

**EĞİTİM AMAÇLI MASAÜSTÜ ÜÇ EKSENLİ CNC
FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ**

**2010
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Hüseyin KAYGISIZ

**EĞİTİM AMAÇLI MASAÜSTÜ ÜÇ EKSENLİ
CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ**

Hüseyin KAYGISIZ

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

**KARABÜK
Haziran 2010**

Hüseyin KAYGISIZ tarafından hazırlanan “EĞİTİM AMAÇLI MASAÜSTÜ ÜÇ EKSENLİ CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 23/ 06/ 2010

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim DEMİRCİ (KBÜ)

/ / 2010

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

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ

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.”

Hüseyin KAYGISIZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EĞİTİM AMAÇLI MASAÜSTÜ ÜÇ EKSENLİ CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ

Hüseyin KAYGISIZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Haziran 2010, 92 sayfa

Bu çalışmada, meslek okullarının atölye ve laboratuvarlarında okul olanakları ile imal edilebilir, düşük maliyetli üç eksenli masaüstü CNC freze tasarlanmış ve prototipi imal edilmiştir. İmal edilen CNC'nin hassasiyet ve doğruluk değerlerinin tespiti için deneyler yapılmıştır. Bu kapsamda 460, 320, 120 mm (X,Y,Z) eksen kurs boylarına sahip adım motorlar ile tahrik edilen köprü tipi bir CNC freze tezgahı tasarlanmıştır. CNC'nin gövdesi sac ve sigma profiller ile destekli üretilmiştir. Eksenleri lineer bilyeli kızaklar ile yataklanmış ve hareket organı olarak bilyeli vidalı miller kullanılmıştır. Elektronik kontrol ünitesinde SLA 7062 tek kutuplu adım motor kontrol entegreli kontrol devresi tercih edilmiş ve CNC Mach II kontrol programı ile çalıştırılmıştır.

Motorlar yarım adım sürüş tekniği ile sürülmüş ve CNC'nin hassasiyeti 0,0125 mm olarak hesaplanmıştır. Eksenlerin doğruluklarının tespiti için ilgili eksenler boyunca kanallar açılarak kanal boyları ölçülmüş ve standart sapmaları hesaplanmıştır.

X ekseninin standart sapması 0,119 mm, Y ekseninin standart sapması 0,030 mm ve XY ekseninin standart sapması ise 0,044 mm olarak hesaplanmıştır.

CNC'nin 2,5 eksen işleme kabiliyetlerini test etmek için cep unsuru işlenmiş ve ölçümleri yapılmıştır. CNC'nin 3 eksen serbest yüzey işleme kabiliyetini test etmek için Atatürk rölyefi başarıyla işlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : CNC, CNC tasarımı, CNC eğitimi, adım motor kontrolü

Bilim Kodu : 628.08.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN AND PROTOTYPE OF AN EDUCATIONAL TRIAXIAL CNC MILLING MACHINE DESKTOP

Hüseyin KAYGISIZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

June 2010, 92 pages

In this study a triaxial desktop CNC milling machine that can be produced in low cost through the opportunities of vocational schools on their workshops and laboratories was designed and its prototype has been manufactured. In order to determine the accuracy and precision, the experiments were realized. In this scope a bridge type CNC milling machine, whose axial stroke lengths are 460, 320, and 120mm (X,Y and Z respectively) driven by stepping motors, were designed. The body of CNC was produced with the elements of sheet metals and sigma profiles. The axes were born via linear ball skids and ball threaded rods were used as a moving mechanism. For electronic control unit, the control circuit which is integrated with SLA 7062 unipolar stepping motor was preferred and it was run by CNC Mach II control programme.

The motors were driven by half stepping driving method and its CNC accuracy, in general, was calculated as 0.0125 mm. In order to determine the accuracy of axes, the channels through the axes were machined on a simple part and the lengths of the channels were measured and their standard deviations were calculated. The standard deviation of X axis was measured as 0.119 mm, of Y axis it was 0.030 mm and of XY axis was 0.044mm.

Pocket feature was machined in order to test the processing ability of CNC 2.5 axis and the required measurements were realized. An Atatürk's relief was successfully processed in testing a triaxial free surface processing capability of CNC.

Key words : CNC, CNC design, CNC training, stepping motor control

Science Code : 628.08.01

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.

Deneysel çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen, TE Design Mühendislik ve Okur Makine firma çalışanlarına ve özellikle TE Design genel müdürü Dr. Mustafa Ertuğrul CIPLAK hocama, sevgili arkadaşlarım Ertaç AYDEMİR, Serdar SEVİL ve Mehmet TAŞLIYOL'a içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, devamlı yanımda olan aileme, özellikle zor günlerimde yanımda olup bana her zaman moral veren değerli eşim Nazlı N. TURGUTOĞLU KAYGISIZ' a teşekkürü bir borç bilirim.

Hüseyin KAYGISIZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
BÖLÜM 2.	9
CNC FREZELER VE PROGRAM YAPILARI	9
2.1. TAKIM TEZGAHLARININ TARİHİ GELİŞİMLERİ.....	9
2.2. CNC FREZE TEZGAHLARI VE KULLANIM ALANLARI	10
2.2.1. CNC Dik İşleme (Freze) ve Eksenleri	10
2.2.2. 2,5 Eksenli Tezgahlar	11
2.2.3. 3 Eksenli Tezgahlar	13
2.2.4. 4,5 ve 6 Eksenli Tezgahlar	14
2.2.5. Sanayi Tipi CNC Frezeler	14
2.2.6. Masaüstü CNC Frezeler.....	14
2.3. CNC KODLAR VE CAM PROGRAMLARI.....	15
2.3.1. CNC Program Yapısı.....	15
2.3.1.1. Giriş Bölümünün Açıklaması	15
2.3.1.2. Teknolojik Bilgiler.....	15
2.3.1.3. Geometrik Bilgiler	17

	<u>Sayfa</u>
2.3.1.4. Yardımcı Kodlar ve Program Sonu Açıklaması	20
2.3.2. CNC Frezede Satır Yapısı	20
2.3.2.1. Satır Numarası (N01,N02...)	20
2.3.2.2. Adresler (G ve M Kodları).....	21
2.3.2.3.Satır Sonu (;).....	22
2.3.3. Cam Programları ve Kod Oluşturma Mantığı	23
2.4. CNC KONTROL PROGRAMLARI.....	23
BÖLÜM 3.	24
MASAÜSTÜ CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ	24
3.1. TEZGAHIN TASARIMI	24
3.1.1. Boyutsal Ön Tasarım	24
3.1.2. Standart Elemanların Belirlenmesi	24
3.1.3. Sistemin Modellenmesi	24
3.1.4. Tezgah, İşleme ve Tabla Boyutları	26
3.1.4.1. Tezgah Boyutları.....	26
3.1.4.2. İşleme ve Tabla Boyutları	26
3.2. MEKANİK PROTOTİP	27
3.2.1. Gövde.....	27
3.2.2. X Ekseni Prototipi	27
3.2.3. Y Ekseni Prototipi	28
3.2.4. Z Ekseni Prototipi	29
3.3. İŞ MİLİ, KESİCİ TAKIMLAR VE TAKIM TUTUCULAR	30
3.4. ADIM MOTORLAR VE MONTAJI	31
3.4.1. Adım Motorlar	31
3.4.2. Sistemde Kullanılan Adım Motorlar ve Özellikleri	33
3.5. KONTROL SİSTEMİ	34
3.5.1. Paralel Port ve Yapısı	34
3.5.1.1. Paralel Port Üzerinden Haberleşme	34
3.5.1.2. Kontrol Sinyalleri.....	36
3.5.2. Kontrol Devrisi	37
3.6. MACH II KONTROL YAZILIMI	39

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4.	42
MALİYET HESABI	42
4.1. GÖVDENİN MALİYETİ.....	42
4.2. YATAKLAR VE MİLLER.....	43
4.3. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK DONANIM	44
4.4. İŞÇİLİK.....	44
BÖLÜM 5.	46
SİSTEMİN TEST EDİLMESİ	46
5.1. SİSTEMİN HASSASİYETİ.....	46
5.2. DOĞRULUK KONTROLLERİ.....	46
5.2.1. X Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	46
5.2.2. Y Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	50
5.2.3. XY Ekseninin Doğruluk Kontrolü.....	53
5.3. ÖRNEK UYGULAMALAR.....	54
5.3.1. Cep İşleme	55
5.3.2. Serbest Yüzey İşleme	56
BÖLÜM 6.	58
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	63
EK AÇIKLAMALAR A. CNC’NİN FOTOĞRAFLARI.....	64
EK AÇIKLAMALAR B. CNC NİN İMALAT RESİMLERİ	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. CNC Tezgahlar	11
Şekil 2.2. CNC Tezgahlarda Eksenler.....	11
Şekil 2.3. 2,5 Eksen İşleme Örnekleri.....	12
Şekil 2.4. 3 Eksenli Tezgah Eksenleri ve İşleme Örneği.....	12
Şekil 2.5. 4 ve 5 Eksenli Tezgahlar.....	13
Şekil 2.6. Sanayi Tipi CNC Freze.....	14
Şekil 2.7. Masaüstü CNC Freze	14
Şekil 2.8. Dairesel İnterpolasyonda Yön Tayini	18
Şekil 2.9. XY Düzleminde X ve Y Yarıçap Bileşenleri.....	20
Şekil 3.1. Eksenlerin montaj modülünde montajı	25
Şekil 3.2. CNC'nin Resimleri	25
Şekil 3.3. Tezgah Boyutları.....	26
Şekil 3.4. İşleme Boyutları.....	26
Şekil 3.5. Gövdeyi Oluşturan Parçalar	27
Şekil 3.6. Y Ekseni Parçaları	28
Şekil 3.7. X Ekseni Parçaları	29
Şekil 3.8. Z Ekseni Parçaları	30
Şekil 3.9. Kullanılan Freze ve Eksene Montajı.....	31
Şekil 3.10. Takım Tutucu Mekanizması	31
Şekil 3.11. Motorların Eksenlere Montajı.....	33
Şekil 3.12. Paralel Portun Yapısı	34
Şekil 3.13. MS Windows İşletin Sisteminde Paralel Port Adresi	36
Şekil 3.14. SLA 7062M Entegresini Sürücü Şeması	37
Şekil 3.15. SLA 7062M Entegresini Fonksiyon Blok Diagramı	37
Şekil 3.16. Kullanılan Kontrol Devresi Ve Bağlantıları	38
Şekil 3.17. Kullanılan Güç Kaynağı	38
Şekil 3.18. Mach II Kontrol Programı Kullanıcı Arayüzü.....	39

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.19. Birim Ayar Menüsü	40
Şekil 3.20. Eksen Ayar Menüsü	40
Şekil 3.21. Pin Ayar Menüsü	41
Şekil 3.22. Hız Ayar Menüsü	41
Şekil 4.1. Tasarlanan Masaüstü CNC	42
Şekil 4.2. Gövdeyi Oluşturan Parçalar	42
Şekil 4.3. Yataklar Ve Miller	43
Şekil 4.4. Kullanılan Kontrol Devresi	44
Şekil 5.1. X Ekseninde Açılan Kanallar	47
Şekil 5.2. X Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri	47
Şekil 5.3. X Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması	47
Şekil 5.4. Y Ekseninde Açılan Kanallar	49
Şekil 5.5. Y Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması	51
Şekil 5.6. Y Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri	51
Şekil 5.7. XY Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması	53
Şekil 5.8. XY Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri	53
Şekil 5.9. İşlenecek Unsur	55
Şekil 5.10. Cep Unsurunun M-G Kodları	55
Şekil 5.11. Cep Unsuru Ölçüleri	56
Şekil 5.12. Rölyef İşlenirken	57
Şekil 5.13. Rölyefin Bitmiş Hali	57
Şekil EK.A.1. Fotoğraf 1	65
Şekil EK.A.2. Fotoğraf 2	66
Şekil EK.A.3. Fotoğraf 3	67
Şekil EK.B.1. Komple Antet	69
Şekil EK.B.2. X Ekseni Montajı	70
Şekil EK.B.3. X Ekseni Anteti	71
Şekil EK.B.4. Z Ekseni Montajı	72
Şekil EK.B.5. Z Ekseni Anteti	73
Şekil EK.B.6. Y Ekseni Montajı	74
Şekil EK.B.7. Y Ekseni Anteti	75
Şekil EK.B.8. Tezgahın Ölçüleri 1	76

	<u>Sayfa</u>
Şekil EK.B.9. Tezgahın Ölçüleri 2.....	77
Şekil EK.B.10. Ön Kapak İmalat Resmi.....	78
Şekil EK.B.11. Destek Profili	79
Şekil EK.B.12. X Ekseni Milleri.....	80
Şekil EK.B.13. Lineer Kızaklar	81
Şekil EK.B.14. Arka Kapak	82
Şekil EK.B.15. Tabla Profili	83
Şekil EK.B.16. Servo Kaplin Montajı.....	84
Şekil EK.B.17. Servo Kaplin Parçaları	85
Şekil EK.B.18. Z Eksen Milleri	86
Şekil EK.B.19. Z Eksen Şasisi Şekil.....	87
Şekil EK.B.20. Freze Tutucu Şekil	88
Şekil EK.B.21. Sol Kanat.....	89
Şekil EK.B.22. Y Ekseni Milleri.....	90
Şekil EK.B.23. Sağ Kanat	91
Şekil EK.B.24. Şasi Destek Arka Sacı.....	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Ortaöğretimde CNC Dersi Verilen Alan Ve Dallar.....	1
Çizelge 1.2. Yükseköğretimde CNC Dersi Verilen Alan Ve Dallar.....	2
Çizelge 2.1. ISO Kod Sistemine Göre Adresleme Harflerinin Anlamları	16
Çizelge 2.2. Dairesel İnterpolasyonda Komut Yazım Sıralaması.....	19
Çizelge 2.3. Iso Sistemine Göre G Kodlar	21
Çizelge 2.4. Iso Sistemine Göre M Kodlar	22
Çizelge 3.1. Kullanılan Adım Motor Özellikleri	33
Çizelge 3.2. Paralel Port Pin Numaraları	39
Çizelge 3.3. Eksen Hareket Tuşları.....	40
Çizelge 4.1. Gövdenin Maliyeti	43
Çizelge 4.2. Yataklar Ve Millerin Maliyeti	43
Çizelge 4.3. Elektrik Ve Elektronik Donanımın Maliyeti.....	44
Çizelge 4.4. İşçilik Maliyeti	44
Çizelge 5.1. X Ekseni Kanal Ölçüleri	48
Çizelge 5.2. X Ekseni Standart Sapma Hesabı	49
Çizelge 5.3. X Ekseni İçin SPSS Program Hesapları	49
Çizelge 5.4. Y Ekseni Kanal Ölçüleri	51
Çizelge 5.5. Y Ekseni Standart Sapma Hesabı	52
Çizelge 5.6. Y Ekseni İçin SPSS Program Hesapları	52
Çizelge 5.7. XY Ekseni Kanal Ölçüleri	54
Çizelge 5.8. XY Ekseni Standart Sapma Hesabı.....	54
Çizelge 6.1. S1010 İle Geliştirilen CNC'nin Kıyası	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAE	: Computer Aided Engineering (Bilgisayar Destekli Mühendislik)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli İmalat)
CIM	: Computer Integrated Manufacturing (Bilgisayarla Bütünleşik İmalat)
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
CMM	: Coordinate Measuring Machine (Koordinat Ölçme Aleti)
DNC	: Direct Numerical Control (Doğrudan Sayısal Kontrol)
FMS	: Flexible Manufacturing Systems (Esnek Üretim Sistemleri)
DSP	: Digital Signal Processing (Sayısal İşaret İşleme)
NC	: Nümerical Contral (Sayısal Kontrol)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde geleneksel tezgahların imalatta kullanım payları giderek azalmakta ve yerlerini bilgisayar kontrollü CNC tezgahlarının kullanımına bırakmaktadır. CNC tezgahlarının bu önemine karşın yüksek maliyetleri nedeniyle mesleki ve teknik eğitim veren üniversite ve liselerimizin bazılarında eğitim amaçlı kullanılmak için CNC bulunmadığı bilinmektedir. CNC bulunan kurumlarda ise tezgah yetersizliği, tezgahların bozulma korkusu gibi nedenlerle öğrenciler yeterince pratik yapma imkanı ve fırsatı çoğu zaman bulamamaktadırlar. MEB (Çizelge 1.1) ve YÖK (Çizelge 1.2) kaynaklarından ortaöğretim ve yükseköğretimde CNC dersi verilen bölüm ve alanlara baktığımızda CNC'nin mesleki ve teknik eğitim içerisindeki ağırlığı ve önemi anlaşılmaktadır.

Çizelge 1.1. Ortaöğretimde CNC Dersi Verilen Alan ve Dallar.

Alan	Dal
Makine Teknolojisi Alanı	Bilgisayar Destekli Endüstriyel Modelleme
	Bilgisayar Destekli Makine Ressamlığı
	Endüstriyel Kalıp
	Bilgisayarlı Makine İmalatı
	Mermer İşleme Ve Makine Bakım Onarım Dallarını
Ahşap Teknolojisi Alanı	Mobilya İmalatı
	Mobilya Döşeme İmalatı
	Ahşap Üst Yüzey İşlemleri
	Ahşap Süsleme
	Ahşap İskelet İmalatı
	Ahşap Doğrama İmalatı Dallarını
Plastik Teknolojisi Alanı	Plastik İşleme Ve Plastik Kalıp Dallarını
Gemi Yapımı Alanı	Çelik Gemi Yapımı
	Gemi Ressamlığı
	Gemi Boru Donatımı
	Tekne Ve Yat Yapımı

Çizelge 1.2. Yükseköğretimde CNC Dersi Verilen Bölümler.

Bölümler	
Meslek Yüksekokulları	Makine Bölümü
	Makine Resim Konstrüksiyon Bölümü
	Endüstriyel Kalıpcılık Bölümü
	Mekatronik Bölümü
	Mermer Bölümü
	Takı Tasarımı Bölümü
	Tarım Alet Ve Makineleri Bölümü
	Mobilya Ve Dekorasyon Bölümü
	Taş İşlemeciliği Bölümü
	Otomotiv Bölümü
Fakülteler	Makine Mühendisliği
	Mekatronik Mühendisliği
	Endüstri Mühendisliği
	Tasarım Ve İmalat Mühendisliği
	Tasarım Ve Konstrüksiyon Öğretmenliği
	Makine Resim Ve Konstrüksiyon Öğretmenliği
	Talaşlı Üretim Öğretmeliği
	Mekatronik Öğretmenliği
	Kalıpcılık Öğretmenliği
	Mobilya Ve Dekorasyon Öğretmenliği
	Metal Öğretmeliği
	Endüstriyel Teknoloji Öğretmenliği

Bu çalışmanın amacı; meslek okullarının atölye ve laboratuvarlarında okul olanakları ile imal edilebilir, düşük maliyetli üç eksenli masaüstü CNC freze tasarlamak ve prototipini imal etmektir. Bu çalışma ile tasarlanan ve imal edilen üç eksenli CNC freze teknik okullarımızın kısıtlı olanakları ile ihtiyaçları olan CNC'leri imal ederek her öğrenciye daha fazla CNC başında pratik yapma olanağı sağlanabilir.

1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Talaşlı imalat teknolojisindeki en önemli dönüm noktası 1950'li yıllarda nümerik programlamaya göre çalışan NC tezgahların geliştirilmesidir. Bu tarihlerden günümüz gelindikçe NC tezgahlarının bilgisayarla donatılması ile CNC ve DNC tezgahları oluşmuştur. Kişisel bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile CNC kullanım ve çalışmaları artmıştır [1]. CNC eğitimi ve eğitim amaçlı CNC'ler üzerine çalışmalar CNC'lerin gelişimine paralel olarak başlamış ve günümüze gelindikçe artarak hız kazanmıştır, bu çalışmada yararlanılan konumuzla ilintili bazı çalışmaları özetleyecek olursak;

Tseng ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında eğitim amaçlı, küçük boyutlarda 3 eksenli bir CNC tasarlamış ve imal etmişlerdir, geliştirilen CNC için mikroşlemci destekli kontrol ünitesi ve kontrol yazılımı üretilmiştir [2].

Kim ve arkadaşları çalışmalarında, Kore'de ki CNC eğitime ve teçhizat eksikliklerine değinerek çalışma kapsamında düşük maliyetli bir CNC torna tezgahı prototipi geliştirmiştir. Geliştirilen tezgah 0,5 kW gücünde ve mikroşlemci kontrol ünitesine sahiptir eksenler step motorlarla tahrik edilmektedir [3].

Özdeveci, yaptığı çalışmasında ülkemizde yurt dışından ithal edilen eğitim tipi CNC'leri incelemiş ve çok pahalı oldukları kanaatine varmıştır, çalışmasında bu CNC'lere alternatif olarak eğitim amaçlı CNC freze tasarlamış ve imal etmiştir. Fakat imal ettiği tezgahta ithal edilen endüstriyel CNC'lerde kullanılan lineer kızaklar yerine kırılmaç kuyruğu yataklar, bilyeli vidalı miller yerine ise trapez vidalı miller kullanmıştır. Tezgahın programlanmasında Pascal, C ya da Delphi gibi programlama dilleri kullanılmıştır [4].

Alan çalışmasında, ülkemizdeki CNC eğitimi ve CNC'nin mesleki eğitim ve sanayimiz açısından öneminden bahsetmiş ve CNC derslerinde kullanılması için CNC eğitim seti tasarımı yapmıştır. Çalışma kapsamında yalnızca CNC'nin kontrol programı ve eğitim yazılımı geliştirilmiştir, mekanik olarak bir imalat yapılmamıştır [5].

Büyükşahin çalışmasında, CNC tezgahları ve onu oluşturan parçalar hakkında bilgi vermiş ve CNC seçim kriterlerine değinmiştir. Yeni bir CNC freze tezgahı tasarlamış, analiz ve hesaplarını yaparak imal etmiştir [6].

Kutlu çalışmasında üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarım ve imalatı için gerekli tasarım parametrelerini belirlemiştir. Bu parametreler çerçevesinde tezgahın tasarımı ve imalatı için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamaları yaparak tezgahı imal etmiştir. Tezgahın eksenlerinin tahrik sistemi step motorlarla sağlanmıştır. Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahının elektronik kontrolü step motor sürücüleri ve bir kontrol kartı yardımıyla yapılmıştır, kontrol kartları hazır satın alınmıştır [7].

Neugebauer ve arkadaşlarının çalışmalarında, metal kesme ve şekillendirme tezgahlarındaki mekatronik sistemler hakkında güncel gelişmelere değinilmiştir. Çalışmada takım tezgahları için mekatronik modüllerin entegrasyonu ve üretim süreçleri ile olan etkileşimler sunulmaktadır. Makine yapısı, elektronik ünitesi ve CNC yazılımı sistemi için mekatronik bileşenlerin modüler entegrasyonu anlatılmış ve takım tezgahları ve üretim sistemlerindeki mekatronik uygulamaların genişletilmesi için bilgiler sunulmuştur [8].

Çelik ve arkadaşları çalışmalarında X-Y düzleminde hareket eden bir kumaş kesme makinesi tasarlamış ve imal etmişlerdir. İmal edilen makine pascal dilinde hazırlanan bir ara birim yazılım programıyla denetlenmektedir. Tasarlanıp imal edilen makine kumaş kesimi için denenmiş olup arabirim programıyla uyum içinde çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonunda kumaş kesme işleminde kesme zamanı minimize edilmiş ve hatasız kesme işlemi sağlanmıştır [9].

Lee ve Chang'ın çalışmalarında, robot manipülatörler için bir CAD / CAE / CAM entegre sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen robot manipülatörün pozisyon analiz hesapları Matlab da, parametrik katı modelleri ve kinematik analizleri Pro/Engineer ve Pro/Mecanica da, dinamik simülasyon ve çalışma alanı MasterCAM de oluşturulmuş ve CNC freze kullanılarak imal edilmiştir. Bu entegre sistem bilgisayar destekli mekanizma tasarımı dersi için ek eğitim aracı olarak geliştirilmiştir [10].

Koca ve arkadaşlarının çalışmalarında endüstride kullanılan kartezyen-özgül robot denetim yöntemi uygulanmıştır. DSP uygulamaları için geliştirilmiş bir FPGA kullanılarak üç eksenli robotun kartezyen denetimi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistem, manevra kolundan gelen sinyalleri yorumlayarak robotun hangi yönde hareket edeceğini saptar ve yeni x, y değerlerini bularak çözümlenmesi için kinematik bloğuna gönderir. Gerçekleştirilmiş olan kinematik bloğunun içerisinde, robotun ucunun konumlanması istenilen x, y değerlerine karşılık gelen eklem açıları robotun ters kinematik denklemlerinin çözülmesi ile elde edilir. Bulunan açılar, sistemde yer alan açı-sinyal genişliği bloğuna gönderilir. Açı-sinyal genişliği bloğu girişindeki açı değerlerini okuyarak, robotun eklemlerinde yer alan servo motorların bu açılarda konumlanması için gerekli olan darbe genişliklerini hesaplar ve bu

genişlik değerlerini ilgili eksen denetleyicilerine gönderir. Eksen denetleyicileri girişlerindeki sinyal genişlik değerlerini okurlar ve bu genişlik değerlerine sahip kare dalgaları çıkışlarında üreterek robotun eklemlerinde yer alan motorların denetim uçlarına göndererek robotu istenilen koordinatlarda konumlandırırlar. Sistemin çözümü, denetimi doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiş olur [11].

Şahbaz ve arkadaşlarının çalışmalarında, ADLINK PCI hareket kontrol kartlarıyla servo ve adım motorların hareket kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu deneysel çalışmada test düzeneği kurulmuş ve üç adet OMRON fırçasız AC servo motorun kart üzerinden eş zamanlı kontrolü için VisualBASIC programları geliştirilmiştir. Programlarda, hedeflenen hız ve konum eğrileri girdi olarak alınmış ve ADLINK kontrol kartı komutlarının parametreleri belemiştir. 3 eksenli bir robotun örnek hız ve konum eğrileri için sonuçlar verilmiştir. Ayrıca HSI firmasına ait adım motor sürücülü doğrusal motorun kontrolü de gerçekleştirilmiştir. Hassas imalat ve tıp gibi alanlarda kullanılan 6 serbestlik dereceli bir paralel manipülatör olan hegzapodun eksenlerinin sonuçları verilmiştir [12].

Erer'in yazdığı makalede, CNC takım tezgahları hakkında genel gelişmelere değinilmiştir, CNC tezgahlarının tanımı yapılarak endüstriye getirdiği kolaylıklardan ve gelişmesinde etkili olan teknolojik değişimin sebeplerinden bahsedilmiştir. CNC takım tezgahlarının çalışma prensiplerinden ve sistemlerinden bahsedilerek kullanım kolaylığına dikkat çekilmiş. CNC tezgahların ürettiği iş parçalarının universal ve diğer imalat takım tezgahlarına göre daha hassas ve standart oldukları üzerinde durularak gelecekte universal tezgahların kullanımının azalacağından bahsedilmiştir [13].

Son ve arkadaşları çalışmalarında, euler açısı makineleri ve hexapod gibi seri ve paralel hareket mekanizmalı makineler birleştirilerek hibrit sisteme sahip MIT-SS-1 isiminde melez 5 eksenli bir CNC freze geliştirilmiştir [14].

Özyalçın çalışmasında X,Y,Z koordinatlarında esnek hareket eden bir kartezyen robot tasarlamıştır. Robotun bilgisayar bağlantısı paralel port üzerinden yapılmış ve

eksenler step motor ile kontrol edilmiştir. Sistemi test etmek için taşıyıcı platforma kalem ve oksijen gaz aparatı bağlanarak çizim ve kesim işlemi yapılmıştır [15].

Uyanık ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında üç eksenli yüzey işleme tezgahını CNC kontrollü hale dönüştürmüşlerdir, çalışmada kontrol üniteleri ve kontrol yazılımı hakkında bilgi verilmiştir [16].

Akıncı yaptığı çalışmasında, hızlı prototiplemede kullanılacak, bir CNC tezgahı tasarlanmış ve üretmiştir. Gerçekleştirilen tezgah, sistemi X, Y ve Z doğrultuların da hareket kabiliyeti sağlamak üzere kurulmuş olan üç eksenli ve eritilen termoplastik malzemenin uygun hız ve miktarda dökülmesini sağlayan kafa kısmından oluşmaktadır. Her eksen, bir adım motoru ve bu adım motorunun miline doğrudan bağlı bir sonsuz vidadan oluşmaktadır. Kafa kısmında ise malzemenin akısını denetleyen bir DC motor mevcuttur. Sistemin yazılımı bilgisayar ve mikroişlemci yazılımları olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bilgisayarda hazırlanan uygulama yazılımı prototip üretimi için gerekli komutları seri port üzerinden mikrodenetleyici tabanlı kontrol kartına iletilir. Kontrol kartı, adım motoru sürücü ve DC motor sürücü devreleri yardımıyla motorların kontrolünü gerçekleştirmektedir [17].

Akalin çalışmasında, FDM tipi bir hızlı prototipleme makinesini tasarlamış ve üretmiştir. Geliştirilen sistem step motorlar ile tahrik edilen 3 eksenli harekete sahiptir, sistemin şasisi çelik profiller ve sac metaller ile imal edilmiştir. Rezistanslar sac metal gövdeye tutturularak gövde özel bir seramik fiber izolasyon malzemesiyle kaplanmıştır [18].

Göloğlu ve Bunarbaşı çalışmalarında, doğrusal hareket mekanizmaları ve verimlilikleri üzerinde durmuşlardır. Doğrusal hareket mekanizmaları ve yardımcı elemanlarının farklılıkları analiz edilmiştir. Çalışmada mil üzerinde kayan makaralar ile hareket eden 3 eksenli bir doğrusal hareket mekanizmasının tasarımı ve hesapları yapılarak imal edilmiştir [19].

Zaeh ve arkadaşlarının çalışmalarında, takım tezgahlarında ve mekatronik sistemlerde kullanılan bilyalı vidalı mil sistemlerinin simülasyonları oluşturularak sonlu elemanlar yöntemi ile analizleri yapılmıştır [20].

Erkorkmaz ve Altıntaş çalışmalarında, ikizkenar yamuk şeklinde ivmelenmiş profil gibi beşli bir eğri interpolasyon tekniği kullanılarak yeni nesil bir eğri algoritması sunulmuştur. Bu yaklaşımın uygulanabilirliği açık yapıda üretilmiş üç eksenli bir CNC freze tezgahında serbest bir yüzeyde işlenerek ispat edilmiştir. Uygulama boyunca her ne kadar başlangıçta rutin olarak bazı geniş ölçümlerin yapılması gerekse de bir TMS32 DSP kartı yardımıyla gerçek zamanlarda algoritmanın içyapısı kolaylıkla imal edilebilmektedir [21].

Salami ve arkadaşlarının çalışmalarında, CNC takım tezgahlarında ilerleme hızını optimize ederek verimlilik arttırılmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında ilerleme hızını optimize etmek için Acis ve Visual Basic' de iki program geliştirilmiştir. Modelleme sonuçlarını doğrulamak için çeşitli deneyler yapılmış ve bu yöntem ile verimlilikte önemli artışlar sağlandığı gözlemlenmiştir [22].

Weckenmann ve arkadaşlarının çalışmalarında, uygulamada kullanılan çeşitli problu ölçme sistemlerine değinilmiştir. Örneklerle gereksinimleri, çalışma prensipleri ve farkları belirtilerek bu sistemlerin metodolojisi ve özellikleri anlatılmıştır [23].

Kwon ve arkadaşlarının çalışmalarında, kapalı döngü ölçümü ile CNC freze doğruluk hassasiyetinin karakterizasyonu çıkarılmıştır bu kapsamda CutPro frezeleme simülasyonu eşliğinde kesme parametreleri oluşturularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 3 farklı malzeme türünde kesme yapılmıştır. Kesme sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve titreşimleri sensörler ile alınarak kaydedilmiştir. Deneyler sonunda parça geometrileri CMM ve Prob ile ölçülmüş böylece kapalı döngü ölçüm hataları belirlenmeye çalışılmıştır [24].

Chang ve arkadaşlarının çalışmalarında, CAD ve CAM eğitimi için PC tabanlı yazılımlar geliştirilmiştir [25].

Llewelyn alışmasında CAD-CAM eğitimi ve öğrenme problemlerine değinerek, CAD- CAM eğitimi için program tabanlı yeni yaklaşımlar geliştirmiştir [26].

Doyle ve Case çalışmalarında, bilgisayar destekli imalat eğitiminde yazılımların rolü incelenmiştir. Sanayinin talep ettiği imalat mühendisi gereksinimini müfredata CAE yazılımlarının entegrasyonu ile yetiştirilebileceğine değinilmiştir [27].

Hutton ve Hassan alışmalarında CNC torna ve işleme operasyonları için yazılım geliştirilmiştir. Mikrobilgisayar tabanlı bu basic yazılımı, program hataları ve đretim analizlerinin yanı sıra tezgah hareketlerini de gösteren grafik çıktısını da içermektedir [28].

BÖLÜM 2

CNC FREZELER VE PROGRAM YAPILARI

2.1. TAKIM TEZGAHLARININ TARİHİ GELİŞİMİ

19. yüzyılın başlarında Avrupa ülkelerinde sanayi devriminin başlamasıyla, takım tezgahları hızlı gelişim göstermiş ve bu ülkelerde, sanayinin belkemiğini oluşturan güçlü bir takım tezgahı sanayi kurulmuştur. 19. yüzyılın ortalarında, yalnızca kaba hatlarıyla işlenen ve elle alıştırılarak montajı yapılan parçalar ilerleyen teknoloji ve gelişen takım tezgahları ile istenilen ölçülerde hassas toleranslar ile imalata olanak sağlamış ve bu gelişme seri imalatın başlamasında ilk etken olmuştur. 19. yüzyılın sonlarına doğru imalat teknolojisinin ve imalat organizasyonunun ilkelerinin tespiti ile seri imalat çağı başlamıştır. 1900 yılında, o tarihe kadar takımlar için kullanılan alaşımsız ve az alaşımlı takım çeliklerinin yanı sıra, hız çelikleri uygulamaya konulmuş, kesme hızlarında ve buna bağlı olarak üretimde büyük artışlar sağlanmıştır. Bu şekilde lokomotifler, motorlar, türbinler, ucuz fiyata otomobiller, dikiş makineleri ve saatler daha çok imal edilmeye başlanmıştır. 1930'lu yıllarda sert karbürün bulunması, kesme hızını daha da artırarak daha kaliteli yüzeylerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu gelişmelerin sonucu olarak atölyelerde başlayan usta ve işçilerin kişisel tecrübelerine dayanan talaş kaldırma olayı pratik seviyeden bilim seviyesine ulaşmıştır. Bu hususta Taylor [29], Merchant [30], ve Kronenberg [31] gibi bilim adamlarının büyük katkıları olmuştur. Bu gelişmelere paralel olarak gerek takım gerekse tezgah konstrüksiyonunda önemli değişiklikler olmuş ve yine aynı yıllarda, üretimin artırılmasında önemli bir etken olan otomatik takım tezgahlarının imalatı başlamıştır.

Takım tezgahları alanındaki en önemli dönüm noktası 1950'li yıllarda nümerik programlamaya göre çalışan NC tezgâhların geliştirmesidir. Aynı tarihlerde seramikten yapılan takımların kullanılması ile kesme hızları ve işleme kaliteleri oldukça iyileştirilmiştir.

Günümüzde NC tezgahların bilgisayarla donatılması ile CNC ve DNC tezgahları oluşmuş, bilgisayarların ve kişisel bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması ile de bu tezgahlar işleme optimizasyon düzeyinde yapmaya başlamışlardır [1].

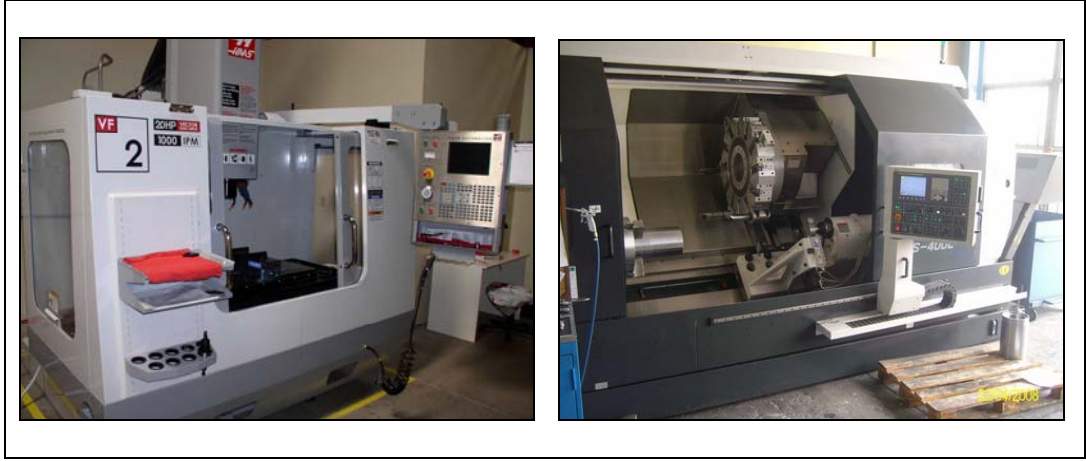
Tezgahların bu gelişmelerine paralel olarak imalat sistemlerinde de büyük gelişmeler olmuştur. 1947 yılında ortaya atılan otomasyona dayalı imalat sistemi genişletilerek optimizasyon devrine geçilmiş, robotların kullanımı gittikçe artarak günümüzde robot fabrikaları ve robot tesisatları kurulmuştur. Ayrıca bilgisayarların yardımı ile ayrı ayrı yapılan bilgisayar destekli tasarım CAD (Computer Aided Design) ve bilgisayarlı imalat CAM (Computer Aided Manufacturing) işlemleri birleştirilerek CAD - CAM (Bilgisayar Destekli bütünleşik imalat); ve bunların CNC ve DNC tezgahların birleşmesi ile Esnek İmalat Sistemleri FMS (Flexible Manufacturing System) ortaya atılmıştır. İmalatı yansıtan FMS ile fabrikanın kalite kontrol, stok kontrol, muhasebe alım satım ve yönetim gibi diğer kısımları bilgisayar kontrolü altında birleştiren Bilgisayar Destekli Bütünleşik İmalat Sistemleri CIM (Computer Integrated Manufacturing) devri başlamıştır.

Talaş kaldırma ve takım tezgahı alanındaki gelişmeler, başta ulaşım, haberleşme, uzay, enerji olmak üzere bir çok alandaki ilerlemeleri tetiklemiştir [32].

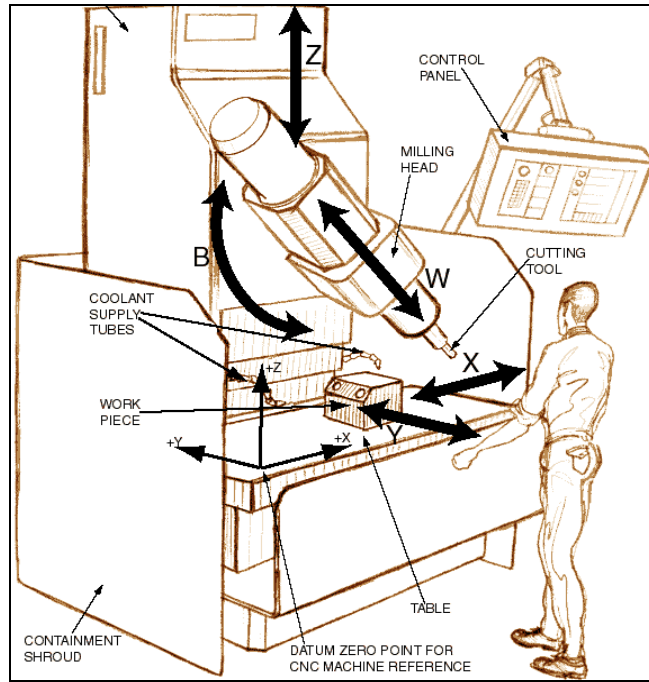
2.2. CNC FREZE TEZGAHLARI VE KULLANIM ALANLARI

2.2.1. CNC Dik İşleme (Freze) Ve Eksenleri

CNC tezgahları, hareketleri bir operatör müdahalesi olmaksızın özel rakamlar ve kodlarla kontrol edilebilen tezgahlardır. Üniversal tezgahlarda olduğu gibi yaptığı işlere göre CNC freze CNC torna v.b. çeşitli CNC'ler mevcuttur (Şekil 2.1). Ayrıca CNC'ler eksen sayılarına göre de kendi içlerinde sınıflandırılırlar. Eksen (Şekil 2.2); CNC tezgahlarda denetim üniteleri tarafından denetimi yapılan hareket yönü demektir [33]. Bu hareket yönleri doğrusal olabileceği gibi dönele de olabilir. Eksenlerin sayısı tezgahın kapasitesini belirler.



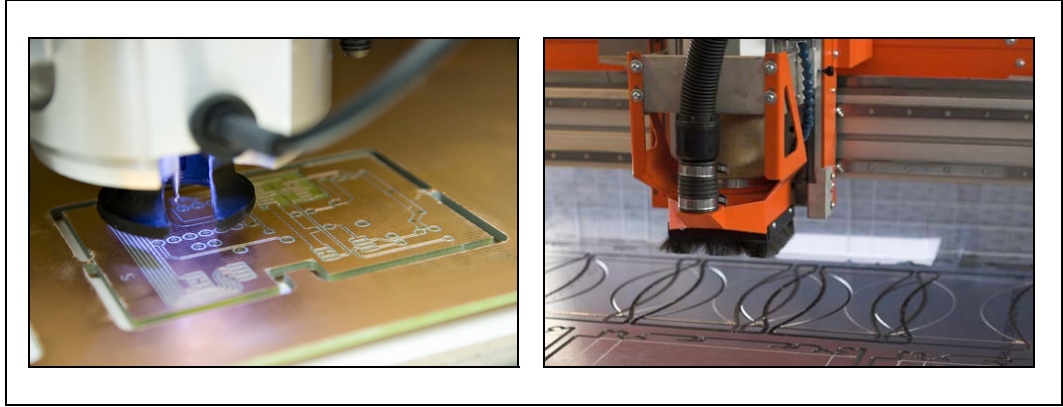
Şekil 2.1. CNC Tezgahlar.



Şekil 2.2. CNC Tezgahlarda Eksenler.

2.2.2. 2,5 Eksenli Tezgahlar

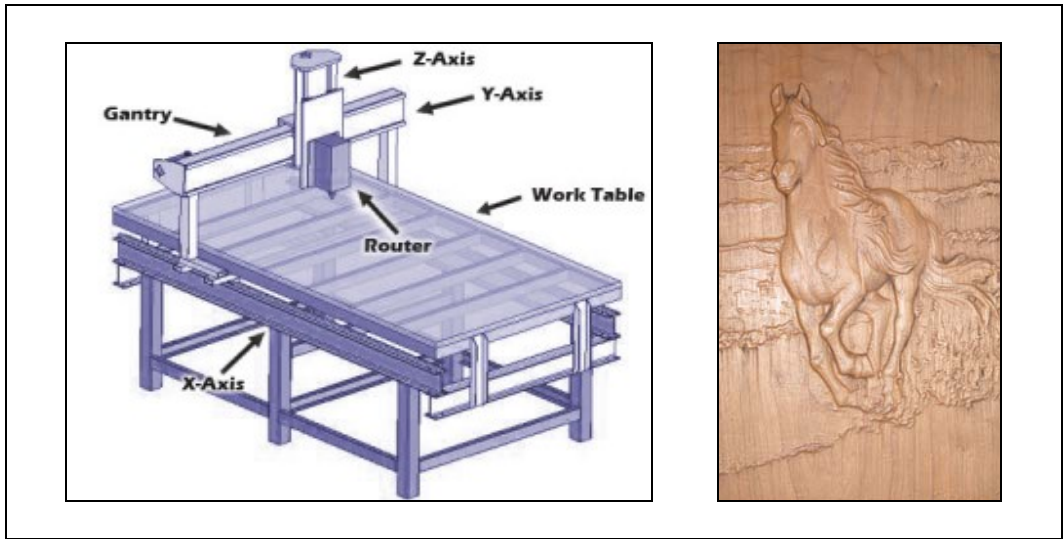
Tezgahta var olan X,Y,Z eksenlerinden yalnızca iki eksen aynı anda (eş zamanlı) harekete sahiptir. Üçüncü eksen diğer eksenlerin eş zamanlı hareketi esnasında hareket etmeden durur. Matkap ile delik delme, vida açma ve parmak freze çakısı ile kanal açma gibi işlemler 2,5 eksenli tezgahta yapılabilir. Şekil 2.3'de 2,5 eksen tezgahlarda yapılan işlere örnekler görülmektedir.



Şekil 2.3. 2,5 Eksen İşleme Örnekleri.

2.2.3. 3 Eksenli Tezgahlar

Tezgah x,y,z üç doğrusal eksene sahiptir (Şekil 2.4) ve bu eksenler eş zamanlı olarak hareket edebilir. Kalıplardaki serbest yüzeylerin işlenmesi gibi karmaşık işlemler bu tezgahlarda yapılabilir.



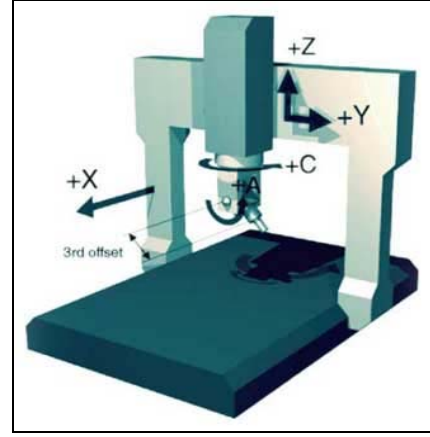
Şekil 2.4. 3 Eksenli Tezgah Eksenleri ve İşleme Örneği.

2.2.4. 4, 5 ve 6 Eksenli Tezgahlar

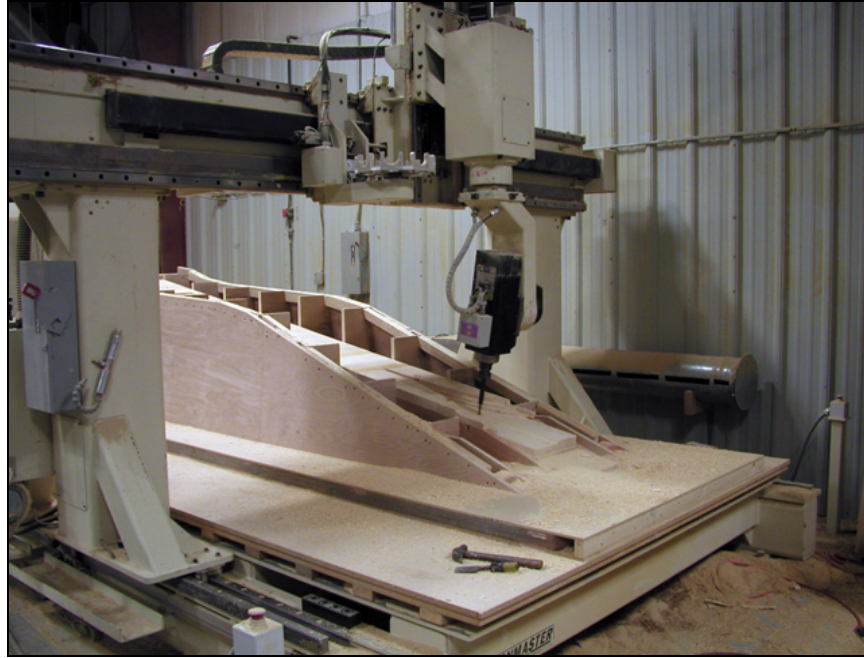
Tezgahta var olan X,Y,Z doğrusal eksenlerin yanında bir A veya iki B,C dönel eksenlere sahip tezgahlardır (Şekil 2.5). Bu eksenlerin hepside eş zamanlı harekete sahiptir.



a) 4 Eksenli Tezgah.



b) 5 Eksenli Tezgah.



c) 5 Eksenli Tezgah İle İşleme.

Şekil 2.5. 4 ve 5 Eksenli Tezgahlar.

CNC Frezeler kullanıldıkları yerlere göre büyük kapasiteli yüksek hızlı sanayi tipleri ve küçük kapasiteli, daha yavaş masaüstü tipleri olarak 2 grupta inceleyebiliriz.

2.2.5. Sanayi Tipi CNC Frezeler

Sanayide kapasite ve hız çok önemlidir, mümkün olduğunca az zamanda daha fazla iş yapılmak istenir bu nedenle sanayi için geliştirilmiş CNC'ler büyük kapasitelerde üretim yapabilecek ve yüksek hızlara çıkabilecek şekilde tasarlanır (Şekil 2.6).

Sanayi tipi ve masaüstü CNC'ler aynı prensiplerle çalışsa da hareket ve tahrik sistemleri, takım tutucular ve kontrol sistemleri sanayi tipi CNC'lerde daha gelişmiştir.



Şekil 2.6. Sanayi Tipi CNC Freze.

2.2.6. Masaüstü CNC Frezeler

Sanayi tipi CNC'ler performans ve hız olarak ideal olsa da fiyatları pahalı ve kullanımı daha karmaşık tezgahlar. Düşük kapasiteli üretimlerde ve eğitim uygulamalarında fiyatları çok daha uygun ve kullanımı daha pratik olan masaüstü CNC'leri (Şekil 2.7) tercih etmek daha uygundur.



Şekil 2.7. Masaüstü CNC Freze.

2.3. CNC KODLAR VE CAM PROGRAMLARI

2.3.1. CNC Program Yapısı

Üretimi yapılmak istenen parçanın imalatı için gerekli bütün bilgileri içeren komutlar bütününe CNC programı (kodu) denir. Bu kodlar CAD programları ile otomatik olarak oluşturulabileceği gibi, doğrudan olarak elle de yazılabilir. Kodlar, yan yana yazılan bir takım harf, rakam, matematiksel simge ve noktalama işaretlerinden oluşur. Yan yana yazılan ve “;” işaretine kadar olan bu satıra blok denir. Bir satır bloğu “ **N01 G90 G00 X50. Y76. Z40. ;** ” şeklinde ifade eder. Fanuc, Siemens, Bosch, Mazatrol gibi kontrol sistemleri CNC tezgahlarının denetim panellerini oluşturmaktadır.

2.3.1.1. Giriş Bölümünün Açıklanması (% , \$, vb)

Programın adının tanımlandığı bölümdür. Burada program adı bir sayıdan oluşur. Bu sayı dört rakamdan oluşur. Sayının önüne FANUC sisteminde O harfi konur. Örneğin; **O1234**; FANUC sisteminde program numarası (adı) 1234’tür. Program numarasının önüne O harfi konur. Satır sonu; işareti ile bitirilir.

%1234; Siemens sisteminde ise % işareti programın önüne konur. Satır sonu “;” işareti ile bitirilir.

2.3.1.2. Teknolojik Bilgiler (F, S, T, G90, G91...)

Kesici takım, ilerleme hızı ve kesme hızı gibi bilgileri içeren kodların yazıldığı bölümdür. Bu komutlar ve anlamları Çizelge 2.1’de görülmektedir.

F- İlerleme Hızı Kodu

Doğrusal (G01) ve dairesel (G02) hareketlerde istenilen ilerleme hızı F kodu ile verilir. Verilen değer mm/dak veya mm/dev cinsindedir. Örneğin, ilerlemenin 100 mm/dak olması isteniyorsa, programda F100 şeklinde gösterilir. Pozisyona hızlı ilerleme (G00) satırında F kodu kullanılmaz.

S- Kesme Hızı/Devir Sayısı Kodu

Sabit kesme hızını veya iş mili devir sayısını gösterir. 5 basamağa kadar değer verilebilir. S fonksiyonu yalnız başına değil, mutlaka M03 veya M04 kodları ile birlikte verilmelidir. Örneğin, iş milinin 1000 dev/dak hızla dönmesini istiyorsak S1000 şeklinde yazmamız gerekir. Ayrıca M03 iş milinin saat ibresi yönünde, M04 iş milinin saat ibresi tersi yönünde döneceğini gösterir.

T- Takım Çağırma Kodu

Takım çağırma kodu dört rakamdan oluşur. İlk iki rakam magazindeki takımın yerini, diğer iki rakam takım ayar numarasını gösterir. Takım değiştirmek için ise aynı satıra FANUC sisteminde M06 yazmak gerekir. SIEMENS sisteminde M6 yerine L6 kullanılır. Ayrıca SIEMENS'in bazı sistemlerinde D kodu ile de ifade edilir. (D1, D2 gibi) Örneğin, T0202 olarak yazıldığında ilk 02 magazindeki 2 nolu takımı, ikinci 02 ise, ayar dosyasındaki ayar numarasını gösterir.

Çizelge 2.1. Iso Kod Sistemine Göre Adresleme Harflerinin Anlamları.

O	Program Numarası
N	Satı Numarası
F	İlerleme Hızı (Mm/Dak. Veya Mm/Dev)
S	Devir Sayısı (Dev/Dak) Veya Kesme Hızı Kodu (M/Dak.)
T	Kesici Takım
M	Yardımcı Fonksiyonlar
G	Hazırlık Fonksiyonları
P	Besleme Süresi (Milisaniye), Alt Program Numarası Adresi
L	Tekrarlama Sayısı (Alt Programı Veya Çevrimi)
Q	Kesme Derinliği
X	Koordinat Kodları (Takımın X Ekseni Yönünde Hareketini Gösterir)
Y	Koordinat Kodları (Takımın Y Ekseni Yönünde Hareketini Gösterir)
Z	Koordinat Kodları (Takımın Z Ekseni Yönünde Hareketini Gösterir)
I	Dairesel İnterpolasyonda X Ekseni Yönündeki Yarıçap Bileşeni
J	Dairesel İnterpolasyonda Y Ekseni Yönündeki Yarıçap Bileşeni
K	Dairesel İnterpolasyonda Z Ekseni Yönündeki Yarıçap Bileşeni
R	Çevrimde Kesmenin Başlangıç Noktası, Dairesel İnterpolasyonda Dairenin Yarıçapını Gösterir
C	Pah Kırma İşlemi
H	Takım Uzunluk Telafisi
/	Bu İşaretin Konduğu Satır Okunmadan Geçilir

Programı yazmaya başlamadan önce, mutlak ölçme (G90) ya da artışı ölçme (G91) metotlarından hangisini kullandığınızı unutmayınız.

2.3.1.3. Geometrik Bilgiler (G0, G1, G2, G3, I, J, K...)

Kesici takımın pozisyonunu, iş parçasının pozisyonunu, yaptığı hareketin şeklini ve yönünü belirten bilgilerin yazıldığı bölümdür. Hazırlık fonksiyonları G kodları ile gösterilir. Komutların anlamlarını ifade eder. Her sayı kod şeklindedir. Sabit bir anlam ifade eder. Tezgâh çeşidine göre bazılarında farklılıklar olabilir. CNC tezgâhları üretici firmalarının kendi özelliklerini yansıtabilmesi için bazı kodlar boş bırakılmıştır. G kodları 0'dan 99'a kadar iki rakamdan oluşur. G kodları iki çeşittir.

Geçici (One-Shot) G fonksiyonları

Sadece kullanıldığı blok içinde geçerlidir. Bir sonraki bloka etkisi yoktur.

Kalıcı (Modal) G fonksiyonları

Aynı gruptan bir G kodu verilinceye kadar kendisinden sonra gelen bütün bloklarda geçerliliğini korur. G kodları yazılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- 1) Bir blokta aynı gruptan olmamak koşulu ile birçok G kodu bulunabilir.
- 2) Aynı gruptan yanlılıkla G kodu yazılmışsa en son yazılan kod geçerli olur.
- 3) G kodlarının önündeki sıfır yazılmayabilir. Örneğin G00 kodu G0, G01 kodu ise G1 olarak yazılabilir.
- 4) Listede olmayan G kodu programda kullanılırsa, kumanda ünitesi alarm verir.
- 5) Kalıcı G kodları bir bloka yazıldıktan sonra iptal edilinceye kadar geçerlidir.

G00 - Hızlı Hareket Kodu

Bu komutla kesici takım, bulunduğu noktadan gitmesi istenen noktaya imalatçı firmanın ayarlamış olduğu hızda ilerler. Takımın gideceği pozisyon mutlak (G90) ya da artışı (G91) ölçü sistemi ile tanımlanmalıdır. Mutlak ölçü sistemi otomatik olarak tezgâhlarda seçili durumdadır. O yüzden satırın başına yazılmayabilir.

Mutlak Ölçü Sisteminde Komut Şekli;

G00 X... Y... Z... ; İş parçasının sıfırına göre X, Y ve Z yönlerinde hareket.

Artışlı Ölçü Sisteminde Komut Şekli:

G91 G00 X.. Y.. Z.. ; Takımın bulunduğu yere göre X, Y ve Z yönlerinde hareket.

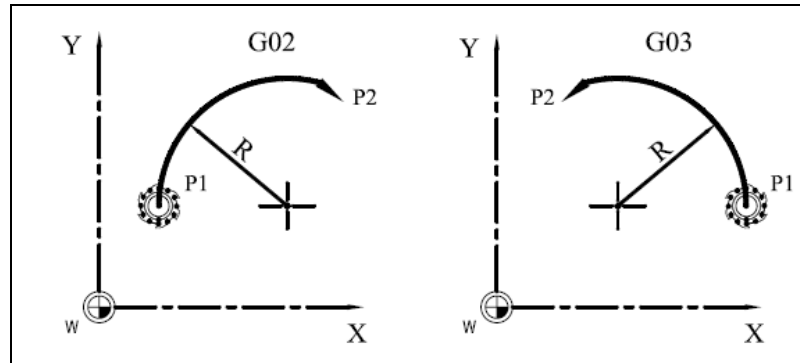
Bu komut, takım iş parçasına yaklaşırken veya kesme işlemi bittikten sonra takım iş parçasından uzaklaşırken kullanılır. Bu komut ile hızlı hareket olduğundan iş parçasına yaklaşırken veya uzaklaşırken takımın takip edeceği yolda herhangi bir çarpma olmayacağından emin olunmalıdır.

G01- Doğrusal Hareket Kodu

Bu komutla X, Y, Z eksenlerinde birlikte ya da ayrı ayrı doğrusal hareket yaptırılır. Parça işleme esnasında kullanılır. Ayrıca takımın parçaya yaklaşmasında da kullanılır. Takımın gideceği pozisyon mutlak (G90) ya da artışlı (G91) ölçü sistemi ile tanımlanmalıdır. G01 komutu ile birlikte X, Y, Z eksenlerinde takımın hareket edeceği koordinat değerleri ve F ilerleme hızı verilmelidir.

G02-G03 Dairesel İnterpolasyon Hareket Kodu

Eğik ya da dairesel bir yüzeyin işlenebilmesi için kesici takımın yaptığı harekete dairesel interpolasyon adı verilir. G02 takımın saat ibresi yönünde hareketini sağlar. G03 ise takımın saat ibresinin tersi yönünde hareketini sağlar (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Dairesel İnterpolasyonda Yön Tayini.

Çizelge 2.2’de kesici takımın dairesel bir yol boyunca hareket edebilmesi için komut yazma sırası verilmiştir. Tabloda gösterilen sıralama takip edilerek dairesel interpolasyon kodu kolaylıkla yazılabilir. Komut sıralaması 1,2,3,4 şeklini takip eder.

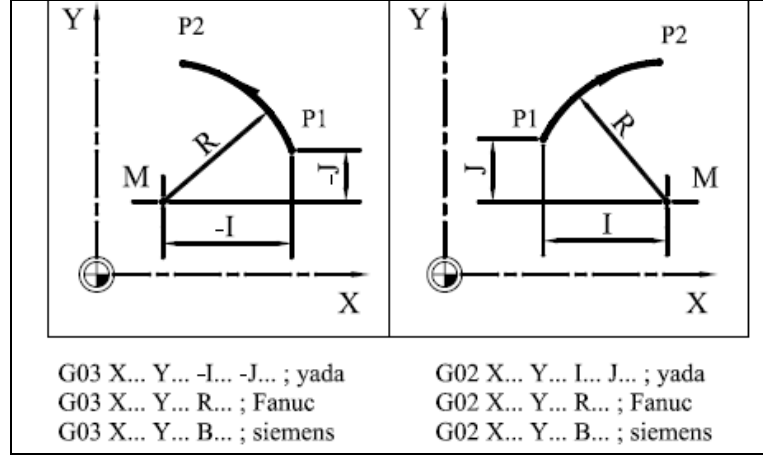
Komut şekli: G02 (veya G03) X... Y.... I... J... F... ;
G02 (veya G03) X... Y.... R... (veya B) F;

Çizelge 2.2. Dairesel İnterpolasyonda Komut Yazım Sıralaması.

Hareket Sırası		Komut	Açıklama
1	Takımın Dönüş Yönü	G02	Takımın Saat İbresi Yönünde Hareketi.
		G03	Takımın Saat İbresinin Tersİ Yönünde Hareketi.
2	Bitiş Noktası	Mutlak Ölçü Sis. X,Y	İş Parçası Sıfırına Göre Bitiş Noktasının Koordinatları.
		Artışlı Ölçü Sis. X,Y	Başlangıç Noktası İle Bitiş Noktası Arasındaki Uzaklık.
3	Başlangıç Noktası İle Bitiş Noktası Arasındaki Uzaklık	I,J	Başlangıç Noktası İle Daire Merkezi Arasındaki Uzaklık.
	Daire Yarıçapı	R,B	Fanuc Sisteminde Daire Yarıçapı, Siemens Sisteminde Daire Yarıçapı.
4	İlerleme Hızı	F	Takımın İlerleme Hızı.

Yay Merkezinin Yarıçap Bileşenleri Cinsinden İfadesi (I, J, K)

Oluşturulacak olan yayların farklı bir şekilde programlanma biçimi olduğunu söyleyebiliriz. Yayları genelde FANUC’ta R, SIEMENS’te B harfi ile gösterilmektedir. Yarıçap bileşenleri, yarıçap doğrusuna ait X, Y, Z eksenlerine paralel vektörlerdir. Yarıçap bileşenlerinden X eksenine paralel olanına I, Y eksenine paralel olanına J, ve Z eksenine paralel olanına ise K yarıçap bileşeni denir. CNC işleme merkezlerinde XY (G17) düzlemi çok sık kullanıldığından I ve J bileşenleri kullanılmış oluyor. K yarıçap bileşeni Z ekseninde olduğundan daha az kullanılır. Yarıçap bileşenlerinin ön işaretleri takım iş parçası merkezine yaklaştığı zaman (-), yay merkezinden uzaklaştığı zaman (+) değerini alır. Şekil de XY düzleminde I ve J yarıçap bileşenleri görülmektedir. Şekil 2.9’da yarı çap bileşenleri görülmektedir.



Şekil 2.9. XY Düzleminde I ve J Yarıçap Bileşenleri.

2.3.1.4. Yardımcı Kodlar ve Program Sonu Açıklaması (M02, M30 ...)

Yardımcı fonksiyonlar M kodları ile gösterilir. M kodu CNC tezgâhın çalışmasını kontrol eder. Genellikle açma kapama şeklinde bir fonksiyonu vardır. İş milini çalıştırma durdurma, soğutma suyunu açma-kapama, programı durdurma gibi. M kodları 0'dan 99'a kadar iki rakamdan oluşur. M kodları yazılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir;

- 1) M kodları genellikle kalıcı olup, bir bloka tek bir M kodu yazılır.
- 2) Hareket komutu ile aynı anda başlar. G01 bulunan bir blokta M03'te bulunursa ilerleme ile beraber iş mili de dönmeye başlar.
- 3) M02 ve M30 kodları parça işlendikten sonra programı sonlandıran komutlardır. M02 ile biten program otomatik olarak başa dönmez. Bunun için programı başa almak gerekir. M30 kodunda buna gerek yoktur. Program biter bitmez kendini başa alır ve başlat butonuna basılmasını bekler.

CNC sistemi aynı blokta üç adete kadar M kodlarının belirtilmesine imkan sağlar. Yalnız mekanik operasyon kısıtlamalarından dolayı aynı anda bazı M kodları belirtilmez. M00, M01, M02, M30, M98, M99 kodları başka M kodları ile aynı satırda yazılamaz. Bu kodların her birinin ayrı bloklar içinde yazılması gerekir.

2.3.2. CNC Frezede Satır Yapısı

2.3.2.1. Satır Numarası (N01, N02...)

Program içerisinde her bir blok (satır) numaralanır. Satır numarası N harfi ile gösterilir. Satır numarası N1, N2, N3... şeklinde olabileceği gibi, N10, N20, N30... şeklinde de artabilir. Ancak daima artarak devam eder. Satır numarası olarak N0 kullanılmaz. Satır numarası kullanılmak zorunda değildir. Programda değişiklik yapmak istediğimiz zaman hangi bloktan sonra değişiklik yapacağımızı kolaylıkla bulabilmemizi sağlar. Alt programlamada ve çevrimlerde ihtiyaç duyulur. Ayrıca blok numaraları arasında N1, N5, N10... gibi sayısal boşlukların olması araya yeni bloklar yazmamıza imkan sağlar.

2.3.2.2. Adresler (G ve M Kodları)

Fanuc kontrol ünitesinde kullanılan G kodları ve kodların anlamları Çizelge 2.3'te gösterilmiştir. Ayrıca kodlar kendi içinde gruplandırılmıştır. Aynı grupta olan G kodları aynı blokta yer alamaz.

Çizelge 2.3. ISO Sistemine Göre G Kodlar.

Standart	Grup	Fonksiyonun Anlamı
G00	01	Pozisyona Hızlı Gitme
G01		Doğrusal Hareket (Verilen İlerleme Hızında Gitme)
G02		Dairesel İnterpolasyon Saat İbresi Yönünde
G03		Dairesel İnterpolasyon Saat İbresinin Tersİ Yönünde
G04	00	Bekleme Modu
G09		İsteneN Noktada Duruş – Tam Duruş
G17		X-Y Çalışma Düzlemi Seçme
G18		X-Z Çalışma Düzlemi Seçme
G19		Y-Z Çalışma Düzlemi Seçme
G20	06	İnç Ölçü Sistemi
G21		Metrik Ölçü Sistemi
G28	00	Referans Noktasına Dönüş
G29		Referans Noktasından Dönüş
G30		2.Referans Noktasına Dönüş
G40	07	Takım Yarıçap Telafisi İptali
G41		Takım Yarıçap Telafisi Sola Hareket Halinde
G42		Takım Yarıçap Telafisi Sağa Hareket Halinde
G43	08	Takım Boyu Düzeltme (+)
G44		Takım Boyu Düzeltme (-)
G49		Takım Boyu Düzeltme İptali

G53	00	Tezgah Koordinat Sistemi Seçimi
G54		1 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G55		2 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G56		3 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G57		4 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G58		5 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G59		6 Nolu İş Koordinat Sistemi Seçimi
G73	09	Derin Delik Delme Çevrimi
G74		Ters Diş Çekme Çevrimi
G76		Hassas Delik Genişletme Çevrimi
G80		Sabit Çevrim Kodunun İptali
G81		Punta Açma Ve Delik Delme Çevrimi
G82		Delik Delme – Deliş Genişletme Çevrimi
G83		Gagalama (Çok Pasolu) Delik Delme Çevrimi
G84		Kılavuz Çekme Çevrimi
G85		Delik Genişletme Çevrimi
G86		Delik Genişletme Çevrimi
G87		Tersten Delik Genişletme Çevrimi
G88	Delik Genişletme Çevrimi	
G89	Delik Genişletme Çevrimi	
G90	03	Mutlak Koordinatlarda Çalışma Kodu
G91		Artışlı Koordinatlarda Çalışma Kodu
G92	00	İş Parçası Koordinat Kaydırma
G94	05	İlerleme Hızı Mm/Dak.
G96		Sabit Kesme Hızı (M/Dak) Seçilmesi
G97		Sabit Devir Sayısı (Dev/Dak) Seçilmesi
G98	04	Başlangıç Noktasına Dönüş Kodu
G99		Çevrimde Başlangıç Noktasına Dönüş Kodu

CNC tezgâh sistemlerinde en çok kullanılan M yardımcı kodları Çizelge 2.4’de verilmiştir. Bunların dışında tezgâh üreticisi kendisinde farklı anlamlara gelen M kodları da oluşturabilir.

Çizelge 2.4. ISO Sistemine Göre M Kodları.

Standart	Fonksiyonun Anlamı
M00	Program Durdurma
M01	İsteğe Bağlı Durdurma
M02	Program Sonu (Program Başa Dönmez)
M03	İş Milinin Saat İbresi Yönünde Dönmesi
M04	İş Milinin Saat İbresinin Ters Yönünde Dönmesi
M05	İş Mili Durdurma
M06	Takım Değişirme Kodu
M07	Püskürtmeli Soğutucu Veya Yağ Akışı Açık
M08	Soğutma Sıvısı Açma
M09	Soğutma Sıvısı Kapama
M19	İş Mili Pozisyonlu Durdurma
M30	Program Sonu Ve Başa Dönüş
M98	Alt Program Çağırma
M99	Alt Program Sonu

2.3.2.3. Satır Sonu (;)

Bir program satırı belli bir sayıdaki karakteri kapsamaktadır. Her harf ve rakam bir karakteri temsil eder. Bir satır yazılımı bittiğinde satırın kapatılması gerekir. FANUC ve SIEMENS sisteminde her satır (;) sembolü ile kapatılır. Böylece satırın, yani bloğun bittiğini ifade eder. CNC tezgâhının kontrol paneli üzerinde genellikle EOB harfleri ile gösterilir. EOB (End Of Blok- Blok sonu) anlamına gelir [34].

2.3.3. CAM Programları ve Kod Oluşturma Mantığı

2.3.1’de anlatılan kodlar çoğu parça için yazılamayacak kadar karmaşıklardır bu nedenle CAM kodları oluşturmak için özel programlar geliştirilmiştir, bu programlara örnek olarak MasterCAM, ProCAM, SolidCAM, ArtCAM verilebilir. Bu programlarda kod çıkarma mantığı;

- 1) Kodu çıkarılacak parça 3d katı model veya 2d çizim olarak bir CAD programı ile modellenir (Bazı CAM programlarının içinde CAD modülleri de bulunmaktadır).
- 2) Bu model ilgili formatta (iges, step vs) CAM programına aktarılır.
- 3) İşlenilecek unsura göre takım, malzeme, hız v.b ayarları CAM programı içinde yapılır.
- 4) Program unsur ve ayarlara uygun olarak takım yollarını ve kodlarını hesaplar.
- 5) Hesaplanan kodları işlem yapacağınız tezgaha göre (fanuc, siemens vb) kod dosyaları kaydedilir.

2.4. CNC KONTROL PROGRAMLARI (MACH, KCAM ...)

CNC tezgahlarında tahriki sağlayan motorlar sayısal sinyaller ile çalışırlar. CNC kontrol programı, CAM programları tarafından üretilen M-G kodlarını hareket sinyallerine çevirerek sürücü devreler vasıtası ile motorları hareket ettirir. MACH, KCAM veya SkilledCad bu kontrol programlarına örnek olarak verilebilir.

BÖLÜM 3

MASAÜSTÜ CNC FREZE TASARIMI VE PROTOTİPİ

3.1. TEZGAHIN TASARIMI

Tezgahın tasarımı;

- 1) Boyutsal ön tasarım yapılması,
- 2) Standart elemanların kataloglardan seçilmesi,
- 3) Ön tasarım ve standart elemanlara göre SolidWorks programında 3 boyutlu modellenerek, malzeme listeleri ve imalat resimleri oluşturulması.

Olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Boyutsal Ön Tasarım

İlk olarak tezgahın genel hareket prensibi (portal – köprü tipi) ve genel tahrik sistemine (vidalı mil, kremayer dişli, triger kayış v.b) karar verilmiş, bu doğrultuda eksenlerin ortalama ölçüleri belirlenmiştir. Bu aşamada tezgahın köprü tipi ve vidalı mil tahrik edilmesine karar verilmiştir.

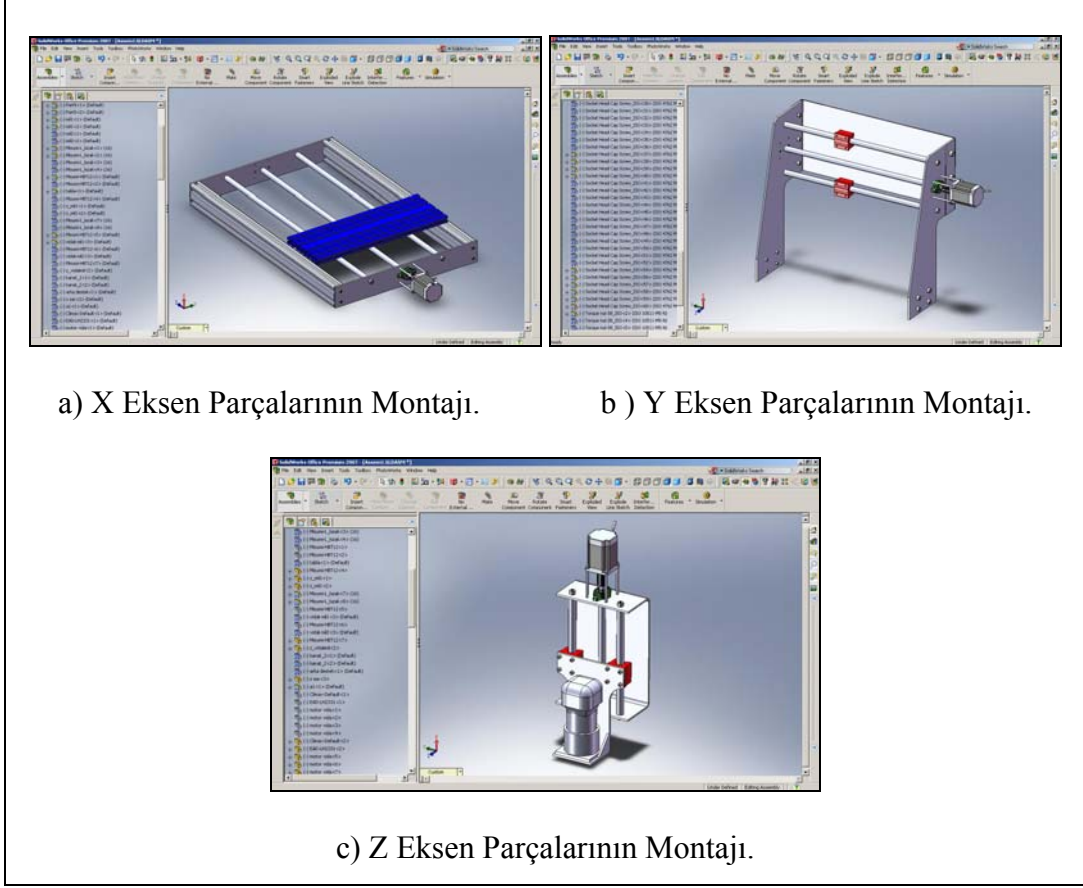
3.1.2. Standart Elemanların Belirlenmesi

Tezgahın genel konstrüksiyonu, hareket ve tahrik sistemi için gerekli standart elemanlara karar verilerek, ilgili firmaların kataloglarından fiyat – performans ilişkisi göz önünde bulundurularak standart elemanlar seçilmiştir.

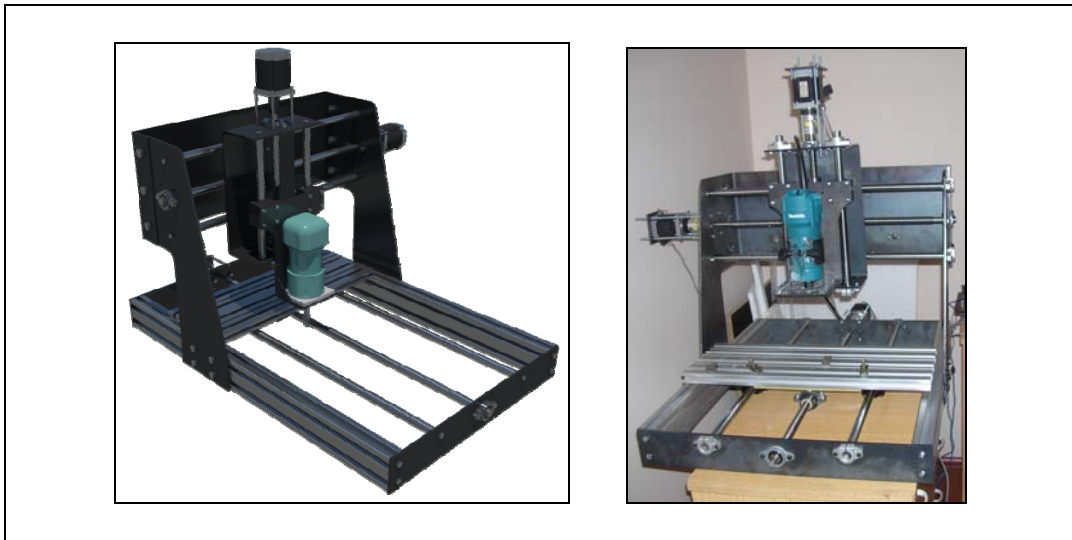
3.1.3. Sistemin Modellenmesi

CNC'nin hareket, tahrik sistemleri ve kullanılacak elemanlara karar verildikten sonra SolidWorks programında tasarım modellenmiştir. Tezgahta X,Y,Z eksenleri sırasıyla

birbirleriyle kıyaslanarak modellenmiştir. Şekil 3.1 X,Y,Z eksenlerinin, Şekil 3.2 de ise sistemin tamamının resimleri görülmektedir.



Şekil 3.1. Eksenlerin Montaj Modülünde Montajı.

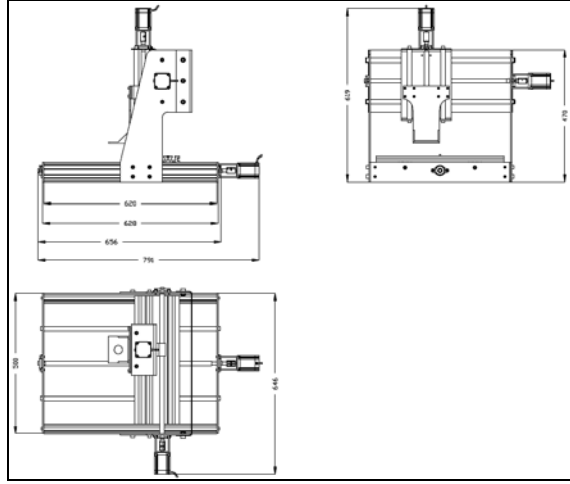


Şekil 3.2. CNC'nin Resimleri.

3.1.4. Tezgah, İşleme ve Tabla Boyutları

3.1.4.1. Tazgah Boyutları

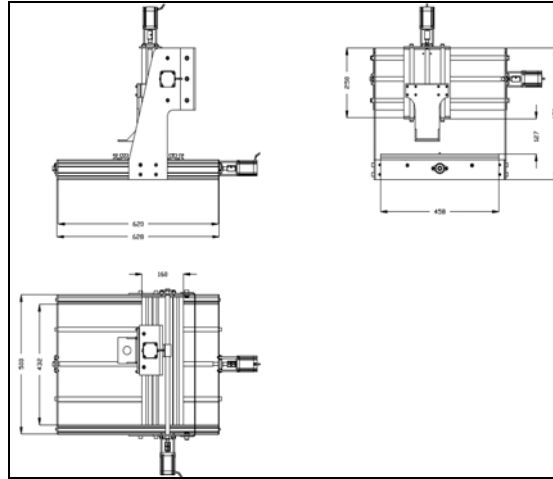
Tezgah 800x650x620 mm boyutlarındadır, tezgah ölçüleri Şekil 3.3'de görülmektedir.



Şekil 3.3. Tezgah Boyutları.

3.1.4.2. İşleme ve Tabla Boyutları

Tezgah 460x320x120 kurs boylarına sahiptir, teknik resimleri Şekil 3.4'de görülmektedir.

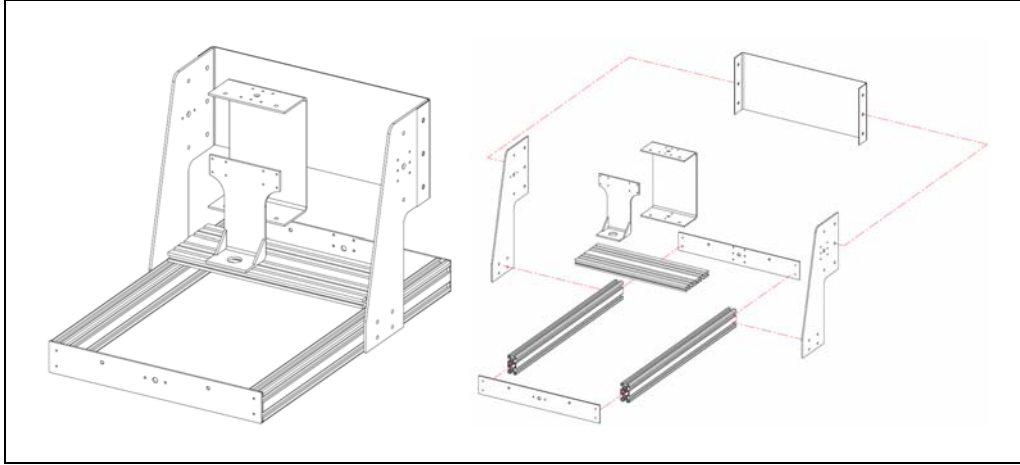


Şekil 3.4. İşleme ve Tabla Boyutları.

3.2. MEKANİK PROTOTİP

3.2.1. Gövde

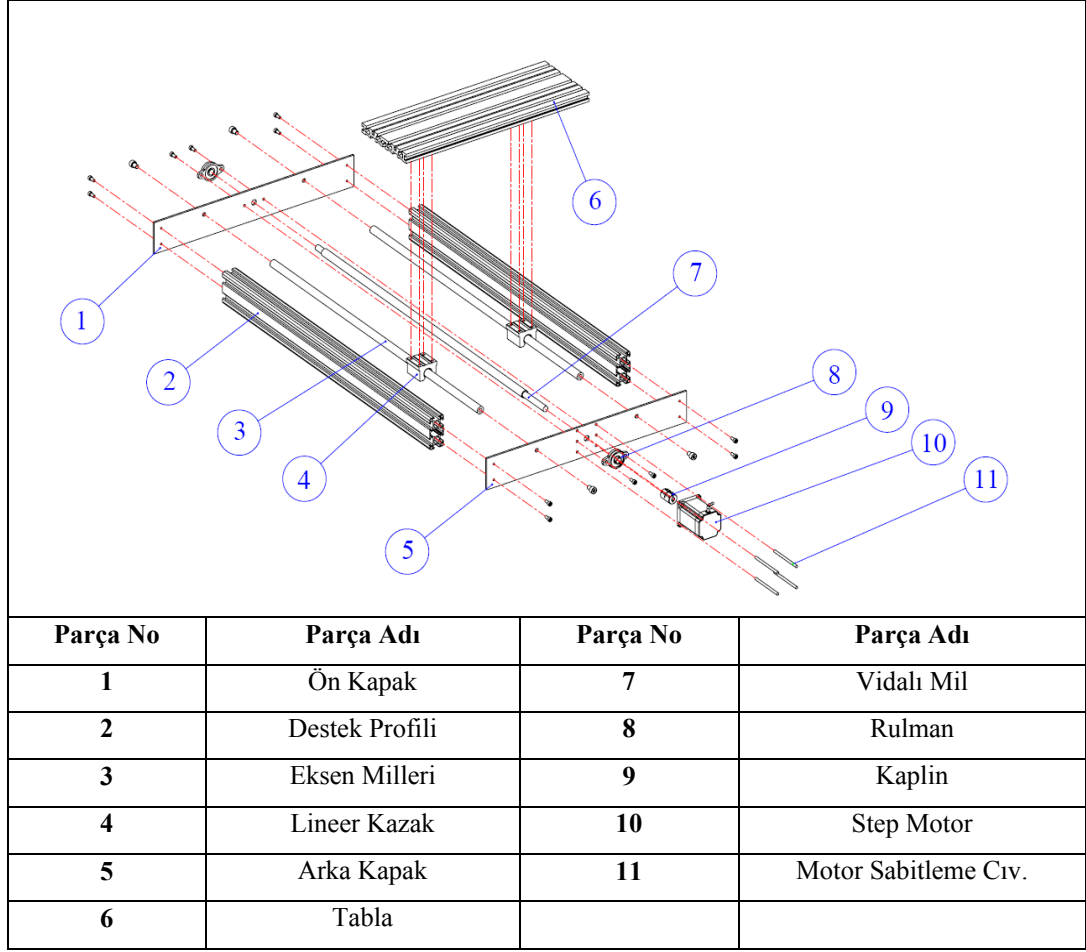
Standart elemanlar hariç sac ve alüminyum parçalar gövdeyi oluşturmaktadır. Gövdeyi oluşturan sac parçalar lazer kesim resimleri oluşturularak, CNC lazer de kestirilmiştir. Alüminyum parçalar ise standart sigma profillerden seçilmiştir [35]. Gövdeyi oluşturan parçalar cıvatalar ile birleştirilmektedir. Gövdenin parçaları ve genel görünümü Şekil 3.5’de görülmektedir. Gövdeyi oluşturan parçaların teknik resimleri ekte verilmiştir.



Şekil 3.5. Gövdeyi Oluşturan Parçalar.

3.2.2. X Ekseni Prototipi

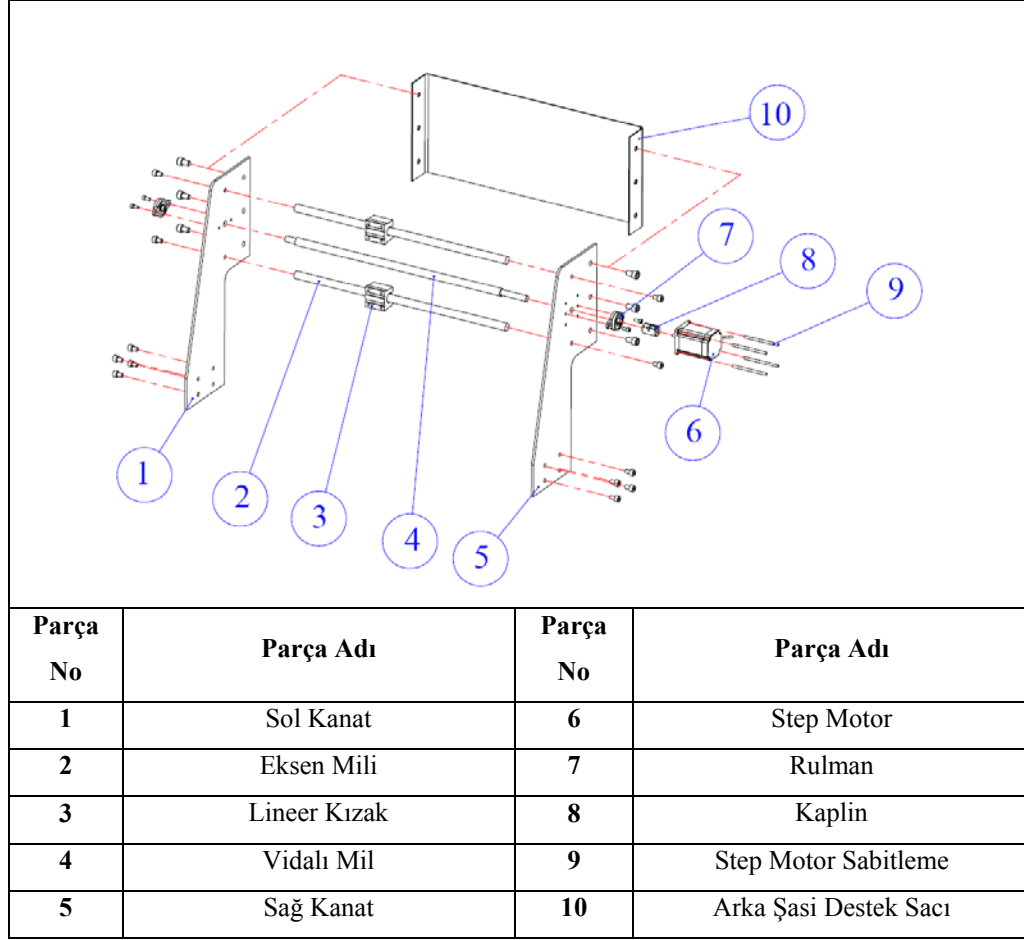
X eksenini aşağıda Şekil 3.6’de numaralandırılmış 11 parça ve onları birleştiren cıvata – somunlardan oluşmaktadır. X eksenini imal edilirken 1, 2 ve 5 numaralı parçalar cıvatalar ile birleştirilerek şasi oluşturulmuştur. Şasiye 5 numaralı eksen milleri ve üzerlerindeki kızaklar monte edilmiştir. Daha sonra vidalı mil yerleştirilmiş, başı ve sonuna rulmanlar takılarak yataklamaları yapılmıştır. Vidalı milin son kısmına kaplin ve motor yerleştirilerek 12 numaralı cıvatalar ile motor gövdeye sabitlenmiştir. Son olarak tablanın kızaklara ve vidalı mil somununa bağlantısı yapılmıştır. Bu işlemler sonunda motor döndüğünde vidalı mil tablayı iterek veya çekerek kızaklar üzerinde X ekseninde hareketini sağlamış olur.



Şekil 3.6. X Ekseni Parçaları.

3.2.3. Y Ekseni Prototipi

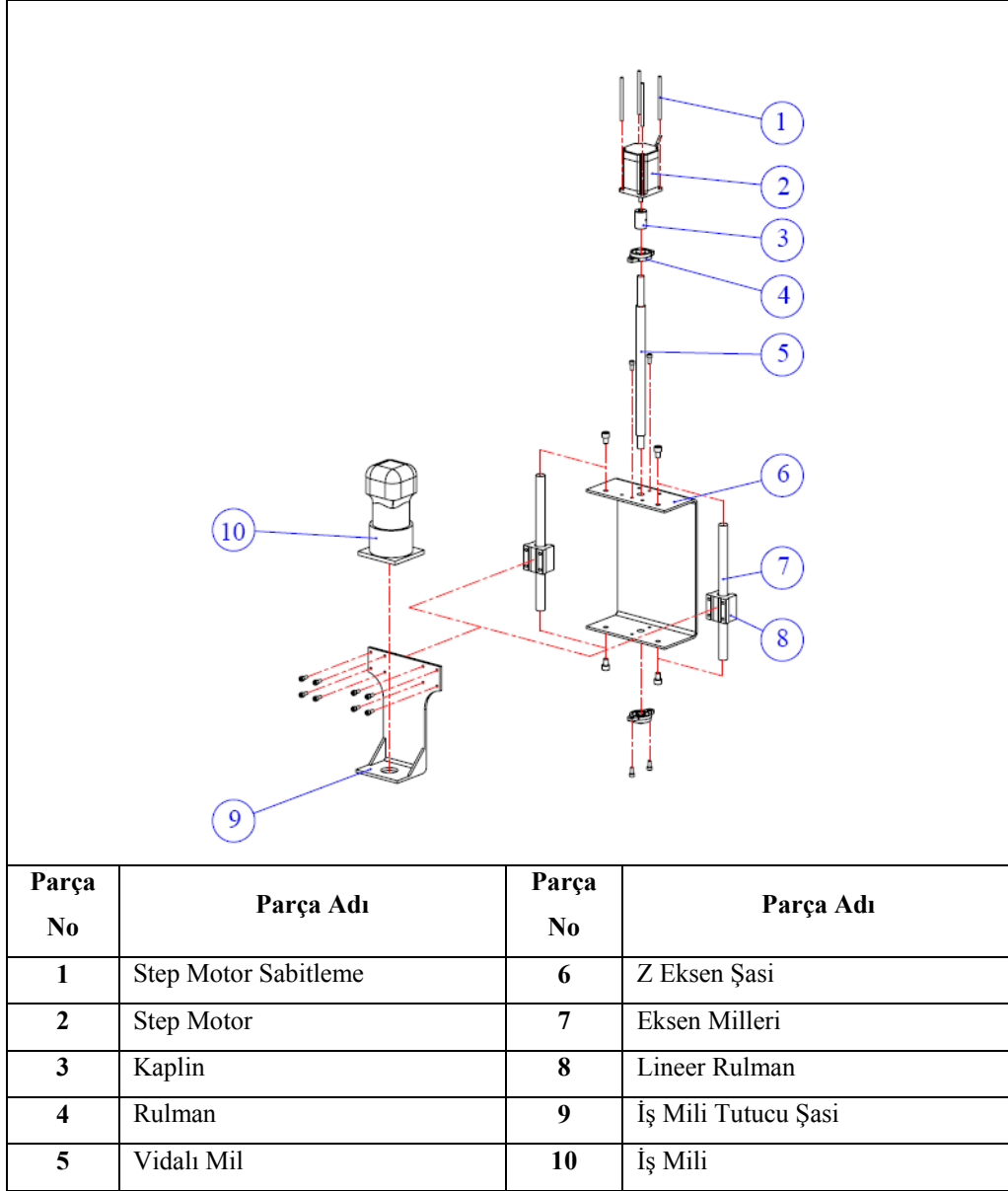
Y eksenini aşağıda şekil 3.7’de numaralandırılmış 10 parça ve onları birleştiren cıvata – somunlardan oluşmaktadır. Y eksenini imal edilirken 1 ve 5 parçaları X eksenindeki 2 nolu profillere cıvata ile sabitlenmiştir. 2 numaralı eksen milleri ve üzerlerindeki kızaklar monte edilmiştir. Daha sonra vidalı mil yerleştirilmiş, başı ve sonuna rulmanlar takılarak yataklamaları yapılmıştır. Vidalı milin son kısmına kaplin ve motor yerleştirilmiş ve 9 numaralı cıvata ile motor gövdeye sabitlenmiştir. Son olarak Z ekseninin kızaklara ve vidalı mil somununa bağlantısı yapılmıştır. Bu işlemler sonunda motor döndüğünde vidalı mil ve kızaklarla Y eksenine monteli olan Z eksenini iterek veya çekerek Y ekseninde hareketini sağlamış olur.



Şekil 3.7. Y Ekseni Parçaları.

3.2.4. Z Ekseni Prototipi

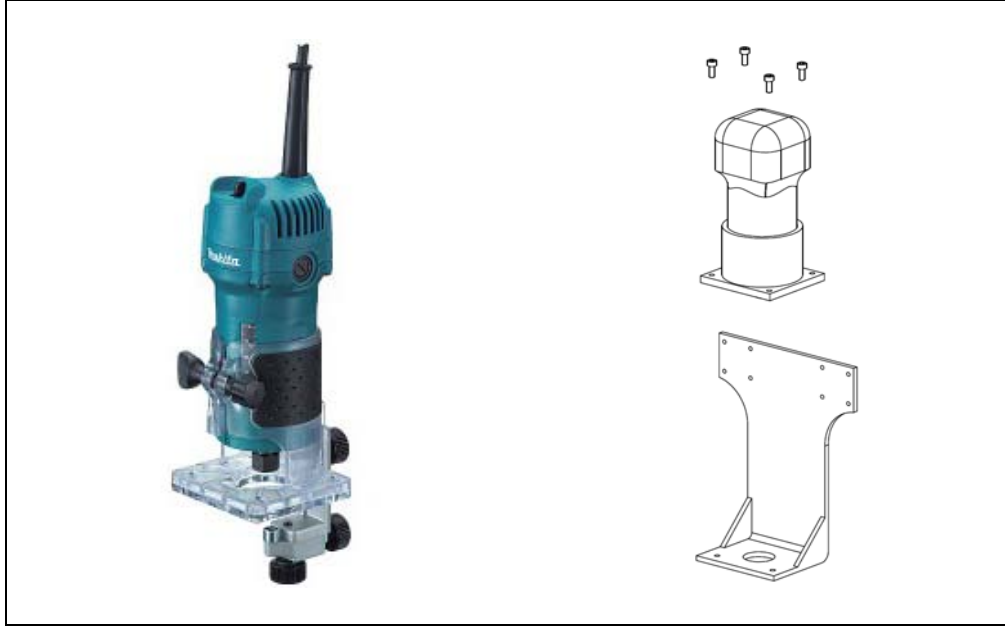
Z eksenini Şekil 3.8’de numaralandırılmış 10 parça ve onları birleştiren cıvata – somunlardan oluşmaktadır. Z eksenini imal edilirken 6 numaralı şasi X eksenini kızaklarına cıvata ile monte edilmiş ve vidalı mil somunu ile bağlantısı yapılmıştır. X eksenine sabitlenen şasi üzerine eksen milleri ve kızaklar yerleştirilerek cıvatalar ile miller sabitlenmiştir. Ardından vidalı mil yerleştirilmiş başı ve sonuna rulmanlar takılarak yataklamaları yapılmıştır. Son olarak milin son kısmına kaplin ve motor yerleştirilerek 1 numaralı cıvatalar ile motor gövdeye sabitlenmiştir. 9 numaralı iş mili tutucu şasisine iş mili (makita) cıvatalar ile sabitlenmiştir. Bu işlemler sonunda motor döndüğünde vidalı mil ve kızaklarla Z eksenine monteli olan iş milinin aşağı yukarı hareketi sağlanıyor olacaktır.



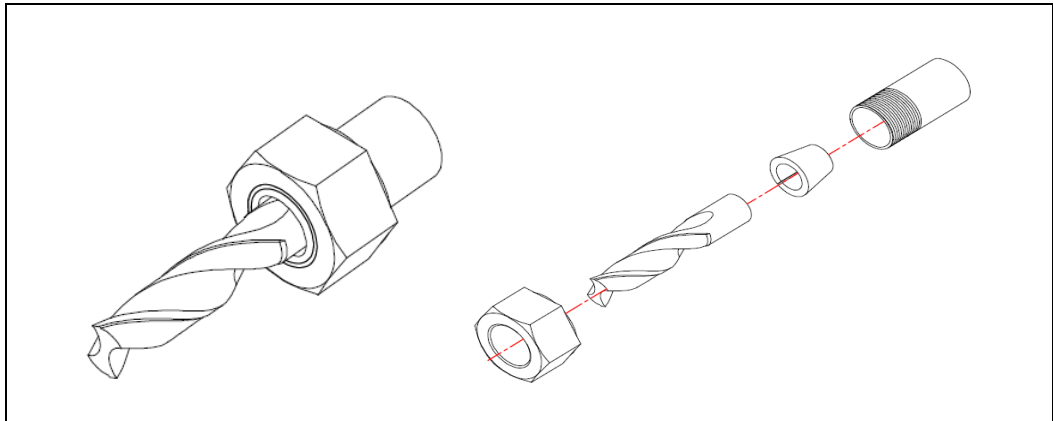
Şekil 3.8. Z Eksen Parçaları.

3.3. İş Mili, Kesici Takımlar ve Takım Tutucular

Tasarlanan masaüstü CNC tezgahının iş mili olarak Makita 3709 el frezesi kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.9’da fotoğrafı ve frezenin Z eksenine montajı görülmektedir. Frezenin özellikleri; 530 Watt, 30000 dev/dak, 2,3 Ah dir. Takım tutucu mekanizması aşağıda Şekil 3.10’da görülmektedir. Mandrene yalnızca giriş çapı 6 mm olan çakılar takılabilmektedir.



Şekil 3.9. Kullanılan Freze ve Eksene Montajı.



Şekil 3.10. Takım Tutucu Mekanizması.

3.4. ADIM MOTORLAR VE MONTAJI

3.4.1. Adım Motorlar

Açısal konumu adımlar halinde değiştiren, çok hassas sinyallerle sürülen motorlara adım motorları denir. Diğer bir deyişle girişlerine uygulanan dijital darbe dizilerine karşılık analog dönme hareketi yapabilen elektromagnetik elemanlardır. Adım motorları belirli adımlarla hareket ederler. Bu adımlar, motorun sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyartımda, motorun yapacağı

hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , $7,5^\circ$, $1,8^\circ$ 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 mikroişlemci veya bilgisayar yardımı ile kontrol edilebilir. Dolayısıyla adım motorlarının hızı, dönüş yönü ve konumu her zaman bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı adım motorlar çok hassas konum kontrolü istenen yerlerde kullanılırlar [36] . Adım motorlar uzun yıllardır var olmalarına rağmen ticari olarak kullanılmaları ancak 1960'lı yıllarda yüksek seviyeli doğru akımları anahtarlayabilen transistörlerin üretimine başlanmasıyla yaygınlaşmıştır. 1970'li yıllardan beri dijital elektronikteki ve mikroişlemci teknolojisindeki gelişmelerle birlikte adım motorlarının kullanımı giderek cazipleşmekte ve tüm dünyada bu motorların üretim ve uygulamalarıyla ilgili geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Günümüzde adım motorları endüstride birçok kontrol sistemlerinde, hassas konum kontrolü yapmak amacıyla kullanılmaktadır. En çok yazıcılar, çiziciler, disket sürücüler, hard disk sürücüler, kart okuyucular vb bilgisayar çevre cihazlarında bu elemanlardan yararlanılmaktadır. Ayrıca sayısal kontrol sistemlerinde, CNC tezgahlarda, proses kontrol sistemlerinde, robot teknolojisinde ve uzay endüstrisine ait bir çok sistemde adım motorlar tahrik elemanı olarak yer almaktadır. Adım motorların bu kadar çok kullanım alanı bulmasının nedeni bu motorların bazı avantajlara sahip olmasıdır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [37].

- 1) Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
- 2) Geri beslemeye ihtiyaç göstermezler. Açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
- 3) Adım motorlar dijital bilgiyi işlerler, bu nedenle mikroişlemci veya bilgisayarlarla kontrol için ideal elemanlardır.
- 4) Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- 5) Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilirler.

Adım motorlarının bu avantajları yanında bazı dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- 1) Aşırı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
- 2) Momenti sınırlıdır. Isındığında verimleri düşer
- 3) Adım açıları sabit olduğundan alınan hareket darbelidir.
- 4) Yüksek atalet momentli yüklerde yetenekleri sınırlıdır.
- 5) İyi kontrol edilmediğinde rezonans meydana gelebilir.
- 6) Yüksek hızlarda çalıştırmak zordur.

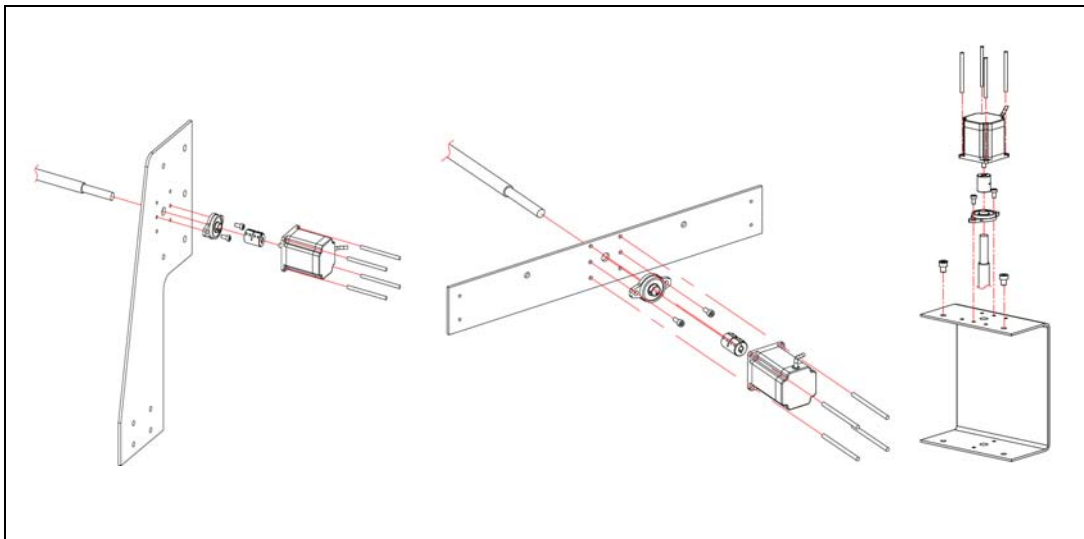
3.4.2. Sistemde Kullanılan Step Motorlar Ve Özellikleri

Eksenlerde kullanılan motorlar ve özellikleri Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Kullanılan Adım Motor Özellikleri.

<u>X Eksen</u>		<u>Y Eksen</u>		<u>Z Eksen</u>	
Markası	Shinano Kenshi	Markası	Vexta	Markası	Shinano Kenshi
Modeli	Stp – 57d505	Modeli	C6244-9212k	Modeli	Stp – 57d505
Akımı	1 Amper	Akımı	1.6 Amper	Akımı	1 Amper
Voltajı	5.3 Volt	Voltajı	5.7 Volt	Voltajı	5.3 Volt
Adım Açısı	1.8 Derece	Adım Açısı	1.8 Derece	Adım Açısı	1.8 Derece
Tork	0,8 Nm	Tork	0,8 Nm	Tork	0,8 Nm

Motorların Eksenlere montajı aşağıda Şekil 3.11’deki gibidir.



Şekil 3.11. Motorların Eksenlere Montajları.

9). Bu noktadan yola çıkılarak, eğer sadece "1" ve "0" sayıları kullanılacaksa, "2"lik sayı tabanı kullanılması yeterli olacaktır. Her sayının ikilik tabanda karşılığı bulunmaktadır. Data portuna göndereceğimiz değerler, port üzerine ikilik sistemdeki bir sayı gibi yerleşirler. Data portuna veri gönderilmediği zaman değeri "00000000"dir. 8 adet "0" olmasının nedeni Data portunun 8 bit olmasıdır. paralel porta MS Windows 9x/Me/Nt/2000/XP işletim sistemleri altında erişebilmek için "inpout32.dll" isimli dinamik bağlantı kütüphanesine ihtiyaç vardır. Bu kütüphane içinde, taban adresi bilinen ile bir donanım ile haberleşmemize olanak sağlayan "Out" ve "Inp" komutları ve alt fonksiyonları bulunmaktadır:

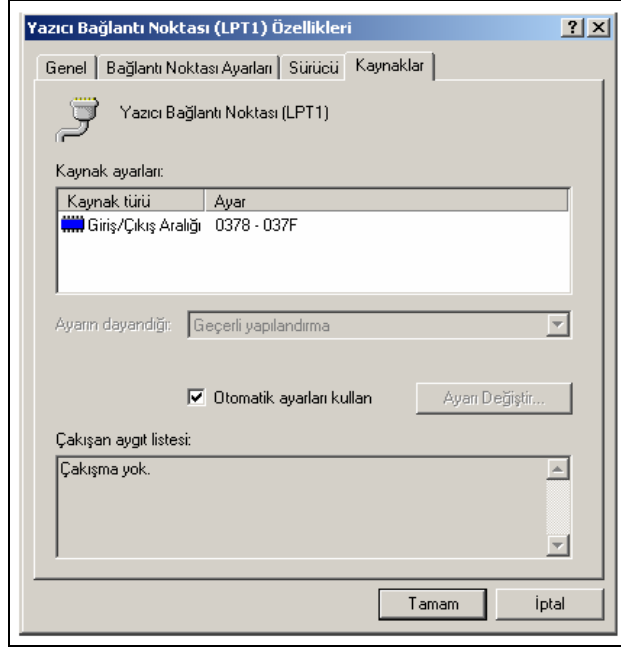
OUT: Bu komut, Out <Taban Adresi>, <Gönderilecek Veri> şeklinde kullanılır.

Port Adresi: Bilgisayar içerisindeki veri iletişimi, bilgisayarı oluşturan aygıtların adresleri üzerinden gerçekleştirilir. Bilgisayar içindeki her aygıtın bir adres aralığı vardır. Paralel portla haberleşmek isteniyorsa, paralel portun taban adresi bilinmelidir. Paralel portun taban adresini öğrenmek için, MS Windows işletim sistemi altında, sırasıyla "Denetim Masası > Sistem > Donanım > Aygıt Yöneticisi > Bağlantı Noktaları (COM ve LPT) > Yazıcı Bağlantı Noktası > Kaynaklar" yolu izlenmelidir. Bu adres genelde "0378-037F" şeklindedir. Bu adrese göre Data Portu : "&h378", Status Portu: Data Portu + 1 : "&h379", Control Portu: Data Portu + 2 : "&h37A" olur. Şekil 3.13'te MS Windows işletim sisteminde paralel port taban adresi gösterilmiştir.

Gönderilecek Veri: Paralel port üzerinden aktarılmak istenen veridir. Onluk sayı sistemindedir. Ancak paralel port ikilik sayı sistemine göre çalıştığı için, kullanılan kütüphane, veriyi paralel porta ikilik sistemde iletir.

INP: Bu komut, INP < Taban Adresi> şeklinde kullanılır.

Port Adresi: Out komutundaki port adresinin aynısıdır. Değeri okunmak istenen portun (Data, Status veya Control) adresidir.



Şekil 3.13. MS Windows İşletim Sisteminde Paralel Port Adresi.

3.5.1.3 Kontrol Sinyalleri

Adım motoru sürücü kartlarının, adım motorlarını istenilen açı ve yönde sürebilmesi ve gerektiği hallerde manüel etkin kılabilmesi için, belirli kontrol sinyallerine ihtiyacı vardır. Bu sinyaller lojik “1” veya “0” şeklindedirler. Ancak gerilim değerleri olarak “+5V” ve “0V” mertebesindedirler. Bu sinyaller:

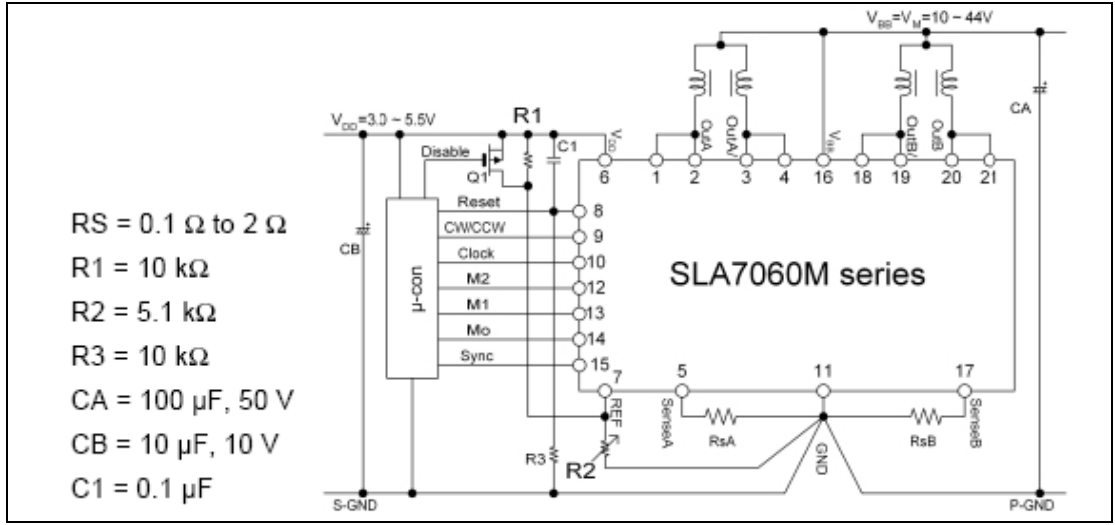
Saat Darbesi: Adım motoru sürücüsü, bu girişe uygulanan her bir sinyal darbesinde adım motorunu bir adım döndürmektedir.

Yön: Adım motoru sürücüsü, her bir saat darbesinde, motoru bu girişe uygulanan sinyal yönünde göre döndürmektedir. (“1” saat yönünde, “0” sıfır saatin tersi yönde)

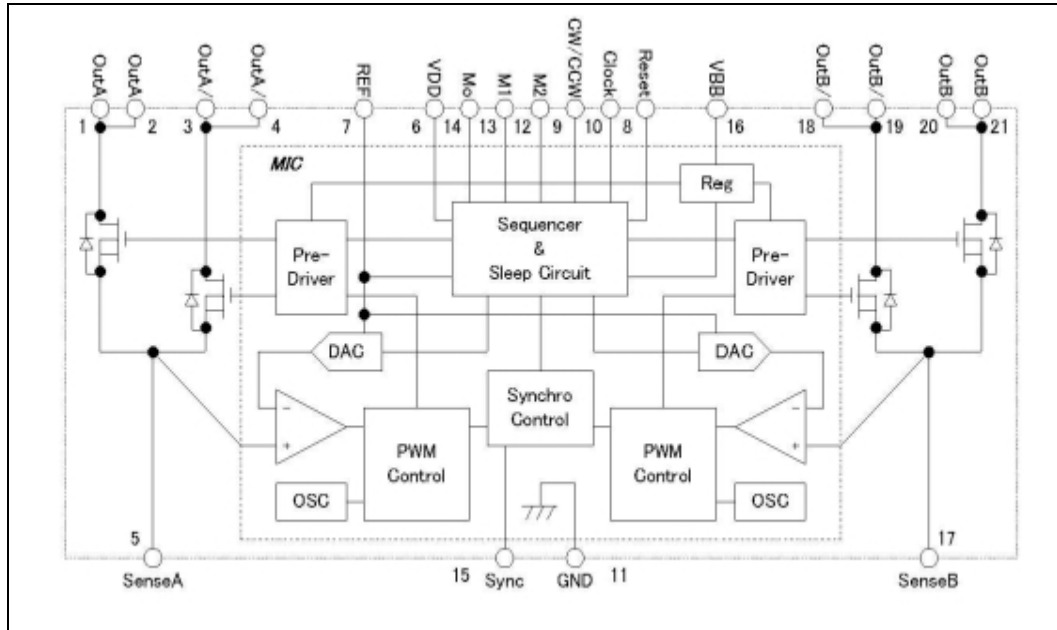
Manüel Etkin: Bu girişe sinyal uygulanması, motorun kullanılmadığı anlarda trafolardan yüksek akım çekilmemesini, motoru serbest bırakmayı ve manüel olarak pozisyonlanmasını mümkün hale getirmeyi sağlar. Bu sinyaller, gerektiği anlarda kullanılmak üzere, bilgisayar yazılımı tarafından belirli algoritmalara göre hesaplandıktan sonra kullanılmaktadır.

3.5.2. Kontrol Devresi

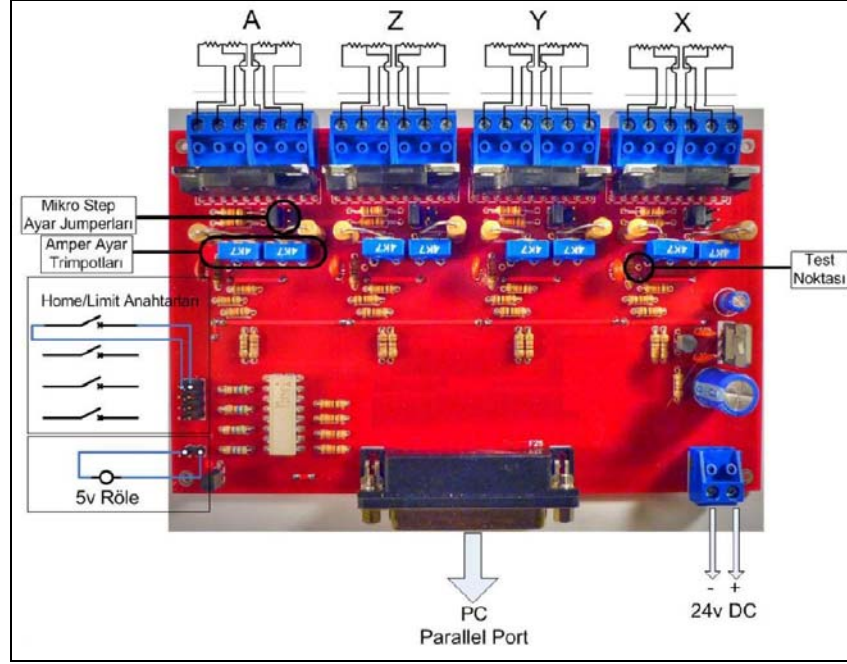
Kontrol devresinde SLA 7062M tek kutuplu adım motor kontrol entegresi kullanılmıştır. Bu entegre 3 Amper ve 46 Volt'a kadar motorları sürebilmektedir. Motorları 1/2, 1/4, 1/8 ve 1/16 mikrostep sürebilmektedir. Motorlara düşen akımı otomatik ayarlayan chopper özelliğine sahiptir [39]. Entegrenin sürücü şeması ve blog diagramı Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'de, bağlantıları Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.14. SLA 7062M Entegresinin Sürücü Şeması.



Şekil 3.15. SLA 7062M Entegresinin Fonksiyon Blok Diagramı.



Şekil 3.16. Kullanılan Kontrol Devresi ve Bağlantıları.

Kullanılan kontrol devresinin özellikleri;

- 1) 4 eksen'e kadar CNC'ler kontrol edilebilmektedir.
- 2) 3A, 45 volt çıkış gücüne sahiptir.
- 3) 1/2 , 1/4 , 1/8 ve 1/16 mikro-step sürüş özelliğine sahiptir.
- 4) PWM ayarlanabilir akım kontrolü vardır.
- 5) Her eksen için ayrı ayrı mikrostep ve akım seviyesi ayarı vardır.
- 6) Kart üzerinde 5volt regülatör vardır.
- 7) Doğrudan paralel porta bağlantı imkanına sahiptir.

Devreyi ve motorları sürmek için Şekil 3.17'de görülen 24 Volt 14 Amper switch mode güç kaynağı kullanılmıştır.



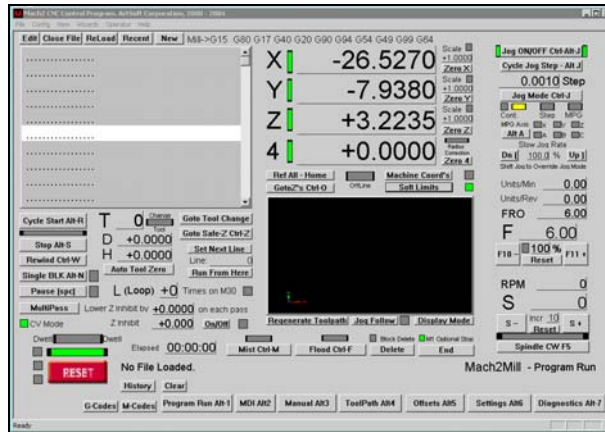
Şekil 3.17. Kullanılan Güç Kaynağı.

Çizelge 3.2. Paralel Port Pin Numaraları.

Pin Numaraları	Çıkış	Giriş
1	Röle	
2	Step X	
3	Dır X	
4	Step Y	
5	Dır Y	
6	Step Z	
7	Dır Z	
8	Step A	
9	Dır A	
10		Home/Limit
11		Home/Limit
12		Home/Limit
13		Home/Limit
14	Enable	

3.6 MACH II KONTROL YAZILIMININ KULLANIMI

Mach II programı paralel porta çıkış verebilen 4 eksene kadar CNC lerin kontrol edilmesine imkan tanıyan, dxf ve image importuna sahip her türlü CNC kodlarını tanıyabilen kullanışlı bir CNC kontrol programıdır [40]. Programın arayüzü Şekil 3.18’de görülmektedir.



Şekil 3.18. Mach II Kontrol Programı Kullanıcı Arayüzü.

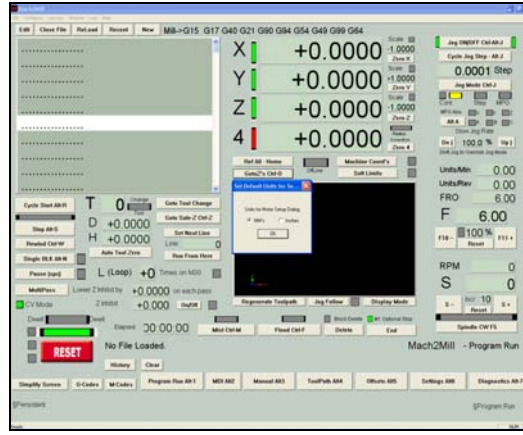
Programın arayüzünde ki X,Y,Z ve 4 kutuları tezgahın eksenlerini temsil etmekte ve içindeki rakamlarda tezgahın şu an bulunduğu koordinatlarını göstermektedir. Eksenlerin boşta hareketlerini sağlamak için Çizelge 3.3’deki işlemler yapılmalıdır.

Çizelge 3.3. Eksen Hareket Tuşları.

Eksen	Tuşlar
X	Shift + Sağ – Sol Yön Tuşları
Y	Shift + Aşağı – Yukarı Yön Tuşları
Z	Shift + Page Up – Page Down

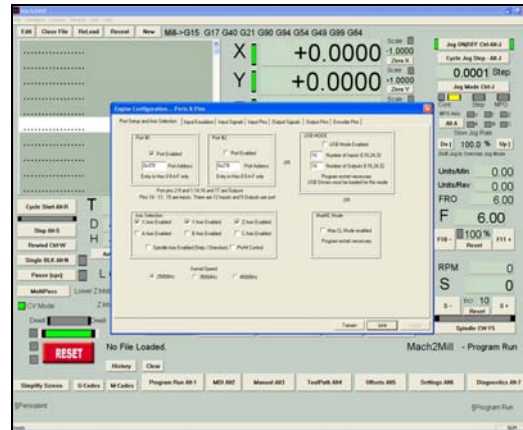
Kontrol devresi ile kontrol programının uyumluluğunu sağlamak için aşağıdaki ayarlar yapılmalıdır;

- 1) Config – Setup Units menüsünde kullanılacak olan ölçü birimi belirlenir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Birim Ayar Menüsü.

- 2) Config – Ports and Pins – Port Setup and Axis – Selection menüsünde kullanacağımız eksenler seçilerek, Lpt Port adresi işaretlenir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Eksen Ayar Menüsü.

BÖLÜM 4

MALİYET HESABI

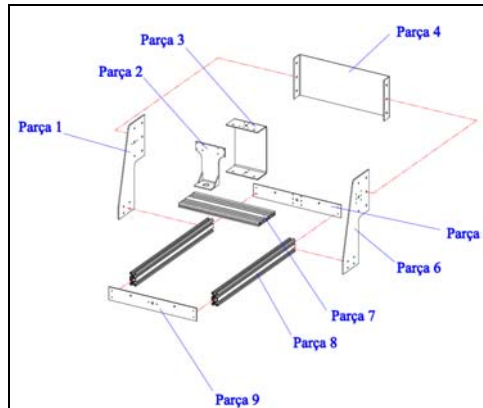
Yapılan CNC gövde, yataklar, miller, elektrik ve elektronik donanımdan meydana gelmektedir (Şekil 4.1). Aşağıda verilen fiyatlar nisan 2010 tarihinde alınmıştır.



Şekil 4.1. Geliştirilen Sistem.

4.1 GÖVDENİN MALİYETİ

Gövde CNC lazer kesimde kestirilmiş sac parçalar ve alüminyum sigma profillerden oluşmaktadır (Şekil 4.2). Çizelge 4.1’de maliyeti görülmektedir.



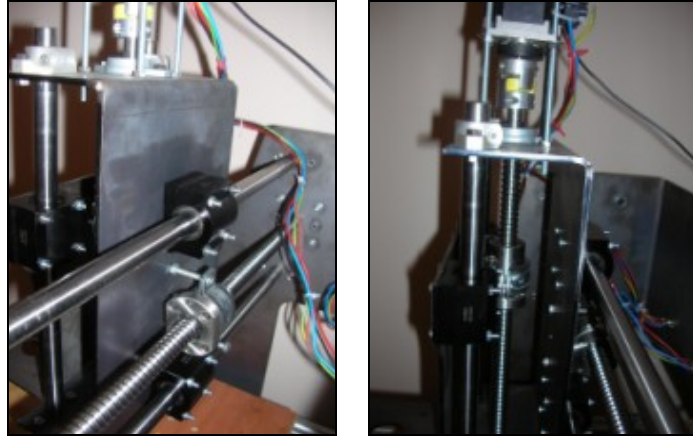
Şekil 4.2. Gövdeyi Oluşturan Parçalar.

Çizelge 4.1. Gövdenin Maliyet.

Malzemenin Adı	Kg	Birim Fiyatı (Kg/TL)	Toplam Ücret (TL)
Parça 1	2,2	1,5	3,3
Parça 2	1,1	1,5	1,65
Parça 3	2,5	1,5	3,75
Parça 4	4,9	1,5	7,35
Parça 5	1,1	1,5	1,65
Parça 6	2,2	1,5	3,3
Parça 7 (Sigma Profil)	3	10	30
Parça 8 (Sigma Profil)	3	17	50
Parça 9	1,1	1,5	1,65
		Toplam	105

4.2. YATAKLAR VE MİLLER

Şekil 4.3’de Yataklar, miller ve bağlantıları görülmektedir. Çizelge 4.2’de yataklar ve millerin maliyeti verilmektedir



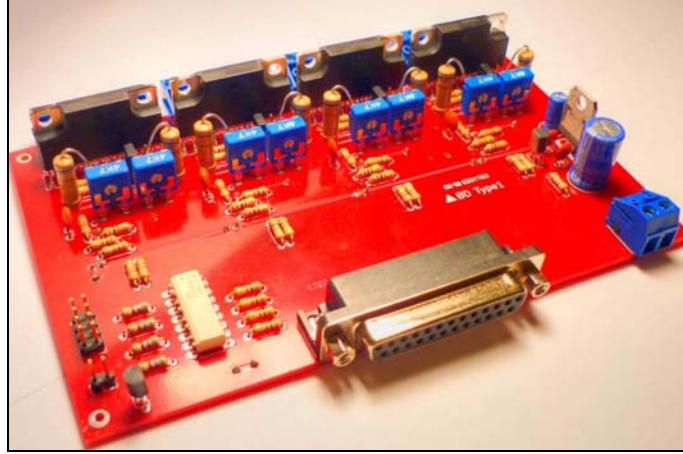
Şekil 4.3. Yataklar ve Miller.

Çizelge 4.2. Yataklar ve Millerin Maliyeti.

Malzemenin Adı	Adet/ Kg / Metre	Birim Fiyatı (TL)	Toplam (TL)
SCE 16 UU Linear Kızak	6 Adet	25	150
Çap 16 Çelik Mil	3 Metre	15	45
Rulman	6 Adet	15	90
FSU 1605 Somun	3 Adet	120	360
FSU 1605 Mil	1.5 Metre	100	150
Servo Kaplin	3 Adet	20	60
Cıvata ve Somunlar	--	--	20
		Toplam	875

4.3. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK DONANIM

Şekil 4.4’de kullanılan kontrol devresi, Çizelge 4.3’de ise elektrik ve elektronik donanımın maliyetleri verilmektedir



Şekil 4.4. Kullanılan Kontrol Devresi.

Çizelge 4.3. Elektrik ve Elektronik Donanımın Maliyeti.

Malzemenin Adı	Adet	Birim Fiyatı(TL)	Toplam Ücret (TL)
Step Motorlar	3	25	75
Elektronik Devreler	1	175	175
Güç Kaynağı	1	100	100
Makita 3709 El Frezesi	1	150	150
Devre Kutusu	1	30	30
Kablo Tutucu	1	30	30
		Toplam	560

4.4. İŞÇİLİK

Çizelge 4.4’de işçilik giderine ait kalemler verilmektedir.

Çizelge 4.4. İşçilik Maliyeti.

Malzemenin Adı	Adet/ Kg / Metre	Birim Fiyatı(TL)	Toplam Ücret (TL)
Tornalatma	6 Parça	--	50
Lazer Kesim	7 Parça	--	50
Montaj İşçiliği*	2 gün	30	60
Körük	6 Parça	--	100
		Toplam	260

* Mekanik ve elektronik sistemin montajı için bir kişinin ortalama 2 iş günü çalışacağı düşünülerek asgari ücret üzerinden hesaplanmıştır.

Gövde	: 105 TL
Yataklar ve Miller	: 875 TL
Elektrik ve Elektronik Donanım	: 560 TL
İşçilik	: 260 TL
Toplam Maliyet	: 1800 TL olmuştur.

BÖLÜM 5

SİSTEMİN TEST EDİLMESİ

5.1. SİSTEMİN HASSASİYETİ

Hassasiyet tezgahın hareket sınırları içinde komut olarak verilen pozisyona gitme kabiliyetidir [41]. Buna göre hassasiyeti formülize edecek olursak;

“Hassasiyet = Birim Doğrusal İlerleme / Motorun Birim Adım Sayısı” diyebiliriz.

Buna göre;

Hareket millerinin hatvesi : 5 mm

Adım motorlar adım sayısı : 200 adım (1,8 derece)

Adım motorları sürüş tekniği : 1/2 adım

Hassasiyet : $200 \times 2 = 400$ (motorların 1 tur için adım sayısı)

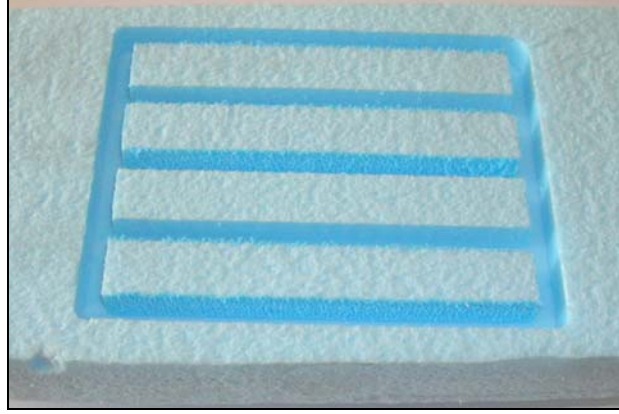
$5/400 = 0,0125$ mm bulunur.

5.2. DOĞRULUK KONTROLLERİ

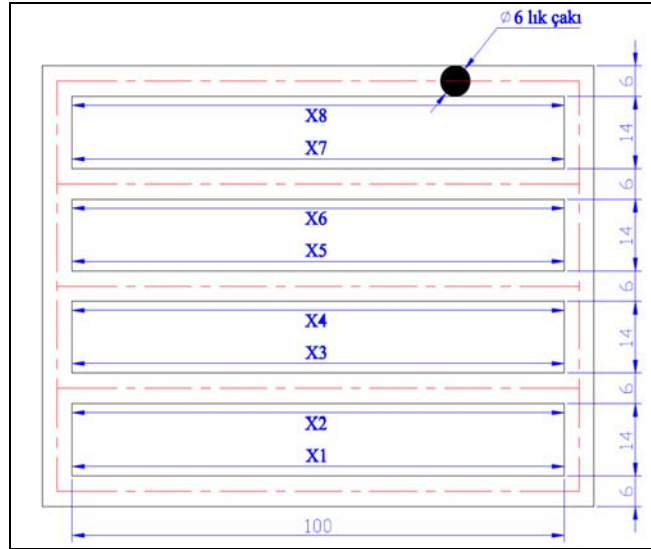
İmalat hataları, tezgahın bulunduğu yüzeyin eğriliği, eksenleri taşıyan millerin zamanla eğrilmesi veya kızak ve somunlarda zamanla boşlukların oluşması gibi nedenlerle CNC'nin eksenlerinde normal yörüngelerinden sapmalar meydana gelir. Eksenlerdeki bu sapmaların tespiti için ilgili eksen boyunca kanallar açılmış ve bu kanal boyları ölçülerek eksenlerin doğruluğu hesaplanmaya çalışılmıştır.

5.2.1. X Ekseninin Doğruluk Kontrolü

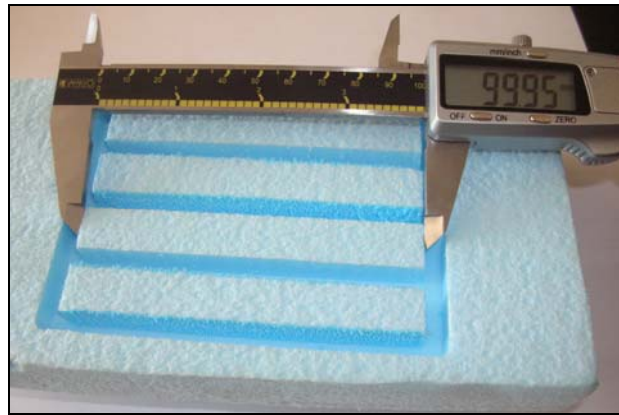
X ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 5.2' deki ölçülere göre Şekil 5.1'de görülen 8 adet kanal açılmış ve 5.3'de görüldüğü gibi ölçüleri alınarak, ölçüm sonuçları Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. X Ekseninde Açılan Kanallar.



Şekil 5.2. X Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri.



Şekil 5.3. X Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması.

Çizelge 5.1. X Ekseninde Kanal Ölçüleri.

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)
X 1	99,78
X 2	99,89
X 3	99,96
X 4	99,95
X 5	99,77
X 6	100,04
X 7	100,08
X 8	100,05

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için numunelerden alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapma; veri değerlerinin yayılımının özetlenmesi için kullanılan bir ölçüdür [42], bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu, bir diğer deyişle dağılımın ne yaygınlıkta olduğunu göstermektedir[43]. Standart sapma hesabındaki ilk adımı varyans hesabı teşkil eder, varyans dağılımının yayılımı hakkında bilgi verir [44]. Bir X rasgele değişkenin beklenen değeri μ_X veya sadece μ , varyansı ise $Var(X)$, σ_X^2 veya sadece σ^2 ile de gösterilmektedir. Varyansın kareköküne standart sapma denir ve bir X rasgele değişkenin standart sapması σ_X veya sadece σ ile gösterilmektedir.

$$Var(X) = E(X^2) - (E(X))^2 \quad (5.1)$$

Ayrıca;

$$Var(X) = \sum \frac{[(X_i - (Ortalama))]^2}{n-1} \quad (5.2)$$

olarak bulunur.

Varyans hesaplanırken, her bir X değerinden ortalaması çıkarılarak karesi alınıp toplanır, bulunan değer n-1 sayısına, yani gözlem sayısının 1 eksiğine bölünür. Çizelge 5.2’de X eksenini için bu değerler görülmektedir.

Çizelge 5.2. X Eksenini Standart Sapma Hesabı.

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
X 1	99,78	-0,16	0,0256
X 2	99,89	-0,05	0,0025
X 3	99,96	0,02	0,0004
X 4	99,95	0,01	0,0001
X 5	99,77	-0,17	0,0289
X 6	100,04	0,10	0,01
X 7	100,08	0,14	0,0196
X 8	100,05	0,11	0,0121
		Toplam	0,0992

ORTALAMA = 99,94

VARYANS = 0,0992 / 7 = 0,0141

STANDART SAPMA = $\sqrt{0,0141} = 0,1190$

X verisi için SPSS programında hesaplanan analiz sonuçları Çizelge 5.3’de görülmektedir.

Çizelge 5.3. X Eksenini İçin SPSS Program Hesapları.

X Eksenini Tanımlamaları	İstatistik	Std. Hata
Ortalama	99,94	0,04209
% 95 Ortalama için alt sınır güven aralığı	99,8405	
% 95 Ortalama için üst sınır güven aralığı	100,0395	
%5 Düzeltici ortalama	99,9417	
Medyan	99,9550	
Varyans	0,014	
Standart sapma	0,11904	
Minimum	99,77	
Maksimum	100,08	
Aralık	0,31	
Çeyrekler arası aralık	0,24	
Çarpıklık	-0,457	0,752
Basıklık	-1,268	1,481

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 dağılımını kullanılır. $t_{7;0.05} = 0,841$

$$\text{Alt sınır} = 99,94 - (0,841) \times 0,119 = 99,839$$

$$\text{Üst sınır} = 99,94 + (0,841) \times 0,119 = 100,04$$

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_1 için hesaplanan %95 güven aralığı (99,84; 100,04) olarak bulunur.

5.2.2. Y Eksenindeki Doğruluk Kontrolü

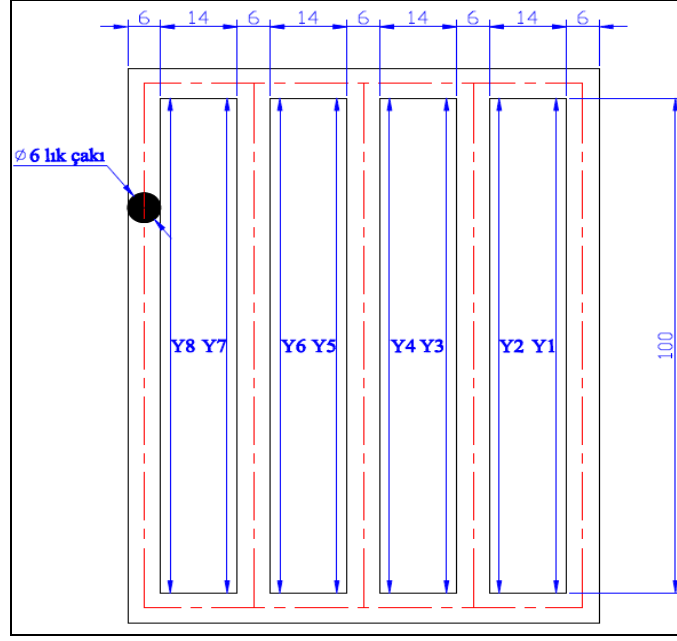
Y ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 5.6' deki ölçülere göre Şekil 5.4'de görülen 8 adet kanal açılmış ve 5.5'de görüldüğü gibi ölçüleri alınarak, ölçüm sonuçları Çizelge 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Y Ekseninde Açılan Kanallar.



Şekil 5.5. Y Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması.



Şekil 5.6. Y Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri.

Çizelge 5.4. Y Ekseninde Kanal Ölçüleri.

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)
Y1	100,08
Y 2	100,02
Y 3	100,09
Y 4	100,08
Y 5	100,06
Y 6	100,09
Y 7	100,03
Y 8	100,02

Y eksenini ölçümlerinin istatistiksel analizi Çizelge 5.5’de görülmektedir.

Çizelge 5.5. Y Eksenini Standart Sapma Hesabı.

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
X 1	100,08	0,02	0,0004
X 2	100,02	-0,04	0,0016
X 3	100,09	0,03	0,0009
X 4	100,08	0,02	0,0004
X 5	100,06	0	0
X 6	100,09	0,03	0,0009
X 7	100,03	-0,03	0,0009
X 8	100,02	-0,04	0,0016
		Toplam	0,0067

$$\begin{aligned} \text{ORTALAMA} &= 100,06 \\ \text{VARYANS} &= 0,0067 / 7 = 0,001 \\ \text{STANDART SAPMA} &= \sqrt{0,001} = 0,030 \end{aligned}$$

Y verisi için SPSS programında hesaplanan analiz sonuçları Çizelge 5.6'da görülmektedir.

Çizelge 5.6. Y Ekseni İçin SPSS Program Hesapları.

Y Ekseni Tanımlamaları	İstatistik	Std. Hata
Ortalama	100,0588	0,01093
% 95 Ortalama için alt sınır güven aralığı	100,0329	
% 95 Ortalama için üst sınır güven aralığı	100,0846	
%5 Düzeltici ortalama	100,0592	
Medyan	100,0700	
Varyans	0,001	
Standart sapma	0,03091	
Minimum	100,02	
Maksimum	100,09	
Aralık	0,07	
Çeyrekler arası aralık	0,07	
Çarpıklık	-0,386	0,752
Basıklık	-2,080	1,481

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. $t_{7;0.05} = 0.841$

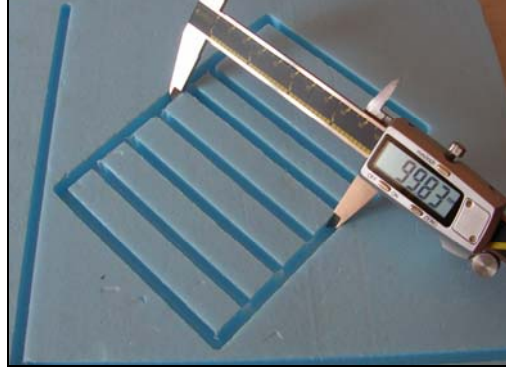
$$\text{Alt sınır} = 100,06 - (0,841) \times 0,03 = 100.03$$

$$\text{Üst sınır} = 100,06 + (0,841) \times 0,03 = 100.08$$

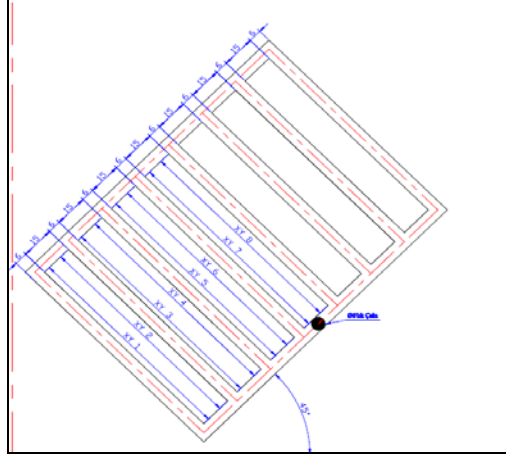
Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_1 için hesaplanan %95 güven aralığı (100,03;100,08) olarak bulunur.

5.2.3. XY Eksenindeki Doğruluk Kontrolü

XY ekseninin doğruluk kontrolü için Şekil 5.8’ deki ölçülere göre Şekil 5.7’de görülen 8 adet kanal açılmış ve ölçüleri alınarak, ölçüm sonuçları Çizelge 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7. XY Ekseninde Kanallardan Ölçü Alınması.



Şekil 5.8. XY Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri.

Çizelge 5.7. XY Ekseninde Kanal Ölçüleri.

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)
XY1	99,80
XY 2	99,83
XY 3	99,84
XY 4	99,80
XY 5	99,85
XY 6	99,91
XY 7	99,85
XY 8	99,92

XY eksenini ölçümlerinin istatistiksel analizi Çizelge 5.8'de görülmektedir.

Çizelge 5.8. XY Ekseninde Standart Sapma Hesabı.

Ölçüm No	Ölçüsü (mm)	(X – ortalama)	(X – ortalama) ²
XY1	99,80	-0,05	0,0025
XY 2	99,83	-0,02	0,0004
XY 3	99,84	-0,01	0,0001
XY 4	99,80	-0,05	0,0025
XY 5	99,85	0	0
XY 6	99,91	0,06	0,0036
XY 7	99,85	0	0
XY 8	99,92	0,07	0,0049
		Toplam	0,0140

$$\text{ORTALAMA} = 99,85$$

$$\text{VARYANS} = 0,0140 / 7 = 0,002$$

$$\text{STANDART SAPMA} = \sqrt{0,002} = 0,044$$

Güven aralığı ;

Kitle ortalama için güven aralığı;

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

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

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. $t_{7;0.05} = 0.841$

$$\text{Alt sınır} = 99,85 - (0.841) \times 0,044 = 99.81$$

$$\text{Üst sınır} = 99,85 + (0.841) \times 0,044 = 99.88$$

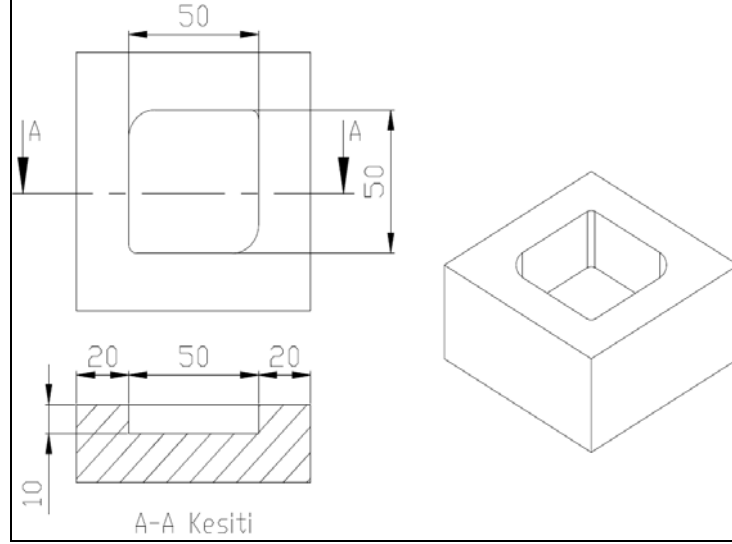
Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığının içinde olması gerekir. μ_1 için hesaplanan %95 güven aralığı (99.81; 99.88) olarak bulunur.

5.3. Örnek Uygulamalar

Tezgahın kabiliyetlerini görmek için aşağıdaki örnek uygulamalar işlenmiştir.

5.3.1. Cep İşleme

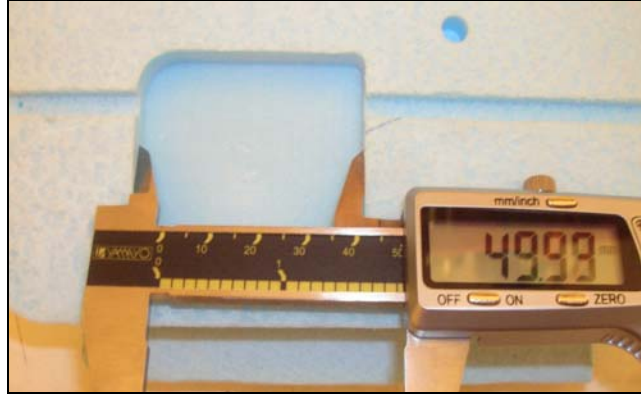
Şekil 5.9’da ölçüleri verilen cep unsuru işlenmiştir. Geometrinin M-G kodları Şekil 5.10’da ve unsurun işlenmiş hali ve ölçümleri ise Şekil 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5.9. İşlenecek Unsur.

%			
:1248	N190Y27.800	N370Y35.000	N550Y42.200
N20G91G28X0Y0Z0	N200X24.600	N380X24.600	N560X24.600
N30G40G17G80G49	N210Y30.200	N390Y37.400	N570Y44.600
N40T1M6	N220X19.800	N400X12.600	N580X5.400
N50G90G54	N230Y19.800	N410Y12.600	N590Y5.400
N60G43Z5.000H1	N240X30.200	N420X37.400	N600X44.600
N70G0X0.000Y0.000S15000M3	N250Y30.200	N430Y37.400	N620X24.600
N80G0X24.600Y25.400Z5.000	N260X24.600	N440X24.600	N630Y47.000
N90G1Z-10.000F3000.0	N270Y32.600	N450Y39.800	N640X3.000
N100G1Y25.338F4560.0	N280X17.400	N460X10.200	N650Y3.000
N110Y24.600	N290Y17.400	N470Y10.200	N660X47.000
N120X25.400	N300X32.600	N480X39.800	N670Y47.000
N130Y25.400	N310Y32.600	N490Y39.800	N680X24.600
N140X24.600	N320X24.600	N500X24.600	N690G0Z5.000
N150Y27.800	N330Y35.000	N510Y42.200	N700G0X0.000Y0.000
N160X22.200	N340X15.000	N520X7.800	N710G28G91Z0
N170Y22.200	N350Y15.000	N530Y7.800	N720G49H0
N180X27.800	N360X35.000	N540X42.200	N730G28X0Y0
			N740M30

Şekil 5.10. Cep Unsurunun M-G Kodları.



(a) X Ekseni Ölçüsü.



(b) Y Ekseni Ölçüsü.

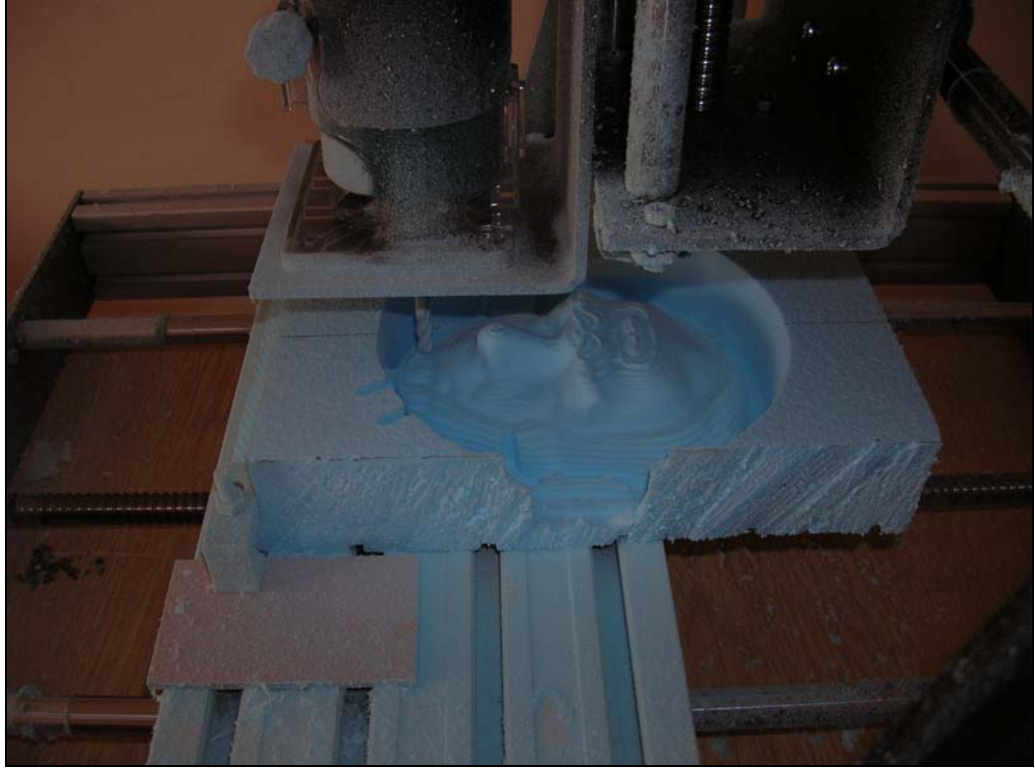


(c) Z Ekseni Ölçüsü.

Şekil 5.11. Cep Unsuru Ölçüleri.

5.3.2. Serbest Yüzey İşleme

Sistemin serbest yüzey işleme becerisini test etmek için Atatürk rölyefi başarıyla işlenmiştir. Şekil 5.12’de rölyef işlenirken ve Şekil 5.13’de rölyefin bitmiş hali görülmektedir.



Şekil 5.12. Rölyef İşlenirken.



Şekil 5.13. Rölyefin Bitmiş Hali.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

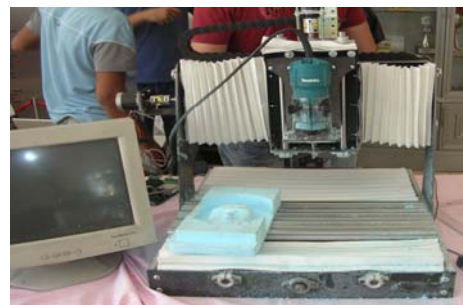
Mesleki ve teknik eğitim veren kurumlarda endüstriyel amaçlı üretilmiş, fiyat, bakım ve tamir ücretleri de düşünüldüğün de çoğu kurumun olanaklarını zorlayacak yüksek maliyetli CNC tezgahlar kullanılmaktadır. Bu çalışma ile mesleki ve teknik eğitim veren kurumların atölye ve laboratuvarlarında okul olanakları ile imal edilebilir, çalışma prensibi olarak endüstriyel CNC'lerden hiçbir farkı bulunmayan bir tezgah geliştirilmiştir. Aşağıda Çizelge 6.1'de bir ticari firmanın SkilledCNC S1010 modeli ile çalışma kapsamında geliştirilen CNC' nin kıyası verilmektedir.

Çizelge 6.1. S1010 İle Geliştirilen CNC'nin Kıyası.

	SkilledCNC S1010	Geliştirilen CNC
Makina Ölçüleri	600x1000x400 mm	800x650x620 mm
Çalışma Alanı	300x500x100 mm	460x320x120 mm
Çalışma Hassasiyeti	0.005 mm	0.0125 mm
Boşta İlerleme Hızı	8 m/dak	15 m/dak
Max Kesme Hızı	6 m/dak	10 m/dak
Ağırlık	135 kg	100 kg
Spindle Motor	500 Watt 300/24000 dev/dak	530 Watt, 30000 dev/dak
İşlevleri	Delme, kesme, oyma, frezeleme	Delme, kesme, oyma, frezeleme
Kontrol Ünitesi	Skilled CNC Kontrol	Mach II
Çalıştığı Dosyalar	NC kod(ISO),Hpgl, DXF	NC kod(ISO),image, DXF
İşlediği Malzemeler	Aluminyum, pirinç, bakır, bronz, her türlü plastik ve diğer yumuşak malzemeler.	Ahşap, strafor ve türevleri, her türlü plastik ve diğer yumuşak malzemeler.



SkilledCNC S1010



Geliştirilen CNC

Çalışmadan elde edilen sonuçları sıralayacak olursa;

- 1) Bu çalışmada 1800 TL gibi cüzi bir maliyete sahip kullanım ve çalışma prensibi olarak endüstriyel CNC'lerden hiçbir farkı bulunmayan bir tezgah geliştirilmiştir.
- 2) Yapılan ölçüm ve hesaplamalar ile sistemin hassasiyeti 0,0125 mm, X ekseninin standart sapması 0,119, Y ekseninin standart sapması 0,030 ve XY ekseninin standart sapması 0,044 olarak hesaplanmıştır. X eksenini standart sapmasının yüksek olmasının nedeni bu eksenindeki hareket milinin tornalama esnasında bir miktar eksen kaçıklığı oluşmasıdır.
- 3) CNC kanal açma, delik delme, oyma ve serbest yüzey işleme gibi 2,5 ve 3 eksen işlem yapabilme kabiliyetine sahiptir.

Öneriler;

- 1) Bilyeli vidalı mil yerine trapez vidalı mil ve lineer bilyeli kızaklar yerine kestamid yataklar kullanılarak maliyet ciddi oranda düşürülebilir.
- 2) Geliştirilen tezgahta kullanılan freze 30000 dev/dak sabit devir ile dönmektedir motorun devir ayarını sağlayan inventer düzeneği eklenebilir.
- 3) CNC' nin çalışması esnasında talaşların etrafa yayılmaması, tezgaha dışarıdan müdahalenin olmaması, kopan talaşlar ve çakı kırılmalarında kullanıcıyı korumak için tezgaha kabin içerisine alınabilir.
- 4) Okullarımızda okul olanakları ile bilgisayar laboratuvarları gibi CNC laboratuvarları kurularak her öğrenciye bir CNC verme şansı ve olanağı sunulabilir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Pehlivanoglu V. ve Batı M., “CNC takım tezgahları ve DNC”, <http://www.turkcadcam.net/rapor/cnc-tezgahlar/index.html> , (2002).
2. Tseng.A, Kolluri S.P. and Radhakrishnan P., “A CNC machining system for education”, *Journal of Manufacturing Systems*, 8 (3) : 207-214 (1989).
3. Kim J. ve Kim M., “A study on the design of CNC lathe for education and application”, *International Journal of Production Economics*, 25 (1-3): 169-180 (1991).
4. Özdeveci M., “Eğitim tipi cnc frezesinin tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2001).
5. Alan, S., “CNC eğitimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2006).
6. Büyükşahin U., “Üç eksenli CNC tezgah tasarımı ve uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).
7. Kutlu M., “Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatı”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, (2006).
8. Neugebauer R., Denkena B. and Wegener K., “mechatronic systems for machine tools”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 56 (2) : 657-686 (2007).
9. Çelik Ş.A., Kayacan M.C., Aydoğan T. ve Çakır A., “Bilgisayar kontrollü kumaş kesme makinesi tasarımı ve imalatı”, *Politeknik Dergisi*, 5 (2): 173-177 (2002).
10. Lee H.S. and Chang S.L., “Development of a CAD/CAE/CAM system for a robot manipulator”, *Journal of Materials Processing Technology*, 140:100–104 (2003).
11. Koca H., Doğan M. ve Taplamacıoğlu M. C., “Robot manipülatörün kartezyen-özl denetimi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (4): 769-776 (2008).
12. Şahbaz H., Karagülle H. ve Malgaca L., “Bir hegzapod uygulamasında bilgisayar tabanlı hareket kontrolü”, *UMTS 2000*, 241-251 (2000)
13. Erer. H, “CNC takım tezgâhlarının gelişimi”, *Tmmob Makina Mühendisleri Odası Mühendis Ve Makina Dergisi*, 486: 37 – 40 (2000).

14. Son S., Kim T., Sarma S.E. and Slocum A., “A hybrid 5-axis cnc milling machine”, *Precision Engineering*, 33 (4): 430-446 (2009).
15. Özyalçın İ., “Kartezyen robot tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antakya, (2006).
16. Uyanık A., Şimşek İ., Aytan İ., Onat M. ve Erdal H., “Üç eksenli yüzey işleme tezgâhının bilgisayar ile kontrolü”, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, Karabük, (2009).
17. Akıncı A.C., “Development of a cost-efficient cnc system for instrumentation and rapid prototyping applications”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2006).
18. Akalın A., “Design and production of a new rapid prototyping device”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
19. Göloğlu C. ve Bunarbaşı İ., “Üç eksenli doğrusal hareket mekanizması tasarımı ve imalatı”, *Teknoloji*, 7(3): 507-515 (2004).
20. Zaeh M.F., Oertli T. ve Milberg J., “Finite element modelling of ball screw feed drive systems”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 53(1):289-292(2004).
21. Erkorkmaz K., ve Altıntaş Y., “High speed cnc system design. partı: jerklimited trajectory generation and quintic spline interpolation”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*,1323–1345 (2000).
22. Salami R., Sadeghi M.H. ve Motakef B., “Feed rate optimization for 3-axis ball-end milling of sculptured surfaces”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47(5): 760-767 (2007).
23. Weckenmann A., Estler T., Peggs G. ve McMurtry D., “Probing systems in dimensional metrology”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 53(2): 657-684 (2004).
24. Kwon Y., Tseng T. and Ertekin Y., “Characterization of closed-loop measurement accuracy in precision cnc milling”, *Robotics And Computer-Integrated Manufacturing*, 22(4): 288-296 (2006).
25. Chang T., Wang H. and Wysk R.A., “Developing microcomputer software for CAD and CAM education”, *Computers & Industrial Engineering*, 13(1-4): 194-198 (1987).
26. Llewelyn A., “CAD CAM education and training”, *Computer-Aided Design*, 16(3): 172-176 (1984).
27. Doyle R. and Case K., “CAE software in manufacturing engineering education”, *Computers & Education*, 15(1-3): 277-288 (1990).

28. Hutton D.V. and Hassan A., “Computer graphics simulation of a cnc lathe”, *Computers & Education*, 9(2): 127 – 134 (1985).
29. Taylor W., “The principles of scientific management”, Published in Norton Library 1967 by arrangement with Harper & Row , New York, NY 10110, ISBN 0-393-00398-1 (1911).
30. Merchant M.E., “Mechanics of metal cutting process. 1 - Orthogonal cutting and type 2 chip”, *Journal of Applied Physics*, 16 (5): 267–275 (1945).
31. M. Kronenberg, “Machining science and application”, *Pregamon*, London, (1966).
32. Serkan A.U., “Üç eksenli terco yüzey işleme tezgahının bilgisayar ile kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2006).
33. Göloğlu C., “Bilgisayar destekli imalat, ileri imalat teknikleri ve yapay zeka uygulamaları dersi ders notları”, *Karabük Üniversitesi*, (2007).
34. Megep, “Makine teknolojisi cnc freze tezgâhları”, *MEB*, Ankara, (2006).
35. Birlik Rulman, “Ürün kataloğu”, *Birlik Rulman*, İstanbul, (2010).
36. Bal, G., “Özel elektrik makineleri”, *Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar*, Ankara, (2006).
37. Yılmaz M., “Step motorlar ile iki eksenli robot kolu tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van (2007).
38. İnternet: **Interfacing To The Parallel Printer Port**, <http://Www.Doc.İc.Ac.Uk/~İh/Doc/Par/Index.Html#Index>, (2006).
39. Stmicroelectronics, **Microelectronics Sla 7062 Data Sheet**, (2001).
40. İnternet: **Art Soft Using Mach II Mill**, http://www.machsupport.com/docs/Mach2Mill_6.11.pdf, (2003).
41. İnternet: Mamur T., “Yüksek Hızda İşleme ve Makine Mekaniği”, <http://www.makineteknik.com/makale.asp?gorev=detay&id=25>, (2010).
42. İnternet: Wikipedia, “Standart Sapma”, http://tr.wikipedia.org/wiki/Standart_sapma, (2010).
43. Özbek H. ve Keskin S., “Standart sapma mı yoksa standart hata mı?”, *Van Tıp Dergisi*, 14 (2):64-67 (2007)
44. Dizdar E.N., “Uygulamalı Olasılık Ve İstatistik”, *Kale Ofset*, (2000).

ÖZGEÇMİŞ

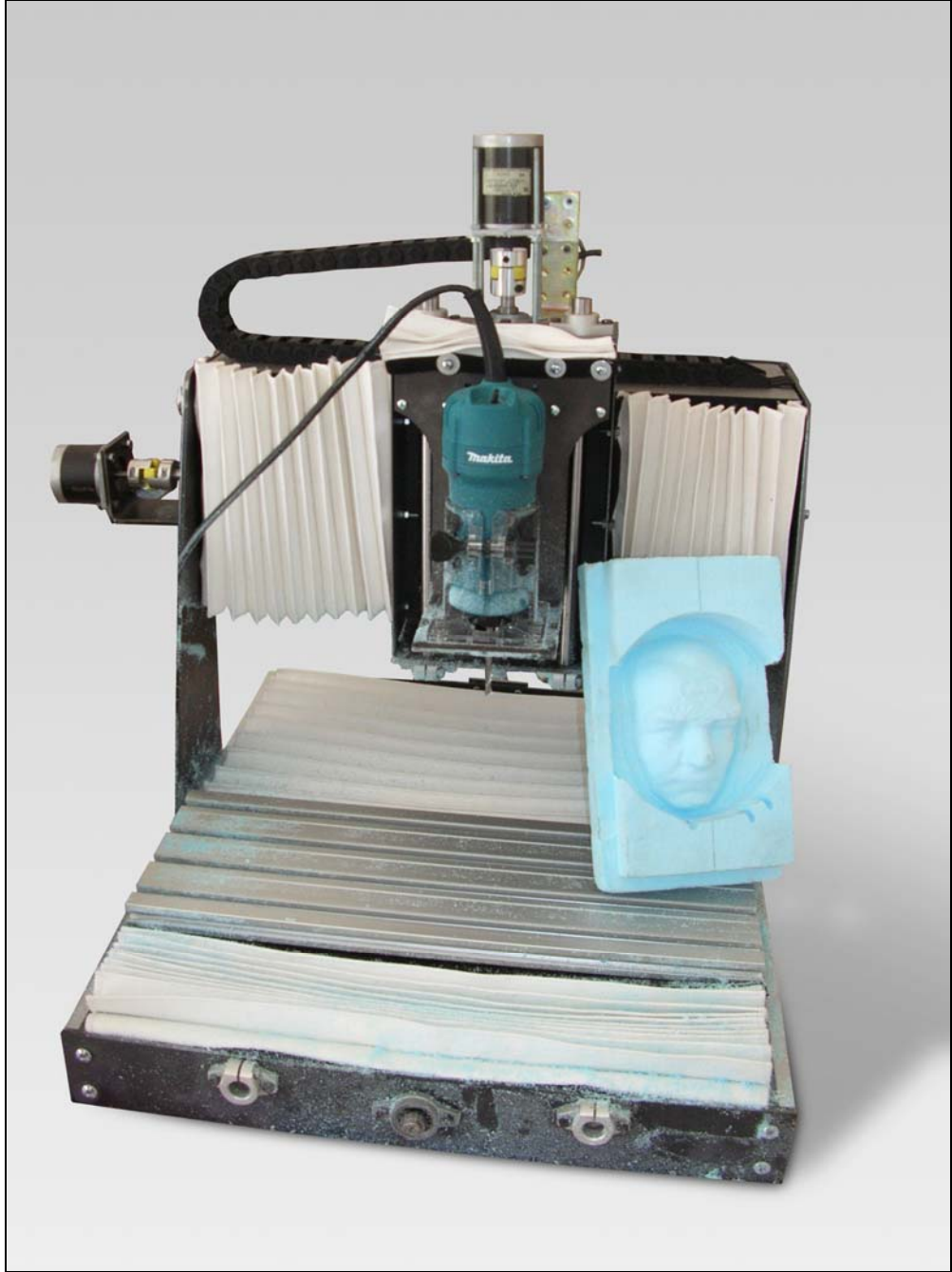
Hüseyin KAYGISIZ 1984'de Ankara'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Ankara Gazi Endüstri Meslek Lisesi, Bilgisayar Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2003 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Tasarım Ve Konstrüksiyon Öğretmenliği Bölümü'ne girdi. 2007 yılında "iyi" derece ile mezun olarak aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. 2008 yılından Te Design Mühendislik firmasında makine tasarımcısı olarak çalışmaya başladı. Halen; Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programına ve Te Design firmasındaki görevine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

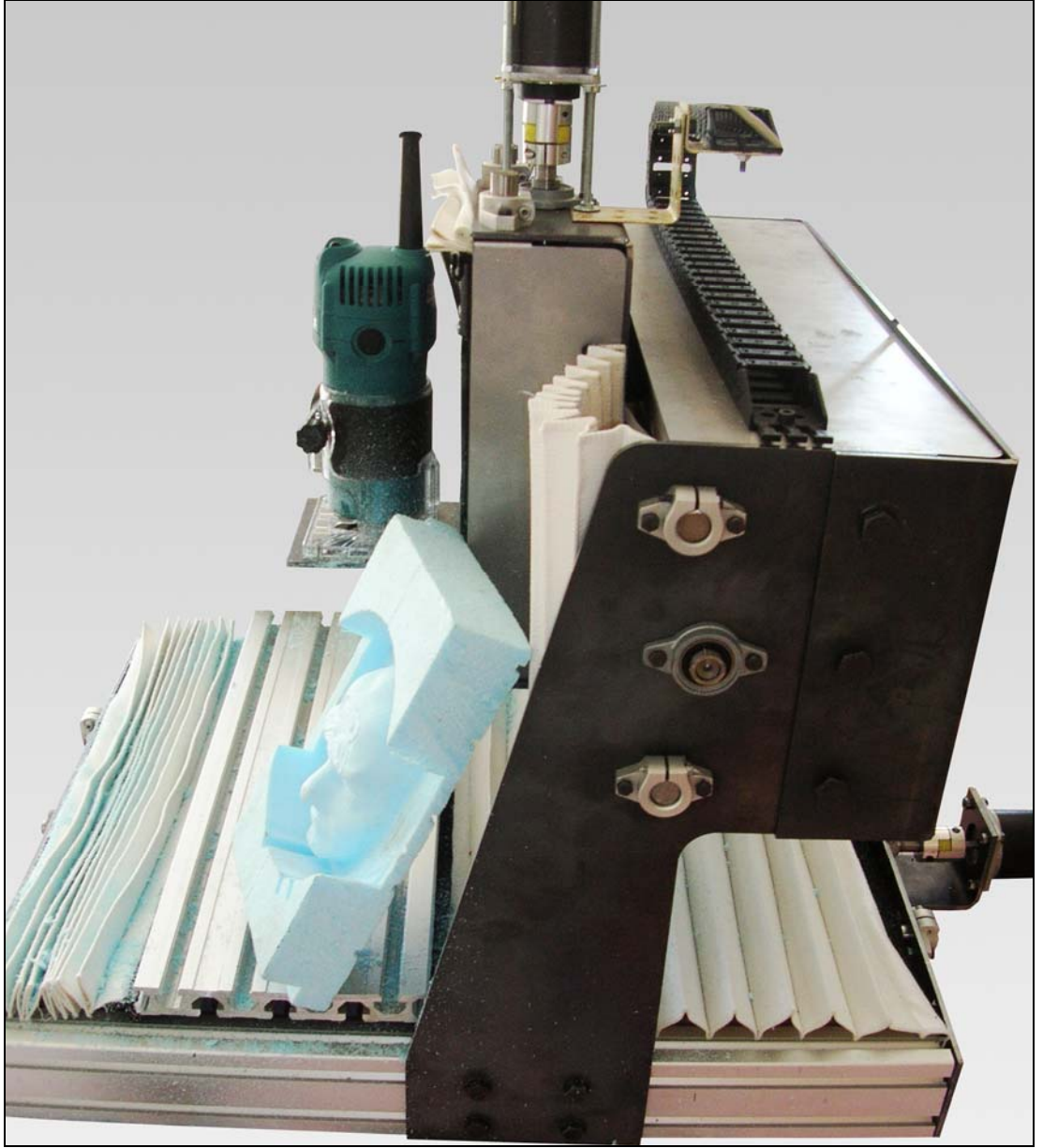
Adres : Te Design
100. Yıl Bulvarı 14. Sokak Öz Çelik İş Merkezi No: 89
Ostim / ANKARA

Tel : (312) 385 85 90
Faks : (312) 385 27 87
E-posta: huseyinkaygisiz@hotmail.com

**EK AÇIKLAMALAR A
CNC'NİN FOTOĞRAFLARI**



Şekil EK A.1. Fotoğraf 1

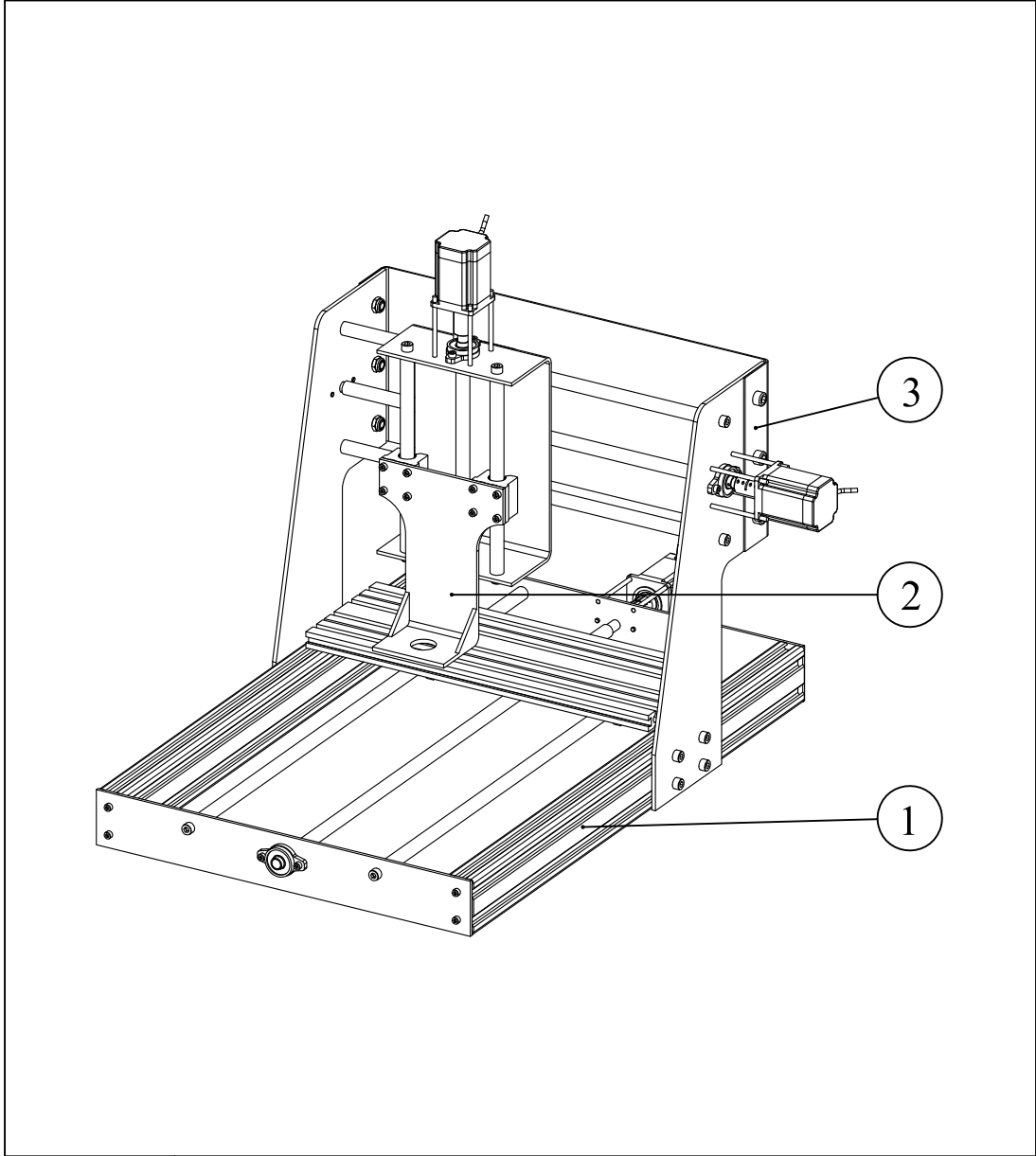


Şekil EK A.2. Fotoğraf 2



Şekil EK A.3. Fotoğraf 3

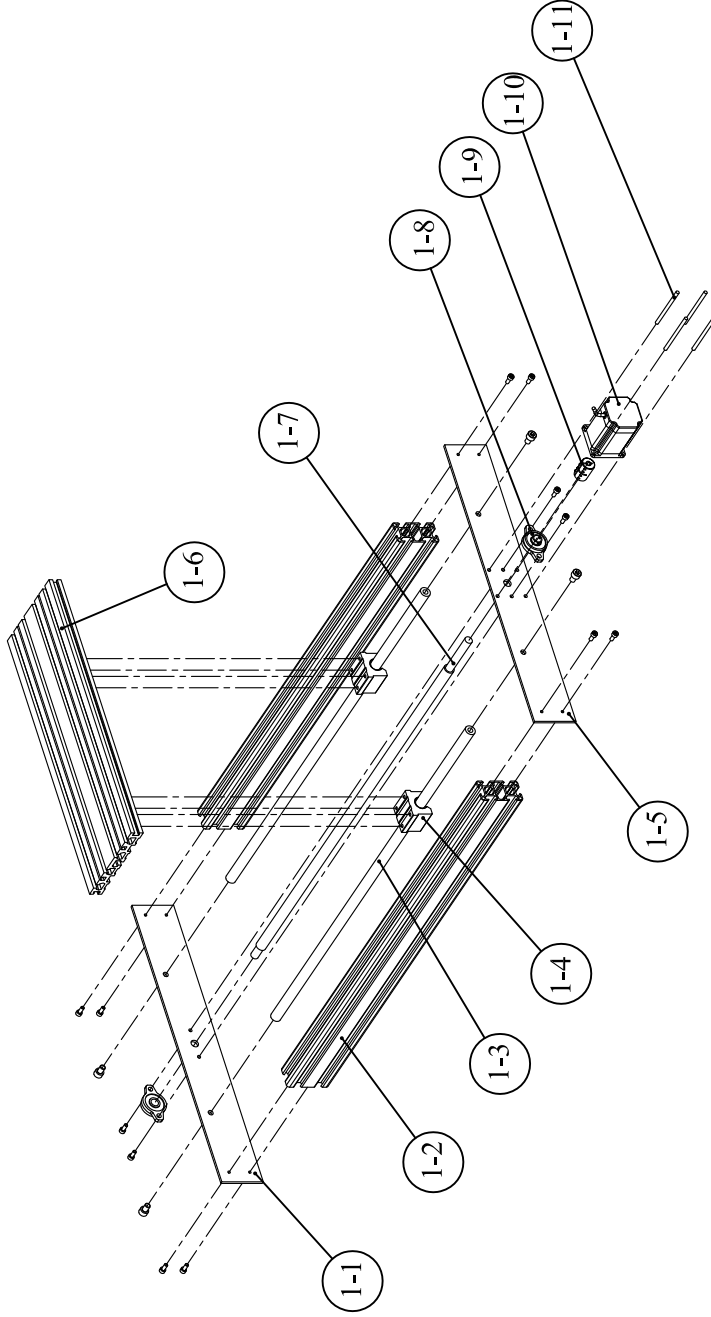
EK AÇIKLAMALAR B
CNC'NİN ÖLÇÜLERİ VE İMALAT RESİMLERİ



3	AD.	Y Eksenli	1	—	HK-03	—	—
2	AD.	Z Eksenli	1	—	HK-02	—	—
1	AD.	X Eksenli	1	—	HK-01	—	—
POZ	BRM.	PARÇA ADI	ADET	MALZEME	RESİM NO	BİRİM AĞIRLIK	AÇIKLAMA

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

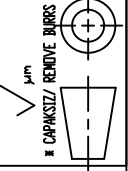
AKSI BELİRTİLMEDÜNCÜ / UNLESS OTHERWISE SPECIFIED * BİRİM / UNIT: mm * TOLERANSLAR / TOLERANCES: ACI / ANGLES: ±1° DİĞER / OTHERS: ±0.2mm * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ / SURFACE ROUGHNESS: ✓ μm * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS 	CIZEN DRAWN	Hüseyin KAYGISIZ	IMZA	TARİH DATE	Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı TANIM / TITLE Şekil EK.B.1. Komple Antet
	MUHENDİS ENGINEER	Hüseyin KAYGISIZ			
	KONTROL CHECKED	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA			
	ONAY APPROVAL	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA			
	REVİZYON REVIZYON				
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	OLÇEK / SCALE	CİZİM NO / DRAWING NO	SYFNIN/SHTS	SYFS/SHT	FORM
	1/10	HK	1/-	1/-	A4

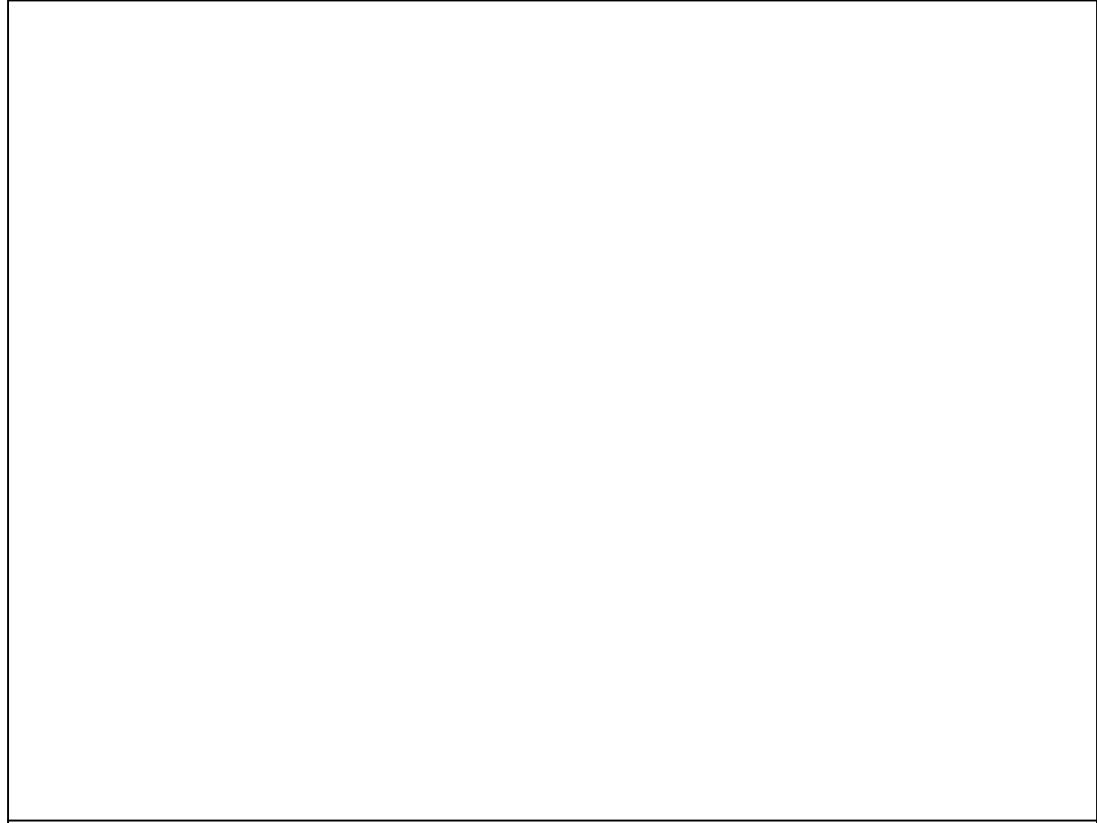


KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

Eğitim Amaçlı		3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
TANIM / TITLE	Şekil EK.B.2. X Eksenli Montajı	OLÇEK / SCALE	CİZİM NO / DRAWING NO
1/10	HK-01	SYFİNİ/SHTS	1/-
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		SYFİNİ/SHTS	1/-
ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE	
CİZEN / DRAWN	HUSUM KURŞİ		
KONTROL / CHECKED	PREZİDENT ÖZMAN		
FORM		A-4	

AKSİ BELİRTİLMEDİĞE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
* BİRİM/ UNIT: mm
* TOLERANSLAR/ TOLERANCES:
ACT/ ANGLES: ±1°
DİĞER/ OTHERS: ±0.2mm
* YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜ/ SURFACE ROUGHNESS
* ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS

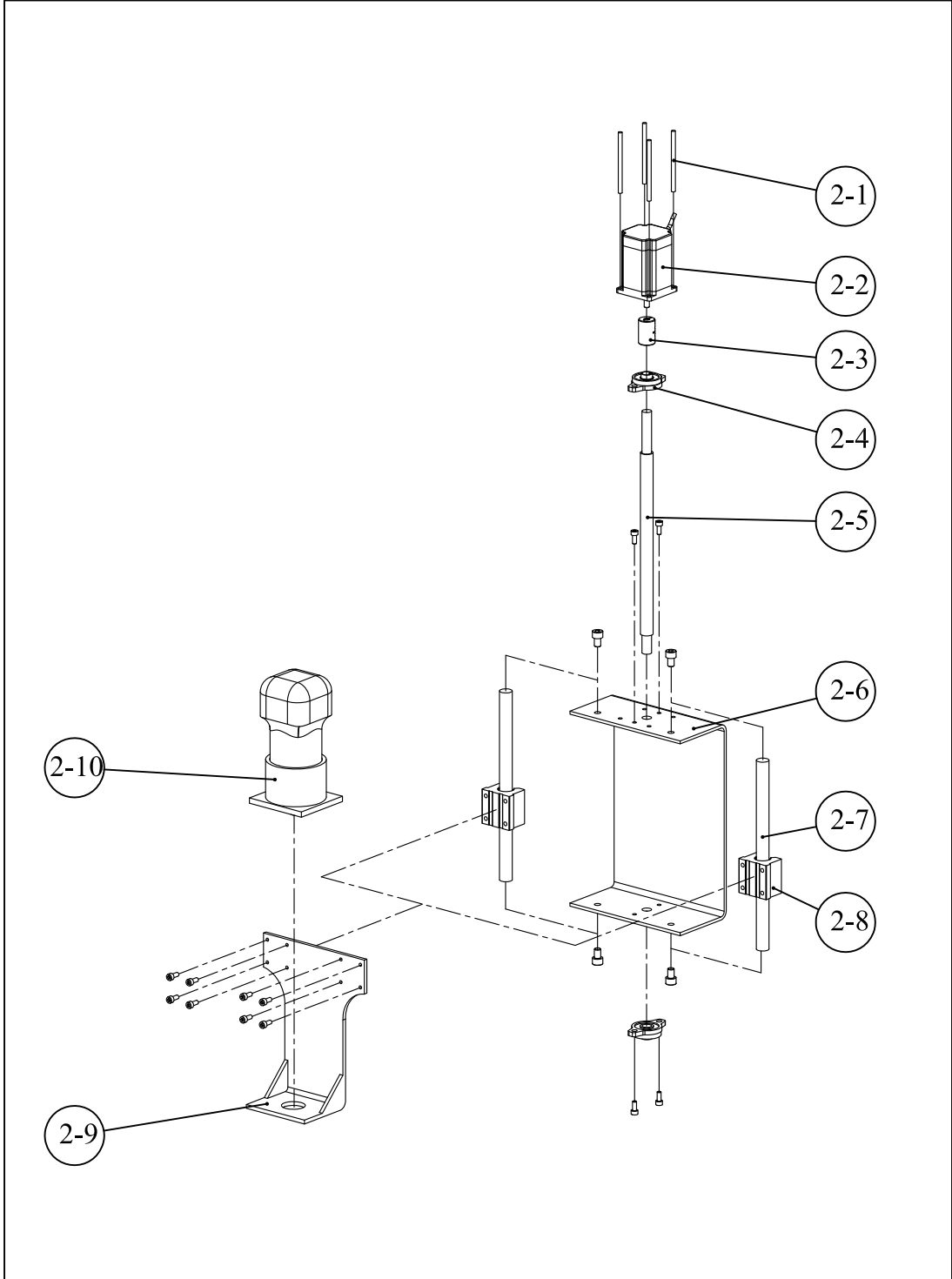





1-11	AD.	STEP MOTOR SABİTLEME CİV.	4	Hazır	HK-01-11	_____	_____
1-10	AD.	STEP MOTOR - VEXTA 3A	1	Hazır	HK-01-10	_____	_____
1-9	AD.	KAPLİN - GS 16	1	Hazır	HK-01-09	_____	Birlik Rulman
1-8	AD.	RULMAN - FL001	2	Hazır	HK-01-08	_____	Birlik Rulman
1-7	AD.	VİDALI MİL	1	Hazır	HK-01-07	_____	Birlik Rulman
1-6	AD.	TABLA	1	_____	HK-01-06	_____	_____
1-5	AD.	ARKA KAPAK	1	Fe 37-2	HK-01-05	_____	_____
1-4	AD.	LİNEER KIZAK - SCE 16UU	2	Hazır	HK-01-04	_____	Birlik Rulman
1-3	AD.	Y EKSEN MİLİ- Ø 16 WV	2	Hazır	HK-01-03	_____	Birlik Rulman
1-2	AD.	DESTEK PROFİLİ	2	Alüminyum	HK-01-02	_____	Hacıoğlu Alüminyum
1-1	AD.	ÖN KAPAK	1	Fe 37-2	HK-01-01	_____	_____
POZ	BRM.	PARÇA ADI	ADET	MALZEME	RESİM NO	BİRİM AGIRLIK	AÇIKLAMA

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

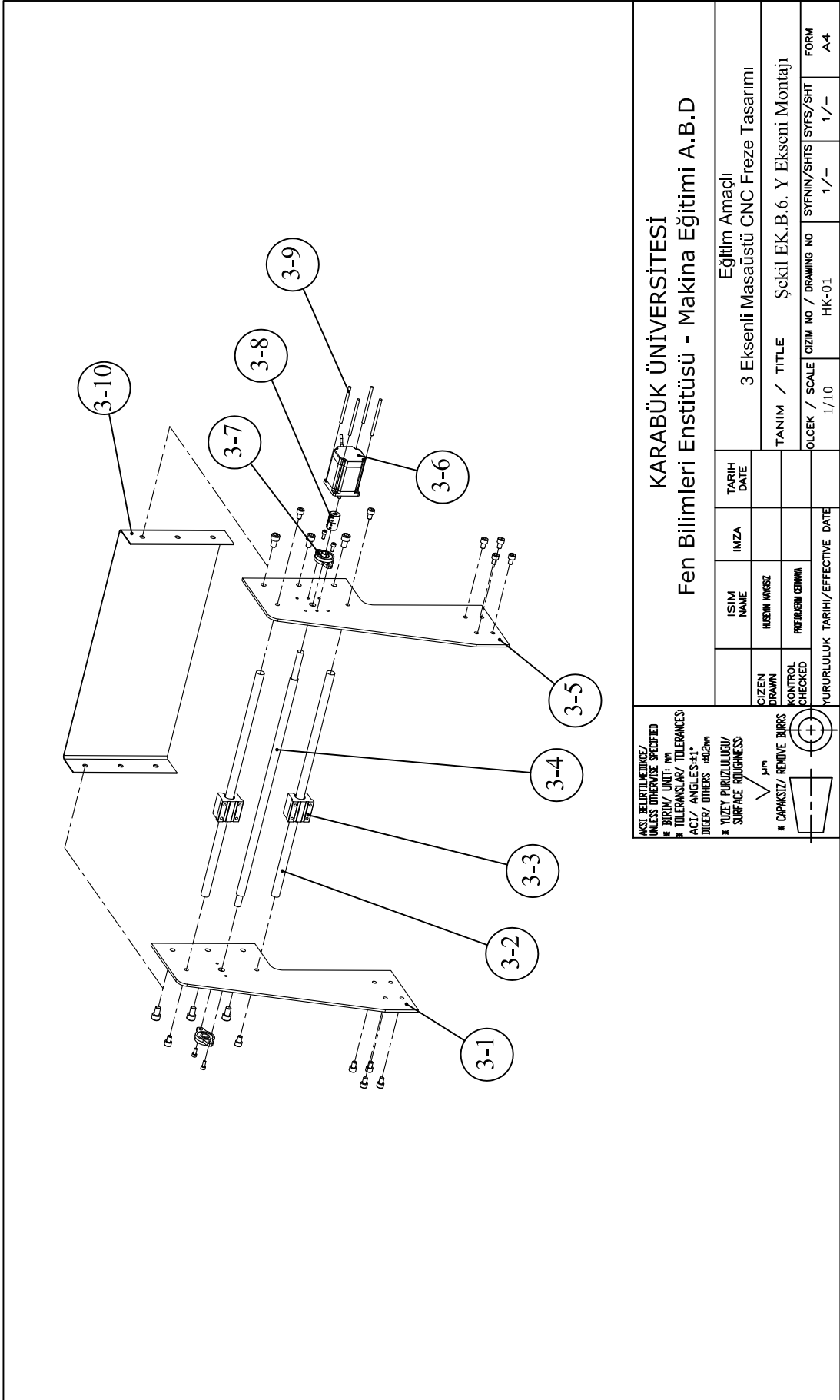
AKSI BELİRTİLMEDÜCE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED * BİRİM/ UNIT: mm * TOLERANSLAR/ TOLERANCES: ACI/ ANGLES:±1° DİĞER/ OTHERS: ±0.2mm * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ/ SURFACE ROUGHNESS: ✓ μm * ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS 		ISIM NAME	İMZA	TARİH DATE	Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı			
	CİZEN DRAWN	Hüseyin KAYGISIZ						
	MUHENDİS ENGINEER	Hüseyin KAYGISIZ			TANIM / TITLE Şekil EK.B.3. X Eksenli Anteti			
	KONTROL CHECKED	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA						
ONAY APPROVAL	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA			REVİZYON REVIZYON				
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE				OLÇEK / SCALE	CİZİM NO / DRAWING NO	SYFNIN/SHTS	SYFS/SHT	FORM
				1/10	HK-01	1/-	1/-	A4



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

AKSI BELİRTİLMEDÜNCÜ/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED * BİRİM / UNIT: mm * TOLERANSLAR / TOLERANCES: ACI / ANGLES: ±1° DİĞER / OTHERS: ±0.2mm * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ / SURFACE ROUGHNESS: ✓ μm * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS 	CİZEN DRAWN	Hüseyin KAYGISIZ			Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı
	MUHENDİS ENGINEER	Hüseyin KAYGISIZ			
	KONTROL CHECKED	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA			
	ONAY APPROVAL	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA			
	REVİZYON REVİZYON				
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE					TANIM / TITLE Şekil EK.B.4. Z Eksenli Montajı
	OLÇEK / SCALE	CİZİM NO / DRAWING NO	SYFNIN/SHTS	SYFS/SHT	FORM
	1/10	HK-02	1/-	1/-	A4

2-10	AD.	MAKİTA FREZE-540W,30000 D/DK	1	Hazır	HK-02-10	_____	Rejs Makine	
2-9	AD.	İŞ MİLİ TUTUCU	1	Fe 37-2	HK-02-09	_____	_____	
2-8	AD.	LİNEER KIZAK - SCE 16UU	2	Hazır	HK-02-08	_____	Birlik Rulman	
2-7	AD.	Z EKSEN MİLİ - Ø 16 WV	2	Hazır	HK-02-07	_____	Birlik Rulman	
2-6	AD.	Z EKSEN ŞEŞİSİ	1	Fe 37-2	HK-02-06	_____	_____	
2-5	AD.	VİDALI MİL	1	Hazır	HK-02-05	_____	Birlik Rulman	
2-4	AD.	RULMAN - FL001	2	Hazır	HK-02-04	_____	Birlik Rulman	
2-3	AD.	KAPLİN - GS 16	1	Hazır	HK-02-03	_____	Birlik Rulman	
2-2	AD.	STEP MOTOR	1	Hazır	HK-02-02	_____	_____	
2-1	AD.	STEP MOTOR SABİTLEME CİV.	4	Hazır	HK-02-01	_____	_____	
POZ	BRM.	PARÇA ADI	ADET	MALZEME	RESİM NO	BİRİM AĞIRLIK	AÇIKLAMA	
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D								
AKSI BELİRTİLMEDÜÇE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED * BİRİM/ UNIT: mm * TOLERANSLAR/ TOLERANCES: ACI/ ANGLES:±1° DİĞER/ OTHERS ±0.2mm * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ/ SURFACE ROUGHNESS: µm * ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS		ISIM NAME	İMZA	TARİH DATE	Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı			
CİZEN DRAWN	Hüseyin KAYGISIZ			TANIM / TITLE				
MUHENDİS ENGINEER	Hüseyin KAYGISIZ							
KONTROL CHECKED	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA			Şekil EK.B.5. Z Eksenli Anteti				
ONAY APPROVAL	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA							
REVİZYON REVIZYON				OLÇEK / SCALE	CİZİM NO / DRAWING NO	SYFNIN/SHTS	SYFS/SHT	FORM
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE				1/10	HK-02	1/-	1/-	A4



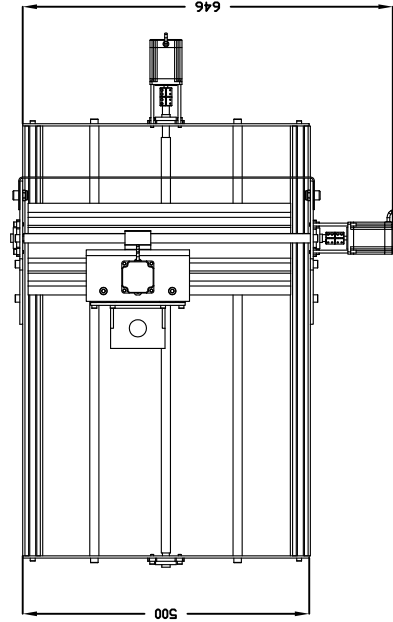
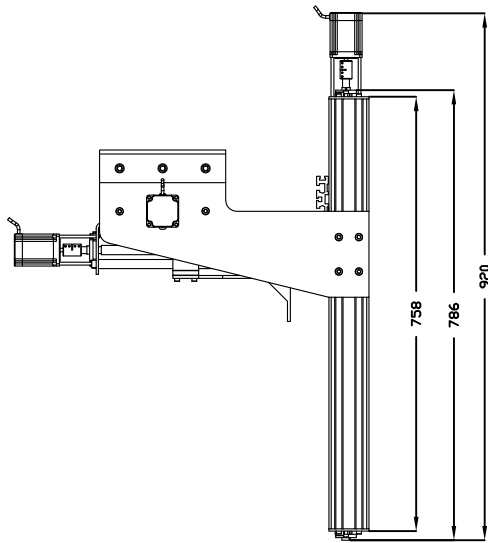
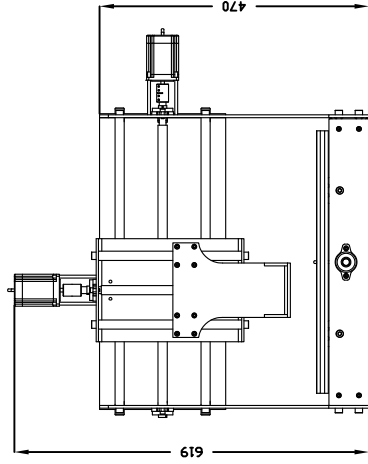
ANSI BELİRTİLMEDÜNCÜ/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED * BİRİM / UNIT: mm * TOLERANSLAR / TOLERANCES: ACİL / ANGLES: ±1° DİĞER / OTHERS: ±0.2mm * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ / SURFACE ROUGHNESS * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS * K ₁		KARABÜK ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D		Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
İSİM NAME	İMZA	TARİH DATE	TANIM / TITLE	ŞEKLİ EK.B.6. Y Eksenli Montajı	SYFMN/SHTS 1/-
ÇİZEN DRAWN	HUZUN KURSUZ FREZAJERİ GİZMAYA		OLÇEK / SCALE	ÇİZİM NO / DRAWING NO HK-01	SYFMN/SHTS 1/-
KONTROL CHECKED			YÜRÜRLÜLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		FORM A-4



POZ	BRM.	PARÇA ADI	ADET	MALZEME	RESİM NO	BİRİM AGIRLIK	AÇIKLAMA
3-10	AD.	ARKA ŞAŞI DESTEK SACI	1	Fe 37-2	HK-03-10	_____	_____
3-9	AD.	STEP MOTOR SABİTLEME CİV.	4	Hazır	HK-03-09	_____	_____
3-8	AD.	KAPLİN - GS 16	1	Hazır	HK-03-08	_____	Birlik Rulman
3-7	AD.	RULMAN - FL001	2	Hazır	HK-03-07	_____	Birlik Rulman
3-6	AD.	STEP MOTOR - SANYO 2.5A	1	Hazır	HK-03-06	_____	_____
3-5	AD.	SAĞ KANAT	1	Fe 37-2	HK-03-05	_____	_____
3-4	AD.	VİDALI MİL	1	Hazır	HK-03-04	_____	Birlik Rulman
3-3	AD.	LİNEER KIZAK - SCE 16UU	2	Hazır	HK-03-03	_____	Birlik Rulman
3-2	AD.	X EKSEN MİLİ - Ø 16 WV	2	Hazır	HK-03-02	_____	Birlik Rulman
3-1	AD.	SOL KANAT	1	Fe 37-2	HK-03-01	_____	_____

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

AKSI BELİRTİLMEDÜCE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED * BİRİM/ UNIT: mm * TOLERANSLAR/ TOLERANCES: ACI/ ANGLES:±1° DİĞER/ OTHERS ±0.2mm * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ/ SURFACE ROUGHNESS: ✓ μm * ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS 	CİZEN DRAWN	Hüseyin KAYGISIZ	İMZA	TARİH DATE	Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı TANIM / TITLE Şekil EK.B.7. Y Eksenli Anteti				
	MUHENDİS ENGINEER	Hüseyin KAYGISIZ							
	KONTROL CHECKED	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA							
	ONAY APPROVAL	Prof.Dr.Kerim CETINKAYA							
	REVİZYON REVIZYON								
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE					OLÇEK / SCALE 1/10	CİZİM NO / DRAWING NO HK-03	SYFNIN/SHTS 1/-	SYFS/SHT 1/-	FORM A4



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

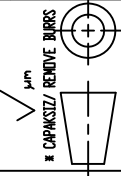
Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

TANIM / TITLE Şekil EK.B.8. Tezgahın Ölçüleri 1

OLÇEK / SCALE 1/10
CİZİM NO / DRAWING NO HK
SYFNO/SHTS 1/-
SYFNO/SHTS 1/-

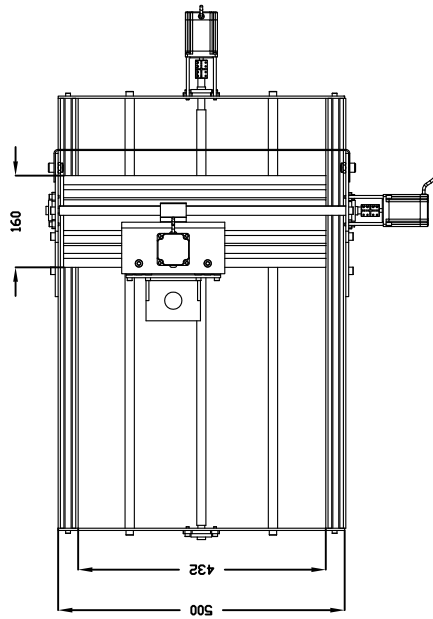
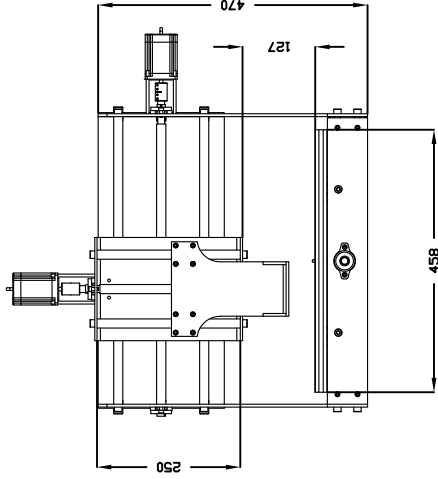
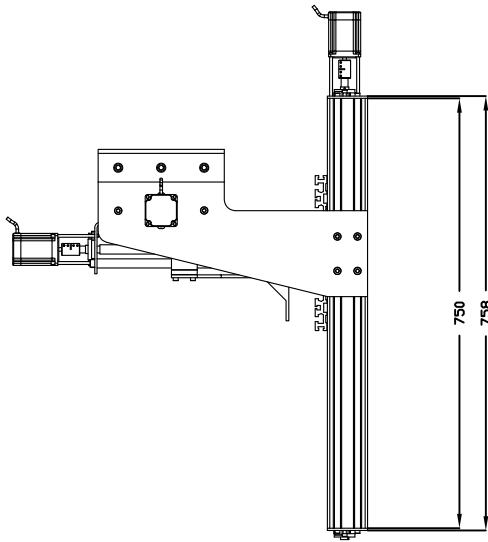
FORM
A-4

HAZIR BELİRTİLMEDÜNCÜ/
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
* BİRİM / UNIT: mm
* TOLERANSLAR / TOLERANCES:
ACI / ANGLES: ±1°
DİĞER / OTHERS: ±0.2mm
* YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ /
SURFACE ROUGHNESS
µm
* ÇAPASIZ / REMOVE DIMERS

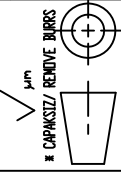


ISIM NAME	İMZA	TARİH DATE
HİSİN KIRAZ		
PROJELERİN İZLENİ		

CİZEN
DRAWN
KONTROL
CHECKED
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE



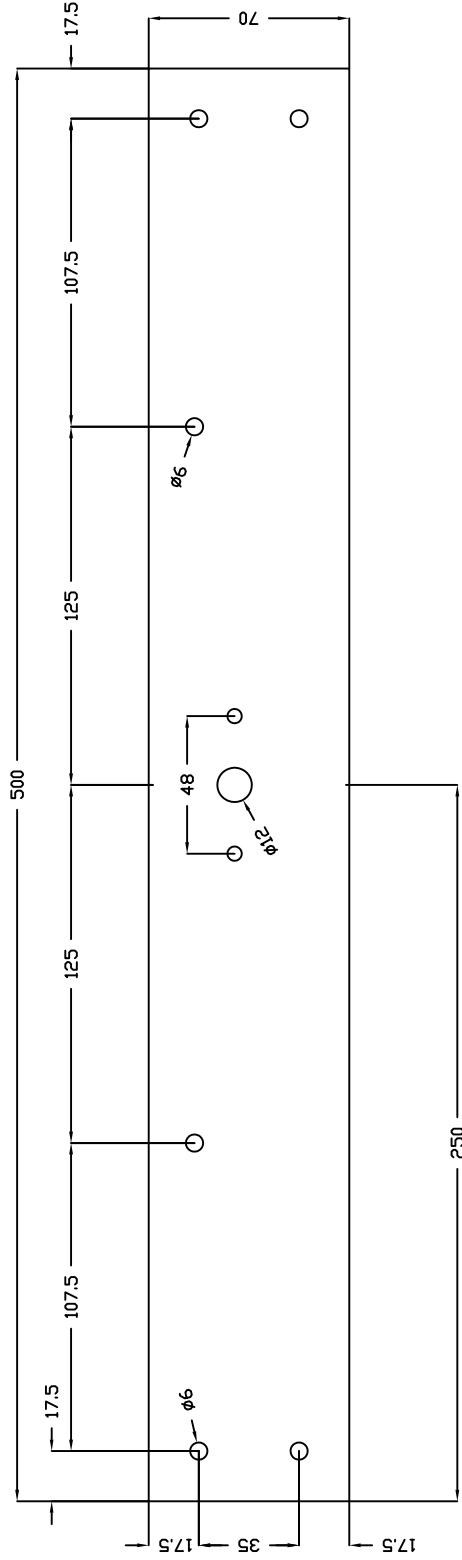
* KESTİ BELİRTİLMEDİĞİ VE /
 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 * BİRİM / UNIT: mm
 * TOLERANSLAR / TOLERANCES
 ACİL / ANGLES: ±1°
 DİĞER / OTHERS: ±0.02mm
 * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ /
 SURFACE ROUGHNESS
 * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS
 KONTROL
 CHECKED



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
 Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

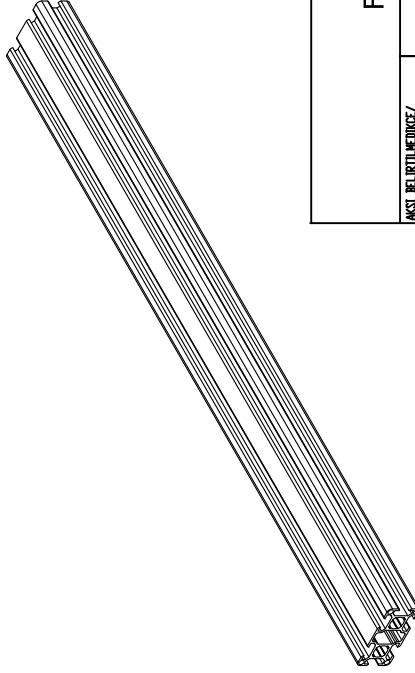
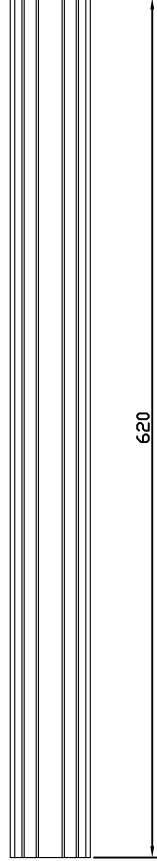
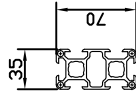
ISIM NAME	İMZA	TARİH DATE	Eğitim Amaçlı		
CİZEN DRAWN	HİSİN KIRIŞI		3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı		
KONTROL CHECKED	PREZİDENT ÖZMAN		TANIM / TITLE	Şekil EK.B.9. Tezgahın Ölçüleri 2	
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE			OLÇEK / SCALE	CİZİM NO / DRAWING NO	SYFİNİ/SHTS / SYFS/SHT
			1/10	HK	1/-
					FORM A-4

500X70X4
KALINLIK 4mm,1 ADET



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ		Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D	
Eğitim Amaçlı		3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
Şekil EK.B.10. Ön Kapak İmalat Resmi		TANIM / TITLE	
OLÇEK / SCALE	1/10	CİZİM NO / DRAWING NO	HK-01-01
SYFİNIN/SHTS	1/-	SYFİNIN/SHTS	1/-
FORM	A-4		
ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE	
CİZEN / DRAWN	HASEM KINISIZ		
MÜHENDİS / ENGINEER	HASEM KINISIZ		
KONTROL / CHECKED	PROF.DR.EM GEMMA		
ONAY / APPROVAL	PROF.DR.EM GEMMA		
REVİZYON / REVISION			
YÜRÜRLÜK / EFFECTIVE DATE			
<p>NOT: BİLİTİMİNE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED</p> <p>* BİRİM / UNIT: mm</p> <p>* TOLERANSI/ TOLERANCES</p> <p>ACI/ ANGLES: ±1</p> <p>DİREK/ OTHERS: ±0.02mm</p> <p>* YÜZEY PARIZLULUĞU/ SURFACE ROUGHNESS</p> <p>µm</p> <p>* ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS</p>			

35x70 SİGMA PROFİL
620 mm, 2 ADET



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D		ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE
ÇİZEN / DRAWN	HASEM KANŞIZ			
MÜHENDİS / ENGINEER	HASEM KANŞIZ			
KONTROL / CHECKED	PROF.DR.BEN GEMMA			
ONAY / APPROVAL	PROF.DR.BEN GEMMA			
REVİZYON / REVISION				
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE				

AKSİT BELİTİLMİŞ /
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
* BİRİM / UNIT: mm
* TOLERANSLAR / TOLERANCES
ACI / ANGLES: ±1
DİREK / OTHERS: ±0.02mm
* YÜZEY PARIZLULUĞU /
SURFACE ROUGHNESS
R_a 3.2
* ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS

Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

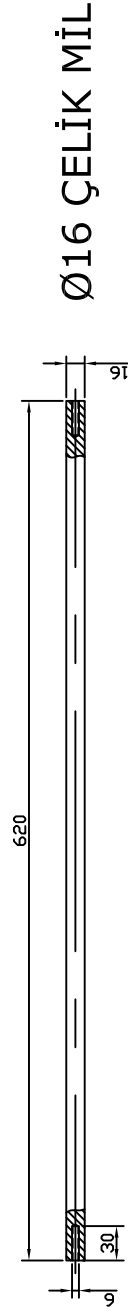
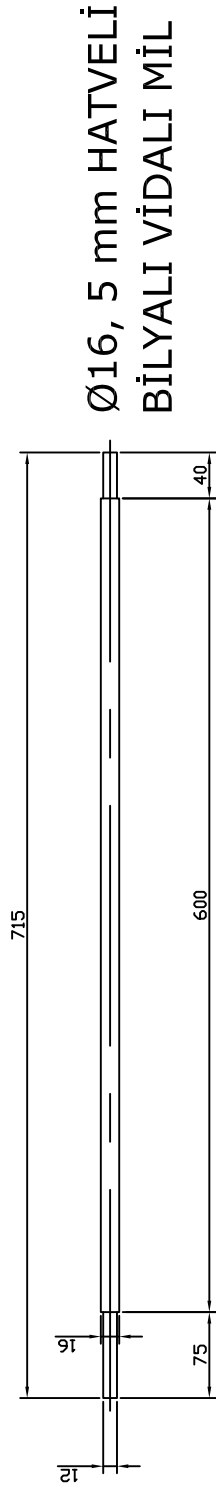
TANIM / TITLE
Şekil EK.B.11. Destek Profili

OLÇEK / SCALE
1/10

CİZİM NO / DRAWING NO
HK-01-02

SİYFNİN/SHTS / SYFS/SHT
1/-

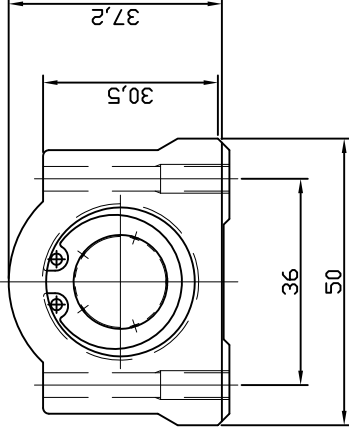
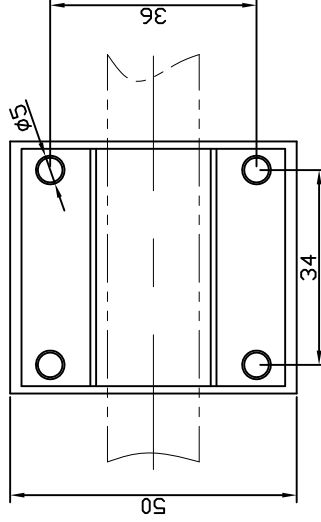
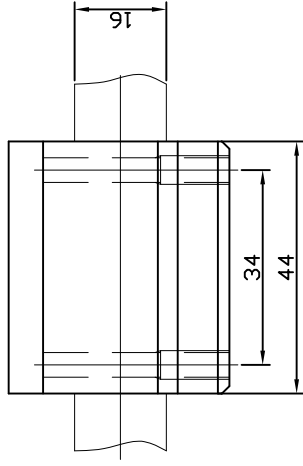
FORM
A-4



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ		Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D	
Eğitim Amaçlı		3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
TANIM / TITLE		Şekil EK.B.12. X Eksenli Milleri	
OLCEK / SCALE	1/5	CIZIM NO / DRAWING NO	HK-01-03
SYFİNİN/SHTS	1/-	SYFYS/SHT	1/-
FORM	A-4		

ISIM / NAME	IMZA	TARİH / DATE
CİZEN / DRAWN	HASEM KANŞIZ	
MÜHENDİS / ENGINEER	HASEM KANŞIZ	
KONTROL / CHECKED	PROF.DR.EM GEMMA	
ONAY / APPROVAL	PROF.DR.EM GEMMA	
REVİZYON / REVISION		

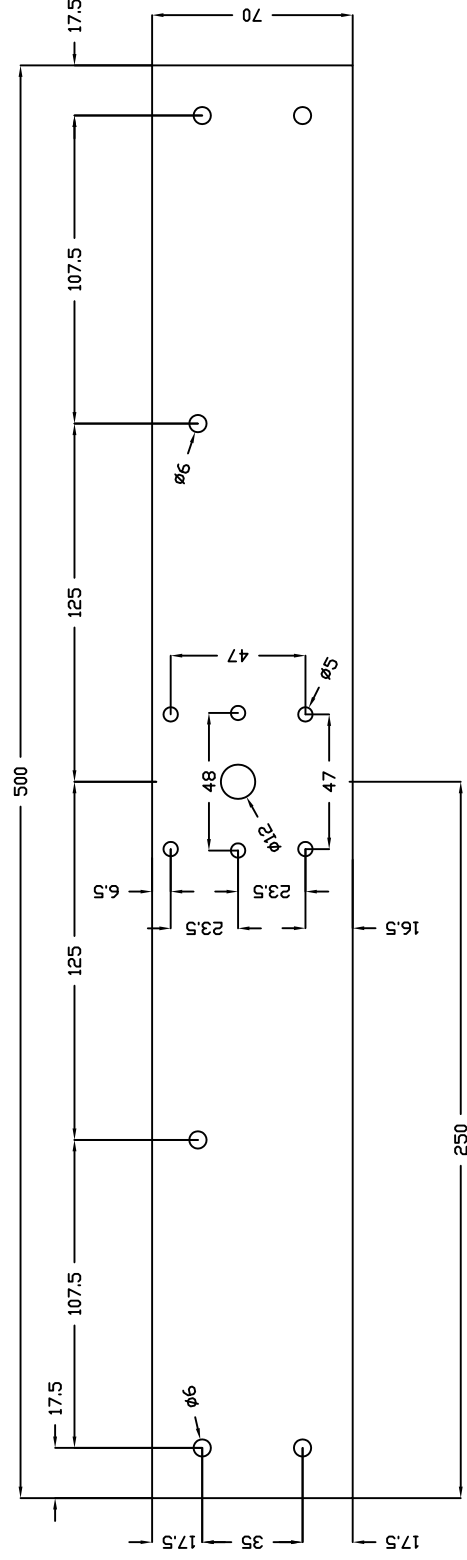
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE



SCE 16UU LİNEER KIZAK
6 ADET

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ		Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D		Eğitim Amaçlı		3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
TANIM / TITLE		Şekil EK.B.13. Lineer Kızaklar		OLÇEK / SCALE		1/1	
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE	YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE
REVİZYON	REVİZYON	REVİZYON	REVİZYON	REVİZYON	REVİZYON	REVİZYON	REVİZYON
ONAY	ONAY	ONAY	ONAY	ONAY	ONAY	ONAY	ONAY
KONTROL	KONTROL	KONTROL	KONTROL	KONTROL	KONTROL	KONTROL	KONTROL
MÜHENDİS	MÜHENDİS	MÜHENDİS	MÜHENDİS	MÜHENDİS	MÜHENDİS	MÜHENDİS	MÜHENDİS
CİZEN	CİZEN	CİZEN	CİZEN	CİZEN	CİZEN	CİZEN	CİZEN
ISIM / NAME	ISIM / NAME	ISIM / NAME	ISIM / NAME	ISIM / NAME	ISIM / NAME	ISIM / NAME	ISIM / NAME
İMZA	İMZA	İMZA	İMZA	İMZA	İMZA	İMZA	İMZA
TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE	TARİH / DATE
SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS	SYFNIN/SHTS
1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-	1/-
FORM	FORM	FORM	FORM	FORM	FORM	FORM	FORM
A-4	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4	A-4

500X70X4
KALINLIK 4mm,1 ADET



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

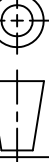
Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

TANIM / TITLE
Şekil EK.B.14. Arka Kapak

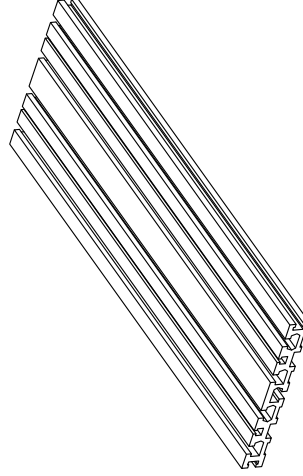
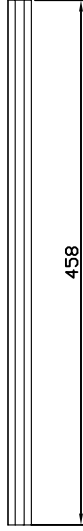
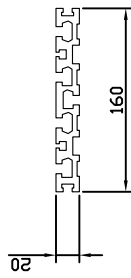
OLÇEK / SCALE 1/2
CİZİM NO / DRAWING NO HK-01-05
SYFİN/SHTS 1/-
SYFİN/SHTS 1/-
FORM A-4

ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE
CİZEN / DRAWN	HASEM KINISZ	
MÜHENDİS / ENGINEER	HASEM KINISZ	
KONTROL / CHECKED	PROF.DR.BEN GEMMA	
ONAY / APPROVAL	PROF.DR.BEN GEMMA	
REVİZYON / REVISION		
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		

NOT: BİLİTİMİNE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 * BİRİM / UNIT: mm
 * TOLERANS / TOLERANCES
 ACİL / ANGLES: ±1°
 DİĞER / OTHERS: ±0.02mm
 * YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ / SURFACE ROUGHNESS
 1.6µm
 * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS



160x20 SİGMA PROFİL
458 mm, 1 ADET



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

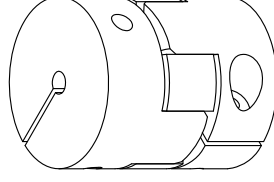
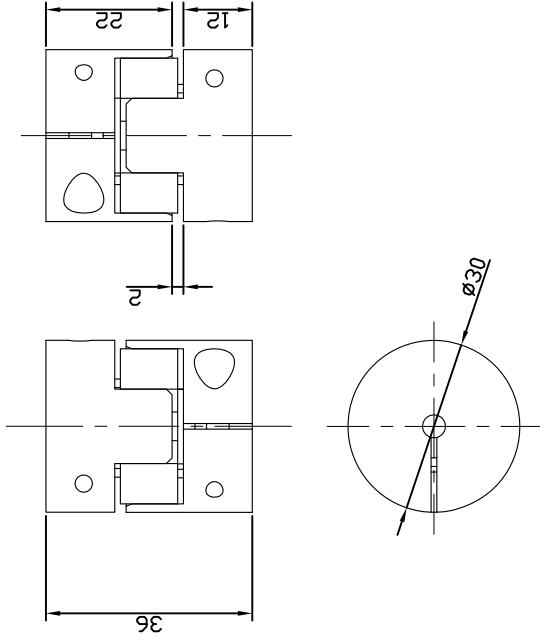
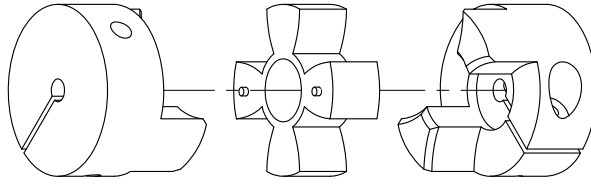
TANIM / TITLE

Şekil EK.B.15. Tabla Profili

ISIM / NAME	IMZA	TARİH / DATE
HASEM KINISIZ		
HASEM KINISIZ		
MÜHENDİS / ENGINEER		
KONTROL / CHECKED		
ONAY / APPROVAL		
REVİZYON / REVISION		
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		

OLÇEK / SCALE	ÇİZİM NO / DRAWING NO	SİYFNİN/SHTS	SİYFS/SHT	FORM
1/10	HK-01-06	1/-	1/-	A-4

**SERVO KAPLİN
3 ADET**



**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D**

**Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı**

TANIM / TITLE

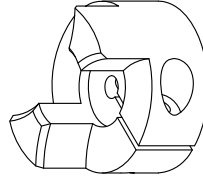
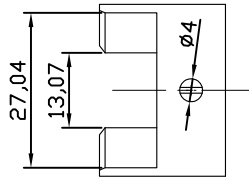
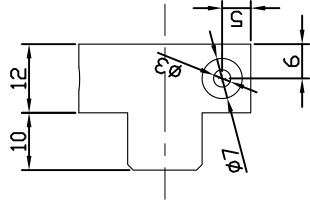
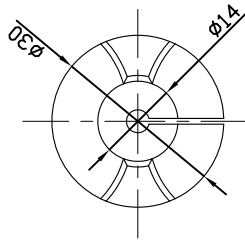
Şekil EK.B.16. Servo Kaplin Montajı

İSİM / NAME	İMZA	TARİH / DATE
HASEM KINISIZ		
HASEM KINISIZ		
PROF.DR.EM GEMMA		
PROF.DR.EM GEMMA		
ONAY / APPROVAL		
REVİZYON / REVISION		

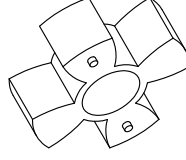
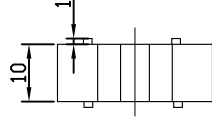
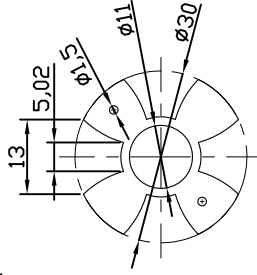
* KESTİRLER İZLENİMLERİ / UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 * BİRİM / UNIT: mm
 * TOLERANSLAR / TOLERANCES
 ACİL / ANGLES: ±1
 DİĞER / OTHERS: ±0.02mm
 * YÜZEY PARIZLULUĞU / SURFACE ROUGHNESS
 ✓ μm
 * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS
 * YÜRÜRLÜK / EFFECTIVE DATE

OLÇEK / SCALE	ÇİZİM NO / DRAWING NO	SİYFNİN/SHTS	SİYFS/SHT	FORM
1/1	HK-01-09 HK-02-03	1/-	1/-	A-4

SERVO KAPLIN GÖVDE
6 ADET



SERVO KAPLIN ARA PLASTİK
3 ADET



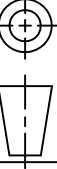
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

TANIM / TITLE
Şekil EK.B.17. Servo Kaplin Parçaları

ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE
CİZEN / DRAWN	HASEM KANŞIZ	
MÜHENDİS / ENGINEER	HASEM KANŞIZ	
KONTROL / CHECKED	PROF.DR.BEN GEMMA	
ONAY / APPROVAL	PROF.DR.BEN GEMMA	
REVİZYON / REVISION		
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		

NOT: BİLİTİMİNİZE / UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 * BİRİM / UNIT: mm
 * TOLERANS / TOLERANCES
 ACİL / ANGLES: ±1°
 DİĞER / OTHERS: ±0.05mm
 * YÜZEY PARIZLULUĞU / SURFACE ROUGHNESS
 Ra 1.6
 * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS

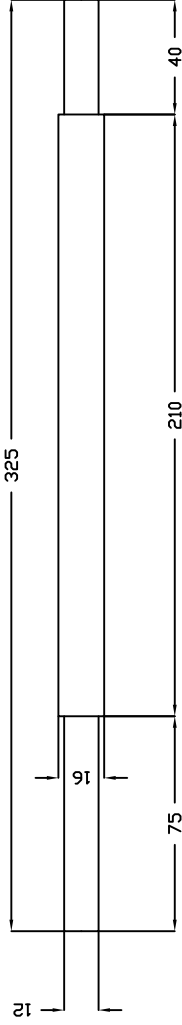


OLÇEK / SCALE
1/1

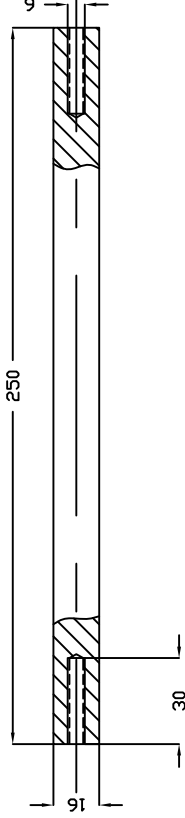
CİZİM NO / DRAWING NO
HK-01-09
HK-02-03 HK-03-08

SYFİNİN/SHTS / SYFS/SHT
1/-

FORM
A-4



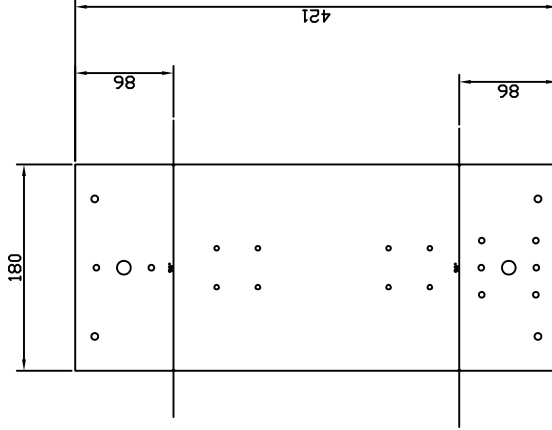
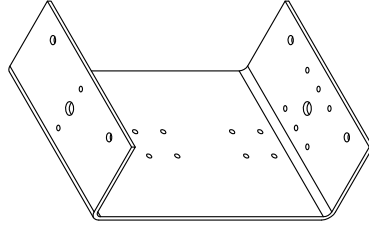
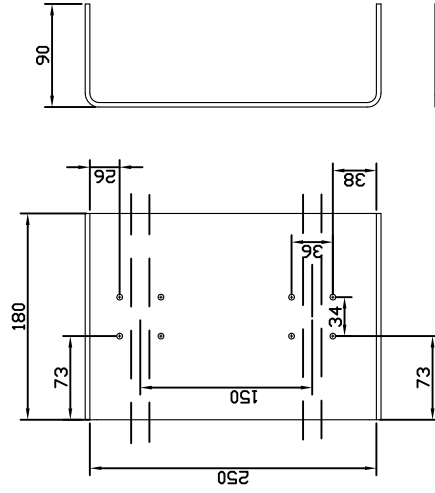
Ø16, 5 mm HATVELİ
BİLYALI VİDALI MİL



Ø16 ÇELİK MİL

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ		Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D		Eğitim Amaçlı		3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
TANIM / TITLE		Şekil EK.B.18. Z Eksen Milleri		OLÇEK / SCALE		1/2	
CİZEN / DRAWN		İMZA		TARİH / DATE		SYFNIN/SHTS	
MÜHENDİS / ENGINEER		HASEM KINISIZ				1/-	
KONTROL / CHECKED		HASEM KINISIZ				1/-	
ONAY / APPROVAL		PROF.DR.BEN GEMMA				1/-	
REVİZYON / REVISION		PROF.DR.BEN GEMMA				1/-	
YÜRÜRLÜK / EFFECTIVE DATE						1/-	
FORM		A-4		HK-02-05		HK-02-07	

421X180X4
KALINLIK 4mm,1 ADET



1/5

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

TANIM / TITLE
Şekil EK.B.19. Z Eksen Şasisi

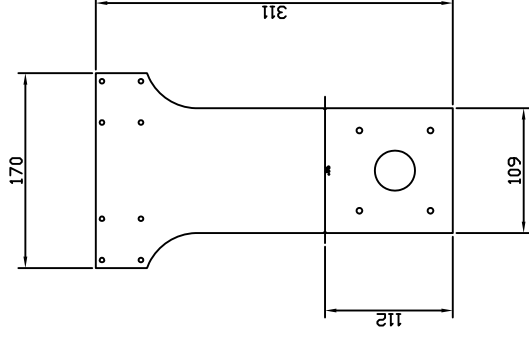
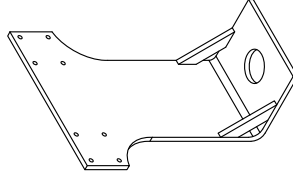
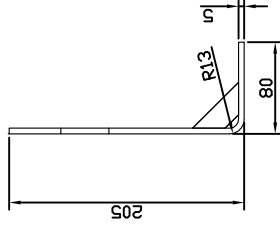
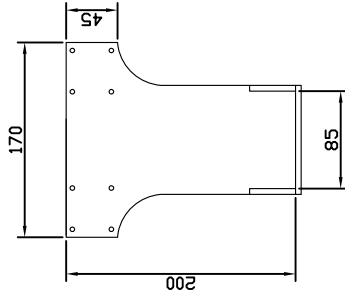
OLÇEK / SCALE 1/10
CİZİM NO / DRAWING NO HK-02-06
SYFİN/SHTS 1/-
SYFS/SHT 1/-
FORM A-4

ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE
CİZEN / DRAWN		
MÜHENDİS / ENGINEER		
KONTROL / CHECKED		
ONAY / APPROVAL		
REVİZYON / REVISION		
YÜRÜRLÜK / EFFECTIVE DATE		

† KESTİRLİ BİTLERİNE / UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
* BİRİM / UNIT: mm
* TOLERANSLAR / TOLERANCES
AÇI / ANGLES: ±1°
DİREK / OTHERS: ±0.02mm
* YÜZEY PARIZLULUĞU / SURFACE ROUGHNESS
R_a 3.2
* ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS



170X311X4
KALINLIK 4mm,1 ADET



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

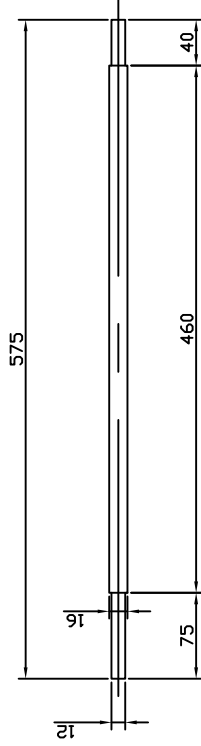
Eğitim Amaçlı
3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı

TANIM / TITLE
Şekil EK.B.20. Freze Tutucu

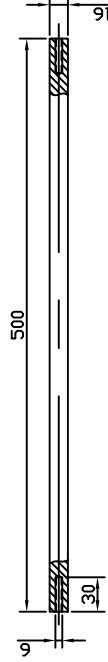
OLÇEK / SCALE 1/10
CİZİM NO / DRAWING NO HK-02-09
SYFİNIN/SHTS 1/-
SYFYS/SHT 1/-
FORM A-4

AKSET BİLİTİMİNCE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	ISIM NAME	İMZA	TARİH DATE
* BİRİM / UNIT: mm	HASEM KANŞIZ		
* TOLERANSI/± TOLERANCES	HASEM KANŞIZ		
ACI/ ANGLES:±1°	HASEM KANŞIZ		
DIĞER/ OTHERS :±0.02mm	PROF.DR.EM GEMWA		
* YÜZEY PARIZLULUĞU/ SURFACE ROUGHNESS	PROF.DR.EM GEMWA		
* ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS	PROF.DR.EM GEMWA		
* ONAY APPROVAL			
* REVİZYON			
YÜRÜRLÜK TARİHİ/EFFECTIVE DATE			





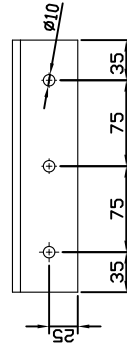
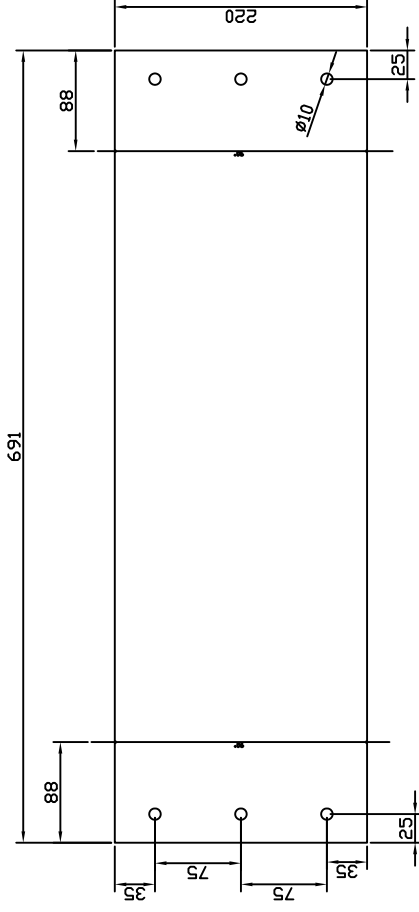
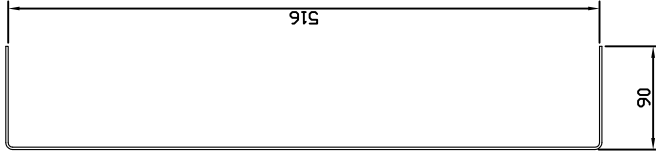
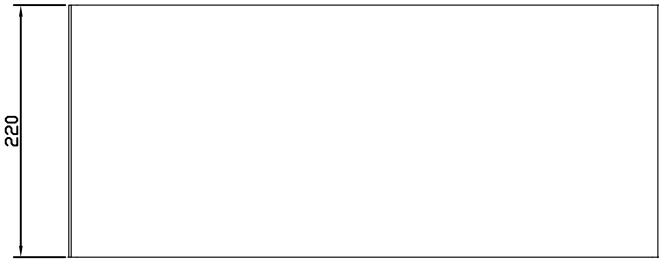
Ø16, 5 mm HATVELİ
BİLYALI VİDALI MİL



Ø16 ÇELİK MİL

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D		Eğitim Amaçlı 3 Eksenli Masaüstü CNC Freze Tasarımı	
TANIM / TITLE Şekil EK.B.22. Y Eksenli Milleri		SYFNIN/SHTS 1/-	
OLCEK / SCALE 1/5		CIZIM NO / DRAWING NO HK-03-02	
YURURLUK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		SYFNIN/SHTS 1/-	
YURURLUK TARİHİ/EFFECTIVE DATE		FORM A-4	
AKSET BİLİTİMİNİVE/ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	ISIM / NAME	İMZA	TARİH DATE
* BİRİM / UNIT: mm	HASEM KANŞIZ		
* TOLERANSI/AB/ TOLERANCES	HASEM KANŞIZ		
ACI/ ANGLES:±1	MÜHENDİS ENGINEER		
DİREK/ OTHERS :±0.02mm	KONTROL CHECKED		
* YÜZEY PARIZLULUĞU/ SURFACE ROUGHNESS	PROFESÖRÜN GEMİNA		
√ m	ONAY APPROVAL		
* ÇAPAKSIZ/ REMOVE BURRS	PROFESÖRÜN GEMİNA		
	REVİZYON		

691X220X2
KALINLIK 2mm, 1 ADET



- * İKİ İLİ İTİLİ METİNEÇE / İKİ İLİ İTİLİ METİNEÇE / SPECIFIED
- * BİRİM / UNIT: mm
- * TOLERANSLAR / TOLERANCES
- * ACI / ANGLES: 45°
- * DİĞER / OTHERS: 400mm
- * YÜZEY PARIZLULUĞU / SURFACE ROUGHNESS
- * ÇAPAKSIZ / REMOVE BURRS



KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü - Makina Eğitimi A.B.D

ISIM / NAME	İMZA	TARİH / DATE
HASEM KIRAZ		
PROF.DR.EREN GENİŞER		
CİZEN / DRAWN		
KONTROL / CHECKED		
YÜRÜRLÜK / EFFECTIVE DATE		

3 Eksenli Masası CNC Freze Tasarımı

Eğitim Amaçlı

TANIM / TITLE: Şekil EK.B.24. Şası Destek Arka Sacı

OLÇEK / SCALE: 1/2

CİZİM NO / DRAWING NO: HK-03-10

SİYFİN/SHTS: 1/-

SYFYS/SHT: 1/-

FORM: A-4