

**ÜÇ EKSENLİ MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHI
TASARIM VE İMALATI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Mehmet KUTLU

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİMDALI

2006

T.C.
AFYONKARAHİSAR KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÜÇ EKSENLİ MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHI
TASARIM VE İMALATI**

Mehmet KUTLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU

AFYONKARAHİSAR
2006

Mehmet KUTLU'nun yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “ÜÇ EKSENLİ MASATİPİ CNC FREZE TEZGÂHI TASARIM VE İMALATI” başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

29 / 10 / 2006

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN
(Başkan)

Jüri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU
(Danışman)

Jüri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

Jüri Üyesi :

Jüri Üyesi :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nunGün
vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÜÇ EKSENLİ MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHI TASARIM VE İMALATI

Mehmet KUTLU

Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU

Hayatımızın her alanında bilgi işlem teknolojisi hızla gelişmektedir. Bilgi işlem teknolojisinin gelişmesi özellikle imalat endüstrisinde önemli değişikliklere sebep olmuştur. Bu değişimlere paralel olarak universal imalat tezgâhları yerini bilgisayar kontrollü tezgâhlara bırakmıştır.

Bu çalışmada, Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhi tasarım ve imalatı için gerekli tasarım parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler çerçevesinde tezgâhın tasarımı ve imalatı için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar doğrultusunda üç boyutlu bir çizim programında çizimi yapılmıştır. Çizimi ve tasarımı yapılan üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhi metal parçaları endüstride bulunan talaşlı üretim tezgâhlarında işlenmiştir. Tezgâhın eksen sistemindeki hareketleri iletecek ve yönlendirecek yataklama sistemleri hazır olarak satın alınmıştır. Mekanik parçaların montajı yapılarak sistem hazır hale getirilmiştir. Tezgâhın eksenlerinin tahrik sistemi step motorlarla sağlanmıştır. Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhının elektronik kontrolü step motor sürücüleri ve bir kontrollör kartı yardımıyla yapılmıştır.

Sonuç olarak Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgâhi sorunsuz bir şekilde çalıştırılmış ve iş parçası işlenmiştir.

2006, 89 Sayfa

Anahtar Kelimeler: CNC, Freze Tezgâhı, Bilgisayar Destekli İmalat, Makine Tasarımı, Parça Programlama

ABSTRACT

Ms. Sc.

A THREE AXIS TYPE OF TABLE CNC MILLING MACHINE DESIGN AND MANUFACTURING

Mehmet KUTLU

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Supervisor: Ast. Prof. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLU

The information processing technology is developed very fast today in all areas. The development in information processing technology causes important changes especially in manufacturing industry. With these changes, universal manufacturing workbenches shift their places to the computer numerical control manufacturing systems.

In this study, the required parameters for designing and manufacturing of a three-axis CNC milling machine are determined. With these parameters, the static and dynamic calculations which are necessary to design CNC milling machine are done. According to these calculations, the drawings of machine parts are carried out using a three-dimensional drawing program. The metal pieces are manufactured at tool machines used in industry. The bearing-system which are used in the machine is bought as prepared, and then the system is assembled. The actuation system of the CNC milling machine is provided by step motors. The electric control of the CNC milling machine is performed with the step motor drivers and a controller card. As a result, the three-axis type of CNC milling machine is run without any problem and the work piece is processed.

2006, 89 Pages

Key Words: CNC, Milling machine, Computer Aided Manufacturing, Machine Design, Part Programmed

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ	xii
KULLANILAN SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	15
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	17
3. CNC TAKIM TEZGÂHLARI	20
3.1. CNC NEDİR?	20
3.2 CNC TEZGÂHLARIN ÜSTÜNLÜKLERİ.....	20
3.2.1. Üniversal tezgâhlara göre;.....	20
3.2. 2 Mekanik otomat tezgâhlara göre;.....	21
3.3 CNC TEZGÂHLARIN DEZAVANTAJLARI.....	21
3.4 CNC TEZGÂHLARIN BÖLÜMLERİ.....	21
3.4.1. Bilgisayar Sistemi	21
3.4.2. Tasarım Yazılımları	21
3.4.3. Üretim Yazılımları	22
3.4.4. Hareket Kontrolörü (G Kodu Yorumlayıcı).....	22
3.4.4.1 CNC Tezgâhlarda Parça Programlamada Kullanılan G ve M Kodları ..	22
3.4.5. Step Motor Sürücüleri ve Kontrolörleri	24
3.4.6. Step Motorlar	25
3.4.7. Bilyalı Vidalar ve Doğrusal Kaymalı Yataklar.....	27
3.4.8. Makine Gövdesi	32
3.5. FARKLI KONSTRUKSİYONLARDAKİ CNC FREZE TEZGÂHLARI	34
3.5.1. Köprü Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu	34
3.5.2. Üniversal Freze Tipi CNC Freze Tasarımı	34
3.5.3. Üç Eksenli Tek Gövdeden Hareket Sistemli CNC Freze Konstrüksiyonu	35
4. ÜÇ EKSENLİ MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHI TASARIM VE İMALATI.....	36

4.1. CNC TEZGÂH EKSENLERİ.....	36
4.2. HESAPLAMALAR	38
4.2.1. Kesme Kuvvetlerinin Hesabı	39
4.2.2. Z Eksenine İçin Gerekli Hesaplamalar	40
4.2.3. Y Eksenine İçin Gerekli Hesaplamalar.....	44
4.2.4. X Eksenine İçin Gerekli Hesaplamalar.....	48
4.3. TASARIM VE ÜRETİMİ YAPILAN MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHINDA KULLANILAN PARÇALAR VE ÖZELLİKLERİ	53
4.3.1. Ana Gövde	54
4.3.2. Yataklama Sistemi Ve Elamanları	55
4.3.3. Tahrik Sistemi Ve Elamanları.....	55
4.3.4. Hareket İletim Sistemi Ve Elamanları	56
4.3.5. Elektronik Kontrol Sistemi	57
4.3.5.1 Desk CNC 2. Jenerasyon Kontroller.....	58
4.3.5.2 M2MD806 Step Motor Sürücüsü.....	60
4.3.6 Masa Tipi CNC Freze Tezgâhı Mekanik Montajı.....	61
4.3.7 Masa Tipi CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Ara Yüz Programı; DESK CNC	62
5. DeskCNC ARA YÜZ PROGRAMI	65
5.1 DOSYA.....	65
5.1.1 DXF AÇ	65
5.1.2 NC DOSYASI AÇ	67
5.1.3 YAZI YAZ.....	68
5.2 ÜÇ EKSENLİ MASA ÜSTÜ CNC FREZE TEZGÂHI GENEL ÖZELLİKLERİ.....	69
6. SONUÇ	73
KAYNAKLAR	75
TEŞEKKÜR.....	76
ÖZGEÇMİŞ	77
EKLER.....	78
EK 1	79
EK 2	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Step Motor Sürücü	25
Şekil 3.2 Kontroller	25
Şekil 3.3 Step Motor İç Yapısı	26
Şekil 3.4 Step Motor	27
Şekil 3.5 Bilyalı vida sistemi iç yapısı	28
Şekil 3.6 ACME Tip Vida Örnekleri	28
Şekil 3.7 Endüstriyel CNC Tezgâhlarda Kullanılan Doğrusal Yataklar	29
Şekil 3.8 Doğrusal Kaymalı Yatak.	30
Şekil 3.9.a Normal Yük Altında Yataklama Uygulaması	31
Şekil 3.9.b Yan Yük Altında Yataklama Uygulaması	31
Şekil 3.9.c Dik Yük Altında Yataklama Uygulaması	32
Şekil 3.10 CNC Tezgâhın Gövdesi	33
Şekil 3.11 Köprü tipi CNC tasarımı	34
Şekil 3.12 Üç eksenli universal tip CNC tasarımı	35
Şekil 4.1 CNC Torna Tezgâhı Eksen Sistemi	36
Şekil 4.2 CNC Freze Tezgâhının Eksen Sistemi	37
Şekil 4.3 Masa Tipi CNC Freze bölümleri	53
Şekil 4.4 Ana Gövde	54
Şekil 4.5 Y Eksen Sistemi Yataklaması	55
Şekil 4.6 Z eksen tahrik motoru	56
Şekil 4.7 Bilyalı vida somunu	57
Şekil 4.8 Elektronik Kontrol Sistemi	58
Şekil 4.9 Desk CNC Kontroller	59
Şekil 4.10 M2MD806 Step Motor Sürücüsü	61
Şekil 4.11 Masa Tipi Cnc Freze Tezgahı Parçaları	61
Şekil 4.12 Desk CNC Ara Yüz Programı Ana Ekran Görüntüsü	63
Şekil 4.13-a G Kodu Komut Satırı	63
Şekil 4.14-b G Kodu Komut Satırı Açıklaması	64
Şekil 5.1 Dxf Formatında Çizilmiş Bir Teknik Remin DeskCNC Programına Aktarılması	65
Şekil 5.2 Kesim İçin Kalem Yolu Oluşturmak	66

Şekil 5.3 Kalem Yolları Oluşturulmuş Bir İş Parçası	66
Şekil 5.4 İşlenmiş Parçanın Programdaki Görüntüsü	67
Şekil 5.5 Nc Dosyası Açma	68
Şekil 5.7 Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgâhı Parçaları	69
Şekil 5.8 Pano Bağlantıları.....	70
Şekil 5.9 Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgahı.....	71
Şekil 6.2 Masa Tipi CNC Freze Tezgahında İşlenmiş İş Parçası	79

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1 G KODLARI	23
Tablo 3.2 M KODLARI	24
Tablo 4.1 Masa Tipi CNC Freze Tasarım Parametreleri	39
Tablo 4.2 Z eksen motor seçim parametreleri.....	42
Tablo 4.3 Z eksen motor bağlantı seçim parametreleri.....	44
Tablo 4.4 Y eksen motor seçim parametreleri	46
Tablo 4.5 Y eksen motor bağlantı seçim parametreleri	48
Tablo 4.6 X eksen motor seçim parametreleri	50
Tablo 4.7 X eksen motor bağlantı kaplini seçim parametreleri	51
Tablo 4.8 Masaüstü CNC Freze Tezgahında Kullanılan Elektronik Malzemeler	58
Tablo 5.1 Eksen Hareket Mesafeleri.....	71

KULLANILAN SİMGELER VE KISALTMALAR

V	=	Kesme hızı
D	=	Freze çapı
h_m	=	Ortalama Talaş Kalınlığı
s_z	=	Bir Diş Karşılık Gelen İlerleme
φ_s	=	Temas Açısı
Z	=	Diş Sayısı
Z_e	=	Aynı Anda Parça İle Temasta Olan Diş Sayısı
K_s	=	Özgül Kesme Kuvveti
F_s	=	Kesme Kuvveti (N)
F_v	=	İlerleme Kuvveti (N)
F_R	=	Radyal Kuvvet (N)
a	=	Talaş Kalınlığı (mm)
b	=	Talaş Genişliği (mm)
P_s	=	Motor Gücü (kw)
f_e	=	Kesme esnasında bilyalı mile etki eden aksenal kuvvet
F_a	=	Doğrusal hareketteki aksenal yük
f	=	Vidalı milin direnci
P_B	=	Bilyalı vida adımı
R	=	Redüksiyon oranı
t_A	=	İvmelenme süresi-(sn)
M	=	Doğrusal hareket yapan elemanların toplam ağırlığı-kg
R	=	Redüksiyon oranı
ρ	=	Vidalı mil malzemesinin öz kütlesi-(g/cm ³)
L_B	=	Vidalı milin uzunluğu-(m)
D_B	=	Vidalı milin çapı
M_K	=	Kaplin ağırlığı-(kg)
D_K	=	Kaplin dış çapı-(m)
f	=	Vidalı milin direnci-(N)
μ	=	Kızaklardaki sürtünme katsayısı
η	=	Vidalı milin verimi

F_r	=	Kesme kuvveti-(N)
P_0	=	Talaş kaldırırken gereken motor gücü – (kW)
n	=	Devir sayısı-(dev/dak)
F_M	=	Motor cinsine bağlı katsayı
F_W	=	Motorun çalışma yoğunluğuna bağlı katsay

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte son 50 yıl içerisinde talaşlı imalat endüstrisinde de önemli gelişmeler olmuştur. Talaşlı imalat kısaca, hammaddeler üzerinden çeşitli takım tezgâhları yardımıyla talaş kaldırılarak malzemenin kullanılabilir haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. Burada kullanılan takım tezgâhları parçaların işlenmesinde büyük bir paya sahiptir. Bu takım tezgâhları yaptıkları işlemlere göre adlandırılırlar. Bunlardan; Torna tezgâhı, Freze tezgâhı, Matkap tezgâhı, Yüzey ve Silindirik taşlama tezgâhları en çok kullanılanlardır.

Takım tezgâhları alanında büyük devir, 1950 yıllarında nümerik programlamaya göre çalışan ve Nümerik Kontrollü (NC-Numerical Control) tezgâhların uygulamaya konulmasıyla başlar. Aynı tarihlerde seramikten yapılan takımların kullanılması ile kesme hızları ve işleme kaliteleri oldukça iyileştirilmiş ve her iki uygulamada takım tezgâhı gerek nitelik, gerekse nicelik bakımından büyük gelişmeler göstermiştir. Bu gelişme, daha önce bilinen mekanik otomat tezgâhlarında kapsamına alarak günümüzde, pim kontrollü, kam kontrollü, kopya kontrollü, tek akslı, çok akslı, transfer tezgâhları olarak bilinen büyük bir tezgâh yelpazesini oluşturmuştur. NC tezgâhların bilgisayarla donatılması ile CNC (Computer Nümerical Control) ve DNC (Direct Nümerical Control) tezgâhları oluşmuş, bilgisayarların ve kişisel bilgisayarların kullanılması ile de bu tezgâhlar işlemleri optimizasyon düzeyinde yapmaya başlamışlardır (Pehlivanoğlu-Batı 2002).

Tezgâhların bu gelişmelerine paralel olarak imalat sistemlerinde de büyük gelişmeler olmuştur. 1947 yılında ortaya atılan otomasyona dayalı imalat sistemi genişletilerek optimizasyon devrine geçilmiş, robotların kullanımı gittikçe artarak robot fabrikaları ve robot tesisatları kurulmuştur. Ayrıca bilgisayarların yardımı ile ayrı ayrı yapılan bilgisayar destekli tasarım CAD (Computer Aided Design) ve bilgisayarlı destekli imalat CAM (Computer Aided Manufacturing) işlemleri birleştirilerek CAD-CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat); ve bunların CNC ve DNC tezgâhların birleşmesi ile Esnek İmalat Sistemleri FMS (Flexible Manufacturing System) ortaya atılmıştır. 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 Integrated Manufacturing) devri başlamıştır.

Bu çalışmada üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhi tasarlanıp imal edilmiştir. Tezghin alıştırılmasında gerekli olan doğrusal yataklar, vidalı miller ve parça programlarının düzenlendiği yazılım programı hazır olarak alınmıştır. İlk olarak CNC freze tezghinin tasarımı yapılmıştır. Tasarım esnasında tezghin hızı ve kapasitesi dikkate alınarak mukavemet hesapları yapılmıştır. Tasarımdan sonra masa tipi CNC freze tezghinin imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalat sonrasında değişik parça programları yazılarak CNC tezgâhi denenmiştir. Sonuç olarak tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen masa tipi CNC tezghinin sorunsuz bir şekilde çalıştığı grlmştir.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Varol, Yalçın ve Yılmaz'ın bilgisayar ve bilişim teknolojisindeki gelişmelerin imalat teknolojilerindeki yansımalarını konu alan çalışmaları; Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD), Bilgisayar Destekli İmalat (CAM), Esnek İmalat (FM) ve nihayetinde Bilgisayar Tümüleşik İmalat (CIM) sistemlerinin ortaya çıkması üzerinde durulmuştur. İmalattaki otomasyon ve esnekliğin, üretim miktarını ve kaliteyi artırdığından aynı zamanda maliyet ve üretim zamanını da azalttığından bahsedilmiştir. İleri İmalat uygulamalarının en geniş uygulama alanı olan talaşlı imalat alanında da, bilgisayar destekli teknolojilerin oldukça hızlı geliştiği üzerinde de durulmuştur.

Teknolojisinin gelişmesiyle tamamen operatör kontrollü takım tezgâhlarının yerini, daha az insan müdahalesi gerektiren Bilgisayar Kontrollü (CNC) takım tezgâhları ve sistemleri almıştır. İleri imalat teknolojilerinin hedefi, tasarımı insan tarafından yapıldıktan sonra insan müdahalesini en aza indiren, otomasyon sistemlerinin geliştirilmesidir. Bu alanda, araştırmalar CNC takım tezgâhlarında verimliliği arttırmak ve otomasyon için, CAM programı yazılımları üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada, AutoCAD 2002 programında örnek bir kalıp tasarımı yapılmıştır. Bu kalıbın CNC işleme merkezinde imalatı için, Power MILL CAM programı kullanılarak takım yolu oluşturulmuştur. Sonuç olarak, bilgisayar destekli imalatla CAM programı kullanımı ile parça imalatı simülasyonu detaylı olarak açıklanmıştır(Varol v.d. 2005).

Dinçel'in (1999) yaptığı bu çalışmada, CNC'nin (Computer Numerical Control) tanımı yapılmış, NC (Nümeric Control) takım tezgâhlarından CNC takım tezgâhlarına geçişin nedenleri ve getirdiği yeniliklerden bahsedilmiş, CNC takım tezgâhlarının, universal takım tezgâhları ve yarı otomat takım tezgâhlarına olan üstünlükleri açıklanmış. CNC takım tezgâhlarının çeşitleri üzerinde durularak CNC takım tezgâhlarının yapılarından bahsedilmiştir.

Erer'in (2000) yaptığı bu çalışmada CNC takım tezgâhları hakkında genel bir açıklama yapılmış, CNC tezgâhların tanımı yapılarak endüstriye getirdiği kolaylıklardan ve gelişmesinde etkili olan teknolojik değişimin sebeplerinden

bahsedilmiş. CNC takım tezgâhlarının çalışma prensiplerinden ve sistemlerinden bahsedilerek kullanım kolaylığına dikkat çekilmiş. CNC tezgâhların ürettiği iş parçalarının üniversal ve diğer imalat takım tezgâhlarına göre daha hassas ve standart oldukları üzerinde durularak gelecekte üniversal tezgâhların kullanımının azalacağından bahsedilmiştir.

Yağmur'un (2004) yaptığı bu çalışmada CNC tezgâhlarında CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) ve FEA (Finite Element Analysis) yazılımlarından faydalanılabileceğini ve bu sayede ilk parça üretiminin, deneme yanılma yöntemi ile üretimden, maliyet olarak daha cazip olduğunu açıklanmıştır. Ülkemizde tasarım, üretim ve analiz programlarını kullanan kişilerin azlığından ve yetiştiren kurumların olmamasından bahsedilerek bu alandaki eksiklikler belirtilmiştir.

Sprunt'un (2000) yaptığı bu çalışmada, düşük maliyetli üç eksenli bir CNC freze tasarımının amacı, nümerik kontrollü makine takımlarının getirdiği avantajları ahşap işleme makinelerinde uygulanabilirliğinin araştırılması. Fiyatı düşürmek için tek ray sistemli bir tasarım yapıldı. Destekleme parçalarının sayıları en aza indirilerek gerekli olan diğer parçaların üretim maliyetleri en aza düşürülmeye çalışıldı.

Turgay'ın (2000) yaptığı bu çalışmada Yüksek hızda işleme operasyonu için tasarlanmış olan bir takım tezgahı mekaniğinin nasıl yapıda olacağı incelenmeye çalışılmıştır. Yüksek hızda işleme operasyonları sadece makine mekaniğinin iyi olması ile yerine getirilemez; aynı zamanda kontrol sisteminin de son derece yüksek performanslı olması gerekmektedir.

Yüksek performanslı sürücüler yüksek devirli makine takımları için gereklidir. Buda hızın ivmelenmenin ve pozisyon sürekliliğinin beraberinde pürüzsüz bir yüzey profilinin oluşması için döngü algoritmalarını sağlar. Bu çalışmada ikizkenar yamuk şeklinde ivmelenmiş profil gibi beşli bir eğri interpolasyon tekniği kullanılarak yeni nesil bir eğri algoritması sunulmuştur. Bu

yaklaşımın uygulanabilirliği açık yapıda üretilmiş üç eksenli bir CNC freze tezgahında serbest bir yüzeyde işlenerek ispat edilmiştir. Uygulama boyunca her ne kadar başlangıçta rutin olarak bazı geniş ölçümlerin yapılması gerekse de bir TMS32 DSP kartı yardımıyla gerçek zamanlarda algoritmanın içyapısı kolaylıkla imal edilebilmektedir (Erkorkmaz ve Altintas 2000).

3. CNC TAKIM TEZGÂHLARI

3.1. CNC NEDİR?

Sayısal Kontrol (Numerical Control-NC), II. Dünya savaşı sırasında, karmaşık ve daha doğru parça üretiminin sağlanabilmesi artan ihtiyaca cevap verebilmek için talaşlı imalat sektörü de hızla gelişmiştir. 1952 yılında ilk olarak üç eksenli bir makine (Cincinnati Hydrotel Milling Machine) geliştirilmiştir. Dijital kontrollü bu tezgâh ve teknolojisi NC olarak adlandırıldı. İlk gözlenen avantajları, karmaşık parçaların daha doğru imali ve kısa üretim zamanları idi. İlk NC kontrolörü için 1950 'lerde vakum tüpler kullanıldı. Bunlar oldukça büyük parçalardı. 1960 'larda elektroniğinde gelişmesiyle dijital kontrollü transistörler kullanıldı. Üçüncü gelişme olarak ta; NC kontrolörü olarak entegre devre çipleri kullanılmaya başlandı. Bunlar ucuz, güvenilir ve küçük elemanlardı. En önemli gelişme; kontrol üniteleri yerine bilgisayarın kullanılması oldu (1970 'lerde). Böylelikle CNC (Computer Numerical Control) ve DNC (Direct Numerical Control) sistemleri ortaya çıktı.

CNC, basit NC fonksiyonlarını sağlayabilen, parça programlarını yorumlanmasını ve girdilerinin yapılması için bünyesinde bilgisayar sistemi bulunduran mekanik bir sistemdir (Yağmur 2004). CNC' yi ayrıca bünyesinde programları saklayabilen, dışardan veri aktarımı yapılabilen bir takım tezgâhı olarak da adlandırabiliriz.

3.2 CNC TEZGÂHLARIN ÜSTÜNLÜKLERİ

Günümüzde takım tezgâhları ve bunlarla birlikte birçok parça ve aparatlar, CNC ile işlenememektedir. Bununla beraber CNC tezgâhların üstünlüklerini bir daha belirtmekte yarar vardır:

3.2.1. Üniversal tezgâhlara göre;

- Yardımcı ve hazırlık zamanların çok düşük olması, üretimin önemli ölçüde artması ve maliyetin azalması.
- Daha yüksek ve özellikle sabit kalite elde edilmesi.
- Daha az ve basit tutturma tertibatlarına gereksinme olması.

- Çok karmaşık parçaların, yüksek bir doğrulukla işlenebilmesi.

3.2. 2 Mekanik otomat tezgâhlara göre;

- Çok daha esnek olması, yani işleme koşullarının çabuk değiştirilebilmesi.
- Ayar zamanının çok daha kısa olması.

3.3 CNC TEZGÂHLARIN DEZAVANTAJLARI

- Daha hassas olması ve dolayısıyla çevre etkilerine karşı daha iyi muhafaza edilmesi.
- Bozulma ihtimallerinin daha büyük olması ve ayrıca tamirat için uzmanlaşmış elemanlara ihtiyaç duyulması.
- Programlama için kalifiye elemanlar istemesidir.

3.4 CNC TEZGÂHLARIN BÖLÜMLERİ

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

3.4.1. Bilgisayar Sistemi

CNC’ de bulunan bilgisayar sistemi iş parçası programlarının yapılmasına, tasarımların oluşturulmasına ve geliştirmesine imkân tanımaktadır.

3.4.2. Tasarım Yazılımları

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

3.4.3. Üretim Yazılımları

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

3.4.4. Hareket Kontrolörü (G Kodu Yorumlayıcı)

G kodları paralel bağlantı noktasından gönderilen hareket sinyallerinin bir kişisel bilgisayar yardımıyla, ara yüz yazılımları tarafından yorumlanmasıyla CNC tezgâhlarda kullanılabilir. Endüstriyel CNC tezgâhlarda kullanılan ara yüz programları G kodlarını seri haberleşme bağlantı noktaları üzerinden yazı biçiminde alırlar. Üretilen hareket sinyalleri bir mikroişlemci yardımıyla G kodlarına dönüştürülür.

3.4.4.1 CNC Tezgâhlarda Parça Programlamada Kullanılan G ve M Kodları

Bu kodlar makineye yaptırılmak istenen işlemin makine tarafından tanınması için kullanılan bir programlama dilidir. G kodları makineye yapması gereken işlemi anlatmakta kullanılır. CNC makinelerinin tipine göre bazı G kodlarının anlamları da değişebilir. G kodlama dili sanayide en çok FANUC marka kontrol üniteli CNC tezgâhlarda kullanılmaktadır. Tablo 3.1 de en çok kullanılan G kodları verilmiştir.

Tablo 3.1 G KODLARI

G KODU	FONKSİYONLARI
G00	Pozisyonlandırma
G01	Doğrusal kesme
G02	Saat yönünde dairesel kesme
G03	Saatın tersi yönde dairesel kesme
G17	XY Düzlemi
G18	ZX Düzlemi
G20	İnç Programlama
G21	Metrik programlama
G27	Referans noktasına dönüş kontrolü
G28	Referans noktasına gönderme
G29	Referans noktasına dönüş
G30	2.3.ve 4.referans noktasına gönderme
G31	Atlama fonksiyonu
G40	Takım yarıçap telafisi
G41	Sol Takım yarıçap telafisi
G42	Sağ Takım yarıçap telafisi
G49	Takım boy telafi iptali
G52	Koordinat sistemi kaydırma
G53	Makine koordinat sistemi seçme
G54	1.işparçası sıfırı seçme
G55	2.işparçası sıfırı seçme
G56	3.işparçası sıfırı seçme
G57	4..işparçası sıfırı seçme
G58	5.işparçası sıfırı seçme
G59	6.işparçası sıfırı seçme
G68	Koordinat sistemi çevirme
G69	Koordinat sistemi çevirme iptali
G80	Çevrim iptali
G90	Mutlak sistem
G91	Artımsal sistem
G92	İş parçası sıfırı değiştirme
G94	İlerleme mm/dk.
G95	İlerleme mm/dev.
G98	Çevrim sonrası Z noktasına dönme
G99	Çevrim sonrası R emniyet noktasına dönme

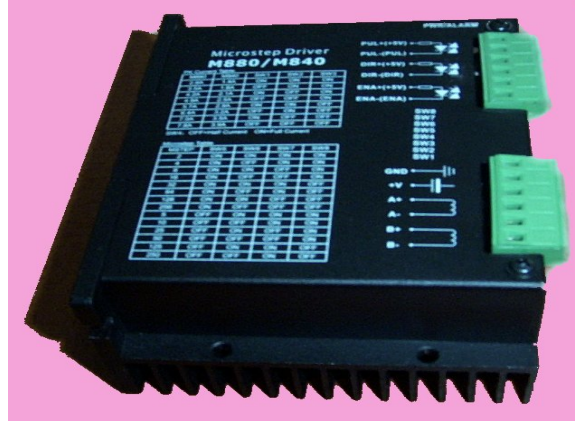
Bu kodlar makinenin çalışmasında yardımcı komutların uygulanmasında kullanılır. Tablo 3.2 de en çok kullanılan M kodları verilmiştir.

Tablo 3.2 M KODLARI

M KODLARI	FONSİYONLARI
M00	Program Durdurma
M01	İsteğe bağlı olarak program durdurma
M02	Program sonu
M03	Saat Yönünde fener mili çevirme
M04	Saatın tersi yönünde fener mili çevirme
M05	Fener mili durdurma
M06	Takım değiştirme
M08	Soğutma sıvısı açma
M09	Soğutma sıvısı kapatma
M10	Z eksenini Kilitlemeyi kaldırma
M11	Z eksenini kilitleme
M12	Döner tabla pnomatik sıkma
M13	Döner tabla pnomatik sıkma iptali
M16	Takım içinden soğutma sıvısı verme
M17	Takım içinden soğutma sıvısı kapatma
M19	Fener mili pozisyonlandırma
M29	Rijit kılavuz çekme
M30	Program sonu başa dön
M32	Programlanabilir hava üfleme açma
M33	Programlanabilir hava üfleme kapama
M70	Ayna görüntüsü iptali
M71	X ekseninde ayna görüntüsü
M72	Y ekseninde ayna görüntüsü
M74	4. ayna görüntüsü
M98	Yardımcı program çağırma
M99	Yardımcı program sonu

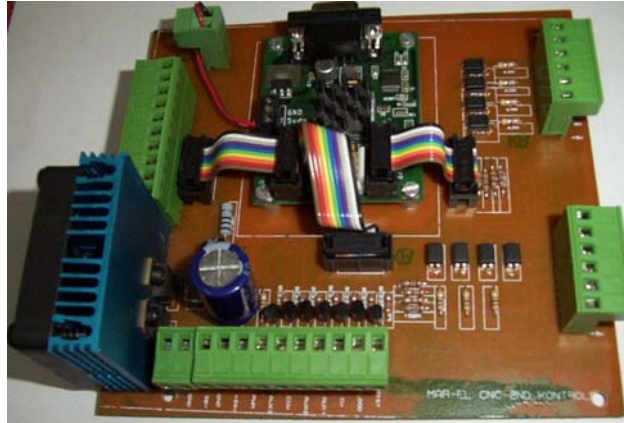
3.4.5. Step Motor Sürücüleri ve Kontrolörleri

Step motor sürücüleri, bir step motorun kontrol edilmesinde kullanılır. G kodları tarafından verilen komut değeri kadar motorun ileri veya geri hareket ettirilmesi step motor sürücüleri tarafından sağlanmaktadır. Şekil 3.1 de basit bir step motor sürücüsü görülmektedir. Sürücüler motorun bir turunu kaç adıma böldüklerine göre sınıflandırılırlar. Örneğin bir turunu 5000 adıma bölen bir sürücünün hassasiyeti 1/5000 dir. Sürücülerin fiyatları hassasiyetleri ile doğru orantılıdır.



Şekil 3.1 Step Motor Sürücü

Step motor kontrolleri, programdan alınan değerin yorumlanarak sürücüye gönderilmesini sağlar. Bu yorumlamayı bir ara yüz programı sayesinde yapar. Şekil 3.2 de bağlantı giriş ve çıkışları bulunan bir kontroller görülmektedir. G ve M kodları ile yazılmış bir programın yorumunu yaparak programda G kodları ile birlikte verilen komutlardaki değerler kadar, sürücü yardımıyla, step motora hareket verir.

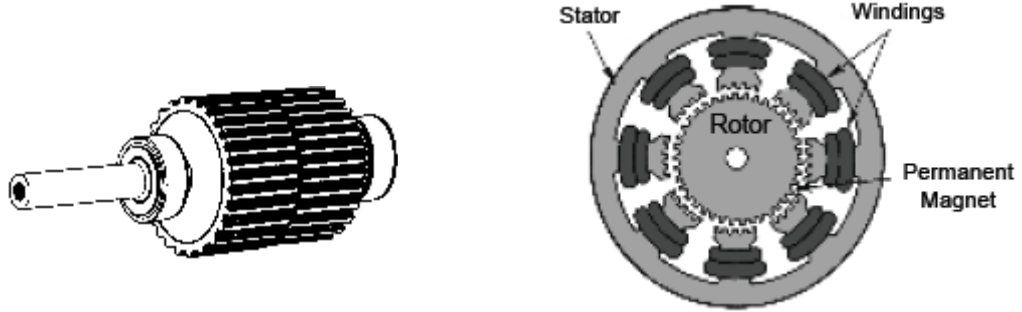


Şekil 3.2 Kontroller

3.4.6. Step Motorlar

Step motorlar dönme hareketindeki adım ve yön sinyallerini dönüştürler ve basit bir şekilde kontrol edilebilirler. Her ne kadar step motorlar, dijital geri besleme sinyalleri ile ya da analog sinyal kombinasyonları ile kullanılsa da,

çoğunlukla geri bildirim (açık uçlu) dışında kullanılanları da vardır. Step motorların kontrolü için sürücü veya kontrol kartı gereklidir.



Şekil 3.3 Step Motor İç Yapısı

Tipik bir hybrid motorun rotoru, iki yumuşak demir parçası etrafında eksenel mıknatıslanma yardımıyla sabit hale gelir. Rotorun üzerindeki demir parçaların yüzeyinde 50 diş vardır ve rotorla stator arasındaki hava boşluğunda bu dişler akıma yol gösterir. Genellikle iki fazlı bir step motor için sarım adımı diğer dişler arasında kalan mesafeye bakılarak 1,5 diş olarak ayarlanır. Stator genellikle rotorda bulunan diş sayısı ile aynı diş sayısına sahiptir. Fakat motorun tasarımına bağlı olarak bir-iki diş eksik veya fazla olabilir. Şekil 3.3 de basit bir step motorun şematik iç yapısı görülmektedir.

Step motorların avantajlarından bahsedecek olursak; maksimum dinamik dönme momenti, düşük hızlarda en yüksek değerine ulaşır. Şekil 3.4 de piyasada bulunan bir step motor görülmektedir. Step motorlar kolaylıkla ivmelenebilirler, rijitliğe ve sabit bir dönme momentine sahiptirler, bu yüzden genellikle fren ve kavramalara gerek duyulmaz. Step motorlar üretim yapıları itibarıyla dijitaldirler. Pozisyon belirleyici adımların sayısı, hız belirleyici frekans adımlarının sayısı ile aynıdır. Bu avantajlara ek olarak çok pahalı değil, kolay kontrol edilebilir ve yapısında fırça yoktur, ısı kaybı bakımından üstün bir özellik gösterirler ve her boyuttaki motor için yüksek dönme momenti ile birlikte oldukça rijit motorlardır.

Step motorlarla ilgili dezavantajlar da vardır. Dezavantajların en büyüğünden biri devir sayısı arttıkça buna ters orantılı olarak dönme momenti de düşer. Çünkü çoğu step motorlar pozisyon sensörü olmadan açık uçlu olarak

kullanılırlar buna bağı olarak emniyetli dönme momenti değeri aşılırsa, pozisyon kaybı olabilir ya da motor durabilir. Açık uçlu step motor sistemleri yüksek yüklemeli uygulamalarda ya da yüksek performans isteyen uygulamalarda kullanılmamalıdır. Başka bir eksiklik ise rezonans noktalarında motor milinin çok yüksek salınım yaptığı durumlarda yüksek atalet kuvvetlerini sönümleyememesidir.



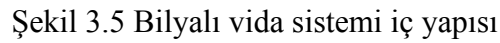
Şekil 3.4 Step Motor

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

3.4.7. Bilyalı Vidalar ve Doğrusal Kaymalı Yataklar

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

Düşük motor kuvvetlerinde verimin yüksek olması, tahmin edilebilir kullanım ömrünün yüksek olması düşük aşınma oranlarına sahip olması ve bakımının fazla bir mali külfetinin olmaması bilyalı vidaların avantajları arasındadır. Şekil 3.5 de bilyalı vida sistemi basit olarak gösterilmiştir.



28

ACME tipi standart ve normal standart olmayan vida sistemleri, bir somunla beraber milin üzerine diş açılmış halde piyasada bulunurlar. Bu tür vidaların piyasada pek çok çeşidi bulunmaktadır. Fakat endüstride yaygın olarak kullanılan ACME tipi vida ve somunlardır. Çünkü ACME tipi vidalar standart bir yapıya ve vida şekline sahiptirler ve ayrıca çeşitli üreticilerden parçaları kolaylıkla değiştirilebilir. Bir vidanın işlevini basit olarak şöyle açıklayabiliriz, giriş olarak verilen dönme hareketini çıkış olarak doğrusal bir harekete çevirir. Somun vidalı mil dönerken sabit tutulur ve böylece vida döndüğü miktarda, somun mil uzunluğu boyunca ileri geri hareketi yapar. Somunun vidalı mile sürtünme miktarında çevrenin, yağlamanın yükün ve iş çevriminin önemli bir etkisi vardır. Bu yüzden bu vidaların kullanım ömrünü belirlemek oldukça zordur. Şekil 3.6 da piyasada bulunan ACME tip vidalar görülmektedir. Vida ve somunlar değişik sistemler belirli tolerans ve ölçülerde uygulanabilirler. Somun ve vida arasında temas yüzeyi kullanım şartlarına bağlı olarak aşınmaya ve verimde düşmeye neden olur.

Düşey uygulamalardaki kendi kendini kilitleme özelliği önemli bir avantajdır. Ayrıca başlangıçtaki düşük fiyatı, sessiz çalışması, kolay montajı ve geniş malzeme seçimi başlıca avantajları arasındadır. Düşük verimlilik, kullanım ömrünün belirsizliği ve yüksek motor güçlerine ihtiyaç duyması başlıca dezavantajlarındandır.



Şekil 3.7 Endüstriyel CNC Tezgahlarda Kullanılan Doğrusal Yataklar

Doğrusal yataklar en çok doğrusal hareket uygulamalarında kullanılırlar. Bu tür yataklar üzerlerine gelen yükleri eşit olarak dağıtarak desteklemekle beraber bir ray boyunca ileri geri hareket edebilirler. Doğrusal yatak sistemleri iki ana parçadan oluşur. Araba ve arabanın üzerinde kaydığı ray, arabada bulunan

bilya taneleri yuvalarından çıkmayacak şekilde sürekli devir daim yapacak biçimde dizilmiştir. Şekil 3.7 de endüstriyel bir CNC tezgahta kullanılan yataklama sistemi görülmektedir. Doğrusal yatakların yuvarlanarak temas etmelerinin avantajlarından faydalanan bir düzlemsel yatak gibi kolayca montajı yapılabilir. Bilya dizilimine göre yük dağılımı, kızak sertliği, kullanım ömrü ve doğrusal yatakların yük kapasiteleri göz önünde tutulması gereken önemli özelliklerinden bir kaçıdır. Çoğu uygulamalarda doğrusal yataklar çift raylı ve bir rayın üzerinde iki araba olacak şekilde montaj edilirler.

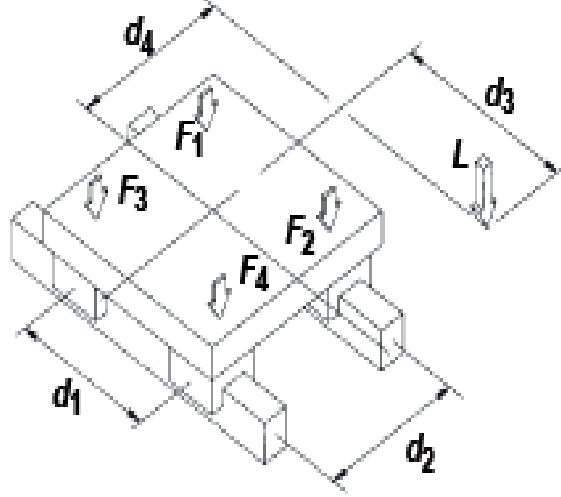


Şekil 3.8 Doğrusal Kaymalı Yatak

Bundan dolayı ağır yük uygulamalarında dört noktadan desteklendiği için doğrusal yatak sistemleri tercih edilmektedir. Yataklama ve yükleme çeşitleri ile ilgili üç değişik ve basit sistem mevcuttur. Şekil 3.8 de doğrusal kaymalı yatak görülmektedir. Şekil 3.9 a, b ve c de değişik yükler altında hareket tipleri görülmektedir.

a) Normal Yük Altında Yatay Hareket

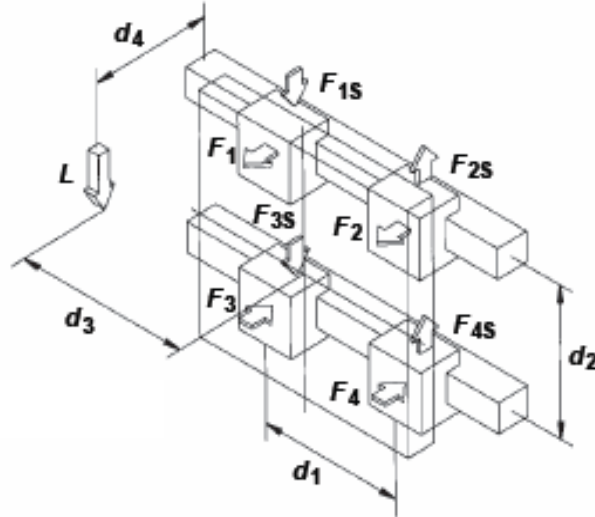
Tezgâh sistemlerinde en çok X ve Y eksenlerinde kullanılmaktadır. Bu tip yataklama sistemlerinde yük arabalara eşit olarak dağılmaktadır.



Şekil 3.9.a Normal Yük Altında Yataklama Uygulaması

b) Yan Yük Altında Yatay Hareket

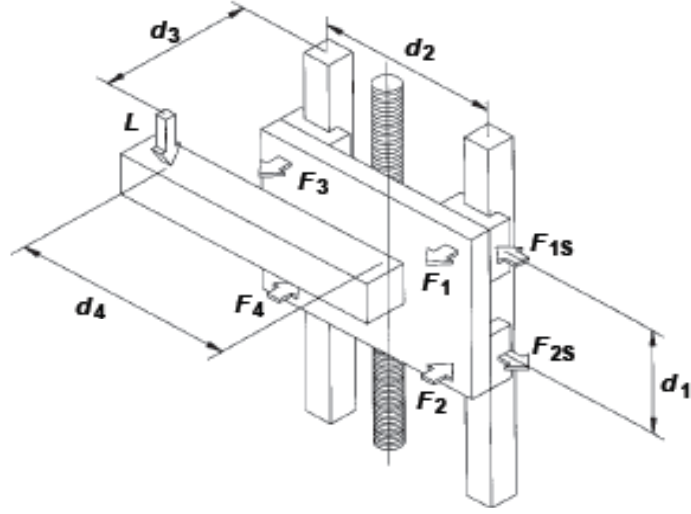
Y ve Z eksen sistemlerinin yataklanmasında kullanılan bir yataklama biçimidir.



Şekil 3.9.b Yan Yük Altında Yataklama Uygulaması

c) Dik Yük Altında Dikey Hareket

Z eksen sisteminin yataklanmasında tercih edilen bir sistemdir.



Şekil 3.9.c Dik Yük Altında Yataklama Uygulaması

3.4.8. Makine Gövdesi

Tezgâh tipine göre, tezgâh gövdeleri birbirinden oldukça farklıdır. Ancak bir genelleştirme yapılırsa tezgâhların gövdesi, banko ve kolonlardan meydana gelir. Banko, tezgâhın bulunduğu zemine göre yatay; kolon, bu zemine göre dikey vaziyette bulunan gövde kısmıdır. Buna göre bazı tezgâhlar örneğin torna, sadece bankodan; bazıları örneğin freze sadece kolondan meydana gelirler.

Tezgâh gövdeleri; yüksek rijitliğe ve kütleleri azaltmak için hafif konstrüksiyona sahip olmaları; başka bir deyişle rijitlik / kütle oranı yüksek olması gerekir. Ayrıca malzeme seçiminde sönümlenme özelliği de dikkate alınır. Rijitlik/kütle oranı üzerinde yapılan teorik ve deneysel incelemelere göre, bu bakımdan en uygun kesitin içi boş kesit olduğu anlaşılmıştır. Boş kesitler eğilme ve burulma gibi zorlamalarda, kesitteki gerilmelerin dağılımını eşitlemekle beraber eylemsizlik momentini de artırır. Ancak bu durumda elemanın dış boyutu da artar. Boş kesitli elemanların rijitliklerini artırmak için kaburgalar veya özel şekillendirmeler yerleştirilir. Gövdelerin burulma rijitliği, gövdeyi oluşturan kısımların birbirine bağlama şekline bağlıdır. Genellikle cıvatarlarla ön gerilme şeklinde yapılan bu bağlamalar, bir yandan veya iki yandan olabilir. Genelde iki

yandan yapılan bağlama, burulma rijitliğini artırır. Tezgâhların rijitliği, tasarım sırasında günümüzde geliştirilmiş bir hesap yöntemi olan, sonlu elemanlar yöntemi ile kontrol edilir. Şekil 3.10 da endüstride kullanılan bir CNC gövdesi görülmektedir.

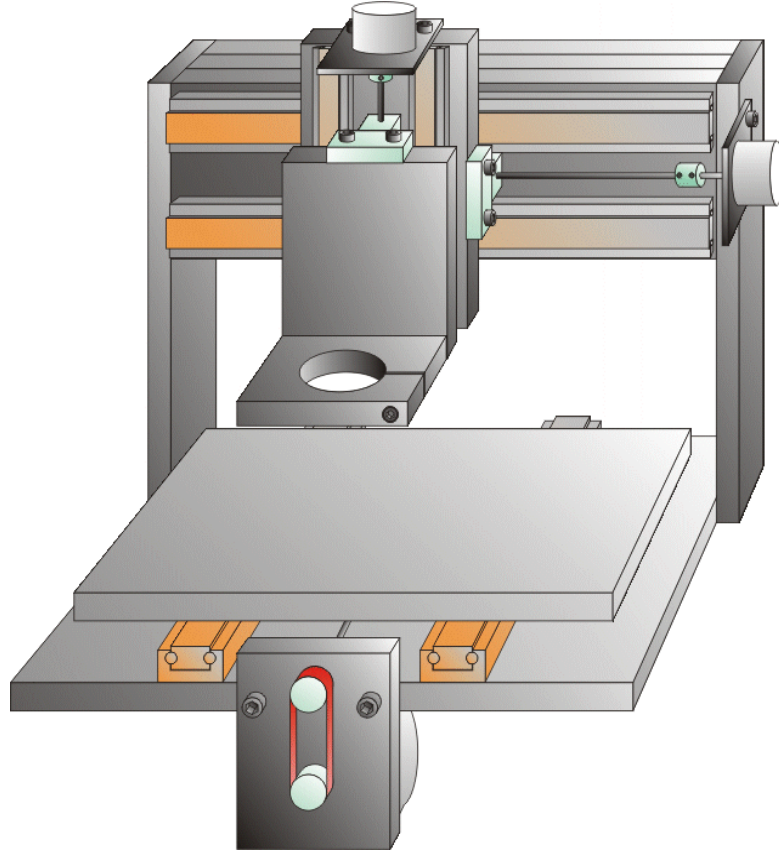


Şekil 3.10 CNC Tezgâhın Gövdesi

3.5. FARKLI KONSTRUKSİYONLARDAKİ CNC FREZE TEZGÂHLARI

3.5.1. Köprü Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu

Şekil 3.11 de görülen makine konstrüksiyonu ilk olarak makine yapacaklar için basit ve sağlam bir yapıya sahiptir. Bu konstrüksiyon tasarımında X eksenini ve Z eksenini aynı sütun üzerinde hareket ettirmek ve Y eksenini bu iki eksenin bağımsız hareket ettirmektedir. Bu nedenle yüksek mukavemetli parçaların işlenmesine elverişli bir tasarımdır. Fakat işlenecek olan iş parçası ebatları tabla ebatları ile sınırlı olduğundan büyük parçaların, ahşap plakaların, işlenmesine pek elverişli değildir.

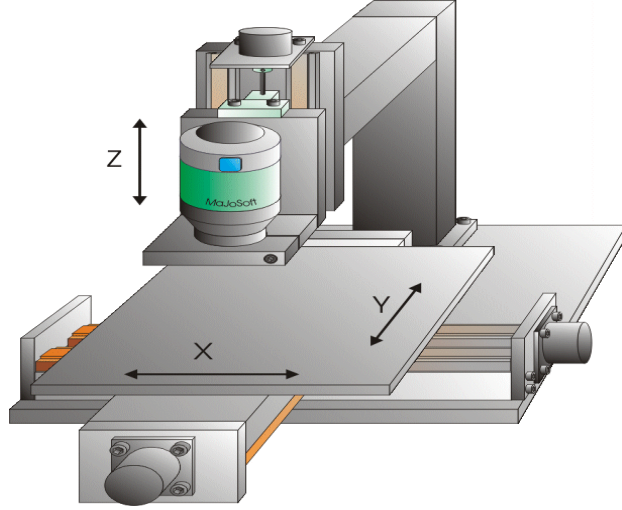


Şekil 3.11 Köprü tipi CNC tasarımı

3.5.2. Üniversal Freze Tipi CNC Freze Tasarımı

Şekil 3.12 de görülen makine konstrüksiyonu şu anda endüstriyel alanda kullanılan CNC'ler ile yaklaşık olarak aynı yapıya sahiptir. X ve Y eksenleri aynı yapı üzerinde Z eksenini ise bağımsız olarak hareket ettirmektedir. Bu tür

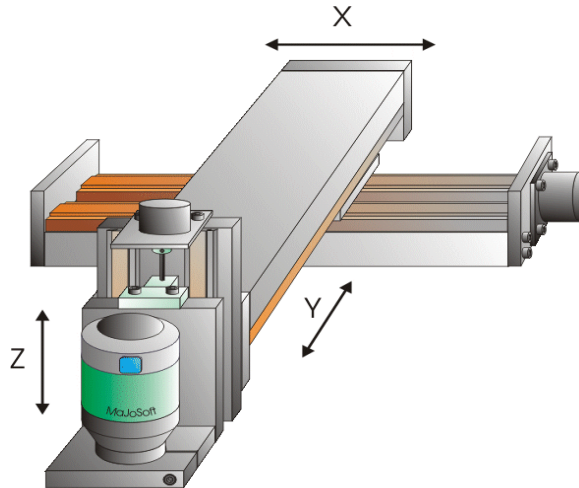
konstrüksiyonların imalatı kolay değildir. Yüksek maliyet ve işçilik gerekmektedir. Bu yüzden küçük tip tezgâh yapımında bu tür konstrüksiyonlara yer verilmemektedir.



Şekil 3.12 Üç eksenli üniversal tip CNC tasarımı

3.5.3. Üç Eksenli Tek Gövdeden Hareket Sistemli CNC Freze Konstrüksiyonu

Şekil 3.13 de görülen tasarım ilk defa böyle bir makine yapacaklar için oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Çünkü kesici takım, üç eksenle birden hareket edebilme kabiliyetine sahiptir. Bu yüzden tezgâhın gövdesinin rijit ve dayanıklı olması gerekmektedir.



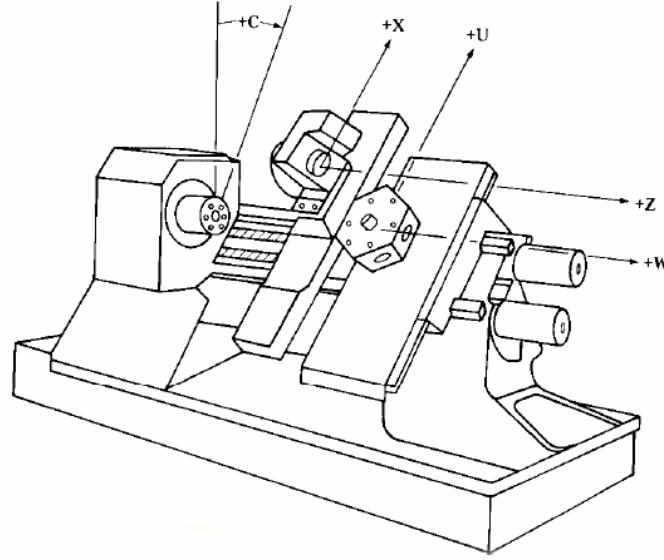
Şekil 3.13 Üç eksenli CNC tasarımı

4. ÜÇ EKSENLİ MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHI TASARIM VE İMALATI

4.1. CNC TEZGÂH EKSENLERİ

CNC takım tezgâhlarının eksen tanımlamalarında kartezyen koordinat sistemi kullanılır. Bu sistemde eksenler büyük X, Y ve Z harfleri ile gösterilir. Bu üç eksenin kesişme noktaları ise sıfır noktasıdır. Bu eksenler tezgâh tablasının boyuna, enine ve tezgâh milinin düşey hareketlerinin tanımlanmasında kullanılır. Günümüz sanayisinde kullanılan CNC torna ve CNC dik işlem merkezinin çalışma eksenleri aşağıda gösterilmiştir.

4.1.2 CNC Torna Tezgâhı Eksenleri

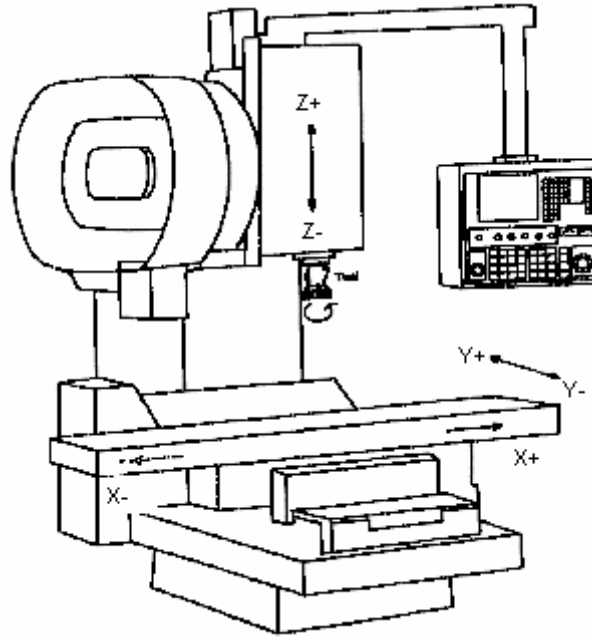


Şekil 4.1 CNC Torna Tezgâhı Eksen Sistemi

Bir CNC torna tezgâhının eksen sisteminde, temel olarak fener mili eksenine paralel X eksen ve fener mili eksenine dik olan Z eksen vardır. Fakat teknolojinin gelişmesi ile beraber bir torna tezgâhından alınabilecek verimi arttırmak için, Şekil 4.1 de gösterildiği gibi parça bağlamada kullanılan aynanın dönme eksen de kullanılmaya başlandı. Bu eksen C harfi ile isimlendirildi. Bu eksen sayesinde silindirik iş parçası üzerinde bulunan kama kanalları, helisel

kanallar, çevrede eşit sayıda bulunan delikler, gibi işlemler parça sökölmeden CNC torna tezgâhında yapılabilmektedir.

4.1. 3 CNC Freze Tezgâhı Eksenleri



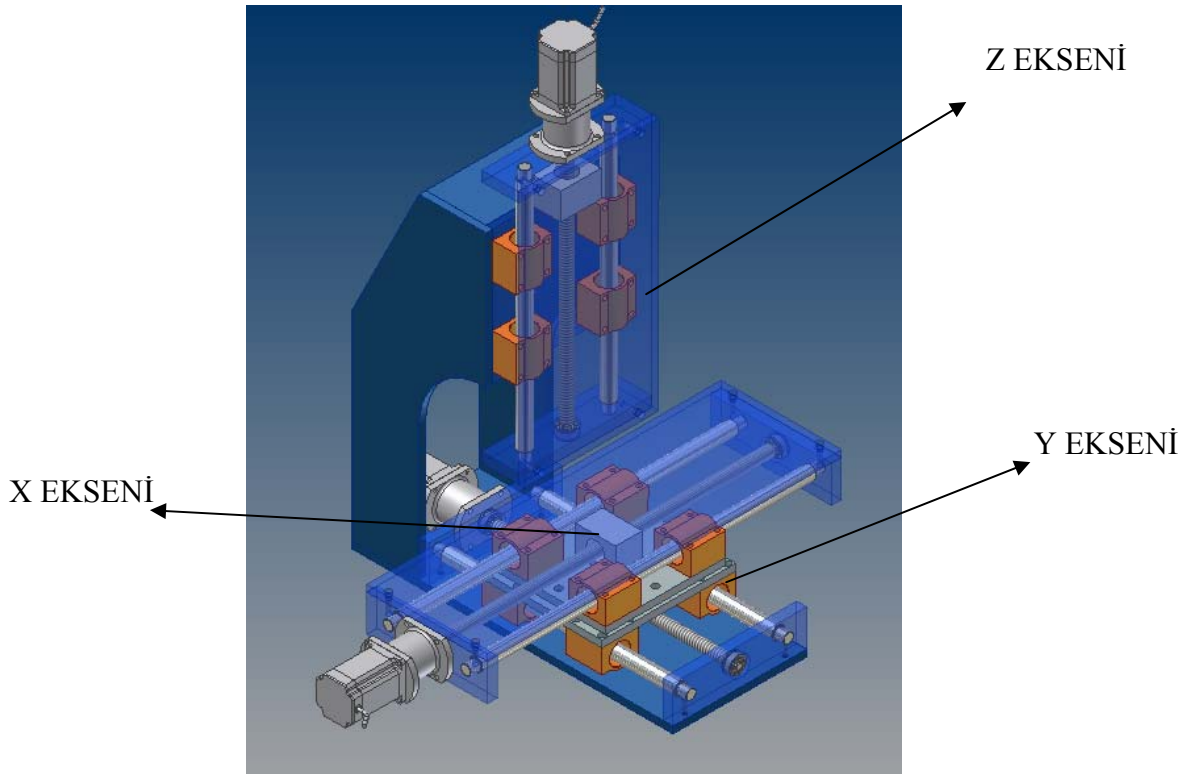
Şekil 4.2 CNC Freze Tezgâhının Eksen Sistemi

Tezgâh fener milinin eksenini doğrultusundaki hareket Z, tezgâh tablasının Z eksenine 90°'lik bir açıda kesişen ve en uzun kursa sahip olan hareketi X, Z eksenine 90°'lik açıyla kesişen ancak X ekseninden daha kısa olan hareketi Y harfiyle ifade edilir. Tezgâh eksenleri ile ilgili bu tanımlamalar standart hale getirilmiştir. (Arslan 1993)

CNC dik işlem merkezlerinde, günümüz teknolojisi kullanılarak şu anda 5 ve 6 eksenli tezgâhlar üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 4.2 de buna bir örnek gösterilmiştir. Bu 5. ve 6. eksenler Z ekseninin belli açıda öne ve yana hareket ettirilmesi ile sağlanmaktadır. Bazı tezgâhlarda ise 4. eksen olarak tanımlanan divizör sistemleri de bulunmaktadır. Divizörlerde ise yine parça sökölmeden parça üzerinde bulunan helisel kanallar ve değişik geometriler işlenebilmektedir.

4.2. HESAPLAMALAR

Montaj resmi Şekil 4.3’de görülen üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhının hareket iletiminde doğrusal yataklar, vidalı bilyalı miller kullanıldı. Tahrik motoru olarak tüm eksenler için step motor seçildi. Kesici motor olarak spindle motor tercih edildi. Aşağıdaki tabloda tezgâhın kabul edilen boyutları kesme hızları gibi değerler verildi. Bu değerlerden yola çıkılarak ilk olarak X,Y,Z eksenlerindeki kesme kuvvetleri hesaplandı, daha sonra kesici motor seçildi. Diğer hesaplarda da X,Y,Z eksenini için gerekli doğrusal rulman, bilyalı vidalı mil, step motor tipleri ve boyutları belirlendi.



Şekil 4.3 Üç Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgahı

Tablo 4.1 Masa Tipi CNC Freze Tasarım Parametreleri

Tezgâh tipi	Masa Tipi CNC Freze
Tahrik şekli	Step motor ile
X,Y,Z yataklama boyları	500 mm, 350 mm, 350 mm
Kesme derinliği(max)	a = 5 mm
İlerleme hızı(max)	1 m/dk
Boşta ilerleme hızı	15 m/dk

4.2.1.Kesme Kuvvetlerinin Hesabı

Kesme kuvvetinin hesabı alüminyum malzeme işlendiği düşünülerek hesaplanmıştır.

D = 10 mm alındı.

Kesme hızı = 50 m/dk alındı.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = 1590 \text{ dev/dk} \quad [1]$$

$$F_s = Z_e \cdot b \cdot h_m \cdot k_s \quad [2]$$

$$k_s = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$h_m = S_z \cdot \sqrt{\frac{a}{D}} \quad [3]$$

$S_z = 0,18 \text{ mm/diş}$ (tablodan)

Alın frezelemede $a/D \leq 0.6$ olmalı

a = 5 mm alındı

$$\text{Bilenler yerine konarak } h_m = 0,18 \cdot \sqrt{\frac{5}{10}} = 0,127 \text{ mm}$$

D= 1,6.b alın frezeleme için b= 6.25

$$S_z = \frac{u}{Z \cdot n} \text{ denkleminde } Z= 4 \text{ bulundu.} \quad [4]$$

$$Z_e = Z \cdot \varphi_s / 360 \quad [5]$$

$$\varphi_s = 180^\circ \quad Z_e = 2 \text{ bulundu.}$$

$$F_s = 2 \cdot 6,25 \cdot 0,127 \cdot 800 = 1270 \text{ N (kesme kuvveti)}$$

$$F_V = 0,3.F_S = 381 \text{ N} \quad [6]$$

$$F_R = 0,85.F_S = 1080 \text{ N} \quad [7]$$

$$P_S = \frac{F_S.V}{60.1000} \quad [8]$$

$$P_S = \frac{1270.50}{60000} = 1,05 \text{ kW bulundu. } 1.5 \text{ kW 'lık motor gücü alındı.}$$

STAYER marka SD – 26 tip kesici motor seçildi. Max devir:27000 d/dk

4.2.2. Z Eksenini İçin Gerekli Hesaplamalar

Z eksenini doğrusal yatak seçimi

X ve Y eksenindeki kesme kuvvetleri yatağa baskı yaparlar, bu yüzden doğrusal yatak seçiminde F_V ilerleme kuvveti esas alınacaktır.

$F_V = 381 \text{ N}$ bulunmuştu.

SAMICK firmasının katalogundan SCE20UU doğrusal rulmanlı doğrusal yatak seçildi.

Z Eksenini Vidalı Bilyalı Mil Seçimi

Bilyalı mil seçiminde radyal kesme F_R kuvveti kullanılacaktır. Ayrıca, motor ve motoru taşıyan tabla ağırlığı da hesaba katılacaktır. Şu adımlar izlenir.

a) Montaj metodunun seçimi

Comtop katalogundan sabit uç-serbest uç, sabit uç-desteklenmiş uç, sabit uç-sabit uç olmak üzere 3 tip montaj metodu belirtilmiştir. Tasarımımızda sabit uç-desteklenmiş uç montaj tipi uygulanacaktır.

b) Bilyalı vidaya gelen toplam eksenel yükün hesaplanması

$$F^e = F_R + F^a \quad [9]$$

$$F^a = f \cdot W, \quad [10]$$

$$W = m \cdot g \text{ motorun ve onu taşıyan tablanın ağırlığı} \quad [11]$$

m: 20 kg alındı.

$$W=20 \cdot 9,81 = 196,2 \text{ N ise } f = 80 \text{ N}$$

$$F^e = 1080 + 80 - 196,2 = 963,8 \text{ N}$$

c) Mil çapının seçimi

Comtop firmasının katalogundan eksenel yük-montaj mesafesi ve dönme devri montaj mesafesi grafiklerinden uygun vidalı mil çapı seçilir.

$F^e = 983,8 \text{ N}$ ve montaj mesafesi $L^B = 350 \text{ mm}$ için gerekli vidalı mil apı $D = 16 \text{ mm}$ bulundu.

Motor devri seçimi

Motor devri seçimi için bilyalı vida adımı (P^B) 5 mm , redüksiyon oranı (R) 1 ve devir 15000 mm/dk olarak alınmıştır. Bu değerlere dayanarak formül 12 kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

$$N^m = V \cdot R / P^B \quad [12]$$

$N^m = 3000 \text{ dev/dk}$ bulundu.

Devre göre incelendiğinde $D = 12 \text{ mm}$ olması gerekir, fakat kesme kuvvetine göre $D=16 \text{ mm}$ bulunmuştu. Emniyetli çalışabilmesi için $D = 16 \text{ mm}$ seçildi.

d) Vidalı mil boyunun seçimi

Projede düşündüğümüz $L=350 \text{ mm}$ mesafe katalogdan bakıldığında $D = 16 \text{ mm}$ çapa karşılık gelen bilyalı vida için emniyetlidir.

e) Uygun Somunun Seçimi

Bilyalı vida adımı (P^B) 5 mm , bilyalı vidaya gelen toplam eksenel yük (F^e) $963,8 \text{ N}$ ve bilyalı vida çapı da $D=16 \text{ mm}$ olarak bulunduğu için COMTOP katoloğundan uygun somun olarak SFU 1605–4 seçilmiştir. Parça resmi ve ölçüleri ekteki resimlerde vardır.

f) Rulman seçimi

Rulman seçimi için, bilyalı vidanın devri (n) 3000 d/dk ve bilyalı vida miline gelen eksenel kuvvet (F^{es}) $963,8 \text{ N}$, bilyalı vida mili uç çapı (d) 10 mm ve

çalışma saati olarak $t_a (L^h)$ 8000 saat için denklem 13 ve 14 kullanılarak dinamik yük dağılımı bulunmuştur. Bu sonuca dayanarak ORS marka tek sıra bilyalı 6002 rulman seçilmiştir.

$$L = \frac{60.n.L_h}{10^6} \quad L = 1440 \quad [13]$$

$$c = L^{\frac{1}{3}} \cdot F_{eş} \quad c = 10883,6 \text{ N} \quad [14]$$

Motor seçimi

$t_a = 0,1 \text{ sn}$	$M = 20 \text{ kg}$	$P_B = 5 \text{ mm}$	$R = 1$
$\rho = 7,85.10^3 \text{ kg/m}^3$	$L_B = 0,5 \text{ m}$	$D_B = 0,02 \text{ m}$	$M_K = 0,2 \text{ kg}$
$D_K = 0,050 \text{ m}$	$\mu = 0,15$	$\eta = 0,9$	$V = 15 \text{ m/dk}$
$f = 80 \text{ N}$	$N_M = 3000$		

Tablo 4.2 Z ekseni motor seçim parametreleri

Talaş kaldırma için gerekli momentin hesaplanması:

$$T^C = (F_r \cdot P_B) / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta) \quad [15]$$

$$T^C = (1080 \cdot 0,005) / (2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,9) = 0,955 \text{ N.m}$$

Parça ilerleme için gerekli momentin hesaplanması

$$T^L = ((9,8 \cdot M) + f) \cdot P_B / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta) \quad [16]$$

$$T^L = ((9,8 \cdot 20) + 80) \cdot 0,005 / (2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,9) = 0,244 \text{ N.m}$$

Talaş kaldırma anında toplam momentin hesaplanması

$$T^T = T^L + T^C \quad [17]$$

$$T^T = 1,199 \text{ N.m}$$

Motor ile vidalı mil arasındaki kaplinin ataletinin hesaplanması

$$J^C = (M_K \cdot D_K^2) / 8 \quad [18]$$

$$J^C = (0,2 \cdot 0,050^2)/8 = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Vidalı milin ataletinin hesaplanması

$$J^B = (\pi \cdot \rho \cdot L^B \cdot D^B^4)/32 \quad [19]$$

$$= (\pi \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 0,02^4)/32 = 6,16 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Doğrusal hareketin ataletinin hesaplanması

$$J^{L,1} = M \cdot (P^B/2 \cdot \pi \cdot R)^2 = 20 \cdot (0,005/2 \cdot \pi \cdot 1)^2 = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Motor şaftına indirgenmiş yük ataletlerinin hesaplanması

$$J^L = J^{L,1} + J^B + J^C \quad [20]$$

$$J^L = 1,361 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

İvmelenme sırasındaki anlık gücün hesaplanması:

$$P^a = (2 \cdot \pi \cdot N^M/60)^2 \cdot (J^L/t^a) \quad [21]$$

$$P^a = 135 \text{ W}$$

Talaş kaldırırken gereken motor gücün hesaplanması

$$P^0 = (2 \cdot \pi \cdot N^M \cdot T^T)/60 \quad [22]$$

$$P^0 = 376,6 \text{ W}$$

Marel makine internet sitesinden MSM23H260-03IP tip motor seçildi.

Kaplin seçimi

Step motor ile vidalı mil arasında bağlantıda kullanılacak Kaplin seçiminde elastik dişli tip kaplin katalogu kullanılmıştır. Kaplin seçiminde öncelikle bağlantısı gerçekleştirilecek millerin çapları belirlenmelidir. Seçimi yapılan motorun mili Ø6 mm, vidalı milin Kaplin tarafındaki mil çapı 8 mm'dir. Seçimin 2. aşaması kaplinin aktarılabilecek momenti emniyetli bir şekilde taşıyıp taşımayacağıdır. Bunun hesaplanması için şu formüller kullanılır.

Kaplinin taşınması gereken moment-(Nm)

$$T^K = (9550 \cdot P \cdot F^U) / n \quad [23]$$

Servis faktörü

$$F^U = F^M \cdot F^W \quad [24]$$

Tablo 4.3 Z eksenli motor bağlantı seçim parametreleri

$F^N = 1,75$	$F^W = 1$	$P^0 = 0,376 \text{ kW}$	$n = 3000 \text{ dev/dak}$
--------------	-----------	--------------------------	----------------------------

Servis faktörünün hesaplanması:

$$F^U = F^M \cdot F^W = 1,75$$

$$T^K = (9550 \cdot P \cdot F^U) / n = (9550 \cdot 0,376 \cdot 1,75) / 3000 = 2,09 \text{ Nm}$$

$$n = 3000 \text{ dev/dak}$$

Kaplin katalogundan Dk 20 tip kaplin seçildi.

$$T^K = 6 \geq 2,09 \text{ Nm} \quad n = 11940 \geq 3000 \text{ dev/dak} \text{ ise emniyetlidir.}$$

4.2.3. Y Eksenli İçin Gerekli Hesaplamalar

Y eksenli doğrusal yatak seçimi

X ve Y eksenindeki kesme kuvvetleri doğrusal yatağa baskı yaparlar, bu yüzden eksenel rulman seçiminde F^V ilerleme kuvveti esas alınacaktır.

$$F^V = 381 \text{ N bulunmuştu.}$$

Y ekseninde mile etkiyen ağırlık kuvveti tahmini olarak 392,4 N alındı.

Yatağa toplam 773.4 N kuvvet etki ediyor. Bu kuvvetlere göre SAMICK firmasının katalogundan SC20UUN numaralı doğrusal rulmanlı yatak seçildi.

Y eksenli vidalı bilyalı mil seçimi

Bilyalı mil seçiminde F^V kesme kuvveti kullanılacaktır. Ayrıca motor, motoru taşıyan tabla ve hareket eden tabla ağırlığı da hesaba katılacaktır.

Şu adımlar izlenir

a) Montaj metodunun seçimi

Comtop katalogunda sabit uç-serbest uç, sabit uç-desteklenmiş uç, sabit uç-sabit uç olmak üzere 3 tip montaj metodu belirtilmiştir. Dizaynımızda sabit uç-desteklenmiş uç montaj tipi uygulanacaktır.

b) Vidalı mile gelen toplam eksenel yükün hesaplanması

$F^e = F^v + F^a$ $F^a = f + W \cdot \mu$ $W = m \cdot g$ toplam ağırlık 392,4 N alınmıştı.

μ =vidalı milin sürtünme katsayısı=0,15

$f = 80 \text{ N}$

$$F^e = 381 + 138.86 = 519.86 \text{ N}$$

c) Mil çapının seçimi

Comtop katalogundan eksenel yük-montaj mesafesi ve dönme devri montaj mesafesi grafiklerinden uygun vidalı mil çapı seçilir.

$F^e = 519.86 \text{ N}$ ve montaj mesafesi $L^B = 350 \text{ mm}$ için gerekli vidalı mil çapı

$D = 14 \text{ mm}$

Motor devri seçimi

Motor devri seçimi için bilyalı vida adımı (P^B) 5 mm, redüksiyon oranı (R) 1 ve devir 15000 mm/dk olarak alınmıştır. Bu değerlere dayanarak formül 12 kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

$N^m = 3000 \text{ dev/dk}$ bulundu. Devre göre grafik incelendiğinde $D = 14 \text{ mm}$ olması gerekir, kesme kuvvetine göre de $D = 14 \text{ mm}$ bulunmuştu. Emniyetli çalışabilmesi için $D = 16 \text{ mm}$ seçildi.

d) Vidalı mil boyunun seçimi

Projede düşündüğümüz $L = 350 \text{ mm}$ mesafe katalogdan bakıldığında $D = 16 \text{ mm}$ çapa karşılık gelen bilyalı vida için emniyetlidir.

e) Uygun somunun seçimi

Bilyalı vida adımı (P^B) 5 mm, bilyalı vidaya gelen toplam eksenel yük (F^e) 963,8 N ve bilyalı vida çapı da $D = 16 \text{ mm}$ olarak bulunduğu için COMTOP

katoloğundan uygun somun olarak SFU 1605–4 seçilmiştir. Parça resmi ve ölçüleri ekteki resimlerde vardır.

f) Rulman seçimi

Rulman seçimi için, bilyalı vidanın devri (n) 3000 d/dk ve bilyalı vida miline gelen eksenel kuvvet ($F^{eş}$) 963,8 N, bilyalı vida mili uç çapı (d) 10 mm ve çalışma saati olarak t_a (L_h) 8000 saat için denklem 13 ve 14 kullanılarak dinamik yük dağılımı bulunmuştur. Bu sonuca dayanarak ORS marka tek sıra bilyalı 6002 rulman seçilmiştir.

$$L = \frac{60.n.L_h}{10^6} \text{ ise } L = 1440$$

$$c = L^{\frac{1}{3}} \cdot F^{eş} \text{ ise } c = 10883,6 \text{ N}$$

Motor seçimi

Tablo 4.4 Y eksenli motor seçim parametreleri

$t_a = 0,1 \text{ sn}$	$M = 40 \text{ kg}$	$P_B = 5 \text{ mm}$	$R = 1$
$\rho = 7,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$	$L_B = 0,8 \text{ m}$	$D_B = 0,02 \text{ m}$	$M_K = 0,2 \text{ kg}$
$D_K = 0,050 \text{ m}$	$\mu = 0,15$	$\eta = 0,9$	$V = 15 \text{ m/dk}$
$f = 80 \text{ N}$	$N_M = 3000$		

Talaş kaldırma için gerekli momentin hesaplanması:

$$T^C = (F^v \cdot P_B) / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta) = (381 \cdot 0,005) / (2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,9) = 0,335 \text{ N.m}$$

Parça ilerlemesi için gerekli momentin hesaplanması

$$T^L = ((9,8 \cdot \mu \cdot M) + f) \cdot P_B / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta) = ((9,8 \cdot 0,15 \cdot 40) + 80) \cdot 0,005 / (2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,9) = 0,122 \text{ N.m}$$

Talaş kaldırma anında toplam momentin hesaplanması

$$T^T = T^L + T^C = 0,457 \text{ N.m}$$

Motor ile vidalı mil arasındaki kaplinin ataletinin hesaplanması

$$J^C = (M^K \cdot D^K^2)/8 = (0,2 \cdot 0,050^2)/8 = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Vidalı milin ataletinin hesaplanması

$$J^B = (\pi \cdot \rho \cdot L^B \cdot D^B^4)/32 = (\pi \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 0,02^4)/32 = 9,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Doğrusal hareketin ataletinin hesaplanması

$$J^{L,1} = M \cdot (P^B/2 \cdot \pi \cdot R)^2 = 40 \cdot (0,005/2 \cdot \pi \cdot 1)^2 = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Motor şaftına indirgenmiş yük ataletlerinin hesaplanması

$$J^L = J^{L,1} + J^B + J^C = 1,845 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

İvmelenme sırasındaki anlık gücün hesaplanması:

$$P^a = (2 \cdot \pi \cdot N^M/60)^2 \cdot (J^L / t^a) = 183 \text{ W}$$

Talaş kaldırırken gereken motor gücün hesaplanması

$$P^0 = (2 \cdot \pi \cdot N^M \cdot T^T)/60 = 143,5 \text{ W}$$

Marel makine internet sitesinden MSM23H260-03IP tip motor seçildi.

Kaplin seçimi

Step motor ile vidalı mil arasında bağlantıda kullanılacak Kaplin seçiminde elastik dişli tip kaplin katalogu kullanılmıştır. Kaplin seçiminde öncelikle bağlantısı gerçekleştirilecek millerin çapları belirlenmelidir. Seçimi yapılan motorun mili Ø6 mm, vidalı milin Kaplin tarafındaki mil çapı 8 mm'dir. Seçimin 2. aşaması kaplinin aktarılabilecek momenti emniyetli bir şekilde taşıyıp taşımayacağıdır. Bunun hesaplanması için şu formüller kullanılır.

Kaplinin taşıması gereken moment-Nm

$$T^K = (9550 \cdot P \cdot F^U) / n$$

Servis faktörü

$$F^U = F^M \cdot F^W$$

Tablo 4.5 Y eksenli motor bağlantı seçim parametreleri

$F^N = 1,75$	$F^W = 1$	$P^0=0,143 \text{ kw}$	$n = 3000 \text{ dev/dak}$
--------------	-----------	------------------------	----------------------------

Servis faktörünün hesaplanması:

$$F^U = F^M \cdot F^W = 1,75$$

$$T^K = (9550 \cdot P \cdot F^U) / n = (9550 \cdot 0,143 \cdot 1,75) / 3000 = 0,79 \text{ Nm}$$

$$n = 3000 \text{ dev/dak}$$

Kaplin kataloğundan Dk 20 kaplin seçildi.

$$T^K = 6 \geq 0,79 \text{ Nm} \quad n = 11940 \geq 3000 \text{ dev/dak} \text{ Emniyetlidir.}$$

4.2.4. X Eksenli İçin Gerekli Hesaplamalar

X eksenli dorusal rulman seçimi

X ve Y eksenindeki kesme kuvvetleri eksenel rulmana baskı yaparlar, bu yüzden eksenel rulman seçiminde F^V ilerleme kuvveti esas alınacaktır.

$$F^V = 381 \text{ N bulunmuştur.}$$

X ekseninde mile etkiyen ağırlık kuvveti tahmini olarak 1500 N alındı.

Yatağa toplam 1881 N kuvvet etki ediyor. Bu kuvvetlere göre samick firmasının kataloğundan SCE20UU tip doğrusal yatak seçildi.

X eksenli vidalı bilyalı mil seçimi

Bilyalı mil seçiminde F^V kesme kuvveti kullanılacaktır. Ayrıca X ekseninde hareket eden parçaların ağırlığı da hesaba katılacaktır. Şu adımlar izlenir:

a) Montaj metodunun seçimi

Comtop katalogunda sabit uç-serbest uç, sabit uç-desteklenmiş uç, sabit uç-sabit uç olmak üzere 3 tip montaj metodu belirtilmiştir. Dizaynımızda sabit uç-desteklenmiş uç montaj tipi uygulanacaktır.

b) Vidalı mile gelen toplam eksenel yükün hesaplanması

$$F^e = F^v + F^a \quad F^a = f + W \cdot \mu \quad W = m \cdot g$$

X ekseninde hareket eden toplam parçaların ağırlığı 500 N alınmıştır.

$$\mu=0,15, f = 80 \text{ N ise } F^e = 381 + 305 = 686$$

c) Mil çapının seçimi

Comtop katalogundan eksenel yük-montaj mesafesi ve dönme devri montaj mesafesi grafiklerinden uygun vidalı mil çapı seçilir.

$F^e = 686 \text{ N}$ ve montaj mesafesi $L^B=500 \text{ mm}$ için gerekli vidalı mil çapı D belirlenecektir.

Motor devri seçimi

Motor devri seçimi için bilyalı vida adımı (P^B) 5 mm, redüksiyon oranı (R) 1 ve devir 15000 mm/dk olarak alınmıştır. Bu değerlere dayanarak formül 12 kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

$N^m = 3000 \text{ dev/dk}$ bulundu. Devre göre grafik incelendiğinde $D= 14 \text{ mm}$ olması gerekir, kesme kuvvetine göre de $D=14 \text{ mm}$ bulunmuştu. Emniyetli çalışabilmesi için $D= 16 \text{ mm}$ seçildi.

d) Vidalı mil boyunun seçimi

Projede düşündüğümüz $L=500 \text{ mm}$ mesafe katalogdan bakıldığında $D=16 \text{ mm}$ çapa denk gelen bilyalı vida için emniyetlidir.

e) Uygun somunun seçimi

Bilyalı vida adımı (P^B) 5 mm, bilyalı vidaya gelen toplam eksenel yük (F^e) 963,8 N ve bilyalı vida çapı da $D=16 \text{ mm}$ olarak bulunduğu için COMTOP katoloğundan uygun somun olarak SFU 1605–4 seçilmiştir. Parça resmi ve ölçüleri ekteki resimlerde vardır.

f) Rulman seçimi

Rulman seçimi için, bilyalı vidanın devri (n) 3000 d/dk ve bilyalı vida miline gelen eksenel kuvvet (F^{es}) 963,8 N, bilyalı vida mili uç çapı (d) 10 mm ve

çalışma saati olarak ta (L^h) 8000 saat için denklem 13 ve 14 kullanılarak dinamik yük dağılımı bulunmuştur. Bu sonuca dayanarak ORS marka tek sıra bilyalı 6002 rulman seçilmiştir.

$$L = \frac{60.n.L_h}{10^6} \text{ ise } L = 1440$$

$$c = L^{\frac{1}{3}} \cdot F^{e_s} \text{ ise } c = 10883,6 \text{ N}$$

Motor seçimi

Tablo 4.6 X eksenli motor seçim parametreleri

$T^a = 0,1 \text{ sn}$	$M = 50 \text{ kg}$	$P_B = 5 \text{ mm}$	$R = 1$
$\rho = 7,85.10^3 \text{ kg/dm}^3$	$L_B = 1,2 \text{ m}$	$D_B = 0,032 \text{ m}$	$M_K = 0,2 \text{ kg}$
$D_K = 0,050 \text{ m}$	$\mu = 0,15$	$\eta = 0,9$	$V = 15 \text{ m/dak}$
$F = 80 \text{ N}$	$N_M = 3000$		

Talaş kaldırma için gerekli momentin hesaplanması:

$$T^C = (F^V \cdot P_B) / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta) = (381 \cdot 0,005) / (2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,9) = 0,335 \text{ N.m}$$

Parça ilerleme için gerekli momentin hesaplanması

$$T^L = ((9,8 \cdot \mu \cdot M) + f) \cdot P_B / (2 \cdot \pi \cdot R \cdot \eta) = ((9,8 \cdot 0,15 \cdot 50) + 80) \cdot 0,005 / (2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,9) = 0,265 \text{ N.m}$$

Talaş kaldırma anında toplam momentin hesaplanması

$$T^T = T^L + T^C = 0,6 \text{ N.m}$$

Motor ile vidalı mil arasındaki kaplinin ataletinin hesaplanması

$$J^C = (M_K \cdot D_K^2) / 8 = (0,2 \cdot 0,050^2) / 8 = 6,25.10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Vidalı milin ataletinin hesaplanması

$$J_B = (\pi \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4) / 32 = (\pi \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 0,02^4) / 32 = 96,9 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Doğrusal hareketin ataletinin hesaplanması

$$J_{L.1} = M \cdot (P_B / 2 \cdot \pi \cdot R)^2 = 150 \cdot (0,005 / 2 \cdot \pi \cdot 1)^2 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$$

Motor şaftına indirgenmiş yük ataletlerinin hesaplanması

$$J_L = J_{L.1} + J_B + J_C = 11,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

İvmelenme sırasındaki anlık gücün hesaplanması:

$$P^a = (2 \cdot \pi \cdot N_M / 60)^2 \cdot (J_L / t^a) = 1103,7 \text{ W}$$

Talaş kaldırırken gereken motor gücün hesaplanması

$$P^0 = (2 \cdot \pi \cdot N_M \cdot T^r) / 60 = 188,4 \text{ W}$$

Marel makine internet sitesinden MSM23H260-03IP tip motor seçildi.

Kaplin seçimi

Step motor ile vidalı mil arasında bağlantıda kullanılacak Kaplin seçiminde elastik dişli tip kaplin katalogu kullanılmıştır. Kaplin seçiminde öncelikle bağlantısı gerçekleştirilecek millerin çapları belirlenmelidir. Seçimi yapılan motorun mili Ø6 mm, vidalı milin Kaplin tarafındaki mil çapı 8 mm'dir. Seçimin 2. aşaması kaplinin aktarılabilecek momenti emniyetli bir şekilde taşıyıp taşımayacağıdır. Bunun hesaplanması için şu formüller kullanılır.

Kaplinin taşıması gereken moment-Nm

$$T^K = (9550 \cdot P \cdot F^U) / n$$

Servis faktörü

$$F^U = F^M \cdot F^W$$

Tablo 4.7 X eksenli motor bağlantı kaplini seçim parametreleri

$F^N = 1,75$	$F^W = 1$	$P^a = 1,103 \text{ kW}$	$n = 3000 \text{ dev/dk}$
--------------	-----------	--------------------------	---------------------------

Servis faktörünün hesaplanması:

$$F^U = F^M \cdot F^W = 1,75$$

$$T^K = (9550 \cdot P \cdot F^U) / n = (9550 \cdot 1,103 \cdot 1,75) / 3000 = 6,14 \text{ Nm}$$

$$n = 3000 \text{ dev/dk}$$

Kaplin katoloğundan Dk 20 kaplin seçildi.

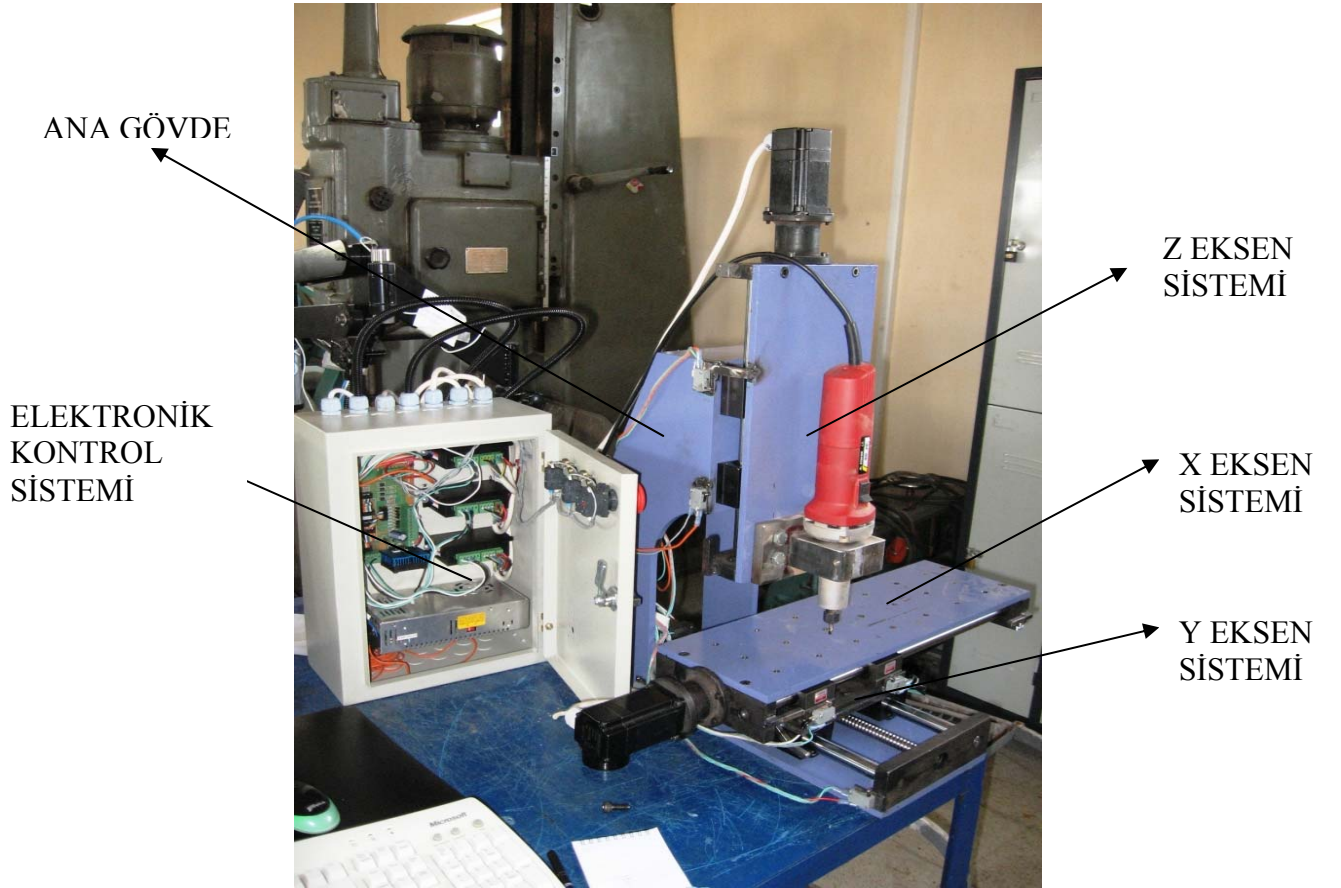
$$T^K = 10 \geq 6,14 \text{ Nm} \quad n = 8680 \geq 3000 \text{ dev/dk} \text{ Emniyetlidir.}$$

4.3. TASARIM VE ÜRETİMİ YAPILAN MASA TİPİ CNC FREZE TEZGÂHINDA KULLANILAN PARÇALAR VE ÖZELLİKLERİ

Masa tipi CNC freze olarak tasarlanan bu makine tasarımı 6 ana bölüme ayrılmıştır. Bunlar;

- Tezgâhın ana gövdesi,
- Yataklama sistemi ve elamanları,
- Tahrik sistemi ve elamanları,
- Hareket iletim sistemi ve elamanları,
- Elektronik kontrol sistemi,

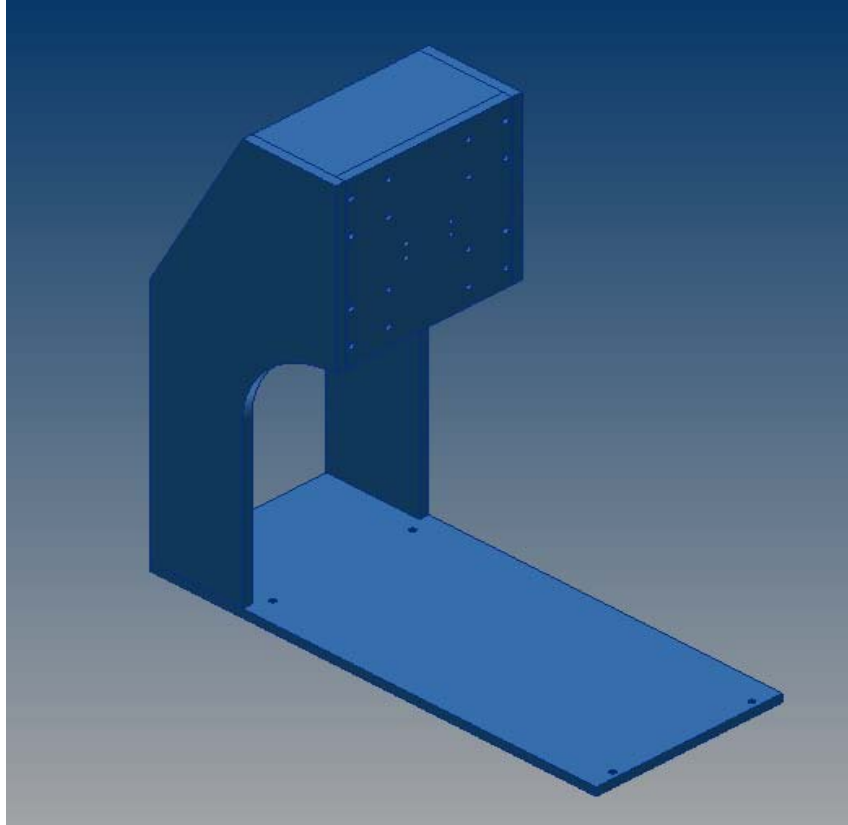
Bir Kişisel Bilgisayar, olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3 Masa Tipi CNC Freze bölümleri

4.3.1. Ana Gövde

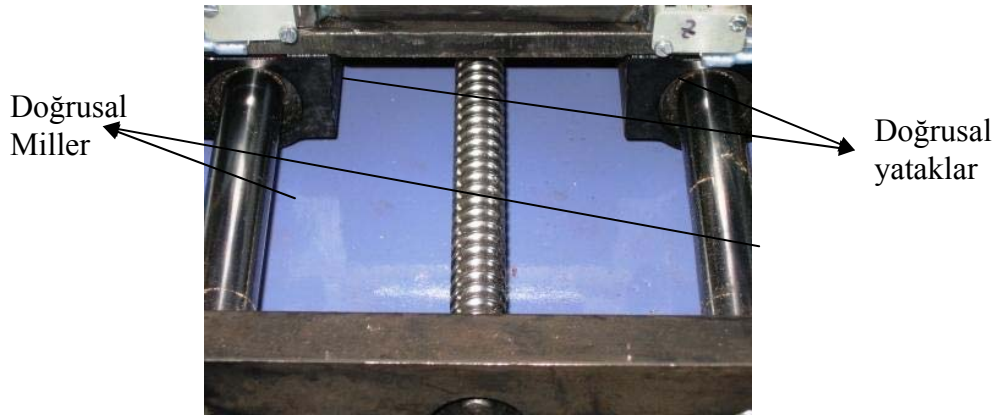
Masa tipi CNC freze tezgâhının ana gövdesi, makinenin hareketli aksamının montajının yapıldığı bölümdür. Vidalı mil ve yataklama millerinin, sabitleme lamalarına montajı yapıldıktan sonra ana gövde üzerine montajı yapılır. Ana gövdenin yapımı kaynaklı imalat olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bunun amacı, sağlam bir yapı elde edebilmektedir. Makinenin işleme esnasında maruz kalacağı bütün yükler, tezgâhın ana gövdesine etki edeceğinden dolayı makine sisteminin sağlam bir yapıya ihtiyacı vardır. Bu sağlam yapıda kaynaklı imalatla sağlamıştır. Şekil 4.4 de ana gövdenin 3 boyutlu tasarım programında çizilmiş hali görülmektedir.



Şekil 4.4 Ana Gövde

4.3.2. Yataklama Sistemi Ve Elamanları

Bir makinenin, sağlam bir yapıda rahat bir şekilde zorlanmalara, mekanik kasılmalara maruz kalmadan çalışması için yataklama sistemlerinin mükemmel yakın olması gerekmektedir. Bunun nedeni, tahrik motorlarının gücünün çoğunu kesme kuvvetlerini yenmek için harcaması gerekmektedir. Bunun sağlanmaması durumunda motorlar tam olarak verimli kullanılamamaktadır. Bu nedenle makine sistemlerinde hareketli mekanizmalar kullanılıyorsa yataklamanın çok iyi yapılması gerekmektedir.



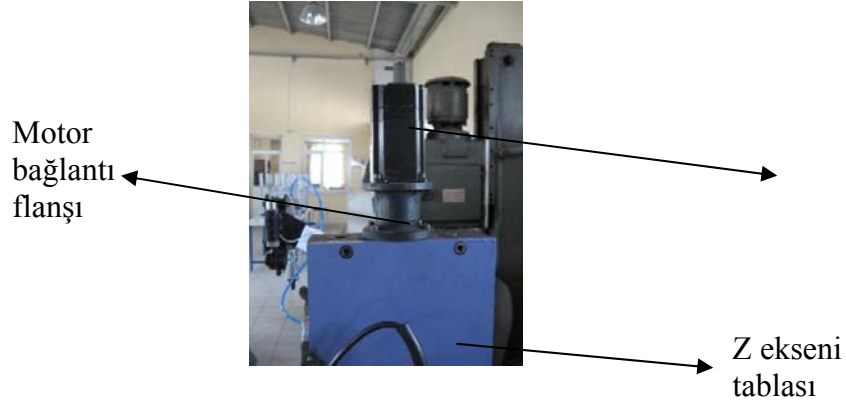
Şekil 4.5 Y Eksen Sistemi Yataklaması

Tasarım ve imalatı yapılan masa tipi CNC freze tezgâhında X, Y ve Z eksenlerinin hareket sistemlerinin yataklanmasında, günümüz teknolojisinin getirmiş olduğu yeniliklerden olan, doğruşal rulmanlı yataklar ve indüksiyonlu krom kaplamalı, CK 45 malzeme kalitesinde miller kullanılmıştır. Şekil 4.5 de yataklama sistemi görülmektedir. Doğrusal rulmanlı yataklar içlerinde bilya sisteminin sürekli devir daim yapması mantığıyla çalıştığı için sürtünmeyi en aza indirerek, sistemde meydana gelebilecek kasıntı ve zorlanmaları en aza indirmiştir. EK 2 de kullanılan doğruşal yatakların özellikleri ve montaj ölçüleri verilmiştir.

4.3.3. Tahrik Sistemi Ve Elamanları

Tahrik sistemi olarak, tasarımı yapılan masaüstü CNC freze tezgâhında, MSM23H260-03IP step motorlar kullanılmıştır. Ve bu hareketi eksenlere iletmek

için bilyalı vida sistemi kullanılmıştır. Şekil 4.6 da Z eksen step motoru görülmektedir. Step motorlar düşük hızlarda yüksek dönme momenti ürettikleri ve kontrolü kolay yapıldığı için seçilmiştir. Sistemde X, Y, Z eksenlerinde olmak üzere 3 adet step motor kullanılmıştır. Bu step motorlar 0,68 Nm dönme momentine sahip ve 3 A akım çekmektedir. Kullanılan step motor ölçüleri ve diğer özellikleri EK 2 de verilmiştir.

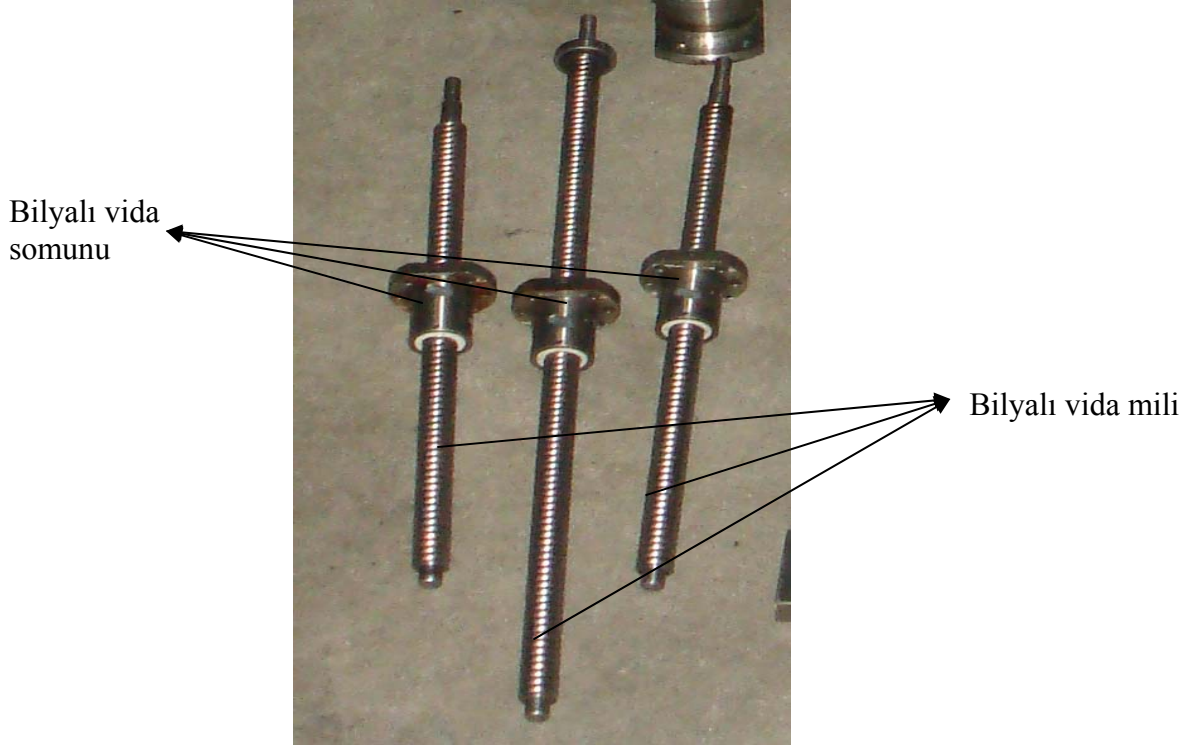


Şekil 4.6 Z eksen tahrik motoru

4.3.4. Hareket İletim Sistemi Ve Elamanları

Step motorlarla tahrik edilen eksen sistemleri, dönme hareketini DK tip kaplinler yardımıyla vidalı mil sistemlerine aktarırlar. Bu dönme hareketi bilyalı vida sisteminin parçası olan bilyalı vida somunlarının, hareket edecek sisteme sabitleştirilmesiyle, motordan alınan dönme hareketini eksen sistemlerine doğrusal hareket olarak iletir. Şekil 4.7 de kullanılan bilyalı vida ve somunları görülmektedir. Bilyalı vidalar üzerinde bir bilya tanesinin gezeceği şekilde, bilya tanesi profiline uygun olarak imal edilirler. Bilyalı vida somunu içindeki kanallara belirli boşluk toleranslarına göre dizilmiş bilya taneleri mil hareket ettikçe sürekli bir devir daim içerisinde birbirlerine takip ederek yer değiştirirler. Bu yer değiştirme esnasında bilyalı vida somunu hareket ettiği için motordan alınan dönme hareketi doğrusal harekete çevrilmiş olur. Bilyalı vida sistemleri çok hassas bir yapıya sahip oldukları için, montaj esnasında dikkat edilmesi gereken birkaç özellikleri vardır. Bilyalı vida somunu içine dizili olarak gelen bilya taneleri yuvalarından çıkmasınlar diye somun içinde özel bir boru vardır. Bu boru her iki tarafta sabitlenerek montaj haricinde çıkması önlenmiştir. Montaj

esnasında da bu borunun bilyalı vida mili ile dikkatli bir şekilde yer değiştirilmesi sağlanmalıdır. Aksi takdirde bilyaların dağılması kaçınılmazdır.



Şekil 4.7 Bilyalı vida somunu

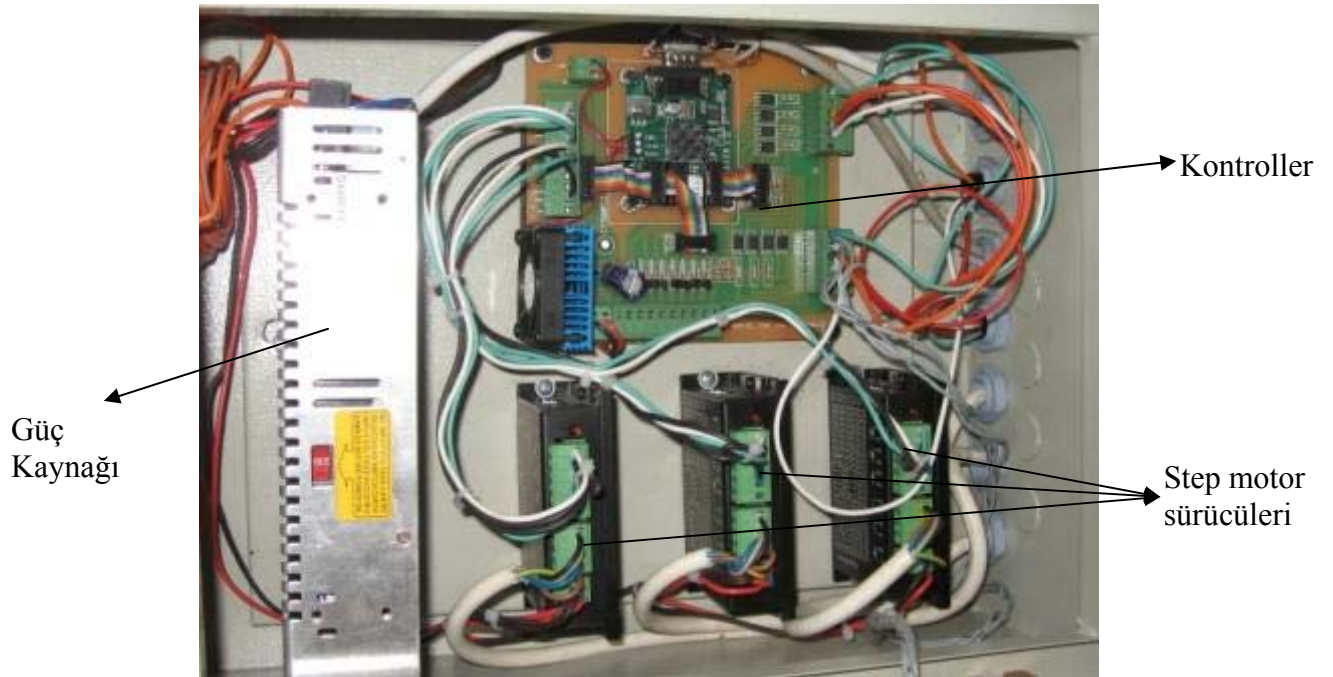
Bilyalı vida somunlarla ilgili seçim katalogları ek de bulunmaktadır. Bilyalı vidanın yapım resmi ek de verilmiştir.

4.3.5. Elektronik Kontrol Sistemi

Masaüstü CNC freze tezgâhının kontrolü için, Şekil 4.8 te görülen elektronik kontrol ünitesinde, paralel port çıkışlı bir kontroller, bu kontrollere bağlı olacak şekilde 3 adet step motor sürücüsü ve sisteme gerekli olan enerjiyi sağlamak için 1 adet güç kaynağı kullanılmıştır. Kullanılan malzemelerin isimleri ve özellikleri tablo 4.8 de verilmiştir.

Tablo 4.8 Masaüstü CNC Freze Tezgahında Kullanılan Elektronik Malzemeler

Sıra	Parça adı	Adet	Özellik
1	DeskCNC 2. Jenerasyon kontroller	1	Seri port çıkışlı, 4 eksen interpolasyon
2	M2MD806 step motor sürücüsü	3	1/50 mikro step 80volt 6 amper(1000 den 10.000 adıma kadar set edilebilir)
3	27volt 350watt güç kaynağı	1	Giriş 88+132 volt ve 176+264 volt AC çıkış 28volt DC 13A artı eksi 10% ayarlanabilir.
4	Sınır ve sıfır noktası microswitch leri	6	Açık ve kapalı konumlu



Şekil 4.8 Elektronik Kontrol Sistemi

4.3.5.1 Desk CNC 2. Jenerasyon Kontroller

Desk CNC kontroller, desk CNC arayüz programı ile birlikte bir bilgisayar yardımıyla kullanılır. Şekil 4.9 da bir kontroller kartı görülmektedir. Desk CNC

programında çeşitli yöntemlerle çizilen iş parçalarının resmi, G kodlarına dönüştürülerek, seri port yardımıyla kontrollere gönderir. Bu G kodlarını yorumlayan kontroller, step motor sürücülerini programda verilen değerler kadar hareket ettirerek iş parçasının işlenmesini sağlamaktadır.

Özellikleri;

- İşletim sistemi Windows (95, 98, Me, XP, NT, 2000) altında çalışır.
- Süratli işleme kabiliyeti (300 Block/sn).
- Gerçek Lineer rampa (programlanabilir) 60 – 125,000 SPS aralığı.
- Programlanabilir ivme profili,
- 4 eksen interpolasyon.
- +-2 Milyon adım mutlak pozisyonlama.
- RS232 Akıllı kontrollerin haberleşme hızı 115K Baud
- Çıkışlar Mist, Flood, CW, CCW, AUX1, AUX2 ve AUX3.
- İş mili motor devri kontrolü için PWM çıkışı
- El kumandası için giriş.
- Hızlı güncelleme.
- 9 Pin seri port.
- 9 V DC harici besleme.



Şekil 4.9 Desk CNC Kontroller

4.3.5.2 M2MD806 Step Motor Sürücüsü

Step motor sürücüsü, kontrollerden gelen sinyaller doğrultusunda motora ileri veya geri ne kadar dönmesi gerektiğini söyleyen bir sistemdir. Sürücüler sayesinde motorlar kararlı bir şekilde çalışırlar. Şekil 4.10 de sistemde kullanılan step motor sürücülerden biri görülmektedir. Step sürücüler en kolay yönetilebilen sürücüler olmalarının yanında en hesaplı sürücülerdir hatta yeterli elektronik bilgisi olan bir kişi bu sürücüye kolaylıkla yapabilir tabii ki profesyonel uygulamalar için profesyonel sürücüler gerekir. Bu sürücülerin bilinçli yapılması durumunda çok akıllı sürücüler yapılabilir. Bu sürücülerin uygulaması çok kolaydır kişinin elektronik bilgisi olması şart değil okur yazar olması yeterlidir, bu sürücülerde standart Step/Dır girişleri adım ve yön bilgisi girişleridir, Bunun dışında besleme ve motor girişleri bulunur motor fazları genelde bir bobin resmiyle tanımlanır ya da A-A bir faz B-B diğer faz olarak tanımlanır, Adım ve amper ayarları da genelde şematik ya da direnç değerleriyle tarif edilmişlerdir, kısacası step motor ve sürücüleri hem ekonomik hem de uygulaması kolaydır.

Özellikleri;

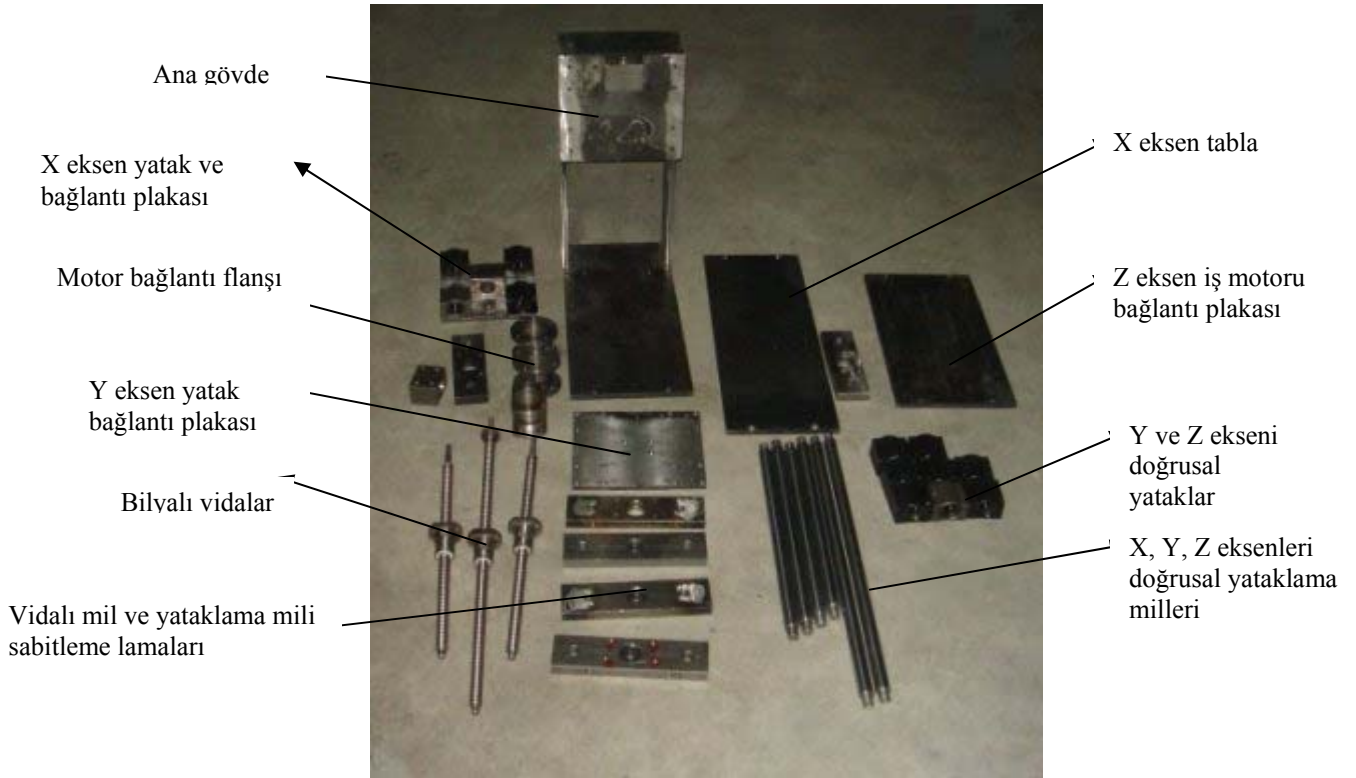
- Besleme gerilimi : 20 – 30 V DC
- Çıkış akımı : 1,8,...6,0 A
- Desteklediği adım tipleri : 1/2-, 1/4-, 1/8-, 1/16-, 1/64-1/ 5-, 1/10-,1/25
- Akım ayarlama : DIP switch ler yardımıyla
- Frekans sıklığı : 0 .. 400 kHz max.
- Çalışma sıcaklığı : 0–50 °C
- Termal koruma
- Kısa devre koruması
- Optik izole edilmiş giriş sinyalleri
- Düşük titreşim yüksek hız ve tork



Şekil 4.10 M2MD806 Step Motor Sürücüsü

4.3.6 Masa Tipi CNC Freze Tezgâhı Mekanik Montajı

Masa tipi CNC freze tezgâhının mekanik montajı, 4 bölümde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak ana gövde montajı, Y eksen sistemi, X eksen sistemi ve son olarak da Z esen sistemi montajı yapılmıştır. Şekil 4.11 da mekanik montaj için gerekli olan parçalar görülmektedir.



Şekil 4.11 Masa Tipi Cnc Freze Tezgahı Parçaları

Ek 3 de verilen ana gövde teknik resminde görülen ölçülerde, sanayide bulunan CNC lazer kesim tezgahında kesilen ana gövde parçaları, kaynaklı montaj metodu kullanılarak Şekil 4.3 da görüldüğü gibi imalatı yapılmıştır.

Makinenin diğer plaka parçaları olan x eksen, y eksen ve z eksen tablaları da yine sanayide bulunan CNC lazer kesim tezgâhında kestirilmiştir. Bu parçalar üzerinde bulunan montaj delik ve Kılavuzları markalanması mihengir yardımıyla yapılarak matkap tezgâhında delikleri delinmiş, Kılavuzları çekilmiştir.

X, Y ve Z eksenlerinin yataklama lamaları, piyasada bulunan soğuk çekme lama (CK 40) malzemesinden istenilen ölçülerde kesilerek, yataklama millerinin montaj delikleri ve vidalı millerin bilya yerleri freze tezgâhında işlenmiştir. Plakalara montaj delikleri mihengir yardımıyla markalanarak matkap tezgâhında delinmiş ve kılavuzu çekilmiştir.

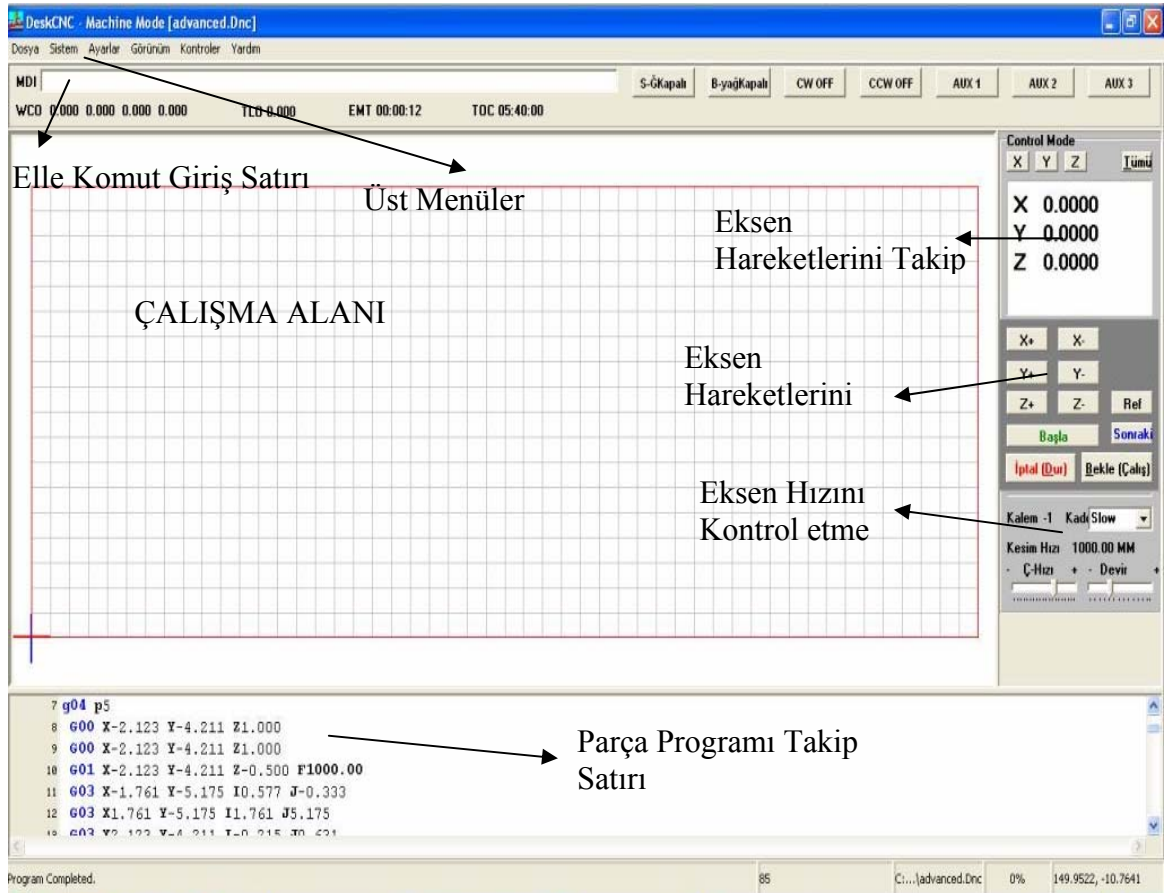
Yataklama milleri ve vidalı miller boyuna ölçüsüne torna tezgâhında getirilerek vidalı millerin rulman yerleri ve yataklama millerinin bağlantı faturaları yine torna tezgahında işlenmiştir. Bütün bu makine parçalarının ek 1 de verilen teknik resimlere göre işlemleri yapıldıktan sonra makinenin montajı verilen ölçü ve toleranslarda yapılarak makine hazır hale getirilmiştir.

4.3.7 Masa Tipi CNC Freze Tezgâhında Kullanılan Ara Yüz Programı;

DESK CNC

DESK CNC programı kontroller kartı ile beraber alınmıştır. Kontroller la uyumlu bir şekilde çalışmaktadır. Programın amacı, bir bilgisayarda çizimi yapılan bir teknik resmin veya herhangi bir çizimin operatörün istekleri doğrultusunda G kod sistemine göre programı oluşturmaktır. Oluşturulan programlar desk CNC programı yardımıyla bilgisayarların seri haberleşme portları kullanılarak kontrollerdeki seri haberleşme portuna gönderilir. Bu programları yorumlayan kontroller sistemi harekete geçirerek makinenin çalışmasını sağlar.

Desk CNC programı kullanımı kolay bir ara yüz programıdır. Program dilinin Türkçe olması ise, programın öğrenilmesini oldukça kolaylaştırmaktadır. Şekil 4.12 de ana ekran görülmektedir.

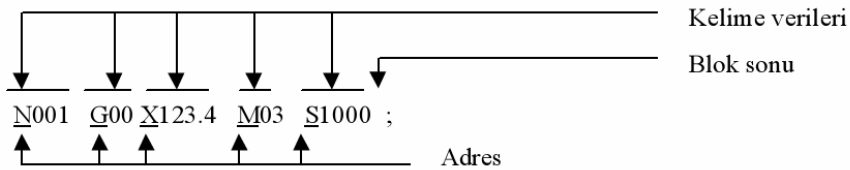


Şekil 4.12 Desk CNC Ara Yüz Programı Ana Ekran Görüntüsü

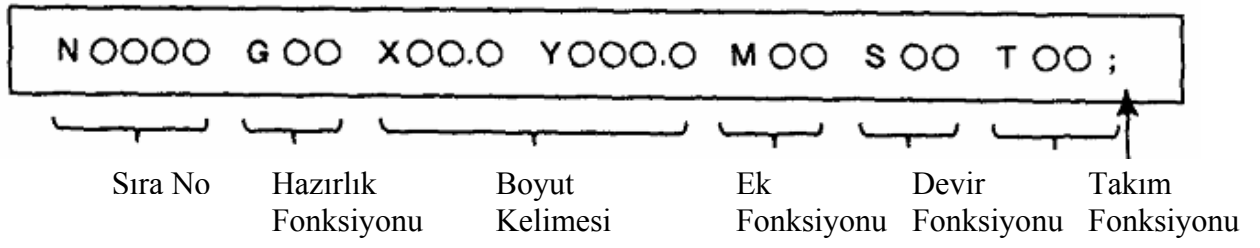
G Kodu İle Program Yazma

G kodları dünyada kabul edilmiş bir CNC programlama dilidir. Iso standartlarına göre standartlaştırılmıştır. Bu programı kullanan bütün CNC tezgâhlar genel olarak aynı kodları kullanırlar. Yeni üretilen CNC tezgâhlarda G kodları ile beraber kendi geliştirmiş oldukları diyalog programlamada kullanılmaktadır.

G kodlarıyla yazılmış bir program satırının anlamı Şekil 4.13 ve 4.14 de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 G Kodu Komut Satırı



Şekil 4.14 G Kodu Komut Satırı Açıklaması

5. DeskCNC ARA YÜZ PROGRAMI

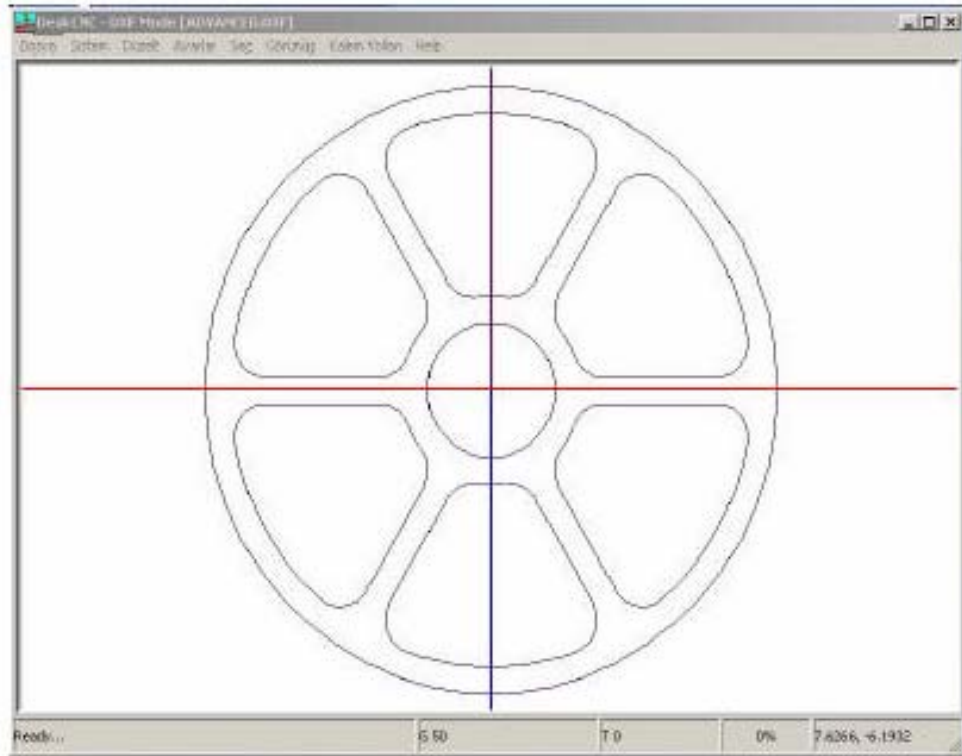
5.1 DOSYA

Dosya menüsü altında, tasarım programlarında çizimi yapılan iş parçalarının DeskCNC programına aktarılmasında kullanılan alt menüler vardır. Tasarım programlarında çizilen parçalar hangi formatta çizilmişse o formata göre program iş parçasının parça programını çıkarmaktadır. Bundan sonraki işlem ise operatörün iş parçası referans noktasına makinede ayarlaması olarak gelişmektedir.

5.1.1 DXF AÇ

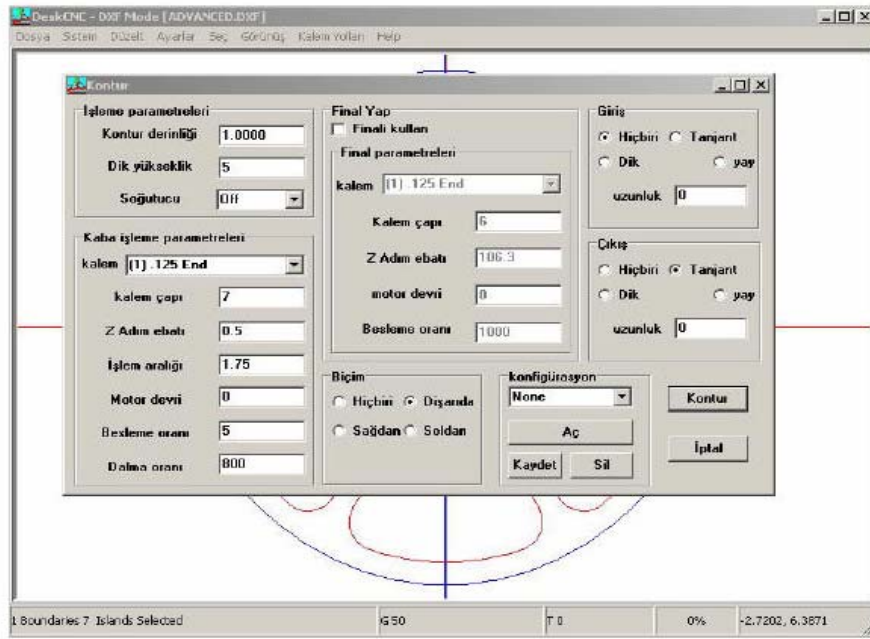
Tasarımı yapılan bir iş parçasının çizim programında çizildikten sonra, kalem yollarının çıkarılması için,

Şekil 5.1 de görülen şekilde herhangi bir tasarım programında çizilmiş dxf uzantılı bir dosyanın, deskCNC programında açılmış durumu görülmektedir.

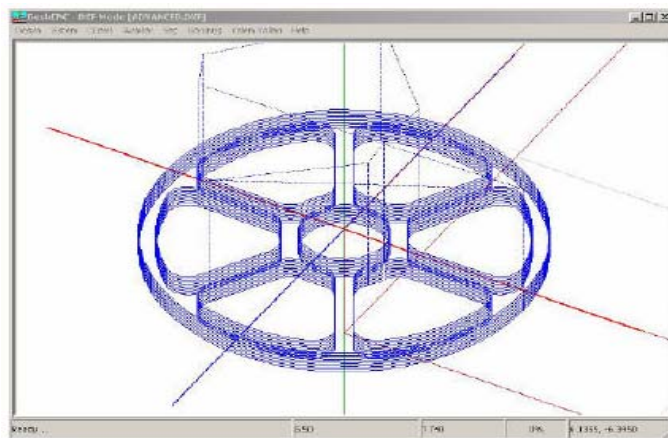


Şekil 5.1 Dxf Formatında Çizilmiş Bir Teknik Remin DeskCNC Programına Aktarılması

Bundan sonra yapılacak işlemler çalışma alanı içinde sağ tıklayarak “select all” komutunu çalıştırmak ve üst menüden kalem yolları altında bulunan “kesim için” , “boşaltmak için” veya “delmek için” komutlarından birini seçmektir. Kesim için seçersek Şekil 5.2 de görülen pencere açılır buraya iş parçasının işlenmesi için gerekli olan kesme hızı takım çapı, paso sayısı parametreler girilerek “kontur” ikonuna basılır. Bu işlemden sonra Şekil 5.3 de görüldüğü gibi iş parçasının işlenmesi için gerekli ola kalem yolları oluşmuş oldu.

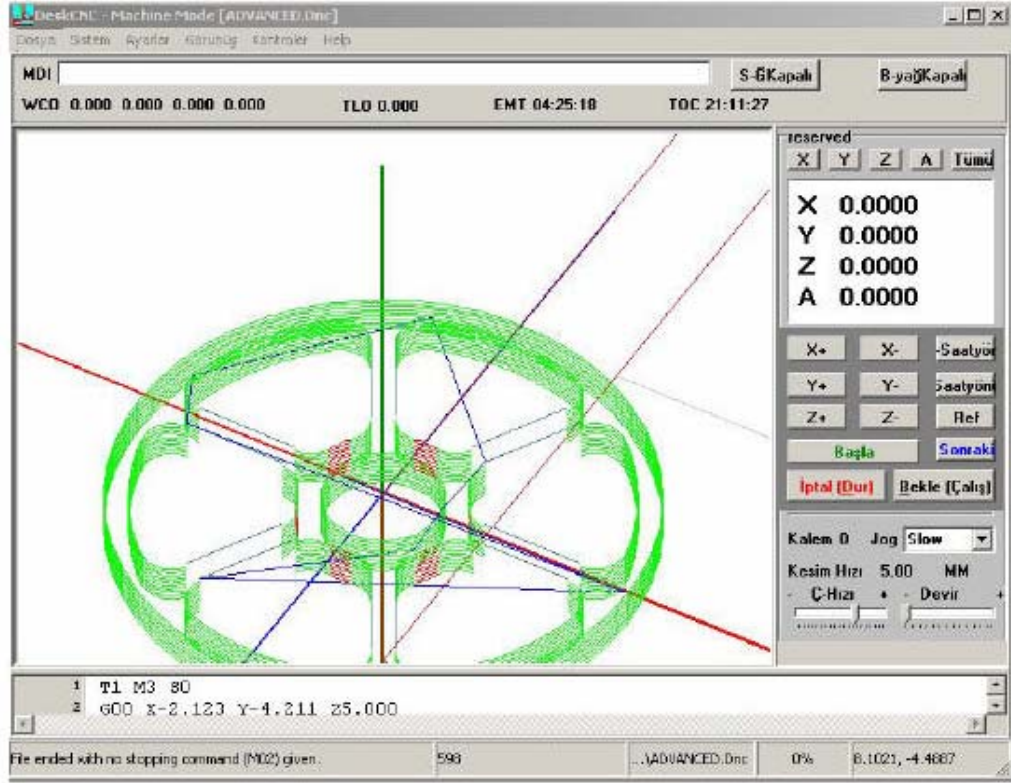


Şekil 5.2 Kesim İçin Kalem Yolu Oluşturmak



Şekil 5.3 Kalem Yolları Oluşturulmuş Bir İş Parçası

Şekil 5.3 de kalem yolları çıkarılmış parçanın makineye aktarılması için kalem yolları üst menüsünün altında bulunan “makineyi çalıştır” komutunu çalıştırmaktır. Bu işlemden sonra dosya adı verilerek NC dosyaları kaydedilir.



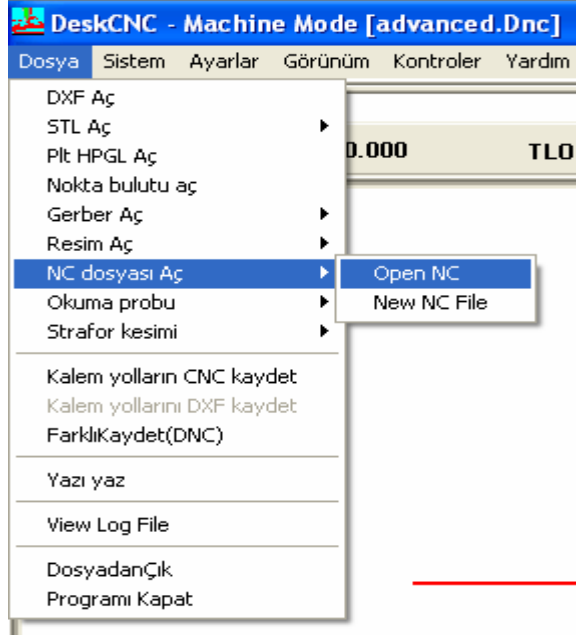
Şekil 5.4 İşlenmiş Parçanın Programdaki Görüntüsü

Şekil 5.4 de görüldüğü gibi parça programı çıkarılan iş parçasının işlenebilmesi için iş parçasının referans noktasını makine tablası üzerinde ayarlamak ve makineyi çalıştırmaktır. Bu işlemden sonra makine çalışarak programı yapılan iş parçasını, tabla üzerinde bağlı olan iş parçasına aktararak işlem tamamlanmış olunur.

5.1.2 NC DOSYASI AÇ

Kalem yolları oluşturan iş parçalarının her biri için bir NC dosyası oluşturulur. NC dosyaları txt formatında olup G kodlarını içermektedir. Yani parça programlarını içinde bulundurmaktadır. Daha önce yapılmış bir parçanın programını çağırmak istediğimizde Şekil 5.5 de görüldüğü gibi dosya, NC

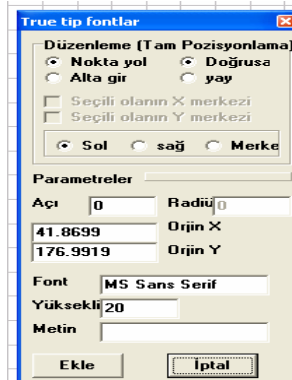
dosyası aç ve Open NC komutlarını çalıştırarak istediğimiz NC dosyasını gösterilir. Bu işlemten sonra makineye yüklenen programı çalıştırarak iş parçası işlenebilir



Şekil 5.5 Nc Dosyası Açma

5.1.3 YAZI YAZ

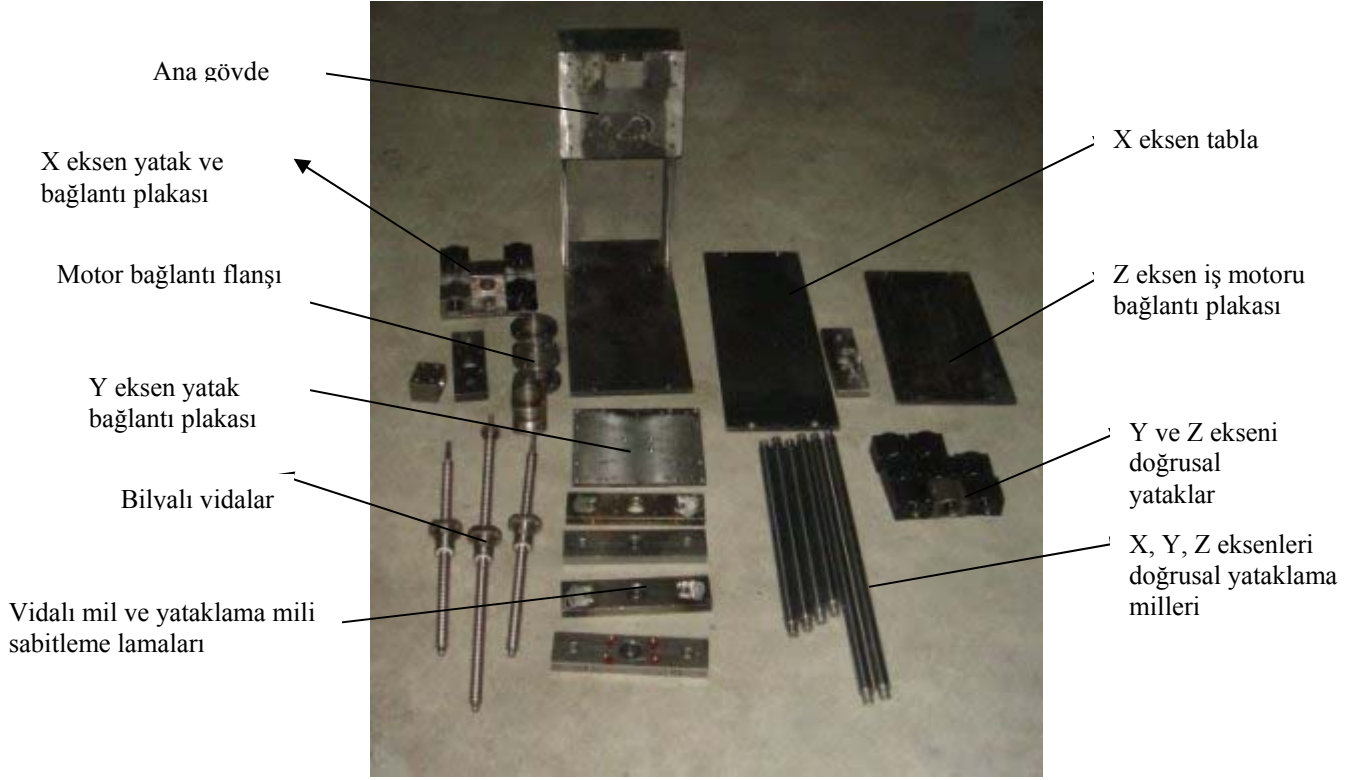
DeskCNC programı içinde basit bir yazı editörü bulundurmaktadır. Şekil 5.6 da dosya menüsü altındaki yazı yaz komutu çalıştırıldığında açılan pencere görülmektedir. Yazı boyutu ve tipi girildikten sonra ekle ikonuna basılıp hepsini seç komutu çalıştırıldıktan sonra, kalem yolları oluştur komutu çalıştırılır ve son olarak makineyi çalıştır komutuna tıklanarak program makineye yüklenir.



Şekil 5.6 Yazı Editörü

5.2 ÜÇ EKSENLİ MASA ÜSTÜ CNC FREZE TEZGÂHI GENEL ÖZELLİKLERİ

Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhı montajı üç bölümden oluşmaktadır. Makinenin metal parçaları, Şekil 5.7 de görüldüğü gibi, teknik resimlere uygun olarak talaşlı üretim takım tezgâhlarında işlenmiştir.



Şekil 5.7 Eksenli Masa Tipi CNC Freze Tezgâhı Parçaları

Makinede kullanılan ve hazır olarak satın alınan lineer rulmanlar, bilyalı vidalar ve indüksiyonlu miller için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamalar yapılmıştır. Teknik resimlere uygun olarak parçalar işlenmiş ve makinenin mekanik montajına başlanmıştır. Mekanik montaj üç bölümde tamamlanmıştır. Öncelikli olarak ana gövdenin kaynaklı imalatı yapılmıştır. Daha sonra Y ekseninin yataklama sistemini oluşturan lineer miller, vidalı mil, somun ve lineer rulmanlar ana gövde üzerine civatalı olarak montaj edilmiştir. İkinci olarak X eksenli lineer milleri, vidalı milleri ve yataklama lamaları X eksen tablası üzerine civatalı olarak montaj edilmiştir. Paket olarak montajı yapılan X eksenli ana gövde üzerinde bulunan Y eksenine civatalı birleştirme olarak monte edilmiştir. Mekanik

montajın son bölümü olarak Z eksenı vidalı milleri, lineer milleri vidalı somunu ve lamaları civatalı olarak monte edilmiştir. Mekanik montaj, eksen motorlarının kaplinler ve bağlantı flanşları tarafından sisteme montaj edilmesi ile tamamlanmıştır.

Elektronik ve elektrik sistemlerinin makine üzerine montajı ise 2 bölümde yapılmıştır. İlk bölümde, kontrol kartı, step motor sürücülerı ve güç kaynağını bir pano içerisine montaj edilmiştir ve aralarındaki kablo bağlantıları yapılmıştır. İkinci bölümde ise makine üzerine bağlanan eksen motorları, sınır ve sıfır noktası siviçleri arasındaki kablo bağlantıları yapılmıştır Şekil 5.8 de pano bağlantıları görölmektedir.



Şekil 5.8 Pano Bağlantıları

Şekil 5.9 da göröldüğü gibi “Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgahı” montajı yapılmıştır.

5.2.1 Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgâhı İşleme Alanı ve Malzeme Çeşitliliği.

Tasarımı ve imalatı yapılan “Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgâhı” işleme alanı,

Tablo 5.1 Eksen Hareket Mesafeleri

Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgâhı	
X	500 mm
Y	350 mm
Z	100 mm



Şekil 5.9 Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgahı

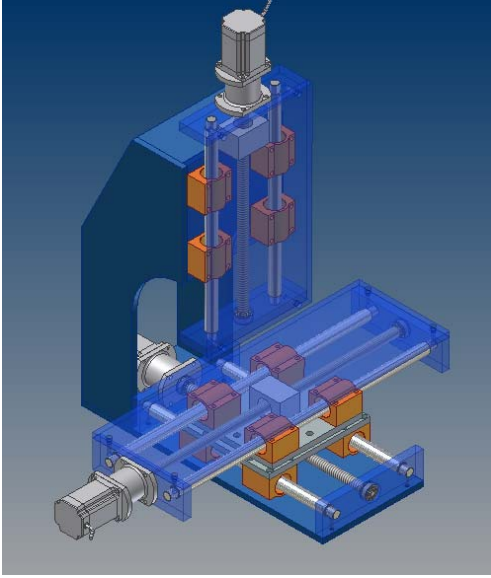
Tablo 5.1 de görüldüğü gibi 500x350x100 mm ebatlarında bir iş parçası rahatlıkla işlenebilmektedir. Tezgâhın işleyebileceği malzeme çeşitliliği ise talaş kaldırma mukavemeti düşük olan malzemelerle sınırlıdır. Bunlar alüminyum, delrin, ağaç, kestamid gibi demir olmayan metalleri ve endüstriyel plastikleri rahatlıkla işleyebilmektedir. Demir malzemeleri ise tezgâhın konstrüksiyonu nedeniyle sağlıklı olarak işlenememektedir. Fakat yapılacak bazı modifikasyonlarla demir malzemelerde işlenebilir. Ayrıca makineye bazı

özelliklerde eklenebilmektedir. Bunlar, soğutma sıvısı motoru, iş mili motoru devir kontrolü gibi eklemelerdir.

Ek 1. de Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgâhında MDF malzeme üzerine yapılan bir işlem görülmektedir. Burada iş parçası tezgâh tablasına bağlandıktan sonra iş parçası çalışma alanı belirlenmiş ve makinenin ayarlar bölümünden çalışma alanı bölümüne girilmiştir. Parça programı deskCNC (www.deskenc.com) programında hazırlanmıştır. Hazırlanan programın sıfır noktasına göre ayarlanan iş parçası tablaya bağlandıktan sonra program ve iş mili motoru çalıştırılarak Ek 1 de resmi verilen iş parçası işlenmiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhı tasarım ve İmalatı yapılmıştır. Tasarım ve imalatı yapılan tezgâhın yapımında genellikle hazır parçalar kullanılmıştır. Şekil 6.1-a da ve 6.1-b de tasarımı ve imalatı yapılan masa tipi CNC freze tezgahı görülmektedir.



Şekil 6.1-a



Şekil 6.1-b

Bu çalışma ile internet ve sanayideki küçük işletmelerde genel olarak yapılan araştırmalara göre, sanayide yeni gelişmeye başlayan masa tipi CNC talaşlı imalat makineleri, şimdilik çok fazla bilinmemekle beraber hızla artmaktadır. İnternette yapılan araştırmalara dayanılarak şu an ülkemizde üç adet masa tipi CNC tasarlayan firma bulunmaktadır. Bunlar Marel Makine (Bursa), Ajan CNC (İstanbul) ve Hizal CNC (İstanbul) dur. Bu firmalar makine gövdelerini kendileri yapıp, gerek yazılım gerekse elektronik donanımını dışardan sağlamaktadırlar. Bu sebeplerden dolayı maliyetleri düşüremedikleri için, sanayide bulunan küçük işletmelere hitap edememektedirler. Şu anda sanayide Masa Tipi CNC talaşlı imalat makinelerinin hitap ettiği alanlar, mobilya dekorasyon, süsleme sanatları, mermer üzerine yazı ve figür işleyen işletmeler, v.b. gibi makine ile işlemek için fazla güç gerektirmeyen sektörler olarak gösterilebilir.

Bu çalışmada, “üç eksenli masa tipi bir CNC freze tezgâhının” tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Statik ve dinamik olarak hesapları yapılan makine üç boyutlu çizim programında tasarlandıktan sonra imalat resimleri yardımıyla makine parçaları yapılmıştır. Yapılan makine parçaları, hazır alınan ve teknik resimlere göre işlenen yatak ve millerle montajı yapılmıştır. Mekanik olarak montajı yapılan CNC freze elektronik malzemelerin montajı yapılmıştır.

Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgâhı, işleme alanı olarak 500x350x100 mm bir alana sahiptir. Talaş kaldırma mukavemeti düşük olan malzemeler, demir olmayan metaller ve endüstriyel plastikler işlenebilmektedir. CNC freze tezgâhı, iş parçası üzerine deskCNC programı yardımıyla, yazı, şekil, resim v.b işlemlerini kolaylıkla yapabilmektedir.

Sonuç olarak, tasarımı ve imalatı yapılan Üç Eksenli Masa Üstü CNC Freze Tezgâhı sorunsuz olarak çalışmıştır. Ağaç, polyamid ve mdf gibi malzemeler üzerine çeşitli yazı ve şekiller işlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Sprunt A, 2000, “Submitted to the Department of Mechanical Engineering in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of” Bachelor Of Science At The Massachusetts Institute Of Technology
- Varol, R, Yalçın B, Yılmaz N, 2005, “Bilgisayar Destekli İmalatta (Cam), Cam Programı Kullanılarak Parça imalatının Gerçekleştirilmesi”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (3) 47–57
- Erkorkmaz, K ve Altintas, Y, 2000, “High speed CNC system design. PartI: jerklimited trajectory generation and quintic spline interpolation” The University of British Columbia, Department of Mechanical Engineering, International Journalof Machine Tools & Manufacture 1323–1345
- Yağmur, L,2004, Tasarım ve imalatta CNC ve CAD/CAM Sistemlerinin Fonksiyonları”
<http://www.turkcadcam.net/rapor/imalatta-cadcam/index.html> 13/11/2006)
- Erer, H, 2000, “CNC takım tezgâhlarının gelişimi”, TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI MÜHENDİS VE MAKİNA Dergisi, Temmuz 2000 / Sayı 486 - Sayfa 37 – 40
- Dinçel, M, 1999, “CNC Takım Tezgâhları” <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-md.html> (13/11/2006)
<http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index.html> (13/11/2006)
<http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-ttg/index.html> (13/11/2006)
<http://www.marelcnc.com/> (13/11/2006)
<http://www.marelmakina.com/> (13/11/2006)
<http://www.teknolojikarastirmalar.com/edergi.html> (13/11/2006)
<http://www.cncdesigner.com/tindex.html> (13/11/2006)
<http://www.crankorgan.com/> (13/11/2006)

TEŞEKKÜR

Yapılan bu çalışmada yardımlarını, yol göstericiliğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN ve Yrd. Dç. Dr. Mehmet ÇOLAKOĞLUNA, maddi ve manevi olarak beni destekleyen VEGA OTOMASYON şirketine, çalışmalarımda benim hep arkamda olan aileme ve iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Afyon'un Sandıklı ilçesinde doğdu. İlk ve ortaöğrenimini Denizli'nin Çardak İlçesinde tamamladı. Lise öğrenimine Afyon'un Dazkırı ilçesinde Endüstri Meslek Lisesinin Metal İşleri bölümünde başladı. 2. yılında Denizli Merkez Teknik Lisesi Makine Bölümüne yatay geçiş yaptı. Lise öğrenimini 1999 yılında Denizli Merkez Endüstri Meslek Lisesinden Tesviye Bölümü mezunu olarak bitirdi. Aynı yıl Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Talaşlı Üretim Öğretmenliği Bölümü programını kazandı. 2003 yılında teknik öğretmen unvanı alarak mezun oldu. Aynı yıl Afyon Kocatepe Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

EKLER

EK 1 İŞ PARÇASI ÖRNEK PROGRAMI

EK 2 KATOLOGLAR

EK 3 CNC YAPIM RESİMLERİ

EK 1

İŞ PARÇASI



Şekil 6.2 Masa Tipi CNC Freze Tezgahında İşlenmiş İş Parçası

Şekil 6.2 de görülen iş parçasının parça programı aşağıda verilmiştir.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. M03 | 13. G02 X44.037 Y55.617 I0.467 |
| 2. T0 S10000 | J0.177 |
| 3. g04 p5 | 14. G01 X43.161 Y58.244 Z-1.000 |
| 4. G00 X40.096 Y53.499 Z1.000 | 15. G01 X42.724 Y59.408 Z-1.000 |
| 5. G00 X40.096 Y53.499 Z1.000 | 16. G02 X42.713 Y59.443 I0.468 |
| 6. G01 X40.096 Y53.499 Z-1.000 | J0.176 |
| F10.00 | 17. G01 X42.373 Y60.609 Z-1.000 |
| 7. G01 X35.077 Y40.161 Z-1.000 | 18. G01 X42.271 Y60.929 Z-1.000 |
| 8. G01 X49.890 Y40.161 Z-1.000 | 19. G01 X42.168 Y60.454 Z-1.000 |
| 9. G01 X45.118 Y52.716 Z-1.000 | 20. G02 X42.164 Y60.439 I-0.489 |
| 10. G02 X45.116 Y52.722 I0.467 | J0.106 |
| J0.178 | 21. G01 X41.578 Y58.095 Z-1.000 |
| 11. G01 X44.580 Y54.184 Z-1.000 | 22. G02 X41.571 Y58.070 I-0.485 |
| 12. G01 X44.043 Y55.597 Z-1.000 | J0.121 |

23. G01 X40.888 Y55.824 Z-1.000	45. G03 X38.478 Y67.966 I0.000 J-
24. G02 X40.884 Y55.812 I-0.478	0.500
J0.146	46. G00 X38.478 Y67.966 Z1.000
25. G01 X40.493 Y54.640 Z-1.000	47. G00 X69.548 Y67.786 Z1.000
26. G02 X40.491 Y54.634 I-0.474	48. G01 X69.548 Y67.786 Z-1.000
J0.158	F10.00
27. G01 X40.100 Y53.511 Z-1.000	49. G01 X69.548 Y20.081 Z-1.000
28. G02 X40.096 Y53.499 I-0.472	50. G03 X70.048 Y19.581 I0.500
J0.164	J0.000
29. G00 X40.096 Y53.499 Z1.000	51. G01 X76.347 Y19.581 Z-1.000
30. G00 X38.478 Y67.966 Z1.000	52. G03 X76.847 Y20.081 I0.000
31. G01 X38.478 Y67.966 Z-1.000	J0.500
F10.00	53. G01 X76.847 Y36.421 Z-1.000
32. G01 X20.167 Y20.260 Z-1.000	54. G01 X84.135 Y43.437 Z-1.000
33. G03 X20.634 Y19.581 I0.467 J-	55. G01 X100.742 Y19.794 Z-1.000
0.179	56. G03 X101.152 Y19.581 I0.409
34. G01 X27.323 Y19.581 Z-1.000	J0.287
35. G03 X27.794 Y19.911 I0.000	57. G01 X109.501 Y19.581 Z-1.000
J0.500	58. G03 X109.904 Y20.378 I0.000
36. G01 X32.899 Y34.034 Z-1.000	J0.500
37. G01 X52.223 Y34.034 Z-1.000	59. G01 X89.265 Y48.395 Z-1.000
38. G01 X57.618 Y19.903 Z-1.000	60. G01 X108.970 Y67.427 Z-1.000
39. G03 X58.085 Y19.581 I0.467	61. G03 X108.622 Y68.286 I-0.347
J0.178	J0.360
40. G01 X65.263 Y19.581 Z-1.000	62. G01 X100.077 Y68.286 Z-1.000
41. G03 X65.726 Y20.270 I0.000	63. G03 X99.725 Y68.141 I0.000 J-
J0.500	0.500
42. G01 X46.292 Y67.975 Z-1.000	64. G01 X76.847 Y45.357 Z-1.000
43. G03 X45.829 Y68.286 I-0.463 J-	65. G01 X76.847 Y67.786 Z-1.000
0.189	66. G03 X76.347 Y68.286 I-0.500
44. G01 X38.945 Y68.286 Z-1.000	J0.000
	67. G01 X70.048 Y68.286 Z-1.000

68. G03 X69.548 Y67.786 I0.000 J-0.500	90. G03 X116.690 Y26.953 I0.455 J0.207
69. G00 X69.548 Y67.786 Z1.000	91. G01 X117.276 Y25.976 Z-1.000
70. G00 X114.323 Y67.786 Z1.000	92. G03 X117.292 Y25.951 I0.429 J0.257
71. G01 X114.323 Y67.786 Z-1.000 F10.00	93. G01 X117.926 Y25.024 Z-1.000
72. G01 X114.323 Y40.247 Z-1.000	94. G03 X117.955 Y24.986 I0.413 J0.282
73. G03 X114.324 Y40.234 I0.500 J0.000	95. G01 X118.687 Y24.107 Z-1.000
74. G01 X114.373 Y38.378 Z-1.000	96. G03 X118.729 Y24.063 I0.384 J0.320
75. G01 X114.421 Y36.620 Z-1.000	97. G01 X119.559 Y23.282 Z-1.000
76. G03 X114.423 Y36.589 I0.500 J0.014	98. G03 X119.582 Y23.262 I0.343 J0.364
77. G01 X114.570 Y34.977 Z-1.000	99. G01 X120.460 Y22.529 Z-1.000
78. G03 X114.571 Y34.961 I0.498 J0.045	100. G03 X120.484 Y22.511 I0.320 J0.384
79. G01 X114.767 Y33.398 Z-1.000	101. G01 X121.412 Y21.827 Z-1.000
80. G03 X114.773 Y33.359 I0.496 J0.062	102. G03 X121.445 Y21.805 I0.297 J0.403
81. G01 X115.066 Y31.943 Z-1.000	103. G01 X122.470 Y21.170 Z-1.000
82. G03 X115.067 Y31.939 I0.490 J0.101	104. G03 X122.518 Y21.144 I0.263 J0.425
83. G01 X115.360 Y30.572 Z-1.000	105. G01 X123.641 Y20.607 Z-1.000
84. G03 X115.373 Y30.525 I0.489 J0.105	106. G03 X123.681 Y20.590 I0.216 J0.451
85. G01 X115.763 Y29.304 Z-1.000	107. G01 X124.853 Y20.150 Z-1.000
86. G03 X115.765 Y29.298 I0.476 J0.152	
87. G01 X116.156 Y28.126 Z-1.000	
88. G03 X116.175 Y28.078 I0.474 J0.158	
89. G01 X116.663 Y27.003 Z-1.000	

108. G03 X124.865 Y20.146 I0.176 J0.468	124. G03 X137.071 Y18.953 I- 0.030 J0.499
109. G01 X126.135 Y19.706 Z- 1.000	125. G01 X138.585 Y19.197 Z- 1.000
110. G03 X126.190 Y19.691 I0.164 J0.472	126. G03 X138.603 Y19.200 I- 0.080 J0.494
111. G01 X127.508 Y19.398 Z- 1.000	127. G01 X140.068 Y19.493 Z- 1.000
112. G03 X127.532 Y19.393 I0.108 J0.488	128. G03 X140.095 Y19.500 I- 0.098 J0.490
113. G01 X128.948 Y19.149 Z- 1.000	129. G01 X141.414 Y19.841 Z- 1.000
114. G03 X128.966 Y19.146 I0.085 J0.493	130. G03 X141.468 Y19.859 I- 0.125 J0.484
115. G01 X130.431 Y18.951 Z- 1.000	131. G01 X142.737 Y20.347 Z- 1.000
116. G03 X130.466 Y18.948 I0.066 J0.496	132. G03 X142.759 Y20.356 I- 0.179 J0.467
117. G01 X132.029 Y18.850 Z- 1.000	133. G01 X143.980 Y20.893 Z- 1.000
118. G03 X132.045 Y18.849 I0.031 J0.499	134. G03 X144.018 Y20.912 I- 0.201 J0.458
119. G01 X133.705 Y18.800 Z- 1.000	135. G01 X145.092 Y21.498 Z- 1.000
120. G03 X133.735 Y18.800 I0.015 J0.500	136. G03 X145.130 Y21.521 I- 0.239 J0.439
121. G01 X135.395 Y18.849 Z- 1.000	137. G01 X146.156 Y22.204 Z- 1.000
122. G03 X135.410 Y18.850 I- 0.015 J0.500	138. G03 X146.188 Y22.228 I- 0.277 J0.416
123. G01 X137.022 Y18.947 Z- 1.000	139. G01 X147.116 Y22.960 Z- 1.000

140. G03 X147.149 Y22.989 I- 0.310 J0.392	156. G03 X151.933 Y31.008 I- 0.480 J0.140
141. G01 X148.028 Y23.819 Z- 1.000	157. G01 X152.226 Y32.326 Z- 1.000
142. G03 X148.049 Y23.840 I- 0.343 J0.364	158. G03 X152.230 Y32.347 I- 0.488 J0.108
143. G01 X148.830 Y24.670 Z- 1.000	159. G01 X152.474 Y33.714 Z- 1.000
144. G03 X148.861 Y24.706 I- 0.364 J0.343	160. G03 X152.479 Y33.752 I- 0.492 J0.088
145. G01 X149.544 Y25.585 Z- 1.000	161. G01 X152.626 Y35.217 Z- 1.000
146. G03 X149.562 Y25.610 I- 0.395 J0.307	162. G03 X152.626 Y35.220 I- 0.498 J0.050
147. G01 X150.197 Y26.537 Z- 1.000	163. G01 X152.772 Y36.783 Z- 1.000
148. G03 X150.232 Y26.596 I- 0.413 J0.282	164. G03 X152.774 Y36.815 I- 0.498 J0.047
149. G01 X150.720 Y27.573 Z- 1.000	165. G01 X152.823 Y38.476 Z- 1.000
150. G03 X150.724 Y27.581 I- 0.447 J0.224	166. G01 X152.872 Y40.233 Z- 1.000
151. G01 X151.212 Y28.607 Z- 1.000	167. G03 X152.872 Y40.247 I- 0.500 J0.014
152. G03 X151.239 Y28.676 I- 0.451 J0.215	168. G01 X152.872 Y67.786 Z- 1.000
153. G01 X151.581 Y29.799 Z- 1.000	169. G03 X152.372 Y68.286 I- 0.500 J0.000
154. G03 X151.583 Y29.805 I- 0.478 J0.146	170. G01 X146.073 Y68.286 Z- 1.000
155. G01 X151.925 Y30.976 Z- 1.000	171. G03 X145.573 Y67.786 I0.000 J-0.500

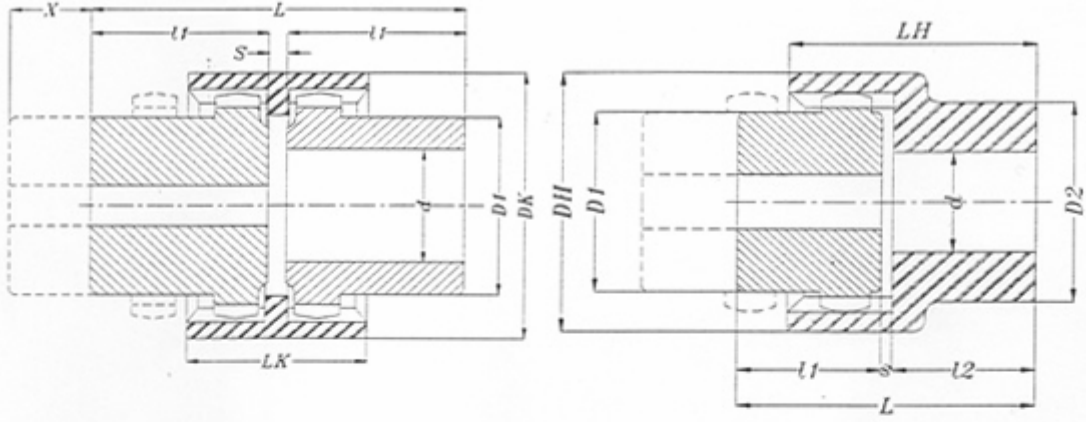
172. G01 X145.573 Y40.302 Z- 1.000	188. G01 X133.139 Y25.513 Z- 1.000
173. G01 X145.525 Y38.172 Z- 1.000	189. G01 X131.233 Y25.609 Z- 1.000
174. G01 X145.381 Y36.198 Z- 1.000	190. G01 X130.333 Y25.751 Z- 1.000
175. G01 X145.140 Y34.467 Z- 1.000	191. G01 X129.486 Y25.892 Z- 1.000
176. G01 X144.855 Y32.896 Z- 1.000	192. G01 X128.689 Y26.126 Z- 1.000
177. G01 X144.429 Y31.525 Z- 1.000	193. G01 X127.938 Y26.361 Z- 1.000
178. G01 X143.964 Y30.314 Z- 1.000	194. G01 X127.200 Y26.684 Z- 1.000
179. G01 X143.368 Y29.352 Z- 1.000	195. G01 X126.491 Y27.062 Z- 1.000
180. G01 X142.719 Y28.518 Z- 1.000	196. G01 X125.843 Y27.432 Z- 1.000
181. G01 X141.993 Y27.792 Z- 1.000	197. G01 X125.252 Y27.887 Z- 1.000
182. G01 X141.132 Y27.203 Z- 1.000	198. G01 X124.739 Y28.353 Z- 1.000
183. G01 X140.112 Y26.693 Z- 1.000	199. G01 X124.226 Y28.866 Z- 1.000
184. G01 X138.989 Y26.272 Z- 1.000	200. G01 X123.775 Y29.407 Z- 1.000
185. G01 X137.716 Y25.942 Z- 1.000	201. G01 X123.408 Y30.004 Z- 1.000
186. G01 X136.340 Y25.704 Z- 1.000	202. G01 X123.035 Y30.656 Z- 1.000
187. G01 X134.813 Y25.561 Z- 1.000	203. G01 X122.760 Y31.298 Z- 1.000

204. G01 X122.478 Y32.097 Z- 1.000	220. G01 X130.497 Y70.216 Z- 1.000
205. G01 X122.244 Y32.942 Z- 1.000	221. G03 X130.997 Y70.716 I0.000 J0.500
206. G01 X122.055 Y33.885 Z- 1.000	222. G01 X130.997 Y77.406 Z- 1.000
207. G01 X121.911 Y34.940 Z- 1.000	223. G03 X130.497 Y77.906 I- 0.500 J0.000
208. G01 X121.767 Y36.146 Z- 1.000	224. G01 X124.394 Y77.906 Z- 1.000
209. G01 X121.670 Y37.394 Z- 1.000	225. G03 X123.894 Y77.406 I0.000 J-0.500
210. G01 X121.622 Y38.791 Z- 1.000	226. G00 X123.894 Y77.406 Z1.000
211. G01 X121.622 Y67.786 Z- 1.000	227. G00 X136.003 Y77.406 Z1.000
212. G03 X121.122 Y68.286 I- 0.500 J0.000	228. G01 X136.003 Y77.406 Z- 1.000 F10.00
213. G01 X114.823 Y68.286 Z- 1.000	229. G01 X136.003 Y70.716 Z- 1.000
214. G03 X114.323 Y67.786 I0.000 J-0.500	230. G03 X136.503 Y70.216 I0.500 J0.000
215. G00 X114.323 Y67.786 Z1.000	231. G01 X142.607 Y70.216 Z- 1.000
216. G00 X123.894 Y77.406 Z1.000	232. G03 X143.107 Y70.716 I0.000 J0.500
217. G01 X123.894 Y77.406 Z- 1.000 F10.00	233. G01 X143.107 Y77.406 Z- 1.000
218. G01 X123.894 Y70.716 Z- 1.000	234. G03 X142.607 Y77.906 I- 0.500 J0.000
219. G03 X124.394 Y70.216 I0.500 J0.000	235. G01 X136.503 Y77.906 Z- 1.000

236.	G03	X136.003	Y77.406	239.	g00x0y0
	I0.000	J-0.500			m02
237.	G00	X136.003	Y77.406		
	Z1.000				
238.	g00z5				

EK 2

KAPLIN SEÇİM KATOLOĞU



Tip	Nominal burulma		Dönme hızı n _{max} dev/dak	Atalet momentii I _z kgm ²	Ortalama ağırlık kg	Ölçüler (mm)								Diş adet
	TN	Tk _{max}				d Min.Max.	DK	D1	l1	L	LK	S	X	
	Nm	Nm												

Kovan ve dişli malzeme poliamid

DK-14	8	15	23500	0,00002	0.050	6	14	40	25	23	50	30	4	13	20
-------	---	----	-------	---------	-------	---	----	----	----	----	----	----	---	----	----

Kovan poliamid, dişli malzeme çelik

DK-24	20	40	17500	0,0003	0.450	11	24	54	36	26	56	37	4	17	27
DK-28	33	65	14000	0,0011	1.015	13	28	66	44	40	84	39	4	18	36
DK-32	45	90	12500	0,0019	1.325	13	32	76	50	40	84	48	4	22	38
DK-38	60	120	11500	0,0030	1.760	14	38	83	58	40	84	48	4	22	37
DK-42	75	150	10500	0,0039	2.030	14	42	88	60	42	88	50	4	23	39
DK-48	100	200	9500	0,0075	3.015	14	48	100	68	50	104	50	4	23	42
DK-55	140	280	7500	0,0206	5.525	18	55	122	83	60	124	64	4	30	48
DK-60	183	365	6500	0,0398	8.130	18	60	140	92	70	144	72	4	34	55

Beyaz poliamidli

DK-28	33	65	9500	0,0011	1.030	13	28	66	44	40	84	39	4	18	34
DK-42	75	150	7000	0,0039	2.025	14	42	88	60	42	88	50	4	23	44
DK-55	140	280	5000	0,0205	5.520	18	55	122	83	60	124	64	4	30	45

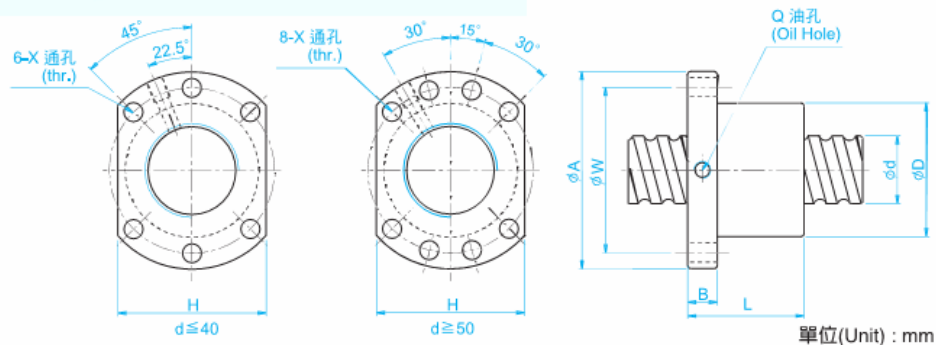
Tip	Nominal burulma		Dönme hızı nmax dev/dak	Atalet momenti I _z kgm ²	Ortalama ağırlık kg	Ölçüler (mm)								
	TN Nm	Tkmax Nm				d Min.Max.	DK	D1	D2	l1	l2	L	LK	S

*DK-28 Beyaz poliamidli ile aynı kaplin

*DK-28	16	32	14000	0,00067	0.576	10	28	68	44	48	40	33	72	50	4
--------	----	----	-------	---------	-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

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

型式 (TYPE) : SFU(DIN 69051 FORM B)



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

型號 Model No.	滾珠螺桿、螺帽之基準數據 Dimensions														
	d	I	Da	D	A	B	L	W	X	H	Q	n	Ca	Coa	K
★ SFU01604-4	16	4	2.381	28	48	10	40	38	5.5	40	M6	4	625.1	1253.7	21.8
★ SFU01605-4		5	3.175	28	48	10	50	38	5.5	40	M6	4	888.1	1525.4	22.1
★ SFU01610-3		10	3.175	28	48	10	57	38	5.5	40	M6	3	716.4	1232	16.6
SFU02004-4	20	4	2.381	36	58	10	42	47	6.6	44	M6	4	692.8	1583.7	26.9
★ SFU02005-4		5	3.175	36	58	10	51	47	6.6	44	M6	4	999.3	1994.7	27.3
SFU02504-4	25	4	2.381	40	62	10	42	51	6.6	48	M6	4	775.4	2045.6	33.4
★ SFU02505-4		5	3.175	40	62	10	51	51	6.6	48	M6	4	1119.4	2581.4	33.8
SFU02506-4		6	3.969	40	62	10	54	51	6.6	48	M6	4	1493.5	3117.1	34.1
★ SFU02508-4		8	4.762	40	62	10	63	51	6.6	48	M6	4	1903.3	3695.3	34.5
★ SFU02510-4	32	10	4.762	40	62	12	85	51	6.6	48	M6	4	1903.3	3695.3	34.5
SFU03204-4		4	2.381	50	80	12	44	65	9	62	M6	4	867.5	2639.5	42.5
★ SFU03205-4		5	3.175	50	80	12	52	65	9	62	M6	4	1264.1	3402.8	42.8
SFU03206-4		6	3.969	50	80	12	57	65	9	62	M6	4	1706	4217.3	43.2
★ SFU03208-4		8	4.762	50	80	12	65	65	9	62	M6	4	2177	5015.1	43.5
★ SFU03210-4	40	10	6.350	50	80	12	90	65	9	62	M6	4	3154.4	6478.1	44.2
SFU04005-4		5	3.175	63	93	14	55	78	9	70	M8	4	1407.1	4341.5	53.2
★ SFU04006-4		6	3.969	63	93	14	60	78	9	70	M6	4	1889.2	5317.5	53.5
SFU04008-4		8	4.762	63	93	14	67	78	9	70	M6	4	2412.7	6334.9	53.9
★ SFU04010-4	50	10	6.350	63	93	14	93	78	9	70	M8	4	3480	7979	54.6
SFU05010-4		10	6.350	75	110	16	93	93	11	85	M8	4	3898	10325.7	67.5
★ SFU05020-4		20	7.144	75	110	16	138	93	11	85	M8	4	4621.1	11881.3	67.9
★ SFU06310-4	63	10	6.350	90	125	18	98	108	11	95	M8	4	4401.9	13611.2	84.3
SFU06320-4		20	9.525	95	135	20	149	115	13.5	100	M8	4	7401.1	19008.8	85.7
★ SFU08010-4	80	10	6.350	105	145	20	98	125	13.5	110	M8	4	4900	17366	106
SFU08020-4		20	9.525	125	165	25	154	145	13.5	130	M8	4	8403.2	25345.1	108
SFU10020-4	100	20	9.525	150	202	30	180	170	17.5	155	M8	4	9404.9	32737.4	134

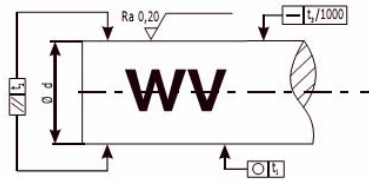
備註: 有標記 ★ 記號者可製作左螺紋 Note: with sign ★ can produce left helix



Induction hardened and chromed plated linear shafts

Ck 55

as alternative to Cf 53



Shaft Diameter d	Weight per meter	Shaft code number	Standard length(*)	Hardening depth Rht DIN 6773	Standard tolerance ISO h7	Special Tolerance ISO h6	Round- ness (circular) t1 (**)	Parallelism (cylindric) t2 (**)	Straight- ness t3
mm	kg		mm	mm	µm	µm	µm	mm/m	
3	0.055	WV3	1100	0.4-0.6	0 -10	0 -6	6	10	0.16
4	0.10	WV4	2100	0.5-0.8	0 -10	0 -6	6	10	0.16
5	0.16	WV5	3000	0.5-0.8	0 -12	0 -8	6	10	0.16
6	0.23	WV6	6000	0.5-0.8	0 -12	0 -8	6	10	0.16
8	0.40	WV8	6000	0.6-0.9	0 -15	0 -9	6	10	0.16
10	0.62	WV10	6000	0.7-1.0	0 -15	0 -9	6	10	0.12
12	0.89	WV12	6000	0.8-1.2	0 -18	0 -11	8	12	0.12
14	1.21	WV14	6000	0.9-1.3	0 -18	0 -11	8	12	0.12
15	1.39	WV15	6000	1.0-1.4	0 -18	0 -11	8	12	0.12
16	1.58	WV16	6000	1.1-1.5	0 -18	0 -1	8	12	0.1
18	2.00	WV18	6000	1.1-1.5	0 -18	0 -11	8	12	0.1
20	2.47	WV20	6000	1.2-1.5	0 -21	0 -13	9	12	0.1
22	2.98	WV22	6000	1.2-1.5	0 -21	0 -13	9	12	0.1
24	3.55	WV24	6000	1.4-1.6	0 -21	0 -13	9	12	0.1
25	3.85	WV25	6000	1.5-1.7	0 -21	0 -13	9	12	0.1
28	4.83	WV28	6000	1.5-1.8	0 -21	0 -13	9	12	0.1
30	5.55	WV30	6000	1.5-1.9	0 -21	0 -13	9	12	0.1
32	6.31	WV32	6000	1.5-1.9	0 -25	0 -16	11	15	0.1
35	7.55	WV35	6000	1.5-1.9	0 -25	0 -16	11	15	0.1
40	9.87	WV40	6000	1.6-2.0	0 -25	0 -16	11	15	0.1
45	12.50	WV45	6000	1.6-2.0	0 -25	0 -16	11	15	0.1
50	15.40	WV50	6000	2.2-2.6	0 -25	0 -16	11	15	0.1
55	18.64	WV55	6000	2.2-2.6	0 -30	0 -19	12	15	0.1
60	22.20	WV60	6000	2.2-2.6	0 -30	0 -19	12	15	0.1
70	30.20	WV70	6000	2.2-2.6	0 -30	0 -19	12	15	0.1
75	34.70	WV75	6000	2.2-2.6	0 -30	0 -19	12	15	0.1
80	39.50	WV80	6000	2.2-2.6	0 -30	0 -19	12	15	0.1
90	49.92	WV90	6000	2.2-3.2	0 -35	0 -22	8	13	0.2
100	61.62	WV100	6000	2.2-3.2	0 -35	0 -22	8	13	0.2