

**MASAÜSTÜ 4 EKSEN CNC FREZE TASARIMI
VE HELİSEL KONİK DİŞLİ İŞLEME
UYGULAMASI**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Neslin HASAR

**MASAÜSTÜ 4 EKSEN CNC FREZE TASARIMI VE HELİSEL KONİK
DİŞLİ İŞLEME UYGULAMASI**

Neslin HASAR

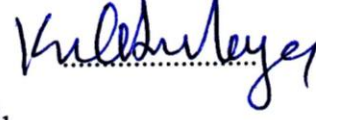
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Eylül 2012**

Neslin HASAR tarafından hazırlanan “MASAÜSTÜ 4 EKSEN CNC FREZE TASARIMI VE HELİSEL KONİK DİŞLİ İŞLEME UYGULAMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Tez Danışmanı, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/ 09/ 2012

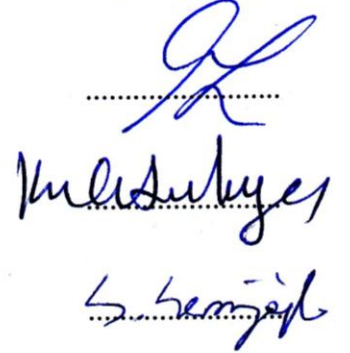
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)

Üye : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Süleyman SEMİZ (KBÜ)



...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Neslin HASAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MASAÜSTÜ 4 EKSEN CNC FREZE TASARIMI VE HELİSEL KONİK DİŞLİ İŞLEME UYGULAMASI

Neslin HASAR

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Eylül 2012, 97 sayfa

Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tasarım ve Konstrüksiyon Eğitimi Ana Bilim Dalı'nda CNC tezgah çalışmaları mini frezeden CNC frezeye dönüştürme ile başlamıştır. Devamında sırasıyla masaüstü CNC freze, soğutma sıvılı masaüstü CNC freze, masaüstü CNC torna, eğitim amaçlı öğrenci çalışmalarında masaüstü CNC freze olmak üzere günümüze kadar üç eksen üzerinde çalışmalarımız sürdürülmüştür.

Bu çalışma masaüstü dört eksen CNC freze üzerinedir. Köprü tipinde X ve Z eksenlerinin bulunduğu kısım aynı zamanda kesici takımı taşımaktadır. Y eksenini tezgahın tablasını hareket ettirmektedir. Dördüncü ekseninde adım motoru kullanılmış ve triger kayış kasnakla $\frac{1}{2}$ oranında moment artırılarak tabla aynası tahrik edilmiştir. Tezgahın genel boyutları 860×630×635 mm, işleme alanı ölçüleri 660×360×80 mm'dir. Tasarım ve imalatı yapılan tezgahın yapımında; alüminyum profillerden

gövde, bilyalı vida somun sistemleri, triger kayış kasnak mekanizmaları, 1,4 KW kesici motor kullanılarak eğitim ve endüstriyel amaçlı kullanımı hedeflenmiştir. Kontrol yazılımı olarak Mach3 CNC programı kullanılmıştır. İşlenen konik dişlinin diş ölçü kontrolleri yapılarak tasarım ölçüleri ile karşılaştırılmıştır. Endüstride kullanılan CNC frezelerde genellikle üç eksen ile işlem yapılmaktadır. Bu çalışmada dördüncü eksen kullanılarak endüstriye bilgi kaynağı sağlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı 90° den küçük, 90° den büyük ve 90° ye eşit üç farklı tip helisel konik dişli çark çiftleri Pro/Engineer programında modellenmiş, Mastercam X3 programında dört eksen işleme kodları çıkartılıp, tasarımı ve imalatı yapılan tezgahta işlenmesidir.

Anahtar Sözcükler : Helisel konik dişli, 4 eksen CNC, CAD-CAM programları.

Bilim Kodu : 708.1.090

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

FOUR AXIS CNC MACHINING DESKTOP DESIGN AND HELICAL-BEVEL GEAR IMPLEMENTATION

Neslin HASAR

**Karabuk University
Graduate School of Natural And Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

September 2012, 97 pages

Karabük University, Technical Education Faculty, Machine Building has started to build CNC milling machine from converting small milling machine tools. Afterwords, our works have been carried out in students studies for education as desktop CNC milling machine on three axes which are, respectively, desktop CNC milling machine with cooling liquid and desktop CNC lathe until now.

This study is about four axis CNC machining desktop design. In the bridge type, the part where X and Z axes are also carries the cutting tool. The axes Y moves the workbench. In the 4th axes, the step motor has been used and the headstock has been moved by increasing the momentum in ratio of $\frac{1}{2}$ with the timing belt pulley. The general dimensions of the workbench are 860×630×635 mm, the dimensions of the machining capacity 660×360×80 mm. In manufacturing the workbench which has been designed and built, educational and industrial usage has been aimed through

using the body, ball-nut screw systems, the timing belt pulley mechanisms and in order to get sufficient cutting force during machining we used 1.4 kW motor power for our CNC desktop machine. For control of our CNC machine has been used mach 3 CNC software programme. In this study also we checked diemensions of bevel gear teeth which we produced on our desktop CNC machines and we are fully satisfied the results we got. Manufacturers in industry generally are uses three axis CNC machines, in this project main purposes of our this studies to make a contribution to the industrial application to give chance the manufacturer to use four axis CNC machines instead of three axis to enlarge their production range by this project.

The main purpose of these studies are to produce three type of helical bevel gears which, their conical angles are 90° , and smaller than 90° , and bigger than 90° bevel gears designed with Pro/Engineer software programme and also we developed codes of the four axis CNC milling machines with Mastercam X3 programme, and finally we made all these works on the our four axis CNC desktop machine.

Keywords : Helical bevel gear, four axis CNC, CAD-CAM programs.

Science Code : 708.1.090

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmamda bütçe desteği almış olduğum Karabük Üniversitesi' ne teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım annem, babam, kardeşim, anneannem ve özellikle çalışmalarım boyunca varlığı ile bana her zaman destek olan Ali TOKAT' a tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	1
BÖLÜM 2.....	7
CNC TAKIM TEZGAHLARI.....	7
2.1. CNC TEZGAHLARININ TARİHÇESİ.....	8
2.2. CNC TAKIM TEZGAHLARININ AVANTAJLARI.....	8
2.3. CNC TAKIM TEZGAHLARININ DEZAVANTAJLARI.....	9
2.4. CNC TAKIM TEZGAHLARINDA EKSENLER.....	9
2.4.1. 3 Eksen.....	10
2.4.2. 4 Eksen.....	12
2.4.3 4. ve 5. Eksen.....	12
2.4.4. 5 Eksen Cnc Freze Tezgahı.....	13
2.5. CNC TEZGAHLARINDA KESİCİ TAKIMLAR.....	13
BÖLÜM 3.....	15
MASAÜSTÜ 4 EKSEN CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ.....	15
3.1. TASARIM VE İMALAT.....	15

	<u>Sayfa</u>
3.2. 4. EKSEN.....	20
3.3. GÜÇ AKTARMA ELEMANLARI.....	22
3.4. ADIM MOTORU.....	23
3.5. KESİCİ MOTOR.....	25
3.6. KONTROL ÜNİTESİ.....	25
3.6.1. Step Motor Sürücü Kontrol Devresi.....	27
3.6.2. Step Motor Sürücü.....	27
3.6.3. Frekans Değiştirici (İnverter).....	28
3.7. KONTROL PROGRAMI.....	29
 BÖLÜM 4.....	 32
KONİK DİŞLİ ÇARKLAR.....	32
4.1. TANIM VE GENEL ÖZELLİKLERİ.....	32
4.2. KONİK DİŞLİ ELEMANLARI.....	33
4.3. KONİK DİŞLİLERİN ÇALIŞMA POZİSYONLARI.....	35
4.3.1. Dik Çalışan Konik Dişli Çarklar.....	35
4.3.2. İçten Çalışan Konik Dişli Çarklar.....	35
4.3.3. Dıştan Çalışan Konik Dişli Çarklar.....	36
4.4. HELİSEL KONİK DİŞLİLERİN AÇILMASI.....	37
4.5. SPİRAL KONİK DİŞLİ ÇARKLAR.....	38
 BÖLÜM 5.....	 40
UYGULAMALAR.....	40
5.1. $\delta < 90^\circ$ OLAN HELİSEL KONİK DİŞLİ ÇARK UYGULAMASI.....	40
5.2. $\delta < 90^\circ$ OLAN SİLİNDİRİK DÜZ KONİK DİŞLİ UYGULAMASI.....	48
5.3. $\delta = 90^\circ$ OLAN HELİSEL KONİK DİŞLİ UYGULAMASI.....	50
5.4. $\delta = 90^\circ$ OLAN DÜZ KONİK DİŞLİ UYGULAMASI.....	54
 BÖLÜM 6.....	 56
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	56
6.1. HASSASİYET KONTROLÜ.....	56
6.2. DOĞRULUK KONTROLÜ.....	57

	<u>Sayfa</u>
6.2.1. X Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	57
6.2.2. Y Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	59
6.2.3. XY Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	61
6.2.4. A Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	63
6.3. DİŞLİ ÖLÇÜ KONTROLÜ.....	65
6.4. ARAYÜZ PROGRAMI VE DİŞLİLER.....	70
BÖLÜM 7.....	76
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
7.1. SONUÇLAR.....	77
7.2. ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	82
EK AÇIKLAMALAR A. CNC TEZGAHIN FOTOĞRAFLARI.....	83
EK AÇIKLAMALAR B. CNC TEZGAHIN İMALAT RESİMLERİ.....	85
EK AÇIKLAMALAR C. ÖRNEK UYGULAMA.....	92
EK AÇIKLAMALAR D. MACH 3 PROGRAM AYARLARI.....	94

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. CNC Freze tezgahlarından genel görüntüler.....	7
Şekil 2.2. CNC freze tezgahlarında eksenler.....	9
Şekil2.3. 3 Eksen CNC.....	11
Şekil 2.4. CNC Freze 3 eksen hareket tanımı.....	11
Şekil 2.5. CNC Freze 4 eksen hareket tanımı.....	12
Şekil 2.6. CNC Freze 4,5 eksen hareket tanımı.....	12
Şekil 2.7. CNC Freze 5 eksen hareket tanımı.....	13
Şekil 2.8. CNC Freze kesici uçlar.....	14
Şekil 3.1. Sistemin genel görüntüsü.....	15
Şekil3.2. Tezgahın boyutları.....	16
Şekil 3.3. Alüminyum sigma profil ve sac gövde görüntüsü.....	16
Şekil3.4. Tezgahın Y eksenini.....	17
Şekil3.5. Tezgahın X eksenini.....	18
Şekil 3.6. Sistemdeki X ve Y eksenlerinin gövdeye montajı.....	19
Şekil 3.7. Doğrusal ray ve Z ekseninin genel görüntüsü.....	19
Şekil3.8. Tezgahın Z eksenini.....	20
Şekil 3.9. Tezgahın 4. Ekseni (A eksenini).....	21
Şekil 3.10. 4. ekseninin genel görüntüsü.....	21
Şekil 3.11. Triger kayış-kasnak genel görüntüsü.....	22
Şekil 3.12. Sistemin Z eksenini genel görüntüsü.....	22
Şekil 3.13. Sistemdeki adım motorlar.....	23
Şekil 3.14. Sistemdeki adım motorların teknik resmi.....	24
Şekil 3.15. Sistemdeki kesici motor (spindle).....	25
Şekil 3.16. Kontrol ünitesi çalışma mantığı.....	26
Şekil3.17. Kontrol ünitesi.....	26
Şekil3.18. Kontrol devresi.....	27
Şekil3.19. Step motor sürücü.....	28
Şekil 3.20. Frekans değiştirici (inverter).....	28

Sayfa

Şekil 3.21. Mach 3 programında birim seçimi.....	30
Şekil 3.22. Eksen ve port ayarlarının yapılması.....	30
Şekil 3.23. Pin ayarının yapılması.....	31
Şekil 3.24. Mach3 programı 4 eksen kontrol ayarları.....	31
Şekil 4.1. Konik dişli çarklar şematik gösterimi.....	32
Şekil 4.2. Helisel ve düz konik dişli.....	32
Şekil 4.3. Diferansiyel kutusu.....	33
Şekil 4.4. Araçlarda kullanılan hız kutusu.....	33
Şekil 4.5. Konik dişli ve elemanlarının sembollerle gösterilmesi.....	33
Şekil 4.6. Eksenleri dik çalışan konik dişli çarklar.....	35
Şekil 4.7. Eksenleri 90 dereceden büyük olan konik dişli çarklar.....	35
Şekil 4.8. Eksenleri 90 dereceden büyük konik dişli çarklar.....	36
Şekil 4.9. Eksenleri arası açı 90 dereceden küçük konik dişli çarklar.....	36
Şekil 4.10. Konik dişlide doğru temas izleri.....	37
Şekil 4.11. Spiral konik (ayna mahrutu) dişli takımı.....	39
Şekil 5.1. Helisel konik dişlinin Pro/Engineer programında tel kafes örüntüsü.....	41
Şekil 5.2. Helisel konik dişlinin Pro/Engineer programında yüzey modellenmesi.....	41
Şekil 5.3. Helisel konik dişlinin Pro/Engineer programında katı modellenmesi.....	41
Şekil 5.4. Mastercam programında işleme yapılacak yüzeylerin seçimi.....	42
Şekil 5.5. Mastercam programında makine tipi seçilmesi.....	43
Şekil 5.6. Mastercam programında işleme tipinin seçimi.....	43
Şekil 5.7. 4.dönel eksen işleme parametrelerinin seçilmesi.....	44
Şekil 5.8. Mastercam programında kesici takımın seçilmesi.....	45
Şekil 5.9. Çoklu eksen parametrelerinin tanıtılması.....	46
Şekil 5.10. Helisel konik dişli parametreleri tanıtılması.....	46
Şekil 5.11. Helisel konik dişlinin simülasyonu ve G kodu.....	47
Şekil 5.12. Helisel konik dişli uygulaması.....	48
Şekil 5.13. Silindirik düz konik dişlinin modellenmesi.....	48
Şekil 5.14. Silindirik düz konik dişlinin G kodu ve parametrelerin seçilmesi.....	49
Şekil 5.15. Silindirik düz konik dişlinin tablaya bağlanması ve işlenmesi.....	50
Şekil 5.16. Helisel konik dişlinin modellenmesi.....	50
Şekil 5.17. Helisel konik dişlinin G kodu ve simülasyonun izlenmesi.....	51

Sayfa

Şekil 5.18. İşlemeye hazır hale getirilmiş strofor malzemeli kütük.....	53
Şekil 5.19. Helisel konik dişli işlemesi.....	53
Şekil 5.20. Düz konik dişlinin Pro/Engineer programında modellenmesi.....	54
Şekil 5.21. Düz konik dişlinin Pro/Engineer programında montajı.....	54
Şekil 5.22. Düz konik dişlinin mastercam programında simülasyonu ve G kodu..	55
Şekil 5.23. Düz konik dişlinin 4 eksen CNC de işlenmesi.....	55
Şekil 6.1. X Ekseninde açılan kanalların çizimi.....	57
Şekil 6.2. X Ekseninde açılan kanallar.....	58
Şekil 6.3. X Ekseninde kanallardan ölçü alınması.....	58
Şekil 6.4. Y Ekseninde açılan kanalların çizimi.....	59
Şekil 6.5. Y Ekseninde açılan kanallar.....	60
Şekil 6.6. Y Ekseninde kanallardan ölçü alınması.....	60
Şekil 6.7. XY Ekseninde açılan kanalların çizimi.....	61
Şekil 6.8. XY Ekseninde açılan kanallar.....	61
Şekil 6.9. XY Ekseninde kanallardan ölçü alınması.....	62
Şekil 6.10. A Ekseninin 360° döndürülmesi.....	63
Şekil 6.11. A Ekseninin 720° döndürülmesi.....	64
Şekil 6.12. A Ekseninin 1080° döndürülmesi.....	64
Şekil 6.13. A Ekseninin 3600° döndürülmesi.....	65
Şekil 6.14. 90° lik silindirik düz konik dişli ölçüleri.....	66
Şekil 6.15. 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş üstü ve diş dibi çapı ölçüleri.....	66
Şekil 6.16. 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş kalınlığı ön ve arka ölçüleri.....	67
Şekil 6.17. 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş dibi çapı arka ve diş üstü çapı arka ölçüleri.....	68
Şekil 6.18. Düz konik dişlinin pim üstü ölçüleri.....	69
Şekil 6.19. Düz konik dişlinin mikrometre ölçüleri.....	70
Şekil 6.20. Mach3 programı eksenler arası kontrol ayarları.....	71
Şekil 6.21. Mach3 programı 4. eksen (A eksen) kontrol ayarları.....	71
Şekil 6.22. G kodlarının mach 3 programına aktarılması.....	72
Şekil 6.23. Strofor malzemedan $\delta < 90^\circ$ olan helisel konik dişli oluşturulması.....	72
Şekil 6.24. Ahşap malzemenin işlenerek helisel konik dişli oluşturulması.....	73
Şekil 6.25. Strofor malzemedan $\delta < 90^\circ$ olan düz konik dişli oluşturulması.....	73

Sayfa

Şekil 6.26. Strofor malzemedan $\delta=90^\circ$ olan helisel konik dişli oluşturulması.....	74
Şekil 6.27. Strofor malzemedan $\delta=90^\circ$ olan düz konik dişli oluşturulması.....	74
Şekil EK A.1. Masaüstü 4 Eksen CNC Freze.....	84
Şekil EK B.1. 4 Eksen CNC Freze.....	86
Şekil EK B.2. 4 Eksen CNC Freze genel görüntüsü.....	87
Şekil EK B.3. 4 Eksen CNC Freze Y eksen görüntüsü.....	88
Şekil EK B.4. 4 Eksen CNC Freze X eksen görüntüsü.....	89
Şekil EK B.5. 4 Eksen CNC Freze Z eksen görüntüsü.....	90
Şekil EK B.6. 4 Eksen CNC Freze A eksen görüntüsü.....	91
Şekil EK C.1. Milin mastercam programında kodu çıkartılması.....	93
Şekil EK C.2. 4 eksen CNC de işlenmesi.....	93
Şekil EK D.1. Mach3 programı X eksen kontrol ayarları.....	95
Şekil EK D.2. Mach3 programı Y eksen kontrol ayarları.....	96
Şekil EK D.3. Mach3 programı Z eksen kontrol ayarları.....	96
Şekil EK D.4. Mach3 programı A eksen kontrol ayarları.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Doğrusal ve dönel eksenler.....	10
Çizelge 3.1. CNC tezgahında kullanılan adım motor özellikleri.....	24
Çizelge 6.1. X Ekseni standart sapma hesabı.....	58
Çizelge 6.2. Y Ekseni standart sapma hesabı.....	60
Çizelge 6.3. XY Ekseni standart sapma hesabı.....	62
Çizelge 6.4. 90° lik silindirik düz konik dişli ölçümü ve yüzdelik hata oranı.....	68
Çizelge 6.5. Deney malzemeleri için bulunan parametreler.....	75
Çizelge 7.1. Masaüstü 4 eksen döner tablalı CNC tezgahı özellikleri.....	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

d	: Bölüm dairesi çapı (mm)
d_a	: Dişlinin diş üstü çapı (mm)
d_f	: Diş dibi çapı (mm)
b	: Diş genişliği (mm)
h_1	: Dişlinin diş üstü yüksekliği (mm)
h_2	: Dişlinin diş dibi yüksekliği (mm)
h	: Dişlinin toplam diş yüksekliği (mm)
S_0	: Diş kalınlığı(Taksimat dairesi üzerinden) (mm)
C	: Dişler arası radyal boşluk (mm)
S_x	: Yay kirişinin uzunluğu (mm)
h_x	: Yay kirişinin yüksekliği (mm)
M	: Dişlinin modülü (mm)
$L_{n1,2}$: Dişli kontrol uzunluğu (mm)
Σ	: Eksenler arası açı
\emptyset	: Diş dibi açısı
γ	: Diş üstü açısı

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
NC	: Numerical Control (Sayısal Kontrol)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

CNC makineler günümüz teknolojisine göre geliştirilmiş olan bilgisayar ve makinenin uyumlu bir şekilde çalışmasıyla oluşan sistemlerdir. CNC makine sistemleri üretimin daha pratik, en az seviyede insan gücü, hatasız üretim, seri imalat gibi kriterlerin iyileştirilmesinde önemli bir payı bulunmaktadır. Günümüzde CNC kontrollü makineler yapılacak imalata veya montaja uygun bir biçimde programlanarak sabit bir işi standart olarak üretimini yapmaktadır. Bu sistemler otomotiv, tekstil, kimya, tıp, savunma sanayi vb. alanlarda yapacağı işe uyumlu olarak çalışan robot kolları, taşıma sistemleri (konveyör), kaynak ve montaj vb. fabrikasyon işlemlerde kullanılmaktadır.

Bilinen bir diğer sistem olan talaşlı imalat üretiminde kullanılan başta dik işleme merkezi olmak üzere CNC torna, CNC freze, abgant tezgahı, giyotin, lazer sac kesim tezgahları olarak bilinmektedir. Bu sistemler yapılacak işe uygun tasarım (CAD) işleminin ardından kod (CAM) çıkartılarak kablo, usb gibi aygıtlar kullanılarak makinelere NC kodları aktarılır ve bu kodlar makinelerin hafızalarına kaydedilerek veya bir ara yüz programı ile makinelere komut verilir. Böylece bilgisayar destekli tasarım ve imalat CNC makineler kullanılarak gerçekleştirilmiş olmaktadır.

1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Masaüstü CNC tezgahlar, maliyeti düşük, imalatı basit ve kullanışlı tezgahlardır. Masaüstü CNC tezgahı tasarımında kullanılan yöntemleri ikiye ayırabiliriz. Bunlardan ilki klasik takım tezgahlarının yeniden donatılarak bilgisayar kontrolü için uygun hale getirilmesiyle üretilen masaüstü CNC tezgahları, ikincisi ise standart ve imal edilen parçalardan bir tezgah gövdesi oluşturularak üretilen masaüstü CNC tezgahlarıdır [1].

Masaüstü CNC makinelerinin kullanım alanı oldukça geniştir. Bunların başlıcaları; metal kesme ve şekillendirme, cam kesme, strafor kesme, elektronik kesme, reklam tabelalarının imalatı, hobi ürünlerinin imalatı, mimari model imalatı gibi alanlarda masaüstü CNC makineleri kullanılır. Masaüstü CNC makinelerinin kullanım alanlarının ne kadar geniş olduğunun en güzel örneği teksil ürünlerinin kesim işleminde de kullanılmasıdır [2].

Güllü vd. (2006), ‘Freze Tezgahı için Geliştirilen PLC Tabanlı Divizör’ çalışması ile, freze tezgahı için PLC kontrollü yeni bir tip divizör geliştirilerek, freze tezgahlarında kullanılan klasik divizör tertibatındaki yardımcı elemanların (dişli, delikli ayna, makas, ara mil) kullanımını ortadan kaldırmak, daha kaliteli ve hatasız doğrusal ve açısal bölüntüler yapmak amaçlanmıştır. Bunun için yeni PLC kontrollü bir divizör tasarlanıp imal edilmiştir. Sistem için gerekli olan kod çözücü (step motor sürücüsü), operatör paneli ve oranı (sonsuz vida ağız sayısı/ karşılık dişlisi diş sayısı) 1/36 olan redüktör geliştirilmiştir. Böylece mekanik sistemle çalışan divizör, bilgisayar kontrollü divizör haline getirilerek, doğrusal ve açısal bölüntülerin yapılmasında takım hesaplamaların kolaylaştırılması ve dişli çark tertibatının ortadan kaldırılması sağlanmıştır. Yeni divizör prototipi imal edilmiş ve freze tezgahında kullanılarak denenmiştir. Kullanım sonucunda dişli açma işlemlerinde %260 ile %350 arasında süre kazancı sağlanmış olup, ayrıca klasik divizörle açılmayan konik helis dişlinin imalatı da gerçekleştirilmiştir [3].

Nagata vd. (2009), bir çalışmada ise 4 eksenli cnc makine sistemi ile 3 boyutlu tasarımın ahşap boyama rulusunun üretimdeki önemi anlatılmıştır. Ahşap boyama ruloları, boyamadan hemen sonra duvar rölyefli (kabartmalı) boyanmasında kullanılmaktadır. Uygun besleme oran değerleri, bir rölyef tasarımındaki kıvrım ve kenar kontrolleri için uygun bir karşılaştırma kullanılmasıyla oluşturulmaktadır. İşlemci, istenilen kenar kesimlerini ahşap silindirik malzeme üzerinde biçimsel rölyef tasarımını döner kısım (4. Eksen) ve 3 eksenin nümerik kontrolü ile işleme gerçekleştirmektedir [4].

Coşkun ve Işık (2008), ‘Elektroerozyon tezgahları için geliştirilen PLC tabanlı divizör’ adlı yaptığı çalışmada, elektroerozyon tezgâhları için bilgisayar kontrollü

yeni bir divizör modeli geliştirilerek, elektroerozyon tezgâhlarında kullanılması amaçlanmıştır. Daha çabuk ve hatasız ölçümler yapmak için klasik divizör mekanizmasında bulunan yardımcı elemanlar kaldırılarak bunların yerine başka araçlar kullanılmıştır. Bu işlem için bilgisayar kontrollü bir divizör tasarlanıp imal edilmiştir. Sistem için servo motor sürücüsü, PLC ve bilgisayar programı ara yüzü geliştirilmiştir. Sistemde kullanılan servo motor 36/1000 oranında bölme işlemi yapabilmektedir. Böylece mekanik olarak çalışan divizör, bilgisayar kontrollü divizör haline dönüştürülerek, doğrusal ve açısal bölüntülerin yapılmasında zorunlu olan bir takım hesaplamaların basitleştirilmesi sağlanmış ve dişli çark mekanizması ortadan kaldırılmıştır. Geliştirilen divizör, prototip elektroerozyon tezgahında kullanılmış ve amaç doğrultusunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir [5].

Kaygısız (2010), eğitim amaçlı üç eksenli masaüstü CNC freze tezgahı tasarlamış ve prototip imalatını gerçekleştirmiştir. Eksenlerin doğruluğunun tespiti için, eksenler doğrultusunda kanallar açarak, kanal boylarını ölçüp standart sapmalarını hesaplamıştır. CNC'nin üç eksen yüzey işleme kabiliyetini test etmek için Atatürk rölyefini başarı ile işlemiştir [6].

Karaçam (2009), adım motor kontrollü hızlı CNC freze tasarlamıştır. Eksenlerde step motor kullanıp bunları, mikroişlemcili mikro-step sürücüler ile denetlemiştir. Bu tezgahın boşta ve işleme esnasındaki azami ilerleme hızlarını inceleyerek azami kesme hızını 2400 mm/dk, azami boşta ilerleme hızını da 7500 mm/dk olarak bulmuştur. Elde ettiği verilerin piyasadaki benzer ürünlere ait teknik değerlere yakın olduğunu vurgulamıştır [7].

Gordan ve Hillery (2005), X ve Y eksenlerinde yüksek hızlı doğrusal motorların, Z ekseninde ise döner motorun kullanıldığı bir CNC kesme makinesi geliştirmişlerdir. X ekseninde doğrusal motorun hareket mesafesi iki metre, Y ekseninde ise bir metredir. Motorların taşıyacağı yükler hesaplanmış ve buna uygun bir makine şasisi imal edilmiştir. Makinenin kontrolü için NC programlama diline uygun bir ara yüz programı tasarlanmıştır [8].

Kabaş ve Çetinkaya (2011), 3 eksen CNC tasarım ve imalatı yapmış olup, tezgahın gövdesi 500x630x625mm boyutlarında ve işleme kapasitesi X:250mm, Y:300mm, Z:125mm ebatlarındadır. Kullanılan malzemeler montaj edilebilir ve kolay işlenebilir özellikte seçilmiştir. Sistemin titreşimsiz bir şekilde çalışmasını sağlayan rijit bir yapının oluşturulduğu tezgah gövdesi tasarımı yapılmış olup, X ve Z eksenlerinde kesici takımın, Y ekseninde ise tablanın hareketli olduğu köprü tipi tezgah gövdesi tasarlanmıştır [9].

Sevil ve Çetinkaya (2012), masaüstü dört eksen cnc freze imal edilmiş olup, tezgah ölçüsü 670x910x660, tezgah kurs boyu 300x350x130mm'dir. Dönel eksen (A)'ya Ø40x300 mm' ye kadar parça bağlanabilmektedir. CNC tezgahın eksen kızıklaması X ve Y ekseninde 20'lik doğrusal ray ve araba, Z ekseninde ise sertleştirilmiş hassas mil ve doğrusal rulman kullanılarak sistemin hareketi sağlanmaktadır. Tezgahta, bilyeli vidalı mili yataklamak için rulman kullanılarak, step motordan vidalı bilyeli mile hareket aktarımı triger kayış kasnakla yapılmıştır. Hareket aktarımı ½ iletim oranında triger kasnak-kayış sistemiyle adım motorlarından sağlanmaktadır. [10].

Kutlu (2016), tasarladığı üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahının statik ve dinamik hesaplamalarını yapmış ve bu tezgahı imal etmiştir. Ağaç, polyamid ve mdf gibi malzemeler üzerinde çeşitli yazı ve şekil işleyerek tezgahın çalışabilirliğini kanıtlamıştır [11].

Büyükşahin (2005), Solid Works programında modellediği üç eksenli freze tezgahında, gövde ve eksenlerin gerilme, sehim, bükülme analizlerini Visual Nastran programında yapmış ve sonuçları sayısal hesaplarla doğrulamıştır. Gerekli konstrüksiyon hesaplamalarının ardından üç eksenli CNC tezgahını imal etmiştir. Eksen tahrik elemanı olarak da servo motoru tercih etmiştir [12].

Göloğlu ve Bunarbaşı (2004), üç eksenli doğrusal hareket mekanizması tasarımı ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Mekanizmadaki kestamid makaralarda meydana gelen tepki ve sürtünme kuvvetleri hesaplanmıştır. Kestamid makaraların küçük ve orta büyüklükteki yüklenmelerde kullanılmasının mümkün olabileceği görülmüştür [13].

Ahmet K beloğu (2011), gövde tezgah elemanlarının üzerine olmak üzere, işlenebilirliğinin kolay oluşu ve rijit bir yapıya sahip oluşundan dolayı sistem gövdesinin kestamit malzemeden yapılmıştır. Gövdede 27 mm kalınlığa sahip kestamit (döküm polyamid) levhalar kullanılmıştır. Gövdede bulunan kestamit malzemeler M8x6 mm'lik cıvatalar ile birleştirilmiştir. Cıvatalar kestamit malzeme üzerine açılmış olan M8 dişlere vidalanarak gövde bloğu oluşturulmuştur [14].

Ayyıldız vd. (2009), dönüşümü yapılan CNC frezeye CAD programında parça çizilmiş olup, CAM programında takım yolları oluşturularak Mach2 yardımıyla aktarımını sağlamışlardır [15].

Özel (2000), Matterson aparatı kullanılarak vargel tezgahlarında konik düz dişlilerin imal edilebileceği gösterilmiştir. Ayrıca, klasik freze tezgahlarında da, herhangi bir özel akıya ihtiyaç duyulmadan parmak freze akısı ile Matterson aparatı kullanılarak düz konik dişlilerin imal edilebileceği gösterilmiştir. Aynı çalışmada dik işlem merkezli CNC freze tezgahında Matterson aparatı kullanılarak konik düz dişlilerin imalatı için tamamen yeni bir freze akısı modeli tasarlanmış ve bu akı ile konik dişlinin sağ ve sol evolvent profillerinin ayrı ayrı imal edilebilmesi için iki farklı CNC programı hazırlanarak, yardımcı bir aparat kullanmadan DYNA MYTE 2900 CNC freze tezgahında konik düz dişlilerin imal edilebilmeleri için makro programlı CNC imalat programı hazırlanmış ve bu program kullanılarak konik düz dişlilerin imalatlarının nasıl yapılabileceği gösterilmiştir [16].

Suh vd. (2001), konik helis dişlilerin imalatlarının üç eksenli ve döner tablaya sahip bir CNC freze tezgahında nasıl yapılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, imalat işlemleri için; konik helisel dişlilerin geometrik modellemesi, NC de işlemek için yöntem planlaması ve takım yolu planlaması olmak üzere üç aşamalı bir algoritma geliştirmişlerdir [17].

Flodin ve Anderson (2000), helis dişlilerde hafif aşınmanın etkileri araştırılarak, dişlilerin diş yüzeylerindeki temas noktalarının durumuna göre, basınç dağılımının her bir diş üzerindeki etkisi araştırılmıştır [18].

Ciavarella ve Demelio (1999), dişlilerin yorulma ömrü ve gerilme yoğunluğuna bağlı olan özgül kayma hızlarının optimizasyonu yapılarak matematiksel bir model geliştirmişlerdir [19].

Flodin ve Anderson (1997), düz dişlilerde hafif aşınmanın meydana gelmesini etkileyen faktörler tespit edilerek, dişlilerin çalışma durumuna göre, diş yüzeylerindeki aşınmaların parça parça olduğu ve bu aşınmaların diş yüzeyleri arasındaki temas şekline göre değiştiğini göstermişlerdir [20].

Zaitsev (1987), dişli çark imalatı için kullanılan kesicilerin; kesici ağız ve geometrik şekillerine bağlı olan kesme parametrelerinin diş yüzeyleri üzerindeki etkileri incelenmiştir [21].

Bozdemir ve Semiz (2009), geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla kam tasarımı programında üç boyutlu tasarım bilgileri DXF formatına çevrildikten sonra Mastercam programına aktararak, gerekli tezgâh seçimi, işleme yolu, işleme şartları, kesici cinsi, işleme kalınlığı, soğutma sıvısı, gibi talaşlı imalat bilgileri belirlenmişlerdir [22].

Bu çalışmada 4 eksen CNC freze tezgahı tasarlanıp imalatı yapılarak 90°'den küçük, 90°'den büyük ve 90°'ye eşit üç farklı tip helisel konik dişli çark ve 90°'ye eşit silindirik düz konik dişli çark çiftleri pro engineer programında modellenmiş, mastercam X3 programında dört eksen işleme kodları çıkartılıp, tasarımı ve imalatı yapılan tezgahta işlenmesi hedeflenmiştir. Tezgahın genel boyutları 860x630x635 mm, işleme alanı ölçüleri 660x360x80 mm'dir. Sistemde X ve Y eksenlerinde lineer bilyeli mil ve somun kullanılmış olup, Z ekseninde ise bilyeli vidalı mil-somun ve doğrusal ray-araba çifti kullanılmıştır. X, Y ve 4. eksenlerinde tahrik sistemi, adım motorundan sağlanan dairesel hareketin triger kayış-kasnak mekanizması ½ moment arttırarak hareketin aktarımı vidalı mile sağlanmaktadır.

BÖLÜM 2

CNC TAKIM TEZGAHLARI

Günümüzde, sanayide gittikçe artan sayıda kullanılan CNC tezgâhları, üretime esneklik, parça başına düşük maliyet, istenilen tolerans ve kalitede parça üretimi gibi konularda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İmalatın ana hedefi, en kısa zamanda, en az üretim maliyeti (ham madde, elektrik, işçilik giderleri, vb) ile tüketicinin beklediği kalitede üretimi gerçekleştirmektir. CNC makinelerin daha verimli, daha hızlı ve hatasız programlanabilmesi için CAD (bilgisayar destekli dizayn) ve CAM (bilgisayar destekli üretim) programları kullanılmaktadır. Bilgisayarlarda oluşturulan tasarımlarda yine bilgisayarlarla CNC makineler için işleme aşamalarına karar verilip bunlar simülasyonla kontrol edilir ve işleme için G kodları oluşturulur. En basit ifadeyle, mekanik işleme gerektiren bir çalışmayı (delme, kazıma, boyama vs.), bilgisayardan gelen komutlara göre otomatik olarak yapan makinelere CNC makineleri denir.

CNC takım tezgahları, konvansiyonel takım tezgahlarından daha hassas ve daha hızlı çalışabilirler. CNC tezgahlar milimetrenin binde biri bir hassasiyetle ve ani frenlemeleri en iyi şekilde yapabilirler. Bu da motorlarının, kızaklarının ve millerin daha kompleks bir yapıya sahip olmasını gerektirir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. CNC Freze tezgahlarından genel görüntüler.

2.1. CNC TEZGAHLARININ TARİHÇESİ

Nümerik kontrol fikri II. Dünya savaşının sonlarında A. B. D. hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan kompleks uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgahları ile üretilmesi mümkün değildi. Bunun gerçekleştirilmesi için PARSONS CORPORATION ve MIT (Massachusetts Institute of Technology) ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak bir CINCINNATI-HYDROTEL freze tezgahını Nümerik Kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgahı imalatçısı Nümerik Kontrollü tezgah imalatına başladı. Artık günümüzde NC tezgahlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlar kullanılmıştır. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanması mümkün oldu. Sonuç olarak bu sistemli gelişmeler CNC' nin (Computer Numerical Control) doğmasına öncülük etmiştir. CNC daha sonra torna, matkap vb. takım tezgahlarında yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

2.2. CNC TAKIM TEZGAHLARININ AVANTAJLARI

- Konvansiyonel tezgahlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, master vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgahın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Zanaatkar insan ihtiyacına gerek yoktur.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır. Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir.

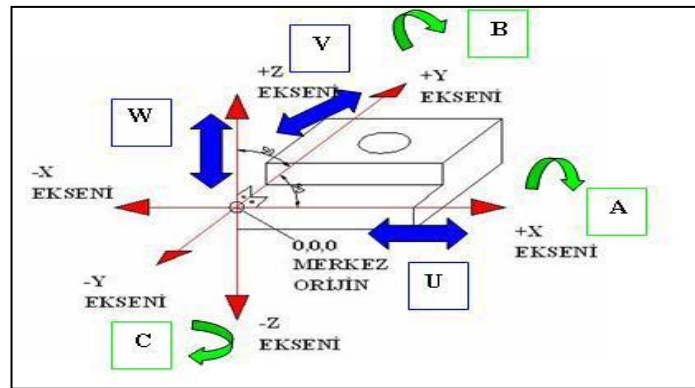
2.3. CNC TAKIM TEZGAHLARININ DEZAVANTAJLARI

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgah ve sistemlerinin avantajları yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar şunlardır;

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- Pahalı bir yatırımı gerektirir.
- Tezgahın saat ücreti yüksektir.
- Konvensiyonel tezgahlara kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
- Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Peryodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.

2.4. CNC TAKIM TEZGAHLARINDA EKSENLER


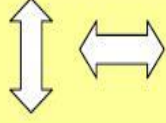

CNC freze tezgâhlarında ana eksenlere ek olarak yardımcı eksenler de bulunmaktadır. X ekseninin yardımcı doğrusal akseni karşılığı U, Y ekseninin yardımcı doğrusal hareketi V, Z ekseninin yardımcı doğrusal hareketi W harfi ile ifade edilmektedir. CNC tezgâhlarındaki yardımcı dönel eksenlerin yani ekseninde dönme hareketi yaptığını ifade eden karşılıkları ise şu şekildedir. X eksenindeki yardımcı dönme hareketi A, Y eksenindeki yardımcı dönme hareketi B, Z eksenindeki yardımcı dönme hareketi C harfi ile ifade edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. CNC freze tezgahlarında eksenler.

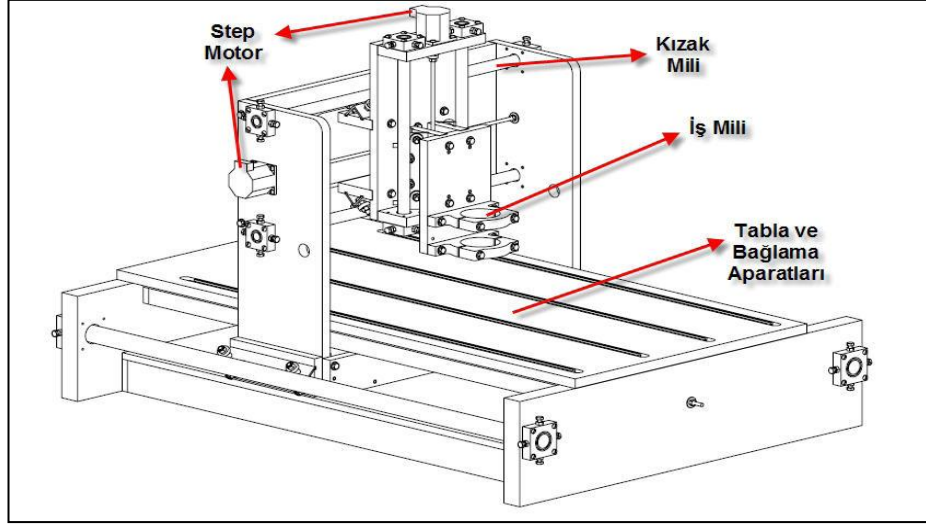
CNC freze tezgâhlarında, tezgâhın ve bağlama aparatlarının, iş tablasının özelliğine göre eksen sayıları ve özelliklerinde değişiklikler olabilmektedir. Temel eksenler ve yardımcı eksen olarak kullanılan doğrusal ve dönel eksenler çizelge 2.1. de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Doğrusal ve dönel eksenler.

TEMEL EKSENLER	YARDIMCI DOĞRUSAL EKSENLER	YARDIMCI DÖNEL EKSENLER
		
X	U	A
Y	V	B
Z	W	C

2.4.1. 3 Eksen

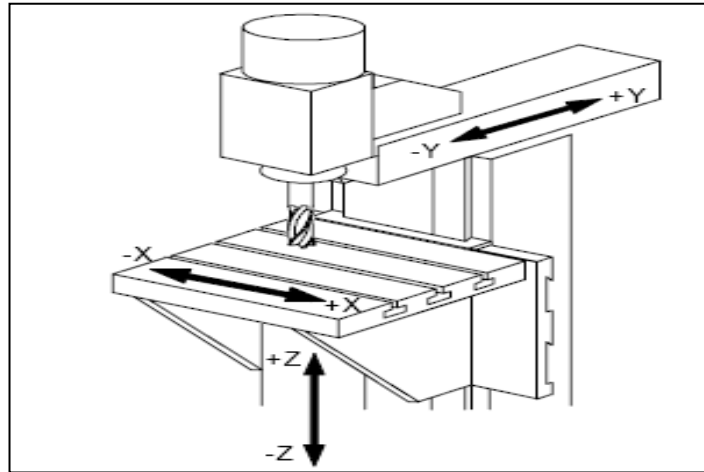
2 ½ eksen harekete ilave olarak, CNC freze tezgâhlarında 3 temel eksen bulunmaktadır. Bu eksenler X, Y, Z eksenleridir. Bu eksenlerden X ve Y eksenini yatay konumda tezgâh tablasının eni ve boyunu, Z eksenini ise bunlara dik konumda olup tezgâh kesici kafanın aşağı yukarı hareket ederek veya iş parçasına dalarak kesme, delme yaptığı eksenidir. Yine burada Z eksenini dalma, talaş kaldırma işlemini üstlenmektedir. Pozitif yönde (+) iş parçasından uzaklaşır, negatif(-) yönde ise iş parçasına yaklaşır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. 3 Eksen CNC.

CNC tezgâhlarda eksenlerin yerleştirilmesi ise; CNC takım tezgâhlarında kızakların, kesici yüklü taretlerin ve kesicilerin hareketleri için kartezyen koordinat sistemi kullanılır. Temel eksenler X, Y, Z harfleri ile tanımlanmaktadır. Bu eksenlerin birleşim noktalarına sıfır (orijin) noktası denilmektedir.

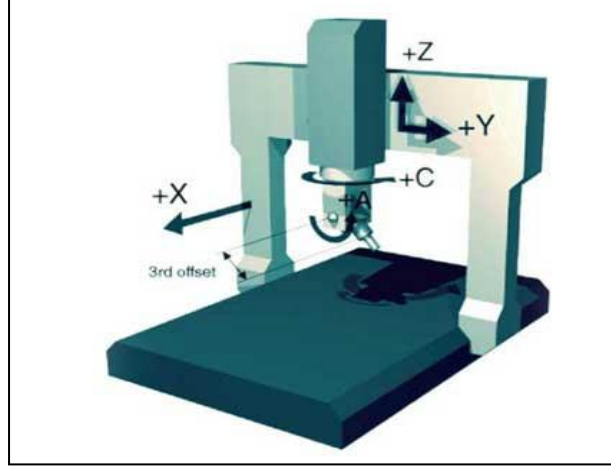
CNC tezgâhlarında eksenlerin tanımlanmasında Aşağıdaki şekil’de görülen sağ el kuralı uygulanmaktadır. Sağ elin başparmağı X eksenini, işaret parmağı Y eksenini, orta parmak ise Z eksenini göstermektedir. Bu tanımlanan koordinatlarda parmak uçları pozitif yani (+) yönü göstermektedir. Aksi yönleri ise negatif (-) yönü ifade etmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. CNC freze 3 eksen hareket tanımı.

2.4.2. 4 Eksen

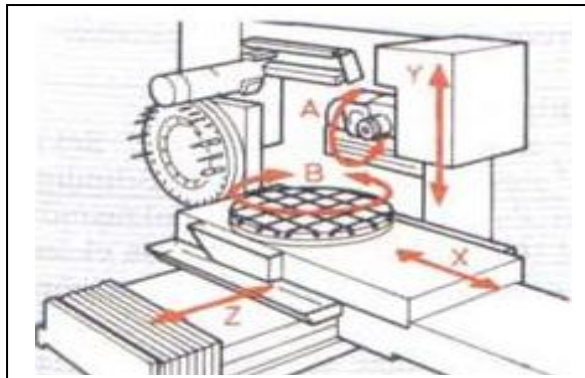
4 Eksen torna olarak adlandırılan bu tür tezgahlarda, torna aynasına bağlanan parçayı aynı anda iki takım birden keser. Her bir takım karşılıklı duran ayrı bir tarete bağlıdır ve taretler senkronize olarak çalışır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. CNC freze 4 eksen hareket tanımı.

2.4.3. 4. ve 5. Eksen

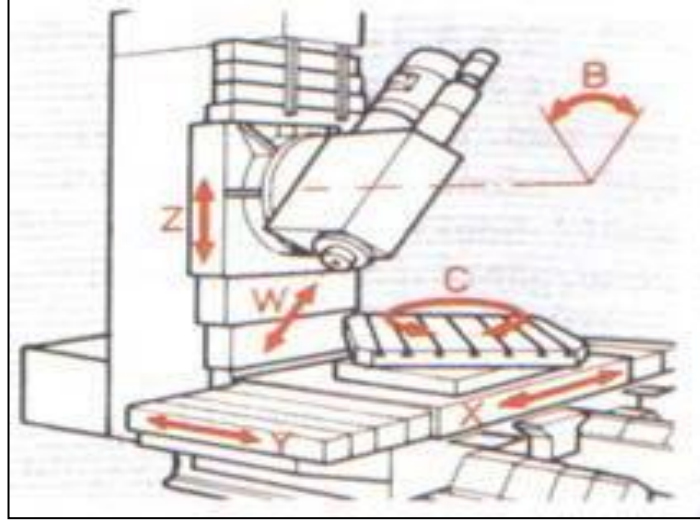
4. ve 5. eksenlerde tezgah tablasının veya iş milinin dönme hareketidir. X eksenini etrafında dönme A, Y eksenini etrafında dönme B, Z eksenini etrafında dönme C olarak adlandırılır. Bu tür tezgahlarda tezgah istenilen açı konumuna geldikten sonra X, Y ve Z eksenlerinde kesme işlemi başlar (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. CNC freze 4, 5 eksen hareket tanımı.

2.4.4. 5 Eksen CNC Freze Tezgahı

Tezgahın aynı anda 5 ekseninin birden hareket edebilme yeteneğidir. Bu hareketlerin tamamı iş milinden olabileceği gibi, iş mili ve tabladan beraberce olabilir.



Şekil 2.7. CNC freze 5 eksen hareket tanımı.

2.5. CNC TEZGAHLARINDA KESİCİ TAKIMLAR

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

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

CNC tezgahlarında kullanılan kesiciler; HSS kesiciler ve sert metal uç kesicilerdir. HSS kesiciler tek parça olarak kullanılır. Bu kesiciler küçük çaplı deliklerin delinmesi, kanal açılması, vb. işlerde kullanılır. Sert metal uç kesiciler değişik boyut ve şekillerde standart olarak üretilir. Kesici uçların en önemli avantajları; standart ve hassas boyutlarda üretilmesi, doğru kesme geometrisine sahip olması, hızlı değiştirilmesi ve bileme işleminin olmamasıdır. Kesici ucun bütün kenarları kullanıldıktan sonra bu uç yeni bir uç ile değiştirilerek işleme kanılan yerden devam edilebilir (Şekil 2.8).



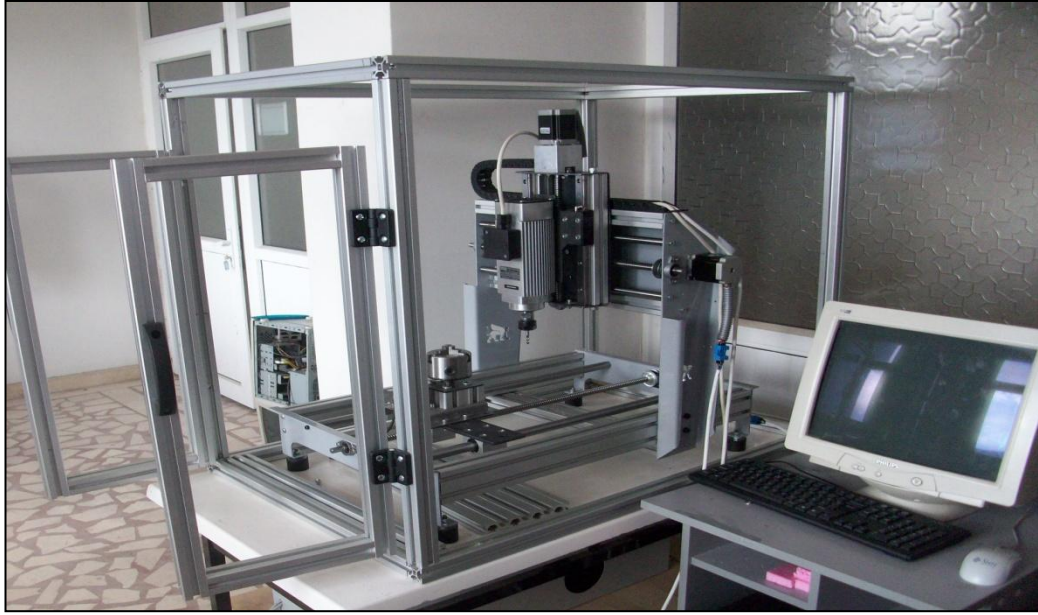
Şekil 2.8. CNC freze kesici uçlar.

BÖLÜM 3

MASAÜSTÜ 4 EKSEN CNC FREZE TEZGAHI TASARIMI VE PROTOTİPİ

3.1. TASARIM VE İMALAT

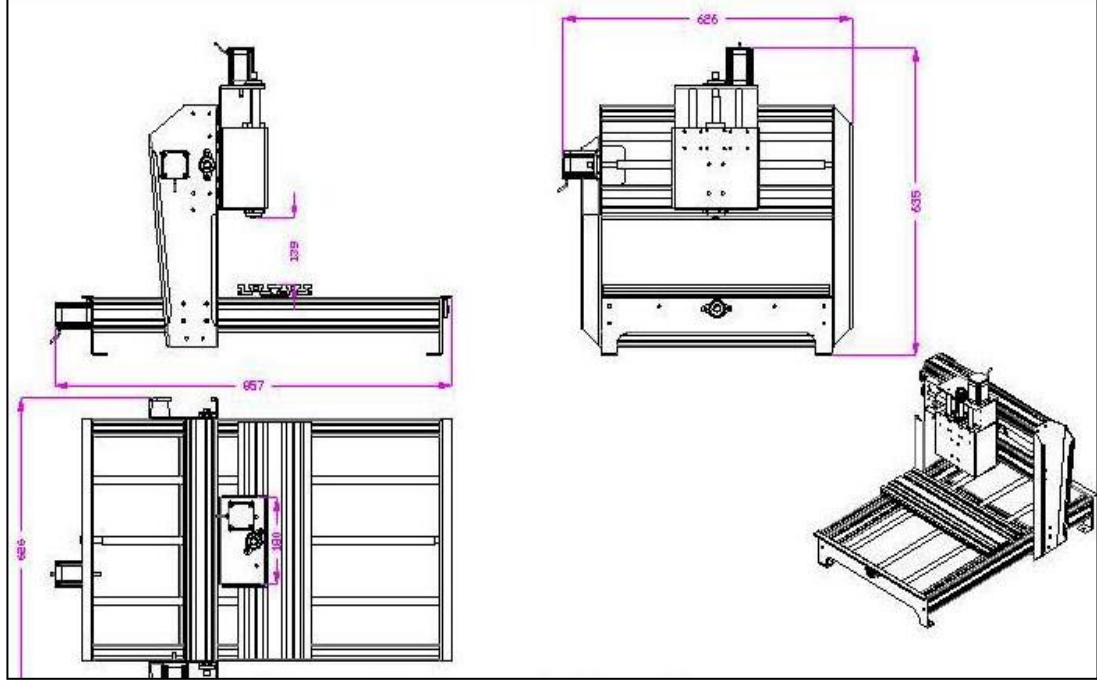
Masaüstü 4 eksen döner tablı CNC çalışmamız için öncelikle eğitime ve sanayiye yönelik kullanılacak bir tezgah olması amaçlanmıştır. Tezgahın boyutsal tasarımı ve tasarımında kullanılacak standart elemanlar belirlenmiştir. CNC freze tezgah tasarımı, CAD programlarından yararlanılarak yapılmıştır ve bilgisayar üzerinde parça uyumu, parçaların çalışma animasyonu görülmüştür. İmal edilen CNC freze tezgah ölçüsü 860x630x635mm (XYZ)'dir (Şekil 3.1).



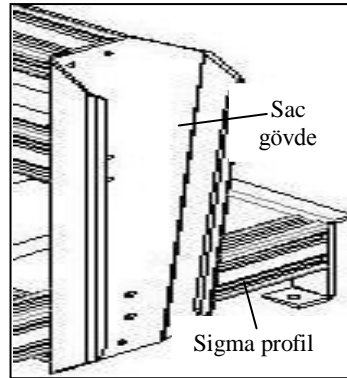
Şekil 3.1. Sistemin genel görüntüsü.

Tezgah kurs boyu 660x360x80 mm.'dir. 4. Eksen (A)'ya Ø40x300 mm.'ye kadar parça bağlanabilmektedir (Şekil 3.2). CNC gövdesi, sigma alüminyum profil ve sac kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3.3). Gövdede sacın dayanımını arttırmak amacı ile

büküm yapılmış 3 mm kalınlığında st-37 sac kullanılmıştır. Bu sacları korozyondan korumak için elektro statik boyama yöntemiyle ile boyama işlemi yaptırılmıştır.

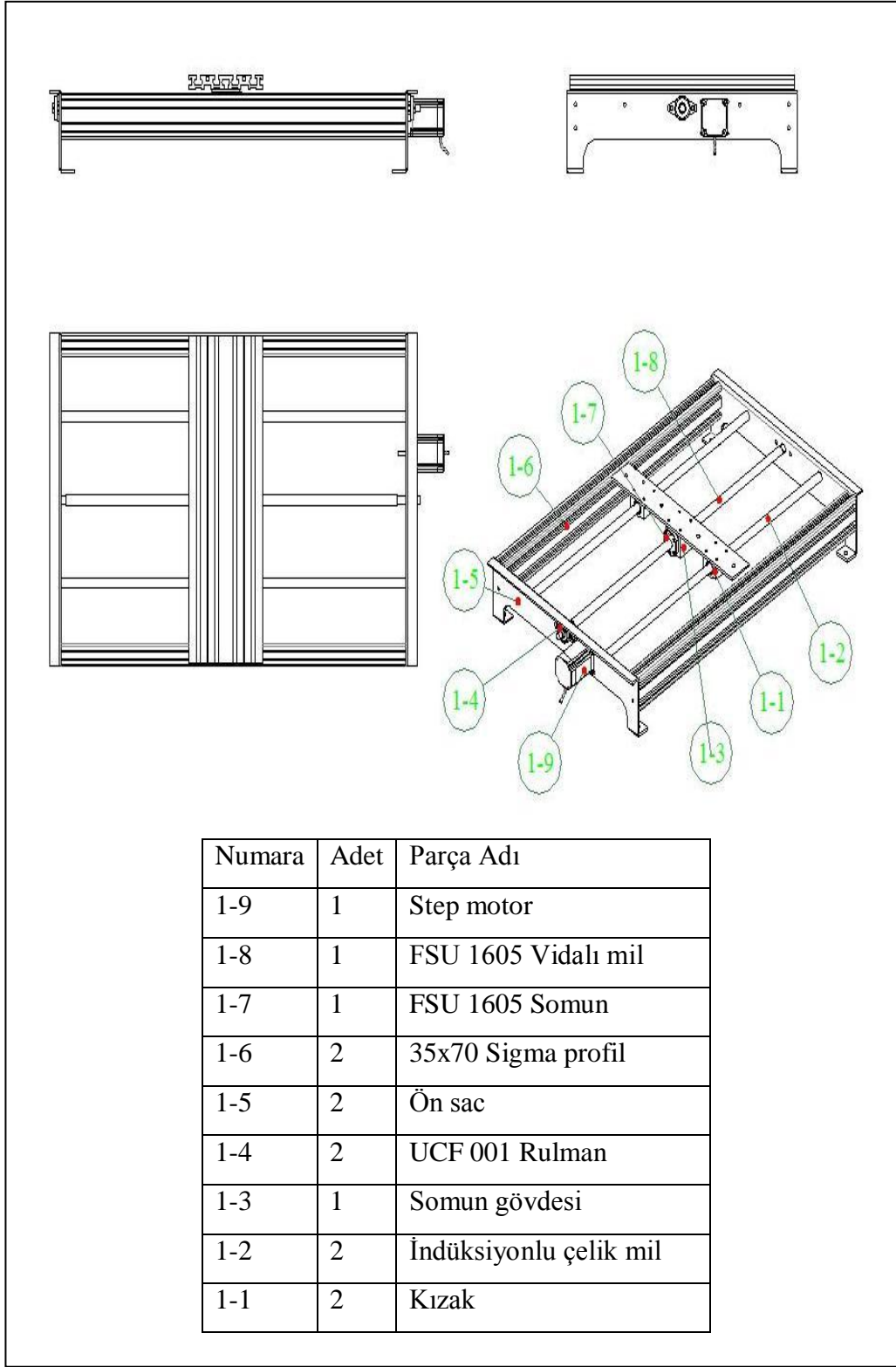


şekil 3.2. Tezgahın boyutları.

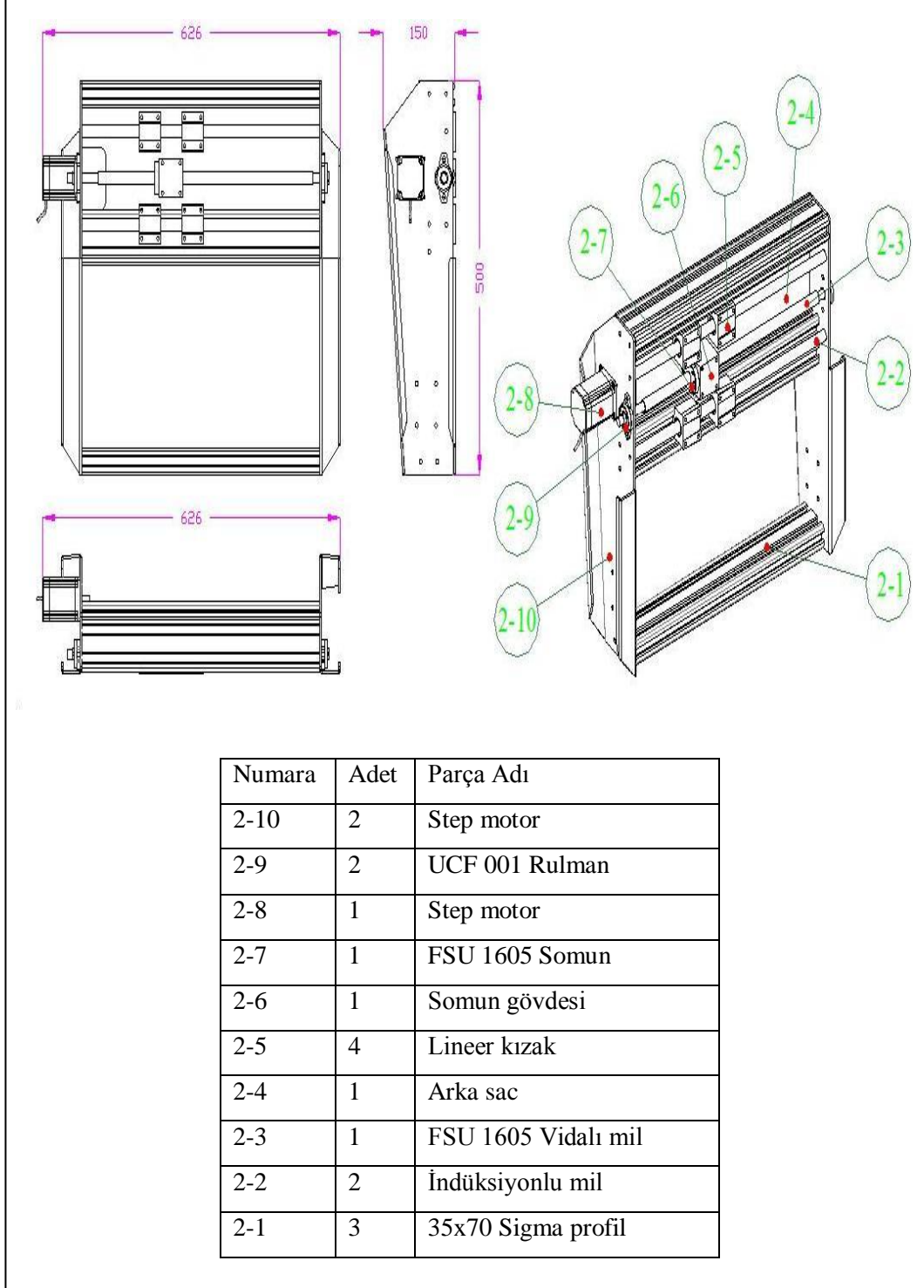


şekil 3.3. Alüminyum sigma profil ve sac gövde montaj görüntüsü.

Sistemin X ve Y ekseninde $\text{Ø}20$ ve 5 mm hatvede olan lineer bilyeli mil ve somun kullanılmış olup sistemdeki sürtünmeyi minimuma indirmek amacı ile tercih edilmiştir (şekil 3.4, 3.5). Ayrıca bu eksenlerde kızaklamayı sağlamak amacı ile sertleştirilmiş hassas mil ve doğrusal rulman kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Tezgahın Y eksenini.



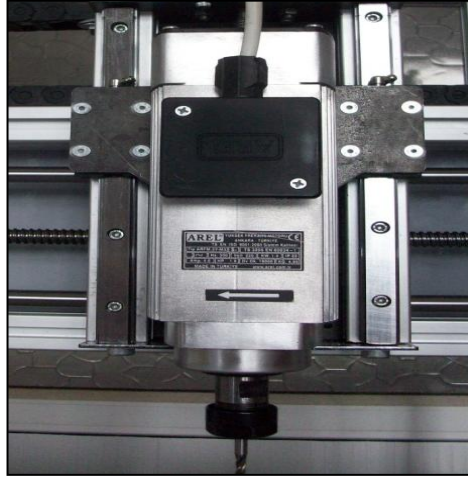
Şekil 3.5. Tezgahın X ekseni.

Sistemin oluşturulan modellemesi göz önüne alınarak hareketi sağlayan parçalar uygun boyutlarda kesilip sistemin ana gövdesine montajı sağlanmıştır (Şekil 3.6).

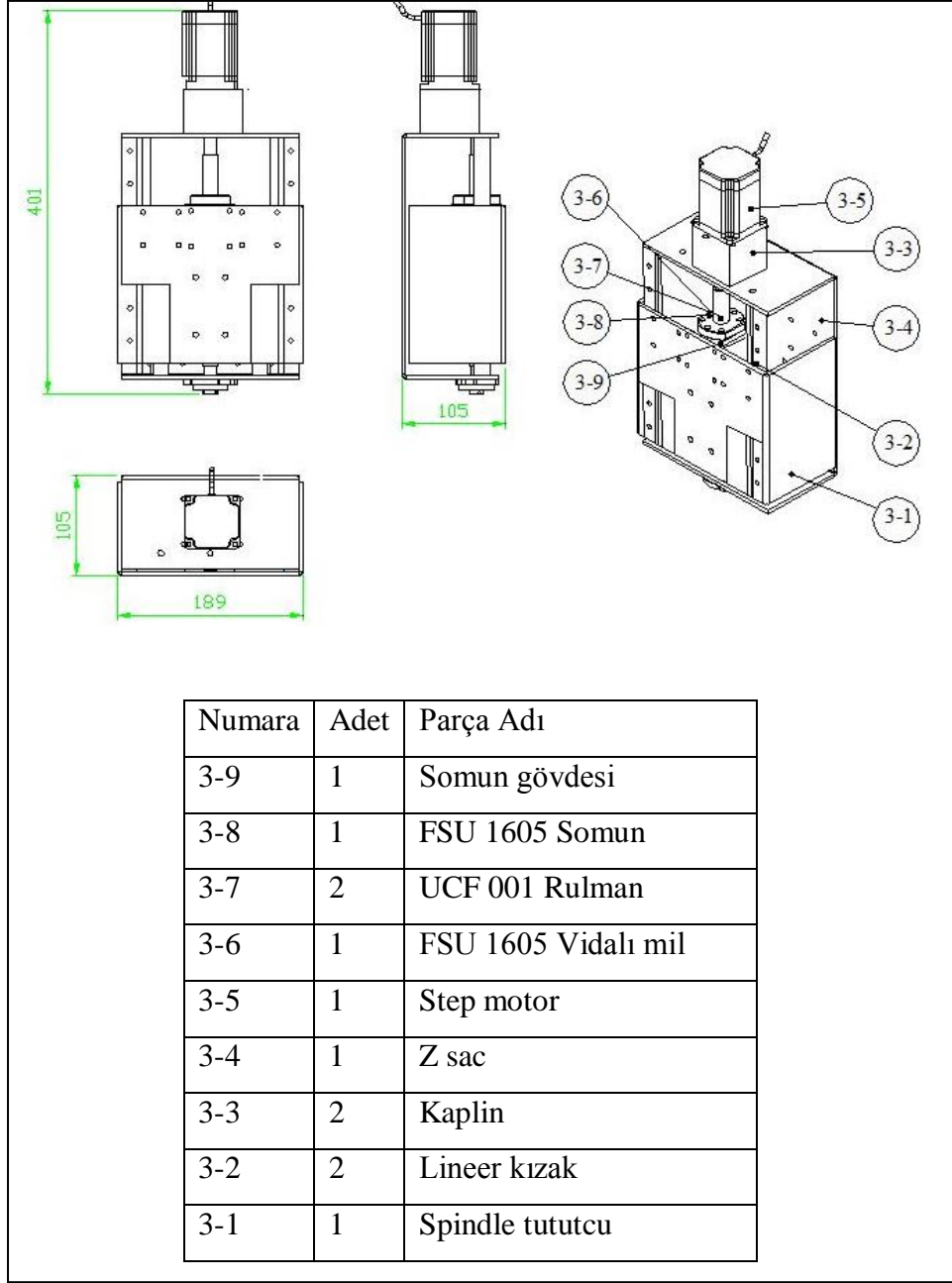


Şekil 3.6. Sistemdeki X ve Y eksenlerinin gövdeye montajı.

Sistemin Z ekseninde ise bilyeli vidalı mil-somun ve doğrusal ray-araba çifti kullanılmıştır (Şekil 3.7). Yapılan araştırmalara göre sanayide kullanılan CNC'lerde hareket mekanizmaları bu malzemeler tercih edilmektedir. Hassasiyeti ve doğruluk istenen yerlerde sıkça kullanılır. Geliştirilen tezgahta, bilyeli vidalı mili yataklamak için FL(Ø15) rulman kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.7. Doğrusal ray ve Z ekseninin genel görüntüsü.

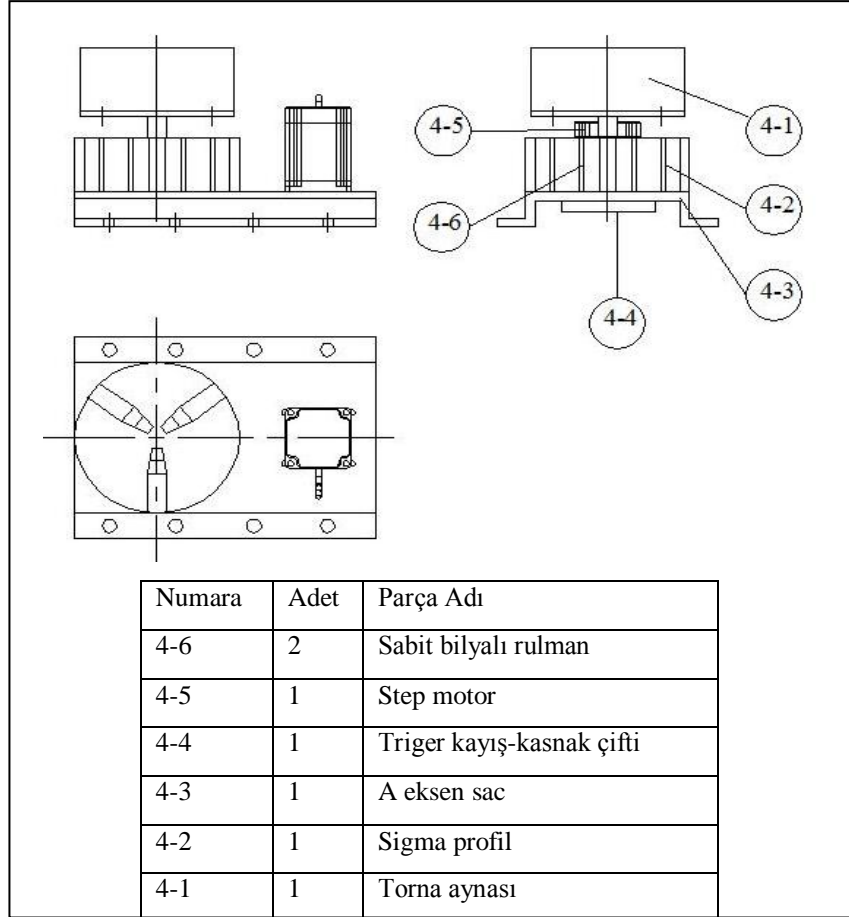


Şekil 3.8. Tezgahın Z eksen.

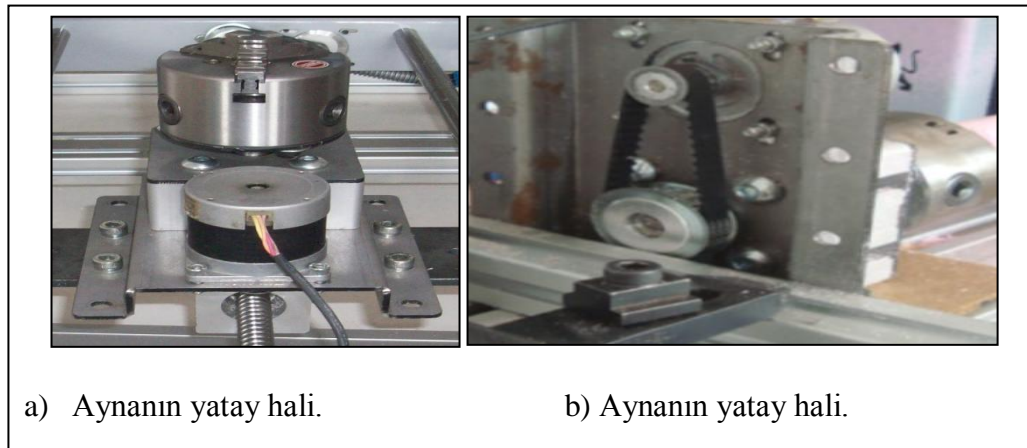
3.2. 4. EKSEN

Tablaya gerekli durumlarda kullanılmak üzere 4. eksen eklenerek silindirik düz konik dişli işleme yapılabilecektir (Şekil 3.9). CNC tezgahın eksen sayısının artması tezgahın işleme yeteneğinin artması demektir. Dördüncü eksen ile üç eksen CNC frezede tek bağlamayla silindirik ve eksantrik parçaları işleyebiliriz (Şekil 3.10). Dördüncü eksen imali için Ø80'lik torna aynası konik bilyeli rulmanla

yataklanmıştır. Yataklanan mil, step motor- triger kayış kasnak iletimi ile hareket ettirilir.



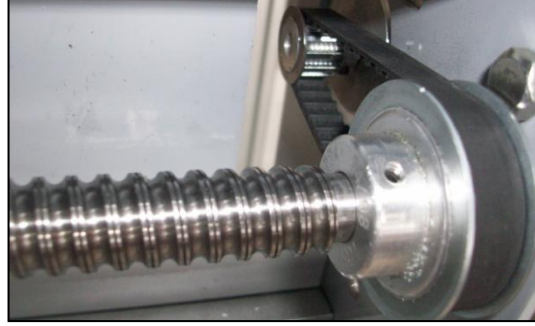
Şekil 3.9. Tezgahın 4. Ekseni (A ekseni).



Şekil 3.10. 4. ekseninin genel görüntüsü.

3.3. GÜÇ AKTARMA ELEMANLARI

Sistemin X, Y ve 4. eksenlerinde tahrik sistemi, adım motorundan sağlanan dairesel hareketin triger kayış-kasnak mekanizması $\frac{1}{2}$ moment arttırılarak hareketin aktarımı vidalı mile sağlanmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Triger kayış-kasnak genel görüntüsü.

Kaygısız [6] ve Kabaş'ın [9] CNC freze çalışmaları incelendiğinde yaptıkları çalışmalarda servo boşluksuz kaplin kullanıldığı görülmüştür. Yapılan bu tez çalışmasında Z ekseninde bilyeli milleri yataklamak için KFL 001 tipi rulmanlar kullanılmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Sistemin Z eksenini genel görüntüsü.

3.4. ADIM MOTORU

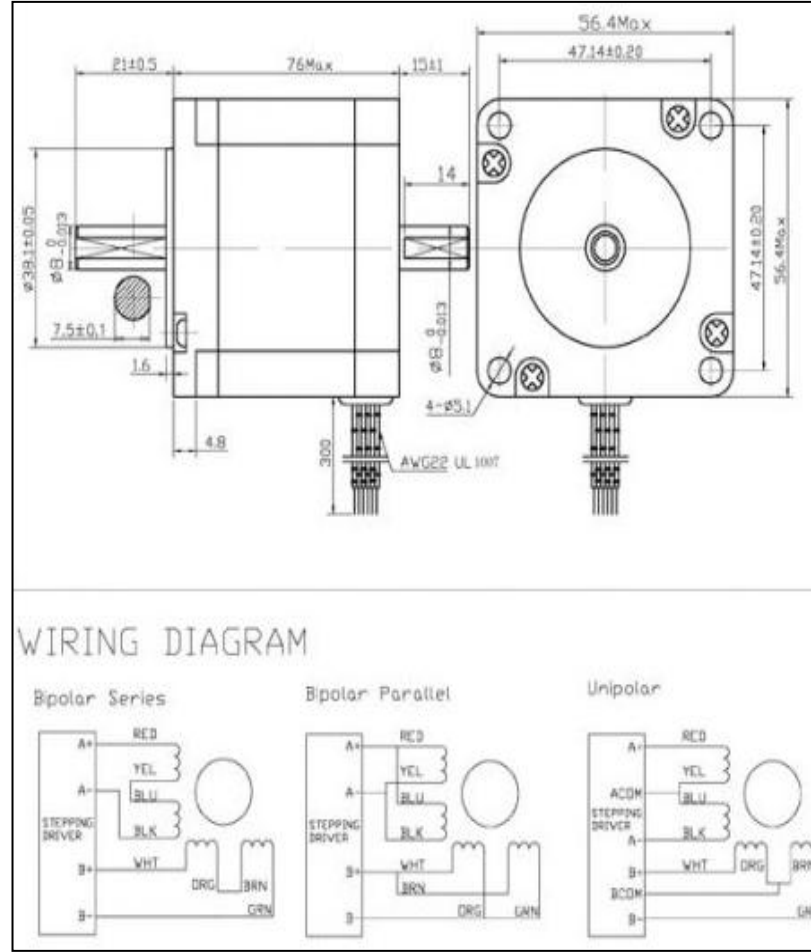
Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denir. Adından da anlaşılacağı gibi adım motorları belirli adımlarla hareket ederler. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyarımda, motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , 7.5° , 1.8° veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir. Adım motorlarının dönüş yönü uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek saat ibresi yönü (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilir.

Adım motorlarının hangi yöne doğru döneceği, devir sayısı, dönüş hızı gibi değerler mikroşlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Sonuç olarak adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı adım motorları çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde çok kullanılırlar.

Bu çalışmada farklı özelliklerde dört adet adım motoru kullanılmıştır (Şekil 3.13, 3.14). Bunun amacı eksenlerin farklı uzunluklarda olmasından dolayı hassasiyet sağlamak amacı ile kullanılmıştır. Eksenlerin hareketinde kullanılan adım (step) motorlar aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 3.1).



Şekil 3.13. Sistemdeki adım motorlar.



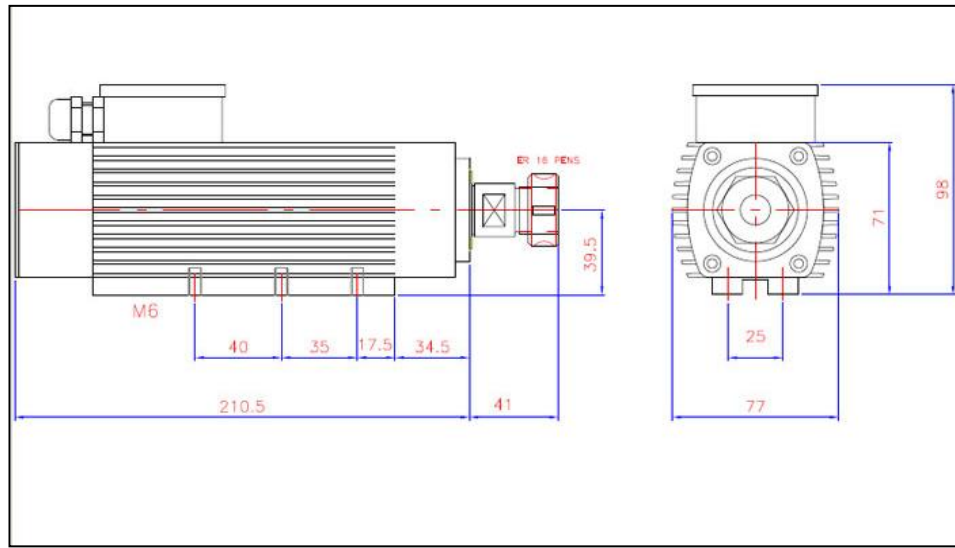
Şekil 3.14. Sistemdeki adım motorların teknik resmi.

Çizelge 3.1. CNC tezgahında kullanılan adım motor özellikleri.

TEKNİK ÖZELLİKLERİ	X EKSEN MOTORU	Y EKSEN MOTORU	Z EKSEN MOTORU	A EKSEN MOTORU
Step Açısı	1,8°	1,8°	1,8°	1,8°
Nema	34	34	24	23
Amper	6 A	4,2 A	2,8 A	2,8 A
İndüktans	6mH	6,76mH	7,5 mH	3,6 mH
Rezistans	0,5 ohms	0,775 ohms	1,5 ohms	1,1 ohms
Tutma torku	8,5 N.m	4,5 N.m	3,1 N.m	1,8 N.m
Faz numarası	2	2	2	2
Ağırlık	3,8 kg.	2,3 kg.	1,4 kg.	1,1 kg.
Uzunluk	118 mm.	75 mm.	88 mm.	76 mm
Tel sayısı	8	8	8	8

3.5. KESİCİ MOTOR

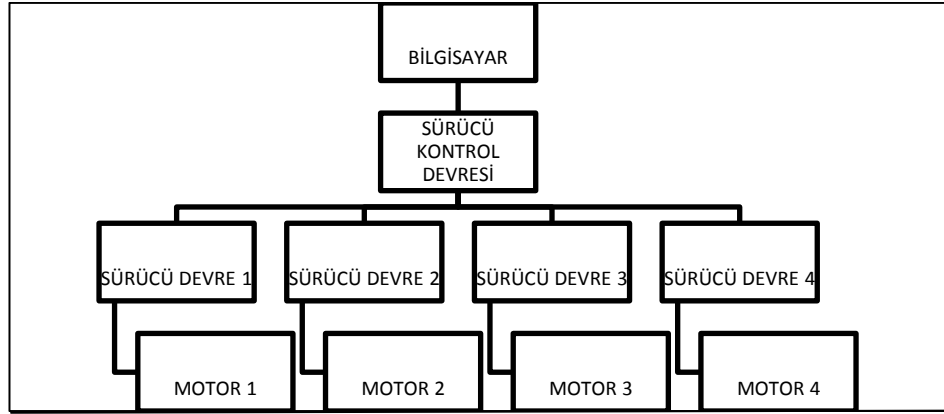
Tasarımını ve imatını gerçekleştirdiğimiz cnc tezgahında Arel marka kesici iş mili (spindle) kullanılmaktadır. Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren ve mobilya sanayi, ağaç işleme, reklamcılık gibi çeşitli sektörlerde kullanılan özel amaçlı elektrik motorlarıdır. Kesici iş mili 1,4 KW gücünde ve 50-18000d/dk hızında dönebilmektedir. Pens olarak ER-20 modeli kullanılmaktadır. Pense 1-10 mm. çapında kesici çakılar bağlanabilmektedir (Şekil 3.15).



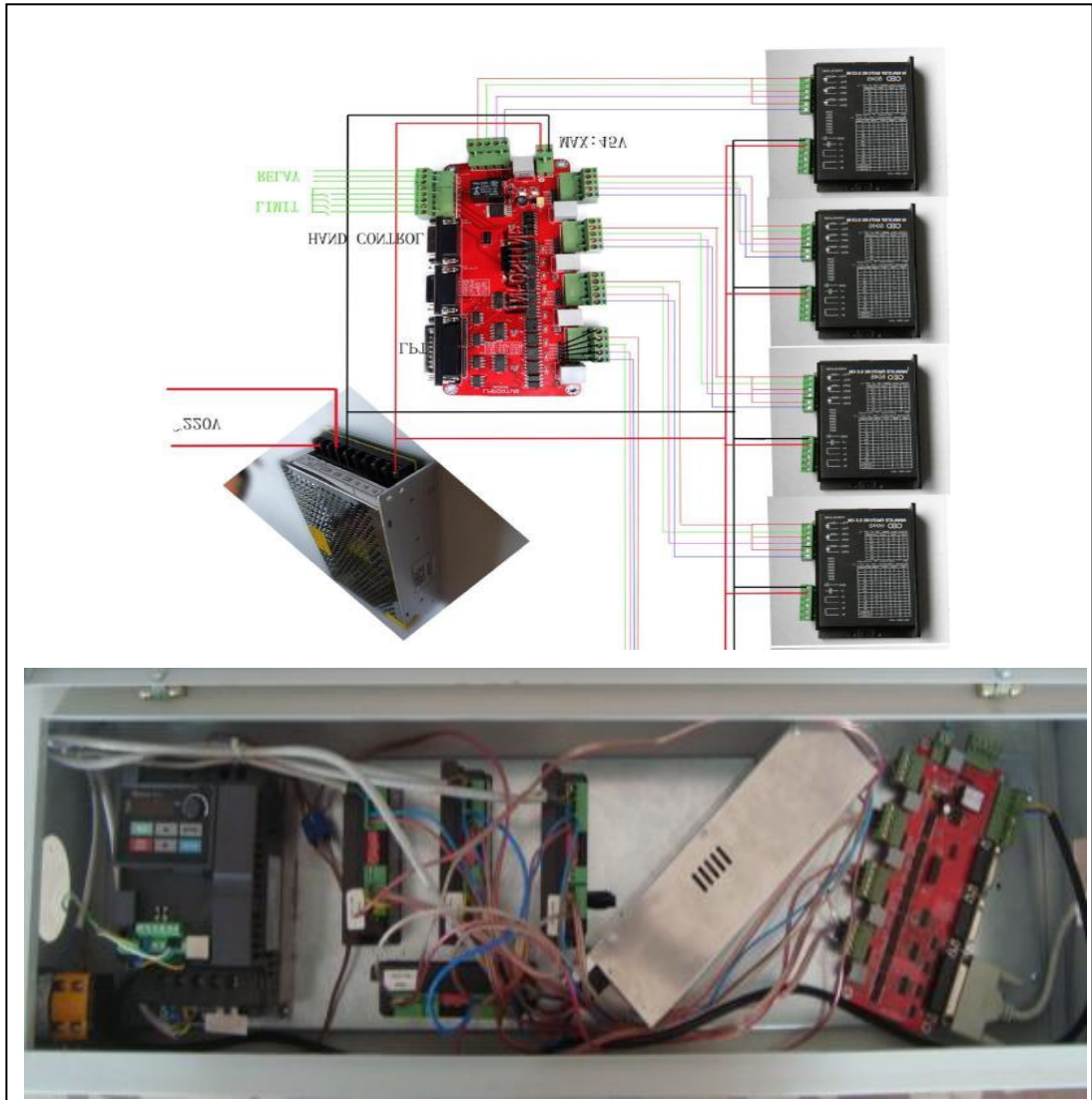
Şekil 3.15. Sistemdeki kesici motor (spindle).

3.6. KONTROL ÜNİTESİ

Elektronik kontrol ünitesi, bilgisayardan gönderilen komutları yorumlayarak step motora gönderir. Bilgisayardan gönderilen sinyalde step motorun hangi yöne ve kaç adım atacağı bellidir. Kontrol ünitesinde; step motor sürücü kontrol devresi, dört adet sürücü, güç kaynağı ve frekans değiştirme cihazı (inverter) bulunmaktadır (Şekil 3.17). Kontrol ünitesi ve çalışma mantığı aşağı şekilde gösterilmektedir (Şekil 3.16).



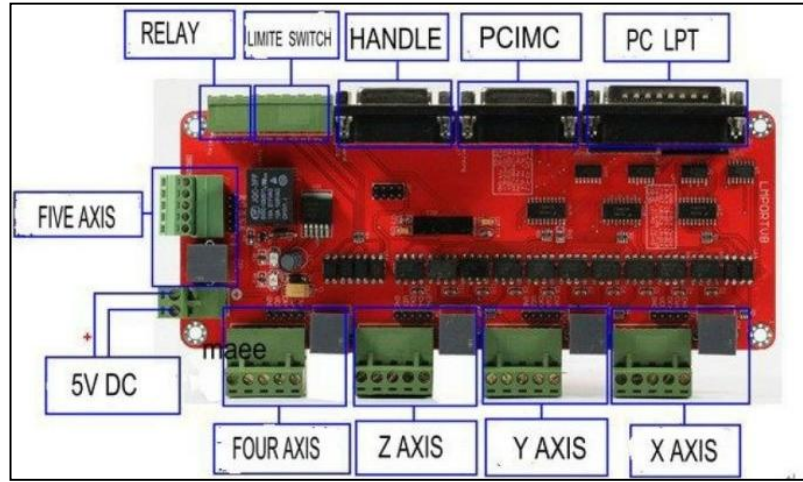
Şekil 3.16. Kontrol ünitesi çalışma mantığı.



Şekil 3.17. Kontrol ünitesi.

3.6.1. Step Motor Sürücü Kontrol Devresi

Sürücü kontrol devresi; bilgisayar ve sürücü devreler arasında bilgi kontrolünü sağlar. Sürücü devreleri kontrol ederek bilgisayardan aldığı komuta göre hangi motorun ya da motorların kaç adım çalıştırılacağı, dönme yönü sürücü devrelere iletilir (Şekil 3.18). Kontrol devresi ile kontrol programının haberleşmesi bilgisayarın paralel portu (LPT) aracılığı ile yapılmaktadır.



Şekil 3.18. Kontrol devresi.

3.6.2. Step Motor Sürücü

Bu çalışmada 4.5 A. Step Motor Sürücü (CEO 5045) kullanılmıştır (Şekil 3.19).

Genel Özellikleri;

- DC güç giriş tipi: 24V ~ 50VDC
- Çıkış akımı: 1.3A-4.5A
- Micro stepping: 1 (1.8 °), 1 / 2, 1 / 4, 1 / 8, 1 / 16, 1 / 32, 1 / 64, 1 / 128, 1 / 256, 1 / 5, 1 / 10, 1 / 25, 1 / 50, 1 / 125, 1 / 250 Boyutlar: 118mm × 76mm
- Ağırlık: <300g.
- Çalışma ortamı: Sıcaklık-15 40 °C Nem% 90 <~.
- I / O Portları: VCC +: DC güç pozitif kutuptur.



Şekil 3.19. Step motor sürücü.

3.6.3. Frekans Değiştirici (İnverter)

Inverter Frekans değiştirici anlamına gelmektedir. Inverter Motor Sürücü Uygulamalarında Şebeke' den aldığı DC ye çevrilmiş veya 1 ~ 3 Fazlı AC (Alternatif Akım) şebeke gerilimini önce DC (Doğru akıma) çevirir. Filtre devresinden geçirek şebekeden gelen gerilim dalgalanmaları, pik'ler v.s gibi bozucu elektrik dalgalanmalarını temizleyip AC veya servo motorun hızını yüksek kalkış momentiyle sıfırdan istenen değere, istenen sürede ayarlayabilen yüksek teknoloji motor hız kontrol cihazlarıdır. Otomatik veya manuel frekansını ayarlayarak makinelerdeki motor ve mekanik düzenin istenen devirde sabit veya isteğe bağlı şekilde değiştirilerek çalıştırılmasını sağlayan cihazlara kısaca (VFD-Değişken frekanslı sürücü) Inverter denmektedir. İnverter (Frekans değiştirici), cnc tezgahta kullanılan kesici iş mili (spindle) devrini azaltıp artırmak amacıyla Delta marka VFD-EL serisi inverter kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Frekans değiştirici (inverter).

İnverter Kullanımının Amacı ve Faydaları :

- Şebeke Frekansındaki bozucu etkilerden kaynaklı motor, mekanik aksam hatalarının en aza indirilerek motor ve mekanik aksam tamir bakım maliyetlerinin minimum seviyede tutulması, bu nedenle de motor ve mekanik düzen ömrünün uzatılmasını sağlar.
- Şebeke deki $\text{Cos } \phi$ 0.98~1 arasına getirerek şebekeden çekilen reaktif enerjiyi azaltarak Enerji tasarrufu sağlanması , bazı uygulamalarda %30 ~40 arası tasarruf sağlanabilmektedir.
- Devir değişikliği için Dişli veya kasnak düzeneklerine ihtiyaç duyulmaması nedeniyle devir değişikliklerinin hızlı ve maliyetsiz yapılabilmesi.
- Yumuşak yol verme özelliği nedeniyle ilk kalkış ve duruş anında mekanik düzeneklere yapılan darbeli kalkış ve duruş özelliğinin olmaması nedeniyle mekanik bakım ve arıza maliyetlerinde bir azalma, bakım sürelerinin ve ömürlerinin uzamasına katkıda bulunur.

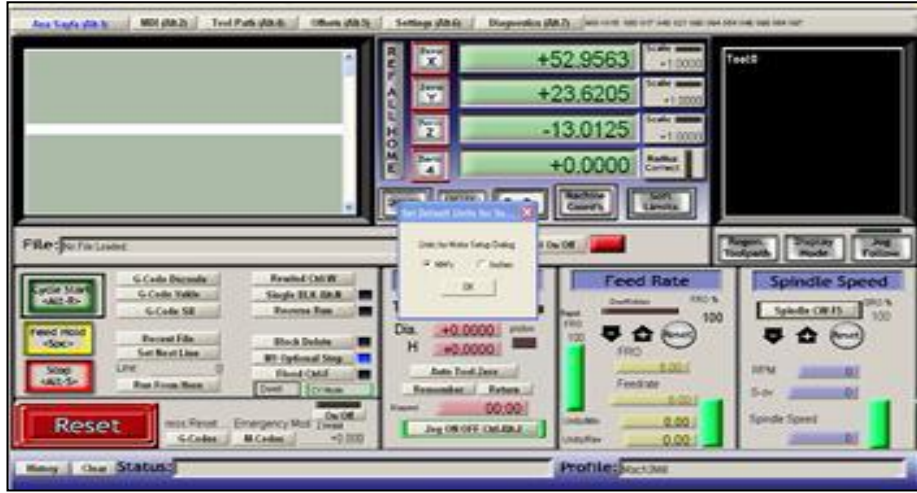
3.7. KONTROL PROGRAMI

4 eksen masaüstü CNC tezgahının kontrol programı Mach 3 programıdır. Mach 3 kullanım kolaylığı, birçok gelişmiş özelliği ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilen kullanıcı kitlesi mevcuttur. Mach 3 özelliklerini sıralarsak;

- 6 eksene kadar kontrol desteği sağlar.
- G kodu ve işlem yapılacak parça ekranda görülür.
- Mach 3'le beraber isteğe göre beraber yüklenen LazyCam programı ile vektörel dosya olarak dxf,Wmf,Hppl,Plt,Cmx dosyaları ile resim dosyalarından Jpeg ve Bitmap dosyalarını doğrudan çağırabilir.
- Router kullanımında spindle devrini ve tezgah ilerleme hızını arttırıp azaltabilirsiniz.
- Röle kontrolü yapabilir (Su aç, hava aç vb.).
- Mach 3 programı ile; frezeleme, tornalama, plazma ve bir çok özelleşmiş iş yapılabilir.

Kontrol devresi ile kontrol programının uyumluluğunu sağlamak için aşağıdaki ayarlar yapılmalıdır;

- Config–Setup Units menüsünde kullanılacak ölçü birimi belirlenir (Şekil 3.21).



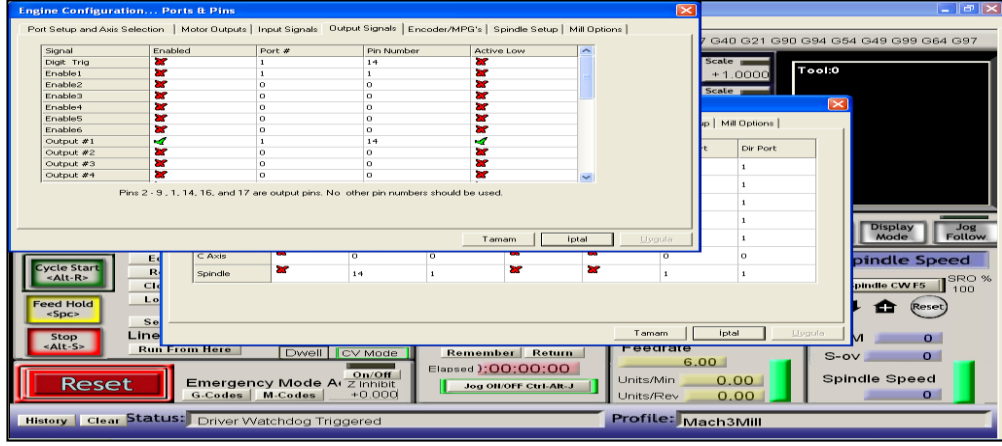
Şekil 3.21. Mach 3 programında birim seçimi.

- Config – Ports and Pins – Port Setup and Axis – Selection menüsünden öncelikle eksenler seçilerek, Lpt Port adresi işaretlenir (Şekil 3.22). Çalışmamızda 4 eksen bir CNC'yi kontrol edeceğimiz için eksen A seçeneğini de seçmemiz gerekmektedir.



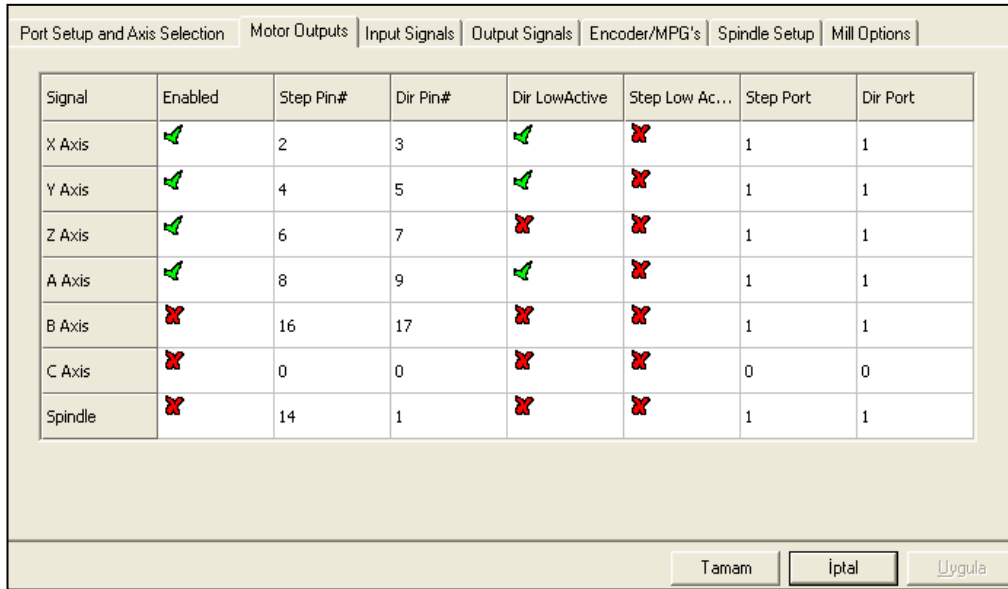
Şekil 3.22. Eksen ve port ayarlarının yapılması.

- Config – Ports and Pins – Input Pins menüsünden hangi pinin, hangi eksen yönlendireceği ayarlanır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Pin ayarının yapılması.

- Config – Motor Turning menüsünden eksenlerin hız ve ivme ayarları uygun değerler girilerek yapılır (Şekil 3.24).



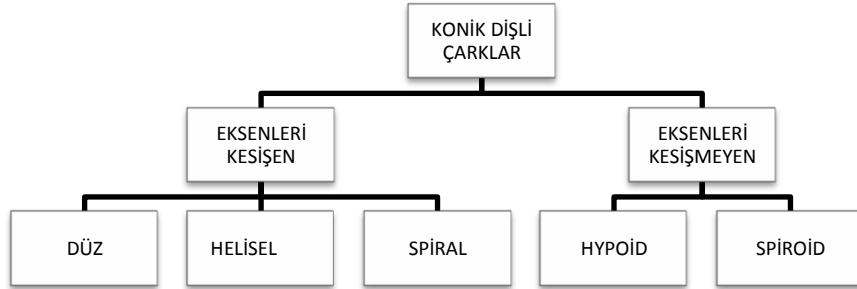
Şekil 3.24. Mach3 programı 4 eksen kontrol ayarları.

BÖLÜM 4

KONİK DİŞLİ ÇARKLAR

4.1. TANIM VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Konik dişli çarklar eksenlerinin kesişip kesişmemesine ve profiline göre çeşitli sınıflara ayrılır. Bu sınıfların şematik gösterimi şekil 4.1’de aşağıdaki gibidir;



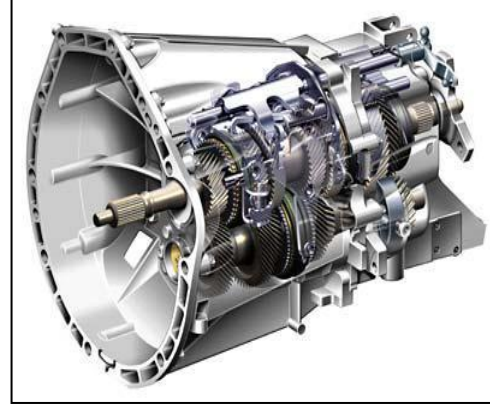
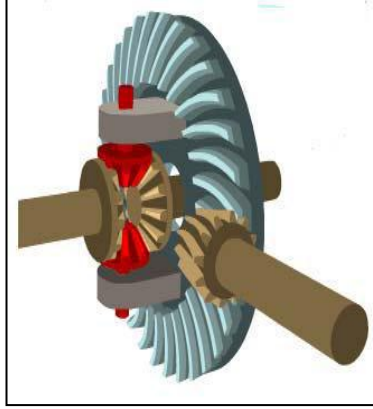
Şekil 4.1. Konik dişli çarklar şematik gösterimi.

Şekilden de görüldüğü gibi, eksenlerinin konumuna göre konik dişliler, eksenleri kesişen ve kesişmeyen diye ikiye ayrılır. Eksenleri kesişen dişli çarklar dişlerin yönüne göre düz, helisel ve spiral (eğrisel) olabilirler (Şekil 4.2). Eksenleri kesişmeyen konik dişlilerin diş yönleri eğriseldir ve bunlarda kendi aralarında Hypoid ve Spiroid olmak üzere ikiye ayrılır. Ancak mekanizmayı oluşturan her iki dişli (konik veya pinyon konik) sonsuz vida şeklinde olur [23].



Şekil 4.2. Helisel ve düz konik dişli.

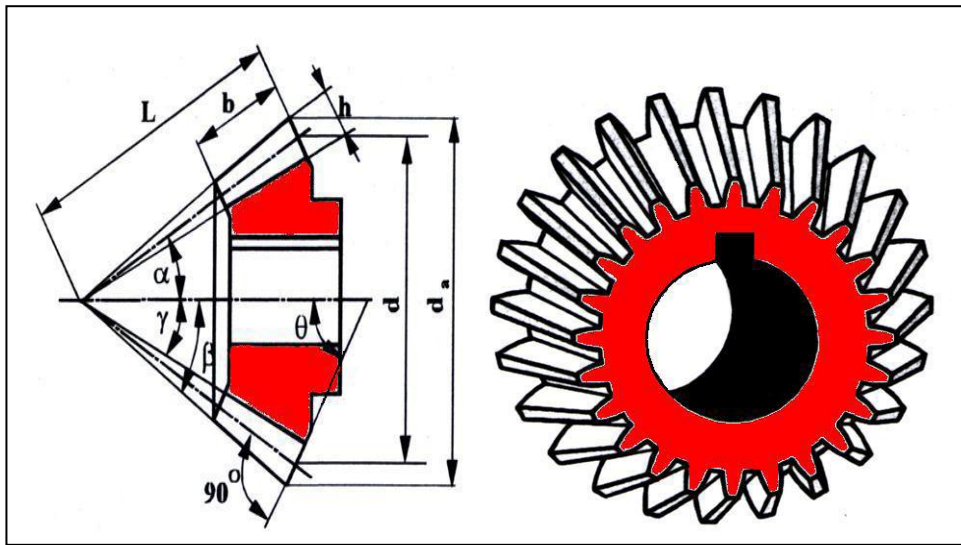
Genellikle kuvvet ve hız aktarmalarının, eksenleri kesişen miller aracılığı ile yapılan sistemlerde kullanılır. Oldukça büyük kuvvetlerin taşınmasında, kuvvet makinelerinin ve taşıtların dişli kutularında çok kullanılır (Şekil 4.3, 4.4). Örneğin; diferansiyel kutularında kullanılan düz konik ve helisel konik dişliler görülmektedir.



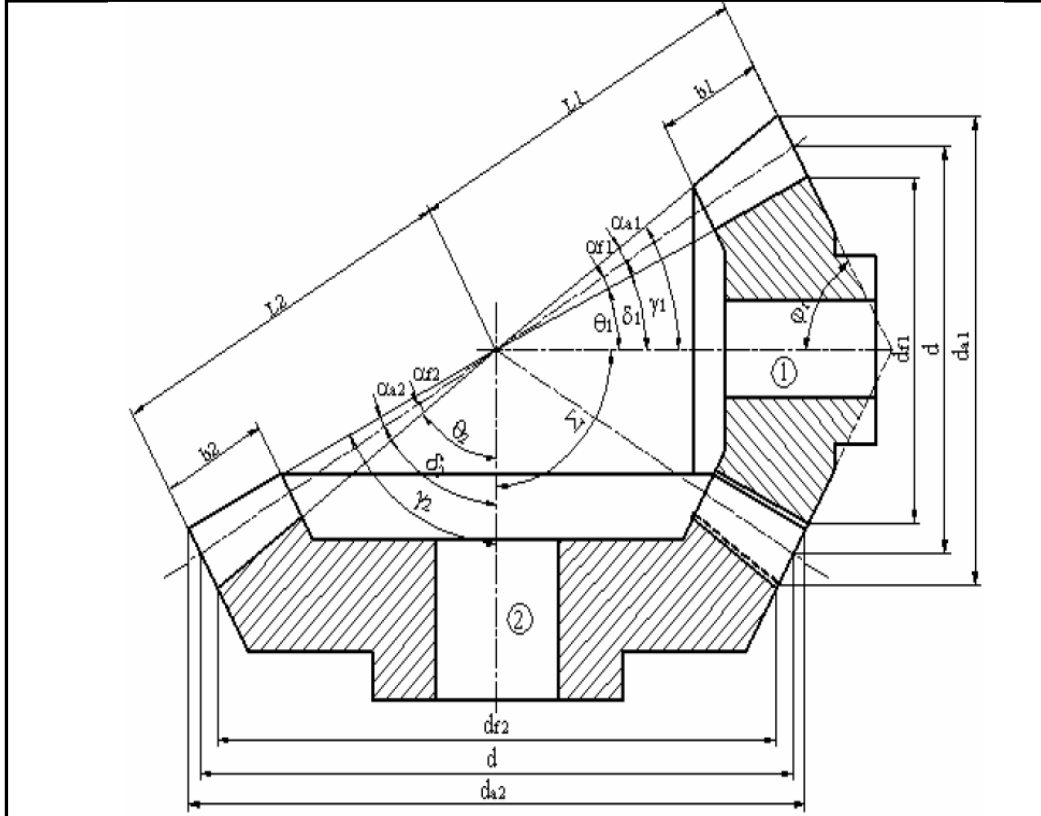
Şekil 4.3. Diferansiyel kutusu. Şekil 4.4. Araçlarda kullanılan hız kutusu [23].

4.2. KONİK DİŞLİ ELEMANLARI

Dişleri kesik koni şeklindeki parçanın yanıl yüzeyine açılmış olan çarklara konik dişli çark denir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Konik dişli ve elemanlarının sembollerle gösterilmesi [24].



d : Bölüm dairesi çapı (mm)

d_a : Dişlinin diş üstü çapı (mm)

d_f : Diş dibi çapı (mm)

b : Diş genişliği (mm)

h_1 : Dişlinin diş üstü yüksekliği (mm)

h_2 : Dişlinin diş dibi yüksekliği (mm)

h : Dişlinin toplam diş yüksekliği

S_0 : Diş kalınlığı

C : Dişler arası radyal boşluk (mm)

S_x : Yay kirişinin uzunluğu (mm)

h_x : Yay kirişinin yüksekliği (mm)

M : Dişlinin modülü (mm)

$L_{n1,2}$: Dişli kontrol uzunluğu (mm)

Z : Dişlinin diş sayısı

Σ : Eksenler arası açı

ϕ : Diş dibi açısı

γ : Diş üstü açısı

δ : Diş dibi yükseklik açısı

α : Diş üstü yükseklik açısı

Şekil 4.5. (devam ediyor).

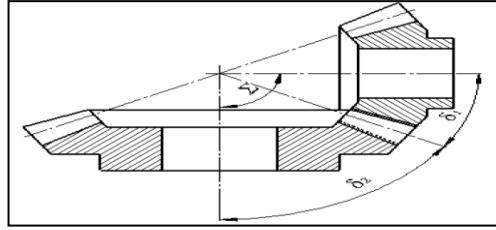
4.3. KONİK DİŞLİLERİN ÇALIŞMA POZİSYONLARI

4.3.1. Dik Çalışan Konik Dişli Çarklar

Konik dişliler, genellikle eksenler arası açısı 90° olan millerde kuvvet ve hareket iletimi için kullanılır. Bu durumda dişli çarkların eksenleri arası açı da $\Sigma=90^\circ$ olur. Eksenler arası açı, birlikte çalışan eş dişlilerin bölüm daireleri koni açılarının toplamı kadar olduğunda, $\Sigma=\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$ olur. Eş dişlilerin diş sayıları, Z_1 ve Z_2 'ye göre;

$$\tan \delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (4.1)$$

olmaktadır.



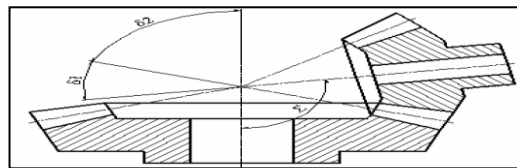
Şekil 4.6. Eksenleri dik çalışan konik dişli çarklar [24].

4.3.2. İçten Çalışan Konik Dişli Çarklar

Bu durumda konik dişli çarkların eksenleri arası 90° den büyüktür. Eksenler arası açı; $\Sigma=\delta_1+\delta_2 > 90^\circ$ olur. Ayrıca (4.2) ve (4.3) formüllerinden δ_1 ve δ_2 değerleri bulunur.

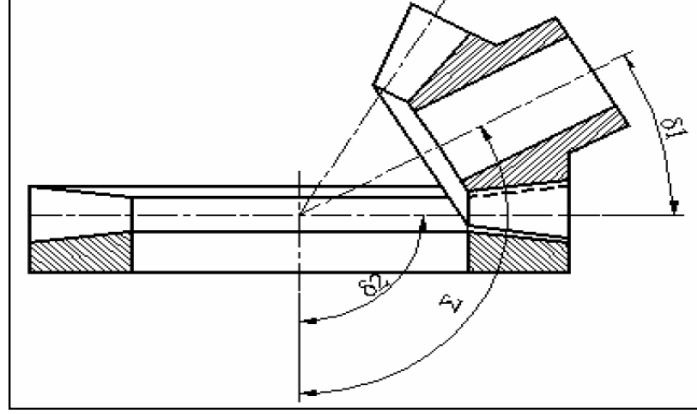
$$\tan \delta_1 = \frac{\cos (\Sigma-90^\circ)}{Z_2/Z_1-\sin (\Sigma-90^\circ)} \quad (4.2)$$

$$\tan \delta_2 = \frac{\cos (\Sigma-90^\circ)}{Z_1/Z_2-\sin (\Sigma-90^\circ)} \quad (4.3)$$



Şekil 4.7. Eksenleri 90 dereceden büyük olan konik dişli çarklar [24].

Konik dişli çarklardan biri düzlem dişli (alın dişli) ise; $\delta_2 = 90^\circ$ ise; $\Sigma = \delta_1 + 90^\circ$ olur (Şekil 4.8).



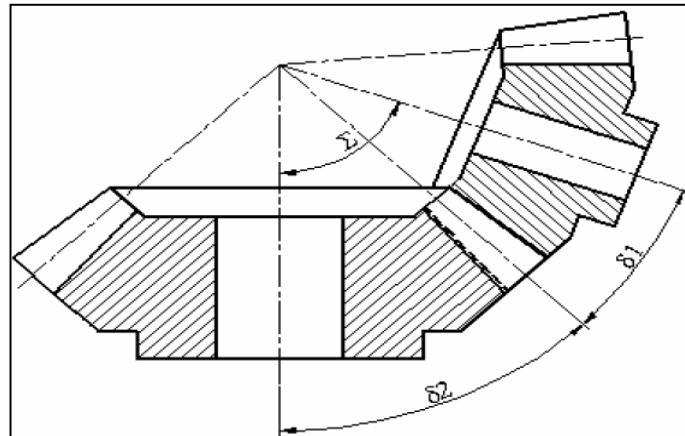
Şekil 4.8. Eksenleri 90 dereceden büyük konik dişli çarklar [24].

4.3.3. Dıştan Çalışan Konik Dişli Çarklar

Bu durumda konik dişli çarkların eksenleri arası 90° ' den küçüktür. Eksenler arası açı; $\Sigma = \delta_1 + \delta_2 < 90^\circ$ olur. Eş dişlilerin diş sayıları, Z_1 ve Z_2 ' ye göre (4.4) ve (4.5) formüllerinden bulunur.

$$\tan \delta_1 = \frac{\sin \Sigma}{Z_2/Z_1 + \cos \Sigma} \quad (4.4)$$

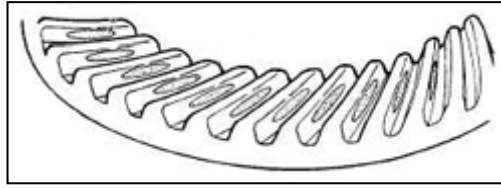
$$\tan \delta_2 = \frac{\sin \Sigma}{Z_1/Z_2 - \cos \Sigma} \quad (4.5)$$



Şekil 4.9. Eksenleri arası açı 90 dereceden küçük konik dişli çarklar [24].

Konik dişlilerin en önemli özelliklerinden biri de karşılıklıyla birlikte imal edilmeleridir. Bu dişliler tasarlanırken karşılığı ile birlikte tasarlanırlar. Diğer bir deyişle, silindirik alın dişlilerde ve iç dişlilerde olduğu gibi eş çalışma için sadece modül ve kavrama açısı değerlerinin aynı olması yetmez. Konik dişlilerin imalatındaki en önemli husus, diş temas izlerinin doğru konuma getirilmesidir. Temas doğru bölgede meydana gelmezse dişliler öngörülen yükleri taşıyamaz ve kısa ömürlü olur [25].

Konik dişlilerin montajı yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli iki husus, millerin eksenler arası açılarının doğruluğu ve montaj mesafesinin ayarlanmasıdır. Bu hususlara yeterli özen gösterilmediği takdirde, diş temas izleri olması gereken yerlerde meydana gelmeyecek, bu da dişlilerin öngörülen yükleri taşıyamamasına ve kısa ömürlü olmasına sebep olacaktır (Şekil 4.10). Bunlara ek olarak, yataklama ve yağlama konularına da, muhakkak ki, gerekli özeni göstermek gerekir [25].



Şekil 4.10. Konik dişlide doğru temas izleri.

4.4. HELİSEL KONİK DİŞLİLERİN AÇILMASI

Günümüzde otomobil ve makine sanayisinin en çok istenen dişli çarklarından bir tanesi de helisel konik dişli çarklardır. Bu dişli çarklar da yüksek hız ve sessiz çalışma istenen yerlerde tercih edilir. Otomobil diferansiyellerinde ayna dişlisi, şanzıman ve redüktörlerde millerin açılı yön ve güç iletimlerinde, freze tezgâhlarının universal ve dik başlıklarında kullanılır.

Bu dişli çarkların frezelenmesi için dönen bir disk başlığa bağlanan modül, ölçülü ve diş profil eğrisi özelliğinde profillendirilmiş, hassas profilli özel çakılar kullanılır. İş parçası frezeleme açısına göre tablaya bağlanır. Çakıların bağlı olduğu disk başlık,

helisel yayın meydana geleceği bir çap ölçüsü meydana getirecek Şekilde donerek parçadan talaş kaldırır. Helisel dişli çarkların helis yay ölçüsü, baŐlıđın üzerindeki (akı +disk) yarıçap ölçüsü ile aynı ölçüye sahiptir. akının iş üzerine doğru inme ölçüsü, diş derinliğinin tamamlanmasına kadar otomatik olarak devam eder. Diş tamamlanınca akı parçadan uzaklaşır. Tezgâh yeni diş için otomatik bölme işlemi yapar ve disk baŐlıktaki takma çakılar sırası ile aynı diş derinliğine inerek tüm dişleri frezeleyerek tamamlar.

İŞ parçasının bağlandığı ve frezeleme açısının verildiği bir niversal (hidrolik, pnomatik) bağlama aparatı tezgâh üzerinde bitirilen iş parçasının pratik olarak deđiŐtirilmesini sağlar [24].

4.5. SPİRAL KONİK DİŞLİ ÇARKLAR

Ayna-mahruti (pinyon) dişli çiftinin ayna dişlisi bu grumlardan eksenleri kesişen , spiral dişli çarklar sınıfına girmektedir. Bunlara spiral konik dişli çarklar denmektedir. Spiral konik dişli çarklar büyük gleri sessiz ve dzđn ilettiklerinden en çok tercih edilen dişli mekanizmalarındandır. Spiral dişli çarkların diŐlileri hareket esnasında birbirleri ile yavaŐ yavaŐ temas geçtiklerinden daha sessiz ve daha dzđn çalıŐırlar. Diş boyunca kayma olmadığından ve çok az bir profil boyunca kaymaya sahip olduğundan dişler arasında düşük bir kayma hızına sahiptir. Ayrıca aynı anda temasın iki veya daha çok dişli tarafından paylaŐılması ve diş profil eğrilik çaplarının büyük olmasından dolayı temas alını büyüktür. Diş yüzeyleri arasında düşük yüzey basıncı oluŐur. Dişlerin teması sırasında, temas noktalarında basınç eliptik bir alana yayılır. Elipsin boyutlarını, temas noktasına gelen yükü malzeme özellikleri ve spiral diş yan yüzeyinin eğriliği belirler. Diş yan yüzeyi (spiral) boyunca diş temasının konumu kolayca kontrol edilebilir ve istenilen bölgede sağlanabilir. Genellikle diş yüzeyleri arasındaki temasın diş yan yüzeyi üzerindeki konumu, diş yan yüzeyinin ortasında ve küçük bir alan içinde gerçekleŐecek Şekilde tezgâhın imalat ayarları ve dişlinin montajı yapılmaya çalışır. Diş yükü arttığıa diŐin elastik deformasyonu sebebi ile temas alanı dişlerin tepelerine doğru yayılır [24].

Spiral Konik Dişliler, en karmaşık geometriye sahip ve imalatı en zor olan dişli grubudur. İmalatı ciddi bir altyapı ve deneyim gerektirir. Ne yazık ki ÷lkemizde birçok konuda olduğu gibi spiral konik dişliler hakkında da büyük bir bilgi eksikliği söz konusudur. Spiral konik dişliler ÷lkemizde "ayna mahruti dişliler" adıyla da bilinirler. Genel olarak düz konik dişlilere benzemekle birlikte dişlerin şekli açısından farklılık gösterirler. Dişler yine kesik bir koninin üzerinde sıralanmıştır ancak şekil olarak düz ya da eğik değil bir yay/spiral şeklindedir (şekil 4.11).



şekil 4.11. Spiral konik (ayna mahruti) dişli takımı.

BÖLÜM 5

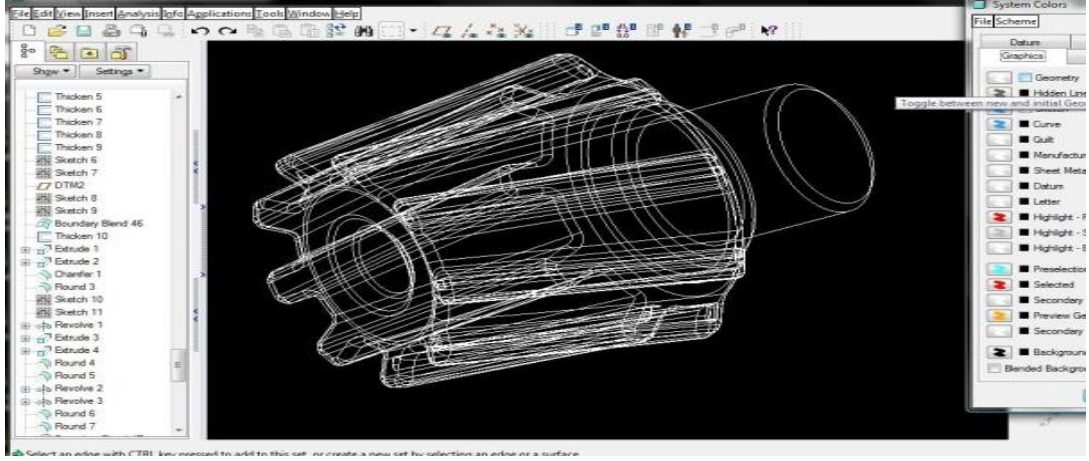
UYGULAMALAR

Yapılan bu çalışmada 90° den küçük, 90° den büyük ve 90° ye eşit üç farklı tip helisel konik dişli çark ve 90° ye eşit silindirik düz konik dişli çark çiftleri Pro/Engineer programında modellenmiş, mastercam X3 programında dört eksen işleme kodları çıkartılıp, tasarımı ve imalatı yapılan tezgahta işlenmiştir. Bu uygulamalar K.Ü. Teknoloji Fakültesi CNC Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

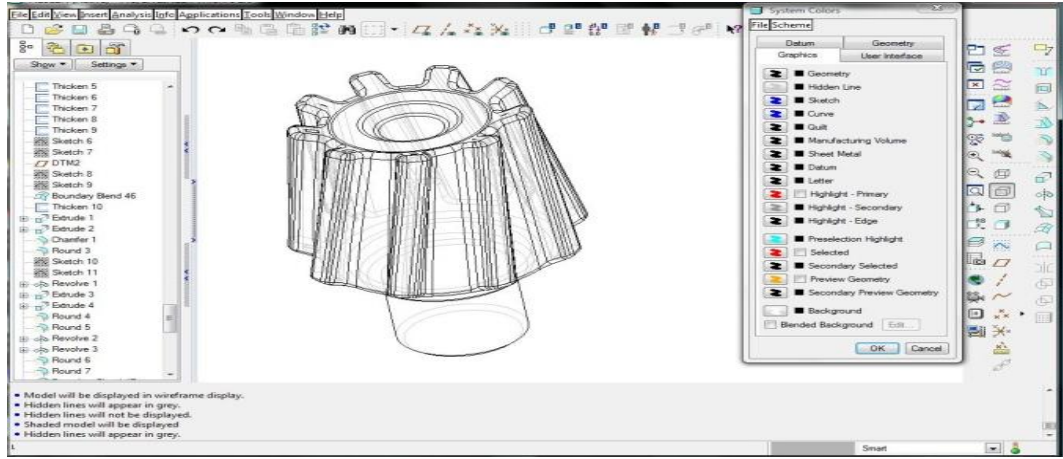
İmalatı yapılacak olan dişlilerin malzemesi olarak kolay işlenmesi sebebi ile strofor ve ahşap malzeme seçilmiştir. Stroforun yoğunluğu 28 dansite olan pembe renkli strofor seçilmiştir. Bu malzemeler işlenecek olan konik dişli ebatlarına uygun boyutlarda 4 eksen CNC' de öncelikle tornalanarak dişli işlemeye hazır hale getirilmiştir.

5.1. $\delta < 90^\circ$ OLAN HELİSEL KONİK DIŞLI ÇARK UYGULAMASI

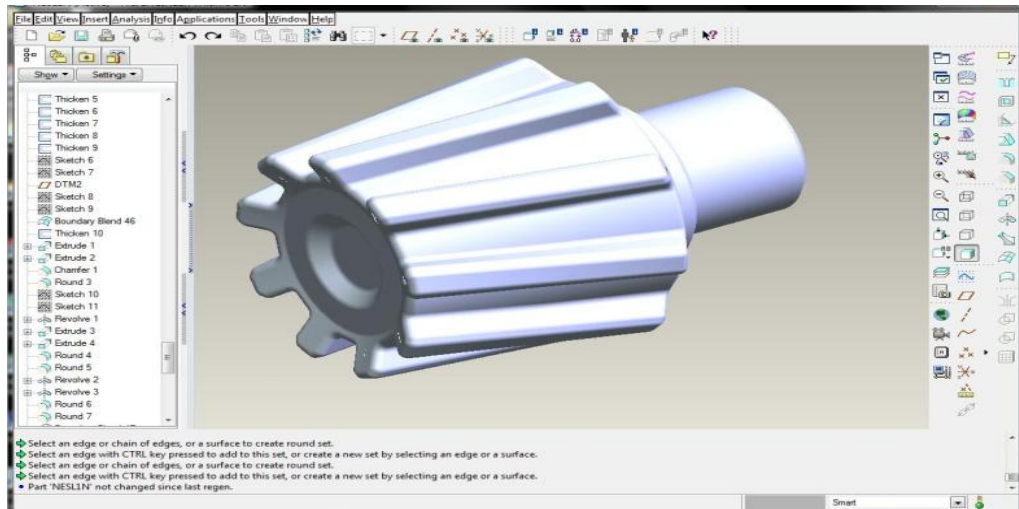
Helisel konik dişlinin imalatı için öncelikle modül ($m=3$) ve diş sayısı ($z=9$) seçimi yapılarak dişli boyutlandırması yapılmıştır. İmalatı yapılan helisel konik dişli için gerekli temel büyüklükler hesaplanarak dişli taslağı oluşturulmuştur. Bu ölçütler dikkate alınarak Pro/Engineer çizim programında helisel konik dişli yapılan hesaplamalar doğrultusunda modellenerek tel kafes örüntüsü ile çizilen dişlinin taslağı oluşturulmuştur (Şekil 5.1) [26]. Tel kafes örüntüsü ile yüzeyler birbiri ile tamamlanmıştır (Şekil 5.2). Son olarak ise yüzey modeli oluşturulmuş dişlinin katı modeli çıkartılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.1. Helisel konik dişlinin Pro/Engineer programında tel kafes örüntüsü.

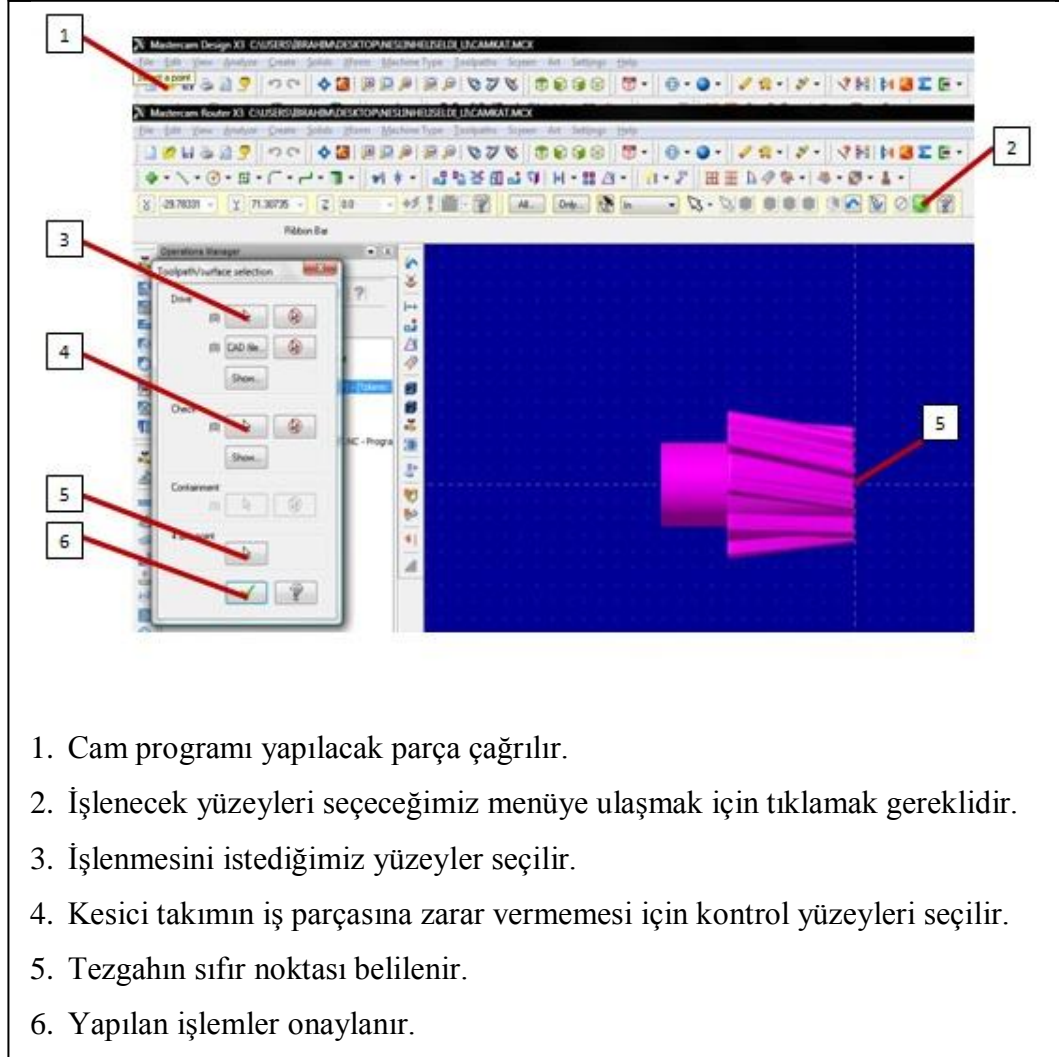


Şekil 5.2. Helisel konik dişlinin Pro/Engineer programında yüzey modellenmesi.



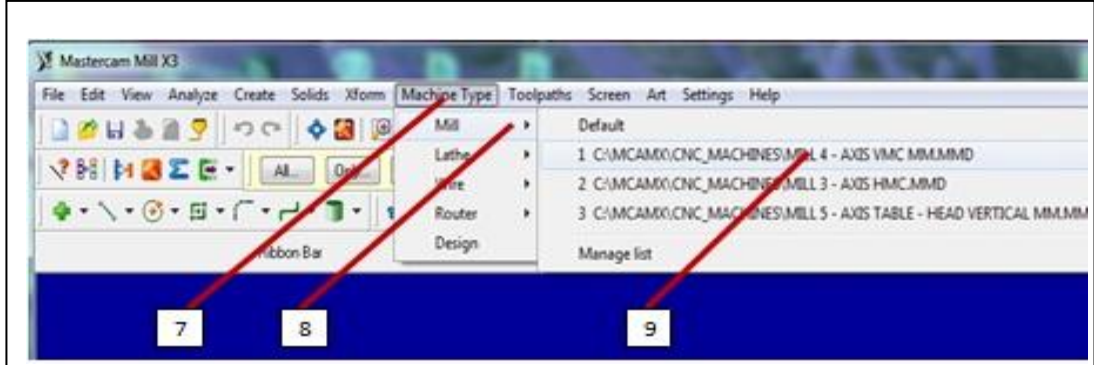
Şekil 5.3. Helisel konik dişlinin Pro/Engineer programında katı modellenmesi.

Oluşturulan helisel konik dişli modeli mastercam programında kullanılabilmesi için igs formatında farklı kaydedilmiştir. Mastercam programında [27], öncelikle modeli oluşturulmuş dişli açılarak, işleme yapılacak yüzeyler seçilmiştir (Şekil 5.4). Tezgahın sıfır noktası mastercam programında belirlenerek CNC' nin işlemeye başlayacağı nokta tanıtılmış olmaktadır.



Şekil 5.4. Mastercam programında işleme yapılacak yüzeylerin seçimi.

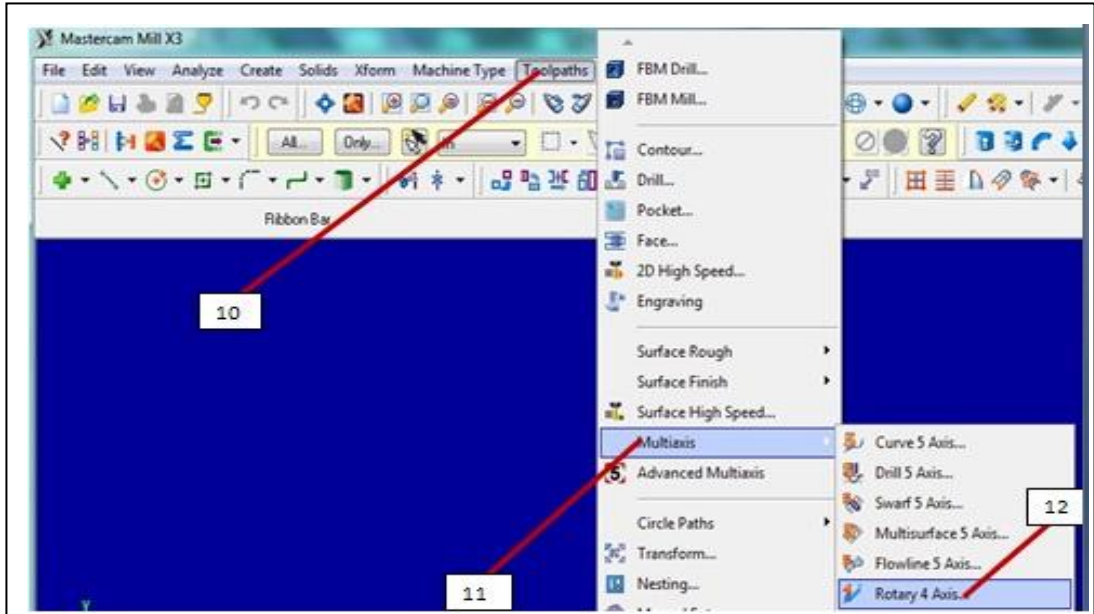
Mastercam programında 4 eksen kullanılarak kod çıkartma işlemi için uygun makine tipi seçimi yapılır (Şekil 5.5).



7. Makine tipini belirleyeceğimiz menüdür.
8. Frezeleme işlemi yapılacaksa seçilmelidir.
9. 4. Eksen kullanılarak frezeleme işlemi için uygun makine tipi seçilir.

Şekil 5.5. Mastercam programında makine tipi seçilmesi.

Mastercam programında CNC freze tezgahının eksen tasarımlarına uygun makine tipi seçimi yapıldıktan sonra 4. eksen işleme metodu olarak (çoklu eksen) dönele kesme komutunun seçimi yapılır (Şekil 5.6).



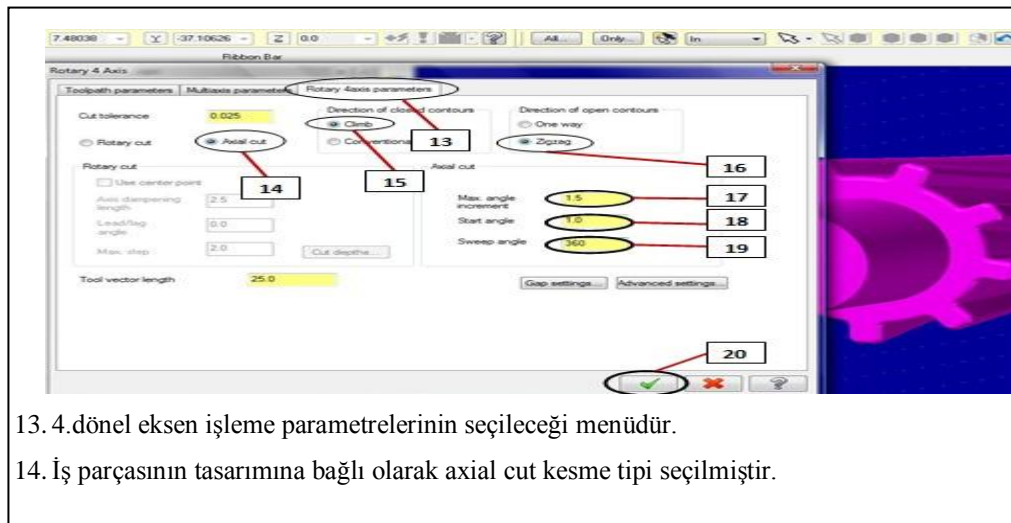
10. İşleme yöntemini seçeceğimiz menüdür.
11. 4. ve 5. eksen kullanarak frezeleme işleme yapılacağında çoklu eksen komutu seçilir.
12. Eksen aynanın dönmesiyle çalıştığından dönele kesme komutu seçilmiştir.

Şekil 5.6. Mastercam programında işleme tipinin seçimi.

Yüksek hızlı işlemede, yüzey kalitesi üzerine yapılan ilk çalışmalar, küresel uçlu frezelerin etkili kullanımına yönelik olmuştur. Bu çalışmada ise mastercam programında 4 eksen tezgah seçimi yapılarak, Ø3'lük freze çakısı ile işleme yapılmıştır. Gaida ve arkadaşları [28], 32 HRc sertliğinde AISI P20 plastik enjeksiyon kalıp çeliğinin 10⁰, 15⁰, 20⁰, 30⁰ ve 40⁰ eğim açılarıyla işlenmesini incelemiştir. Farklı işleme açılarında en iyi kesme uzunluğu 15⁰ açıyla işlemede olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra yüksek kesme hızlarında ve düşük talaş derinliklerinde takımın daha az aşındığı ve daha iyi yüzey kalitesinin elde edildiği ortaya çıkmıştır.

Bo H. Kim ve Byoung K. Choi [29], yaptıkları çalışmada, BSD tezgâhlarının hızlanma ve yavaşlama ivmelerini dikkate alan bir işleme zamanı modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelin kullanılmasıyla yaygın olarak kullanılan üç tip direkt takım yolu (tek yönde, zig zag yönde ve yumuşatılmış zig zag yönde) ile çevre paralel takım yolunun işleme verimliliği karşılaştırılmıştır.

Helisel konik dişlinin işleme parametrelerinden bir diğer önemli husus ise mastercam programındaki kesici takım yolunun seçilmesidir. Program içerisinde bulunan ‘rotary 4 axis’ menüsünden axial cut yani eksenel kesme seçilerek kesicinin zigzag ve climb olarak çevre kesme işlemi tanımlanmış olup, kesme toleransını ise 0.025 mm olarak vermek uygun görülmüştür (Şekil 5.7).

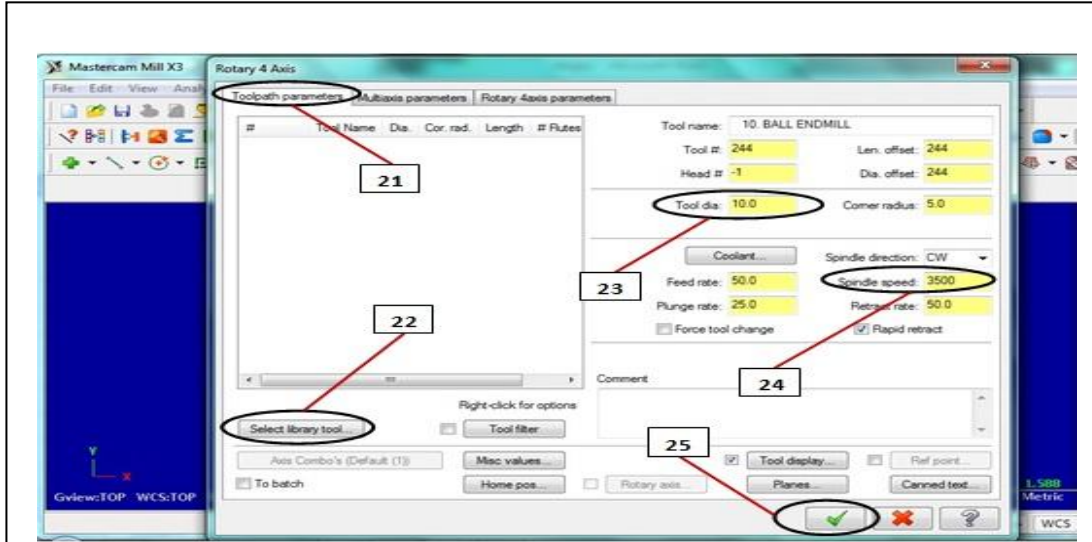


Şekil 5.7. 4.dönel eksen işleme parametrelerinin seçilmesi.

15. Kesici takımın saat yönünde dönerek tırmanarak kesme biçimi olarak climb seçilir.
16. Zig zag kesme metodu axial cut komutuna uygun olduğundan seçilmiştir.
17. Kesici takımın iş parçasına 1.5°'lik açı ile dalmasını ifade eder.
18. Kesici takımın axial cut metoduna uygun olarak bir defa X ekseninde gidip gelmesinden sonra A ekseninin 1° dönmesini ifade eder. Her defasında 360°'lik işleme takım yolu bitene kadar tekrar edilir.
19. 360°'lik açı takım yolunun tamamını oluşturur.
20. Yapılan işlemler onaylanır

Şekil 5.7. (devam ediyor).

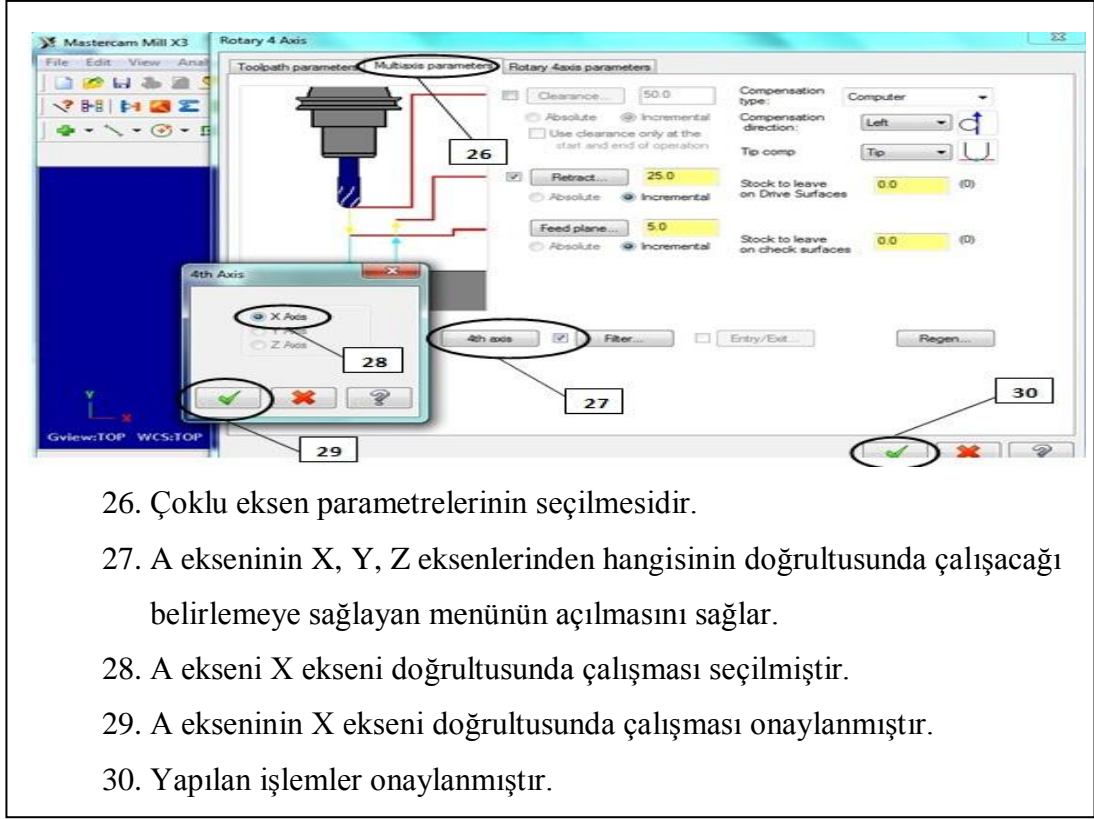
Mastercam programında kesici takımın özellikleri kütüphaneden seçilip belirlenerek tanımlanmıştır (Şekil 5.8).



21. Kesici takımın seçileceği menüdür.
22. Kesici takımların seçtiğimiz kütüphanedir.
23. Kesici takımın çapı belirtilir.
24. İş mili devri yazılır.
25. işlemler onaylanır.

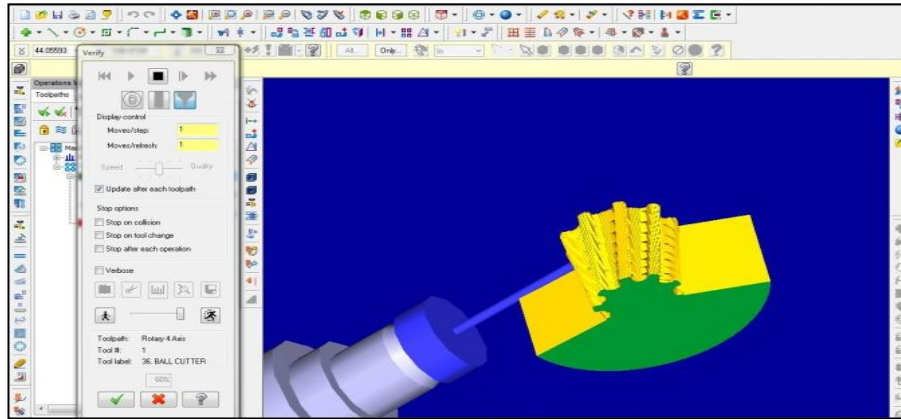
Şekil 5.8. Mastercam programında kesici takımın seçilmesi.

Mastercam programında çoklu eksen parametreleri olarak A ekseninin X eksenine doğrultusunda çalışması için parametreler girilmiştir (Şekil 5.9).

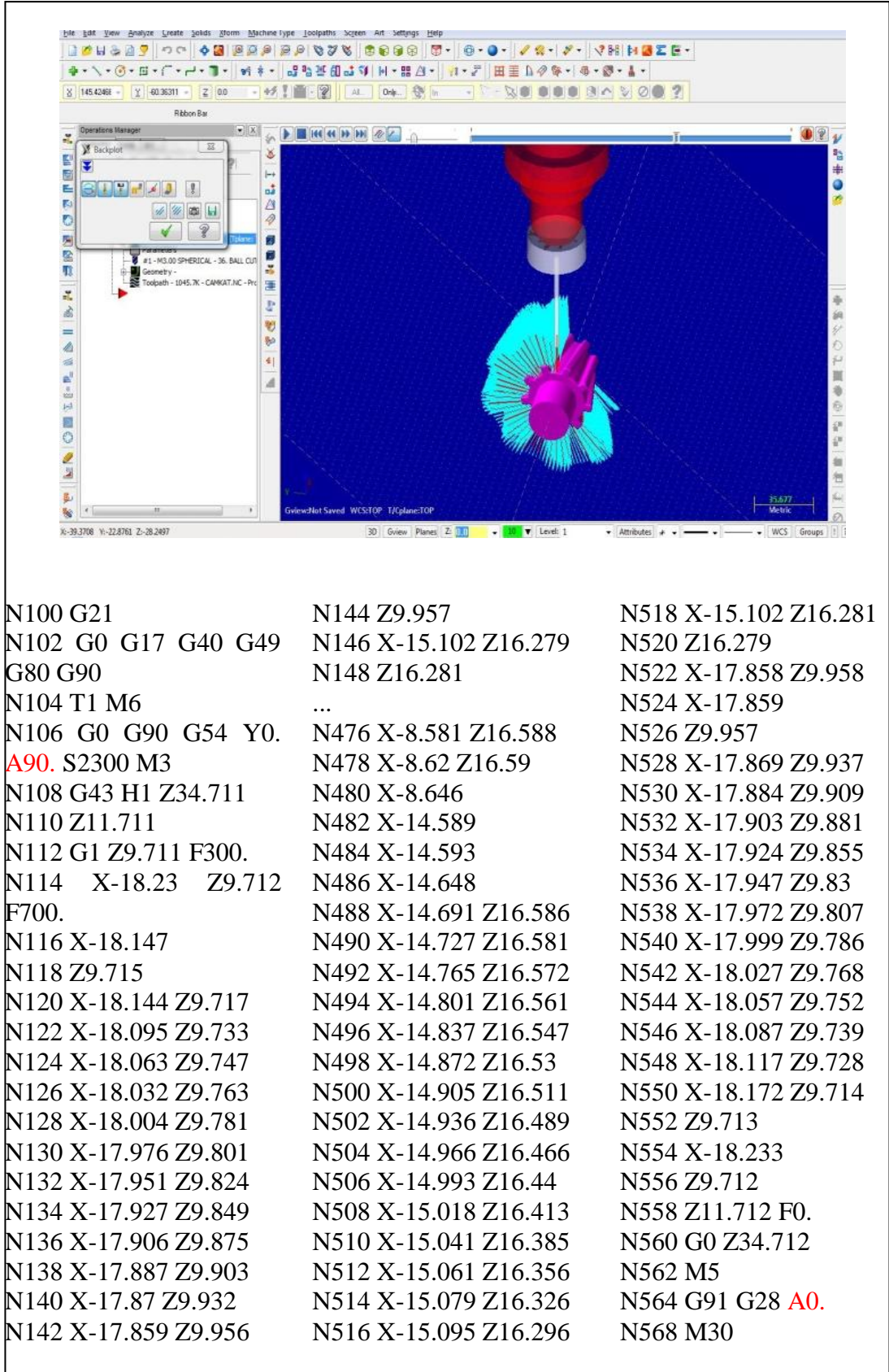


Şekil 5.9. Çoklu eksen parametrelerinin tanıtılması.

Mastercam programı ile belirlenen uygun tezgah seçimi, kesme parametreleri ve 4. Eksen tanımlama gibi değerler belirlendikten sonra takım yolu çıkarılmıştır (Şekil 5.10). Sanal olarak bu programda parça işlenmiş ve takım yolunun çarpmalara neden olmadığı, dişlinin simülasyonu ile görülmüştür ve G kodu çıkartılmıştır (Şekil 5.11).



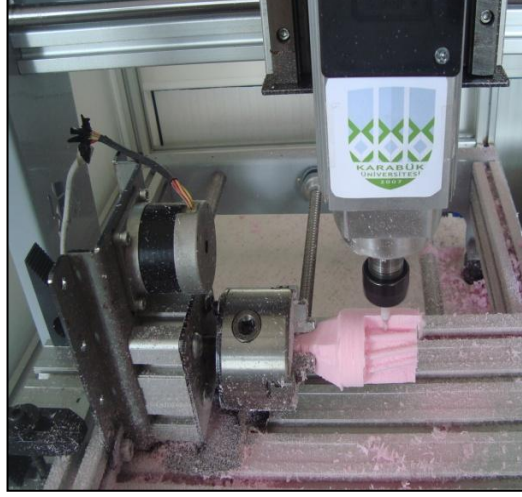
Şekil 5.10. Helisel konik dişli parametreleri tanıtılması.



N100 G21	N144 Z9.957	N518 X-15.102 Z16.281
N102 G0 G17 G40 G49	N146 X-15.102 Z16.279	N520 Z16.279
G80 G90	N148 Z16.281	N522 X-17.858 Z9.958
N104 T1 M6	...	N524 X-17.859
N106 G0 G90 G54 Y0.	N476 X-8.581 Z16.588	N526 Z9.957
A90. S2300 M3	N478 X-8.62 Z16.59	N528 X-17.869 Z9.937
N108 G43 H1 Z34.711	N480 X-8.646	N530 X-17.884 Z9.909
N110 Z11.711	N482 X-14.589	N532 X-17.903 Z9.881
N112 G1 Z9.711 F300.	N484 X-14.593	N534 X-17.924 Z9.855
N114 X-18.23 Z9.712	N486 X-14.648	N536 X-17.947 Z9.83
F700.	N488 X-14.691 Z16.586	N538 X-17.972 Z9.807
N116 X-18.147	N490 X-14.727 Z16.581	N540 X-17.999 Z9.786
N118 Z9.715	N492 X-14.765 Z16.572	N542 X-18.027 Z9.768
N120 X-18.144 Z9.717	N494 X-14.801 Z16.561	N544 X-18.057 Z9.752
N122 X-18.095 Z9.733	N496 X-14.837 Z16.547	N546 X-18.087 Z9.739
N124 X-18.063 Z9.747	N498 X-14.872 Z16.53	N548 X-18.117 Z9.728
N126 X-18.032 Z9.763	N500 X-14.905 Z16.511	N550 X-18.172 Z9.714
N128 X-18.004 Z9.781	N502 X-14.936 Z16.489	N552 Z9.713
N130 X-17.976 Z9.801	N504 X-14.966 Z16.466	N554 X-18.233
N132 X-17.951 Z9.824	N506 X-14.993 Z16.44	N556 Z9.712
N134 X-17.927 Z9.849	N508 X-15.018 Z16.413	N558 Z11.712 F0.
N136 X-17.906 Z9.875	N510 X-15.041 Z16.385	N560 G0 Z34.712
N138 X-17.887 Z9.903	N512 X-15.061 Z16.356	N562 M5
N140 X-17.87 Z9.932	N514 X-15.079 Z16.326	N564 G91 G28 A0.
N142 X-17.859 Z9.956	N516 X-15.095 Z16.296	N568 M30

Şekil 5.11. Helisel konik dişlinin simülasyonu ve G kodu.

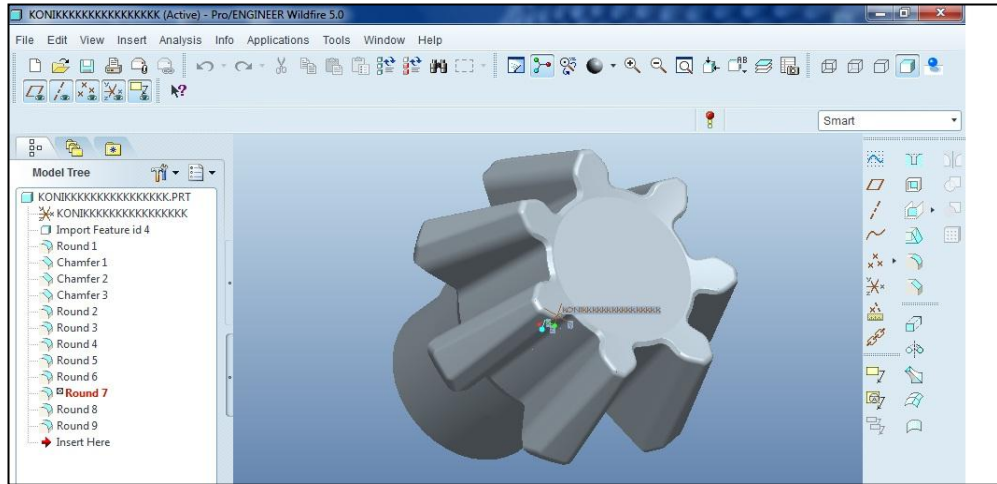
Çıkarılan G kodu mach 3 arayüz programı aracılığı ile işleme başarı tezgaha aktarımı sağlanmış olup helisel konik dişli işleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. Helisel konik dişli uygulaması.

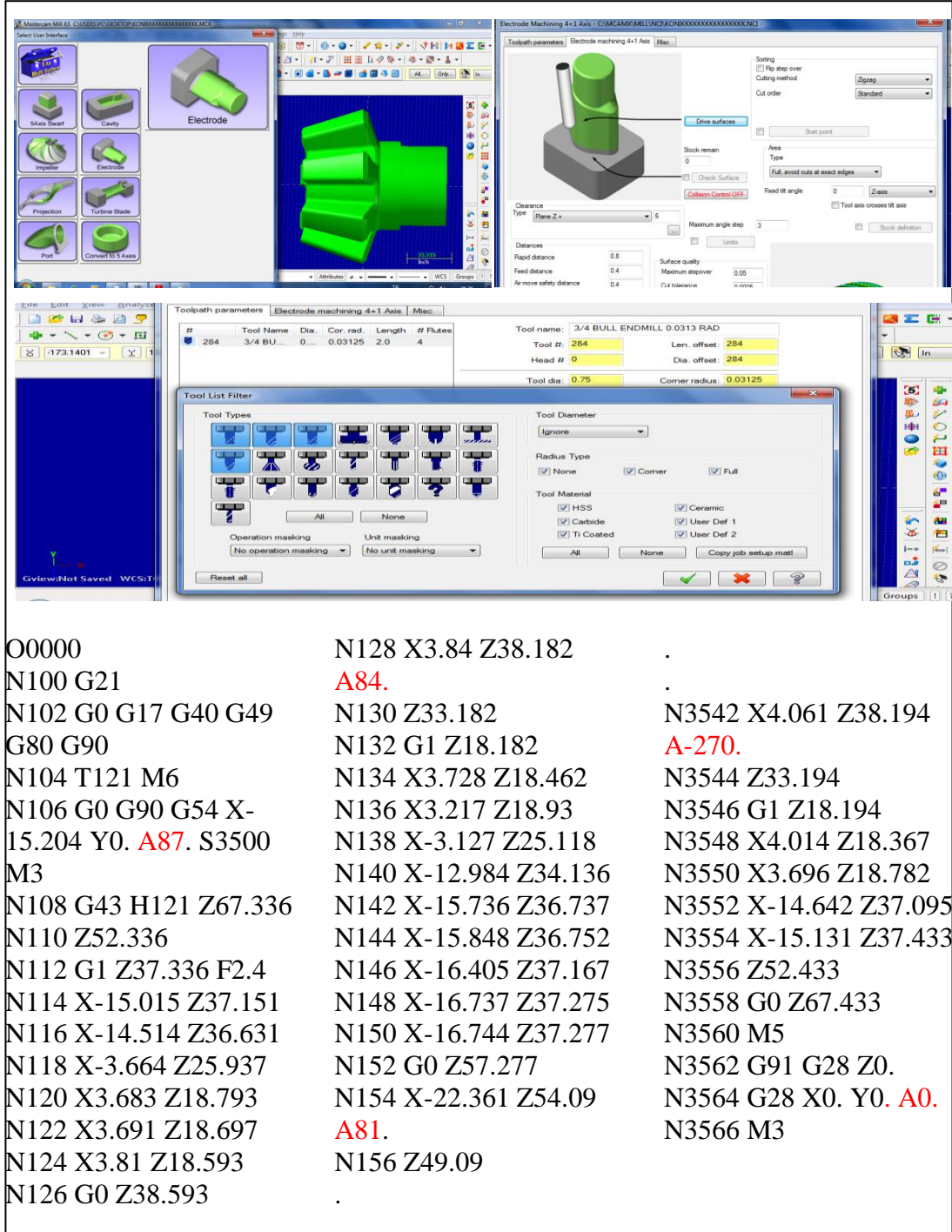
5.2. $\delta < 90^\circ$ OLAN SİLİNDİRİK DÜZ KONİK DİŞLİ UYGULAMASI

Yapılan bu çalışmada öncelikle dişli boyutlandırılması yapılmıştır. Bunun için modülü 8 mm ve diş sayısı 7 olan bir düz dişli göz önüne alınarak, dişlinin boyutları hesaplanmıştır. Pro/Engineer programı kullanılarak silindirik düz konik dişli modellendi (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Silindirik düz konik dişlinin modellenmesi.

Oluşturulan model ıgs formatında farklı kaydedilerek mastercam X5 programı ile iş parçasına uygun parametreler seçilip cam oluşturulmuştur (Şekil 5.14). G kodları mesh ara yüz programı kullanılarak bilgisayar kontrolünde 4 eksen dik işleme merkezine aktarılarak iş parçasını işleme programı tamamlandı.



O0000	N128 X3.84 Z38.182	.
N100 G21	A84.	.
N102 G0 G17 G40 G49	N130 Z33.182	N3542 X4.061 Z38.194
G80 G90	N132 G1 Z18.182	A-270.
N104 T121 M6	N134 X3.728 Z18.462	N3544 Z33.194
N106 G0 G90 G54 X-	N136 X3.217 Z18.93	N3546 G1 Z18.194
15.204 Y0. A87. S3500	N138 X-3.127 Z25.118	N3548 X4.014 Z18.367
M3	N140 X-12.984 Z34.136	N3550 X3.696 Z18.782
N108 G43 H121 Z67.336	N142 X-15.736 Z36.737	N3552 X-14.642 Z37.095
N110 Z52.336	N144 X-15.848 Z36.752	N3554 X-15.131 Z37.433
N112 G1 Z37.336 F2.4	N146 X-16.405 Z37.167	N3556 Z52.433
N114 X-15.015 Z37.151	N148 X-16.737 Z37.275	N3558 G0 Z67.433
N116 X-14.514 Z36.631	N150 X-16.744 Z37.277	N3560 M5
N118 X-3.664 Z25.937	N152 G0 Z57.277	N3562 G91 G28 Z0.
N120 X3.683 Z18.793	N154 X-22.361 Z54.09	N3564 G28 X0. Y0. A0.
N122 X3.691 Z18.697	A81.	N3566 M3
N124 X3.81 Z18.593	N156 Z49.09	.
N126 G0 Z38.593	.	.

Şekil 5.14. Silindirik düz konik dişlinin G kodu ve parametrelerin seçilmesi.

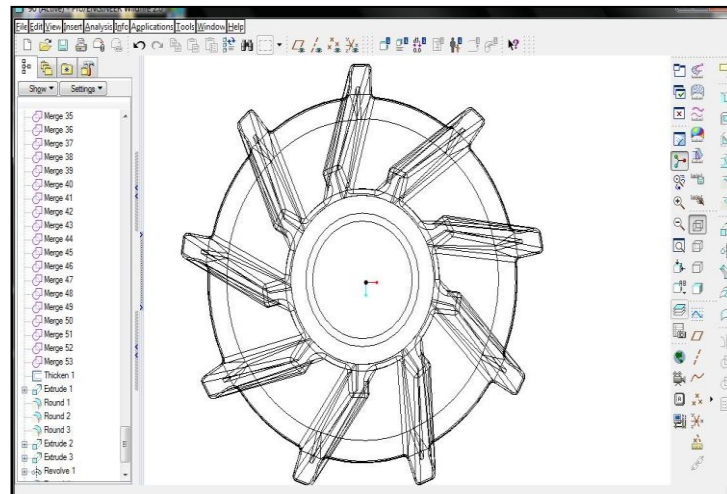
Silindirik iş parçası, 4 eksen masaüstü cnc makinesine A eksenini (4. Eksen), aynaya bağlandı ve silindirik iş parçasının uç kısmının merkezi tezgahın sıfır noktası olarak belirlendi. Start komutu ile parça iş parçası işlenmiş olmuştur (Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Silindirik düz konik dişlinin tablaya bağlanması ve işlenmesi.

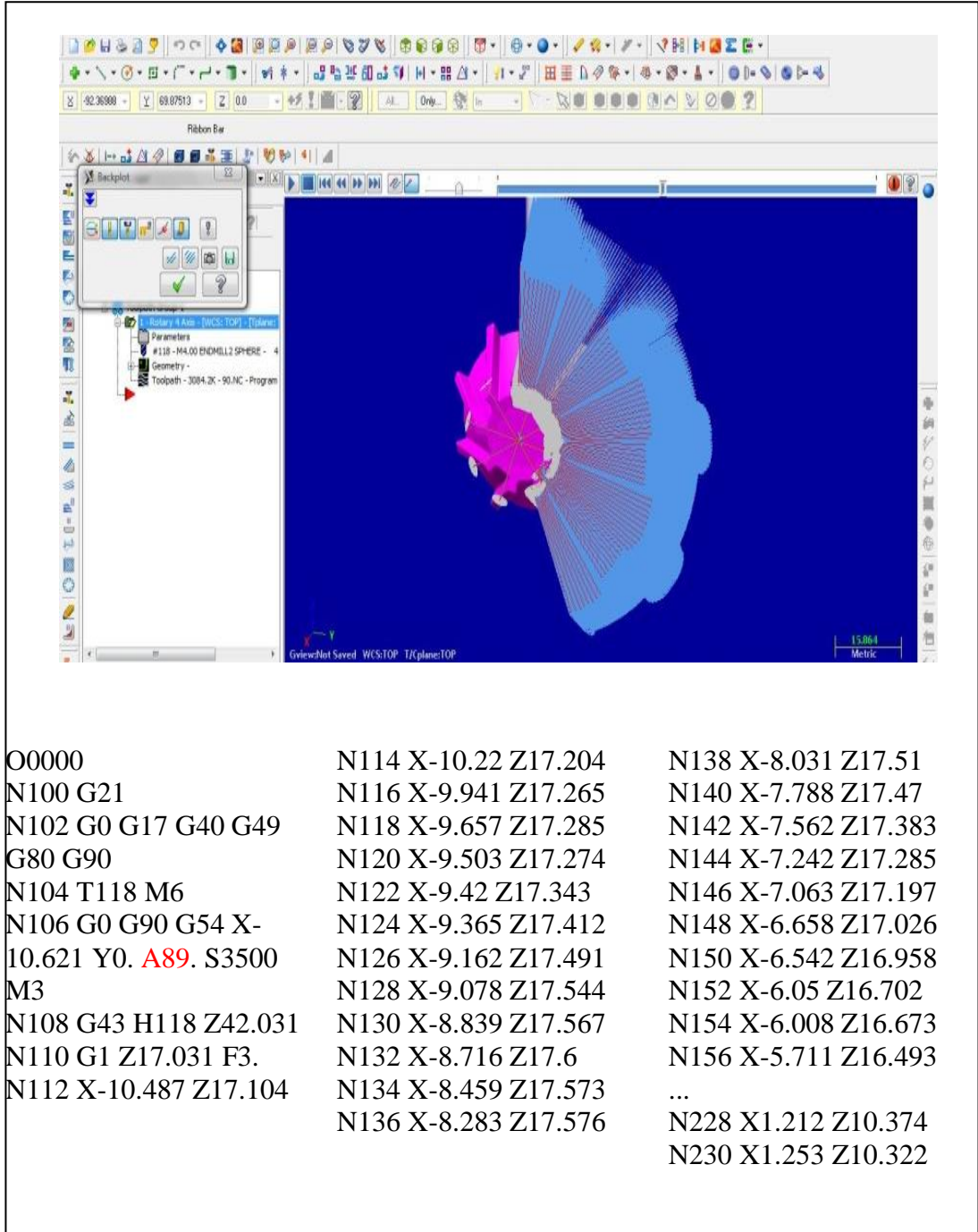
5.3. $\delta=90^\circ$ OLAN HELİSEL KONİK DİŞLİ UYGULAMASI

Bu uygulamada helisel konik dişlinin imalatı için modül ($m=4$) ve diş sayısı ($z=9$) seçimi yapılarak dişli boyutlandırması yapılmıştır. İmalatı yapılan helisel konik dişli için gerekli temel büyüklükler hesaplanarak dişli taslağı oluşturulmuştur. Bu ölçütler dikkate alınarak Pro/Engineer çizim programında helisel konik dişli yapılan hesaplamalar doğrultusunda modellenerek dişli oluşturulmuştur (Şekil 5.16).

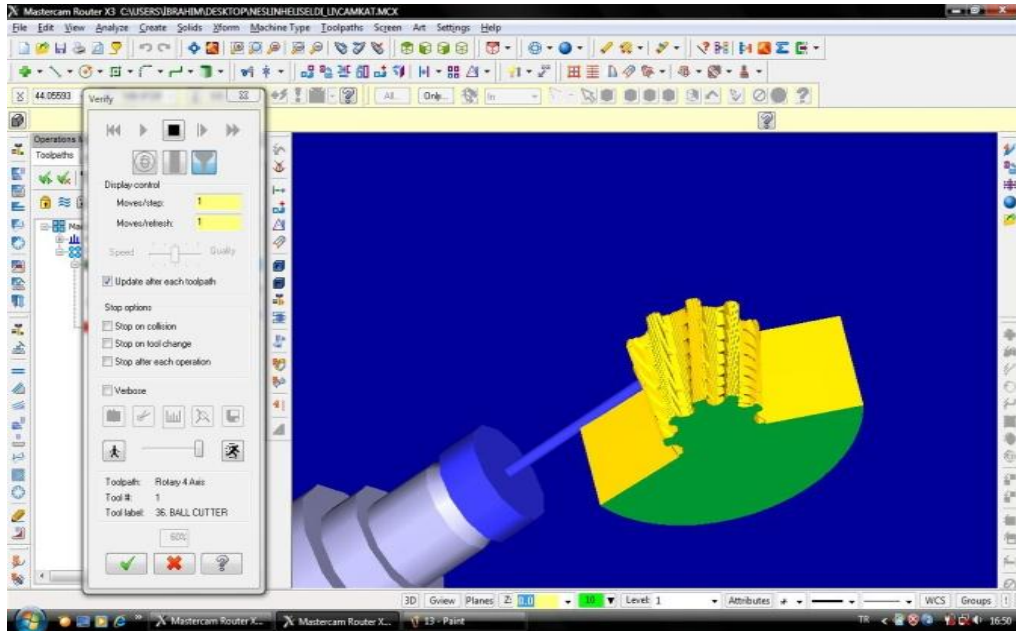


Şekil 5.16. Helisel konik dişlinin modellenmesi.

Modellemesi yapılan helisel konik dişli mastercam programında daha önceki uygulamalarda gösterildiği üzere gerekli parametreler, tezgah seçimi vb. belirlenerek takım yolu oluşturulmuştur. Mastercam programında simülasyonu yapılarak işleme yapılmadan önce işlenecek parçanın CAM programı hazırlandıktan sonra takım yollarında oluşabilecek sapmaları önceden görebilmiş olmaktadır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17. Helisel konik dişlinin G kodu ve simülasyonun izlenmesi.



N232 X1.295 Z10.265	.
N234 X1.339 Z10.209	.
N236 X1.395 Z10.11	.
N238 X1.405 Z10.102	
N240 X1.427 Z10.069	
N242 X1.475 Z9.968	
N244 X1.482 Z9.955	
N246 X1.487 Z9.943	
N248 X1.496 Z9.927	
N250 X1.514 Z9.879	
N252 X1.534 Z9.834	
N254 Z9.828	
N256 X1.598 Z9.661	
N258 X1.634 Z9.495	
N260 X1.641 Z9.487	
N262 X1.664 Z9.365	
N264 X1.672 Z9.316	
N266 G0 Z34.316	
N268 X1.696 Z34.394 A88.	
	N5108 X-10.227 Z17.915
	N5110 X-10.233 Z17.898
	N5112 X-10.235 Z17.895
	N5114 X-10.242 Z17.889
	N5116 X-10.28 Z17.823
	N5118 X-10.337 Z17.732
	N5120 X-10.403 Z17.592
	N5122 X-10.419 Z17.555
	N5124 X-10.47 Z17.449
	N5126 X-10.568 Z17.219
	N5128 X-10.629 Z17.079
	N5130 X-10.648 Z17.015
	N5132 Z42.015
	N5134 M5
	N5136 G91 G0 G28 Z0.
	N5138 G28 X0. Y0. A0.
	N5140 M30

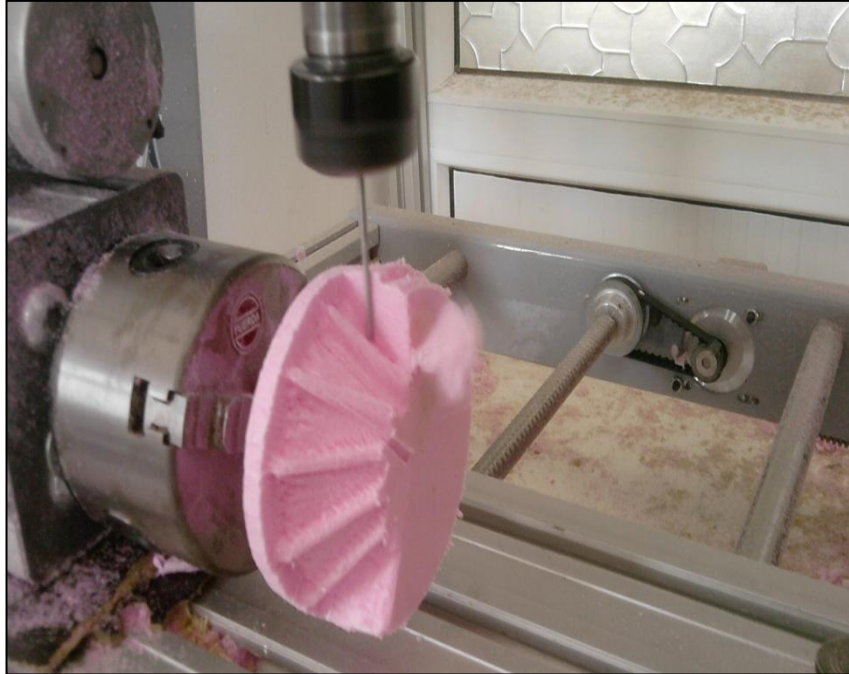
Şekil 5.17. (devam ediyor).

İzlenen simülasyon da takım yollarında bir sorun olmadığından G kodları, mach 3 programı ile daha önceden manuel olarak tornalanan strofor malzemeli parça işlemeye hazır hale getirilmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. İşlemeye hazır hale getirilmiş strofor malzemeli kütük.

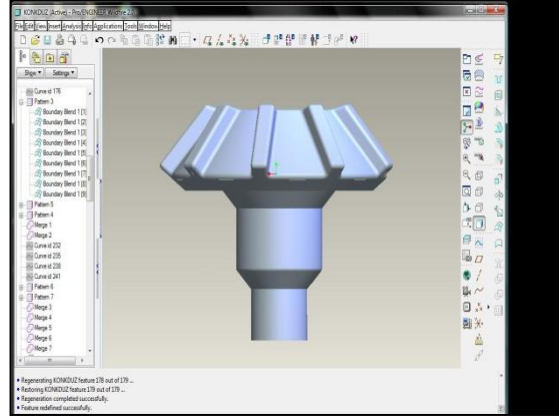
Mach 3 programında kodun aktarılması ile start düğmesine basılarak işleme işlemi başlamıştır (Şekil 5.19).



Şekil 5.19. Helisel konik dişli işlemesi.

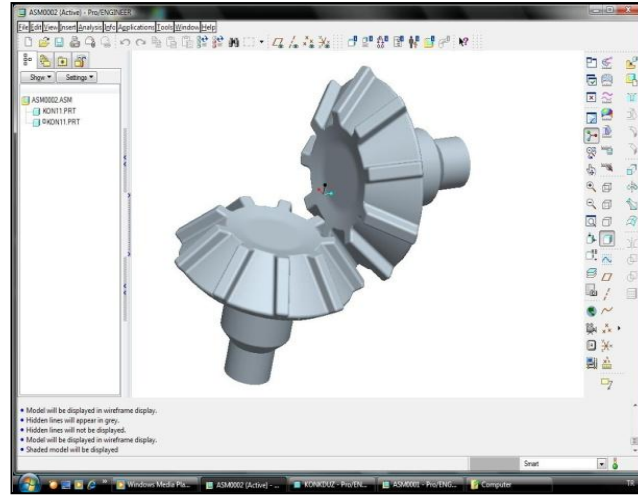
5.4. $\delta=90^\circ$ OLAN DÜZ KONİK DİŞLİ UYGULAMASI

Helisel konik dişlide olduğu üzere öncelikle dişli boyutlandırılması yapıлып daha sonrada dişli modellemesi yapılmıştır (Şekil 5.20).



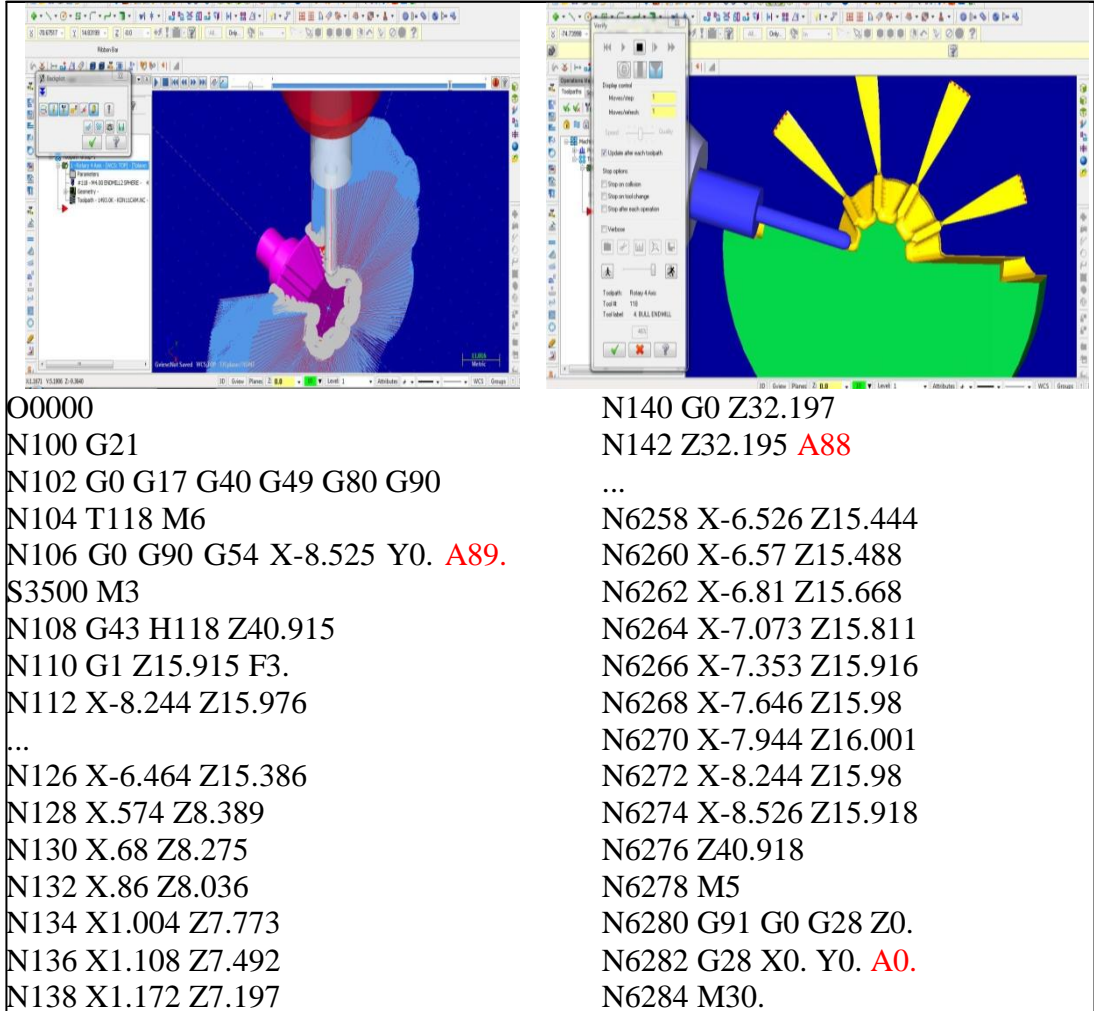
Şekil 5.20. Düz konik dişlinin Pro/Engineer programında modellenmesi.

Modellenen düz konik dişlinin diğer dişli eşi de modellenerek Pro/Engineer programında montajı yapılmıştır (Şekil 5.21).

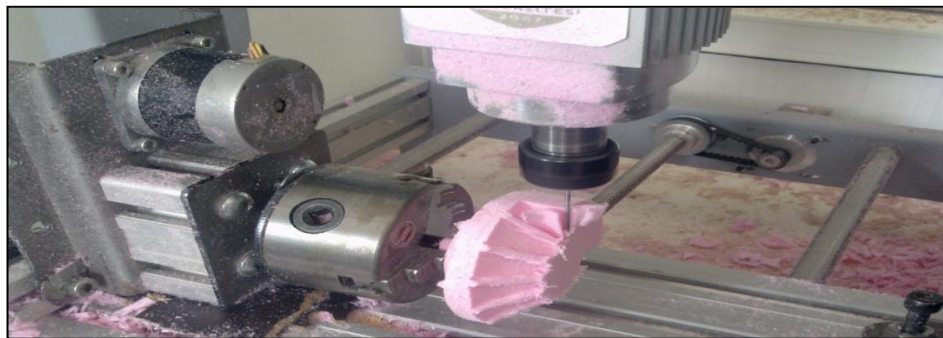


Şekil 5.21. Düz konik dişlinin Pro/Engineer programında montajı

Modellenen dişliler mastercam programında takım yolu oluşturulur ve simülasyonu izlenir (Şekil 5.22). G kodları çıkarılan dişliler mach 3 programında açılarak 4. Eksende dişliler işlenmiştir (Şekil 5.23).



Şekil 5.22. Düz konik dişlinin mastercam programında simülasyonu ve G kodu.



Şekil 5.23. Düz konik dişlinin 4 eksen CNC de işlenmesi.

BÖLÜM 6

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada masa üstü dört eksen CNC freze tezgahının hassasiyet kontrolü, tezgahın teorik hassasiyeti, tezgah millerinin hatvesi, adım motorları sürüş tekniği, motorun bir turda attığı adım ve hassasiyet değerleri kullanılarak sistemin hassasiyetinin matematiksel hesabı yapılmıştır. Tezgahın X eksen doğruluk kontrolü, Y eksen doğruluk kontrolü, XY eksenleri doğruluk kontrolleri ve A eksen doğruluk kontrolü yapılmıştır. Ara yüz programı olarak Mach 3 programının kontrolü ve oluşturulan 90°'den küçük, 90°'den büyük ve 90°'ye eşit üç farklı tip helisel konik dişli çark ve 90°'ye eşit silindirik düz konik dişli çark çiftlerinin ölçü kontrolleri yapılmıştır.

Konik dişli çarkların diş profillerinin modellenmesinde evolvent diş profil eğrisi kullanılmıştır. Bu modele göre CAM tezgah programları çıkartılmıştır. Yapılan uygulamalarda uygun kesici takım temin edilemediği için düz uçlu parmak freze kullanılmıştır.

6.1. HASSASİYET KONTROLÜ

Hassasiyetin matematiksel hesabı;

Tezgahın teorik hassasiyeti= Hatve (Birim doğrusal ilerleme)/Motorun birim adım sayısı. Bu durumda;

Tezgah milerinin hatvesi: 5mm.

Adım motorlarının adım sayısı(1,8°): 200 adım.

Adım motorları sürüş tekniği: 1/8 (Mikro step özelliğidir. Adımları böler.)

Kullandığımız step motor sürücülerini motoru 1/256 mikro step olarak sürme özelliğine sahiptir.

Motorun bir tur için attığı adım(MTA): $200 \times 8 = 1600$

Hassasiyet= Hatve/MTA= 5/1600=0,003125 mm 'dir.

Bu da; 3,125 mikron'a karşılık gelir.

X,Y ve 4. eksenin tahrik sistemi triger kayış kasnak çifti ile ½ moment arttırılarak hareketin aktarımı vidalı mile sağlanmaktadır. X, Y ve 4. eksen için,

Dışliler arası iletim oranı: 2

Motorun bir tur için attığı adım(MTA): 200x8x2=3200

Hassasiyet= Hatve/MTA= 5/3200=0,0015625 mm 'dir.

Z ekseninde ise servo boşluksuz kaplin 1/1 moment arttırılarak hareket aktarımı sağlanmaktadır. Z eksenini için,

Motorun bir tur için attığı adım(MTA): 200x8=1600

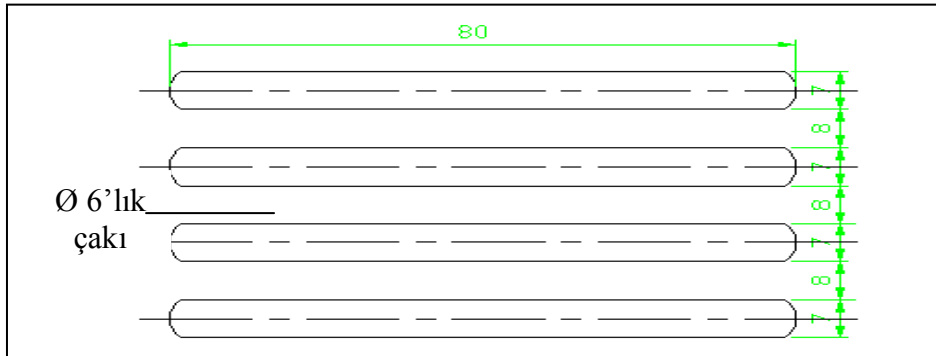
Hassasiyet= Hatve/MTA= 5/1600=0,003125 mm 'dir.

6.2. DOĞRULUK KONTROLÜ

Sistemin doğruluk kontrolü için X,Y ve Z eksenleri için ahşap malzemeye kanallar açılarak sistemin modellenmesi ile yapılan ölçüler doğrultusunda işlendikten sonraki ölçümler karşılaştırılmıştır.

6.2.1. X Ekseninin Doğruluk Kontrolü

X ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 6.1'deki ölçülere göre Şekil 6.2 de görülen ahşap malzemeye 4 adet kanal açılmış ve Şekil 6.3'de görüldüğü gibi ölçüleri alınmıştır.



Şekil 6.1. X Ekseninde açılan kanalların ölçüleri.



Şekil 6.2. X Ekseninde açılan kanallar. Şekil 6.3. X Ekseninde kanallardan ölçü.

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numune ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapma bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu, bir diğer deyişle dağılımın ne yaygınlıkta olduğunu göstermektedir [30]. Standart sapma hesabındaki ilk adımı varyans hesabı teşkil eder, varyans dağılımın yayılımı hakkında bilgi verir [31]. Varyans;

$Var(X) = \frac{\sum (x - \text{ortalama})^2}{n-1}$ formülünden hesaplanarak bulunmaktadır. Varyansın karekökü standart sapmayı vermektedir. X eksenine ait standart sapma hesabı Çizelge 6.1 te verilmiştir.

Çizelge 6.1. X Ekseni standart sapma hesabı.

DENEME	ÖLÇÜM (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
X 1	80,02	-0,02	0,0004
X 2	80,01	-0,01	0,0001
X 3	79,97	0,03	0,0009
X 4	79,96	0,04	0,0016
ORTALAMA	79,99	TOPLAM	0,003

Ortalama = 79,99

Varyans = 0,003 / 3 = 0,001

$$\text{Standart Sapma} = \sqrt{0,001} = 0,3162$$

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

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

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

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{3;0.05} = 0,841$

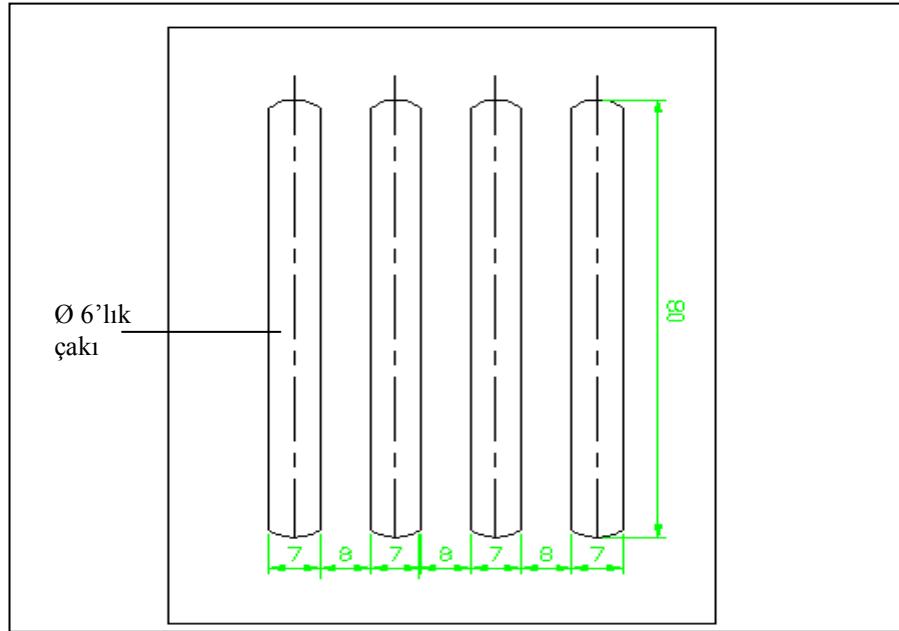
$$\text{Alt sınır} = 79,99 - (0,841) \times 0,3162 = 79,72$$

$$\text{Üst sınır} = 79,99 + (0,841) \times 0,3162 = 80,25$$

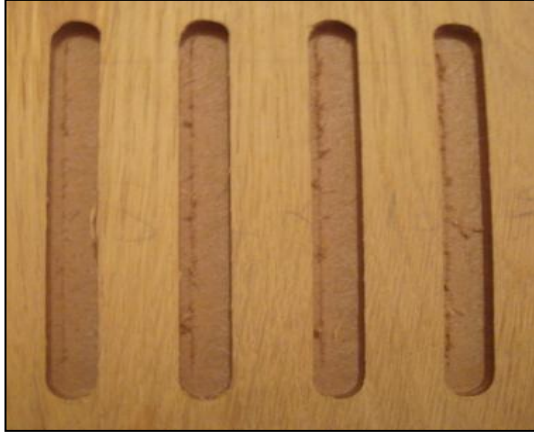
Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_x için hesaplanan %95 güven aralığı (79,72; 80,25) olarak bulunur.

6.2.2. Y Ekseninin Doğruluk Kontrolü

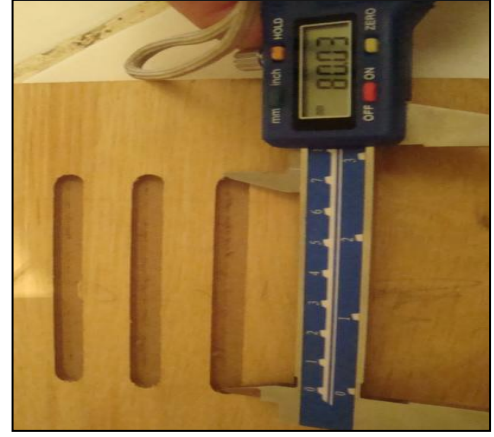
Y ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 6.4'deki ölçülere göre Şekil 6.5 de görülen ahşap malzemeye 4 adet kanal açılmış ve Şekil 6.6 da görüldüğü gibi ölçüleri alınmıştır.



Şekil 6.4. Y Ekseninde açılan kanalların ölçüleri.



Şekil 6.5. Y Ekseninde açılan kanallar.



Şekil 6.6. Ölçü alınması.

Y eksenine ait standart sapma hesaplanarak Çizelge 6.2 de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Y Eksenini standart sapma hesabı.

DENEME	ÖLÇÜM (mm)	(Y - ortalama)	(Y - ortalama) ²
Y 1	80,03	-0,03	0,0009
Y 2	79,98	0,02	0,0004
Y 3	79,99	0,01	0,0001
Y 4	80,01	-0,01	0,0001
ORTALAMA	80,0025	TOPLAM	0,0015

Ortalama = 80,0025

Varyans = 0,0015 / 3 = 0,0005

Standart Sapma = $\sqrt{0,0005} = 0,0223$, Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

Alt sınır = (ortalama) - (tablo değeri) x (standart sapma)

Üst sınır = (ortalama) + (tablo değeri) x (standart sapma)

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{3;0.05} = 0,841$

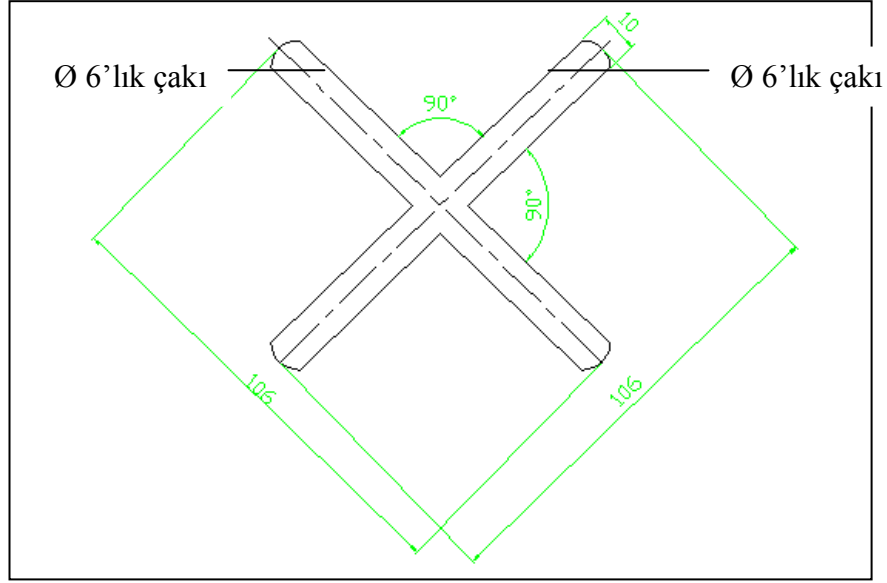
Alt sınır = 80,0025 - (0,841) x 0,0223 = 79,98

Üst sınır = 80,0025 + (0,841) x 0,0223 = 80,02

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_y için hesaplanan %95 güven aralığı (79,98; 80,02) olarak bulunur.

6.2.3. XY Ekseninin Doğruluk Kontrolü

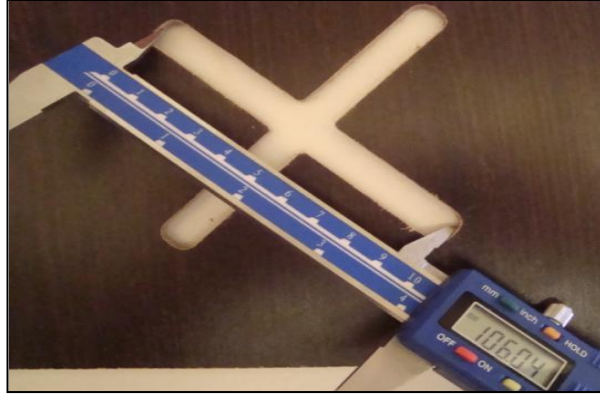
XY ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 6.7'deki ölçülere göre Şekil 6.8 de görülen ahşap ve kestamid malzemeye 4 adet kanal açılmış ve Şekil 6.9'da görüldüğü gibi ölçüleri alınmıştır.



Şekil 6.7. XY Ekseninde açılan kanalların ölçüleri.



Şekil 6.8. XY Ekseninde açılan kanallar.



Şekil 6.9. Y Ekseninde kanallardan ölçü alınması.

XY eksenine ait standart sapma hesaplanarak Çizelge 6.3' te verilmiştir.

Çizelge 6.3. XY Eksenini standart sapma hesabı.

DENEME	ÖLÇÜM (mm)	(XY - ortalama)	(XY - ortalama) ²
XY 1	106,04	-0,04	0,0016
XY 2	106,02	-0,02	0,0004
XY 3	105,92	0,08	0,0064
XY 4	105,94	0,06	0,0036
ORTALAMA	105,98	TOPLAM	0,0012

Ortalama = 105,98

Varyans = 0,0012 / 3 = 0,0004

Standart Sapma = $\sqrt{0,0004} = 0,02$

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

Alt sınır = (ortalama) - (tablo değeri) x (standart sapma)

Üst sınır = (ortalama) + (tablo değeri) x (standart sapma)

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{3;0.05} = 0,841$

Alt sınır = 105,98 - (0,841) x 0,02 = 105,96

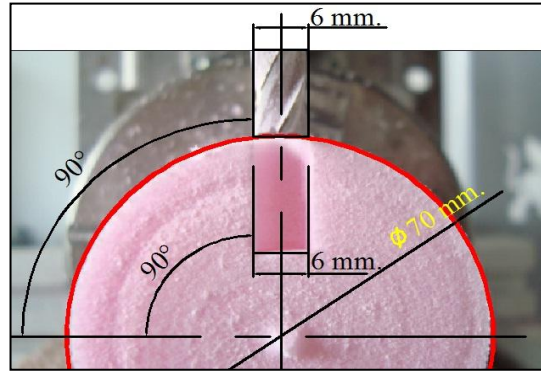
Üst sınır = 105,98 + (0,841) x 0,02 = 105,99

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_{xy} için hesaplanan %95 güven aralığı (105,96; 105,99) olarak bulunur.

6.2.4. A Ekseninin Doğruluk Kontrolü

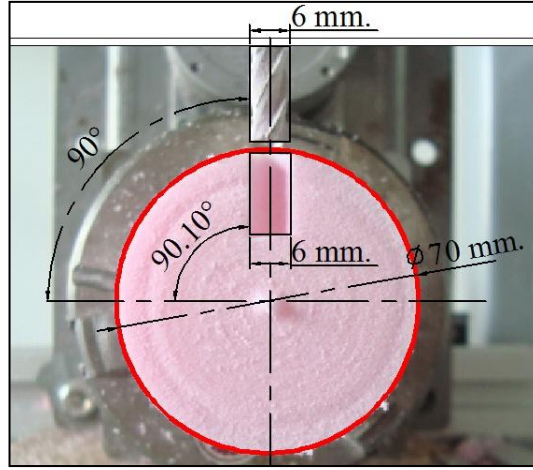
Bu çalışmada A ekseni doğruluk kontrolünün yapımında $\varnothing 6$ mm olan freze çakısı ile iş parçası üzerinde bir kanal açılmıştır. A ekseninin 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 tur döndürüldükten sonra kesici takım ve iş parçası üzerine açılmış olan kanalın eksenleri arasındaki açılar ölçümü yapılarak A ekseninin doğruluk kontrolü tamamlanmıştır. A ekseni 1. turu tamamladıktan sonra kesici takım ve iş miline açılan kanalın eksenleri arasında sapma olmadığı görülmüştür; ancak 2. turdan sonra $0,10^\circ$ lik açıda sapma meydana gelmiştir. On tur sonunda eksenler arası 1° lik açıda sapma olduğu gözlenmiştir.

Şekil 6.10' da mach ara yüz programına manuel olarak girilen "A360 F500" değerlerinin uygulanmasıyla A ekseni 1 tur döndürülmüştür. A ekseninin doğruluk kontrolü kesici takım ve kanal eksenlerinin açıları yatay eksen referans alınarak 90° lik değerlerde eşit açılar olarak ölçülmüştür. A ekseninin 1 tur dönmesiyle kesici takım ve kanal eksenlerinin açıları arasında sapma olmadığı görülmüştür.



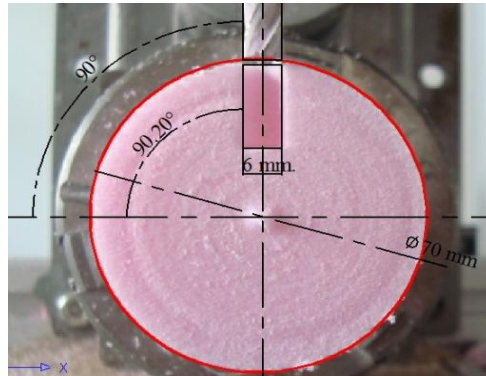
Şekil 6.10. A Ekseninin 360° döndürülmesi.

Şekil 6.11' de mach ara yüz programına manuel olarak girilen "A720 F500" değerlerinin uygulanmasıyla A ekseni 2 tur döndürülmüştür. A ekseninin doğruluk kontrolünde yatay eksen referans alınarak kesici takım ekseninin 90° , kanal ekseni ise $90,10^\circ$ lik açı olarak ölçülmüştür. A ekseninin 2 tur dönmesiyle kesici takım ve kanal eksenleri arasında $0,10^\circ$ lik açıda bir sapma olduğu görülmüştür.



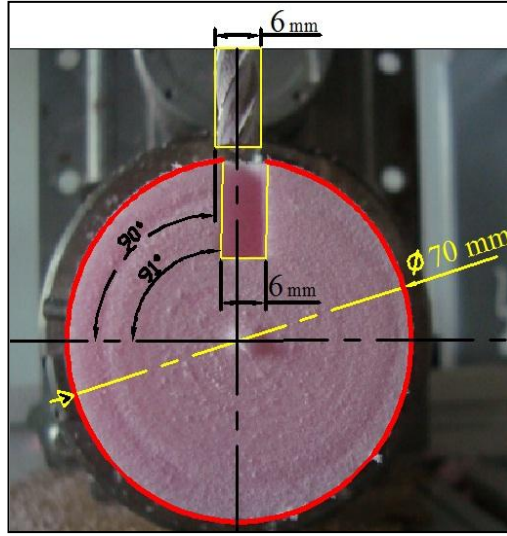
Şekil 6.11. A Ekseninin 720° döndürülmesi.

Şekil 6.12’ de mach ara yüz programına manuel olarak girilen ‘‘A1080 F500’’ değerlerinin uygulanmasıyla A eksenini 3 tur döndürülmüştür. A ekseninin doğruluk kontrolünde yatay eksen referans alınarak kesici takım ekseninin 90°, kanal eksenini ise 90,20° lik açı olarak ölçülmüştür. A ekseninin 3 tur dönmesiyle kesici takım ve kanal eksenleri arasında 0,20° lik açıda bir sapma olduğu görülmüştür.



Şekil 6.12. A Ekseninin 1080° döndürülmesi.

Şekil 6.13’ de mach ara yüz programına manüel olarak girilen ‘‘A3600 F500’’ değerlerinin uygulanmasıyla A eksenini 10 tur döndürülmüştür. A ekseninin doğruluk kontrolünde yatay eksen referans alınarak kesici takım ekseninin 90°, kanal eksenini ise 91° lik açı olarak ölçülmüştür. A ekseninin 10 tur dönmesiyle kesici takım ve kanal eksenleri arasında 1° lik açıda bir sapma olduğu görülmüştür.

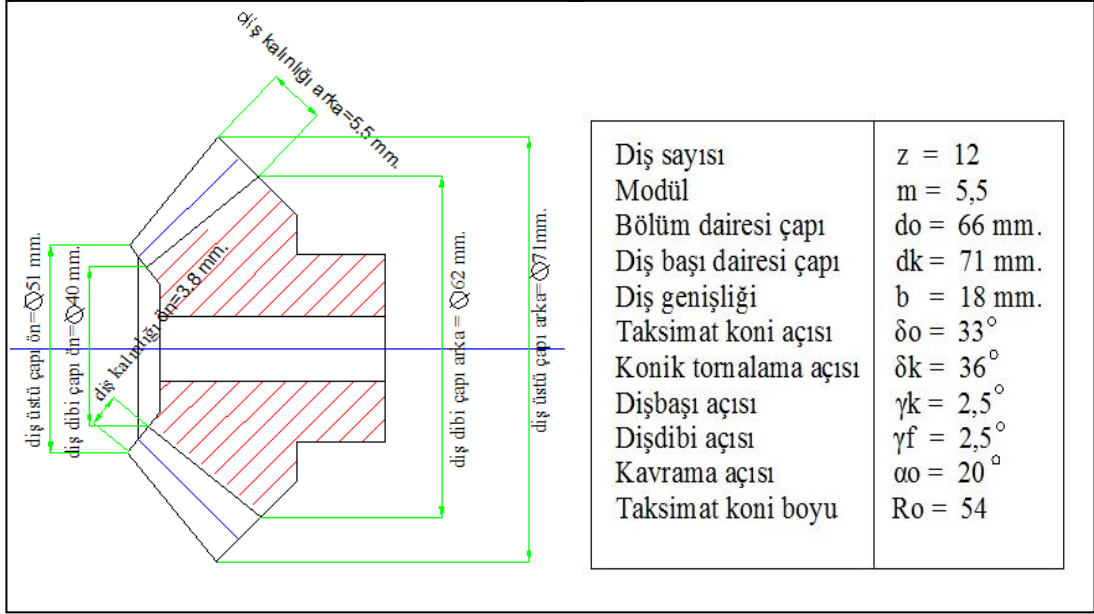


Şekil 6.13. A Ekseninin 360° döndürülmesi.

6.3. DIŞLİ ÖLÇÜ KONTROLÜ

Masaüstü CNC freze tezgahında deneysel amaçlı olarak imalatı yapılan 90°'ye eşit silindirik düz konik dişli çark çiftlerinin ölçü kontrolleri 1/100 hassasiyetinde dijital kumpas kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 6.4). Ayrıca dişlilerin dişler üzerinde kontrolü 1/100 hassasiyetinde mikrometre ile yapılmıştır. Dişli çarkların kontrolü için diğer bir metod olan pim üstü kontrolleri Ø6 mm olan pim kullanılarak tamamlanmıştır.

Şekil 6.14' de Pro/Engineer programında çizimi ve ölçülendirmesi yapılan $z=12$, $m=5,5$ olan 90° lik açılı silindirik düz konik dişlinin oluşturulabilmesi için gerekli olan çizim ölçüleri gösterilmiştir.



Şekil 6.14. 90° lik silindirik düz konik dişli ölçüleri.

Şekil 6.15' te $\pm 0,01$ tolerans ile imalatı yapılmış olan 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş dibi çapı imalat resmi Ø40 mm olarak çizilmiştir. İmalattan sonraki ölçümde diş dibi çapı Ø40,19 mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. Diş dibi ölçümü sonucunda $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı ve $40 \times X/100 = 0,18$ ise hata oranı (X) %0,45 değerinde hesaplanmıştır.

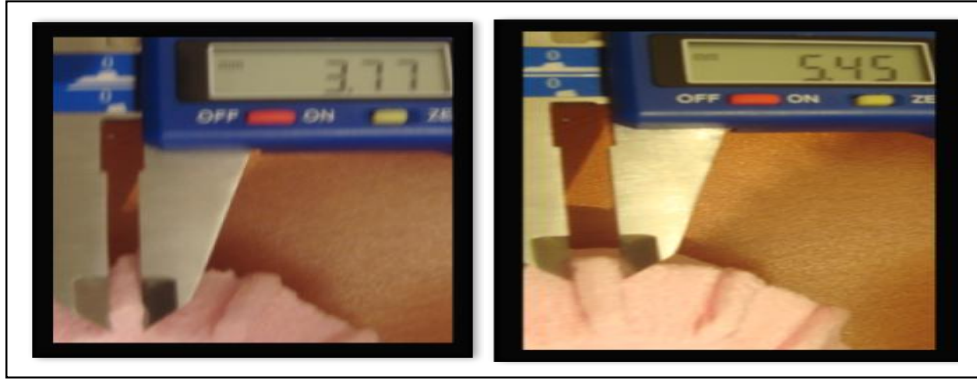
Diş üstü ölçüsü imalat resmi Ø51 mm olarak çizilmiştir. İmalattan sonraki ölçümde diş dibi çapı Ø51,01 mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. Diş dibi ölçümü sonucunda $\pm 0,01$ tolerans dahilinde olduğu görülmüştür.



Şekil 6.15. 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş üstü ve diş dibi çapı ölçüleri.

Şekil 6.16' te $\pm 0,01$ tolerans ile imalatı yapılmış olan 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş kalınlığı ön imalat resmi 3,8 mm olarak çizilmiştir. İmalattan sonraki ölçümde diş kalınlığı ön 3,77 mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. Diş kalınlığı ön ölçümü sonucunda $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı ve $3,8 \times X/100 = 0,02$ ise hata oranı (X) % 0,52 değerinde hesaplanmıştır.

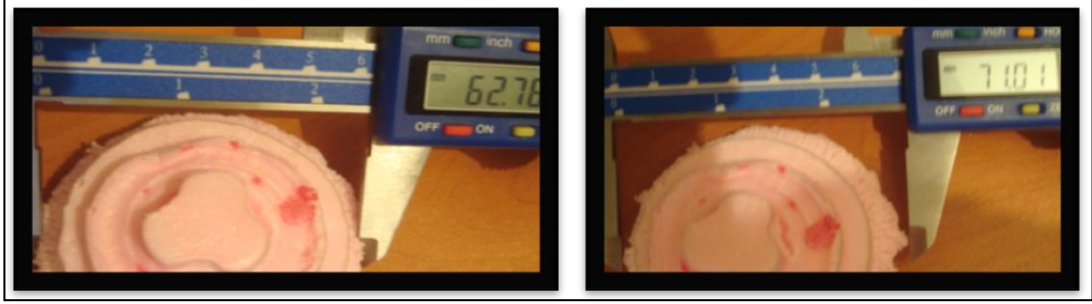
Diş kalınlığı arka imalat resmi 5,5 mm olarak çizilmiştir. İmalattan sonraki ölçümde diş kalınlığı arka 5,45 mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. Diş kalınlığı ön ölçümü sonucunda $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı, $5,5 \times X/100 = 0,04$ ise hata oranı (X) % 0,72 değerinde hesaplanmıştır.



Şekil 6.16. 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş kalınlığı ön ve arka ölçüleri.

Şekil 6.17' te $\pm 0,01$ tolerans ile imalatı yapılmış olan 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş dibi çapı arkası imalat resmi $\text{Ø}62$ mm olarak çizilmiştir. İmalattan sonraki ölçümde diş dibi çapı arkası $\text{Ø}62,76$ mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. Diş dibi çapı arkası ölçümü sonucunda $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı ve $62 \times X/100 = 0,25$ ise hata oranı (X) %0,40 değerinde hesaplanmıştır.

Diş üstü çapı arka ölçüsü imalat resmi $\text{Ø}72$ mm olarak çizilmiştir. İmalattan sonraki ölçümde diş üstü çapı arka ölçüsü $\text{Ø}71,01$ mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı, $72 \times X/100 = 0,98$ ise hata oranı (X) % 1,36 değerinde hesaplanmıştır.



Şekil 6.17. 90° lik silindirik düz konik dişlinin diş dibi çapı arka ve diş üstü çapı arka ölçüleri.

Çizelge 6.4. 90° lik silindirik düz konik dişli ölçümü ve yüzdelik hata oranı.

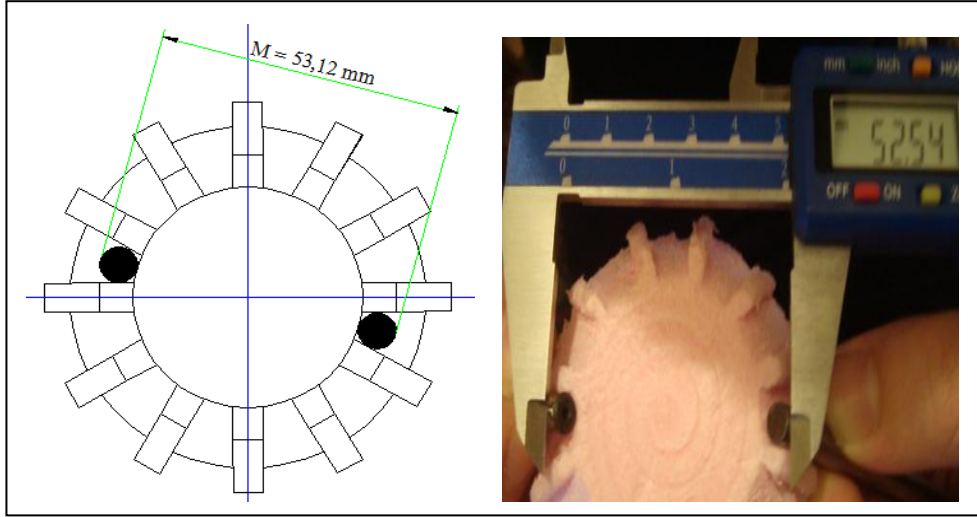
Ölçümler	İmalat Resmi Ölçüsü (mm)	İmalatı Yapılmış Dişli Ölçüsü (mm)	Tolerans Değeri	Yüzdelik Hata Oranı
Diş Dibi Çapı	Ø40	Ø40,19	± 0,01	% 0,45
Diş Üstü Çapı	Ø51	Ø51,01	± 0,01	% 0
Diş Kalınlığı Ön	3,8	3,77	± 0,01	% 0,52
Diş Kalınlığı Arka	5,5	5,45	± 0,01	% 0,72
Diş Üstü Çapı Arka	Ø72	Ø71,01	± 0,01	% 1,36
Diş Dibi Çapı Arka	Ø62	Ø62,76	± 0,01	%0,40

Pim üstü kontrolü için 2 adet Ø6 mm olan pim kullanılmıştır. Pim üstü ölçümünde 1/100 hassasiyetinde dijital kumpas ile ölçüm yapılmıştır. Kavrama açısı 20° olan düz konik dişlide, $m_n= 5,5$, $Z= 12$, $D_o= 66$, diş üstü çapı= 51 olan dişli için pim üstü ölçüsü (M) değeri “Makine Elemanları Dizayn- Konstrüksiyon” adlı kitap referans alınarak uygun tablodan seçilerek hesaplanmıştır [32].

Pim üstü ölçüsü(M)= 9,65

Pim ölçüsü(Dr)=6 mm, $9,65 \times 5,5= 53,12$ mm bulunur.

Şekil 6.18’ de pim üstü ölçüsü imalat resmi $\text{Ø}53,12$ mm olarak çizilmiş olup imalattan sonraki ölçümde pim üstü ölçüsü $\text{Ø}52,54$ mm olarak dijital kumpas ile ölçülmüştür. $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı, $53,12 \times X/100 = 0,57$ ise hata oranı (X) % 1,07 değerinde hesaplanmıştır.



Şekil 6.18. Düz konik dişlinin pim üstü ölçüleri.

Dişlinin doğruluğu için yapılan diğer bir metod olan mikrometre ile kontrolü için ‘‘Makine Elemanları Dizayn- Konstrüksiyon’’ adlı kitap referans alınarak uygun tablodan seçilerek hesaplanmıştır [32].

$z=12$, $m=5,5$ olan 90° lik açı ile çalışan silindirik düz konik dişlinin;

Ölçüm yapılacak diş sayısı = 3 [32].

W = Dişler üzerinden ölçü (mm)

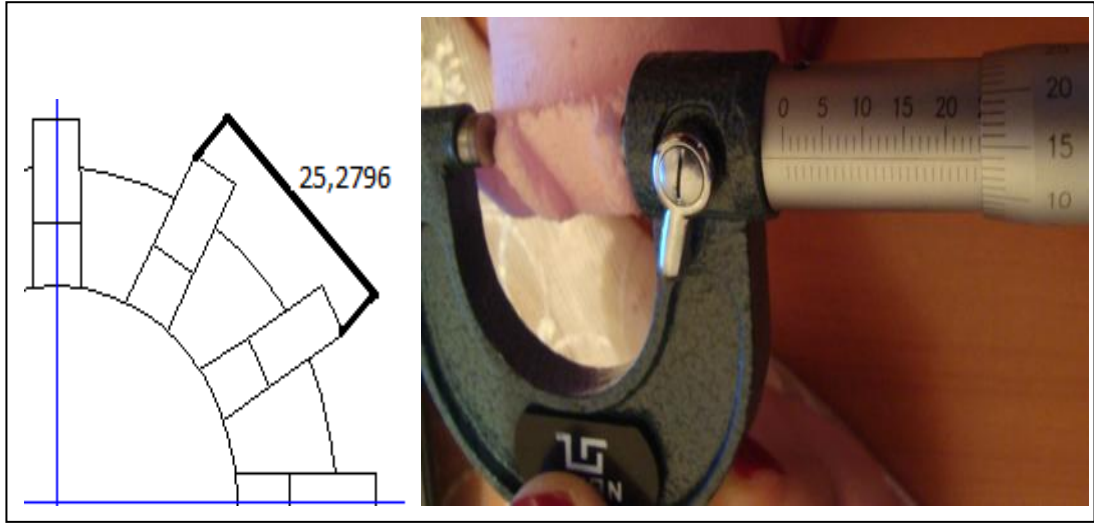
m_n = Dişlinin normal modülü (5,5)

W_1 = Kavrama açısı 20° için tablodan seçilmiştir (4,5963) [32].

$W = m_n \times W_1$ formülünden $W = 25,2796$ mm bulunmuştur.

W işaretinin hemen sağ yanındaki rakam dişlinin kaç diş üzerinden ölçülmesi gerektiğini belirtmektedir. Örneğin bu çalışmada iki diş üzerinden ölçüm yapılacak olup W_2 ile gösterilmektedir. Hesaplamalar sonucunda $W_2 = 25,2796$ mm bulunmuştur.

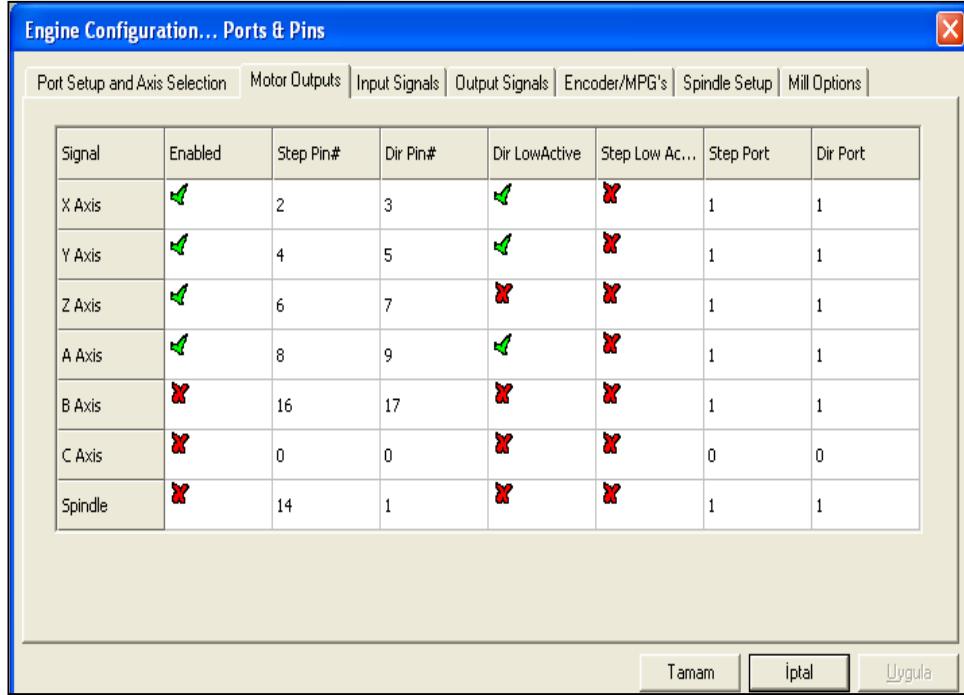
Şekil 6.19’ da iki diş arasındaki ölçü 25,2796 mm olarak çizilmiş olup imalattan sonra 1/100 hassasiyetinde mikrometre ile ölçüm yapılmıştır. Ölçümde iki diş arası 24,86 mm olarak ölçülmüştür. $\pm 0,01$ toleransın dışına çıktığı, $25,2786 \times X/100 = 0,41$ ise hata oranı (X) % 1,65 değerinde hesaplanmıştır.



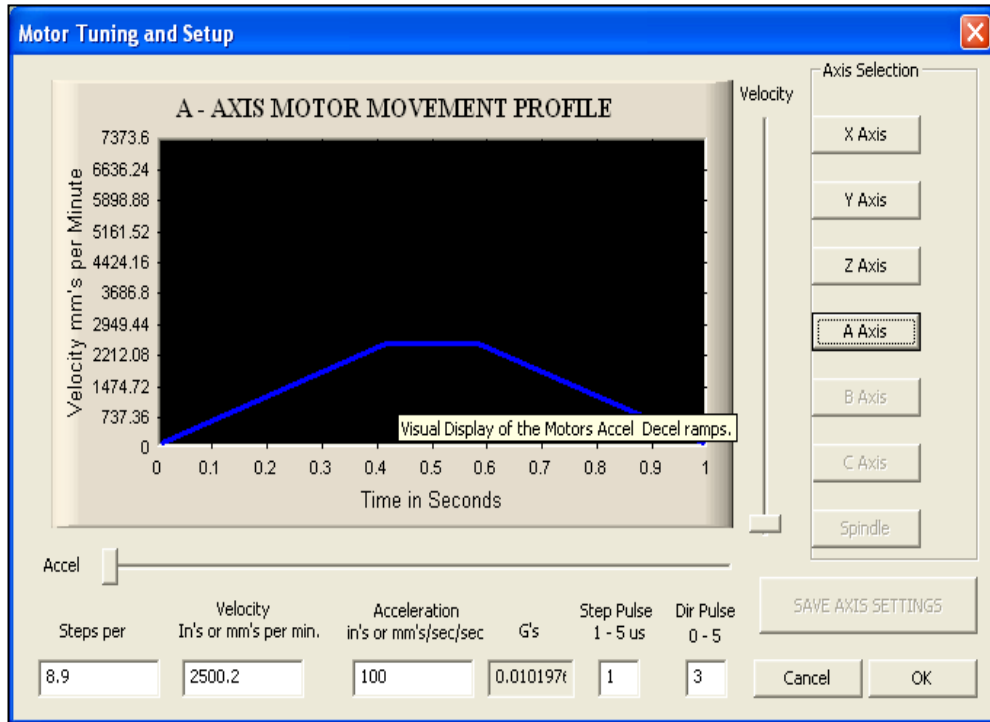
Şekil 6.19. Düz konik dişlinin mikrometre ölçüleri.

6.4. ARAYÜZ PROGRAMI VE DİŞLİLER

4. ekseninde ayna istenilen derecede dönerek dişli işlemeyi tamamlamıştır. Kontrol Yazılımı olarak Mach3 Programı kullanılmıştır. Bu program yüklediğimiz kodlara göre makineye yön vermektedir [33]. Programın arayüzü ve kodların doğru bir şekilde aktarılması için yapılması gereken ayarlar gösterilmiştir (Şekil 6.20). Dördüncü eksenin de (tabloda görülen A eksenini) mach 3 programından gerekli ayarları aşağıdaki gibi yapılmaktadır (Şekil 6.21).

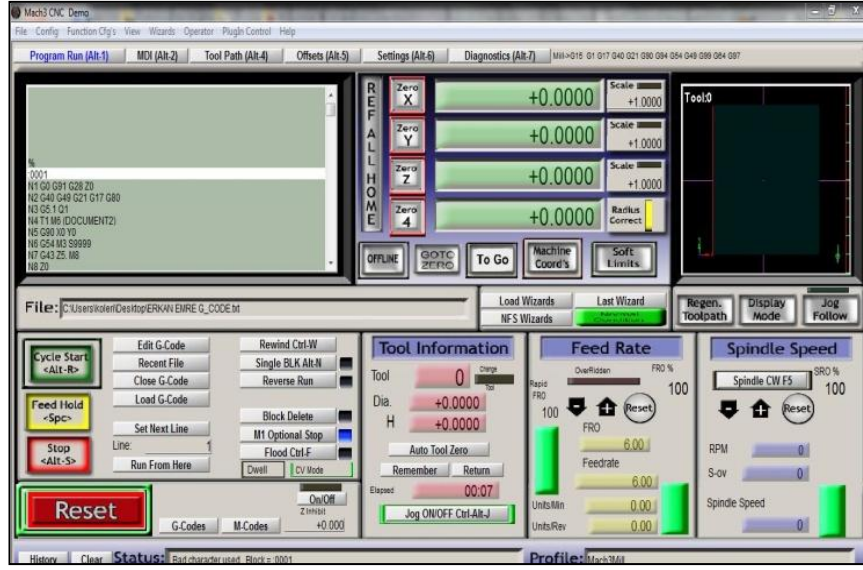


Şekil 6.20. Mach3 programı eksenler arası kontrol ayarları.



Şekil 6.21. Mach3 programı 4. eksen (A eksen) kontrol ayarları.

Mastercam programı ile oluşturulan G kodları, mach 3 programı ile sürücü kontrol devresine aktarılarak CNC'nin işlemesi başlatılmış olmaktadır (Şekil 6.22).



Şekil 6.22. G kodlarının mach 3 programına aktarılması.

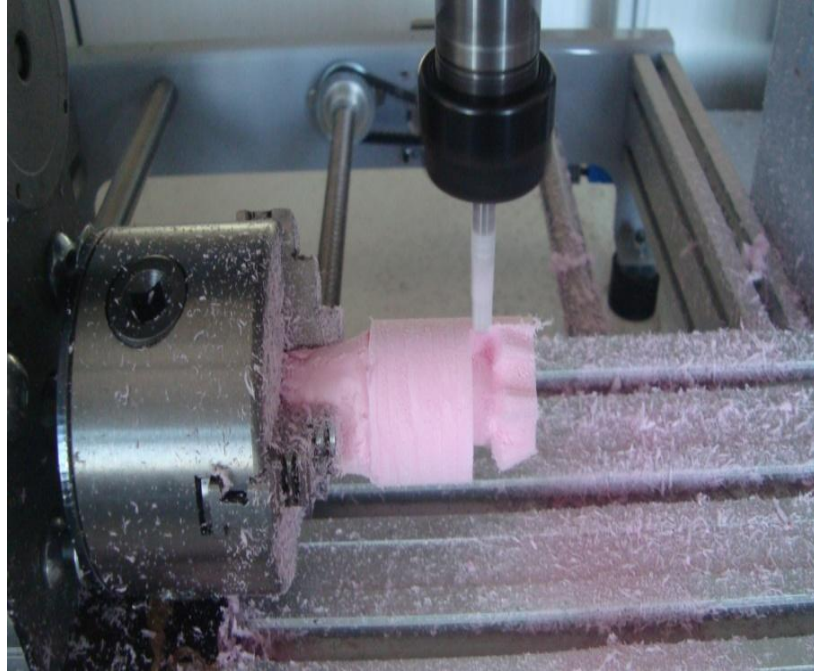
Uygulama malzemesi olarak seçilen strofor ve ahşap malzemeden konik dişliler modellerini oluşturduğumuz ölçülerde masaüstü 4 eksen CNC' de işlenmiştir (Şekil 6.23, 6.24, 6.25, 6.26, 6.27).



Şekil 6.23. Strofor malzemeden $\delta < 90^\circ$ olan helisel konik dişi oluşturulması.



Şekil 6.24. Ahşap malzemenin işlenerek helisel konik dişli oluşturulması.



Şekil 6.25. Strofor malzemedan $\delta < 90^\circ$ olan düz konik dişli oluşturulması.



Şekil 6.26. Strofor malzemedan $\delta=90^\circ$ olan helisel konik dişli oluşturulması.



Şekil 6.27. Strofor malzemedan $\delta=90^\circ$ olan düz konik dişli oluşturulması.

Dişlinin yüzey hassasiyeti için 4. Eksende bulunan aynanın her adımdaki dönme açısı ne kadar az olursa hassasiyet o kadar iyi olacağı tespit edilmiştir. Bunun için ise aynanın dönme derecesi 1° olarak seçilmiştir. Strofor ve ahşap olarak seçilen deney malzemeleri için gerekli parametreler aşağıdaki çizelge 6.5’de verilmektedir.

Çizelge 6.5. Deney malzemeleri için bulunan parametreler.

DENEY MALZEMELERİ	STRAFOR			AHŞAP
DIŞLİLER	$\delta=90^\circ$ olan düz ve helisel konik dişli	$\delta<90^\circ$ olan düz konik dişli	$\delta<90^\circ$ olan helisel konik dişli	$\delta<90^\circ$ olan helisel konik dişli
PARAMETRELER				
Takım Çapı (D), mm	D1.5	D3	D1.5	D1.5
Kesici Ağız Sayısı (z)	2	4	2	2
Takım Boyu (L), mm	35	35	35	35
Devir Sayısı (N), dev/dak	1200	1200	1200	1200
Takım Dönüş Yönü	Saat Yönünde	Saat Yönünde	Saat Yönünde	Saat Yönünde
İlerleme (F), mm/dak	1250	1250	1250	1250
Hızlı İlerleme (Fmax), mm/dak	5000	5000	5000	5000
Talaş Derinliği (a_d), mm	2	2	2	2
Yanal Kayma (a_c), mm	1.2	1.2	1.2	1.2
Talaşa Giriş Şekli (α)	1 ⁰	3 ⁰	1 ⁰	2 ⁰
Giriş Mesafesi (Lg), mm	6	6	6	6
Çıkış mesafesi (Lc), mm	6	6	6	6
Güvenli Z Mesafesi, (Z), mm	20	20	20	20
Talaştan Talaşa Takım Kalkışı	Güvenli Z Düzlemi	Güvenli Z Düzlemi	Güvenli Z Düzlemi	Güvenli Z Düzlemi
İşleme Yönü	Aynı Yönlü	Aynı Yönlü	Aynı Yönlü	Aynı Yönlü
Güvenli Yaklaşma Mesafesi, mm	5	5	5	5
Stok Miktarı, mm	2	2	2	2
İşleme Toleransı, mm	0,025	0,025	0,025	0,025

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada masaüstü CNC'lerin geliştirilip eğitim veren kurumlar ve sanayiye yönelik masaüstü 4 eksen CNC freze tezgahı tasarımı yapıldı ve imal edilmiştir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. Masaüstü 4 eksen CNC freze tezgahı özellikleri.

	<u>4 EKSENLİ MASAÜSTÜ CNC</u>
Makine Ölçüleri	860x630x635 mm
Çalışma Alanı	660x360x80 mm
Çalışma Hassasiyeti	0,003125
Boşta ilerleme hızı	8m/dk.
Max. Kesme Hızı	4m/dk.
Ağırlık	85 kg.
Spindle Motor	1,4 KW-50-18000 dev/dk. (İnvertör kontrollü)
İşlevleri	2 ve 3 boyutlu işleme, yüzey işleme, kesme, delme frezeleme, dördüncü eksen ile silindirik, helisel konik dişliler ve ekzantrik parça işleyebilme.
Kontrol Ünitesi	Mach 3
Çalıştığı Dosyalar	NC kod, dxf, Wmf, Hpgl, Plt, Cmx, jpeg, Bitmap...
İşlediği Malzemeler	Ahşap, Alüminyum, Bakır, Sert plastikler (polyamid, kestamid, vb.) pleksiglas ve diğer yumuşak malzemeler.
Soğutma Sistemi	Yok

7.1. SONUÇLAR

- Z ekseninin kızaklamasında doğrusal ray ve araba kullanılmıştır, X ve Y ekseninde ise doğrusal rulman kullanıldığından işleme sırasında yüksek hız ve zorlanma karşısında düşük miktarda titreşim olduğu görülmüştür.
- Masaüstü 4 eksen döner tablalı CNC tezgahında, 4. eksen belli açıda dönerek $\delta < 90^\circ$ olan silindirik düz konik dişli, $\delta < 90^\circ$ olan helisel konik dişli, $\delta = 90^\circ$ olan helisel konik dişli ve düz konik dişli işleme uygulamaları yapılmıştır.
- Konik dişliyi açmak için gerekli kontrol devresi ayarları yapılarak dişlilerin modellenmesi pro engineer çizim programında, takım yollarının çıkartılması ise mastercam programı kullanılarak yapılmıştır.
- Sistemin montajı vidalı birleştirmelerle yapıldığı için sert malzemeler işlemede titreşim olduğu görülmüştür. Bu sebep ile strofor ve ahşap malzemeler uygun seçilerek bu malzemelere konik dişliler işlenmiştir. Konik dişli işlemede ahşap ve strofor malzeme için uygun parametreler belirlenmiştir.
- Masaüstü 4 eksen döner tablalı CNC tezgahında işlemede ara yüz programı olan mach3 programı tercih edilerek uygulamalar tamamlanmıştır.
- Eğitim ortamlarında ve piyasada 4. eksen çok fazla kullanılmamakta olup, bu çalışma ile 4. Eksen kullanılabilirliği sağlanmış olmaktadır.
- Elektronik kontrol sisteminin mastercam, proengineer gibi sıkça kullanılan programlara uyum sağlayabildiği görülmektedir.
- Sistemin hassasiyeti 0,003125 mm olup, X eksen standart sapması 0,3162 mm ve Y eksen standart sapması 0,0223 mm, XY eksen standart sapması 0,02 bulunmuştur. X eksen standart sapmasının yüksek olmasının nedeni bu eksenindeki hareket milinin tornalama esnasında bir miktar eksen kaçıklığı oluşmasıdır.

7.2. ÖNERİLER

- Sistemin montajı tercihen vidalı birleştirme yapılarak oluşturulmuştur. Ancak sistemin rijitliği bakımından gövdenin döküm işlemi ile oluşturulması önerilir.
- Sistemin Y ekseninde doğrusal ray ve araba kullanılırsa Yekseni işleme alanı yaklaşık 200 mm'ye kadar arttırılabilir.
- CNC' nin çalışması esnasında talaşların etrafa yayılmaması ve Y eksenindeki lineer bilyeli mil ve somunun talaşlardan etkilenmemesi için üzerine körüklü bir deri kumaş ile kaplanabilir.
- Sistemin X ve Y eksenlerinde lineer bilyeli mil ve somun ve lineer kızak ve mil kullanılmıştır. Kestamid veya delrin yataklar kullanılarak maliyet düşürülebilir.
- Teknik eğitim veren birçok okulda CNC tezgahı ile teorik bilgiler ve CAD-CAM programlarını almakta olup, öğrendikleri CAM programlarını sadece bilgisayar ortamında simülasyonunu izleyerek parça işlemektedirler. Öğrenmenin en kalıcı yollarından biri olan uygulamalı eğitimler, öğrenciler için yaptıkları tasarımlarını gerçek ortamda işleyebilmeleri yüksek düzeyde öğrenme sağlayacaktır. Okullarda CNC laboratuvarları kurularak öğrencilerin öğrenme düzeyi arttırılmış olabilecektir.
- Bu çalışma ile düşük bütçe ile kullanışlı ve 4 eksenli bir CNC tezgahının üretilebilir olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Uyanık, S., Şimşek, İ., Aytan, N., Onat, M. ve Erdal, H., “3 Eksenli yüzey işleme tezgahının bilgisayar ile kontrolü”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)**, Karabük, 1-10 (2009).
2. Çelik, Ş.A., Kayacan, M.C., Aydoğan, T. ve Çakır, A., “Bilgisayar kontrollü kumaş kesme makinası tasarımı ve imalatı”, **Politeknik Dergisi**, 5 (2): 173-177 (2002).
3. Güllü, A., Kaya, S., Pınar, A.M., “Freze tezgahı için geliştirilen plc tabanlı divizör”, **S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 10 (2): 311-316 (2006).
4. Nagata, F., Kusumoto, Y. and Watanabe K.,”Intelligent machining system for the artistic design of wooden paint rollers”, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 25 (3): 680– 688 (2009).
5. Coşkun, İ. ve Işık, M.F., “Elektroerezyon tezgahları için geliştirilen plc tabanlı divizör”, **S.D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 12 (3): 4-7 (2008).
6. Kaygısız, H., “Eğitim amaçlı üç eksenli masaüstü cnc freze tasarımı ve prototipi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 46-56 (2010).
7. Karaçam, S., “Adım motor kontrollü hızlı cnc freze tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya, 26-57 (2009).
8. Gordon, S. and Hillery, M., “Development of a high-speed cnc cutting machine using linear motors”, **Journal of Materials processing Technology**, 166 (3): 321-32, (2005).
9. Kabaş, K. ve Çetinkaya, K., “Masaüstü cnc dik işleme tezgahı tasarımı ve soğutma sıvısı uygulaması”, **6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)**, Elazığ, 1-8 (2011).
10. Sevil, S., Kaygısız, H. ve Çetinkaya, K., “Dört eksenli masaüstü cnc freze tasarımı ve prototip imalatı”, **International Iron & Steel Symposium**, Karabük, 2-8 (2012).
11. Kutlu, M., ” Üç eksenli masa tipi cnc freze tezgâhı tasarım ve imalatı” , Yüksek Lisans Tezi, **Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 53-77 (2006).

12. Büyükşahin, U., “Üç eksenli cnc tezgah tasarımı ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 30-126 (2005).
13. Göloğlu C. ve Bunarbaşı İ., “Üç eksenli doğrusal hareket mekanizması tasarımı ve imalatı”, *Teknoloji*, 7 (3): 507-515 (2004).
14. Köbeloğlu, A., “ Eğitim amaçlı iki eksenli masaüstü cnc torna tasarımı ve prototipi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 8-12 (2011).
15. Ayyıldız, A., Demir, E., Özten, K. ve Kabaş, K., “Masaüstü cnc freze tezgahı tasarımı ve prototip imalatı”, Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Karabük, 10-25 (2009).
16. Özel, C., “Düz konik dişlilerin sayısal denetimli freze tezgahlarında hassas şekilde açılmasının tasarımı ve imalatı”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 86-109 (2000).
17. Suh, S, H., Jih, W,S. and Hong, D. H., “Sculptured surface machining of spiral bevel gears with cnc milling”, *Machine Tool Manufacture*, 41 (6): 833-850 (2001).
18. Flodin, A. and Andersson, S., “ Simulation of mild wear in helical gears”, *Wear*, 241 (2): 123-128 (2000).
19. Ciavarella, M. and Demelio, G., “ Numerical methods for the optimisation of specific sliding, stress concentration and fatigue life of gears”, *International journal of fatigue*, 21 (5): 465-474 (1999).
20. Flodin, A. and Andersson, S., “ Simulation Of Mild Wear İn Spur Gears”, *Wear*, 207 (1-2): 16-23 (1997).
21. Zaitsev, V.V., “Calculation of the geometrical parameters of the gear cutting heads”, *Soviet Engineering Research*, 7 (7): 70-71 (1987).
22. Bozdemir, M. ve Semiz, S., “ Levha Kam Mekanizmalarının Bilgisayar Yardımıyla Tasarım Ve İmalatı”, *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 10-18 (2009).
23. Artobolevsky, I.I., “Mechanisms in Modern Engineering Design” *Gear Mechanisms*, Moscow, 85-90 (1977).
24. İnternet: İys, “Konik Dişliler”, <http://iys.inonu.edu.tr/webpanel/dosyalar/170/file/helis%20ve%20konik%20disli.pdf>, (2012).

25. İnternet: Aymaksan, “Sipiral Konik Dişli, Ayna Ve Mahruti Dişli Formülleri”, http://www.aymaksan.biz/tr/urunlerimiz_spiral_konik_disli_ayna_mahruti_disli.html, (2012).
26. İnternet: Ptc, “Pro/Engineer”, <http://www.ptc.com/product/creo/parametric>, (2012).
27. İnternet: Mastercam, “Mastercam”, <http://www.mastercam.com/Products/Default.aspx>, (2012).
28. Gaida, W.R., Rodriguez, C.A., Atlan, T. and Altintas, Y., “Preliminary experiments for adaptive finish milling of surface on cutting conditions”, *Journal of Mechanical Working Technology*, 20: 105-119 (1995).
29. Bo, H.Kim. and Byoung, K.Choi., “Machining efficiency comparision direction parallel tool path with contour-parallel tooll path” , *Computer Aided Design*, 34 (2): 89-95 (2002).
30. Özbek H. ve Keskin S., “Standart sapma mı yoksa standart hata mı?”, *Van Tıp Dergisi*, 14 (2): 64-67 (2007).
31. Dizdar E.N., “Uygulamalı Olasılık Ve İstatistik”, *Kale Ofset*, Ankara, 98-105 (2000).
32. Derviş D., “ Uygulanmış Makine Elemanları Dizayn- Konstrüksiyon”, *TSE Genel Merkezi*, Ankara, 150-152 (1999).
33. İnternet: Machsupport, “Mach”, <http://www.machsupport.com/>, (2012).

ÖZGEÇMİŞ

Neslin HASAR 1986 yılında Bandırma’da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Balıkesir’de tamamladı. 2009 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği Bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenli Yüksek Lisans programına başladı.

ADRES BİLGİLERİ

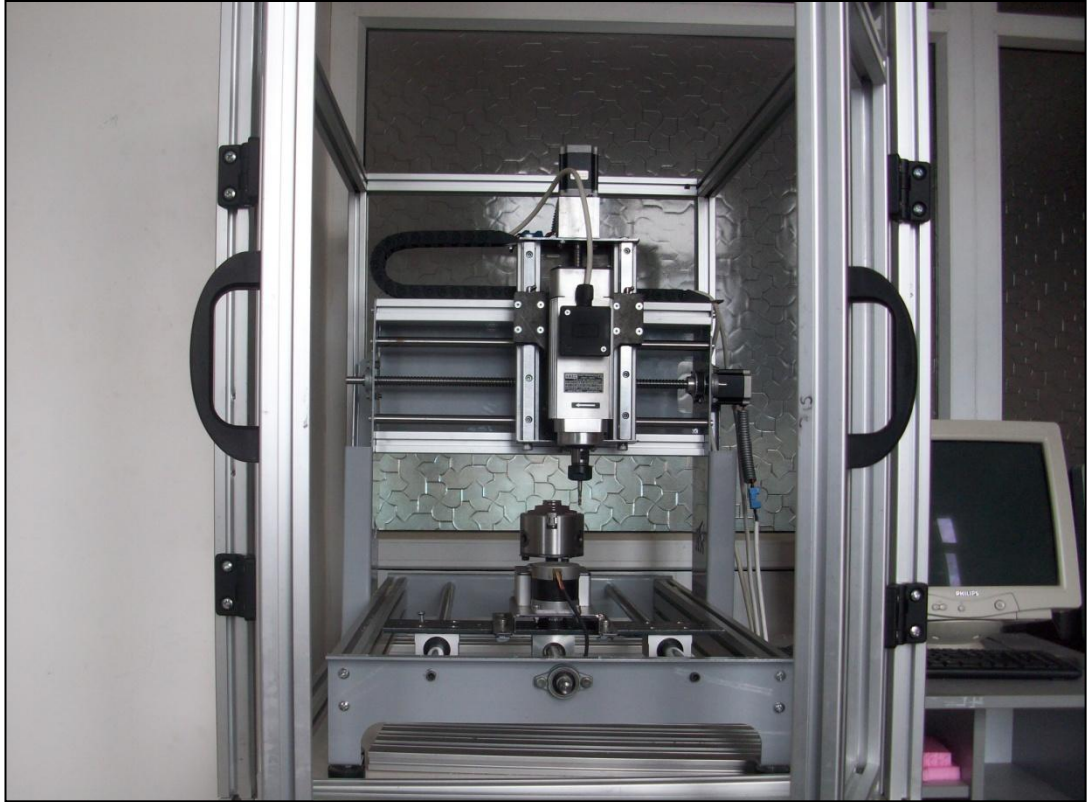
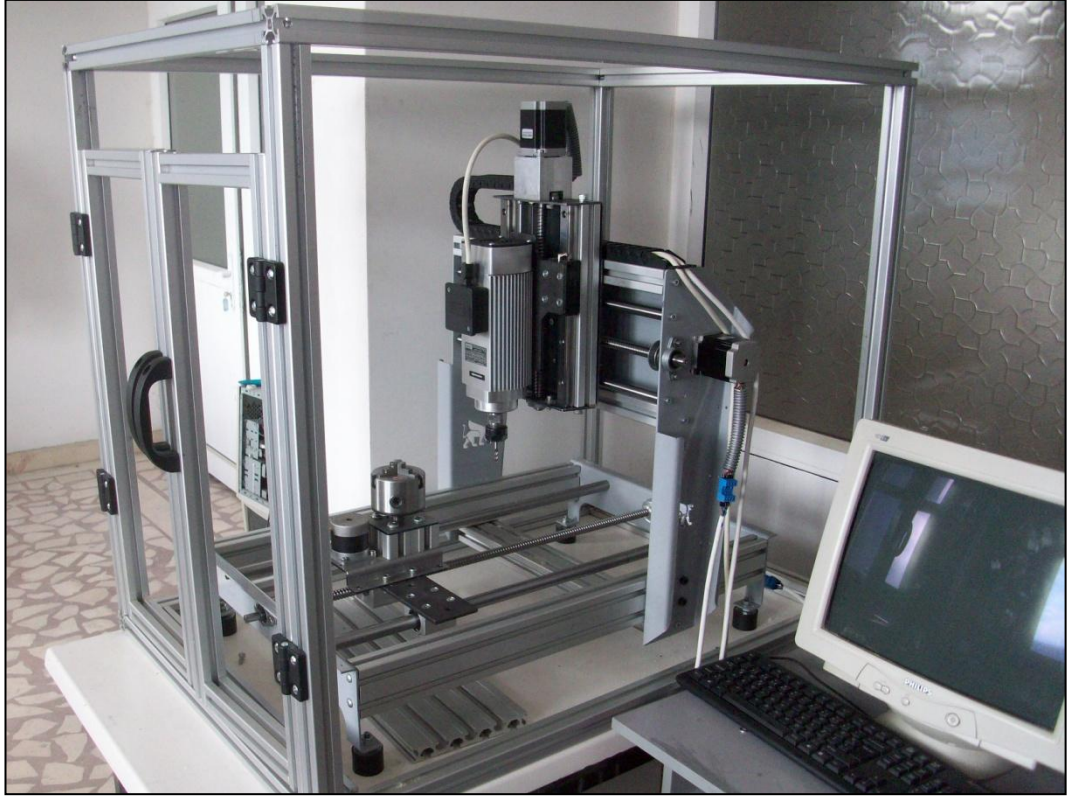
Adres : Yeni Mah. Mustafa Necati Sokak İştek Evler 15/P
Susurluk/ BALIKESİR

Tel :

E-posta : neslin.hasar@hotmail.com

EK AÇIKLAMALAR A.

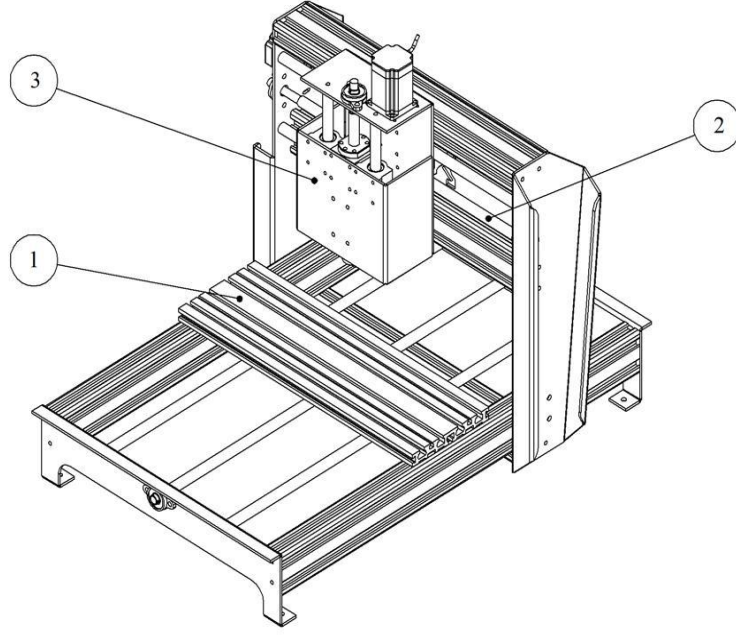
CNC TEZGAHIN FOTOĞRAFLARI



Şekil EK A.1. Masaüstü 4 Eksen CNC Freze.

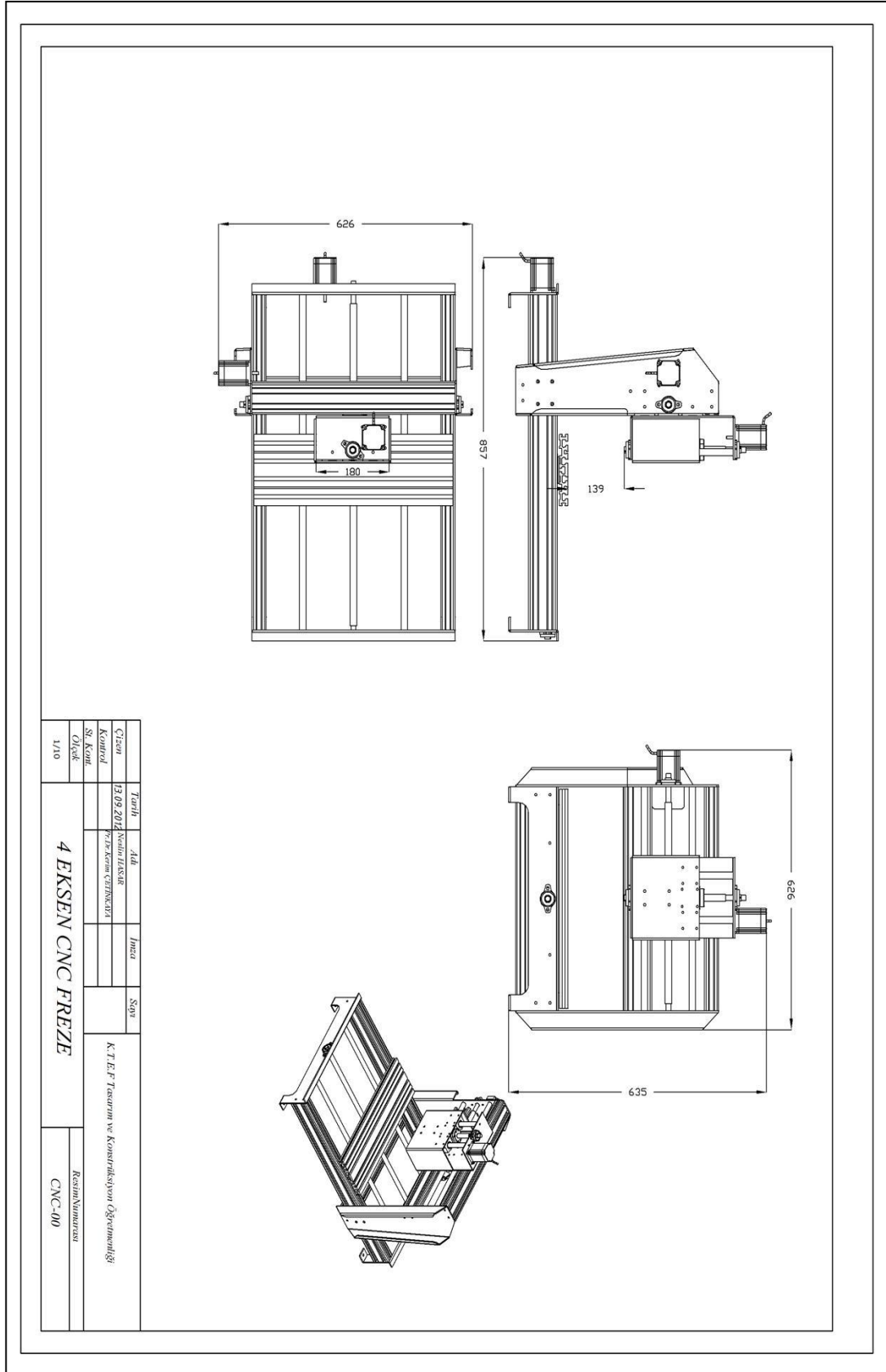
EK AÇIKLAMALAR B.

CNC TEZGAHIN İMALAT RESİMLERİ

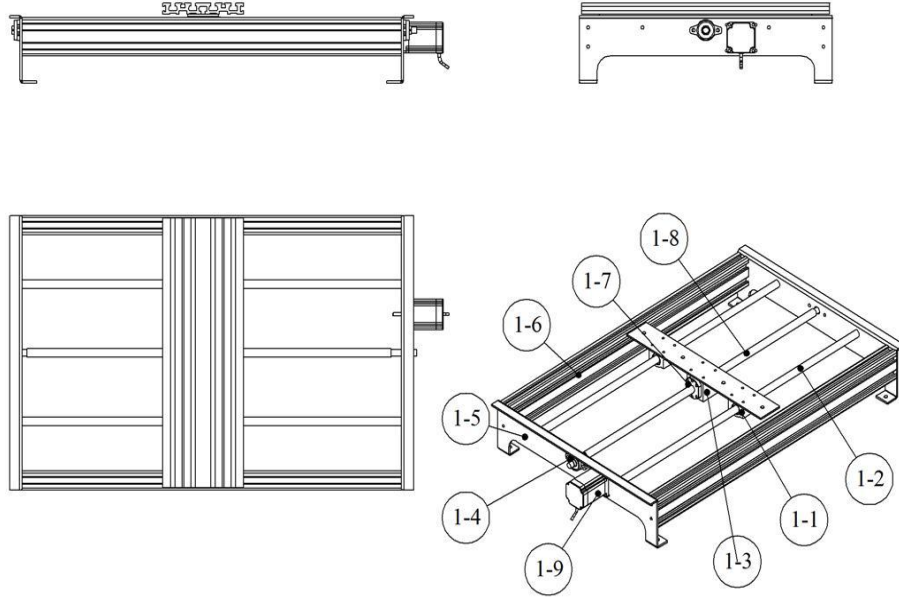


4	TOPLAM PARÇA SAYISI				
1	4. EKSEN	CNC-04	4	---	---
1	Z EKSENİ	CNC-03	3	---	---
1	X EKSENİ	CNC-02	2	---	---
1	Y EKSENİ	CNC-01	1	---	---
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nu. Standart Nu.	Parça Nu	Malzeme	Açıklamalar
Çizen	Tarih	Adı	İmza	Sayı	K.T.E.F Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği
	13.09.2012	Neslin HASAR			
Kontrol		Pr.Dr.Kerim ÇETINKAYA			
St. Kont.					
Ölçek	4 EKSEN CNC FREZE			Resim Numarası	
1/10				CNC-00	

Şekil EK B.1. 4 Eksen CNC Freze.

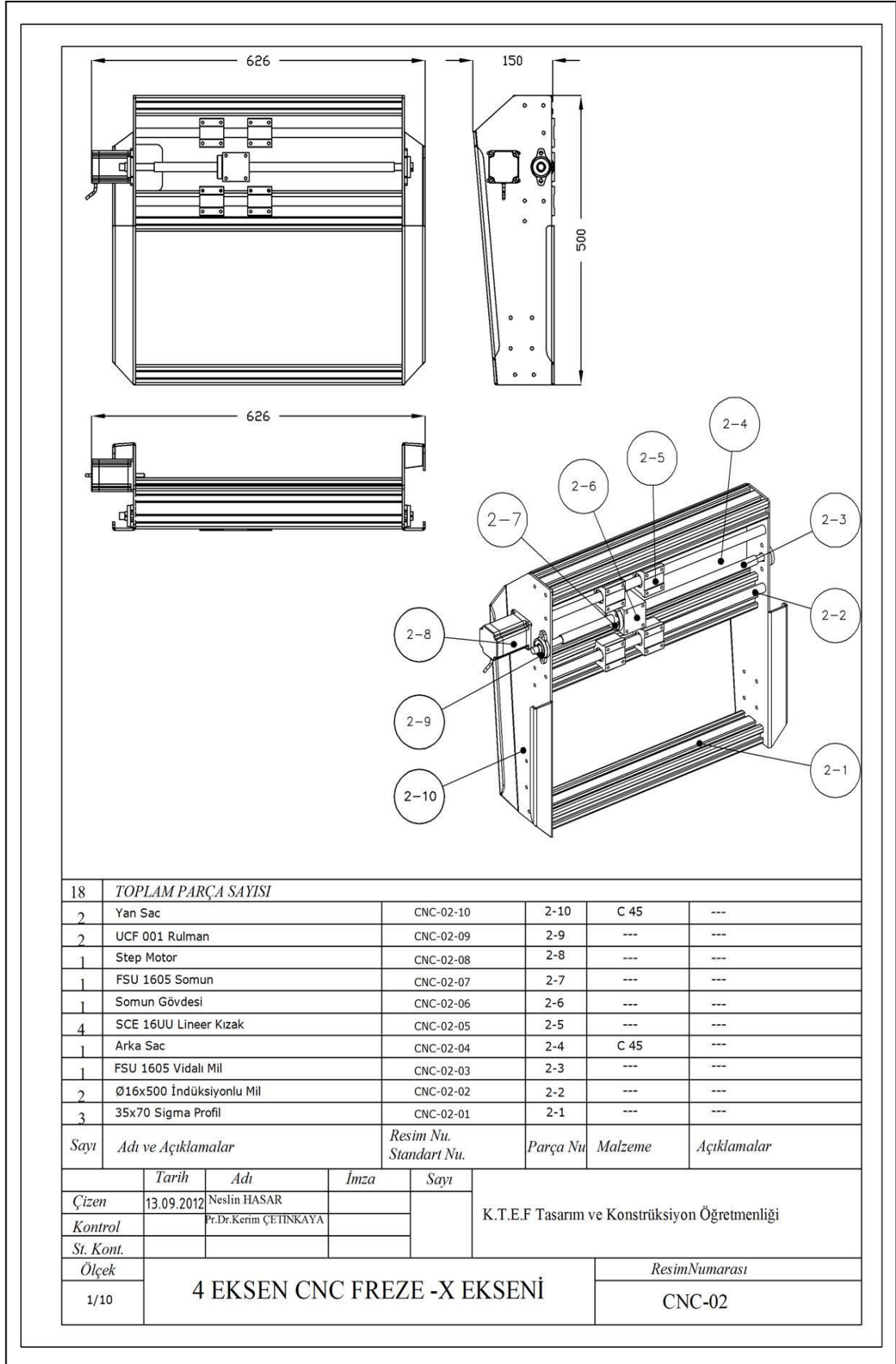


Şekil EK B.2. 4 Eksen CNC Freze genel görüntüsü.

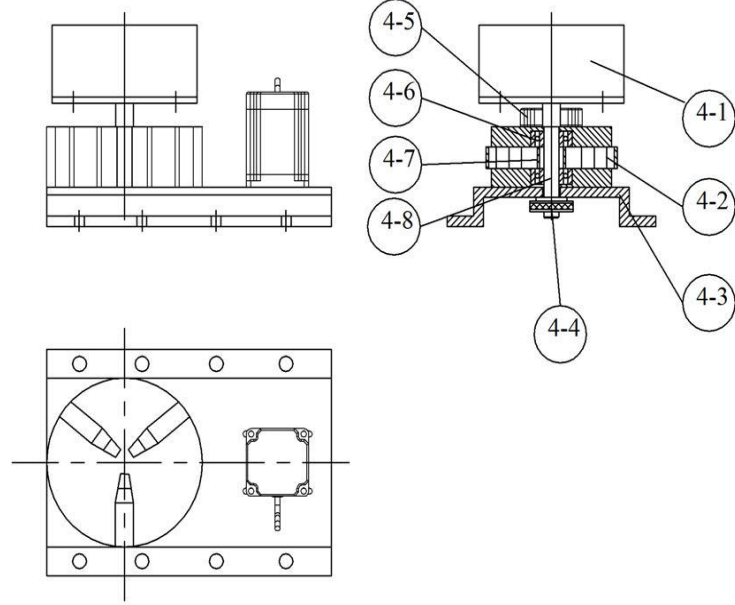


Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nu. Standart Nu.	Parça Nu	Malzeme	Açıklamalar
13	TOPLAM PARÇA SAYISI				
1	Step Motor	CNC-01-09	1-9	---	---
1	FSU 1605 Vidalı Mil	CNC-01-08	1-8	---	---
1	FSU 1605 Somun	CNC-01-07	1-7	---	---
2	35x70 Sigma Profil	CNC-01-06	1-6	---	---
1	Ön Sac	CNC-01-05	1-5	C 45	---
2	UCF 001 Rulman	CNC-01-04	1-4	---	---
1	Somun Gövdesi	CNC-01-03	1-3	---	---
2	SCE 16 UU Kızak	CNC-01-02	1-2	---	---
2	Ø16 İndüksiyonlu Çelik Mil	CNC-01-01	1-1	---	---
Çizen	Tarih	Adı	İmza	Sayı	K.T.E.F Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği
	13.09.2012	Neslin HASAR			
Kontrol		Pr.Dr.Kerim ÇETINKAYA			
St. Kont.					
Ölçek	4 EKSEN CNC FREZE -Y EKSENİ			Resim Numarası	
1/10				CNC-01	

Şekil EK B.3. 4 Eksen CNC Freze Y eksenı görüntüsü.



Şekil EK B.4. 4 Eksen CNC Freze X eksen görüntüsü.



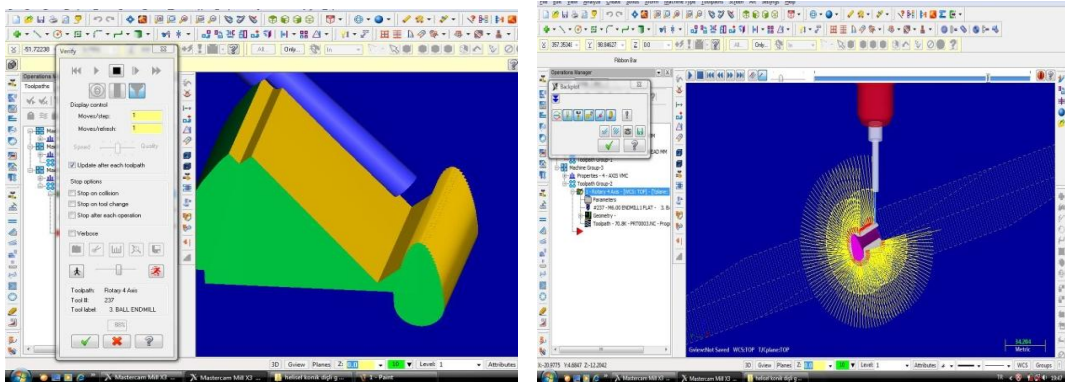
15	TOPLAM PARÇA SAYISI				
1	Mil Ø16	CNC-04-08	4-8	FE 44	---
7	Burç Ø16	DIN ISO 4379	4-7	FE 44	HAZIR
2	Sabit Makaralı Rulman Ø20	TS 11706	4-6	FE 44	HAZIR
1	Step Motor	CNC-04-05	4-5	---	---
1	Triger Kayış- Kasnak Çifti	CNC-04-04	4-4	---	---
1	A Eksen Sac	CNC-04-03	4-3	C 45	---
1	Sigma Profil	CNC-04-02	4-2	---	---
1	Torna Aynası Ø80	CNC-04-01	4-1	---	---
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nu. Standart Nu.	Parça Nu	Malzeme	Açıklamalar
Çizen	Tarih	Adı	İmza	Sayı	K.T.E.F Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği
	13.09.2012	Neslin HASAR			
Kontrol		Pr.Dr.Kerim ÇETINKAYA			
St. Kont.					
Ölçek	4 EKSEN CNC FREZE -A EKSENİ			Resim Numarası	
1/10				CNC-04	

Şekil EK B.6. 4 Eksen CNC Freze A eksen görüntüsü.

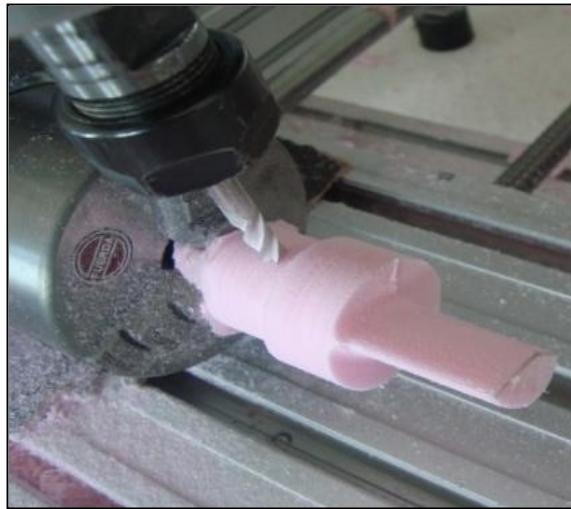
EK AÇIKLAMALAR C.

ÖRNEK UYGULAMA

Strofor malzemeden işlenmek üzere örnek bir uygulama için mil, Pro/Engineer programında çizilerek mastercam programında kodu çıkartılmıştır (Şekil EK C.1). 4. Eksene bağlanmış olan strofor iş parçasına mach 3 arayüz programı ile işleme işlemi yapılmıştır (Şekil EK C.2).

		
<p>O000 N100 G21 N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90 N104 T122 M6 N122 A-68.77 N124 A-64.222 N126 A-59.674 N128 A-55.126.</p>	<p>N106 G0 G90 G54 X39.8 Y.222 A-89.919 S3500 M3 N108 G43 H122 Z29.997 N110 Z9.997 N112 G1 Z4.997 F2. . . N7546 Z29.997 F2. N7548 M5</p>	<p>N114 Y.056 Z5. A-86.56 F19.8 N116 Y0. A-82.414 N118 A-77.866 N120 A-73.318 N7550 G91 G0 G28 Z0. N7552 G28 X0. Y0. A0. N7554 M30.</p>

Şekil EK C.1. Milin mastercam programında kodu çıkartılması.

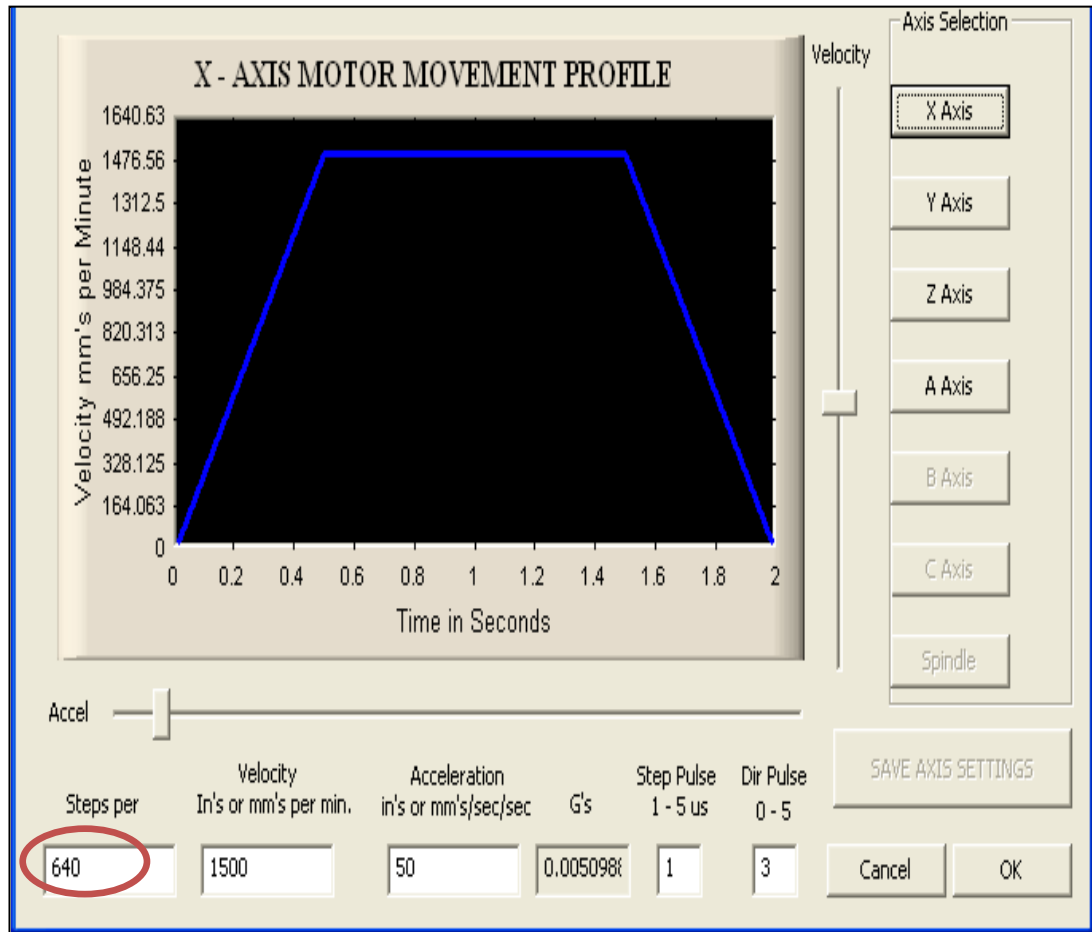


Şekil EK C.2. 4 Eksen CNC' de işlenmesi.

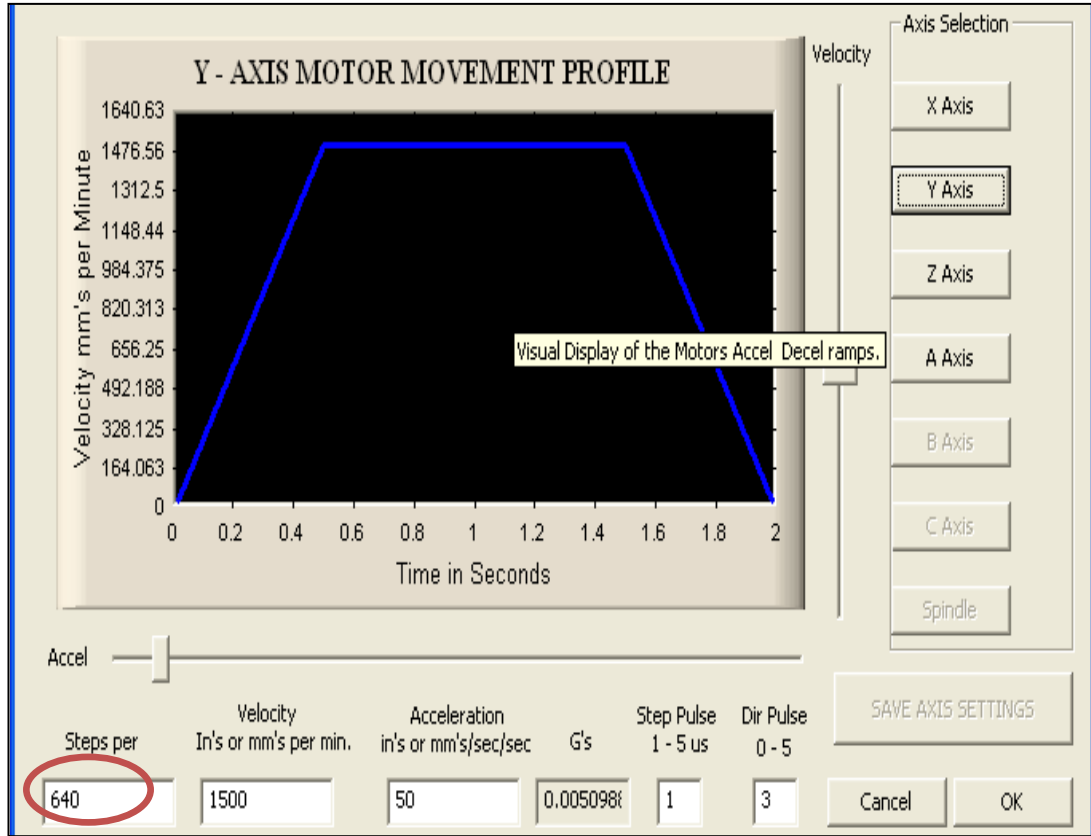
EK AÇIKLAMALAR D.

MACH 3 PROGRAM AYARLARI

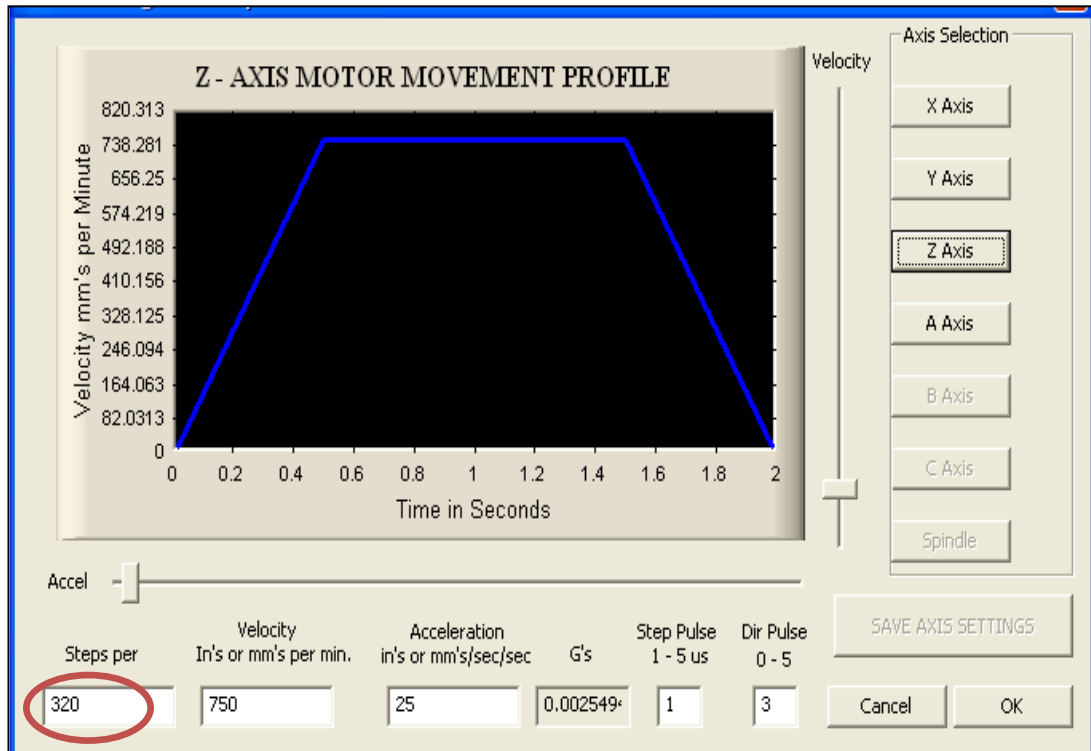
Steps per yani ilerleme değerini bulmak için, adım motorlarının adım sayısı (200 adım), adım motorları sürüş tekniği (1/8 mikro step özelliği) ve iletim oranı değerinin (2 mm)birbirleri ile çarpımının mil hatve değerine (5 mm) bölünmesi ile bulunmaktadır. Bu tezgahın ilerleme değeri ise X,Y eksenleri için $8 \times 200 \times 2 / 5 = 640$ bulunmuştur. Z eksenini için ise iletim oranı 1/1 olduğu için, $8 \times 200 \times 1 / 5 = 320$ bulunmaktadır. A ekseninde ise bu tezgah için ilerleme değeri deneyerek 8.9 olarak bulunmuştur.



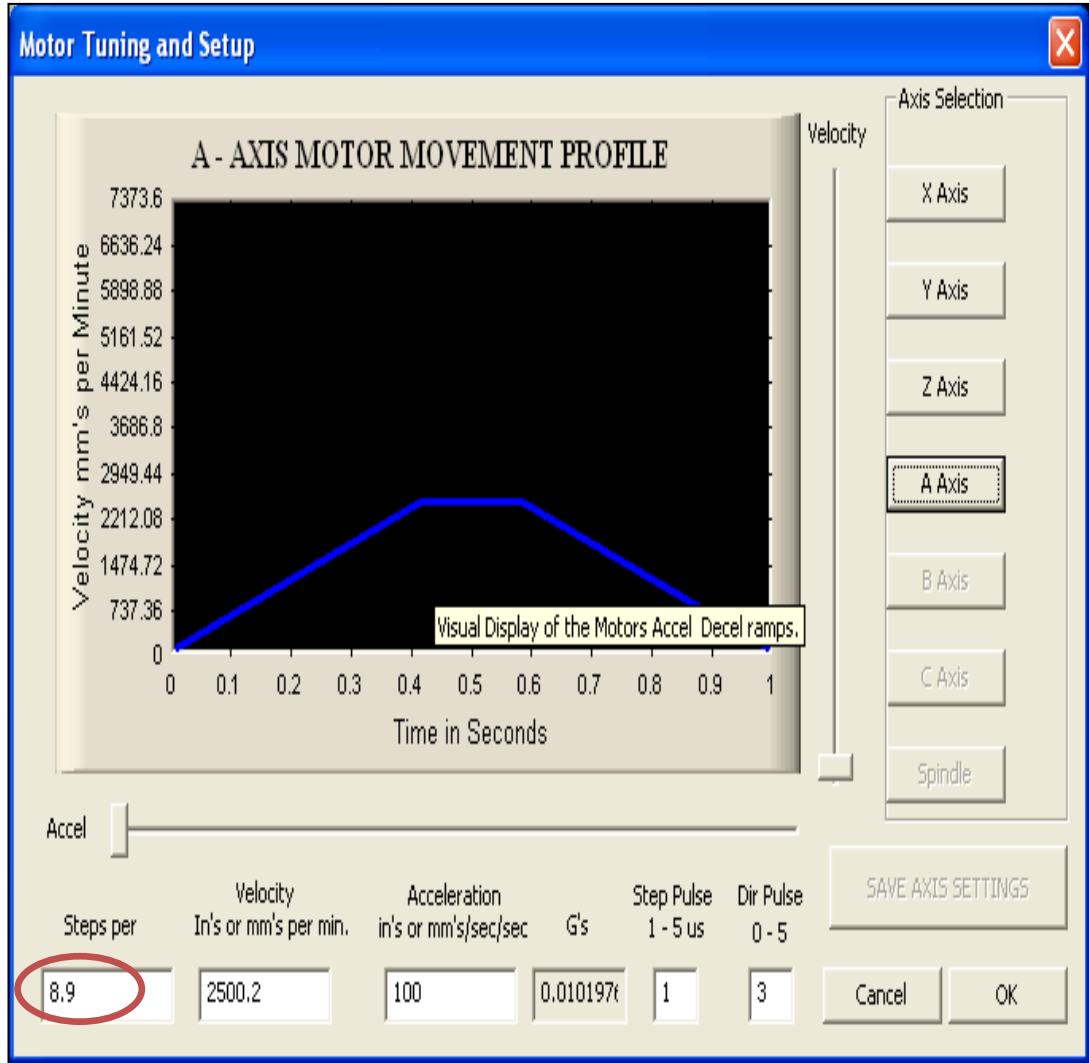
Şekil EK D.1. Mach3 programı X eksenini kontrol ayarları.



Şekil EK D.2. Mach3 programı Y eksenini kontrol ayarları.



Şekil EK D.3. Mach3 programı Z eksenini kontrol ayarları.



Şekil EK D.4. Mach3 programı A ekseni kontrol ayarları.