

**SIVI SOĞUTMA SİSTEMLİ MASAÜSTÜ CNC
FREZE TEZGAHI TASARIMI VE PROTOTİP
İMALATI**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Kerim KABAŞ

**SIVI SOĞUTMA SİSTEMLİ MASAÜSTÜ CNC FREZE TEZGAHI
TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

Kerim KABAŞ

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

KARABÜK

Şubat 2011

Kerim KABAŞ tarafından hazırlanan “SIVI SOĞUTMA SİSTEMLİ MASAÜSTÜ CNC FREZE TEZGAHI TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI” 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. 03/02/ 2011

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)

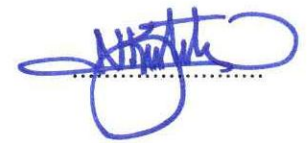


...../...../2011

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

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Kerim KABAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SIVI SOĞUTMA SİSTEMLİ MASAÜSTÜ CNC FREZE TEZGAHI TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

Kerim KABAŞ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

Şubat 2011, 98 sayfa

Bu çalışmada sıvı soğutma sistemli masaüstü CNC freze tezgahı tasarlanmış ve prototipi imal edilmiştir. Geliştirilen masaüstü CNC tezgahı 500x630x625 mm (X,Y,Z) ebatlarındadır. Tezgahın işleme kapasitesi 250x300x125 mm ebatlarındadır. Tezgahta köprü tipi gövde konstrüksiyonu tercih edilmiştir. Gövde sac ve sigma profillerden imal edilmiştir. Eksen hareketleri adım motorları tarafından tahrik edilen inox vidalı milleri ile sağlanmıştır. Eksenlerde mil üzerinde kayan linear rulmanlar kullanılmıştır. Elektronik kontrol ünitesinde TB 6560 entegresinin kullanıldığı bir sürücü devresi kullanılmış ve tezgah Mach 3 kontrol programı ile çalıştırılmıştır.

Step motorları yarım adım sürüş tekniği ile sürülmüştür. Sistemin teorik hassasiyeti 0,005 mm olarak hesaplanmıştır. İmal edilen CNC'nin hassasiyet ve ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için deneyler yapılmıştır. Eksenlerin ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için ilgili eksen boyunca açılan kanallardan ölçümler yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. X ekseninin ölçü tekrarlanabilirliği için

standart sapması 0,0173 mm, Y eksenini için 0,0126 mm ve XY eksenini için ise 0,0173 mm olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada benzer çalışmalarda daha önce uygulanmamış olan sıvı soğutma sistemi kullanılmıştır. Sıvı soğutma sisteminin kullanımı ile tezgahın işleyebileceği malzeme türleri ve üretim kapasitesi artmıştır. Deneysel çalışmalarda AL99, Fe37 ve pirinç gibi metal malzemeler soğutma sıvısı uygulanarak başarıyla işlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : CNC, masaüstü cnc tezgahı, cnc tezgahı tasarımı, soğutma sıvısı.

Bilim Kodu : 708.3.029

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CNC DESKTOP MILLING MACHINE DESIGN AND PROTOTYPE PRODUCTION WITH LIQUID COOLING SYSTEM

Kerim KABAŞ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA

February 2011, 98 pages

In this study, a CNC desktop milling machine with a liquid cooling system has been designed and its prototype been manufactured. Dimension of developed desktop CNC machine tool are 500x630x625 mm. Work envelop of the desktop are 250x300x125 mm. Bridge-type structure has been preferred on the bench. The body is made of sheet metal and sigma profiles. Axis movements are driven by step motors with stainless steel ball screws. Linear bearings are used on the floating shaft axes. On the electronic control unit, a driver circuit integrated with TB 6560 is used and Mach 3 control program operates by the bench.

Stepper motors with half-step technique has been ridden. Theoretical accuracy of the system was calculated as 0.005 mm. Experimental accuracy and repeatability of the CNC machine have been conducted. Standard deviations of the channels on the

specimens along the axes were calculated. As a result, the deviations were found as 0.0173, 0.0126 and 0.0173 mm for X axis, Y axis and XY axis respectively.

A liquid cooling system has been applied to CNC machine which it has not been applied to the previous similar systems. The production capability of the machine and capability to machine different materials has been increased by the cooling system. In the experimental studies, AL99, Fe37 and brass has been successfully processed by applying coolant.

Key Words : CNC, desktop cnc machine, cnc bench design, cooling liquid.

Science Code : 708.3.029

TEŞEKKÜR

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

Deneysel alıőmalar ve araőtırmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen, Ceylan Makine İmalat Sanayi firma çalıőanlarına ve özellikle İlker CEYLAN ve sevgili arkadaşım Tuncay KARADAŐ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Sevgili aileme maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1.	1
1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
BÖLÜM 2.	12
CNC FREZE TEZGAHLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	12
2.1. TAKIM TEZGAHLARININ TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ	12
2.2. CNC FREZE TEZGAHLARI.....	13
2.2.1. CNC Freze Tezgahlarının Mekanik Yapısı	13
2.2.2. Köprü Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu	14
2.2.3. Üniversal Freze Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu	15
2.2.4. Portal CNC Freze Konstrüksiyonu	16
2.2.5. 2,5 Eksen CNC Freze Tezgahı	16
2.2.6. 3 Eksen CNC Freze Tezgahı	17
2.2.7. 4 Eksen CNC Freze Tezgahı	17
2.2.8. 5 ve 6 Eksenli CNC Tezgahlar	18
2.2.9. Masaüstü CNC Freze Tezgahlar	18
2.2.10. Sanayi Tipi CNC Freze Tezgahı	19
2.3. TAKIM TEZGAHLARINDA SOĞUTMA SIVISI KULLANIMI.....	20
2.3.1. Kesme Sıvıları	20

	<u>Sayfa</u>
2.3.2. Kesme Sıvılarının Fonksiyonları.....	20
2.3.2.1. Soğutma	20
2.3.2.2. Yağlama	21
2.3.2.3. Kaynağı Önleme.....	21
2.3.2.4. Kesme Sıvılarının İkincil Fonksiyonları.....	21
2.3.3. Kesme Sıvılarının Sahip Olması Gereken Özellikler	22
2.4. CNC FREZE TEZGAHLARININ PROGRAMLANMASI	22
2.4.1. G ve M Kodları.....	22
2.4.2. Takım Yolu Programı Oluşturma.....	26
2.4.3. CNC Tezgahı Kontrol Programları	26
BÖLÜM 3.	27
TEZGAHIN TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI.....	27
3.1. TEZGAHIN TASARIMI.....	27
3.1.1. Boyutsal Ön Tasarım.....	27
3.1.2. Standart Elemanların Katalogdan Seçimi	27
3.1.3. Sistemin Modellenmesi.....	28
3.1.4. Tezgahın Boyutları	29
3.2. TEZGAH MEKANİK SİSTEMİ İMALATI	29
3.2.1. Tezgah Gövdesi.....	29
3.2.2. X Ekseni.....	30
3.2.3. Y Ekseni.....	31
3.2.4. Z Ekseni	33
3.2.5. Pleksiglas Tezgah Kabini.....	34
3.3. KESİCİ TAKIM MOTORU	35
3.4. ADIM MOTORLARI.....	36
3.4.1. Adım Motorları Hakkında Genel Bilgiler.....	36
3.4.2. Sistemde Kullanılan Adım Motorlar ve Özellikleri	38
3.4.3. Adım Motorları Hakkında Genel Bilgiler.....	36
3.5. SIVI SOĞUTMA SİSTEMİ	39
3.5.1. Neat Kesme Sıvıları.....	39
3.5.2. Emülsiyonlar (Bor Yağları)	39

	<u>Sayfa</u>
3.5.3. Sentetik Ürünler	40
3.5.4. Yarı Sentetik Ürünler.....	40
3.5.5. Uygulanan Soğutma Sistemi	40
3.6. ELEKTRONİK KONTROL ÜNİTESİ	41
3.6.1. Sürücü Devresi	41
3.6.2. Güç Kaynağı	44
3.6.3. Paralel Port.....	44
3.6.4. Tezgah Operatörü Kontrol Paneli	45
3.7. MACH 3 CNC KONTROL YAZILIMI.....	45
BÖLÜM 4.	49
MALİYET HESABI	49
4.1. MEKANİK DONANIM.....	49
4.2. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK DONANIM.....	50
4.3. İŞÇİLİK.....	51
BÖLÜM 5.	52
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	52
5.1. SİSTEMİN HASSASİYETİ	52
5.2. SİSTEMİN ÖLÇÜ TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN KONTROLÜ.....	52
5.2.1. X Ekseninin Ölçü Tekrarlanabilirliğinin Kontrolü	52
5.2.2. Y Ekseninin Ölçü Tekrarlanabilirliğinin Kontrolü	55
5.2.3. XY Ekseninin Ölçü Tekrarlanabilirliğinin Kontrolü.....	57
5.3. AL99 MALZEMESİNİN İŞLENMESİ	60
5.4. FE37 MALZEMESİNİN İŞLENMESİ.....	61
5.5. DÜZ DİŞLİ ÇARK KALIBI İŞLENMESİ	62
5.6. PİRİNÇ (CuZn36Pb 1,5) MALZEMESİNİN İŞLENMESİ.....	63
5.7. PLEKSİGLAS MALZEMESİNİN İŞLENMESİ	63
5.8. TEZGAHIN BENZER BİR ÇALIŞMA İLE KARŞILAŞTIRILMASI	65
BÖLÜM 6.	67
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	73
EK AÇIKLAMALAR A. GELİŞTİRİLEN MASAÜSTÜ CNC TEZGAHININ FOTOĞRAFLARI.....	74
EK AÇIKLAMALAR B. GELİŞTİRİLEN MASAÜSTÜ CNC TEZGAHININ MONTAJ VE İMALAT RESİMLERİ.....	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. CNC tezgahlar	14
Şekil 2.2. CNC tezgahlarda eksenlerin gösterimi	14
Şekil 2.3. Köprü tipi CNC freze tezgahı	15
Şekil 2.4. Üniversal freze tipi CNC freze tezgahı.....	15
Şekil 2.5. Portal CNC freze tezgahı	16
Şekil 2.6. 2,5 eksen CNC tezgahlar	16
Şekil 2.7. 3 eksen CNC freze tezgahı ve serbest yüzey işleme	17
Şekil 2.8. 4 eksen CNC freze tezgahı.....	17
Şekil 2.9. 5 eksen CNC tezgahı ve 6 eksen işleme	18
Şekil 2.10. Masaüstü CNC tezgahlar	19
Şekil 2.11. Sanayi tipi CNC freze tezgahı	19
Şekil 3.1. Tezgahın modellenmesi.....	28
Şekil 3.2. Tezgahın resimleri.....	28
Şekil 3.3. Tezgahın boyutları.....	29
Şekil 3.4. Tezgah gövdesi	30
Şekil 3.5. X eksenini oluşturan parçalar.....	31
Şekil 3.6. Y eksenini oluşturan parçalar.....	32
Şekil 3.7. Z eksenini oluşturan parçalar	33
Şekil 3.8. Pleksiglas kabin ve tezgah gövdesine montajı.....	34
Şekil 3.9. Pleksiglas kabinin resimleri	35
Şekil 3.10. Pleksiglas kabinin boyutları.....	35
Şekil 3.11. Kesici takım motoru	36
Şekil 3.12. Step motorlarının iç yapısı.....	37
Şekil 3.13. Step motorların tezgah gövdesine montajı	38
Şekil 3.14. Devir daim motoru	40
Şekil 3.15. Soğutma sıvısının devir daimi	41
Şekil 3.16. TB6560 entegresinin sürücü şeması.....	43
Şekil 3.17. TB6560 entegresinin blog diyagramı	43
Şekil 3.18. Kullanılan sürücü devresi	44

Sayfa

Şekil 3.19. Kullanılan güç kaynağı.....	44
Şekil 3.20. Paralel portun Yapısı.....	45
Şekil 3.21. Operatör kontrol paneli.....	45
Şekil 3.22. Mach 3 programı kullanıcı arayüzü	46
Şekil 3.23. Ölçü birimi seçimi.....	46
Şekil 3.24. Eksen ayar menüsü.....	47
Şekil 3.25. Pin ayar menüsü	47
Şekil 3.26. Eksen hız ve ivme ayar menüsü.....	48
Şekil 4.1. İmalatı tamamlanan masaüstü CNC freze tezgahı	49
Şekil 4.2. Elektronik kontrol ünitesi	50
Şekil 5.1. X ekseninde açılan kanalların ölçüleri	53
Şekil 5.2. X ekseninde açılan kanallar	53
Şekil 5.3. X ekseninde açılan kanalların ölçülmesi	53
Şekil 5.4. Y ekseninde açılan kanalların ölçüleri	56
Şekil 5.5. Y ekseninde açılan kanallar	56
Şekil 5.6. Y ekseninde açılan kanalların ölçülmesi	56
Şekil 5.7. XY ekseninde açılan kanalların ölçüleri.....	58
Şekil 5.8. XY ekseninde açılan kanallar	58
Şekil 5.9. XY ekseninde açılan kanalların ölçülmesi	58
Şekil 5.10. İşlenen unsurun ölçüleri.....	60
Şekil 5.11. AL99 malzemesinin işlenmiş hali	60
Şekil 5.12. AL99 malzemesi işlenirken	60
Şekil 5.13. İşlenen AL99 malzemesinin ölçü kontrolleri.....	61
Şekil 5.14. İşlenen unsurun ölçüleri.....	61
Şekil 5.15. Fe37 malzemesi işlenirken	61
Şekil 5.16. İşlenen Fe37 malzemesinin ölçü kontrolleri.....	62
Şekil 5.17. Düz dişli çark kalıbı işlenirken	62
Şekil 5.18. İşlenen düz dişli çark kalıbı	62
Şekil 5.19. Pirinç malzemesi işlenirken	63
Şekil 5.20. İşlenen pirinç malzemesi	63
Şekil 5.21. Mastercam X programında takım yollarının oluşturulması.....	64
Şekil 5.22. Oluşturulan takım yolları kodları.....	64

Şekil 5.23. İşlenen parça.....	75
Şekil EK A.1. Fotoğraf 1	75
Şekil EK A.2. Fotoğraf 2	76
Şekil EK A.3. Fotoğraf 3	76
Şekil EK A.4. Fotoğraf 4	76
Şekil EK A.5. Fotoğraf 5	77
Şekil EK B.1. Tezgah gövdesi anteti.....	79
Şekil EK B.2. X eksenli montaj resmi	80
Şekil EK B.3. Y eksenli montaj resmi	81
Şekil EK B.4. Z eksenli montaj resmi	82
Şekil EK B.5. Tezgah ölçüleri	83
Şekil EK B.6. Sağ-Sol destek plakaları imalat resmi	84
Şekil EK B.7. X-Y-Z eksenleri indüksiyonlu milleri imalat resmi	85
Şekil EK B.8. X-Y-Z eksenleri inox vidalı milleri imalat resmi.....	86
Şekil EK B.9. Somun imalat resmi	87
Şekil EK B.10. Arka kapak imalat resmi	88
Şekil EK B.11. Step motoru bağlantı ve sabitleme parçaları	89
Şekil EK B.12. Tabla imalat resmi	90
Şekil EK B.13. Alt ve üst destek plakaları imalat resmi	91
Şekil EK B.14. Taşıyıcı plaka imalat resmi	92
Şekil EK B.15. Kesici takım motoru sabitleme parçası imalat resmi	93
Şekil EK B.16. Kesici takım motoru taşıyıcı plaka imalat resmi	94
Şekil EK B.17. Yan pleksiglas levha imalat resmi	95
Şekil EK B.18. Ön ve üst pleksiglas levha imalat resmi	96
Şekil EK B.19. Arka ve ön pleksiglas levha imalat resmi	97
Şekil EK B.20. Arka üst ve ön pleksiglas levha imalat resmi	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. ISO kod sistemine göre CNC programlamada kullanılan harfler	23
Çizelge 2.2. ISO kod sistemine göre G hazırlık kodları	24
Çizelge 2.3. ISO kod sistemine göre M kodları	25
Çizelge 3.1. Kesici takım motoru devir ayar değerleri	36
Çizelge 3.2. Kullanılan step motorların özellikleri	38
Çizelge 3.3. Adım yumuşatma oranları ve değerleri	42
Çizelge 3.4. Adım yumuşatma ve akım kontrol ayarları	42
Çizelge 4.1. Mekanik donanım maliyeti	50
Çizelge 4.2. Elektrik ve elektronik donanım maliyeti	51
Çizelge 5.1. X ekseninde açılan kanalların ölçüleri	54
Çizelge 5.2. X eksenini standart sapma hesabı	55
Çizelge 5.3. Y ekseninde açılan kanalların ölçüleri	57
Çizelge 5.4. Y eksenini standart sapma hesabı	57
Çizelge 5.5. XY ekseninde açılan kanalların ölçüleri	59
Çizelge 5.6. XY eksenini standart sapma hesabı	59
Çizelge 6.1. Geliştirilen tezgah ile Kaygısız'ın çalışmasının karşılaştırılması	65

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 Merkezi)
DNC : Direct Numerical Control (Doğrudan Sayısal Kontrol)
FMS : Flexible Manufacturing Systems (Esnek Üretim Sistemleri)
DSP : Digital Signal Processing (Sayısal İşaret İşleme)
NC : Numerical Control (Sayısal Denetim)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile imalat teknolojilerinde insan iş gücünün az kullanıldığı ve hata payının en az seviyede olduğu CNC tezgahlar kullanılmaktadır. CNC tezgahların ve kişisel bilgisayarların gelişimine paralel olarak masaüstü CNC tezgahlar gelişmiştir. Masaüstü CNC tezgahlar ilk başlarda kişisel kullanım amaçlı geliştirilip kullanılmaya başlanmıştır. Araştırmacıların bu şekilde bir yönelimde bulunmasının en büyük nedeni CNC tezgahların yüksek ücretlere satılmasıdır. Ayrıca CNC tezgahlarda işleme yapmak da yüksek ücretlerle yapılmaktadır. Tezgah üretim maliyetini ve CNC işleme maliyetlerini düşürmek için yeni fikirlerin doğması masaüstü CNC tezgahların gelişmesini sağlamıştır. Bu fikirlerin başında NC takım tezgahlarının yeniden donatılarak CNC tezgahlarına dönüştürülmesi veya standart elemanların ve imal edilebilir parçaların kullanılıp mekanik sistem oluşturularak geliştirilen masaüstü CNC tezgahlar gelmektedir [1].

CNC makineleri bilgisayar ve kullanıcı ile birlikte çalışabilirliğin en güzel örneklerini uygulayabilir. CNC makinelerinin birlikte çalışabilirlik özelliği kazanmasındaki en önemli yeteneği yeniden programlanabilme ve bilgisayar ile çift yönlü veri akışının sağlanabilmesidir. Kullanıcının işleme esnasında gereken yerlerde tezgaha müdahale edebilmesi, hataları tespit edip düzeltebilmesi ve tezgahın kaldığı yerden işleme devam edebilmesi; işlenen parçanın kalitesinin artmasını, oluşabilecek hataların önceden tespit edilebilmesini ve işleme maliyetlerinin düşmesini sağlar. Belirttiğimiz bütün bu özellikler evrensel imalatta CNC teknolojisi kullanımının stratejik avantajlarıdır [2].

CNC tezgahların yüksek ücretlere satılması nedeniyle CNC eğitimi veren yerlerde uygulamalı eğitim yeterli düzeyde yapılamamaktadır. CNC eğitiminin verildiği bir çok lise, meslek yüksek okulu ve üniversitelerin ilgili bölümlerinde CNC tezgahı yoktur. CNC tezgahın olduğu eğitim kurumlarında sınırlı sayıda olması ve

arızalanma korkusu nedeniyle öğrencilere uygulamalı eğitim yeterli düzeyde verilememektedir. Tüm bu olumsuzlukların sonucunda CNC eğitimleri teorik olarak verilip uygulama düzeyine çıkılamamaktadır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerde ise CNC tezgahları büyük bir yatırım olarak görülmekte ve çoğu işletme bu şekilde bir yatırım yapmamaktadır. Bu işletmelerin bazıları bu şekilde bir yatırıma kaynak sağlayamamakta, bazıları ise bu yatırımı gereksiz görmektedir. Bu firmalar CNC tezgahlarda işleme işlemlerini fason olarak yaptırmaktadır [3].

Bu çalışmada, eğitim kurumlarının atölye ve laboratuvarlarında okul olanaklarıyla imal edilebilecek ve eğitim amaçlı kullanılacak, küçük ve orta ölçekli işletmelerde firma bünyesinde kendi olanaklarıyla imal edilebilecek ve ticari amaçlı kullanılacak düşük maliyetli masaüstü CNC freze tezgahının tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır. Bu çalışma yapılacak benzer çalışmalara örnek olabilecek niteliktedir. Bu çalışmanın eğitim kurumlarında gerçekleştirilmesi sonucunda her öğrenci kendi CNC tezgahına sahip olabilecek ve uygulamalı eğitim alabilecektir. İşletmelerde ise bu çalışmanın uygulanması sonucunda CNC işleme maliyetleri düşerken üretim kapasitesi artabilecektir. Eğitim kurumları ve işletmeler düşük maliyete CNC tezgahı sahibi olacaktır. Ayrıca bu çalışmada benzer çalışmalarda daha önce kullanılmamış olan sıvı soğutma sistemi uygulanmıştır. Soğutma sıvısının kullanılmasıyla masaüstü CNC tezgahlarının kullanım alanlarının ve üretim kapasitelerinin genişletilmesi hedeflenmiştir.

1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bilgisayar Destekli İmalat (CAM), Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)'dan daha önce başlamıştır. 1946 yılında John T. Parsons ve ekibi helikopter kanatlarının karmaşık profillerini işleyebilmek amacıyla ilk defa bilgisayar kontrollü bir freze tezgahı geliştirdi. Bu çalışmalar Nümerik Kontrol (NC) teknolojisini başlatmıştır. Bilgisayarın takım tezgahı ile bütünleşmesi 1960'lı yıllarda başladı ve CNC tezgahlar üretilmeye başlandı [4]. Masaüstü CNC tezgahlarla ilgili çalışmalar kişisel bilgisayarların gelişimine paralel olarak başlamış ve günümüze doğru artarak hız kazanmıştır, bu çalışmada konuyla ilgili yararlanılan çalışmalar aşağıda özetlenmektedir;

Gordan ve Hillery yaptıkları çalışmalarında X ve Y eksenlerinde yüksek hızlı doğrusal motorların, Z ekseninde ise döner motorun kullanıldığı bir CNC kesme makinesi geliştirmişlerdir. X ekseninde doğrusal motorun hareket mesafesi 2 metre, Y ekseninde ise 1 metredir. Motorların taşıyacağı yükler hesaplanmış ve buna uygun bir makine şasisi imal edilmiştir. Makinenin kontrolü için NC programlama diline uygun bir ara yüz programı tasarlanmıştır [5].

Uyanık ve arkadaşları çalışmalarında, 3 eksenli bir NC yüzey işleme tezgahına kontrol ve sürücü üniteleri eklenerek yeniden yapılandırmışlardır. Yüzey üzerinde istenen şeklin çıkarılmasında doğrusal ve dairesel interpolasyon hareketlerinin gerçekleştirilebilmesi için bir eksen sürücü algoritması geliştirilmiştir. G kodlarını kullanan görsel parça işleme yazılımı geliştirilerek algoritmaya uyarlanmıştır [6].

Çiçek ve arkadaşları çalışmalarında, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli İmalat arasında bir ara yüz olarak kullanmak için parça tanıma tabanlı bir veri tabanı sistemi tasarlamışlardır. Bilgisayar Destekli Tasarım modelleri geliştiren program aracılığıyla tanınabilmekte ve tanınan modellere ait işleme parametreleri ve CNC kodları bilgisayar ortamında düzenli bir formatta saklanabilmektedir. Sistemin verimliliğini test etmek için yaklaşım prizmatik ve silindirik parçalara uygulanmıştır [7].

Büyükhahin çalışmasında, üç eksenli CNC freze tezgahı, onu oluşturan parça ve malzemeler hakkında bilgi vermiştir. Yeni bir CNC freze tezgahı tasarlamıştır. Gövdenin konstrüksiyonunu modellemiş, gerilme ve sehim analizlerini yapmıştır. Her eksen için gerekli olan servo motor güçleri hesaplanmıştır. Tüm bu hesaplamalardan sonra makine imal edilmiştir [8].

Kaygısız çalışmasında, eğitim amaçlı masaüstü CNC freze tezgahı tasarlayıp imalatını gerçekleştirmiştir. İmal edilen CNC tezgahının doğruluk değerlerinin tespiti için deneyler yapılmıştır. Tezgah gövdesi sac ve profillerden köprü tipi olarak imal edilmiştir [9].

Kutlu çalışmasında, üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatı için gerekli parametreleri belirlemiştir. Bu parametreler çerçevesinde tezgahın tasarımı ve imalatı için gerekli olan statik ve dinamik hesaplamalar yapılmıştır. Tezgahın eksenlerinin tahrik sistemi step motorlarla sağlanmıştır. Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahının elektronik kontrolü adım motor sürücüleri ve bir kontroller kartı yardımıyla yapılmıştır [10].

Özdeveci çalışmasında, eğitim ve araştırma amaçlı bir takım tezgahı tasarlamış ve imal etmiştir. Adım motorları tarafından sürülen tezgah X ekseninde 250 mm, Y ekseninde 80 mm ve Z ekseninde 150 mm hareket edebilmektedir [11].

Akıncı yaptığı çalışmasında hızlı prototip üretiminde kullanılacak, düşük maliyetli bir tasarlamış ve imalatını gerçekleştirmiştir. Termoplastik malzemenin eriyik halde dökülmesi sureti ile prototip üretildiği sistem kullanılmıştır. Üretilen CNC tezgahı, sisteme X, Y ve Z doğrultularında hareket kabiliyeti sağlamak üzere kurulmuş olan üç eksenden 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 malzemenin akışını denetleyen bir DC motor mevcuttur. Sistemin yazılımı bilgisayar ve mikroişlemci yazılımları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır [12].

Özyalçın, çalışmasında X, Y ve Z eksenlerinde birbirinden bağımsız hareket eden kollardan ve platformdan oluşan bir robot tasarlamış ve imal etmiştir. Sistemin kontrolü paralel port üzerinden sürülerek yapılmıştır. Adım motorları vasıtası ile gerekli kol hareketleri gerçekleştirilmiştir. Sisteme takip edilecek yol bilgisi DXF dosya formatında iletilmektedir. Ara programlar kullanılarak bu yol bilgisi kol hareketlerine çevrilebilmektedir. Taşıyıcı platforma kalem takılarak çizici olarak, oksij-gaz aparatı takılarak bilgisayar kontrollü kesme makinesi olarak test edilmiştir [13].

Polat çalışmasında, mevcut klasik takım tezgahı ve sürücü üniteleri korunarak bir kişisel bilgisayar üzerinden kumanda edilebilir hale getirilmiştir. Metin ekranlı bir

kontrol programı tasarlanmıştır. Yazılımda, doğrusal ve dairesel takım hareketlerinin yanı sıra mutlak ve artışı ölçülendirme yapılabilmektedir. Ayrıca yazılım, parça programının saklama, çalışma esnasında programı durdurma, programda değişiklikleri yapabilme ve programa kaldığı yerden devam ettirme özelliklerine sahiptir [14].

Göloğlu ve Bunarbaşı çalışmalarında, doğrusal hareket mekanizmalarının verimliliğine etki eden etkenleri incelemek amacıyla değişik doğrusal hareket sistem kombinasyonları kullanılarak tasarımı ve üretimi gerçekleştirmişlerdir. Kullanılan doğrusal hareket mekanizma ve yardımcı elemanları, dişli-dişli, kayış-kasnak, vida-somun ve kayıt kızak çiftleridir. Sistem kombinasyonlarının farklılıklarını analiz etmek amacıyla prototipin, kuvvet, moment ve sürtünme ölçüm ve hesaplamaları yapılmıştır. Prototip üzerinde yapılan çalışmalarda, farklı bileşenlerin uygulamada birçok parametreden etkilendiği anlaşılmış, elde edilen bulgular özetlenmiştir [15].

Omirou ve Barouni çalışmalarında, kontrol için gelişmiş yeni programlama yeteneklerini geliştiren ve test eden bilgisayar destekli freze makine denetleme ekipmanı kurulmuştur. Takım serbest yüzey eğrileri, ikili işleme döngüleri ve serbest yüzey profilleri üzerinde yarıçap teflisi yaparak dönmektedir. Bu da entegre edilmiş program sayesinde gerçekleştirilmiştir. İşleme testleri için kurulan bilgisayar tabanlı freze tezgahında değişik formlarda yüzey işlemleri yapılmıştır. Yapılan işlemlerde kullanılan programlama yöntemlerinin sonuçları resim ve grafik halinde belirtilmiştir. İşleme döngüleri belirlenen koordinatlar çerçevesinde veri ve parametreleri uygulamaya koyulmuştur. Yanal ilerlemede tarak mesafesinin 1mm ve 0.1mm olarak farklı işleme yapılmış ve yüzey pürüzlülüğünün daha iyi olmasının tarak mesafesine bağlı olduğu belirlenmiştir. Yanal ilerleme ölçüsü küçüldükçe yüzey kalitesi atmaktadır [16].

Chang ve Hong çalışmalarında, bir CNC tezgahında bir eğri işleminin EDM (electrical discharge machine) kullanılarak programlanan parçanın gerçek zamanlı olarak işlenmesi inceleme amaçlı yapılmıştır. Elektrik deşarj makinesinin bilgisayarlı sayısal kontrolle denetlendiğinden beri frezeleme elektrik deşarj makinesi zaman içinde gelişmiştir [17].

Yih-fonga ve Ming-der çalışmalarında, yüksek hızlı kesme etkilerinin işleme performansına etkilerini araştırmışlardır. Yüksek hızlı işleme faktörlerinin araştırılması için kesme performansının değişik kesici çaplarıyla izlenmesi gerekmektedir. Her yeni işleme sürecinde zaman ve para kaybını önleme için yeni parametrelerin tasarlanması gerekir. Dinamik kalite özelliği ile daha güçlü ve sağlam bir tasarım sürecinin gelişimi için Taguchi yöntemi çok dinamik bir yaklaşım olmaktadır. Taguchi önerilen ideal bir yaklaşımla birleştiğinde CNC frezeleme süreci çok yönlülük, esneklik ve sağlamlığı artırmak için kullanılmıştır. Deneyler sürecinde kullanılmak için üç tip geometrik kalıp tasarlanmıştır. Bu kalıplar kare, daire ve üçgen kesitlerindedir. CNC frezeleme süreci için kontrol faktörleri belirlenmiştir. Yüksek hızlı CNC frezeleme teknolojisinde ürün boyutu çok güçlü, çok başarılı ve çok yönlü kalite geliştirmesi elde edilmiştir. Kontrol faktörleri frezeleme tipi, kesme hızı, paso miktarı, parça malzemesi, kesici takım malzemesi ve kesme açısıdır. Boyutsal hassasiyete en etkili faktörler ise kesme hızı ve frezeleme tipidir [18].

Çolak ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yüzey pürüzlülüğü, kesme parametreleri ve ilgili yüzey frezeleme için gen programla yöntemi kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü beklentisinin sınıflandırılması incelenmiştir. Parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin diyagramı oluşturulmuştur. Deneylerde kullanılacak kesici takımlarla ilgili parametreler hesaplanmıştır. Deneysel yüzey pürüzlülüğü çalışmasının Genetik İfade Programlama (GEP) modeli oluşturulmuştur ve bunu için uygulama yapılmıştır. GEP algoritmaları kesme parametreleri ve kesme kuvvetleri arasındaki ilişkiyi ifade etmede bir fonksiyon olarak kullanılabilir. GEP algoritmaları yüzey pürüzlülüğü beklentisinin elde edilmesini ve deneysel veri üretiminde maliyeti kolaylaştırır [19].

Chen ve Song yaptıkları çalışmalarında yontulmuş yüzeylerin işlenmesi için ISO sivri uçlu takım yolları kullanılarak takım yollarını üreten yeni bir işlem planlama yaklaşımı yapılmıştır. Kapalı form formülü ile kenar tabanlı bir sanal kesme işlemi tasarlanarak sivri uçlu takım geometrileri ve takım yolları hesaplanarak elde edilmiştir. Bu yaklaşım CAM sistemlerinin kullanımını teşvik etmek için tüm bilgisayarlı imalat teknolojilerinde uygulanabilir. Uygulamalar için swept (süpürülmüş) modeller oluşturulmuştur. Bu uygulamalar CATIA V5 programının

CAD/CAM modüllerinde yapılmıştır. İşlenecek parça malzemesi olarak 6061T alüminyum kullanılmıştır [20].

Çoğun ve Özses çalışmalarında, bilgisayar sayısal denetimli tezgahlarda değişik işleme koşulları ile işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüğünün gösterdiği değişim deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde takım ilerleme hızı, iş parçası/takım dönme hızı, tabla ilerlemesi ve paso derinliği gibi işleme parametreleri değiştirilmiş ve ortalama yüzey pürüzlülüğünün gösterdiği değişim incelenmiştir. İş mili dönme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, tabla ilerlemesi artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği görülmüştür [21].

Özel ve İnan çalışmalarında, ikinci dereceden bir yüzey olan koni şeklinde bir parçanın, Bilgisayarlı Sayısal Denetimli (BSD) freze tezgahlarında imalatının yapılması açıklanmıştır. İmalat için gerekli olan Bilgisayar Destekli İmalat (BDİ) programının Fanuc sistemli makrolarla nasıl hazırlanacağı gösterilmiştir [22].

Dönertaş ve arkadaşları çalışmalarında, diyalog metoduna göre CNC programı üreten kullanıcı etkileşimli bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Program tasarımı ve CAM programları mantığı ile hazırlanmıştır. Parça programının oluşturulması başlangıçtan sona kadar belli bir sıra ile, ilgili bilgilerin kullanıcıdan istenerek M ve G kodlarına dönüştürülüp program üzerinde ayrı bir sayfada gösterilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca oluşturulan kod sayfası “txt” uzantılı olarak saklanabilmektedir. Program tasarımı, Fanuc işletim sistemine göre dik işleme merkezleri için temel işlemlere yönelik gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar programı Delphi 6 programlama dili ile hazırlanmıştır [23].

Tseng ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında, eğitim amaçlı küçük boyutlarda 3 eksenli bir CNC tezgahı tasarlamış ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Tezgahın kontrolü için mikroişlemci destekli kontrol ünitesi ve kontrol yazılımı tasarlayıp üretmişlerdir [24].

Kopac ve Kampus çalışmalarında, sac metal şekillendirmeleri için yeni çözüm araştırmaları gerçekleştirmişlerdir. CNC teknolojilerinin kullanım alanlarının ne

kadar geniş olduğunun bir göstergesi olarak sac şekillendirme işleminde CNC tezgahı kullanmışlardır. Bunun için özel takımlar tasarlamışlardır. Şekillendirme işlemi için özel kalıplar üretmişlerdir. Şekillendirme sürecinde yağlama uygulamasının daha kaliteli sonuçlar alınmasını sağladığını gözlemişlerdir [25].

Kwon ve arkadaşları çalışmalarında, CutPro frezeleme simülasyon yazılımı eşliğinde bir dizi kesme parametreleri oluşturarak deneyler yapmışlardır. Parça boyutu doğruluk kontrolü koordinat ölçme makineleriyle gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan 3 farklı malzeme üzerinden koordinat ölçme makinesi ve prob ile ölçümler yapılmıştır. Deneyler sonucu işleme esnasında kesme kuvvetleri ve oluşan titreşimlerin ölçü doğruluğuna etkileri belirlenmeye çalışılmıştır [26].

Sakarya ve Göloğlu çalışmalarında, cep yüzey işlemede farklı takım yolu hareketleri ile kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkiler incelenmiştir. Cep yüzey imali için son talaş kaldırma işleminde tek yönlü, zigzag ve spiral takım yolu için kesme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici yanal adımı kullanılarak yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır [27].

Vinoda ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, bir mikroişlemci tabanlı kontrol sisteminin elektrik kesilmelerine karşı erken teşhisi ve böylece eksen uygulamalarının korunması sağlanmıştır. CNC sistemlerde motor sürücülerinin kontrol etmesi gereken iki önemli unsur vardır. Birincisi konum, ikincisi de hızdır. CNC sistemlerdeki eksenlerden birindeki aksaklık tüm işlemi etkilemektedir. Geliştirilen devrenin hataları 1ms gibi bir sürede tespit ettiği hesaplanmıştır. Sistemin deneyleri düşük maliyeti ve güvenilir bir sistem üzerinde gerçekleştirilmiştir [28].

Suh ve arkadaşları çalışmalarında, adım uyumlu bir CNC makinesinin standart atölye programlama sistemiyle mimari alanda uygulaması ele alınmıştır. İş planı, tasarım ve gereç planlamasıyla kontrol merkezi ve işleme merkezi geri dönüşümlü olarak etkileşimli bir uygulama gerçekleştirilmiştir [29].

Newmana ve arkadaşları çalışmalarında, günümüz imalat teknolojilerinde CNC teknolojilerinin kullanımının stratejik avantajlarına değinmişlerdir. CNC

teknolojilerin en önemli özelliklerinden kullanıcı ve bilgisayar ile birlikte çalışabilirlik kabiliyeti kazanmış olması ve bunun avantajları açıklanmıştır. Günümüz ekonomi ve teknoloji şartlarında CNC teknolojileri sayesinde taleplerin kısa sürede karşılanabilindiği anlatılmıştır [30].

Kim ve arkadaşları çalışmalarında, uygulamalı CNC eğitimlerinde kullanılması amacıyla bir CNC torna tezgahı tasarlamış ve imal etmişlerdir. Bu tezgah düşük maliyette gerçekleştirilmiştir. Tezgahın eksen hareketleri mikroişlemcili bir kontrol ünitesi tarafından kontrol edilen adım motorlarıyla gerçekleştirilmiştir [31].

Çelik ve arkadaşları çalışmalarında bilgisayar kontrollü bir kumaş kesme makinesi tasarlamış ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Geliştirilen makine X ve Y eksenlerinde hareket kabiliyetine sahiptir. Tezgahın kontrolü pascal dilinde hazırlanan bir yazılım ile gerçekleştirilmektedir. Tezgah kumaş kesimi yapılarak test edilip hatasız kesme işlemleri gerçekleştirilmiştir [32].

Akalın yaptığı çalışmada, üç eksen de hareket kabiliyetine sahip bir hızlı prototipleme makinesi tasarlamış ve imalatını gerçekleştirmiştir. Hızlı prototipleme makinesinin eksen hareketleri adım motorları ile gerçekleştirilmiştir. Makinenin şasisi profillerden ve sac metallere imal edilmiştir. Makine gövdesi özel bir izolasyon malzemesiyle kaplanmıştır [33].

Nagata ve arkadaşları yaptıkları çalışmada döner kısmı 3 eksen CNC makine sistemi ile kabartmalı ahşap boyama rulusunun üretimini anlatmışlardır. İstenilen kenar kesimleri ahşap silindirik malzeme üzerinde biçimsel kabartma tasarımı döner kısım ve üç eksenin nümerik kontrolü ile işlenerek gerçekleştirilmiştir. İşlenen ahşap boyama rulolarının deneysel sonuçları ruloların hiçbir taşlama işlemine gerek kalmadan kullanılabilceğini göstermiştir [34].

Gökkaya ve Nalbant çalışmalarında, sabit kesme parametrelerinde kaplamasız karbür kesici takım ile AISI 1040 çeliği üzerinde talaş kaldırarak kesme bölgesinde oluşan ısının kesici takım, talaş ve iş parçası üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir [35].

Demir ve arkadaşları çalışmalarında talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvılarından beklenen özellikleri açıklamışlardır. Kesme sıvısı seçiminde dikkate alınacak bazı hususlar belirtilmiştir. Kesme sıvısı seçiminde sıvıların soğutma ve yağlama özelliklerine ilave olarak insan ve çevreye olan etkileri de incelenmiştir. Bu sıvıların talaşlı üretimdeki önemine değinilip, kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar ve insan üzerindeki etkileri araştırılmıştır [36].

Demir çalışmasında, yüzey taşlama işleminde soğutma sıvısının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemek amacıyla soğutma sıvısı kullanarak ve soğutma sıvısı kullanmadan taşlama işlemi yapmıştır. Soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan taşlama işleminde oluşan yüzey pürüzlülük değerleri, soğutma sıvısı kullanılarak yapılan taşlama işlemlerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinden daha yüksek çıkmıştır [37].

Özdemir ve Erten çalışmalarında, kesici takım ömrünü etkileyen takım hasar mekanizmalarını incelenmiştir. Takım ömrü işlenen parçanın kalitesini ve maliyetini etkileyen bir faktördür. Takım ömrünü doğrulukla belirleyebilmek için, takım ömrünü olumsuz yönde etkileyen takım hasar mekanizmalarının bilinmesine gerek vardır. Herhangi bir kesici takım aşınma, plastik deformasyon veya kırılma yoluyla ömrünü tamamlar. Talas kaldırma sırasında kesme kenarlarında, normal çalışma durumuna göre oldukça yüksek kesme hızlarında oluşan yüksek sıcaklıkla birlikte oldukça yüksek normal ve kayma gerilmeleri meydana gelir [38].

Arsecularatne ve arkadaşları çalışmalarında, talaş kaldırma teorisinden elde edilen sıcaklıkları kullanılarak takım ömrünün hesaplanabilmesi için bir metot ileri sürmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan; takım ömrünü her şeyden önce kesme hızı, ilerleme hızı, talaş açısı ve iş parçası karbon içeriğinden etkilendiğini göstermişlerdir. Diğer bir taraftan göz önüne alınan takım için eğim açısı ve kesme değerlerinin de önemli rol oynadığını belirtmişlerdir [39].

Pekelharing çalışmasında, talaş kaldırmada takımın hasara uğramasına neden olan riskli noktaları tanımlamıştır. Bunlar takımın iş parçasına girişi, takımın iş parçasından çıkışı, takımın çevrimsel olarak ısınması ve soğuması olarak

tanımlamıştır. Bu riskli noktaların kesme boyutlarına, kesme hızına, ısınma ve soğuma zamanına, iş parçası ve takımın malzemesine, takımın şekline ve geometrisine bağlı olduğu belirtilmiş ve yaptığı çalışmada takımın iş parçasına girişi ve çıkışı sırasında meydana gelen olayları incelemiştir. Takımın iş parçasından çıkışından kaynaklanan çentiklenme, sonlu elemanlar yönteminden elde edilen sonuçlarla açıklanmıştır. Karbür takımın kenarının yuvarlanması veya pah kırılmasının etkisi incelenmiş ve elde edilen optimum sonuçlar verilmiştir [40].

BÖLÜM 2

CNC FREZE TEZGAHLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. TAKIM TEZGAHLARININ TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

19. yüzyılın başlangıcında İngiltere ve diğer Batı Avrupa ülkelerinde sanayi devriminin başlamasıyla takım tezgahları hızlı bir gelişme göstermişler ve bu ülkelerde, sanayinin belkemiğini oluşturan güçlü bir takım tezgahı sanayi kurulmuştur. Bu sanayi devriminin ilk başlarında parçalar tezgahlarda kaba boyutları ile işleniyor ve birbiriyle çalışması için elle alıştırma işlemi yapılıyordu. 19. yüzyılın ortalarında parçaların tezgahlarda toleranslı olarak işlenebilmesi ve parçaların tezgahlardan işlenmiş hali ile kullanımı sağlanmıştır. Bu gelişme seri imalatın başlamasına yardımcı olmuştur [41]. 19. yüzyılın sonlarına doğru imalat teknolojisinin ve imalat organizasyonu ilkelerinin tespiti ile seri imalat çağı başlamıştır. 1900 yılında o tarihe kadar kullanılan alaşimsız ve az alaşımlı takım çeliklerinin yanı sıra hız çelikleri uygulamaya konulmuş, kesme hızlarında ve buna bağlı olarak üretimde büyük artışlar sağlanmıştır. Bu yöntemle lokomotifler, motorlar, türbinler, ekonomik maliyette 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[42]. Bu gelişmelerin sonucu atölyelerde başlayan usta ve işçilerin kişisel tecrübelerine dayanan talaş kaldırma olayı pratik seviyeden bilim seviyesine ulaşmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak gerek takım ve gerekse tezgah konstrüksiyonunda önemli değişiklikler olmuş ve yine aynı yıllarda üretimin artırılmasında önemli bir etken olan otomatik takım tezgahlarının imalatı başlamıştır [43].

Takım tezgahları alanında büyük devir 1950 yıllarında nümerik programlamaya göre çalışan ve Nümerik Kontrollü denilen tezgahların uygulamaya konulmasıyla başlamıştır [41,42].

Aynı tarihlerde seramikten yapılan takımların uygulaması başlamıştır. Seramik takımların uygulanmasıyla kesme hızları ve işleme kaliteleri büyük değerlere ulaşmıştır. NC tezgahların bilgisayarla donatılması ile CNC ve DNC (Direct Numerical Control) tezgahları oluşmuş, bilgisayarların ve kişisel bilgisayarların kullanılması ile de bu tezgahlar işleme optimizasyon düzeyinde yapmaya başlamışlardır [41,42].

Takım tezgahlarının 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 [44]. Ayrıca bilgisayarların yardımı ile ayrı ayrı yapılan bilgisayar destekli konstrüksiyon CAD (Computer Aided Design) ve bilgisayarlı imalat CAM (Computer Aided Manufacturing) işlemleri birleştirilerek CAD – CAM; ve bunların CNC ve DNC tezgahlarının 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 [44]. Bu gelişmeler imalat teknolojisinde, takım ve tezgah konstrüksiyonunda büyük gelişmeler meydana getirmiştir. Talaş kaldırma ve takım tezgahı alanındaki gelişmeler, ulaşım, haberleşme, uzay, enerji alanlarındaki gelişmelere büyük katkı sağlamıştır [44].

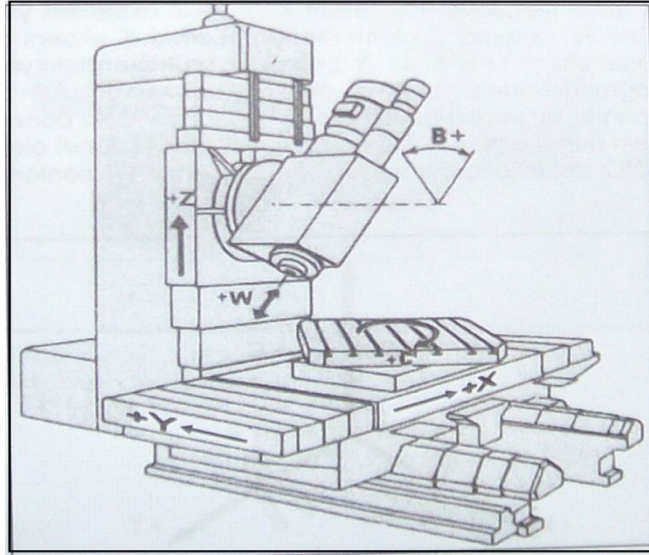
2.2. CNC FREZE TEZGAHLARI

2.2.1. CNC Freze Tezgahları Mekanik Yapıları

CNC tezgahlar, özel programlama dili ile operatör müdahalesi olmaksızın işleme yapabilen tezgahlardır. CNC torna, CNC freze, CNC taşlama v.b. gibi çeşitleri bulunmaktadır (Şekil 2.1). CNC tezgahlar gövde konstrüksiyonlarına ve eksen sayılarına göre sınıflandırılır. CNC tezgahların eksen hareketleri doğrusal olabileceği gibi döner de olabilmektedir (Şekil 2.2). Tezgah gövde konstrüksiyonları da kesici takımın hareketine göre sınıflandırılır [45].



Şekil 2.1. CNC tezgahlar [45].



Şekil 2.2. CNC tezgahlarda eksenlerin gösterimi.

2.2.2. Köprü Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu

Köprü tipi CNC freze konstrüksiyonu basit ve sağlam bir yapıya sahiptir. Bu konstrüksiyon tasarımında X ve Z eksenlerinde kesici takımın, Y ekseninde ise tablanın hareket etmesi ile işleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle yüksek mukavemetli parçaların bu tip tezgahlarda işlenmesi daha uygundur. Bu tip konstrüksiyonun tek dezavantajı işlenecek parça boyutları tabla boyutları ile sınırlıdır. Şekil 2.3’de köprü tipi CNC freze konstrüksiyonu görülmektedir.



Şekil 2.3. Köprü tipi CNC freze tezgahı [45].

2.2.3. Üniversal Freze Tipi CNC Freze Konstrüksiyonu

Üniversal freze tipi CNC freze konstrüksiyonunun yapımı kolay değildir ve yüksek işçilik maliyetleri gerektirir. Bu yüzden küçük tip tezgah yapımında bu konstrüksiyon tercih edilir. Bu tip konstrüksiyonda X ve Y eksenlerinde tablanın, Z ekseninde ise kesici takımın hareket etmesi ile işleme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Üniversal freze tipi CNC freze tezgahı [45].

2.2.4. Portal CNC Freze Konstrüksiyonu

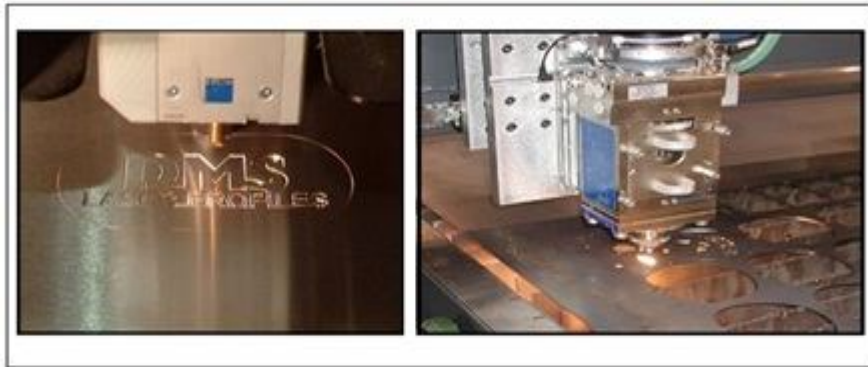
Portal CNC freze konstrüksiyonunda X, Y ve Z eksenlerinde kesici takımın hareket etmesi ile işleme işlemi gerçekleştirilir. Bu konstrüksiyonda tabla tamamen sabittir. Bu sistemin en büyük avantajı tabla boyutundan büyük parçaların işlenebilmesidir. Şekil 2.5’de portal CNC freze tezgahı görülmektedir.



Şekil 2.5. Portal CNC freze tezgahı [45].

2.2.5. 2,5 Eksen CNC Freze Tezgahı

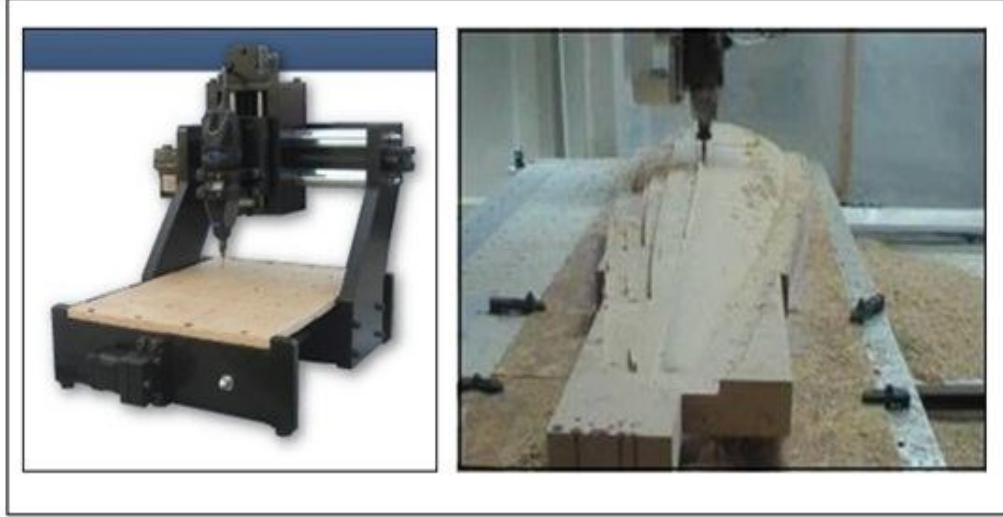
2,5 eksen CNC tezgahlarda X, Y ve Z eksenlerden herhangi ikisi eş zamanlı hareket ederken diğer eksen hareketsizdir. Bu tip tezgahlarda X, Y ve Z eksenlerinin üçü birlikte eş zamanlı hareket edemez. CNC lazer ve plazma kesim tezgahları bunlara örnek gösterilebilir (Şekil 2.6). Delik delme, kanal açma ve cep işleme gibi işlemler bu tip tezgahlarda yapılabilir.



Şekil 2.6. 2.5 eksen CNC tezgahlar [45].

2.2.6. 3 Eksen CNC Freze Tezgahı

3 eksen CNC tezgahlarda X, Y ve Z eksenleri eş zamanlı olarak hareket edebilmektedir. Serbest yüzeye sahip parçaların işlenmesi bu tip tezgahlarda gerçekleştirilir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. 3 eksen CNC freze tezgahı ve serbest yüzey işleme [45].

2.2.7. 4 Eksen CNC Freze Tezgahı

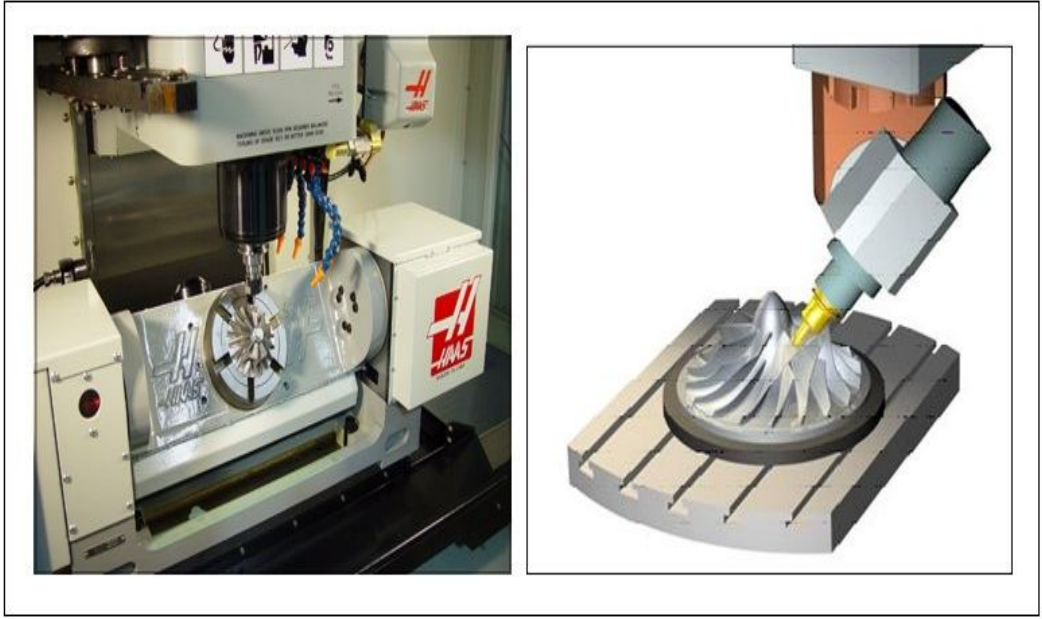
4 eksen CNC freze tezgahlarda X, Y, Z doğrusal eksenlerine ilaveten A döner ekseni de bulunmaktadır. Bu dört eksen de eş zamanlı olarak hareket etme kabiliyetine sahiptir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. 4 eksen CNC freze tezgahı [45].

2.2.8. 5 ve 6 Eksenli CNC Tezgahlar

Bu tip CNC tezgahlarda X, Y, Z doğrusal eksenlerine ilaveten A, B ve C döner eksenleri bulunmaktadır. Tüm bu eksen hareketleri eş zamanlı gerçekleştirilebilmektedir. Çok karmaşık geometriye sahip parçalar bu tezgahlarda tek seferde işlenebilir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. 5 eksen CNC tezgahı ve 6 eksen ile işleme [45].

2.2.9. Masaüstü CNC Freze Tezgahı

CNC tezgahların ve bu tezgahlarda işleme yapmanın yüksek ücretlere mal olması sonucu masaüstü CNC tezgahlar alternatif çözüm olarak gelişme göstermiştir. Masaüstü CNC tezgahlar çok daha düşük ücretlere imal edilebilmekte ve kullanımı daha kolaydır (Şekil 2.10). Masaüstü CNC tezgahlar sanayi tipi CNC tezgahlara yakın hassasiyette işleme yapabilmektedir. Ancak bu tip tezgahların üretim kapasiteleri ve işleyebileceği malzeme türleri kısıtlıdır.



Şekil 2.10. Masaüstü CNC freze tezgahları [45].

2.2.10. Sanayi Tipi CNC Freze Tezgahı

Sanayi tipi CNC tezgahlarda yüksek hızlarda, yüksek hassasiyette ve düşük sürede işleme yapılabilir. Sanayi tipi CNC tezgahların üretim kapasiteleri oldukça yüksektir. Bu tip CNC tezgahlar çalışma prensipleri olarak masaüstü CNC tezgahlarla aynıdır. Fakat tahrik sistemi, kesici takım tutucular ve elektronik kontrol üniteleri daha gelişmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Sanayi tipi CNC freze tezgahı [45].

2.3. TAKIM TEZGAHLARINDA SOĞUTMA SIVISI KULLANIMI

2.3.1. Kesme Sıvıları

Talaş kaldırma esnasında kullanılan sıvıların başlıca amacı düşük hızda yağlama yüksek hızda soğutmadır. Yağlama ile takım-talaş ve takım-işlenen yüzey arasında nüfuz ederek sürtünmeyi azaltmak ve takım aşınmasını önlemek, soğutma ile ise talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan ısıyı çevreye iletterek ısı miktarını azaltmak amaçlanır [46]. Bütün talaşlı imalat işlemlerinde, iş parçasının plastik deformasyonu, takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünme ve kesici takım boşluk yüzeyi ile iş parçası arasındaki sürtünmeden dolayı önemli derecede ısı oluşmaktadır. Talaşlı imalat işleminde oluşan ısı yapılan iş parçalarının ölçü hassasiyetini ve yüzey kalitesini olumsuz etkiler. Aynı zamanda oluşan ısı, iş parçasında çarpımlara, kesici takımın hızlı aşınmasına ve plastik deformasyonlara neden olur. Bu nedenle talaşlı imalat işleminde oluşan ısının hızlı bir şekilde kesme bölgesinden uzaklaştırılması gerekir [36].

2.3.2. Kesme Sıvılarının Fonksiyonları

Kesme sıvılarının temel fonksiyonu soğutma ve yağlamayı gerçekleştirerek ısı oluşumunu kontrol altında tutulmasını sağlamaktır. Bununla birlikte kesme sıvılarının kaynağı önleme fonksiyonu da vardır. Kesme verimini artırmak için, bir kesme sıvısı üç ayrı fakat birbiriyle ilişkili fonksiyonu yerine getirmek zorundadır [47-48].

2.3.2.1. Soğutma

Talaşlı imalat işlemlerinde oluşan ısı takım aşınmalarında önemli rol oynamaktadır. Talaş kaldırma esnasında oluşan ısının mümkün olduğu kadar düşürülmesi takım ömrünün aynı oranda artmasına neden olmaktadır. Talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan ısı ile takım ömrü arasında ters orantı vardır. Takım aşınmasının önüne geçebilme için işlem esnasında oluşan ısının tehlikeli boyutlara varmadan kontrol altına alınması gerekir. Aksi takdirde; kesici takım ömrü kısalmır, işlenen iş parçasında

boyut ve toleransların kontrolü yüksek ısı yüzünden olanaksız hale gelir. Su, işlem sırasında oluşan ıyıı düşürmek ve kontrol altına almak için çok etkili bir kesme sıvısı olarak çok yakın bir geçmişe kadar yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Ancak su tek başına kullanıldığında makine, teçhizat ve iş parçasında paslanmalara neden olmuştur. Bu nedenle günümüzde çeşitli tipte kesme sıvıları kullanılmaktadır. Kesme sıvısının soğutmayı etkili bir şekilde sağlayabilmesi için kesici takım ile iş parçasının temas noktasına alçak basınç altında bol bir şekilde tatbik edilmesi gerekir. Bu şekilde kesme sıvısı işlenecek bölgeyi iyi bir şekilde kaplayacaktır. Aynı zamanda kesme sıvısının akışı talaşları işlenen bölgeden uzaklaştıracaktır [46].

2.3.2.2. Yağlama

Talaş kaldırma esnasında ısı, plastik deformasyondan ve kesici takım yüzeyi ile kesilen iş parçası arasındaki sürtünmeden oluşur. Kesme sıvısının yağlayıcı özelliği ile ısı oluşumuna yol açan sebepler ortadan kaldırılır ya da etkileri en aza indirilir [46].

2.3.2.3. Kaynağı Önleme

Kesme sıvısının soğutma ve yağlama özelliğine rağmen iş parçası, kesici takım ve talaş üzerinde metal ile metalin teması sınırlı bölgelerde daima mevcuttur. Bu sınırlı alanlarda ortaya çıkan ısı küçük metal partiküllerin iş parçası ve kesici takıma kaynamasına imkan verebilecek yüksekliktedir. Bu olayı önlemek için, sülfür, klorür ve diğer kimyasal bileşikler kesme sıvılarına ilave edilir. Bunlar temas alanlarını sabunumsu metalik bir film tabakası ile örterler ve metal partiküllerin kaynak olmasını engellerler [47-48].

2.3.2.4. Kesme Sıvılarının İkincil Fonksiyonları

Kesme sıvılarının soğutma, yağlama ve kaynağı önleme fonksiyonlarının yanı sıra ikincil fonksiyonları da vardır. Bunlar;

- 1) İşlem sırasında oluşan talaşın ve tozun temizlenmesi,
- 2) Tezgahın kızak ve vida gibi diğer parçalarının yağlanması,
- 3) İşlenen parçanın ve makine parçalarının neme maruz kalan kısımlarının genelde paslanmaya karşı korunması,
- 4) Yığılma kenar oluşumunun önüne geçilmesi,
- 5) Belirli malzemelerde talaşın kırılmasını kolaylaştırmak.

Kesme sıvılarının doğru bir şekilde uygulanması bu avantajların yanında; takım maliyetinin düşmesine, üretim hızının artmasına, işçilik maliyetinin düşmesine, güç sarfiyatının azalmasına neden olarak talaşlı imalat maliyetine olumlu yönde etki eder [46].

2.3.3. Kesme Sıvılarının Sahip Olması Gereken Özellikler

Bir kesme sıvısının kendisinden beklenen tüm işlevleri yerine getirebilmesi için şu özelliklere sahip olması gerekmektedir [36];

- 1) İyi soğutma kabiliyetine sahip olmalıdır,
- 2) İyi bir yağlayıcı özellikte olmalıdır,
- 3) Pas dayanımı yüksek olmalıdır,
- 4) Uzun ömürlü olmalıdır,
- 5) Zehirsiz olmalıdır,
- 6) Berrak olmalıdır,
- 7) İyi çökelme özelliğine sahip olmalıdır,
- 8) Ateşlenme tehlikesi taşımamalıdır.

2.4. CNC FREZE TEZGAHLARININ PROGRAMLANMASI

2.4.1. G ve M Kodları

CNC tezgahlar için yazılan programlar çeşitli sayı, sembol ve harflerden oluşmaktadır. Girilen bilgiler CNC kontrol ünitesinin anlayabileceği kodlardır. Bu kodlar yardımıyla kesici, istenen koordinatlara gönderilerek parça işlenir.

Parça programı çeşitli komutlardan oluşur. CNC programı satır numarası, kesici numarası, soğutma sıvısını açma-kapama, devir sayısı, kesicinin gideceği koordinatlar, kesici hareket tipi gibi bilgiler içerir. Girilecek bilgi ve tanımlamalar yeri geldiğinde sırasına göre girilmelidir. Program formatında girilecek eksik bir bilgi programın düzgün çalışmasına engel olur. Programda yazım hatası olursa program bu eksikliği bildirir ve çalışmaz. CNC programları bir mantık sırası izlenerek satır satır yazılır. Satırlar, kesici numarası, kesici koordinatları, kesicinin hareket tipi, fener milini açma-kapama, soğutma sıvısını açma-kapama gibi bilgilerden oluşur. Komutları tanımlamakta kullanılan harflere adres denir (Çizelge 2.1.) [49].

Çizelge 2.1. ISO kod sistemine göre CNC programlamada kullanılan harfler.

O	Program Numarası
N	Satır Numarası
X	Temel X Ekseninde Hareketin Yönü ve Koordinatı
Y	Temel Y Ekseninde Hareketin Yönü ve Koordinatı
Z	Temel Z Ekseninde Hareketin Yönü ve Koordinatı
M	Yardımcı Fonksiyonlar
G	Hazırlık Fonksiyonları (Kesici Hareketlerini Belirleyen Kod)
T	Takım Numarası
S	Devir Sayısı
F	İlerleme Hızı (mm/dak veya mm/dev)
I	Dairesel İnterpolasyonda X Eksen Yönündeki Yarıçap Bileşeni
J	Dairesel İnterpolasyonda Y Eksen Yönündeki Yarıçap Bileşeni
K	Dairesel İnterpolasyonda Z Eksen Yönündeki Yarıçap Bileşeni
R	Dairesel İnterpolasyon Oluşturmak İçin Girilen Yay Yarıçapı
C	Pah Kırma İşlemi
H	Takım Uzunluk Telafisi
P	Besleme Süresi, Alt Program Numarası Adresi
L	Tekrarlama Sayısı (Alt Programı veya Çevrimi)
Q	Kesme Derinliği

Kesici takımın pozisyonu, iş parçasının pozisyonu, yaptığı hareketin şekli ve yönü G kodlarıyla yazılır. Hazırlık fonksiyonları G kodları ile gösterilir. G kodları geçici ve kalıcı fonksiyonda olmak üzere ikiye ayrılır. Geçici G kodları sadece kullanıldığı blok içerisinde geçerlidir. Bir sonraki blokta etkisi yoktur. Kalıcı G kodlarının fonksiyonları aynı gruptan bir G kodu verilinceye kadar kendisinden sonra gelen

bütün bloklarda geçerliliğini korur. Fanuc kontrol ünitesinde kullanılan G kodları Çizelge 2.2’de gösterilmiştir [49].

Çizelge 2.2. ISO kod sistemine göre G hazırlık kodları.

G00	Hızlı İlerleme
G01	Talaş Alma İlerlemesi İle Doğrusal Hareket
G02	Saat İbresi Yönünde Dairesel İnterpolasyon
G02.1	Saat İbresi Yönünde Spiral İnterpolasyon
G03	Saat İbresine Ters Yönde Dairesel İnterpolasyon
G03.1	Saat İbresine Ters Yönde Spiral İnterpolasyon
G04	Bekleme
G08	Üç Noktada Tanımlanan Yaya Boyunca Hareket Etme
G17	X-Y Çalışma Düzlemi
G18	X-Z Çalışma Düzlemi
G19	Y-Z Çalışma Düzlemi
G20	İnç (Parmak) Ölçü Sistemi
G21	Metrik Ölçü Sistemi
G22	Serbest Profilli Cep Çerçevesini İşleme Çevrimi
G23	Serbest Profilli Cep Frezeleme Çevrimi
G24	Dikdörtgen Cep Frezeleme Çevrimi
G25	Dairesel Cep Frezeleme Çevrimi
G26	Dişi Kalıp İşleme Çevrimi
G27	Erkek Kalıp İşleme Çevrimi
G28	Tezgah Referans Noktasına Gönderme
G33	Vida Çekme
G34	Çember Etrafında Çevrim Tekrarlama
G35	Doğru Boyunca Çevrim Tekrarlama
G37	Matris Formatta Çevrim Tekrarlama
G40	Takım Yarıçap Telafisi İptal
G41	Takım Yarıçap Telafisi - Soldan
G42	Takım Yarıçap Telafisi - Sağdan
G43	Takım Boyu Telafisi (+)
G44	Takım Boyu Telafisi (-)
G49	Takım Boyu Telafisi İptal
G50	Ölçek, Döndürme ve Aynalama Çevrimi İptal
G51	Ölçeklendirme
G51.1	Aynalama (Simetrik Kopyalama)
G53	Tezgah Koordinat Sistemi
G54-G59	İş Parçası Sıfır Noktası
G68	Döndürme
G73	Derin Delik Delme Çevrimi
G74	Sol Kılavuz Çekme Çevrimi
G76	İnce Delik Büyütme Çevrimi
G80	Delik Delme Çevrimlerinin İptali
G81	Delik Delme ve Silindirik Havşa Çevrimi

G82	Delik Sonunda Beklemeli Delik Delme Çevrimi
G83	Derin Delik Delme (Kademeli Delik Delme Çevrimi)
G84	Sağ Kılavuz Çekme Çevrimi
G85	Delik Büyütme Çevrimi (Yavaş İlerleme ile Uzaklaşma)
G86	Delik Büyütme Çevrimi
G87	Alttan Delik Büyütme Çevrimi
G88	Delik Büyütme Çevrimi (El Tamburu ile Uzaklaştırma)
G89	Delik Büyütme Çevrimi (Delik Sonunda Beklemeli)
G90	Mutlak Programlama
G91	Artışlı Programlama
G92	İş Parçası Koordinatını Kaydırma
G94	İlerleme mm/dak
G95	İlerleme mm/dev
G98	Engelli Delik Çevrimlerinde Bir Önceki Z Noktasına Gönderme
G99	Engelsiz Delik Çevrimlerinde Hızlı Gelme Noktasına Çekme

CNC programlamada yardımcı fonksiyonlar M kodları ile gösterilir. M kodu CNC tezgahın çalışmasını kontrol eder. Genellikle açma-kapama şeklinde bir fonksiyonu vardır. İş mili çalıştırma-durdurma, soğutma suyunu açma-kapama ve programı durdurma gibi fonksiyonları vardır. Fanuc kontrol ünitesinde kullanılan M kodları Çizelge 2.3’de gösterilmiştir [49].

Çizelge 2.3. ISO kod sistemine göre M kodları.

M00	Programı Şartsız Durdurma
M01	İsteğe Bağlı Durdurma (Optional Stop Düğmesi Açıkça)
M02	Program Sonu
M03	Fener Milini Saat İbresi Yönünde Döndürme
M04	Fener Milini Saat İbresine Ters Yönde Döndürme
M05	İş Mili Durdurma
M06	Kesici Takım Değiştirme Komutu
M08	Soğutma Sıvısını Açma
M09	Soğutma Sıvısını Kapatma
M19	Fener Milini Takım Değiştirme Konumuna Ayarlama
M23	Magazini Yukarı Çıkarma (Bakım-Onarım Amaçlı)
M24	Magazini Aşağı İndirme (Bakım-Onarım Amaçlı)
M30	Program Sonu
M50	Talaş Konveyörünü Durdurma
M51	Talaş Konveyörünü Çalıştırma
M52	Talaş Temizleyiciler Açık
M73-M74	M73 ve M74 Arasında Kalan Satırlar İstenen Sayı Kadar Tekrarlanır
M98	Alt Programı Çağırma
M99	Alt Program Sonu

2.4.2. Takım Yolu Programı Oluşturma

CNC takım yolu programı yazılırken basit işlemlerde kodlar elle yazılabilir. Fakat çok fazla satırdan oluşan ve karmaşık yapıya sahip parçaların işlenmesinde kodları elle yazmak oldukça zordur. Bu işlemler için takım yolu programları CAM programlarında çok daha kolay oluşturulabilir. İşlenecek parça öncelikle CAD programında ya da CAM programlarında modellenir. Çoğu CAM programında modelleme yapmak zordur. Bu nedenle parçalar CAD programlarında modellenip uygun dosya formatında (parasolid, iges vd.) CAM programına aktarılır. CAM programı içerisinde kesme parametreleri, kesici takım tanımlamaları, malzeme, işleme türü, işleme stratejisi gibi ayarlar yapılır. Sonraki aşamada program bu ayarlara uygun olarak takım yollarını hesaplar ve kodlarını çıkarır. MasterCAM, SolidCAM, ProEngineer Cam modülü gibi programları CAM programlarına örnek olarak gösterilebilir [49].

2.4.3. CNC Tezgahı Kontrol Programları

CNC tezgahlarda hareketi sağlayan adım motorları bir sürücü devresi ile kontrol edilir. Bu kontrol oluşturulan takım yollarına göre gerçekleştirilir. Sürücü devreleri bilgisayar ortamında bir yorumlayıcı programla kontrol edilir. MACH ve KCAM gibi programlar bu yorumlayıcı programlara örnek olarak verilebilir.

BÖLÜM 3

TEZGAHIN TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

3.1. TEZGAHIN TASARIMI

Bir ürünün tasarımında doğru malzeme türlerinin seçimi ürünün başarısını doğrudan etkiler. Bir ürün teknik açında başarılı olabilir fakat fonksiyonellik, malzeme seçimi gibi yönlerden de düşünülmüş olması o ürünün başarılı olmasına katkı sağlar [46]. Bu çalışmada malzeme seçimini etkileyen en önemli faktör sıvı soğutma sistemidir. Tezgahın tasarımını aşağıdaki üç aşama izlenerek gerçekleştirilmiştir.

- 1) Boyutsal ön tasarım yapılması
- 2) Standart elemanların kataloğlardan seçilmesi
- 3) Sistemin SolidWorks programında modellenerek teknik resimlerinin ve imalat resimlerinin oluşturulması.

3.1.1. Boyutsal Ön Tasarım

Tezgahın tasarımında ilk olarak gövde konstrüksiyonuna karar verilmiştir. Köprü tipi CNC freze tezgahı konstrüksiyonu tasarlanmıştır. Doğrusal hareket sisteminde hareket elemanı olarak inox vidalı mil, kızaklama elemanı olarak indüksiyonlu mil üzerinde linear rulmanların kullanılmasına karar verilmiştir.

3.1.2. Standart Elemanların Kataloğlardan Seçimi

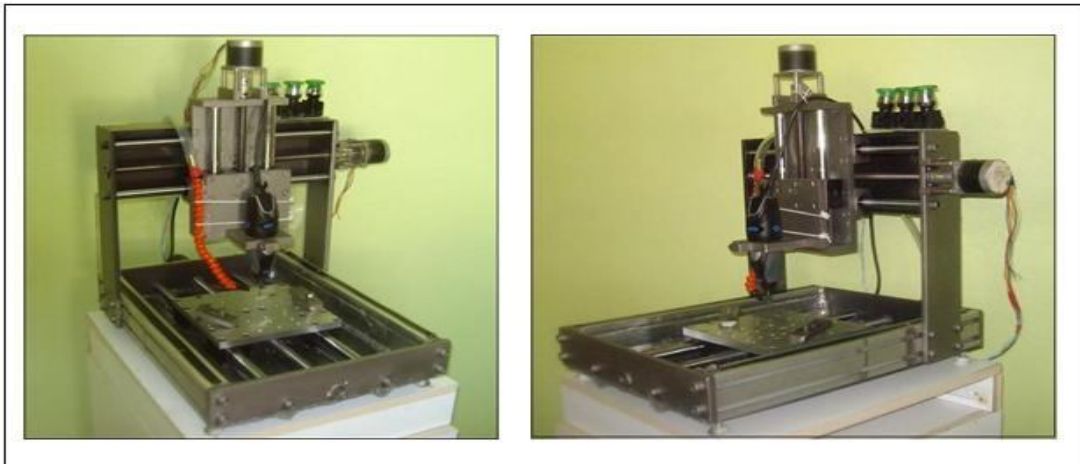
Tezgahın gövde konstrüksiyonu, doğrusal hareket sistemi ve diğer işlemleri için gerekli standart elemanlara karar verilip, ilgili firma kataloglarından seçimleri gerçekleştirilmiştir [51].

3.1.3. Sistemin Modellenmesi

Tezgah boyutsal ön tasarımı ve standart elemanların seçimi gerçekleştirildikten sonra SolidWorks programında modellenmiştir. Tezgahın X, Y ve Z eksenlerinin konstrüksiyonu Şekil 3.1’de gösterildiği gibi birbiriyle referanslı olarak modellenmiştir. Şekil 3.2’ de tezgahın resimleri gösterilmiştir.



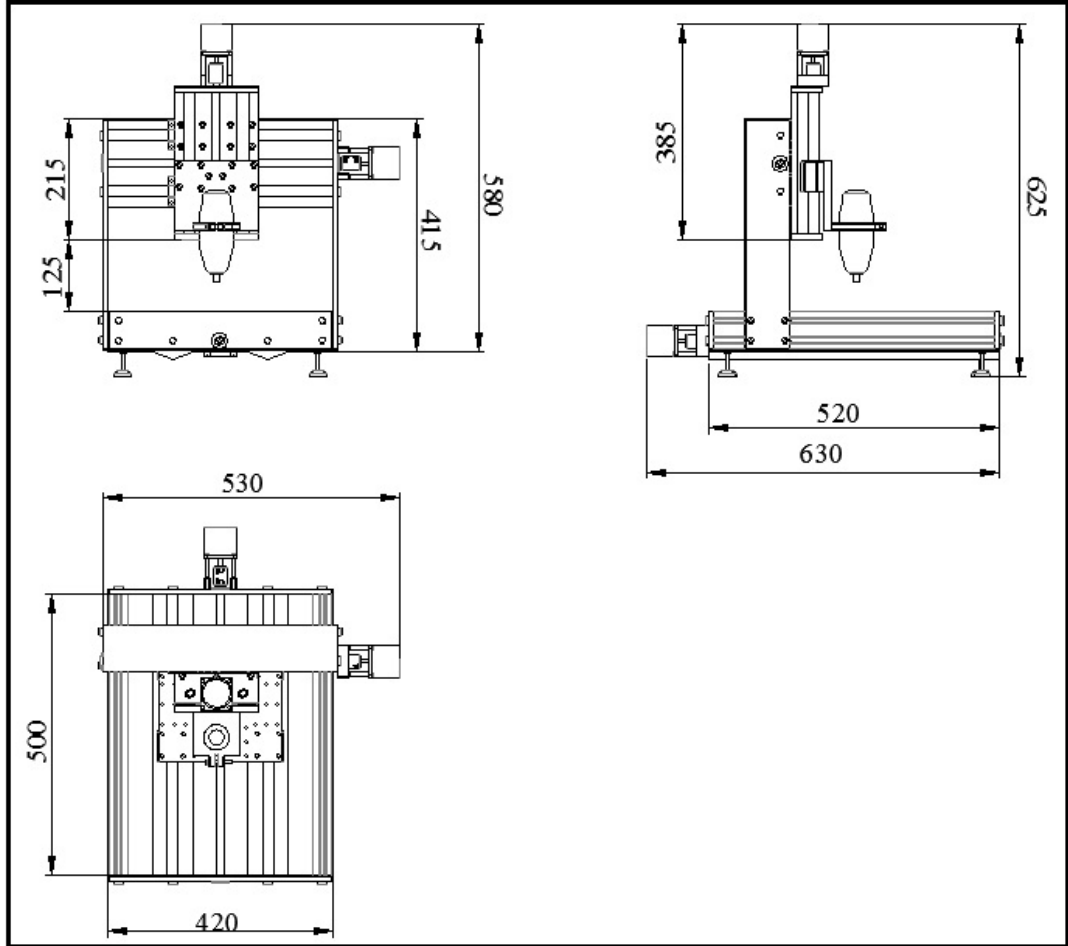
Şekil 3.1. Tezgahın modellenmesi.



Şekil 3.2. Tezgahın resimleri.

3.1.4. Tezgahın Boyutları

Tezgah 530x630x625 mm boyutlarındadır. Tezgahın işleme alanı 250x300x125 mm ebatlarındadır. Tezgah ölçüleri Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



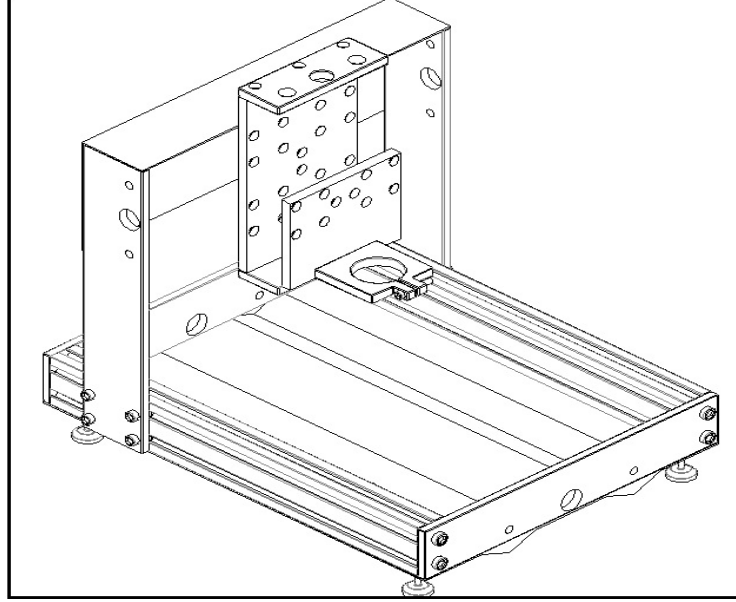
Şekil 3.3. Tezgah boyutları.

3.2. TEZGAH MEKANİK SİSTEMİ İMALATI

3.2.1. Tezgah Gövdesi

Tezgah gövdesi profil, sac ve plakalardan oluşmaktadır. Gövdeyi oluşturan tüm bu parçalar cıvata ve somunla birleştirilmiştir. Sac ve plakalar CNC plazma kesim tezgahında kesilmiştir. Profil olarak alüminyum sigma profil kullanılmıştır. Tüm bu parçaların delikleri freze tezgahında delinmiştir. Şekil 3.4’de tezgah gövdesini

oluşturan parçalar gösterilmiştir. Tezgah gövdesini oluşturan tüm parçaların teknik resimleri ekte verilmiştir.



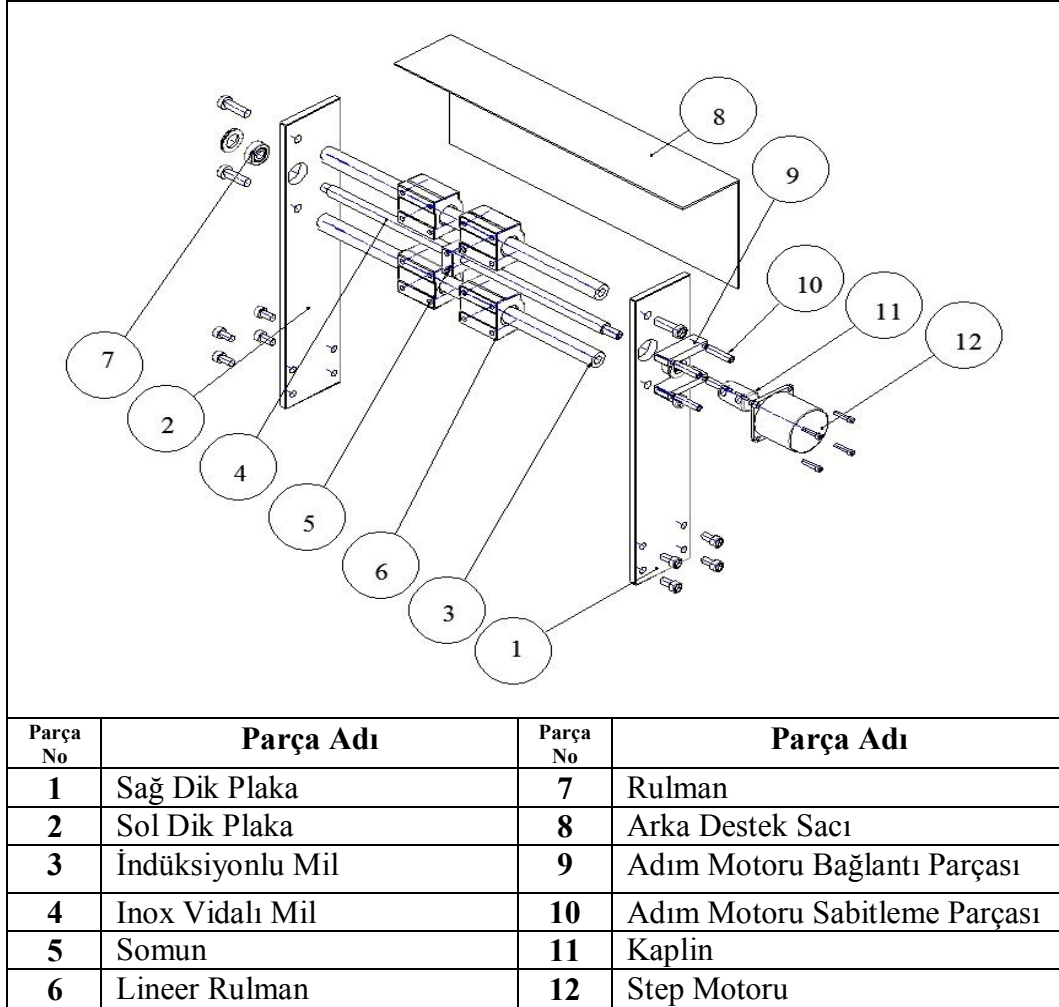
Şekil 3.4. Tezgah gövdesi.

3.2.2. X Ekseni

X eksenini Şekil 3.5’de gösterilen 12 parça, civatalar ve somunlardan oluşmaktadır. X eksenini prototipi imal edilirken 1 ve 2 numaralı parçalar 8 numaralı parçaya kaynak ile birleştirilmiştir. 3 numaralı indüksiyonlu miller üzerine 6 numaralı linear rulmanlar yerleştirilmiştir. İndüksiyonlu miller 1 ve 2 numaralı parçalara civata ile sabitlenmiştir. 4 numaralı inox vidalı mil üzerine 5 numaralı somun yerleştirildikten sonra vidalı mil 1 ve 2 numaralı parçalara 7 numaralı rulmanlar ile yataklanmaları yapılmıştır. Inox vidalı milin son kısmına 11 numaralı kaplin takılmıştır. Son olarak adım motor bağlantı parçaları ve sabitleme parçaları ile adım motorunun gövdeye montajı ve kaplinle birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Tüm işlemler sonucunda adım motoru döndüğünde inox vidalı mil ve lineer rulmanlarla iterek veya çekerek X ekseninde doğrusal hareket sağlanmış olur.

Tezgahın tüm eksen hareketlerinde paslanma sorununun önlemek ve daha hassas hareket elde edebilmek için inox kaplı vidalı miller kullanılmıştır. Inox ismi

paslanmaz anlamına gelen “in-oxidation” ifadesinin kısaltmasıdır. Inox malzemelerin başlıca özellikleri; yüksek korozyon direnci, estetik görünüm, ısı direnç ve tamamen geri dönüşebilirliktir. Inox vidalı miller gıda endüstrisinde olduğu kadar tıbbi uygulamalar, inşaat ürünleri ve otomotiv yedek parçalarında kullanılmaktadır [52].

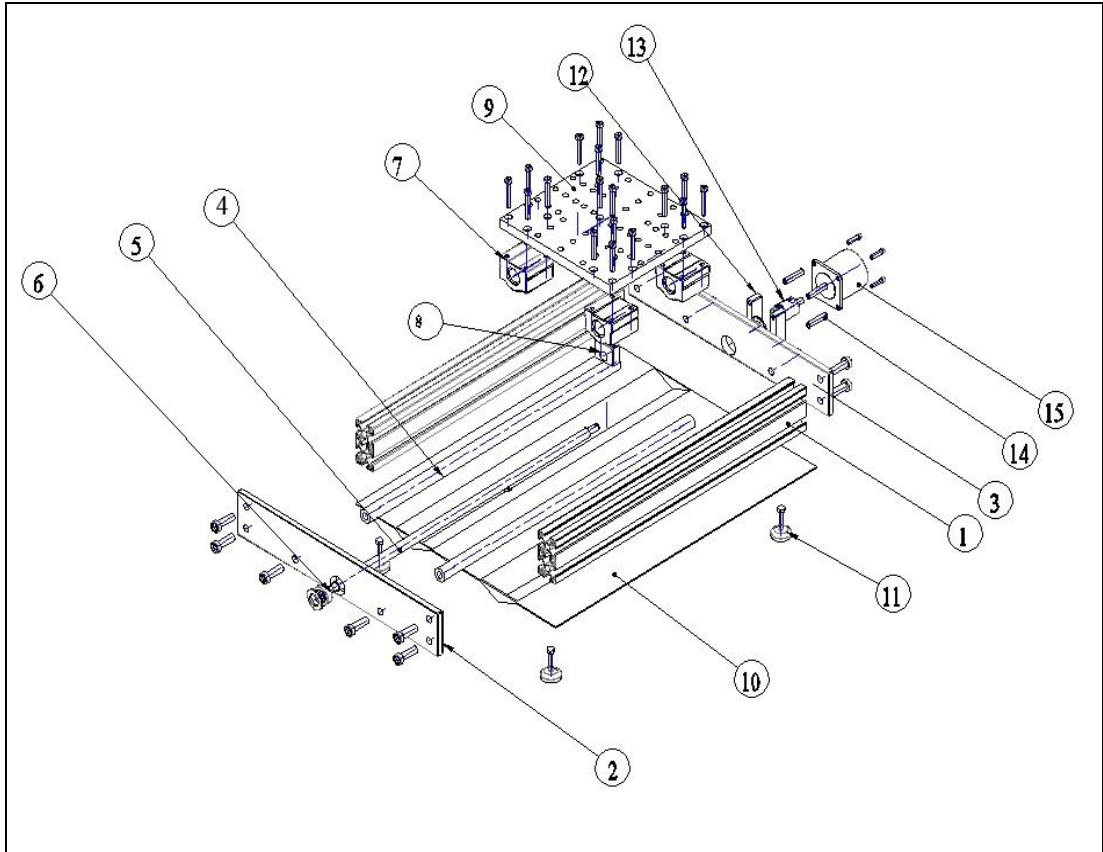


Şekil 3.5. X eksenini oluşturan parçalar.

3.2.3. Y Ekseni

Y eksenini Şekil 3.6’da gösterilen 15 parça, civatalar ve somunlardan oluşmaktadır. Y eksenini prototipi imal edilirken 2 ve 3 numaralı parçalar 1 numaralı alüminyum sigma profile civata ile montaj edilmiştir. 4 numaralı indüksiyonlu miller üzerine 7 numaralı linear rulmanlar yerleştirilmiştir. İndüksiyonlu miller 2 ve 3 numaralı parçalara civata ile sabitlenmiştir. 5 numaralı inox vidalı mil üzerine 8 numaralı

somun yerleştirildikten sonra vidalı mil 2 ve 3 numaralı parçalara 6 numaralı rulmanlar ile yataklanmaları yapılmıştır. Y ekseninin altı 10 numaralı sac parça ile kapatılmış ve alt kısmına 11 numaralı ayaklar takılmıştır. 9 numaralı tabla linear rulmanlar ve somun üzerine civata ile bağlanmıştır. Inox vidalı milin son kısmına 13 numaralı kaplin takılmıştır. Son olarak adım motor bağlantı parçaları ve sabitleme parçaları ile adım motorunun gövdeye montajı ve kaplinle birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Tüm işlemler sonucunda adım motoru döndüğünde inox vidalı mil ve lineer rulmanlarla iterek veya çekerek Y ekseninde doğrusal hareket sağlanmış olur.

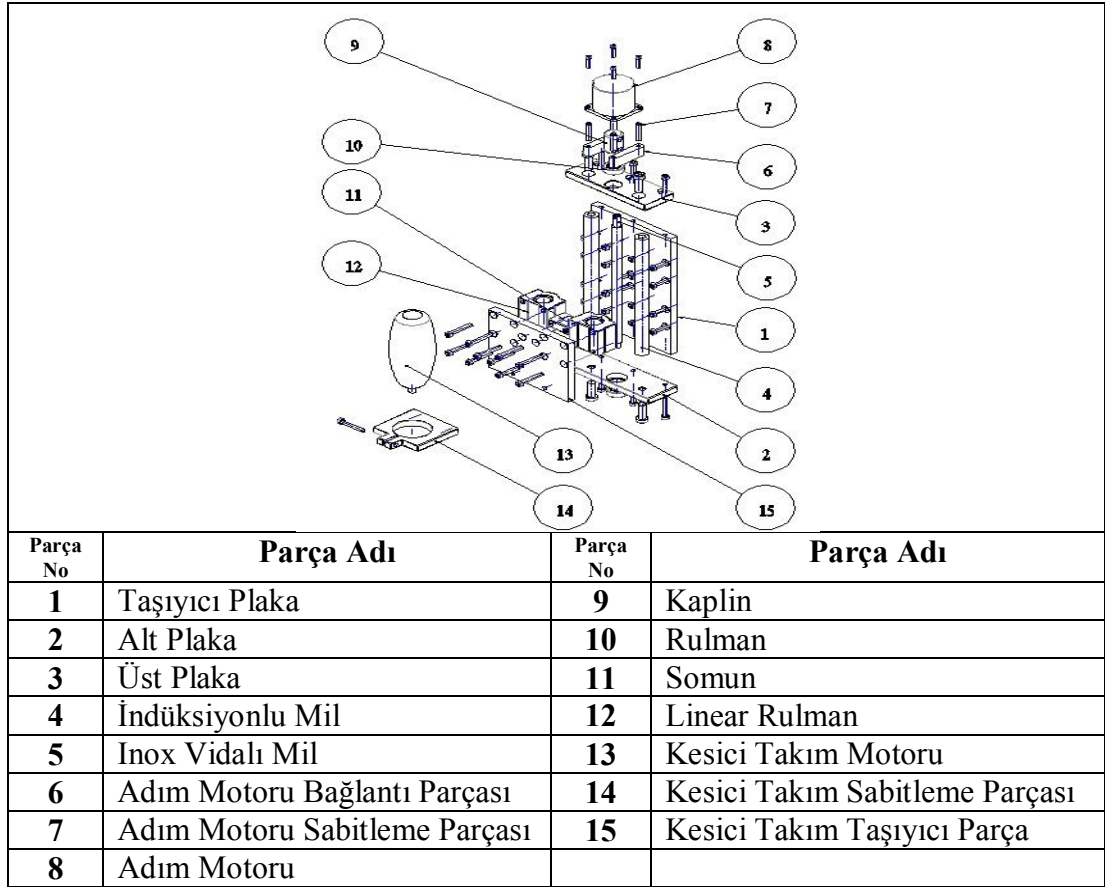


Parça No	Parça Adı	Parça No	Parça Adı
1	Sigma Profil	9	Tabla
2	Ön Destek Plakası	10	Alt Sac
3	Arka Destek Plakası	11	Alt Ayak
4	İndüksiyonlu Mil	12	Adım Motoru Bağlantı Parçası
5	Inox Vidalı Mil	13	Kaplin
6	Rulman	14	Adım Motoru Sabitleme Parçası
7	Linear Rulman	15	Adım motoru
8	Somun		

Şekil 3.6. Şekil 3.5. Y eksenini oluşturan parçalar.

3.2.4. Z Ekseni

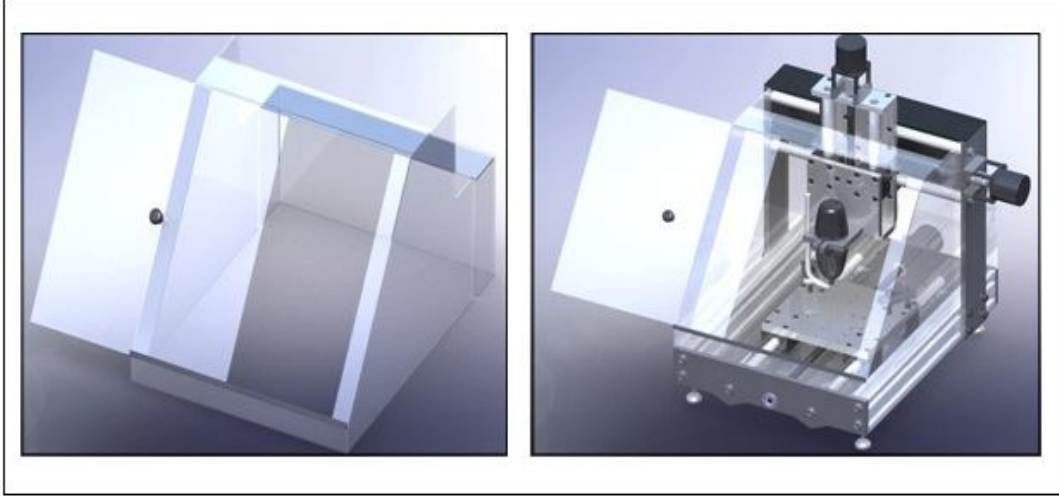
Z eksenini Şekil 3.7’de gösterilen 15 parça, civatalar ve somunlardan oluşmaktadır. Z eksenini Prototipi imal edilirken 2 ve 3 numaralı parçalar 1 numaralı taşıyıcı plakaya civata ile montaj edilmiştir. 3 numaralı indüksiyonlu miller üzerine 6 numaralı linear rulmanlar yerleştirilmiştir. İndüksiyonlu miller 2 ve 3 numaralı parçalara civata ile sabitlenmiştir. 4 numaralı inox vidalı mil üzerine 11 numaralı somun yerleştirildikten sonra vidalı mil 2 ve 3 numaralı parçalara 10 numaralı rulman ile yataklanmaları yapılmıştır. 15 numaralı parça linear rulmanlar ve somun üzerine civata ile montaj edilmiştir. 14 numaralı parça 15 numaralı parçaya civata ile montaj edilmiştir. 13 numaralı kesici takım motoru 14 numaralı parçaya civata ile sıkılarak sabitlenmiştir. Son olarak adım motor bağlantı parçaları ve sabitleme parçaları ile adım motorunun gövdeye montajı ve kaplinle birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Tüm işlemler sonucunda adım motoru döndüğünde inox vidalı mil ve lineer rulmanlarla iterek veya çekerek Z ekseninde doğrusal hareket sağlanmış olur.



Şekil 3.7. Z eksenini oluşturan parçalar.

3.2.5. Pleksiglas Tezgah Kabini

Tasarlanan masaüstü CNC freze tezgahının gövdesi, mekanik aksamla bütünleşik, pleksiglas levhalardan üretilmiş kolay montaj edilebilir bir kabinle kapatılmıştır (Şekil 3.8).



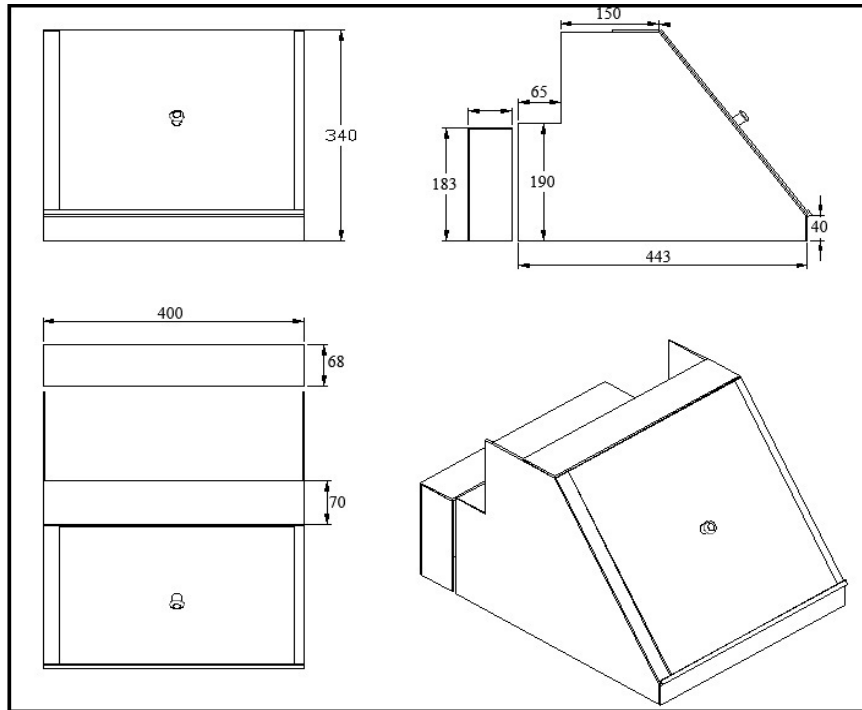
Şekil 3.8. Pleksiglas kabin ve tezgah gövdesine montajı.

İşleme esnasında oluşan talaşlar ve soğutma sıvısı etrafa yayılır. Bu durumda soğutma sıvısının devir daimi zorlaşır. Tezgah gövdesi pleksiglas kabinle kapatılarak soğutma sıvısının ve talaşların etrafa yayılması engellenmiş olup daha sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturulmuştur. Pleksiglas kabin tezgaha estetik bir görünüm kazandırmakla birlikte ergonomik açıdan avantajlar getirmiştir. Pleksiglas kabinin hafif ve şeffaf olması, kolay taşınabilirlik, sistemin daha az yer kaplaması, işleme esnasında her açıdan tezgahı gözlemleyebilme gibi avantajlar sağlar.

Tezgah kabini ön ve arka olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Ön bölümde sürgülü bir kapak bulunmaktadır. Kabini oluşturan elemanlar 3mm kalınlığında pleksiglas levhalardan kesilmiştir. Daha sonra bu parçalar pleksiglas yapıştırıcısıyla yapıştırılmıştır. Şekil 3.9’da pleksiglas kabinle kapatılmış tezgahın resimleri görülmektedir. Şekil 3.10’da pleksiglas kabinin boyutları gösterilmiştir.



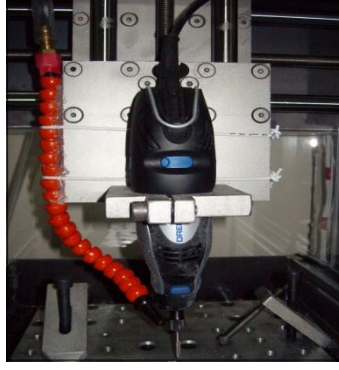
Şekil 3.9. Pleksiglas kabinin resimleri.



Şekil 3.10. Pleksiglas kabinin boyutları.

3.3. KESİCİ TAKIM MOTORU

Tasarlanan masa üstü CNC freze tezgahında kesici takım motoru olarak Dremel 300 motoru kullanılmıştır (Şekil 3.11). Dremel 300 kesici takım motorunun özellikleri; 125 Watt, 10000 – 33000 dev/dak dır. Devir ayarları kesici takım motoru üzerinden 10 farklı kademede ayarlanabilmektedir (Çizelge 3.1).



Şekil 3.11. Kesici takım motoru.

Çizelge 3.1. Kesici takım motoru devir ayarı değerleri.

Ayar Kademesi	Oranın Değiştirilmesi (dev/dak)
1-2	10000-14000
3-4	15000-19000
5-6	20000-24000
7-8	25000-29000
9-10	30000-33000

3.4. ADIM MOTORLARI

3.4.1. Adım Motorları Hakkında Genel Bilgiler

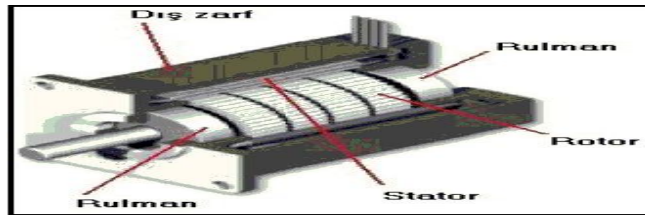
Stator sargılarının uyarıldığı darbeler yardımıyla oluşan manyetik alanın, rotor manyetik alanı ile etkileşimi sonucu, sabit bir açı ile adım adım dönen motorlara “adım (step) motorları” denir (Şekil 3.12). Bu motorlar doğrudan dijital sinyallerle kontrol edilirler. Adım motorlar kusursuz olarak kontrol edilirse, adım sayısı her zaman girişe uygulanan pals (sinyal) sayısına eşit olur. Bu tip motorlar, hızlı bir şekilde ivmelenme, durma ve geri dönme yeteneğine sahiptirler. Birçok adım motoru iki yönlü asenkron motor olarak da çalışabilirler, Genel olarak adım motorları, dijitalden analoğa çevrilme, hız ve pozisyon kontrol amaçlarına yönelik olarak kullanılmaktadır. Genellikle doğrusal hareket hassas mil kontrolü gerektiren uygulamalarda tercih edilirler. Bu motorların temeli 1935 senelerinde atılmış olup, günümüzde bilgisayar disketlerinin yazılıp okunmasındaki sistemlerde, bilgisayar yardımcı devrelerinde, yazıcı, çizici ve bazı robotların milimetrik hareket

kontrollerinde geniş kullanım alanı vardır [53]. Adım motorlarının genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1) Adım motorun dönüş hızı belirli zaman içinde girişlerine gelen sinyallerin darbe sayısı ile doğru orantılıdır.
- 2) Adımlardaki hata sayısı çok düşüktür, bir adımdaki hata kendisinden sonra gelen hatayı etkilemez.
- 3) Harekete geçmeye, durmaya ya da ters dönmeye hızlı yanıt verebilirler.
- 4) Darbe sinyallerinin frekansı ile doğru orantılı olarak geniş bir dönme hızı bölgesine sahiptirler.
- 5) Dijital kontrol edilebilme özelliği nedeniyle bilgisayar kontrolüne çok yatkındırlar.

Bu avantajlarının yanı sıra adım motorları da bazı sorunlarla karşılaşılır. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1) Yüksek frekanslarda adım atlama.
- 2) Isındığında verimlerinin düşmesi.
- 3) Aşırı yüklerde kullanımları zordur.



Şekil 3.12. Adım motorların iç yapısı.

Bir elektrik motoruna enerji verildiği zaman rotoru sürekli döner, motora uygulanan enerji kesilirse dönme olayı son bulur. Adım motorlarda, rotorun dönmesi girişe uygulanan sinyalin adedine göre değişir. Girişe bitek sinyal verildiğinde rotor tek bir adım hareket eder ve durur, daha fazla sinyal uygulandığında sinyal adedi kadar motor hareket eder. Yapısal olarak adım motorlar üç grupta incelenir. Bunlar; sabit mıknatıslı, değişken relüktanslı, hybrid (melez) adım motorlardır.

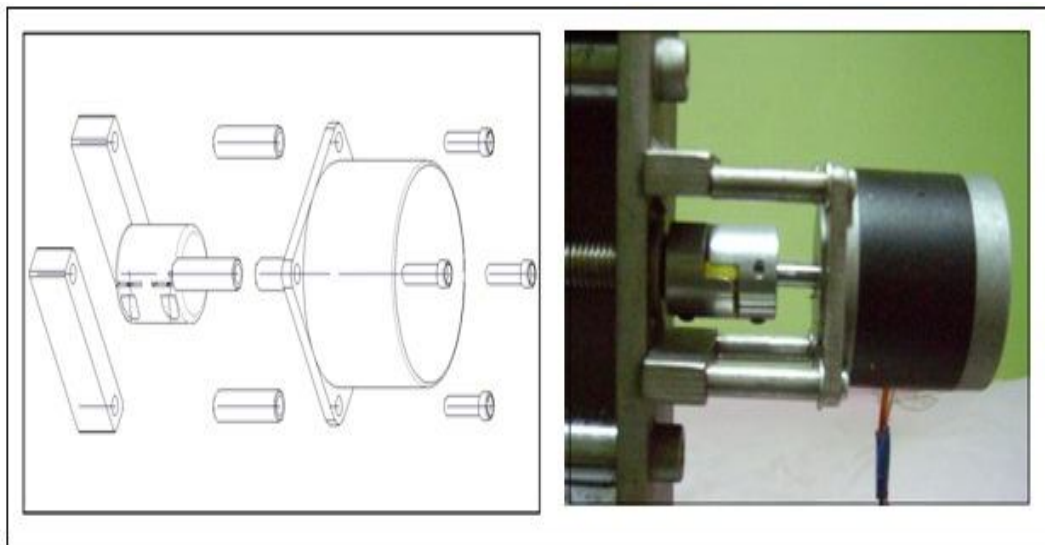
3.4.2. Sistemde Kullanılan Adım Motorlar Ve Özellikleri

X,Y ve Z eksenlerinde aynı marka ve özelliklere sahip adım motorları kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Kullanılan adım motorları hybrid yapıdadır. Hybrid step motorların hem statorları hem de rotorları çok dişli yapıya sahiptir. Rotorları, rotor ekseninde manyetize edilmiş mıknatıslardan oluşur. Yapı olarak değişken relüktanslı ve sabit mıknatıslı adım motorların birleştirilmiş şekli olarak düşünülebilir. Bunun için melez tabiri kullanılmıştır. Bu tip adım motorlar, genellikle küçük adım derecelerine indikleri gibi hareket isteklerine çok hızlı yanıt verebilirler [53].

Çizelge 3.2. Kullanılan adım motorların özellikleri.

Markası	Shinano Kenshi
Modeli	57BG059
Çalışma Sıcaklığı	80°C
Adım Açısı	1,8°
Çalışma Gerilimi	4 Volt
Çalışma Akımı	1,6 Amper
İç Direnç	2,5 Ohm
Çalışma Torku	0,8 Nm
Motor Ağırlığı	450 Gram
Yapısına Göre	Hybrid

Adım motorların tezgah gövdesine montajı Şekil 3.13'deki gibidir.



Şekil 3.13. Adım motorlarının tezgah gövdesine montajı.

3.5. SIVI SOĞUTMA SİSTEMİ

Talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvıları çalışma sırasında istenilen performansları elde edebilmek için değişik özelliklerde formüle edilirler. Bu ürünlerin kullanım alanları çok geniştir. Bazen yağlayıcılık ön plandadır, bazen soğutuculuk daha önemlidir ve ince talaş oluşan operasyonlarda da kaynağı önleme özelliği daha önemlidir. Kesme sıvıları bütün bu gereksinimlere cevap verebilecek neat yağlar, emülsiyonlar (bor yağları), yarı sentetik ürünler ve tam sentetik ürünler olarak değişik gruplarda üretilirler [47,48].

3.5.1. Neat Kesme Sıvıları

Bu yağlar yağlayıcılık ihtiyacının soğutuculuk ihtiyacından daha fazla olduğu uygulamalarda suyla karıştırılmadan oldukları gibi kullanılan ürünlerdir. Petrol, hayvan, deniz veya bitkisel kaynaklı yağların biri veya birkaçının kombinasyonundan oluşurlar [47,48].

3.5.2 Emülsiyonlar (Bor Yağları)

Emülsiyon birbiri içinde çözilemeyen iki sıvının karışımı demektir [50]. Bu ürünler %60'dan daha fazla mineral yağ içerirler. Emülsiyon, yağın emülsiyon yapıcı ajanlarla ve diğer katıqlarla birlikte suda karıştırılmasıyla yağ tanciklerinin su içerisinde askıda kalmasıyla oluşan karışımdır. Su, yüksek spesifik ısı, yüksek termal iletkenliği ve yüksek buharlaşma ısı ile en etkili soğutma ortamıdır. Emülsiyonlarda, suyun mükemmel soğutma özellikleri yağlayıcılık sağlayan katıqlarla birleştirilmiştir. Kesme emülsiyonlarından çalışma sırasında yüksek performans ve uzun efektif ömür alabilmek için düzenli aralıklarla bakımlarının yapılması gerekmektedir. Hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağların ya da esterlerin ilavesi emülsiyonların yağlayıcılıklarını artırır. Sülfürlü, klorlu ve fosforlu katıqların ilavesi ise emülsiyona daha yüksek yağlayıcılık ve aşırı basınç özellikleri verir [47,48].

3.5.3. Sentetik Ürünler

Bu tip ürünler suyla seyreltiklerinde emülsiyonların görünüşlerinin aksine yarı şeffaf ve şeffaf solüsyonlar oluştururlar ve soğutuculuğun yağlayıcılığa göre daha fazla gerek duyulduğu uygulamalarda tercih edilirler. Bu ürünler mineral yağ içermezler ve uygulama amaçlarına göre yağlayıcılığı artırıcı, pas önleyici katkıları içerirler [47,48].

3.5.4. Yarı Sentetik Ürünler

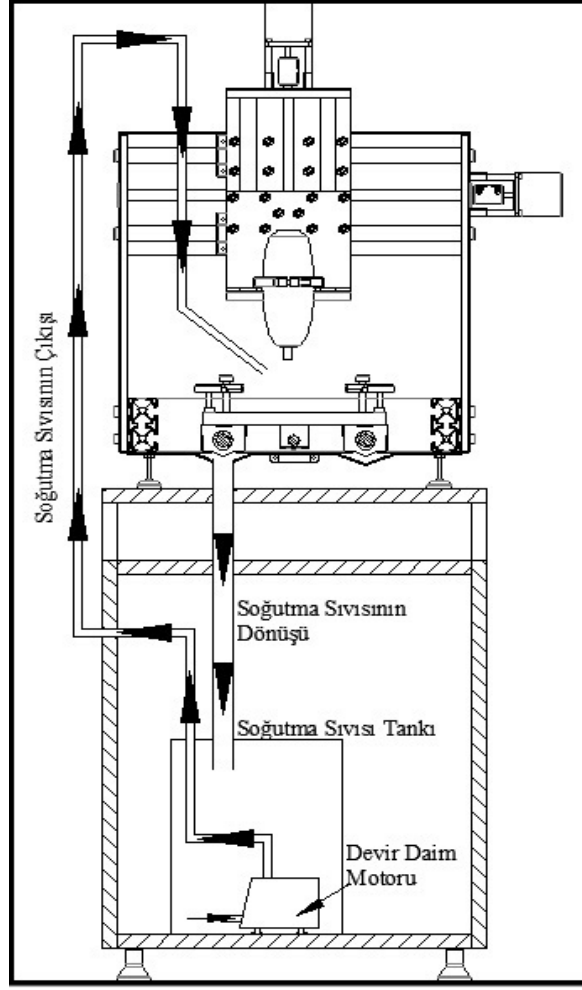
Bu tip yağlar emülsiyonlara göre daha az mineral yağ içerirler. Kullanım amaçlarına göre formüllerine aşırı basınç katkılarını, pas önleyici katkılarını, bakteri üremesini önleyici katkılarını dahil edilir [47,48].

3.5.5. Uygulanan Soğutma Sistemi

Soğutma sisteminde kesme sıvılarından emülsiyon kullanılmıştır. Soğutma sıvısının devir daimi 220 Volt 30 Watt özelliklerinde bir motorla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.14). Bu motor saatte 1700 litre sıvı pompalayabilmektedir. Motor sıvı tankının içinde tamamen suya gömülmüş konumdadır. Motorun su girişinde çıkarılabilen filtre bulunmaktadır. Soğutma sistemi şematik olarak Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Devir daim motoru.



Şekil 3.15. Soğutma sıvısının devir daimi.

3.6. ELEKTRONİK KONTROL ÜNİTESİ

Elektronik kontrol ünitesi, bilgisayar ve CNC tezgah arasında iletişimi sağlayan arabirimdir. Elektronik kontrol ünitesi, sürücü devresi ve güç kaynağından oluşur. Sürücü devresinin bilgisayar üzerinden kontrolü MACH 3 programı ile sağlanmıştır. Sürücü devresinin bilgisayar ile bağlantısı paralel port (Lpt) kablosu ile yapılmıştır. Ayrıca tezgah üzerinde operatör kontrol paneli de bulunmaktadır.

3.6.1. Sürücü Devresi

Sürücü devresi X, Y ve Z eksenleri adım motorlarını ve kesici takım motorunu kontrol edebilmektedir. Sürücü devresinde TB 6560 tek kutuplu adım motoru kontrol entegresi kullanılmıştır. Bu entegre 3,5 Amper ve 46 Volt'a kadar adım motorlarını

sürebilmektedir [55]. Entegrenin sürücü şeması ve blok diyagramı Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de gösterilmiştir. Entegre “mixed decay mode” özelliğine sahiptir. Bu özellik adım yumuşatma anlamına gelir. Adım motorunun adımlar arası geçişlerde yumuşatarak geçişi kolaylıkla sağlamasına yarayan bir özelliktir. Sürücü devresinde 1, 1/2, 1/8 ve 1/16 olmak üzere 4 çeşit adım yumuşatma özelliği mevcuttur. $1,8^\circ$ adım motoru bir tur dönme hareketini;

$360^\circ / 1,8^\circ = 200$ adımda tamamlamaktadır. Çizelge 3.3’de her bir adım yumuşatma değerinde adım motorunun bir tur dönüşü kaç adımda gerçekleştireceği verilmiştir. Adım yumuşatma oranı küçüldükçe adım motorlarının torku da aynı oranda düşer. Bu nedenle adım motorları deneysel çalışmalarda yarım (1/2) adım sürülmüştür.

Çizelge 3.3. Adım yumuşatma oranları ve değerleri.

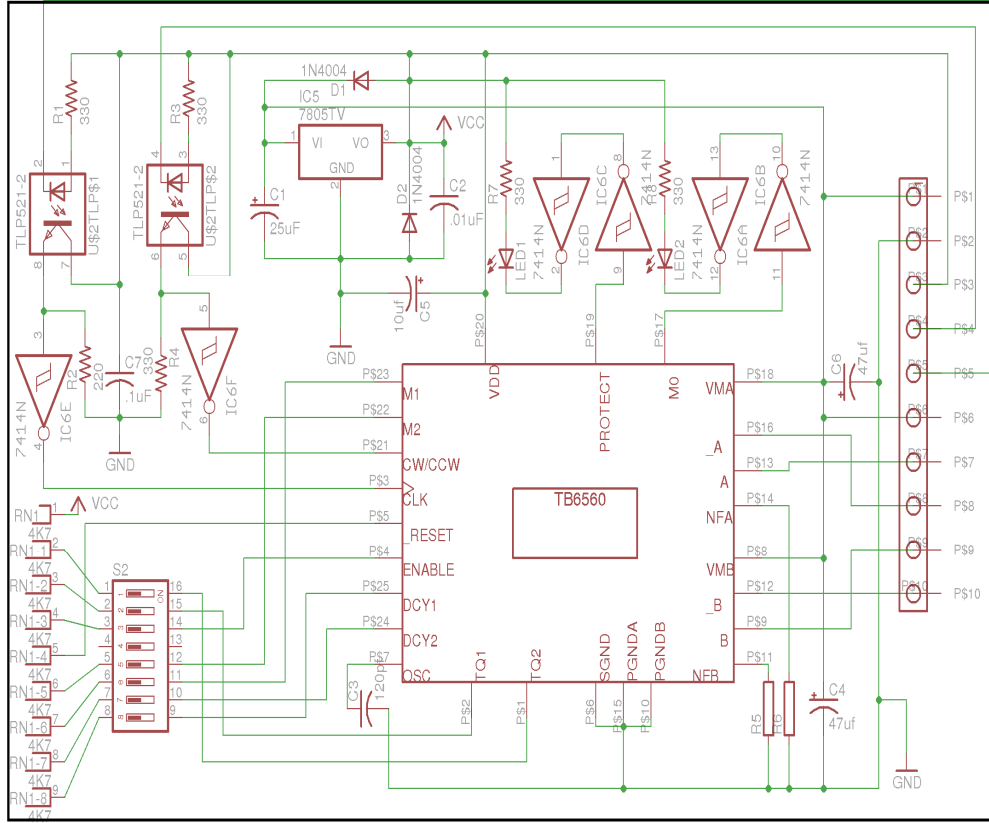
Adım Yumuşatma Oranı	Adım Yumuşatma Değeri
1	200 adım
1/2	400 adım
1/8	1600 adım
1/16	3200 adım

Adım motorlarına giden akım 1,5 Amper ile 3,5 Amper arasında %25, %50, %75, %100 değerleri arasında ayarlanabilmektedir.

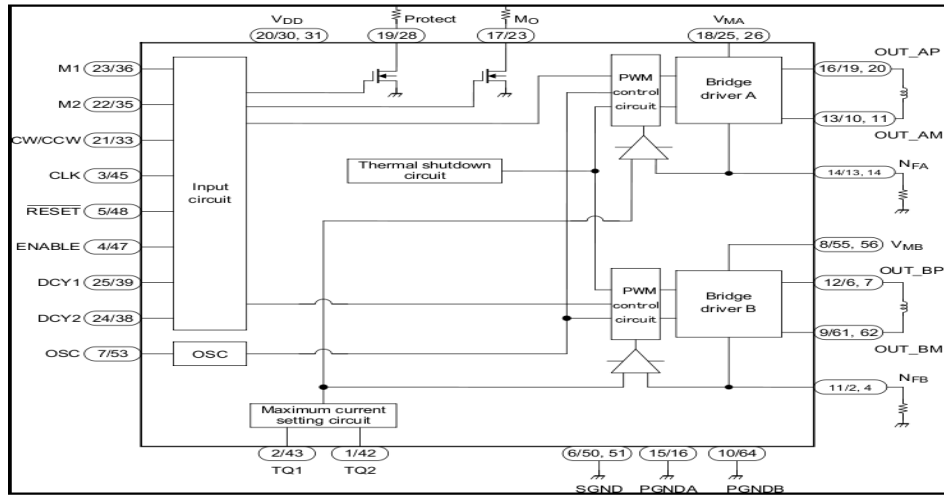
Akım ayarı 2,5 eksen işleme yapılırken Z eksenine giden akımın düşürülüp X ve Y eksenlerine daha fazla güç gitmesi için yapılabilir. 3 eksen işleme yapılırken yüzey kalitesinin bozulmaması için her eksen kontrol eden adım motoruna eşit miktarda güç iletilmelidir. Adım yumuşatma ve akım kontrol ayarları devre üzerinde bulunan 6 kademeli ayar bölümünde yapılır. Çizelge 3.4’de bu ayarla gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Adım yumuşatma ve akım kontrol ayarları.

Akım Ayarı	1	2	3	4	Adım Yumuşatma	5	6
%100	on	on	on	on	1	on	on
%75	on	off	on	off	1/2	on	off
%50	off	on	off	on	1/8	off	off
%25	off	off	off	off	1/16	off	on

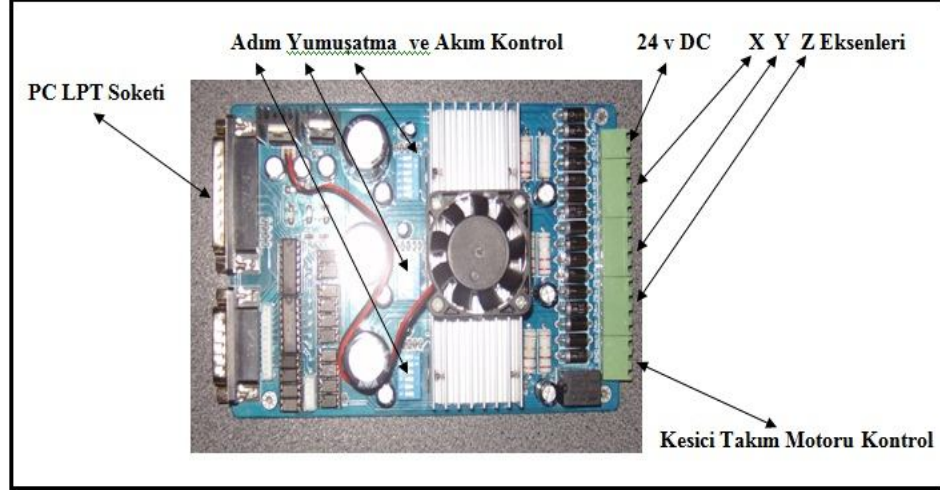


Şekil 3.16. TB6560 entegresinin sürücü şeması [55].



Şekil 3.17. TB6560 entegresinin blok diyagramı [55].

Sürücü devresinin bağlantı şekilleri Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Kullanılan sürücü devresi.

3.6.2. Güç Kaynağı

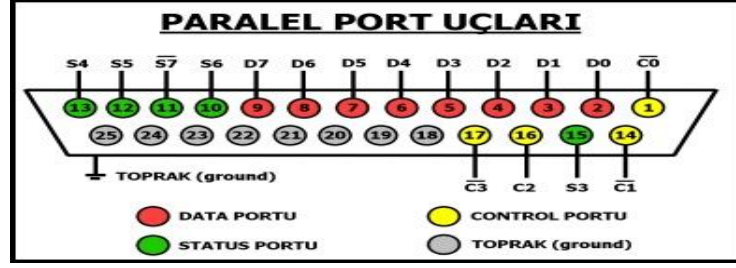
Güç kaynağı tüm devreye akım sağlayarak öncelikli olarak elektronik devrenin çalışmasını sağlar ve daha sonra step motorlarına yeterli akımı verir. Güç kaynağının en önemli görevi step motorlarının çalışma akımını sağlamaktır. Sürücü devresini ve motorları sürmek için 12 Volt 10 Amper güç kaynağı kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.19. Kullanılan güç kaynağı.

3.6.3. Paralel Port (LPT)

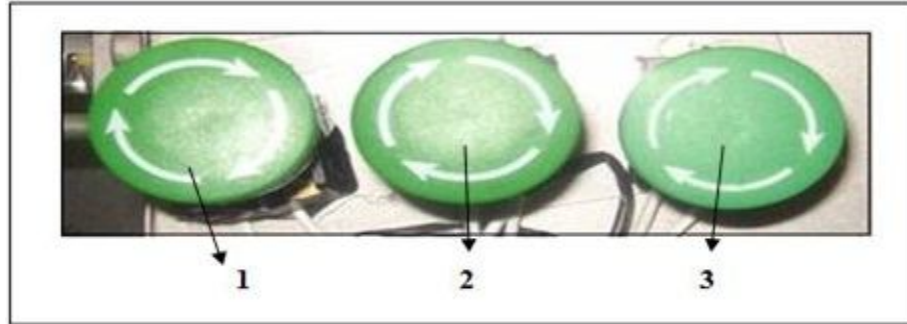
LPT bilgisayarların en kolay programlanabilir portudur. Paralel port 25 pinden oluşur (Şekil 3.20). Sürücü devresinin bilgisayardan kontrolü ve veri akışı paralel portla sağlanmıştır.



Şekil 3.20. Paralel portun yapısı.

3.6.4. Tezgah Operatörü Kontrol Paneli

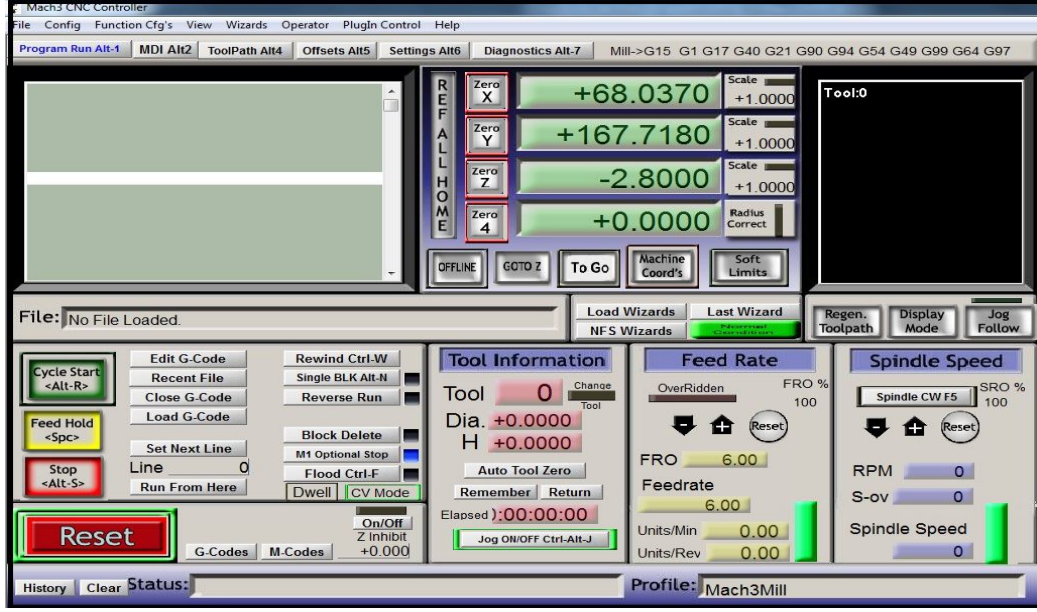
Tezgah gövdesi üzerinde üç adet açma-kapama butonu vardır (Şekil 3.21). Bu butonlardan 1 numaralı olan sürücü devresi güç kaynağını, 2 numaralı olan kesici takım motorunu, 3 numaralı olan ise soğutma sistemi devir daim motorunu çalıştırmaktadır. Kontrol paneli sayesinde operatör tezgaha acil durumlarda müdahale edebilmektedir.



Şekil 3.21. Operatör kontrol paneli.

3.7. MACH 3 CNC KONTROL YAZILIMI

Mach 3 programı paralel porta çıkış verebilen 4 eksene kadar CNC tezgahların kontrol edilebilen, dxf ve image importuna sahip her türlü CNC kodlarını tanıyabilen kullanımı basit bir CNC kontrol programıdır [56]. Programın arayüzü Şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Mach 3 programı kullanıcı arayüzü.

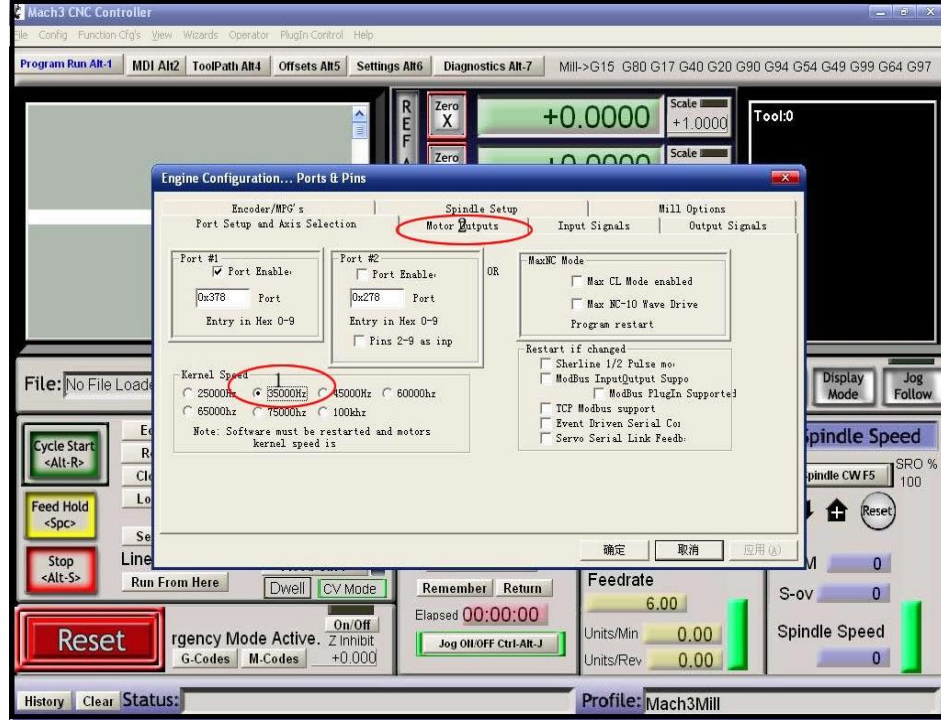
Programın arayüzünde ki X, Y, Z ve 4 tezgahın eksenlerini temsil etmekte, yanlarında yazan rakamlar kesici takımın şu an bulunduğu koordinatları göstermektedir. Sürücü devresi ile kontrol programının uyumluluğu program içerisinde yapılmış ayar ile gerçekleştirilir. Bu ayarlar;

- 1) Config – Setup Units menüsünden kullanılacak ölçü birimi seçilir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Ölçü birimi seçimi.

- 2) Config – Ports and Pins - Port Setup and Axis – Selection menüsünde kullanacağımız eksenler seçilerek, Lpt Port adresi işaretlenir (Şekil 3.24).



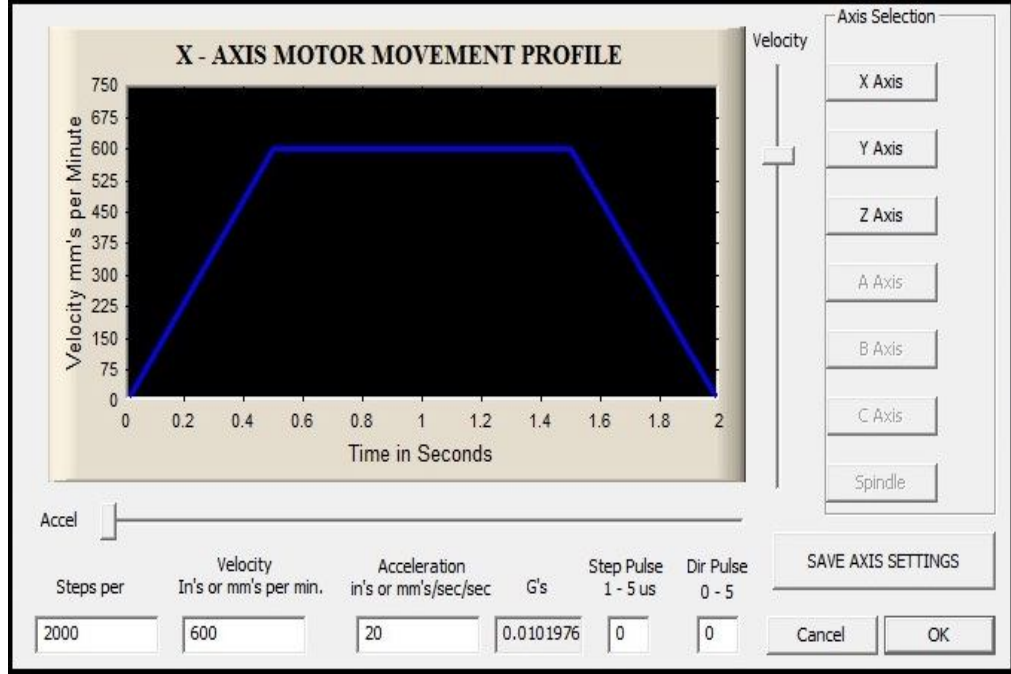
Şekil 3.24. Eksen ayar menüsü.

- 3) Config – Ports and Pins – Input Pins menüsünden hangi pinin, hangi eksenini yönlendireceği ayarlanır (Şekil 3.25).

Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir Low...	Step Lo...	Step Port	Dir Port
X Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	5	6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
Y Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
Z Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	3	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
A Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
B Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
C Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Spindle	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0

Şekil 3.25. Pin ayar menüsü.

- 4) Config – Motor Tuning menüsünden eksenlerin hız ve ivme ayarları yapılır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Eksen hız ve ivme ayarı menüsü.

BÖLÜM 4

MALİYET HESABI

İmalatı tamamlanan masaüstü CNC tezgahı mekanik, elektrik ve elektronik donanımdan oluşmaktadır (Şekil 4.1). Tezgahın maliyeti hesaplanırken ağustos 2010 fiyatları dikkate alınmıştır.



Şekil 4.1. İmalat tamamlanan masaüstü CNC freze tezgahı.

4.1. MEKANİK DONANIM

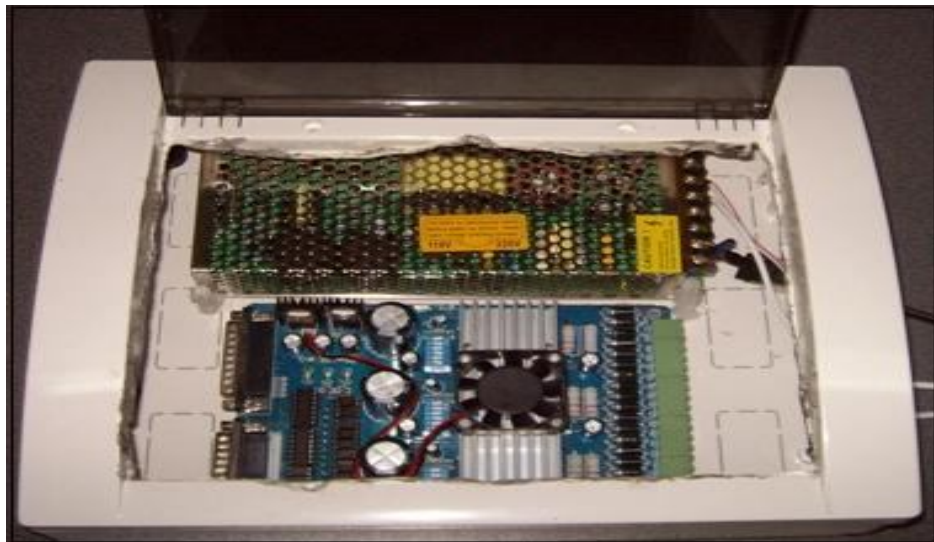
Tezgahın mekanik donanımı standart ve imal edilen parçalardan oluşmaktadır. Rulmanlar, kaplinler, linear rulmanlar, cıvata ve somunlar standart elemanlardır. Destek plakaları ve bağlantı elemanları gibi parçalar imal edilmiştir. Tüm bu elemanların maliyeti Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mekanik donanım maliyeti.

Malzemenin Adı	Adet/Kg/Metre	Birim Fiyatı (TL)	Maliyet (TL)
Sigma Profil	2 Metre	35	70
Destek Plakaları	15 Kg	2	30
Sac Parçalar	15 Kg	2	30
Cıvata ve Somunlar	--	--	30
Ø20mm İndüksiyonlu Mil	3 Metre	20	60
Linear Rulman	10 Adet	300	300
M14 Inox Vidalı Mil	2 Metre	15	30
Somun	3 Adet	5	15
Kaplin	3 Adet	25	75
Rulman	6 Adet	5	30
Tabla	1 Kg	15	15
Step Motor Bağlantı Parçaları	12 Adet	2	24
Alt Ayak	4 Adet	2,5	10
Pleksiglas Levhalar	1 Metre	80	80
Kıkırdak Hortum	1 Adet	15	15
Z Ekseni Plakaları	2 Kg	15	30
		Toplam	844

4.2. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK DONANIM

Tezgahın elektronik donanımı Şekil 4.2’de gösterilen kontrol ünitesinden ve diğer elektrik ürünlerinden oluşmaktadır. Elektrik ve elektronik donanımın maliyeti Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Elektronik kontrol ünitesi.

Çizelge 4.2. Elektrik ve elektronik donanım maliyeti

Malzemenin Adı	Adet	Birim Fiyatı (TL)	Maliyet (TL)
Sürücü Devresi	1	180	180
Step Motoru	3	20	60
Güç Kaynağı	1	65	65
Kesici Takım Motoru	1	100	100
Devir Daim Motoru	1	40	40
Açma-Kapama Butonu	3	10	30
Devre Kutusu	1	20	20
		Toplam	495

4.3. İŞÇİLİK

İşleme işçiliği sanayide malzeme fiyatına göre belirlenmektedir. Örneğin; malzeme fiyatının 1, 2 ve 3 katı işçilik ücretiyle işleme yapılır. Bu çalışmada işleme ücret malzeme fiyatı kadar olacak şekilde belirlenmiştir. İşlenen malzemelerin toplam maliyeti 410 TL kadardır. Tüm bu hesaplardan sonra toplam maliyet aşağıdaki gibi hesaplanır.

Mekanik Donanım	: 844 TL
Elektrik ve Elektronik Donanım	: 495 TL
İşçilik	: 410 TL
Toplam Maliyet	: 1749 TL olmuştur.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. SİSTEMİN HASSASİYETİ

CNC tezgahlarda hassasiyet tezgahın hareket sınırları içinde komut olarak verilen pozisyona gitme kabiliyetidir. Buna göre hassasiyeti;

“*Hassasiyet = Birim Doğrusal İlerleme / Motorun Birim Adım Sayısı*” şeklinde formülüne edebiliriz [57].

Buna göre;

Hareket millerinin adımı : 2 mm

Step motorları adım sayısı : 200 adım (1,8°)

Step motorları sürüş tekniği : Yarım (1/2) adım

Sistemin Hassasiyeti : $200 \times 2 = 400$ (step motorların bir tur için adım sayısı)

$2/400 = 0,005$ mm olarak bulunur.

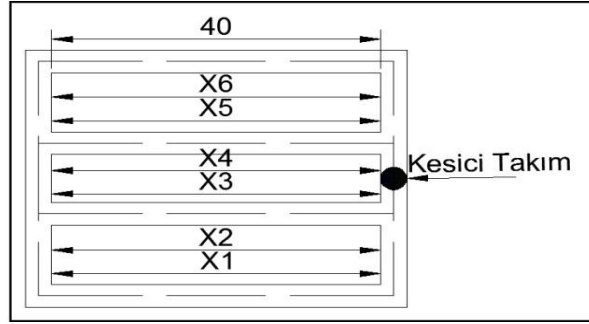
Bulunan bu değer sistemin teorik hassasiyetidir.

5.2. SİSTEMİN ÖLÇÜ TEKRARLANABİLİRLİĞİNİN KONTROLÜ

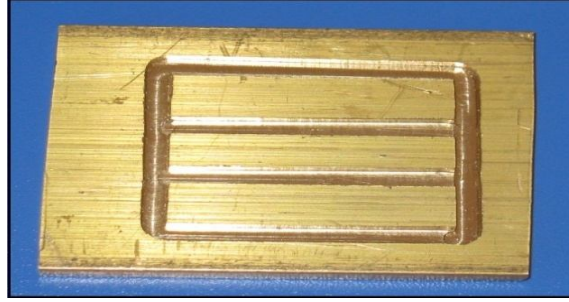
CNC tezgahlarda imalat hataları, tezgahın bulunduğu yüzeyin eğriliği, kızak millerinin zamanla bel vermesi, hareket somunlarında zamanla boşlukların oluşması, elektrik akımı arızaları ve uygun kesme parametrelerinin seçilmemesinden dolayı tezgahın hareket esnasında eksenlerde normal yörüngelerden sapmasından meydana gelir. Eksenlerdeki bu sapmaların tespiti için ilgili eksen doğrultusunda kanallar açılmış ve bu kanallar ölçülerek eksenlerin ölçü tekrarlanabilirliği hesaplanmaya çalışılmıştır.

5.2.1. X Ekseninin Ölçü Tekrarlanabilirliğinin Kontrolü

X ekseninin ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için pirinç (CuZn36Pb 1,5) malzeme üzerine soğutma sıvısı uygulanarak Şekil 5.1'deki ölçülere göre Şekil 5.2'deki kanallar açılmış ve Şekil 5.3'de görüldüğü gibi kanalların ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 5.1. X ekeninde açılan kanalların ölçüleri.



Şekil 5.2. X Ekseninde Açılan Kanallar.



Şekil 5.3. X Ekseninde Açılan Kanalların Ölçülmesi.

Çizelge 5.1’de X ekseninde açılan kanalların ölçüleri verilmiştir.

Çizelge 5.1. X Ekseninde Açılan Kanalların Ölçüleri.

Ölçü Numarası	Ölçüsü(mm)
X1	39,99
X2	39,38
X3	40,01
X4	40,00
X5	39,98
X6	39,97

Eksenlerdeki hata miktarlarının tespiti için işlenen iş parçasından (xps) alınan ölçüm değerlerinin istatistiksel analizi yapılarak standart sapmaları hesaplanmıştır. Standart sapma; veri değerlerinin yayılımının özetlenmesi için kullanılan bir ölçüdür [58]. Standart sapma bir çalışma grubundaki her bir verinin ortalamaya göre ne kadar uzaklıkta olduğunu, bir başka ifadeyle ne yaygınlıkta olduğunu gösterir [58]. Standart sapma hesabındaki ilk adım varyans hesabıdır. Varyans dağılımın yayılımı hakkında bilgi verir [60]. Bir X rastgele değişkenin beklenen değeri μ_x veya sadece μ , varyans ise $Var(X)$, σ_x^2 veya sadece σ^2 ile de gösterilmektedir. Varyansın kareköküne standart sapma denir ve bir X rastgele değişkenin standart sapması σ_x veya sadece σ ile gösterilir.

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

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 Ekseni Standart Sapma Hesabı

Ölçü Numarası	Ölçüsü (mm)	(X – Ortalama)	(X – Ortalama) ²
X1	39,99	0,01	0,0001
X2	39,98	0	0
X3	40,01	0,03	0,0009
X4	40,00	0,02	0,0004
X5	39,98	0	0
X6	39,97	-0,01	0,0001
		Toplam	0,0015

$$\text{ORTALAMA} = 39,98$$

$$\text{VARYANS} = 0,0015 / 5 = 0,0003$$

$$\text{STANDART SAPMA} = \sqrt{0,0003} = 0,0173 \text{ mm.}$$

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. %95 güven aralığı için $t_{5;0.05} = 1,895$ 'dir [58].

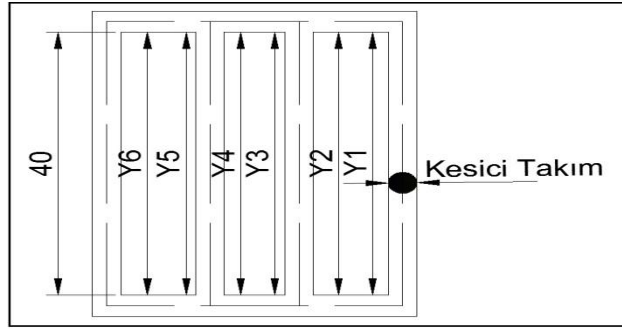
$$\text{Alt sınır} = 39,98 - (1,895) \times (0,0173) = 39,94 \text{ mm}$$

$$\text{Üst sınır} = 39,98 + (1,895) \times (0,0173) = 40,01 \text{ mm}$$

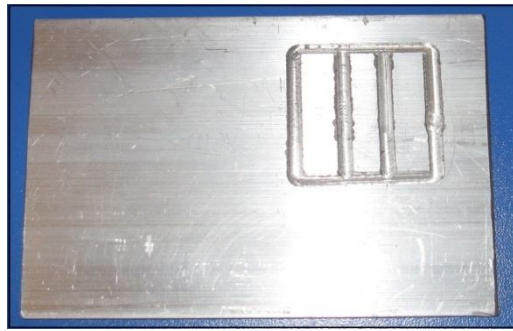
Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığı içinde olması gerekir. μ_1 için hesaplanan %95 güven aralığı (39,94; 40,01) olarak bulunmuştur.

5.2.2. Y Ekseninin Ölçü Tekrarlanabilirliğinin Kontrolü

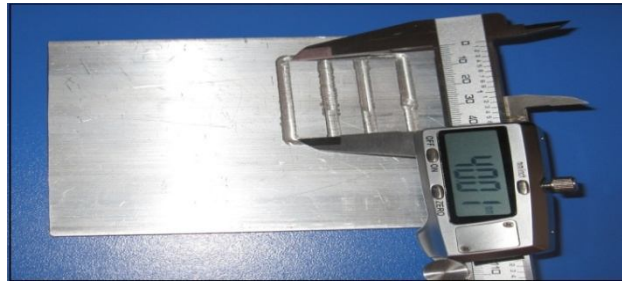
Y ekseninin ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için alüminyum (AL99) malzemesi üzerine soğutma sıvısı uygulanarak Şekil 5.4'de verilen ölçülere göre Şekil 5.5' deki kanallar açılmış ve Şekil 5.6'da gösterildiği gibi kanalların ölçümleri yapılmıştır. Çizelge 5.3'de kanalların ölçüm sonuçları verilmiştir. Çizelge 5.4'de ise Y eksenini standart sapma hesapları gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Y ekeninde açılan kanalların ölçüleri.



Şekil 5.5. Y ekseninde açılan kanallar.



Şekil 5.6. Y ekseninde açılan kanalların ölçülmesi.

Çizelge 5.3. Y ekseninde açılan kanalların ölçüleri.

Ölçü Numarası	Ölçüsü (mm)
Y1	40,01
Y2	40,00
Y3	39,99
Y4	39,98
Y5	40,01
Y6	40,02

Çizelge 5.4. Y Ekseni Standart Sapma Hesabı

Ölçü Numarası	Ölçüsü (mm)	(X – Ortalama)	(X – Ortalama) ²
Y1	40,01	0,01	0,0001
Y2	40,00	0	0
Y3	39,99	-0,01	0,0001
Y4	39,98	-0,02	0,0004
Y5	40,01	0,01	0,0001
Y6	40,01	0,01	0,0001
		Toplam	0,0008

ORTALAMA = 40

VARYANS = 0,0008 / 5 = 0,00016

STANDART SAPMA. = $\sqrt{0,00016} = 0,0126$ mm.

Güven aralığı;

Kitle ortalama için güven aralığı;

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

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

Tablo değeri örneklem sayısı küçük olduğundan t dağılımı kullanılır. %95 güven aralığı için $t_{5;0.05} = 1,895$ 'dir [58].

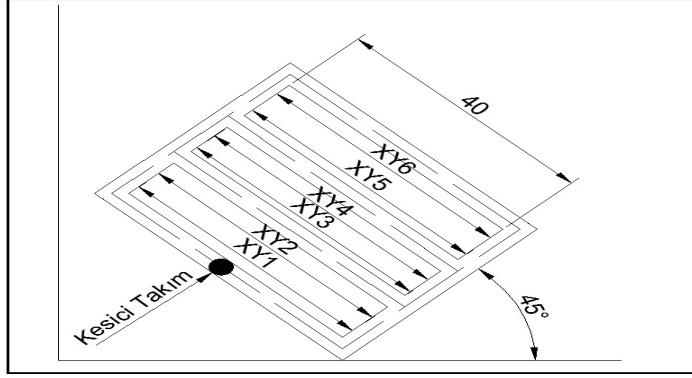
Alt sınır = 40 – (1,895) x (0,0126) = 39,97 mm

Üst sınır = 40 + (1,895) x (0,0126) = 40,02 mm

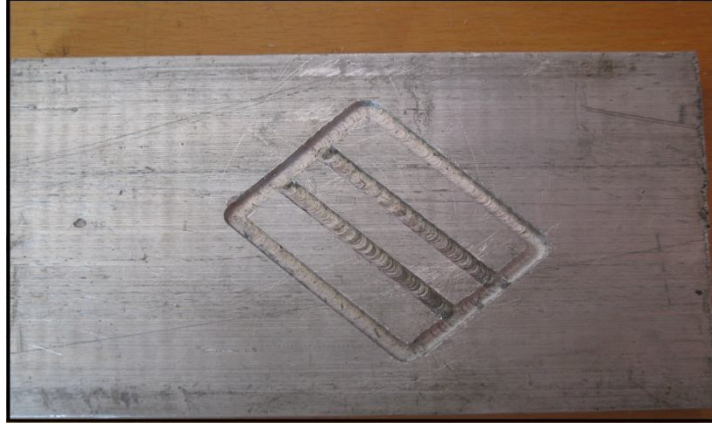
Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığı içinde olması gerekir. μ_1 için hesaplanan %95 güven aralığı (39,97; 40,02) olarak bulunmuştur.

5.2.3. XY Ekseninin Ölçü Tekrarlanabilirliğinin Kontrolü

XY ekseninin ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolü için zamak (ZN-AL1) malzemesi üzerine soğutma sıvısı uygulanarak Şekil 5.7'de verilen ölçülere göre Şekil 5.8' deki kanallar açılmış ve Şekil 5.9'da gösterildiği gibi kanalların ölçümleri yapılmıştır. Çizelge 5.5'de kanalların ölçüm sonuçları verilmiştir. Çizelge 5.6'de ise Y eksenini standart sapma hesapları gösterilmiştir.



Şekil 5.7. XY ekeninde açılan kanalların ölçüleri.



Şekil 5.8. XY ekseninde açılan kanallar.



Şekil 5.9. XY ekseninde açılan kanalların ölçülmesi.

Çizelge 5.5. Y ekseninde açılan kanalların ölçüleri.

Ölçü Numarası	Ölçüsü (mm)
XY1	40,02
XY2	40,03
XY3	40,06
XY4	40,04
XY5	40,01
XY6	40,03

Çizelge 5.6. XY eksenini standart sapma hesabı

Ölçü Numarası	Ölçüsü (mm)	(X – Ortalama)	(X – Ortalama) ²
XY1	40,02	-0,01	0,0001
XY2	40,03	0	0
XY3	40,06	0,03	0,0009
XY4	40,04	0,01	0,0001
XY5	40,01	-0,02	0,0004
XY6	40,03	0	0
		Toplam	0,0015

$$\text{ORTALAMA} = 40,03$$

$$\text{VARYANS} = 0,0015 / 5 = 0,0003$$

$$\text{STANDART SAPMA} = \sqrt{0,0003} = 0,0173 \text{ mm.}$$

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. %95 güven aralığı için $t_{5;0.05} = 1,895$ 'dir [58].

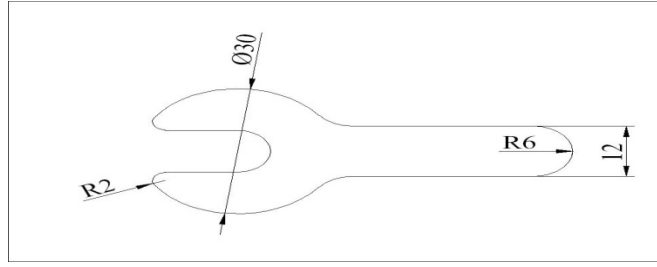
$$\text{Alt sınır} = 40,03 - (1,895) \times (0,0173) = 39,99 \text{ mm}$$

$$\text{Üst sınır} = 40,03 + (1,895) \times (0,0173) = 40,06 \text{ mm}$$

Gözlemlerin ortalamasının belirlenen güven aralığı içinde olması gerekir. μ_1 için hesaplanan %95 güven aralığı (39,99; 40,06) olarak bulunmuştur.

5.3. AL99 MALZEMESİNİN İŞLENMESİ

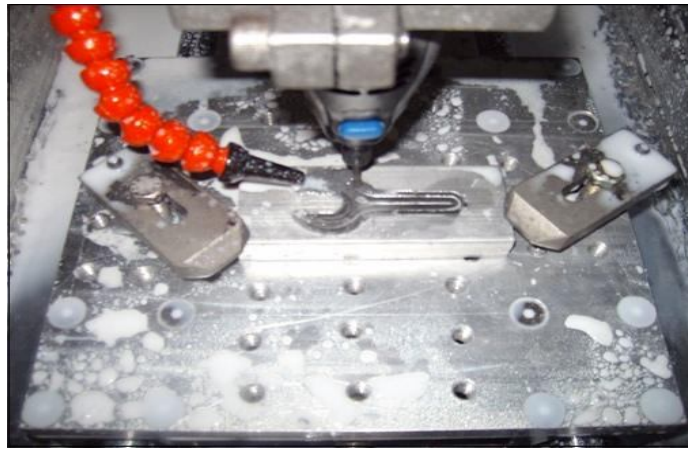
Masaüstü CNC tezgahlarda işlenmesi zor olan AL99 malzemesi soğutma sıvısı uygulanarak işlenmiştir. Şekil 5.10'da işlenen unsurun ölçüleri verilmiştir. Şekil 5.11'de işlenen parça görülmektedir. Şekil 5.12'de tezgahın AL99 malzemesini işleme esnasındaki görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 5.10. İşlenen unsurun ölçüleri.



Şekil 5.11. AL99 malzemesinin işlenmiş hali.



Şekil 5.12. AL99 malzemesi işlenirken.

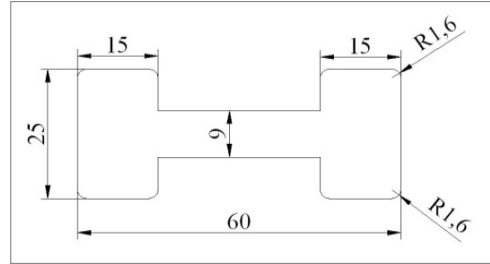
Şekil 5.13’de işlenen malzemenin ölçü kontrolü verilmiştir.



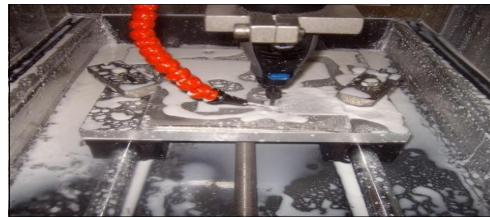
Şekil 5.13. İşlenen AL99 malzemesinin ölçü kontrolleri.

5.4. FE37 MALZEMESİNİN İŞLENMESİ

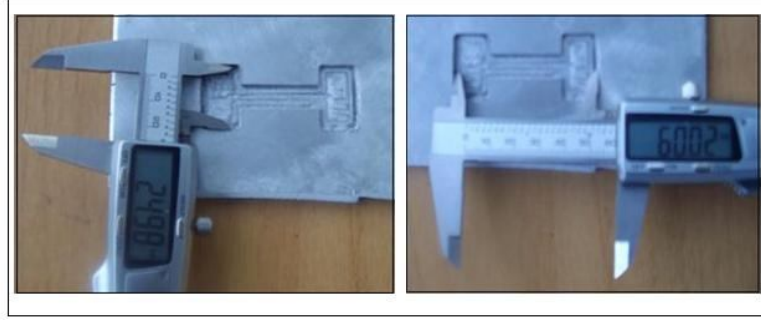
Masaüstü CNC tezgahlarda işlenmesi zor olan bir başka malzeme çeşidi de sac levha malzemesi olan Fe37’dir. Soğutma sıvısı uygulanarak Fe37 malzemesi başarıyla işlenmiştir. Şekil 5.14’de işlenecek unsura ait ölçüler gösterilmiştir. Şekil 5.15’de Fe37 malzemesinin işleme esnasındaki görüntüsü, Şekil 5.16’da ise işlem sonrası ölçü kontrolleri gösterilmiştir.



Şekil 5.14. İşlenen unsurun ölçüleri



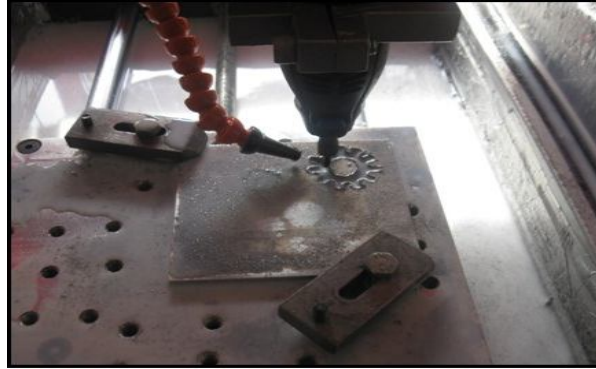
Şekil 5.15. Fe37 malzemesi işlenirken.



Şekil 5.16. İşlenen Fe37 malzemesinin ölçü kontrolleri.

5.5. DÜZ DİŞLİ ÇARK KALIBI İŞLENMESİ

Al99 malzemesi üzerine düz dişli çark kalıbı soğutma sıvısı uygulanarak başarıyla işlenmiştir. Şekil 5.17’de düz dişli çark kalıbın işleme esnasındaki, Şekil 5.18’de ise işleme sonrasındaki görünümü gösterilmiştir.



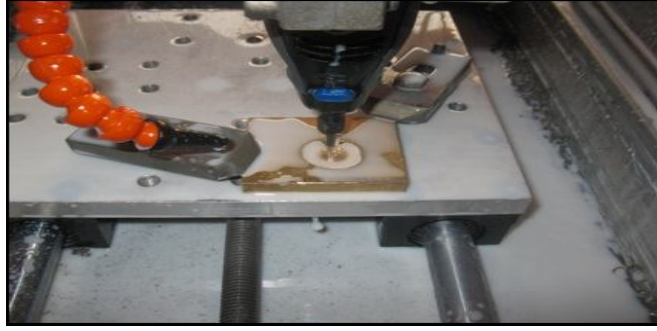
Şekil 5.17. Düz dişli çark kalıbı işlenirken.



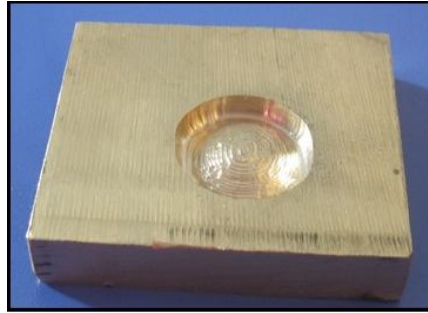
Şekil 5.18. İşlenen düz dişli çark kalıbı.

5.6. PİRİNÇ (CuZn36Pb 1,5) MALZEMESİNİN İŞLENMESİ

Geliştirilen CNC tezgahının üç eksen işleme kabiliyetini test etmek için pirinç (CuZn36Pb 1,5) iş parçası üzerine soğutma sıvısı uygulanarak serbest yüzey işleme gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.19’da pirinç malzemenin işleme esnasındaki, Şekil 5.20’de ise işleme sonrası görünümü gösterilmiştir.



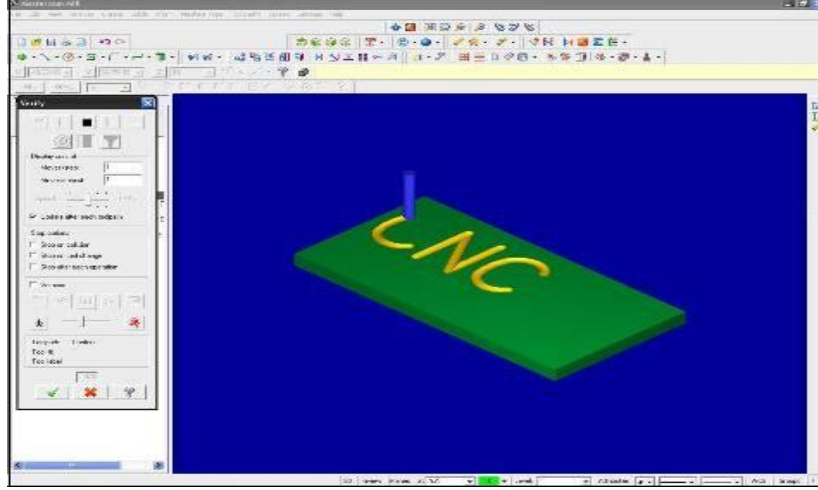
Şekil 5.19. Pirinç malzemesi işlenirken.



Şekil 5.20. İşlenen pirinç malzemesi.

5.7. PLEKSİGLAS MALZEMESİNİN İŞLENMESİ

Pleksiglas levha üzerine “CNC” yazısı işlenmiştir. Deneysel çalışmaların tamamında takım yolları Mastercam X programında oluşturulmuştur. Şekil 5.21’de Mastercam X programında takım yolunun oluşturulması gösterilmiştir. Şekil 5.22’de oluşturulan takım yolu kodları, Şekil 5.23’de ise işlenen parça gösterilmiştir.



Şekil 5.21. Mastercam X programında takım yolarının oluşturulması.

```

N100 G21
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90
N104 T1 M6
N106 G0 G90 G54 X22.878 Y8.298 S1000 M3
N108 G43 H1 Z10.
N110 Z2.
N112 G1 Z-2. F150.
N114 G3 X10.205 Y7.045 R7.355
N116 Y-4.383 R17.817
N118 X22.878 Y-5.636 R7.355
N120 G1 Z2.
N122 G0 Z10.
N124 X3.264 Y11.331
N126 Z2.
N128 G1 Z-2.
N130 Y-8.669
N132 X-8.993 Y11.331
N134 Y-8.669
N136 Z2.
N138 G0 Z10.
N140 X-14.993 Y-5.636
N142 Z2.
N144 G1 Z-2.
N146 G2 X-27.666 Y-4.383 R7.356
N148 Y7.045 R17.817
N150 X-14.993 Y8.298 R7.354
N152 G1 Z2.
N154 G0 Z10.
N156 M5
N158 G91 G28 Z0.
N160 G28 X0. Y0.
N162 M30
%
```

Şekil 5.22. Oluşturulan takım yolu kodları.



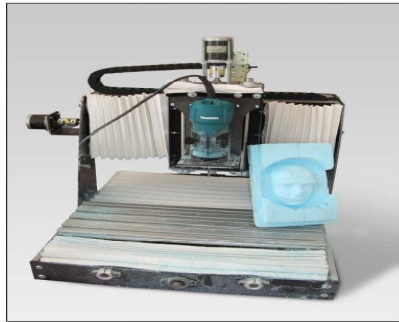
Şekil 5.23. İşlenen parça.

5.8. TEZGAHIN BENZER BİR ÇALIŞMA İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Geliştirilen masaüstü CNC tezgahı ile Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi A.B.D.'de yüksek lisans tezi olarak yapılmış benzer bir çalışmanın karşılaştırılması Çizelge 5.7.'de gösterilmiştir [9].

Çizelge 5.7. Geliştirilen tezgah ile Kaygısız'ın çalışmasının karşılaştırılması.

	Kaygısız'ın Çalışması	Geliştirilen CNC Tezgahı
Tezgah Ölçüleri	800x650x620 mm	500x630x625 mm
Çalışma Alanı	460x320x120 mm	250x300x125 mm
Çalışma Hassasiyeti	0,0125 mm	0,005 mm
Boşta İlerleme Hızı	15 m/dak	10 m/dak
Max Kesme Hızı	10 m/dak	6 m/dak
Ağırlık	100 kg	85 kg
Spindle Motor	530 Watt, 30000 dev/dak	125 Watt, 10000-33000 dev/dak
İşlevleri	Delme, kesme, oyma, frezeleme	Delme, kesme, oyma, frezeleme
Kontrol Ünitesi	Mach 2	Mach 3
Çalıştığı Dosyalar	NC Kod (ISO), image, dxf	NC Kod (ISO), image, dxf
İşlediği Malzemeler	Ahşap, strafor ve türevleri, her türlü plastik ve diğer yumuşak malzemeler.	Alüminyum, pirinç, bakır, zamak, fe37, bronz, her türlü plastik ve diğer yumuşak malzemeler.
Soğutma Sistemi	-	Sıvı Soğutma Sistemi
Maliyet	1800 TL	1749 TL



Kaygısız'ın Çalışması



Geliştirilen CNC Tezgahı

Geliştirilen masaüstü CNC tezgahının teorik hassasiyeti 0,005 mm, Kaygısız'ın çalışmasının ise 0,0125 mm'dir. Bunun nedeni Kaygısız'ın adımı 5 mm olan bilyalı

mil kullanmasıdır. Geliştirilen sistemin Kaygısız'ın çalışmasında olmayan soğutma sistemi, kabin gibi özellikleri olmasına rağmen daha düşük maliyete gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bilyalı mil yerine inox vidalı miller kullanılmasıyla maliyet oldukça düşürülmüştür. Tezgahın her bir ekseninin ölçü tekrarlanabilirliğinin kontrolleri için eksen boyunca kanallar açılarak ölçümler yapılmıştır. X ekseninin standart sapması 0,0173 mm, Y ekseninin standart sapması 0,0126 mm, XY ekseninin standart sapması 0,0173 mm olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada soğutma sıvısı uygulanarak Kaygısız'ın çalışmasında işlenmesi zor olan alüminyum, pirinç, bakır, zamak, Fe37 ve bronz gibi metal malzemeler başarıyla işlenmiştir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada eğitim kurumlarında kendi atölye ve laboratuvarlarında, işletmelerde ise firma bünyesinde imal edilebilecek bir masaüstü CNC freze tezgahı tasarlanmış ve imal edilmiştir. Endüstriyel CNC tezgahlara çok yakın hassasiyette işleme yapabilen bu tezgah 1750 TL gibi cüzi bir maliyete tamamlanmıştır. Bu çalışmada masaüstü CNC tezgahlarda yaygın olarak kullanılan bilyalı millere alternatif olabilecek inox vidalı miller kullanılmıştır. Masaüstü CNC tezgahlarda maliyetin en büyük kısmını bilyalı miller oluşturmaktadır. Inox kaplı vidalı millerin kullanımı ile maliyet oldukça düşürülmüştür. Yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucu tezgahın teorik hassasiyeti 0,005 mm olarak hesaplanmıştır. X ekseninin standart sapması 0,0173 mm, Y ekseninin standart sapması 0,0126 mm ve XY ekseninin standart sapması 0,0173 mm olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada benzer çalışmalarda daha önce kullanılmamış sıvı soğutma sistemi uygulanmıştır. Sıvı soğutma sisteminin kullanımı ile tezgahın işleyebileceği malzeme sayısı ve üretim kapasitesi artırılmıştır. Deneysel çalışmalarda alüminyum, pirinç, zamak, Fe37 gibi metal malzemeler başarıyla işlenmiştir.

Bu sonuçlara ilave olarak, ileriye dönük öneriler şu şekilde ifade edilebilir;

Çalışmada kullanılan inox vidalı millerin adımı 2 mm'dir. Adımı 3, 4 ve 5mm olan inox vidalı millerin kullanımı ile daha yüksek ilerleme hızları elde edilebilir. Buna karşın adım motorunun ilerleme hassasiyeti artırılmalıdır. Çalışmada maliyetin büyük bir kısmını linear rulmanlar oluşturmaktadır. Kestamit gibi malzemelerden işlenmiş yataklar kullanılarak maliyet düşürülebilir. Kullanılan kesici takım motoru 125 Watt gücündedir. Daha güçlü bir kesici takım motoru kullanılarak daha başarılı sonuçlar alınabilir.

KAYNAKLAR

1. Erer, H., "CNC takım tezgahlarının gelişimi", *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Mühendis ve Makine Dergisi*, 486: 37-40 (2000).
2. Akkurt, M., "Bilgisayar destekli tasarım tezgahları (CNC) ve bilgisayar destekli tasarım ve imalat (CAD/CAM) sistemleri", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 8-10 (1996).
3. Yağmur, L., "Tasarım ve imalatta CNC ve CAD/CAM sistemlerinin fonksiyonları", *Metal Makine Dergisi*, 149: 536-554 (2004).
4. Kaftanoğlu B., "Bilgisayar destekli tasarım ve imalat (CAD/CAM) nasıl başladı ve gelişti?", *TurkCADCAM.net Dergisi*, 1: 16-21 (2006).
5. Gordon S. and Hillery M., "Development of a high-speed CNC cutting machine Using linear motors", *Journal of Metarials processing Technology*, 166: 321-329 (2005).
6. Uyanık A.S., Şimşek İ., Aytan İ.N., Onat M. ve Erdal H., "Üç eksenli yüzey İşleme tezgahının bilgisayar ile kontrolü", *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 1-5 (2009).
7. Çiçek A., Kara F., Saruhan H. ve Uygur İ., "3 boyutlu katı modellerin CNC takım tezgahlarında işlenmesi için bir veri tabanı sistemi tasarımı", *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, 1-3 (2009).
8. Büyükaşahin U., "Üç eksenli CNC tezgah tasarımı ve uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 25-35 (2005).
9. Kaygısız H., "Eğitim amaçlı masaüstü üç eksenli CNC freze tasarımı ve prototipi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-15 (2010).
10. Kutlu M., "Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgahı tasarımı ve imalatı", Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 18-30 (2006).
11. Özdeveci M., "Eğitim tipi CNC frezesinin tasarımı ve imalatı", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 22-36 (2001).
12. Akıncı A.C., "Enstrümantasyon ve hızlı prototipleme uygulamalarında kullanılabilecek düşük maliyetli bir CNC tezgahı geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi*, Ankara, 10-20 (2006).

13. Özyalçın İ., “Kartezyen robot tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antakya, 12-25 (2006).
14. Polat H., “Klasik NC tezgahlarının CNC tezgahlarına dönüştürülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 10-22 (1998).
15. Göloğlu C. ve Bunarbaşı İ., “Üç eksenli doğrusal hareket mekanizması tasarımı ve imalatı”, **Teknoloji**, 7 (3): 507-515 (2004).
16. Omirou S.L. and Barouni A.K., “Integration of new programming capabilities into a CNC milling system”, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 21: 518-527 (2005).
17. Chang Y. and Hong R., “Parametric curve machining of a CNC milling EDM (electrical discharge machine)”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 45: 941-948 (2005).
18. Yih-fonga T. and Ming-der J., “Dimensional quality optimisation of high-speed CNC milling process with dynamic quality characteristic”, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, 21: 506-517 (2005).
19. Çolak O., Kurbanoglu C. and Kayacan M.C., “Milling surface roughness Prediction using evolutionary programming methods”, **Materials and Design**, 28: 657-666 (2007).
20. Chen Z.C. and Song D., “A partical approach to generating accurate iso-cusped tool paths for three axis CNC milling of sculptured surface parts”, **Journal of Manufacturing Processes**, 8(1): 137-145 (2006).
21. Çoğun C. ve Özses B., “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik İşleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, **Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Dergisi**, 17: 59-75 (2002).
22. Özel C. ve İnan A., “BSD freze tezgahlarında ikinci dereceden bir yüzey imalatının araştırılması”, **Pamukkale Üniversitesi Müh. Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 3: 331-336 (2001).
23. Dönertaş M.A., Küçük Y., Yıldız Y. ve Korkut İ., “Dik işleme merkezi için bilgisayar destekli kullanıcı etkileşimli CNC parça programı tasarımı”, **Pamukkale Üniversitesi Müh. Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 2: 199-204 (2005).
24. Tseng A., Kolluri S.P. and Radhakrishnan P., “A CNC machining system for education”, **Journal of Manufacturing Systems**, 8 (3): 207-214 (1989).
25. Kopac J. and Kampus Z., “Incremental sheet metal forming on CNC milling machine-tool”, **Journal of Metaterials Processing Technology**, 162: 622-628 (2005).

26. Kwon Y., Tseng T. and Ertekin Y., “Characterization of closed-loop measurement accuracy in precision CNC milling”, *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*, 22: 288-296 (2006).
27. Sakarya N. ve Göloğlu C., “Taguchi yöntemi ile cep işlemede kullanılan takım hareketlerinin ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin belirlenmesi”, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 21: 603-611 (2006).
28. Vinoda B., Gurusamy G. and Sasikumara C., “Design and analysis of power failure detector module for control of axis runaway in CNC machines during unprecedented power failures”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46: 1610-1616 (2006).
29. Suh S.H., Lee B.E., Chung D.H. and Cheon S.U., “Architecture and Implementation of a shop-floor programming system for step-compliant CNC”, *Computer-Aided Design*, 35: 1069-1083 (2003).
30. Newman S. T., Nasseshi A., Xu X.W., Rosso R., Wang L., Yusof Y., Ali L., Liu R., Zheng L.Y., Kumar S., Vichare P. And Dhokia V., “Strategic advantages Of interoperability for global manufacturing using CNC technology”, *Robotic And Computer-Integrated Manufacturing*, 24: 699-708 (2008).
31. Kim J. and Kim M., “A study on the design of CNC lathe for education and Application”, *International Journal of Production Economics*, 25: 169-180 (1991).
32. Çelik Ş.A., Kayacan M.C., Aydođan T. ve Çakır A., “Bilgisayar kontrollü kumaş Kesme makinesi tasarımı ve imalatı”, *Politeknik Dergisi*, 5 (2): 173-177 (2002).
33. Akalın A., “Design and production of a new rapid prototyping device”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 12-16 (2006).
34. Nagata F., Kusumoto Y. and Watanable K., “Intelligent machining system for the Artistic design of wooden paint rollers”, *Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*, 25: 680-688 (2009).
35. Gökkaya H. ve Nalbant M., “Talaş kaldırma sırasında ısı oluşumu ve dağılımı”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 33-43 (2006).
36. Demir H., Ulaş H.B. ve Zeyveli M., “Talaşlı üretimde kullanılan kesme Sıvılarından istenen özellikler”, *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)*, Karabük, 1-6 (2009).
37. Demir H., “Taşlama işleminde soğutma sıvısının yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin İncelenmesi”, *Teknoloji*, 11 (1): 33-38 (2008).

38. Özdemir U. ve Erten M., “Talaşlı imalat sırasında kesici takımında meydana gelen Hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1 (1): 37-50 (2003).
39. Arsecularatne J.A., Fowle R.F., Mathew P. and Oxley P.B.L., “Prediction of tool Life in oblique machining with nose radius tools”, *Wear*, 198: 220-228 (1996).
40. Pekelharing A.J., “Cutting tool damage in interrupted cutting”, *Wear*, 62: 37-48 (1980).
41. Uyanık A.S., “Üç eksenli terco yüzey işleme tezgahının bilgisayar ile kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul 25-40 (2006).
42. Merchant M.E., “Mechanics of metal cutting process. 1- Orthogonal cutting and type 2 chip”, *Journal of Applied Physics*, 16 (5): 267-275 (1945).
43. Kronenberg M., “Machining science and application”, *Pregamon*, London, 2: 162-175 (1966).
44. Pehlivanoglu V. ve Batı M., “CNC takım tezgahları ve DNC”, *TurkCADCAM.net Dergisi*, 1: 45-51 (2006).
45. İnternet: Machinist Community Forums, “Forums and photo gallery”, <http://www.cnczone.com> (2010).
46. Işık Y., “Kesici takım teknolojisi ders notları”, *Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu*, Bursa, 59-68 (2009).
47. İnternet: İstanbul Yağ Sanayi, “Kesme sıvıları ve emülsiyonlu yağlar”, <http://www.istanbulyagsanayi.com/index.asp?sayfa=23> (2010).
48. İnternet: Speedol Performance Oil, “Suda çözünen kesme sıvıları ile ilgili sıkça karşılaşılan sorunlar”, <http://www.speedol.com.tr/teknikbilgiler15> (2010).
49. Gülesin M., Güllü A., Avcı Ö. Ve Akdoğan G., “CNC torna ve freze tezgahlarının programlanması”, *Asil Yayın Dağıtım*, 1: 1-22 (2007).
50. Ljungberg L. and Edwards K., “Design, metarials and marketing of successful products”, *Metarials and Design*, 24: 519-529 (2003).
51. Doğa Rulman, “Ürün kataloğu”, *Doğa Rulman*, İstanbul, 14-16 (2010).
52. İnternet: EuroInox, “Paslanmaz çelik nedir?”, <http://www.euro-inox.org> (2010).
53. İnternet: Elektro Teknoloji, “Step motor nedir? Çalışma prensibi nasıldır?”, http://www.elektroteknoloji.com/elektrik_elektronik/teknik_yazilar/step_motor_ne_dir_calisma_prensibi_nasildir (2010).

54. İnternet: ATAN AFS Arıtma Filtrasyon Sistemleri ve Endüstriyel Ürünler, “Em ülsiyon (bor yağları)”, <http://www.atanafs.com/index/coolant-filtration> (2010).
55. İnternet: Donguan Havacılık ve Uzay CNC Otomasyon, “CNC sürücü devreleri”, <http://www.hyu68.com/cp8.htm>, Hong Kong (2010).
56. İnternet: Artsoft Mach 3, “Mach 3 CNC controller software installation and Configuration”, http://www.machsupport.com/docs/mach3mill_install_config.pdf (2010).
57. Kaygısız H., Çetinkaya K., “CNC freze eğitim seti tasarımı ve uygulaması”, *SDU International Journal of Technologic Sciences*, 2 (3): 53-71 (2010).
58. Dizdar E.N., “Uygulamalı olasılık ve istatistik”, *Murathan Yayınevi*, 1: 280-298 (2004).

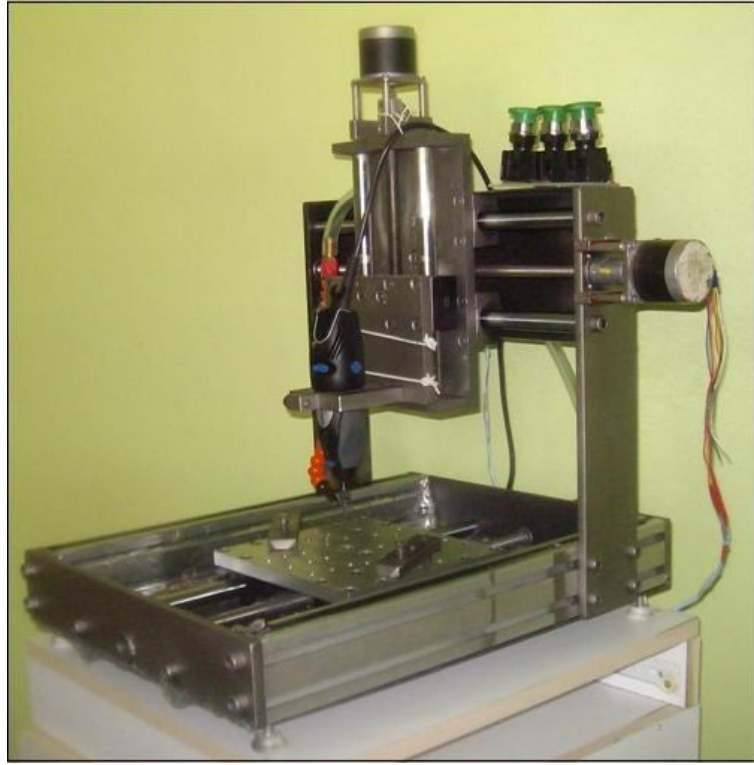
ÖZGEÇMİŞ

Kerim KABAŞ 1988’de Bolu’nun Gerede ilçesinde doğdu; ilk ve orta öğretimini Bolu’da tamamladı; Bolu Atatürk Lisesi’nden mezun olduktan sonra 2005 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Tasarım Ve Konstrüksiyon Öğretmenliği Bölümü’ne girdi. 2009 yılında “iyi” derece ile mezun olarak aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programına başladı. Halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programına devam etmektedir.

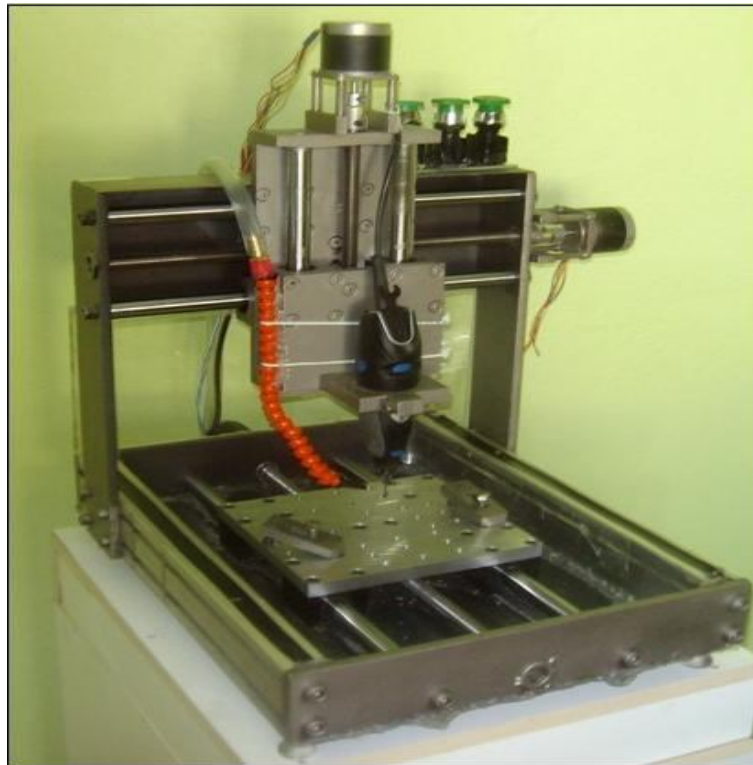
ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karaçayır Mahallesi Özlem Sitesi A/4 Blok Daire 10 14100 BOLU
E-posta : kerimkabas@hotmail.com

EK AÇIKLAMALAR A
GELİŞTİRİLEN MASAÜSTÜ CNC TEZGAHININ FOTOĞRAFLARI



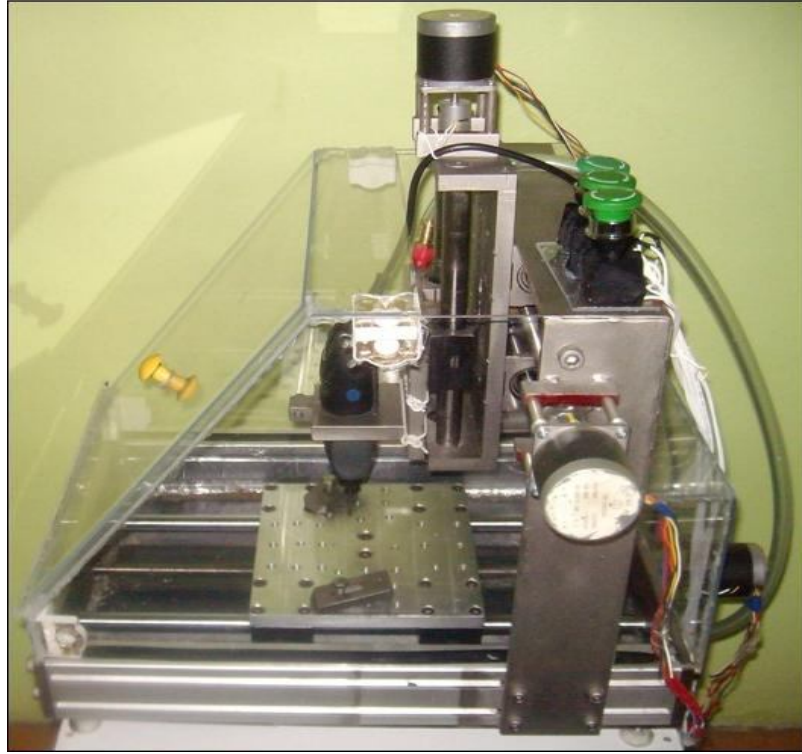
Şekil EK A.1. Fotoğraf 1.



Şekil EK A.2. Fotoğraf 2.



Şekil EK A.3. Fotoğraf 3.

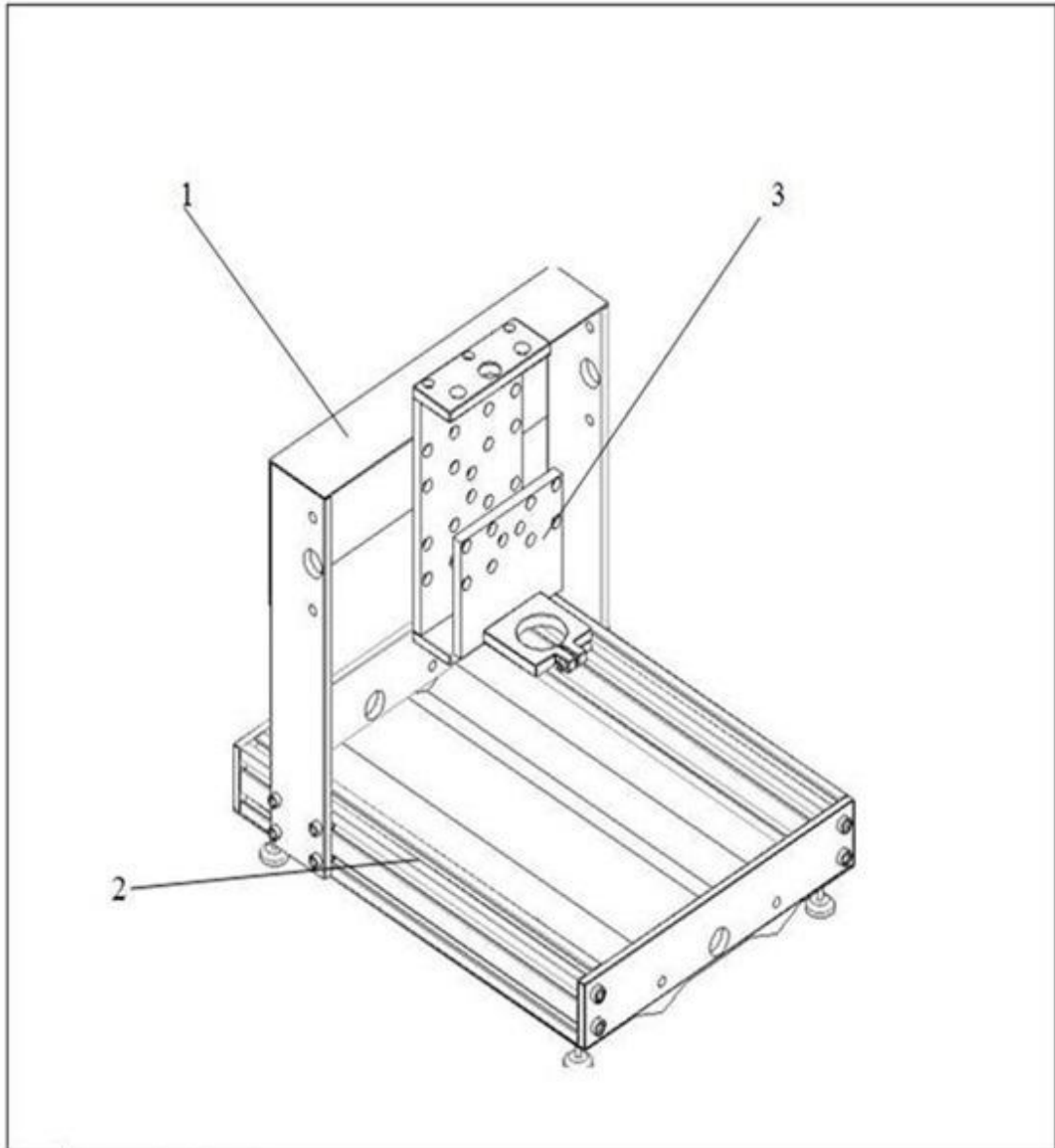


Şekil EK A.4. Fotoğraf 4.



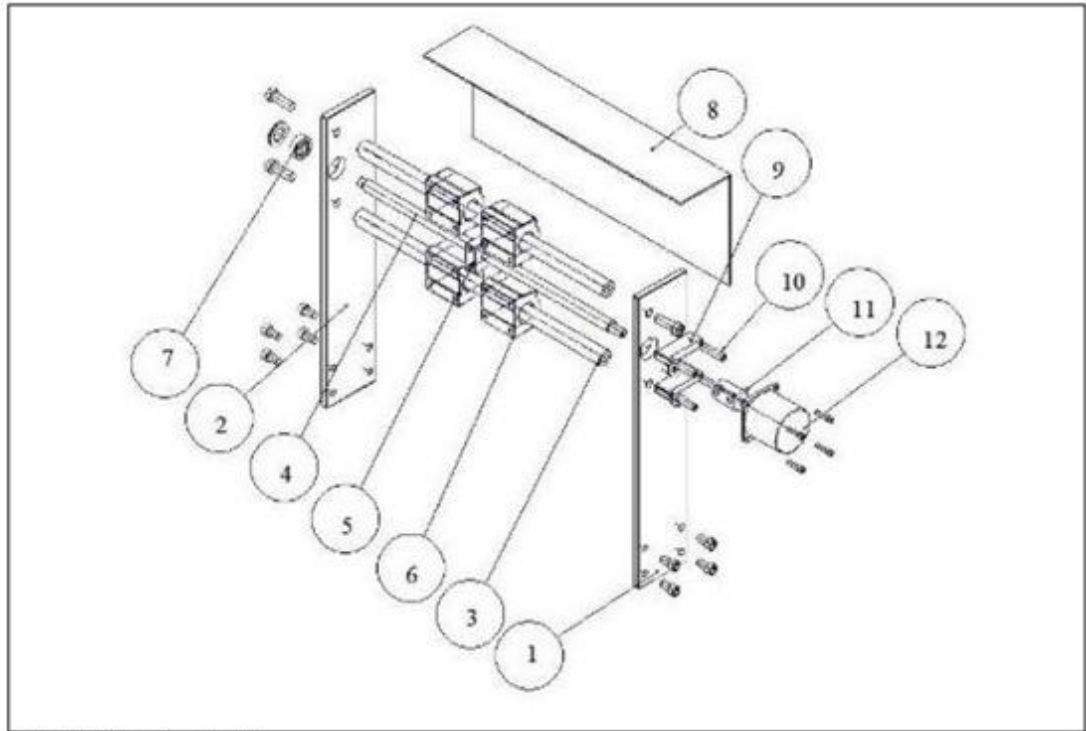
Şekil EK A.5. Fotoğraf 5.

EK AÇIKLAMALAR B
GELİŞTİRİLEN MASAÜSTÜ CNC TEZGAHININ MONTAJ VE İMALAT
RESİMLERİ



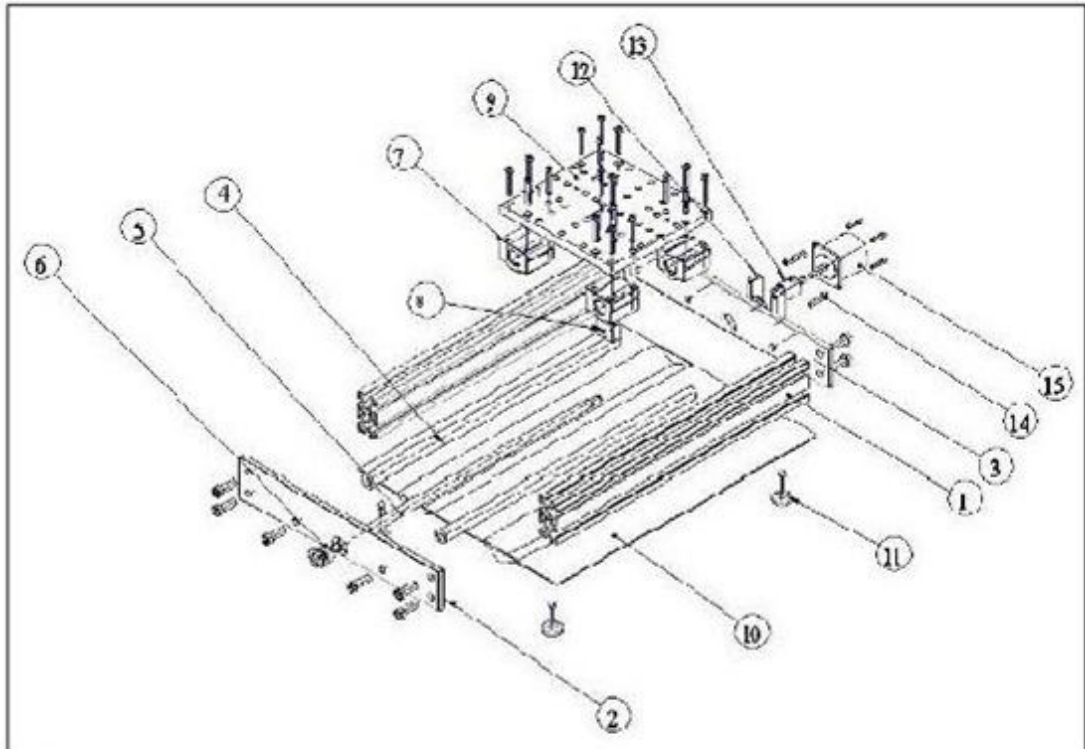
Toplam Parca Sayısı						
1	Z Eksen	KK-03	3			
1	Y Eksen	KK-02	2			
1	X Eksen	KK-01	1			
Sayı	Adı ve Açıklamalar		Resim Nr. Standart Nr.	Parça Nr.	Malzeme	Açıklamalar
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.	
Cizen		Kerim KABAS		1		
Kontrol		Prof. Dr. Kerim ÇETINKAYA				
St. Kontrol		Prof. Dr. Kerim ÇETINKAYA				
Ölçek	Tezgağ Gövdesi				Resim Numarası	
1/5					KK	

Şekil EK B.1. Tezgağ gövdesi anteti.



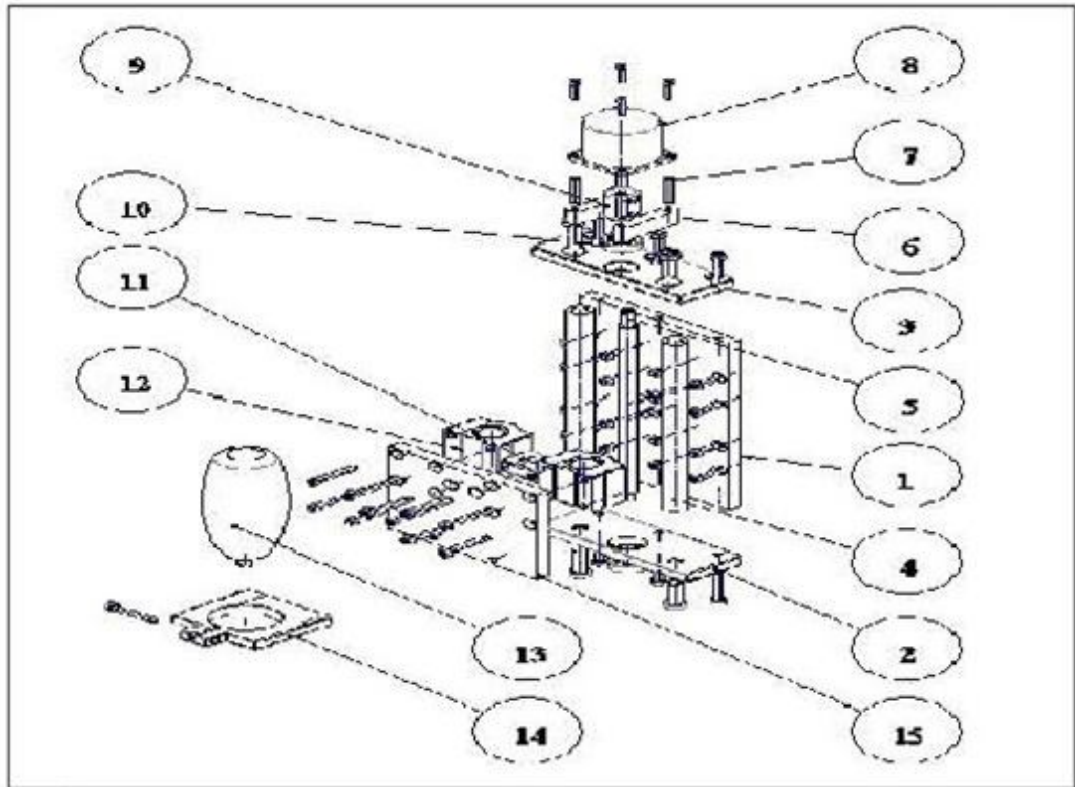
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr. Standart Nr.	Parça Nr.	Malzeme	Açıklamalar
21	Toplam Parça Sayısı				
1	Step Motoru	Vexta 1.6A	12		Hazır
1	Kaplin	Doğa SRJ 20C	11		Hazır
4	Step Motoru Sabitleme Parçası Ø8x35	KK-01-08	10	St37	
2	Step Motoru Bağlama Parçası 60x18x10	KK-01-07	9	St37	
1	Arka Kapak 400x80x120	KK-01-06	8	Fe37	
2	Eğik Bilyalı Yatak d=10 D=30	TS 11706	7		Hazır
4	Linear Rulman	Doğa SH 20UU	6		Hazır
1	Somun M14 40x30x20	KK-01-05	5	Pirinç	
1	Inox Vidalı Mil M14x400	KK-01-04	4	Inox	
2	İndüksiyonlu Mil W20	KK-01-03	3	Çk 55	Hazır
1	Sağ Destek Plakası 480x80x10	KK-01-02	2	St37	
1	Sol Destek Plakası 480x80x10	KK-01-01	1	St37	
Cizen	Kerim KABAŞ	1	Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.		
Kontrol	Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA				
St. Kont.	Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA				
Ölçek	Masaüstü CNC Freze Tezgahı X Eksen				Resim Numarası
1/5					KK-01

Şekil EK B.2. X Eksen montaj resmi.



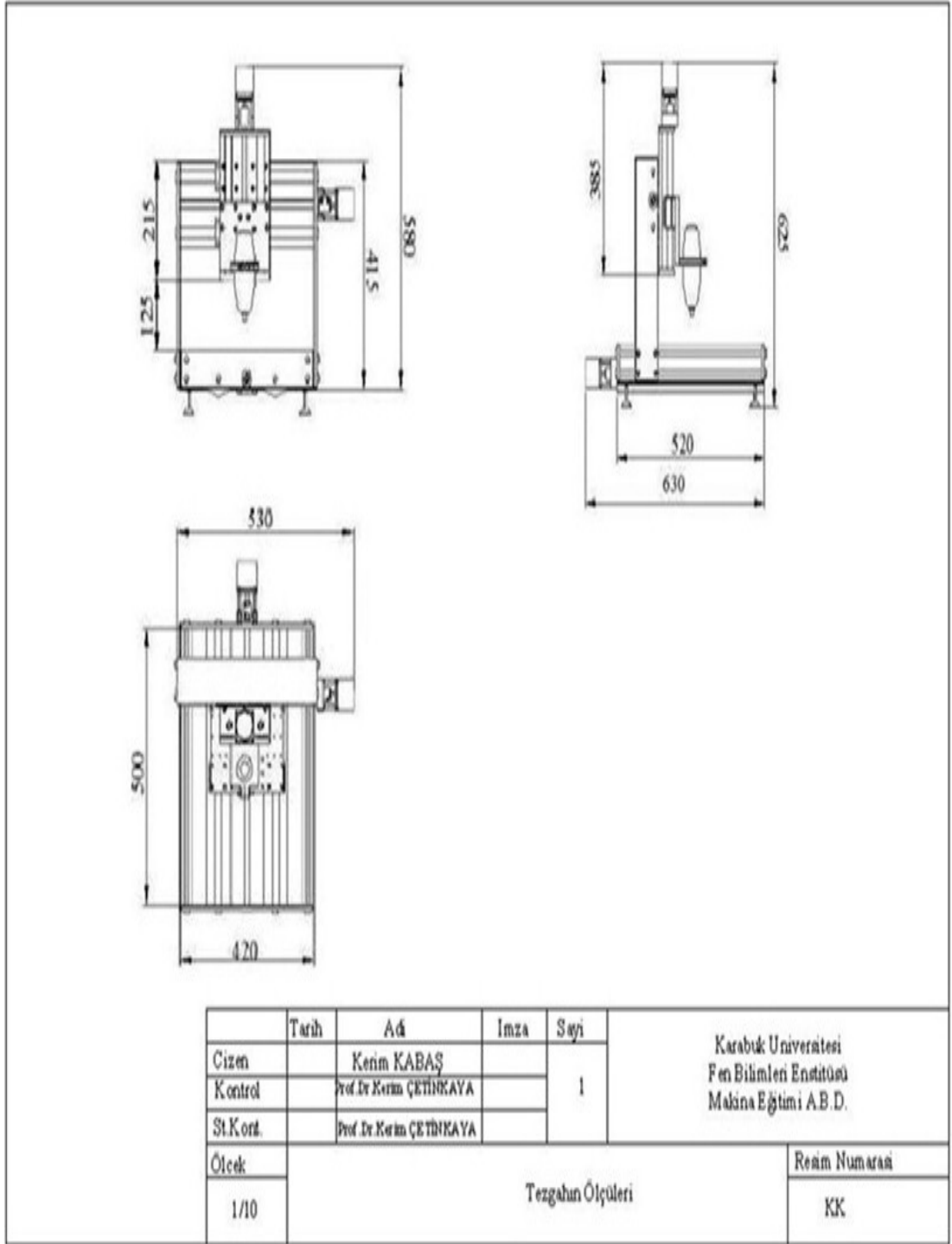
28	Toplam Parca Sayisi					
1	Step Motoru	Vexta 1.6A	15		Hazır	
4	Step Motoru Sabitleme Parçası Ø8x35	KK-02-09	14	S37		
1	Kaplin	Doğa SRJ 20C	13		Hazır	
2	Step Motoru Bağlatı Parçası 60x18x10	KK-02-08	12	St37		
4	Alt Ayak	MESAN 40 CFL	11		Hazır	
1	Alt Sac 400x520x2,5	KK-02-07	10	Fe37		
1	Tabla 220x200x15	KK-02-06	9	Al99		
1	Somun M14 40x30x20	KK-02-05	8	Pirinç		
4	Linear Rulman	Doğa SH 20UU	7		Hazır	
2	Eğik Bilyalı Yatak d=10 D=30	TS 11706	6		Hazır	
1	Inox Vidalı Mil M14x500	KK-02-04	5	Inox		
2	İndüksiyonlu Mil W20	KK-02-03	4	Çk 55		
1	Arka Destek Plakası 400x70x10	KK-02-02	3	S37		
1	Ön Destek Plakası 400x70x10	KK-02-01	2	S37		
2	Sigma Profil 35x70x500	Doğuş Kalıp	1	Alüminyum	Hazır	
Sayı	Adı ve Açıklamalar		Resim Nr. Standart Nr.	Parça Nr.	Malzeme	Açıklamalar
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A. B. D.	
Cizen		Kerim KABAS		1		
Kontrol		Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA				
St. Kont.		Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA				
Ölçek	Masaüstü CNC Freze Tezgahı Y Ekseni				Resim Numarası	
1/5					KK-02	

Şekil EK B.3. Y Ekseni montaj resmi.

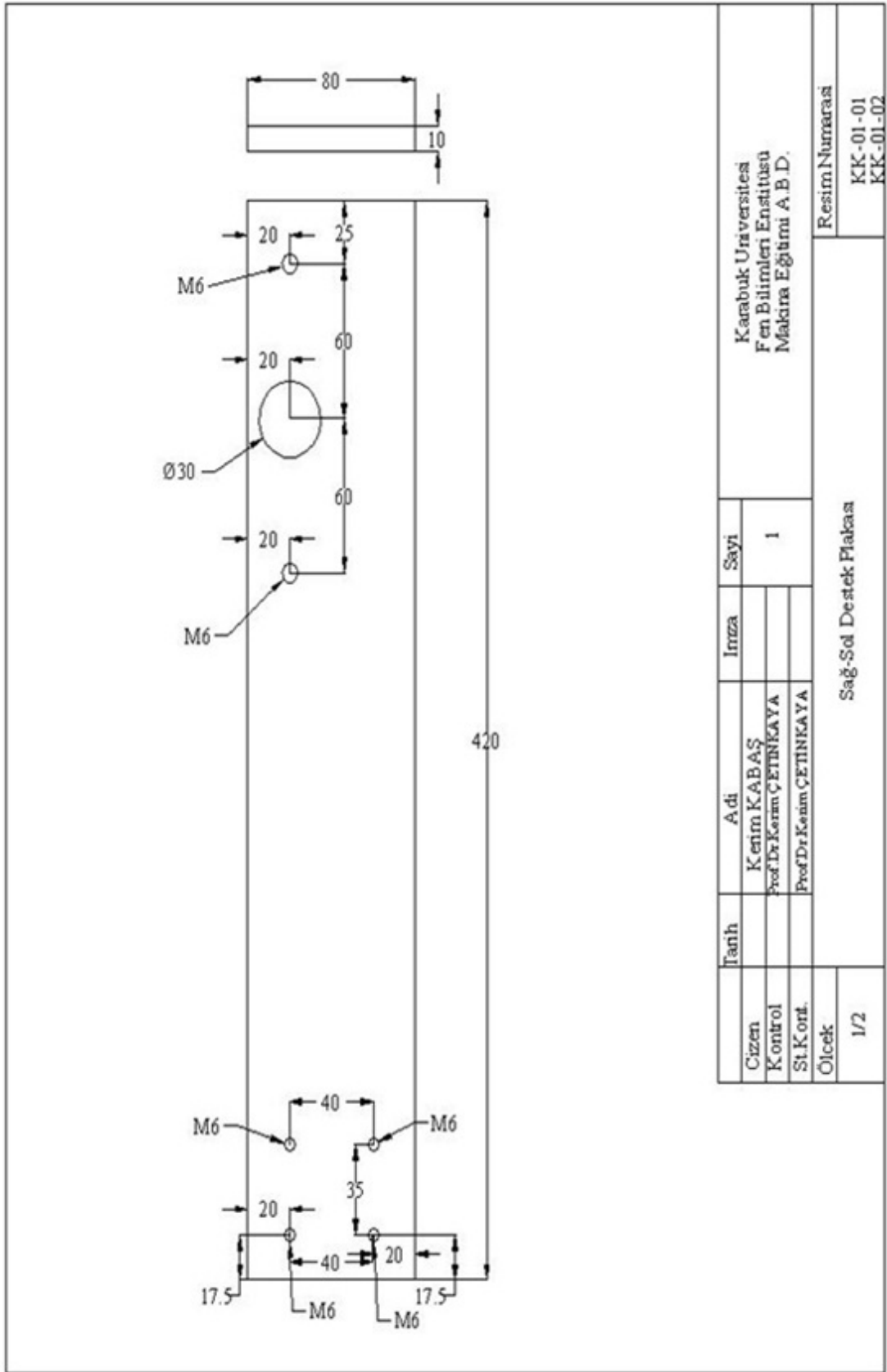


22	Toplam Parça Sayısı				
1	Kesici Takım Motoru Taşıyıcı Plaka	KK-03-10	15	Al99	
1	Kesici Takım Motoru Sabitleme Parçası	KK-03-09	14	Al99	
1	Kesici Takım Motoru 125W 10000-33000 d/dk	Dremel 300	13		Hazır
2	Linear Rulman	Doğa SH 20UU	12		Hazır
1	Somun M14 40x30x20	KK-03-08	11	Pirinç	
2	Eğik Bilyalı Yatak $\phi=10$ D=30	TS 11706	10		Hazır
1	Kaplın	Doğa SRJ 20C	9		Hazır
1	Step Motoru	Vexta 1.6A	8		Hazır
4	Step Motoru Sabitleme Parçası $\phi 8 \times 35$	KK-03-07	7	St37	
2	Step Motoru Bağlatı Parçası $60 \times 18 \times 10$	KK-03-06	6	St37	
1	Inox Vidalı Mil M14x250	KK-03-05	5	Inox	
2	İndüksiyonlu Mil W20	KK-03-04	4	Ck 55	
1	Üst Destek Plakası $150 \times 55 \times 10$	KK-03-03	3	Al99	
1	Alt Destek Plakası $150 \times 55 \times 10$	KK-03-02	2	Al99	
1	Taşıyıcı Plaka $150 \times 250 \times 10$	KK-03-01	1	Al99	
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nr. Standart Nr.	Parça Nr.	Malzeme	Açıklamalar
Cizen	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.
Kontrol		Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA		1	
St.Kont.		Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA			
Ölçek	Masaüstü CNC Freze Tezgahı Z Eksen			Resim Numarası	
1/5				KK-03	

Şekil EK B.4. Z Eksen montaj resmi.



Şekil EK B.5. Tezgahın ölçüleri.



Şekil EK B.6. Tezgahın ölçüleri.

X Ekseni İndüksiyonlu Mil



Y Ekseni İndüksiyonlu Mil



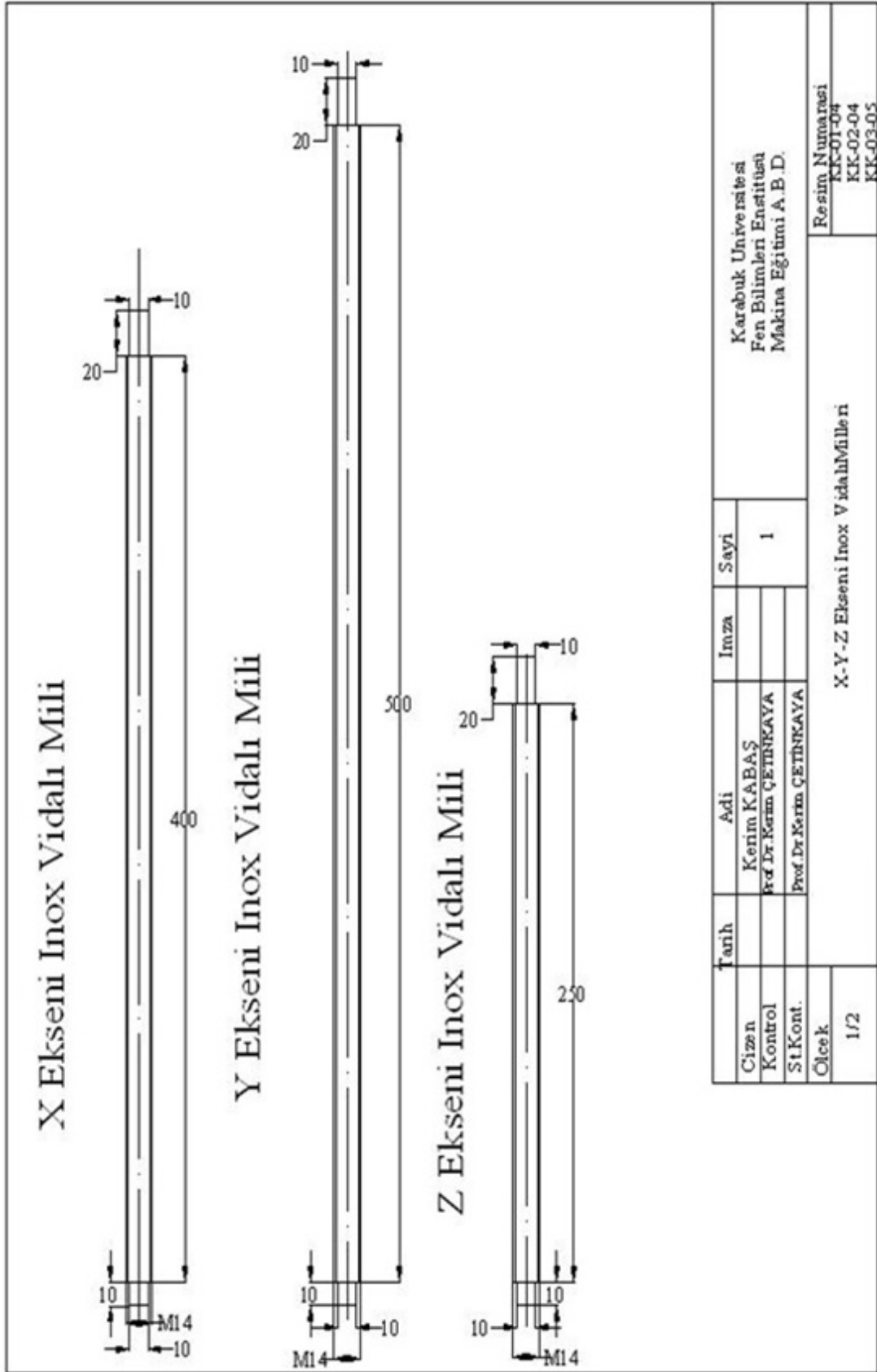
Z Ekseni İndüksiyonlu Mil



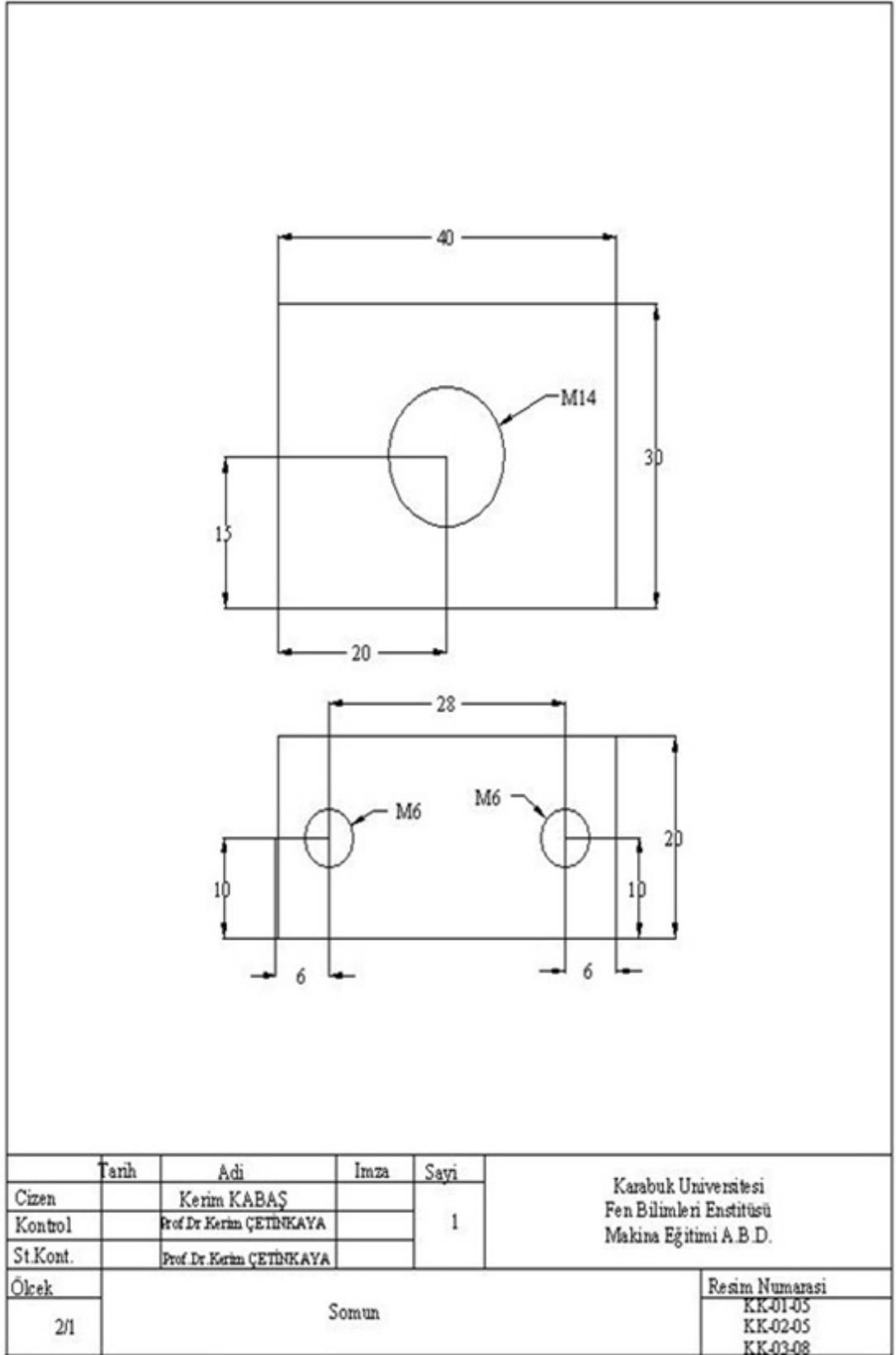
Tarih	Adı	İmza	Sayı
Cizen	Kerim KABAS		1
Kontrol	Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA		
St.Kont.	Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA		
Ölçek			
1/2			

Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.	
Resim Numarası KK-01-03 KK-02-03 KK-03-04	
X-Y-Z Ekseni İndüksiyonlu Milleri	

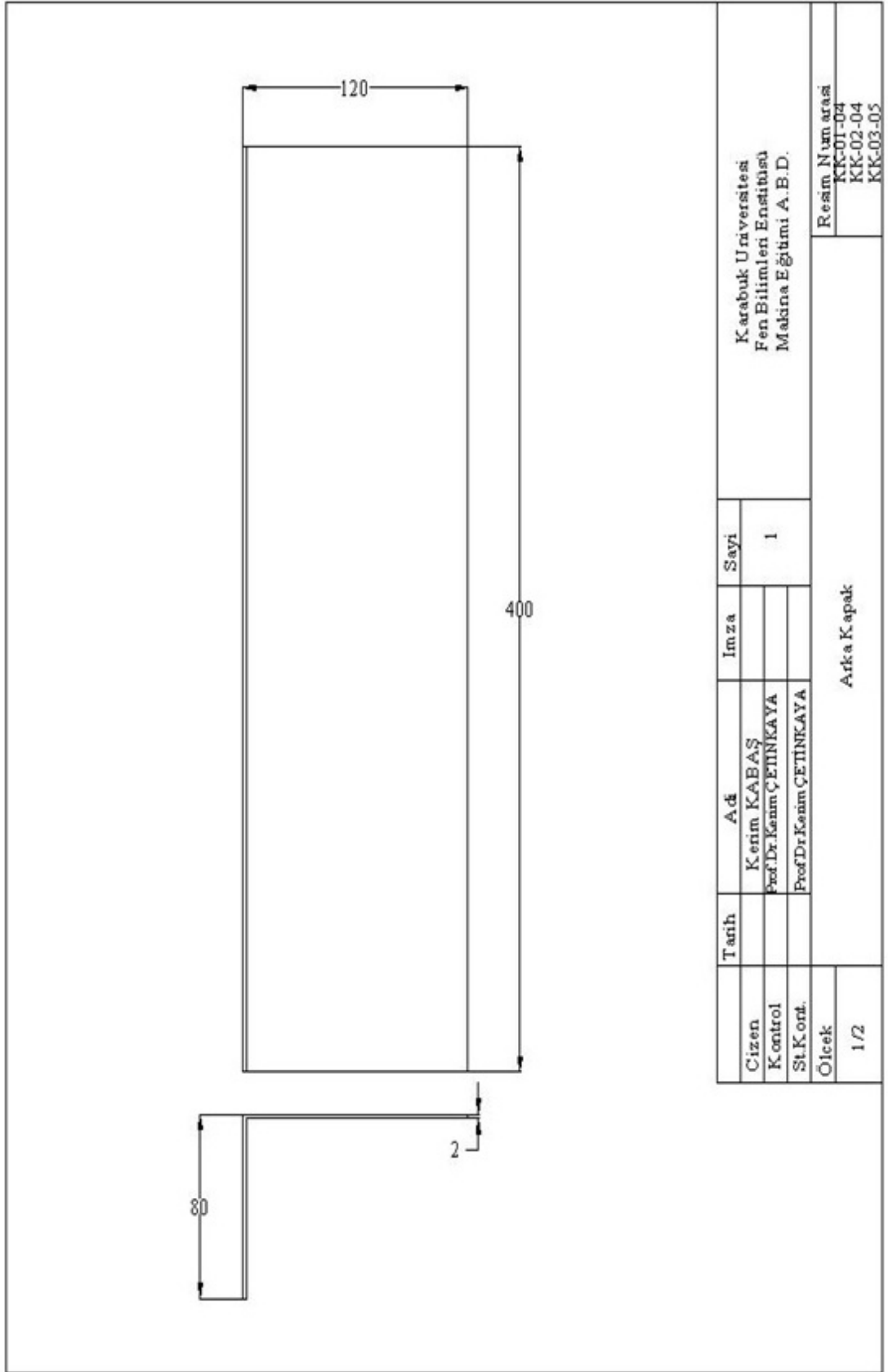
Şekil EK B.7. X-Y-Z eksenleri indüksiyonlu milleri imalat resmi.



Şekil EK B.8. X-Y-Z eksenleri inox vidalı milleri imalat resmi.

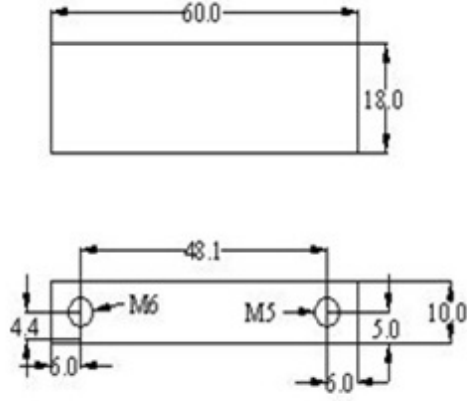


Şekil EK B.9. Somun imalat resmi.



Şekil EK B.10. Arka kapak imalat resmi.

Step Motoru Bağlantı Parçası

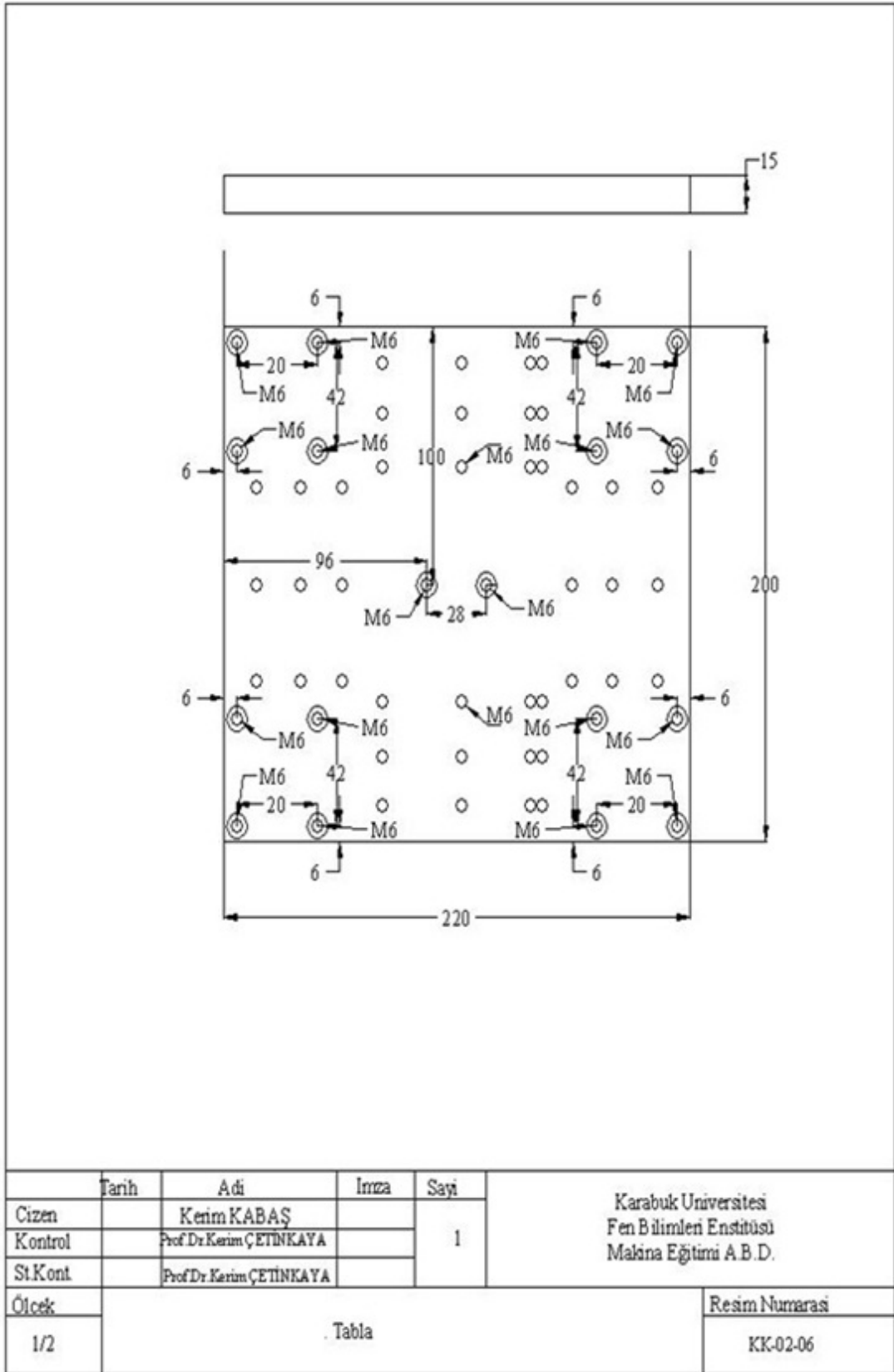


Step Motoru Sabitleme Parçası

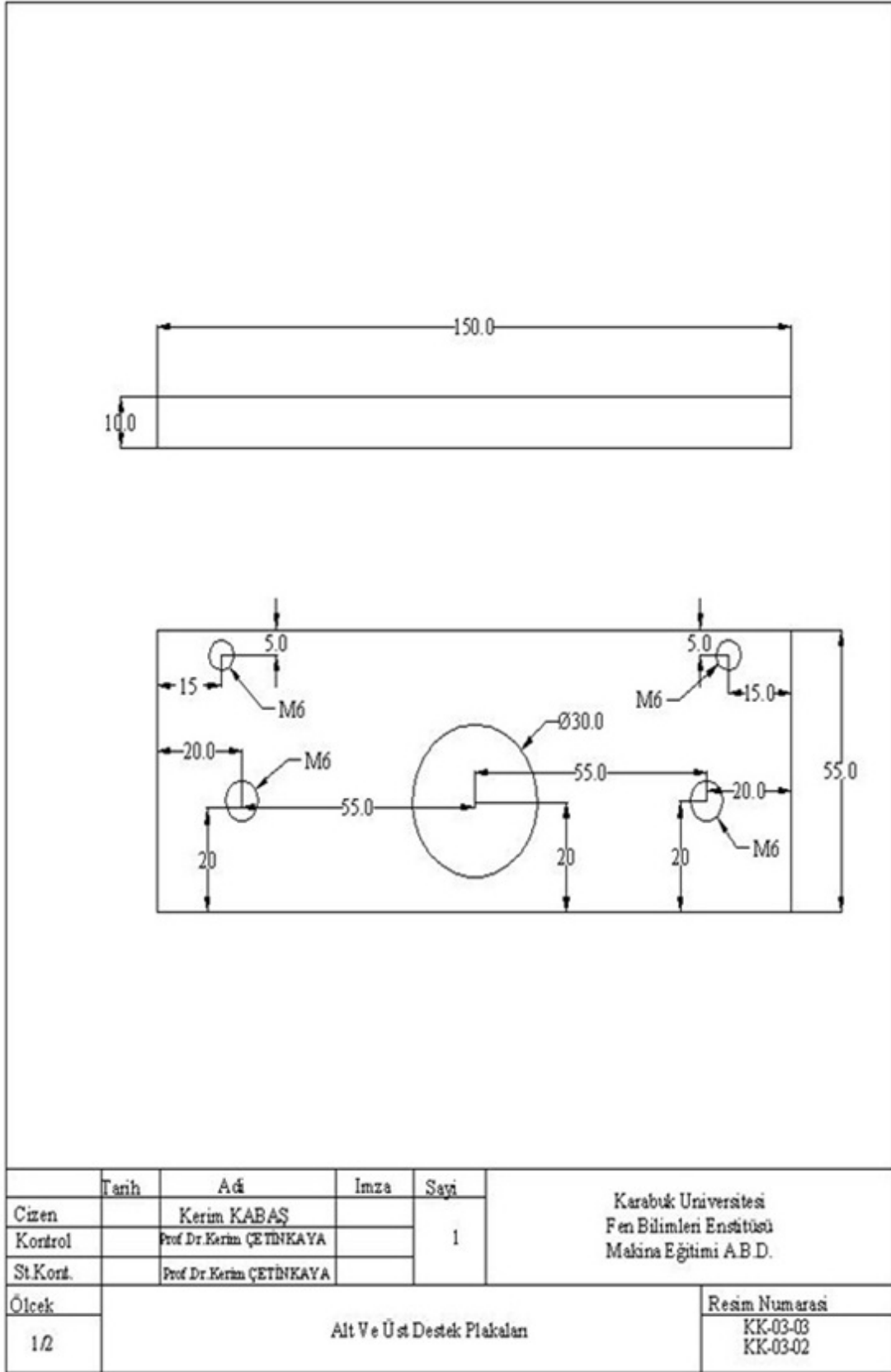


Tarih	Adı	İmza	Sayı	Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.
Cizen	Kerim KABAŞ		1	
Kontrol	Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA			
St.Kont.	Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA			
Ölçek	Step Motoru Bağlantı Ve Sabitleme Parçaları			Resim Numarası
1/1				KK-01-07 KK-01-08 KK-02-08 KK-02-09 KK-03-06 KK-03-07

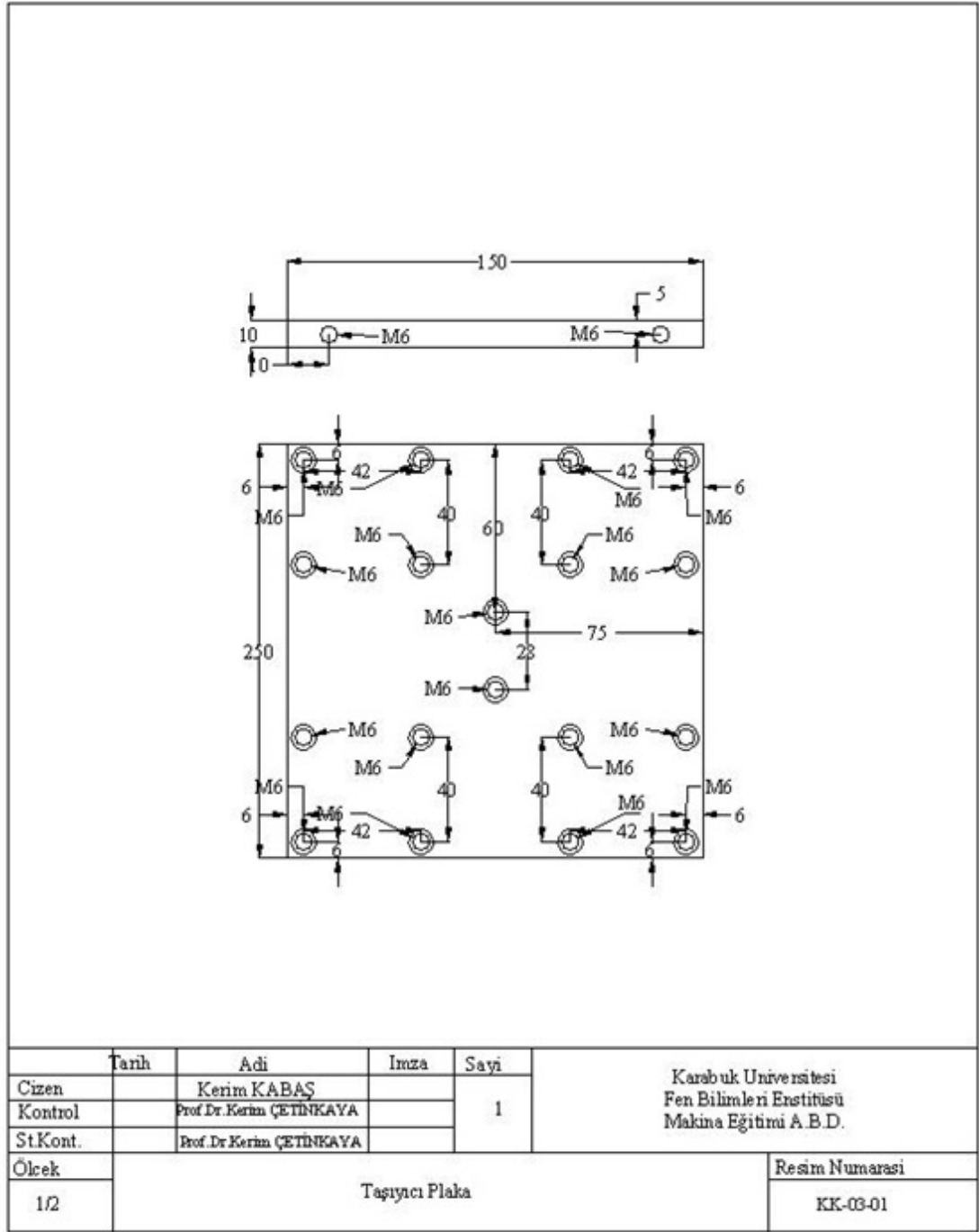
Şekil EK B.11. Step motoru bağlantı ve sabitleme parçaları.



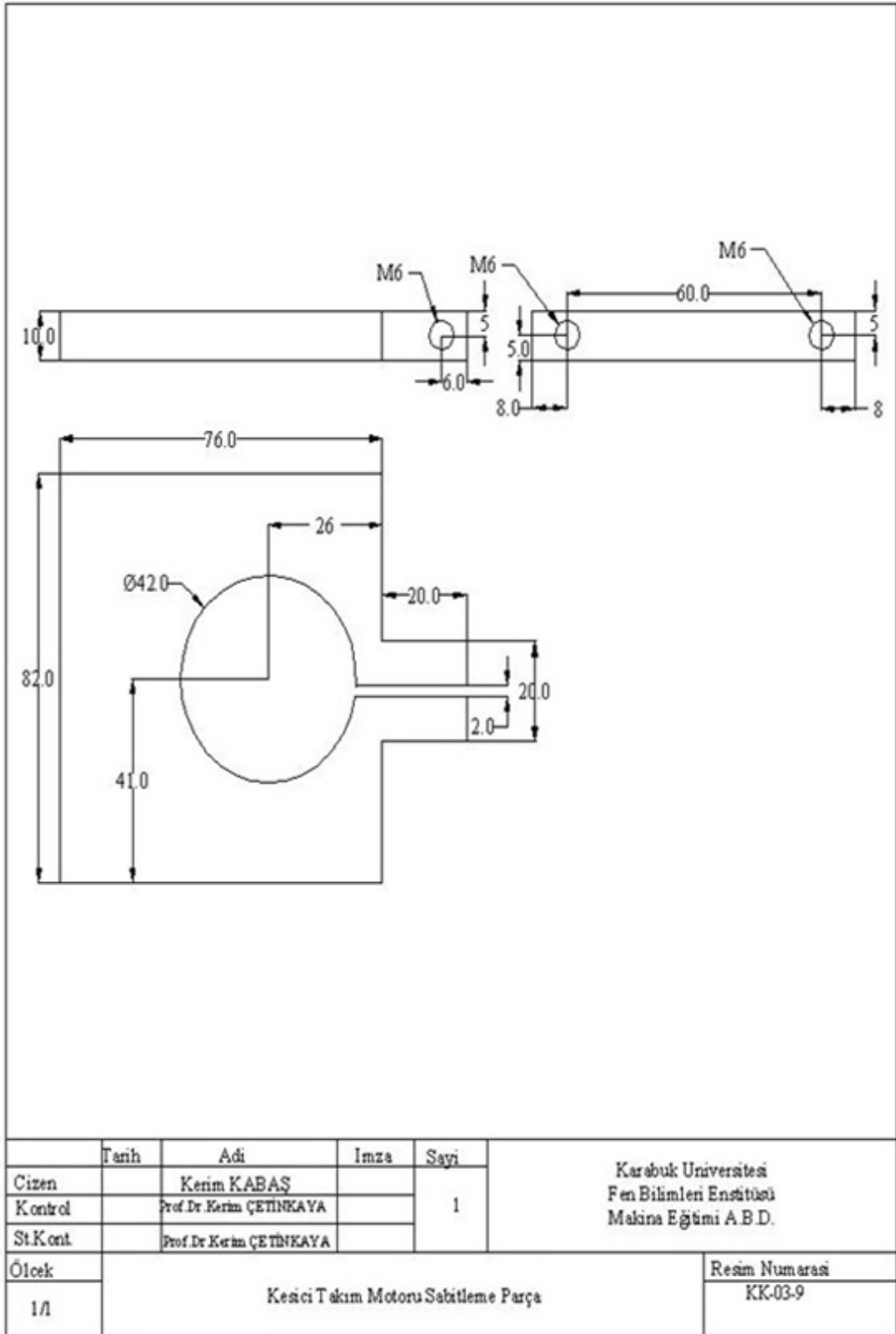
Şekil EK B.12. Tabla imalat resmi.



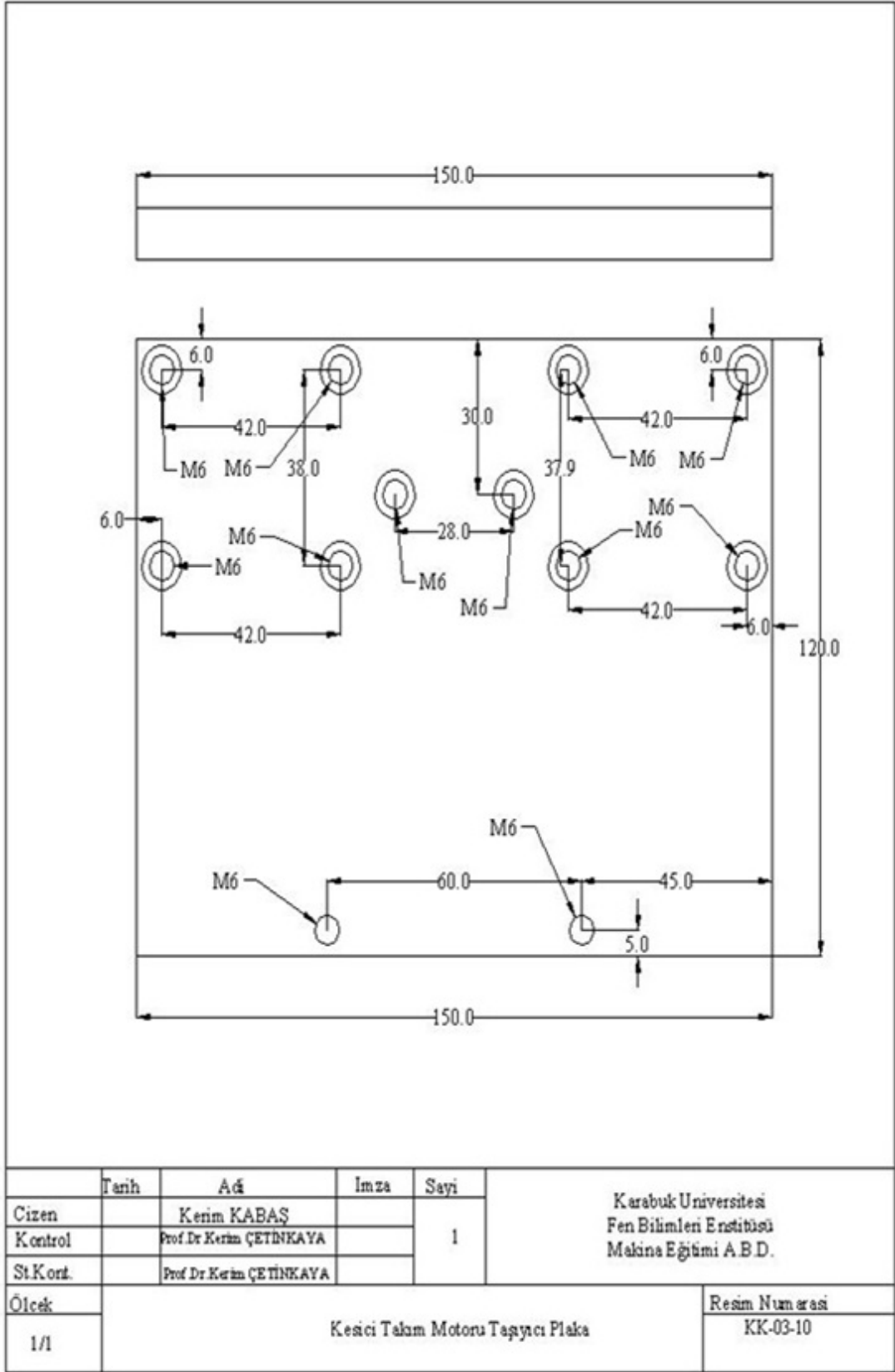
Şekil EK B.13. Alt ve üst destek plakaları imalat resmi.



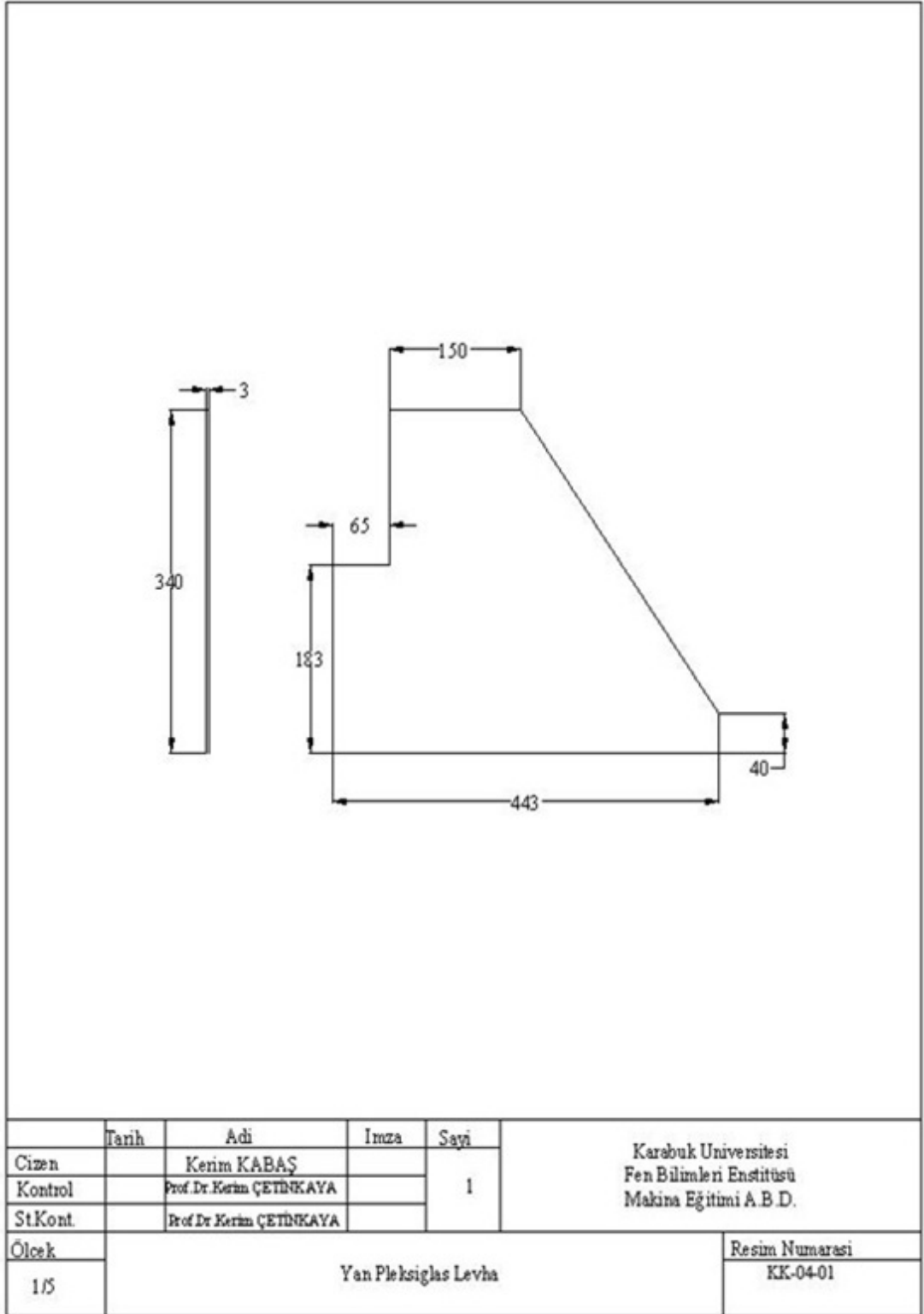
Şekil EK B.14. Taşıyıcı plaka imalat resmi.




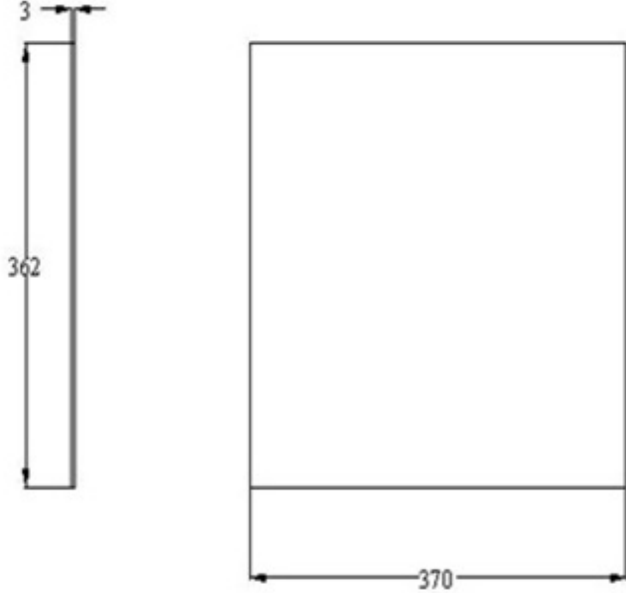
Şekil EK B.15. Kesici takım motoru sabitleme parçası imalat resmi.



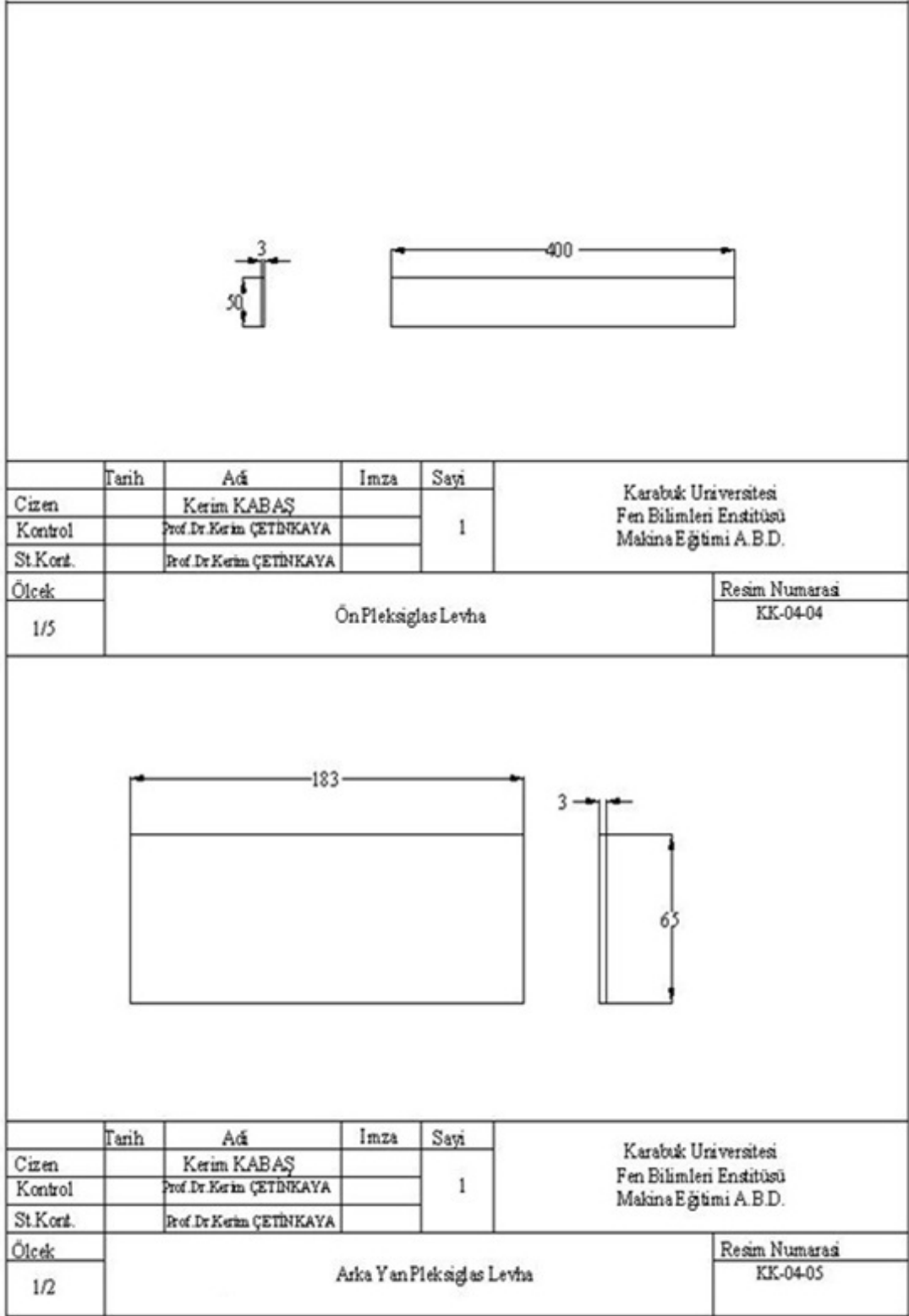
Şekil EK B.16. Kesici takım motoru taşıyıcı plaka imalat resmi.



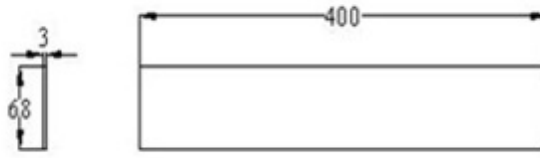
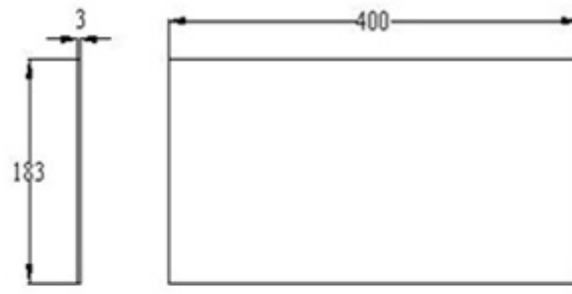
Şekil EK B.17. Yan pleksiglas levha imalat resmi.

					
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.
Cizen		Kerim KABAŞ		1	
Kontrol		Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA			
St.Kont.		Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA			
Ölçek	Ön Üst Pleksiglas Levha				Resim Numarası
1/5					KK-04-02
					
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.
Cizen		Kerim KABAŞ		1	
Kontrol		Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA			
St.Kont.		Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA			
Ölçek	Ön Kapak Pleksiglas Levha				Resim Numarası
1/5					KK-04-03

Şekil EK B.18. Ön ve üst pleksiglas levha imalat resmi.



Şekil EK B.19. Arka ve ön pleksiglas levha imalat resmi.

					
	Tarih	Adi	Imza	Sayi	Karabuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.
Cizen		Kerim KABAŞ		1	
Kontrol		Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA			
St.Kont.		Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA			
Ölçek	Arka Üst Pleksiglas Levha				Resim Numarası
1/5					KK-04-06
					
	Tarih	Adi	Imza	Sayi	Karabuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi A.B.D.
Cizen		Kerim KABAŞ		1	
Kontrol		Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA			
St.Kont.		Prof.Dr.Kerim ÇETİNKAYA			
Ölçek	Arka Ön Pleksiglas Levha				Resim Numarası
1/5					KK-04-07

Şekil EK B.20. Arka üst ve ön pleksiglas levha imalat resmi.