6 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Hub Motor



Şekil 6.7 Hub Motor Parçalarının CNC Tezgâhta İşlenmesi



Şekil 6.8 Hub Motor İmalatı

Ayrıca birçok parça işleme örnekleri de Ek-9' da mevcuttur.

Makine tasarımıda planlanan şekilde çalışmıştır. Ancak bazı önerilerde bulunabiliriz.

Bunlar;

1. Alt tabla, T kanallı tablaya çevrilebilir.
2. Yatak eksenleri hareketli körükle kapatılabilir.
3. T kanallı tabla olursa soğutma sıvısı kullanılmalıdır.
4. Zincirlere ve disklere koruma amaçlı kapak takılabilir.
5. 4. eksen bölme aygıtı (divizör) eklenebilir.
6. Çelik işleyebilmek için spindle motor, 2000-6000 devir 4,5 kW spindle motor ile değiştirilebilir.
7. Otomatik yağlama eklenebilir.
8. Otomatik takım değişim özelliği eklenebilir.
9. Sınır anahtarı, emniyet için eksenlere takılabilir.
10. Vakum ya da mıknatıslı tabla eklenebilir.
11. Ses kesmek için, zincir dişli sistemi yerine zamanlı kayış (triger kayışı) ve dişlisi eklenebilir.
12. Ucuna plastik eritme haznesi ve ısı yatağı eklemek suretiyle 3 boyutlu yazıcı haline getirilebilir.
13. Tezgâhın X-Y tablasında; testere dişi taşıyıcı çelik taban kullanılırsa, plazma kesiciyle çelik kesme makinesine dönüştürülebilir.

KAYNAKLAR

1. **Pehlivanoglu, V., Batı, M.** (2002). “CNC Takım Tezgahları ve DNC”, Marmara Üniv. Teknik Eğ. Fak. Makine Böl. İstanbul.
2. **Kutlu, M.** (2006). “Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgâhı Tasarım ve İmalatı”, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
3. **Yağmur, L.** (2004). "Tasarım ve İmalatta CNC ve CAD/CAM Sistemlerinin Fonksiyonları", TÜBİTAK - UME, Gebze / KOCAELİ, Ağustos.
4. <https://cizimokulu.com/t6905-cnc-cnc-tezgahların-tarihcesi-ve-tanıtımı.html>
5. <http://cncmakinatezgah.blogcu.com/cnc-tezgahların-tarihcesi/2417492>
6. **Akkurt, M.** (1996). Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) sistemleri, s. 65-84, Zafer Matbaası, İstanbul.
7. **Dinçel, M.** (1999). “CNC Takım Tezgâhları”, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ <http://www.turkcadcaml.net/rapor/cnc-md/index.html> , (Mart 2009).
8. **Karabey, Ö.** (2016). “Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.
9. **Uyar S., Beler F., Çetinkaya K.** “Eğitim Amaçlı 4 Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tasarımı ve Prototipi,” 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ekim 2012, Ankara.
10. **Alan, S.** (2006) “CNC Eğitimi Seti Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Konya.

11. <http://www.sahinrulman.com/lineer-ray-araba-shn-a-serisi/lineer-kizak-lineer-ray-araba-shn-30-a.html>
12. <http://www.sahinrulman.com/lineer-kizak-lineer-ray-sh-30.html>
13. <http://www.sahinrulman.com/vidali-miller-ve-aksamlari/vidali-mil-somun-sfur-serisi/vidali-mil-somun-sfur-3210-metal-deflektor.html>
14. <http://www.sahinrulman.com/vidali-mil-scr-3210.html>
15. <http://www.sahinrulman.com/vidali-mil-somun-govde-ssg-32.html>
16. <http://www.sahinrulman.com/vidali-mil-uc-yataklari-bk-25.html>
17. <http://www.doguskalip.com.tr/tr-TR/90x90-genis-kose-baglanti/754/2633/Product.aspx>
18. <http://www.doguskalip.com.tr/tr-TR/kanal-10-tirtilli-somun-m8/694/2745/Product.aspx>
19. <http://www.doguskalip.com.tr/tr-TR/90x90-agir-sigma-profil/432/1114/Product.aspx>
20. <https://www.cks.com.tr/>
21. https://urun.gittigidiyor.com/ev-bahce/100-watt-smd-beyaz-isik-enerji-tasarruflu-led-projektor-armatur-324611239?pkw=&pmt=&sc_gdsp=gg&ggmktg=PaidSearch*PLA*236136807*22544670927*58375881567*%7btype%7d*324611239*aud-338833715659:pla-375066101258&gclid=EAlaIqobChMI9OmN76uW2QIVAYGyCh08DwxhEAQYASABEgLqu D BwE&gclsrc=aw.ds&mpch=ads&scxid=14489-145818-2357-0
22. <https://www.otomasyoncu.net/urun/4x2-5mm-cncler-icin-hareket-kablosu>

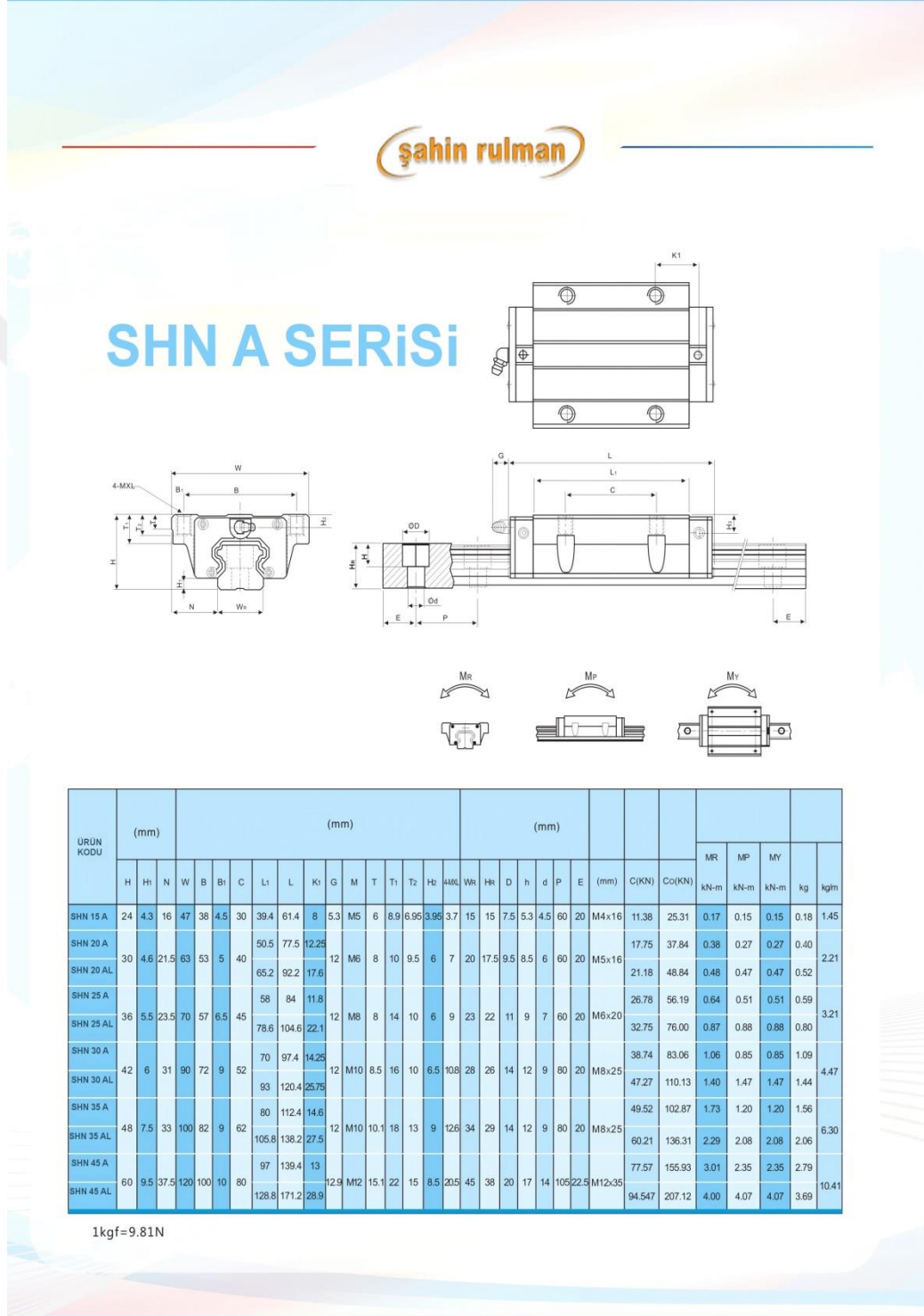
23. https://www.hepsiburada.com/scheppach-ha1000-toz-emme-makinasi-p-HBV000004K6AN?magaza=Badem10&wt_gl=cpc.nelk.6822.yapi-market-pla&gclid=EAlaIQobChMI0LSHmK-W2QIVRjwbCh2NZgrOEAQYASABEgL1N_D_BwE
24. <http://www.gmtcontrol.com/tr/urunler/servo-sistemler/gs80d-075-30ayk-3lh.html#genel-ozellikler>
25. <http://www.gmtcontrol.com/tr/urunler/servo-sistemler/gssf-l1.html>
26. http://arels spindle.com/Files/Documents/arel-spindle-katalog_webe-05102015112752.pdf
27. <http://www.gmtcontrol.com/tr/urunler/ac-drive/micno-trifaze.html>
28. http://www.aplusplastik.com.tr/tr-TR/50x70x25-cm-seffaf-kapakli-abs-pano,PRD_341112190000.html
29. <https://urun.n11.com/guc-kaynagi/smpps-my-500-24-24v-208-amp-led-guc-kaynagi-P184340662>
30. <http://www.fixer365.com/siemens-trifaze-sigorta-k-otomat-3x25-amper>
31. <https://kentstore.com/gmc-40-ac240/>
32. <http://www.robosan.com.tr/vidalimil.aspx>
33. https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/milling/formulas_and_definitions/the_milling_process/pages/cutting-speed.aspx
34. <http://kalipsektoru.com/forum/threads/kesme-hizi-hesaplari.360/>
35. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/servo%20motor%20ve%20s%C3%BCr%C3%BCc%C3%BCleri.pdf

36. <https://medium.com/@sahinrulman/servo-motor-%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fma-prensibi-ecaf45428597>
37. <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/ac-servo-motor-3972/>
38. <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/step-ve-servomotorlar/14750#ad-image-0>
39. <http://www.teknobeyin.com/step-motorlar-hakkinda-her-sey.html>
40. **Fırat, K.** “Zincir Dişli Çarklar”, Celal Bayar Üniversitesi, Akhisar MYO.
41. **Kuzer, K.** (2006). “AC Servo Motorlar ve Sürücü Devreleri”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
42. **Yılmaz, F.** (2008). “AC ve DC Servo Sistem Eğitim Setinin Gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
43. **Megep** (2007). “Elektrik Elektronik Teknolojisi Step ve Servo Motorlar”, MEB, Ankara.
44. <https://www.aykutsaritas.com/nc-ve-cnc-tarihcesi/>
45. <https://turhancankargin.wordpress.com/2017/07/30/cnc-makinalari/>
46. **Sevil, S.** (2013). “Dört Eksen Masaüstü CNC Freze Tezgâhı Tasarımı, Prototipi ve Silindirik Dişli Uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
47. **Demir, M., Kuncan, M., Ertunç, H. M.** (2013). “3 Eksenli Mini CNC Freze Tezgâhı Tasarımı ve İmalatı”, Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013, 26-28 Eylül 2013, Malatya
48. <https://www.probotsan.com.tr/kategori/mini-cnc/1?ozellik1=143>
49. <https://m.es.aliexpress.com/item/32709438257.html>

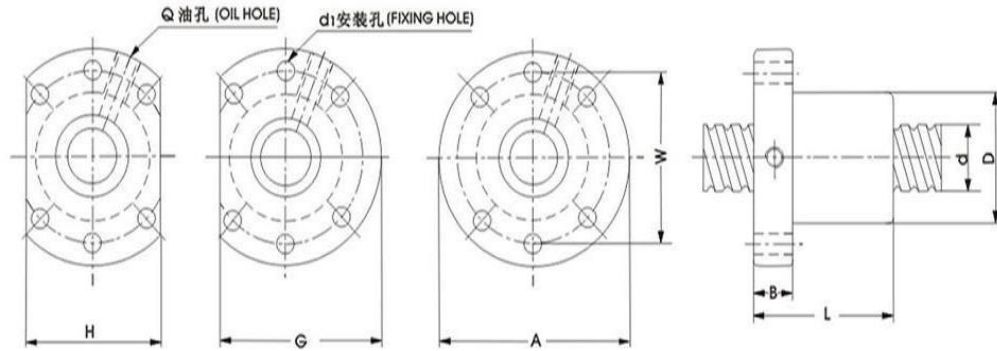
50. <http://www.turgaydisli.com/zincir-disliler.html>
51. <http://www.elektrik.gen.tr/2015/08/p-pi-ve-pid-denetleyiciler/428>
52. **Yaz, M., Bozkurt, T.** “Production Process on CNC Machines”, Department of Electronics and Communication Engineering, Bozok University, **Elec Lett Sci Eng** **23(10) (2018) 1-9**, Yozgat/Turkey.
53. http://www.gmtcontrol.com/dosyalar/servo/kullanim-kilavuzu/GSSF_L1_L2_H3_TR.pdf
54. <https://tr.dhgate.com/product/5-axis-cnc-breakout-board-interface-board/153429504.html>
55. <http://www.arelspindle.com/tr/product/arfm-3y/19>
56. **Kaygısız, H., Çetinkaya, K.** “CNC Freze Eğitim Seti Tasarımı ve Uygulaması” SDU International Journal of Technologic Sciences. Vol.2, No 3, September 2010. pp. 57-71.
57. **Megep** (2006). “Makine teknolojisi cnc freze tezgâhları”, *MEB*, Ankara.
58. **Akkurt, M.** (1985). Takım Tezgâhları Talas Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi, *Birsen Yayınevi*, s.12-64, İstanbul.

EKLER

EK 1: Linear Kızak Linear Ray Araba SHN 30 A

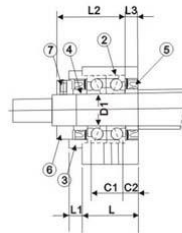
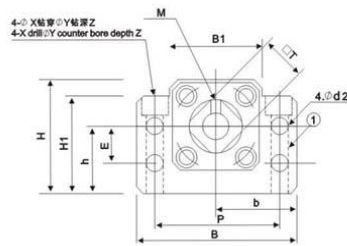


EK 2: Vidalı Mil SCR 3210



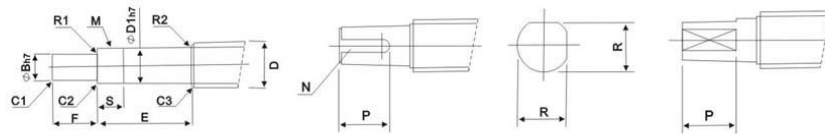
型 号 MODEL NO.	主 要 尺 寸 MAIN DIMENSIONS					安 装 尺 寸 Mounting dimension									基本额定载荷 BASIC LOAD RATING		刚 性 RIGIDITY (Kg/mm)
	螺杆 外径 SCREW DIAMETER	导程 THREAD DISTANCE	钢珠 外径 BALL DIAMETER	螺帽 外径 NUT OUTER DIAMETER	珠圈 数 BALL CIRCULATION Number										C(kgf)	Co(kgf)	
	d	s	Da	D	n	Q	A	G	H	L	B	W	d1	K			
	SFUR 1605	16	5	3.175	28	3	M6	48	44	40	50	10	38	5.5	780	1790	20
SFUR 2005	20	5	3.175	36	3	M6	58	51	44	51	10	47	6.6	1130	2380	25	
SFUR 2505	25	5	3.175	40	3	M8	62	55	48	51	10	51	6.6	1280	3110	35	
SFUR 3205	32	5	3.175	50	3	M8	80	71	62	52	12	65	9	1450	4150	40	
SFUR 3210		10	6.35	50	3	M8	80	71	62	90	12	65	9	3390	7170	40	
SFUR 4005	40	5	3.175	63	3	M8	93	81.5	70	55	14	78	9	1610	5350	49	
SFUR 4010		10	6.35	63	3	M8	93	81.5	70	93	14	78	9	3910	9520	50	
SFUR 5010	50	10	6.35	75	3	M8	110	97.5	85	93	16	93	11	4450	12500	65	
SFUR 6310	63	10	6.35	90	3	M8	125	100	95	98	18	108	11	5070	16600	80	
SFUR 8010	80	10	6.35	105	3	M8	145	127.5	110	98	20	125	13.5	5620	21300	90	

EK 3: Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25



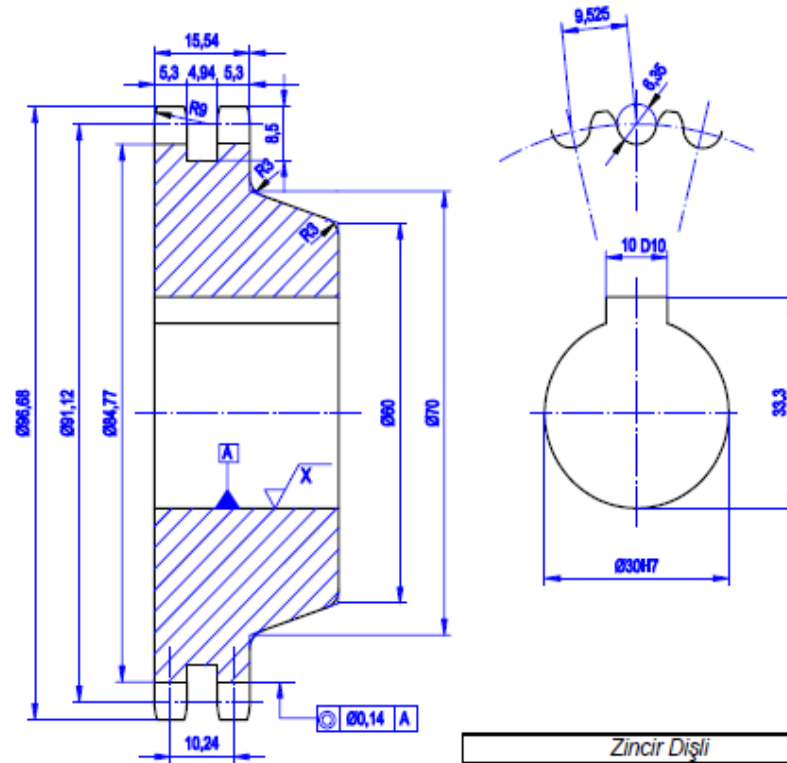
编号/Park No.	部品名称/Park name	数量/Qty
1	轴承座本体/Housing	1
2	轴承/Bearing	组/1 set
3	压板/Holding lid	1
4	间隔圈/Collear	2
5	轴封/Seal	2
6	锁固螺帽/Lock nut	组/1 set
7	内六角止付螺丝附铜片 Hexagon socket-head Setscrew(with set piece)	1

型号 Model No.	轴径 Shaft diameter d1	L	L1	L2	L3	B	H	b ±0.02	h ±0.02	B1	H1	E	P	C1	C2	d2	X	Y	Z	M	T
BK12	12	25	6	29	5	60	43	30	25	35	32.5	18	46	13	6	5.5	6.6	11	1.5	M3	19
BK15	15	27	6	32	6	70	48	35	28	40	38	18	54	15	6	5.5	6.6	11	6.5	M3	22
BK17	17	35	9	44	7	86	64	43	39	50	55	28	68	19	8	6.6	9	14	8.5	M4	24
BK20	20	35	8	43	8	88	60	44	34	52	50	22	70	19	8	6.6	9	14	8.5	M4	30
BK25	25	42	12	54	9	106	80	53	48	64	70	33	85	22	10	9	11	17.5	11	M5	35
BK30	30	45	14	61	9	128	89	64	51	76	78	33	102	23	11	11	14	20	13	M6	40
BK35	35	50	14	67	12	140	96	70	52	88	79	35	114	26	12	11	14	20	13	M8	50



型号 MODEL NUBER BK型	适用轴杆外径 Ball screw outside diameter D	D1	B	E	F	M	S	倒角 Chamfer C1 C2 C2			圆角半径 Radius R1 R2MAX		H1 键槽(30°深×深) KEY WAY DIMENSION N P R P			H2	型号 MODEL NUBER BK型
BK-12	φ14、φ15、φ16、φ18	12	10	39	15	M12X4	14	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	3x1.8	12	9.5	12	BK-12
BK-15	φ18、φ20	15	12	40	20	M15X1	12	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	4x2.5	16	11.3	16	BK-15
BK-17	φ20、φ25	17	15	53	23	M17X1	17	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	5x3.0	21	14.3	21	BK-17
BK-20	φ25、φ28	20	16	53	25	M20X1	15	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	5x3.0	21	16	21	BK-20
BK-25	φ32、φ36	25	20	65	30	M25X1.5	18	0.5	0.7	1.0	0.5	0.5	6x3.5	25	19	25	BK-25
BK-30	φ36、φ40	30	25	72	38	M30X1.5	25	0.5	0.7	1.0	0.5	0.5	8x4.0	32	23.5	32	BK-30
BK-35	φ40、φ45、φ50	35	30	83	45	M35X1.5	28	0.5	1.0	1.0	0.5	0.5	8x4.0	40	28.5	40	BK-35

EK 4: Zincir Dişli Çark



Zincir Dişli		
Adım	p	$3/8'' = 9,525$
Diş sayısı	z_1	30
Makara çapı		6,35
Eş dişli diş sayısı	z_2	57
Eksenler arası	a	300
Eş dişli diş Nu.		

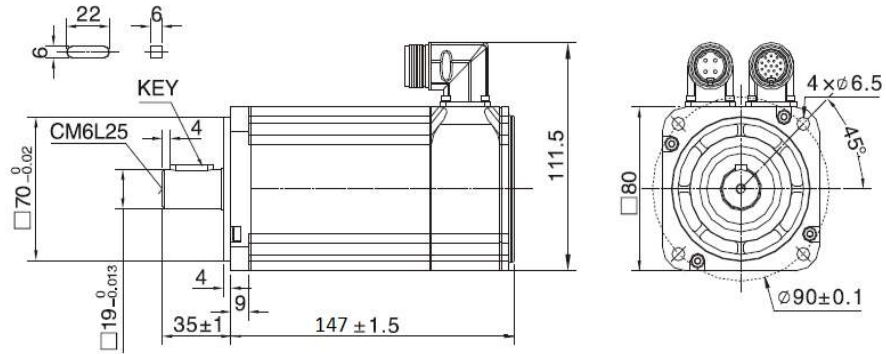
ÖLÇÜ	EBÖ	EKÖ
ø30H7	30,025	30
10D10	10,098	10,040

$\sqrt{X} = \sqrt{Ra_{0,8}}$ $\sqrt{Ra_{1,6}}$ $\left(\sqrt{X} \right)^{Ra_{balanms}}$

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Malzeme	
Çizen	04-06-1997					
Kontrol				1	42CrMo-4	
Ölçek	ZİNCİR DIŞLI ÇARK					Resim Nu.
1:1						122.06. 03

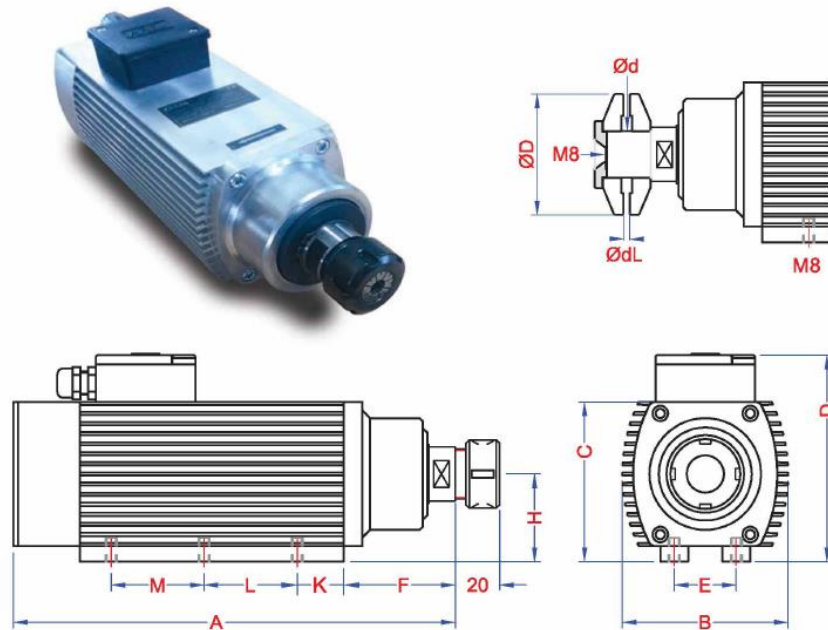
EK 5: GS080D-075-30AYK-3LN Servo Motor

GS080D-075-30AYK-3LN



EK 6: Spindle Motor

ARFM.3Y MOTORLAR / MOTORS

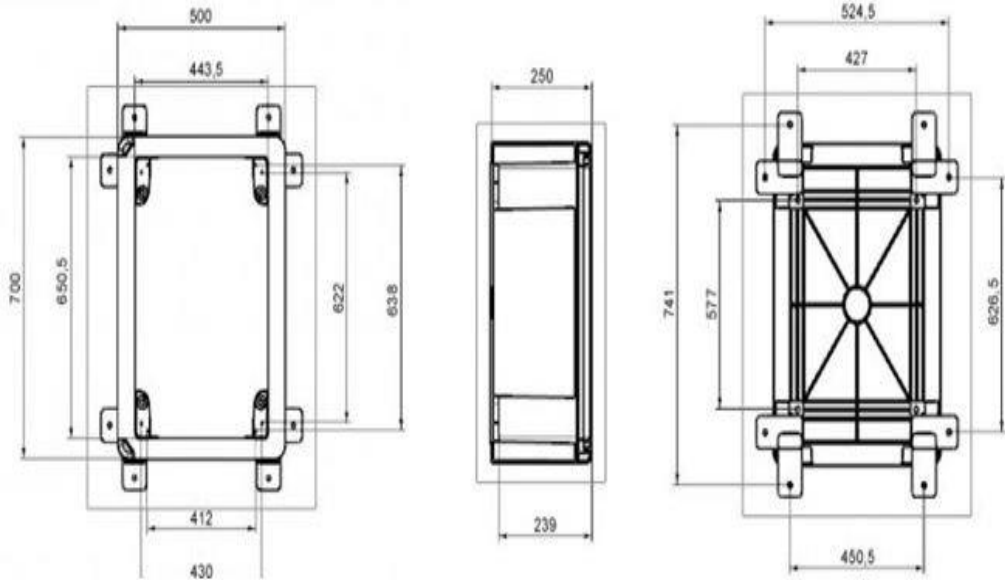


EK 7: Spindle Motor Teknik Özellikleri

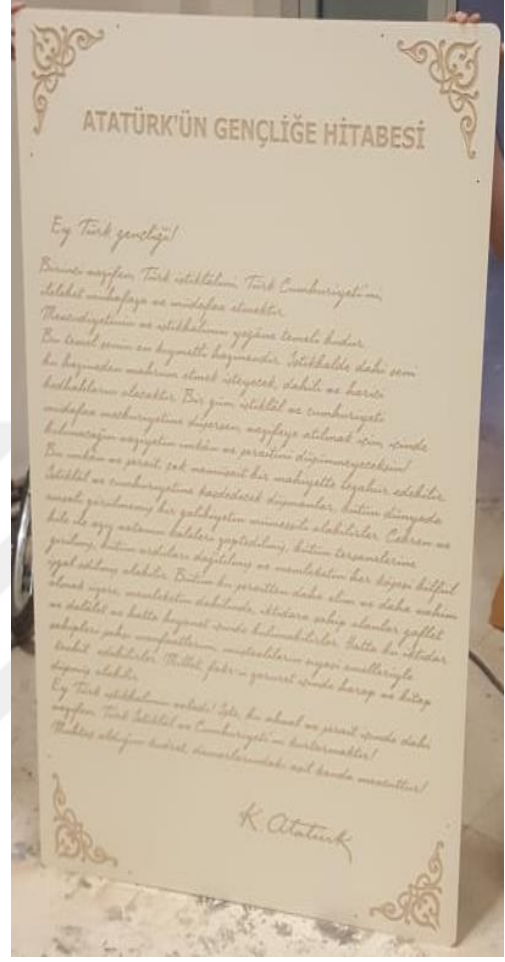
Tipi	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	H mm	K mm	L mm	M mm	Ø D	Ø d	Ø dL
ARFM.3Y-S	273	107	103	133	40	85	56,5	30	60	-	78	30	2 mm
ARFM.3Y-M	323	107	103	133	40	85	56,5	30	60	60	78	30	2 mm
ARFM.3Y-L	363	107	103	133	40	85	56,5	30	60	60	78	30	2 mm

TİPİ / TYPE	KW / HP	Rpm	HZ.	Volt	Ampere	Kg.	PENS / COLLETS
ARFM.3Y-S2	1,5 / 2	12000	200	220-380	5,3 / 3,1	6,85	ER 20 1 - 13 mm
ARFM.3Y-S3	2,2 / 3	18000	300	220-380	8 / 4,6	6,85	
ARFM.3Y-S4	0,37 / 0,5	3000	50	220-380	1,4 / 0,8	6,85	
ARFM.3Y-M2	2,2 / 3	12000	200	220-380	8 / 4,6	9	
ARFM.3Y-M3	3 / 4	18000	300	220-380	10,5 / 6	9	
ARFM.3Y-M4	0,55 / 0,75	3000	50	220-380	1,1 / 1,9	9	ER 25 1 - 16 mm
ARFM.3Y-L1	1,8 / 2,5	6000	200	220-380	6 / 3,5	10,85	
ARFM.3Y-L2	3 / 4	12000	200	220-380	10,4 / 6	10,85	
ARFM.3Y-L3	4 / 5,5	18000	300	220-380	14,2 / 8,2	10,85	
ARFM.3Y-L4	0,75 / 1	3000	50	220-380	2,6 / 1,6	10,85	

EK 8: Elektrik Panosu



EK 9: Parça İşleme Örnekleri





ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Yozgat’ ta doğan Tuğba BOZKURT, ilk ve orta öğrenimini Yozgat’ta Mehmet Akif Ersoy İlkokulu’nda, lise öğrenimini Yozgat Süper Lisesi’nde tamamlamıştır. Üniversite eğitimine 2006 Niğde’de Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde başlamış ve 2012’ de mezun olmuştur. 2013 yılında Bozok Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği’nde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

İletişim Bilgileri

Adres : Bozok Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği

Merkez / YOZGAT

Telefon: 0 (505) 419 69 10

E-posta: bozkurttmuhendislik@gmail.com