

**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** : Dr. Öğr. Ü. Mustafa YAZ  
(Danışman)

**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 imalatta 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

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| <b>ÖZET</b> .....   | <b>iii</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>iv</b>    |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....   | <b>v</b>     |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....  | <b>vi</b>    |
| <b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....   | <b>x</b>     |
| <b>TABLolar LİSTESİ</b> .....   | <b>xiii</b>  |
| <b>SİMGELER LİSTESİ</b> .....   | <b>xiv</b>   |
| <b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....  | <b>xv</b>    |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>     |
| <b>2. LİTERATÜR İNCELEMESİ</b> .....  | <b>4</b>     |
| <b>3. CNC TAKIM TEZGÂHLARI</b> .....  | <b>7</b>     |
| 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           |
| <b>4. ÜÇ EKSEN CNC TAKIM TEZGÂH TASARIMI VE İMALATI</b> .....               | <b>18</b>    |



|   |    |
|---|----|
| 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 Ekseni Hesapları.....                           | 82         |
| 4.16.3. X Ekseni Hesapları .....                          | 84         |
| 4.16.4. Y Ekseni Hesapları .....                          | 87         |
| <b>5. BULGULAR.....</b>                                   | <b>90</b>  |
| 5.1. Tezgâhın Doğruluk Kontrolü .....                     | 90         |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                          | <b>92</b>  |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                    | <b>98</b>  |
| <b>EKLER.....</b>   | <b>103</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                      | <b>111</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 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<br>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<br>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<br>Bağlantı Plakası .....              | 33           |
| Şekil 4.26 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Eksenini Vidalı Mil<br>Somun Gövdesi Bağlantı Plakası ..... | 34           |

|  |    |
|--|----|
| <b>Şekil 4.27</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Yan Görünüşü .....                     | 35 |
| <b>Şekil 4.28</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Üst Görünüşü.....                      | 35 |
| <b>Şekil 4.29</b> Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Montajı.....   | 36 |
| <b>Şekil 4.30</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Motor Bağlantı Plakası .....                                     | 36 |
| <b>Şekil 4.31</b> X Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı.....  | 37 |
| <b>Şekil 4.32</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Vidalı Mil Uç Yataklama Plakası .....                            | 37 |
| <b>Şekil 4.33</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası.....                              | 38 |
| <b>Şekil 4.34</b> X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası Montajı .....   | 38 |
| <b>Şekil 4.35</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu Arka Görünüşü .....                                  | 39 |
| <b>Şekil 4.36</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu Ön Görünüşü .....                                    | 40 |
| <b>Şekil 4.37</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası .....                                     | 40 |
| <b>Şekil 4.38</b> Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı .....   | 41 |
| <b>Şekil 4.39</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu ..... | 42 |
| <b>Şekil 4.40</b> Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu Montajı .....                                     | 42 |
| <b>Şekil 4.41</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Plaka Grubu Ön Görünüş .....                                     | 43 |
| <b>Şekil 4.42</b> Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Plaka Grubu Yan Görünüş .....                                    | 43 |
| <b>Şekil 4.43</b> Hareketli Kablo Kanalları.....   | 44 |
| <b>Şekil 4.44</b> Harekete Dayanıklı Kablo .....   | 44 |
| <b>Şekil 4.45</b> 100 Watt Smd Beyaz Işık Enerji Tasarruflu Led Projektör Armatür .....  | 45 |
| <b>Şekil 4.46</b> Scheppach Ha1000 Toz Emme Makinesi.....  | 45 |
| <b>Şekil 4.47</b> Toz Emme Makinesi Gövde Bağlantı Elemanı .....   | 46 |
| <b>Şekil 4.48</b> Toz Emme Makinesi Kafa Bağlantı Elemanı .....  | 47 |
| <b>Şekil 4.49</b> Geri Besleme Kontrol Sisteminin Blok Diyagramı .....   | 48 |
| <b>Şekil 4.50</b> Step Motor .....   | 49 |
| <b>Şekil 4.51</b> Servo Sistemin Blok Diyagramı .....  | 49 |
| <b>Şekil 4.52</b> Servo Sistemin Birimleri .....   | 50 |
| <b>Şekil 4.53</b> Servo Motor .....  | 50 |
| <b>Şekil 4.54</b> GSSF-L1-250x250 Servo Sürücü.....  | 54 |
| <b>Şekil 4.55</b> Servo Sürücü Teknik Özellikleri .....  | 57 |
| <b>Şekil 4.56</b> 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 İvertör (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<br>Kaplaması.....                 | 71 |
| Şekil 4.72 Tasarımı Yapılmış Kalorifer Peteği Kaplama Modelinin CAM<br>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 |

## TABLolar LİSTESİ

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

## SİMGELER LİSTESİ

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>D</b>               | Kesici takım çapı, mm                                  |
| <b>a</b>               | Kesme derinliği, mm                                    |
| <b>Z</b>               | Kesici takım ağız sayısı                               |
| <b>X</b>               | Kesici takımın işlenecek malzemeye temas açısı         |
| <b>S<sub>z</sub></b>   | Kesici takımın dişi başına düşen ilerleme, mm/diş      |
| <b>B</b>               | Yana kayma değeri, mm                                  |
| <b>K<sub>s</sub></b>   | Kopma dayanımı, N/mm <sup>2</sup>                      |
| <b>V<sub>c</sub></b>   | Kesici takım kesme hızı, m/dk                          |
| <b>N</b>               | Spindle devir sayısı, dev/dk                           |
| <b>V<sub>f</sub></b>   | Kesici ilerleme hızı, m/dk                             |
| <b>φ<sub>2</sub></b>   | Kesici takımın yanının işlenecek malzemeye temas açısı |
| <b>h<sub>m</sub></b>   | Talaş kalınlığı, mm                                    |
| <b>b</b>               | Talaş genişliği, mm                                    |
| <b>A<sub>s</sub></b>   | Ortalama talaş kesit alanı, mm <sup>2</sup>            |
| <b>Z<sub>e</sub></b>   | Aynı anda temas eden diş sayısı                        |
| <b>F<sub>sz</sub></b>  | Bir dişe karşılık gelen kesme kuvveti, N               |
| <b>F<sub>s</sub></b>   | Ortalama kesme kuvveti, N                              |
| <b>P<sub>s</sub></b>   | Gerekli kesme gücü, kW                                 |
| <b>F<sub>v</sub></b>   | İlerleme kuvveti, N                                    |
| <b>F<sub>Ca</sub></b>  | Dinamik kuvvet, N                                      |
| <b>F<sub>Eca</sub></b> | Emniyetli dinamik kuvvet, N                            |
| <b>m</b>               | Bileşen ağırlığı, kg                                   |
| <b>F<sub>m</sub></b>   | Ağırlık kuvveti, N                                     |
| <b>F<sub>r</sub></b>   | Radyal kesme kuvveti, N                                |
| <b>N<sub>m</sub></b>   | Maksimum devir sayısı, dev/dk                          |
| <b>η</b>               | Verim  |
| <b>V<sub>max</sub></b> | Tezgâh maksimum ilerleme hızı, m/dk                    |
| <b>P</b>               | Gerekli güç, W   |
| <b>P<sub>m</sub></b>   | Motor gücü, W  |
| <b>P<sub>B</sub></b>   | Vida adımı   |
| <b>R</b>               | Redüksiyon oranı                                       |
| <b>L</b>               | Eksen sabitleme rulmanları arası mesafe, mm            |
| <b>F<sub>lD</sub></b>  | İlerleme direnci kuvveti, N                            |
| <b>σ</b>               | Standart sapma   |



## KISALTMALAR LİSTESİ

|                |  |
|----------------|--|
| <b>NC</b>      | : Numerical Control, Sayısal Kontrol   |
| <b>CNC</b>     | : Computer Numerical Control, Bilgisaylı Sayısal Kontrol                                 |
| <b>DNC</b>     | : Direct Numerical Control, Doğrudan Sayısal Kontrol                                     |
| <b>CAD</b>     | : Computer Aided Design, Bilgisayar Destekli Tasarım                                     |
| <b>CAM</b>     | : Computer Aided Manufacturing, Bilgisayar Destekli Üretim                               |
| <b>BSD</b>     | : Bilgisayarlı Sayısal Denetim   |
| <b>ENIAC</b>   | : Electronic Numerical Integrator and Computer, Elektronik Sayısal Entegreli Hesaplayıcı |
| <b>CAD-CAM</b> | : Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon ve İmalat  |
| <b>FMS</b>     | : Flexible Manufacturing System, Esnek İmalat Sistemleri                                 |
| <b>CIM</b>     | : Computer Intemated Manufacturing, Bilgisayar Destekli Bütünleşik İmalat Sistemleri     |
| <b>MIT</b>     | : Massachusetts Instute of Tecnnology, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü                 |
| <b>ROM</b>     | : Read Only Memory, Salt Okunur Bellek   |
| <b>PCB</b>     | : Printed Circuit Board, Baskılı Devre Kartı   |
| <b>AC</b>      | : Alternatif Akım  |
| <b>DC</b>      | : Doğru Akım   |
| <b>PLC</b>     | : Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)                 |
| <b>MDF</b>     | : Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluktaki Lifli Levha )                             |
| <b>LPT</b>     | : 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 imalatta 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 imalatta, hammadde halindeki malzemenin mevcut kütlesi değişmez. Talaşlı imalatta, tasarlanan parçaların çizimi talaş kaldırılarak işlenir ve bundan ötürü mevcut kütle kesinlikle değişir. Talaşlı imalatta; 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 çalışmasında, 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 çalışmasında, 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 çalışmasında, 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 çalışmasında, CNC 'nin tanıtılması, tezgâh çeşitleri ve programlama tekniklerine değinilmiştir[6].

Karabey Ö. (2016); “Prototip Üç Eksenli CNC Freze Tasarımı ve Uygulaması” başlıklı çalışmasında, 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 çalışmasında, 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 çalışmasında, 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 tasarlanmış, analiz ve hesaplarını yaparak imal etmiştir.

Kavala D. (2010); “Beş eksenli CNC tezgâh tasarımı ve kontrolü” başlıklı çalışmasında, 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 çalışmasında, 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

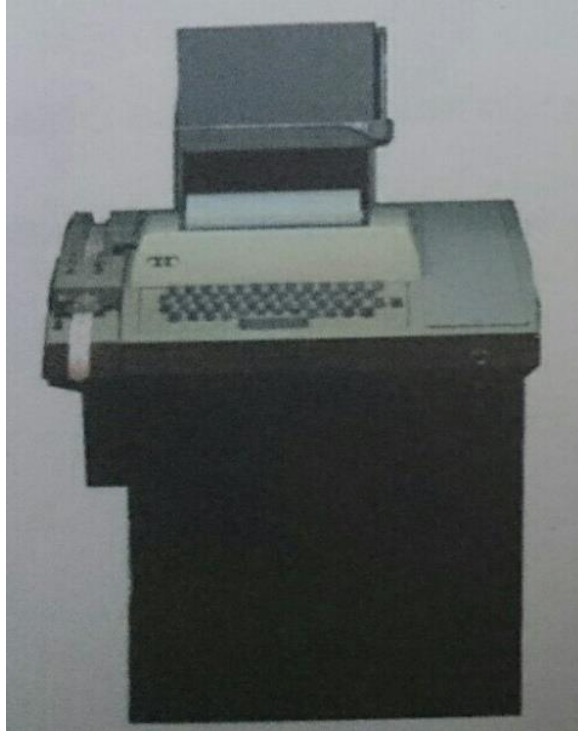


oldu. Ama teknolojik gelişmeler, sistemlerde bilgisayar kullanımının artmasına sebep olduğundan nümerik kontrollü sistemlerde bundan fazlasıyla etkilenmiştir. Son yıllarda, gelişme gösteren entegre devre elemanları, düşük maliyetli ve güvenilirliği yüksek donanımlar NC tezgâhlarla birleştirilerek gelişmelere 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 işlemler 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]

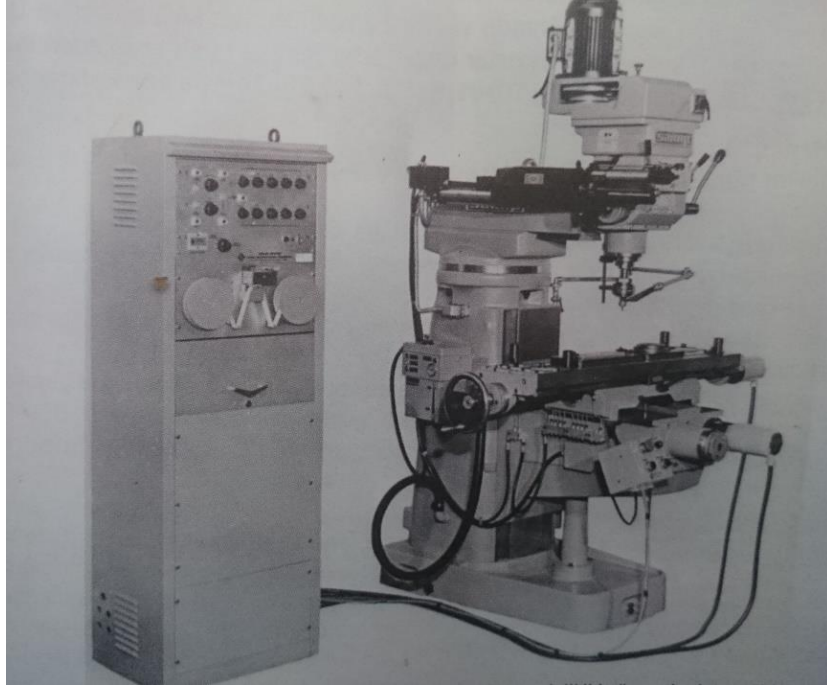


**Şekil 3.2** NC Programlı Delikli Kağıt Şerit[44]



**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 imalatta 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,
- Kalıpcılar; kalıpların üzerine küçük yazıların yazılması, küçük alüminyum kalıpların yapılması gibi vb. işlerde,
- Tekstil yedek parça üreticileri; tekstil makinelerinde kullanılan küçük parçaların üretiminde,
- Makine imalatçıları, yumuşak metallere talaş kaldırılması, standart seri halde üretilecek olan bir işe talaşlı imalat yapılması (delik, kama kanalı, T kanalı vb.),
- Elektronikçiler, PCB kazımada,
- Mermer işi ile uğraşanlar; mermer yazı, şekil, vb. işlemlerin yapılmasında,

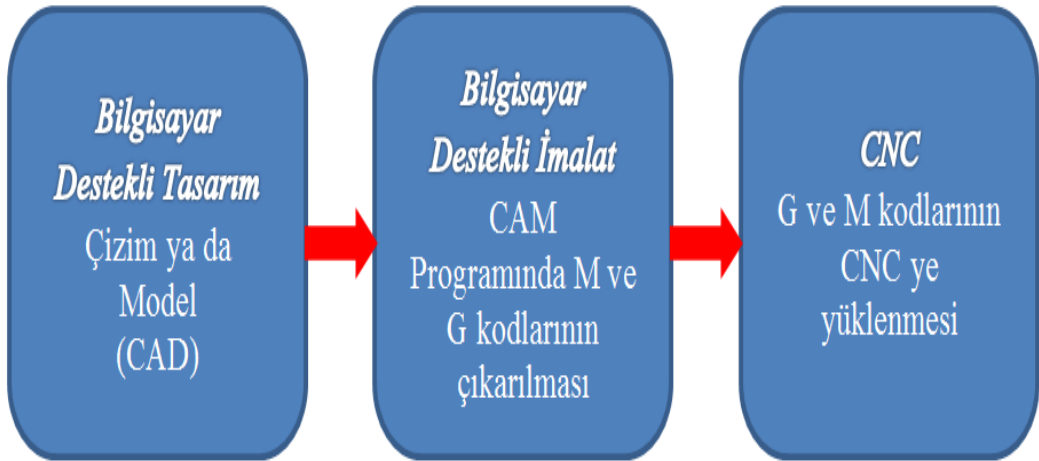
- Prototip yapım yerleri; ahşap, sert plastik, strafor, alüminyum gibi malzemelerden istenilen parçaların imal edilmesinde kullanırlar.

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]

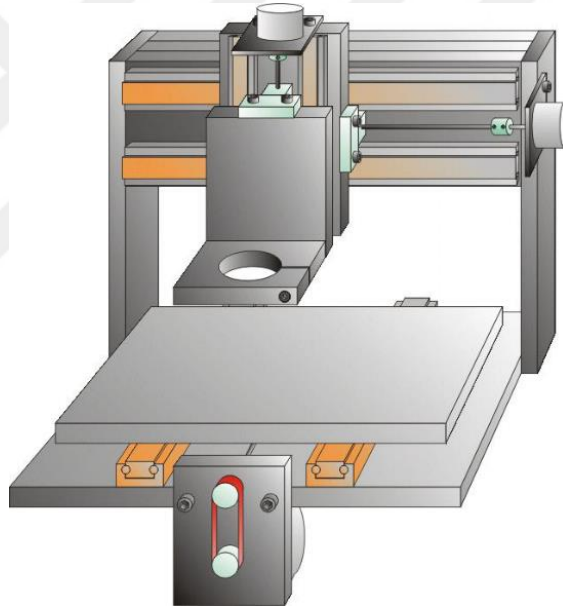
İkinci yol olarak, genellikle basit parçaların M ve G kodları CNC programcısı tarafından elle yazılarak CNC' ye yüklenir[8].

### 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

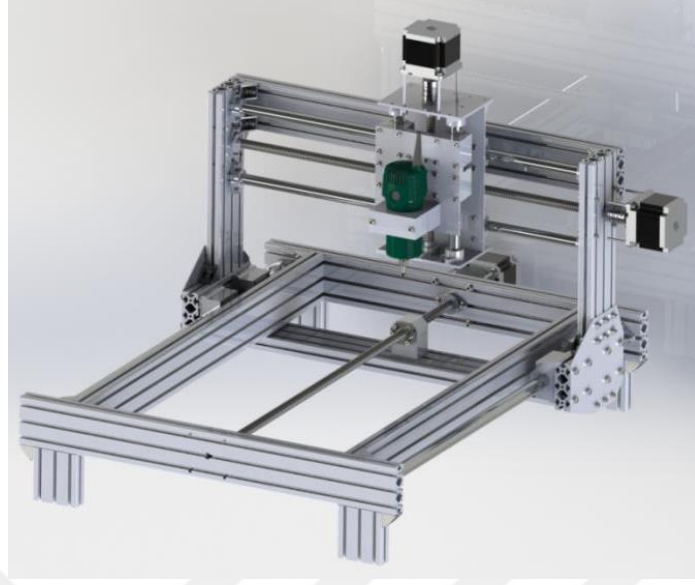
Kolay tasarlanan ve yapısal olarak sağlamlığı fazla olan bu tezgâhın tasarımında X eksenini ve Z eksenini aynı yapı üzerinde hareket ederken, Y eksenini bu iki ekseninden bağımsız hareket ettirmektedir. Dayanımı yüksek parçaların işlenmesi için uygun bir tasarımdır[9].



Şekil 3.6 Köprü Tipi CNC Freze Tezgâhı[47]

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

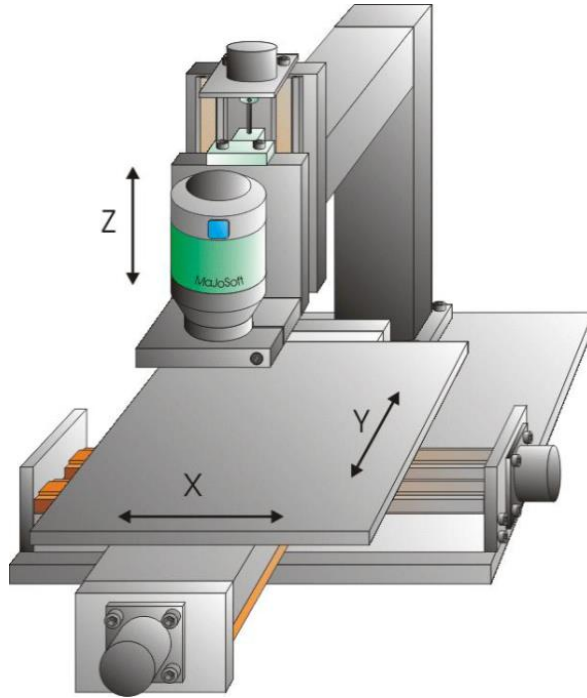
Tabla sabit masaüstü CNC freze konstrüksiyon tipinde; X, Y, Z iş mili hareketli olup, tabla hareketsizdir. Bu tezgâh konstrüksiyon tipi; ağır malzemelerin işlenmesinde, işlenecek parçanın tabla ölçüleri boyutunda bağlanabilmesi, ilave eksen eklenmesi durumunda avantajı vardır. Ancak, Y eksenini hareketli olduğundan ve Y eksenini iş milini taşıdığından tasarımda, yataklama elemanı 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 ekseninden 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 eksenini doğrusal hareket halinde, dördüncü eksen ise dairesel hareket yapar. Dördüncü eksen; X eksenine paralel dönüyorsa A eksenini, Y eksenine paralel dönüyorsa B eksenini, Z eksenine paralel dönüyorsa C eksenini olarak adlandırılır. 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.

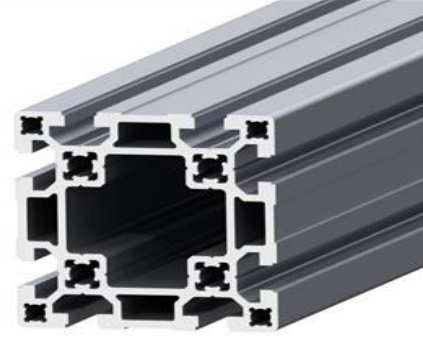
#### 4.1.1. Alt Tabla Tasarımı

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.

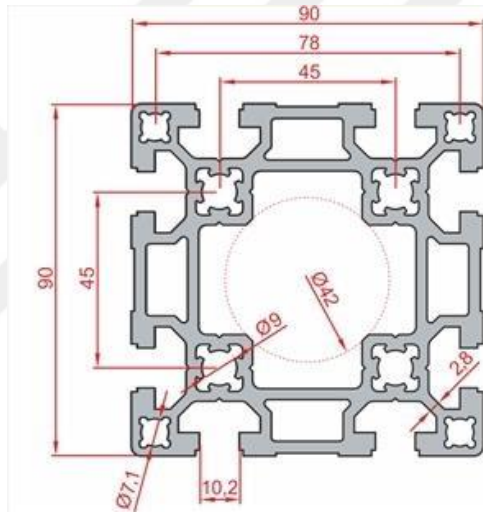
Alüminyum sigma profil kullanılmasının sebebi; hafif, düzgün bir geometriye sahip, kolay montajlanabilir ve kolay işlenebilirliğidir. Hareketli parçaların hafifliği, yüksek hızlarda düşük eylemsizlik momenti oluşturur ve ivmelenmeler sırasında titreşime yol açılmasını engeller. Fakat ana gövdenin ağırlığının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

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

| Dış Ebat | Malzeme | L (mm) | I <sub>x</sub>                   | I <sub>y</sub>                   | W <sub>x</sub>                 | W <sub>y</sub>                 | Alan                            | Kütle        |
|----------|---------|--------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| 90x90    | 6063    | 6000   | 220,49<br><i>cm</i> <sup>4</sup> | 220,49<br><i>cm</i> <sup>4</sup> | 48,9<br><i>cm</i> <sup>3</sup> | 48,9<br><i>cm</i> <sup>3</sup> | 25,31<br><i>cm</i> <sup>2</sup> | 6,83<br>Kg/m |



Şekil 4.1 90x90 Ağır Sigma Profil[19]



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

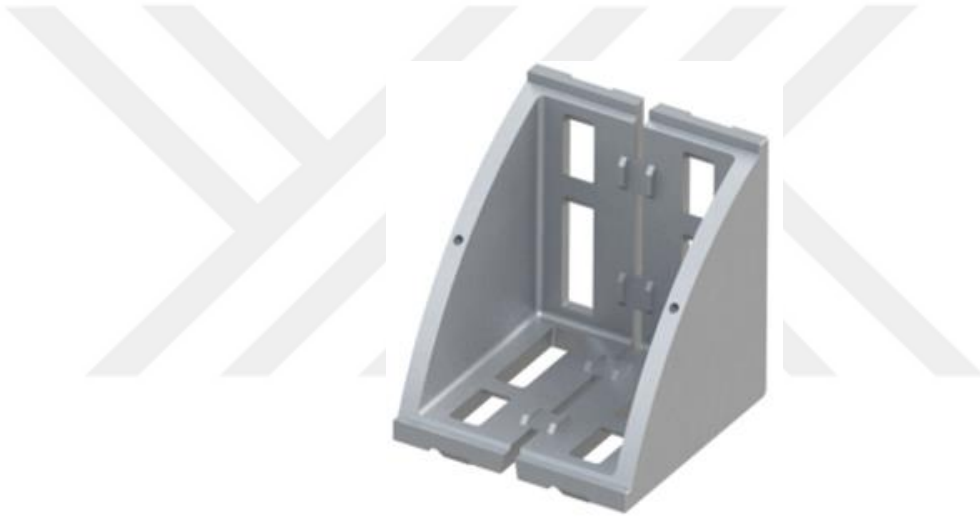


Şekil 4.3 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Alt Tabla

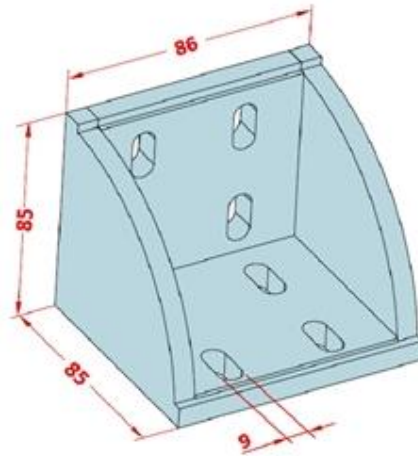
Şaselerin dayanıklılığını artırmak için ve köşe bağlantılara takılan 90x90 Geniş Köşe Bağlantı kullanılmıştır.

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

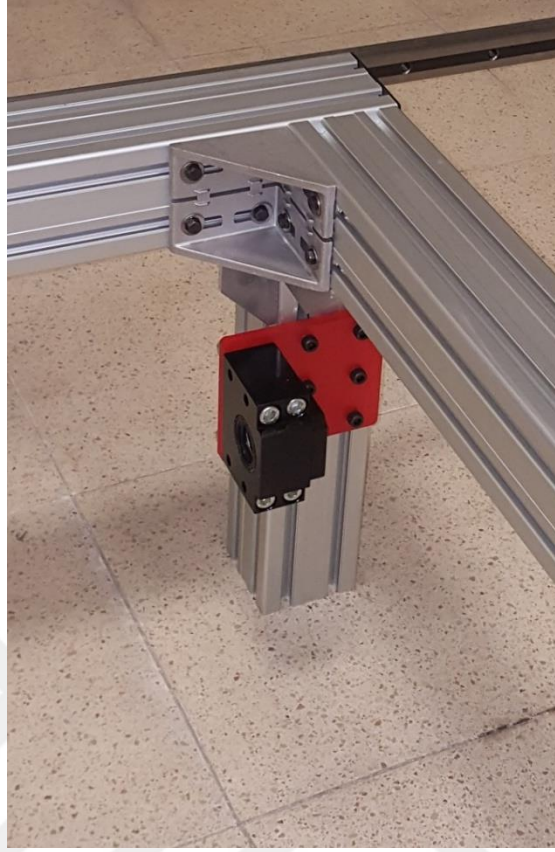
| Kod                | Ürün Adı                  | L    | H    | W    | D | Malzeme | Ağırlık (gr) |
|--------------------|---------------------------|------|------|------|---|---------|--------------|
| 2.2.001.10.9090.03 | 90x90 Geniş Köşe Bağlantı | 84,7 | 84,7 | 86,5 | 9 | 336     | Alüminyum   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



**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

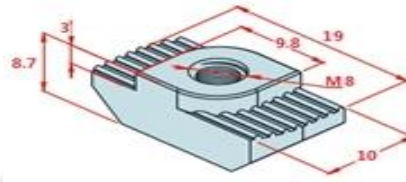
Profil bağlantılarını kayma ve gevşeme olmadan, tırtılların profil içerisine yerleşmesiyle montaj yapılmıştır. Montaj aşamasında; profile istenilen yerden bağlanıp, istenildiği zaman da bağlanılan yerden kolayca çıkartılabilen Kanal 10 Tırtıllı Somun M8 kullanılmıştır.

**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 köruk 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 civata ile sabitlenmesi uygun görülmüştür.



Şekil 4.10 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Tasarımı

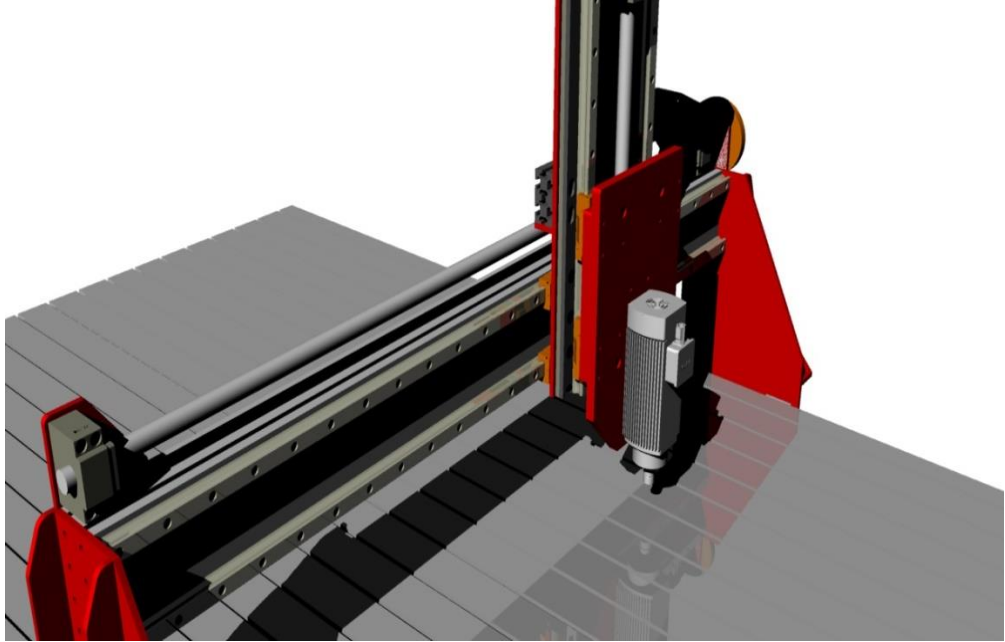
#### 4.1.3. Z Eksen Tasarımı

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 Eksen



Şekil 4.12 Rhinoceros Programında Z Eksen Plakalarının Katmanlar Halinde Montajı



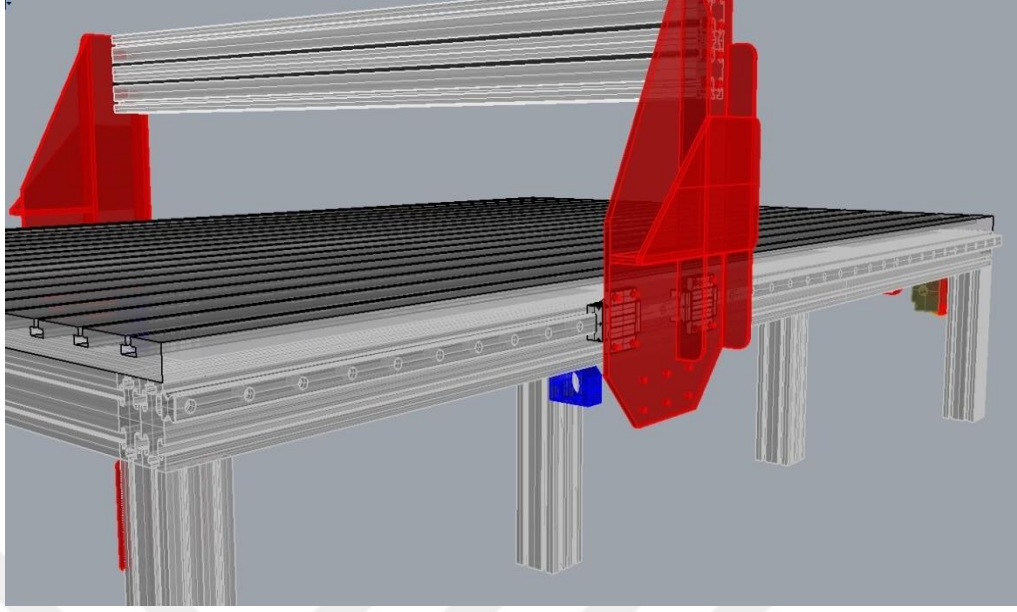
**Şekil 4.13** Z Eksen Plakalarının Katmanlar Halinde Montajı

#### **4.1.4. Eksen Yataklama Tasarımı**

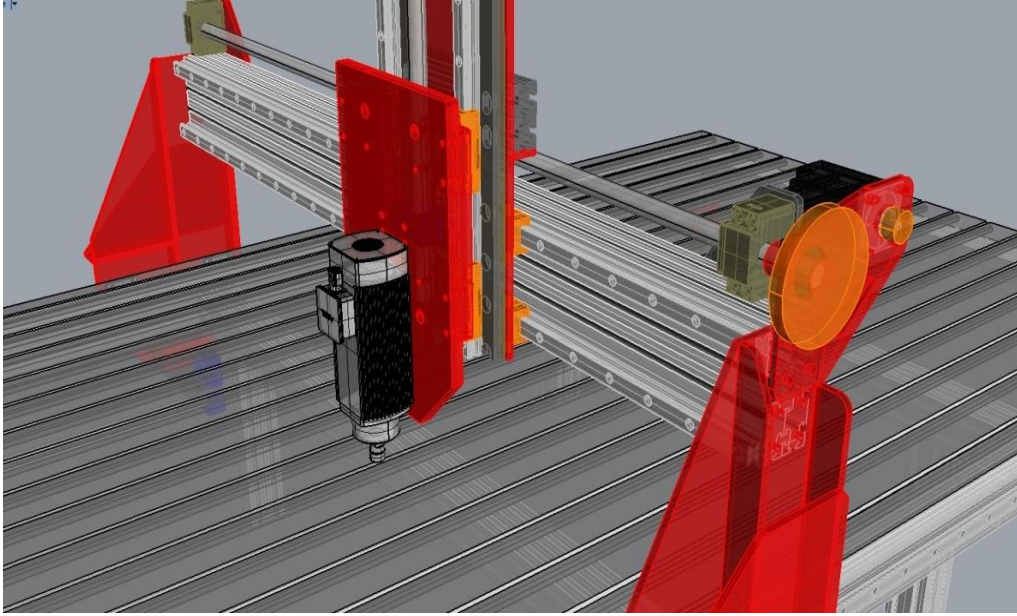
X eksenini için 1800 mm boyunda, 30x30 mm boyutlarında 2 adet kare lineer kızak ve bunlara uygun geniş tip arabalar kullanılarak yataklama sağlanmıştır.

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 Ekseni Yataklama Tasarımı

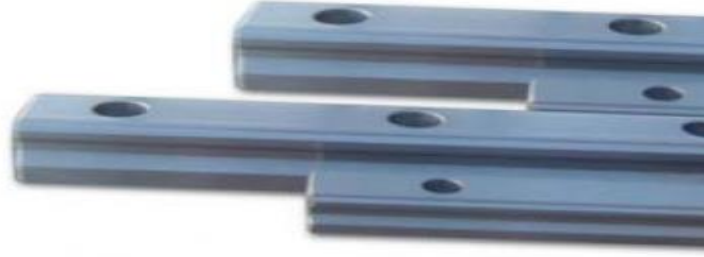


**Şekil 4.15** Rhinoceros Programında 3 Boyutlu X ve Z Eksen Yataklama Tasarımı

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 Linear Ray SH 30 Teknik Özellikleri[12]

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>Ray Delik Merkez Arası</b> | 80 mm |
| <b>Ray Taban Genişlik</b>     | 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]

|                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| <b>Ray Dahil Yükseklik</b>       | 42 mm    |
| <b>Delik Merkezi EnxBoy</b>      | 72x52 mm |
| <b>Tüm Boy</b>                   | 97.40 mm |
| <b>Tüm En</b>                    | 90 mm    |
| <b>Taşıma Kapasitesi Statik</b>  | 83.06 KN |
| <b>Taşıma Kapasitesi Dinamik</b> | 38.74    |
| <b>Ray Delik Merkez Arası</b>    | 80 mm    |
| <b>Ray Taban Genişlik</b>        | 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 eksenini 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 aktarımını vidalı millerin motor tarafına montajıyla sağlamıştır.

#### **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 kısaltılmakla birlikte tünel fırınlar gibi yüksek sıcaklıktaki ortamlarda ve tozlu, kirli, rutubetli çevrelerde de kullanılması mümkündür.
- Uygun boyda montajı kolaydır (kilit baklası)[40].



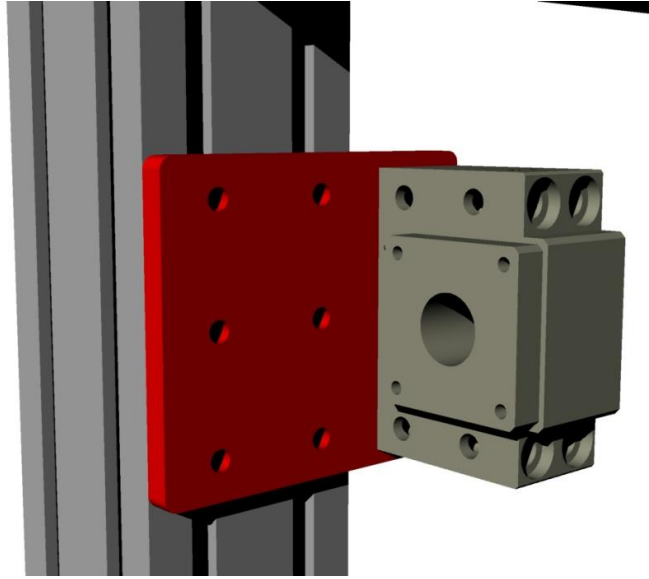
#### 4.1.6.3. Zincir Dişli Dezavantajları

- 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].

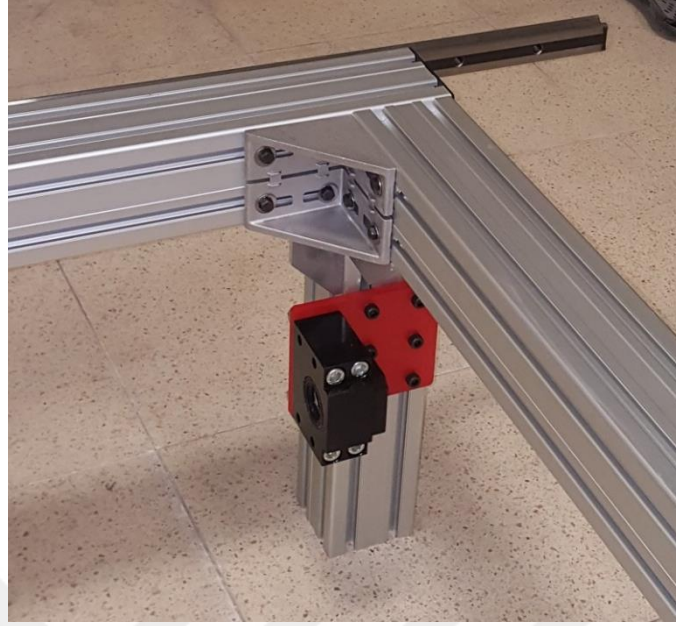
#### 4.1.7. Çelik Sac Plaka Tasarımları

##### 4.1.7.1. Y Ekseni 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.



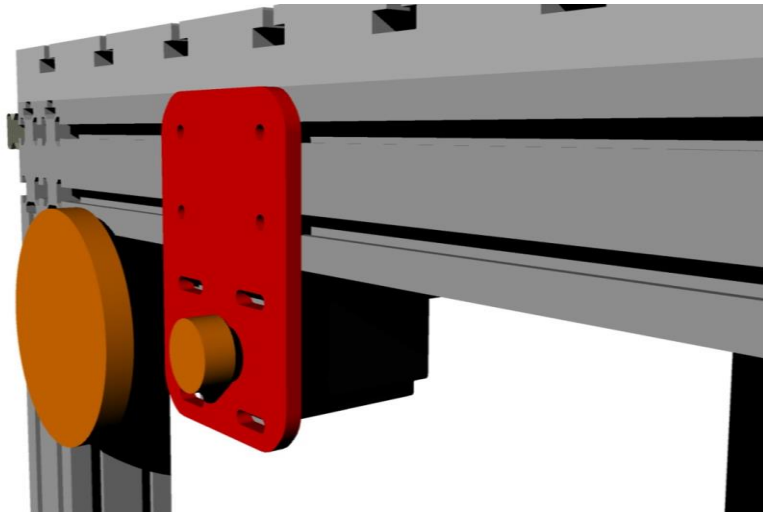
Şekil 4.23 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Ekseni Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası



**Şekil 4.24** Y Eksenli Vidalı Mil Uç Yatağı Bağlantı Plakası Montajı

#### **4.1.7.2. Y Eksenli Servo Motor Bağlantı Plakası**

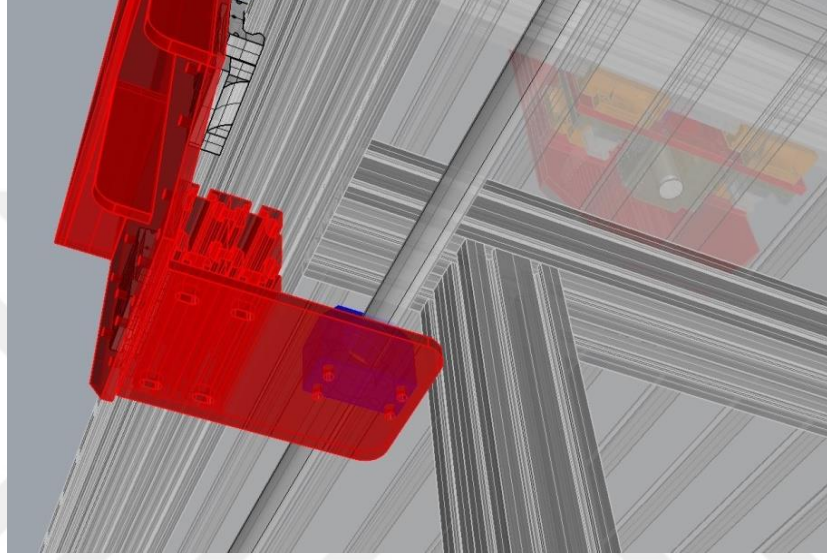
Milinde 15 diş zincir dişlisi bulunan servo motorun bağlantısında kullanılan zincirin gerginliğinin ayarlanabilmesi için 10 mm çelik sacdan kanallı bir plaka tasarlanmıştır. Gövdeye montajı; alüminyum sigma profilin kanallarına vida ile bağlanabilmesi için 4 adet delik delinmiştir.



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

#### 4.1.7.3. Y Ekseni Vidalı Mil Somun Gövdesi Bağlantı Plakası

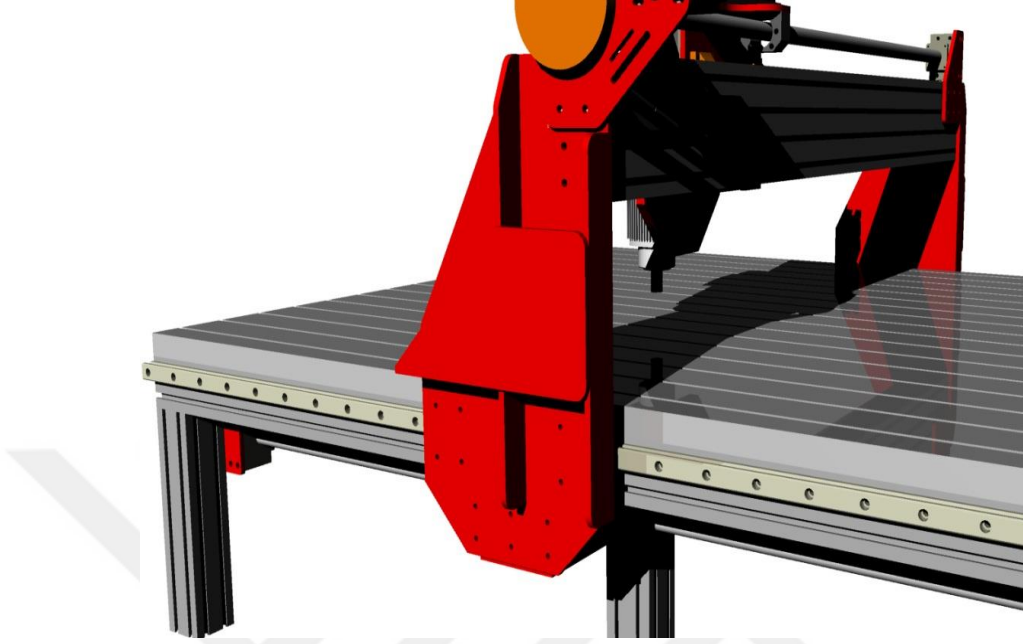
10 mm çelik sacdan, vidalı milin ekseni boyunca merkezlenebilmesi için eksene paralel monte edilmiş sigma profilin kanallarında, eksene dik şekilde hareket edebilmesini sağlayan kanallar açılmıştır. Somun gövdesine montajı için montaj delikleri tasarlanmıştır.



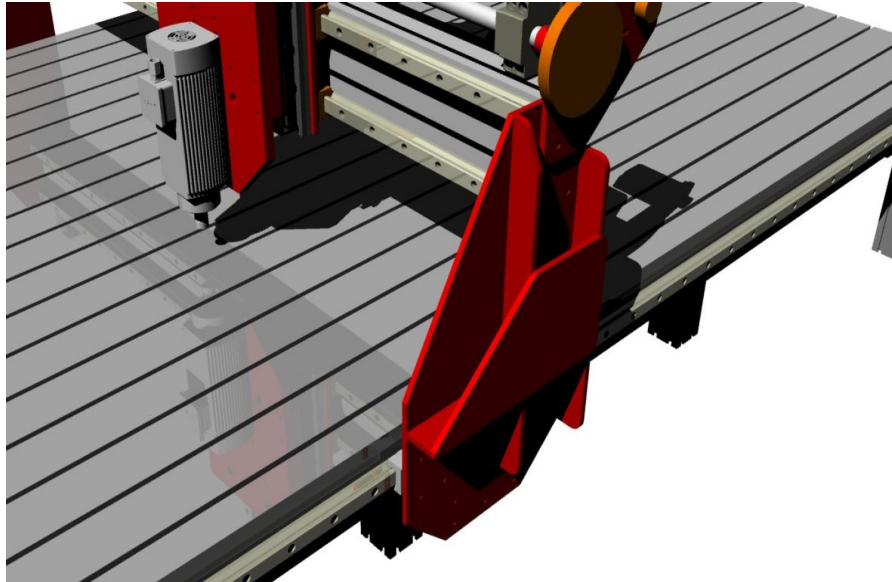
Şekil 4.26 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Y Ekseni Vidalı Mil Somun Gövdesi Bağlantı Plakası

#### 4.1.7.4. Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu

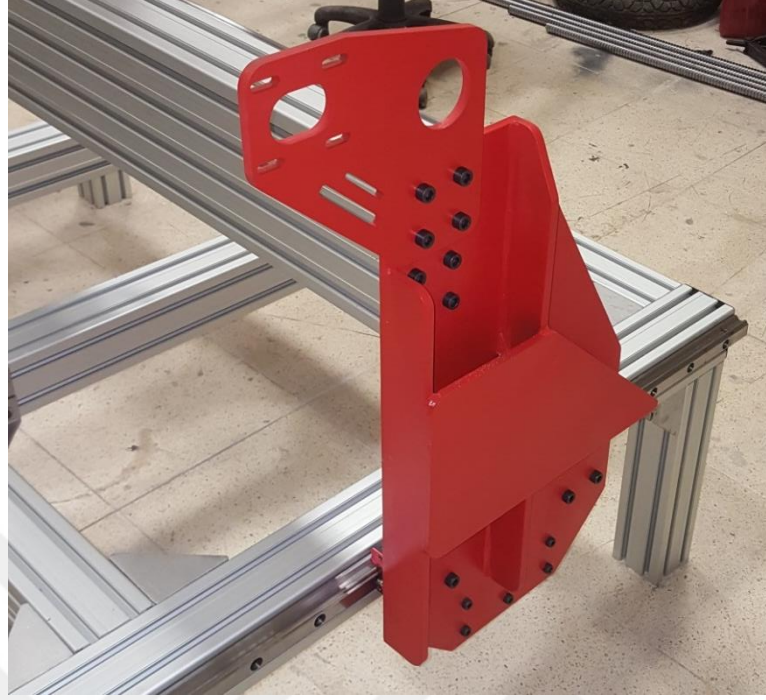
5 parça plakadan oluşan köprü direği bağlantı grubu kaynak işlemi ile montajlanmıştır. Hafif ve x ekseninden gelen yatay yüklere karşı daha az esnemesi için bağlantı parçaları ana plakaya dik şekilde kaynaklanarak konstrüktif yapı oluşturulmuştur. Ana bağlantı plakasına Y eksenindeki lineer arabaları 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



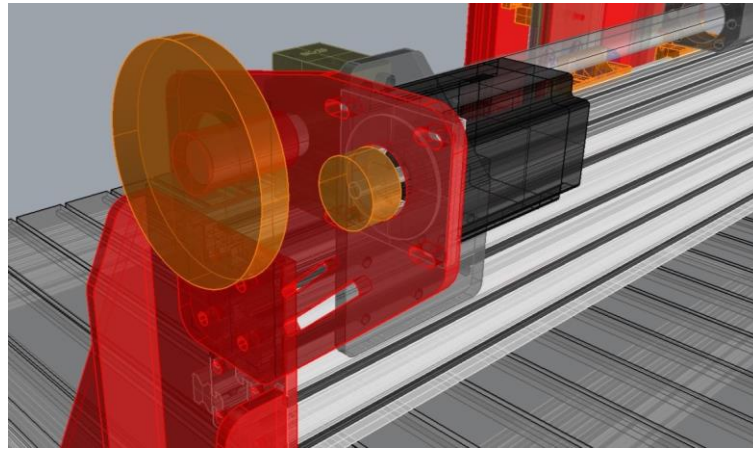
**Şekil 4.28** Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Üst Görünüşü



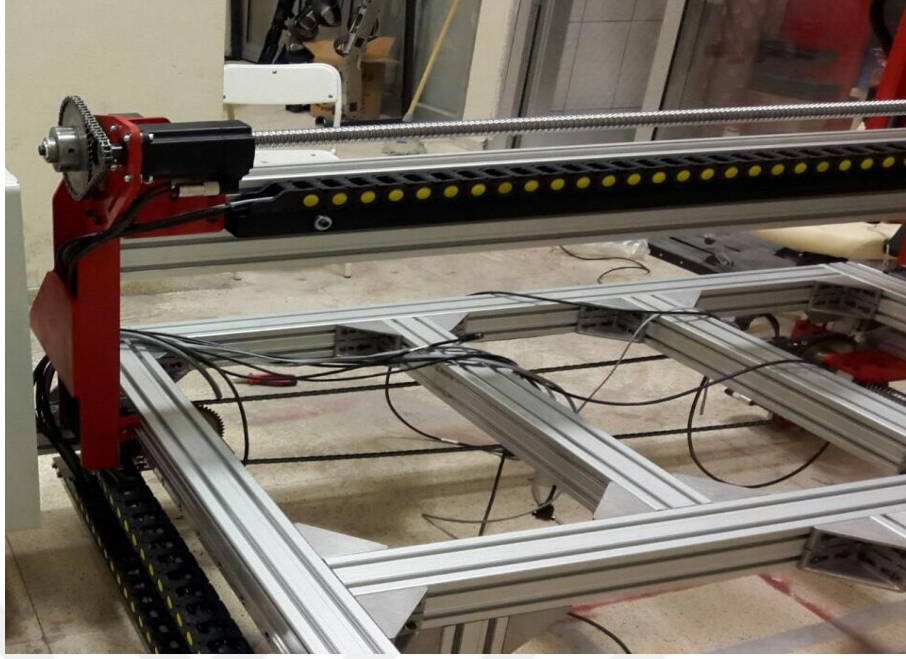
**Şekil 4.29** Köprü Direği Bağlantı Plakası Grubu Montajı

#### **4.1.7.5. X Ekseni 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.



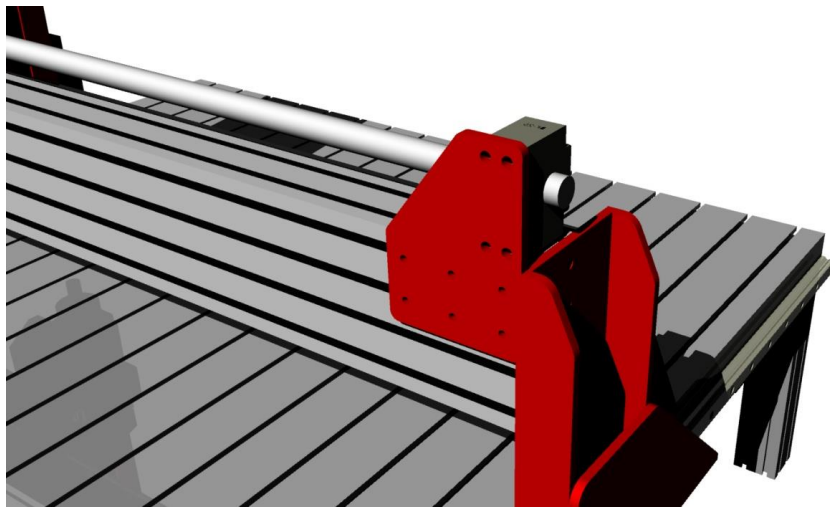
**Şekil 4.30** Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Ekseni Motor Bağlantı Plakası



Şekil 4.31 X Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı

#### 4.1.7.6. X Eksenli Vidalı Mil Uç Yataklama Plakaları

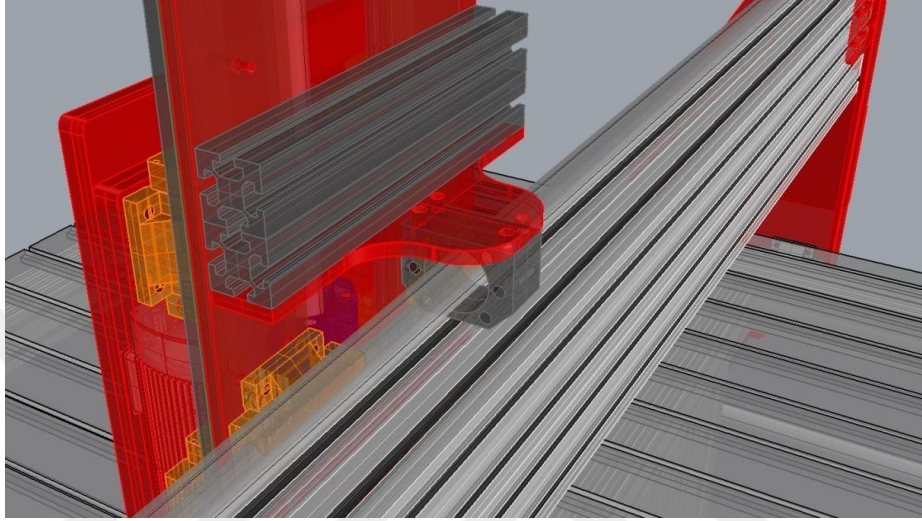
10 mm çelik sacdan tasarlanan parçanın, köprü sigma profiline ve vidalı mil uç yatağına montajı için toplamda 10 adet delik açılmıştır. Kullanılması ön görülen hareketli kablo kanallarının çarpmasını önlemek için plakanın köşesi kesik tasarlanmıştır.



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.



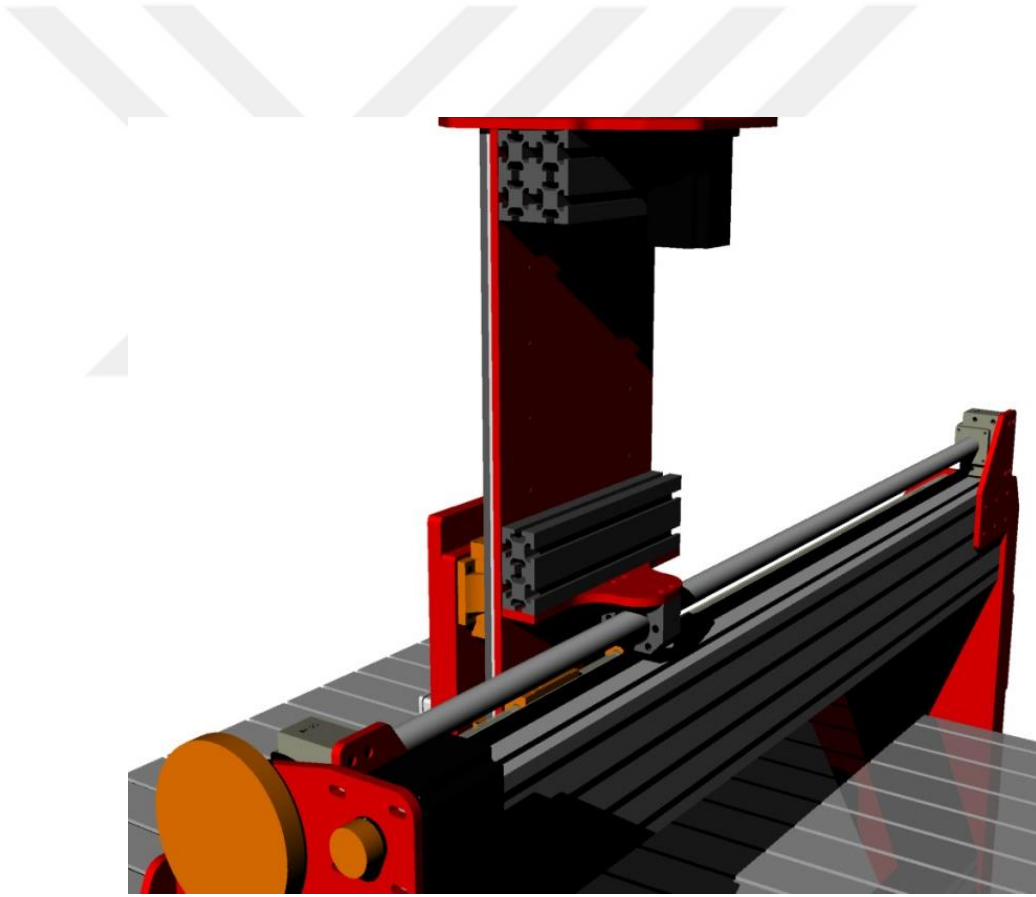
Şekil 4.33 Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası



Şekil 4.34 X Eksenli Somun Gövdesi Bağlantı Plakası Montajı

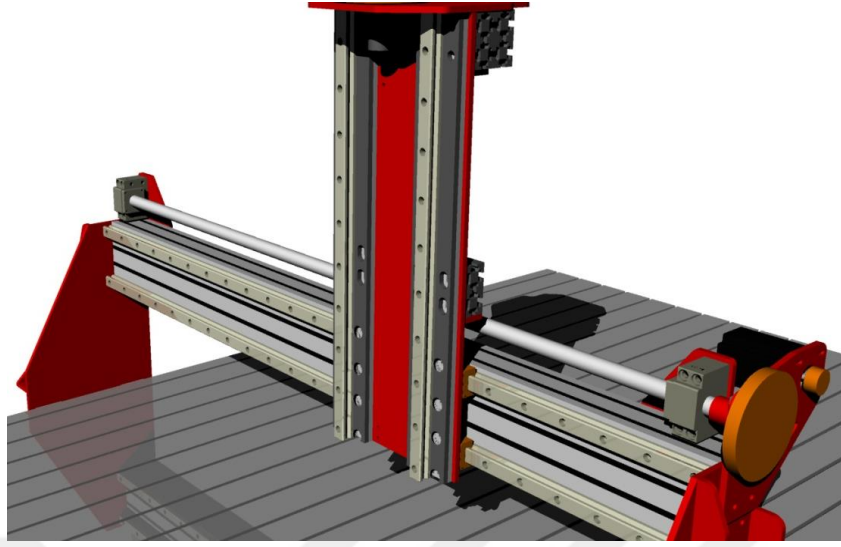
#### 4.1.7.8. X Ekseni Plaka Grubu

5 parçadan oluşan, 10 mm çelik sacdan tasarlanan X ekseni plaka grubunun üzerine; Z ekseninin lineer kızaklarının, Z ekseninin vidalı mil uç yataklarının, Z ekseni motor bağlantı plakasının, X ekseni döner somun gövdesi plakasının ve X ekseni lineer arabalarının montajlarının yapılabilmesi için gerekli delikler açılmıştır. X ekseni 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 Ekseni Plaka Grubu  
Arka Görünüşü

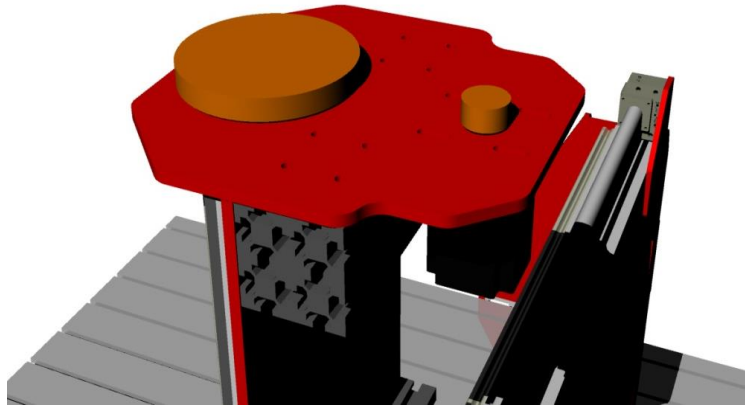




**Şekil 4.36** Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen X Eksenli Plaka Grubu  
Ön Görünüşü

#### **4.1.7.9. Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası**

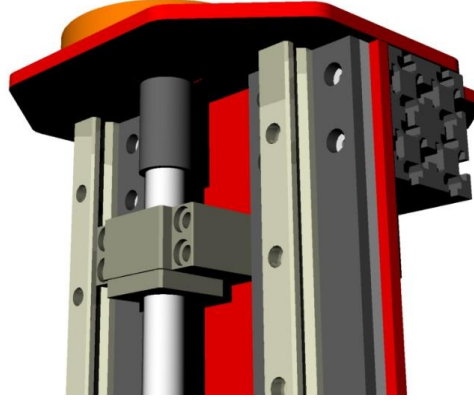
10 mm çelik sacdan tasarlanan Z eksenli motor bağlantı plakası üzerinde zamanla boşluk yaparak gevşeyecek zincirin tekrar gerilmesini sağlayacak servo motorun monte edildiği kanallar ve X eksenli bağlantı plakası grubu ile montajlanmasını sağlayacak 8 adet delik açılmıştır. Hareketli kablo kanalı bağlanabilmesi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



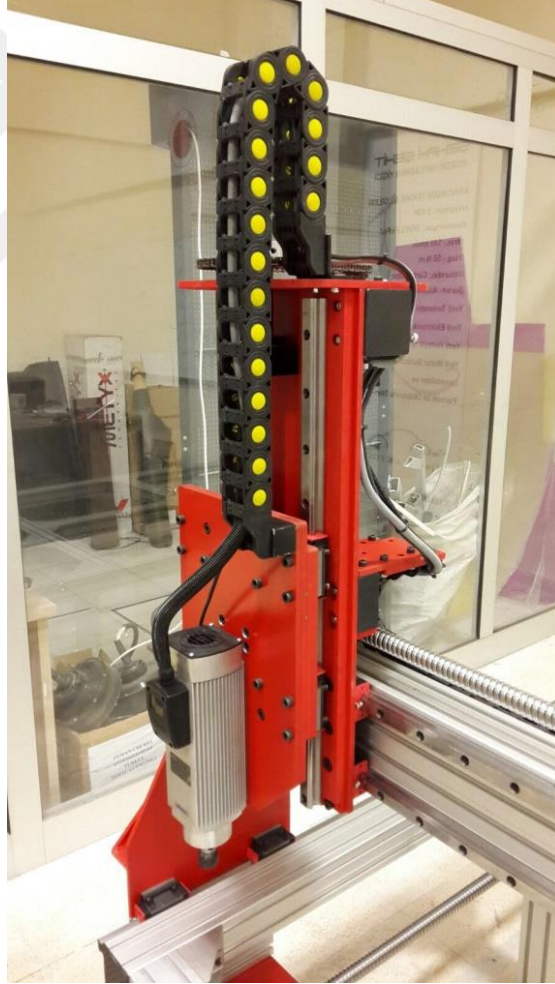
**Şekil 4.37** Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı  
Plakası



Şekil 4.38 Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası Montajı



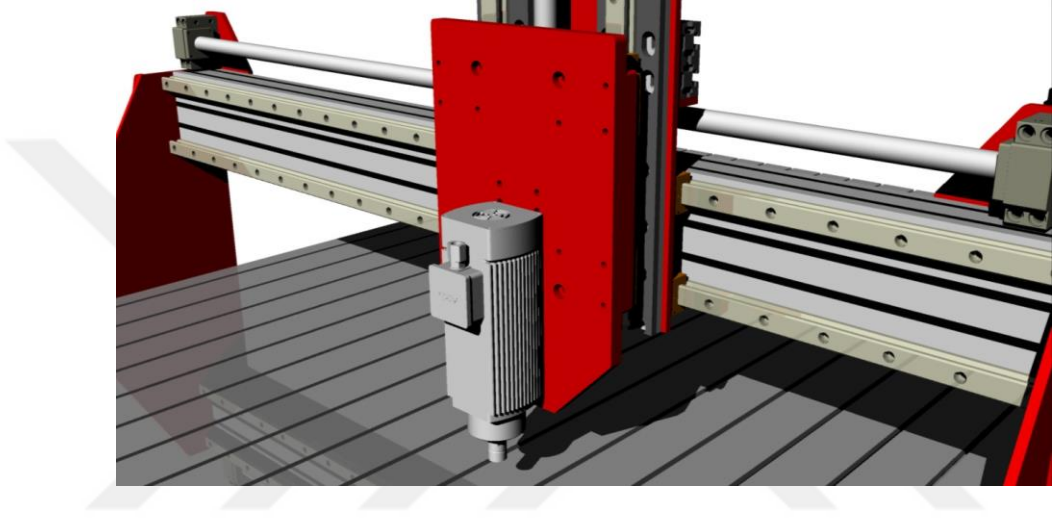
**Şekil 4.39** Rhinoceros Programında 3 Boyutlu Modellenen Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu



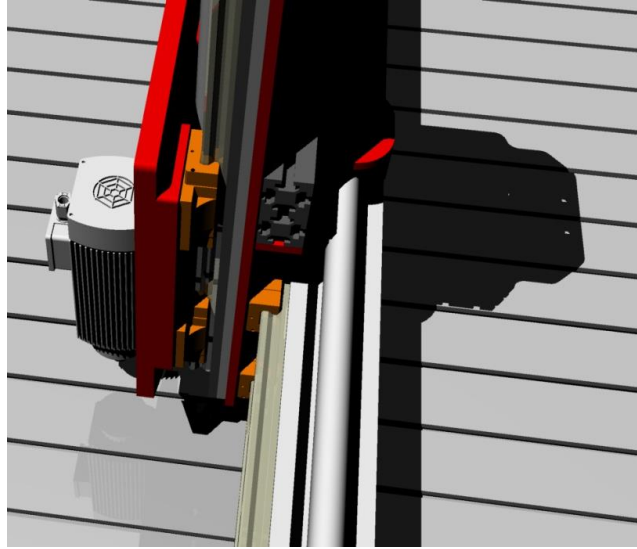
**Şekil 4.40** Z Eksenli Motor Bağlantı Plakası ve X Eksenli Bağlantı Plakası Grubu Montajı

#### 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

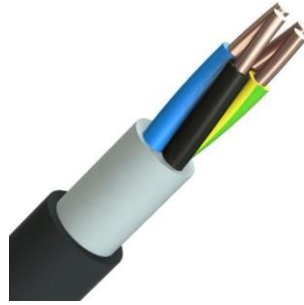
Eksen motorlarında (X,Y,Z), spindle motorda, kafa aydınlatmasında ve toz emme gibi ekipmanlarda kullanılan kabloların sıkışmaması, çevreye sürtünmelerinden dolayı aşınmaması ve düzenli şekilde çalışabilmeleri için 60x80 hareketli kablo kanalları kullanılmıştır.



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 kullanımını 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]

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

#### 4.1.11.2. Toz Emme Makinesi Gövde Bağlantı Elemanı

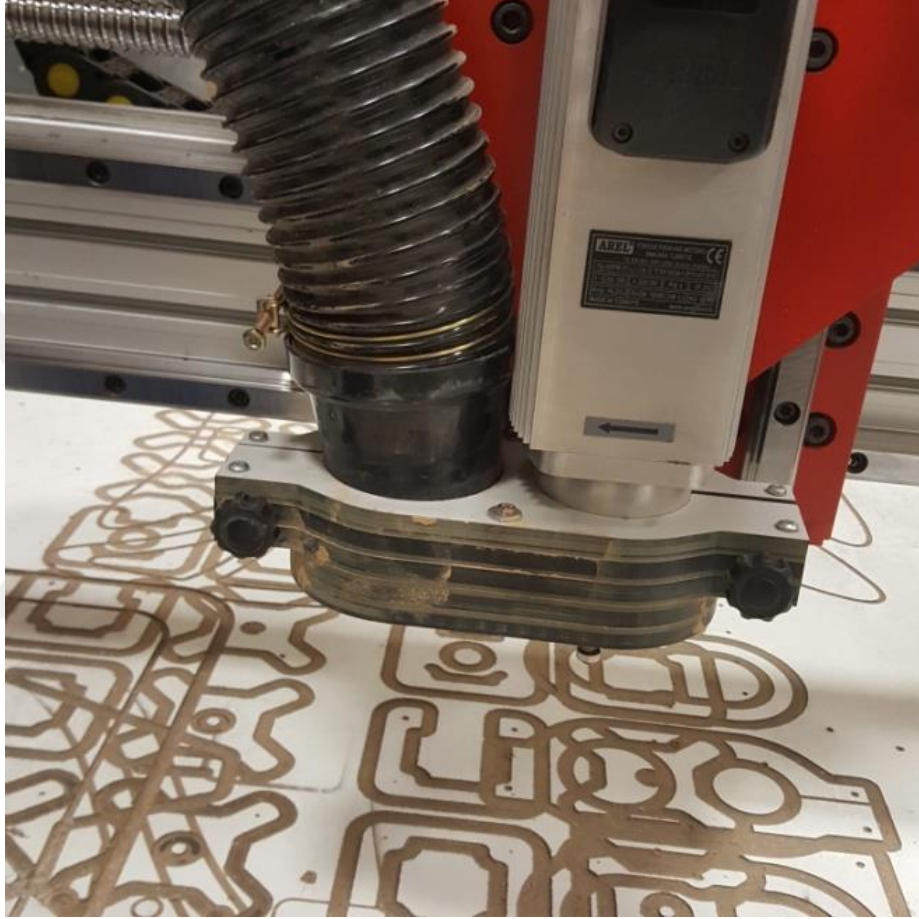
Toz emme makinesinin istenildiğinde gövdeye bağlanabilmesi ve istenildiğinde ayrılarak manuel olarak sistemin temizlenmesinde kullanılabilmesi için kanca şeklinde bir bağlantı elemanı tasarlanmıştır.



**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.

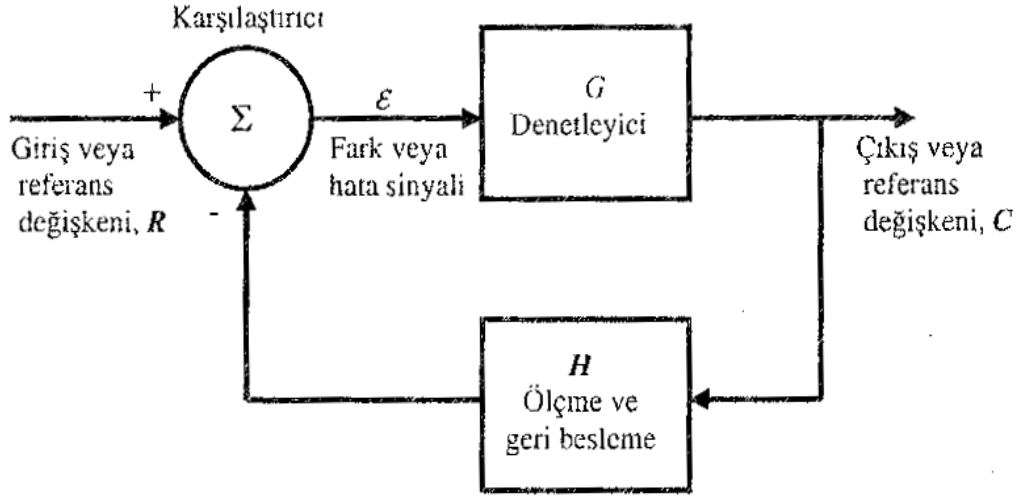
### 4.2.1. Açık Çevrim Kontrol Sistemleri

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]

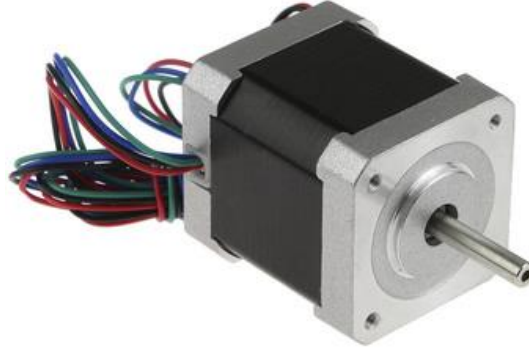
Geri besleme mevcuttur. Bu sistemlerde elde edilen çıkış sinyali ölçülerek girişe geri besleme verilir ve giriş sinyali ile çıkıştan gelen geri besleme sinyalini karşılaştırılarak oluşan fark ya da hata sinyali denetleyiciye iletilir. Sistemin performansının kontrol edilmesiyle istenen çıkış sinyalinin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

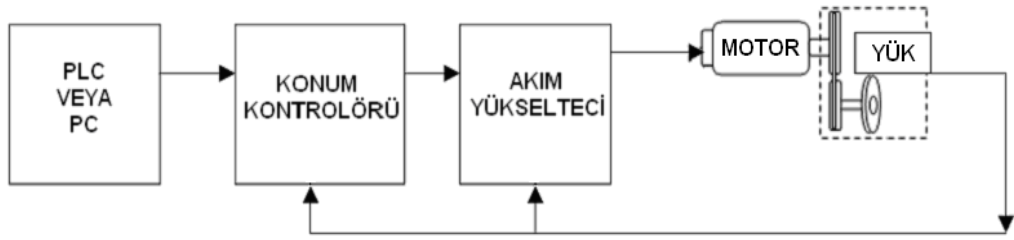
Step motor; elektrik enerjisini, dönme hareketindeki adım ve yön sinyallerine dönüştüren ve kolaylıkla kontrol edilebilen cihazlardır. Step motorlar, sürücü ile çalışırlar ve bu sürücü, bir encoder veya PLC' den giriş sinyalleri alır. Alınan her giriş sinyalinde motor bir adım ilerler. Step motorlar,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



Şekil 4.50 Step Motor[39]

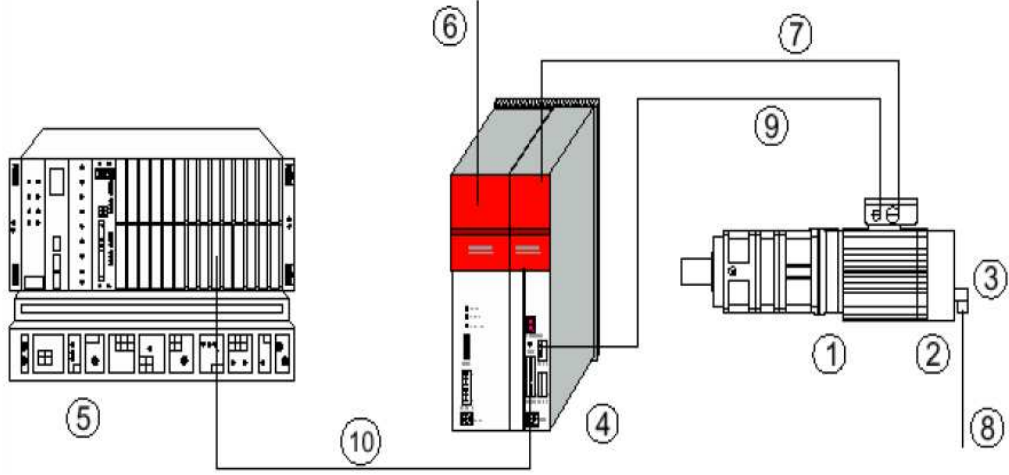
#### 4.3.2. Servo Sistem Elemanları

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 yükseltılarak 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 yapılıdır. 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 karardır. Servo motorlar sabit duracağı durumlarda fren mekanizmasına ihtiyaç duyarlar.
- Step motorlarda çoğunlukla encoder olmaz ve açık çevrim çalıştırılır. Servo motorlar genelde kapalı çevrim çalıştırılır.
- Step motorlar ile yapılan çözümler servo motorlara göre daha ucuzdur.
- Servo motorlar, step motorlara göre daha fazla hız gerektiren uygulamalarda tercih edilir.
- Profesyonel uygulamalarda servo motorlar tercih edilmektedir. Bunun için de piyasada çeşitli özelliklerde servo motor bulmak ve destek almak daha kolaydır[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]

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

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

|                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| <b>Ağırlık (kg)</b>   | 3.3                               |
| <b>Soğutma Sınıfı</b> | Tamamen kapalı, havalandırmasız   |
| <b>Koruma Sınıfı:</b> | Gövdede IP65, mil contasında IP54 |

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

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Çalışma Sıcaklığı</b> | -20°C ile 40°C arası                         |
| <b>Nem</b>               | %90 Rh (Yoğunlaşma olmadan)                  |
| <b>Ortam</b>             | Aktif gaz, yanıcı gaz, yağ ve tozdan uzak    |
| <b>Yükseklik</b>         | 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]

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

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

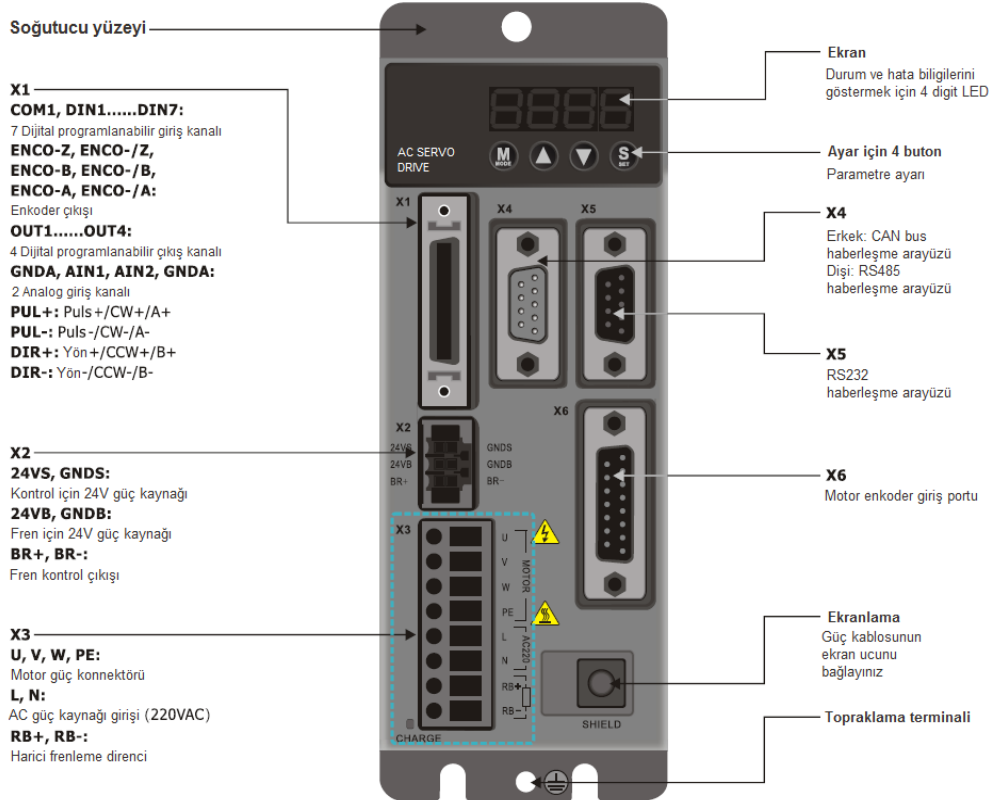
|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>RS-232 Portu</b> | Seri port, 4800..115200 baudrate hız aralığı, Standart ModBUS RTU protokolünü destekler. |
| <b>RS-485 Portu</b> | Seri port, 4800..115200 baudrate hız aralığı, Standart ModBUS RTU protokolünü destekler. |

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

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

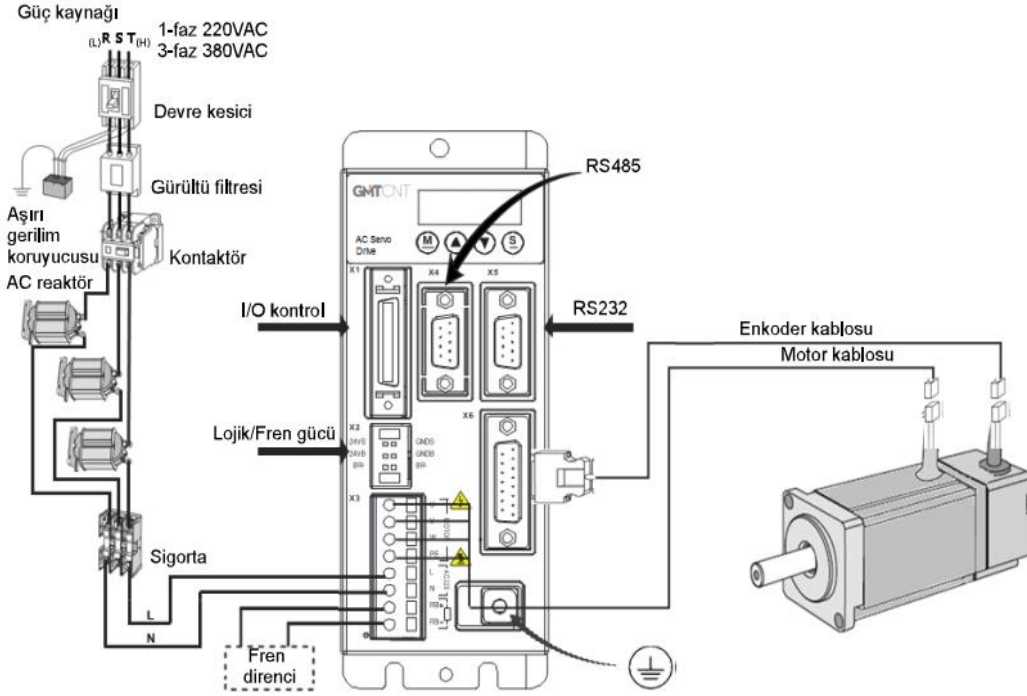
**Tablo 4. 13** GSSF-L1 0.75 KW Servo Motor Sürücülerinin Çevresel Özellikleri[25]

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



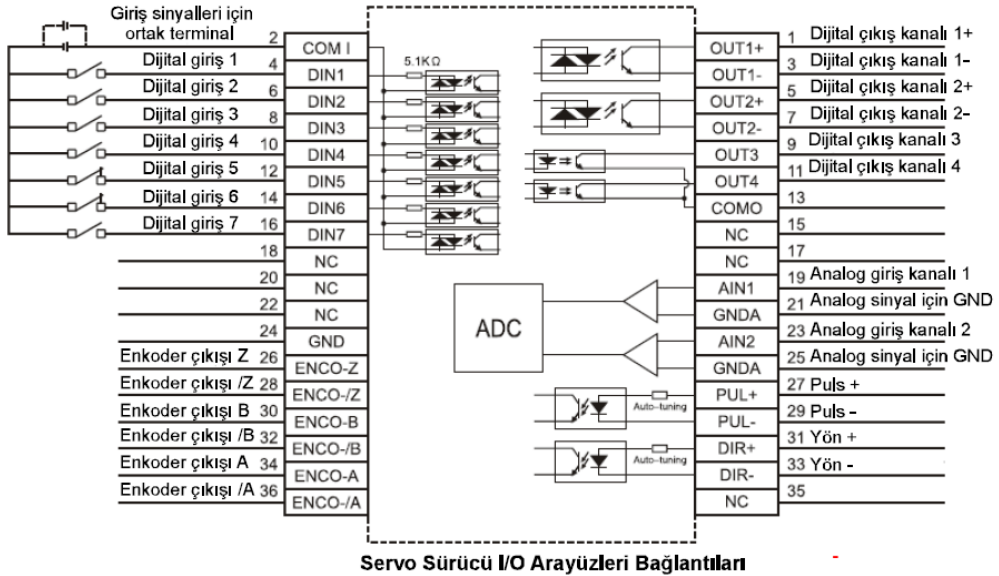
**Şekil 4.55** Servo Sürücü Teknik Özellikleri[53]

#### 4.4.3. Servo Sürücü İle Servo Motorların Bağlantıları



Şekil 4.56 Servo Sürücü Bağlantı Diyagramı[53]

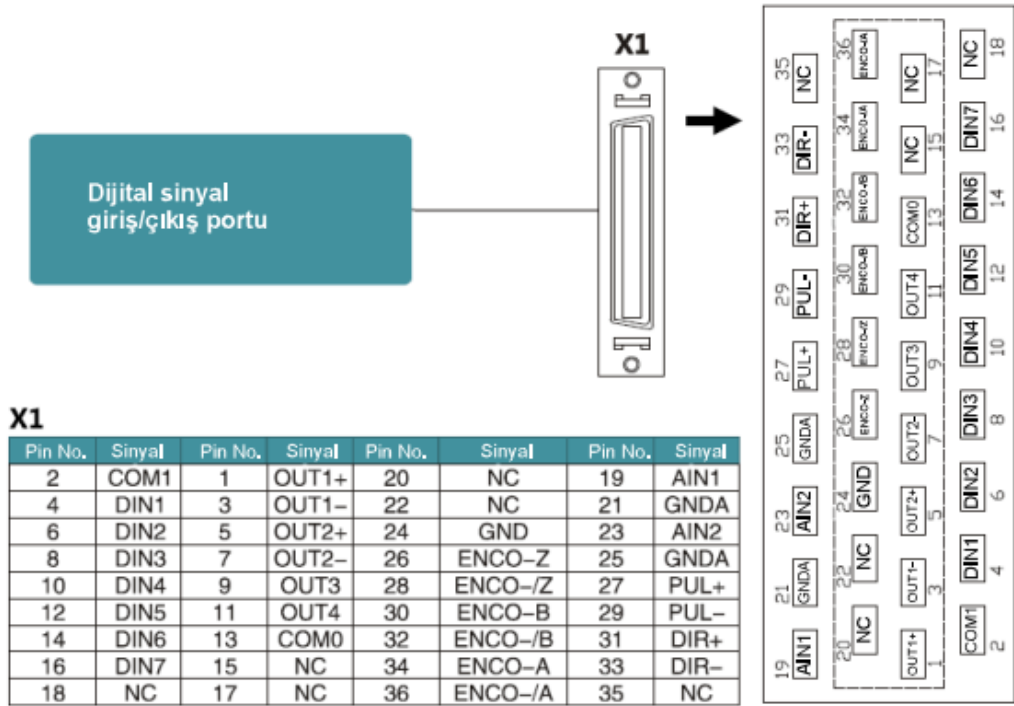
#### 4.4.4. Servo Sürücü I/O Arayüz Bağlantıları



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.<br>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:<br>200 k $\Omega$           |
|        |                                    | GNDA                          | Analog sinyal için topraklama                                       |
|        |                                    | AIN2                          | Analog sinyal giriş 2. Giriş empedansı:<br>200 k $\Omega$           |
|        |                                    | 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]**

|             |                  |
|-------------|------------------|
| <b>GND</b>  | Kahverengi Kablo |
| <b>PUL+</b> | Kırmızı Kablo    |
| <b>PUL-</b> | Beyaz Kablo      |
| <b>DIR+</b> | Sarı Kablo       |
| <b>DIR-</b> | 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<br>(Çift sıra<br>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

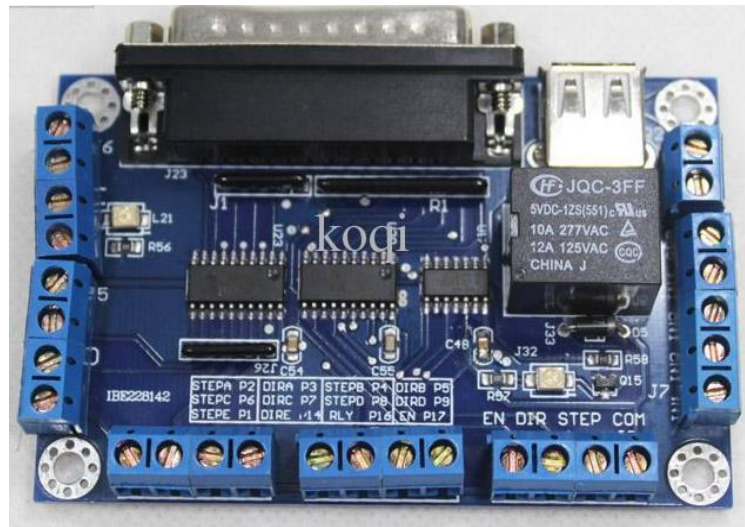
Devreye almadan önce elektriksel bağlantıda; servo sürücünün topraklamasına, AC güç besleme kabloları ile 24 VDC kablolarının ayrıldığına dikkat edilmiştir.

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 micro-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 $\omega$ /130 $\Omega$ |

**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]

|   |                     |
|---|---------------------|
| <b>Hammadde</b>                         | HB ABS HALOGEN FREE |
| <b>Renk</b>                             | RAL 7035            |
| <b>Çalışma Sıcaklığı</b>                | -40°C / +70°C       |
| <b>Voltaaj</b>                          | 690 V 'a kadar      |
| <b>Maksimum Akım</b>                    | 800 A 'e kadar      |
| <b>Kapak Açılma Açısı</b>               | 180°                |
| <b>Koruma Sınıfı</b>                    | IP65                |
| <b>IK Derecesi</b>                      | IK08                |
| <b>Taban Sacı</b>                       | 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]

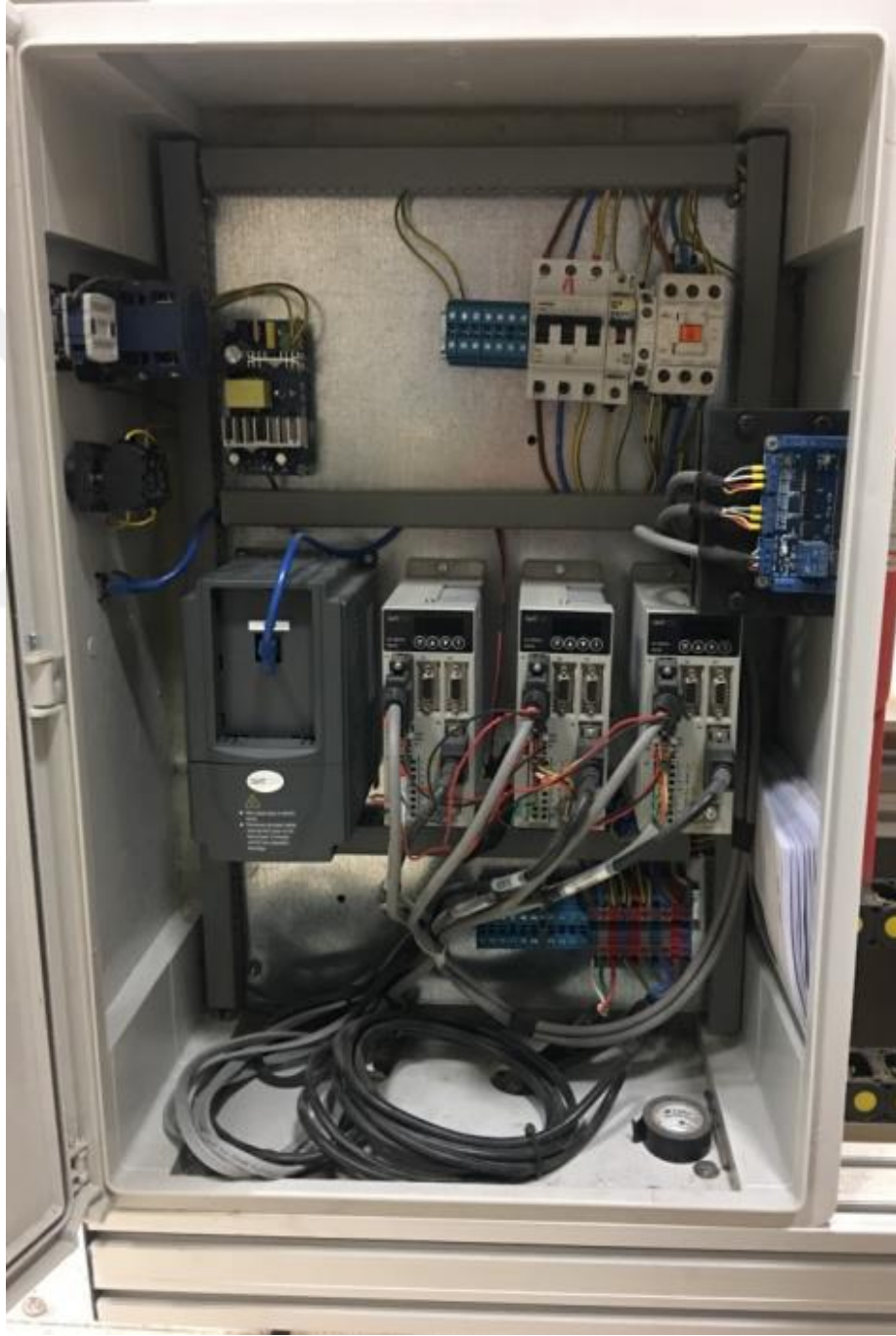
Sistemin açılıp kapanması sırasında çekeceği peak akımların karşılanabilmesi ve sistemin elektrik kesintilerinde otomatik olarak off konumuna geçebilmesi için GMC-40-AC240 model kontaktör kullanılmıştır.



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**

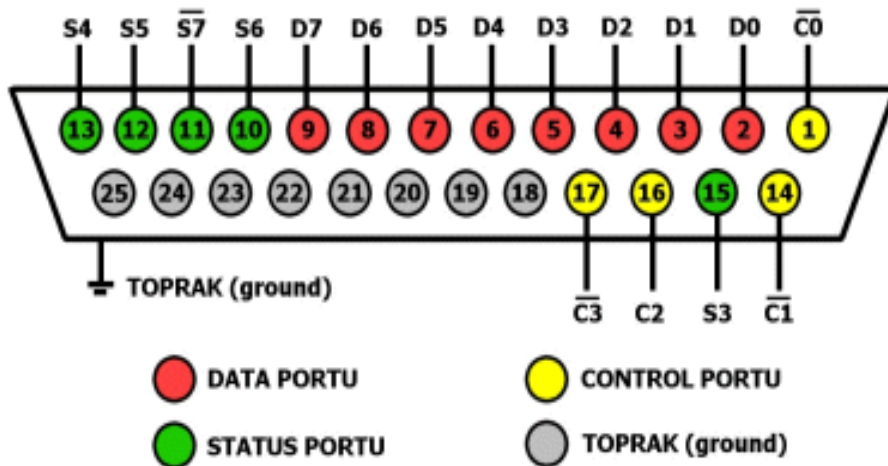
Kontrol kartı, kontrol programından alınan verileri sürücüye aktarır, programdan alınan veriler bir arayüz programı ile yorumlar. G ve M kodlarından oluşan program, sürücü vasıtasıyla servo motorun hareketini sağlar. Kontrol kartının LPT çıkışı ile bilgisayarın LPT çıkışı arasında bir bağlantı kurularak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



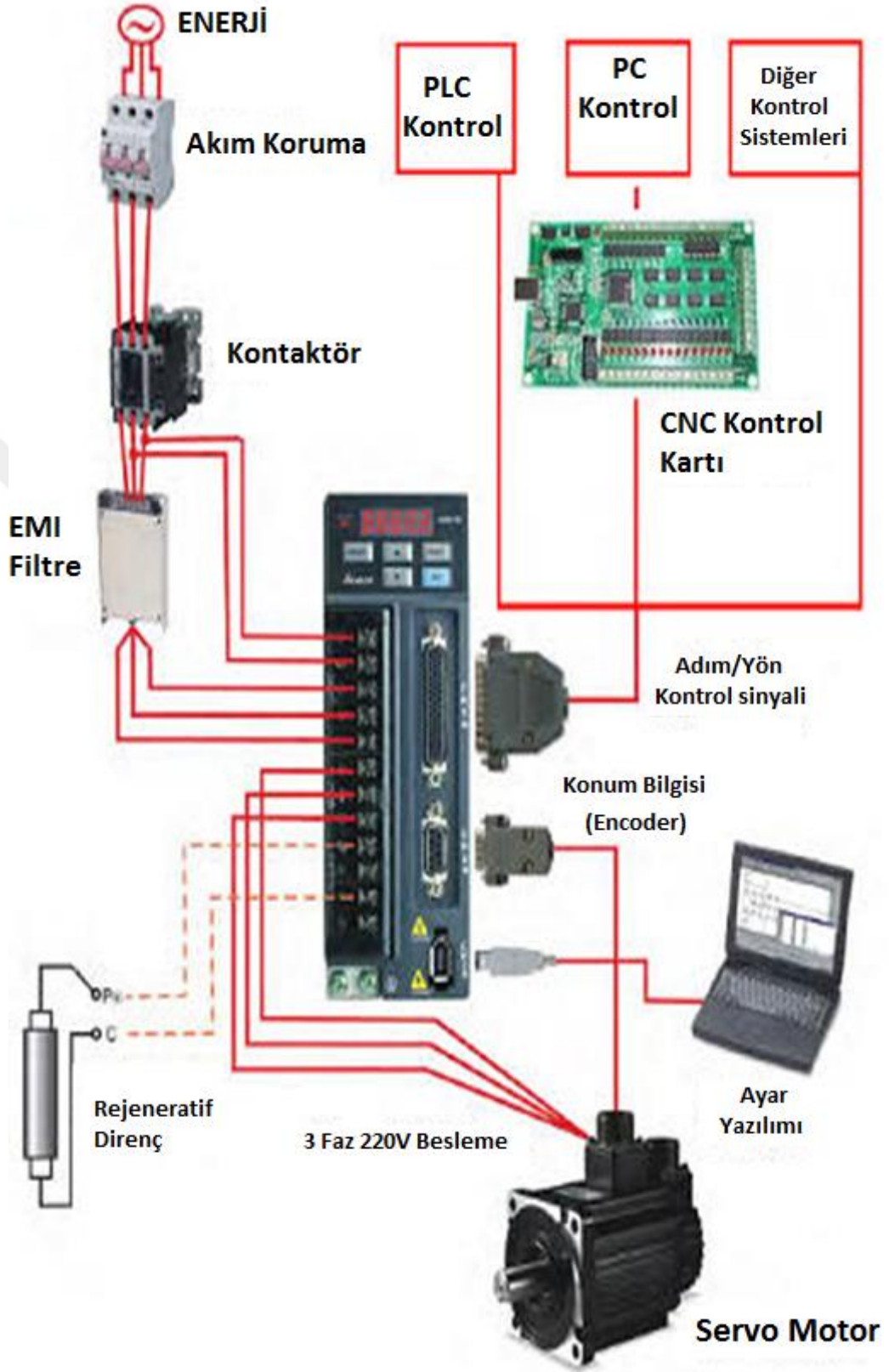
Şekil 4.68 LPT Kablosu

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



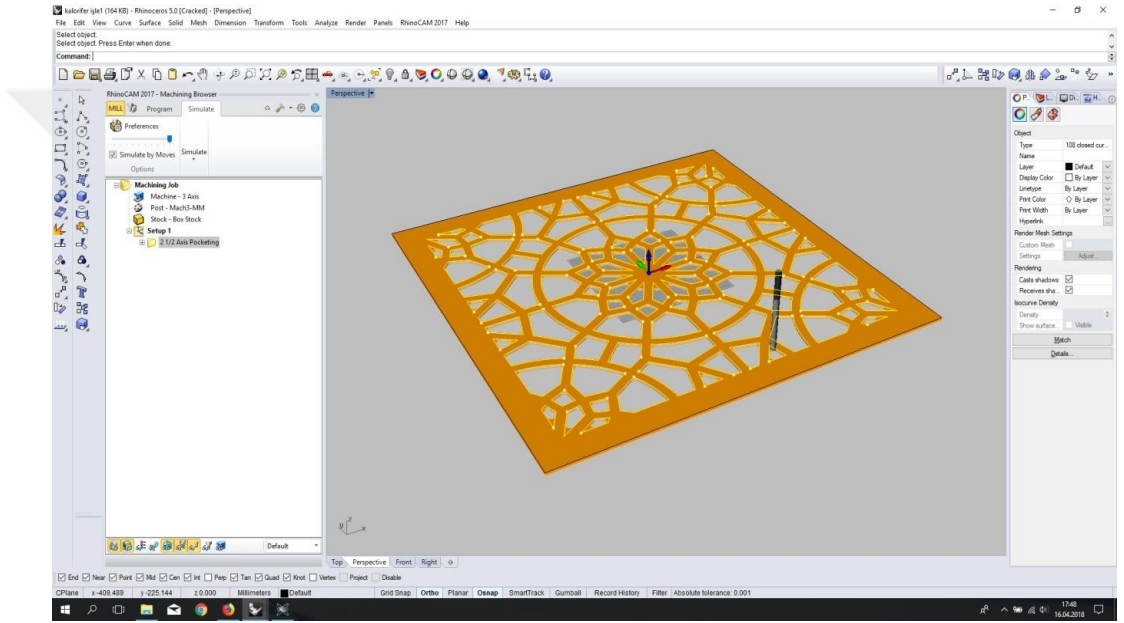
Şekil 4.69 Paralel Portun Yapısı[56]



Şekil 4.70 CNC Tezgâhi 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.



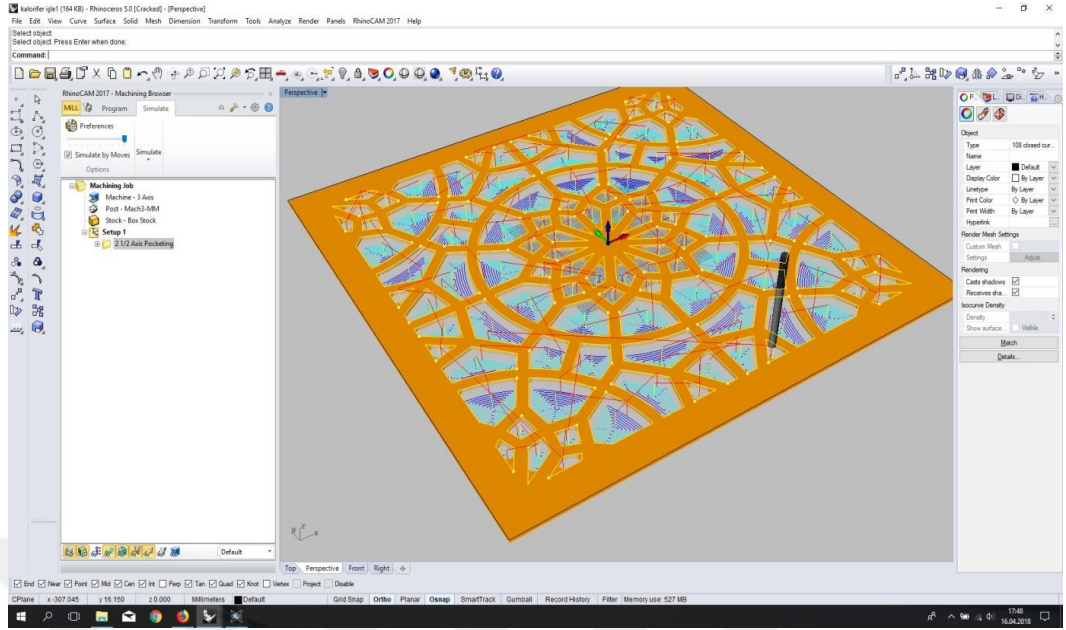
Şekil 4.71 Rhinoceros Programında Üretimi Yapılacak Olan Kalorifer Peteği Kaplaması

#### 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 Kalorifer Peteği Kaplama Modelinin CAM Programında Sayısallaştırılması

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



**Şekil 4.73** Kalorifer 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 olanlardır. 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 Dış 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]

| <b>M Komutları</b> | <b>Fonksiyonun Anlamı</b>                      |
|--------------------|--|
| 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 Ters Yönünde Dönmesi |
| M05                | İş Mili Durdurma                               |
| M06                | Takım Değiştirme Kodu                          |
| M07                | Püskürtmeli Soğutucu veya Yağ Akışı Açık       |

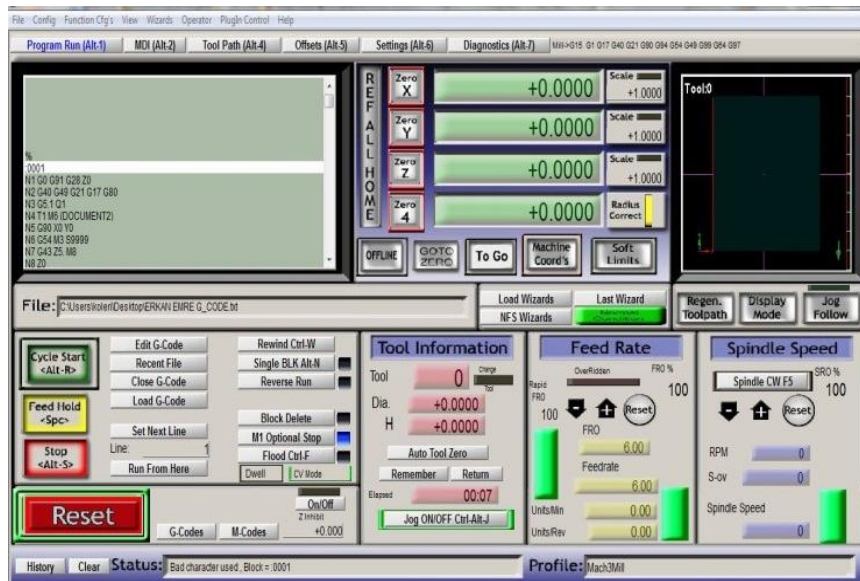
|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| M08 | Soğutma Sıvısı Açma         |
| M09 | Soğutma Sıvısı Kapama       |
| M19 | İş Mili Pozisyonlu Durdurma |
| M30 | Program Sonu ve Başa Dönüş  |
| M98 | Alt Program Çağırma         |
| M99 | Alt Program Sonu          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

#### 4.15. Kontrol Yazılımı (Operatör Paneli)

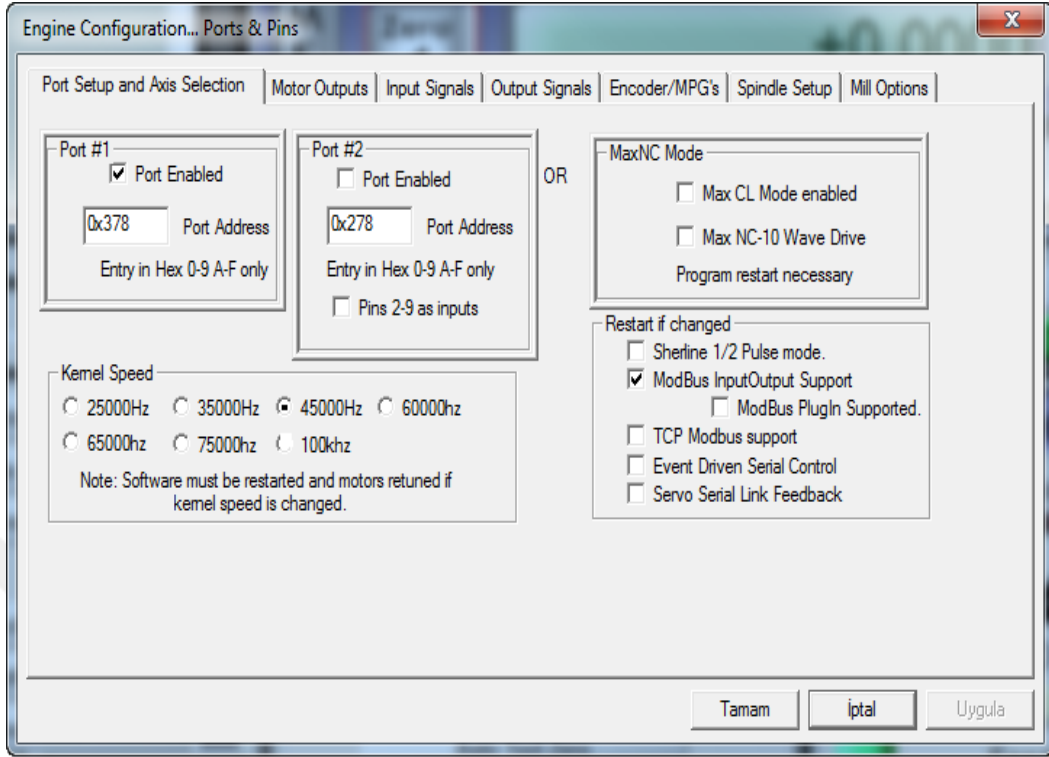
Kontrol yazılımı olarak Mach3 programı kullanılmıştır. Kullanımı kolay ve anlaşılır olan Mach3 programı bir ara yüz programıdır. Mach3 programı, bilgisayarın paralel portlarına çıkış verebilen 6 eksene kadar CNC tezgâhların kontrol edilmesine imkân tanıyan, dxf ve image importuna sahip her türlü CNC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

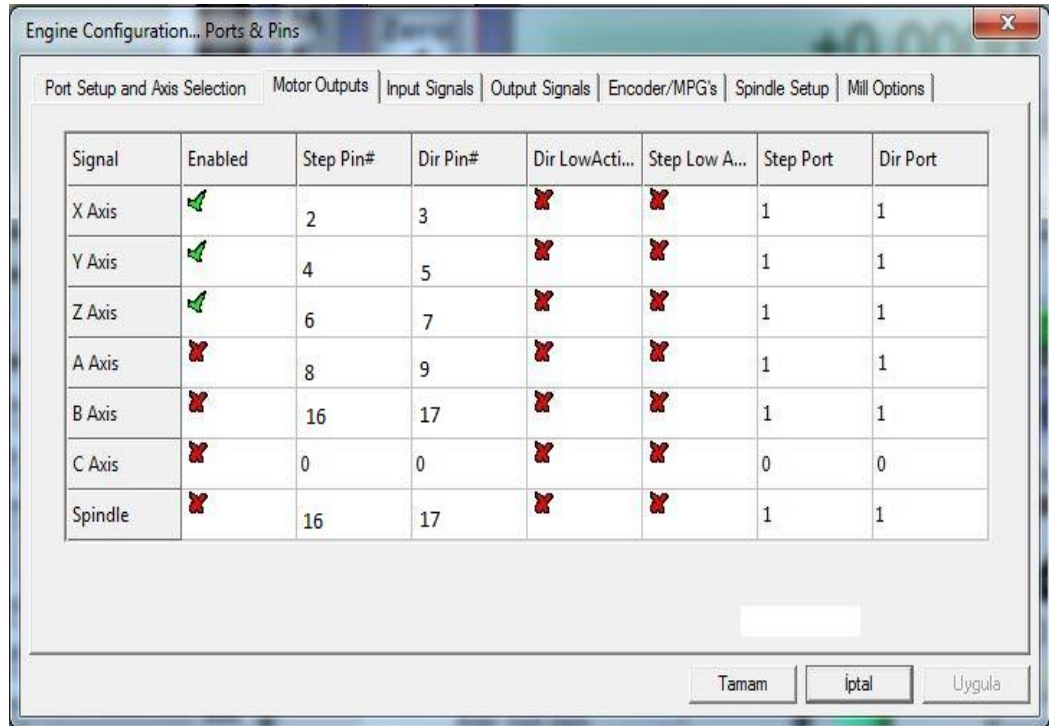
Şekil 4.74' te Mach3 arayüzü ve kodların tezgâha aktarımında gerekli olan ayarlar yapılmıştır.



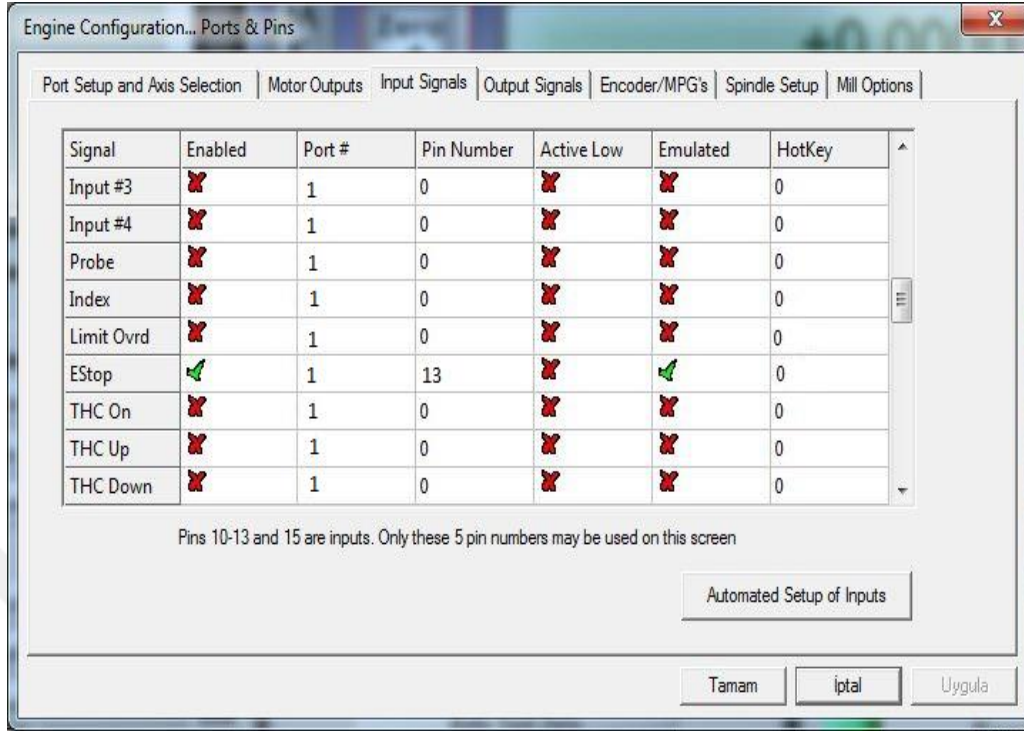
Şekil 4.74 Mach3 Arayüzü



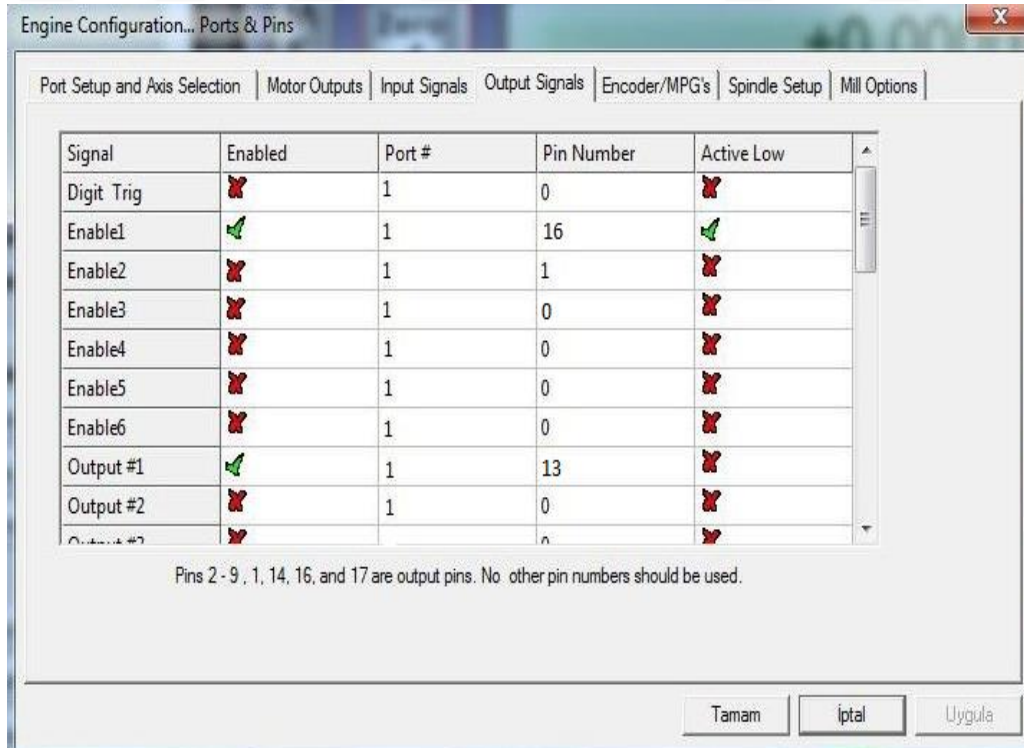
Şekil 4.75 Makine Eksen Seçimi ve Hız seçimi



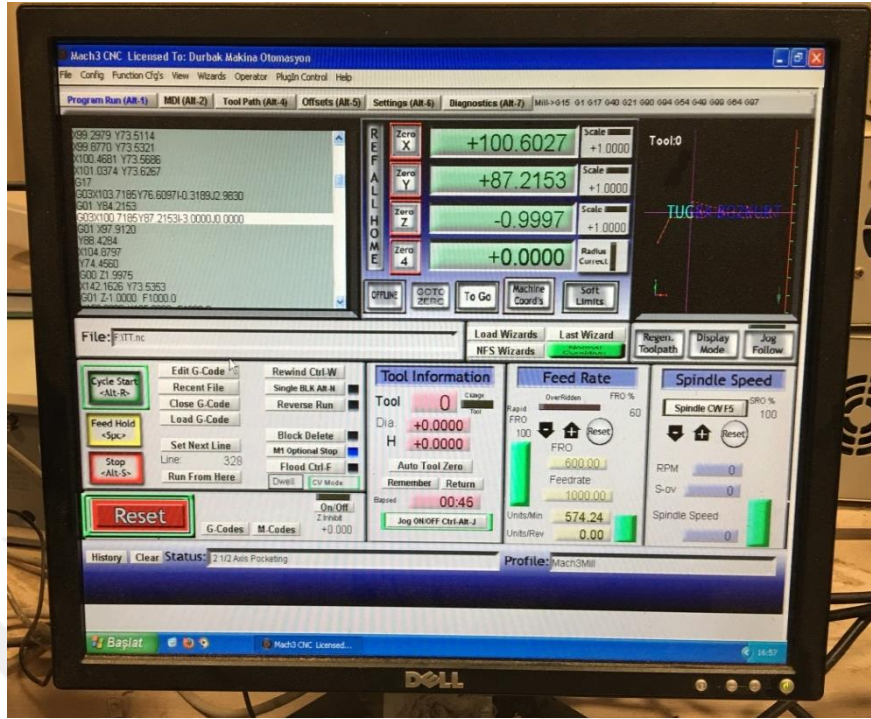
Şekil 4.76 Motor Çıkış Pin Ayarları



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

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Tezgâhın Tipi</b>     | CNC Tezgâhı   |
| <b>Gövde</b>             | Alüminyum   |
| <b>Tahrik Şekli</b>      | AC Servo Motor ve Vidalı Mil                            |
| <b>İşleme Kapasitesi</b> | 1800mm. x 2800mm. x 800mm.                              |
| <b>Kesme Derinliği</b>   | Mdf: 5mm - Alüminyum: 3mm -<br>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 <sub>Z</sub> )                  | 0,5 mm/diş            |
| Yana kayma değeri (B)  | 6 mm                  |
| Malzemenin kopma dayanımı<br>(Al 7075 özgül kesme kuvveti) (K <sub>S</sub> ) | 800 N/mm <sup>2</sup> |
| Kesici takım kesme hızı (V <sub>C</sub> )                                    | 40 m/dk               |

**Tablo 4. 24** Kesme Parametreleri [58]

| Parça Malzemesi                              | İşleme Tarzı | S <sub>Z</sub> (mm./diş) | V (m/dak)  | Takım Açıları |           |                         |                     | Sert Metal                         |
|--|--------------|--------------------------|------------|---------------|-----------|-------------------------|---------------------|------------------------------------|
|  |              |                          |            | α             | γ         | γ <sub>f</sub>          | λ                   |                                    |
| St 50-St 60<br>C 35-C45                      | Kaba         | 0.2 - 0.5                | 100<br>180 | 8-12          | 5-10      | -4                      | -8                  | P<br>25'ten<br>K<br>40'a<br>kadar. |
|  | İnce         | 0.1-0.2                  | 120<br>200 |               |           |                         |                     |                                    |
| St 70-St 85<br>ve az<br>alaşımli<br>çelikler | Kaba         | 0.2-0.5                  | 70-140     | 8-12          | 5-10      | -10                     | -8                  |                                    |
|  | İnce         | 0.1-0.2                  | 90-180     |               |           |                         |                     |                                    |
| Yüksek<br>alaşımli<br>çelikler               | Kaba         | 0.2-0.4                  | 50-100     | 8-10          | 5         | -10                     | -8                  |                                    |
|  | İnce         | 0.1-0.2                  | 70-120     |               |           |                         |                     |                                    |
| GS45-<br>GS52                                | Kaba         | 0.2-0.4                  | 60-100     | 8-10          | 5-10      | -10                     | -8                  |                                    |
|  | İnce         | 0.1-0.2                  | 70-120     |               |           |                         |                     |                                    |
| GG25-<br>GG30                                | Kaba         | 0.2-0.5                  | 60-120     | 8-12          | 0-8       | -4                      | -8                  |                                    |
|  | İnce         | 0.2-0.3                  | 80-140     |               |           |                         |                     |                                    |
| Ms58-<br>Ms63                                | Kaba         | 0.2-0.4                  | 80-140     | 8-10          | 10-<br>12 | 0                       | -8                  |                                    |
|  | İnce         | 0.1-0.3                  | 90-150     |               |           |                         |                     |                                    |
| Al<br>alaşım(9-<br>13%Si)<br>G-ALSi          | Kaba         | 0.1-0.6                  | 40<br>600  | 8-12          | 12-<br>20 | 0<br>+15'<br>e<br>kadar | -4<br>+4'e<br>kadar | K<br>10'dan<br>K<br>20'ye<br>kadar |



**Tablo 4. 25** Basitleştirilmiş Yöntemle Ks Değerleri [58]

| İşlenecek Malzeme                            | K <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] |
|--|-------------------------------------|
| St 60  | 1600                                |
| St 70  | 1900                                |
| İslah Çelikleri (σ <sub>k</sub> < 100 N/mm)  | 1350                                |
| İslah Çelikleri (σ <sub>k</sub> < 1400 N/mm) | 3500                                |
| Cr-Ni Çelikleri                              | 3000                                |
| Mn Çelikleri                                 | 4800                                |
| Dökme Çelik                                  | 1500                                |
| Dökme Demir                                  | 2000                                |
| Al-Cu-Mg Alaşım                              | 800                                 |

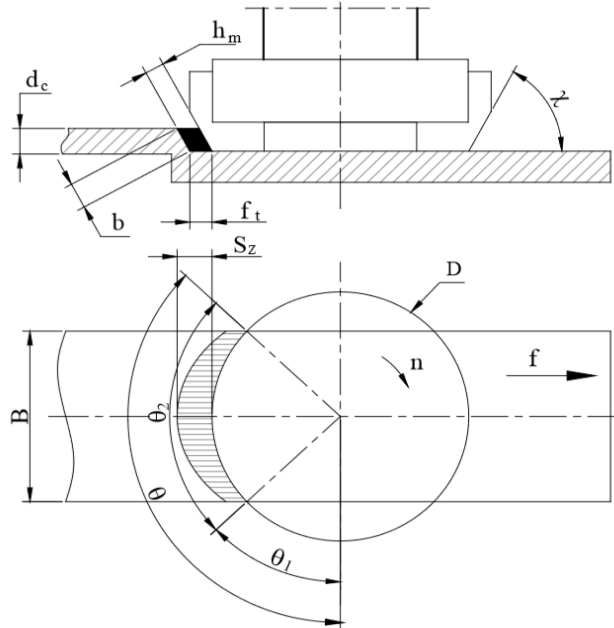
**1. Spindle (fener mili) devir sayısı (N)**

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

**2. Kesici ilerleme hızı (V<sub>f</sub>)**

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

**3. Temas açısı (φ<sub>s</sub>)**



**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 ( $A_s$ )

- $A_s = b \times h_m$  [mm<sup>2</sup>] [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 ( $Z_e$ )

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

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

#### 8. Kesme kuvvetleri ( $F_s$ )

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;

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

#### 9. Gerekli kesme gücü (Ps)

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

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.

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

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

$k = 7$  (Emniyet katsayısı)

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

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.

$C_{\text{ASHN30A}} = 38740 \text{ N} > 300,51 \text{ N}$  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 :  $m_z = 40$  kg

$$\begin{aligned} \bullet F_{m_z} &= m_z \times g & [4.15] \\ F_{m_z} &= 40 \times 9,81 \\ F_{m_z} &= 392,4 \text{ N} \quad (\text{Ağırlıktan dolayı oluşan kuvvet}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet F_r &= 0.85 \times F_s & [4.16] \\ F_r &= 0,85 \times 572,4 \\ F_r &= 486,54 \text{ N} \quad (\text{Radyal kesme kuvveti}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet F_{iD_z} &= (F_r + F_{m_z}) \times \mu & [4.17] \\ F_{iD_z} &= (486,54 + 392,4) \times 0,1 \\ F_{iD_z} &= 87,894 \text{ N} \quad (\text{İlerleme direnci}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet F_{Caz} &= (F_r + F_{m_z} - F_{iD_z}) & [4.18] \\ F_{Caz} &= (486,54 + 392,4 - 87,894) \\ F_{Caz} &= 791,046 \quad (\text{Z eksenindeki dinamik yükleme}) \end{aligned}$$

Emniyet katsayısı 7 alındı.

$$\begin{aligned} F_{ECaz} &= 791,046 \times 7 \\ F_{ECaz} &= 5.537,322 \quad (\text{Z ekseninde emniyetli dinamik yükleme}) \end{aligned}$$

Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25 vidalı mil sabitleme rulmanları arası mesafesine ve dinamik yüke göre bakıldığında;  $L_z = 590$  mm (Z eksenini 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;

$$\begin{aligned} N_m &= (V \times R)/P_B & [4.19] \\ V &= 4000 \text{ mm/dak} \\ R &= 1 \text{ (Redüksiyon oranı)} \\ P_B &= 10 \text{ mm (Vida adımı)} \\ N_m &= (V \times R)/P_B & N_m = 400 \text{ dev/dk} \end{aligned}$$

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 aksel 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 bildirimini 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 Ekseni Hesapları

#### a) Doğrusal yatak seçimi

X ekseni 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)

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

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.

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

### b) Vidalı mil ve somunu hesapları

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

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

$k = 7$  (Emniyet katsayısı)

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

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

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

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.

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

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

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

$$\bullet F_{iD_x} = (F_v + F_{m_{Tz}}) \times \mu \quad [4.25]$$

$$F_{iD_x} = (171,72 + 1157,58) \times 0,1$$

$$F_{iD_x} = 132,93 \text{ N (İlerleme direnci)}$$

$$\bullet F_{Cax-somun} = (F_v + F_{iD_x}) \quad [4.26]$$

$$F_{Cax-somun} = 171,72 + 132,93$$

$$F_{Cax-somun} = 304,65$$

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.

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

### c) Servo motor seçimi

Emniyetli dinamik yük kuvvetine göre;

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

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

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

$$P = (9305,1 \times 0,0666) / 0,9$$

$$P = 688,6 \text{ watt}$$

Montajda oluşabilecek aksenal 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 Ekseni 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.

$$\begin{aligned}F_v &= 171,72 \text{ N} \\m_{T_{XZ}} &= 283 \text{ kg} \\F_{m_{T_{XZ}}} &= m_{T_{XZ}} \times g = 283 \times 9,81 = 2776,23 \text{ N} \quad [4.28]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{Cay} &= F_v + F_{m_{T_{XZ}}} \quad [4.29] \\F_{Cay} &= 171,72 + 2776,23 = 2947,95 \text{ N}\end{aligned}$$

$k = 7$  (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 yükleme 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.

$$\begin{aligned}F_v &= 171,72 \text{ N} \\F_{m_{T_{XZ}}} &= 2776,23 \text{ N} \\F_{Cay-mil} &= F_v + F_{m_{T_{XZ}}} \quad [4.30] \\F_{Cay-mil} &= 171,72 + 2776,23 = 2947,95 \text{ N}\end{aligned}$$

$k = 7$  (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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 aksel 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

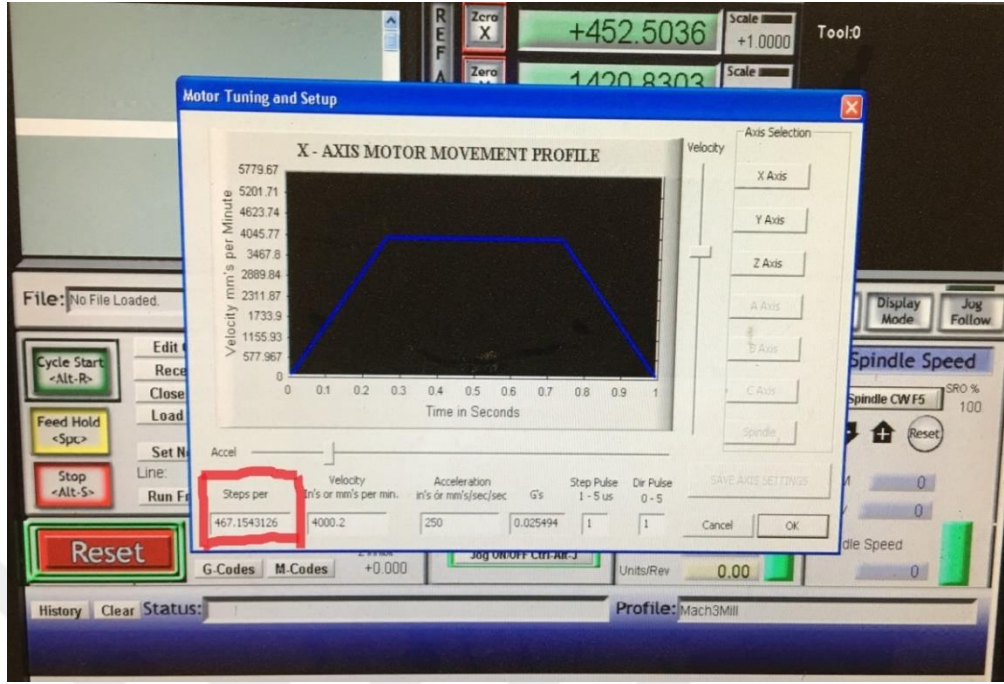
Bu değerlere dayanarak, motor 1 tur attığında vidalı mil 15/56 tur döner. Aynı zamanda eksenin 1 mm hareket edebilmesi için de vidalı mil 1/10 tur dönmelidir. Bu durumda motorun atması gereken tur sayısını hesaplamak istersek;

Motorun 1 turunda → Vidalı mil 15/56 tur

**X** → Vidalı mil 1/10 tur

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

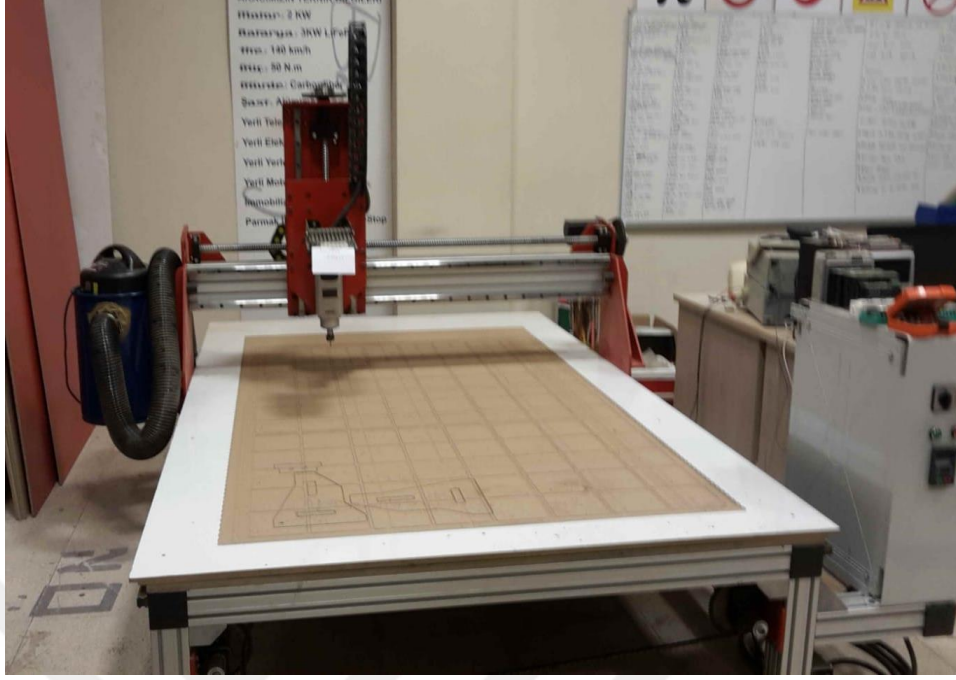
Bu çalışmada, üç eksenli CNC takım tezgâh tasarımı yapılmıştır. İmalatı için gerekli tasarım parametreleri belirlenip, tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli elektronik ve mekanik malzemeler seçimi yapılarak adım adım ilerlenmiş oldu. Bu sayede, imalatta dikkate alınacak hususlar, hangi ölçütlere 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.

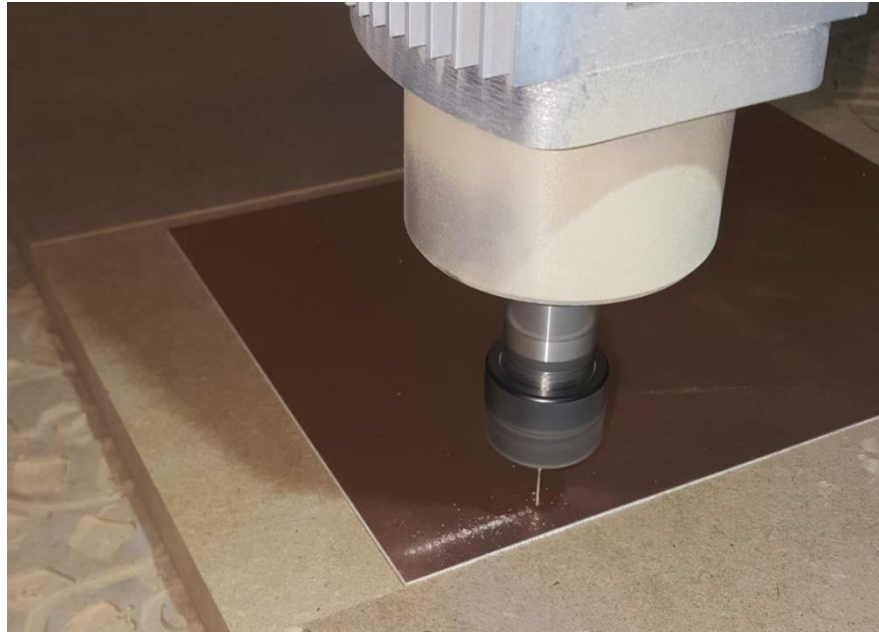
Sonuç olarak, üç eksenli CNC takım tezgâh tasarımı ve imalatı yapılmış oldu.



**Şekil 6.1** İmalatı Gerçekleştirilen CNC Tezgâh

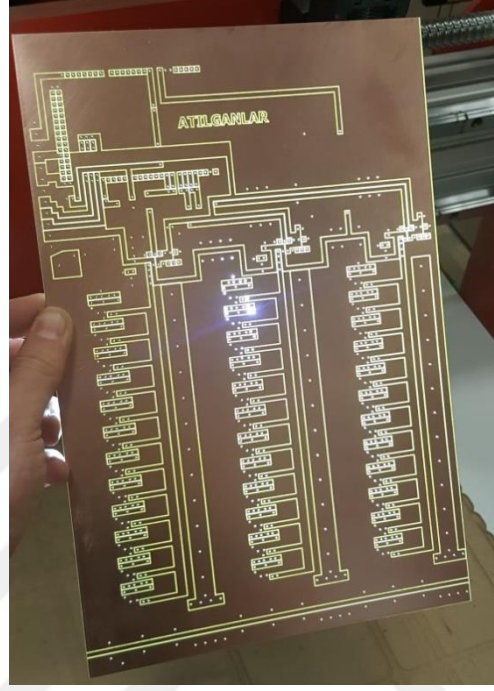
Parça işleme örnekleri olarak;

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



**Şekil 6.2** PCB Kazıma İşlemi

- $10^\circ$  açılı, V uç (0,2 mm kesici) kullanarak; 0,20 ve 0,24 mm derinliğinde PCB üzerinde işlemi yapılmıştır ve yüksek hassasiyette 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.

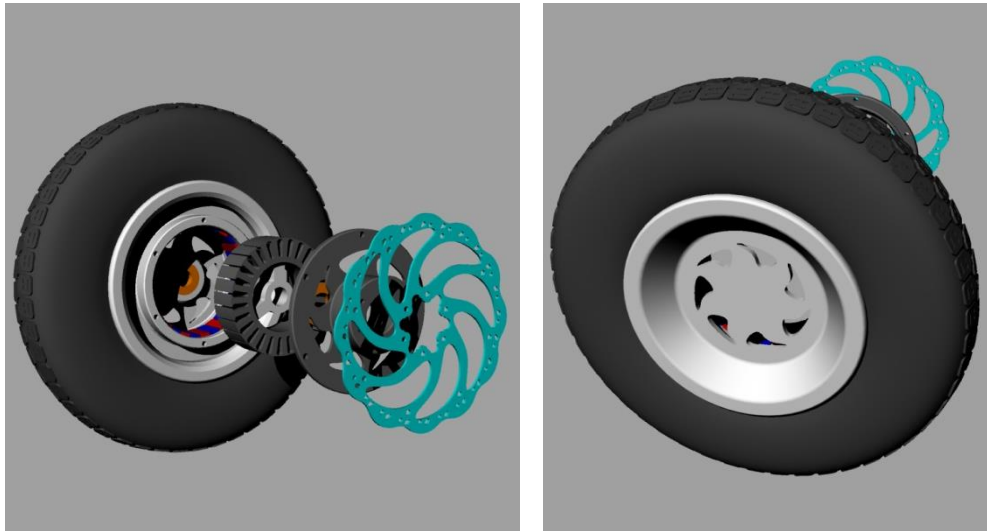


**Şekil 6.4** Kapı İsimliklerinin CNC Tezgâhta İşlenmesi



**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., Batu, 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-tezgahlarin-tarihcesi-ve-tanitimi.html>
5. <http://cncmakinatezgah.blogcu.com/cnc-tezgahlarin-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.turkcadcam.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\\_gcsp=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](https://urun.gittigidiyor.com/ev-bahce/100-watt-smd-beyaz-isik-enerji-tasarruflu-led-projektor-armatur-324611239?pkw=&pmt=&sc_gcsp=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](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/g80d-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](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](http://www.aplusplastik.com.tr/tr-TR/50x70x25-cm-seffaf-kapakli-abs-pano,PRD_341112190000.html)
29. <https://urun.n11.com/guc-kaynagi/smcs-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](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](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](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

**şahin rulman**

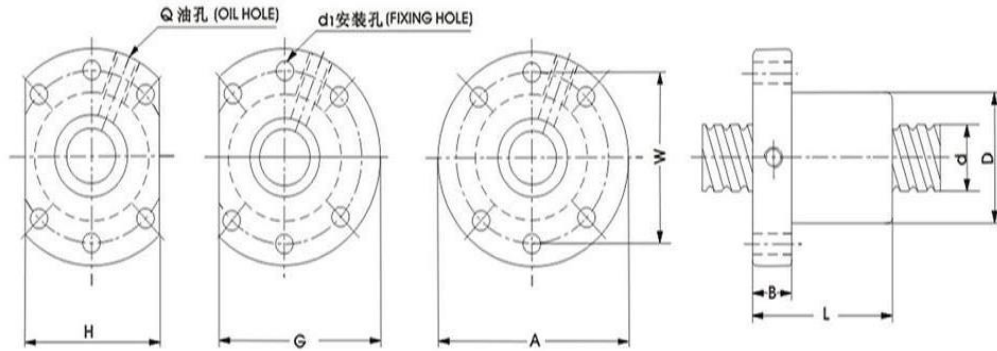
## SHN A SERİSİ

| ÜRÜN KODU | (mm) |     |      |     |     |     |    |       |       |       | (mm) |     |      |     |      |      |      |    |      |     |     |     |     |      |        |        |        |        |      |      |      |       |  |
|-----------|------|-----|------|-----|-----|-----|----|-------|-------|-------|------|-----|------|-----|------|------|------|----|------|-----|-----|-----|-----|------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|-------|--|
|           | H    | Hi  | N    | W   | B   | Bi  | C  | L1    | L     | K1    | G    | M   | T1   | T2  | H2   | HML  | WR   | Hk | D    | h   | d   | P   | E   | (mm) | C1(KN) | C2(KN) | MR     | MP     | MY   | kg   | kgm  |       |  |
| SHN 15 A  | 24   | 4.3 | 16   | 47  | 38  | 4.5 | 30 | 39.4  | 61.4  | 8     | 5.3  | M5  | 6    | 8.9 | 6.96 | 3.95 | 3.7  | 15 | 15   | 7.5 | 5.3 | 4.5 | 60  | 20   | M4x16  | 11.38  | 25.31  | 0.17   | 0.15 | 0.15 | 0.18 | 1.45  |  |
| SHN 20 A  | 30   | 4.6 | 21.5 | 63  | 53  | 5   | 40 | 50.5  | 77.5  | 12.25 | 12   | M6  | 8    | 10  | 9.5  | 6    | 7    | 20 | 17.5 | 9.5 | 8.5 | 6   | 60  | 20   | M5x16  | 17.75  | 37.84  | 0.38   | 0.27 | 0.27 | 0.40 | 2.21  |  |
| SHN 20 AL |      |     |      |     |     |     |    | 65.2  | 92.2  | 17.6  |      |     |      |     |      |      |      |    |      |     |     |     |     |      |        | M5x16  | 21.18  | 48.84  | 0.48 | 0.47 | 0.47 | 0.52  |  |
| SHN 25 A  |      |     |      |     |     |     |    | 58    | 84    | 11.8  |      |     |      |     |      |      |      |    |      |     |     |     |     |      |        | M6x20  | 26.78  | 56.19  | 0.64 | 0.51 | 0.51 | 0.59  |  |
| SHN 25 AL | 36   | 5.5 | 23.5 | 70  | 57  | 6.5 | 45 | 78.6  | 104.6 | 22.1  | 12   | M8  | 8    | 14  | 10   | 6    | 9    | 23 | 22   | 11  | 9   | 7   | 60  | 20   | M6x20  | 32.75  | 76.00  | 0.87   | 0.88 | 0.88 | 0.80 | 3.21  |  |
| SHN 30 A  |      |     |      |     |     |     |    | 70    | 97.4  | 14.25 |      |     |      |     |      |      |      |    |      |     |     |     |     |      |        | M8x25  | 38.74  | 83.06  | 1.06 | 0.85 | 0.85 | 1.09  |  |
| SHN 30 AL | 42   | 6   | 31   | 90  | 72  | 9   | 52 | 93    | 120.4 | 25.75 | 12   | M10 | 8.5  | 16  | 10   | 6.5  | 10.8 | 28 | 26   | 14  | 12  | 9   | 80  | 20   | M8x25  | 47.27  | 110.13 | 1.40   | 1.47 | 1.47 | 1.44 | 4.47  |  |
| SHN 35 A  |      |     |      |     |     |     |    | 80    | 112.4 | 14.6  |      |     |      |     |      |      |      |    |      |     |     |     |     |      |        | M8x25  | 49.52  | 102.87 | 1.73 | 1.20 | 1.20 | 1.56  |  |
| SHN 35 AL | 48   | 7.5 | 33   | 100 | 82  | 9   | 62 | 105.8 | 138.2 | 27.5  | 12   | M10 | 10.1 | 18  | 13   | 9    | 12.6 | 34 | 29   | 14  | 12  | 9   | 80  | 20   | M8x25  | 60.21  | 136.31 | 2.29   | 2.08 | 2.08 | 2.06 | 6.30  |  |
| SHN 45 A  |      |     |      |     |     |     |    | 97    | 139.4 | 13    |      |     |      |     |      |      |      |    |      |     |     |     |     |      |        | M12x35 | 77.57  | 155.93 | 3.01 | 2.35 | 2.35 | 2.79  |  |
| SHN 45 AL | 60   | 9.5 | 37.5 | 120 | 100 | 10  | 80 | 128.8 | 171.2 | 28.9  | 12.9 | M12 | 15.1 | 22  | 15   | 8.5  | 20.5 | 45 | 38   | 20  | 17  | 14  | 105 | 22.5 | M12x35 | 94.547 | 207.12 | 4.00   | 4.07 | 4.07 | 3.69 | 10.41 |  |

1kgf=9.81N



## EK 2: Vidalı Mil SCR 3210

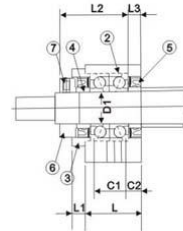
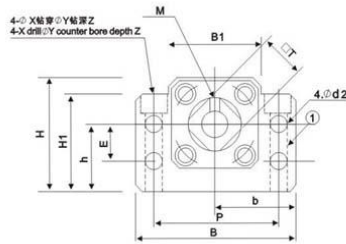


| 型号<br>MODEL NO. | 主要尺寸<br>MAIN DIMENSIONS       |                          |                              |                                      |  | 安装尺寸<br>Mounting dimension |     |       |     |    |    |     | 基本额定载荷<br>BASIC LOAD RATING |        | 刚性<br>RIGIDITY<br>(kg/um)<br>K |         |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------|-----|-------|-----|----|----|-----|-----------------------------|--------|--------------------------------|---------|
|                 | 螺杆<br>外径<br>SCREW<br>DIAMETER | 导程<br>THREAD<br>DISTANCE | 钢珠<br>外径<br>BALL<br>DIAMETER | 螺帽<br>外径<br>NUT<br>OUTER<br>DIAMETER | 球圈<br>数<br>BALL<br>CIRCULATION<br>Number | Q                          | A   | G     | H   | L  | B  | W   | d1                          | C(kgf) |                                | Co(kgf) |
|                 | d                             | s                        | Da                           | D                                    | n  |                            |     |       |     |    |    |     |                             |        |                                |         |
| 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      |

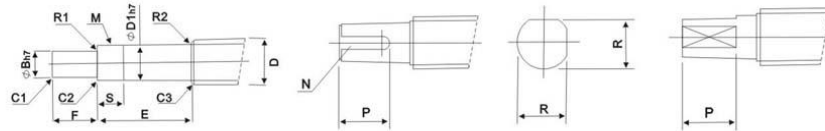
### EK 3: Vidalı Mil Uç Yatakları BK 25



| 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<br>Hexagon socket-head<br>Setscrew(with set piece) | 1       |

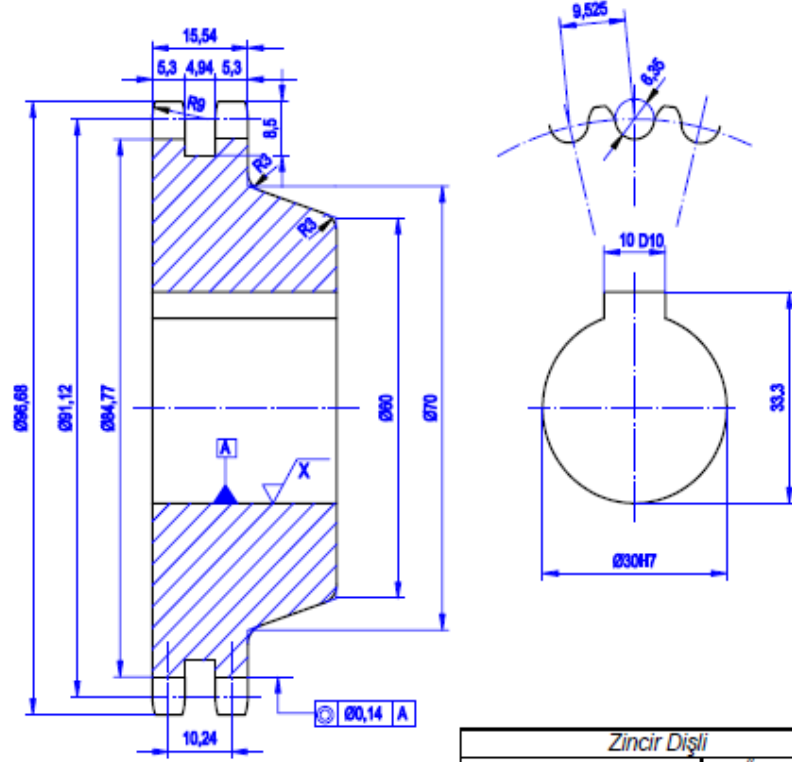


| 型号<br>Model No. | 轴径<br>Shaft<br>diameter<br>d1 | L  | L1 | L2 | L3 | B   | H  | b  | h  | B1 | H1   | E  | P   | C1 | C2 | d2  | X   | Y    | Z   | M  | T  |
|-----------------|-------------------------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|------|----|-----|----|----|-----|-----|------|-----|----|----|
| 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<br>MODEL NUMBER<br>BK型 | 适用轴杆外径<br>Ball screw outside diameter<br>D | D1 | B  | E  | F  | M       | S  | 倒角<br>Chamfer |     |     | 圆角半径<br>Radius |       | H1<br>键槽(宽x深)<br>KEY WAY DIMENSION |    |      | H2 |  |  | 型号<br>MODEL NUMBER<br>BK型 |       |
|---------------------------|--|----|----|----|----|---------|----|---------------|-----|-----|----------------|-------|------------------------------------|----|------|----|--|--|---------------------------|-------|
|                           |  |    |    |    |    |         |    | C1            | C2  | C2  | R1             | R2MAX | N                                  | P  | R    | P  |  |  |                           |       |
| 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.    |       |                 |

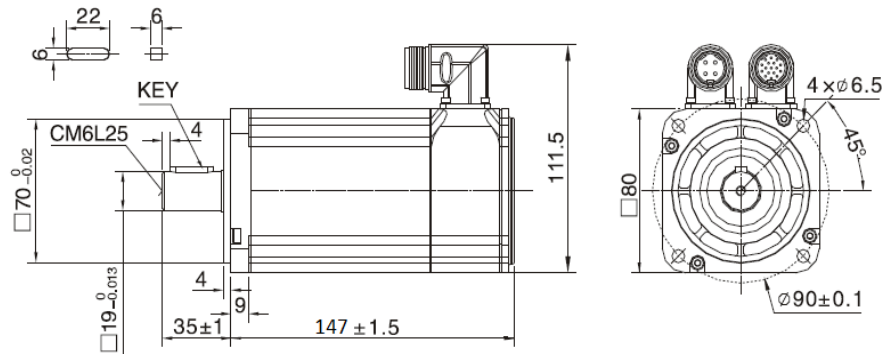


| ÖLÇÜ  | EBÖ    | EKÖ    |
|-------|--------|--------|
| ∅30H7 | 30,025 | 30     |
| 10D10 | 10,098 | 10,040 |

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

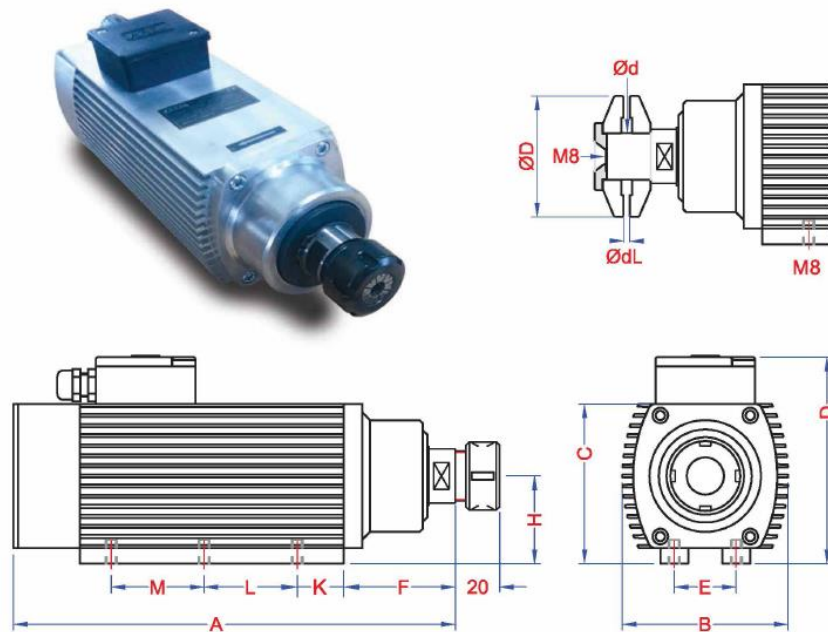
**EK 5: GS080D-075-30AYK-3LN Servo Motor**

**GS080D-075-30AYK-3LN**



**EK 6: Spindle Motor**

**ARFM.3Y MOTORLAR / MOTORS**

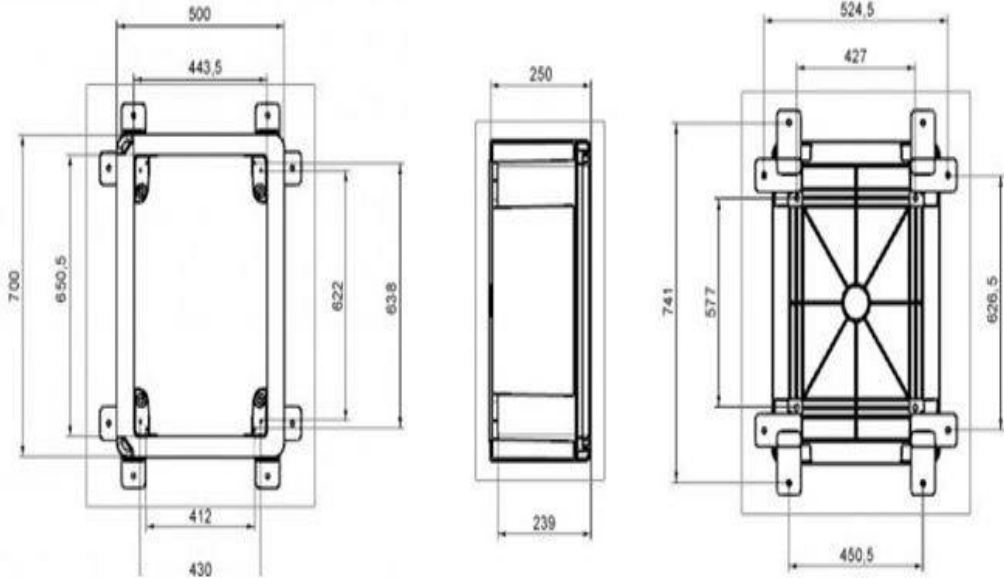


## EK 7: Spindle Motor Teknik Özellikleri

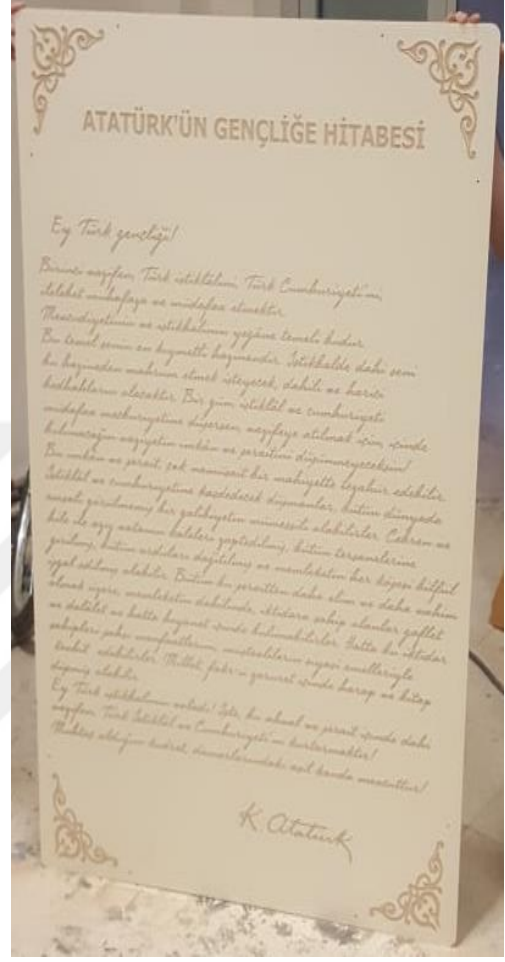
| Tipi      | A mm | B mm | C mm | D mm | E mm | F mm | H mm | K mm | L mm | M mm | Ø D | Ø d | Ø dL |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| ARFM.3Y-S | 273  | 107  | 103  | 133  | 40   | 85   | 56,5 | 30   | 60   | -    | 78  | 30  | 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<br>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     | ER 25<br>1 - 16 mm |
| ARFM.3Y-M4  | 0,55 / 0,75 | 3000  | 50  | 220-380 | 1,1 / 1,9  | 9     |                    |
| 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