

**MOBİLYA ve DEKORASYON ENDÜSTRİSİNDE
KULLANILACAK BİLGİSAYAR DESTEKLİ
FREZE TEZGAHININ TASARIMI**

Mikail OLAM

**Yüksek Lisans Tezi
Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nihat Tosun**

TEMMUZ - 2012

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOBİLYA ve DEKORASYON ENDÜSTRİSİNDE
KULLANILACAK BİLGİSAYAR DESTEKLİ
FREZE TEZGAHININ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mikail OLAM

(08220101)

Anabilim Dalı: Makine Mühendisliği

Programı: Konstrüksiyon ve İmalat

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nihat TOSUN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 05.06.2012

TEMMUZ - 2012

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOBİLYA ve DEKORASYON ENDÜSTRİSİNDE
KULLANILACAK BİLGİSAYAR DESTEKLİ
FREZE TEZGAHININ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mikail OLAM

(08220101)

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.06.2012
Tezin Savunulduğu Tarih : 03.07.2012**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nihat TOSUN (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Vedat SAVAŞ (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Latif ÖZLER (F.Ü)

TEMMUZ - 2012

TEŞEKKÜR

Hazırladığım bu çalışmada bana çalışmamı öneren, çalışmalarında beni her zaman büyük özveriyle destekleyen ve çalışmamın bütün aşamalarında her türlü yardımı gösteren danışmanım Sayın Doç. Dr. Nihat TOSUN'a, teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmada aynı zamanda Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından MF.11.19 nolu proje olarak desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı FÜBAP'a teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışma süresince manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme ve sevdiklerime teşekkür ederim.

Mikail OLAM

ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VIII
TABLolar LİSTESİ	X
KISALTMALAR	XI
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. CNC Takım Tezgahları	6
2.1.1. Tezgah	7
2.1.2. Tezgah Kontrol Birimi	11
2.1.3. Tezgah Güç Üniteleri.....	14
3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHININ TASARIMI.....	19
3.1. Tezgahın Çalışma Prensipleri.....	19
3.2. Tezgâh Ana Gövdesi, Hareket ve Yataklama Sistemleri	22
3.3. Mekanik Sistemde Kullanılan Diğer Parçalar	24
3.4. Tezgâha Ait Hesaplamalar	25
3.4.1. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücünün Hesaplanması	26
3.4.1.1. Kesme Kavrama Açısının Hesaplanması	29
3.4.1.2. Kesme Hızı ve İlerlemenin Hesaplanması.....	30
3.4.1.3. Ortalama Talaş Kesitinin Hesaplanması	30
3.4.1.4. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması.....	31
3.4.1.5. Kesme Gücünün Hesaplanması	32
3.5. Vidalı Milin Hesapları	32
3.5.1. Vida Mili Adımının Hesaplanması.....	32
3.5.2. Vidalı Mil ve Somunun Seçimi	33
3.5.3. Vida Uzunluğunun Hesaplanması	35

3.5.4. Vidalı Milin İzin Verilen Maksimum Devir Sayısının Hesaplanması	36
3.5.5. Vidalı Miller Üzerine Gelen Yükler	37
3.5.6. Vidalı Millerin Rijitlik Kontrolü	37
3.6. Ray ve Araba Hesapları	38
3.6.1. Yer Çekim Kuvvetinin Hesaplanması	39
3.6.2. Z Eksenine Yönündeki Kuvvetin Hesaplanması	40
3.6.3. Y Eksenine Yönündeki Kuvvetin Hesaplanması	40
3.6.4. X Eksenine Yönündeki Kuvvetin Hesaplanması	41
3.6.5. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması	42
3.6.6. Sürtünme Kuvvetinin Hesaplanması	42
3.6.7. X Eksenine Etki Eden Toplam Kuvvetin Hesaplanması	42
3.6.8. Toplam Araba Kuvvetinin Hesaplanması	42
3.6.9. Kesme Momentinin Hesaplanması	43
3.6.10. İvmelenme Momentinin Hesaplanması	43
3.6.11. Y Eksenine Yönündeki Kuvvetin Oluşturduğu Momentinin Hesaplanması	44
3.6.12. X Eksenindeki Toplam Momentin Hesaplanması	44
3.6.13. M_{OLTA} Moment Toplamlarının Hesaplanması	44
3.6.14. M_{OQT} Moment Toplamlarının Hesaplanması	45
3.6.15. M_{OQTA} Moment Toplamlarının Bulunması	45
3.6.16. Arabaların Güvenlik Kontrolü	45
3.7. Servo Motor Hesapları	47
3.8. Güç Kaynağı	47
3.9. Tezgâhta Kullanılan Servo Motorlar	48
3.10. Tezgahta Kullanılan Servo Sürücüler	49
3.11. Tezgahta Kullanılan Hareket Kontrol Kartı	50
4. PROGRAM ARAYÜZÜ	53
4.1. Çalışma Prensibi	53
4.2. Başlık Çubuğu	55
4.3. Şekil Oluşturma Alanı	55
4.4. Menü Çubuğu	55
4.4.1. Dosya Menüsü	55
4.4.2. Düzen Menüsü	56
4.4.3. Ayarlar Menüsü	57

4.4.4. Çalıştır Menüsü	58
4.4.5. Resim Menüsü	58
4.4.6. Yardım Menüsü	59
4.5. Anlık Durum Göstergesi.....	59
4.6. İşleme Ayarı, Çoklu İşlem ve Resim Penceresi	59
4.6.1. İşleme Ayarı Penceresi	59
4.6.2. Çoklu İşlem Penceresi	60
4.6.3. Resim Ayarı Penceresi.....	61
4.7. Tezgaha Aktar Penceresi	62
4.8. Cep Boşaltma Penceresi	62
4.9. Hızlı Erişim Düğmeleri	63
4.10. Uygulama Çalışması.....	64
5. SONUÇLAR.....	67
KAYNAKLAR.....	69
EKLER	72
ÖZGEÇMİŞ.....	89

ÖZET

Bu çalışmada, küçük veya büyük ölçekli mobilya ve dekorasyon imalat endüstrisinde kullanılmak üzere bir bilgisayar destekli freze tezgâhının tasarımı ve imalatı yapıldı. Bu freze tezgâhı, mobilya ve dekorasyon endüstrisinde ağaç ve ağaç türevli malzemelerden üretilecek eğrisel geometrilere sahip bir iş parçanın iki boyutlu teknik resmine ait çizgilerini takip ederek otomatik olarak işleyebilen bir freze tezgâhıdır. Bu freze tezgâhı, CNC takım tezgâhları gibi kesme işlemine başladıktan sonra operatörün müdahalesine ihtiyaç duymadan otomatik olarak kesme işlemini gerçekleştirmektedir. CNC kodlarının elde edilmesine ihtiyaç duyulmaması, klasik mobilya imalat tezgâhlarındaki gibi kesme işleminin her anında hem operatöre hem de operatörün tecrübesine gereksinim duymaması nedeniyle minimum zaman ve çaba harcayarak iş yapma yeteneği freze tezgâhının, diğer klasik ve CNC takım tezgâhlarından en önemli farkını açıkça ortaya koymaktadır. İmal edilen tezgah mobilya ve dekorasyon imalat sektörü için bir çok kolaylık sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mobilya, Dekorasyon, Freze tezgâhı

SUMMARY

In this study, a computer aided milling machine designed and manufactured for using in the small or the large-scale furniture and decoration manufacturing industry. This milling machine is machine tools that can automatically machine by following the lines belong to two-dimensional technical drawing of a work piece with curved geometry produced from wood and wood derived materials in furniture and decoration industry. This milling machine automatically cut without the need for operator's intervention after the cutting operation starts, such as CNC machine tools. This milling machine tool does not need to CNC codes, both the operator and the operator's experience that is required at every moment of the cutting process in classic furniture machine tools. For this reasons, it is clearly seen that the most important difference among optical milling machine and other conventional and CNC machine tools is operation ability with the minimum time and effort. The optical milling machine manufactured provides many amenities for the furniture and decoration industry.

Keywords: Furniture, Decoration, Milling Machine

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. CNC tezgah gövdesi.....	8
Şekil 2.2. Bilgisayar destekli freze tezgahının gövde malzemesi.....	9
Şekil 2.3. Bilyeli vida sistemi iç yapısı (URL-6, 2011).	10
Şekil 2.4. GTEN marka FSU 2005-4 bilyeli vida ve somun (URL-3, 2011).	10
Şekil 2.5. Endüstriyel CNC tezgahlarda kullanılan doğrusal yataklar	11
Şekil 2.6. BMA30 araba ve kızak (URL-3, 2011).	11
Şekil 2.7. CNC kontrol panosu (URL-5, 2011).	12
Şekil 2.8. Genel bir çevre biriminin bilgisayara bağlantı şeması	13
Şekil 2.9. Servo motor prensip şeması	15
Şekil 2.10. AC Servo motor kesiti	17
Şekil 2.11. Üç fazlı AC servo motor sürücü devre şeması ve faz gerilimi.....	18
Şekil 3.1. Tezgah ve eksenleri	19
Şekil 3.2. Kablosuz lazer kalem fare	20
Şekil 3.3. Tezgah üzerindeki çizim program arayüzüne aktarılması.....	21
Şekil 3.4. Çizimin program arayüzünde ki görünümü	21
Şekil 3.5. a) X eksenine ait lineer kızak montajı, b) x, y ve z yönlerindeki servo motorlar.....	22
Şekil 3.6. Y ve Z eksenlerine ait yataklama sistemleri.....	23
Şekil 3.7. X yönündeki hareket iletim sistemi.....	24
Şekil 3.8. X, Y ve Z yönlerindeki vidalı miller ve bilyeli vida somunları	24
Şekil 3.9. Bilgisayar destekli freze tezgahının diğer önemli parçaları	25
Şekil 3.10. Alın frezeleme (Akkurt, 1985).	26
Şekil 3.11. Aynı yönde asimetrik frezeleme (Akkurt, 1985).	26
Şekil 3.12. Talaş kesiti (Akkurt, 1985).	27
Şekil 3.13. Vidalı mil ve yatakları	36
Şekil 3.14. İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değişimi (Comtop, 2004).	36
Şekil 3.15. X ekseninde bulunan 4 adet BMA-30 bilyalı arabanın konumu	39
Şekil 3.16. X eksenin 1 numaralı arabaya etki eden kuvvet ve momentler.....	39

Şekil 3.17. Kuvvet ve momentlerin tablo 3.4'deki karşılıkları (Schneeberger, 2004).	46
Şekil 3.18. 24V Güç kaynağı.....	47
Şekil 3.19. Jobao marka QS5AA015M nolu servo sürücü.....	49
Şekil 3.20. Tezgahın güç ünitesi.....	50
Şekil 3.21. ADT 8948A1 hareket kontrol kartı	51
Şekil 3.22. ADT 8948A1 ile ADT 9162 bağlantı şekli	52
Şekil 4.1. Program ara yüzü.....	53
Şekil 4.2. Başlık çubuğu	55
Şekil 4.3. Dosya menüsü	55
Şekil 4.4. Düzen menüsü	56
Şekil 4.5. Çizim tipi.....	57
Şekil 4.6. Ayarlar menüsü	57
Şekil 4.7. Çalıştır menüsü.....	58
Şekil 4.8. Resim menüsü	58
Şekil 4.9. Resim menüsü	59
Şekil 4.10. Anlık durum göstergesi	59
Şekil 4.11. İşleme ayarı penceresi	60
Şekil 4.12. Çoklu işlem penceresi	60
Şekil 4.13. Resim ayarı penceresi.....	61
Şekil 4.14. Tezgaha aktarma penceresi	62
Şekil 4.15. Cep boşaltma penceresi	63
Şekil 4.16. Cep boşaltma işlemi	63
Şekil 4.17. Hızlı erişim düğmeleri.....	63
Şekil 4.18. İki boyutlu çizim	64
Şekil 4.19. İki boyutlu çizimin fare ile taranması.....	65
Şekil 4.20. İki boyutlu çizimin program arayüzünde görünümü	65
Şekil 4.21. İstenilen çizimin işlenmesi	66

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Sert metal plaketli freze başlıkları için kesme hızları ve ilerleme değerleri	28
Tablo 3.2. Basitleştirilmiş yöntemle ks'nin değeri	31
Tablo 3.3. Vidalı mil özellikleri çizelgesi	35
Tablo 3.4. Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi	46
Tablo 3.5. ACH-06040D servo motorun özellikleri	48
Tablo 3.6. ACH-06040D servo motorun bağlantı kabloları	49

KISALTMALAR

NC	: Numerical Control
CNC	: Computer Numerical Control
DNC	: Direct Numerical Control
CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer Aided Manufacturing
PWM	: Darbe Genişlik Modülasyonu
DC	: Direkt Akım
AC	: Alternatif Akım
PCI	: Peripheral Component Interconnect
PLC	: Programmable Logic Control

SEMBOLLER LİSTESİ

a_p	: Kesme derinliği
A_s	: Ortalama talaş kesiti
b	: Talaş genişliği
B	: Yana kayma değeri Statik yük kapasitesi değeri
C_a	: Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi
C_{oa}	: Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi
D	: Takım çapı
d_r	: Vidanın diş dibi çapı
f	: Maksimum sehım değeri
F	: Eksenel yük, Uygulanılan kuvvet
F_e	: Ortalama Yük
F_H	: Hızlanma sırasında vidalı mil üzerine gelen yükler
$F_{ivmelenme}$	: Hızlanma sırasında uygulanması gereken kuvvet
F_{kesme}	: Kesme işlemi için gerekli olan kuvvet
F_{max}	: Maksimum Yük
F_{min}	: Minimum Yük
F_s	: Ortalama kesme kuvveti
F_{sz}	: Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti
f_s	: Emniyet katsayısı
$F_{sürtünme}$	: Sürtünme kuvveti
F_{toplam}	: Toplam kuvvet
$F_{toplam\ araba}$	: Araba başına düşen kuvvet miktarı
F_x	: X Yönündeki kuvvet
F_y	: Y Yönündeki kuvvet
F_z	: Z Yönündeki kuvvet
f_w	: Emniyet katsayısı
f	: İki ucu da sabit mafsallarla tutturulmuş yataklama için öngörülen katsayı
g	: Yerçekimi ivmesi
G	: Vidalı milin hareket ettirdiği toplam obje ağırlığı
h_m	: Talaşın ortalama kalınlığı
k	: Alttan mafsallanmış sabitlemeler için verilen katsayı

l_3	: En küçük adım aralığı
L_{vida}	: Vida uzunluğu
$L_{\text{kayıp}}$	: Konstrüksiyon gereği kayıp olan uzunluk
L_{strok}	: Maksimum strok
L_{somun}	: Somun uzunluğu
$L_{\text{uç}}$	: Uç için ayrılan uzunluk
L_h	: Hedeflenen ömür
L_s	: Serbest uzunluk
L_t	: Tahmini vidalı mil ömrü
L_v	: Vidalı milin uzunluğu
L	: Vidalı milin adım uzunluğu
M_G	: Ağırlığın oluşturduğu moment
$M_{\text{ivmelenme}}$	: İvmelenme kuvvetinin oluşturduğu moment
M_{kesme}	: Kesme kuvvetinin oluşturduğu moment
M_{OLT}	: Araba eksenindeki toplam moment
M_{OLTA}	: Araba eksenindeki herbir araba başına düşen toplam moment
M_{OQT}	: Araba eksenindeki toplam moment
M_{OQTA}	: Araba eksenindeki herbir araba başına düşen toplam moment
M_x	: F_x kuvvetinin oluşturduğu moment
M_y	: F_y kuvvetinin oluşturduğu moment
n	: Devir sayısı
n_{maks}	: İzin verilen maksimum devir sayısı
P	: Gerekli güç
P_s	: Kesme için gerekli olan güç
q	: Bilyalı yataklar için verilen katalog değeri katsayı
S_z	: Bir dişe karşılık gelen ilerleme miktarı
V	: Boşta hareket hızı
$V_{\text{max}(x)}$	: X yönündeki maksimum hız
$V_{\text{max}(y)}$	: Y yönündeki maksimum hız
$V_{\text{max}(z)}$	: Z yönündeki maksimum hız
z	: Takım diş sayısı
α	: İvme
$\alpha_{\text{max}(x)}$	: X yönündeki maksimum ivme

$\alpha_{\max(y)}$	: Y yönündeki maksimum ivme
$\alpha_{\max(z)}$	: Y yönündeki maksimum ivme
Δt	: Hızlanma/yavaşlama zamanı
μ	: Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı
η	: Verim
π	: Pi sayısı
ϕ_1	: Kavramaya giriş açısı
ϕ_2	: Kavramadan çıkış açısı
χ	: Yerleştirme açısı

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda bilgi ve teknoloji alanındaki baş döndürücü gelişmeler, işletmelerin yeniden yapılanma sürecine girmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu gelişim ve gelişim hareketlerinin neticesi olarak, günümüz işletmecilik felsefesi ve işletmecilik alanında da bir takım önemli teknolojik yenilikler gerçekleşmektedir. Yeni teknolojik gelişmeler sayesinde, kaynakların daha verimli kullanılması ve rekabet gücünün artırılması mümkün olabilmektedir (Kazan ve Uygun, 2002). Sanayinin ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte pek çok alanda yeni ve kullanım alanı çok geniş olan birçok makine üretilmiştir. Sanayinin ilk yıllarında bu makinelerin ana hedefi üretim ihtiyaçlarını en kısa sürede gidermek olmuştur. Günümüzde ise bu makineler ihtiyaçtan daha ileri gidilerek üretimin vazgeçilmez birer parçası haline gelmiştir. Üretimde imalat sürelerinin kısaltılması, imalat kalitesinde standart sağlanması ve imalat maliyetinin düşürülmesi teknolojik gelişmelerin ana hedeflerini oluşturmaktadır. Bu hedefler, ancak bilgisayar destekli tezgâhlar ve otomasyon ile ulaşmak mümkündür (Uyar ve Yardımoğlu, 1992).

İmalatın amacı, hammadde halinde bulunan herhangi bir malzemeyi, belirli bir amaca yönelik olarak işleyerek çeşitli yöntemlerle bir dönüşümü gerçekleştirmektir. İmalat sanayinde, metal, ahşap, plastik ve taş gibi malzemeleri işleyen ve bunlara belirli bir şekil veren üretim araçlarına takım tezgâhı adı verilir (Akkurt, 1999).

Üretim aracı olarak takım tezgâhlarının kullanılması insanlık tarihiyle başlar. Ancak 19. asrın başlangıcında İngiltere ve diğer Batı Avrupa ülkelerinde sanayi devriminin başlamasıyla, takım tezgâhları günümüzdeki anlamı ile hızlı bir gelişme göstermiş ve bu ülkelerde, sanayinin bel kemiğini oluşturan güçlü bir takım tezgahı sanayi kurulmuştur. Türkiye’de çeşitli sektörlerde farklı düzeylerde olmakla beraber ileri teknoloji uygulamalarının yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Özellikle CNC tezgâh odaklı bilgisayar destekli üretim uygulamalarında ülkemizdeki öncü sektörlerden birisi mobilya endüstrisidir. 1990’lı yılların başında, mobilya ve orman ürünleri endüstrisi için bilgisayar destekli üretim uç noktalarda bir uygulama alanı olarak görülmüştür. Özellikle hem sipariş ağırlıklı hem de seri üretiminin bir arada görüldüğü mobilya endüstrisi, bazen esnekliğin bazen otomasyonun çok önemli olduğu, kullanılan girdi çeşitliliği ve malzeme yapısındaki farklılıklarla önemli mühendislik becerisini gerektiren bir sektör olmuştur. Başta lüks bir uygulama gibi görülen bilgisayar destekli üretim uygulamalarının, kısa bir süre içerisinde

üretimdeki olumsuzlukların aşılması için zorunlu hale gelmiş ve hızla endüstride yaygınlaşmıştır (Koç ve Koç, 2005).

Nümerik kontrol fikri II. Dünya Savaşı'nın sonlarında ABD hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan karmaşık uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgâhları ile üretilmesi mümkün değildi. 1952 yılında ilk olarak bir freze tezgâhı nümerik kontrol ile donatılarak bu alandaki ilk başarılı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler nümerik kontrollü sistemleri de etkilemiş ve günümüzde CNC kavramının doğmasına öncülük etmiştir (Esin, 1992).

NC tezgâhlar Orman Ürünleri Endüstrisine metal işleme göre 10-15 yıllık bir gecikme ile girmiş ve NC makinelerin ağaç işleme alanının tümüne ulaşması ve ağaç malzemenin işlenmesinde kullanılması 1980'li yıllarda gerçekleşmiştir. Türkiye'de 1980 yılından sonra bu teknolojilere ilgi başlamış ve bazı sanayi kuruluşları NC ve CNC tezgâhları ithal ederek uygulamalarında bu teknolojiyi kullanmaya başlamışlardır (Koç ve Koç, 2005).

Kurtoğlu ve Koç (1996) tarafından yapılan bir çalışmada, büyük ölçekli işletmelerin % 53'ünde sınırlı düzeyde de olsa bilgisayar desteği sağlanmaya başlandığı tespit edilmiştir. Özellikle tasarımda (%47), üretim planlamada (%53), CNC ile üretim (%53), stok kontrolde (%47), ürün dağıtımı (%47) ve kalite kontrolde (%33) bilgisayar desteği görülmüştür. Orta ve küçük ölçekli işletmelerde ise üretim, kalite kontrol ve bakım planlamada bilgisayar desteği sağlanmamakla birlikte; ürün tasarımında, üretim planlamada, stok kontrolde ve ürün dağıtımında %5-15 arasında bilgisayar desteği belirlenmiştir.

Öner (1998), tarafından yapılan bir çalışmada ise, Türkiye mobilya endüstrisinde görülen NC ve CNC makinelerinin; CNC levha ebatlama, NC-CNC kenar işleme, NC kenar bantlama, NC-CNC delik delme, CNC freze ve işleme merkezi, NC membran pres, NC zımpara ve bilgisayar kontrollü cila hattı makineleri olduğu görülmüştür.

Aksu vd. (2002) tarafından yapılan bir araştırmada, 25 ve daha fazla çalışanı olan 300 adet işletmenin %24'ü yeni teknoloji diye tanımlanan makinelere sahip iken, tamamen eski teknolojilerle çalışan işletmelerin oranının ise %13 olduğu belirtilmiştir. Toplam 4800 adet makinenin %8'i ileri teknoloji makineleri olarak tanımlanmıştır. Araştırma döneminde işletmelerin %17'si 1 yıl içerisinde %47'si ise 3 yıla kadar CNC tezgâhı almayı düşündüklerini belirtmişlerdir. 2004 yılına gelindiğinde Türkiye mobilya

işletmelerinin bilgisayarla bütünleşik üretime yönelme konusunda önemli gelişmeler göstermiştir. Bu açıdan İstanbül Sanayi Odası kayıtlı ve son 1 yıl içerisinde kapasite raporu almış 40 mobilya işletmesi değerlendirildiğinde, ortalama 25 ve daha fazla çalışanı olan bu işletmelerin %50'sinde en az bir adet CNC tezgāh bulunduğu belirlenmiştir. CNC tezgāhların %40'ı CNC levha ebatlama, %30'u CNC işleme merkezi ya da freze, delik ve çoklu işlem makinesi, % 16'sı kenar işlem makineleri, %8'i masif işlemeye yönelik CNC freze ve diğer makinelerdir.

Sevim (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise Marmara bölgesinde 25 ve daha fazla çalışanı olan mobilya işletmeleri incelenmiş ve bu işletmelerde üretimde kullanılan CNC makinelerin varlığı aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Büyük lekli olarak adlandırılabilcek aslında KOBİ statüsünde değerlendirilmesi daha uygun olan bu işletmelerin yaklaşık %60'ında en az bir adet CNC tezgah bulunmaktadır. Sadece Marmara bölgesi dikkate alındığında 115 adet CNC tezgahın varlığı görülmektedir. Marmara bölgesinin mobilya endüstrisindeki payının yaklaşık %40-48 olduğu dikkate alınırsa Türkiye'deki CNC tezgāh varlığının 300'n üzerinde olduğu (320-350 adet) söylenebilir.

Bir CNC tezgāhın 70.000-110.000 Euro arasında değişmekle beraber ortalama 90.000 Euro olduğu dikkate alınırsa CNC teknolojisinin işletmeler için finansal açıdan da önemli bir yatırım olduğu açıktır. CNC tezgāhlarının yüksek ücretlerle satılması, tezgāh üretim maliyetlerini düşürmek için yeni fikirlerin doğmasına neden olmuştur. Bu fikirlerin başında, klasik ve NC takım tezgāhlarının yeniden donatılarak CNC tezgāhına dönüştürülmesi gelmektedir. 80'li yıllardan itibaren dünya çapında yeniden donatım tesislerinin kurulması bu fikrin benimsendiğinin en önemli kanıtıdır. Sanayi, daha çok CNC tezgāh ve parçalarının ithal edilmesi ve üretilmesi konularına yoğunlaşmıştır (Uyanık vd. 2009). NC veya mekanik takım tezgāhlarının, CNC hale getirilmesi konusunda Türkiye'de yapılan birçok akademik çalışma mevcuttur (Pişkin, 1996; Özdeveci, 2001; Polat, 1998; şahbaz, 1998; üstün, 1999).

1989-90 yılında İstanbül OPSAş otomotiv yan sanayinde bir CNC torna adaptasyonu çalışmasını yapılmıştır. CNC torna adaptasyonuna tamamen uygun mekanik yapıya sahip olan, kontrol teçhizatı bozulmuş bir NC torna tezgāhı alınarak, NC teçhizatı sklp çıkarılmış, geri kalan mekanik aksamı revizyondan geçirilerek yenilenmiştir (Yılmaz ve Birinci, 1998).

Mendi ve Külekçi (2000), PLC (Programmable Logic Control – Programlanabilir Lojik Kontrol) yardımıyla bir pres tezgahının prototipinin tasarımı ve imalatını gerçekleştirerek, programlanabilir hale dönüştürmüştür.

Gürbüz (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, genel amaçlı masa üstü bir tornanın bilgisayar denetimli hale dönüştürülmesinde adım motor ve adım motor sürücülerinin seçimini mekatronik açıdan incelenmiştir.

Uyanık vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise, 3 eksenli bir NC yüzey işleme tezgâhına kontrol ve sürücü üniteleri eklenerek yeniden yapılandırılmıştır. Yüzey üzerinde istenen şeklin çıkarılmasında doğrusal ve dairesel interpolasyon hareketlerinin gerçekleştirilebilmesi için bir eksen sürücü algoritması geliştirilmiştir. Hava üfleme ünitesi ile bir kabin içerisine yerleştirilen tezgâh, endüstriyel bir CNC tezgâhına dönüştürülmüştür.

Günümüzde farklı özelliklere sahip ağaç ve ağaç türevli malzemelerin kullanımı birçok alanda önemli yer tutmaktadır. Ahşap malzemeler günümüzde insanoğlunun ulaştığı her noktada özellikle mobilya dekorasyonunda yaşam alanlarının vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Her meslek dalında olduğu gibi ağaç işleri alanında da elde edilecek ürünlerin estetik, ekonomik ve kullanışlı olması istenir. Estetik, ekonomik ve kullanışlı ürünlerin elde edebilmesi, üretim aşamasında kullanılacak tezgâhlara ve kalifiye elemanlara bağlıdır. Ağaç işleri alanında tasarım ve projelendirme yapan her teknik eleman, atölyesinde mevcut bulunan hem tezgâh özellikleri hem de operatör yeteneği ölçüsünde ürün tasarımında farklılıklar ortaya çıkarabilmektedir. Mobilya imalatında kullanılan CNC takım tezgâhları bu ürünlerin çeşitliliğini artırmada önemli rol oynamakla birlikte, CNC tezgâhlarının yüksek ücretlerle satılması, tezgâh üretim maliyetlerini düşürmek için yeni fikirlerin doğmasına neden olmuştur (Koç ve Koç, 2005; Kutlu, 2006).

Mobilya ve dekorasyon veya ağaç işleme endüstrisi için kullanılmış/kullanılmakta olan klasik (geleneksel) ve CNC takım tezgâhları incelendiğinde, bu çalışmada sunulan bilgisayar destekli freze tezgâhı ile işleme yöntemi yeni ve farklı bir yöntem olup, literatürde fare ve resim programlarında çizimi okuma konusunda yapılan herhangi bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Bu nedenle yöntem iyi bir şekilde uygulanabildiği takdirde imalatçıya büyük bir kolaylık ve işleme ekonomisine ise olumlu katkı sağlayacaktır. Uluslararası rekabet koşulları da dikkate alınarak Türkiye mobilya ve dekorasyon imalat endüstrisinin geleceği, endüstriyi bekleyen teknolojik ve ekonomik olanaklar sağlaması amacıyla, literatüre yeni bir tezgâhın kazandırılması açısından da bu çalışma önem arz etmektedir. Bu projede yapılan bilgisayar destekli freze tezgâhı, hem seri üretim hem de

seri üretim dışındaki küçük miktardaki siparişler için uygun olup, küçük ve büyük ölçekli işletmelerde kullanılabilecek bir tezgâh olması nedeni ile her işletme tarafından satın alabileceği ve yararlanabileceği düşünülen bir yerli üretim tezgâhı olacaktır. Yerli üretim olması nedeniyle imalat sanayimize ve ekonomimize katkı sağlayacaktır. Mobilya imalat sektöründe kullanılması düşünülen bu tezgâh, klasik tezgâhlara göre birçok kolaylık sağlayacaktır. En önemlisi, klasik mobilya imalat tezgâhlarındaki gibi kesme işleminin her anında hem operatöre hem de operatörün tecrübesine gereksinim duymaması nedeniyle minimum zaman ve çaba harcayarak işlem yapabilme yeteneğidir. Bilgisayar destekli freze tezgâhı, CNC takım tezgâhları gibi kesme işlemine başladıktan sonra operatörün müdahalesine ihtiyaç duymadan otomatik olarak kesme işlemini gerçekleştirecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. CNC Takım Tezgahları

Sayısal Kontrol (Numerical Control-NC), II. Dünya savaşı sırasında, karmaşık ve daha hatasız parça üretimi ihtiyacına cevap verebilmek için talaşlı imalat sektörü de hızla gelişmiştir. 1952 yılında Cincinnati firması tarafından ilk olarak üç eksenli bir makine (Cincinnati Hydrotel Milling Machine) geliştirilmiştir. Dijital kontrollü bu tezgâh ve teknolojisi NC olarak adlandırıldı. İlk gözlenen avantajları, karmaşık parçaların kısa süre içerisinde ve hatasız olmasıdır. İlk NC kontrolörü için 1950'lerde oldukça büyük vakum tüpler kullanılmıştır. Bunlar oldukça büyük parçalardır. 1960'larda elektroniğinde gelişmesiyle dijital kontrollü transistörler kullanıldı. Üçüncü gelişme olarak ta; NC kontrolörü olarak entegre devre çipleri kullanılmaya başlandı. En önemli gelişme; 1970 yıllarında kontrol üniteleri yerine bilgisayarların kullanılması olmuştur. Böylelikle CNC (Computer Numerical Control) ve DNC (Direct Numerical Control) sistemleri ortaya çıkmıştır (Kazan ve Uygun, 2002; Kutlu, 2006). CNC, basit NC fonksiyonlarını sağlayabilen, parça programlarının yorumlanması ve girdilerinin yapılması için bünyesinde bilgisayar sistemi bulunduran mekanik bir sistemdir (Yağmur 2004). Ayrıca CNC'yi bünyesinde programları saklayabilen, dışardan veri aktarımı yapılabilen bir takım tezgâhı olarak da adlandırabiliriz (Kazan ve Uygun, 2002; Kutlu, 2006).

CNC takım tezgâhlarının avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Uyar ve Yardımcıoğlu, 1992; Kutlu, 2006):

- Konvansiyonel tezgâhlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, master vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgâhın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatla fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Tezgâh operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgâhın çalışma temposu her zaman yüksektir ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.

- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, master, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir.

CNC takım tezgâhlarının dezavantajları ise şunlardır (Uyar ve Yardımcıoğlu, 1992; Kutlu, 20096):

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- Pahalı bir yatırımı gerektirir.
- Tezgâhın saat ücreti yüksektir.
- Geleneksel tezgâhlar ile kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
- Kesme hızları yüksektir ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.

2.1.1. Tezgah

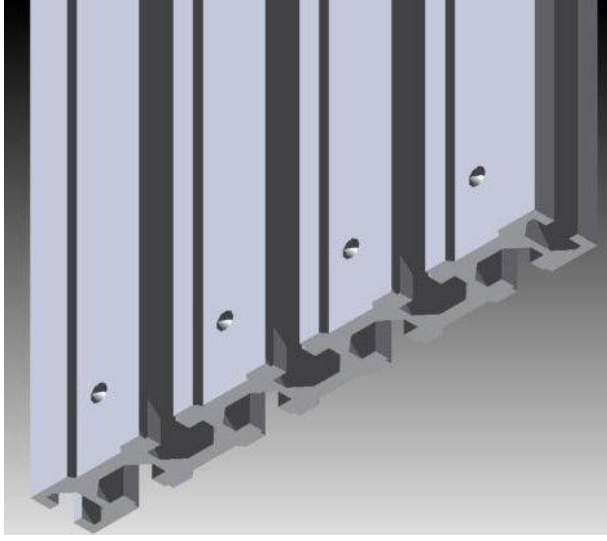
Konvansiyonel tezgâhlar gibi CNC tezgahları da hammadde, imalat resminde ön görülen şekil ve boyutlarda bitmiş parça imal etmek için kullanılmaktadır. Takım tezgâhlarının amacı, hammaddeye toleranslarla belirtilen bir kalitede şekil vermektir. Şekil verme işlemi, takım ve parçanın izafi hareketleri sonucu olarak talaş kaldırma ile gerçekleşir. CNC tezgâhlarında programla belirtilen bu hareketler, tezgahın kontrol ünitesi tarafından vurgu şeklinde elektronik sinyallere dönüştürür; bu sinyaller motoru ve buna mekanik iletim sistemi (dişli çark, cıvata mekanizması vb.) ile bağlı olan kazağı harekete geçirerek sağlar (Akkurt, 1996). Takım tezgahlarını tezgah gövdeleri, hareket iletim elemanları, yataklar ve kızaklar oluşturmaktadır.

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

freze sadece kolondan meydana gelirler. Tezgâh gövdeleri; yüksek rijitliğe ve kütleleri azaltmak için hafif konstrüksiyona sahip olmaları; başka bir deyişle rijitlik / kütle oranı yüksek olması gerekir. Ayrıca malzeme seçiminde sönümleme özelliği de dikkate alınır. Rijitlik / kütle oranı üzerinde yapılan teorik ve deneysel incelemelere göre, bu bakımdan en uygun kesitin içi boş kesit olduğu anlaşılmıştır. Boş kesitler eğilme ve burulma gibi zorlamalarda, kesitteki gerilmelerin dağılımını eşitlemekle beraber eylemsizlik momentini de artırır. Ancak bu durumda elemanın dış boyutu da artar. Boş kesitli elemanların rijitliklerini artırmak için kaburgalar veya özel şekillendirmeler yerleştirilir. Gövdelerin burulma rijitliği, gövdeyi oluşturan kısımların birbirine bağlama şekline bağlıdır. Genellikle cıvatarla ön gerilme şeklinde yapılan bu bağlamalar, bir yandan veya iki yandan olabilir. Genelde iki yandan yapılan bağlama, burulma rijitliğini artırır. Tezgâhların rijitliği, tasarım sırasında günümüzde geliştirilmiş bir hesap yöntemi olan, sonlu elemanlar yöntemi ile kontrol edilir. Şekil 2.1’de endüstride kullanılan bir CNC gövdesi görülmektedir (Akkurt, 1996). CNC tezgah da yüksek mukavemet için şaseyi oluşturacak yapı malzemesi ve geometrisi önemlidir. Aynı zamanda tezgahın yüksek hızlara erişebilmesi için yapı malzemesinin ani ivmelenme yeteneğinin olması da önemlidir. Ani ivmelenme ise düşük atalet ile olur (Karaçam, 2009). Bilgisayar destekli tezgahında hafif olması ve yüksek mukavemeti sebebi ile tasarımda özel sertleştirilmiş, Şekil 2.2’de gösterilen 6063 serisinden ekstrüzyon alüminyum profil kullanılmıştır.



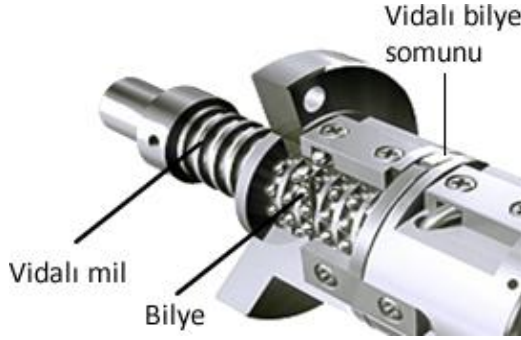
Şekil 2.1. CNC tezgah gövdesi



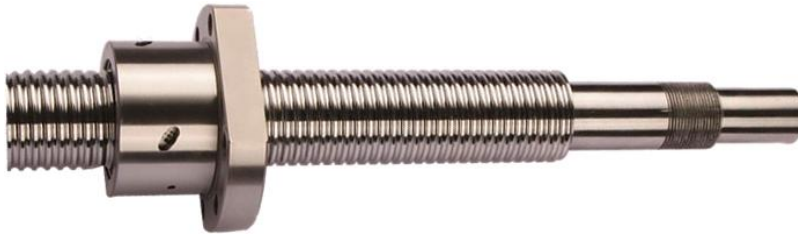
Şekil 2.2. Bilgisayar destekli freze tezgahının gövde malzemesi

Hareket iletim elemanları olarak CNC tezgahlarında kullanılan vida mekanizması, dişli çarklar, dişli kayış kasa mekanizması, kaplin veya kavrama gibi elemanlardır. Bu elemanlar konstrüksiyonunda: yüksek rijitlik, minimum boşluk, düşük sürtünme ve yüksek verim gibi faktörler dikkate alınmalıdır. İletim elemanlarının en önemlisi vida mekanizmasıdır. Bu vida mekanizmasından istenilen: yüksek rijitlik, düşük sürtünme, yüksek verim, helis açısı $3...4^{\circ}$ gibi faktörler, konvansiyonel tezgahlarda kullanılan trapez vida ile karşılanamaz. Bu nedenle CNC tezgahlarda bilyeli vida mekanizması kullanılmaktadır (Akkurt, 1996). Bilye profiline göre üzerine kanal açılmış ve bu kanallara bilye dizilmiş olan bir milin yatak içinde bilyelerin sürekli devir-daim yapacak şekilde hareket etmesiyle oluşan sistemdir. Mil üzerindeki bu kanallar genellikle sürekli yağlanarak vida ömrünün artmasında önemli bir etki yapmıştır. Mil ve somundan oluşan bu sistemler bir birleri üzerinde hareket etme suretiyle çalıştıklarından aralarında kritik değerlerde geçme toleransları bulunmaktadır. Vida dişleri bilyelerin şekil yapısına uygun olarak yuvarlatılmıştır. Normal vida sistemleri için bulunmuş formüller ve teknik terimler bilyeli vidalar içinde geçerliliğini korumaktadır. Diğer vida sistemlerinin birbirleri üzerinde kayarak çalışma sistemlerine karşı, bilyeli vidaların yuvarlanma hareketleri hassasiyet açısından önemli üstünlükler sağlamaktadır. Düşük motor kuvvetlerinde verimin yüksek olması, tahmin edilebilir kullanım ömrünün yüksek olması düşük aşınma oranlarına sahip olması ve bakımının fazla bir mali külfetinin olmaması bilyeli vidaların avantajları arasındadır. Şekil 2.3’de bilyeli vida sistemi basit olarak gösterilmiştir. Malzeme seçiminin

sınırlı olması, başlangıçtaki yüksek maliyeti, ve dikey uygulamalarda bir yardımcı fren sistemine gerek duyulması bilyeli vidaların dezavantajları arasındadır (Kazan ve Uygun, 2002; Kutlu, 2006). Bilgisayar destekli freze tezgahında Şekil 2.4’de görülen GTEN tipi FSU 2005-4 nolu bilyeli vida ve somun kullanılmıştır.



Şekil 2.3. Bilyeli vida sistemi iç yapısı (URL-6, 2011).



Şekil 2.4. GTEN marka FSU 2005-4 bilyeli vida ve somun (URL-3, 2011).

Yatak ve kızak, tezgahın hareket elemanlarını desteklemekle beraber, bunların belli bir doğrultuda doğrusal olarak hareket etmelerini sağlar (Akkurt, 1996). Yatak ve kızaklarda yüksek rijitlik, minimum boşluk, düşük sürtünme ve yüksek verim gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Bu nedenle CNC tezgahlarda bilyeli doğrusal yataklar kullanılmaktadır. Doğrusal yataklar en çok doğrusal hareket uygulamalarında kullanılırlar. Bu tür yataklar üzerlerine gelen yükleri eşit olarak dağıtarak desteklemekle beraber bir ray boyunca ileri geri hareket edebilirler. Doğrusal yatak sistemleri iki ana parçadan oluşur. Araba ve arabanın üzerinde kaydığı ray, arabada bulunan bilye taneleri yuvalarından çıkmayacak şekilde sürekli devir daim yapacak biçimde dizilmiştir. Şekil 2.5’de endüstriyel bir CNC tezgahta kullanılan yataklama sistemi görülmektedir. Doğrusal yatakların yuvarlanarak temas etmelerinin avantajlarından faydalanarak bir düzlemsel yatak gibi kolayca montajı yapılabilir. Bilye dizilimine göre yük dağılımı, kızak sertliği, kullanım ömrü ve doğrusal yatakların yük kapasiteleri göz önünde tutulması gereken

önemli özelliklerinden bir kaçıdır. Doğrusal yataklar çoğu uygulamalarda çift raylı ve bir rayın üzerinde iki araba olacak şekilde montaj edilirler. Bundan dolayı ağır yük uygulamalarında dört noktadan desteklendiği için tercih edilmektedir. Şekil 2.6'da schneeberger marka BMA30 nolu bilyeli araba ve kızıağı görülmektedir.



Şekil 2.5. Endüstriyel CNC tezgahlarda kullanılan doğrusal yataklar



Şekil 2.6. BMA30 araba ve kızak (URL-3, 2011).

2.1.2. Tezgah Kontrol Birimi

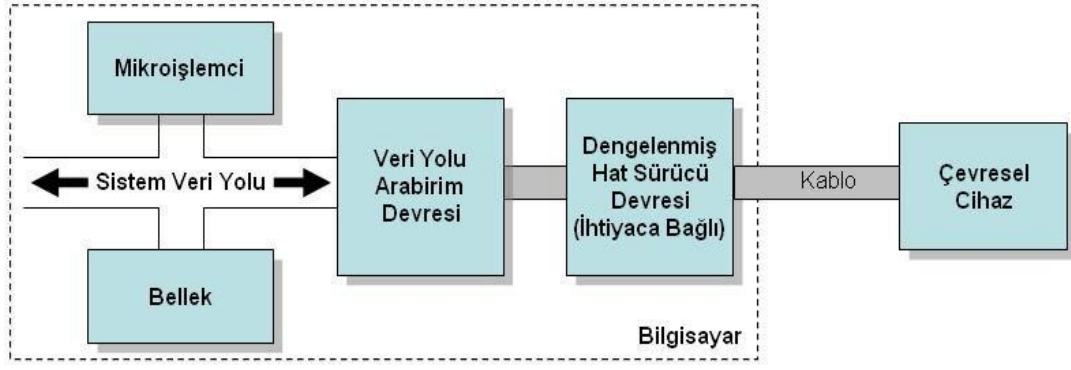
CNC tezgahlarını konvansiyonel tezgahlardan ayıran ilk özellik; program girişi ve çalışmasını sağlayan bir kontrol ünitesi ve bunu temsil eden bir kontrol panosunun bulunmasıdır (Şekil 2.7). Bu panoda komutların girilmesini sağlayan düğmelerin yanısıra; girilen veya işlenen komutları gösteren ve talaş kaldırma işleminin simülasyonunu yapan ekran vardır. İkinci olarak talaş kaldırmak için kullanılan güç motorunun yanısıra; takım

veya parça hareketlerini gerçekleştiren ve eksen adını taşıyan her hareket yönünde bir ilerleme motoru vardır. Tezgah kontrol biriminde ISO-G kodlarına göre yazılan program doğrultusunda parçayı işlemek üzere takım ve tablayı harekete geçirmek için tezgah motorlarına gereken sinyalleri gönderir. Tüm bu işlemleri kontrol panosu içerisine yerleştirilen bilgisayar sayesinde gerçekleştirir. Tezgaha program kontrol birimi üzerindeki bir haberleşme kanalını kullanarak bloklar halinde senkron olarak gönderir (Akkurt, 1996).



Şekil 2.7. CNC kontrol panosu (URL-5, 2011).

Haberleşme kanalı, bilginin aktarılabilirdiği bir veri yoludur. Bilgisayarların modern mimarileri çevresel birimlerin olduğu kadar ilave kart ve donanımların da bağlanmasına kolaylık sağlar. Harici donanım kartları (örneğin endüstriyel bir ölçüm sisteminin veri akışını kontrol eden bir donanım), bilgisayar veri yollarına anakart üzerinde yer alan ve bu iş için ayrılmış soket ve konektörlere arabirim türüne göre bağlanır. Şekil 2.8’de genel bir çevre biriminin bilgisayar bağlantı şeması gösterilmiştir (Gerenli, 2009).



Sekil 2.8. Genel bir çevre biriminin bilgisayara bağlantı şeması

Veri yolu bilgisayarın içindeki parçalar arasında ya da bilgisayarlar arasında verileri ve gücü transfer eden bir alt sistemdir. Verilerin yanında kontrol sinyalleri ve adres bilgileri de taşınır. Kontrol sinyalleri ile donanım birimlerinin çalışmaları düzenlenirken, adres bilgileri ile donanım biriminin kullandığı verilere ulaşım yolu tanımlanmış olur. Veri yolu genellikle aygıt sürücü (device driver) yazılımı tarafından kontrol edilir. Dış veri yolu olan arabirimler, sürücü yazılımı ile tanımlanmış elektriksel ve mekanik detayların ve bağlantı metotlarının bir araya geldiği yapısal model olarak da ele alınabilir. ISA, PCI, PCIE, AGP, DMI gibi veri yolları iç veri yolu olarak ele alınırken, seri arabirim, paralel arabirim, PS/2, USB, Ethernet gibi veri yolları da dış veri yolu olarak ele alınırlar. Veri yolları verileri çok kanaldan çoklu bitler (kelimeler) şeklinde ileten *paralel veri yolu* ya da tek kanal üzerinden bit bit ileten *seri veri yolu* biçiminde olabilir. Veri hızı arttıkça, zamanlamada çarpıklık ve veri kanallarındaki sinyallerin girişimi gibi problemlerin üstesinden gelmek daha zorlaşır. Çoğunlukla, daha az elektriksel bağlantısı olmasına rağmen, zamanlamada çarpıklık ve sinyal girişimi ile karşılaşılmadığından seri veri yolu daha yüksek veri derecelerinde paralel veri yoluna oranla daha iyi iş görür. Ancak seri veri yollarını da elektriksel olarak tek telli yapılar olarak düşünmemek gerekir, fazladan güç ve kontrol bağlayıcıları, farksal sürücüler, vb. yapıların eklenmesi, birçok seri veri yolunun ikiden daha fazla iletkeniye sahip olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla arabirimler de en genel anlamda *seri* ve *paralel* olmak üzere ikiye ayrılırlar. Veri iletişim hızlarının belirlenmesi gereksinimi, bant genişliği kavramını doğurmuştur. Örneksele iletişimde bant genişliği, belirli bir aralıktaki en yüksek ve en düşük frekanslar arasındaki fark anlamındadır. Bir örneksele telefon hattı, taşıyabileceği en düşük (300Hz) ve en yüksek (3.3kHz) frekanslar arasındaki fark olan 3kHz'lik bir bant genişliğine izin verir. Sayısal iletişimde ise bant genişliği, bir saniye içinde aktarılan bit sayısı (b/s) şeklinde ifade edilir (Gerenli, 2009).

PCI veri yolu, 1993 yılında kullanıma sunulmuş tak-çalıştır özellikli 32-bit / 64-bit paralel iç veri yoludur. PCI (Peripheral Component Interconnect) günümüz masaüstü bilgisayarlarında kullanılan en yüksek performansa sahip yol sistemidir. PCI veri yollarının hızı 20 ile 33 MHZ arasındadır. PCI veri yolu günümüz bilgisayarların hepsinde bulunmaktadır. Ana kartınızda PCI yuvaları beyaz renktedir. PCI slotları LAN, SCSI, USB ve diğer kartları desteklemektedir (Gerenli, 2009). Bilgisayar destekli freze tezgahında program ara yüzü ile tezgah arasında PCI yuvasına takılan adtech marka ADT 8948A1 nolu hareket kontrol kartı kullanılarak haberleşmesi sağlanmıştır. Bu gönderme işlemini Bilgisayar destekli freze tezgahında ise, bilgisayarın PCI yuvasına takılan hareket kontrol kartı ile kontrol panosunun yaptığı işlevleri yürütür.

2.1.3. Tezgah Güç Üniteleri

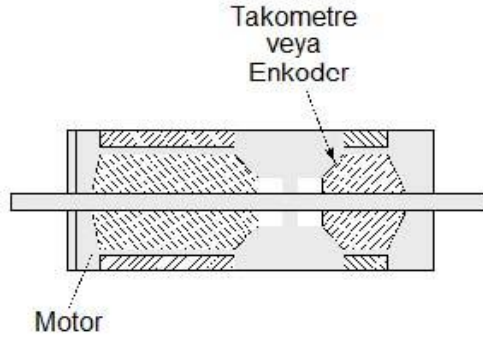
CNC tezgah ve sistemlerde güç, yardımcı işlemler ve ilerleme olmak üzere üç çeşit motor kullanılır.

Güç motorları, tezgah iş milini harekete geçiren ve talaş kaldırmak için kullanılan motorlardır. Bu motorlardan: güç kademesiz hız değişimi ve yüksek hızlar gibi özellikler istenmektedir. Günümüzde CNC tezgahların iş mili hızları 10 m/dak ile 1000 m/dak arasında değişmektedir. Genelde 1-30 kW arasında güç motorları olarak kullanılması en ekonomiktir. Bunların arasında en uygunu direkt akım (DC) motorlardır.

Yardımcı motorları kesme ve yağlama sistemini çalıştıran motorlardır.

İlerleme motorları, kızakları harekete geçiren direkt akım (DC) ve alternatif akım (AC) ile çalışırlar. Bu motorlardan: güç, kademesiz hız değişimi, konum ve yüksek hızlar gibi özellikler istenmektedir. Günümüzde CNC tezgahlarında bu özelliklerin tümünü bir sistem halinde barındıran DC veya AC akım ile çalışan servo adı verilen motorlar kullanılmaktadır. Servo motor, elektrik kontrolüyle gerçekleştirilen servo sistemin hareketini sağlayan birimdir. Pozisyon ve hız kontrolünün gerektiği uygulamalarda, pozisyon ve hız bilgisi, geri besleme ile bir karar verme ünitesine gönderilerek sistemin davranışı kontrol edilmektedir. Bu yüzden hız kontrolü yapılan basit bir asenkron motor da servo motor olarak adlandırılabilir. Servo sistemlerde çeşitli yapıda farklı elektrik motorları kullanılabilir. Servo motorlar prensip olarak bir motor ve geri besleme ünitesinden meydana gelir. Motor DC ya da AC olabilir. Geri besleme ünitesi de bir tako

generatör ya da enkoder (kodlayıcı) olabilir. Şekil 2.9’da servo motorun prensip şeması görülmektedir (Yılmaz, 2008).



Şekil 2.9. Servo motor prensip şeması

Servo motorlar, 1 d/d’lik hız bölgelerinin altında bile kararlı çalışabilen, hız ve moment kontrolü yapan motorlardır. Servo motorlar ile diğer motorlar arasındaki en önemli fark, çok hızlı ivmelendirme ve frenleme yapabilmeleridir. Bunun için döndürme momentinin büyük, eylemsizlik momentinin olabildiğince küçük olması gerekir. Hızlanma-yavaşlama normal motorda saniyelerle ölçüldüğü halde, servo motorlarda milisaniye ile ölçülür. Ayrıca servo sistemlerde ihtiyaca göre değişik tipte motor kullanılabilir. Fırçalı DC motor, fırçasız DC motor, kısa devre rotorlu asenkron motor ve senkron motorlar servo motor olarak en çok tercih edilen motorlardır (URL-1, 2011). Servo motorları normal motorlardan farklı kılan, çok geniş bir hız komutunu yerine getirecek şekilde tasarlanmış olmalarıdır. Servo motorlar kullanıcının komutlarını hassas ve hızlı bir şekilde yerine getiren motorlardır. Bu komutlar pozisyon, hız ve hız ile pozisyonun bileşimi komutlar olabilir. Bir servo motor şu özelliklere sahip olmalıdır;

- Geniş bir hız yelpazesinde kararlı olarak çalışabilmelidir.
- Devir sayısı, hızlı ve düzgün bir şekilde değiştirilebilmelidir.
- Küçük boyuttan büyük moment elde edilebilmelidir.

DC servo motorlar, çok küçük güçlerden çok büyük güçlere kadar imal edilirler (0,05HP’ den 1000HP’ ye kadar). Bu motorlar, klasik DC motorlar gibi imal edilir ancak küçük yapıdadırlar ve endüvileri (yükseklik x uzunluk/çap oranıyla), kutup atalet momentini minimum yapacak şekilde tasarlanır (Altunsaçlı 2003).

Ac servo motorlar, genellikle iki fazlı sincap kafesli asenkron tipi motorlardır. İki fazlı asenkron motorlar, büyük güçlü yapılmakla birlikte çoğunlukla otomatik kontrol sistemlerinde servo motorlar olarak kullanılmak amacı ile küçük güçlü yapılır. Fırça ve

kollektör olmadığından arıza yapma ihtimalleri az, bakımları kolaydır. Büyük güçlü AC servo motorlar iki ya da üç fazlı olarak üretilmektedir. Bu tip motorların rotorları, doğal mıknatıslı ya da kısa devre çubuklu olmaktadır. Üç fazlı servo motorların hız kontrolü, darbe frekans çevirici devresi üzerinden darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile yapılmaktadır. Küçük güçlü (1–10 W) AC servo motorlar ise minik boyutlu olarak iki faz ile çalışabilecek şekilde üretilirler. Bunların içyapısında aralarında, 90° elektriksel açı yapacak şekilde yerleştirilmiş iki bobin ve sincap kafesine benzer rotor vardır. Servo motorların rotorları, savrulma ve atalet momentlerinin küçük olabilmesi için uzun; çapları ise küçük yapılır. Stator sargılarına uygulanan gerilimlerin frekansı 50–60– 400–1000 Hz olabilir. AC servo motorlarda rotor devresi, oldukça yüksek dirence sahip olacak şekilde imal edilir. Bu işlem ya sincap kafes çubuklarında ya da çubukların bağlantı noktalarında yüksek dirençli maddeler kullanılarak yapılır. Şekil 2.10’da komple AC servo motor kesiti ve parçaları görülmektedir (Yılmaz, 2008). AC servo motorlar, motora kodlanmış bir sinyal gönderilerek pozisyonlanabilir bir çıkış miline sahiptirler. Motorun girişi değiştirildiğinde, çıkış milinin açısal pozisyonu da değişir. Genelde AC servo motorlar küçüktürler ancak boyutlarına göre güçlüdürler ve kontrol edilmeleri kolaydır. AC servo motorlar ya iki fazlı ya da üç fazlıdır. Standart ticari ve mesken yerlerindeki gerilim tek fazlıdır. Yani bir sinüs dalga şekli veya gerilimi değiştiren başka bir dalga şekli demektir. Üç fazlı gerilim, tipik olarak birbirinden 120° faz farklı, eş zamanlı üç adet sinüs dalga şekli veya başka tip bir dalga şekli demektir. Üç fazlı çalışmayla daha yüksek verim ve daha düzgün çalışma doğruluğu mümkündür. AC servo motorlar mil hızına, sürekli akıma, sürekli momente ve sürekli güç çıkışına göre değişiklik gösterirler.

Mil hızı, göz önünde bulundurulan uç geriliminde yüksüzken milin dönme hızıdır.

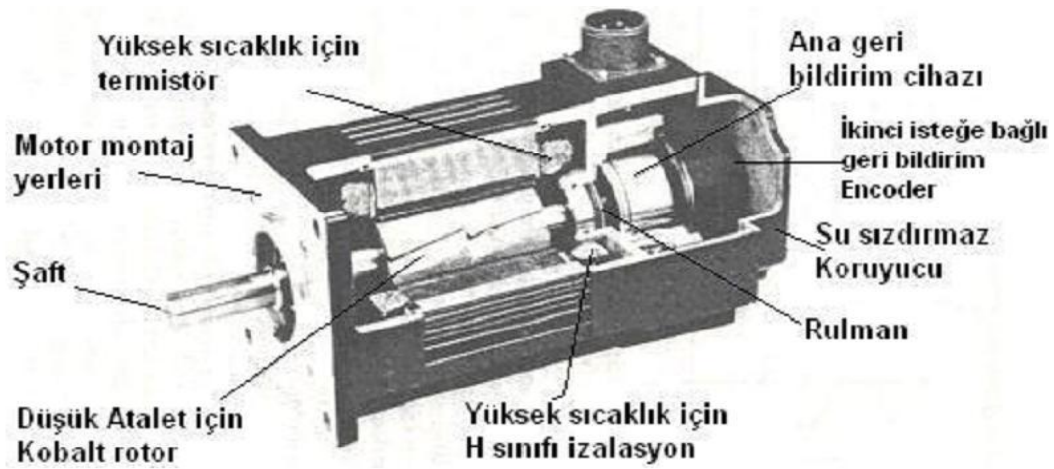
Sürekli akım, aşırı ısınmaya sebebiyet vermeden motor sargılarına uygulanabilecek maksimum akımdır.

Sürekli moment, sabit çalıştırma koşullarında motorun verebileceği sürekli momenttir.

Sürekli çıkış gücü, motor çıkışı aracılığıyla sağlanan mekanik güçtür.

Çoklu hıza sahip olan AC servo motorlar ile motor hızı sürekli değiştirilebilir veya çalışma aralığı içerisinde değişik hızlara ayarlanabilir. AC servo motorlar, hemen hemen aynı çalışma karakteristikleriyle hem saat yönünde hem de saat yönünün tersinde çalıştırılabilirler. AC servo motorlar birkaç Watt’dan birkaç yüz Watt’a kadar olabilirler. AC servo motorlar, yüksek hız tepkisine sahiptirler. Bu özellik ise AC servo motorların

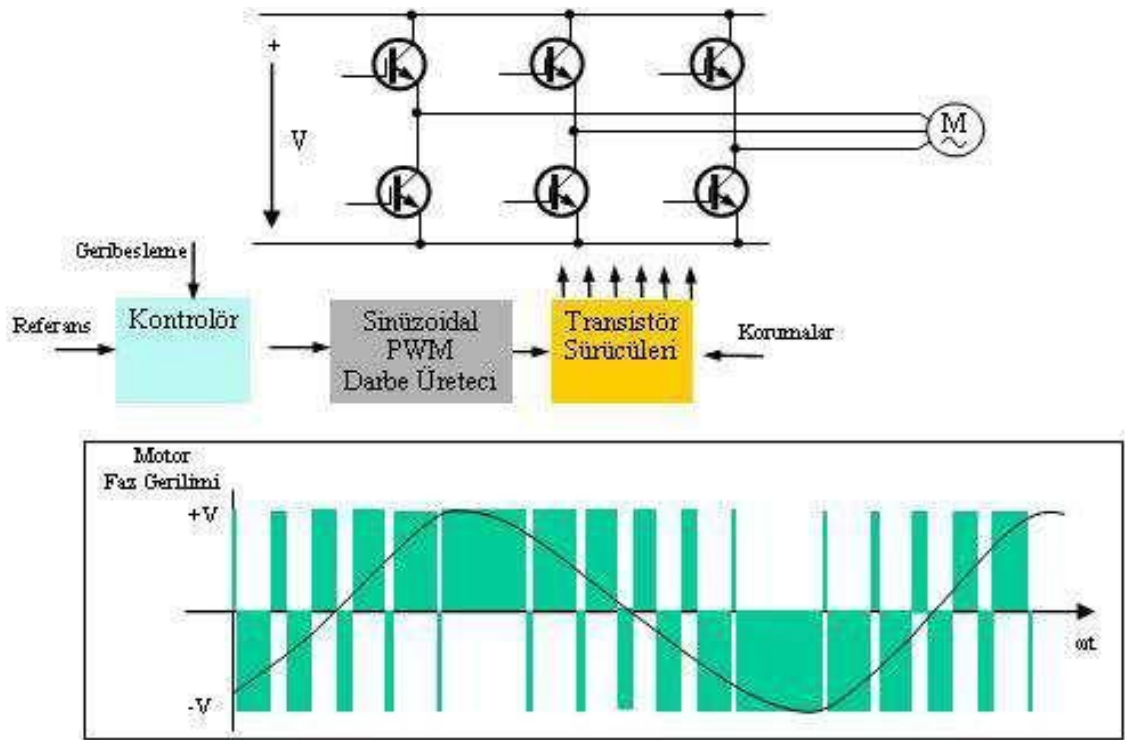
düşük rotor ataletine sahip olmalarını gerektirir. Bu motorlar daha küçük çaplı ve daha uzundurlar. AC servo motor normal olarak düşük veya sıfır hızda çalışabilirler; bundan dolayı moment veya güç değerleri aynı olan klasik motorlara göre boyutları daha büyüktür. Hassas devir sayısı ayarı yapılabilir, ayrıca devir sayıcı gerekmez. AC servo motorlar ya silindirik ya da kareseldirler. Çeşitli boyutlarda ve çaplarda bulmak mümkündür. AC servo motorların su geçirmeyen tiplerini de bulmak mümkündür. Bazı AC servo motorlar temiz yerler gibi özel çevreler için tasarlanmışlardır. Ayrıca radyasyona dayanıklı AC servo motorlar da üretilmektedir (Yılmaz, 2008).



Şekil 2.10. AC Servo motor kesiti

DC ve AC servo motorlar pozisyon, hız ve geri besleme gibi işlemleri kararlılıkla ve doğru yapabilmesi için sürücü devrelerine ihtiyaç duyarlar. Bu sürücü devrelerine DC servo motorlar için DC servo sürücüler, AC servo motorlar için ise AC servo sürücüler şeklinde adlandırılır. Günümüzde çeşitli üretici firmalar tarafından üretilen çok farklı işlemlere ve güçlere sahip servo motor sürücüleri bulunmaktadır. Her üretici firmanın kendine özgü geliştirdikleri teknik ve özellikleri olmasına rağmen, tipik bir servo sürücüde ortak özellikler bulunur. Bir DC servo motorun hızı, gerilim değiştirilerek kontrol edilir. Geri besleme elemanları motor hızını tespit eder ve hızı set edilen değerde veya bu değere yakın tutmak için çıkış geriliminin artırılması veya azaltılması yoluyla kontrole bilgi gönderirler. Darbe genişlik modülasyonu (PWM) ile çalışan, genellikle analog ya da dijital sürücülerdir. Geri besleme olarak tako jeneratör, hall sensörü veya artırımı enkoder kullanılır. Dinamik performansı düşük, kullanımı kolay ve ucuz sürücülerdir (Yılmaz, 2008).

AC servo sürücüler, sinüzoidal darbe genişlik modülasyonu (SPWM) ile çalışan, analog veya dijital yapıda sürücülerdir. Geri besleme olarak hall sensörü, resolver, artırımı enkoder veya mutlak (sin/cos) enkoder kullanılır. Dinamik performansı yüksek, kullanımı bilgi gerektiren ve DC servo sürücülere göre daha pahalı sürücülerdir. Bir asenkron servo motorun yapısı ve çalışma ilkesi klasik bir asenkron motor veya DC motor ile aynıdır. Asenkron servo motorunun statoruna uygulanan gerilim, rotora döndürme yönünde bir elektromanyetik etki yapar ve bu etki ile motor döner. Servo motor hız kontrolü, diğer motorlarda olduğu gibi uygulanan gerilimin frekansı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle motor hızının kontrolü için sürücüler ile frekans değiştirme yöntemleri uygulanır. Motor hızının istenen değerde kararlı kalabilmesi için de P, PI, PID kapalı çevirim kontrol yöntemleri kullanılır. Üç fazlı AC servo motor devre şeması ve faz gerilim dalgası değişimi Şekil 2.11’de verilmiştir. İnverterlerde kullanılan transistörler rotor konum bilgisine göre uygun sırada ilettime veya kesime geçirilerek motor kontrolü yapılır (Yılmaz, 2008).

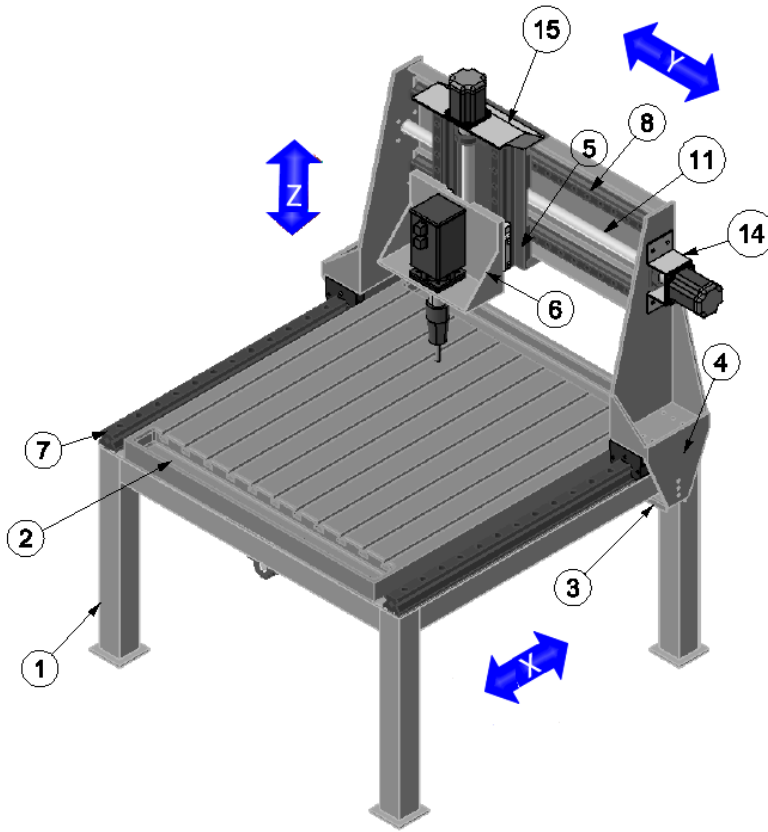


Şekil 2.11. Üç fazlı AC servo motor sürücü devre şeması ve faz gerilimi

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHININ TASARIMI

Bilgisayar destekli freze tezgâhı iki aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan biri tezgâhın mekanik kısımlarının tasarımı ve imalatı, diğeri ise parça imalat işleminin bilgisayar destekli olarak gerçekleştirmek yani bilgisayar ortamındaki çizimin imalatının tezgâh tarafından yapılabilmesi için bir program arayüzünün oluşturulması aşamasıdır.

Bilgisayar destekli freze tezgâhının tasarımında köprü tipi CNC freze tezgâhı örnek alınmıştır. Bilgisayar destekli freze tezgâhının mekanik kısımlarını oluşturan parçalar için tasarıma yönelik bir dizi hesaplamalar yapılmıştır. Bilgisayar destekli freze tezgâhında, tezgâh tablası sabit, kesim yapan freze kafası ise X, Y ve Z yönlerinde hareketli olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan tezgahın genel görünüşü Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Tezgah ve eksenleri

3.1. Tezgahın Çalışma Prensibi

Bilgisayar destekli freze tezgâhı, program arayüzünde oluşturulan bir çizimin x, y ve z eksenlerine ait koordinatları elde edilerek freze tezgâhına işlenmek üzere gönderilir.

Tezgâhın her üç ekseninde bulunan servo motorların bu koordinatlara uygun olarak hareket etmesiyle birlikte kesme veya işleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

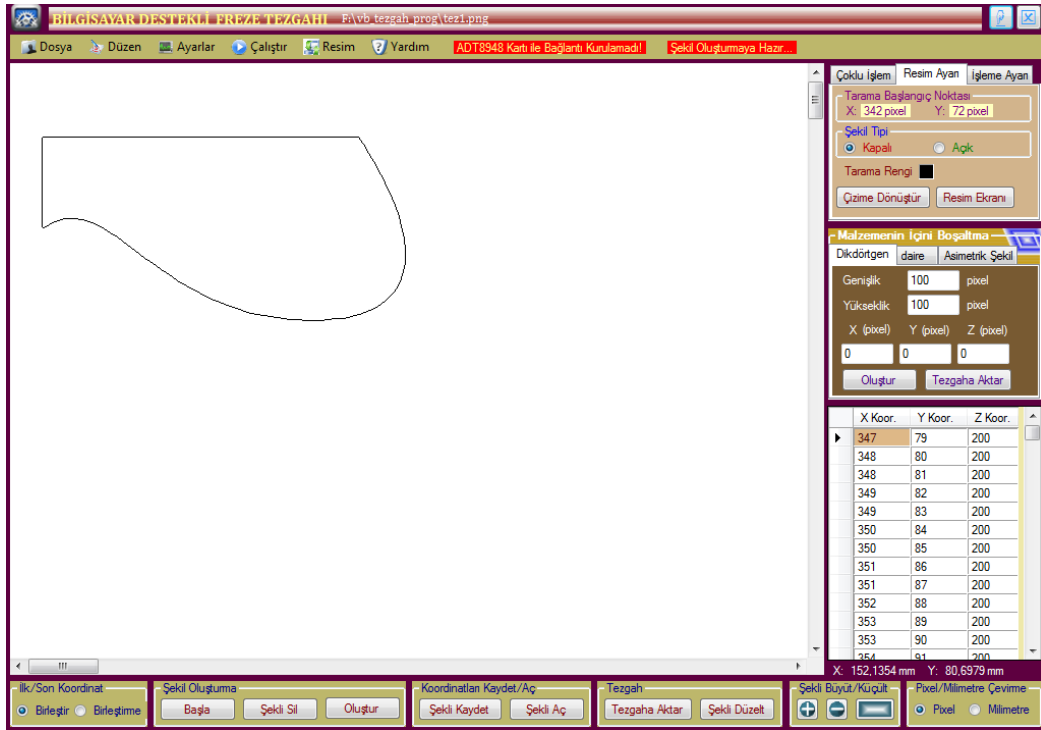
Program arayüzünde çizimin oluşturulması işlemi ise iki şekilde olabilmektedir. Birincisi, program arayüzünde çizimin Şekil 3.2’de gösterilen kablosuz kalem fare (Mouse) yardımıyla oluşturulması işlemidir. Burada, program arayüzünde kablosuz kalem fare yardımıyla çizim oluşturulması için; daha önceden kağıt, düz bir zemin vs. üzerine çizilmiş bir teknik resmin çizgileri üzerinde Şekil 3.3’de gösterildiği gibi kablosuz kalem fare dolaştırılır. Farenin x ve y yönündeki her piksel hareketi x ve y koordinatları olarak program arayüzüne kaydedilir. İkincisi ise daha önceden çizilmiş mevcut bir çizimin bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Daha önceden bilgisayar ortamında farklı çizim programları tarafından oluşturulmuş bir çizimin çizgilerinin x ve y koordinatları olarak program arayüzü tarafından algılanarak program arayüzüne aktarılması gerçekleştirilebilmektedir. Her iki durumda da program arayüzündeki koordinat listesinde kayıtlı olan x ve y koordinatlarına z koordinatı da ilave edilerek çizime ait takım yolu elde edilmektedir (Şekil 3.4). Bu üç eksene ait koordinatlar, bilgisayarın PCI yuvasına takılan hareket kontrol (motion control) kartı sayesinde tezgâhın x, y ve z eksenlerinde bulunan servo motorlara iletilir. Böylece bu iş parçası üzerinden kesici takımın üç boyutlu koordinatlara uygun bir biçimde hareket etmesi sağlanarak işleme veya kesme işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 3.2. Kablosuz lazer kalem fare



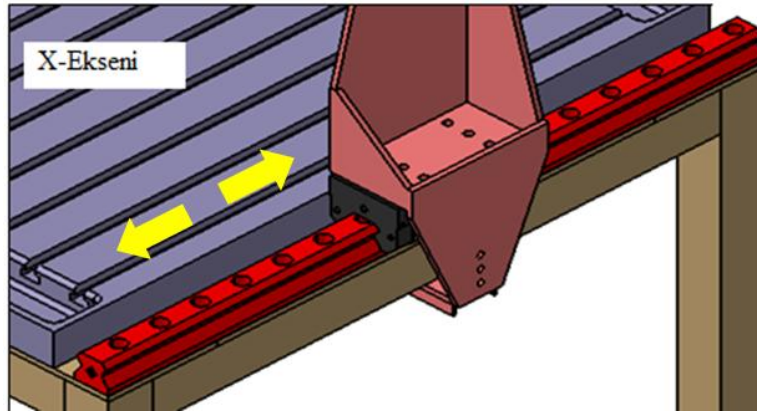
Şekil 3.3. Tezgah üzerindeki çizim program arayüzüne aktarılması



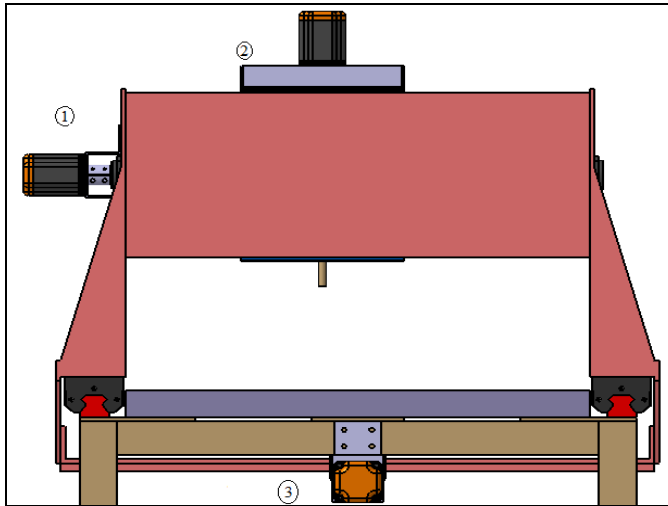
Şekil 3.4. Çizimin program arayüzünde ki görünümü

3.2. Tezgâh Ana Gövdesi, Hareket ve Yataklama Sistemleri

Bilgisayar destekli freze tezgâhının ana gövdesi, makinenin x, y ve z yönünde hareket eden aksamalarını taşıyan kısımdır. Şekil 3.5a'da görüldüğü gibi, x eksenine ait lineer kızaklar ana gövde üzerine monte edilmiştir. Bu kızaklar aynı zamanda diğer eksenlere ait elemanları da taşımaktadır. Tüm eksen hareketleri vidalı miller ve bunları döndüren servo motorlar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Sistemde x, y ve z eksenlerinde olmak üzere 3 adet servo motor kullanılmıştır (Şekil 3.5b). X ekseninin hareketini sağlayan vidalı mil ve yataklama milleri x eksenini taşıyan gövde üzerine monte edilmiştir. Ana gövdenin ölçüleri teknik resim olarak ekteki Şekil 7.2'de verilmiştir.



a)



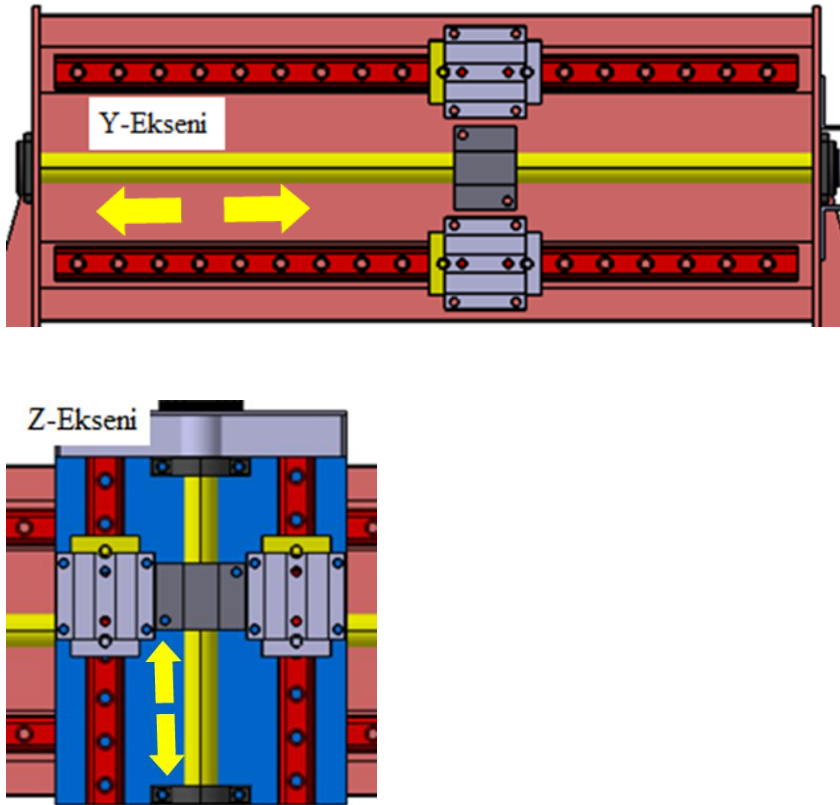
b)

Şekil 3.5. a) X eksenine ait lineer kızak montajı, b) x, y ve z yönlerindeki servo motorlar

Bir makinenin, sağlam ve rahat bir şekilde zorlanmalara, mekanik kasılmalara maruz kalmadan çalışması için yataklama sistemlerinin çok iyi olması gerekmektedir. Çünkü

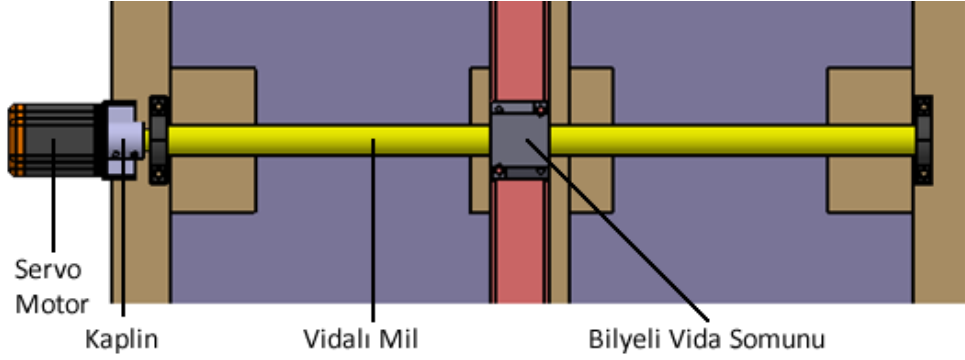
tahrik motorlarına ait gücün büyük bir kısmının kesme kuvvetlerini yenmek için harcaması gerekmektedir. Aksi halde, motorlardan tam olarak verim almak mümkün değildir. Bu nedenle makine sistemlerinde hareketli mekanizmalar kullanılıyorsa yataklamanın çok iyi yapılmasına gereksinim vardır.

Tasarımı yapılan bilgisayar destekli freze tezgâhında x, y ve z eksenlerinin hareket sistemlerinin yataklanmasında, lineer kızaklar ve kızak arabaları kullanılmıştır. Şekil 3.6’de y ve z yönündeki yataklama sistemleri ve elemanları görülmektedir. Lineer kızaklar içlerinde bilye sisteminin sürekli devir daim yapması mantığıyla çalıştığı için; sürtünme, sistemde meydana gelebilecek kasıntı ve zorlanmalar en az seviyede olacaktır.



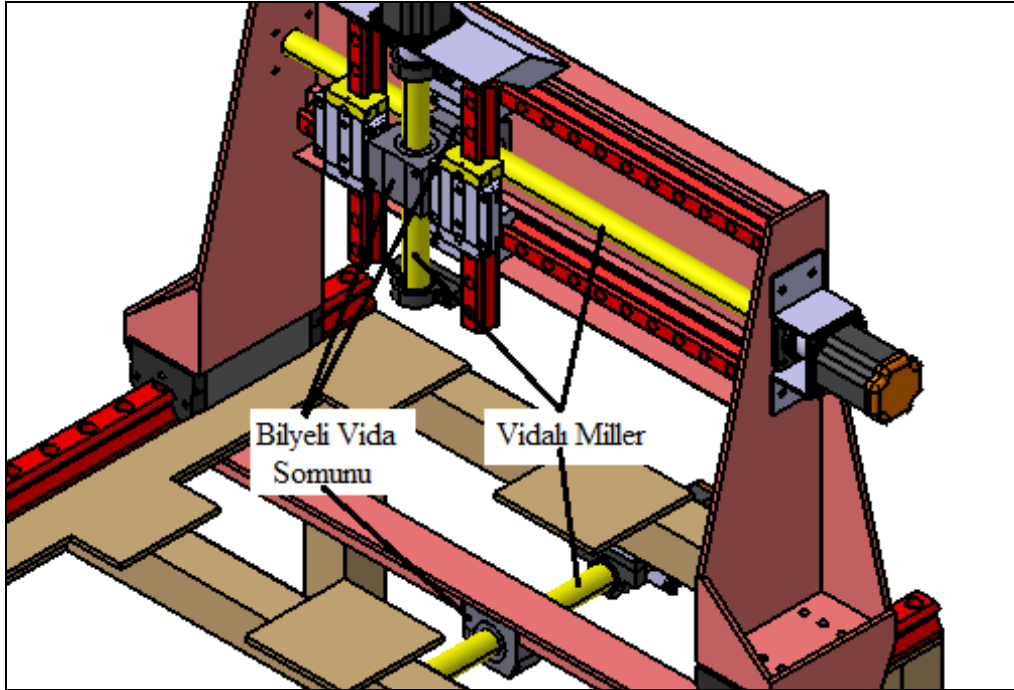
Şekil 3.6. Y ve Z eksenlerine ait yataklama sistemleri

Servo motorlarla tahrik edilen eksen sistemleri, dönme hareketini kaplinler yardımıyla vidalı mil-somun sistemlerine aktarırlar. Vidalı mil somunlarının hareket edecek sisteme sabitleştirilmesiyle, motordan alınan dönme hareketi doğrusal harekete dönüşür. Şekil 3.7’de x yönünde kullanılan hareket sistemi ve elemanları görülmektedir.



Şekil 3.7. X yönündeki hareket iletim sistemi

Vidalı mil ve somunlarının bilgisayar destekli freze tezgahındaki konumu Şekil 3.8’de ve bunlara ait teknik resimler Ekte verilmiştir.



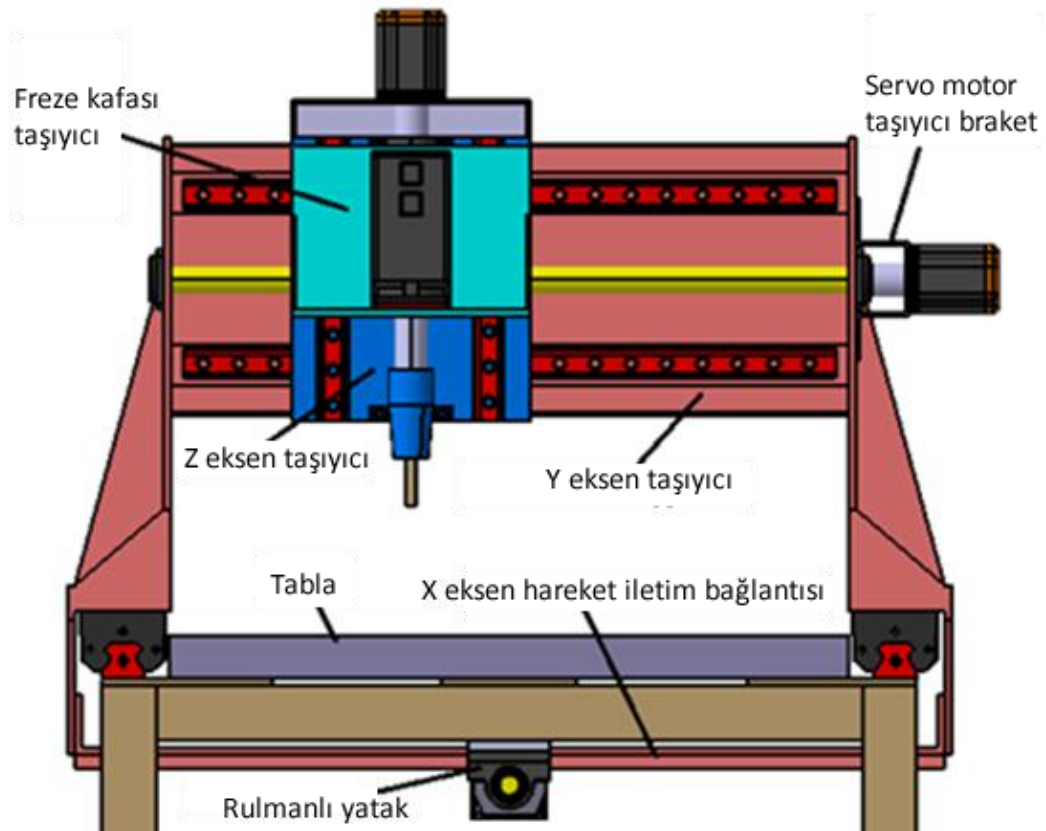
Şekil 3.8. X, Y ve Z yönlerindeki vidalı miller ve bilyeli vida somunları

3.3. Mekanik Sistemde Kullanılan Diğer Parçalar

Bilgisayar destekli freze tezgâhının tasarımında görülen alt başlıklarda bulunmayan, fakat tasarımı tamamlayan farklı parçalar da mevcuttur. Bunlar tezgâh tasarımının bütünlüğünü sağlamaktadır. Y eksen taşıyıcısı, z eksen taşıyıcısı, freze kafası taşıyıcısı, servo motor bağlantı destekleri ve x eksen hareket iletme bağlantı parçaları bunlardan bazılarıdır. Bu parçalar mekanizmayı taşıma ve hareket iletme görevlerini üstlenirler ve bu parçalara ait teknik resimler ekte verilmiştir.

Bilgisayar destekli freze tezgâhının diğer önemli bir parçası da üzerinde kesimin yapılacağı tabladır. Tablanın dayanıklı olması çok önemlidir. Çünkü kesme işlemi tablanın üzerinde gerçekleştirileceğinden, kesme esnasında oluşan kuvvetler doğrudan tablayı etkileyecektir. Tablanın teknik resmi ek Şekil 7.3’de verilmiştir.

Bunların yanında millerin yataklanmasında kullanılan rulmanlı yataklar, bağlantılarda kullanılan civatalar, somunlar vb. parçalarda bilgisayar destekli freze tezgâhının bütünlüğünü sağlayan diğer mekanik elemanlardır. Bilgisayar destekli freze tezgâhının mekanik diğer parçaları Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Bilgisayar destekli freze tezgâhının diğer önemli parçaları

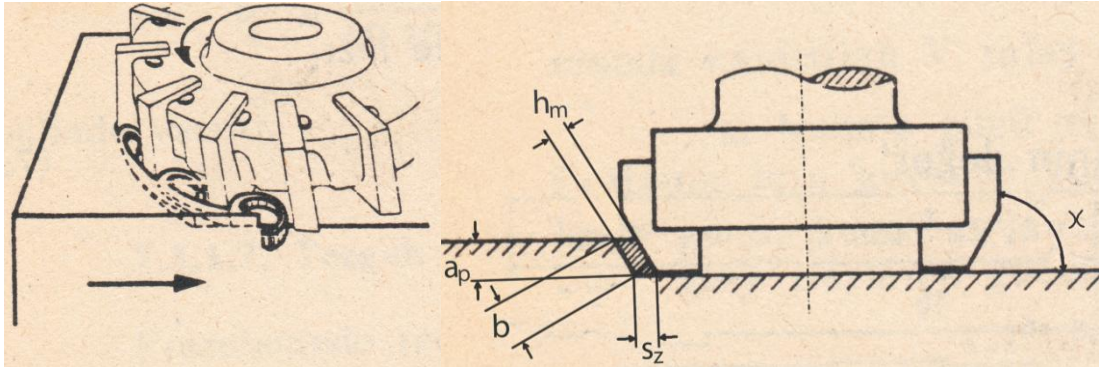
3.4. Tezgâha Ait Hesaplamalar

Takım tezgâhları çalışma esnasında; hafif kesme, orta ağırlıkta kesme ve ağır kesme olarak üç farklı kesme tipiyle karşı karşıyadır. Bu çalışmada ahşap malzeme işleneceği göz önünde bulundurulduğundan, tezgâh üzerindeki tüm hesaplamalar hafif ağırlıkta kesme işleme şartları altında gerçekleşeceği düşünülerek iş parçası malzemesi olarak Al alaşımları

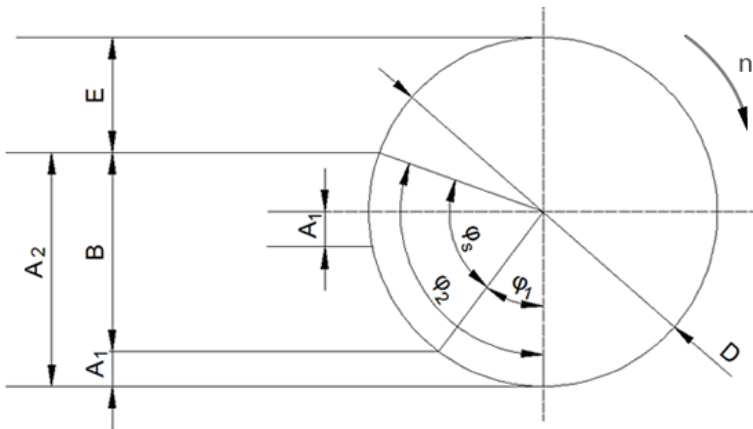
malzemesi referans alınmıştır. Yapılan hesaplamalar, tezgâh eksenlerinin hareketini sağlayan (vidalı mil, ray vb.) parçaların uygun olarak seçilmesi için yapılmıştır. Tüm eksenlerde bir adet vidalı mil mekanizması, iki adet ray, iki adet araba ve bir adet servo motor bulunmaktadır. Tüm hesaplar en fazla yükü taşıyan x eksenine göre yapılmıştır. Tezgaha ait hesaplamalar, Bu hesaplamalarda, Büyükşahin (2005) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışması referans alınarak yapılmıştır.

3.4.1. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücünün Hesaplanması

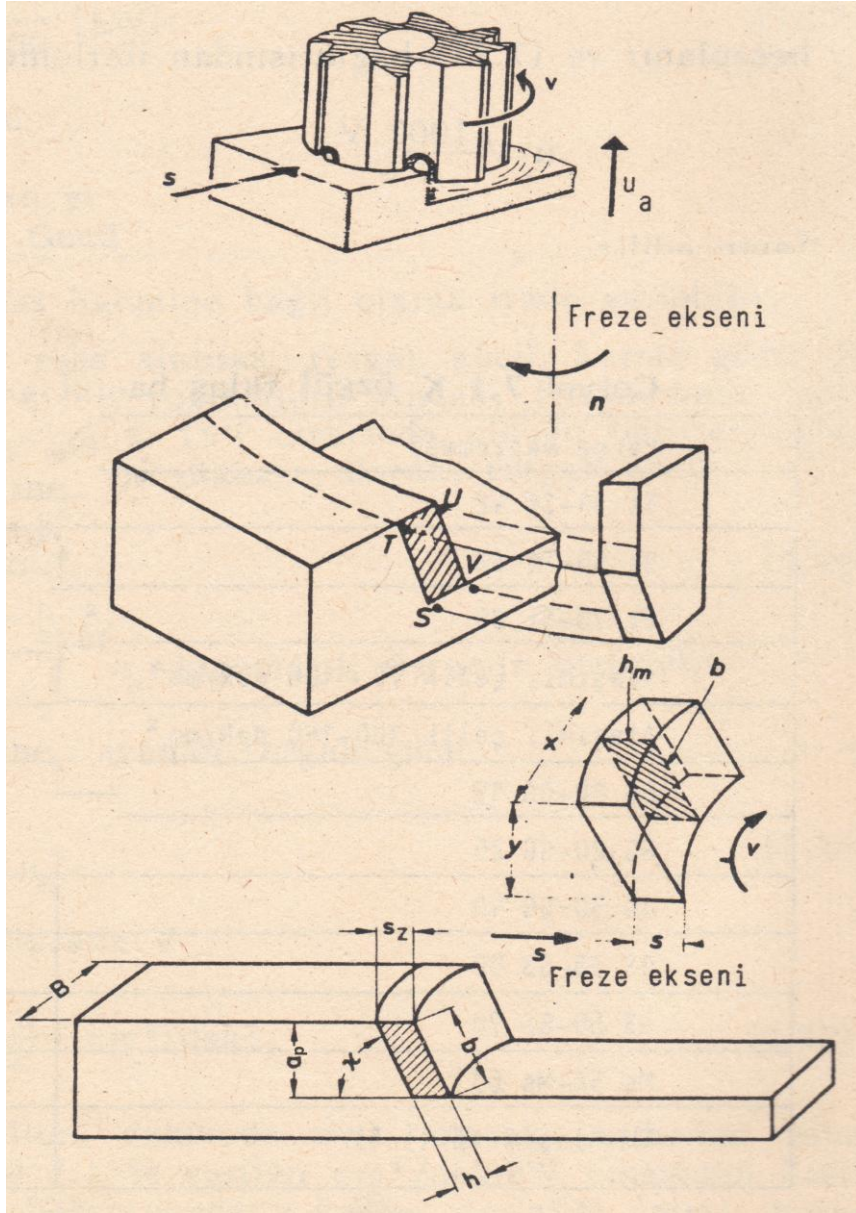
Kesme işlemini yapacak olan freze tezgâh motoru kesme gücü değeri hesaplarına göre seçilmiştir. Kesme kuvveti ve kesme gücünün hesapları için gerekli olan Al alaşımı malzemesine ait kesme değerleri Tablo 3.1'den seçilmiştir. Tezgâhta işleme yöntemi olarak Şekil 3.10'da gösterilen alın frezeleme yöntemi, frezenin konumu Şekil 3.11'de gösterilen aynı yönde kısmi kavramalı asimetrik frezeleme yöntemi esas alınmıştır. Alın frezelemede talaş alma Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Alın frezeleme (Akkurt, 1985).



Şekil 3.11. Aynı yönde asimetrik frezeleme (Akkurt, 1985).



Şekil 3.12. Talaş kesiti (Akkurt, 1985).

Tablo 3.1. Sert metal plakette freze başlıkları için kesme hızları ve ilerleme değerleri (Akkurt, 1985).

Parça malzemesi	İşleme tarzı	s _z (mm/diş)	V (m/dak)	Takım açıları				Sert metal
				α	γ	γ _f	λ	
St 50-St 60 C 35-C45	Kaba	0,2-0,5	100-180	8-12	5-10	-4	-8	P 25'ten K 40'a kadar.
	İnce	0,1-0,2	120-200					
St 70-St 85 ve az alaşımlı elikler	Kaba	0,2-0,5	70-140	8-12	5-10	-10	-8	
	İnce	0,1-0,2	90-180					
Yüksek alaşımla elikler	Kaba	0,2-0,4	50-100	8-10	5	-10	-8	
	İnce	0,1-0,2	70-120					
GS45-GS 52	Kaba	0,2-0,4	60-100	8-10	5-10	-10	-8	
	İnce	0,1-0,2	70-120					
GG25-GG30	Kaba	0,2-0,5	60-120	8-12	0-8	-4	-8	K 10'dan K 20'ye kadar.
	İnce	0,2-0,3	80-140					
Ms58-Ms63	Kaba	0,2-0,4	80-140	8-10	10-12	0	-8	
	İnce	0,1-0,3	90-150					
Al alaşım(9-13%Si) G-AlSi	Kaba	0,1-0,6	300-600	8-12	12-20	0 +15 kadar	-4 +4 kadar	

Gerekli kabuller:

Kaba talaş ve Al alaşımları için Tablo 3.1'den;

$$V = 300 \text{ m/dak}$$

$$s_z = 0,5 \text{ mm/diş}$$

değerleri seçilmiştir.

$$D = 10 \text{ mm (Takım apı)}$$

$$z = 4 \text{ (Takımın diş sayısı)}$$

$$\chi = 90^\circ \text{ (Yerleştirme açısı)}$$

$$a_p = 5 \text{ mm (Kesme derinliği)}$$

Yana kayma değeri (B), freze ile parça arasında iyi bir kavrama sağlamak amacıyla genellikle takım çapından küçük alınır yani $D > B$ şeklindeyir. Uzun talaşlı işlemelerde, Denklem (3.1)'de verilen bağıntı kullanılarak yana kayma değeri hesaplanabilir (Akkurt, 1985):

$$B = \frac{D \cdot 10}{16} \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

$$B = \frac{10 \cdot 10}{16} \text{ [mm]}$$

$$B = 6,25 \text{ [mm]}$$

Devir sayısı (n) ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} \text{ [d/dak]} \quad (3.2)$$

$$n = \frac{1000 * 300}{\pi * 10} \text{ [d/dak]}$$

$$n = 9554 \text{ [d/dak]}$$

3.4.1.1. Kesme Kavrama Açısının Hesaplanması

Şekil 3.11’de, kesme kavrama açısı (φ_s) kavramaya giriş açısı (φ_1) ve kavramadan çıkış açısına (φ_2) bağlı olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$\varphi_s = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (3.3)$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{\frac{D}{2} - A_1}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2.A_1}{D} \text{ [d/dak]} \quad (3.4)$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{\frac{D}{2} - A_2}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2.A_2}{D} \text{ [d/dak]} \quad (3.5)$$

Asimetrik frezelemede, $\varphi_1 = 0$ ve $A_1 = 0$ olduğuna göre;

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = \frac{B - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2.B}{D} \text{ [d / dak]} \quad (3.6)$$

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = 1 - (2 * 6,25 / 10) = -0,25$$

$\varphi_s = 104,4^\circ$ bulunur.

3.4.1.2. Kesme Hızı ve İlerlemenin Hesaplanması

Al alaşımlarının kaba talaşlı işlenmesi için Tablo 3.1'den, $V = 300$ m/dak ve $s_z = 0,5$ mm/diş değerleri seçilmişti. V kesme hızına karşılık gelen devir sayısı (n) ise 9554 d/dak olarak hesaplanmıştı. Takım diş sayısı (z) 4 olarak alınmıştı. İlerleme hızı (u) ise aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$u = s_z \cdot z \cdot n \text{ [mm/dak]} \quad (3.7)$$

$$u = 0,5 \cdot 4 \cdot 9554 \text{ [mm/dak]} = 19108 \text{ mm/dak} = 19,108 \text{ m/dak}$$

3.4.1.3. Ortalama Talaş Kesitinin Hesaplanması

Asimetrik frezelemede ortalama talaş kalınlığı (h_m):

$$h_m = \frac{180}{\pi \cdot \varphi_s} \cdot s_z \cdot \sin \chi \cdot (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) \text{ [mm]} \quad (3.8)$$

$$h_m = (180 / (\pi \cdot 104,4^\circ)) \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot (1 - (-0,25)) \text{ [mm]}$$

$$h_m = 0,343 \text{ mm}$$

$$b = \frac{a_p}{\sin \chi} \text{ [mm]} \text{ (Talaş genişliği)} \quad (3.9)$$

$$a_p = 5 \text{ mm (Kesme derinliği)}$$

$$b = 5 / 1 \text{ [mm]}$$

$$b = 5 \text{ mm bulunur.}$$

$$A_s = b \cdot h_m \text{ [mm}^2\text{]} \text{ (Ortalama talaş kesiti)} \quad (3.10)$$

$$A_s = 5 \cdot 0,343 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_s = 1,715 \text{ mm}^2$$

3.4.1.4. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması

$$F_{s_z} = A_s * k_s \text{ [N]} \text{ (Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti)} \quad (3.11)$$

$$k_s = 800 \text{ N / mm}^2 \text{ (Tablo 3.2'den Al malzemesi seçilmiştir.)}$$

$$F_{s_z} = 1,715 * 800 \text{ [N]}$$

$$F_{s_z} = 1372 \text{ N}$$

$$z_e = \frac{z * \varphi_s}{360} \text{ [diş]} \text{ (Kavramada bulunan diş sayısı)} \quad (3.12)$$

$$z_e = 4 * 104,4^\circ / 360^\circ \text{ [diş]}$$

$$z_e = 1,16 \text{ diş}$$

$$F_s = z_e * F_{s_z} \text{ [N]} \text{ (Ortalama kesme kuvveti)} \quad (3.13)$$

$$F_s = 1,16 * 1372 \text{ [N]}$$

$$F_s = 1591,5 \text{ N}$$

Tablo 3.2. Basitleştirilmiş yöntemle k_s 'nin değeri (Akkurt, 1985).

Parça Malzemesi	$k_s \text{ [N / mm}^2\text{]}$
St 60	1600
St70	1900
Islah Çelikleri ($\sigma_k \leq 100 \text{ N/mm}$)	2350
Islah Çelikleri ($\sigma_k \leq 1400 \text{ N/mm}$)	3500
Cr-Ni Çelikleri	3000
Mn Çelikleri	4800
Dökme Çelik	1500
Dökme Demir	2000
Al – Cu – Mg Alaşımı(Duraliminyum)	800

3.4.1.5. Kesme Gücünün Hesaplanması

$$P_s = \frac{F_s * V}{60 * 1000} \text{ [kW]} \text{ (Kesme gücü)} \quad (3.14)$$

$$F_s = 1372 \text{ N}$$

$$V = 300 \text{ m / dak}$$

$$P_s = (1591,5 * 300) / (60 * 1000) \text{ [kW]}$$

$$P_s = 7,95 \text{ kW}$$

CNC'nin kafası için DIN 42673'e göre asenkron motorlar güç serisindeki bir üst en yakın değer olan **11 kW**'lık motor seçilmiştir.

3.5. Vidalı Milin Hesapları

Vidalı milin hareket ettirdiği toplam obje ağırlığı: $G = 150 \text{ kg}$

Maksimum hareket mesafesi: $l_1 = 670 \text{ mm}$

Boşta hareket hızı (Maksimum iletim hızı): $V = 10 \text{ m / dak}$

En küçük adım aralığı (Tezgahın çözünürlüğü): $l_2 = 2 \text{ } \mu\text{m / adım}$

AC servo motor maksimum hızı: $n_1 = 3000 \text{ d / dak}$

Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı: $\mu = 0,1$

Hareket yüzdesi(c): % 60

3.5.1. Vida Mili Adımının Hesaplanması

Vidalı milin adım uzunluğu (l), bir turundaki ilerleme miktarıdır.

$$l = \frac{V * 1000}{n_1} \text{ [mm]} \quad (3.15)$$

$$l = (10 * 1000) / 3000 \text{ [mm]}$$

$$l = 3,33 \text{ mm}$$

En küçük adım aralığı(l_3):

$$l_3 = \frac{l}{n_1} \text{ [mm / adım]} \quad (3.16)$$

$$l_3 = 3,33 / 3000 \text{ [mm / adım]}$$

$$l_3 = 0,001 \text{ mm / adım}$$

3.5.2. Vidalı Mil ve Somunun Seçimi

Vidalı mile etkiyen ortalama yük:

$$F_e = F_s \text{ alırsak,}$$

$$F_e = 1591,5 \text{ N}$$

$$F_e = 159,15 \text{ daN}$$

$$F_e = \frac{2 * F_{\max} + F_{\max}}{3} \text{ [daN]} \quad (3.17)$$

$$F_e = 0,65 * F_{\max} \text{ [daN]} \quad (3.18)$$

$$F_{\max} = \frac{F_e}{0,65} \text{ [daN]} \quad (3.19)$$

$$F_{\max} = 159,15 / 0,65 \text{ [daN]}$$

$$F_{\max} = 244,8 \text{ daN}$$

$$F_e = 0,75 * F_{\min} \text{ [daN]} \quad (3.20)$$

$$F_{\min} = \frac{F_e}{0,75} \text{ [daN]} \quad (3.21)$$

$$F_{\min} = 159,15 / 0,75 \text{ [daN]}$$

$$F_{\min} = 212,2 \text{ daN}$$

$$C_{oa} = F_{max} * f_s \text{ [daN] (Gerekli minimum statik yük kapasitesi)} \quad (3.22)$$

$f_s = 2,5 \dots 7$ (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$$f_s = 6 \text{ alındı.}$$

$$F_{max} = 244,8 \text{ daN}$$

$$C_{oa} = 244,8 * 6 \text{ [daN]}$$

$$C_{oa} = 1468,8 \text{ daN}$$

$$C_a = F_e * f_s \text{ [daN] (Gerekli minimum dinamik yük kapasitesi)} \quad (3.23)$$

$f_s = 2,5 \dots 7$ (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$$f_s = 6 \text{ alındı.}$$

$$F_e = 159,15 \text{ daN}$$

$$C_a = 159,15 * 6 \text{ [daN]}$$

$$C_a = 954,9 \text{ daN}$$

Yük kapasiteleri yukarıdaki eşitsizlikleri sağlayan bir vidalı mil ve somun seçimi yapmak gerekmektedir. Tablo 3.3'den SFU 2005-4 modeli uygun olur.

$$C_a = 1130 \text{ daN } (> 954,9 \text{ daN})$$

$$C_{oa} = 2380 \text{ daN } (> 1468,8 \text{ daN})$$

Değerleri eşitsizliği sağlıyor. Vida mekanizması emniyetle çalışacaktır.

Tablo 3.3. Vidalı mil özellikleri çizelgesi (Comtop, 2004).

Model No.	Dimensions															
	d	l	Da	D	A	B	L	W	X	G	H	Q	n	Ca	Coa	K
SFU1604-4	16	4	2.381	28	48	10	40	38	5.5	44	40	M6	4	629	1270	35
SFU1605-4		5	3.175	28	48	10	50	38	5.5	44	40	M6	4	780	1790	20
SFU1610-3		10	3.175	28	48	10	57	38	5.5	44	40	M6	3	721	1249	15
SFU2004-4	20	4	2.381	36	58	10	42	47	6.6	51	44	M6	4	699	1617	41
SFU2005-4		5	3.175	36	58	10	51	47	6.6	51	44	M6	4	1130	2380	25
SFU2504-4	25	4	2.381	40	62	10	42	51	6.6	55	48	M6	4	777	2052	48
SFU2505-4		5	3.175	40	62	10	51	51	6.6	55	48	M6	4	1280	3110	35
SFU2506-4		6	3.969	40	62	10	54	51	6.6	55	48	M6	4	1528	3284	40
SFU2508-4		8	4.762	40	62	10	63	51	6.6	55	48	M6	4	1941	3863	38
SFU2510-4	32	10	4.762	40	62	12	85	51	6.6	55	48	M6	4	1944	3877	33
SFU3204-4		4	2.381	50	80	12	44	65	9	71	62	M6	4	871	2661	56
SFU3205-4		5	3.175	50	80	12	52	65	9	71	62	M6	4	1450	4150	40
SFU3206-4		6	3.969	50	80	12	57	65	9	71	62	M6	4	1720	4298	47
SFU3208-4		8	4.762	50	80	12	65	65	9	71	62	M6	4	2189	5079	44
SFU3210-4		10	6.350	50	80	12	90	65	9	71	62	M6	4	3390	7170	79
SFU3220-3		20	3.969	50	80	12	99	65	9	71	62	M6	3	1354	3283	52
SFU4005-4	40	5	3.175	63	93	14	55	78	9	81.5	70	M8	4	1610	5330	49
SFU4006-4		6	3.969	63	93	14	60	78	9	81.5	70	M6	4	1911	5458	55
SFU4008-4		8	4.762	63	93	14	67	78	9	81.5	70	M6	4	2435	6469	52
SFU4010-4		10	6.350	63	93	14	93	78	9	81.5	70	M8	4	3910	9520	50
SFU5010-4	50	10	6.350	75	110	16	93	93	11	97.5	85	M8	4	4450	12500	65
SFU6310-4	63	10	6.350	90	125	18	98	108	11	110	95	M8	4	5070	16600	80
SFU8010-4	80	10	6.350	105	145	20	98	125	13.5	127.5	110	M8	4	5620	21300	90

l: Vida adımı, Da: Bilya çapı, n: Somun içindeki tur sayısı, K: Rijitlik (Kg / μ m), Ca: Dinamik yük kapasitesi (daN), Coa: Statik yük kapasitesi (daN)

3.5.3. Vida Uzunluğunun Hesaplanması

Vida uzunluğu (L_{vida}),

Konstrüksiyon gereği kayıp olan uzunluk ($L_{kayıp}$) = 299

Maksimum strok (L_{strok}) = 670

Somun uzunluğu (L_{somun}) = 51

Uç için ayrılan uzunluk ($L_{uç}$) = 50

$$L_{vida} = L_{strok} + L_{somun} + L_{kayıp} + 2 * L_{uç} \text{ [mm]} \quad (3.24)$$

$$L_{vida} = 670 + 51 + 299 + 2 * 50 \text{ [mm]}$$

$$L_{vida} = 1120 \text{ mm}$$

Vidalı mil Şekil 3.13’de gösterilmiştir. Vidalı milin yataklar arası mesafesi = 1100 mm



Sekil 3.13. Vidalı mil ve yatakları

3.5.4. Vidalı Milin İzin Verilen Maksimum Devir Sayısının Hesaplanması

$$n_{\text{maks}} = f * \frac{d_r}{L_v} * 10^7 \text{ [d / dak]} \quad (3.25)$$

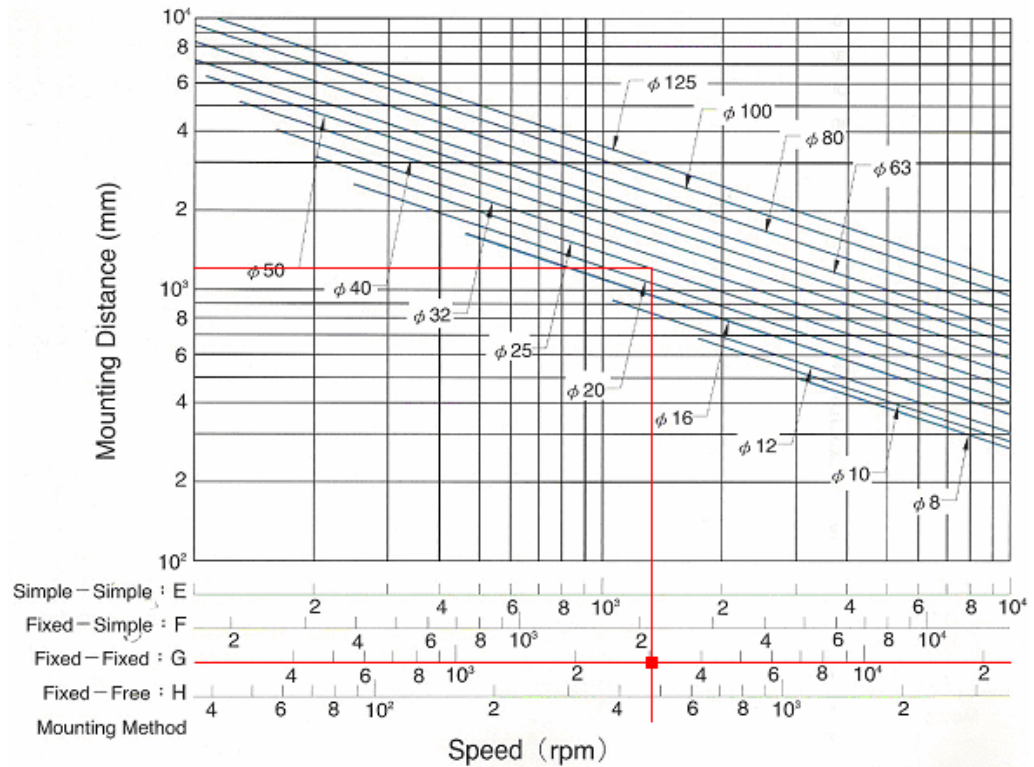
$f = 21,9$ (İki ucu da sabit mafsallı ile tutturulmuş yataklama için öngörülen katsayı)

$d_r = 17,1 \text{ mm}$ (Vidanın diş dibi çapı) (DIN 6905'e göre alınmıştır.)

$L_v = 1100 \text{ mm}$ (Vidalı milin yatak mesafesi)

$$n_{\text{maks}} = 21,9 * (17,1 / 1100^2) * 10^7 \text{ [d / dak]}$$

$n_{\text{maks}} = 3100 \text{ d / dak}$ (Şekil 3.14'de okunan değer ile uyumludur.)



Mounting distance: Yataklar arası mesafe, Speed: Hız, Simple: Basit, Fixed: Sabit, Free: Serbest

Şekil 3.14. İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değişimi (Comtop, 2004).

3.5.5. Vidalı Miller Üzerine Gelen Yükler

Hızlanma sırasında vidalı mil üzerindeki yük:

$$F_H = G * g * \mu + \frac{G * V}{60 * \Delta t} \text{ [N]} \quad (3.26)$$

$$G = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2 \text{ (Yer çekimi ivmesi)}$$

$$\mu = 0,1 \text{ (Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı)}$$

$$V = 10 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s (Hızlanma/yavaşlama zamanı)}$$

$$F_H = 150 * 9,8 * 0,1 + (150 * 10 / (60 * 0,5)) \text{ [N]}$$

$$F_H = 197 \text{ N}$$

Yavaşlama sırasında vidalı mil üzerindeki yük:

$$F_Y = G * g * \mu - \frac{G * V}{60 * \Delta t} \text{ [N]} \quad (3.27)$$

$$G = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$\mu = 0,1$$

$$V = 10 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$F_Y = 150 * 9,8 * 0,1 - (150 * 10 / (60 * 0,5)) \text{ [N]}$$

$$F_Y = 97 \text{ N}$$

3.5.6. Vidalı Millerin Rijitlik Kontrolü

Bölüm 3.5.5'ten görüldüğü üzere vidalı millerin üzerine gelen en yüksek kuvvet hızlanma sırasında oluşuyor. Bu kuvvet:

$$F_H = 197 \text{ N}$$

Bu kuvvete kesme kuvvetini de eklersek,

$$F_{\text{vidalı mil}} = F_H + F_{\text{kesme}} \text{ [N]} \quad (3.28)$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 197 + 1591,5 \text{ [N]}$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 11788,5 \text{ N}$$

Bu kuvvet altında vidalı milin sehim:

$$f = \frac{F_{\text{vidalı mil}}}{K * g} \text{ [}\mu\text{m]} \quad (3.29)$$

$K = 25 \text{ kg} / \mu\text{m}$ (Tablo 3.3'den SFU 2005-4 vidalı mil için rijitlik katsayısı)

$$F_{\text{vidalı mil}} = 11788,5 \text{ N}$$

$$g = 9,8 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$f = (11788,5 / (25 * 9.8)) \text{ [}\mu\text{m]}$$

$$f = 7,3 \mu\text{m}$$

Vidalı milin X Ekseninin hafif işleme şartlarındaki sehim değeri $7,3 \mu\text{m}$ 'dır. Sehim değerini düşürmek ve rijitliği arttırmak için aşağıdaki işlemlerden biri veya birkaçı uygulanmalıdır.

z (Takım diş sayısı) değeri azaltılmalıdır.

D (Takım çapı) değeri arttırılmalıdır.

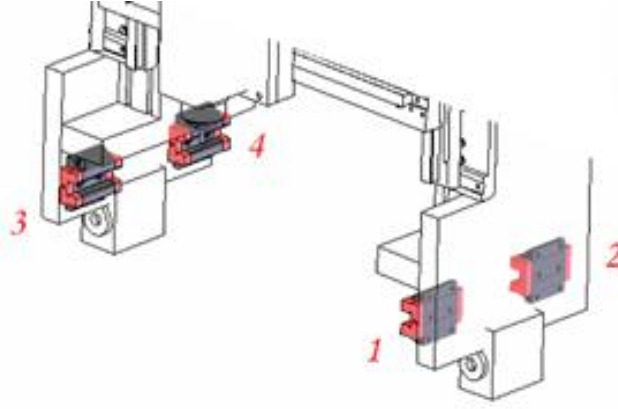
s_z (Diş başına düşen ilerleme miktarı) değeri azaltılmalıdır.

B (Yana kayma) veya ' a_p ' (Kesme derinliği) değeri azaltılmalıdır.

V hızının sehim ve rijitlik değerleri üzerinde bir etkisi yoktur.

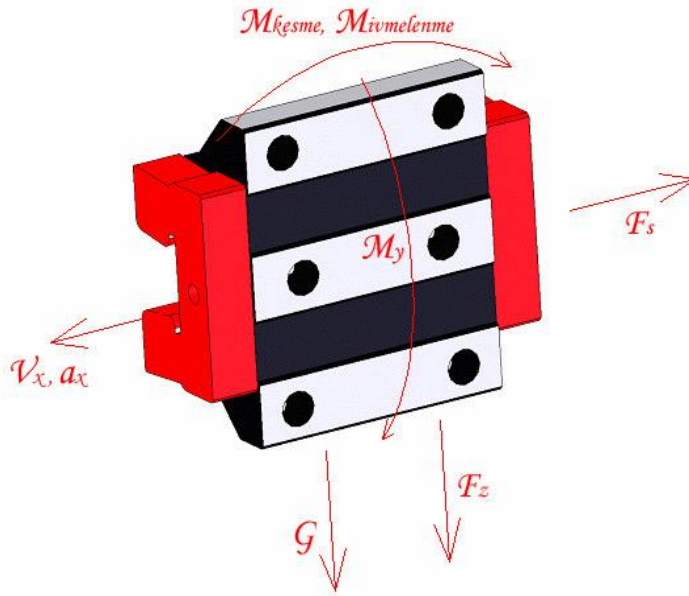
3.6. Ray ve Araba Hesapları

X ekseninde Şekil 3.15'de belirtilen 4 adet BMA-30 kodlu bilyeli araba bulunmaktadır. Bu arabalar bilyeli olmaları dolayısıyla minimum değme alanı, minimum sürtünme; buna karşılık sertleştirilmiş çelikten imal edilmiş bilyeleri sayesinde yüksek rijitlik ve uzun ömür sağlamaktadırlar. Gövdeleri de yine çelikten imal edilmiştir ve CNC'de işlenmişlerdir. Her arabanın kendi üzerinde yağ haznesi vardır ve bilyeler hareket süresince bu hazneden dolaşp sürekli yağlanırlar (Büyüksahin, 2005).



Sekil 3.15. X ekseninde bulunan 4 adet BMA-30 bilyalı arabanın konumu

Ray ve araba hesapları yapılırken olabilecek en kötü senaryoyu simule etmek ve bu koşullarda dahi makinenin uzun yıllar boyunca çalışmasını sağlamak hedeflenmiştir. Hesaplar sırasında makinede oluşabilecek maksimum ataletleri oluşturabilmek için makine her eksenin yapabileceği maksimum ivmeyle yavaşlaması durumu baz alınmıştır. (Kuvvet yönleri makineyi en çok zorlayabileceği yönde Şekil 3.16’da belirtildiği gibi alınmışlardır.)



Şekil 3.16. X eksenin 1 numaralı arabaya etki eden kuvvet ve momentler

3.6.1. Yer Çekim Kuvvetinin Hesaplanması

X ekseninin hareket ettirdiği tüm kütlenin ağırlığı ile oluşan kuvvettir.

$$G = G_x * g \quad [\text{N}] \quad (\text{Yer çekimi kuvveti}) \quad (3.30)$$

$$G_x = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$G = 150 * 9,8$$

$$G = 1470 \text{ N}$$

3.6.2. Z Eksenini Yönlündeki Kuvvetin Hesaplanması

Z ekseninin $-Z$ yönündeki (aşağıya doğru) hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(z)} = \frac{V_{\max(z)}}{\Delta t} \text{ [m / s}^2\text{]} \quad (3.31)$$

$$V_{\max(z)} = 10 \text{ m / dak (Z eksenindeki maksimum hız)}$$

$$V_{\max(z)} = 0,1667 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s (Hızlanma/yavaşlama zamanı)}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,1667 / 0,5 \text{ [m / s}^2\text{]} \text{ (Z eksenindeki maksimum ivme)}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,33 \text{ m / s}^2$$

$$F_z = G_z * \alpha_{\max(z)} \text{ [N]} \quad (3.32)$$

$$G_z = 20 \text{ kg (Z ekseninde hareket eden kütle miktarı)}$$

$$F_z = 20 * 0,33 \text{ [N]}$$

$$F_z = 6,6 \text{ N}$$

3.6.3. Y Eksenini Yönlündeki Kuvvetin Hesaplanması

Y ekseninin $+Y$ yönündeki hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(y)} = \frac{V_{\max(y)}}{\Delta t} \text{ [m / s}^2\text{]} \quad (3.33)$$

$V_{\max(y)} = 10 \text{ m / dak}$ (Y eksenindeki maksimum hız)

$V_{\max(y)} = 0,1667 \text{ m / s}$

$\Delta t = 0,5 \text{ s}$ (ivmelenme süresi)

$\alpha_{\max(y)} = 0,1667 / 0,5 \text{ [m / s}^2\text{]}$ (Y eksenindeki maksimum ivme)

$\alpha_{\max(y)} = 0,33 \text{ m / s}^2$

$$F_y = G_y * \alpha_{\max(y)} \text{ [N]} \quad (3.34)$$

$G_y = 45 \text{ kg}$ (Y ekseninde hareket eden kütle miktarı)

$F_y = 45 * 0,33 \text{ [N]}$

$F_y = 15 \text{ N}$

3.6.4. X Ekseni Yönündeki Kuvvetin Hesaplanması

X ekseninin ivmeli hareketi ile oluşan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(x)} = \frac{V_{\max(x)}}{\Delta t} \text{ [m / s}^2\text{]} \quad (3.35)$$

$V_{\max(x)} = 10 \text{ m / dak}$ (X eksenindeki maksimum hız)

$V_{\max(x)} = 0,1667 \text{ m / s}$

$\Delta t = 0,5 \text{ s}$ (ivmelenme süresi)

$\alpha_{\max(x)} = 0,1667 / 0,5 \text{ [m / s}^2\text{]}$ (X eksenindeki maksimum ivme)

$\alpha_{\max(x)} = 0,33 \text{ m / s}^2$

$$F_x = G_x * \alpha_{\max(x)} \text{ [N]} \quad (3.36)$$

$G_x = 150 \text{ kg}$ (X ekseninde hareket eden kütle miktarı)

$F_x = 150 * 0,33 \text{ [N]}$

$F_x = 50 \text{ N}$

3.6.5. Kesme Kuvvetinin Hesaplanması

Tezgahı en fazla zorlayabilmek için olabilecek en kötü çalışma şartı olan ağır çalışma baz alınmıştır. Bu çalışma şartında:

$$F_{\text{kesme}} = 1591,5 \text{ N (Bölüm 3.4.1.4)}$$

3.6.6. Sürtünme Kuvvetinin Hesaplanması

Ray ve araba arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kuvvettir. Bu kuvvete büyük oranda arabanın iki tarafındaki bilyaları pislikten korumak için olan plastik kapaklar neden olmaktadır (Büyükşahin, 2005).

$$F_{\text{sürtünme}} = (G + F_z) * \mu \text{ [N]} \quad (3.37)$$

$$\mu = 0,1$$

$$G = 1470 \text{ N (Bölüm 3.6.1'den)}$$

$$F_z = 6,6 \text{ N (Bölüm 3.6.2'den)}$$

$$F_{\text{sürtünme}} = (1470 + 6,6) * 0,1 \text{ [N]}$$

$$F_{\text{sürtünme}} = 147,6 \text{ N}$$

3.6.7. X Eksenine Etki Eden Toplam Kuvvetin Hesaplanması

Kuvvet vektörlerinin toplanması ile bulunmuştur. (Vektörel toplam yapılmıştır.)

$$F_{\text{toplam}} = ((G + F_z)^2 + (F_{\text{sürtünme}} + F_{\text{kesme}} + F_{\text{ivmelenme}})^2 + (F_y)^2)^{1/2} \text{ [N]} \quad (3.38)$$

$$F_{\text{toplam}} = ((1470 + 6,6)^2 + (147,6 + 1591,5 + 50)^2 + (15)^2)^{1/2} \text{ [N]}$$

$$F_{\text{toplam}} \approx 2320 \text{ N (X eksenine etki eden toplam kuvvet)}$$

3.6.8. Toplam Araba Kuvvetinin Hesaplanması

X Ekseninde 4 adet bilyeli araba kullanıldığı için toplam kuvvet eşit Şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba basına düşen kuvveti bulmak için toplam kuvveti 4'e bölmek yeterli olacaktır.

$$F_{\text{toplamaraba}} = \frac{F_{\text{toplamlam}}}{4} \text{ [N]} \quad (3.39)$$

$$F_{\text{toplamlam araba}} = 2320 / 4$$

$$F_{\text{toplamlam araba}} = 580 \text{ N (Araba başına düşen toplam kuvvet miktarı)}$$

3.6.9. Kesme Momentinin Hesaplanması

Kesme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{\text{kesme}} = F_{\text{kesme}} * d_1 \text{ [Nm]} \quad (3.40)$$

$$F_{\text{kesme}} = 1591,5 \text{ N (Bölüm 3.6.5'den)}$$

$d_1 = 0,63 \text{ m}$ (Kesme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı)

$$M_{\text{kesme}} = 1591,5 * 0,63 \text{ [Nm]}$$

$$M_{\text{kesme}} = 1002,6 \text{ [Nm]}$$

3.6.10. İvmelenme Momentinin Hesaplanması

İvmelenme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{\text{ivmelenme}} = F_{\text{ivmelenme}} * d_2 \text{ [Nm]} \quad (3.41)$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 50 \text{ N (Bölüm 3.6.4'den)}$$

$d_2 = 0,416 \text{ m}$ (İvmelenme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı)

$$M_{\text{ivmelenme}} = 50 * 0,49 \text{ [Nm]}$$

$$M_{\text{ivmelenme}} = 20,8 \text{ [Nm]}$$

3.6.11. Y Eksenî Yönlündeki Kuvvetin Oluşturduğu Momentinin Hesaplanması

F_y kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir ekseninde bulunduğn için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_y = F_y * d_3 \text{ [Nm]} \quad (3.42)$$

$$F_y = 15 \text{ N (Bölüm 3.6.3'den)}$$

$$d_2 = 0,63 \text{ m (} F_y \text{ kuvvetinin etki ettiğî noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı)}$$

$$M_y = 15 * 0,63 \text{ [Nm]}$$

$$M_y = 9,45 \text{ [Nm]}$$

3.6.12. X Eksenindeki Toplam Momentin Hesaplanması

$$M_{OLT} = M_{ivmelenme} + M_{kesme} \text{ [Nm]} \quad (3.43)$$

$$M_{ivmelenme} = 20,8 \text{ N m (Bölüm 3.6.10'dan)}$$

$$M_{kesme} = 1002,6 \text{ N m (Bölüm 3.6.9'dan)}$$

$$M_{OLT} = 20,8 + 1002,6 \text{ [Nm]}$$

$$M_{OLT} = 1023,4 \text{ [Nm]}$$

3.6.13. M_{OLTA} Moment Toplamlarının Hesaplanması

X Ekseninde 4 adet bilyeli araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OLTA} = \frac{M_{OLT}}{4} \text{ [Nm]} \quad (3.44)$$

$$M_{OLTA} = 1023,4 / 4 \text{ [Nm]}$$

$$M_{OLTA} = 255,8 \text{ [Nm]}$$

3.6.14. M_{OQT} Moment Toplamlarının Hesaplanması

$$M_{OQT} = M_y \text{ [Nm]} \quad (3.45)$$

$$M_y = 9,45 \text{ N m (Bölüm 3.6.11'den)}$$

$$M_{OQT} = 9,45 \text{ [Nm]}$$

3.6.15. M_{OQTA} Moment Toplamlarının Bulunması

X Ekseninde 4 adet bilyeli araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OQTA} = \frac{M_{OQT}}{4} \text{ [Nm]} \quad (3.46)$$

$$M_{OQTA} = 9,45 / 4 \text{ [Nm]}$$

$$M_{OQTA} = 2,36 \text{ [Nm]}$$

3.6.16. Arabaların Güvenlik Kontrolü

Arabaların güvenli bir şekilde çalışması ancak tablo 3.4'den okunan C kuvveti ve M_{OQ} , M_{OL} moment değerlerinin bizim sistemimizde oluşan kuvvet ve moment değerlerinden büyük olmasıyla gerçekleşebilir (Büyükşahin, 2005).

Bunu şu Şekilde gösterebiliriz:

$$F_{\text{toplam araba}} < C ; \quad (3.47)$$

$$M_{OLTA} < M_{OL} ; \quad (3.48)$$

$$M_{OQTA} < M_{OQ} ; \quad (3.49)$$

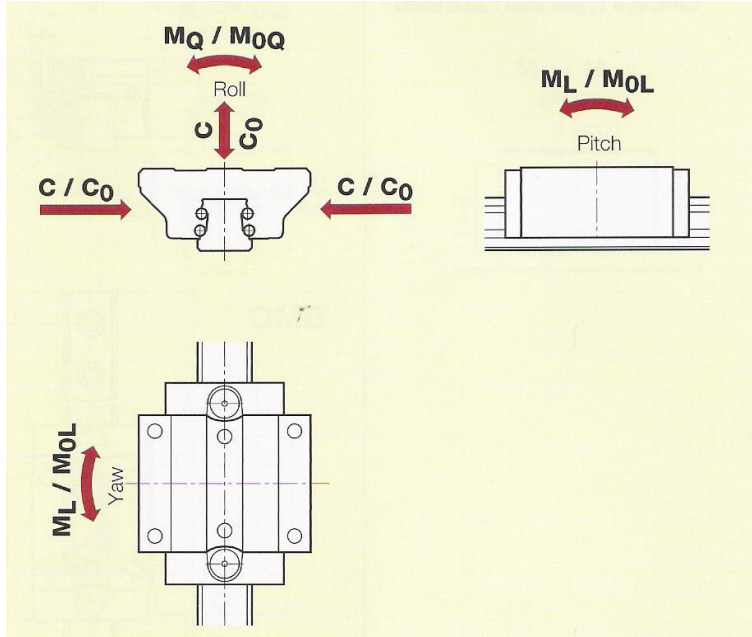
eşitsizliklerinin sağlanması durumunda arabamız emniyetli bir çalışma sergileyecektir.

$$F_{\text{toplam araba}} < C ; (585 \text{ N} < 29200 \text{ N})$$

$$M_{OLTA} < M_{OL} ; (259,7 \text{ Nm} < 829 \text{ Nm})$$

$$M_{OQTA} < M_{OQ} ; (2,36 \text{ Nm} < 497 \text{ Nm})$$

Eşitsizlikler sağlanıyor. X ekseninde kullanılan 4 adet BMA-30 bilyeli araba emniyetlidir.



Şekil 3.17. Kuvvet ve momentlerin tablo 3.4'deki karşılıkları (Schneeberger, 2004).

Tablo 3.4. Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi (Schneeberger, 2004).

Type	Loading capacities		Moments				Weight	
	C ₀ (N)	C (N)	M _{OQ} (Nm)	M _{OL} (Nm)	M _Q (Nm)	M _L (Nm)	Carriage (kg)	Rail (kg/m)
BMA 15	19 600	9 000	181	146	83	67	0.3	1.4
BMA 20	31 400	14 400	373	292	171	134	0.5	2.2
BMB 20	41 100	17 400	490	495	206	208	0.6	
BMA 25	46 100	21 100	631	513	289	235	0.7	3.0
BMB 25	60 300	25 500	825	863	349	365	0.9	
BMA 30	63 700	29 200	1 084	829	497	380	1.2	4.3
BMB 30	83 300	35 300	1 414	1 390	599	589	1.5	
BMA 35	84 400	38 700	1 566	1 252	718	574	1.8	5.4
BMB 35	110 300	46 700	2 048	2 104	867	891	2.3	
BMA 45	134 800	61 900	3 193	2 498	1 466	1 147	3.3	8.8
BMB 45	176 300	74 700	4 175	4 199	1 769	1 779	4.2	

Type: Tip, Loading capacities: Yük kapasiteleri, Moments: Momentler, Weight: Ağırlık, Carriage: Araba, Rail: Ray

3.7. Servo Motor Hesapları

$$F = F_{\text{kesme}} + F_{\text{ivmelenme}} + F_s \text{ [N]} \text{ (Toplam kuvvet)} \quad (3.50)$$

$$F_{\text{kesme}} = 1591,5 \text{ N (Bölüm 3.6.5'den)}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 50 \text{ N (Bölüm 3.6.4'den)}$$

$$F_s = 147,6 \text{ N (Bölüm 3.6.6'dan)}$$

$$F = 1591,5 + 50 + 147,6 \text{ [N]}$$

$$F = 1789,1 \text{ N}$$

$$P = (F * V) / \eta \text{ [Watt]} \quad (3.51)$$

P: Gerekli güç [Watt]

$\eta = 0,9$ (Verim) alınırsa,

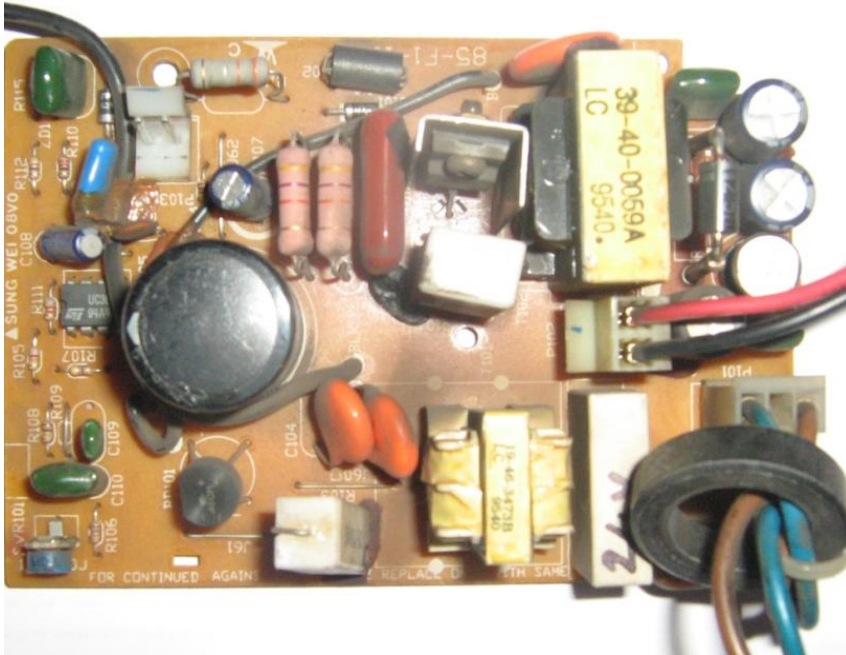
$$P = (1789,1 * 0,1667) / 0,9 \text{ [Watt]}$$

$$P = 331,3 \text{ Watt}$$

Üç eksen için 400 Watt (= 0,4 kW)'lık servo motor seçilmiştir.

3.8. Güç Kaynağı

Kullanılan güç kaynağı Şekil 3.18'de gösterilen 24V'luk güç kaynağıdır.



Şekil 3.18. 24V Güç kaynağı

3.9. Tezgâhta Kullanılan Servo Motorlar

Servo motor tezgahdaki eksen hareketini sağlar. Tezgahta Adtech ACH-06040D marka servo motorlar kullanılmıştır. Motorların teknik özellikleri Tablo 3.5’de ve motor bağlantı kablolarının bağlantı bilgisi Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.5. ACH-06040D servo motorun özellikleri

Motor	06040D
Flanş (mm)	60
Güç (W)	400
Tork (Nm)	1.3
Max Tork (Nm)	3.8
Akım (A)	2.8
Devir (RPM)	3000
Gerilim (V)	220
Atalet ($\text{kgm}^2 \times 10^{-4}$)	0.26
Enkoder (PPR)	2500
Ortam Değerleri	Çalışma Sıcaklığı: $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$, Saklama Sıcaklığı: $-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ Nem < 90% (Yoğuşmayan)
Ağırlık (Kg)	1.3

Tablo 3.6. ACH-06040D servo motorun bağlantı kabloları

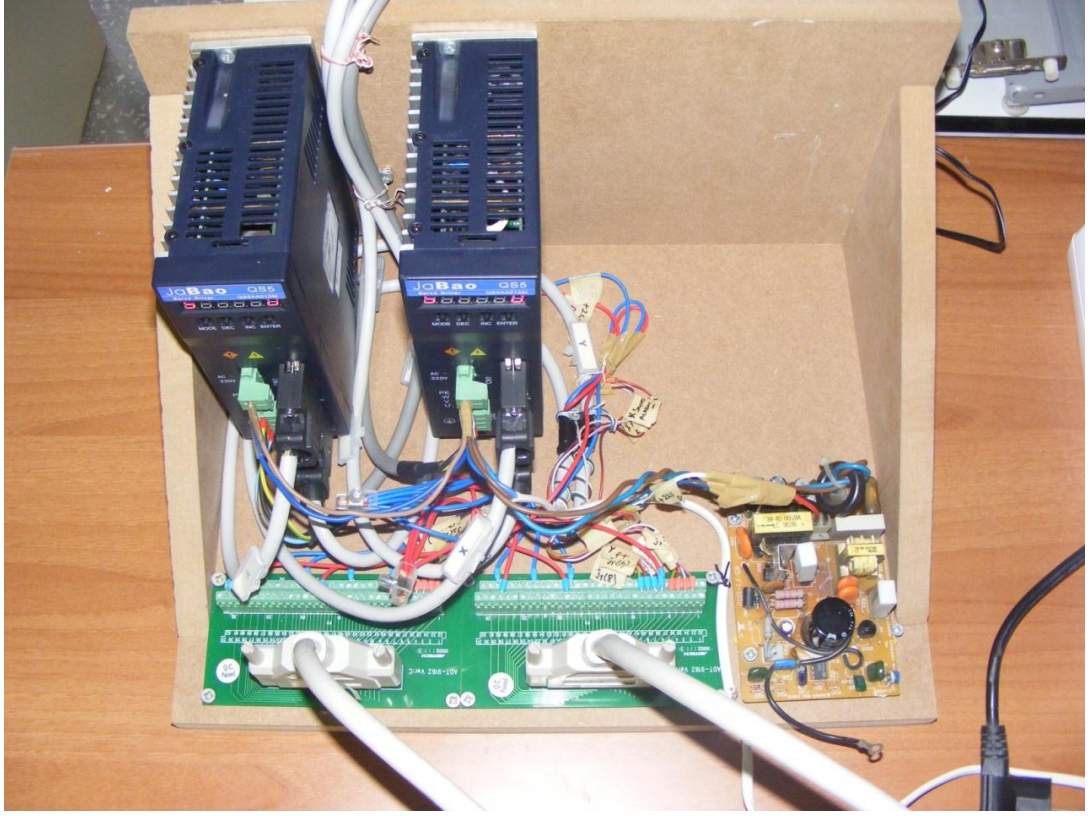
Motor Bağlantı Kablosu		Enkoder Bağlantı Kablosu		
Bağlantı Kablosu	Kablo No	Sinyal Kabloları	Kablo No	Kablo Renk
U(Kırmızı)	1	5V	2	Kırmızı
		0V	3	Siyah
		B+	4	Yeşil
		Z-	5	Sarı-Siyah
		U+	6	Kahverengi
V(Sarı)	2	Z+	7	Sarı
		U-	8	Kahverengi-Siyah
		A+	9	Mavi
		V+	10	Gri
W(Mavi)	3	W+	11	Beyaz
		V-	12	Gri-Siyah
		A-	13	Mavi-Siyah
		B-	14	Yeşil-Siyah
PE(Sarı-Yeşil-Siyah)	4	W-	15	Beyaz-Siyah
		PE	1	

3.10. Tezgahta Kullanılan Servo Sürücüler

Servo sürücüler servo motorun hareketini kontrol eden elemanlardır. Tezgahta Jobao QS5AA015M marka sürücü kullanılmıştır. Kullanılan servo sürücüleri Şekil 3.19’da ve tezgahtaki montajı yapılmış hali de Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



Şekil 3.19. Jobao marka QS5AA015M nolu servo sürücü



Şekil 3.20. Tezgahın güç ünitesi

3.11. Tezgahta Kullanılan Hareket Kontrol Kartı

PCI hareket kontrol kartı bilgisayar ile tezgah arasında haberleşmeyi sağlar. Program arayüzünde tarafından gönderilen x, y ve z doğrultusundaki hareket miktarını, hızını ve yön değerlerini koordineli bir şekilde servo sürücülere aktarmasını sağlar. Bilgisayar destekli freze tezgâhının kontrolü için, Şekil 3.21’de görülen adtech ADT 8948A1 marka hareket kontrol kartı kullanılmıştır. Hareket kontrol kartı bilgisayarın PCI haberleşme yuvasını kullanır.

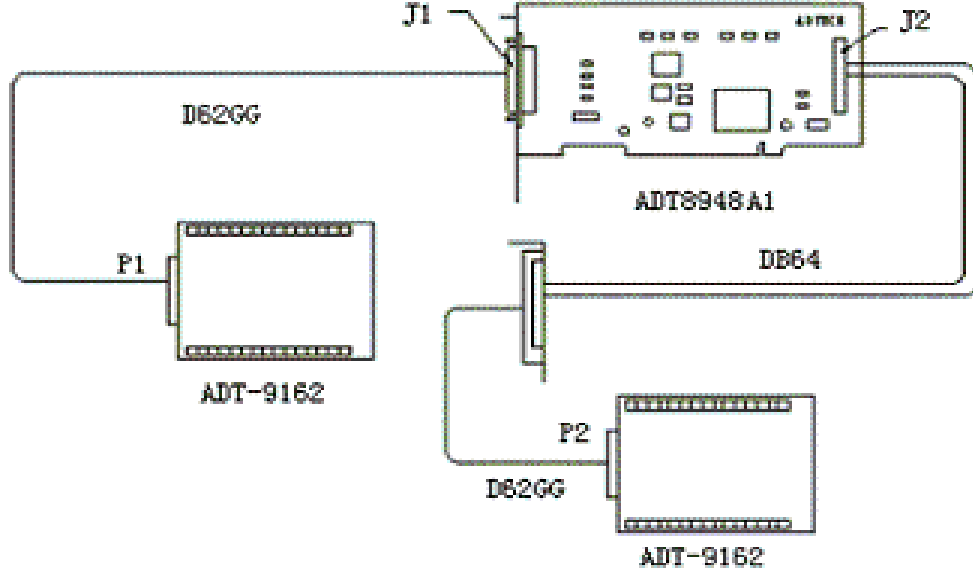


Şekil 3.21. ADT 8948A1 hareket kontrol kartı

ADT 8948A1 kartının genel özellikleri :

- 32 Bit İşlem Gücü
- 32 Dijital Giriş (5-24VDC)
- 32 Digital Çıkış (5-24VDC NPN)
- 4 Eksen 32 Bit Encoder Girişi
- 2 ve 3 Eksen (Lineer) Doğrusal İnterpolasyon
- Dairesel İnterpolasyon
- Sürekli (Continuous) İnterpolasyon
- 4MHz Pulse Çıkış Frekansı
- Hareket Halinde Hız ve Pozisyon Değişimi
- S Tipi ve Trapezoidal Rampa
- Jog Fonksiyonu
- Pulse/Dir ve Up/Down Tipi Pulse
- Yazılımsal ve Fiziksel Limit
- Birden Fazla Home Fonksiyonu (Fiziksel 0)
- El Çarkı Desteği
- Harici Sinyal İle Hareketi Başlatıp Durdurma
- Tek Bir Sistemde 16 Kart a Kadar (64 Eksen) Kullanım
- C, C++, BC++, C++ Builder, Labview, Delphi ve Visual Basic Desteği
- Boyutlar 153X107 mm (URL-4, 2011).

ADT 8948A1 hareket kontrol kartının ADT 9162 bağlantı paketi ile bağlantısı Şekil 3.22’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.22. ADT 8948A1 ile ADT 9162 bağlantı şekli

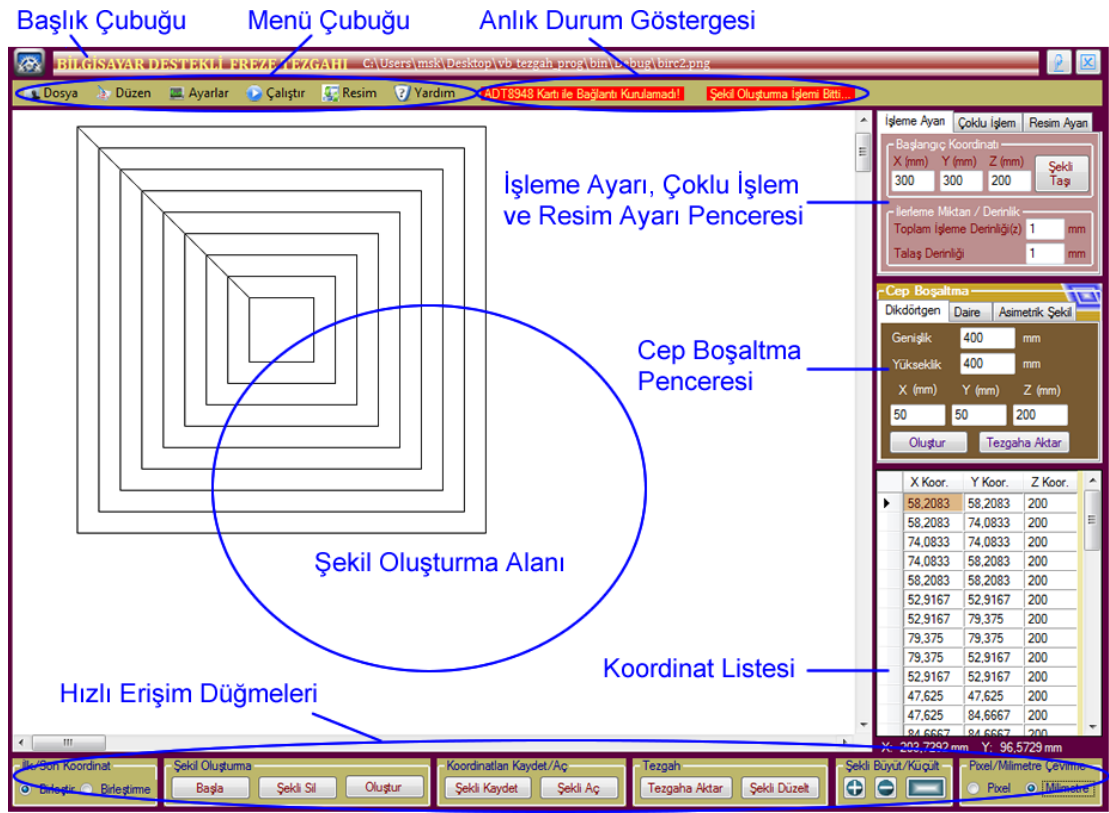
ADT-9162: Bağlantı plaketi

D62GG: 62 pinli bağlantı kablosu

DB64: 62 pinli bağlantı kablosu

4. PROGRAM ARAYÜZÜ

Bu bölümde, tezgâh için hazırlanan programın özellikleri ve programın kullanımı hakkında bilgi ve malzeme işleme uygulamaları verilecektir. Program Arayüzü Microsoft Visual Studio 2010 editörü ve Basic programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Bilgisayar destekli freze tezgahının program arayüzünün Şekil 4.1’de gösterilen kısımlardan oluşmaktadır.



Şekil 4.1. Program ara yüzü

4.1. Çalışma Prensibi

Kablosuz kalem fare ile daha önce kâğıt, karton vs. üzerine çizilmiş iki boyutlu bir çizime ait çizgilerin takip edilerek, farenin x, y yönündeki hareket koordinatları program arayüzüne aktarılır. Farenin hareketine ait tüm koordinatlar program tarafından sıralı bir şekilde arayüz programındaki koordinat listesine eklenmekte ve listede bu koordinatlar görülebilmektedir. Bu arada işlenecek parçanın işleme derinliği ise programa girilen bir değer ile koordinat listesi kısmında bulunan Z koordinatı sütununa eklenebilmektedir. Üç

eksen için oluşturulan koordinatlar “Tezgâha Gönder” komutuyla tezgâha aktarılarak malzemenin işlenmesi gerçekleştirilebilmektedir.

Program arayüzü aynı zamanda, başka çizim programlarında hazırlanmış resimsel iki boyutlu çizimleri de grafiksel çizime dönüştürme program arayüzüne aktarma özelliğine sahiptir. Ayrıca kullanıcının oluşturmak istediği şekle ait koordinatları arayüzündeki koordinat listesine elle girme imkânı da sunmaktadır.

Tezgâh işleme yaparken, program ara yüzünde de senkronize olarak kesici takımın işleme durumu, işleme koordinatları ve şeklin üzerinde işleme konumu görülebilmektedir.

Program arayüzünde mevcut bir çizimin koordinatlarının oluşturularak ekrana aktarılmasına ait işlem adımları aşağıdaki gibidir:

- Dosya menüsünden yeni seçeneği tıklanır,
- Başla düğmesi tıklanarak programın şekil oluşturma durumuna hazır hale gelmesini sağlar,
- Tezgâh tablası ve düz bir zemin üzerinde bulunan iki boyutlu çizimde taramanın başlanacağı yer fare ile tıklanır ve çizime ait çizgiler üzerinden fare ile dolaşarak çizimin her piksel koordinatı program ara yüzündeki koordinat listesine aktarılarak çizim oluşturulur,
- Koordinat listesine z ekseni koordinatları da eklenir,
- Oluşan bu üç boyutlu çizimin tezgâhta işlenmesi için gerekli olan ilerleme hızı ve kesici takım çapı girilir,
- İçten veya dıştan kesme durumuna göre çap telafisi pozitif veya negatif olarak girilir,
- Arayüzde oluşturulan çizimin tezgâh tablası üzerinde işlemeye başlama koordinatı işleme ayarları bölümünden girilerek tezgâha aktar düğmesi tıklanır,
- Ekrana gelen tezgâha aktar penceresinde işleme için son kontroller yapılarak tamam düğmesi tıklanır,
- Yapılan bu tüm işlemler doğrultusunda malzeme tezgâh tarafından işlenecektir.

Program arayüzünün ve arayüzdeki komutların tanıtımı aşağıda detaylı bir biçimde açıklanmıştır.

4.2. Başlık Çubuğu

Başlık çubuğu Şekil 4.2’de gösterilen kontrollerden oluşmaktadır. Bu kontrollerden biri  çalışma ekranını simge durumuna küçültme işlemi yaparken, diğeri ise  çalışma ekranını kapatır. Başlık çubuğunda aynı zamanda aktif olan çalışma adı ve yolu görülmektedir.



Şekil 4.2. Başlık çubuğu

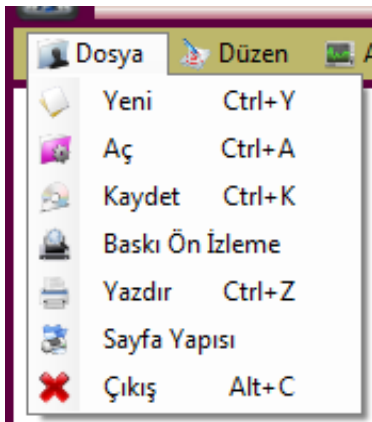
4.3. Şekil Oluşturma Alanı

Grafiksel veya resimsel tüm çalışmaların oluşturulduğu ve düzeltildiği kısımdır. Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

4.4. Menü Çubuğu

4.4.1. Dosya Menüsü

Dosya menüsü Şekil 4.3’te görüldüğü gibi yeni, aç, kaydet, baskı ön izleme, yazdır, sayfa yapısı ve çıkış konutlarından oluşmaktadır.



Şekil 4.3. Dosya menüsü

Yeni: Çalışma ekranını temizler ve yeni bir çalışma alanı oluşturmamızı sağlar.

Aç: Daha önce koordinat olarak kaydedilmiş çalışmayı veya başka kelime işlemci programlarında koordinat olarak hazırlanan çalışmayı şekil oluşturma ekranına yükler.

Kaydet: Koordinat listesi oluşturulan çalışmayı txt (düz metin) dosya uzantısı formatında kaydeder. Kaydetme işleminde dosyanın en başına aktif olan çalışma tipini (pixel ya da mm) kaydeder diğer satırlara ise x-y-z şeklinde koordinat listesini oluşturur.

Baskı Ön İzleme: Şekil oluşturma alanında oluşturulan çalışmanın çıktı görüntüsünü verir.

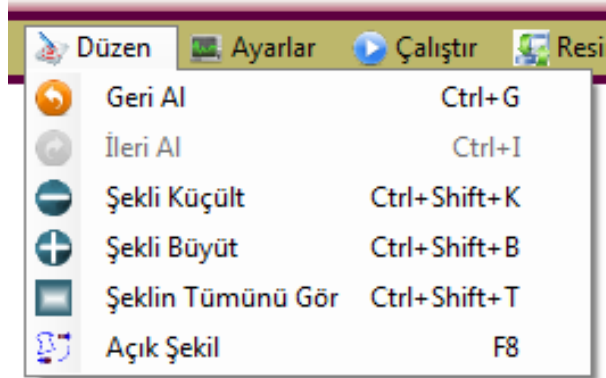
Yazdır: Çalışmayı yazıcıya aktarır.

Sayfa Yapısı: Baskı için sayfa ayarlarını yapmamıza olanak sağlar.

Çıkış: Programı kapatır.

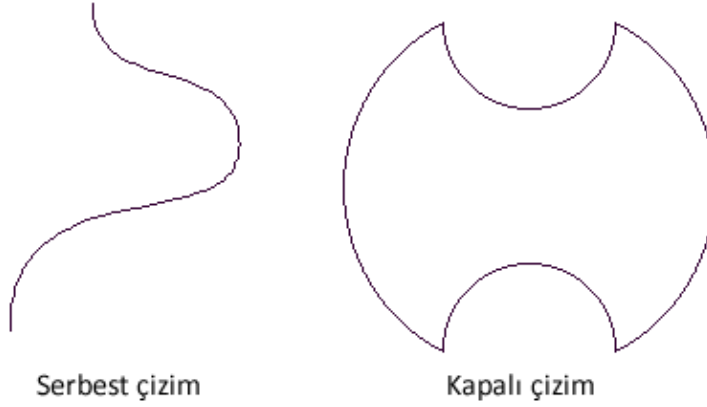
4.4.2. Düzen Menüsü

Düzen menüsü Şekil 4.4’de gösterilen seçeneklerden oluşmaktadır. Yapılan işlemleri bir önceki konuma getiren Geri Al, bir sonraki konuma getiren İleri Al, şekil oluşturma alanındaki şeklin belirli bir oran doğrultusunda küçültülmesi ve büyütülmesi görevini yapan Şekli Küçült ve Şekli Büyüt komutları ile oluşturulan şekli ekrana tamamının sığdırılmasını sağlayan Şeklin Tümünü Gör komutları mevcuttur.



Şekil 4.4. Düzen menüsü

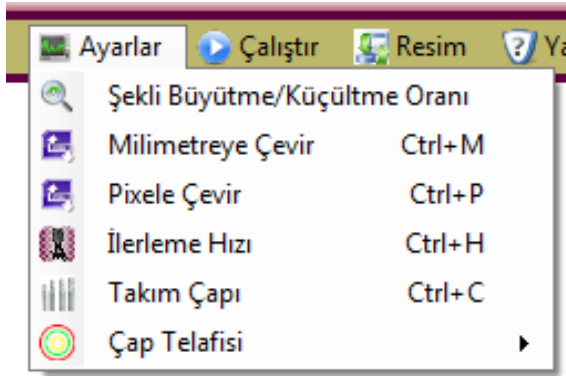
Açık Şekil komutu ise oluşturulacak şeklin açık veya kapalı çizim olacağını belirtir (Şekil 4.5). Açık çizimde, çizimin başlangıç koordinatı ile bitiş koordinatları farklı iken, kapalı çizimde ise çizimin başlangıç koordinatı ile bitiş koordinatları aynıdır. Yani kapalı çizim yaparken kaldığınız son nokta otomatik olarak ilk nokta ile birleştirilmektedir.



Şekil 4.5. Çizim tipi

4.4.3. Ayarlar Menüsü

Ayarlar menüsü Şekil 4.6’de gösterilen seçeneklerden oluşmaktadır.



Şekil 4.6. Ayarlar menüsü

Şekli Büyütme/Küçültme Oranı: Şekil oluşturma alanındaki şeklin büyütme /küçültme oranını ayarlar.

Milimetreye Çevir: Koordinat listesi kısmındaki koordinatların milimetre birimine dönüştürerek şekli yeniden oluşturur.

PixeLe Çevir: Koordinat listesi kısmındaki koordinatların pixel birimine dönüştürerek şekli yeniden oluşturur.

İlerleme Hızı: Malzemenin işleme esnasındaki ilerleme hız katsayısını ayarlar.

Takım Çapı: Kullanılacak olan çakının çapının girilmesini sağlar.

Çap Telifisi: Girilen kesici takım çapına göre pozitif, negatif veya sıfır çap telifisine göre işleme yapmamıza imkân verir.

4.4.4. Çalıştır Menüsü

Çalıştır menüsü Şekil 4.7’de gösterilen seçeneklerden oluşmaktadır.



Şekil 4.7. Çalıştır menüsü

Başla: Tabla üzerinde bulunan iki boyutlu çizimin üzerinden kablosuz kalem fare ile dolaştırılıp bir nevi nesnenin kopyasını şekil oluşturma alanında çizilmesini sağlar.

Şekil Oluştur: Koordinat listesine girilen veya şekil oluşturma alanında bulunan şeklin koordinatları üzerinde yapılan değişiklikler doğrultusunda yeniden oluşturur.

Şekli Sil: Şekil oluşturma alanını ve koordinat listesi penceresini temizler.

Tezgâha Aktar: Koordinat listesi penceresindeki koordinatlar ve belirlenen işleme ayarları doğrultusunda tezgâhta malzemenin işlemesini sağlar.

Şekli Düzelt: Şekil oluşturma alanında oluşturulmuş şeklin düzeltmesini sağlar. Fare ile çizim okunurken kullanıcının elinin titremesinden kaynaklanan çizim hatalarının giderilmesini sağlar.

4.4.5. Resim Menüsü

Resim menüsü Şekil 4.8’de gösterilen seçeneklerden oluşmaktadır.



Şekil 4.8. Resim menüsü

Resim Al: İki boyutlu çizim yapan ve resim olarak kaydedilebilen diğer programlarda (Paint, Freehand, Autocad vb.) oluşturulan şekilleri çalışma alanına yükler.

Resim Kaydet: Şekil oluşturma alanında oluşturulan şeklin resim formatında kaydedilmesini sağlar.

Resmi Çizime Dönüştürür: Şekil oluşturma ekranında resmi çizim formatına dönüştürerek koordinatlarını oluşturur.

4.4.6. Yardım Menüsü

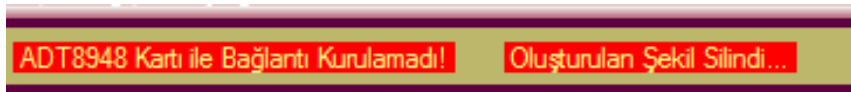
Şekil 4.9’da gösterilen yardım menüsünde program, kablosuz fare ve tezgah kullanımı ile ilgili bilgileri içermektedir.



Şekil 4.9. Resim menüsü

4.5. Anlık Durum Göstergesi

Bilgisayarla tezgâh arasındaki haberleşme durumunu ve şekil oluşturulurken veya tezgâhta işlenirken işlem aşaması bilgisini verir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Anlık durum göstergesi

4.6. İşleme Ayarı, Çoklu İşlem ve Resim Penceresi

4.6.1. İşleme Ayarı Penceresi

İşleme ayarı penceresi Şekil 4.11’de gösterilen seçeneklerden oluşmaktadır.

Şekil 4.11. İşleme ayarı penceresi

Şekli Taşı: Oluşturulan şeklin tezgâha bağlanmış malzemenin arzu edilen farklı bir noktasında işlenebilmesi için parçanın x-y boyutlarının orta noktasını istenilen x, y ve z koordinatlarına taşınmasını sağlar.

Toplam İşleme Derinliği: Kesici takımın z eksenini yönünde kaldırılacağı toplam talaş derinliğini belirler.

Talaş Derinliği: Malzemedan bir defada kaldırılan talaş derinliğini belirtir.

4.6.2. Çoklu İşlem Penceresi

Şekil 4.12’de görülen çoklu işlem penceresinde, kullanıcının yaptığı çalışmayı ve çalışmaya ait yapılan ayarlamaları belirtilen İşlem Adı ile listeye eklenip toplu bir şekilde tezgâha gönderilmesini sağlar.

Şekil 4.12. Çoklu işlem penceresi

Çoklu işlem penceresindeki seçenekler şunlardır:

İşlem Adı: Çalışmaya verilecek adın yazıldığı yerdir.

Ekle: Yeni bir çalışmanın listeye eklenmesini sağlar.

Sil: Çalışma listesindeki seçilen çalışmayı siler.

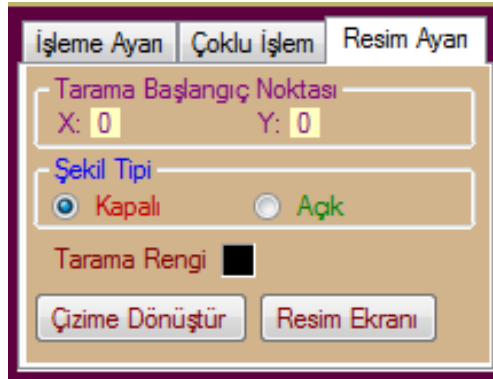
Yukarı, Aşağı: Çalışma listesinde fare ile seçilen çalışmanın işleme sırasının değiştirilmesini sağlar.

Göster: Çalışma listesinde seçilen çalışmanın ayar, koordinatlar ve oluşan şeklin yüklenmesini sağlar. Yüklenen çalışma üzerinde düzenleme yapılarak farklı bir işlem adı ile kaydedilebilir.

Listeyi Tezgâha Aktar: Çalışma listedeki sıraya göre çalışmaların tümünün tezgâha göndererek işlenmesini sağlar.

4.6.3. Resim Ayarı Penceresi

Şekil 4.13’de gösterilen resim ayarı penceresi aşağıdaki işlemleri gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.13. Resim ayarı penceresi

Tarama Başlangıç Noktası: Şekil oluşturma alanına alınan resmin, fare ile tıklanan herhangi bir noktası referans alınarak tarama işlemine başlamasını sağlar.

Şekil Tipi: Taranacak olan şeklin kapalı veya açık (serbest) bir çizim olduğunun belirtildiği kısımdır (Şekil 4.5).

Tarama Rengi: Tarama yapılacak alanda farklı renklerde değişik çizimler var ise, taranacak olan çizimin rengini seçmemize olanak sağlar.

Çizime Dönüştür: Şekil oluşturma alanında bulunan resim üzerinde; belirtilen tarama başlangıç noktası, şekil tipi ve tarama rengi doğrultusunda şeklin oluşturan çizimin koordinatlarını bularak koordinat listesi penceresine aktarmasını sağlar.

Resim Ekranı: Şekil oluşturma alanının resim veya çizim görünümüne geçmesini sağlar.

4.7. Tezgaha Aktar Penceresi

Tezgâha aktar komutunun seçilmesiyle birlikte Şekil 4.14'teki pencere ekrana gelir. Bu pencerede hazırlanan çalışmalara ait yapılan ayarların kontrol edilmesini sağlar. İşleme listesi bölümünden işlem adı fare ile seçilir. Seçilen işleme adına ait kesici takımın iş parçası üzerindeki kesme başlangıç koordinatları, ilerleme hız seviyesi ve paso sayısı görüntülenir. Böylece işlemeye başlamadan önce son kontrollerin yapılarak malzemenin işlenmesini sağlanmış olur. Tamam düğmesinin seçilmesiyle tezgah kesmeye/işlemeye başlayacaktır. İşleme adlarına ait işleme ayarlarının uygun bulunmaması halinde iptal düğmesi tıklanarak gerekli düzenlemeleri yeniden yapmasına olanak sağlar.



Şekil 4.14. Tezgaha aktarma penceresi

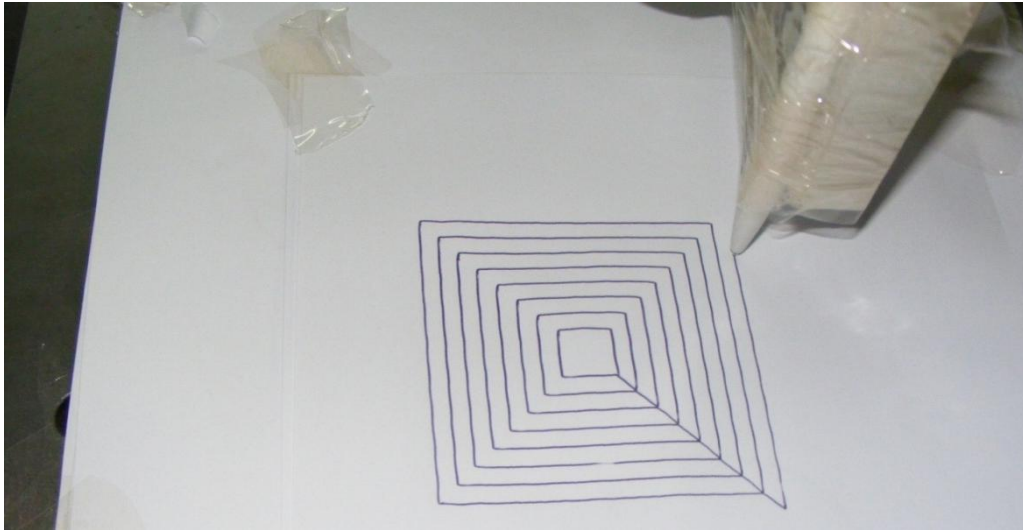
4.8. Cep Boşaltma Penceresi

CNC freze tezgâhlarında olduğu gibi iş ve yapılacak işlem cinsine uygun cep frezeleme çevrimleri yapılmasını sağlar. Parçaların yüzeylerinde cep şeklinde girinti elde etmek amacıyla kullanılan bu komut penceresiyle çevrimle ilgili parametreler girildikten sonra dikdörtgen, dairesel veya asimetric biçimli cep boşaltma işlemleri yapılabilir. Cep

boşaltma penceresi Şekil 4.15’de gösterildiği gibidir. Dikdörtgen şeklinde bir çizimin malzeme üzerinde Şekil 4.16’da görüldüğü gibi içten dışa doğru malzemeyi işleyerek boşaltma işlemi gerçekleştirir.



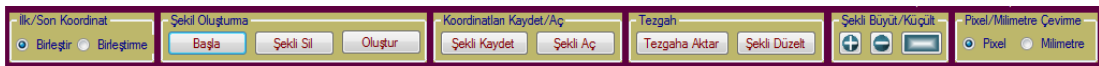
Şekil 4.15. Cep boşaltma penceresi



Şekil 4.16. Cep boşaltma işlemi

4.9. Hızlı Erişim Düğmeleri

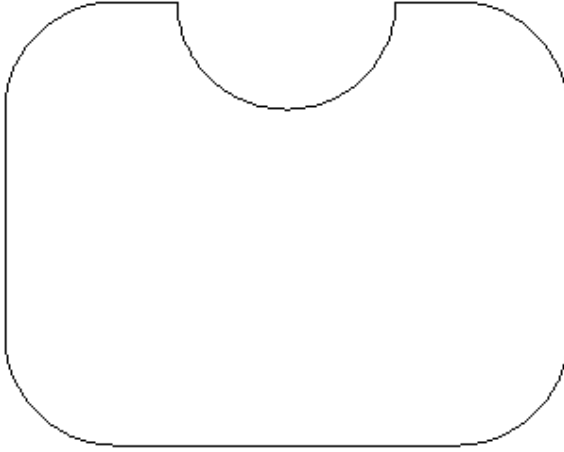
Şekil 4.17’de gösterilen hızlı erişim düğmeleri (komutları) kullanıcıya erişim kolaylığı açısından eklenen düğmelerdir. Buradaki komutların tümü menü çubuğunda da bulunmaktadır.



Şekil 4.17. Hızlı erişim düğmeleri

4.10. Uygulama Çalışması

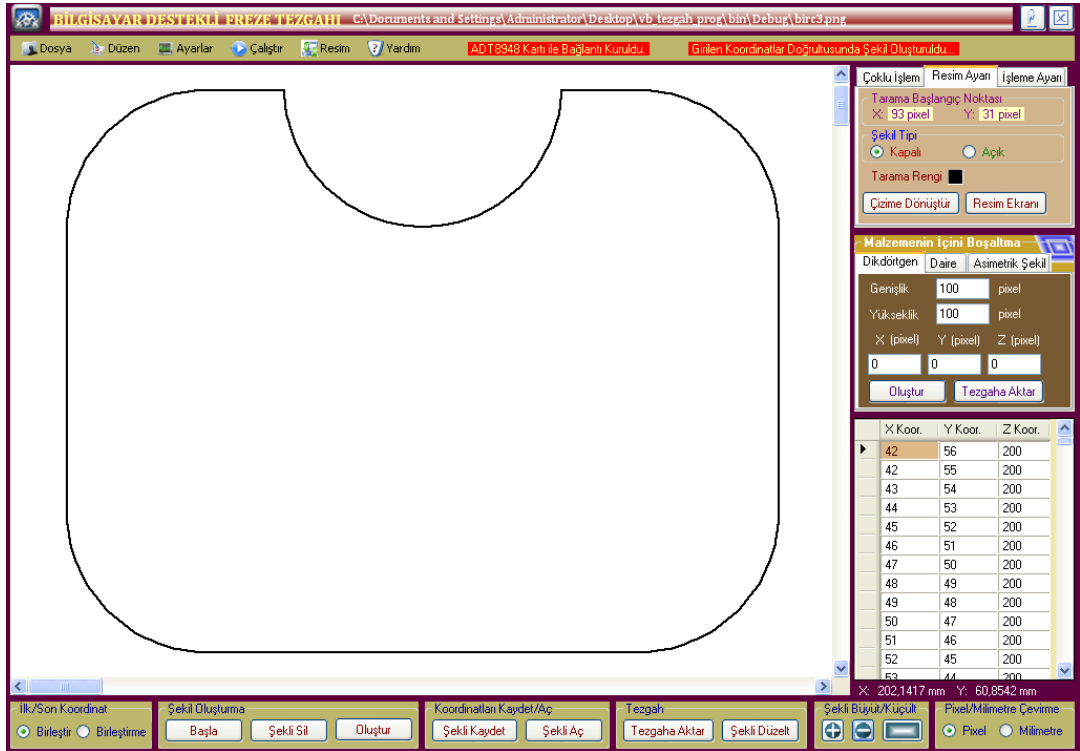
Şekil 4.18'deki iki boyutlu çizime ait çizgiler üzerinden Şekil 4.19'da ki gibi bir kablosuz kalem fare ile dolaşarak çizimin koordinatları Şekil 4.20'de gösterilen program arayüzüne aktararak çizim oluşturuldu. Oluşturulan çizime ait ilerleme hızı, kesici takım çapı, işlemeye başlama koordinatları, talaş derinliği ve z eksenindeki toplam işleme derinliği gibi işleme parametreleri girildi. İmal edilen tezgâhta z ekseninde bulunması gereken freze motoru maddi imkânsızlıktan dolayı alınamadığından, freze motoru yerine bir kalem bağlandı. İşleme parametreleri kaleme göre girildi. Tezgâha aktarma düğmesine tıklandığında, iş parçasının doğru bir şekilde kalem tarafından çizildiği görüldü (Şekil 4.21).



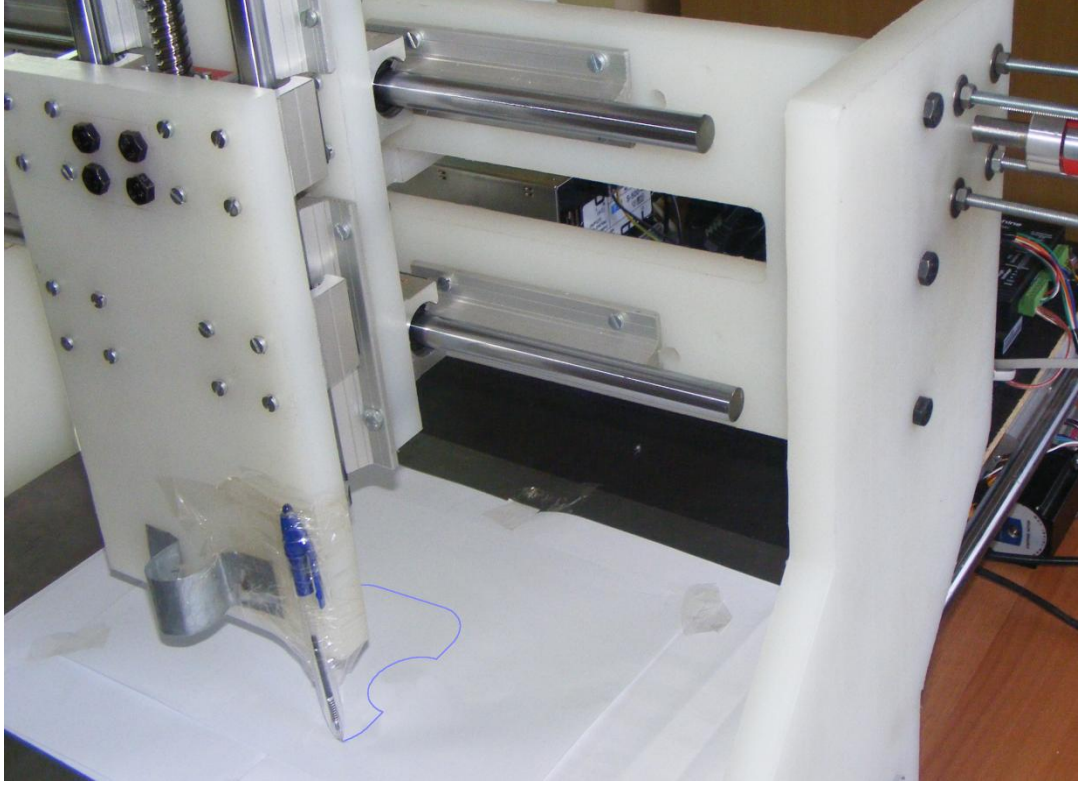
Şekil 4.18. İki boyutlu çizim



Şekil 4.19. İki boyutlu çizimin fare ile taranması



Şekil 4.20. İki boyutlu çizimin program arayüzünde görünümü



Şekil 4.21. İstenilen çizimin işlenmesi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, küçük veya büyük ölçekli mobilya ve dekorasyon imalat endüstrisinde kullanılmak üzere bir bilgisayar destekli freze tezgâhının tasarımı ve imalatı yapıldı. Günümüzde ağaç ve ağaç türevli malzemeler ev ve iş yeri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu malzemelerle yapılan ürünler özellikle mobilya sektöründe estetik açıdan ön plana çıkmaktadır. Bu estetiği yakalamak için uygun maliyet ve doğru zamanlama yapmak çok önemlidir. Sanayiciler tarafından kullanıldığı takdirde ekonomiye büyük katkı sağlayacak ve birçok gereksiz ilave işlemler elimine edilecektir. Bu çalışmada neticesinde elde edilen sonuçları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Mobilya ve dekorasyon endüstrisinde ağaç ve ağaç türevli malzemelerden üretilcek çeşitli geometrilere sahip bir iş parçanın iki boyutlu teknik resmine ait çizgilerini lazer fare ile takip ederek otomatik olarak işleyebilen bir freze tezgâhıdır.
- Bu tezgâh, talaşlı imalat yöntemine yeni bir perspektif getirecektir.
- Klasik tezgâhlarda imalatı zor veya mümkün olmayan ürünler, bilgisayar destekli freze tezgâhı sayesinde daha kolay elde edilebilir. Böylece farklı ürünlerin tasarımına yönelme imkânı sayesinde, tüketici beğenisine uygun ürün çeşidini artıracaktır. Ürün tasarımındaki çeşitlilik, yeni iş sahalarını oluşturacağından işsizliğe ve ekonomiye katkı sağlanabilecektir.
- Mobilya imalatçılarının kalifiye eleman bulma konusunda önemli sıkıntıları mevcuttur. Yapılan bilgisayar destekli freze tezgâhı sayesinde hem klasik hem de CNC tezgâhlarında parça işlemek için kalifiye elemene duyulan ihtiyaç azalacaktır. Bu durum kalifiye olmayan insanlara da iş imkânı sağlayacak ve Türkiye'deki istihdama katkıda bulunulabilecektir.
- Bu freze tezgâhı, CNC takım tezgâhları gibi kesme işlemine başladıktan sonra operatörün müdahalesine ihtiyaç duymadan otomatik olarak kesme işlemini gerçekleştirmektedir. Mobilya endüstrisinde kullanılan makinelerin çoğunda bulunan yüksek devirlerde dönen kesici takımların ortaya çıkardığı kaza riskini azaltacaktır. İnsan sağlığı açısından daha güvenli iş ortamı sağlanmasına katkıda bulunacaktır.
- CNC kodlarının elde edilmesine ihtiyaç duyulmaması, klasik mobilya imalat tezgâhlarındaki gibi kesme işleminin her anında hem operatöre hem de

operatörün tecrübesine gereksinim duymaması nedeniyle minimum zaman ve çaba harcayarak iş yapma yeteneği freze tezgâhının, diğer klasik ve CNC takım tezgâhlarından en önemli farkını açıkça ortaya koymaktadır.

- CNC takım tezgâhları titiz kullanım ve bakım isterler. Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılması imalatçıya ekstra bir maliyet getirmektedir. Buna karşın bilgisayar destekli freze tezgâhı karmaşık bir yapıya sahip olmadığından bakımı daha kolay ve uygun maliyetlidir.
- Bilgisayar destekli freze tezgâhının CNC tezgâhlara nazaran daha ucuza imal edilmesi ayrı bir avantaj sağlamıştır. Bu da işletme yatırım maliyetlerinin düşmesine yardımcı olacaktır.
- Bu tür tezgâhların genellikle ithal edildiği düşünüldüğünde bu durumu tersine çevirerek, hem Türkiye'deki hem de diğer ülkelerdeki mobilya imalatçılarının kullanımına sunmak, Türkiye ekonomisine büyük bir katma değer sağlayacaktır.
- Bilgisayar destekli freze tezgâhı üzerinde gerekli işleme kontrolleri yapılmış ve tatmin edici sonuçlar alınmıştır.

KAYNAKLAR

- AKKURT M., 1999. “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.
- AKKURT, M., 1985. Takım Tezgahları Talas Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- AKKURT, M., 1996. Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- AKSU B., KOÇ K. H., KURTOĞLU A., 2002. “Türkiye de Büyük Ölçekli Orman Ürünleri İşletmelerinin Yapısal Analizi”, İ.Ü.Araştırma Fonu, Proje Raporu, Proje No: 1408/5052000.
- ALTUNSAÇLI, A., 2003, Elektrik Motorları ve Sürücüleri, Nobel Yayınevi, Kahramanmaraş.
- BÜYÜKŞAHİN, U., 2005. Üç eksenli CNC tezgah tasarımı ve uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- COMTOP., 2004. Comtop Technology Manual , Taiwan.
- ÇAKIR M.C., 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, VİPAŞ A.Ş., Bursa.
- DELTA, 2005. AC Servo Motors and Drivers Manual , Taiwan.
- DİNÇEL, M., 1999. “CNC Takım Tezgahları”, www.turkcadcam.net (web), Tekirdağ.
- DÜLGER, L.C., KİREÇCİ, A., TOPALBEKİROĞLU, M., 2001, AC Servo motorların Modellenmesi Simülasyonu ve Hareket Denetiminde Kullanılması. 10. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu Bil. Kit., Cilt 1, 181-189.
- ESİN A, M., 1992. “Sayısal Denetimli Takım Tezgahları, Cilt 1: Temel İlkeler ve Programlama”, TMMOB, Makina Mühendisleri Odası, Yayın No: 140, Ankara.
- GERENLİ, F., 2009, Mikrodenetleyicili, Genel Amaçlı Bir Endüstriyel Otomatik Ölçüm Sisteminin Gerçekleştirilmesi ve Giriş Birimlerinin Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- IGUS, 2003. E- Chain Systems Manual , Köln.
- KARAÇAM, S., 2009. Adım Motor Kontrollü Hızlı CNC Freze Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- KAZAN, H. ve UYGUN, M., 2002. Küçük ve orta ölçekli sanayi işletmelerinde (kosi) CAD-CAM uygulamaları ve bir araştırma, *Gap IV. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, Şanlıurfa, 06-08 Haziran.

- KOÇ H. ve KOÇ R., 2005. Bilgisayar destekli üretim ve Türkiye mobilya endüstrisinin geleceği, *Mobilya ve Dekorasyon Dergisi*, 67, 22-38.
- KURTOĞLU A., KOÇ K. H., 1996. “Türkiye Mobilya Endüstrisinde Bilgisayar Desteği”, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 18. Ulusal Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- KUTLU, M., 2006. Üç eksenli masa tipi CNC freze tezgâhı tasarım ve imalatı, *Yüksek Lisans Tezi*, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- MENDİ F., KÜLEKÇİ M. K., 2000. “Geleneksel Pres Tezgahının PLC Yardımıyla Programlanabilir Hale Dönüştürülmesi”, 9. Uluslar arası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, Ankara.
- ÖNER Ü., 1998. “Türkiye Mobilya Endüstrisinde Bilgisayar Destekli Makinelere Geçiş Sürecinin İncelenmesi”, İ.Ü.Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ÖZDEVECİ M., 2001. “Eğitim Tipi CNC Frezesinin Tasarımı ve İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1, 76-79, 86-87, 121, İstanbul.
- PİŞKİN B., 1996. “Klasik bir Torna Tezgâhının CNC’ ye Dönüştürülmesi ve CNC Tezgâh için Hassas Kızak Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- POLAT H., 1998. “Klasik NC Tezgahlarının CNC Tezgahlarına Dönüştürülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- SCHNEEBERGER, 2004. Monorail Profiled Guideway Manual, Höfen.
- SEVİM D., 2005. İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- ŞAHBAZ C., 1998. “Konvansiyonel FU-400 Freze Tezgâhının CNC Kontrollü Freze Tezgahına Dönüştürülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- URL-1, www.mersin.edu.tr, 03 Haziran 2011.
- URL-2, <http://www.turkcadcam.net/>, 11 Mart 2011.
- URL-3, <http://www.birlikrulman.com/resimler/urunler/GTEN-FSU-FSI-YXVrPAVQX.pdf>, 02 Aralık 2011.
- URL-4, <http://www.robosan.com.tr/motion/adt8948.htm>, 11 Kasım 2011.
- URL-5, <http://kibarkereste.com.tr/Imalat.php>, 1 Aralık 2011.
- URL-6, <http://www.redomak.com/vidalimil.htm>, 12 Aralık 2011.

- UYANIK S. A., ŞİMŞEK İ., AYTAN N. İ., ONAT M., ERDAL H., 2009. “3 Eksenli Yüzey İşleme Tezgahının Bilgisayar İle Kontrolü”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- UYAR E. ve YARDIMOĞLU B., 1992. X-Y düzlemindeki hareketli bir işlem tablasının bilgisayar denetimli ve geri beslemeli koordinat kontrolü, 5. *Ulusal Makine Tasarım ve İmalat Kongresi*, 16-18 Eylül, ODTÜ, Ankara, 133-140.
- ÜSTÜN O., 1999. “NC Bir Takım Tezgâhının CNC Bir Takım Tezgâhına Dönüştürülmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 36-37, Ankara.
- YAĞMUR, L., 2004. Tasarım ve imalatta CNC ve CAD/CAM sistemlerinin Fonksiyonları”
- YILMAZ M., BİRİNCİ Y., 1998. “Bir NC Torna Tezgahının CNC’ ye Dönüştürülmesinin Uygulanması”, Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi 9-11 Eylül 1998 ODTÜ, Ankara.
- YILMAZ, F.H.,2008. AC ve DC Servo Sistem Eğitim Setinin Gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

EKLER

EK Şekil 7.1. Bilgisayar destekli freze tezgahının montajı

EK Şekil 7.2. Ana gövde

EK Şekil 7.3. Tabla

EK Şekil 7.4. X eksen hareket iletim bağlantısı

EK Şekil 7.5. Y eksen taşıyıcı

EK Şekil 7.6. Z eksen taşıyıcı

EK Şekil 7.7. Freze kafası taşıyıcı

EK Şekil 7.8. Doğrusal kızak - X

EK Şekil 7.9. Doğrusal kızak - YZ

EK Şekil 7.10. Doğrusal kızak arabası - X

EK Şekil 7.11. Doğrusal kızak arabası - YZ

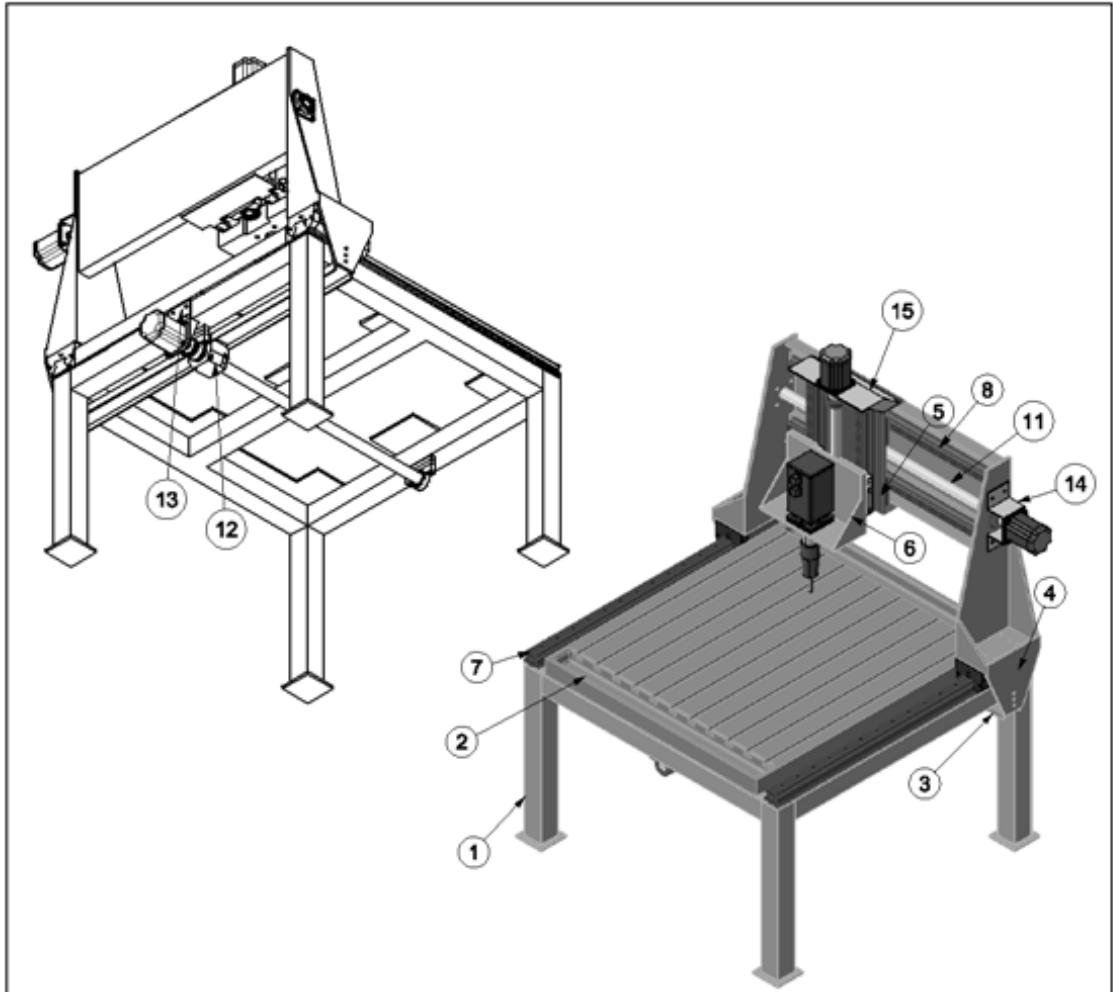
EK Şekil 7.12. Vidalı mil

EK Şekil 7.13. Bilyeli vida somunu

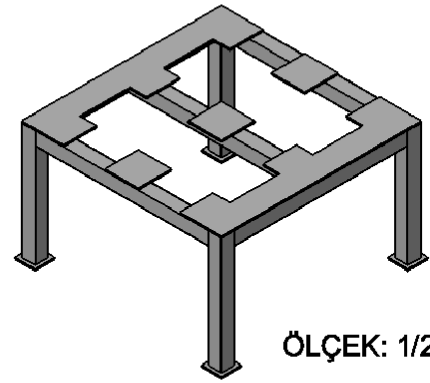
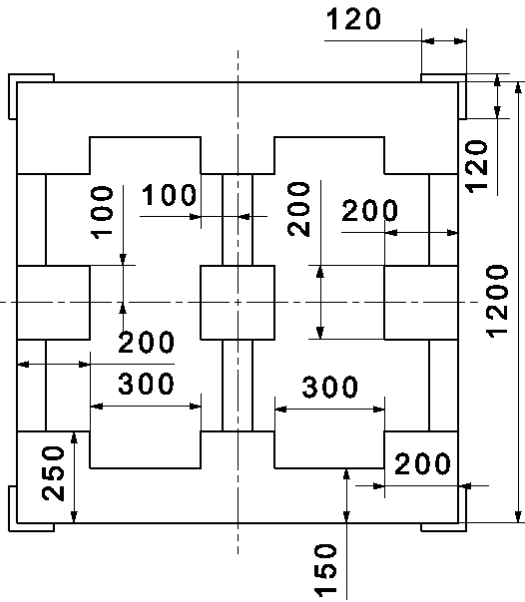
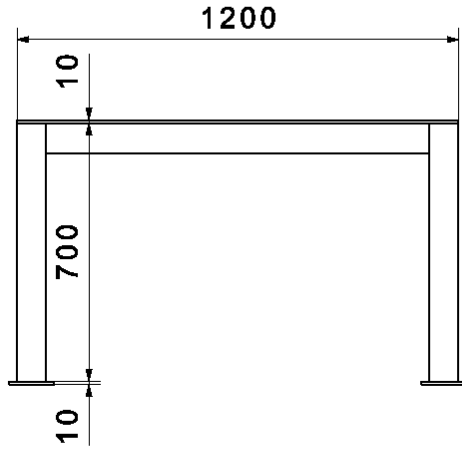
EK Şekil 7.14. X servo motor braket

EK Şekil 7.15. Y servo motor braket

EK Şekil 7.16. Z servo motor braket

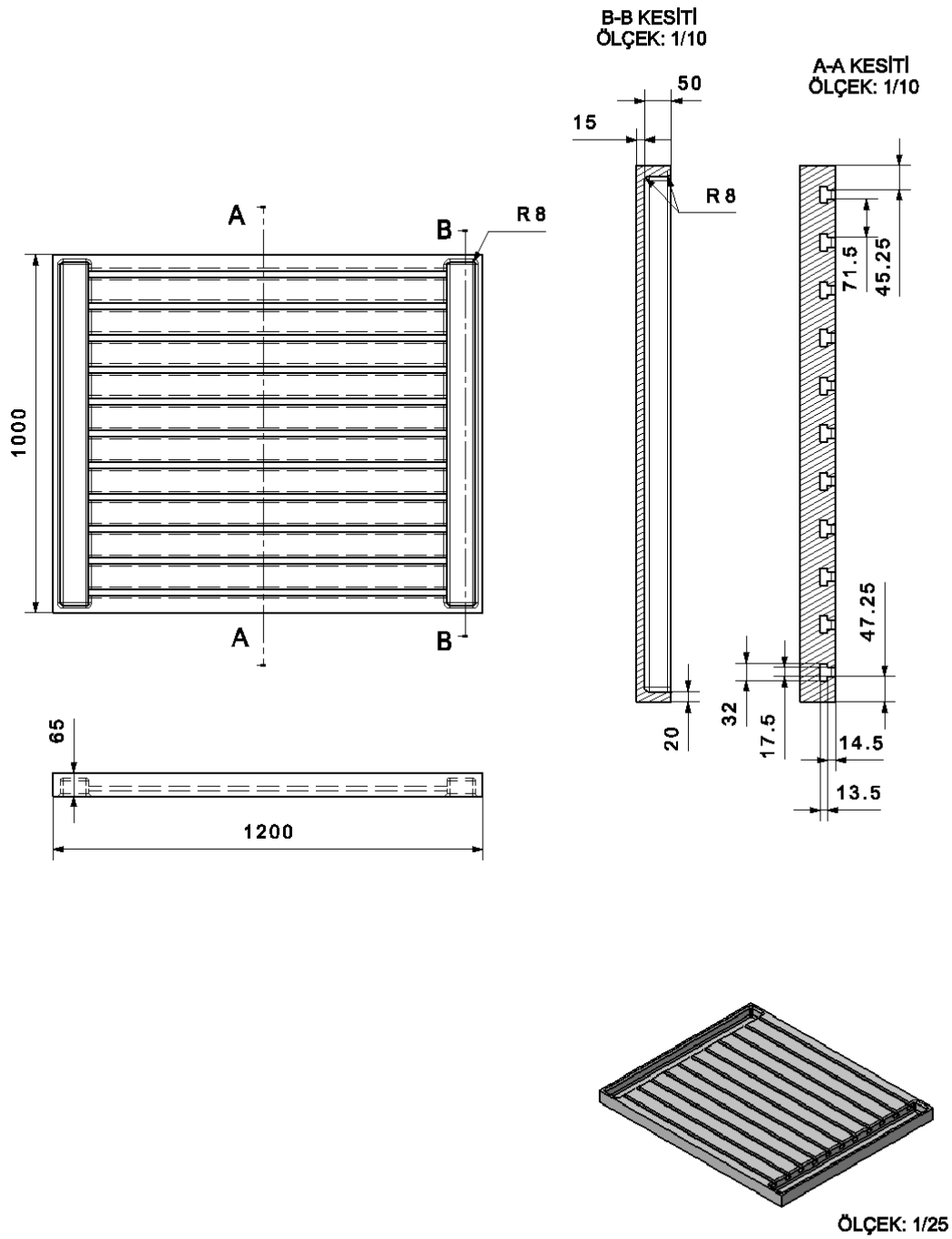


1	ANA GÖVDE				
2	TABLA				
3	X EKSEN HAREKET İLETİM BAĞLANTISI				
4	Y EKSEN TAŞIYICI				
5	Z EKSEN TAŞIYICI				
6	FREZE KAFASI TAŞIYICI				
7	DOĞRUSAL KIZAK - X				
8	DOĞRUSAL KIZAK - YZ				
9	DOĞRUSAL KIZAK ARABASI - X				
10	DOĞRUSAL KIZAK ARABASI - YZ				
11	VİDALI MİL				
12	BİLYELİ VİDA SOMUNU				
13	X - SERVO MOTOR BRAKET				
14	Y - SERVO MOTOR BRAKET				
15	Z - SERVO MOTOR BRAKET				
Sayı	Adı ve Açıklamalar	Resim Nu. Standart Nu.	Parça Nu.	Malzeme	Açıklamalar
Çizen	01.05.11 Mikail OLAM	İmza	Sayı	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.	
Kontrol	16.06.11 Dr. Nihat TOSUN				
St. Kont.					
Ölçek				Resim Numarası	
1/20	BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHININ MONTAJI			BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI	

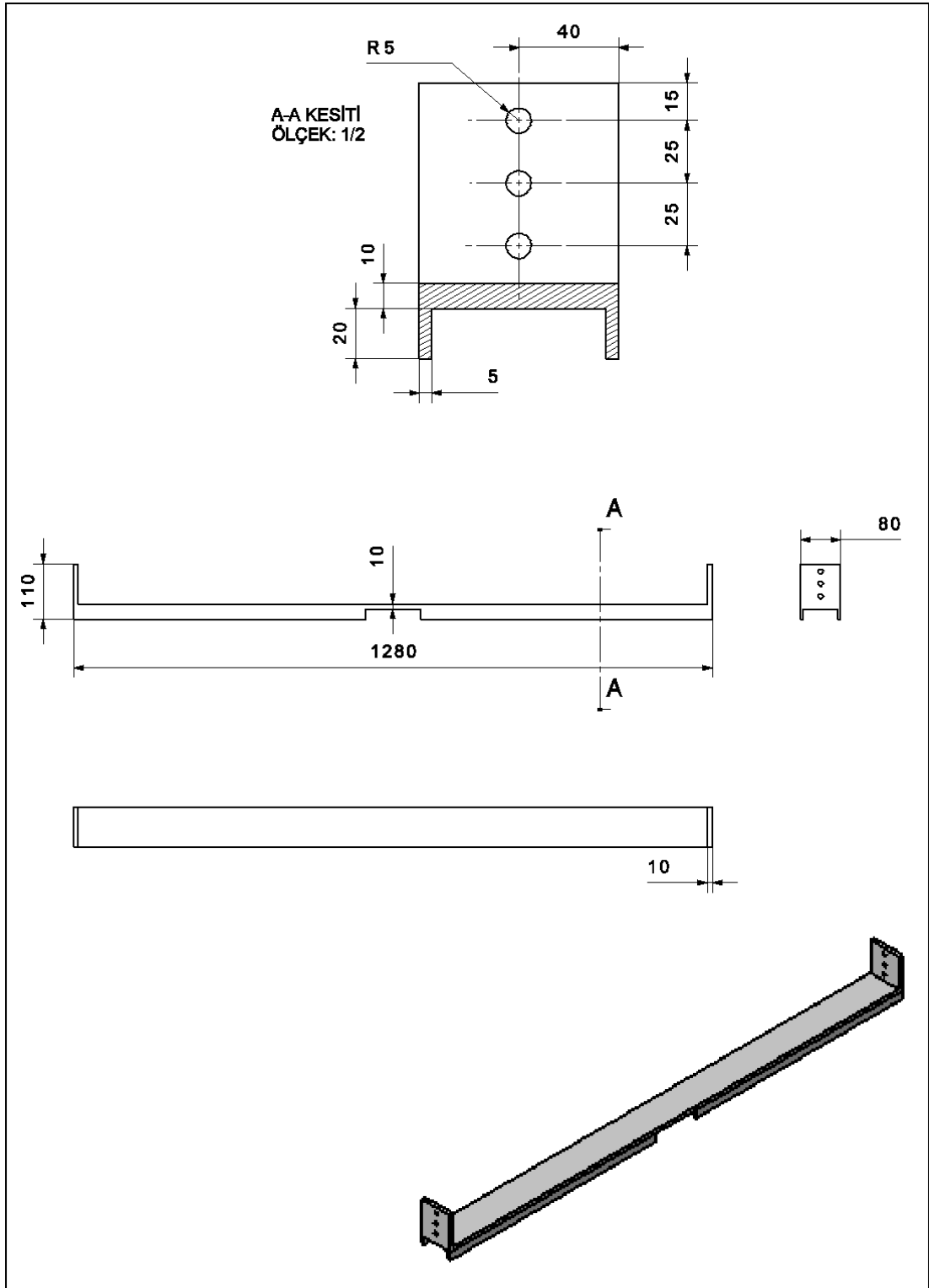


ÖLÇEK: 1/25

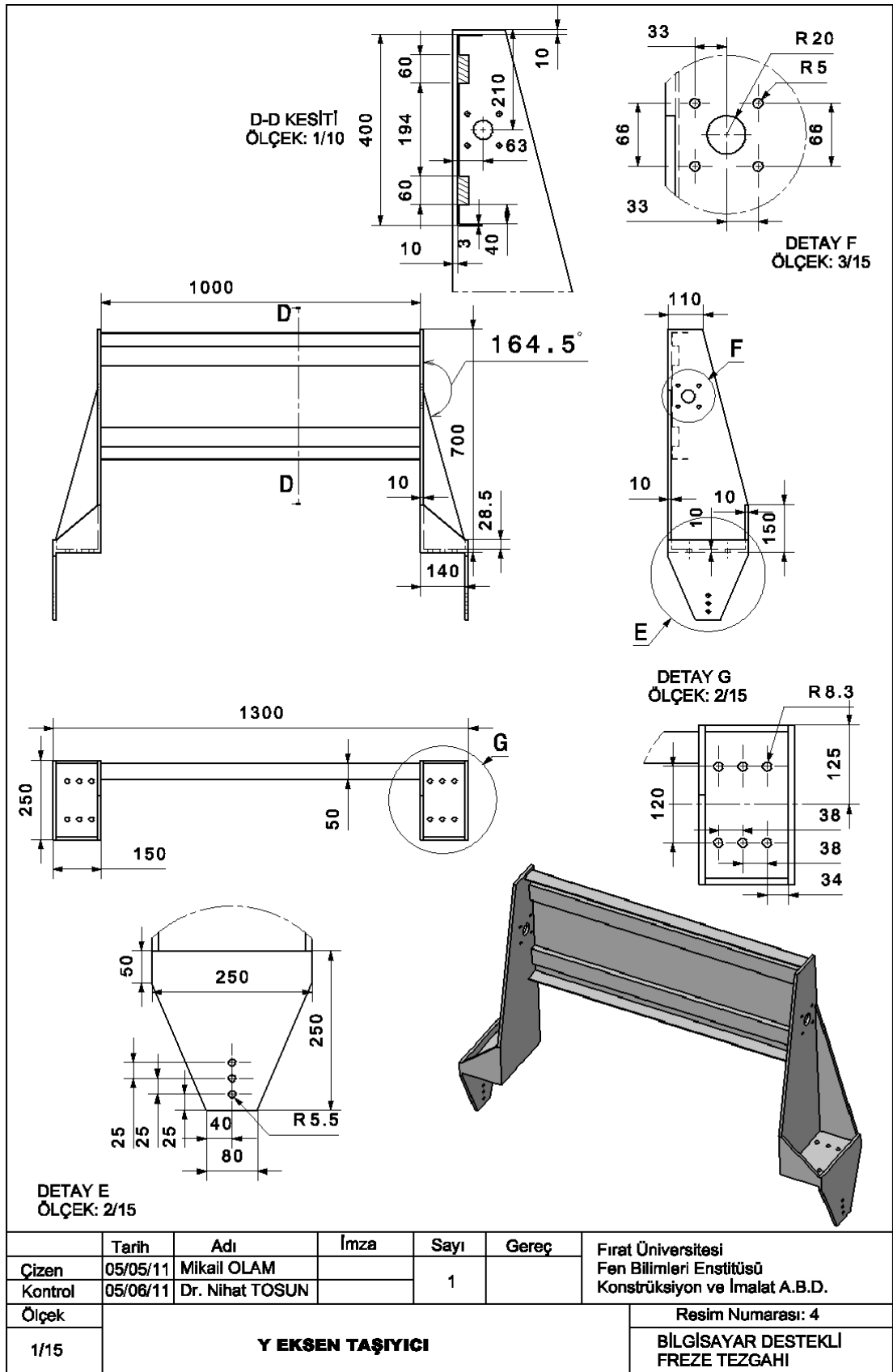
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		1		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek						Resim Numarası: 1
1/16	ANA GÖVDE					BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI

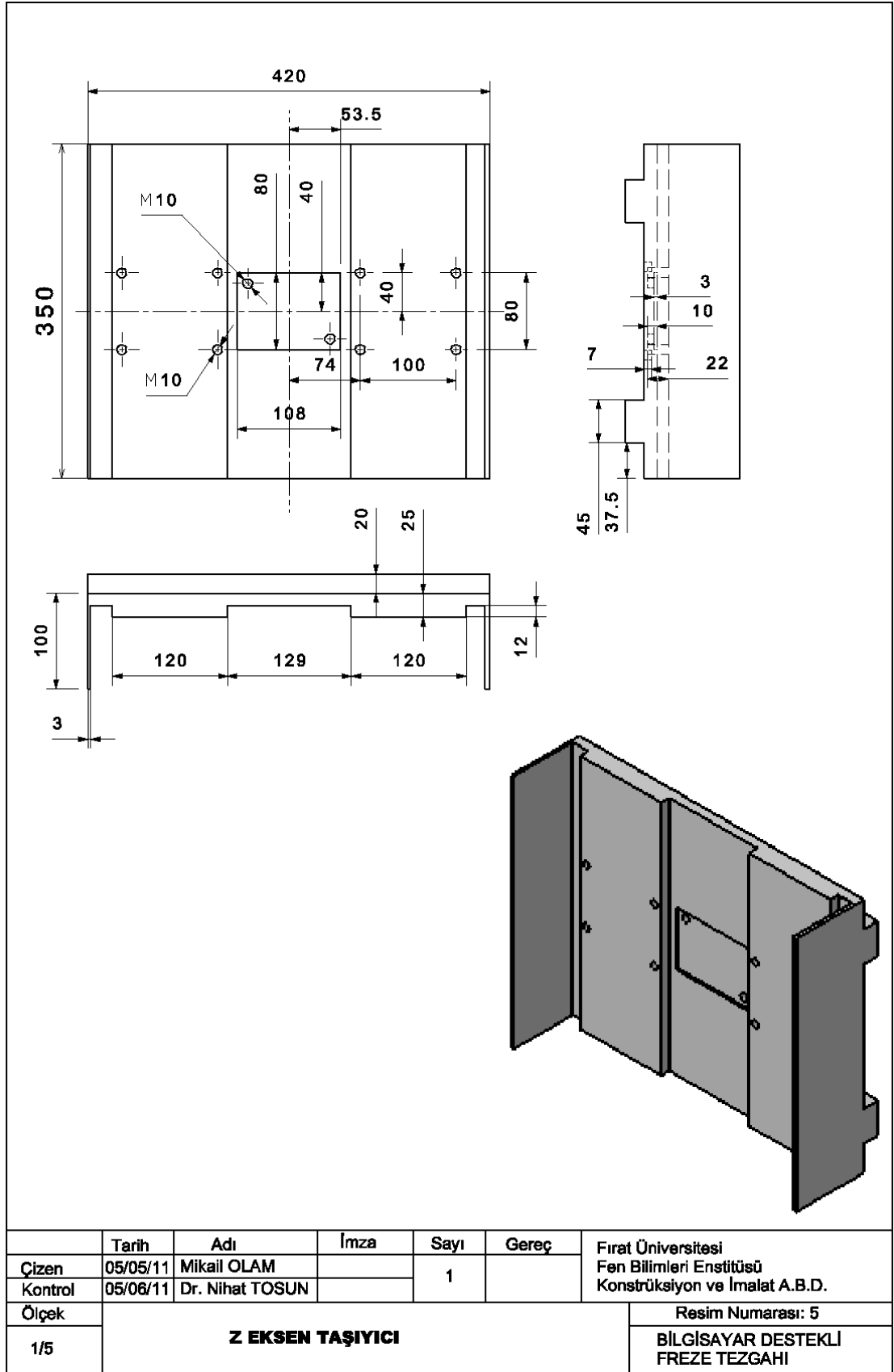


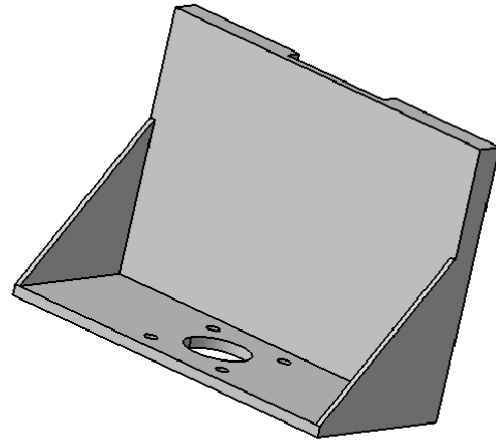
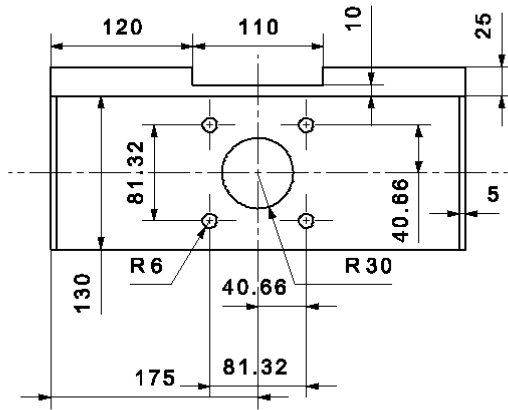
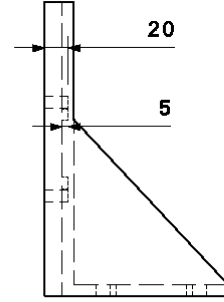
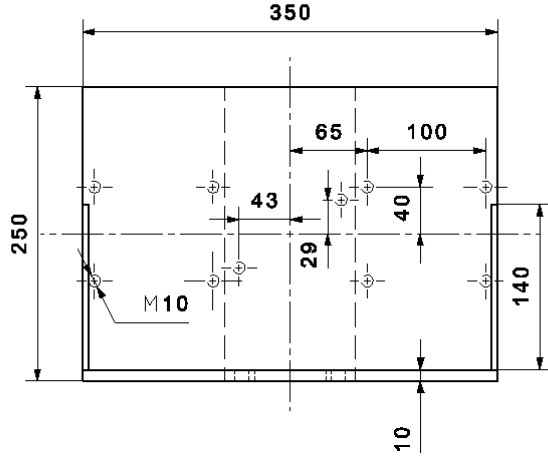
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		1		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	TABLA					Resim Numarası: 2
1/15						BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI



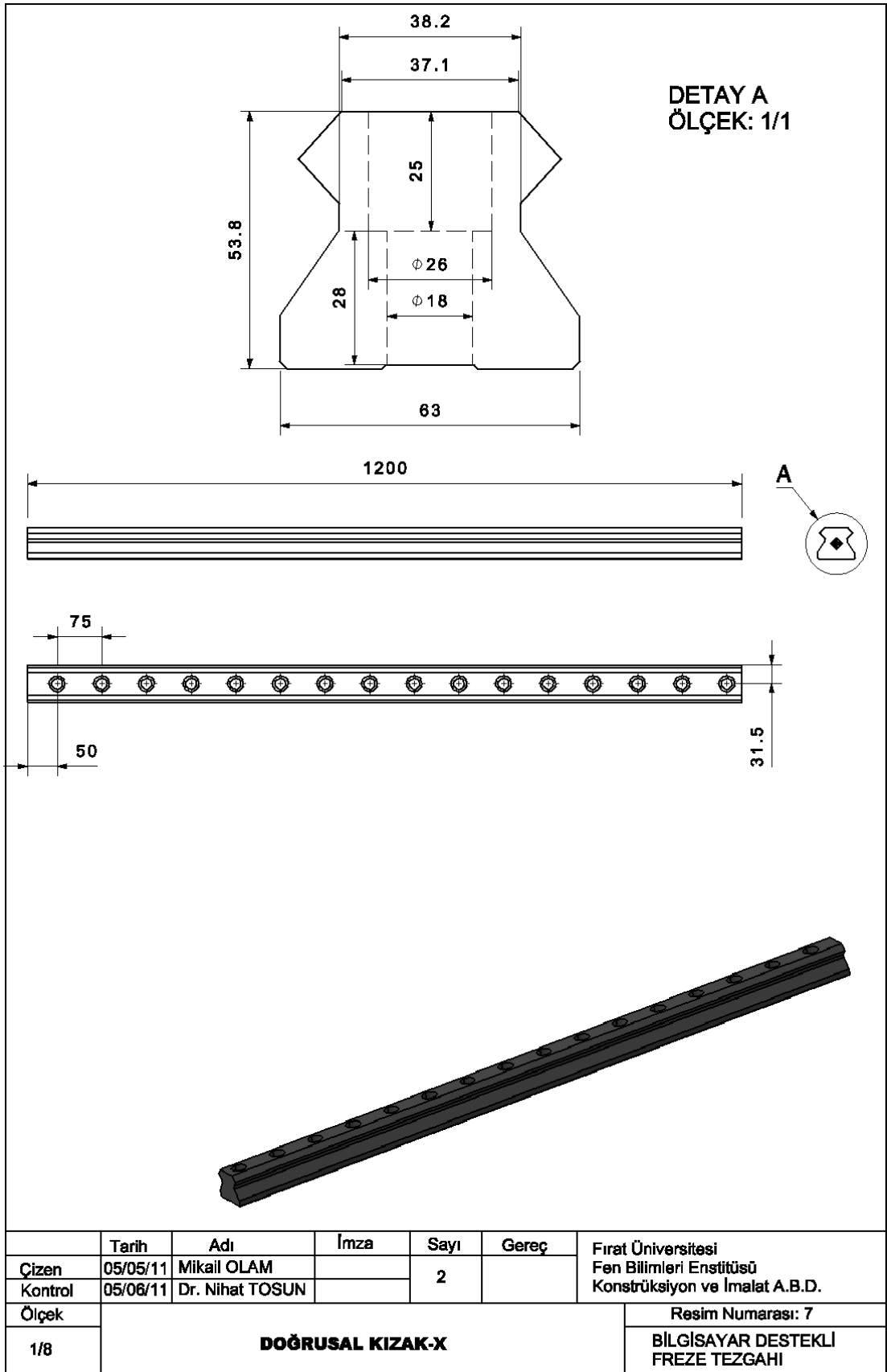
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM				
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek						Resim Numarası: 3
1/10	X EKSEN HAREKET İLETİM BAĞLANTISI					BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI

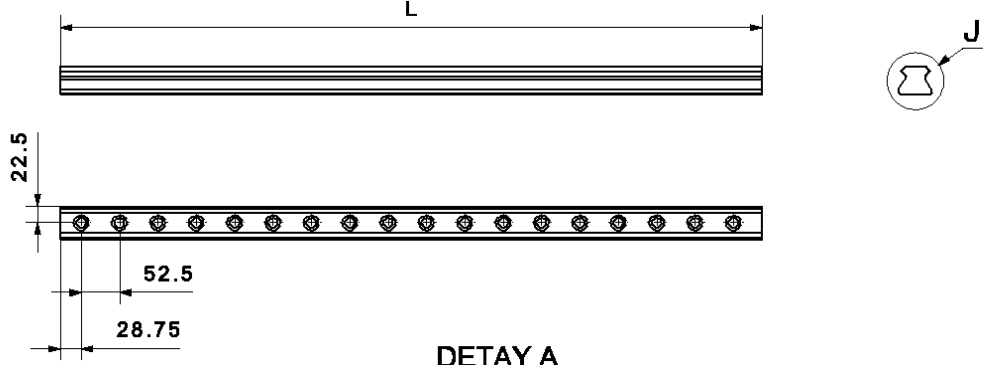




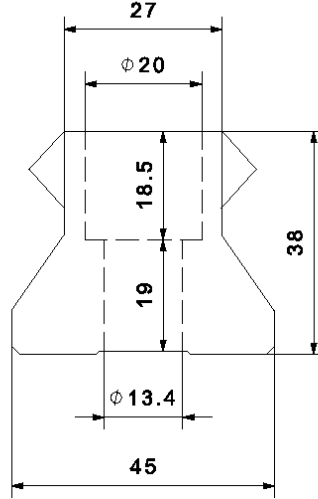


	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		1		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek						Resim Numarası: 6
1/5	FREZE KAFASI TAŞIYICI					BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI





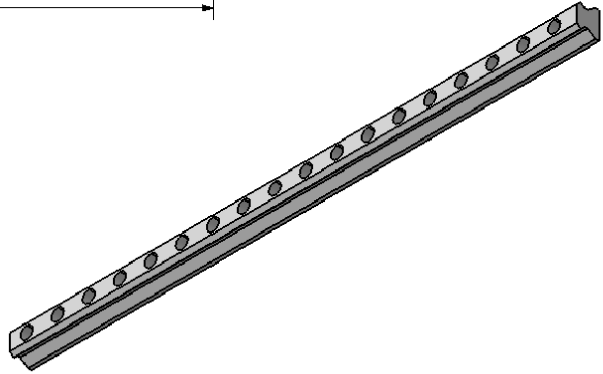
DETAY A
ÖLÇEK: 1/1



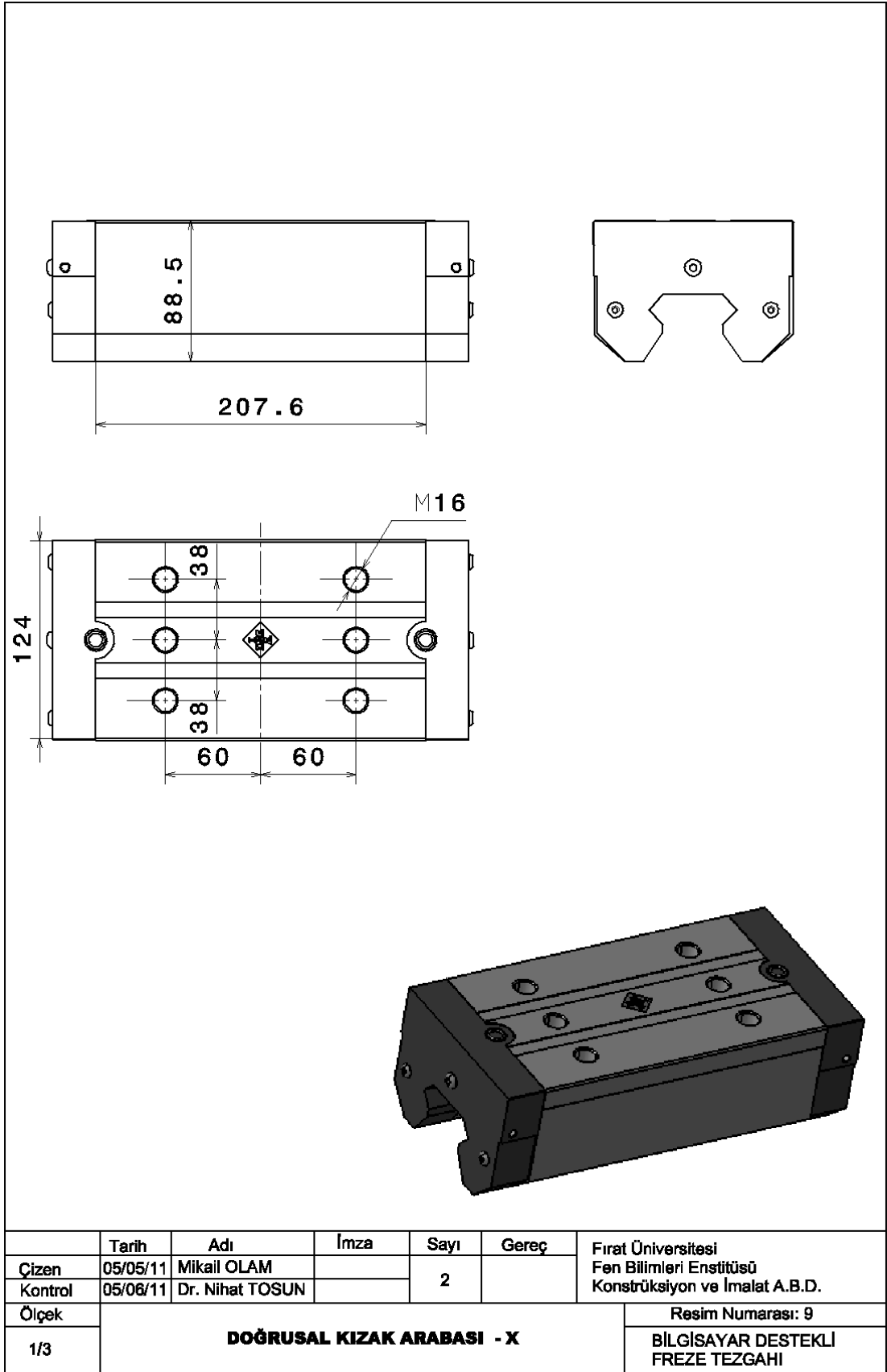
L uzunluğu;

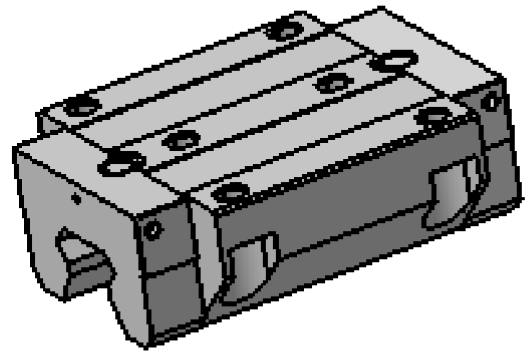
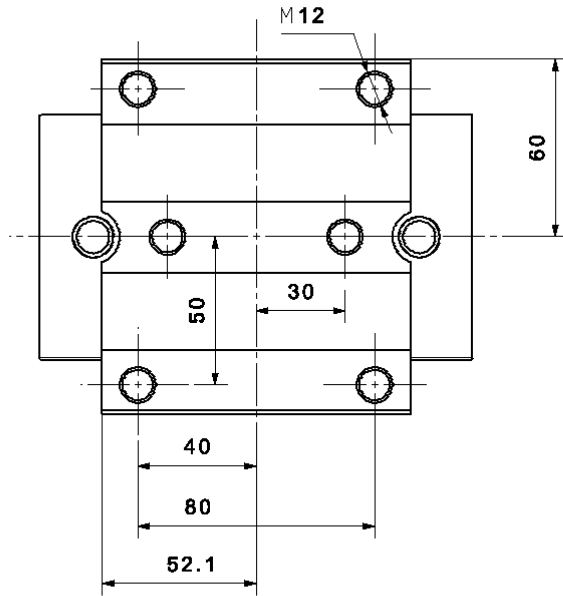
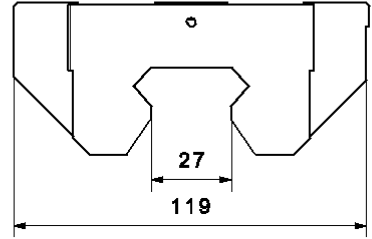
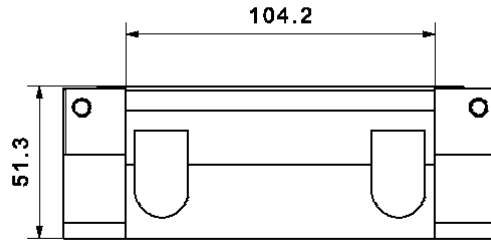
Y eksenini için: 960 mm x2

Z eksenini için: 420 mm x2

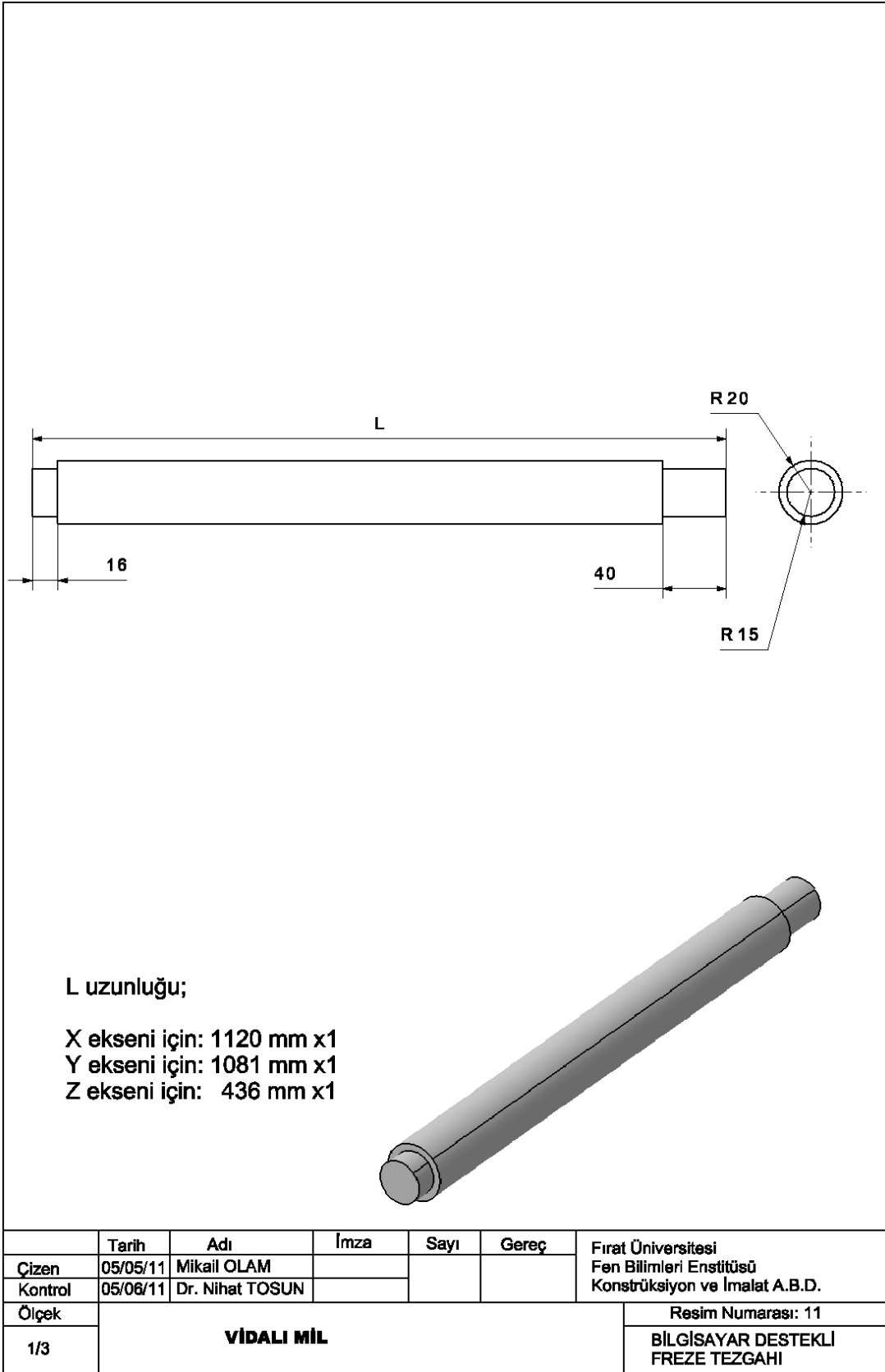


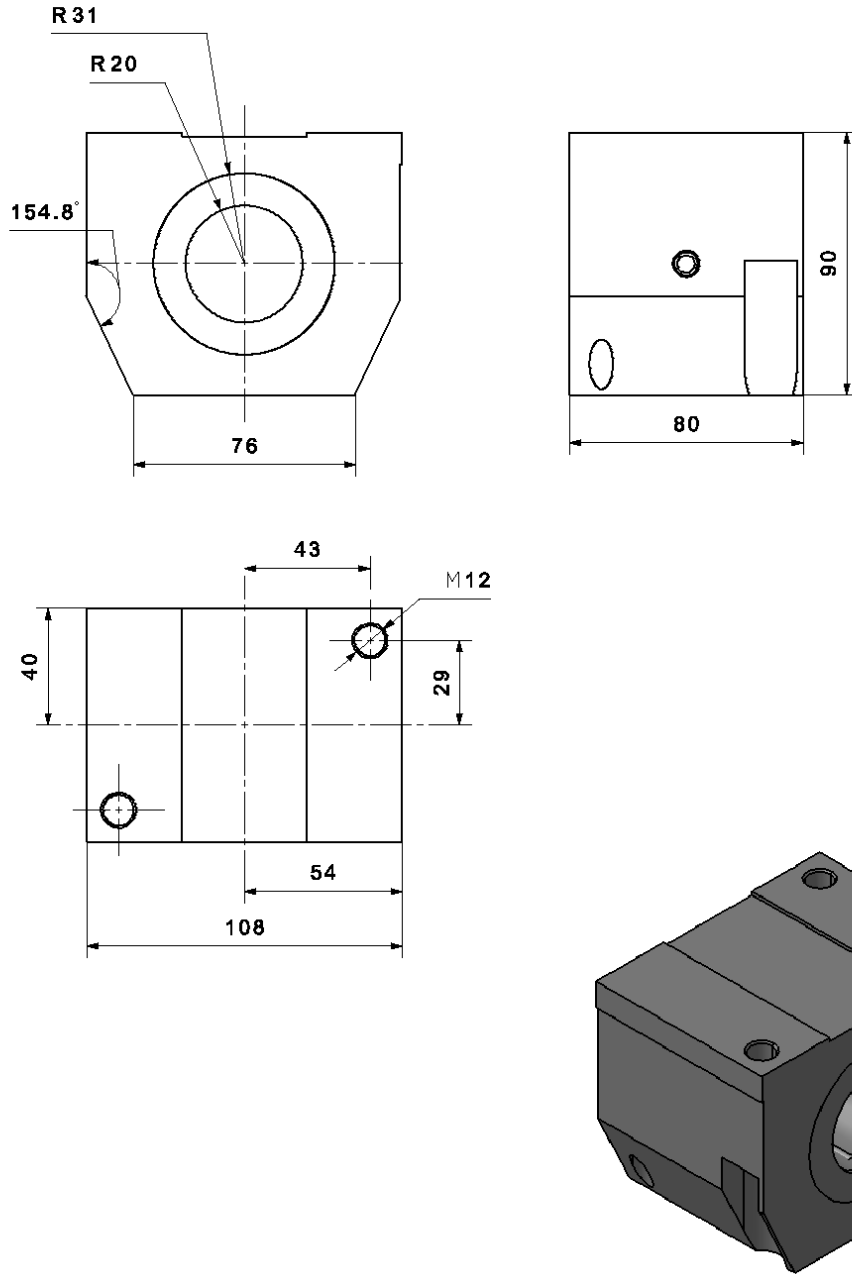
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM				
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek						Resim Numarası: 8
1/8	DOĞRUSAL KIZAK - YZ					BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI



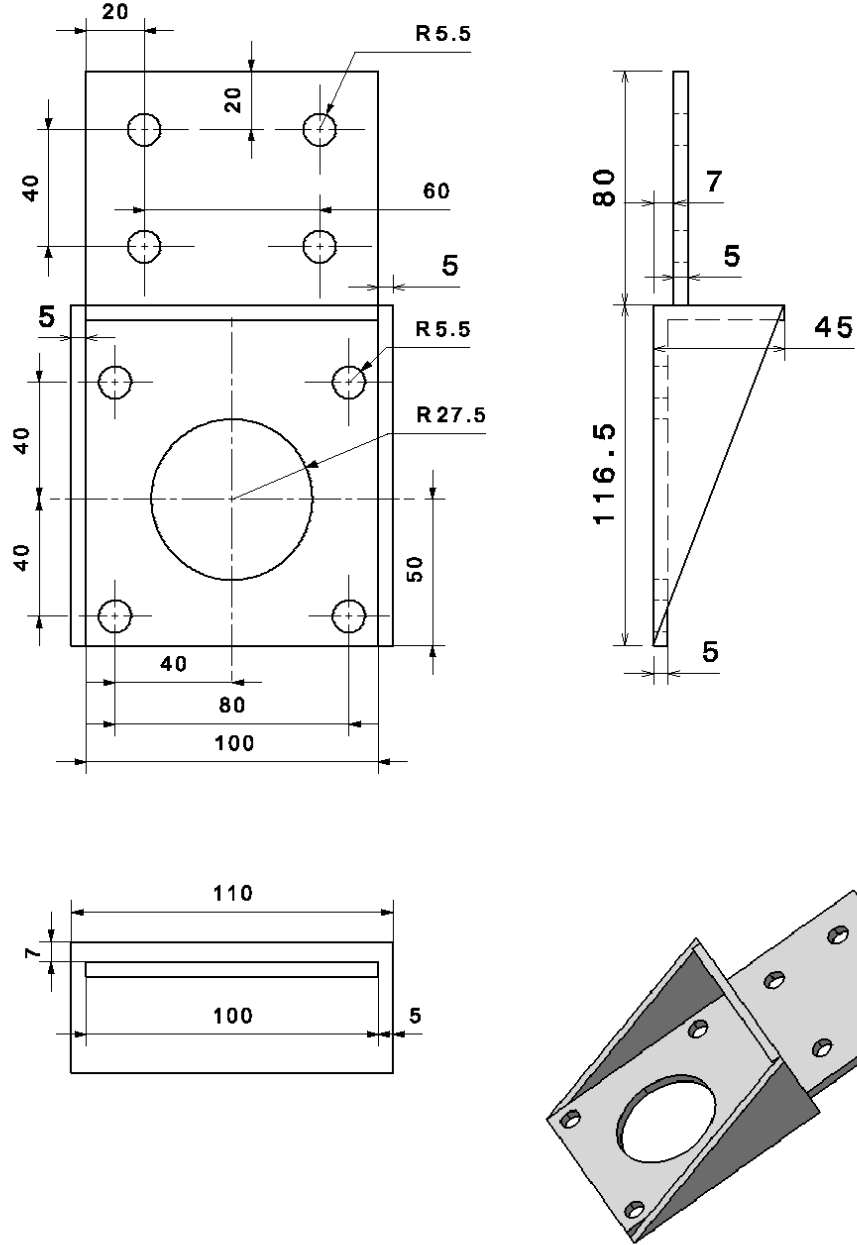


	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		4		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	DOĞRUSAL KIZAK ARABASI - YZ					Resim Numarası: 10
1/2						BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI

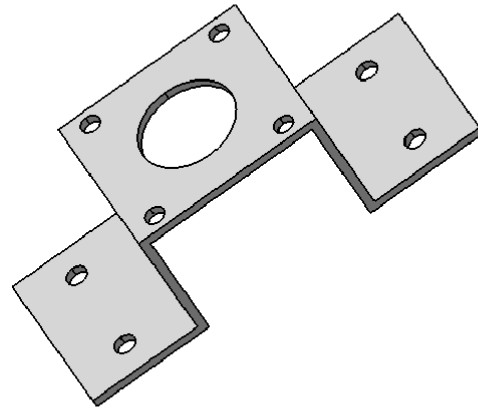
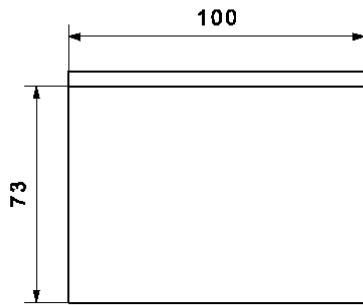
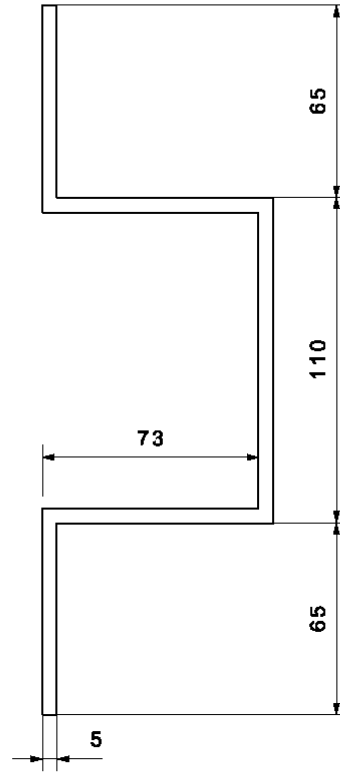
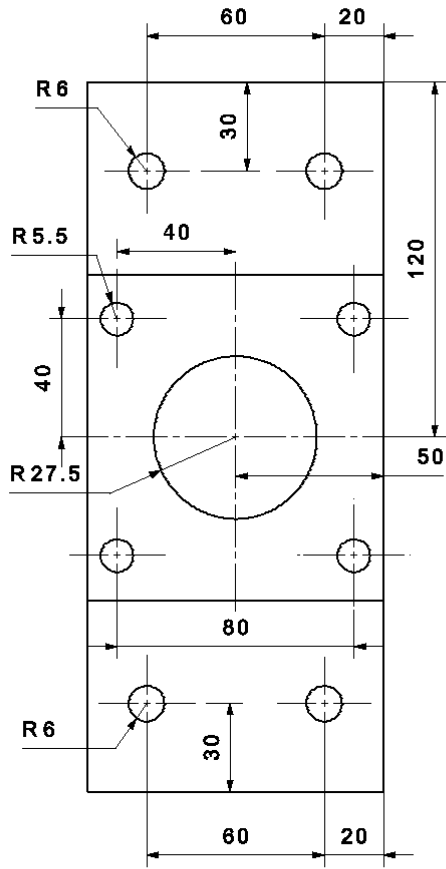




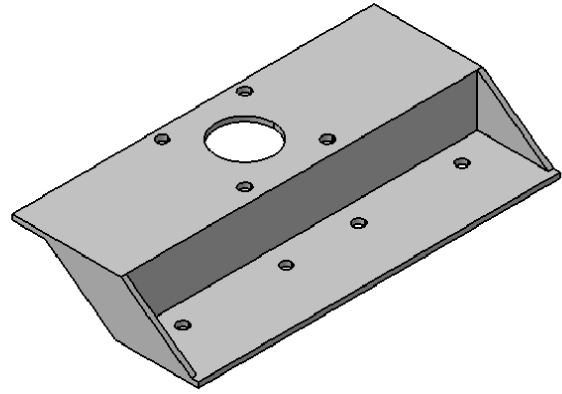
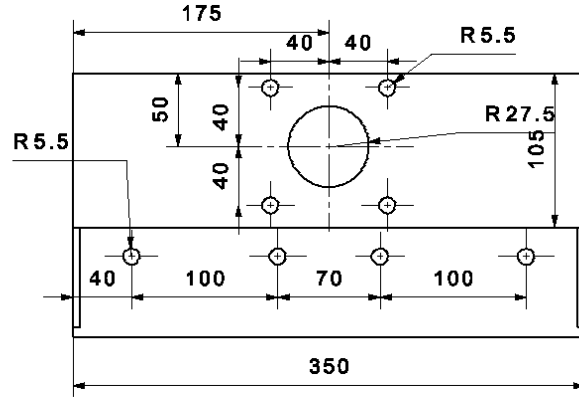
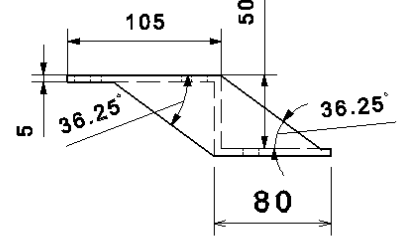
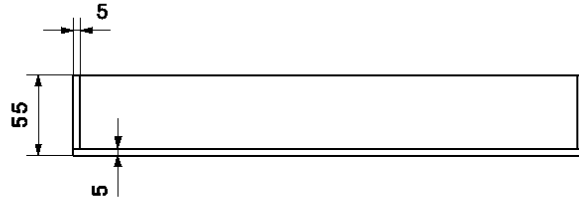
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		3		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	BİLYELİ VİDA SOMUNU					Resim Numarası:12
1/2						BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI



	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		1		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	X SERVO MOTOR BRAKET					Resim Numarası: 13
1/2						BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI



	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		1		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	Y SERVO MOTOR BRAKET					Resim Numarası: 14
1/2						BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI



	Tarih	Adı	İmza	Sayı	Gereç	Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konstrüksiyon ve İmalat A.B.D.
Çizen	05/05/11	Mikail OLAM		1		
Kontrol	05/06/11	Dr. Nihat TOSUN				
Ölçek	Z SERVO MOTOR BRAKET					Resim Numarası: 15
1/4						BİLGİSAYAR DESTEKLİ FREZE TEZGAHI

ÖZGEÇMİŞ

Mikail OLAM, 1979'te Elazığ'da doğdu; ilköğrenimini Baskil Y.İ.B.O'da, orta öğrenimini Elazığ E.M.L. bilgisayar bölümünde, yükseköğrenimini Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Elektronik Eğitimi, Bilgisayar Öğretmen'i olarak 2004 yılında tamamladı. Halen Malatya Şehit Kemal Özalper E.M.L. Bilişim Teknolojileri Öğretmen'i olarak çalışmaktadır. 2009 yılında başlayan lisansüstü eğitimini Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıyım.