

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

85012

CNC TORNALARDA PROGRAMLAMA VE
KONSTRÜKSİYON İLKELERİ

Makina Mühendisi Barış GÜLERYÜZ

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ferhat DİKMEN →

85012
F.İ.

Prof. Dr. Erhan Altan
Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRLER

İSTANBUL, 1999

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. NC TEZGAHLARIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....	11
2.1 NC Tezgahların Avantajları.....	11
2.2 NC Tezgahların Dezavantajları.....	13
2.3 NC Tezgahlar Satın Alınırken Dikkat Edilecek Hususlar.....	13
3. NC TEZGAHLARIN ÖZELLİKLERİ.....	15
3.1 Giriş.....	15
3.2 Takım Tezgahlarının Hareket Elemanları.....	16
3.3 Kontrol Devreleri.....	18
3.4 Güç Üniteleri.....	21
3.4.1 Elektrik Motorları.....	21
3.4.2 Hidrolik Motorlar.....	23
3.5 Sezgi Elemanları ve Ölçme Sistemleri.....	24
3.6 CNC Tezgah ve Sistemlerin Çalışma İlkesi.....	29

4.	NC TEZGAHLARININ KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ.....	32
4.1.	Teorik Esaslar.....	32
4.2.	Konstrüksiyon Esasları.....	38
4.3.	Takım Tutturma Sistemleri.....	50
4.4.	Parça Tutturma Sistemleri.....	53
4.5.	Parça Yükleme Sistemleri.....	57
4.6.	İş Yüklemede ve İş Bağlamada Doğru Yerleştirmenin Önemi.....	58
4.7.	Kesme Sıvısı Sistemi.....	59
4.8.	Stick-Slip (Dur-Kay) Olayı.....	60
5.	NC TAKIM TEZGAHLARINDA TEMEL OPERASYON SIRASI.....	62
5.1.	Emniyet.....	62
5.1.1.	Operatör Emniyeti.....	62
5.1.2.	Takım Tezgahı Emniyeti.....	62
5.1.3.	İş Parçası Emniyeti.....	62
5.2.	Tipik Hatalar.....	63
5.2.1.	Sintaks (Yazım) Hataları.....	63
5.2.2.	Hareket Hataları.....	64
5.2.3.	Ön-Hazırlık (ayar) Hataları.....	64
5.2.4.	Atlamadan Kaynaklanan Hatalar.....	65
5.3.	Programın Test Edilme Yöntemleri.....	65
5.4.	Machine Lock(Tezgah Kilitleme) ile Çalıştırma.....	66
5.5.	Dry Run ile Çalıştırma.....	67
5.6.	İş Parçası Bağlanmadan Programı Çalıştırma.....	68
5.7.	İlk İş Parçasının Alınması.....	68
5.8.	Doğru Parçaların Elde Edilmesi.....	68
6.	PROGRAMLAMA İLKELERİ	
6.1.	Programlamaya Giriş.....	70
6.2.	Koordinat Sistemi.....	72
6.2.1.	Tezgah Eksenleri.....	73

7.	ISO G KODU SİSTEMİNİN PROGRAMLAMA ESASLARI.....	91
7.1.	Programın yapısı.....	91
7.2.	Blokların yapısı.....	97
7.3.	Alt Programlama.....	98
8.	G KODLARININ ANALİZİ	
8.1.	Tornalama.....	99
8.1.1.	Tornalama ile ilgili kısa bilgi.....	99
8.1.2.	Çabuk(rapid) hareket (G00).....	100
8.1.3.	Doğrusal Enterpolasyon(G01).....	100
8.1.4.	Dairesel enterpolasyon(G02-G03).....	101
8.1.5.	Birim ve boyut komutları(G20,G21-G90,G91).....	102
8.1.6.	Kesme ve ilerleme hızı kodları(G96,G97,G98,G99).....	102
8.1.7.	Geçici durma kodu(G04).....	103
8.1.8.	Vida açma (G32-G33).....	103
8.1.9.	Takım uç telafisi.....	104
8.1.10.	Tekrarlanan işlemler(Canned cycle).....	106
8.1.11.	Açı ile boyutlandırma.....	111

9.	STANDART M KODLARI.....	113
9.1.	M00 program stop.....	113
9.2.	M01 İsteğe bağlı program stop.....	113
9.3.	M02 program sonu.....	113
9.4.	M03 Fenermilinin saat yönünde dönmesi.....	113
9.5.	M04 Fenermilinin saat yönünün tersine dönmesi.....	113
9.6.	M05 Fenermilinin durması.....	114
9.7.	M08 soğutucunun açılması.....	114
9.8.	M09 soğutucunun kapatılması.....	114
9.9.	M10 aynanın kapanması.....	114
9.10.	M11 aynanın açılması.....	114
9.11.	M12 karşıpuntanın dışarı çıkması.....	114
9.12.	M13 karşıpuntanın içeri girmesi.....	115
9.13.	M30 program sonu.....	115
9.14.	M98 program sonu.....	115
9.15.	M99 alt program sonu.....	115
10.	KONTROL PANOSUNDAKİ TUŞLARIN TANIMLARI.....	117
10.1.	Fanuc Kontrol Sistemine Ait Tuşların Tanımları.....	117
10.2.	Tezgahın Mekanik Tertibatı ile İlgili Tuşlar.....	119
10.	SONUÇLAR.....	132
	KAYNAKLAR.....	101
	EKLER.....	136
	Örnek Programlama(1).....	137
	Örnek Programlama(2).....	142
	Örnek Programlama(3).....	145
	Örnek Programlama(4).....	149
	Örnek Programlama(5).....	153



Şekil 1.1.	Tornalama ve torna tezgahı.....	3
Şekil 1.2.	Frezeleme ve Freze Tezgahı.....	3
Şekil 1.3.	Matkapla delme ve matkap tezgahı.....	4
Şekil 1.4.	Silindirik taşlama ve taşlama tezgahı.....	4
Şekil 1.5.	Planyalama-Vargelleme ve Planya tezgahı.....	4
Şekil 1.6.	Takım tezgahlarının blok şeması.....	5
Şekil 1.7.	NC Sistemlerin çalışma şeması.....	10
Şekil 3.1.	Konvansiyonel ve CNC tezgah.....	16
Şekil 3.2.	Torna tezgahının ana elemanları.....	16
Şekil 3.3.	Freze tezgahının ana elemanları.....	17
Şekil 3.4.	Kontrol sisteminin ana elemanları.....	18
Şekil 3.5.	Kontrol devresi.....	18
Şekil 3.6.	Açık devre sistemi blok diyagramı.....	20
Şekil 3.7.	NC tezgahların kontrol devreleri.....	20
Şekil 3.8.	Doğru akım motorlarını güçlendirme yöntemleri.....	21
Şekil 3.9.	SCR doğrultucularının NC sistemlerinde kullanılması.....	22
Şekil 3.10.	Step motorları.....	23
Şekil 3.11.	Direkt ve dolaylı kontrol devreleri.....	25
Şekil 3.12.	Mutlak ve eklemeli ölçme sistemleri.....	25
Şekil 3.13.	Dijit mutlak ve eklemeli ölçme sistemleri.....	25
Şekil 3.14.	Dijit sistemlerin okuma tertibatı.....	26
Şekil 3.15.	Döner dijit ölçme sistemi.....	26
Şekil 3.16.	Enkoder.....	27
Şekil 3.17.	Resolver ve synkrolar.....	27
Şekil 3.18.	Induktasyon ve blok şemaları.....	28
Şekil 4.1.	CNC Tezgahların hareket iletim sistemi.....	32
Şekil 4.2.	Teorik ve gerçek hareket diyagramları.....	32
Şekil 4.3.	Statik yüklemenin muhtemel etkisinin örneği.....	34
Şekil 4.4.	Dinamik yüklemenin muhtemel etkisinin örneği.....	34
Şekil 4.5.	Dişliler arasındaki yan boşluk.....	35
Şekil 4.6.	Hidrodinamik yatak.....	35
Şekil 4.7.	Isı etkileri ve ölçme düzeni.....	37

Şekil 4.8.	CNC Torna tezgahı gövdesi.....	39
Şekil 4.9.	CNC Dik İşleme merkezi Gövdesi.....	39
Şekil 4.10.	CNC Yatay İşleme merkezi Gövdesi.....	39
Şekil 4.11.	Sonlu elemanlar yöntemi ile gövde kontrolü.....	40
Şekil 4.12.	Bilyalı vida mekanizması.....	43
Şekil 4.13.	İç içe dişli konstrüksiyonu.....	43
Şekil 4.14.	Hidrolik ve elektrik motorlu iletim sistemlerinin karşılaştırılması.....	44
Şekil 4.15.	CNC tezgahına ait mil-kızak sistemi.....	45
Şekil 4.16.	Bir integral kızak sistemine sahip tezgah gövdesi.....	47
Şekil 4.17.	Kutu kızak sisteminde hidroliğin kullanımı.....	48
Şekil 4.18.	Lineer kızak sistemi.....	48
Şekil 4.19.	Lineer silindirik makaralı kızak.....	49
Şekil 4.20.	Tezgahlarda yatak tipleri.....	49
Şekil 4.21.	Bir parçanın işlenmesi.....	51
Şekil 4.22.	Tornada takım tutturma tertibatları.....	51
Şekil 4.23a.	Malafa.....	51
Şekil 4.23b,c.	Takım tutucuları.....	51
Şekil 4.24.	Taret.....	52
Şekil 4.25a.	Taretin konumu.....	52
Şekil 4.25b,c.	Taretin konumları.....	52
Şekil 4.26.	Takım magazini.....	52
Şekil 4.27.	Transfer kolu.....	52
Şekil 4.28.	Magazinli torna tezgahı.....	53
Şekil 4.29.	Takım sandıkları.....	53
Şekil 4.30.	Ayna ve pens sistemleri.....	53
Şekil 4.31.	Freze tezgahında parça tutturma sistemleri.....	54
Şekil 4.32.	Delikli plaka.....	54
Şekil 4.33.	Palet sistemleri.....	55
Şekil 4.34.	Döner tabla.....	56
Şekil 4.35.	Bir uzay endüstrisinde kullanılan 100 inçlik döner tabla.....	57
Şekil 4.36.	Parça yükleme sistemleri.....	58
Şekil 4.37.	Freze işlemi yapılacak bir iş parçasının bağlanma şekli.....	59
Şekil 4.38.	Ecoreg sistem.....	59
Şekil 6.1.	Elle ve bilgisayar destekli programlama.....	71

Şekil 6.2.	İki eksenli, üç eksenli ve polar koordinat sistemleri.....	72
Şekil 6.3.	Freze ve torna tezgahının sıfır noktaları.....	73
Şekil 6.4.	Z eksenli dikey sağ el koordinat sistemi.....	74
Şekil 6.5.	Z eksenli yatay sağ el koordinat sistemi.....	74
Şekil 6.6.	Torna, dikey ve yatay freze tezgahlarının eksenleri.....	75
Şekil 6.7.	Yatay ve dikey işleme merkezlerinin eksenleri.....	75
Şekil 6.8.	İki taretli torna ve taşlama tezgah eksenleri.....	75
Şekil 6.9.	Takım yolu.....	76
Şekil 6.10a.	Tornada parça eksenleri.....	76
Şekil 6.10b.	Frezede parça eksenleri.....	77
Şekil 6.11.	Frezelemede parçanın sıfır noktası.....	77
Şekil 6.12.	Tornalamada parçanın sıfır noktası.....	77
Şekil 6.14.	Önemli nokta koordinatlarının tayini.....	78
Şekil 6.15.	Mutlak ve eklemeli koordinat sistemi.....	78
Şekil 6.16.	Mutlak ve eklemeli koordinat sistemi.....	78
Şekil 6.17.	Takımın sıfır noktası.....	79
Şekil 6.18.	Takım değiştirme noktası.....	80
Şekil 6.19.	Sıfır noktaları arasındaki bağıntı.....	81
Şekil 6.20.	Noktadan noktaya kontrol.....	83
Şekil 6.21.	Konumlama takım yolları.....	83
Şekil 6.22.	Konulamada hedef noktada durma.....	84
Şekil 6.23.	Doğrusal ve eğrisel kontrol tipleri.....	84
Şekil 6.24.	NC ve AC-NC tezgahların çalışma şeması.....	86
Şekil 7.1.	Alt programlar ve gruplanması.....	98
Şekil 8.1.	Dairesel enterpolasyon.....	101
Şekil 8.2.	Takım ucunun gerçek yapısı.....	104
Şekil 8.3.	Yarıçap telafi yönleri.....	105
Şekil 8.4.	Uzunluğuna düz kesme.....	107
Şekil 8.5.	Alın düz kesme.....	108
Şekil 8.6.	Belirli şekle göre tekrarlanan işlemler.....	109
Şekil 10.1.	Fanuc kontrol sistemine ait tuşlar.....	131
Şekil 10.2.	Tezgahın mekanik tertibatına ait tuşlar.....	132

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1.	EBCDIC Kodlama sistemi.....	31
Çizelge 4.1.	Bilyalı miller için kullanılan diyagramlar ve tabelalar.....	41
Çizelge 7.1.	ISO kodlama sisteminin kullanım şekli.....	93
Çizelge 7.2.	ISO kod sistemine göre adresler ve harfler.....	96
Çizelge 7.3.	ISO kod sistemine göre adresler ve harfler.....	96
Çizelge 8.1.	Standart G-kodları listesi.....	101
Çizelge 9.1.	Standart M-kodları listesi.....	115



teknoloji ön plana çıkmaktadır.Bu tezde bu tip tezgahların konvansiyonel tezgahlardan farkı, kullanılan tutturma sistemleri, ölçme elemanları ve programlama sistemi çok açık bir şekilde açıklanmıştır.



ÖZET

21.yy'a gireceğimiz şu çok yakın zaman içinde geçmişimize baktığımız zaman teknolojinin ne kadar hızlı ve modern bir şekilde geliştiğini fark etmekteyiz. Teknolojinin böyle hızlı bir şekilde gelişim süreci NC tezgahlar ile başlamaktadır. Bu sistemler ile birlikte CNC'ye ilk adım atılmış ve kısa bir zaman içinde bu teknoloji tutulamaz hale gelip yoluna devam etmiştir. Buna CAD-CAM sistemleri de eklenince artık insan faktörü ikinci planda kalmış ve teknoloji ön plana çıkmıştır.

Bu tezde göreceğiniz gibi NC tezgahlarda programlama sisteminin CNC'ye göre daha zor olması, hafızaya alma olmaması, elektrik kesintilerinde tekrar programlama yapılması operatörün işini zorlaştırmaktaydı. Fakat CNC ile bu sorunların hepsi çözümlenmiştir. CNC takım tezgahlarının konvansiyonel tezgahlardan farkı ise kalite faktörü, seri imalat ve karmaşık parçaların kısa bir zaman içinde işlenmesidir. Ama son yıllarda bu konvansiyonel takım tezgahları eski popülaritesini kaybetmiştir.

CNC tezgahlarda bir kontrol ünitesi ile beraber her ekseninde servo motorlar bulunmakta, ana motordan fenermiline kayış-kasnak sistemi ile hareket verilmektedir. Takım hareketi çok hassas olan vidalı miller ile sağlanmakta, taret veya magazin ile isimlendirdiğimiz yerlere alabilecek kapasitede takımlar bağlanmaktadır. Parça bağlama yöntemi de tornalarda sert ayaklar veya tornalanmış yumuşak ayaklar, çubuk sürücü tertibatı veya pens sistemi ile mümkündür.

Bu tezde Fanuc kontrol sistemine ait programlama eklerindeki belirtilen örneklerle detaylarıyla anlatılmıştır. Artık teknoloji CNC lerin geliştirilmesi ile öyle bir hale geldi ki sadece CAD-CAM sistemi ile veya manuel olarak programlama yaparak tek bağlamada tornalama, frezeleme, delme ve klavuz çekme gibi talaş kaldırma yöntemleri tek bir makinada uygulanmaktadır.

ABSTRACT

There isn't so many months to participate to 21st century and if we compare our past and now we can see technology had grewed up very fast in a modern way. Technology grewed up fast itself after NC machines discovered. With these systems it is put a step to CNC machines and after that technology had become popular and then had continued. Later CAD-CAM systems were discovered and human factor became second position and technology became first.

As you see in these pages, to make a program in NC systems is more difficult than CNC, doesn't have any memory and if the electric switchs off you must make a program again. These difficult conditions make the operator loosing time. But after CNC machines all these difficulties don't become anymore. If you compare CNC with standard machines; quality, mass production and to machine the difficult parts in a very short and early time. Last years standard machines lost their old situation and popularity.

In CNC machines there is a control sistem with servo motors in each axis. It turns with belt construction from main motor to spindle. The turret can move with high precision ball screws and you can put the tools on turret or magazin for machining. If you want to clamp a workpiece it is possible with hard jaws, soft jaws, bar feeder system or collet chuck..

In this project, details of Fanuc control system programming with the examples are found in the enclosed pages. Now the technology becomes unbelievable after the engineers improved CNC. You make a program with CAD-CAM system or manual programming. In some of CNC machines you can make turning, milling, drilling, tapping, grinding in one clamping.

1.GİRİŞ

Tarih boyunca ülkelerin çeşitli yönde gelişmeleri ve günümüzde; gelişmiş, gelişmekte olan, az gelişmiş ve gelişmemiş gibi gruplara ayrılması, göstermiştir ki, ülkelerin siyasi ve ekonomik gelişmeleri her şeyden önce üretim faaliyetine bağlıdır. Üretim, insanların yaşamlarını sürdürmek için gerekli ürünleri meydana getiren en eski faaliyettir. Bir ülkede üretim ne kadar bol, çeşit ve kaliteli ise, o ülke insanların yaşam seviyesi o kadar yüksek, ülkenin ekonomisi o kadar kuvvetli ve uluslar arası siyasi ve ekonomik rekabet gücü o kadar yüksektir.

Üretim genelde tüketim, ara, savunma ve üretim ürünleri olmak üzere dört gruba ayrılabilir. Gıda ve giyim ürünlerini içeren tüketim ürünleri direkt insanların yaşamları; ulaştırma (kara, deniz, hava, uzay), haberleşme, enerji vb. gibi araç ve gereçleri kapsayan ara ürünler insanların yaşam seviyesi ve savunma ürünleri onların başka ülkelere karşı savunmaları ile ilgilidir.

Üretim ürünlerine gelince bunlar özel üretim ve takım tezgahları olmak üzere genelde iki gruba ayrılabilir. Özel üretim ürünleri, ziraat makinaları, tekstil makinaları, gıda makinaları, çimento tesisatları, rafineri gibi tek ve genelde üretim ürünü üreten makine ve tesisatlardır. Takım tezgahları ise tüm ara, savunma ve özel üretim araç ve gereçleri üreten makinalardır. Bu bakımdan "makinaların anası" olarak ta tanımlanan takım tezgahları, üretim alanında ve dolayısıyla ülkenin ekonomik gelişmesinde özel ve önemli bir yer tutmaktadır. Takım tezgahları olmadan hiçbir sanayi yatırımı yapılamaz. Bir iğne, bir motor, bir otomobil, bir zırhlı, bir savunma aracı veya bir uçak üretmek için takım tezgahlarına ihtiyaç vardır. Dolayısıyla bir ülkede; ara, savunma, özel üretim araçları sanayi alanında bir yatırım yapılmak istenirse ve o ülkede takım tezgah sanayii yoksa veya çok az gelişmişse, bunları pahalı ve döviz ödeyerek dışarıdan getirmek zorundadır. Bir ülkede tekstil ve ziraat ta dahil olmak üzere tüketim sanayii ve bu alanda ihracatı ne kadar gelişmiş olsa dahi, takım tezgahları dışarıdan getirildiği sürece, ithalat-ihracat dengesi her zaman ihracat aleyhine olacaktır.

Bunun yanı sıra takım tezgahları stratejik bir araçtır. Özellikle savaş ve ambargo sırasında kendini belli etmektedir. Bu hususta tek bir örnek vermek yeterlidir. ABD ikinci dünya

savaşına girmeden önce, silahlanma bakımından Almanya'nın çok gerisindeydi. Savaşa girdikten sonra, çok gelişmiş bir takım tezgah sanayine sahip olduğu için, çok kısa bir zamanda çok çeşit ve çok yüksek oranda silah üretmeye başlamış ve yalnızca kendi ihtiyaçlarını değil, İngiltere ve Rusya'ya silah yardımı yapmaya başlamıştır. Modern tezgahlar üretmek için yeni takım tezgahları üretmiş ve bu tezgahların sayesinde geliştirilmiş uçaklar ve atom bombası yapabilmıştır. Denilebilir ki savaşın kaderi bu yüksek teknoloji tarafından belirlenmiştir. Savaştan önce ABD de kullanılan tüm takım tezgahlar arasında üç yıldan daha az olan tezgahların oranı %10 iken, savaştan sonra bu %60'a ulaşmıştır. Unutulmaması gereken bir başka husus, bugünkü CNC tezgahlar, yeni ve güçlü uçaklar üretmek için savaş sırasında başlayan araştırma ve incelemelerin bir sonucudur.

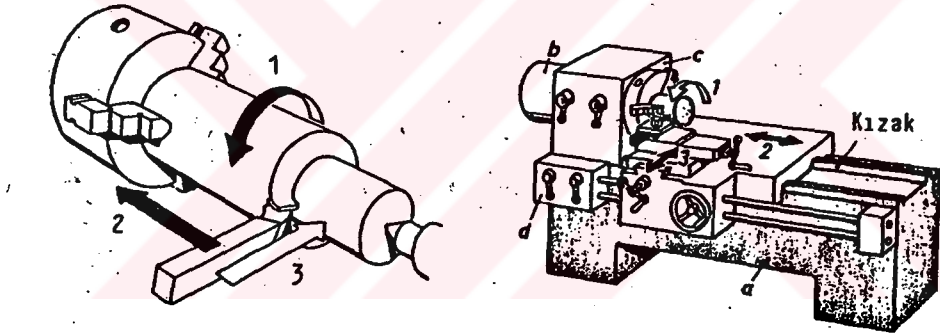
Takım tezgahları talaşsız ve talaşlı imalata yönelik olmak üzere iki gruba ayrılır. Bunların arasında gerek daha karmaşık olan hareket kabiliyeti bakımından, gerekse parçaların şekil, boyut ve yüzey kalitesi açısından daha hassas işlemesi bakımından, talaş kaldırma takım tezgahları, üretimde daha dinamik bir niteliğe sahiptirler. (Akkurt M., 1999)

Takım tezgahlarının amacı, ham madde halinde bulunan bir malzemeye belirli bir şekil vermektir. Teknikte önemli bir yer tutan talaş kaldırarak, şekil veren takım tezgahlarında, şekil verme işlemi parça ile takım arasındaki izafi hareketlerle gerçekleştirilir. Bu bakımdan hareketler: Ana (kesme), ilerleme ve yardımcı olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Ana veya kesme hareketi esasen talaş kaldırma hareketidir, ilerleme hareketi parçanın uzunluk veya genişlik yönünden belirli kısımlarının işlenmesini sağlayan harekettir. Yardımcı hareket ise, takımın parçaya yaklaşması, talaş kaldırmak için gereken konuma girmesi, talaş kaldırıldıktan sonra başlangıç noktasına geri dönmesi gibi çeşitli ayar hareketlerinden meydana gelmektedir.

Takım tezgahlarında genel olarak ana kesme hareketi dönme veya doğrusal olabilir; ilerleme ve yardımcı hareketler doğrusal hareketlerdir. Bu hareketlerin parça veya takım tarafından yapılmasına bağlı olarak tornalama, frezeleme, matkapla delme, planya-vargelleme ve taşlama gibi çeşitli talaş kaldırma yöntemlerini oluşturmaktadır. Tornalama (Şekil 1.1), frezeleme (Şekil 1.2), matkapla delme (Şekil 1.3) ve taşlamada (Şekil 1.4) kesme hareketi dönme; planya-vargellemede (Şekil 1.5) doğrusaldır. Ancak tornalamada dönme hareketi parça, ilerleme ve yardımcı hareketler takım; frezelemede dönme hareketi takım, ilerleme ve

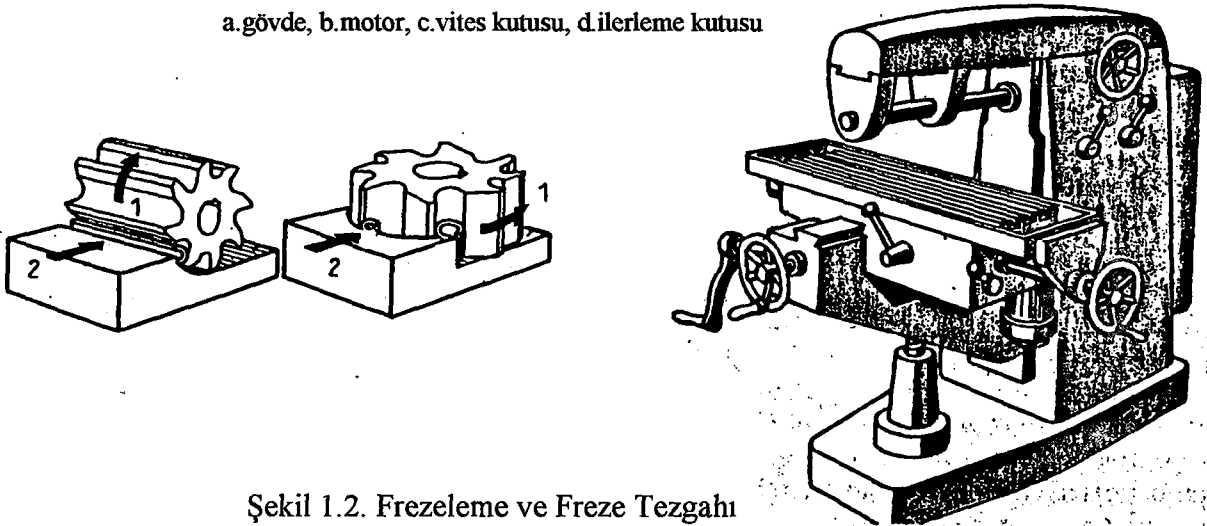
yardımcı hareketleri parça; matkapla delmede dönme ve ilerleme hareketlerini takım yapmaktadır. Taşlamada kesme hareketini takım (taş), ilerleme ve yardımcı hareketlerini parça veya takım veya her ikisi yapmaktadır.

Bu yöntemlere bağlı olarak torna (Şekil 1.1), freze (Şekil 1.2), matkap (Şekil 1.3), taşlama (Şekil 1.4), planya (Şekil 1.5), vargel, gibi talaş kaldırma tezgahları geliştirilmiştir. Karışık ve birbirine oldukça farklı görünen bu tezgahlar, basite indirildiğinde parça-takım-işlem üçlüsünden meydana geldikleri görülmektedir. İşlem, talaş kaldırmadan; buda parça-takım ikilisine verilen izafi hareketlerinden meydana gelir. Bu hareketleri oluşturan elemanlara kinematik sistemi; parçanın getirilmesi, bağlanması, işlendikten sonra çözülmesi ve tezgahtan uzaklaştırılmasını sağlayan parça sistemi; aynı işlemi takım için sağlayan takım sistemi, soğutma ve talaş nakliyesini gerçekleştiren tertibatlara yardımcı sistemler ve tüm bu sistemi taşıyana gövde sistemi denilirse bir takım tezgahının blok şeması Şekil 1.6'da gösterildiği gibi olur. Tezgah sistemine giriş olarak, malzeme, enerji ve bilgi; çıkış olarak şekillendirilmiş parça gösterilebilir. (Akkurt M.,1996)



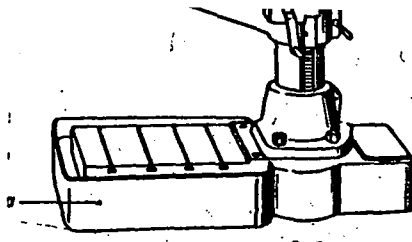
Şekil 1.1 Tornalama ve torna tezgahı

1.Kesme hareketi 2.Boyuna ilerleme hareketi 3.Enine ilerleme hareketi
a.gövde, b.motor, c.vites kutusu, d.ilerleme kutusu



Şekil 1.2. Frezeleme ve Freze Tezgahı

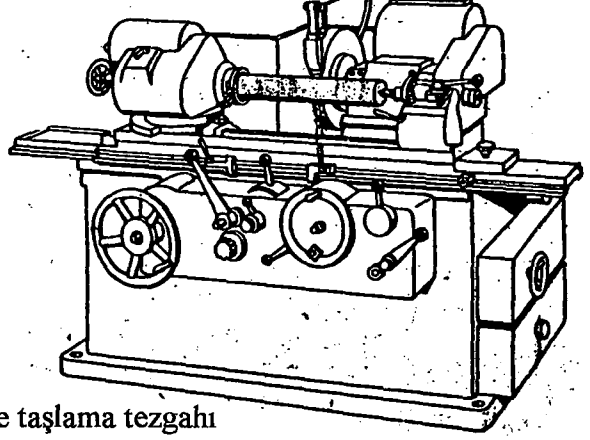
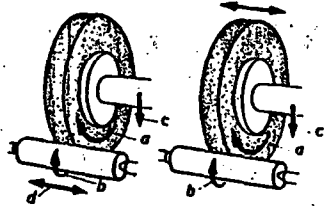
a.silindirik frezeleme b.alın frezeleme 1. Kesme hareketi 2.İlerleme hareketi



Şekil 1.3. Matkapla delme ve matkap tezgahı

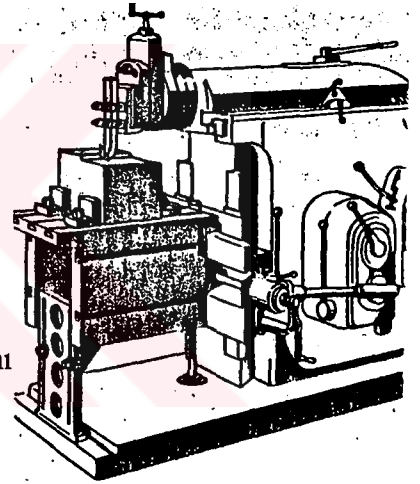
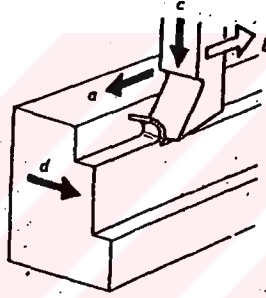
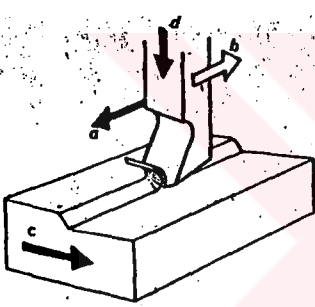
1.Kesme hareketi 2.İlerleme hareketi

a.temel plaka b.kolon c.Güç ve hareket iletim sistemi d.ana mil e.ilerleme mekanizması f.tabla

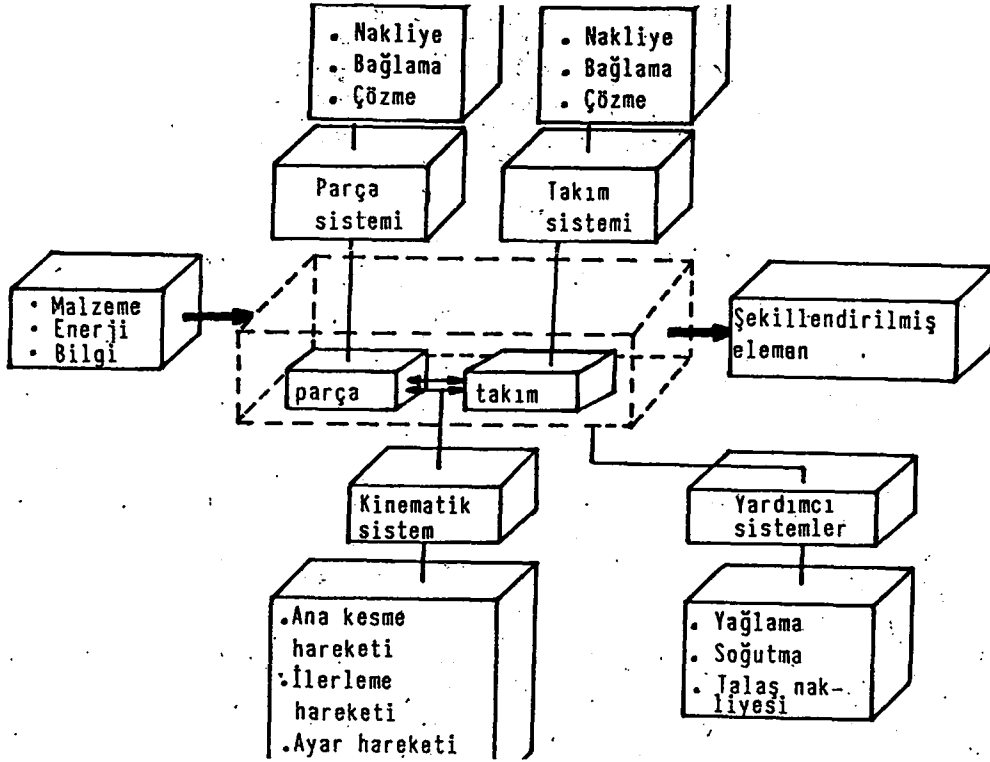


Şekil 1.4. Silindirik taşlama ve taşlama tezgahı

a.kesme hareketi b.parça dönme hareketi c.paso derinlik hareketi d.ilerleme hareketi



Şekil 1.5. Planyalama-Vargelleme ve planya tezgahı



Şekil 1.6. Takım tezgahlarının Blok Şeması

Dünya sanayileşme tarihi incelendiğinde, sanayinin gelişmesi ile takım tezgah sanayinin gelişmesinin iç içe olduğu görülmektedir. Daha baştan sanayi devrimini açan ilk buhar makinasının yapılması sekiz yıl gecikmiştir. Bunun nedeni bir silindirin iç yüzeyini işleyecek ilkel bir borwerg tezgahının yapılmasına bağlıdır. O zamandan bu güne kadar tüm buluşlar, ancak onları işleyebilecek takım tezgahlar yapıldıktan sonra ürün haline getirilmiştir.

Sanayi alanı, kolları ve ürünleri genişledikçe ve büyüdükçe daha çok takım tezgahlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu şekilde Batı Avrupa ve Amerika'da eski tezgahların iyileştirilmesi, güç bakımından kuvvetlendirilmesinin yanısıra yeni tezgahlar yapma girişimleri hız kazanmıştır. Bu bakımdan tornalarda üst kızak eklenerek, takıma torna eksenine göre dik bir hareketin verilmesi, 19. yy ın ikinci yarısında, planyanın yanı sıra, düz yüzeyleri işleyebilen freze tezgahlarının ve büyük parçaları işleyebilen vargel tezgahlarının ortaya çıkması, sanayinin hızlanmasına neden olmuştur. Ancak takım tezgahlarının gelişmesinden bahsederken iki noktayı hatırlatmakta fayda vardır. Bunlardan birisi takımlar diğeri ise bilimsel faaliyettir. Aslında takım tezgahlarının gelişmesi; tezgah, takım ve bilimsel faaliyetin birlikte gelişmesi ile mümkün olmuştur.

1860'lara doğru Whitney adlı bir Amerikalı mühendis, tolerans, standart boyut ve standart ölçme sistemi gibi kavramları ortaya atarak, parçalarla ilgili değiştirilebilirlik ilkesini uygulamaya koymuştur. Bu uygulama büyük ölçüde üretimde produktiviteyi artırmış ve kitle imalatın yolunu açmıştır.

Bununla beraber başlangıçta takım tezgahları çok yavaş çalışıyordu. 19. yy da, bugün klasik yöntemlerle dahi 2...3 dakika alan, bir çeyrek metre büyüklüğünde bir dökme demir yüzeyinin işlenmesi, uzun bir iş gününü alıyordu. O zamanlar, takım malzemesi olarak, yüksek karbon çelikleri kullanılıyordu. Isıl işleme çok sert olan bu malzemeler, kesme sırasında meydana gelen sıcaklığın etkisi ile çok çabuk yumuşuyor ve çok düşük kesme hızlarında (3..4m/dak) dahi çabuk körleniyorlardı; yani ömürleri çok kısa idi. Yüzyılın sonlarına doğru esasen az alaşımlı çelikler olan hava çelikleri kullanılmaya başlanmış ve kesme hızları 10 m/dak. ya kadar ulaşmıştır. Ancak bu hız yine de sanayi isteklerini karşılamaktan çok uzaktı. Daha sonra Amerikalı mühendis F. Taylor tarafından kesme hızları 40 m/dak. varan hız çelikleri (HHS) keşfedilmiştir.

Bu buluş ortaya konulan ilkelere göre, takım tezgahlarının gelişmesinde iki yönde etkili olmuştur. Bir taraftan artan hızları karşılayabilecek rijit tezgahlar ve diğer taraftan özellikle takım ve parça değiştirme zamanlarını azaltacak tezgahlar genişletme yoluna gidilmiştir. Bu bakımdan takım değiştirme zamanını önemli ölçüde azaltan revolver tipi torna tezgahları ve parça değiştirme zamanını azaltan otomat çubuk işleme tezgahları geliştirilmiştir.

20. yy ın başlarında çeşitli yönde mekanik (yani motordan alınan güçle) hareket yapabilen, çeşitli parçaları işleyebilmek için donatılmış, klasik görünümde torna, freze, matkap, planya, vargel, otomat revolver, otomat çubuk işleme ve taşlama tezgahları ortaya çıkmıştır. Aynı zaman diliminde tezgahların tahrik sisteminde önemli değişiklikler olmuştur. Bir buhar makinasından alınan gücü; onlarca yataklarla desteklenen miller ve kayış kasnakların yardımıyla tezgahlara ileten merkezi güç iletimi; gücü tezgaha direkt olarak takılan bir elektrik motorundan alan yerel bir güç sistemi ile değiştirilmeye başlanmıştır. Bu değişim atelyelere bir ferahlık getirmekle beraber, tezgahların çalıştırılması, yerleştirilmesi ve çeşitli üretim şemalarında yer alması bakımından büyük esneklik sağlamıştır.

20.yy ın özellikle ikinci çeyreğinden başlayarak özellikle takım tezgahlarının gelişmesi, prodüktif zamanların azaltılmasına yönelik otomasyon yönünde olmuştur.Otomat sistemler alanındaki gelişmeler otomat üretim hatları ve otomat tezgahlar yönünde olmuştur.Otomat üretim hatlarıyla ilgili ilk büyük uygulama Ford tarafından Detroid fabrikalarında kurulmuştur.Adı rijit veya Detroid otomat hatları olarak tanınan bu hatlarda; tezgahlar parça tutturma tertibatları ile birlikte yan yana ve rijit olarak bağlanmakta ve önlerinde bir konveyör çalışmaktadır.Konveyör üzerinde gelen parçalar, tezgahtan tezgaha geçerek, işleme operasyon sırasına göre işlenmektedir.Bu sistem günümüzde CNC tezgahlardan oluşan ve serbest yerleşime dayanan esnek imalat hatları veya sistemleri şeklinde uygulanmaktadır.

Otomat tezgahlar; revolver tezgahların geliştirilmesinin yanı sıra, pim kontrollü, kam kontrollü, kopya kontrollü, çok eksenli tezgahlar, transfer tezgahları ile gelişmelerine devam etmiştir.Pim kontrollü otomat tezgahlarında takımın ilerleme strokları, kontrol panosuna yerleştirilen bir takım pimlerle; kam kontrollü tezgahlarda ise, bir milin üzerine monte edilen kam profilleri ile kontrol edilmektedir.Bunlardan en gelişmiş olan otomat kopya tezgahlarında parçanın işlenmesi, işlenecek parça şekli ile aynı olan bir model ile kontrol edilmektedir.Modelden bir takipçi ile alınan sinyaller, kalemligi taşıyan kızağa mekanik veya hidrolik tertibatlarla iletilmektedir.Buna göre bu tip tezgahlar mekanik kopya ve hidrolik kopya tezgahları olarak ayrılırlar(Akkurt M.,1999).

Transfer hatları ise parçanın teknolojik operasyon sırasına göre sıralanmış ve parçayı tamamen işlenmiş hale getiren tezgahlar grubudur.Parçanın getirilmesi, tezgahtan tezgaha taşınması, tezgaha bağlanması ve çözülmesi, ana kontrolü, son kontrolü ve hattan uzaklaştırılması otomatik olarak yapılır.Bu nedenle bu sistemlere otomatik transfer hatları da denilir.Parçaların işlenmesini, montajını veya işleme ve montajını yapabilen transfer hatları, çeşitli universal, otomat ve NC tezgahlardan ve tezgah sistemlerinden meydana gelebilir.Bu hatlarda ısıl işlem ve yıkama tertibatları da yer alabilir.Çok çeşitli olmalarına rağmen, çalışma ilkeleri bakımından transfer hatları rijit ve esnek olmak üzere iki gruba ayrılır.Rijit transfer hatlarında, birbirine kenetlenmiş şekilde bağlanan tezgahlarda parça, direk olarak bir duraktan diğerine geçmektedir.Bu şekilde bir durağın çalışması diğer durakların çalışmalarına bağlı olmaktadır.Herhangi bir durakta arıza olduğunda tüm hat durur.Sistem çok prodüktif olmakla beraber, belirli şekil ve boyutlara sahip olan bir parça için geçerlidir;

bu parçadaki herhangi bir şekil ve boyut değişikliğini kabul etmez.Esnek hatlarda, her durağın magazin şeklinde parça bekletme deposu ve otomat parça besleme sistemi vardır.Bu şekilde bir durağın çalışması diğerine bağlı olmamakla beraber, parçada yapılan değişiklikler, hatta yapılan bazı değiştirmelerle karşılanabilir.(Akkurt M.,1986)

Takım tezgahlarının elle kontrolünden, tam olarak otomatik kontrolüne kadar bir çok evre geçmiştir.Kontrol dereceleri arasında belirli ayırım yapmak zordur.Kontrol dereceleri arasında bir sınıflandırma yapmak için makinanın işlem karakterlerinde köklü değişiklikler yapan ya da makinanın işleme yeteneğinin artırıldığı gelişmeler göz önüne alınır.

0.Kademe kontrol: Bu tip kontrolde malzemedan talaş kaldırılması ve takımın pozisyonlanması elle yapılır.Örneğin marangozların kullandığı el matkapları.

1.Kademe kontrol: Tezgahın tahrik gücünün açılıp kapatıldığı kontroller 1.kademe kontrol olarak anılmaktadır.

2.Kademe kontrol: 1792 yılında Mauduleys'in geliştirdiği kızaklı torna ve buna bağlı olarak geliştirilen makinalar kontrolün ikinci kademesini başlatmıştır.Bu makinada ilk kez takım ve iş parçası hareketinin birleşmesi sağlanmıştır.Maudsley'in torna tezgahında dişli çarklı araba kullanılmıştır.Bu araba, tahriği iş parçasının bağlandığı ana milden almaktaydı ve böylece aksenal ve dönme hareketleri senkronize olarak sağlanıyordu.Maudsleyin tornasıyla bugünlerde kullanılan tornalar arasında temel olarak fazla bir fark yoktur.İş parçası takım ilişkisi, hız ve ilerleme hızı seçimi deneyime ve teknisyenin kabiliyetine bağlıdır.Bununla beraber malzemedan talaş kaldırma kapasitesinde kullanılan gücün artışına bağlı olarak büyük bir gelişme gösterilmiştir.Yatay ve dikey frezeleme iş parçası, kesici takım ilişkisi operatör tarafından seçildiği için 2.kademe kontrole girer.Bu tip kontrol basit parçalar, iş parçası takım arasındaki hareketin az olduğu fazla adetli olmayan işler için ekonomiktir.

3.Kademe kontrol: Belli bir döngü işlemini meydana getiren makinalar 3.kademe kontrolünü oluştururlar.Kam kontrollü otomatik takım tezgahları buna bir örnek olarak gösterilebilir.Burada iş parçasının şekli kam profiline verilmiştir.

4.Kademe kontrol:Bu tip kontrolde işleme esnasında iş parçasının ölçülerinin sezgi elemanlarıyla ölçülüp kontrol edildiği bir kontrol tipidir.Bu kontrolle iş parçası ile takım kontrolü yapılmakta ve istenilen ölçüye iş parçası getirilmektedir.Bu tip proses kontrolü dar toleranslı parçalarda, özel tip tezgahlarda abraziv takımlarda örneğin taşlama ve honlama tezgahlarında maliyet açısından daha uygun olması için tercih edilir.

5.Kademe kontrol: Bu kademe nümerik kontrolü kapsar.Nümerik kontrolde makinanın kontrol ünitesine girilen ilerleme, devir ve parça eksenlerinin nümerik(sayısal) olarak girilir.

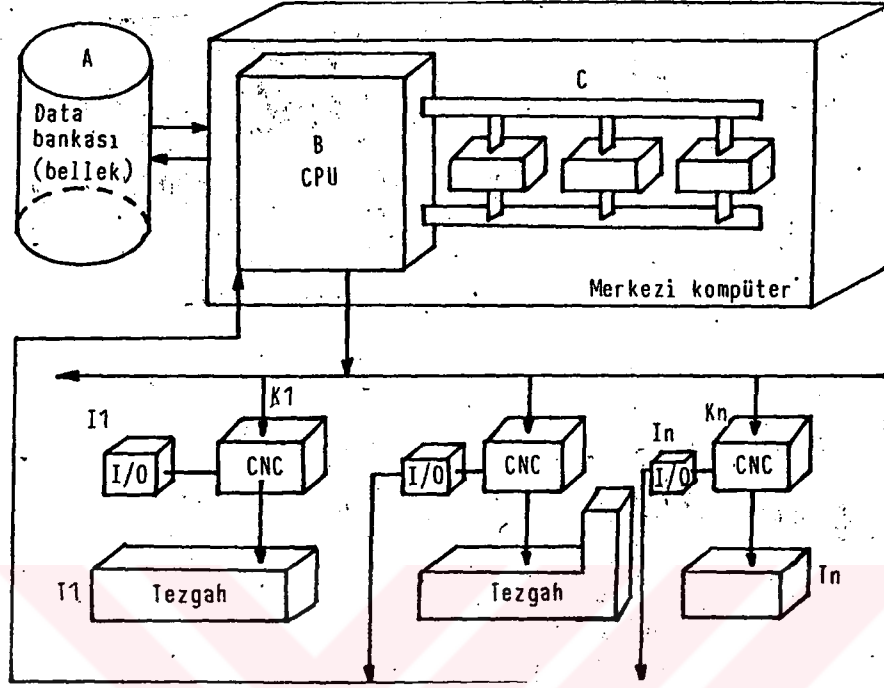
a.Nümerik kontrol sistemlerine birinci gelişme: Konvansiyonel tip makinalara bir kontrol sisteminin ilave edilmesiyle ilk nümerik kontrollü gelişme meydana geldi.fakat bu kontrol sadece takımın iş parçasına yaklaştırılmasına yarıyordu.Bu da zaman bakımından oldukça tasarruf sağladı.Kesme hızları ve ilerlemeler operatör tarafından gerçekleştiriliyordu.

b.Nümerik kontrol sistemlerinde ikinci gelişme: Bu ikinci gelişmede iş parçası ve takım arasında kesme işlemi de gerçekleştirildi.Fakat bunun sağlanması için makinanın konstrüksiyon şekli değişti.Örneğin bilyalı miller, hidrodinamik kızak rulmanları gibi.Bu tip makinalarda bilgiler teyp bantlarında saklandığından teyp kontrollü makinalar olarak da bunlardan bahsedilir.Bir bilginin makinada düzeltilmesi mümkün değildi, düzeltme işlemi sadece bant üzerinde yapılırdı.

c.Nümerik kontrollü sistemlerde üçüncü gelişme: CNC ve DNC sistemleri bu gruba girerler.Bilgisayar sektörünün hızlı bir şekilde gelişmesi ile günümüzde kullanılan nümerik kontrollü tezgahlar yapılmaya başlandı.CNC tezgahlarda program kontrol ünitesinden yüklenir ve istenildiği zaman program içinde bir değişiklik yapılabilir.(Thyler,1991)

DNC(Direk Nümerik Kontrol) birden fazla nümerik kontrolü tezgahın kontrolü bir merkezi bilgisayardan yapılır.Bu sistemlerde CNC sistemlerinde olduğu gibi tezgah ile olan bağlantı bir program taşıyıcısı bant veya kart ile değil direk bilgisayar tarafından sağlanır.Bu sistemlere “on line” sistem de denilir, buna karşın program taşıyıcısı sistemlerde vardır.Bunlara da “off line” adı verilir.Şekil 1.7. de DNC sistemlerin çalışma şeması gösterilmiştir.

6.Kademe kontrol:Kontrolün altıncı kademesini adaptif kontrol oluşturur.Bu kontrol tipi daha sonraki bölümde detaylı bir şekilde anlatılacaktır.Bu kontrolde sensörler vasıtasıyla toplanılan bilgiler bilgisayara aktarılır ve burada analiz edildikten sonra ayarlamalar yapıp tekrar işlem devam eder.



Şekil 1.7. DNC sistemlerin çalışma şeması

kapalı bir yerde, tezgahın başında çalışan operatörün dışarıdan temas edemeyeceği yerlere monte edilmiştir ve işlem tezgah kapısının kapalı olduğu durumda meydana geldiğinden operatörün maksimum korunması sağlanır.

2-Daha iyi operatör verimliliği: Nümerik kontrollü takım tezgahları ayar işlemi yapıldıktan sonra sadece iş parçasının bağlanması ve program başlatma düğmesine basılması durumunda işleme başlar.Bu kesme işlemi sırasında operatör dikkatini dağıtabilir veya başka bir işle ilgilenebilir.

3-Hatalı imalat parçalarında azalma: Nümerik kontrollü takım tezgahları çok hassas tezgahlardır.Konvansiyonel tezgahlarda operatörün yeteneği ile gerçekleşen işlem bu tezgahlarda bilgisayar kontrolü ile yapılmaktadır.Böylece hatalı imalat oranı çok düşüktür.

4-Üretim için hazırlık zamanının çok kısa olması: Nümerik kontrollü takım tezgahlarında programın hazırlanması ve bunun kontrol ünitesine girilmesi ayrıca daha basit tutturma tertibatları gerektirmesi sebebiyle hazırlık zamanları çok kısadır.

5-İnsan hatalarının azalması: Nümerik kontrollü tezgahlarda işlem kontrol ünitesine girilen program ile gerçekleştirildiğinden kalifiyeli operatöre gereksinim yoktur.Kesici elmasları uzun bir süre değiştirmeye de gerek yoktur.Kesici elmas numarası seçilip aşınma değeri girilebilir.

6-Yüksek hassasiyet: Nümerik kontrollü takım tezgahlarının makine elemanları yüksek hassasiyetle ve doğrulukla işlenip kalite kontrolü hassas olarak yapılmaktadır.Bundan dolayı işlediğimiz iş parçalarında da istediğimiz hassasiyette iş elde edebiliriz.

7-Kompleks parçaların kolay bir biçimde işlenmesi: Nümerik kontrollü sistem ve elektronik ölçme tertibatları sayesinde hassas ve hızlı bir biçimde kompleks parçalar işlenebilir.

8-Daha az aparat maliyeti: Basit tutturma tertibatlarına gereksinim duyulması nedeniyle aparat konstrüksiyonunda hem zamandan hem de maddi açıdan fayda sağlamaktadır.Bu tutturma tertibatları işlem hızı bakımından %70 fayda sağlamaktadır.

9-Üretim verimliliğinin artması: Nümerik kontrollü tezgahların hazırlık zamanı çok kısadır ve parçalar seri bir şekilde hassas ve çabuk işlenmektedir.böylece işyerinin verimliliği artar.

10-Parça envanterinin azalması:Uzun bir süre büyük bir yedek parça envanterine gereksinim yoktur.Birleştirme parçaları aynı hassasiyetle işyerindeki mevcut tezgahlar tarafından gerçekleştirilebilir.

11-Daha uzun makine ömrü:Nümerik kontrollü takım tezgahlarında operatör hataları baştan belirlenmiş olup ve bunlara karşı makinada bazı emniyet sistemi kurulmuştur.Bundan dolayı makinada çok büyük arızalar meydana gelmez.

12-Parçaların daha az sıklıkta kontrolüne gereksinim duyulması:Nümerik kontrollü takım tezgahlarında sabit kalitede parça elde edilir.Yani işlenen tüm parçaların yüzey ve ölçü kalitesi ilk parça neyse odur.

13-Daha iyi makine kullanımı: Makinanın hazırlık ve ayar işlemleri çok kısa bir zamanda gerçekleştirildiğinden değişik iş parçaları işlemek mümkündür.Buda yaklaşık olarak imalat kapasitesini %80 artırır.

14-Boş alan gereksinimi azalır: Nümerik kontrollü takım tezgahlarında daha az aparat sistemi gereksinimi olmasından dolayı aparat bulundurma yerine gerek yoktur.Buda yerden tasarruf sağlar.

2.2. NC Tezgahların Dezavantajları

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

Bu nedenle özellikle ilk olarak CNC tezgahlarını kullanan firmalar, aşağıdaki hususlara dikkat etmelidirler.

- Tüm bölümlerin ve özellikle CNC tezgahı ile yakın ilişkili olan personelin, CNC tezgahlar hakkında bilgi edinmesi ve bu hususta personelin eğitilmesine önem verilmelidir.
- Konstrüktörler ve ressamalar imalat resimlerini CNC tezgahların özelliklerine göre hazırlamalıdır.
- Takım ve tutturma tertibatların CNC tezgahlarda kullanılmak üzere bir sistemasyonu yapılmalıdır.
- Tezgahların bakımı için özel önlemler alınmalıdır. (Akkurt M.,1996)

2.3. NC Tezgah Satın Alınırken Dikkat Edilecek Hususlar

Bir NC tezgah satın alınırken, tezgahın dış görünüşünün yanı sıra, bundan çok daha önemli olan, tezgahın dizayn kriterleri ile tezgahı oluşturan parçaların kalite, güvenilirlik ve gerektiğinde kolay temin edilebilirlik gibi hususlar araştırılmalıdır.

NC tezgahların gövde tipi ve rijitliği, kızak tipi, tezgahın stabilitesi, seri hareketleri, bağlanabilecek çap ve boy ölçüleri, devir aralıkları ve kontrol ünitesi gibi durumlar imalatçılar tarafından araştırmakta ve tezgah satıcılarından detaylı bilgiler alınmaktadır.

Bu tip tezgahların önemli bir bölümü kontrol ünitesidir.Bu ünite kısa bir eğitimden sonra herkes tarafından kolayca kullanılabilir ve programlanabilir olmalıdır.Ünite, tezgah çalışırken operatörün aynı zamanda program girmesine olanak sağlamalıdır.Bu sebeple operatörün ve tezgahın çalışmaları daha verimli olacaktır.Sisteme girilen parça işleme programlarının teybe ve banda kaydı gerekmemelidir.Bellek kapasitesi 100-200 adet

programı saklayabilecek büyüklükte olmalı ve elektrik kesintilerinden etkilenmemelidir.Hazırlanıp sisteme girilen programlar adım adım veya tümü ile ekranda görülebilmeli, sistem paso miktarlarını, parça üzerindeki radyüs ve pahları otomatik olarak hesaplayabilmelidir.Ayrıca kontrol ünitesinin çevrim programlamaya elverişli olması gerekmektedir.(Ergün M.,1997)



3.NÜMERİK KONTROLLÜ TEZGAHLARIN ÖZELLİKLERİ

3.1. Giriş

Konvansiyonel tezgahlar gibi CNC tezgahlarında hammaddeden, imalat resminde öngörülen şekil ve boyutlarda bitmiş parça imal etmek için kullanılmaktadır. Bu durum esas hazırlık ve parça işleme olmak üzere iki işlemten meydana gelmektedir. Her iki işlem şu operasyonları içermektedir.

■ Hazırlık işlemi

- Programın oluşturulması ve bunun tezgaha verilmesi;
- Taslağın tezgah parça tutturma sistemine bağlanması;
- Takım veya takımların tezgah takım tutturma (kalemlik, taret, magazin) sistemine bağlanması;
- Referans noktasının tayin edilmesi.

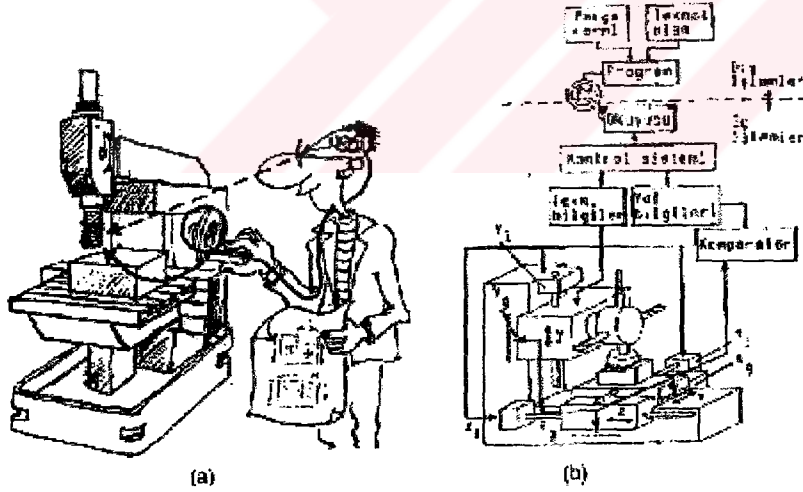
■ Parçanın işlenmesi

- Takım veya parçanın, talaş kaldırmak için çeşitli yönlerde hareket ettirilmesi ve hareket uzunluklarının tam olarak gerçekleştirilmesi;
- Parça doğruluğunun kontrol edilmesi,

Konvansiyonel tezgahlarda program yoktur. Burada tüm işlemler operatör tarafından veya onun kontrolü altında yapılmaktadır; ayrıca ilerleme ve kesme hızları da tayin edilmektedir ve gerekirse değiştirilmektedir (Şekil 3.1a). CNC tezgahlarda ilerleme, kesme hızları ve talaş kaldırmak için takım ve parça hareketleri programda öngörülmektedir. Şöyle ki tüm talaş kaldırma işlemleri operatörün hiçbir müdahalesi olmadan otomatik olarak yapılmaktadır (Şekil 3.1b). Hazırlık işlemleri operatör tarafından veya otomatik olarak gerçekleştirilir. Ayrıca günümüzde parça doğruluğunu otomatik olarak kontrol eden CNC tezgahları vardır.(Akkurt M.,1996)

3.2. Takım Tezgahlarının Hareket Elemanları

Bu tezde sık sık takım ve parça hareketlerinden söz edilecektir. Bu bakımdan takım tezgahlarında bu elemanları harekete geçiren kinematik sisteminin kısaca gözden geçirilmesinde fayda vardır. Torna tezgahlarında parça iş miline bağlı olan aynaya (Şekil 2.2a); takım ise araba vites kutusunun üzerinde bulunan kalemlige tutturulur. (Şekil 3.2b). Buna göre konvansiyonel tornalarda (Şekil 3.2c): M motorundan alınan dönme hareketi şeklinde enerji A vites kutusuna iletilmekte burada bulunan iş milini ve buna bağlı ayna ve parçayı döndürmektedir. Parça, Şekil 3.2c’de gösterildiği gibi iş miline bağlı olan punta (1) ve karşı puntanın (2) puntası (3) arasına tutturulabilir. Takımın ilerleme hareketini oluşturmak için; vites kutusundan alınan dönme hareketi B ilerleme vites kutusuna, buradan araba vites kutusuna (4) gönderilmekte, burada doğrusal harekete dönüştürülmekte ve üzerinde bulunan üst kızak (5) ve bunun üzerinde bulunan kalemligi (Şekil 3.2b) harekete geçirmektedir. Dönme hareketini doğrusal (ilerleme) hareketine dönüştürmek için cıvata veya kremayer mekanizması kullanılır. (Şekil 3.2b)de görüldüğü gibi doğrusal olan ilerleme hareketleri kızaklar üzerinde yapılır.

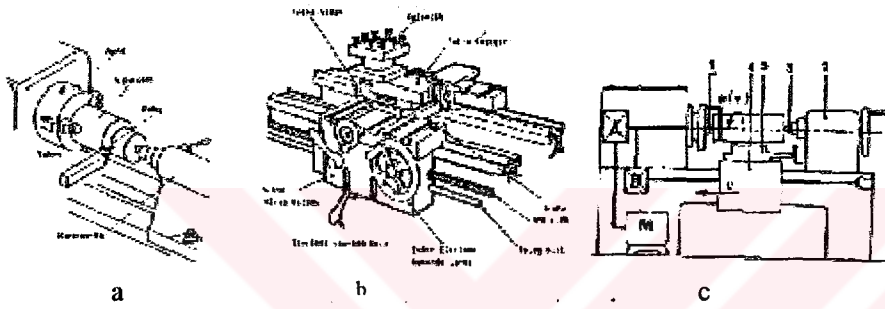


Şekil 3.1. Konvansiyonel(a) ve CNC tezgah (b)

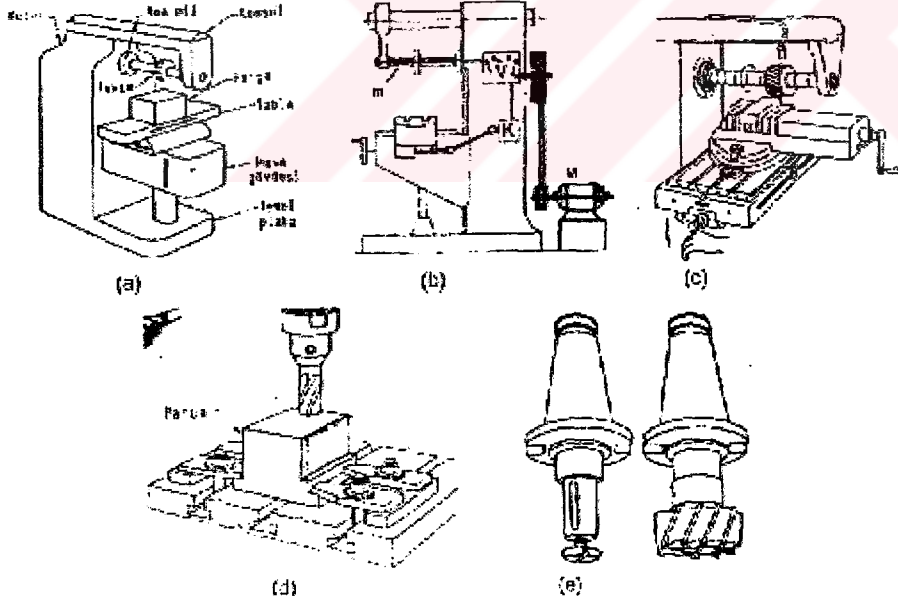
Freze tezgahında parça tabla üzerine ve takım iş miline bağlı olan malafaya bağlanır (Şekil 3.3a,c,d). Burada da M motorundan alınan dönme hareketi V vites kutsuna, burada bulunan iş miline ve buna bağlı malafa (m) ve takma iletilir (şekil 3.3b). Parçanın ilerleme hareketini gerçekleştirmek için; vites kutusundan alınan dönme hareketi, K ilerleme vites kutusuna, buradan tablaya iletilir. Tablada dönme hareketi doğrusal harekete dönüştürülür (cıvata mekanizması ile) ve tabla üzerinde bulunan parça ilerleme hareketi yapar. Dikey frezelerde

takım dom denilen içi konik bir kovana bağlanır (Şekil 3.3d). bu kısa açıklamadan şu sonuçlar elde edilebilir.

- Konvansiyonel tezgahlarda bir tek motor vardır; bu hem talaş kaldırmak, hem de ilerleme hareketleri için kullanılır.
- Tüm tezgah sisteminde ilerleme hareketleri kızaklarla yapılır. Bu kızakların hareketi konvansiyonel tezgahlarda normal cıvata veya kremayer mekanizması; NC ve CNC tezgahlarda sadece bilyalı cıvata mekanizması ile gerçekleştirilir. (Akkurt M.,1996)

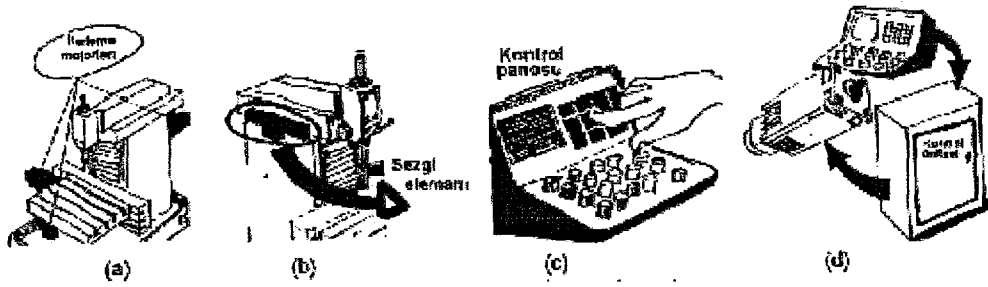


Şekil 3.2. Torna tezgahının ana elemanları

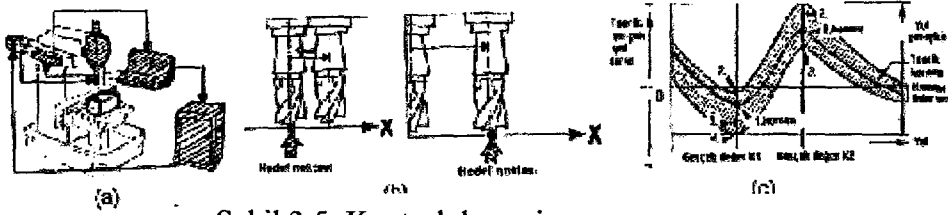


Şekil 3.3. Freze tezgahının ana elemanları

yükselten bir amplifikatör bulunur.



Şekil 3.4. Kontrol sisteminin ana elemanları



Şekil 3.5. Kontrol devresi

Bunun yanı sıra takım veya parça hareketlerini kontrol etmek için her eksen yönünde birer sezgi elemanı (sensör) kullanılır(Şekil 3.4d). Şöyle ki CNC tezgahlarda (Şekil 3.5a): Kontrol panosundan gönderilen program sinyalleri kontrol ünitesine, buradan amplifikatörden geçerek motora iletilmekte ve buda takım veya parçayı hareket geçirmektedir. Bu hareketler sezgi elemanı tarafından kontrol edilmekte, gerçek hareket konumları ölçülmekte ve kontrol sisteminde bulunan ve komparatör denilen bir cihaza gönderilmektedir. Burada hareket konumlarının teorik ve gerçek değerleri karşılaştırılmakta, fark varsa hesaplanmakta; fark sinyali yükseltmek için amplifikatöre ve buradan motora iletilmektedir. Eğer gerçek hareket konumu teorik konumdan daha küçükse motor hızlanır; eğer daha büyükse yavaşlar ve bu şekilde aradaki farkı kapatır. Sezgi elemanı her an takım veya parça hareketini kontrol eder

ve ... 0,1 ... ve ... arasındaki fark (hata) Şekil 3.5c'de gösterildiği gibidir. CNC tezgahların, hedef noktası denilen istenilen noktada durma konusu daha sonra incelenecektir.

Yukarıdaki açıklamalara göre CNC tezgahların blok şeması Şekil 3.6'da verilmiştir. Buradan görüldüğü gibi kontrol panosu veya başka bir ortamdan gelen sinyaller, kontrol ünitesinin CPU (Central Process Unit) denilen lojik bölümünde işlenmektedir. Burada bilgiler konum ve teknolojik (ilerleme, hız) bilgiler olarak ayrılmakta ve tezgaha, G-X,Y,Z-F-S-T-M kodları şeklinde, bunları deşifre eden tezgah ara yüzünden geçirilerek gönderilmektedir, kodlar daha sonra açıklanacak BCD formatındadır. Hareketler enkoder, rezolver, endüktasin ve takometre adını taşıyan sezgi elemanları tarafından kontrol edilmekte ve gerçek değerler kontrol ünitesine gönderilmektedir. Burada teorik değerlerle karşılaştırıldıktan sonra, hareket sinyalleri olarak tezgaha gönderilmektedir. (Akkurt M.,1996)

Nümerik kontrollü tezgahlarda pozisyon kontrolünü sağlamak için iki sistem vardır.Bunlar sırasıyla:

- Kapalı sistem
- Açık sistem

Kapalı kontrol sisteminde genellikle DC motorlar kullanılır.Bu sistemde tablanın hareket miktarı ölçülerek gerçek ve istenen boyuttaki hareketler arasındaki farklılıklar parçalar imal edilirken düzeltilir.Bu sistemde sırasıyla takip edilen adımlar;

1.adım: Giriş ve çıkış sinyalleri kıyaslanır.İş parçası veya takımın pozisyonu ile ilgili giriş sinyali kontrol ünitesine gönderilir.Bu sinyal kontrol ünitesine gelen çıkış sinyali ile karşılaştırılır.

2.adım: Giriş ve çıkış sinyalleri arasında farklılıklar varsa bu fark güç ünitesine bildirilir.

3.adım: Güç ünitesi servo motor için güç üreterek kızakta hareket yapmasını sağlar ve bu hatanın düzeltilmesini sağlar.

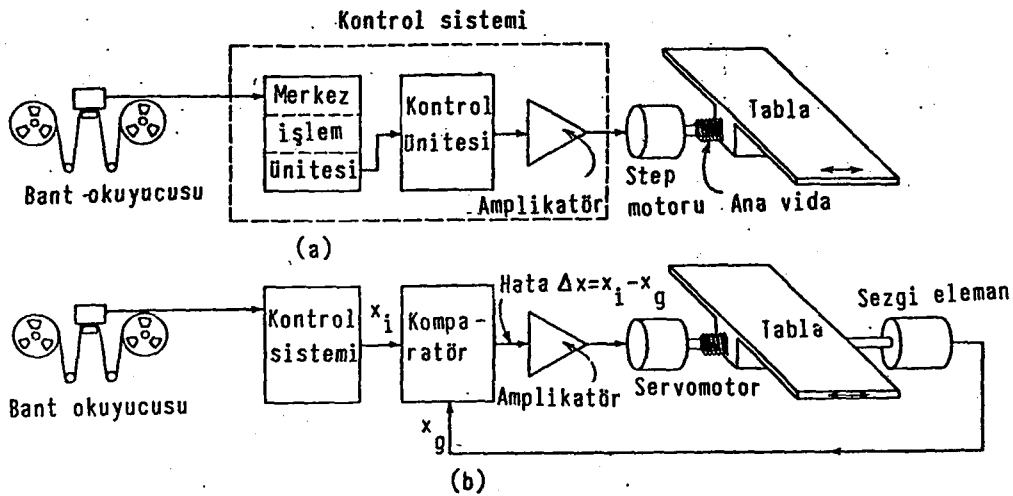
4.adım: İstenilen pozisyona gelindiğinde hareket durur.

5.adım: Sonraki giriş sinyali hafıza kütüphanesinden kontrol ünitesine gönderilir sonraki hareket başlar.

Açık kontrol sisteminde kapalı kontrol sisteminde açıklanan adımlardan sadece ilk ikisi farklı olarak uygulanır. Açık kontrol sistemlerinde özel elektrik motorları kullanılır ve pozisyonlama için çıkış sensörlerine gerek yoktur. Açık devre kontrolde, kontrol devresine gönderilen sinyaller motora aktarılmaktadır. Motor bu bilgilere bağlı olarak istenildiği kadar hareket eder. Motor istenilen konuma gidememişse, o anda bulunan konumunu kontrol devresine bildiren bir geri besleme sinyalleri bu sistemde mevcut değildir. Ayrıca kızıağın tam olarak istenilen konuma getirilmesi ancak bir step motoru ile mümkündür. (Thyer,1991)



Şekil 3.6. Açık devre sistemi blok diyagramı

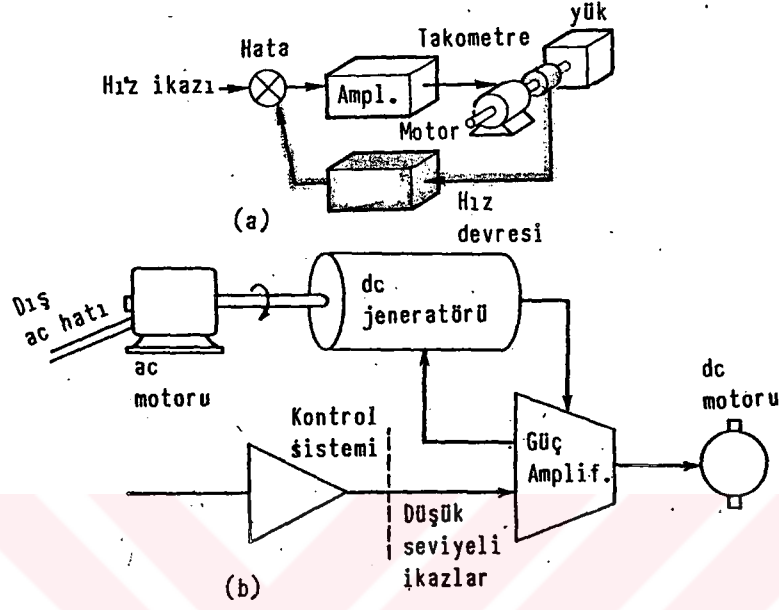


Şekil 3.7. NC tezgahların kontrol devreleri (a. açık b. kapalı)

motorları kullanılır.

3.4.1. Elektrik motorları

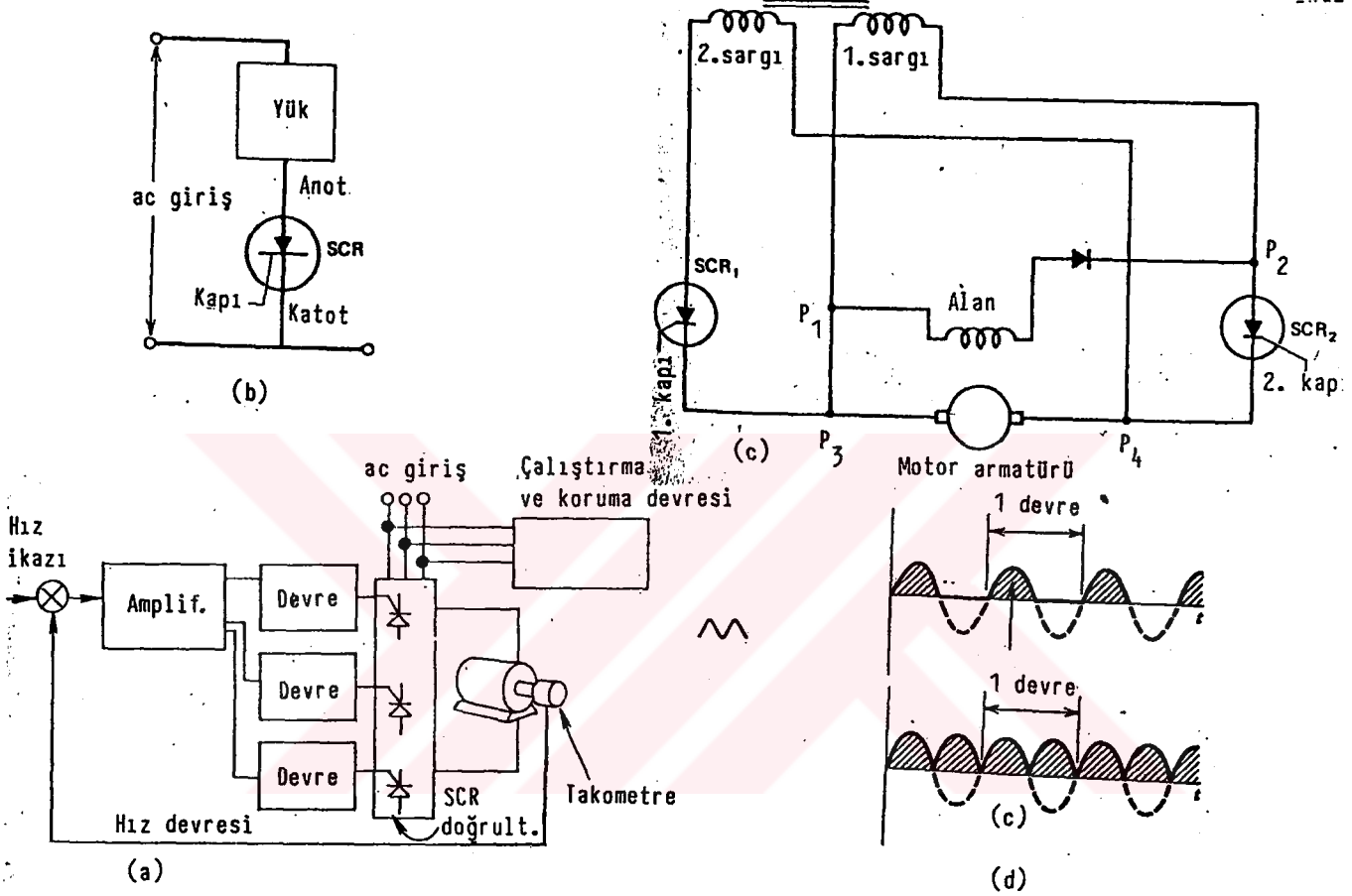
a. Doğru akım motorları: Kapalı kontrol devrelerinde kullanılan motorlar genellikle doğru akım motorlarıdır. Doğru akım motorlarının en önemli özellikleri, hızlarının ayarlanabilir olması ve konum hız gibi faktörleri kontrol edebilen bir servo durumuna getirilebilmesidir.



Şekil 3.8. Doğru akım motorlarının güçlendirme yöntemleri

Doğru akım motorlarının NC sistemlerde kullanılmasının önemli problemi gücün kuvvetlendirilmesidir. Kontrol sisteminden gelen ikazlar, yüksek impedanslı alçak seviyeli

ikazlardır; bunlar servo motor sistemini istenilen tarzda harekete geçiremezler. Bu nedenle servomotorun önüne, ikazların impedansını düşüren ve motorun harekete geçmesini sağlayan bir amplifikatör yerleştirilir. Çözümün en eski tarzı imalatçı firmaya göre Ward-Leonard, Amplidyne gibi isimleri taşıyan bir DC jeneratörün kullanılmasıdır. Şekil 3.9.b de gösterildiği gibi bir ac motoru tarafından harekete geçirilen bir DC jeneratörü, NC sisteminde kullanılan DC motorunun güç kaynağını oluşturmaktadır. (Akkurt M., 1986)



Şekil 3.9. SCR doğrultucularının NC sistemlerinde kullanılması

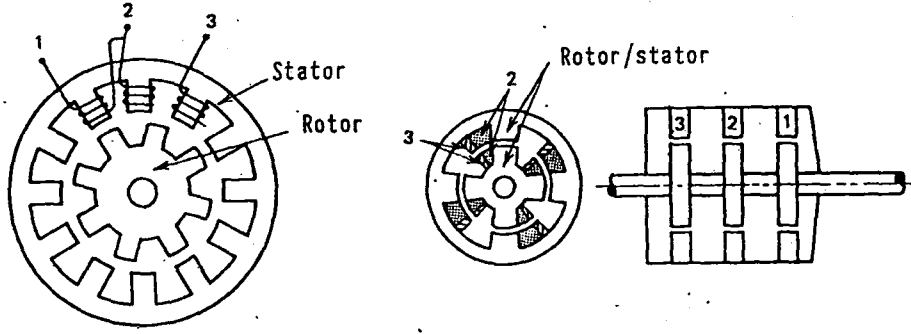
İş mili veya güç motorlarından: güç, kademesiz hız değişimi ve yüksek hızlar gibi özellikler istenilmektedir. Bu istekler tezgahın çeşidine (torna, freze, taşlama vb.) göre farklı olabilir. Bununla beraber genelde günümüzde CNC tezgahların iş mili hızları 10 m/dak ile 1000 m/dak arasında değişmektedir. Tornalamada seramik ve elmas takımlar kullanıldığı durumda, iş milin dönme hızı 6000 dev/dak ve taşlamada 20000...30000 dev/dak'ya erişebilir. Bu durumda özel olarak imal edilen motorlar, seramik yataklarla donatılır.

Genelde 1 ile 30 kw arasında güç motorları olarak elektrik motorlarının kullanılması en ekonomiktir. Bunların arasında en uygunu DC motorlarıdır. Bu motorlar yeterli yüksek güç

hız . Bu motorların hakimiyetini sağlayacaktır. (Akkurt M.,1996)

c.Adım (Step) motorlar:Bu motorlar dijit sisteme göre çalışan motorlardır.Vurgu şeklindeki giriş ikazlarına motorun rotoru, belirli bir dönme açısı ile cevap vermektedir.Çalışma sırasında vurgu-adım bütünlüğü muhafaza edildiği sürece hatalar kümülatif değildir.Ayrıca giriş vurguları durduğunda, fren veya kavramaya gereksinme duymadan motor istenilen konumda durabilir.Bu nedenle step motorları açık devre kontrollü sistemlerde kullanılırlar.(Akkurt M.,1986)

111.



Şekil 3.10. Step motorları (a.tek rotorlu b.çok diskli)

3.4.2. Hidrolik motorlar

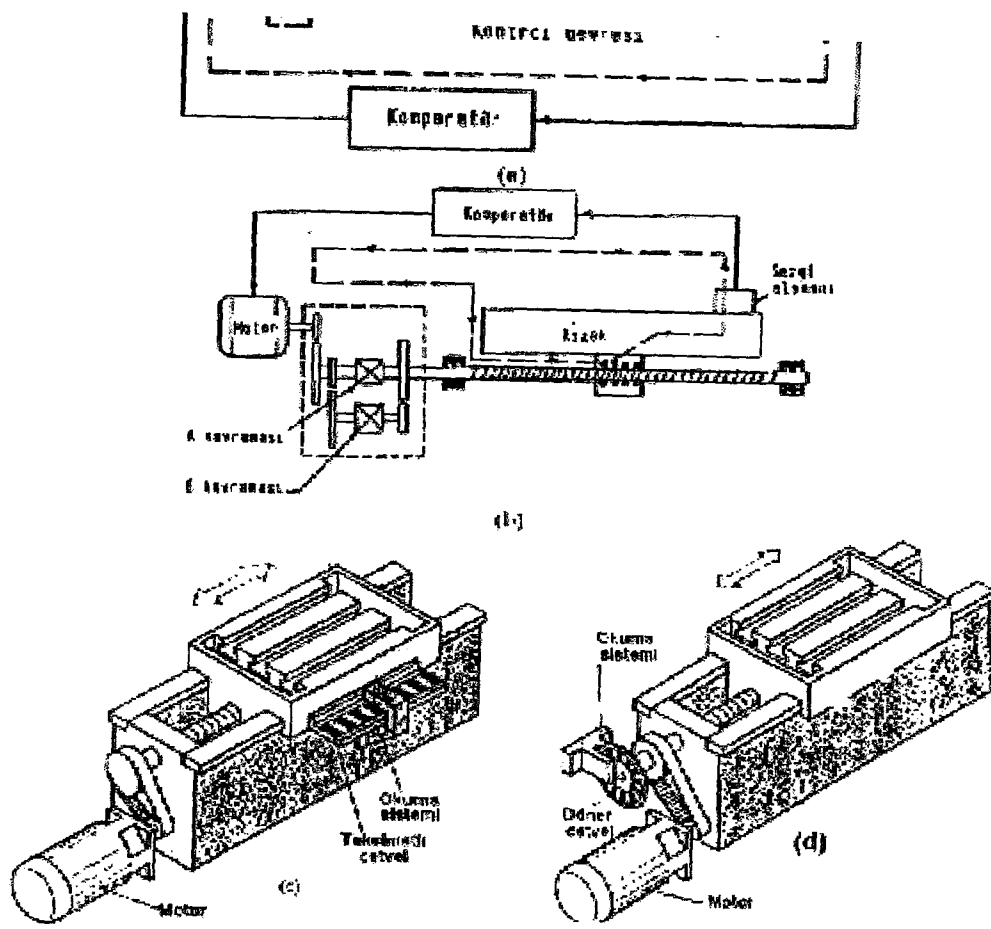
Hidrolik motorlar ender ve sadece yüksek güçlerde kullanılmaktadır.

Yardımcı iş motorları olarak AC motorları kullanılmaktadır.Soğutma suyu motoru, talaş konveyörü motoru yardımcı motorlardır.

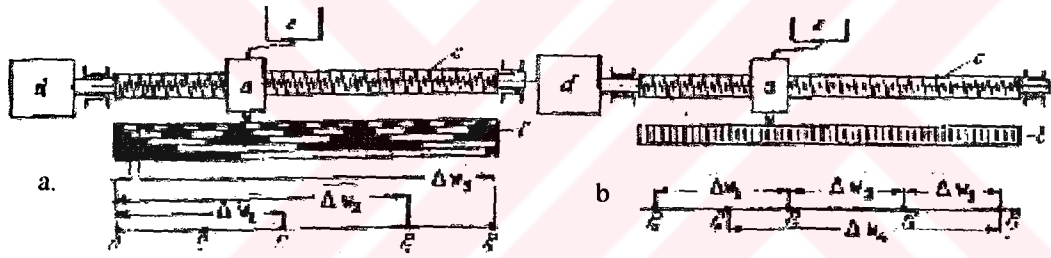
3.5. Sezgi Elemanları ve Ölçme Sistemleri

CNC tezgahlarında ölçülen faktörler parça ve takım konumları, ilerleme hızları ve bazı durumlarda kesme hızlarıdır. Konum ölçme sistemleri: Direkt veya dolaylı; dijit veya analog ve bunların her ikisi de mutlak veya eklemeli olabilir. Direkt ölçme sistemlerinde kızığın konumu, kızığa direkt olarak (Şekil 3.11.a); dolaylı ölçme sistemlerinde, vida mekanizmasının ucuna yerleştirilen bir sezgi elemanı ile ölçülür (Şekil 3.11.b). Direkt ölçme sistemlerinde; vida mekanizmasının, dişli çarklar gibi iletim elemanlarının boşlukları, ölçülen konum değerini etkilemez. Ancak sistem daha pahalı ve büyük bir hassasiyet ister. Daha ucuz ve kolay olan dolaylı sistemde iletim elemanlarının boşlukları ölçülen konum değerini etkiler; ancak sistemin çok hassas olması gerekmez. Analog ölçme sistemi elektrik gerilimi gibi sürekli değişen; dijit ölçme sistemi vurgu (puls) gibi kademeli olarak değişen sinyallere dayanır. Mutlak ölçme sisteminde kızığın her konumu sıfır olarak kabul edilen belirli bir orijine göre verilir (Şekil 3.12.a). Örneğin P_1 , P_2 vb. noktalarının her birinin koordinatları O orijinine göre verilir. Bu şekilde bir konumda yapılan hatalar diğer konumları etkilemez. Eklemeli ölçme sisteminde kızığın bir konumu önceki konuma göre verilir (Şekil 3.12.b). Örneğin P_1 noktasının konumu P_2 'ye; P_2 'indeki P_3 'e vb. gibi verilir. Bu sistemde bir konumun hatası ondan sonra gelen konumları etkiler.

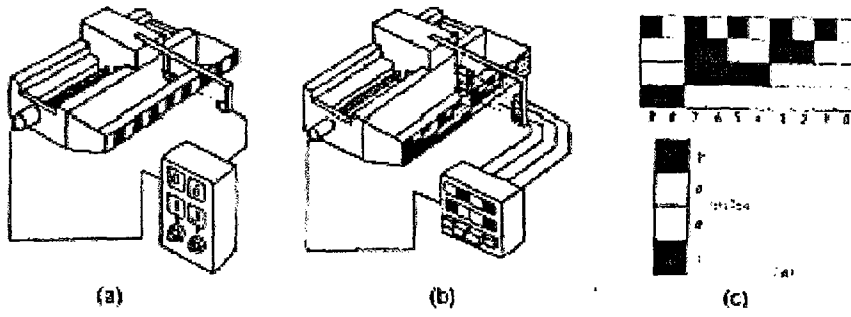
a. Direkt ölçme sistemlerinde doğrusal ve döner sezgi elemanları kullanılır. Doğrusal sezgi elemanı direkt olarak kızak üzerine yerleştirilir (Şekil 3.13); daha az kullanılan döner ölçme sistemi kızığa bir kremayer mekanizmasının yardımıyla bağlanır. Şekil 3.13.a'da direkt doğrusal dijit eklemeli bir ölçme sistemi gösterilmiştir. Burada kızığın yan kenarına camdan yapılmış, üzerinde açık (ışın geçiren) ve kapalı (ışın geçirmeyen) kareler bulunan bir cetvel bağlanır. Kareler belirli bir değere, örneğin 0,01 mm'ye göre taksim edilir. Okuma tertibatı bir ışık kaynağı ve fotoselden oluşan bir sistem ile donatılır. Işın sadece açık karelerden geçebilir. Şöyleki ışık ardarda iki açık kareden geçtiğinde kızak 0,01 mm değerinde bir hareket yapmış olur. Saniyede vurgu sayısı şeklinde toplanan yol üniteleri, kızığın ilerleme (u) hızını verir. Direkt doğrusal dijit mutlak sistemde (Şekil 3.13.b) kızığın kenarına dört sıradan oluşan ve sıralar içinde açık ve kapalı kareler bulunan, yine camdan yapılmış bir cetvel bağlanır. Açık ve kapalı kareler ikili (binary) sayı düzenini ifade ederler. Şöyle ki kızak belirli bir konuma geldiğinde, ışık geçiren ve geçirmeyen karelerin sayısı kızığın konumunu verir. Örneğin fotosel hizasına Şekil 3.13.c'de gösterilen kolon geldiğinde, bu



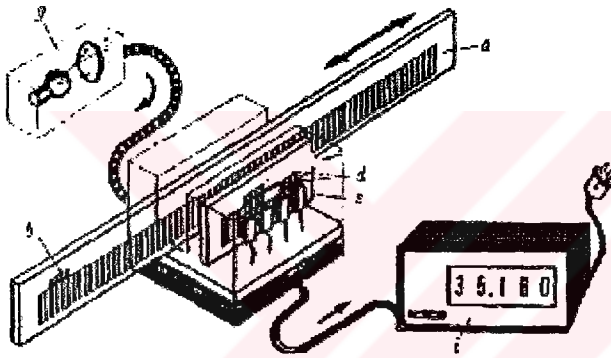
Şekil 3.11. Direkt (a,c) ve dolaylı (b,d) kontrol devreleri



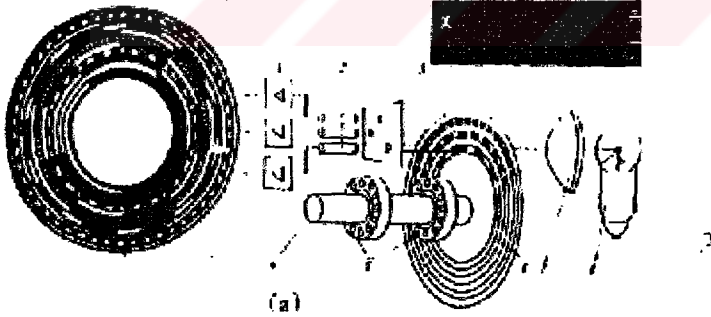
Şekil 3.12. a. Mutlak ve b. eklemeli ölçme sistemleri



Şekil 3.13. Dijit mutlak (a) ve eklemeli (b) ölçme sistemleri

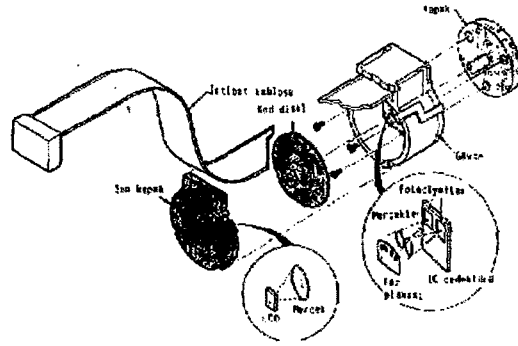


Şekil 3.14. Dijit sistemlerin okuma tertibatı



Şekil 3.15. Döner dijital ölçme sistemi

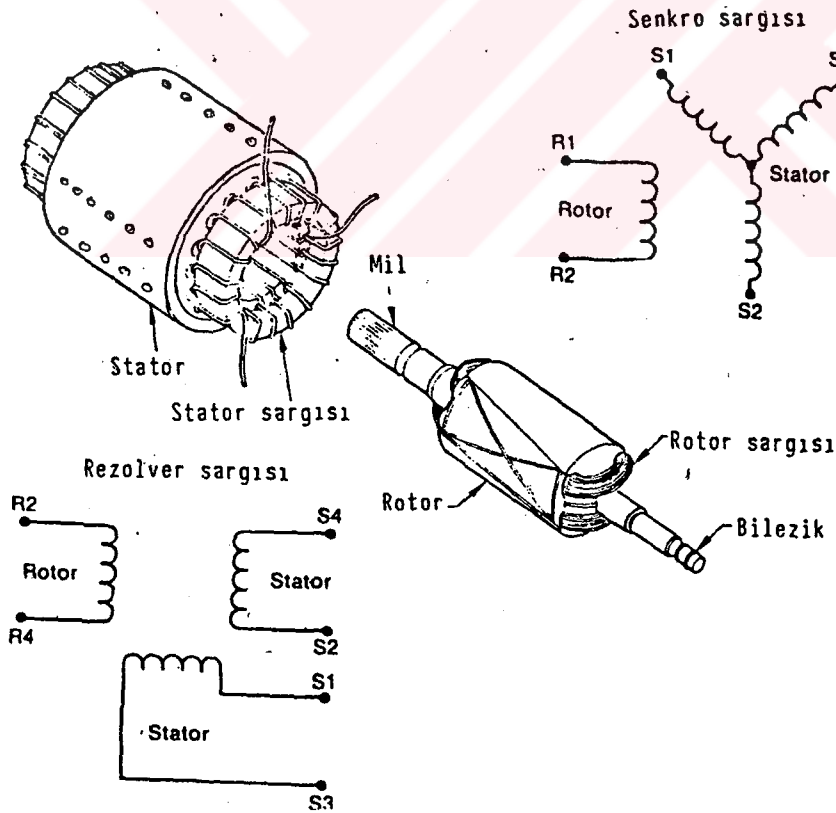
b. Vida mekanizmasının ucuna bağlanan dolaylı ölçme sistemleri sadece döner olabilir. Bu elemanların çalışma ilkesi, doğrusal ölçme sistemlerinin aynısıdır. Örneğin Şekil 3.15’de, üzerinde binary kodlama sisteminin temsil eden ve dairesel şekilde yerleştirilen ışın geçiren ve geçiremeyen delikler bulunan ve bir diskten oluşan döner dijital mutlak bir sezgi elemanı gösterilmiştir. Günümüzde konum ölçmek için elektron-optik olayına dayanan ve enkoder denilen ölçme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler ışın geçirme değil, ışın yansıtma olayına bağlıdır. Yansıtılan ışınlar vurgu şeklinde sinyallere dönüştürmekte ve bu dalgalar



Şekil 3.16. Enkoder

bir kodlama diski tarafından değerlendirilmektedir (Şekil 3.16); enkoderler doğrusal da olabilir.

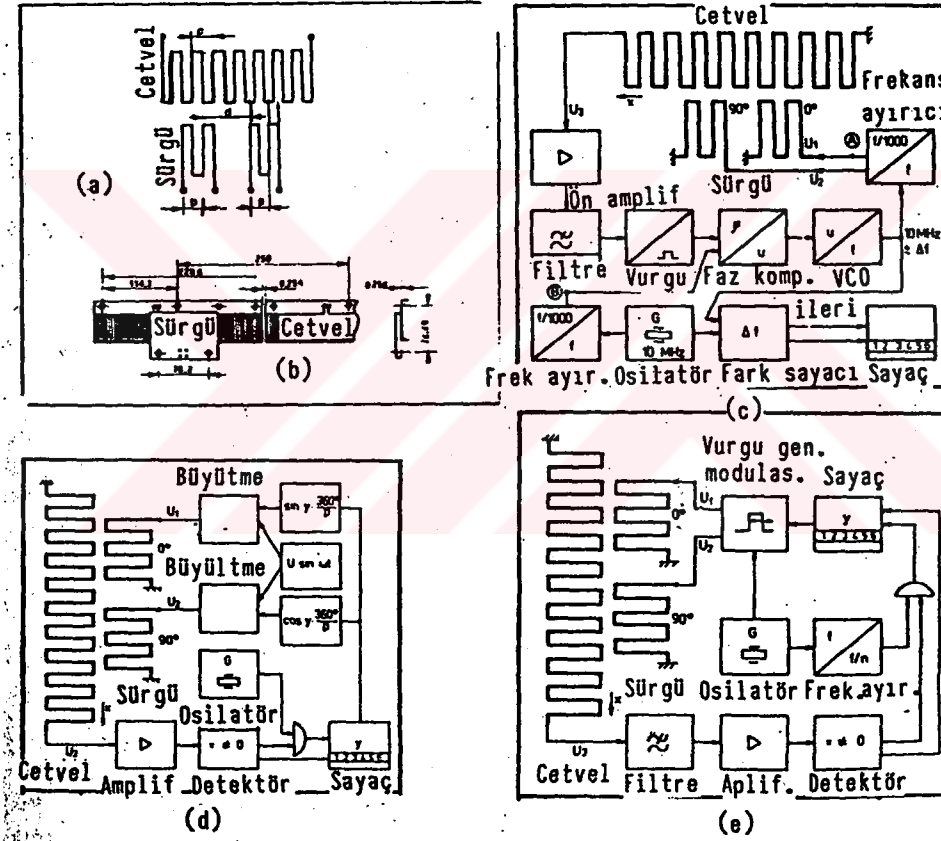
c. Analog ölçme sistemleri genellikle elektrik geriliminin ölçülmesine dayanır. Bu hususta resolver, synkro, enduktasyon adını taşıyan ancak günümüzde ender kullanılan ölçme sistemleri vardır. (Akkurt M.,1996)



Şekil 3.17. Resolver ve Synkrolar

Resolver ve syncrolar döner ölçme sistemleridir; dolayısıyla direkt ölçme sistemlerinde ancak kızağa bağlanan bir kremayer mekanizmasının yardımıyla kullanılabilirler. Elektrik senkron motorlarına benzeyen bir yapıya sahip olan bu sistemler stator ve ana vidanın ucuna veya kremayer dişlisinin eksenine tesbit edilen rotordan meydana gelir. Basit resolver ve senkronların rotorlarında tek bir sargı kullanılır. Senkronların statöründe birbirine göre 120 derece konumda bulunan, Y tertipleme tarzına göre bağlanmış üç sargı; resolverlerin statöründe ise birbirine göre 90 derecelik açı yapan iki sargı kullanılır.

İndüksiyon denilen ölçme sistemi, genellikle doğrusal bir sistemdir; ancak bazı hallerde döner şekilde de olabilir. İlke olarak bu sistem tezgahın kızağına yerleştirilen bir cetvel ve tezgahın hareketsiz kısmına tespit edilen bir sürgüden meydana gelir. (Akkurt M., 1986)



Şekil 3.18. İndüksiyon ve blok şemaları

a. ilke şeması b. bir uygulama örneği c. faz yöntemi d. genlik yöntemi e. vurgu yöntemi

d. Motor hızlarını ölçmek için genelde takometreler kullanılır. Özetlenirse günümüzde genelde konum için enkoder; hız için takometreler kullanılır.

Günümüzde geçerli olan sayı düzenleri, İslam uygarlığının bir eseri olup, yerdeğer ilkesine dayanmaktadır. Buna göre rakamların işgal etkileri yerlere birer değer verilerek sonsuza kadar sayılar meydana getirilir. Örneğin günlük yaşantımızda alıştığımız ondalık sayı düzeni 0 ile 9'a kadar 10 adet bilinen işaretlerle çeşitli sayılar elde edilir. Bu sayı düzeninde rakamlarının yer değeri (basamağı) 10 ve 10'unun katları ile ifade edilir. Basamaklar sağdan sola geçerli olup şu şekilde tertiplenmiştir.

Onbinler basamağı	Binler basamağı	Yüzler basamağı	Onlar basamağı	Birler basamağı
$10^4 = 10000$	$10^3 = 1000$	$10^2 = 100$	$10^1 = 10$	$10^0 = 1$

Örneğin 2,2,3,1 işaretleri ile aşağıda gösterildiği gibi 223 veya 122 sayıları elde edilebilir.

$$\begin{array}{r}
 2 \ 2 \ 3 \\
 \left. \begin{array}{l}
 \times 10^0 = 3 \\
 \times 10^1 = 20 \\
 2 \times 10^2 = 200
 \end{array} \right\} \\
 \hline
 223
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 1 \ 2 \ 2 \\
 \left. \begin{array}{l}
 \times 10^0 = 2 \\
 \times 10^1 = 20 \\
 1 \times 10^2 = 100
 \end{array} \right\} \\
 \hline
 122
 \end{array}$$

İkili (binary) düzeninde herhangi bir yer değeri 2 ve 2'nin katlarından oluşur. Bu bakımdan ikili düzen aşağıda gösterilen basamaklardan meydana gelir.

Sekizler basamağı	Dörtler basamağı	İkiler basamağı	Birler basamağı
$2^3 = 8$	$2^2 = 4$	$2^1 = 2$	$2^0 = 1$

İkili düzende bir sayı örneğin 1010 şeklinde yazılır; bu sayıya onluk düzeninde

$$\begin{array}{r}
 1010 \\
 \begin{array}{l}
 | \\
 | \\
 | \\
 | \\
 \hline
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 0 \times 2^0 = 0 \\
 1 \times 2^1 = 2 \\
 0 \times 2^2 = 0 \\
 1 \times 2^3 = 8
 \end{array}
 \end{array}$$

Genelde herhangi bir sayı düzeninin basamakları, düzenli oluşturulan ve radeks denilen işaret sayısı n ile ifade edilirse, sağdan sola geçerli olmak üzere:

$$n^n, \dots, n^4, n^3, n^2, n^1, n^0$$

serisine göre tayin edilir. Bu şekilde pratikte uygulamaları olan sekizli ve Onaltılı sayı düzenleri oluşturulabilir. Sekizli sayı düzeni 0'dan 7'ye kadar; onaltılı düzeni 0'dan 9'a kadar rakamlarla ve 10'dan 15'e kadar A (10), B (11), C (12), D (13), E (14) ve F (15) harfleri ile gösterilir.

İkili sayı düzeni ile ilgili şu problem ortaya çıkmaktadır. Sadece 0 ile 1 işaretlerine sahip bir sistemle; günlük yaşantıda kullanılan ve programlarda yazılan harfler, ondalık sayılar ve özel işaretler (%,,) nasıl ifade edilebilir? Bu konu kodlama sistemleri ile çözülmüştür. Bu çok kod sisteminin olmasına karşın burada sadece BCD (Binary Coded Decimal) ve EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code) kodları açıklanacaktır. Sadece sayıları kodlayan BCD sisteminde; 0'dan 9'a kadar olan sayıları aşağıda gösterildiği gibi dört bit'en oluşan 8-4-2-1 tertipleme denilen bir grup ile temsil edilir.

Onluk sayı	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BCD	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

Buna göre herhangi bir onluk sayısı, örneğin 4318 ikili sayı düzeninde:

$$\begin{array}{cccc}
 4 & 3 & 1 & 8 \\
 0100 & 0011 & 0001 & 1000
 \end{array}$$

şeklinde ifade edilir. Bu şekilde dizilen bit'ler topluluğuna byte denilir. Harfleri sayıları ve diğer işaretleri de kodlayan EBCDIC sisteminde byte'ler 8 bit'ler meydana gelir. Örneğin A ve G harfleri ile +8 ve -8 sayıları şu şekilde kodlanır.

A	G	+8	-8
1100 0001	1100 0111	1100 1000	1101 1000

EBCDIC sistemi daha sonra açıklanan, nümerik sistemlerde programların saklanması ve tezgaha verilmesinde önemli bir yer tutan delikli kart sisteminin esasını oluşturmaktadır. Çizelge 3.1'de EBCDIC kodlama sistemi verilmiştir.

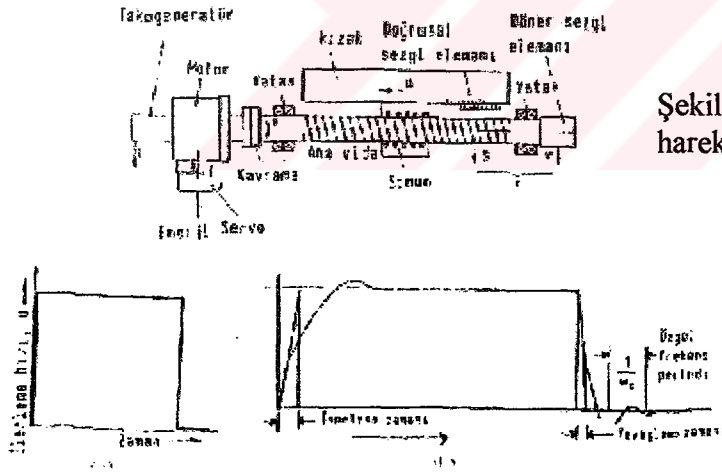
Çizelge 3.1 EBCDIC Kodlama Sistemi

Simge	EBCDIC	Simge	EBCDIC	Simge	EBCDIC
A	11000001	M	11010100	Y	11101000
B	11000010	N	11010101	Z	11101001
C	11000011	O	11010110	0	11110000
D	11000100	P	11010111	1	11110001
E	11000101	Q	11011000	2	11110010
F	11000110	R	11100001	3	11110011
G	11000111	S	11100010	4	11110100
H	11001000	T	11100011	5	11110101
I	11001001	U	11100100	6	11110110
J	11010001	V	11100101	7	11110111
K	11010010	W	11100110	8	11111000
L	11010011	X	11100111	9	11111001

4. NC TEZGAHLARIN KONSTRÜKSİYON ÖZELLİKLERİ

4.1. Teorik Esaslar

Takım tezgahlarının amacı, hammaddeye toleranslarla belirtilen bir kalitede şekil vermektir. Şekil verme işlemi, takım ve parçanın izafi hareketlerinin sonucu olarak talaş kaldırma ile gerçekleşir. CNC tezgahlarında programla belirtilen bu hareketler, tezgahın kontrol ünitesi tarafından vurgu şeklinde elektronik sinyallere dönüştürülür; bu sinyaller motoru ve buna mekanik iletim sistemi (dişli çark, civata mekanizması vb.) ile bağlı olan kızağı harekete geçirirler. Tezgahın Şekil 4.1'de gösterilen iletim şeması dikkate alınır, bu sistemin hızı Şekil 4.2a'da gösterildiği gibi aniden 0'dan nominal değere ulaşmaz. Gerçek hız-zaman ($u=f(t)$) diyagramı Şekil 4.2b'de gösterildiği gibidir. Burada hızın nominal değere ulaşma zamanına gecikme zamanı denilir ve esasen kızağın konumu bakımından bir hata meydana getirir. Aynı şekilde durma zamanında aniden değil durma zamanı denilen belirli bir zamandan sonra gerçekleşir. Gecikme ve durma zamanları ivmeleme ve yavaşlama zamanına bağlıdır. Bu faktörler küçülürse, gecikme ve durma zamanları büyür ve buna bağlı kızağın konum hataları da büyür.



Şekil 4.2. Teorik ve gerçek hareket diyagramları

Yukarıdaki açıklamalar basit bir şekilde de yorumlanabilir. Bu sisteme sinyallerin verilmesi ile o sistem aniden hareket geçmez; sistemin yapısına bağlı ve konum hatalarına neden olan bir gecikme zamanları meydana gelir. Buna göre kontrol ünitesinden gönderilen sinyallerle motor hemen harekete geçmez; aynı şekilde motorun harekete geçmesi ile kızak hemen

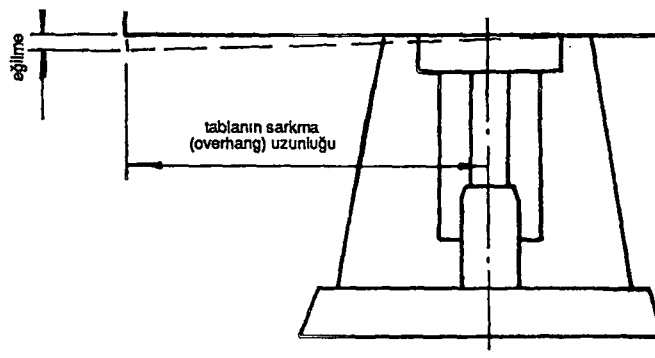
harekete geçmez. Buna kontrol tekniğinde sistemin cevabı (cevap frekans) denilir. Mekanik sistemlerde gecikme zamanı yani kızıağın konum hataları: Parçalar arasındaki boşluklara, sistemi oluşturan parçaların rijitliğine, hareket halindeki parçaların kütlelerine, parçalar arası meydana gelen sürtünmeye ve sönümlenme olayına bağıdır. Bunun yanı sıra bu faktörlerin etkisi altında tezgahta, parça kalitesini bozan titreşimler de meydana gelebilir; buna kararsızlık denilir. Bu bakımdan yüksek bir işleme kalitesi ve kararlı bir çalışma için, CNC tezgahlarının şu özelliklere sahip olmaları gerekir.

- Yüksek rijitlik;
- Parçalar arasında minimum boşluk;
- Düşük kütleler ve momentler;
- Düşük sürtünme ve uygun bir sönümlenme.
- Min. sıcaklık oluşumu ve sıcaklığın tezgah stabilitesine etkisinin azaltılması

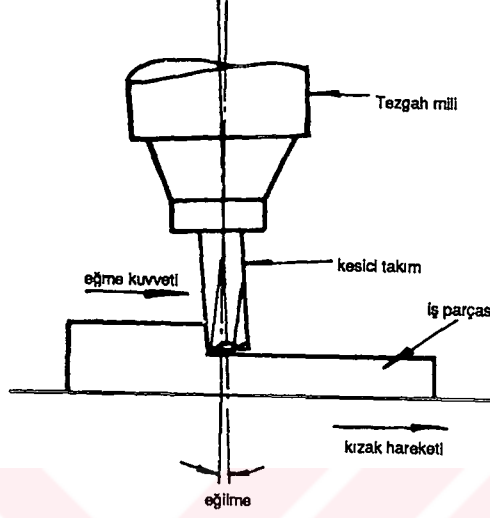
Rijitlik: Malzemelerin atomik yapılarına bağı olarak, herhangi bir makine elemanı belirli ölçüde bir esneklik göstermektedir. Esneklik, teknikte kullanılan rijitliğin tersidir. Rijitlik, kuvvet ve şekil değıştirme parametrelerine bağı olarak ortaya çıkmaktadır. Yay gibi çok yüksek şekil değıştirme gösteren makine elemanlarında rijitlik esneklik olarak tarif edilir. Pratikte, makine elemanlarının rijitlikleri çekme, eğilme ve burulma gibi zorlamalara bağı olarak ayrı ayrı ifade edilir. Genellikle elemanların rijitliği, elastiklik modülü, kesit alanı, veya eylemsizlik momenti ve uzunluğa bağıdır. (Akkurt M., 1986)

Bir takım tezgahının fonksiyonunun basit bir analizi, statik ve dinamik yüklemelere maruz kaldıklarını göstermektedir. Statik yükleme, tezgahın veya tezgahın o parçasının hareket halinde olmaması durumunda, kuvvetlerin yapıya yaptıkları etkiyi tanımlayan bir terim olmaktadır. Örneğin kütlelerinden dolayı bir freze tezgahının tablası, tezgah ayağı üzerine statik bir yük tatbik eder.

Eğer tablanın ağırlık eksenini, tezgah ayağının ekseninden kaydırılırsa, statik yük desteksiz uçta tablanın hafifçe aşağı eğilmesine neden olur. Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ağır bir iş parçası bunu daha da güçleştirebilir.



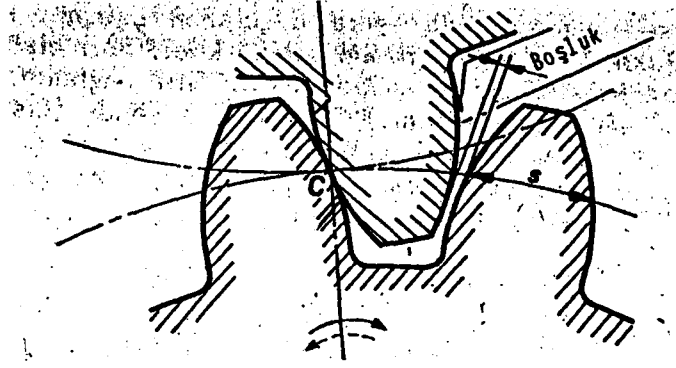
Şekil 4.3. Statik yüklemenin muhtemel etkisinin örneği



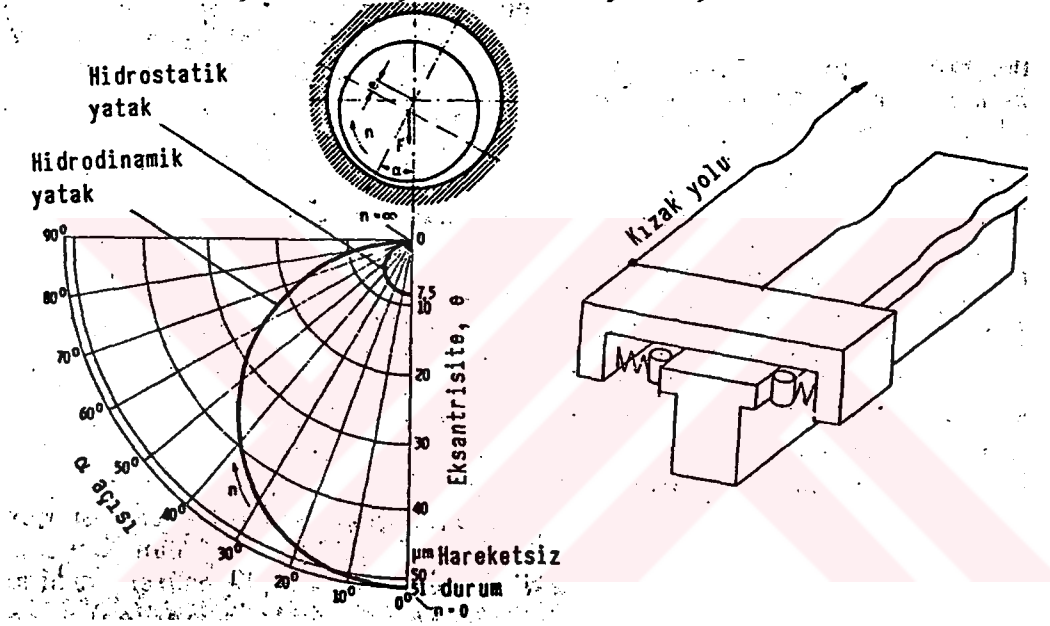
Şekil 4.4. Dinamik yüklemenin muhtemel etkisinin örneği

Min. boşluk: Birbirleriyle temas halinde bulunan elemanların arasındaki boşluklar, istenilen ve istenilmeyen olmak üzere iki gruba ayrılabilir. İstenilen veya fonksiyon boşlukları, parçalar arasındaki izafi hareketleri gerçekleştirmek için bırakılan boşluklardır. Örneğin

aşağıdaki şekillerde görüldüğü gibi dişliler arasındaki yan boşluk ve hidrodinamik yataklardaki boşluklar istenilen boşluklardır.



Şekil 4.5. Dişliler arasındaki yan boşluk



Şekil 4.6. Hidrodinamik yatak

İstenilmeyen boşluklar, konstrüksiyon sırasında yapılan hatalardan, toleransların geniş tutulmasından, işleme hatalarından ve çalışma sırasında aşınmasından dolayı meydana gelen boşluklardır. Bunların en önemlileri vida-somun, kızak-kızak yolları arasında meydana gelen boşluklardır.

Kütleler ve momentler: Tezgah gövdeleri yüksek rijitliğe ve kütleleri azaltmak için hafif konstrüksiyona sahip olmalıdır. Başka bir deyişle rijitlik/kütle oranı yüksek olması gerekir. Yapılan deneysel ve teorik incelemelere göre en uygun kesitin içi boş kesit olduğu anlaşılmıştır. Bunun nedeni içi boş kesitler eylemsizlik momentini artırır ve eğilme, burulma kuvvetlerin gerilme dağılımını eşitlerler. Ancak bu durumda elemanın dış boyutu

artar.Boş kesitli elemanların rijitliklerini artırmak için kaburgalar kullanılır. (Akkurt M.,1996)

Düşük sürtünme ve sönümleme:Sürtünme, konum hatalarını etkilemekle beraber, motor momentini azaltarak sistemin nominal hıza erişme zamanını artırır ve dolayısıyla sistemin işleme kalitesini, gerekse dinamik davranışını da etkiler.Her iki olay bakımından sürtünmenin düşük tutulması gerekir.Sürtünme kinematik bakımdan kayma ve yuvarlanma; yağlama bakımından kuru, sınır, hidrodinamik sıvı ve hidrostatik sıvı gibi gruplara ayrılabilir.Yüzeyler arasında yağ bulunmayan sürtünme hali olarak tarif edilen kuru sürtünme, büyük konum hataları, dinamik kararsızlık, enerji kaybı ve aşınma meydana getirir.

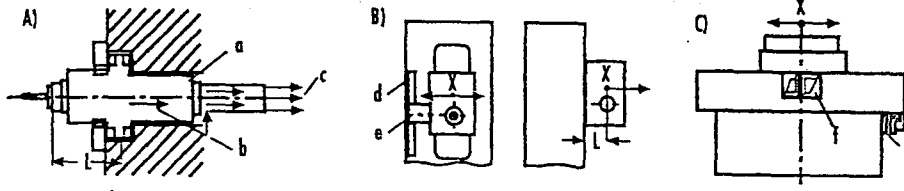
Min. sıcaklık oluşumu ve sıcaklığın tezgah stabilitesine etkisinin azaltılması: tezgah imalatçıları, tezgahları belli bir sıcaklıkta doğru eksenleme gösterecek şekilde tasarlarlar.Tezgah için belli bir ısınma süresi belirtilir, bazen de ışıklı uyarıcılar kontrol sistemine eklenir.Belirtilen sıcaklıklardan sapma, tezgah gövdesinin çarpılmasına ve burkulmasına, dolayısıyla yapılan işin hassasiyetinin de önemli ölçüde azalmasına sebep olabilir.

Bir tezgahın tasarımında göz önünde bulundurulması gereken ısı kaynakları aşağıdaki gibi verilebilir.

- Motor, yatak ve kızaklardaki sürtünmeye bağlı ısı
- Talaş kaldırma işlemine bağlı olarak açığa çıkan ısı
- Birikmiş talaşlardan açığa çıkan ısı
- Çevresel ısı (M.E.B,1994)

Tezgahlardaki yüksek otomatikleşme ısıl nedenlere bağlı biçim değiştirmelerin hemen hemen tümü ile bertaraf edilmesini ya da en azında dengelenmiş olmasını gerektirir.Bu durum ısı kaynaklarının özenle düzenlenmesi gibi konstrüktif önlemlerle sağlanabilir. Örneğin hidrolik düzeninin tezgah dışında bulunması gibi.Güç kayıplarının öncelikle dişli kutusunda olduğu düşünülürse, kavramalı dişli mekanizmaları yerine doğrudan alın dişlilerinin kullanılması ve aynı zamanda ömrü uzatıcı etkili bir yağlama ile bu kayıpların en

.BU sisteminin bulunmasıdır.Talaş toplama üniteleri için birçok değişik dizaynlar vardır.Konveyörler de bunlardan birisidir.Eğer farklı türde malzemeler işleniyorsa, bu malzemelerin herbiri için ayrı bir toplama yeri ayrılmalıdır.



Şekil 4.7. Isı etkileri ve ölçme düzeni

A) Isı kaynaklarının etkisi (a. dişli kutusu b. genleşme yönü c. akış yönü) B) Ölçme düzenlerinin ısı simetrik konumu (d. cetvel e. okuma kafası) C) Çapraz kızakta ölçme düzeni (f. doğru g. yanlış)

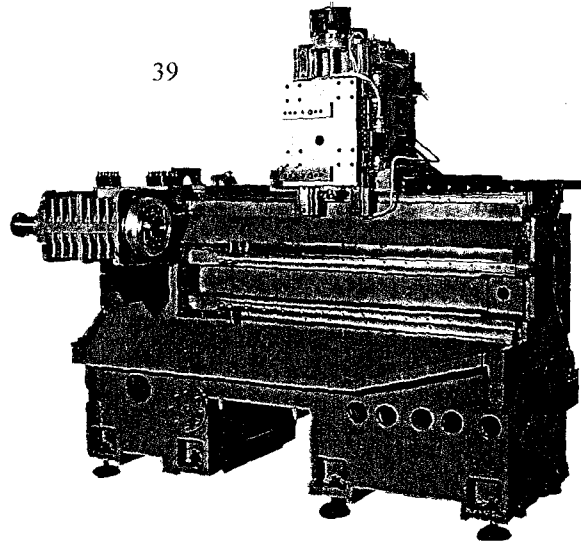
Kesme sıvısı, işlem sırasında oluşacak ısıların uzaklaştırılması için gereklidir. Talaş kaldırma bölgesinden geçerek takım, talaş ve iş parçasına değen kesme sıvısı ısınır ve tezgah üzerinden akarken ısınıp tezgaha geçirebilir. Bunu önlemek için işleme merkezlerinde özel sistemler kullanılarak kesme sıvısının sıcaklığı düşürülür.

Isıl biçim değiştirmeler nedeni ile işlem tamlığını etkileyen durumları yok edebilmek için bir başka yol ise, tezgahın bazı parçalarını ısıtarak tezgahta ısı dengesinin sağlanmasıdır. Bu amaçla belli noktalarda sıcaklık ölçmeleri yapılarak ve nümerik kontrol sistemine ısı genleşme katsayılarına bağlı olan düzeltme faktörlerini depolayarak böyle bir ısı dengelemesi yapmak mümkün olur. (Altan E., Özgürler M.)

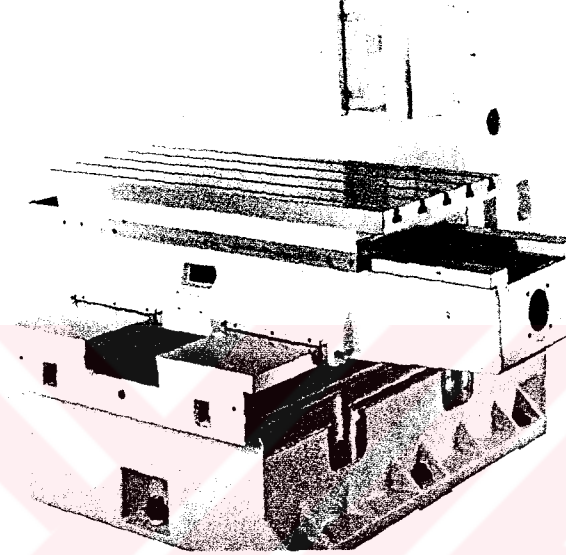
4.2. Konstrüksiyon Esasları

CNC tezgahların konstrüksiyonu hakkında bir fikir vermek için, Şekil 4.8.'te bir CNC torna tezgahının gövdesi verilmiştir.Şekil 1.8'de gösterilen mekanik otomat tezgahlarla karşılaştırıldığında CNC tezgahlar konstrüksiyon bakımından çok daha basit olarak görülmektedir. Ayrıca Şekil 4.9.'da CNC Dik İşleme Merkezi ve Şekil 4.10'da bir CNC Yatay İşleme Merkezi gövdeleri gösterilmiştir.

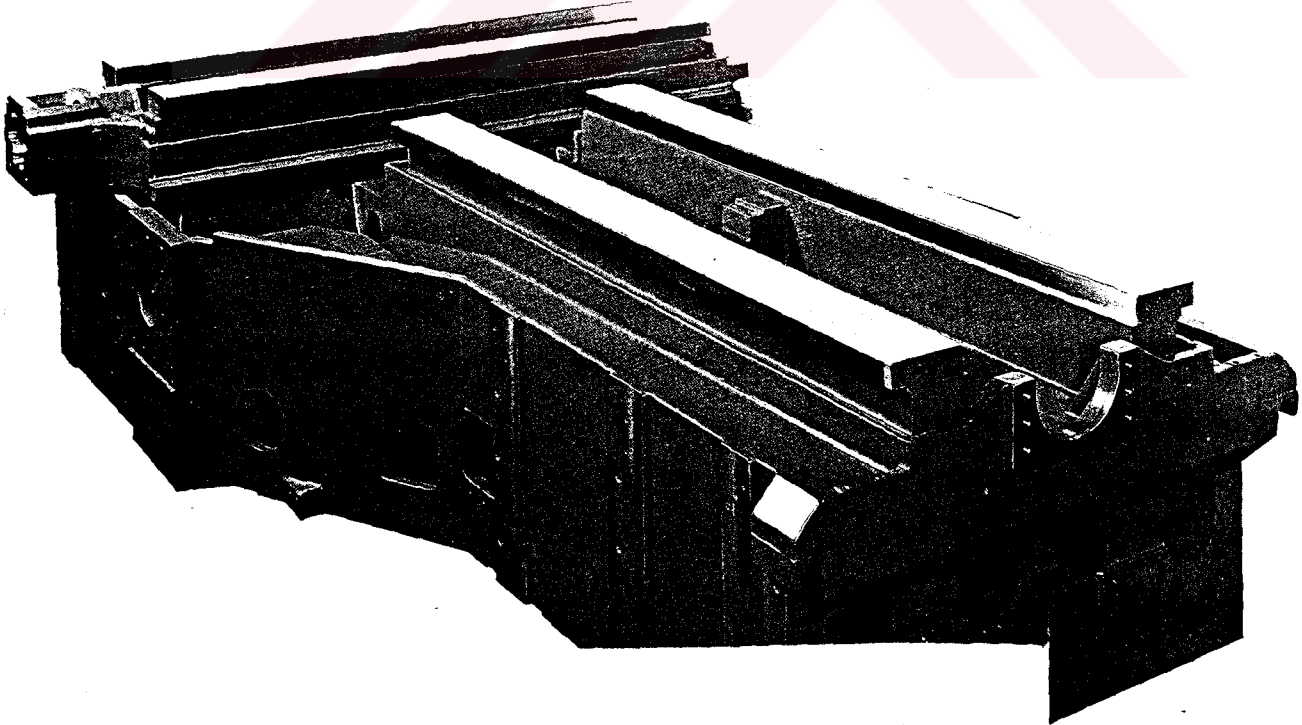
a.Tezgah gövdeleri. Tezgah tipine göre, tezgah gövdeleri birbirinden oldukça farklıdır. Ancak bu genelleştirme yapılırsa tezgahların gövdesi, banko ve kolonlardan meydana gelir. Banko tezgahın bulunduğu zemine göre yatay; kolon bu zemine göre dikey vaziyette bulunan gövde kısmıdır. Buna göre bazı tezgahlar örneğin torna, sadece bankodan (Şekil 4.8); bazıları örneğin freze sadece kolondan meydana gelirler. Borverk ve işleme merkezleri banko ve kolonlardan oluşurlar.Tezgah gövdeleri: Yüksek rijitliği ve kütleleri azaltmak için hafif konstrüksiyona sahip olmaları; başka bir deyişle rijitlik/kütle oranı yüksek olması gerekir. Ayrıca malzeme seçiminde sönümlenme özelliği de dikkate alınır. Rijitlik/kütle oranı üzerinde yapılan teorik ve deneysel incelemelere göre, bu bakımdan en uygun kesitin içi boş kesit olduğu anlaşılmıştır. Boş kesitler eğilme ve burulma gibi zorlamalarda, kesitteki gerilmelerin dağılımını eşitlemekle beraber eylemsizlik momentini de artırır. Ancak bu durumda elemanın dış boyutu da artar. Boş kesitli elemanların rijitliklerini artırmak için kaburgalar veya özel şekillendirmeler yerleştirilir. Gövdelerin burulma rijitliği, gövdeyi oluşturan kısımların birbirine bağlama şekline bağlıdır. Genellikle civatalarla ön gerilme şeklinde yapılan bu bağlamalar, bir yandan veya iki yandan olabilir. Genelde iki yandan yapılan bağlama, burulma rijitliğini artırır. Tezgahların rijitliği, tasarım sırasında günümüzde geliştirilmiş bir hesap yöntemi olan sonlu elemanlar yöntemi ile kontrol edilir (Şekil 4.11.). (Akkurt M.,1996)



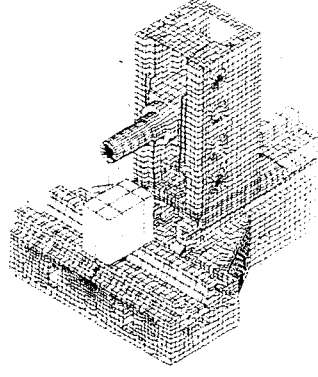
Şekil 4.8. CNC Torna tezgahı gövdesi



Şekil 4.9. CNC Dik İşleme Merkezi gövdesi



Şekil 4.10. CNC Yatay İşleme Merkezi gövdesi



Şekil 4.11. Sonlu elemanlar yöntemi ile gövde kontrolü

b. Hareket iletim elemanları. CNC tezgahlarında kullanılan iletim elemanları: Vida mekanizması, dişli çarklar, dişli kayış kasnak mekanizması, kaplin veya kavrama gibi elemanlardır. Bu elemanların konstrüksiyonunda: Yüksek rijitlik, minimum boşluk, düşük sürtünme ve yüksek verim gibi faktörler dikkate alınmalıdır.

İletim elemanlarının en önemlisi vida mekanizmasıdır. Bu elemanlardan istenilen: Yüksek rijitlik, düşük sürtünme, yüksek verim, helis açısı $3...4^{\circ}$ gibi faktörler, konvansiyonel tezgahlarda kullanılan normal trapez vida ile karşılanamaz. Bu nedenle CNC tezgahlarda bilyalı vida mekanizması kullanılmaktadır (Şekil 4.12). Bu elemanların rijitliği çok yüksek olmakla beraber sürtünmesi çok düşük ve verimi çok yüksektir. Ayrıca vida ile somun arasındaki boşluklar kolayca ayarlanabilir ve bir ara bilezikle, rijitliği büyüten ön gerilmeli hale getirilebilir. (Akkurt M.,1996)

Ayrıca bilyalı miller büyük yükleri taşıyabilme, hassas konumlama, yüksek hızlarda dinamiklik özelliklerinden dolayı tercih edilirler. Bilyalı mil; vida dişi açılmış kısım, uçlarda yataklama yerlerinde oluşmakta, mil üzerine isteğe göre somun montajı yapılmaktadır. Aynı zamanda bilyalı mil alüminyum profil içerisine yataklanıp, üzerine bilyalı araba montajı yapılarak modül olarak kullanılmaktadır.

Bilyalı millerin seçiminde, maks. devir sayısı, kritik devir sayısı, yataklama faktörü, max. eksenel kuvvet tespit edilmelidir. Bu tespit için aşağıdaki tabela ve diyagramlardan faydalanılabilir.

$$l - n_{zul} = n_{kr} \cdot f_{kr} \cdot c_{kr}$$

n_{kr} = teorik, kritik ana mil devir sayısı (dev/dak.) Diyagram 1

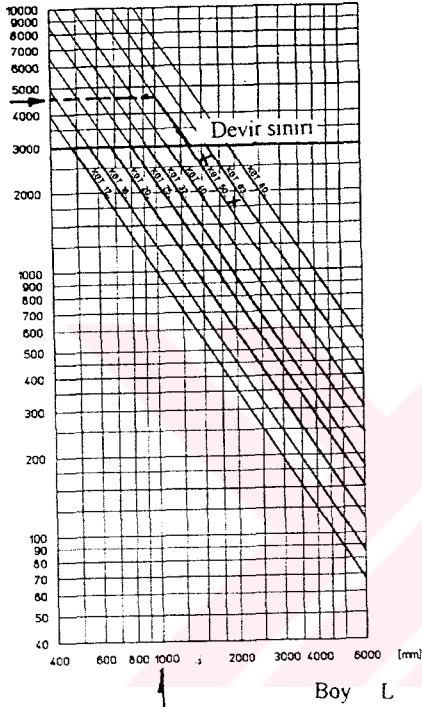
f_{kr} = kritik yataklama faktörü Tabela 1

c_{kr} = kritik kuvvet faktörü Diyagram 2

Çizelge 4.1. Bilyalı miller için kullanılan diyagramlar ve tablolar

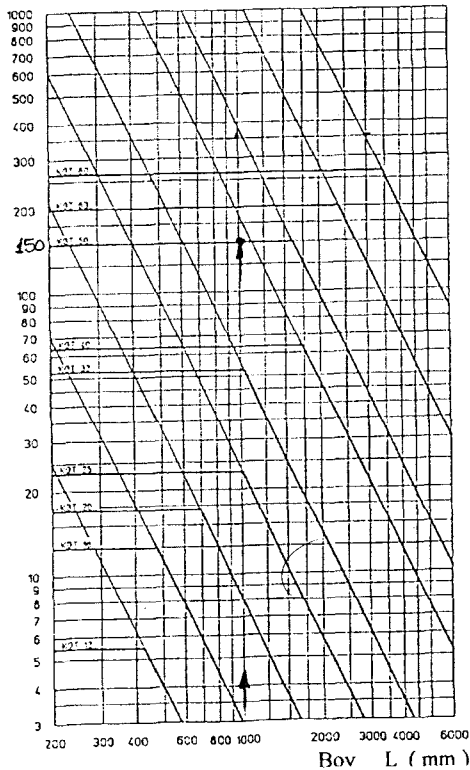
Diyagram 1

Teorik, kritik, devir sayısı n_{kr} (d/dk)



Diyagram 3

Teorik, kritik yük F_k (kN)



Diyagram 2

Kritik faktör C_k (C_{kr})

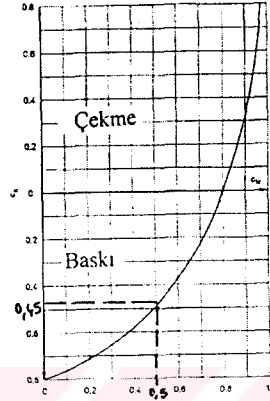


Tabela 1

Yataklama Faktörü f_{kr}

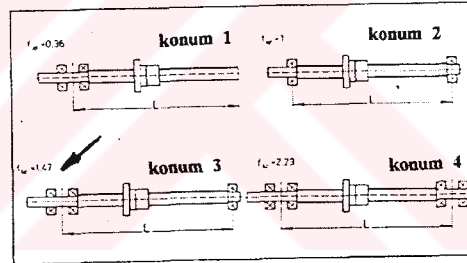
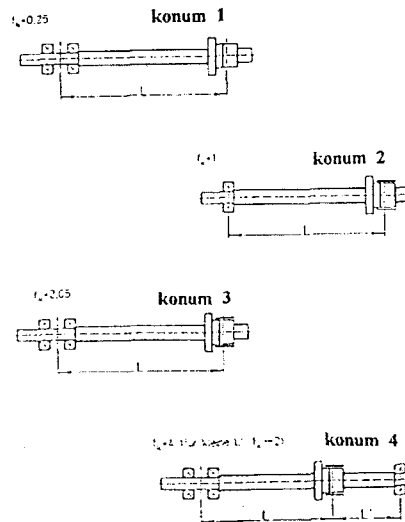


Tabela 2

Yataklama Faktörü



$$2-F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot C_k$$

F_k =teorik kritik yük(kN) Diyagram 3

f_k =yataklama faktörü Tabela 2

C_k =kritik devir sayısı faktörü Diyagram 2

Örnek hesaplama:

Verilenler-	Boy	1000mm
	Konum	3
	Maks. Devir	3000 d/dak.
	Min kuvvet dayanımı	70 kN

İstenilenler:Kritik yük faktörü ve kabul edilebilir aksenal kuvvet

1 nolu formülden
$$C_{kr} = \frac{n_{zul}}{f_{kr} \cdot n_{kr}} \quad n_{zul} > n_{kr} - n_{zul}$$

$$= \frac{3000}{1,47 \cdot 4500} = 0,45 \quad f_{kr} = 1,47(\text{konum3}) \text{ tabela 1}$$

$$n_{kr} = 4500 \text{ d/dak Diyagram 1}$$

2 nolu formülden

$$F_{zul} = F_k \cdot f_k \cdot C_k$$

$$= 150 \cdot 2,05 \cdot 0,5$$

$$= 169 \text{ kN}$$

$$F_k = 150$$

Diyagram 3

$$f_k = 2,05$$

konum 3 tabela 2

$$C_k (C_k = 0,45) = 0,5$$

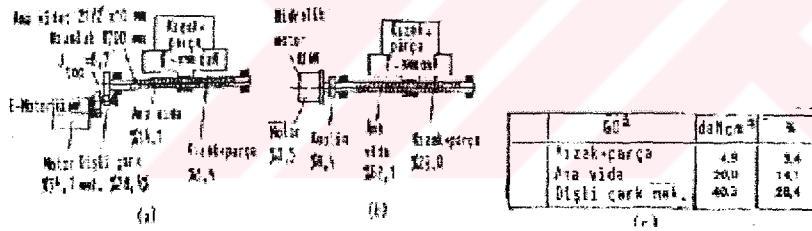
Diyagram 2

169 kN > 70 kN seçim uygundur. (Aydın O.,1997)

etmek için motor ile vida arasında bir dişli çark mekanizması konular. Hidrolik motorların hızları genelde düşük olduğu için, döndürme momentleri büyüktür; bu nedenle burada motor bir kaplinin yardımıyla direkt olarak vidaya bağlanır. Şekil 4.14a'daki verilere göre, kızıağın ve üstündeki parça kütlelerinin adalet momenti, tüm sistemin adalet momentinin %3,4'ünü (Şekil 4.14c); vidanın ki %14,1'ini ve dişli çarkların ki %28,4'ün oluşturmaktadır. Buna göre bu elemanlarının tüm sisteme göre atalet momenti %45,9'dür. Motorun atalet momenti %54,1 olduğuna göre, GD2 şeklinde indirgenmiş atalet momentlerinin oranı:

$$(GO^2)_{iletim}/(GD^2)_{motor} = 45,9/54,1 = 0,85$$

dir. Bu oran DC motorların bulunduğu kontrol devrelerinin dinamik davranışı (cevap frekans) bakımından iyi bir değer olarak kabul edilebilir, önerilen değer 1 dir. Hidrolik sisteminde kızak + parça kütlelerinin atalet momenti %29,5 olacaktır. Motorun adeleti %0,5 olduğuna göre, indirgenmiş atalet momentlerinin oranı $99,5/0,5 = 199$ 'dur. Bu oran sistemin dinamik davranışı bakımından çok kötüdür, durumu düzeltmek için motor ile vida arasında çevrim oranı 1,5...2 olan bir dişli çark mekanizmasının konulması önerilir.

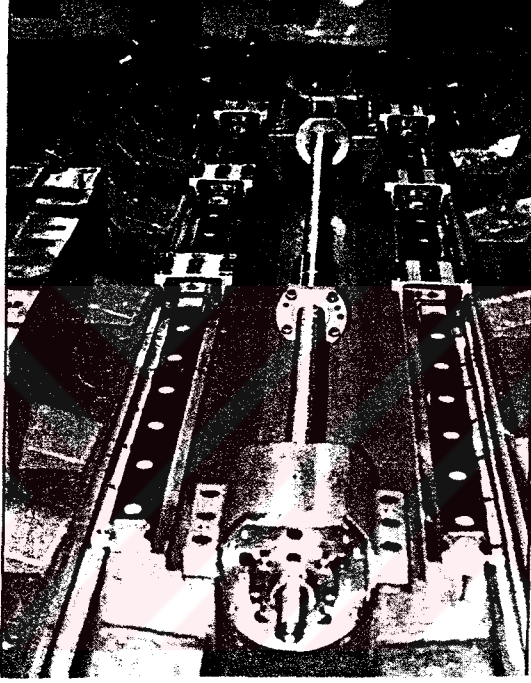


Şekil 4.14. Hidrolik ve elektrik motorlu iletim sistemlerinin karşılaştırılması

c. Kızaklar ve yataklar: Yapılacak işin tipine uygun şekilde dizayn edilen takım tezgahına bağlı olarak; takım tezgahı imalatçıları çok çeşitli kızak sistemleri arasından bir seçim yapabilmektedirler. Genel olarak kendi takım tezgahlarında kullanabilecekleri kızak sistemleri arasından bir seçim yaparlar. Bu kızak sistemleri: kutu kızaklar, lineer destekli kızaklar yada kutu kızaklarla lineer kızakların bir kombinasyonu olan silindir makaralı lineer kızaklar şeklindedir.

Esas olarak takım tezgahı kızakları takım tezgahı bileşenleri için üç temel yarar sağlarlar:

- Dişlilerin tahrik edilmesi için doğrusal destek vazifesini çalıştıkları yüzeyde düzgün yüzey sağlayarak görürler
- Takım tezgahında kesme işlemi esnasında oluşan kuvvetlerin iletilmesini sağlarlar.
- Kızaklar bu kuvvetlerin makine gövdesine yöneltilmesine ve kuvvetlerin sönümlenmesine (böylece iş parçasının bu kuvvetlerden çok az etkilenmesine) imkan sağlarlar. Takım tezgahında her bir eksen bir kızak sistemi üzerinde hareket eder. Bunların çoğu doğrusaldır (lineer). Bazıları ise; eğrisel tipli (yay) kızaklar şeklindedir. Lineer kızak sistemlerinde uygulanan teknolojinin büyük bir kısmı eğrisel kızak sistemlerinde de tatbik edilir.



Şekil 4.15. CNC tezgahına ait mil-kızak sistemi

Herhangi bir kızak sisteminde esas olarak hareketli ve sabit eleman olmak üzere iki bileşen mevcuttur. Genel olarak sabit eleman bir ray ya da dik kenar şeklindedir ve kızak sisteminin hassaslığının sağlanmasında etkilidir. Eğer sabit elemanda bir hasar veya bozukluk varsa; hareketli eleman ya da kızak buradaki bozuklukları takip edeceğinden; herhangi bir pürüzlülük veya kabalığı katlayarak izleyecektir. Kızak sistemlerinde beklenen hassaslık ve ömrün alınmasını sağlamak için kızakların işlenmesinde çok büyük çaba sarfedilir.

Dökme demirli gövde ve bileşenler kendilerinde mevcut olan iç gerilmeleri gidermek için, işlenmeden evvel uzun bir süre (1.5-2 yıl) dinlendirilir (yaşlandırılır). Kızağın yüzeye mümkün olan en düzgün yüzeyde temas etmesini sağlamak için kızak sistemlerine

uygulanan ana metal işleme metodu olarak raspalama işlemi yapılır. Ayrıca kızak sisteminin çeşitli bölgelerinde su terazisi ile yapılan ölçümlerde kızak yüzeyinin eğriliğinin kontrolü yapılır.

Takım tezgahlarında uygulama alanı en geniş olan kızaklar kutu tipi kızaklardır. Esasen bu kızaklar uzun ömre sahip kızak sistemleridir. Kutu kızakların kutu kısmı sistemin sabit elemanını temsil eder. Genellikle bu sabit eleman enine kesitinde dikdörtgen şeklinde bir yapıdadır. Kutu kızak, makine gövdesine civata vb. bağlama elemanları tespit edilebilir veya makine gövdesi ile birlikte dökülebilir. Bunlar sırasıyla civata tesbitli ve integral kızaklar olarak adlandırılır.

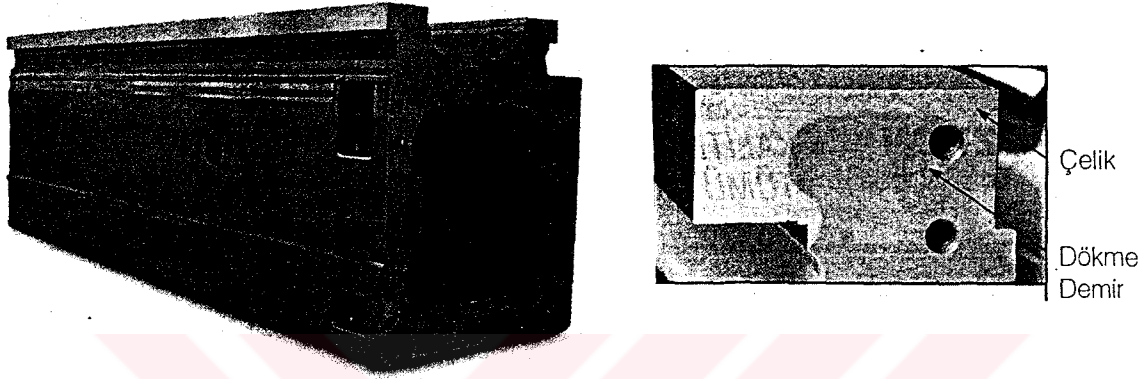
Civata tesbitli kızaklar sertleştirilmiş çelikten yapılırlar ve genellikle 60 HRC sertlik değerine sahiptirler. Bu kızakların makine gövdesine ya da sütununa tesbit edilmesi sırasında maksimum düzgünlüğü temin etmek için mat yüzeyler raspa ile işlenir. Sonra kızaklar tutkalanır ve civatalarla makine gövdesine tesbit edilir.

Integral ya da döküm temelli kızaklar makine gövdesi ile birlikte işlenir ve sonra boyuta getirme ve finish işlemi için taşlama işlemine tabi tutulur. Aşınmaya karşı mukavemeti artırmak için kızaklar alevle sertleştirilir. Bu kızaklar dökme demir malzemesinde olduklarından sertlikleri genellikle çelik kızakların sertliklerinden düşüktür. Integral kızaklar tekrar taşlanabilir ve sertleştirilebilirler, fakat bu kızakların yenileri ile değiştirilmesi mümkün değildir. Bir takım tezgahı imalatçısının çelik kızakları dökme demir makine gövdesine integre etmek amacıyla geliştirdiği bir yöntem vardır. Burada ilk olarak çelik kızaklar gövde kalıbına konulmakta ve sonra bu kalıba dökme demir püskürtülmektedir. Böylelikle dökme demir ile çelik kızığın integrasyonu sağlanmaktadır.

Kutu kızak sistemleri arasındaki farklılıklar genellikle kayar elemanlarda görülür. Bu elemanlar için değişik dizayn tipleri mevcuttur. Bunların tamamı kayar eleman ile kutu kızak arasında bir kaydırıcı ortam için kullanılırlar. Bu sistemlerde oluşan farklılıklar bu kaydırıcı ortamın tipine göre değişir.

Çoğu kızak sistemlerinde kaydırıcı ortam olarak hidrolik kullanılır. Bazılarında kızakta açılan kanallara yağ basınçlı olarak pompalanır. Bu basınçlı yağ kutu kızak ile kayar elemanı ince

bir film tabakası oluşturmak suretiyle birbirinden ayırır ve böylelikle sürtünme azalmış olur. Hidrodinamik olarak adlandırılan bu sistem büyük yükler için oldukça faydalıdır. İmalatçılar hidrodinamik kızak sistemini merkez dışı yükleri kompanze etmek amacıyla kullanırlar. Örneğin ağır bir kalıp eksen hareketinin ekstrem uç noktalarında işlendiği taktirde, yüklü kızak hassas yük dağılımını dengelemek için ekstra yağ basıncına maruz kalır. Bazı yatay iç çap işleme milleri; derin delik işlemlerinde iş milinin düşmesini kompanze etmek için bu tekniği kullanırlar.



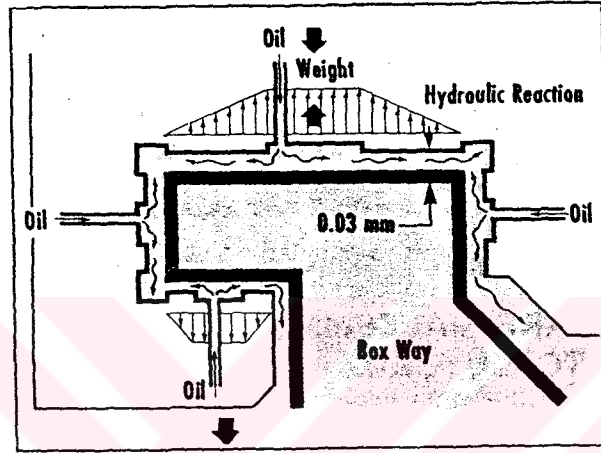
Şekil 4.16. Bir integral kızak sistemine sahip tezgah gövdesi

Kızak sistemlerinde bir başka yağ kullanım alanı hidrostatik sistem olarak adlandırılan sistemdir. Bu metodun hidrodinamik sistemden ayrılan ana farklılığı, yağ ortamının basınç altında olmamasıdır. Burada metalin metale teması yağın viskozitesi sayesinde önlenmektedir. Kızak ve kayar eleman arasında yağlama vazifesini statik yağ filmi görmektedir. Bu sistemin üstünlüğü hidrodinamik sistemde kullanılan hidrolik basınç pompasının ortadan kalkmış olmasıdır. Kızak ve kayar eleman arasında bir başka ortam olarak hava da kullanılmaktadır. Bu sistemde de yağ sisteminde olduğu gibi; hidrodinamik ve hidrostatik olarak iki çeşit sistem mevcuttur. Kutu kızak sistemli makinalarda popüler olan bir başka kızak sistemi de sürtünmesiz kızaklar olarak adlandırılan sistemlerdir. Burada yağ ya da hava yerine kayar eleman üzerine tesbit edilmiş olan sürtünmesiz bir malzeme kaydırıcı vazifesini görür. Bu kaydırıcı malzeme kutu kızakla temas halindedir. Bu sistemde yaygın olarak kullanılan kaydırıcı malzeme Teflon ve Bronz karışımından ibarettir.

Takım tezgah imalatçılarının yüksek ilerleme oranı gereksinimlerini karşılamak amacıyla son zamanlarda lineer destekli kızak teknolojisi geliştirilmiştir. Bu kızak sisteminde ortak

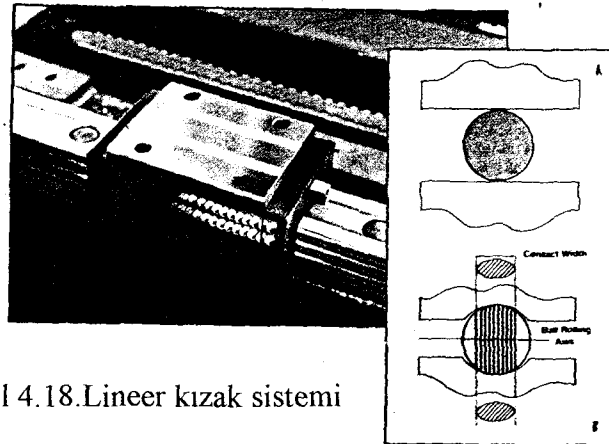
çıkış noktası yüksek hız gereksinimleri olmuştur.Kutu kızaklar gibi lineer destekli kızaklar da iki temel elemandan oluşur:Destekleme vazifesi gören sabit eleman ve izleyici vazifesi gören hareketli eleman.Makine imalatçılarının bu kızak sistemlerini tercih etmesindeki ana etmen olarak bu kızak sistemlerinin yarı-mamul yapısında olması gösterilmektedir.

Burada kullanıcının yapacağı işin tamamı düz bir yüzey hazırlamak ve lineer kızakları paralel olarak monte etmek şeklindedir.Buna rağmen yatakta veya sütunda bir miktar raspalama işlemine gereksinim duyulabilir, fakat çoğu parçalar için bunları monte etmek zor bir işlem değildir.



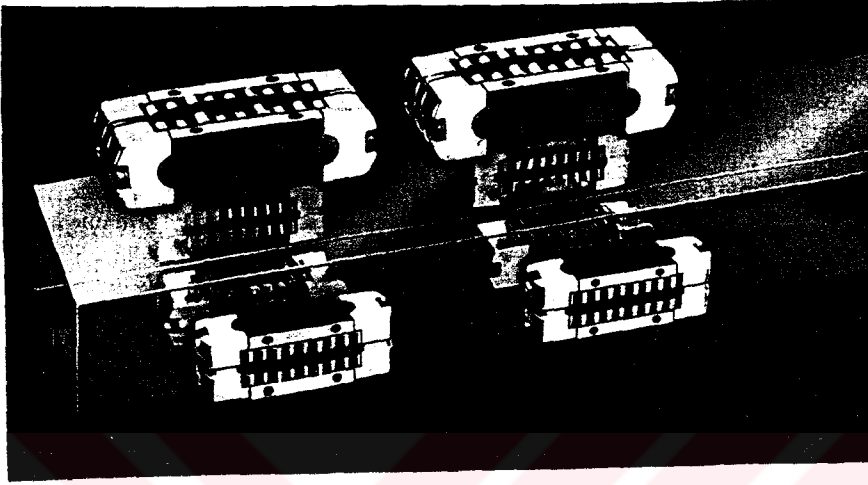
Şekil 4.17. Kutu kızak sisteminde hidrolik sisteminin kullanımı

Lineer kızak sistemlerinde kullanılan raylar sertleştirilmiş ve taşlanmış çelikten ibarettir. Bunların tamamı cıvata tesbitli bağlantılardır.Enine kesitlerinde, kutu kızaklarla kıyaslandığında, lineer raylar ya da destekler geometrik olarak daha kompleks yapıdadırlar.Mevcut olan komplekslik raylar üzerinde yuvarlanma elemanları için açılmış olan kanallardan kaynaklanmaktadır.Bu şekildeki kanalların tipi ve miktarı destek bileşeninin yapacağı işin çeşidine bağlı olarak belirlenir.

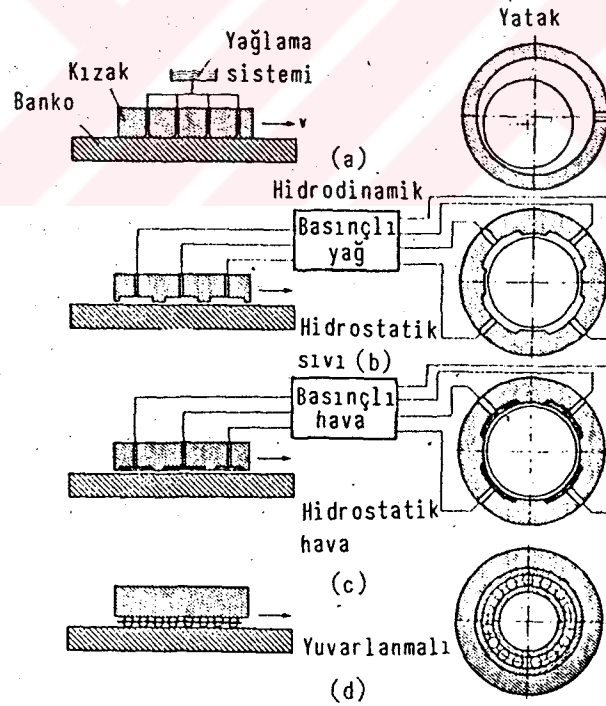


Şekil 4.18. Lineer kızak sistemi

Kutu ve lineer destekli kızak sistemlerinin bir kombinasyonu olan bir başka kızak sistemi silindir makaralı lineer kızak olarak adlandırılan sistemdir. Bu sistemde kutu kızaklar yuvarlanma elemanının taşınmasında kullanılır. Hareketli aksamı hareket ettirmek amacıyla bilyalar yerine silindirik makaralı yuvarlanma elemanları kullanılır. Silindir makaralar bilyalılardan ziyade geniş bir temas alanına sahiptirler. Bu yüzden kızak sisteminde yük taşıma kapasitesi yüksektir. (Mamur M., 1994)



Şekil 4.19. Lineer silindir makaralı kızak



Şekil 4.20. Tezgahlarda yatak tipleri

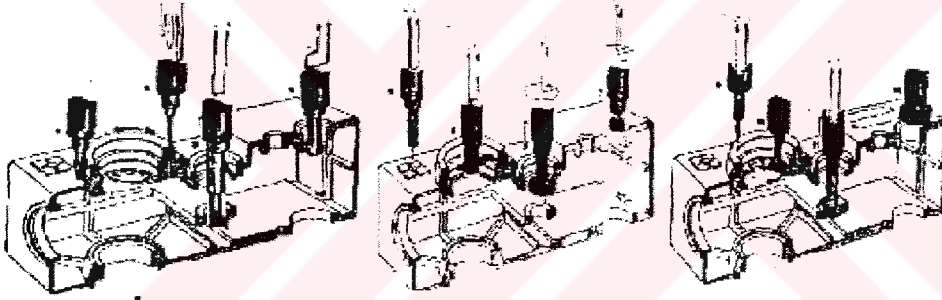
4.3.Takım Tutturma Sistemleri

Genelde bir parça çeşitli operasyonlarda işlenmekte ve bu operasyonlar için bir çok durumlarda ayrı ayrı takımlar istenmektedir (Şekil 4.21). Konvansiyonel tezgahlarda genelde bir tek takım tutturma sistemi vardır; tornalarda dört takımın tutturulmasına imkan veya dörtlü kalemlikte olabilir (Şekil 4.22). Bu sistemler basit NC tornalarda da kullanılabilir. Ancak bu durumda operasyonlar için takım değiştirme büyük zaman almaktadır. Yapılan istatistiki bir araştırmaya göre, karmaşık parçalarda takım değiştirme zamanı, toplam parça işleme zamanının %61'ni oluşturur. Bu nedenle CNC tezgahlarında takım değiştirmede zamanı azaltmak için, bir çok takımın tutturulmasına imkan veren; tornalarda revolver başlığı, taret (turret) ve ender olarak magazin; freze ve işleme merkezlerinde magazin ve sandık sistemleri kullanılmaktadır. Ancak takımlar bu sistemlere direkt olarak veya bir takım taşıyıcıların yardımıyla tutturulur. Örneğin freze takımları için, içi konik şekilde boş olan malafalar (Şekil 4.23.a), torna takımları için Şekil 4.23.b,c'de gösterilen çeşitli taşıyıcılar kullanılır.

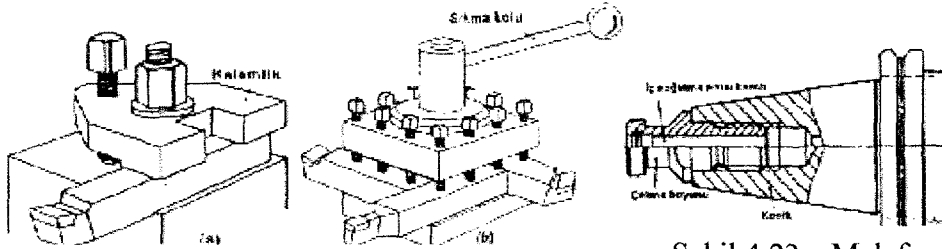
Tornalarda kullanılan revolver başı; altıgen bir eleman olup takımların yan yüzeylerine tutturulur (Şekil 4.24a); taretlerde takımlar alın veya çevre yüzeyine yerleştirilir (Şekil 4.24.b). Taretler parçayı tutturun aynanın ön kısmına (Şekil 4.25.a) veya üst kısmına monte edilir (Şekil 4.25.b); bir çok durumda ki taret kullanılabilir (Şekil 4.25.c). Genelde taretlere 8,12 veya 16 takım yerleştirilebilir. Freze ve işleme merkezlerinde kullanılan ve genelde tezgah üzerine yerleştirilen magazinler bir çok takım alabilen sistemlerdir (Şekil 4.26). Magazinler çeşitli şekillerde olabilirler. Bu sistemlerde takımlar ilkin magazine yerleştirirler ve işlem için sırası gelen takım, transfer kolu ile magazinden alınır ve iş milinin kovanına yerleştirilir (Şekil 4.27).

Motor, türbin gövdeleri, dişli kutuları gibi çok takım isteyen parçalar için büyük kapasiteli tezgahlar yapılmıştır. Ancak bu tezgahlar çok karmaşık hal almakta, fiyatları önemli şekilde artmakta ve magazine takımların yerleştirme zamanı büyük ölçüde artmaktadır. Takım yerleştirme süresince tezgah durmaktadır.

Ayrıca bir çok takımlar ender veya çok az bir zaman kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu çeşit magazinler, ekonomik olmaktan çıkmaktadır. Bu nedenle günümüzde iki çözüme gidilmektedir. Birincisi magazinler takım merkezleri şeklinde tezgahtan ayrı olarak yapılmaktadır. Böylece bu magazinler tezgah çalışırken yüklenebilmekte ve torna dahil bir çok tezgahlarda kullanılabilir. Küçük bir magazin bulunduğu durumda buraya işleme en çok kullanılan takımlar yerleştirilir; ender kullanılan veya aşınmış takımların yedekleri takım merkezinden alınır. Şekil 4.28’de bir torna tezgahında bu çeşit magazinlerle ilgili takım değiştirme tertibatı gösterilmiştir. İkinci bir yöntem sandık denilen sistemlerin kullanılmasıdır. Burada takımlar tezgahtan ayrı olarak bulunan bir takım sandıklarına yerleştirilir. (Şekil 4.29).Daha sonra bu sandıklar tezgahın yanında bulunan veya onun bir parçası olan sandık taşıyıcılarına yerleştirilir ve buradan takımlar yukarıda açıklandığı gibi bir transfer kolu ile iş miline yüklenir.

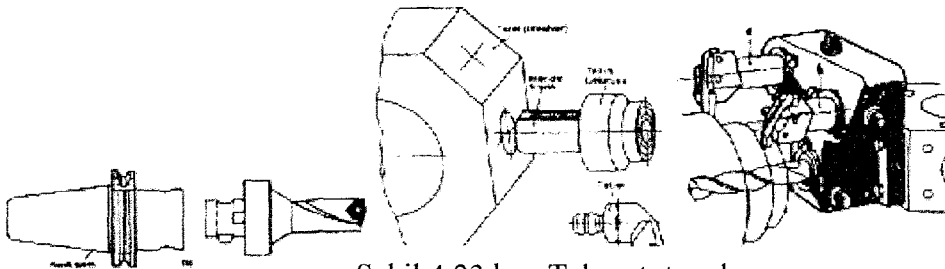


Şekil 4.21. Bir parçanın işlenmesi



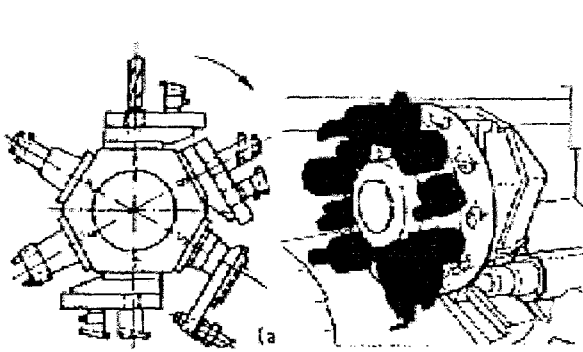
Şekil 4.22. Tornada takım tutturma tertibatları

Şekil 4.23.a Malafa

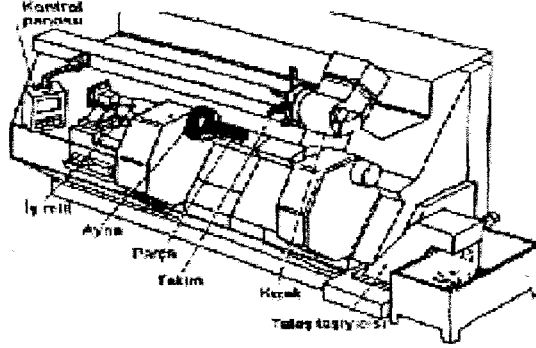


Şekil 4.23.b,c. Takım tutucuları

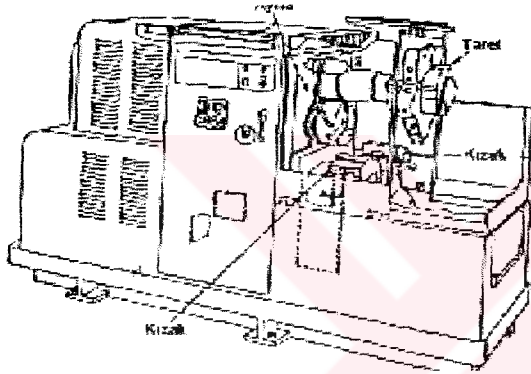
CNC tezgahlarında yukarıda açıklanan taret, magazin vb. sistemlerinde takımı işleme konumuna getirme yani iş miline yerleştirme işlemi programlarda öngörülür. (Akkurt 1996)



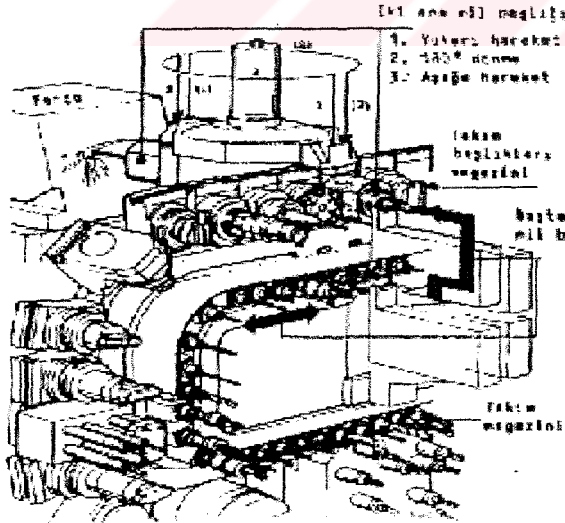
Şekil 4.24. Taret



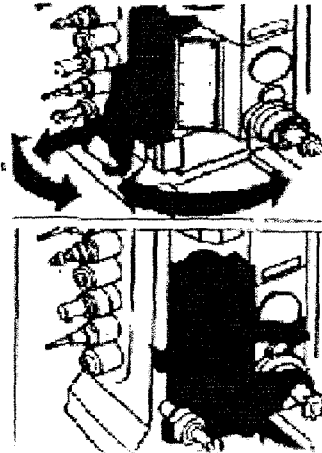
Şekil 4.25.a Taretin konumu



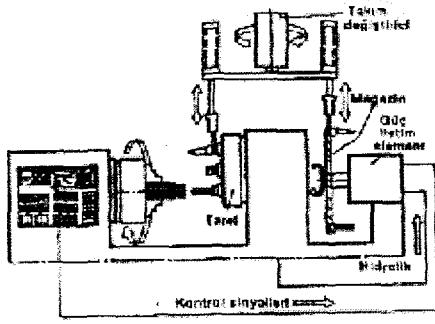
Şekil 4.25.b,c. Taret Konumları



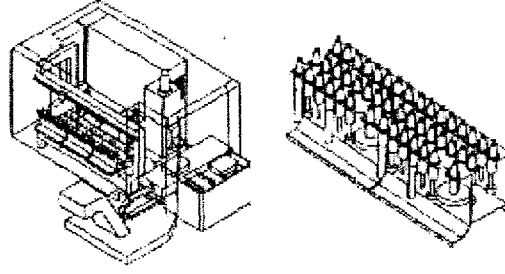
Şekil 4.26. Takım magazini



Şekil 4.27. Transfer Kolu



Şekil 4.28. Magazinli torna tezgahı



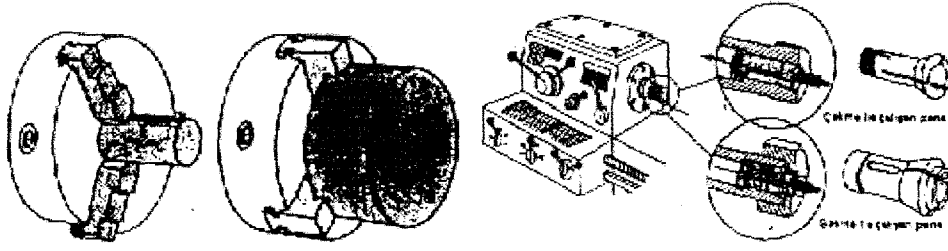
Şekil 4.29. Takım sandıkları

4.4. Parça Tuturma Sistemleri

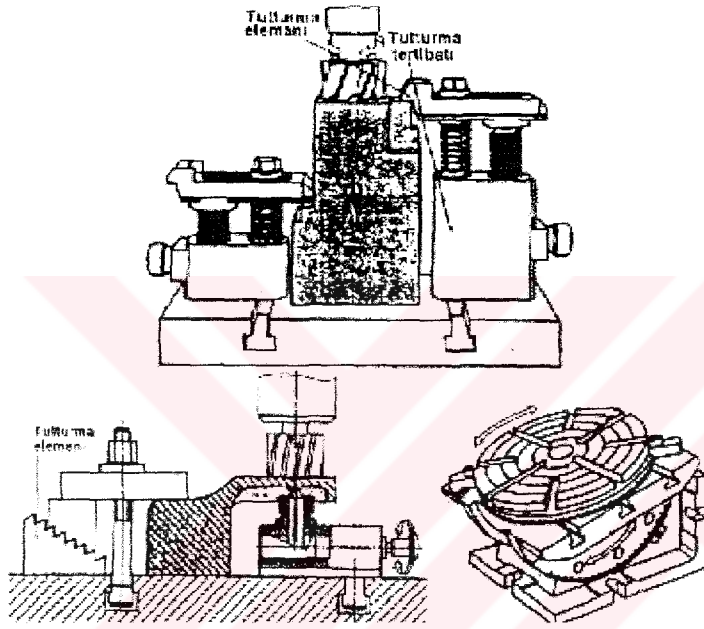
Genelde CNC tezgahlarında parça tutturmak için konvansiyonel tezgahlarda olduğu gibi tornalarda ayna (Şekil 4.30a), punta veya pens (Şekil 4.30b) kullanılır, freze ve işleme merkezlerinde mengene, döner tablalar veya özel tutturma tertibatları ile tablaya tutturulur (Şekil 4.31). Ancak bu elemanlar daha hassas, daha rijit ve daha güvenilir yapılırlar ve ayrıca parçanın bu sistemlere sıkma işlemi genellikle hidrolik veya pnömatik olarak otomatik yapılır. Bununla beraber özellikle freze ve işleme merkezinde özellikle karmaşık parçaların özel tutturma tertibatlarla tutturulmaları oldukça uzun zaman alır; bu süre içerisinde tezgah çalışmaz. Ayrıca tutturma tertibatlarının tasarımı ve imalatı ayrı bir problem olarak ortaya çıkar. Bu nedenle özellikle işleme merkezlerinde parçanın tutturulması için delikli plakalar, döner tablalar ve paletler kullanılır.

Delikli plakalar üst ve alt yüzeyleri çok iyi işlenmiş, üzerinde delikler bulunan, boyutları 250mmx500 mm'ye kadar parça bağlanabilen dökme demirden yapılan elemanlardır (Şekil 4.32). Plakalar çok hassas ve güvenilir şekilde tezgah tablasına bağlanır ve plaka üzerine parça tutturulur. Deliklerin bazıları saf delik, bazılarında vida vardır. Çok iyi işlenmiş (taşlanmış) olan saf deliklere parçanın konumlandırılması için pimler; vidalı deliklere parçayı sıkma için civatalar yerleştirilir. Parçanın konumunu kolaylaştırmak için delikler, plakanın yan kenarlarında bulunan harf ve sayılarla açıklanır. Sıkma işlemi hidrolik veya pnömatik tertibatlarla otomatik olarak da yapılabilir. Bu sistemde parçanın plaka yüzeyine ve plakanın tezgah tablasının yüzeyine göre konumları çok iyi tanımlanmış olur. Bu konumlar

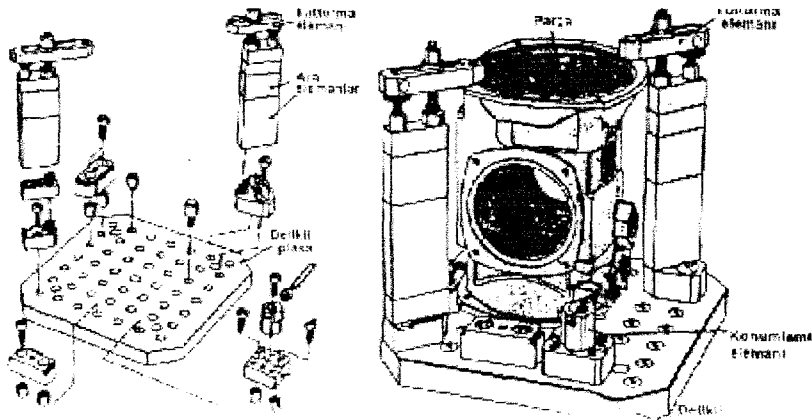
programlamada büyük kolaylık sağlar. Ancak yine de delikli plakalara parçanın tutturulması tezgah üzerinde yani tezgah dururken yapılır.



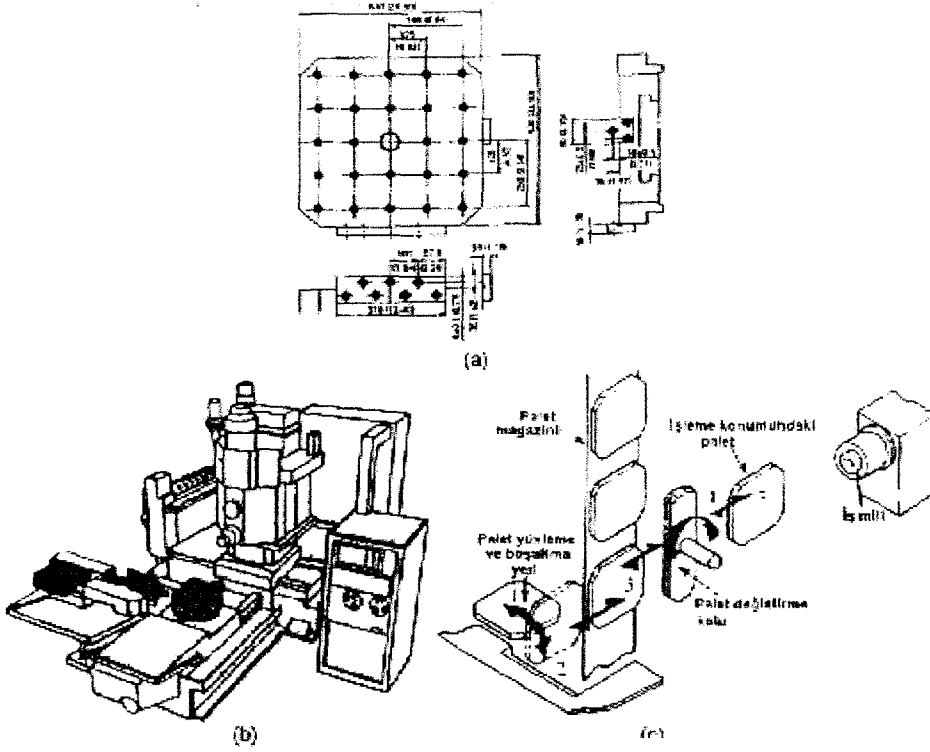
(a) Şekil 4.30. Ayna ve pens sistemleri



Şekil 4.31 Freze tezgahında parça tuturma sistemleri



Şekil 4.32. Delikli plaka

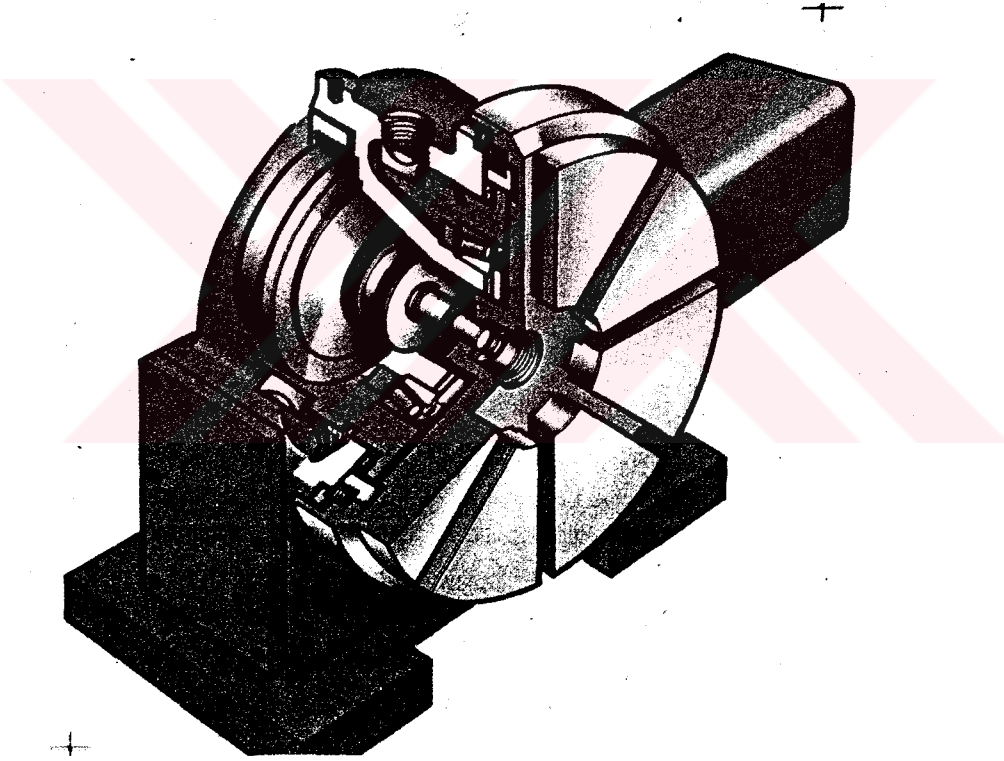


Şekil 4.33. Palet sistemleri

Paletler yine dökme demir veya çelikten yapılmış delikli plakalara benzer elemanlardır. Ancak burada üst yüzeyde parçayı tutturmak için çok iyi işlenmiş delik veya T kanalları vardır (Şekil 4.33a). Paletlerin bir özelliği parçanın palete yüklenmesinin tezgah dışında yapılmasıdır. Bu nedenle tezgahlar genelde iki paletle donatılır (Şekil 4.33b). Bir palet işleme durumunda iken, tezgah dışında olan diğer paletle parça bağlanır; şöyle ki işleme durumunda olan paletteki parça işlendikten sonra paletler yer değiştirir. Yer değiştirme işlemi otomatik olarak iki kademe yapılır. Birincisinde kaba, hassas olan ikincisinde tam yerleştirme yapılır. Bu sistemde de parçanın tezgah tablasına konumu tam olarak tayin edilmiş olur. Bu şekilde parça değiştirme çok çabuk gerçekleşir. Küçük ve orta boy parçalar için bir çok parça bağlanabilen prizmatik paletler kullanılır veya palet magazini kullanılabilir (Şekil 4.33c). Burada bir palet boşaltma ve yükleme istasyonu vardır. Şöyle ki burada bir palet işleme konumunda iken, işleme konumundan gelen bir palet boşaltılır, yeni bir parça yüklenir ve magazin hattına gönderilir.

Özellikle milin üzerine kanal açma, delik delme veya açılı delik delme veya işleme operasyonlarında CNC Dik İşleme Merkezlerinde döner tablalar ile iş parçasının tutturulması imalatçı tarafından tercih edilir.

Döner tablalarda en önemli özellik olarak göze çarpan kavram pozisyonlama hassasiyetidir.Saniye cinsinden ölçülen pozisyonlandırma hassasiyeti, tabla üstü pozisyonun gerçek pozisyonla olan ilişkisini gösterir.İmalatçıların pozisyonlandırma hassasiyetini tablanın değişik yerlerinden ölçmesinden kaçınması önemlidir; çünkü bu değişik ölçüm yerlerinde değişik sonuçlar elde edebilmek mümkündür.Örneğin tahrik dişlisi boyunca ölçülen pozisyonlandırma hassasiyeti 10-15 saniye aralığındadır.Bununla birlikte aynı döner tablada, tablanın pivotuna bir enkoder doğrudan doğruya monte edilebilir ve bundan elde edilen sonuç 5 veya daha küçük saniye hassasiyeti verebilir.Bu dişli sisteminin doğal boşluğundan kaynaklanan hassassızlığı elimine eder.Pozisyonlandırma hassasiyetinin önemine rağmen döner tabla imalatçıları arasındaki bu hassasiyetin ölçümü konusunda bir standardizasyon yoktur.Tabla imalatçıları pozisyonlandırma hassasiyeti için değişik standartlar kullanmaktadır.



Şekil 4.34. Döner tabla

Tüm hassas döner tablalar yataklar, sıkma mekanizması, tahrik aksamı ve motordan oluşur.Tablaya monte edilen AC ya da DC motoru tahrik şaftını döndürür, tahrik şaftı ise tabla yüzeyinin altına monte edilmiş dişliyi döndürür.Tablada bulunan yataklama sistemi tablayı taşır ve tablanın saat yönünde veya saatin ters yönünde dönmesine imkan verir.

Hidrolik sıkma sistemi, tabla yüzeyinin alt kısmında fikstürü sıkınca kilitlemek için yeterli bir frenleme kuvveti ile sıkma görevi görür.

Tahrik sistemi: Yuvarlak dişli ve şaftın hassas kombinasyonu tahrik sistemini oluşturur ve tabladaki iş parçasının tutulması için gerekli momenti temin eder. Tahrik sisteminde, belirleyici faktör kullanılan malzeme çeşitidir. Genellikle bronz ve çelik malzemeler kullanılır. Bronzun sürtünmeyi azaltıcı etkisi vardır.

Yataklama sistemi: Yatakların tek bir görevi vardır. Buda yükün taşınmasıdır. Döner tablanın yataklama konfigürasyonunun belirlenmesinde, yatakların yükü nasıl dağıttığına, yatak boyutlarına ve bunların tabla içine nasıl yerleştirildiğine dikkat edilmesi gerekir. Yatakların oturduğu yerdeki döküm tipi yatakların kalitesini ve sonunda tablanın hassasiyetini etkiler.

Motorlar: NC ve CNC döner tablaların takım tezgahlarına bağlanmasını imkan dahiline getirmiştir. Pozisyonlandırma amacı ile kullanılan tablalar küçük motorlara gereksinim duyarlar. Tablalar için belirtilen büyük kapasiteli motorlar talaş kaldırma işlemi büyük momentler gerektiren dönel frezeleme uygulamalarında kullanılır. (Mamur T., 1994)

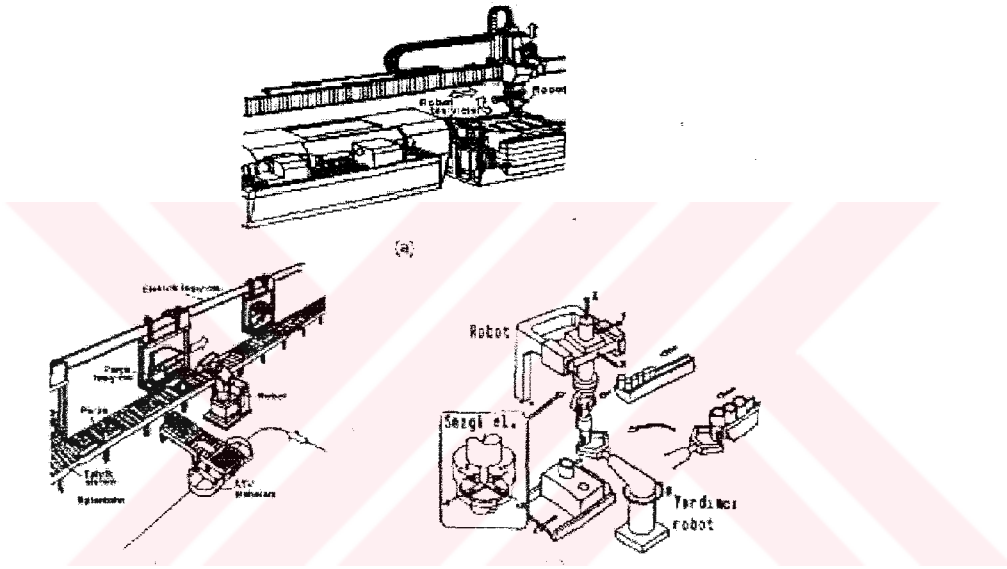


Şekil 4.35. Bir uzay endüstrisinde kullanılan 100 inçlik döner tabla

4.5. Parça Yükleme Sistemleri

İmalat zamanını artıran bir başka etken parçaların yükleme denilen tezgaha getirilmesi ve uzaklaştırılmasıdır. Konvansiyonel veya ileri teknoloji kullanmayan yerlerde bu işlem elle (işçiler tarafından) yapılır. İleri teknoloji (DNC, FMC, FMS) ortamında kullanılan CNC

tezgahlarında programlanabilen otomatik parça (veya takım) yükleme sistemleri kullanılır (Şekil 3.28). Bu sistemlerde parça, yükleme ve boşaltma istasyonu denilen bir yerden alınır ve işlendikten sonra aynı yere götürülür. Bu sistemler çeşitli hareket eksenlerine sahip nümerik kontrollü olarak yapılabilir. Tezgahlarda parça yüklenmesi robotların yardımıyla da yapılabilir. Ayrıca günümüzde özellikle küçük parçalar işleyen tezgahlarda, parça yükleme sistemi tezgah ile entegre olarak yapılır. Büyük parça veya paletlerin yüklenmesi atölyede bağımsız olarak gezebilen ve AGV (Automatic Guided Vehicles) denilen arabalarla da gerçekleştirilir. (Akkurt M.,1996)



Şekil 4.36. Parça yükleme sistemleri

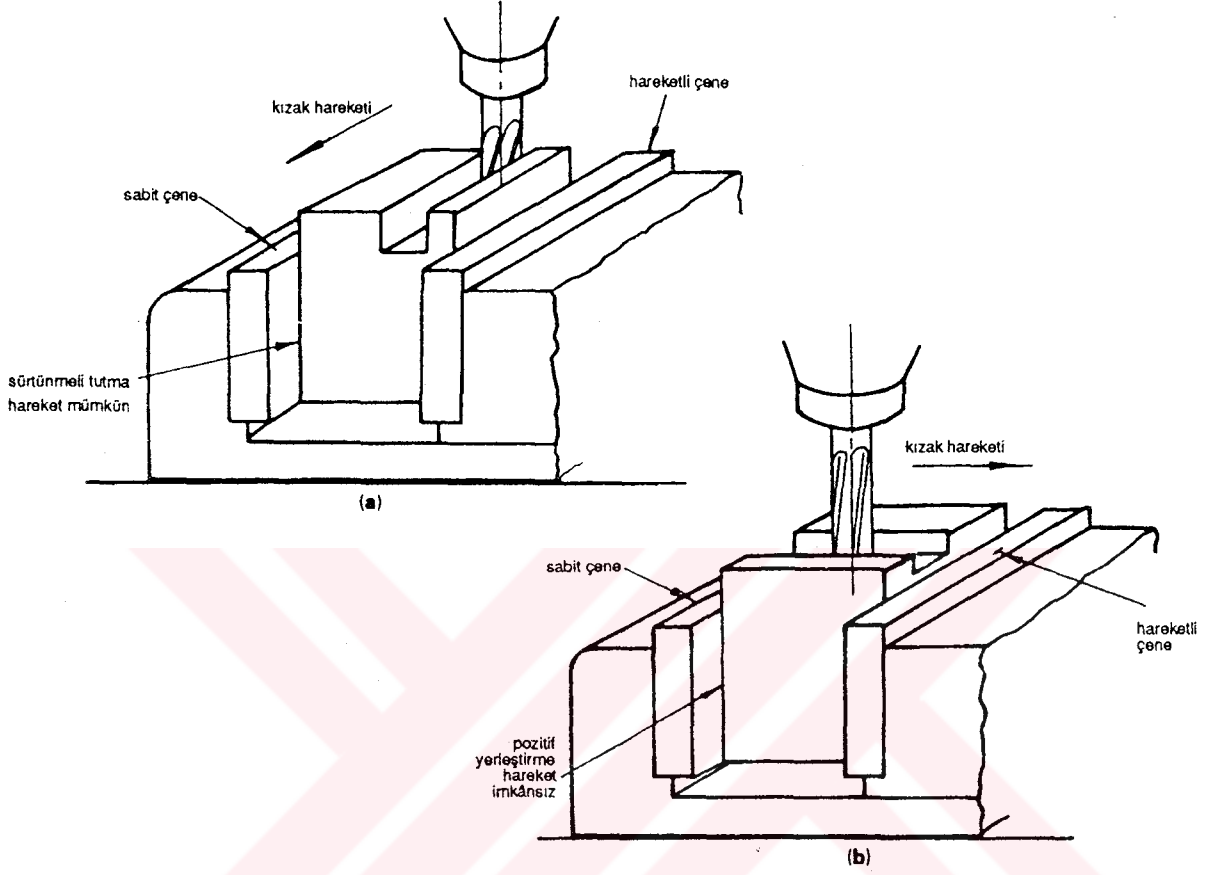
4.6. İş Yüklemede ve İş Bağlamada Doğru Yerleştirmenin Önemi

Herhangi bir iş bağlama düzeneği aşağıdaki şartları yerine getirmelidir.

- İş sıkı olarak bağlamalı
- Pozitif yerleştirme sağlamalı
- Hızlı olmalı ve kolay kullanılmalı

Aşağıdaki şekilde mengene ile tutturulmuş parçalar ve tablaların ilerleme yönleri gösterilmektedir. Her iki durumda iş parçası sabit çenelere karşı yerleştirilmiştir. Fakat Şekil 4.37.a da iş parçasının bağlanma emniyeti, sürtünmeli tutmaya bağlı olmakta ve kesici

kuvvetinden ötürü işin hareketi söz konusu olabilmektedir.Şekil 4.37.b de ise sabit çeneler yalnızca iş parçasını tutmakta değil, aynı zamanda kesme işleminden doğan kuvvetleri de yuttuğundan, herhangi bir parçasının hareketi söz konusu olmamaktadır.



Şekil 4.37. Freze işlemi yapılacak bir iş parçasının bağlanma şekli

a. Güven verici değil

b. Güven verici

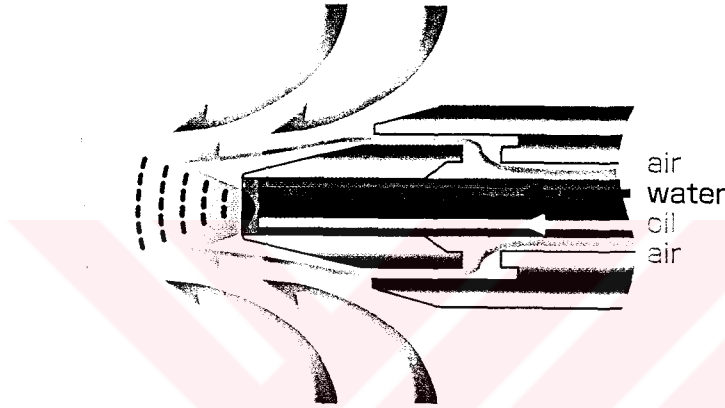
4.7. Kesme Sıvısı Sistemi

Kesme sıvısı, işlem sırasında oluşacak ısıların uzaklaştırılması için gereklidir. Talaş kaldırma bölgesinden geçerek takım, talaş ve iş parçasına değen kesme sıvısı ısınır ve tezgah üzerinden geçerken ısınıp tezgaha geçirebilir. Bunu önlemek için işleme merkezlerinde özel sistemler kullanılarak kesme sıvısının sıcaklığı düşürülür. (Altan E., Özgürler M.)

Ayrıca Nümerik Kontrollü tezgahlara yeni yeni uygulanan bir sistem de EcoReg sistem olarak adlandırılan soğutma sistemidir. Bu soğutma sisteminde kesme sıvısı, yağ ve hava ultra partiküler parçalara ayrılıp basınçlı bir şekilde talaş kaldırılan bölgeye

püskürtülmektedir. Bu sistemin standart kesme sıvısına göre bir çok avantajı bulunmaktadır. Bu tip kesme sisteminde şu özellikler elde edilmektedir:

- Kesme hızlarında yaklaşık takımların katalog değerlerinin iki katına çıkılabilmektedir. Buda iki kat hız demektir yani kesme işlemi çok kısa bir zamanda yapılmaktadır.
- Takım ömrü iki kat artmaktadır.
- Temiz bir ortamda operatör çalışması sağlanmaktadır.
- Kesme sıvısı vasıtasıyla tezgahın aralarına giren talaş olayı ortadan kalkmaktadır.
- Bu sistem sayesinde parça yüzey kalitesi çok daha kaliteli olmaktadır.



Şekil 4.38 Ecoreg Sistem

4.8. Stick-Slip (Dur-kay) Olayı

Tezgahın davranışını etkileyen bir başka olay stick-slip olayıdır. Bu olay şekil değiştirmelere, statik ve kinetik sürtünme arasındaki farka bağlıdır. Statik sürtünme hareketsiz halden, harekete geçme anının sürtünmesidir ve hareket halindeki sürtünmeden daha büyüktür. Hareketin başlangıcında kızak, sürtünme kuvveti yenilmeden harekete geçmez. Bu süre içerisinde iletim elemanlarında şekil değiştirmeler meydana gelir ve motorun verdiği enerji şekil değiştirme enerjisine dönüştürülür. Hareket başladığında, sürtünme aniden azalır ve şekil değiştirme enerjisi, bir sıçrama şeklinde kızıağı ileri kaldırır. Kızıağın ataletinden dolayı, bu enerji çabuk tükenir ve tahrik kuvveti sürtünme kuvvetiyle eşitlendiğinde kızak durur. Olaylar tekrarlanır ve kızak, kay-dur şeklinde hareket eder. Özellikle çok düşük hızlarda bilhassa hareketin başlangıcında ve sonunda oluşan ve sistemin dinamik davranışını

önemli şekilde etkileyen bu sürtünme şekline karşı alınan tedbirler, hidrostatik sıvı ve yuvarlanma sürtünmesidir.



5. NC TAKIM TEZGAHLARINDA TEMEL OPERASYON SIRASI

5.1. Emniyet

Herhangi bir takım tezgahı ile çalışma durumunda daima önem verilmesi gereken üç temel öncelik vardır. Bunlar sırası ile aşağıda açıklanacaktır.

5.1.1. Operatör Emniyeti

Tezgahta yapılacak tüm işlem kademeleri için öncelikli olarak operatör emniyetini birinci planda tutacak şekilde önlem alınması gerekir. CNC programlarının test edilmesi için gerçek prosedürler anlatıldıkça her birinin öncelikli olarak operatör emniyetini vurguladığını göreceksiniz. Acemi operatör deneyim kazandıkça, meyilim zaman kazanmak için bu prosedürleri kısaltmak şeklinde olacaktır. Önerilen test prosedürleri takip edilmediği takdirde operatör tezgahın kapağını çok tehlikeli olacak şekilde açıyor demektir.

5.1.2. Takım Tezgahı Emniyeti

Emniyet önceliklerinin ikinci emniyeti CNC tezgahların emniyetidir. Her bir operatör takım tezgahına herhangi bir şekilde hasar vermeyecek şekilde çalışmak için elinden gelen her şeyi yapmak zorundadır. CNC takım tezgahı çalışma zamanı son derece pahalıdır. CNC tezgah herhangi bir sebep ile devre dışı kalırsa, tezgahın tamiratındaki gerçek maliyet, imalat zamanındaki kayba oranla genellikle daha azdır.

Operatör veya programcı hatalarından dolayı takım tezgahına zarar vermenin herhangi bir özrü yoktur. Eğer vermiş olduğumuz test yöntemleri takip edilirse, tezgahı tehlikeli duruma sokmadan takım daha az riskle çalıştırılabilir.

5.1.3. İş Parçası Emniyeti

CNC tezgah emniyetinin üçüncü seviyesi tüm iş parçalarının istenen ölçüler içinde alınabilmesidir. Kullanıcı uygulamalarına bağlı olarak tezgahta işlenecek olan kaba malzeme maliyeti dramatik bir şekilde değişir. Bazı durumlarda, tamamen kaba kütük kullanılarak son

derece küçük parçaların işlenmesi durumunda, CNC tezgahta işlenmek amacıyla bağlanan malzeme maliyeti parça başına 10 sent (1/10 \$) kadar az olabilir. Bu durumda şirket program ile işlenen parçayı gerçek ölçülerde elde edebilmek için çok sayıda parçanın ıskartaya çıkmasına herhangi bir şey söylemez.

Buna rağmen CNC tezgaha bağlanan malzemenin maliyetinin son derece yüksek olduğu iş parçasının işlenmesi gerektiği durumlar olabilmektedir. Muhtemelen malzemenin kendisi son derece pahalıdır ve CNC takım tezgahına bağlanmadan iş parçası üzerinde yapılan hazırlık operasyonları veya ek işleme operasyonları son derece pahalı olabilir. Eğer verilmiş olan test prosedürleri takip edilirse, alınacak olan iş parçası istenilen ölçülerde alınabilir. Verilen teknikleri takip etmek suretiyle işlenen tüm kritik ölçüler operatör tarafından hassas bir şekilde alınabilir.

5.2. Tipik Hatalar

Programların test edilmesinde kullanılan gerçek teknikleri tartışmadan evvel programın yanlış olmasına sebep olan programcının yapabileceği eğiliminde olan tipik hatalar aşağıda açıklanacaktır. Bu yaygın hataların bilinmesi suretiyle programın öncelikli olarak gözlenmesi ve hatalara önceden teşhis konulabilmesi sağlanır.

5.2.1. Sintaks (Yazım) Hataları

Programın yazımı esnasında programcıdan kaynaklanan yazım hatalarını kontrol sistemi işleme sokmaz. Programcının G01 şeklindeki bir kodu G101 şeklinde yazması tipik bir yazım hatasıdır.

Bu şekildeki bir hata ile, bu hatalı hareket kodu okunduğunda kontrol sistemi alarm durumuna geçer. Eğer takım tezgahı verilen hareket komutlarını takip etmek suretiyle hareket ediyor ise hareket durur ve program askıya alınır. Genellikle kontrol sistemi problemin sebebiyle ilgili olarak gösterge ekranında bir mesaj gösterir. Yazım hataları programın yazımı veya kontrol sistemini kaydedilmesi esnasında manual programcının yapmış olduğu gülünç hatalardır. Bunların teşhis edilmesi oldukça kolaydır, çünkü programcı programın test edilmesi esnasında herhangi bir alarm ile karşılaştığında bu tip bir hatanın olduğu açıktır.

5.2.2. Hareket Hataları

Bu tip hatanın teşhis edilmesi biraz daha zordur. Her ne kadar hareket hataları programcıdan kaynaklanan gülünç hatalar olsa dahi, genel olarak bunlar doğru olmayan koordinat hesaplamalarına sebebiyet verir. Örnek olarak programcı resim üzerindeki bir ölçüyü yanlış olarak yorumlamış olsun, ve takıma hareket verdirmek için gerekli olan komutlar bu yanlış yorumlanan ölçüden dolayı yanlış olur. Bu durumda kontrol sistemi herhangi bir alarm vermeden programcının vermiş olduğu hareket komutlarını takip eder fakat elde edilen takım yolu doğru olmayacaktır.

Bu kategorideki diğer hatalar takım telafilerinin aktif hale getirilmesinin ve devre dışı bırakılmasının unutulması, yanlış G kodu ile kesme işleminin yapılması (genel olarak G00), saat yönünde yay hareketi veya saatin tersi yönde yay hareketinin yanlış verilmesi ve artımsal mod ile mutlak mod arasında yanlış seçimin yapılması şeklindedir.

Bu tip bir hata işleme öncesi tespit edilemez ise son derece zararlı olabilir. Bu tür hataların olduğu kodlar; en iyimser halde, “uygun bir şekilde işleme”; en kötümser halde, “takımı iş parçasına, iş parçası bağlama aparatına veya makinaya bindir” şeklinde programın kontrol sistemine verdiği komut olarak yorumlanabilir.

5.2.3. Ön-Hazırlık (Ayar) Hataları

Eğer hazırlık işlemleri esnasında bir hata yapılmış ise, mükemmel bir şekilde yazılmış olan bir program dahi olsa CNC programı ile istenilen parça alınmaz. Çoğu zaman program işlenmeye geçilmeden önce, ayar ile ilgili işlemleri yapması için operatörün bir takım ölçümler yapıp bu elde etmiş olduğu ölçüm değerlerini kontrol sistemi telafi belleğine girmesi gerekir.

Örneğin, aşağı yukarı tüm işleme merkezleri program sıfırının makinada ölçülmesini gerekli kılar. Bu ölçüm bir kez yapılırsa, ya program değiştirilmelidir, veya program sıfır değerlerinin fiyktür telafilerine girilmesi gerekir.

Eğer bu ölçümler yanlış bir şekilde yapılmış, veya bunların kontrol sistemi belleğine girilmesi esnasında bir hata yapılmışsa, kontrol sistemi program sıfırının nerede olduğunu doğru olarak bilmeyecek; program komutlarına bağlı olan tüm hareketler doğru olmayacaktır.

Benzer şekilde takım boyları ve çapları ölçülüp kontrol sistemi belleğine girilmesi gerekir.Eğer bu esnada bir hata yapılmış ise, kontrol sistemi her bir takıma ait olan takım boyunu veya çapını doğru bir şekilde algılamaz.

5.2.4. Atlamadan Kaynaklanan Hatalar

Acemi programcıların çoğu program içinde gerekli olan kodların bazılarını atlayarak kodlama eğilimindedirler.Programda ölçülerin verilmesi esnasında “.” nokta değerini veya soğutma suyunu açma kodunu unutabilirler.Aynı şekilde programda ilerleme değerini vermeyi unutabilirler.Bu tip unutma hatalarına karşı eğilimli olunabileceğinin bilinmesi programın test edilmesine başlandığında yardımcı olur.

5.3. Programın Test Edilme Yöntemleri

Şimdiye kadar temel şeyler hakkında fikir sahibi olduk, şimdi programların test edilmesi için gerekli olan gerçek prosedürleri tartışalım.Öncelikli olarak Feed Hold (ilerlemeyi durdurma) tuşunu çok iyi bir şekilde kullanabilmek için alışkanlık kazanılması gerekir.Programı başlatmak için Cycle Start(Başla) tuşuna her bastığınızda, diğer parmağınızın Feed Hold tuşu üzerinde konumlandırılmış olması gerekir.Eğer beklenmeyen bir hızlı hareket kodu yapılmakta ise,Feed Hold tuşunun nerede olduğunu tesbit edecek kadar zamanınız olmayabilir.Bu sebeple parmağınız kesinlikle bu buton üzerinde tutulmalıdır ve ani olarak basacak şekilde hazır olmalıdır.Program test edilene kadar bu tekniğin kullanılması gerekir.Bu tekniğin herhangi bir sebeple bindirme hatalarının önüne geçilmesinde faydalı olur.

5.4. Machine Lock (Tezgah kilitleme) ile Çalıştırma

Makine kilitleme anahtarına sahip olarak tüm CNC tezgahlar bu işleme imkan tanır. Bu prosedür programda bulunabilecek olan yazım hatalarına karşı programın kontrol edilmesini sağlar. Hazırlık işlemi yapıldıktan ve program ile ilgili tüm bilgiler (takım telafiler, program sıfır, vb.) kontrol sistemine girildikten sonra, operatör Machine Lock ve Dry Run anahtarlarını ve aynı zamanda Dry Run ile verilen ilerleme hızını kontrol eden anahtarı (genellikle Feed Override ve Jog feedrate anahtarları) en yüksek konumuna getirerek hareketlerin mümkün olan en hızlı biçimde işlenmesini sağlar.

İşlem başlatıldığında (Cycle Start butonuna basarak), kontrol sistemi programda oluşabilecek olan yazılım hatalarına karşı programı tarar. Programın icrası esnasında, iş mili döner, magazinden istenilen takım alınır, kontrol sistemi programı gerçekten çalıştırıyormuş gibi görünür. Eksenler (X, Y, Z ve benzeri) fiziksel olarak hareket etmez.

Bu yöntem operatörü programı en rahat biçimde kontrol etmesini sağlar. Kontrol işlemi esnasında operatör kendini son derece rahat hisseder, çünkü tezgah eksenleri fiziksel olarak hareket etmemektedir. Operatör, eksenlerde herhangi bir hareket olmadığını gördükten sonra (Machine Lock tuşu gerçekten de aktif hale getirmiş), kendini iki şeyden bir tanesi olana kadar rahat hisseder. Ya kontrol sistemi bir alarm oluşturur veya bir alarm oluşturulmamasına rağmen program sona ermez ve askıda kalır.

Eğer kontrol sistemi program içinde bir yazım hatası bulmuş ve bir alarm vermişse, operatör alarmı teşhis etmeli, problemi halletmeli ve programı tekrar işleme sokmalıdır. Bu işlem makine kilitleme anahtarı aktif haldeyken, tüm program herhangi bir alarm oluşturulmayana kadar tekrarlanmalıdır.

Kontrol sistemi herhangi bir alarm vermeden tüm programın icraasını tamamladığında, operatör bilecektir ki, kontrol sistemi programı kabul etmektedir. Her ne kadar program içerisinde istenmeyen hareket hataları olsa bile, en azından program baştan sona kadar bir alarm vermeden işleme alınmıştır. İşlem bitirildikten sonra, çoğu CNC kontrol sistemlerinde kumanda yapısı gereği Tezgah Kilitleme tuşunun devre dışı bırakılıp makine pozisyonu ile

kontrol sistemi pozisyonlarını senkronize etmek için tüm eksenlerin kesinlikle sıfıra gönderilmesi gerekir.

Eğer CNC programı bir CAM sistemi ile hazırlanmışsa, CNC programında yazım hataları olmayacağından dolayı bu test prosedürünün uygulanmasına gerek yoktur.

5.5. Dry Run İle Çalıştırma

Makine kilitleme ile çalışma prosedürü başarılı bir şekilde tamamlanmışsa, operatör programda eksen hareketlerini vermeye hazırdır. Bu prosedürün ana sebebi harekette kaynaklanan problemlerin kontrol edilmesidir. Operatörün bu prosedürü yerine getirirken so derece dikkatli olması gerekir. Bu esnada, iş parçası sıfır ayarları yapılır fakat bağlama aparatı üzerine herhangi bir iş parçası bağlanmaz.

Bu işlemi yerine getirebilmek için, operatör makine kilitleme anahtarını devre dışı bırakır, Dry Run-Kuru çalışma-İlerleme hızını ayarlayan anahtarı en düşük konumuna alır ve Rapid Traverse Override-Hızlı hareket Ayarı anahtarını en düşük konumuna alır. Program işleme operasyonu başlatıldığında (Cycle start tuşuna basma) operatör bir parmağının Feed Hold-İlerlemeyi durdurma butonunun üzerinde basmaya hazır halde tutması gerekir.

Jog feedrate-sabit hızda ilerleme hızı en düşük konumuna alındığından dolayı eksen hareketleri son derece yavaş olacaktır. Operatör Jog feedrate anahtarının ayar konumunu değiştirmek suretiyle eksen ilerleme hızını artırdıkça eksenler biraz daha hızlı hareket edecektir. Operatör bu hız değerini kendini emniyetli hissettiği bir değere hazırlayabilir.

Her bir takım iş parçasına veya iş parçası tespit aparatına yaklaştıkça, Dry Run-Hız ayar anahtarının düşük konuma ayarlanmak suretiyle eksen hızları düşürülebilir. Eğer operatör endişeliyse ve bir şeyi kontrol etmek istiyorsa, işlemi geçici olarak durdurmak için feed hold-ilerlemeyi durdurma butonuna basabilir. Duraklama sonrası Cycle Start (Başla) tuşuna basılarak eksen hareketleri tekrar başlatılabilir. Eğer operatör programdaki harekette olan bir hatadan dolayı işleme operasyonunu iptal etmek isterse, ilerlemeyi durdurma (Feed hold) tuşuna bastıktan sonra, Reset tuşuna basabilir, mod anahtarı manual modda zero return

konumuna alınmak suretiyle makine sıfır pozisyonlarına gönderilebilir, ve problem mod anahtarı Edit konumuna alınmak suretiyle programda değişiklik yapılarak düzeltilebilir.

5.6. İş Parçası Bağlanmadan Programı Çalıştırma

İlk iş parçasını gerçek olarak işlemeye geçmeden önce, yerine getirilmesi gerekli olan önemli bir prosedür daha vardır. Operatörün Dry Run anahtarını kapamak suretiyle iş parçasını aparata bağlanmadan evvel programı tamamıyla çalıştırması gerekir. Bu operatörün bir önceki prosedürde görülmesi mümkün olmayan ilerleme hızlarını görmesine yardımcı olur. Dry Run anahtarı aktif hale getirildiğinde operatörün hızlı hareket ile kesme hızları arasındaki farkı ayırt etme kabiliyeti yoktur. Bu hareketlerin hepsi aynı hareket gibi gözükür.

5.7. İlk İş Parçasının Alınması

Sonunda operatör ilk iş parçasını çalıştırmaya hazırdır. Hala programdaki her bir takım potansiyel olarak tehlikeli duruma sebebiyet veren en azından bir harekete sahiptir. Çoğu programcılar her bir takımı iş parçası yüzeyine 3mm kalacak şekilde hızlı bir şekilde pozisyonlandırırlar. Bu son derece az olan mesafenin bir önceki kontrol prosedürlerinde kontrol edilmesi mümkün değildir. Bu sebeple operatör her bir takımın iş parçasına olan yaklaşma hareketi sırasında son derece dikkatli olması gerekir. Aynı zamanda eğer takım değişik yüzeylere programın diğer kısımlarında hızlı hareketle yaklaşıyorsa, aynı zamanda bu hareketler esnasında da operatörün tedbirli olması gerekir. Takımın iş parçasına yaklaşma hareketi makinanın seri hareketleri minimum seviyede tutularak makine açısından bir emniyet teşkil etmektedir.

5.8. Doğru Parçaların Elde Edilmesi

Yukarıda bahsedilen prosedürler birincil hedef olarak operatör emniyetini konu almaktadır. Aynı zamanda operatörün de doğru parçaları elde etmesi gerekir. İlk iş parçasının işlenmesi esnasında, iş parçasının işlenmesi esnasında, iş parçasının istenilen ölçülerde alınmasını sağlamak için bir takım şeyler gereklidir.

Eğer operatörün her bir takımın işleme operasyonu esnasında ne yapmakta olduğunu dikkate alırsa, işlenen parça yüzeyi üzerinde takımın bir miktar paso kalacak şekilde iş parçasını işlemesini sağlayabilir. Deneme telafisi ile işleme operasyonu sonrası, işlenen yüzey ölçülebilir ve bu ölçüm sonrasında operatör gerçek olarak iş parçası üzerinde ne kadar paso kaldığını bulabilir. Buna göre telafi değeri uygun bir şekilde ayarlanarak, takım tekrar işleme sokulabilir. Bu durumda takım iş parçasını istenilen hassasiyet değerinde işlemiş olacaktır. Bu sıra iş parçasının resimde belirtilen ölçülerinde çıkması için programdaki her bir takım için tekrarlanabilir. (Mamur T.,1999)



6. PROGRAMLAMA İLKELERİ

6.1. Programlamaya Giriş

Program bir parçanın tam olarak işlenmesi için tüm bilgiler içeren ve bunları tezgahların kontrol ünitesine giriş olarak veren bir belgedir. Bir program blok denilen ve tek bir sıraya yazılan birtakım cümlelerden meydana gelmektedir; her blok farklı tipte bilgi içerebilir. Genelde bir programda çeşitli bilgi vardır:

- Takım veya parçanın konumunu, yaptığı hareketin şeklini ve yönünü kapsayan geometrik bilgiler;
- Takım, ilerleme hızı ve kesme hızını içeren teknolojik bilgiler;
- Kesme hareketinin (tornada parçanın, frezede takımın dönmesinin gerçekleşmesini, takım değiştirmesini, kesme sıvısının kullanılmasını içeren yardımcı bilgiler.

Genelde CNC tezgahları için program oluşturmak için bir çok yöntemler vardır. Bunlar:

- ISO kod (G-kodu) sistemine dayanan, elle programlama;
- APT gibi programlama dilleri;
- Grafik etkileşime dayanan CAM (Bilgisayar Destekli İmalat);
- Modele dayanan sayısal (digitizing) tekniği;
- Diyalog sistemi gibi yöntemlerdir.

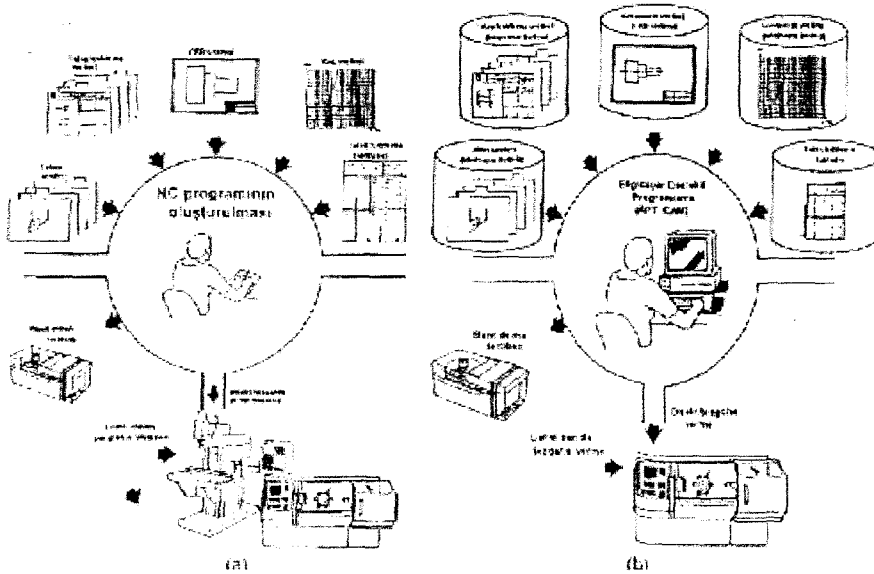
Bu programlama yöntemleri ile ilgili şu hususları hatırlamakta fayda vardır.

- Programlama yöntemleri ne olursa olsun CNC sistemlerin kontrol üniteleri ISO yani G kodlarından anlar. Dolayısıyla başka yöntemlerle oluşturulan programlar postprosesör denilen bir sistemle bu kodlara dönüştürülür ve sonra tezgaha verilir.
- Elle programlama yöntemi esasen direkt olarak programı ISO (G) kodları ile yazmaktır; burada program herhangi bir belge gibi elle yazılabilir; kontrol ünitesinin kontrol panosunu kullanarak direk tezgaha verilebilir veya bir bilgisayarda oluşturulabilir.
- Genelde elle programlama karmaşık derecesi az olan parçalara uygulanır. Kalıp, motor, vites kutusu vb. gibi karmaşık parçalarda CAM yöntemi uygulanır. Bu yöntemde

parçanın; ilkin CAD (bilgisayar destekli tasarım) sistemi ile katı veya yüzey modeli oluşturulur, sonra CAM (Bilgisayar destekli İmalat) ile takım yolu adımı taşıyan genel bir çözüm ve sonra postprosesör yardımıyla G kodları yaratılır. Bu yöntemde CAD ve CAM programları birbirinden ayrı veya CAD_CAM şeklinde entegre olabilirler; CAD-CAM adını taşıyan ikinci yöntem bir çok bakımdan daha elverişlidir.

- Sayısal yöntem çok karmaşık ve modeli olan parçalara uygulanır. Model imal edilecek parçanın kendisi ve stereo-litografi yöntemini kullanılarak plastik bir malzemeden elde edilebilir. Bu son durumda CAD sistemi ile oluşturulan parçanın katı veya yüzeysel modeli kullanılır.
- Oldukça kolay olan ve tezgah üzerinde yapılan diyalog yöntemi genel bir yöntem değildir; sadece bu yöntemi destekleyen tezgahlarda uygulanır. Bu tezgahlar diğerlerine göre daha pahalıdır; ayrıca programlama sırasında tezgah çalışmadığı için bir kayıp zaman meydana gelir.

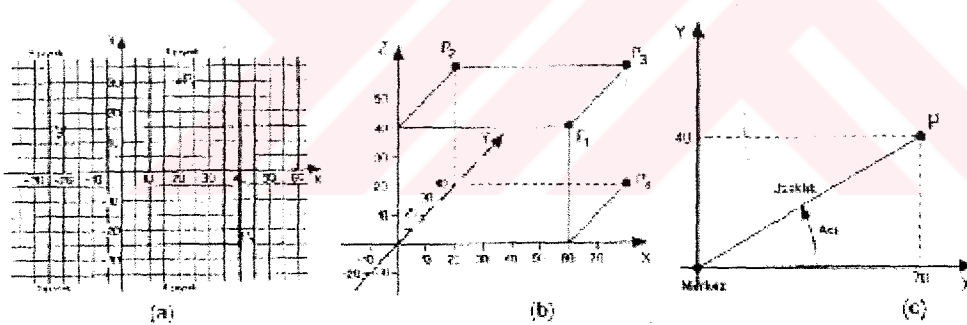
Yukarıdaki açıklamalar dikkate alınırsa esasen programlama yöntemleri iki gruba ayrılır; programın direkt olarak G kodunda yazılan elle programlama ve Bilgisayar Destekli programlama. Bilgisayar destekli programlamada; program ilkin genel bir çözüm olarak oluşturulur ve sonra postprosesörün yardımıyla G kodlarına dönüştürülür. Şekil 6.1.a,b de elle ve Bilgisayar destekli Programlamalarının esasları verilmiştir.



Şekil 6.1. Elle (a) ve Bilgisayar Destekli Programlama

6.2. Koordinat Sistemi

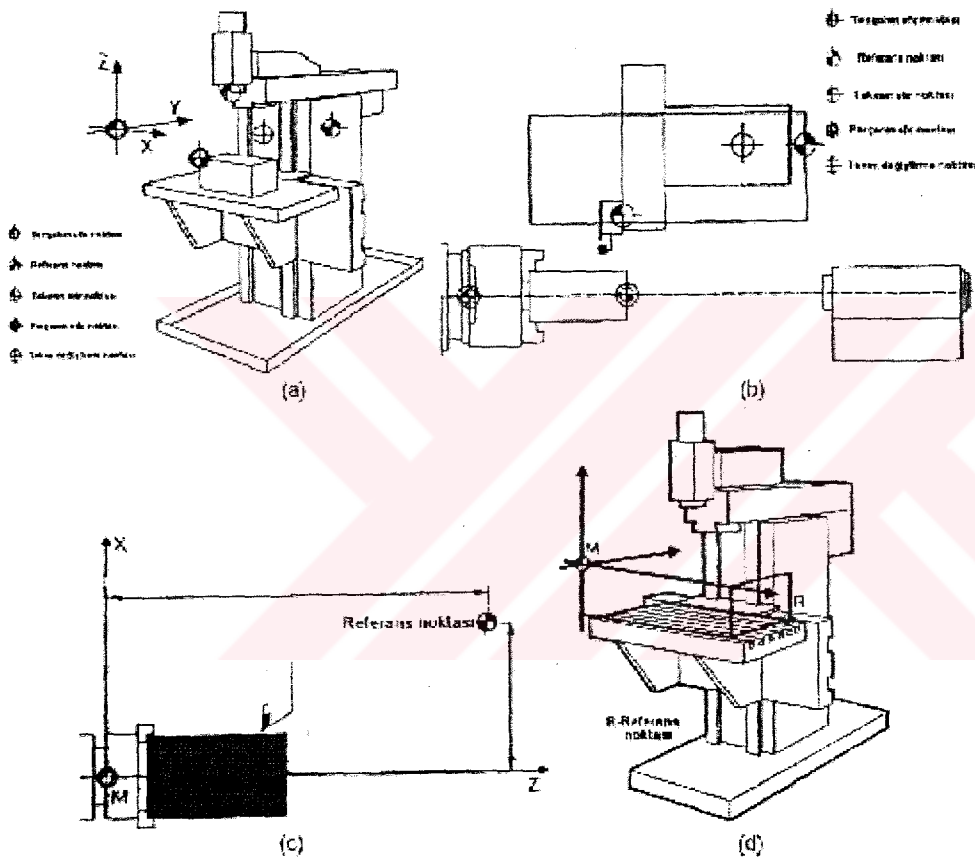
CNC tezgah ve sistemlerde takım yolları bir koordinat sistemi referans alınarak matematiksel bağıntılarla ifade edilir. Bu nedenle gerek programlamada, gerekse tezgahların çalışmasında koordinat sistemi önemli bir yer tutmaktadır. Bilindiği gibi sıfır değeri olan bir noktadan geçen, belirli ölçekle taksim edilen ve eksen adını taşıyan çizgilere koordinat sistemi denilir. Eksenler birbirine dik olduğu durumda sisteme kartezyen koordinat sistemi denilir. Koordinat sistemi tek bir düzlemi ifade eden iki eksenli (Şekil 6.2a) veya üç düzlemi gösteren üç eksenli olabilir (Şekil 6.2b). İki eksenli koordinat sisteminin eksenleri X,Y; Y,Z veya X,Z; üç eksenli sisteminin eksenleri X,Y,Z şeklinde ifade edilir. CNC sistemlerde koordinat sisteminin orijinine sıfır noktası da denilir. Bunun yanı sıra iki düzlemde, nokta konumunu uzunluk ve açı ile veren polar (Şekil 6.2c); üç boyutlu sistemlerde silindirik ve küresel koordinat sistemleri kullanılır. Şekil 6.2'deki koordinat sistemi esas olarak alınırsa her hangi bir noktanın koordinatları 1. Çeyrekte ikisi de pozitif (+X,+Y); 2. Çeyrekte X negatif, Y pozitif (-X,+y); 3. Çeyrekte X negatif, Y negatif (-X,-Y); 4. Çeyrekte X pozitif Y negatif (+X,-Y)'dir.



Şekil 6.2. İki eksenli (a), üç eksenli (b) ve (c) polar koordinat sistemleri

CNC tezgah ve sistemlerde tezgah, parça ve takım olmak üzere üç ayrı koordinat sistemleri vardır. Bu koordinat sisteminin orijinlerine; tezgaha ait olanına tezgah sıfır noktası; parçaya ait olanına parça sıfır veya program referans noktası; takıma ait olanına takım sıfır noktası denilir. Bu noktalar freze ve işleme tezgahları için Şekil 6.3a'da ve torna için Şekil 6.3b'de verilmiştir; bu şekillerde bu noktaların simgeleme şekli de gösterilmiştir. Bu noktaların yanı sıra genellikle parçadan en uzak noktada bulunan takım değiştirme noktası ve genel bir referans noktası bulunur. Bu son noktalar sadece nokta olup, esasen belirli bir koordinat sisteminin orijini temsil etmezler. Birçok sistemlerde referans noktası ile takım değiştirme

noktası aynı noktadır. Bu durumda esas referans noktası, tezgahın sınır noktasından en uzak noktadır ve takımın parçaya veya parçanın takıma göre gidebileceği en uzak noktayı temsil etmektedir. Başka bir deyimle tezgahın sınır noktası ile referans noktası, takım veya parçanın hareket sınırlarının yani işlenecek parçanın büyüklüğünü belirtir. CNC sistemlerde takım koordinat sistemi, ana koordinat sistemidir, tüm diğer koordinat sistemleri ve noktalar bu koordinat sistemine göre belirlenir. Tezgah eksenlerinin orijini yani tezgahın sıfır noktası tezgahın imalatı sırasında tayin edilir. Dolayısıyla sabittir ve değiştirilemez.



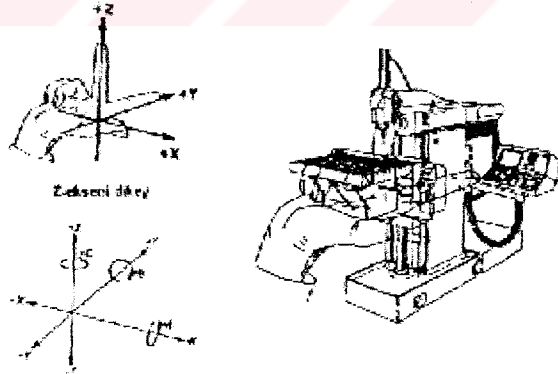
Şekil 6.3. Freze (a) ve Torna (b) tezgahlarının sıfır noktaları

6.2.1. Tezgah Eksenleri

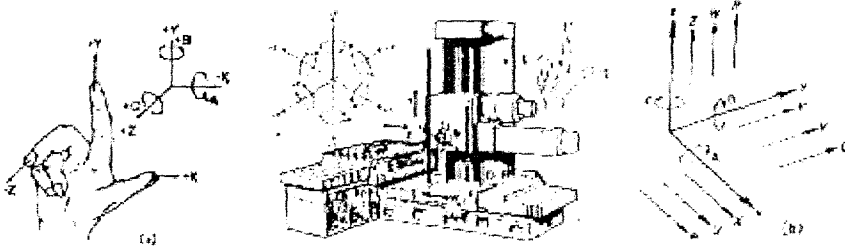
CNC tezgahların çalışması tezgah eksenlerine dayanmaktadır. Tezgah eksenleri parça veya takımın kontrol edilen hareket yönlerini belirtir. CNC sistemlerinde ISO ve ABD'de EIA (Electronic Industries Association) tarafından kabul edilen sağ-el kartezyen koordinat

sistemi kullanılmaktadır. Şekil 6.4'te dikey ve Şekil 6.5'te yatay olan tezgahlar için bu koordinat sistemi gösterilmiştir.

Bu sistemde X,Y ve Z ile gösterilen üç doğrusal hareketinin yanı sıra A, B, C ile simgelenen üç dönme hareketi olmak üzere toplam altı eksen vardır. Burada Z ekseni iş mili yönündedir; X ekseni Z eksenine dik olup ana ilerleme yönünde; Y bu iki eksene diktir. Takım hareketi esas alınır, genelde sağ elin başparmağı X, orta parmağı Z ve işaret parmağı Y eksenlerin pozitif yönlerini göstermektedir. Takım hareket yönleri X, Y, Z, A, B, C; parça hareket yönleri X', Y', Z', A', C' ile gösterilir (Şekil 6.5b). Takım eksenlerinin pozitif yönleri takımın parçadan uzaklaştığı yönlerdir; parçaya yaklaştığı yönler negatif (-Z,-Y,-Z) sayılır. Söyle ki takımın negatif yönleri parça için pozitif (X',Y',Z); takımın pozitif yönleri parça için negatiftir (-X',-Y',-Z). Buna göre aynı işlem parça veya takımın zıt hareketleri ile elde edilir; bu nedenle parça hareketleri takım hareketlerine zıt sayılır ve programlamada parça hareket etse dahi takım hareket ettiği varsayılır. Bazı tezgahlarda takım veya parça, üst üste yerleştirilen kızaklarla aynı yönde ve aynı anda birden fazla ilerleme hareketi yapılabilir (Şekil 6,5b). Bu durumda Z yönündeki ek hareketler W,R; X yönünde U,P ve Y yönünde V,Q ile ifade edilir. (Şekil 6.5b).Dönme hareketlerinin yönleri Sağ-el başparmak ilkesine göre tayin edilir. Buna göre başparmak doğrusal ekseninin pozitif yönünde iken, o eksene ait pozitif dönme yönü parmağa bakıldığında soldan sağdır.

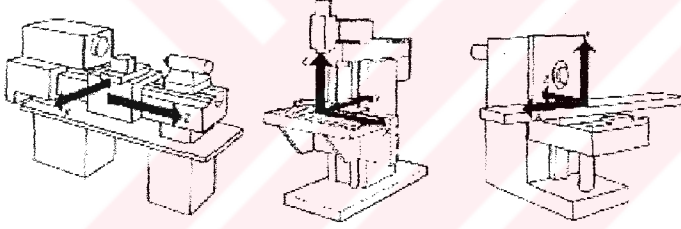


Şekil 6.4. Z-ekseni dikey sağ el koordinat sistemi

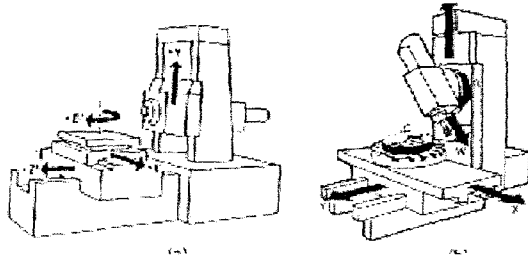


Şekil 6.5. Z-ekseni yatay sağ el koordinat sistemi

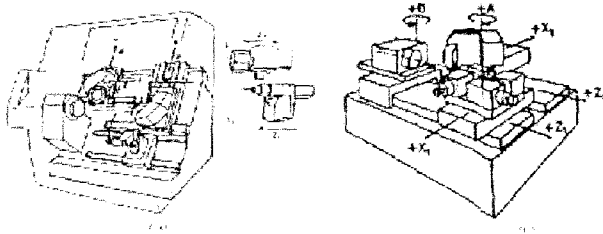
Yukarıdaki kurallara göre Şekil 6.6a'da torna, Şekil 6.6b'de dikey ve Şekil 6.6c'de yatay freze tezgahlarının eksenleri gösterilmiştir. Tornada ana kızağının parça uzunluğuna göre hareketi Z,; parça eksenine dik olan üst kızağın hareketi X ile gösterilir. X eksen parçanın yarıçapını ve Z eksen uzunluğunu ifade eder. Bu tezgahlarda genelde Y yönünde hareket olmadığından, Y eksen yoktur. Bu nedenle torna tezgahlarında takım konumu sadece X ve Z koordinatları ile ifade edilir. Burada kesme hareketi yapan iş milinin dönmesi de kontrol edilirse, bunun yönü C ile gösterilir. Freze ve işleme merkezlerinde X,Y,Z koordinatları kullanılır. Şekil 6.7a'da 4 eksenli yatay ve Şekil 6.7b'de 6 eksenli dikey bir işleme merkezi verilmiştir; bu çeşit tezgahların dönme yönlerine dikkat edilmesi gerekir.Şekil 6.8a'da iki taret ile donatılmış bir tornanın eksenleri verilmiştir. Burada birinci taretin hareket yönleri Z ve X; ikincisinin ise X ve U ile gösterilmiştir. Eksen bakımından önemli bir konu, frezeleme işlemi yapan torna tezgahı ile ilgilidir. Burada bu işlemi yapmak için taretle döner başlıklı bir freze takımı yerleştirilir.Bu sistemde tornalama işlemleri için X,Z eksenleri, frezeleme işlemler için X,Z koordinatların yanı sıra Y koordinatı yerine iş milin dönme eksenini olan C alınır.



Şekil 6.6. Torna, Dikey ve Yatay Freze tezgahlarının eksenleri



Şekil 6.7. Yatay ve Dikey İşleme Merkezlerinin Eksenleri



Şekil 6.8. İki taretli torna ve taşlama tezgah eksenleri

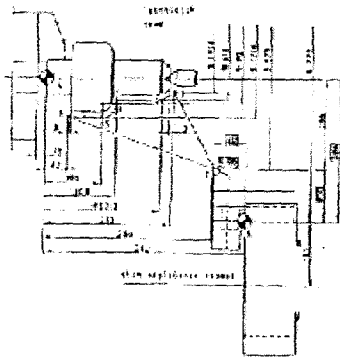
Yukarıda açıklamalardan görüldüğü gibi CNC tezgahları eksen bakımından 1,2...6 eksenli olabilir. Eksen sayısı arttıkça tezgahın karmaşık parçalar işleme kabiliyeti artmaktadır. Ancak daha öncede belirtildiği gibi her eksenin bir kontrol devresi vardır; dolayısıyla eksen sayısı arttıkça tezgah daha karmaşık ve pahalı olur. Eksenlerle ilgili dikkat edilmesi gereken husus kesme (dönme) hareketi yapan iş milleri ile ilgilidir. Genellikle iş millerinin dönme hareketi eksen sayılmaz. Örneğin bir tornanın iş mili bir sviç'in yardımıyla otomatik olarak harekete geçse ve hız değiştirse dahi eksen sayılmaz. Ancak iş milinin dönme konumu kontrol edilirse yani istenilen açıda tam olarak durdurulursa eksen sayılır. Bu kontrol bir devir (360°) boyunca sürekli yapılırsa tam eksen; belirli konumlarda örneğin her 15° 'de yapılırsa yarım eksen ($1/2$) sayılır. Buna göre örneğin $3^{1/2}$ eksenli tezgahlar vardır.

Yukarıda belirtildiği gibi tezgah eksenlerinin orijini yani tezgahın sıfır noktası tezgahın imalatı sırasında tayin edilir ve tezgahın kontrol ünitesi belleğinde saklanır. Dolayısıyla sabittir ve değiştirilemez.

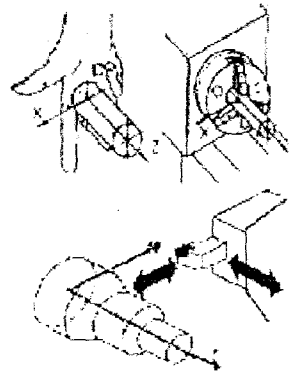
- Önemli uyarı. Yine yukarıda belirtildiği gibi CNC tezgahların programlamasında parça değil sadece takım hareket ettiği varsayılır.

6.2.2. Parça Koordinat Sistemi

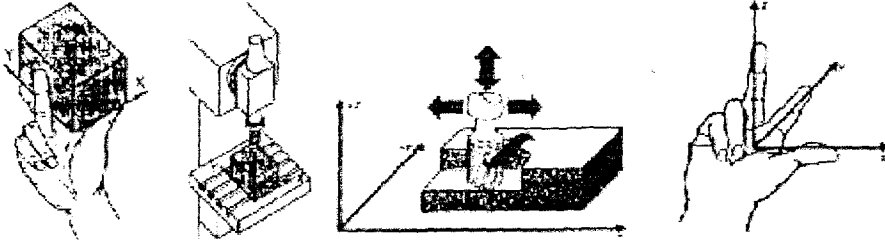
CNC tezgahlarında parçayı işlemek için programda takım yolu (tool path) denilen parça üzerinde takım konumlarının tayin edilmesi gerekir. Takım yolu parça üzerinde önemli noktaların koordinatlarını belirterek tayin edilir. Örneğin tornalama işlemini gösteren Şekil 6.9'da takım yolu 0,1,2,3,4,5,6 noktalarının koordinatları ile belirtilir.



Şekil 6.9 Takım yolu

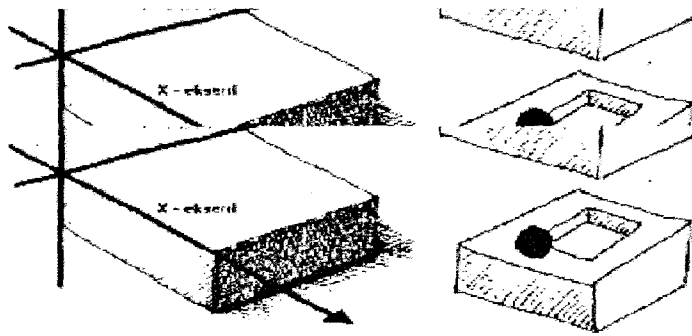


Şekil 6.10a Tornada parça eksenleri



Şekil 6.10 b Frezede parça eksenleri

Parça üzerinde takım yolunun koordinatlarını belirtmek için, tezgah koordinatlarından bağımsız bir parça koordinat sistemi seçilir. Bu koordinat sisteminin orijini parça üzerinde veya dışında herhangi bir noktada olabilir; ancak eksen yönlerinin tezgah eksenleri yönünde olması gerekir (Şekil 6.10a,b). Genelde frezeleme, matkap veya işleme merkezlerinde işlenen parçalar için parçanın sıfır noktası parçanın üst yüzeyinde alınır (Şekil 6.11). Tornalamada parçalar simetrik olduğundan, parça sıfır noktası Z ekseninde parçanın sol veya sağ ucundan alınır (Şekil 6.12a,b). Sıfır noktası sol tarafında alındığında buna arka; sağ tarafında alındığında önde denilir. Bu şekilde tornalamada Z koordinatı parçanın uzunluğunu; X koordinatı ise parçanın çapını temsil eder. Ancak X eksenin pozitif yönü takımın bulunduğu tarafa doğrudur; bu bakımından Şekil 6.12b'deki konuma sol el (left hand); Şekil 6.12c'deki konuma sağ el (right hand) denilir. Neticede takım hangi tarafta bulunursa bulunsun, takım parça merkezine doğru bir hareket yaparsa X negatif, uzaklaşırsa pozitif alınır.



Şekil 6.11. Frezelemede parçanın sıfır noktası



Şekil 6.12. Tornalamada parçanın sıfır noktası

Takım yolunu oluşturan noktaların koordinatları bilinen yöntemlerle tayin edilir. Örneğin Şekil 6.2a'daki P noktalarının koordinatları;

P_1 : X20 Y30; P_2 : X-20 Y15; P_3 : X40 Y-25

tir. Şekil 6.2b'deki noktaların;

P_1 : X60 Y0 Z40; P_2 : X0 Y40 Z40; P_3 : X60 Y40 Z40; P_4 : X60 Y40 Z0

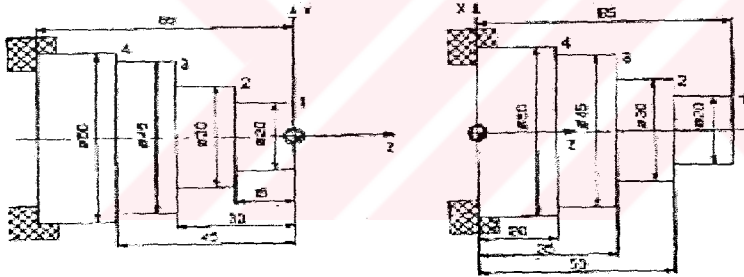
dir. Benzer şekilde Şekil 6.13a,b'deki P noktasının koordinatları sırasıyla;

P: X50 Y30 Z20

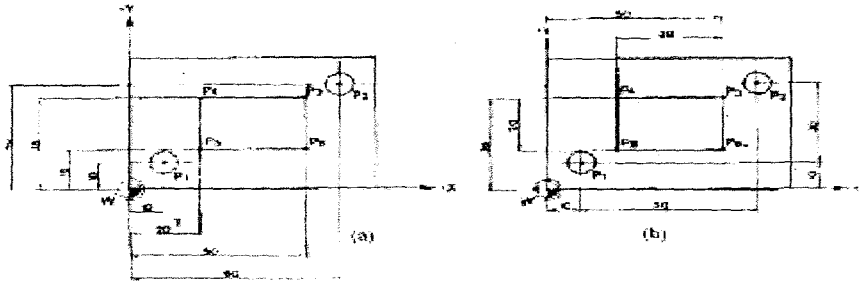
P: X30 Y40 Z-50

dir. Şekil 6.14'te, aynı parçanın sıfır noktası sağ ucunda (a) ve sol ucunda (b) olduğu durumlarda 1,2,3,4 noktalarının koordinatları şöyledir:

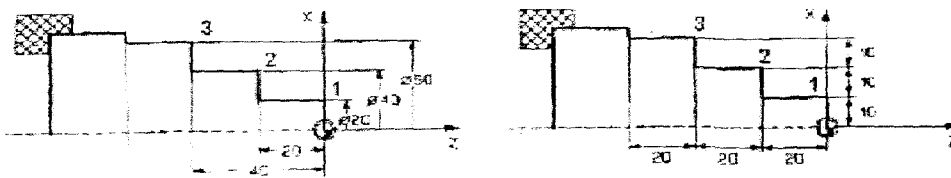
- | | |
|---------------|-----------|
| 1: X10 Z0 | X10 Z65 |
| 2: X15 Z-15 | X15 Z50 |
| 3: X22.5 Z-30 | X22.5 Z20 |
| 4: X25 Z-45 | X25 Z20 |



Şekil 6.14 Önemli nokta koordinatlarının tayini



Şekil 6.15 Mutlak ve eklemeli koordinat sistemi



Şekil 6.16. Mutlak ve eklemeli koordinat sistemi

Takım yolu koordinatları mutlak ve eklemeli olarak verilebilir. Mutlak sistemde tüm noktaların koordinatları orijine göre verilir; eklemeli sistemde ise daha önceki noktaya yani takımın bulunduğu noktaya göre verilir. Örneğin Şekil 6.15'deki parçanın P1 ve P2 noktalarının koordinatları

Mutlak sistemde (a):

P₁: X10 Y10; P₂: X60 Y 40

ve eklemeli sistemde (b):

P₁: X10 Y10; P₂: X50 Y30

dır. Aynı şekilde Şekil 6.16'daki parça noktalarının koordinatları:

Mutlak sistemde (a)

1: X10 Z0

2: X20 Z20

3: X30 Z40

ve eklemeli sistemde (b):

X10 Z0

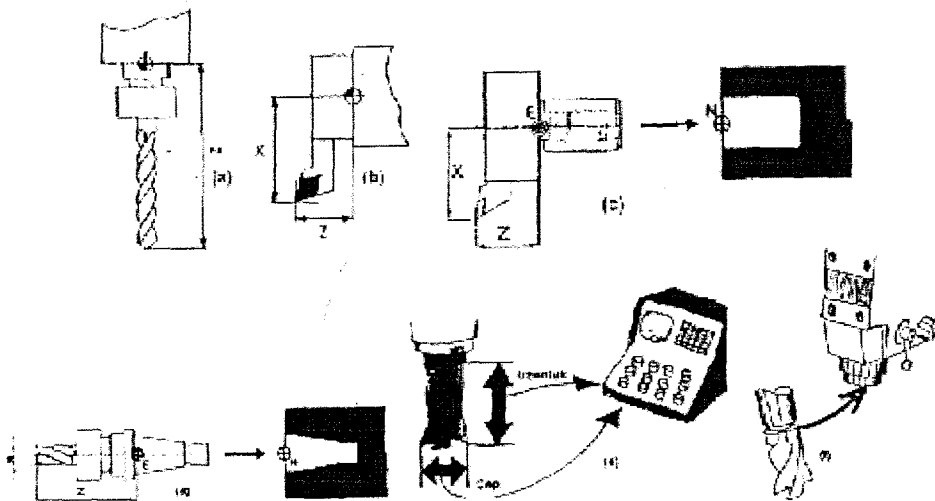
X10 Z20

X10 Z20

şeklindedir.

Önemli uyarı: CNC tezgahlar için hazırlanan imalat resimleri Şekil 6.15a,b ve Şekil 6.16a,b de gösterildiği gibi mutlak ve eklemeli sisteme uygun bir şekilde boyutlandırılmalıdır.

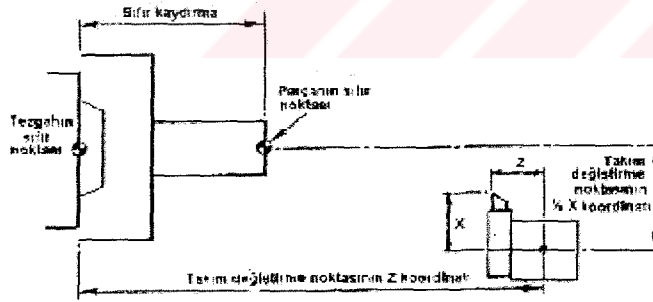
6.2.3. Takım Koordinat Sistemi



Şekil 6.17 Takımın sıfır noktası

Şekil 6.17a'da freze ve Şekil 6.17b'de torna takımlarına ait koordinat sistemi verilmiştir. Sıfır noktası için takım tuturma tertibatı üzerinde herhangi bir nokta seçilmekle beraber genellikle uygun bir nokta seçilir. Genelde bu orijin takım tuturma tertibatının alın yüzeyinde seçilir (Şekil 6.17c,d). Takımların boyutları bu orijine göre Z ve X şeklinde verilir. Freze takımında Z eksenini takımın uzunluğunu ve X eksenini takımın d çapını veya r yarıçapını ifade eder. Torna takımında X ve Z koordinatları takım ucunun yerini gösterir; ayrıca takım ucunun r yarıçapı da verilir CNC sistemlerinde bir parçanın işlenmesi için kullanılan takımların, tezgahın kontrol sisteminde bir dosyası açılır ve bu dosyada takımların; frezede Z ve çapı, torna kaleminde X,Z ve uç yarıçapı şeklinde boyutları kaydedilir (Şekil 6.17e). Takım sıfır noktasının yeri tezgahın imalatı sırasında belirlenir; ancak konumu, takım hareket ettiği için değişkendir.

CNC tezgahlarında takımlarla ilgili bir de takım değiştirme noktası vardır. Bu nokta genelde referans noktası olan, parça tuturma sisteminden en uzak noktadır (Şekil 6.18). Herhangi bir engel oluşturmaması veya kaza meydana gelmemesi için, parçanın parça tuturma tertibatına bağlanması veya çözülmesi; veya takım değiştirmede takımın bu noktada bulunması gerekir. Referans noktası olarak da adlandırılan bu nokta, sabit olup tezgahın imalatı sırasında belirlenir ve tezgahın kontrol ünitesi belleğinde saklanır.

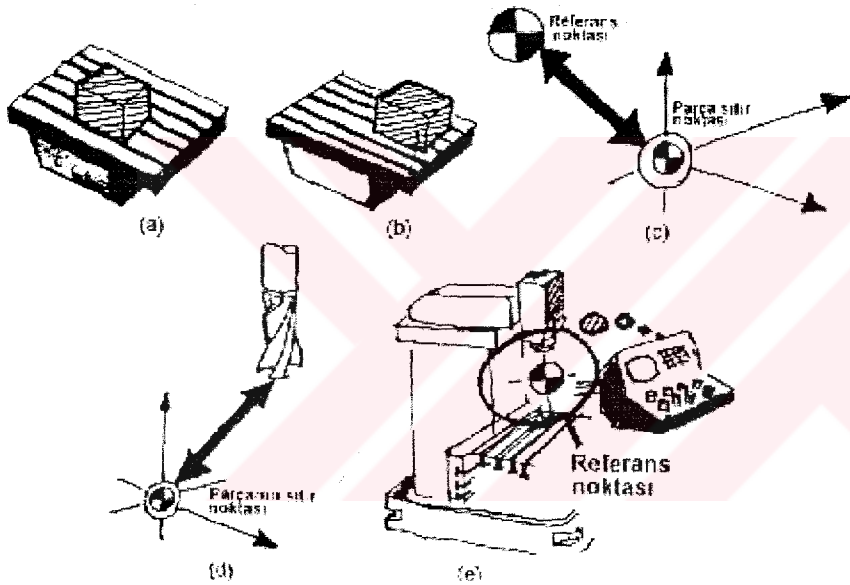


Şekil 6.18. Takım değiştirme noktası

6.2.4. Koordinat Sistemlerin Arasındaki Bağlantı

Yukarıdaki açıklamalar özetlenirse bir CNC tezgahında; tezgahın sıfır noktası, parçanın sıfır noktası ve takımın sıfır noktası üç önemli nokta vardır; burada takım değiştirme noktası referans noktası ile aynı noktada olduğu varsayılır. Orijini yani sıfır noktası 0,0,0 ile belirtilen tezgah koordinat sistemi, tezgahın ana koordinat sistemidir ve esas olarak tüm

diğer noktalar bu koordinat sistemine göre belirtilir. Tezgahın sınır noktası sabittir ve tezgahın kontrol sistemi tarafından bilinir. Aynı şekilde referans noktası da sabittir ve tezgahın kontrol sistemi tarafından bilinir. Tezgah (M) ve referans (R) noktaları tezgah imalatı sırasında belirlenir ve kontrol ünitesinin belleğinde saklanır. Bu iki nokta takım veya parçanın hareket sınırlarını tayin ederler. Takımın sıfır noktasının sadece yeri bellidir; konumu ise takım hareket ettiği için değişkendir. Ancak takım M ve R noktalarını; tornalamada oluşturduğu dikdörtgen, frezelemede meydana getirdikleri kutu içinde hareket edilebilir (Şekil 6.3a,b). Buna göre takım M noktada veya en uzak örneğin R noktada bulunduğu anda, takımın sıfır noktasının koordinatları da belli olur. Frezelemede takım kutunun üst yüzeyinde bulunduğu durumda sadece Z koordinatı belli olur.



Şekil 6.19. Sıfır noktaları arasındaki bağıntı

Parçanın sıfır noktası ise programcı tarafından, tezgahın sınır noktasından tamamen bağımsız seçilir. Ayrıca parça, özellikle freze ve işleme merkezlerinde tezgah tablasının herhangi bir yerine tutturulabilir (Şekil 6.19b). Bu durumda iki konu ortaya çıkmaktadır. Birincisi, parçanın sıfır noktasının konumunu, tezgahın sıfır noktasına tanıtmaktır; ikincisi ise takımın sıfır noktasının konumunu ve referans noktasını, parçanın sıfır noktasına göre tanıtmaktır (Şekil 6.19c,d). Her iki tanıtmayı; ilk parçada konumların birbirine göre ölçülmesi ve ölçme sonuçlarının kontrol ünitesinin belleğine aktarılması ile gerçekleştirir. Ölçmeler hakkında daha sonra bilgi verilecektir. Bu verilere dayanarak parçanın sıfır noktasının, tezgahın sınır noktasına tanıtmayı sınır nokta kaydırma işlemi ile yapılır. Sıfır kaydırma işlemi esasen tezgahın sınır noktası ile parçanın sıfır noktası arasında eksenler doğrultusundaki mesafedir.

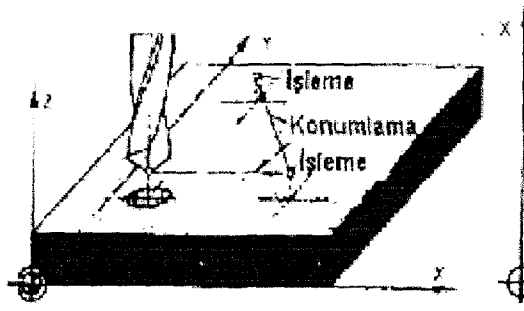
Sıfır kaydırma noktası ayarlanabilen veya programlanabilen olabilir. Ayarlanabilen sıfır noktası operatör tarafından tezgahın kontrol panosuna girilendir. Programlanabilen sıfır noktası programa girilendir. Sıfır kaydırma işlemi gerçekleştirildikten sonra; parça üzerindeki noktaların koordinatlarına, tezgahın sıfır ve parçanın sıfır noktaları arasındaki mesafeler eklenir. Örneğin parça üzerindeki bir noktanın koordinatları X, Y ve tezgahın sıfır noktası ile parçanın sıfır noktası arasındaki mesafe X_w, Y_w ise, noktanın tezgahın sıfır noktasına göre koordinatları $X_t = X \pm X_w$ ve $Y_t = Y \pm Y_w$ olur.

6.3. Kontrol Tipleri

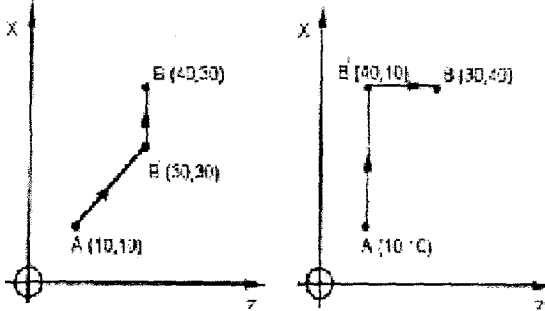
Kontrol tipleri esasen CNC tezgahlarının çalışma şeklini gösterir. Bu bakımdan: Noktadan noktaya da denilen konum; doğrusal ve eğrisel kontrol tipleri vardır.

6.3.1. Noktadan – Noktaya veya Konum Kontrol Tipi

Adı üzerinde bu sistemde takım bir noktadan hedef noktası denilen başka bir noktaya hareket ettirilir (Şekil 6.20a); ancak yol boyunca kontrol edilmez. Noktaya geldiğinde kontrol başlar ve takım kesme işlemini gerçekleştirir. Kontrol sadece takımın hedef noktaya geldiğinde tam istenilen konumda durmasını temin eder. Yöntem delme, zımbalama işlemlerinin yanı sıra tüm diğer talaş kaldırma işlemlerinde çabuk ilerleme hareketi (rapid feed) için kullanılır. Genellikle bu hareket daha sonra açıklanacak olan G00 fonksiyonu ile gerçekleştirilir. Hareket eksenlere paralel veya 45°'lik bir açı ile gerçekleşir. Örneğin Şekil 6.21a'da takımın koordinatları X30, Z40 olan B hedef noktasına gitmek için programa G00 X40 Z30 yazılırsa, takım ilk olarak 45° bir açı ile B¹ (X30 Z30) noktasına gider, ondan sonra X eksenine paralel olarak B (X40 Z30) noktasına ulaşır. Bazı kontrol sistemlerinde (Şekil 6.21b), takım ilkin X eksenine paralel olarak B¹ (X40 Z10) noktasına ve sonra Z eksenine paralel olarak B (X40 Z30) noktasına erişir. Çabuk harekette ilerleme hızının verilmesi gerekmez. Takım hedef noktaya otomatik olarak tezgahın sahip olduğu en yüksek ilerleme hızı ile gider.



Şekil 6.20. Noktadan noktaya kontrol

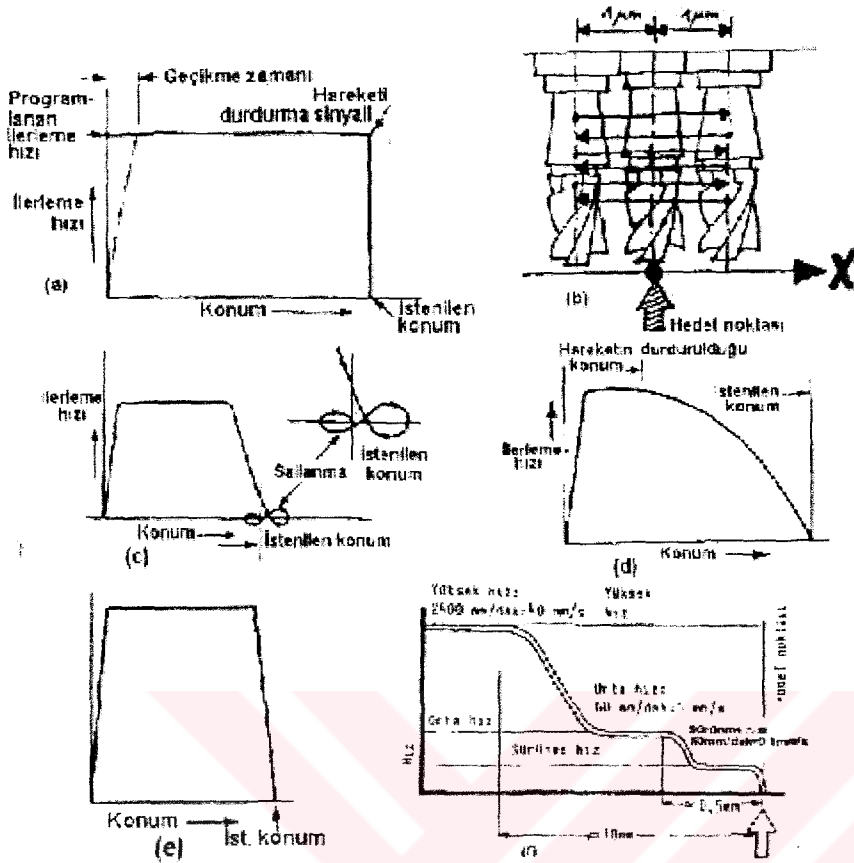


Şekil 6.21. Konumlama takım yolları

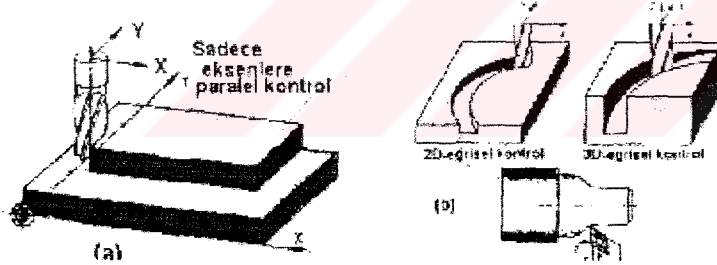
Konumlamada önemli bir problem, takım veya parçanın tam istenilen konumda durmasıdır. Pratikte durma, şekil 6.22a'da gösterildiği gibi gerçekleşmez. Eğer maksimum ilerleme hızı istenilen konuma kadar kullanılırsa, takım istenilen konumdan geçip daha ötede durur. Bu durumda sezgi elemanından kontrol sistemine istenilen konumun geçildiğine dair bir sinyal gelir, bunun sonucu motorun dönme yönü değişir, takım istenilen konumu gelmeye çalışır ancak yine bunu geçer. İşlem takımının, istenilen konumun etrafında sağ sola gidip gelmesi ile devam eder (Şekil 6.22b,c). Sallanma (hunting) denilen bu olay sırasında takımın işleme konumuna girmesi imkansızdır. Bu olayı bertaraf etmek için progresif ve kademli durma denilen iki yöntem vardır. Progresif yöntemde hareketi progresif olarak yavaşlatan bir sönümlenme elemanı kullanılır. Ancak burada takımın tam istenilen konumunda durdurması için, sönümlenme elemanı çok iyi seçilmiş olması gerekir. Kuvvetli bir sönümlenmede takım hareketinin yavaşlatılması çok önceden başlayabilir (Şekil 6.22d); zayıf bir sönümlenme takımını istenilen noktada durdurmaz. Çok daha ucuz olan ve iyi sonuçlar veren kademeli durmada takımın ilerleme hızı, istenilen noktaya yakın bir mesafede kademeli olarak azaltılır (Şekil 6.22e).

6.3.2. Doğrusal ve Eğrisel Kontrol Tipi

Doğrusal kontrol tipinde takımın hareketleri X veya Y eksenleri yönünde kontrol edilir, hareket sırasında talaş kaldırma işlemi de yapılır (Şekil 6.23a). İlerleme hızları eşit olmak koşulu ile hareket 45° lik eğik olarak da gerçekleştirilebilir.



Şekil 6.22. Konumlamada hedef noktada durma



Şekil 6.23. Doğrusal ve eğrisel kontrol tipleri

Bu kontrol tipinin en önemli özelliği işleme koşullarına uygun olarak ilerleme hızının programlanabilmesidir. Frezeleme ve tornalama işlemlerinde kullanılan bu hareket tipi G01 fonksiyonu; örneğin G01 X30 ; G01 Y20 veya G01 X30 Y30 olarak programlanır.

Sürekli adımı taşıyan eğrisel kontrol tipinde takım veya parça konum, yön ve ilerleme hızı bakımından sürekli kontrol edilir. Bu sistemde aynı anda kontrol edilebilen eksen sayısı ikiden altıya kadar olabilir; aynı anda kontrol edilen eksenlerin ilerleme hızları gerekirse farklı olabilir. İki eksen aynı anda kontrol edilebilen yönteme 2D (2 boyutlu) (Şekil 6.23b) ve üç eksen aynı anda kontrol edilene 3D üç boyutlu denilir (Şekil 6.23c). (Akkurt M.,1996)

6.3.3. Adaptif Kontrol

NC ve CNC tezgahların programlanmasında, kesme hızları, ilerleme, talaş derinliği gibi teknolojik doneler, ampirik bağlantılarla kontrol edilmekte veya cetvellerden seçilmektedir. Bu şekilde seçilen veya tayin edilen değerler, çok geniş sınırlar içerisinde değiştiği için tezgahın, prodüktivite, imalat maliyeti veya talaş kaldırma faktörleri bakımından optimum bir değerde çalışmasını sağlamamaktadır. Ayrıca işleme esnasında talaş kaldırma olayını etkileyen ve büyüklükleri ve kaynakları tam olarak belli olmayan bir takım bozucu faktörler meydana gelmektedir. Bu faktörler;

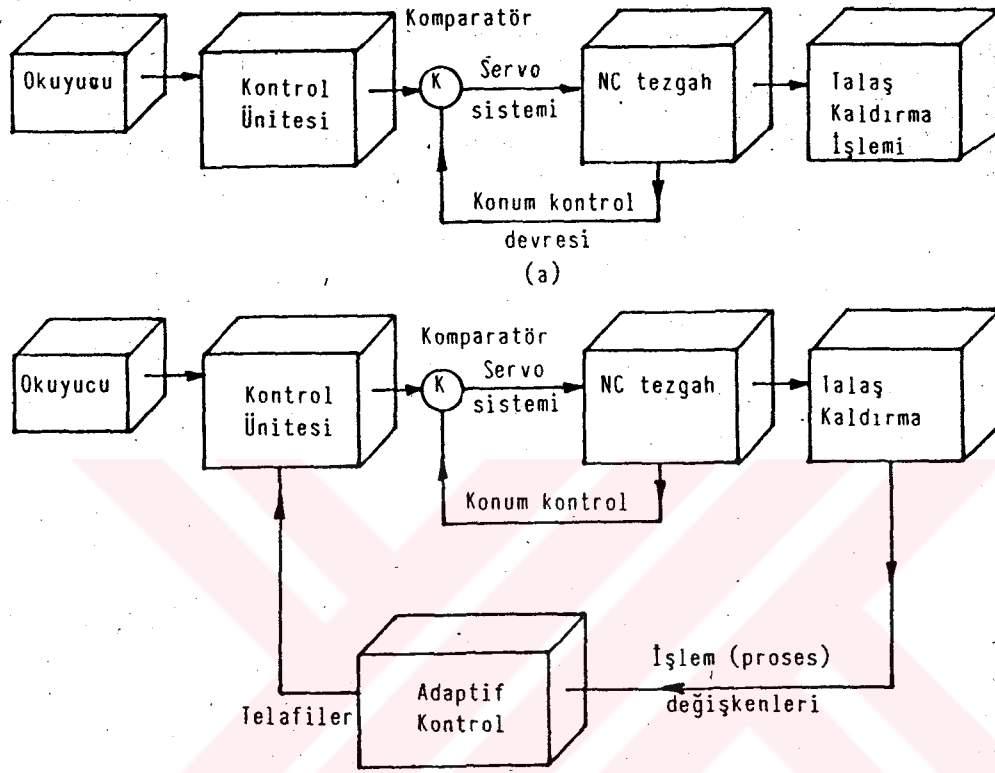
- Talaş kalınlığının değişmesine neden olan, işleme paylarının değişmesi;
- Malzemenin işlenme kabiliyetini etkileyen, sertliğin ve malzeme yapısının değişmesi
- Takımların körlenmesi
- Talaş kaldırma sırasında meydana gelen titreşimler
- Tezgahın tutturma tertibatı-parça-takım zincirinde meydana gelen şekil değiştirmeler
- Sıkma kuvvetlerinin değişmesi

Gerek belirli bir parametreye göre optimum düzeyde çalışmak, gerekse bozucu faktörlerin etkilerini telafi etmek için, NC tezgahları ilave bir kontrol sistemi ile donatılır. Bu kontrol sistemine adaptif kontrol denir. Şekil 6.24 te klasik NC tezgahlarının ve adaptif kontrollü NC tezgahlarının şeması verilmiştir. Klasik NC tezgahlarda okuyucudan alınan bilgiler, kontrol ünitesine iletilir, burada işlem gördükten sonra, komparatör ve servo sistemin yardımıyla tezgaha gönderilir ve tezgah, programda öngörülen şekilde çalışır. Kapalı kontrol devre sistemlerinde, tezgahın konumu, konum devresi ve bazı hallerde hızı, hız devresi ile kontrol edilir. Yani NC tezgahlarda esasen tezgahın konum ve hızı kontrol edilir. Buna karşı adaptif kontrol sistemleriyle donatılmış NC tezgahlarında işlem yani talaş kaldırma olayı kontrol edilir.

Amaca göre adaptif kontrol sistemleri sınırlayıcı ve optimal adaptif kontrol olmak üzere iki gruba ayrılır. Sınırlayıcı adaptif kontrol sistemlerinde talaş kaldırma işlemini etkileyen bir faktör, belirlenen bir değerde sabit tutulmakta ve aynı zamanda diğer faktörler sınırlanmaktadır. Sabit tutulan faktör, kesme kuvveti, burulma momenti, parça veya takımın

şekil değiştirilmesi, motor gücü, yüzey kalitesi olabilir. Bu değer sistem için bir referans değildir.

Optimal adaptif kontrol sisteminde prodüktivite, işleme maliyeti gibi faktörlere göre optimum bir kriter tayin edilir ve tezgahın çalışması bu kritere göre gerçekleştirilir.



Şekil 6.24. NC (a) ve AC-NC (b) tezgahların çalışma şeması

6.4. Programlama Metodları

6.4.1. Manual (Elle) Programlama

Manual programlama belli bir derecede sıkıcıdır ve manual programlama ile kullanılan kelime ve komutlar bir dereceye kadar şifrelidir. Bununla birlikte tüm CNC programcılarının, kullansalar da kullanmasalar da, manual programlamayı iyi bir şekilde anlamış olmaları gerekir.

Bunu aritmetik hesaplamaların hesap makinası yerine elle yapılmasına benzetebiliriz. Matematik dersi veren hocalar, hesap makinasını kullanmadan önce öğrencilerine öncelikli

olarak elle hesaplama konusunu bilmelerini tavsiye ederler.Öğrenci aritmetik hesapları elle nasıl hesaplayacağı yeteneğini kazandıktan sonra, hesaplama işlemini çabuklaştırmak için hesap makinası kullanabilir.Doğru uygulamalarda, manual programlama tekniği en iyi programlama alternatifi olabilir.Manual programlama tekniğini kullanan çok sayıda firma vardır.Eğer birkaç tane takım tezgahı kullanılmakta ve firma tarafından yapılan iş oldukça basit ise, iyi bir manual programcı, iyi bir CAM sistemi programcısının yapabildiği programların hepsini rahatlıkla programlayabilecektir.Herhangi bir firmanın CNC tezgahlarını imal ettiği kısıtlı sayıdaki iş parçaları için kullandığını farz edelim.Firma için çok sayıda program yazmak yerine sadece bu parçaların programlanması yeterli olacaktır.Manual programlama metodunun en iyi çözüm olarak sunulabileceği yerlerden bir tanesi de budur.

CAM sistemi kullanılsa bile, programın kontrol edilmesi esnasında CAM programı ile elde edilen program çıktısındaki (G-kodları seviyesi) hataların düzenlenmesi gerekli olduğu durumlar olabilir.Aynı şekilde, ilk birkaç parça işlendikten sonra CAM programı çıktısında(G kodları) bir takım hareketlerin ve kodların düzenlenmesiyle programın optimize edilmesi gerekebilir.Eğer programcı çok az olan bu hataları düzeltmek için CAM sistemini kullanırsa, parçanın CAM ile işleme programının çıkartılması için boşa zaman harcanacaktır.(Mamur T.,1999)

6.4.2. Bilgisayar İle Programlama

a.APT Dili İle Programlama

NC programlamada önemli ölçüde kullanılan bu yöntem 1956 yılında MIT Elektrik Sistem Laboratuvarında ilk kez kullanılmaya başlandı.Kullanıcıya sıcak gelmesi için ağırlıklı olarak ingilizce kelimelerin kısaltılmışları kullanılmıştır.Bir parça üretmek için kesici takımın izlenmesi gerekli olan yolu belirleyen bir bilgisayarın kullanılması için uzun bir talimat hazırlayan bir bilgisayar programıdır.Kesici takım yolunun bilgisayara tanıtılması için parça yüzeyinin geometrik özelliklerinin bir kullanıcı tarafından programa girilmesi gereklidir.APT dili üç boyutlu yüzeylerin tanımlanmasına ve işlenmesine de imkan tanır.

ADAPT, AUTOSPOT, CINTURN, COMPACT II, EXAPT I, EXAPT II, EXAPT III, GENTURN, MILTURN, NEL 2PL, NEL 2CL, PROMPT, SPLIT, UNIAPT gibi APT benzeri diller vardır. Bunlar ABD, Almanya, ve İtalya başta olmak üzere çeşitli ülkelerde çeşitlenmektedir. APT (otomatik programlanmış takım), NC kod üretmekte karşılaşılan zorlukları aşmak için tasarlanmış yüksek seviyeli bir dildir. APT'de parça işleme programlarını yürütebilecek bir programa ihtiyaç vardır. İşlemci, APT geometrik tanım deyimlerine göre gerekli geometrik ortamı oluşturur ve APT dilindeki kesici takım hareket deyimlerine göre kesici takım hareket deyimlerine göre kesici takım konumlarını ve yolunu hesaplar. İşleme koşullarıyla ilgili hesaplama sonuçları ve deyimler, APT programınca tanımlanmış sırada (örneğin CLDATA kesici verileri veya kesici yerleşim verileri gibi) çıktı alınır ve sonra da bu veriler kullanılarak sayısal kontrollü tezgaha özgün bir son işlemci tarafından, tezgahın anlayabileceği NC kodlarına çevrilir. APT, tezgah işlemleri için tasarlanmış bir dildir. Dolayısıyla hatasız APT programları yazmak için metal işleme konusunda somut bilgiye sahip olmak şarttır. APT programlama dilinin kendisini tam olarak anlamının yanı sıra kullanılacak son işlemcilere dair bilgi de gerekmektedir.

Küçük bir APT program parçası üzerinde APT dilinin elemanlarının sınıflandırılması şu şekilde yapılabilir.

MACHIN/ GN5CC,9,OPTION,2,0

PTO=POINT/0,0,1.5

A3)SPINDL/500,CLW

1. Kelimeler (örneğin MACHIN, OPTION, POINT)
2. Simgeler (Örneğin; GN5CCVEPTO)
3. Sayılar (Örneğin; 9,2,1.5)
4. Noktalama ve sınırlayıcılar (Örneğin kesme, virgül)
5. Deyim etiketi (Örneğin; parantez kapanışından önce A3 karakterler) (Çorbacı F.K., 1998)

b.Diyalog Yolu ile Programlama Tekniği:

Bu tip programlama son yıllarda oldukça popüler olmuştur.Diyalog sistemli programlama ile program CNC tezgah üzerinde oluşturulur.Genel olarak, diyalog sistemli program grafik ve menü-bazlı fonksiyonlar vasıtasıyla oluşturulur.Program oluşturulurken programcı girdiği değişik değerlerin doğru olup olmadığını kontrol edebilme kabiliyetine sahip olacaktır.Programlama işlemi bittiğinde, çoğu diyalog sistemli kontroller işleme operasyonu esnasında neler olacağını gösteren takım yolu grafik gösterimi fonksiyonuna sahiptir.

Diyalog sistemli kontroller, kontrol sistemi imalatçısından imalatçısına büyük farklılıklar gösterir.Esasen çoğu durumlarda bunlar tek amaçlı basit bir CAM sistemi gibi düşünülebilir. Diyalog sistemli programlama bu sayede, tek bir makine için parça programlarının oluşturulmasında elverişli olmaktadır.Diyalog sistemli programlama tekniğini kullanan kontrol sistemlerinin bazılarında, kısmen eski modellerde, programlama işlemi sadece makinada yapılabilir.CAM sisteminde olduğu gibi başka bir programlama tekniği ile programlanma kabiliyetleri yoktur(masa başı programlama).Bununla birlikte birçok yeni kontrollerde, makine hem diyalog sistemi hem de G kod sistemi ile çalışabilmektedir.

CNC tezgahlarında çok az personelle çalışan ve çok sayıda iş parçası ile program yapma gereksinimi duyan firmalar diyalog sistemli kontrolleri kullanmakta ve memnun kalmaktadırlar.Bu çeşit bir iş yerinde, CNC ile ilgili tüm işler tek bir kişiye yıkılabilmektedir.Çoğu imalat atelyelerinde örneğin, CNC operatöründen takımlandırma işlemini, iş parçası tespit ayarını yapması, programı hazırlaması, programı test edip optimize etmesi ve programı çalıştırma gibi işlemlerin tamamını yapması istenmektedir.Bu tip bir atelyede, operatöre yardımcı olacak her şeyin üretim miktarını artıracakđı aşıkardır.Manual programlamayla kıyasla diyalog sistemli kontroller operatörün programı hazırlaması için gerekli olan zamanı kısaltır.

Diyalog sistemli kontrollerin uygun bir yatırım olup olmayacakđı konusunda faydalı olabilecek diğer iki faktör daha vardır.İlkin operatörün işten tatmin olmasıdır.Diyalog sistemli kontrolü kullanan kişi son derece motive edilmiş şekilde çalıştırılabilir.Bu kişinin firmanın başarısı üzerinde çok büyük katkısı vardır.Diyalog sistemli kontrollerin küçük çaplı iş yerlerinde ne kadar popüler olduğunun bir başka gerçeği budur.Diyalog sistemli

kontrollerin uygun bir yatırım olup olmayacağını etkileyen bir başka faktörde, farklı tipteki iş parçalarının programlanabilmesidir. Eğer kısıtlı sayıda iş parçası programı yapılacak ise diyalog sistemli programlama alternatifini düşünülemez.

c. CAM Sistemi ile Programlama

CAM sistemleri manual programlamaya oranla çok daha kompleks ve karmaşık CNC programlarının hazırlanmasına imkan tanır. CAM sistemi programcıya üç ana alan üzerinde faydalı olur. Programcının matematiksel hesaplamaları yapması gereksinimini ortadan kaldırır. Aynı temel dille çok farklı tipteki iş parçalarının kolayca programlanmasına faydalı olur, temel işleme pratiği fonksiyonlarına katkıda bulunur.

CAM sistemiyle, CNC programının hazırlanması için programcının bir bilgisayara sahip olması gerekir. Bilgisayar manual programlamada olduğu gibi G kodları seviyesinde programı üretir. Bitirildiğinde program CNC tezgahına transfer edilecektir.

CAM sistemleri word address (kelime adresleri) ve grafik bazlı olmak üzere iki temel kategoride toplanırlar. Kelime adresli CAM sistemlerinde BASIC ve başka bir tipteki bilgisayar programlama diline benzer yapıdaki bir programlama dili vasıtasıyla program hazırlanır. Bu CAM sistemleri programın G kodlarına benzer yapıda hazırlanmasını gerektirir. Çoğu güçlü CAM sistemleri kelime adres formatlı olmasına karşın, kullanımları da oldukça zordur.

Grafik CAM sistemleri yaygın olarak grafik bazlı diyaloglarla programlanırlar. Programlama işlemi esnasında programcı her bir detayı gözlemleme kabiliyetine sahiptir. Bu grafik CAM sistemlerinde çalışmanın kelime tipi CAM sistemlerine göre daha kolay olmasına yardımcı olmaktadır. (Mamur T., 1999)

7. ISO G-KODU SİSTEMİNİN PROGRAMLAMA ESASLARI

7.1. Programın Yapısı

NC tezgah ve sistemlerde programlama ASCII (American standart code for information interchange) kod esasına göre oluşturulan ISO,EIA ve DIN gibi aynı içerikli kod sistemine dayanmaktadır.Bununla beraber NC sistemleri için kontrol ünitelerini içeren firmalar arasında yani kontrol sistemleri arasında bazı farklılıklar vardır.Türkiye de en çok kullanılan bu sistemler Fanuc,Siemens,Heidenhain ve Mitsubishi kontrol sistemleridir.Ancak tüm bu sistemlerde programın esası aynıdır.Bu nedenle ilkin bu esaslar incelenecektir.

ISO kod sistemine dayanan bir program

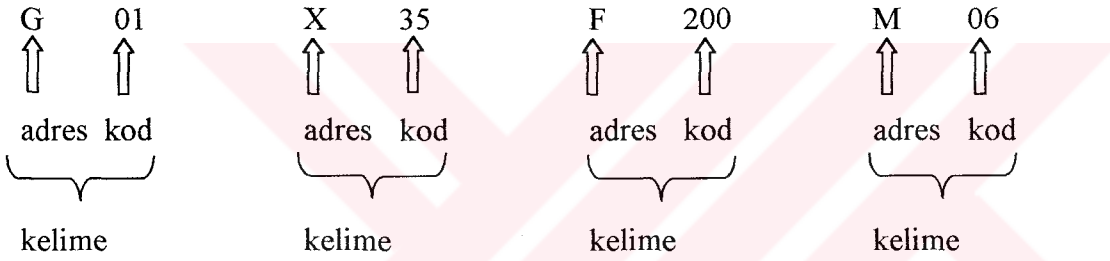
- Programın adını temsil eden programın numarası
- Programı oluşturan ve satır şeklinde yazılan bloklar
- Blokları oluşturan kelimelerden meydana gelir.Örneğin

O0001;	1.Programın adı,numarası
N01 G97 S800 M03;	2.Blok
N02 T0101;	3.Blok
N03 G00 Z0. X65.;
N04 G01 X-0.8 F0.2;
.....
N45 M30;	Program sonu ve başa dönüş

a.Programın adı yukarıda gösterildiği gibi bir sayıdan oluşur ve programın numarasını belirtir.Sayının önüne ISO'ya göre (:) işareti ; EIA sisteminde O harfi; Sinümerikte % işareti konulur veya hiçbir işaret konulmaz.Sayılar 1'den 9999'a kadar dört dijitten oluşur; sayının önündeki sıfırlar sayılmaz.Eğer program numarası yoksa birinci bloğun numarası (N..) program numarası sayılır; ancak N0 kabul edilmez.Eğer hem program hem de blok numarası yoksa program kaydedilirken CRT-MDI'dan bir program numarası belirtilmesi gerekir.CRT-MDI(MDI-Manual data input) kontrol panosunun ekrandan ve programlamak için elle çalıştırılan düğmelerden oluşturulan kısımdır.

b. Programın esasını oluşturan bloklar satır şeklinde yazılır. Bloklara göre takım doğrusal veya eğrisel bir hareket yapar, iş mili çalışır veya durur, kesme hızı ve ilerleme hızı tayin edilir vb. Her bloğun başında bir blok numarası bulunur; blok numarası N ve ondan sonra bir sayı gelir. Sayıların düzeni ardarda veya keyfi bir şekilde alınabilir. Keyfi bir şekilde aralıklı alınırsa başka blokların eklenmesi kolaylaşır. Kontrol ünitesinde işlem görmedikleri için blok numaralarının konulması mecburi değildir; konulursa programın kullanılması bakımından daha iyi olur. Her blok bir blok sonu ile işaretlenir. Bu işaret (; veya *) olabilir.

c. Bloklar örneğin N01, G90, X30, F200 vb. gibi kelimelerden meydana gelir. Kelimeler esasen komuttur ve bir işlemi ifade ederler. Her kelime adres adını taşıyan bir harf ve bir sayıdan oluşur; sayı kod veya değer olabilir. Örneğin

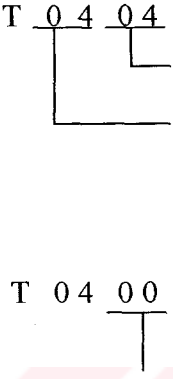


Adresli kelimelerden oluşan bloklara adresli blok formatı denilir. Aşağıda gösterilen Çizelge 7.1. de adres, format ve fonksiyon arasındaki ilişkiler gösterilmiştir. (Akkurt M., 1996)

Çizelge 7.1. ISO kodlama sisteminin kullanım şekli

Adres	Fonksiyon	Format	Kullanım Alanı
O	Program Numarası	O 4	<p>O adresinden sonra kullanılan 4 rakamla ifade edilir. Program numaraları, programları birbirinden ayırt etmek için kullanılır. Buna ilave olarak, program numarasından sonra parantez içinde program adı verilebilir.</p> <p style="text-align: center;">O (000000-----00)</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border-left: 1px solid black; border-top: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border-left: 1px solid black; border-top: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border-left: 1px solid black; border-top: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-right: 5px;"></div> <div style="border-left: 1px solid black; border-top: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> <p style="text-align: center;">Program adı (32 karaktere kadar)</p> <p style="text-align: center;">Program Numarası</p> <p style="text-align: center;">Adres</p>
N	Blok Numarası	N 4	<p>N adresinden sonra maksimum 4 (genellikle 3 kullanılır) rakamdan oluşan komutla ifade edilir. Herhangi bir sayı kullanılabilir fakat sırasıyla kullanılması daha doğrudur. Makinanın programı N komutu olmada çalışabilir. Sadece bazı çevrim komutlarında N satır numarası kullanmak zorunludur.</p>
G	Hazırlık Fonksiyonu	G 2	<p>G adresini takip eden 2 rakamdan oluşan komutla ifade edilir. Mesela takım hareketi ve benzeri fonksiyonlar G00, G01 gibi G komutları ile ifade edilir.</p>

F	İlerleme Fonksiyonu	F 1.6 F 3.4	<p>Fener mili aynasının devri başına olan ilerleme miktarı ya da dakika başına ilerleme şeklinde tanımlanır. F adresinden sonra 7 rakamla ifade edilir.</p>
---	---------------------	----------------	---

S	Fener Mili Dönüş hızı	S 4/5	S adresinden sonra 4 rakamdan oluşan formatla ifade edilir. Dakikadaki devir sayısı cinsinden ayna devrini yada kesme hızını ifade eder.
T	Takım Fonksiyonu	T 4	T adresinden sonra 4 rakamla ifade edilir. İlk 2 rakam takım istasyon numarasını, son 2 rakam ise takım ofset numarasını ifade eder.  <p>4 rakamlı takım ofsetini belirtir. 4 rakamlı takım istasyonunu çağırır.</p> <p>Takım ofset değerinin iptali</p>
M	Yardımcı Fonksiyon	M 4	M adresini takip eden 3 rakamdan oluşan komutla ifade edilir. Ayna dönüş hareketi (M03), ayna durdurma (M05) gibi yardımcı fonksiyonları tanımlamak için kullanılır.
P U X	Bekleme	X 5.3 U 5.3 P 8	Bekleme fonksiyonunu gerçekleştirmek için G04 komutu ile birlikte P adresinden sonra kullanılan 8 rakamla ifade edilir. P yerine U veya X kullanılabilir.
I K	Daire Merkezi Koordinatı	I 4.4 K 4.4 (I 5.3) (K 5.3)	G02 ve G03 dairesel hareket fonksiyonu ile birlikte, daire merkezinin koordinatlarını ifade eder. I adresi X eksen, K adresinde Z eksen için kullanılır.

R	Daire Yarıçapı	R 5.3	G01, G02 veya G03 komutları ile birlikte, dairesel hareketteki yarıçapı ifade eder.
/	Blok Atlama	/	“Blok Atlama” anahtarı ON konumuna

			getirildiğinde, program içinde “?” işareti olduğunda o satırı işleme katmaz.
;	Blok Sonu	;	Blok sonunu tanımlamak için kullanılır.
X	X eksen hareket noktası	X 5.3	X eksen doğrultusunda gerçek koordinat sisteminde, koordinat değerini ifade eder.
U	X eksen hareket noktası	U 5.3	Bağıl koordinat sisteminde X eksen doğrultusundaki bağıl hareket miktarıdır.
Z	Z eksen hareket noktası	Z 5.3	Gerçek koordinat sisteminde Z eksen doğrultusundaki hareket miktarını ifade eder.
W	Z eksen hareket noktası	W 5.3	Bağıl koordinat sisteminde Z eksen doğrultusundaki hareket miktarını ifade eder.

Bunun yanı sıra sıralanmış blok formatı denilen bir başka format daha vardır. Bu formatta sadece sayılarda oluşan kelimeler, blok içinde işgal ettikleri yere göre anlam taşırlar. Örneğin

02 03 45 -12 03

blokta birinci sayı blok numarasını ikincisi dairesel enterpolasyonu, üçüncü ve dördüncüsü X ve Y koordinatlarını, son sayı iş milin dönmesini ifade eder. Bu sistemin bir alternatifi sayılar arasına TAB kelimesinin yazılmasıdır. Bu sisteme göre adresli blok formatı daha esnektir.

Adresli kelimelerin sayıları; kod örneğin yukarıdaki örnekte G ve M adreslerinin yanındaki sayılar veya değer olabilirler. Örneğin X, Y, F adreslerinin yanındakiler .X, Y'ye ait sayılar koordinatların değerini ifade ederler.

ISO sistemine göre adresler için İngiliz alfabesinin A'dan Z'ye harfleri kullanılmaktadır. Bu harflerin çoğuna anlam verilmiş, birkaçı boş bırakılmıştır. (Cetvel 7.2.); boş olanlar çeşitli

kontrol sistemleri tarafından farklı anlamlar için kullanılır.”O” harfi sıfır ile karıştırılmaması için kullanılmaz.Cetvel 7.3. de ISO kod sisteminden adres olarak en çok kullanılan harfler verilmiştir.Anlam sütunundaki parantez içindeki sayılar; adreslerin sayısal kısmının dijital sayısını ifade etmektedir.Bu adreslerin yanı sıra çeşitli kontrol sistemlerinde anlamları farklı olan adresler kullanılmaktadır.

Çizelge 7.2. ISO kod sistemine göre adresler,harfler

Adres	Anlam	Adres	Anlam
A	X Eksen etrafında dönme	N	Blok numarası
B	Y Eksen etrafında dönme	O	Kullanılmaz
C	Z eksen etrafında dönme	P	3.ek eksen veya serbest
D	Serbest veya ek eksen etrafında dön.	Q	3.ek eksen veya serbest
E	Serbest veya ek eksen etrafında dön.	R	3.ek eksen veya serbest
F	İlerleme hızı	S	Kesme hızı
G	Hazırlık fonksiyonu	T	Takım fonksiyonu
H	Takım uzunluk telafisi	U	2.ek eksen X'e paralel
I	Dairesel enterpolasyonda X eksenine göre yarıçap bileşeni	V	2.ek eksen Y'e paralel
J	Dairesel enterpolasyonda Y eksenine göre yarıçap bileşeni	W	2.ek eksen Z'e paralel
K	Dairesel enterpolasyonda Z Eksenine göre yarıçap bileşeni	X	Ana eksen
L	Serbest	Y	Ana eksen
M	Yardımcı fonksiyon	Z	Ana eksen

Çizelge 7.3. ISO kod sistemine göre adresler harfler

Adres	Anlam
N	Blok numarası(1...9999)
G	Hazırlık(takım yolu)fonksiyonu(0..99)
X,Y,Z,A,B,C	Doğrusal ve dönme eksenlerinin fonksiyonları
I,J,K	Yay ve daire merkezinin koordinatları
F	İlerleme hızı
S	Kesme hızı
T	Takım numarası
M	Yardımcı fonksiyonu

7.2. Blokların Yapısı

CNC tezgahlar ve sistemlerde işlemler blokların içerdiği bilgilere göre yapılır. Genelde bir blok şu bilgileri içerir:

- Blok numarası
- Takım yolu ile ilgili bilgiler (geometrik bilgiler)
- Kesme hızı, ilerleme hızı, kullanılan takım gibi teknolojik bilgiler
- İş milinin çalışması, kesme sıvısının çalışması, programın durması gibi yardımcı bilgiler

Takım yolu şu bilgileri içermektedir:

- Takımın gideceği hedef konum (bu konum X, Y, Z koordinatları ile açıklanır.)
- Hedef konuma nasıl gidecek; burada çabuk bir hareket (G00); doğrusal bir hareket (G01) veya dairesel bir hareket (G02-G03) gibi seçenekler vardır.

Buna göre bir blok şu kelimelerden oluşur:

1. Blok numarasını gösteren kelime (N)
2. Hareket şeklini gösteren hazırlık fonksiyonu (G)
3. Hareketin hedef noktasını gösteren kelime (X, Y, Z)
4. Varsa yay merkezini gösteren kelime (I, J, K)
5. İlerleme hızını gösteren kelime (F)
6. Kesme hızını gösteren kelime (S)
7. Takım numarasını gösteren kelime (T)
8. Yardımcı işlemleri gösteren hazırlık fonks. (M)

Buna göre bir blok örneğin şöyledir.

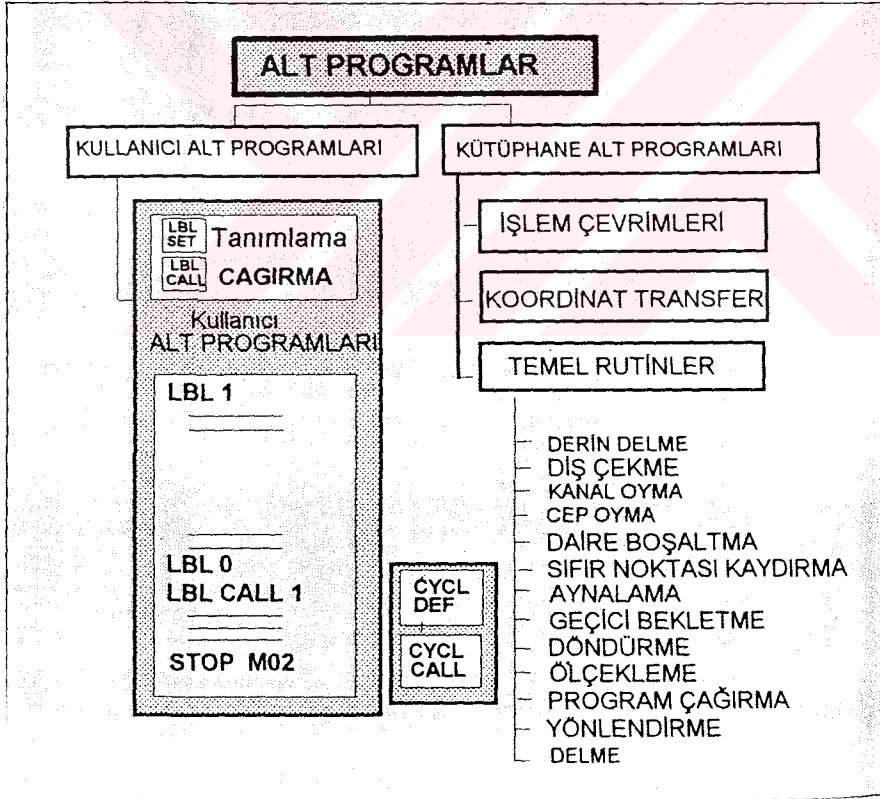
N45 G01 X65 Y-3.5 F100 S800 M03 ;
 ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑

Blok Hazırlık Hedef noktanın İlerleme Kesme Yardımcı Blok
 no. fonks. Koordinatı hızı hızı fonks. Sonu
 (Arı Makine Eğitim notları)

7.3. Alt Programlama

CNC Takım tezgahlarında etkin programlama tekniklerinden biri de alt programlardır. Alt programlar programa geniş etkinlik sağlayarak rutin işlerin daha kolay yapılmasını sağlar. Alt program, ana program içerisinde kullanılan ve ana programı tamamlayan program bölümleridir. Bu bölümler ana bölümler içerisinde veya ayrı bir kanalda bulunabilir. Her alt program bir çevrim özelliği taşır. Bu nedenle bir alt programın başlangıcı ve sonu özel komutlarla sınırlıdır. FANUC kontrol sisteminde "M98" komutu ile alt program çağırılır. Fakat alt programın bitiş şekli "M99" komutuyla bitmelidir. SINUMERIC'te "L N" ile başlar ve "M17" ile son bulur. HEIDENHEIN kontrol ünitesinde "LBL N" ile başlar ve "LBL 0" ile son bulur. Alt programlar amaçlarına ve hazırlanma şekillerine göre iki gruba ayrılır.

- Kütüphane alt programlar
- Kullanıcı alt programlar (Apaydın H., 1995)



Şekil 7.1. Alt Programlar ve Gruplanması

8. G-KODLARININ ANALİZİ

8.1. Tortalama

8.1.1. Tortalama ile ilgili kısa bilgiler

Tortalama takım ucu (elmas) ve kater (elmas tutucu) kısmından oluşan bir takım ile gerçekleştirilir. Kesme kısmı, talaş, serbest ve yardımcı serbest yüzeylerden oluşur. Talaş yüzeyi, talaşın aktığı; serbest yüzey parçanın işlenmiş kısmına bakan ve yardımcı serbest yüzey bu iki yüzeyi tamamlayan yüzeydir. Talaş yüzeyi ile serbest yüzeyin kesişmesi ana kesme ağzını, yardımcı yüzey ile talaş yüzeyin kesişmesi yardımcı kesme ağzını ve bu üç yüzeyin kesişme noktası takım ucunu meydana getirir. Takım ucu belirli bir yarıçap ile yuvarlatılmıştır. Kesme sırasında takımın kesme kısmının geometrisi :talaş açısı, kama açısı ve serbest açısı olmak üzere üç açı tarafından karakterize edilir. Bu üç açının toplamı 90 derecedir. Serbest açısı, serbest yüzeyin parçayla sürtünmesini önler ve genelde 4 ile 8 derece arasında alınır. Dolayısıyla takımın kesme kabiliyeti talaş ve kama açısına bağlıdır. Bu bakımdan küçük bir talaş açısı (büyük kama açısı) darbelere mukavim küt bir takım meydana getirir; ancak talaş açısı küçük olduğundan takım malzemeye zor nüfus eder, talaş rahatlıkla akamaz ve büyük kuvvetler meydana gelir. Bu takımlar genelde kaba talaş kaldırmada kullanılırlar. Büyük bir talaş açısına sahip takımlar malzemeye kolaylıkla nüfus ederler, talaş rahatlıkla akabilir, kesme kuvvetleri düşük olur ancak takım darbelere dayanmaz. Bu tip takımlar son yani nihai işlemden kullanılır. Bu açıların yanı sıra üstten görünüşte takımın yerleşme açısı, uç açısı ve yardımcı yerleşme açısı vardır. Bunların toplamı da 180 derecedir. Bunlardan en önemlisi yerleşme açısıdır.

Tortalamada kaldırılan talaşın geometrisi pratikte: paso kalınlığı ve ilerleme ile ifade edilir; buna göre talaş kesiti $A=a \cdot s$ dir; ilerleme s parçanın bir devrinde kat ettiği mesafedir ve mm/dev olarak ölçülür. Takımlar günümüzde sert metal (sinterlenmiş) veya seramikten yapılır. Bu tip takımlar katere vidalı sistem ile bağlanır. Takımlar kaba talaş, ince talaş ve fatura açma şeklinde olabilirler.

8.1.2.Çabuk (Rapid) Hareket (G00)

G00 çabuk hareket yani takımı belirli bir noktaya konumlandırmak için kullanılır; hareket genelde takımı parçaya yaklaştırmak veya uzaklaştırmak için kullanılır.Hareket eksenlere paralel veya 45 derece eğik olarak yapılabilir.Hareket sırasında işlem yapılmaz.Blokta hedef noktasının yani takımın gideceği noktanın koordinatları yazılır.Blokun formatı şu şekildedir.

```
G00 X(U)...Z(W)...
```

Aynı blokta F,S,T ve M yazılabilir.Böyle bir durumda tezgah işlemi satır satır okuduğundan bütün yazılan satırdaki komutları o an yapar.Koordinatlar mutlak veya eklemeli olarak yazılabilir.Örneğin mutlak sistemde;

```
G00 G90 X25. Z1. M08 ;
```

Ve eklemeli sistemde

```
G00 G91 X25. Z1. ; veya G00 U2. W5. ;
```

şeklinde yazılır.Aynı zamanda aşağıda gösterildiği gibi U,W,X,Z ler aynı satırda da kullanılırlar.

```
G00 U3. Z2. ;
```

8.1.3. Doğrusal Enterpolasyon

G01, F kodu ile belirtilen bir ilerleme hızı ile doğrusal bir kesme hareketi gerçekleştirir.Blokun formatı;

```
G01 X(U)... Z(W)... F... ;
```

Burada da X ve Z hedef noktasının koordinatlarıdır.Koordinatlar yine mutlak veya eklemeli sistem olarak verilebilir.

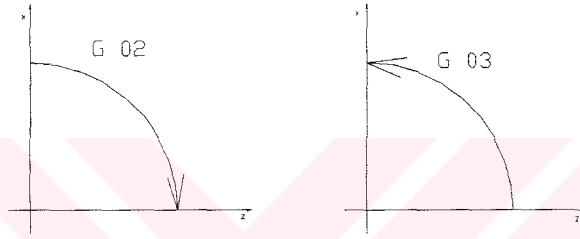
8.1.4. Dairesel Enterpolasyon

G02 ve G03 kodları, F ile belirlenen bir ilerleme hızı ile takımını daireysel bir yay üzerinde hareket ettirirler.Bu bakımdan;

G02-saat ibreleri yönünde(CW)

G03-saat ibrelerinin tersi yönünde(CCW)

hareketleri gerçekleştirirler.Hareket yönleri, takımın parça eksenine göre bulunduğu duruma bağlıdır.



Sekil 8.1. Dairesel Enterpolasyon

- Takımın gideceği hedef noktasının koordinatları belirtilir.Bu koordinatlar mutlak veya eklemeli olabilirler.
- Yayın merkezi veya takımın gideceği noktanın X ve Z ölçüsü beraber verilir.CNC sistemlerinde kullanılan genel uygulama yayın merkezi ; başlama noktasına göre yay yarıçapının X,Z eksenleri yönündeki bileşenleri ile gösterilir.Bu bileşenler X yönünde I,Y yönünde J, Z yönünde K ile ifade edilir.I ve K her zaman başlama noktasından merkeze doğru eklemeli olarak alınır.Bazı sistemlerde yay yarıçapı direkt olarak adresi R olan örneğin R5 şeklinde gösterilir.
- Yarıçap R sadece $a < 180$ dereceden daha az olan yaylarda verilir, $a > 180$ derece olursa R verilmeyebilir.

Bu açıklamalara göre daireysel enterpolasyonun blok formatı;

G02	X...	Z...	I...	K...	G02	X...	Z...	R...	F...
G03	X...	Z...	I...	K...	G03	X...	Z...	R...	F...

8.1.5. Birim ve Boyut komutları(G20,G21-G90,G91)

Boyut birimleri:

G20-İnç birim ölçüsünde

G21-mm olarak metrik birim ölçüsünde ifade edilir.

Boyutların mutlak veya eklemeli şekilde gösterilmesi ise şu komutlarla olabilir.

G90-Boyutlar mutlak

G91-Boyutlar eklemeli şekilde verilir.

Mutlak sistemde takım parça koordinat sisteminin sıfır noktasına göre belirlenen hedef noktasına doğru gider.Eklemeli sistemde takım sıfır noktasına doğru giderse negatif;bu noktadan uzaklaşırsa pozitif alınır.

Fanuc kontrol sisteminde eklemeli boyutlar G91 yazılmadan; X yerine U; Z yerine W adresleri ile ifade edilir.

8.1.6. Kesme ve İlerleme Hızı Kodları(G96,G97,G98,G99)

CNC tezgahlarında istenildiği durumda kesme hızı sabit tutulabilir;sabit tutulan m/dak. cinsinden V kesme hızıdır.Bu amaçla G96 komutu kullanılır;G97 kodu kesme hızını dev/dak. cinsinden ifade ettiği için aynı anda sabit kesme hızı iptali anlamına gelir.Buna göre;

G98-İlerleme hızı mm/dak. olarak ifade edilir.

G99-İlerleme hızı mm/dev. olarak ifade edilir.

G96-Sabit kesme hızı; hız m/dak. olarak ifade edilir.

G97-Sabit kesme hızı iptali; hız dev/dak. olarak ifade edilir.

- Vida açma işleminde kesme hızı otomatik olarak sabit tutulur.

- S ile yazılan değer sadece kesme hızını belirtir; parça dönmez.Kesmeyi gerçekleştirmek için yani aynayı döndürmek için M03 veya M04 komutları kullanılır.

8.1.7. Geçici Durma Kodu(G04)

Bazı durumlarda örneğin kanal açma durumunda kanalın son noktasında 1-2 saniye takımın o noktada durması istenebilir.Durma süresi saniye cinsinden X ile belirtilir.Ayrıca P ile de saniyenin 1000 ile çarpımı yazılarak durma sağlanabilir.

G04 X0.5 0.5 sn bekleme G04 P500 0.5sn bekleme

8.1.8.Vida açma(G33 ve G32)

Genelde vida açmak için G33 veya G32 kullanılır.Vidanın hatvesi F adresi ile belirlenir; yönü ise M03 ve M04 kodları ile belirlenen iş milinin dönme yönü ile tayin edilir.Komutlar hem silindirik hem de konik vida için geçerlidir.

G32(G33) X... Z... F...

Yukarıdaki değerlere S,T,M değerleri de eklenebilir veya bunlar önceki bloktan geçerli olur.Bilindiği gibi vida açma birçok kaba paso ve bir ince pasoda gerçekleşir.Bu sebeple genelde vida açma işlemi ileride anlatılacak olan G-92 veya G-76 çevrim komutlarıyla gerçekleştirilir.

Çok ağızlı vidalar ise şu şekilde açılır;

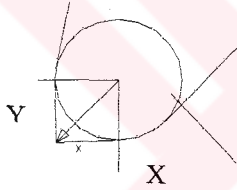
- Takım vidanın başlangıç noktasına getirilir ve birinci vidanın birinci pasosu kaldırılır ve vidanın başlangıç noktasına getirilir.
- Burada parça ağız sayısına karşılık gelen örneğin 2 ağız için $360/2=180$ derece döndürülür ve ikinci ağzın birinci pasosu kaldırılır ve takım yine başlangıç noktasına getirilir.
- Burada tekrar parçayı döndürerek takım birinci ağzın başlama noktasına getirilir ve birinci ağzın ikinci pasosu alınır ve işlem böyle devam eder.

8.1.9. Takım Uç Telafisi

a. Takım telafisinin önemi

Kaba talaş, ince talaş vb. gibi çeşitli tornalama işlemleri için torna takımları çeşitli şekilde olabilirler. Takımlar talaş kaldırma sırasında hareket yönlerine göre sol ve sağ olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sol takımlar sağdan sola; sağ takımlar soldan sağa hareket ederler.

Torna takımların uzunluğu X,Z koordinatları ile belirlenir; bu koordinatlar esasen takım ucunu tayin ederler. Diğer taraftan takımın sıfır noktası tutturma tertibatının alın yüzeyindedir. Şekil 8.4. te gösterildiği gibi, burada X koordinatı çap yönünde olduğundan yarısı alınır; bu husus kontrol ünitesi tarafından hesaplanır. Programlamada takımlarla ilgili şu iki husus ele alınmalıdır.



Şekil 8.2. Takım ucunun gerçek yapısı

- Birincisi parça üzerinde hareket eden nokta takımın uç noktası sayılır ve bu uç teorik olarak sivri kabul edilir. Ancak gerçek takımların uçları sivri değildir. Buna göre takım ucunun uç merkezinde belirlenen bir r uç yarıçapı vardır.
- İkincisi bir parçanın işlenmesinde şekil ve uzunlukları farklı olan birçok takım kullanılır. Diğer taraftan takımın sıfır noktası takım tutturma tertibatın üzerinde olduğu dikkate alınır; bu tertibata farklı uzunluklarda takımlar bağlandığında bunların kesme uçları farklı yerlerde olur.

Bu hususlara göre programlama sırasında işlemde kullanılan her takım, uzunluk ve çapı ile belirtilmesi yani programlar takıma bağlı olarak yazılması gerekir. Bu da oldukça zor bir iştir. Buna karşın günümüzde programlar takımlarda bağımsız olarak oluşur. Programda takımlar sadece takım tutturma tertibatında bağlanacağı yeri belirten takım numaraları ve takım telafi kodları ile belirlenir. Parçayı işlemeden önce o işlemde kullanılacak takımlar

seçilir ve takımların uzunlukları ve çapları ;kontrol ünitesinin belleğine, her takım için takım numarasını taşıyan bir dosyaya kaydedilir.Kaydedilen değerler :

- Takım uzunluğunu gösteren X ve Z koordinatları
- Uç yarıçapı R
- Kadran numarasıdır.

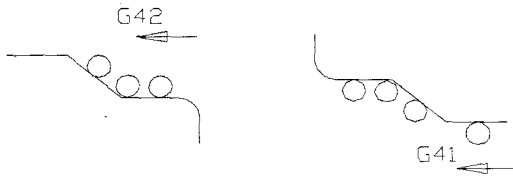
Takımların kadran numarası teorik ucun uç merkezine göre yerini belirler.Esasen uç merkezi ile teorik uç arasındaki uzunluk bir vektör olarak kabul edilirse kadran numarası bu vektörün yönünü gösterir.Takım telafisi olarak birbirinden ayırt edilen iki telafi vardır.Birisi takım uzunluğunu içeren geometrik telafi, diğeri ise uç yarıçapını içeren uç yarıçapı telafisidir.

G40-takım uç yarıçapı telafisini iptal eder.

G41-sol uç yarıçap telafisi

G42-sağ uç yarıçap telafisi

Sol ve sağ telafiyi tayin etmek için şu kural geçerlidir.Sol telafide takımın ilerleme doğrultusuna bakıldığında takım programlanan yolun sol; sağ telafide ise sağ tarafında kalır.



Şekil 8.3. Yarıçap telafi yönleri

Takım uzunluğunun telafisi takım kodu T ile gerçekleşir.T kodu dört dijit (T0101) olarak gösterilir.Bunlarda ilk ikisi takımın taretteki istasyonunu diğeri ikisi ise telafi numarası da denilen takım dosyasının numarasıdır.Bu nedenle bir işe başlamadan önce takımlar tezgahın kontrol ünitesine tanıtılır.Bu işleme takım ayarlanması denilir; takım ayarlama verileri tezgahın kontrol ünitesinde saklanır, işlem sırası gelen ve programda T kodu ile bildirilen

takımın otomatikman uzunluk telafisi yapılır.Takım uzunluğunu ayarlama işlemi CNC tornalarda takım boyu ölçme probu sayesinde gerçekleşir.Her takım proba X ve Z yönünde tanıtılır.(Akkurt M.,1996)

8.1.10.Tekrarlanan İşlemler(Canned Cycle)

a.Tekrarlanan işlemlerin esası

Tornalamada tekrarlanan işlemler genellikle kaba paso ile ilgilidir.Kaba paso işlemi şu hareketlerden oluşur.

- Başlangıç noktasına yaklaşma
- Paso kalınlığı kadar ilerleme
- Doğrusal kesme hareketi
- Geri çekilme
- Tekrar başlangıç noktasına gelme

Kaba talaş için tekrarlanan işlemler a.uzunluğuna düz b.uzunluğuna konik c.alın düz d.alın konik kesme gibi gruplara ayrılır.Uzunluğuna düz kesme de talaş kaldırma hareketi Z eksenine paraleldir, alın düz kesmede kesme hareketi X eksenine paralel,uzunluğuna ve alın konik kesmede X,Z eğik ve paso kalınlığı ilerleme hareketi Z eksenine paraleldir.

b.Uzunluğuna düz kesme(G71)

İşlem Şekil 8.6 daki gibidir.Bu tip işlem için G71 komutu kullanılır.İşlemin programlanmasını açıklamak için genel bir profil ele alınacaktır.Buna göre bu programlamanın formatı

```
G71 U... R...
G71 P... Q... U... W... F...
N..
...
N..
```

U-paso kalınlığı adresi

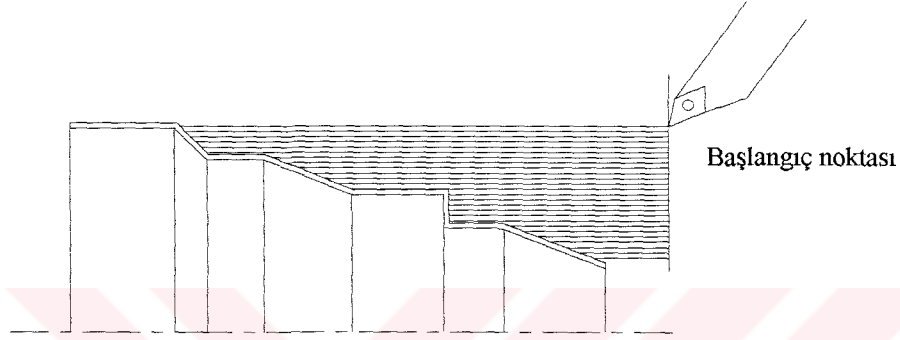
R-geri kaçma miktarı

P-ince pasonun başlangıç blok numarası

Q-ince pasonun bitiş numarası

U-x yönünde ince pasoya bırakılan talaş miktarı

W-z yönünde ince pasoya bırakılan talaş miktarı



Şekil 8.4. Uzunluğuna düz kesme

Programın yazılması ile ilgili şu noktalara dikkat etmek gerekir.

1. Tekrarlanan işlemler iki bloktan oluşur; birincisi paso kalınlığını ve geri çekme miktarını, ikincisi ise diğer parametreleri verir. Burada U adresinin hem paso kalınlığını, hem de X yönünde ince paso kalınlığının verilmesidir. İnce paso kalınlığını veren U adresi P ve Q adresinin bulunduğu yerdedir.
2. İnce paso bloklarında alt program çağrılmaz.
3. G71 kaba paso kesildikten sonra ince paso G70 kodu ile de açıklanır.

Kodun formatı;

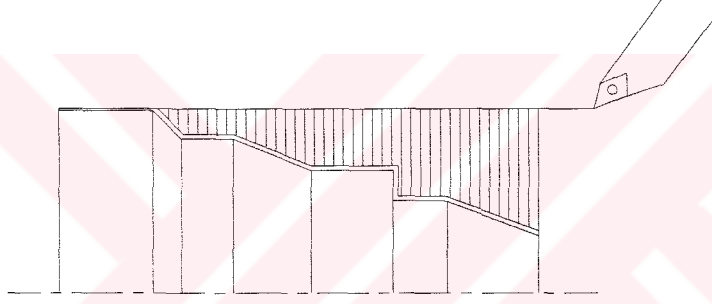
G70 P... Q... F...

G70 komutundaki P ve Q harflerinin numaraları kaba pasodakiyle aynı olmalıdır.

c. Alın düz kesme(G72)

İşlem Şekil 8.7 de gösterildiği gibidir. Tekrarlanan alın düz kesme için G72 komutu kullanılır. Bu kodun G71 kodundan tek farkı kesme yönünün X eksen yönünde olmasıdır. Dolayısıyla G71 kodundaki adres ve parametreler bu komutta da geçerlidir. Komutun formatı;

```
G72 W... R...
G72 P... Q... U... W... F...
```



Şekil 8.5. Alın düz kesme(G72)

d. Belirli şekle göre tekrarlanan işlemler

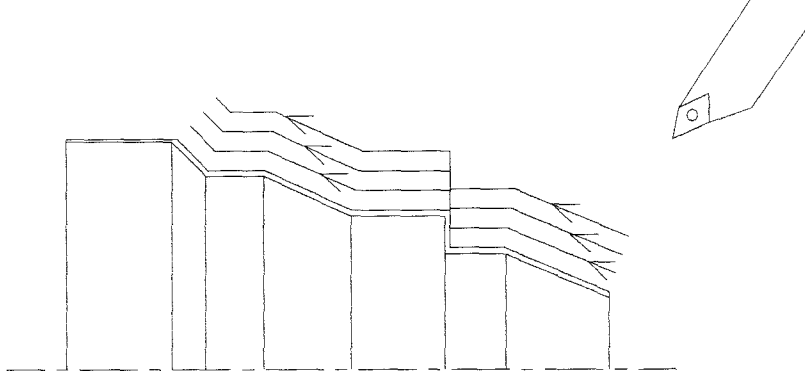
Pratikte bazı parçalara dövme veya dökme yöntemleri ile şekiller verilir ve bunlar daha sonra tornalanarak belirli şekle ulaştırılır. Bu çeşit parçaların kaba tornalanması için G73 komutu kullanılır. İşlemin diğerlerine göre farkı paso kalınlığı hem X hem de Z yönünde verilir. Burada:

- X yönündeki paso kalınlığı i;
- Z “ “ “ k;
- R adresi tekrarlama sayısını ifade eder.

Bu tip programlamanın formatı;

G73 U... W... R...

G73 P... Q... U... W... F...



Şekil 8.6. Belirli şekle göre tekrarlanan işlemler(G73)

e.Tekrarlanan vida açma işlemi(G76)

Vida açma işlemi birçok pasoda gerçekleştirilir.Pasolar normal veya eğik olabilirler.Normal pasolarda takım eksenini parça eksenine dik, eğik pasoda vida uç açısı kadar eğiktir.Eğik kesme daha kaliteli bir işlemdir ve takım ucundaki yükü hafifletir; ancak daha yavaştır.Tekrarlanan bir işlem olan vida pasoları G76 kodu ile programlanır.Bu tip programlamanın formatı:

G76 P... Q... R...

G76 X... Z... R... P... Q... F...

P-nihayi işlem sayısı(m), takımın vidadan çıkma miktarı(r) ve vida uç açısının(a) adresi

Q-Minimum kesme derinliğinin adresi(Δ min) adresi;tezgah her pasodan sonra otomatik olarak kesme kalınlığını azalttığı için, kesme hızı fazla azalmaması için bir sınır değeri konulur.(mikron olarak örneğin Q60=min. 0.06 mm kesme derinliğidir.

R-nihayi işleme payı(d)

X,Z-hedef noktanın koordinatları

R-vida yarıçapın(vida sonu ile başlangıcı arasında) farkının i adresi

P-vida yüksekliğinin k adresi(mikron olarak)

Q-1. pasoda paso kalınlığının ((Δd) adresi(mikron olarak);daha sonraki pasolar buna göre hesaplanır;dolayısıyla bu değer büyük verildiği durumda paso sayısı azalır.

F-vida hatvesinin h adresi

m-nihayi işleme sayısı

r-pah miktarı

a-vida uç açısı

Δd -min. Paso kalınlığı

d-nihayi işlem payı

i-vida yarıçapı farkı

k-vida yüksekliği

Δd -Birinci pasoda paso kalınlığı

Buna göre;

G76 p(m) (r) (a) Q((Δd min) R(d) ;
 G76 X... Z... R(i) P(k) Q((Δd) F.. ;

Şeklinde yazılır.

f. Tek tekrarlanan işleme vida açma(G92)

Bazı kontrol sistemlerinde ; çabuk talaş kaldırma konumuna gelme,talaş kaldırma, geri çekilme ve tekrar başlangıç noktasına gelme gibi dört hareketi tek bir blokta programlama imkanı veren kodlar vardır; bunlara tek tekrarlanan işlemler denir.Örneğin vida açmak için G 92 komutu vardır.Bu programlama tipinin formatı:

G92 X... Z... F...
 X...
 X...

Ayrıca konik dış çekme işleminde büyük çap ile küçük çap arasındaki fark alınır. Bu değer yarısı R değeri olarak girilir.

G92 X... Z... R... F...

8.1.11. Açılı ile Boyutlandırma

Bu tip programlama yapılırken takımın gideceği noktanın sadece X veya Z ölçüsü verilerek Bununla beraber A açısı ile takımımız istenilen noktaya kesme hareketi yaparak gidebilir. (Akkurt M.,1996)

Çizelge 8.1. Standart G kod listesi

G00	Pozisyonlama (Hızlı hareket)
G01	Doğrusal (Lineer) interpolasyon (Düz ve konik işleme)
G02	Dairesel interpolasyon (Saat yönü istikametinde radyüs işleme)
G03	Dairesel interpolasyon (Saat yönünün ters istikametinde radyüs işleme)
G04	Bekleme
G28	Tezgâhın referans noktalarına dönme (Zero Return'a dönme)
G32	Dış çekme (geri dönüşler G00 ile verilir.)
G50	Maksimum devir sınırlaması ve iş parçasının koordinatının ayarlanması
G70	Finiş tornalama çevrimi
G71	Kaba yüzey tornalama çevrimi (Eksene paralel tornalama)
G72	Kaba alın tornalama çevrimi (Eksene dik tornalama)
G73	Kaba yüzey tornalama çevrimi (Profile paralel tornalama)
G74	Kademeli Z ekseni yönünde delik delme
G75	Kademeli X ekseni yönünde kanal açma veya kesme
G76	Dış çekme çevrimi (Kademeli olarak dış ekme işlemi, Bütün dış çekme işlemi tek bu komutla bitirilir.)
G90	İç veya dış tornalama çevrimi (Her hareket – işleme, hızlı geri dönüş bu çevrim içindedir.)
G92	İç veya dış dış çekme çevrimi (İşleme, hızlı geri dönüş çevrim içindedir.)
G94	Alın tornalama çevrimi.
G96	Sabit kesme hızlı komutu (metre/dakika cinsinden kesme hızı girilir ve çap değiştiğinde devir, kesme hızına bağlı olarak değişir.)

G97	Sabit kesme hızının iptali ve sabit devir hızı komutu.
G98	İlerlemenin (F) milimetre/dakika cinsinden girilmesi.
G99	İlerlemenin (F) milimetre/devir cinsinden girilmesi.



9. STANDART “M” KODLARI

CNC programlamada yardımcı fonksiyonlar olarak kullanılır. Bazı standartlar dışında firmaların kendi üretimine bağlı olarak kullanılır.

9.1. “M 00” PROGRAM STOP

Programın herhangi bir amaçla durdurulması istendiğinde kullanılır. Takım ve ayna aynı anda kapanır. Program çevriminin tekrar başlatılması ile (program start düğmesine basılır.) programa kaldığı yerden devam edilir. Genellikle bir iş parçasının iki yüzünün birden işlenmesi istendiğinden, 1. Yüz bittikten sonra 2. Yüze geçme sırasında M 00 komutu kullanılır.

9.2. “M 01” İSTEĞE BAĞLI PROGRAM STOP

M 00 fonksiyonu ile aynı işi yapar. Bunun geçerli olabilmesi için “isteğe bağlı stop” düğmesinin basılı tutulması gerekir. Bu düğme basılı olduğunda program içinde M 01 varsa program durur ve program start düğmesine basılması ile kaldığı yerden devam eder.

9.3. “M 02” PROGRAM SONU

Genellikle programın bitiminde kullanılır. Programın sona erdiğini belirtir. Programın tekrar başlatılması için tekrar başa getirilmesi gerekir.

9.4. “M 03” FENER MİLİNİN SAAT YÖNÜNDE DÖNMESİ

Takıma kesme şartları verildiği zaman, takımın kesme yönüne göre ayna dönüşünü tanımlamak için bu komut kullanılır. Aynanın saat yönünde döndürülmesini sağlar. Dönüş yönü, fener milini solumuzda olacak şekilde tespit edilir.

9.5. “M 04” FENER MİLİNİN SAAT YÖNÜNDE TERS İSTİKAMETTE DÖNMESİ

Aynanın, saatin ters istikametinde döndürülmesi istendiğinde kullanılır.

9.6. “M 05” FENER MİLİNİN DURDURULMASI

M 03 veya M 04 ile aynanın döndürülmesinden sonra, durdurulması sırasında M 05 kullanılır.

NOT : Program içinde M 03'ten M 04'e geçilmesi gerektiğinde (kalem kesme yönleri farklı ise) araya M 05 komutu konulup ayna durdurulur ve dönüş yönü değiştirilir.

9.7. “M 08” SOĞUTUCUNUN AÇILMASI

Otomatik operasyon sırasında, bu komut ile soğutucu suyu açık konuma gelir. M 00, M 01, M 02, M 05, M 30 komutlarından biri verilmediği sürece açık kalır.

9.8. “M 09” SOĞUTUCUNUN KAPATILMASI

M 08 komutu ile açılan soğutucu suyunun kapalı konuma gelmesi için M 09 komutu kullanılır.

9.9. “M 10” AYNANIN KAPANMASI

Aynanın otomatik operasyon sırasında program komutu ile kapatılması gerektiğinde M 10 komutu kullanılır. Genellikle çubuk sürücülü tezgahlarda, çubuk sürme sırasında aynanın açılıp kapatılması gerektiğinde kullanılır.

9.10. “M 11” AYNANIN AÇILMASI

Program içerisinde aynanın otomatik olarak açılmasını sağlamak için kullanılır. Genellikle çubuk sürme işleminde gerek duyulur.

9.11. “M 12” KARŞI PUNTANIN DIŞARIYA ÇIKMASI

Puntanın ileriye doğru çıkıp parçayı sıkıştırması için kullanılır. Program içinde puntanın kendiliğinden sıkıştırma yapmasını istediğimizde kullanıyoruz.

9.12. “M 13” KARŞI PUNTANIN İÇERİYE GİRMESİ

Puntanın geriye doğru çekilmesi için kullanılır.

9.13. “M 30” PROGRAM SONU

M 02 ile aynı olup programın sonunda kullanılır ve programın sonunda kullanılır ve program kendiliğinden başa dönmesini sağlar.

9.14. “M 98” PROGRAM SONU

Bir programın çalışması sırasında, diğer bir alt programın çağrılması istendiğinde bu komut kullanılır.

9.15. “M 99” ALT PROGRAM SONU

Alt programdan ana programa dönülmesi sırasında veya çubuk işlemeli tezgahlarda olduğu gibi programın sürekli olarak çağrılması istenildiğinde bu komut kullanılır.(Arı Makina)

Çizelge 9.1. Standart M kod listesi

M00	Program stop
M01	İsteğe bağlı programı durdurma
M02	Program sonu (Programın başına dönmez.)
M03	Fener milinin saat yönünde dönmesi
M04	Fener milinin saat yönünün ters istikametinde dönmesi
M05	Fener milinin durması
M08	Soğutma suyunun açılması
M09	Soğutma suyunun kapatılması
M10	Aynanın kapanması
M11	Aynanın açılması
M12	Karşı puntanın dışarıya çıkması / karşı ayna ileri
M13	Karşı puntanın içeriye girmesi / karşı ayna geri
M14	C ekseninin referans noktasına dönmesi

M15	C ekseninin referans noktasına dönmesinin iptali
M19	Ayna ve karşı aynanın eş devirde dönmesi
M25	Karşı aynanın kapanması
M26	Karşı aynanın açılması
M30	Program sonu (Programın başına döner.)
M36	Takım sıfırlama dışarı (Ölçeme pozisyonu)
M37	Takım sıfırlama içeri
M71	Çubuk besleme açık
M81	Hava üfleme açık
M82	Hava üfleme kapalı
M83	Parça tutucu dışarı (Parça alma pozisyonu)
M84	Parça tutucu içeri
M98	Alt program çağırma
M99	Alt program sonu

10. KONTROL PANOSU TUŞLARININ TANIMLARI

10.1. Fanuc Kontrol Sistemine Ait Tuşların Tanımları

1. RESET : MODE SELECT şalteri EDIT konumundayken bu tuşa basıldığında programı başa alır. MODE SELECT şalteri AUTO konumundayken ve program çalışırken bu tuşa basıldığında çalışma durur, ayna stop eder ve yeniden başlama yapılamaz.

Yeniden programa geçmek için:

1. MODE SELECT şalteri EDIT konumuna getirilir.
2. RESET tuşuna basılır.
3. MODE SELECT şalteri HANDLE konumuna getirilir.
4. HANDLE çarkı ile taret X ve Z yönünde emniyetli kısma götürülür.!!!
5. MODE SELECT şalteri AUTO konumuna getirilir.
6. CYCLE START tuşuna basılır.

2. CURSOR : MODE SELECT şalteri EDIT konumunda iken ekrandaki kursorü (yanıp sönen çizgi) kelime kelime ileri, geri hareket ettirir. Programı incelemek, ilave değer girmek, değiştirmek, silmek için istenilen konuma gelmeyi sağlar.

3. PAGE : MODE SELECT şalteri EDIT konumunda iken programı sayfa sayfa ileri, geri incelemeye yarar.

NOT : Kursor ileri-geri tuşlarla veya sayfa atlatma tuşları ile hareket ettirilmiş ise mutlaka MODE SELECT şalteri EDIT konumunda iken RESET tuşuna basılmalı ve ekranda kursorün programın başına geldiğinden emin olunmalıdır. Bu işlemden sonra diğer çalışmalara başlanmalıdır.

4. POS : Program çalışırken veya herhangi bir durumda bu tuşa basıldığında X ve Z eksenlerinde taretin dolayısıyla takımın ucunun pozisyonunu gösterir.

5. PROGRM : Program çalışırken veya herhangi bir durumda bu tuşa basıldığında ekranda programı gösterir.

6. MENU OFFSET : Herhangi bir konumda bu tuşa basıldığında ekranda OFFSET değerlerini gösterir.

3 adet OFFSET ekranı vardır.

1. OFFSET / GEOMETRY

Tool presetter (takım ölçme tertibatı) ile ölçülen takımların X ve Z değerlerini gösterir.

2. OFFSET / WEAR

İş parçası işlenirken takım ucunda meydana gelen aşınmayı telafi etmek için operatör tarafından girilen offset değerlerini gösterir.

3. WORK SHIFT

WORK SHIFT ve SHIFT INPUT tuşlarıyla girilmiş olan iş parçasının sınır noktasının (referans noktasının) X ve Z değerlerini gösterir.

7. DGNOS PARAM : Bu tuşa basıldığında ekranda parametreler ve elektronik devre şemaları görülebilir.

8. OPR ALARM : Tezgahta herhangi bir sorun olduğunda bu tuşa basılması halinde ekranda ALARM kodunu gösterir. Şayet RESET tuşuna basıldığında alarm kodu silinmiyor ve tezgah normal konumuna dönmüyor ise bu alarm kodunu servise bildirilir.

9. AUX GRAPH : Program çalışırken bu tuşa basıldığında ekranda grafik olarak parça işleme görülür. Bu tuş Optional (extra sipariş)'dir.

10. ALTER : MODE SELECT şalteri EDIT konumunda ve EDIT PROTECT anahtarı ON iken programdaki kursorün bulunduğu kelimeyi yazılan yeni kelime ile değiştirir. (Tuşa basıldığında)

11. INSERT : MODE SELECT şalteri EDIT konumunda ve EDIT PROTECT anahtarı ON iken kursorün bulunduğu yerin önüne yazılan yeni kelimeyi aktarır (araya sokar).

12. DEL : MODE SELECT şalteri EDIT konumunda ve EDIT PROTECT anahtarı ON iken komple programı (program numarası verildikten sonra bu tuşa basıldığında) veya direkt basıldığında kursorün bulunduğu kelimeyi siler.

13. EOB : Program yazılırken satır sonunda (blok sonunda) mutlaka olması gereken (;) işaretini koyar. Program yazılırken MODE SELECT şalteri EDIT konumunda ve EDIT PROTECT anahtarı ON konumunda olmalıdır.

14. CAN : Program yazılırken veya herhangi bir değişiklik yapılırken ALTER veya INSERT tuşlarına basmadan yazılan kelimeyi siler (yanlış yazma durumunda)

15. INPUT : Herhangi bir offset değerini girmek için kullanılır. Değer yazılıp ekranda görüldükten sonra bu tuşa basıldığında yazılan değer eski değerle yer değiştirir.

16. OUTPUT : MODE SELECT şalteri MDI konumunda iken yazılan deneme programını çalıştırır. Bu program RESET tuşuna basıldığında silinir.

10.2. Tezgahın Mekanik Tertibatı ile İlgili Tuşlar

1. POWER ON : Tezgahı açma düğmesidir. Tezgah açılırken ana şalter açıldıktan sonra 2 kere basılır.

1. Ana şalter açılır.
2. POWER ON tuşuna basılır.
3. EMERGENCY şalteri açılır. (Çevrilerek Reset edilir)
4. POWER ON tuşun ikinci kez basılır.

2. POWER OFF : Tezgahı kapatma düğmesidir. Tezgahı kapatmak için :

1. EMERGENCY şalteri kapatılır (ileri doğru itilir).
2. POWER OFF tuşuna basılır.
3. Ana şalter kapatılır.

3. TURRET INDEX : MODE SELECT şalteri HANDLE veya JOG veya RAPID konumunda iken bu tuşa basıldığında taret (takımlık) bir istasyon atlar (değişir). Bu tuş, takımların bağlı olduğu istasyonları değiştirmek (takım veya uç değiştirmek, kontrol etmek veya tool presetler ile takım ölçmek için) için kullanılır.

DİKKAT : Bu tuşa basılıp taret döndürülmeden önce takımların, (boyları dikkate alınarak) dönme sırasında iş parçasına, aynaya, puntaya veya tool presetler'e çarpmayacağından emin olunmalıdır. Aksi durumlarda HANDLE ÇARKI ile X ve Z yönünde taret hareket ettirilerek emniyetli konuma alınmalıdır.

4. CYCLE START : MODE SELECT Şalteri AUTO konumunda iken ve PROGRAM ÇALIŞMAYA HAZIRKEN bu tuşa basılarak otomatik olarak çalışmaya başlanır. Çalışma sırasında lambası yanar.

5. FEED HOLD : AUTO konumunda otomatik olarak parça işlenirken (CYCLE START tuşuna basılı iken) bu tuşa basıldığında ayna dönmeye devam eder, ancak X ve/veya Z istikametlerinde ilerlemeler durur. Bu durumda tuş üzerinde kırmızı lamba yanar. Bir anlamda bu tuş ilerlemeleri durdurur. Tekrar CYCLE START tuşuna basıldığında programa kalındığı yerden devam edilir. Bu tuş program sırasında özellikle yeni bir programa ilk olarak başlarken kontrol için kullanılır.

6. NORMAL : MODE SELECT Şalteri HANDLE, JOG veya RAPID konumunda iken aynanın NORMAL yönde dönmesini sağlar. Basılı durumda iken lambası yanar. Bu tuşa basmadan önce SPINDLE SPEED Şalterinin sıfır konumunda olmasına DİKKAT edilmelidir, aksi halde ayna (fener mili) aniden yüksek hızla dönmeye başlar ki bu tehlikelidir. Bu tuşa basılıken SPINDLE SPEED Şalteri ile aynanın devri değiştirilebilir. Sabah ilk çalıştırmada makinanın ısınması için bu tuşa basılarak aynanın (fener mili) bir süre 100-200 dev/dak döndürülmesi iyi olur.

NOT : Bu tuş basılıken SPINDLE SPEED Şalteri ile aniden yüksek hızlara çıkılmamalıdır. Hız yavaş yavaş artırılmalıdır.

7. STOP : MODE SELECT şalteri HANDLE, JOG veya RAPID konumunda iken aynanın REVERSE (TERS) yönde dönmesini sağlar. Basılı durumda iken lambası yanar. Bu tuşa basmadan önce SPINDLE SPEED şalterinin sıfır konumunda olmasına DİKKAT edilmelidir, aksi halde ayna (fener mili) aniden yüksek hızla dönmeye başlar ki bu tehlikelidir. Bu tuşa basılıyken SPINDLE SPEED şalteri ile aynanın devri değiştirilebilir.

NOT : Bu tuş basılıyken SPINDLE SPEED Şalteri ile aniden yüksek hızlara çıkılmamalıdır. Hız yavaş yavaş arttırılmalıdır.

8. CHIP CONVEYOR : Talaş konveyörünün ileri veya geri hareketini sağlayan tuşlardır.

9. FORWARD : Herhangi bir konumda bu tuşa basıldığında talaş konveyörü ile ileri doğru (talaşları tezgahın dışına taşıyacağı yönde) hareket eder.

10. REVERSE : Konveyörün geriye hareketini sağlar. Hangi tuşa basılmış ise konveyörün hareketini durdurmak için aynı tuşa tekrar basılmalıdır. REVERSE tuşu genellikle talaş sıkışması durumunda kullanılır.

11. WORK SHIFT : Bu iki tuş MODE SELECT şalteri HANDLE veya JOG konumunda iken iş parçasının sıfırının (referans noktasının) tanımlanmasında kullanılır.

12. SHIFT INPUT :

1. TOOL PRESETTER ile ölçümü yapılmış olan bir kater (takım), HANDLE çarkı ile iş parçasının sıfırına getirilir. Çok az talaş kaldırılarak veya gözle kontrol edilerek iş parçası sıfırı tesbit edilir.

2. Bu konum bozulmadan WORK SHIFT tuşuna basılır ve bu tuşun lambası yanar. Bu sırada da ekranda WORK SHIFT sayfası görülür.

3. Sonra SHIFT INPUT tuşuna basılır. Bu tuşa basıldığında ekrandaki WORK SHIFT sayfasında Z değeri iş parçasının sıfır değeri olarak görülür.

4. Son olarak WORK SHIFT tuşuna tekrar basılarak devreden çıkarılır ve lambası söner.

13. TOOL PRESS : MODE SELECT şalteri HANDLE veya JOG durumunda iken bu tuşa basıldığında TOOL PRESETTER kolu aşağı iner.

DİKKAT : Bu tuşa basmadan, yani kolu indirmeden önce KOLUN İŞ PARÇASINA, AYNANIN AYAKLARINA, AYNAYA BAĞLI APARAT VARSA BU APARATA VEYA TARETE ÇARPMAYACAĞINDAN EMİN OLUNMALIDIR. Bunlara dikkat ettikten sonra problem yoksa tuşa basılmalıdır.

Kol aşağıya indiğinde JOG konumunda iseniz EKSEN hareket tuşları veya EKSEN HAREKET KOLU ile X ve Z eksenlerini hareket ettirerek, HANDLE konumunda iseniz HANDLE ÇARKI ile eksen seçme switch vasıtasıyla X ve Z'yi seçip hareket ettirerek gözle iyice kontrol ederek, TOLL PRESETTER KOLUNDAKİ hassas noktanın tam ortasına katerdeki ucun tam uç noktasını dokundurular. Dokunduktan sonra koldaki hassas probun kırmızı lambası yanar. Bu sırada da TOOL PRESETTER kolunu aşağı indirme tuşuna basıldığında ekranda çıkan OFFSET / GEOMETRY sayfasına gösteren takımın X ve Z değerleri görülür. Sonra HANDLE ÇARKI ile ters istikamette (TERS İSTİKAMET ÖNEMLİ) yavaşça taretini uzaklaştırın. Bu uzaklaştırma işleminde ölçüm yapılan istikametinde değildir gerekirse önce yapılmalıdır. Daha sonra d aynı şekil diğer eksenler ve takımlar ölçülür. Takım değiştirirken taretin Tool Presetter Koluna çarpmayacağından emin olunmalıdır. Özellikle uzun takımların (Delik katerlerinin, matkapların) boyuna dikkat edilmelidir.

14. HANDLE ÇARKI : MODE SELECT şalteri HANDLE konumunda iken bu çark ile X veya Z ekseninde taret hareket ettirilir. X ve Z ekseninin seçimi kontrol panosundaki Eksen seçim Switchi ile yapılır. Bu switch X ve Z olmak üzere iki konumludur.

Taret hangi ekseninde hareket ettirilmek isteniyorsa Eksen seçme switchi o konuma (X veya Z) getirilir.

Eksenlerin hareket hızı ise 1, 10, 100 olmak üzere üç konumlu diğer bir switch ile seçilerek tesbit edilir. Bunlar :

- [1] Çark üzerindeki bir aralığın hareketi seçilen eksenin 0.001 mm ilerlemesini sağlar.
- [10] Çark üzerindeki bir aralığın hareketi seçilen eksenin 0.01 mm ilerlemesini sağlar.

- [100] Çark üzerindeki bir aralığın hareketi seçilen eksenin 0.1 mm ilerlemesini sağlar.

Handle çarkı (+) ve (-) yönde olmak üzere iki yönde hareket ettirilir (döndürülür). Bu yönler çarkın üzerinde gösterilmiştir.

(+) yönü çarkın döndürülmesi Z ekseninin aynadan uzaklaşmasını; X ekseninin ise iş mili ekseninden uzaklaşmasını sağlar.

(-) yönü çarkın döndürülmesi Z ekseninin aynaya yaklaşmasını; X ekseninin ise iş mili eksenine yaklaşmasını sağlar.

15. EKSEN TUŞLARI : MODE SELECT şalteri JOG, RAPID veya ZERO RETURN konumunda iken $\pm X$ veya $\pm Z$ yönünde taretin hareket ettirilmesini sağlar (Hangi tuşa basılmış ise o yönde).

1. JOG konumunda

FEED RATE ANAHTARI üzerinde yazılı olan ve 0,2,.....1260 milimetre/dakika olarak belirtilen ilerleme hızlarından seçilen değerde basılan tuş istikametinde (eksende) taret hareket eder.

2. RAPID konumunda

RAPID TRAVERSE ANAHTARI üzerinde yazılı olan ve tezgahın hızlı hareketinin yüzde olarak değerini gösteren %25, %50 ve %100'den seçilen hızda basılan tuş istikametinde (eksende) taret hareket eder. Bu konumda iken çok dikkatli olmak gereklidir. Bunun sebebi seçilen eksen ve istikamette taret hızlı hareket edeceğinden çarpma tehlikesi doğabilir.

1. ZERO RETURN konumunda

Elektrik kesildiğinde veya sabah ilk çalıştırma sırasında bu tuş kullanılır. ZERO RETURN demek tezgahın kendi sıfır noktasına (referans noktasına) dönmesi demektir. Tezgah her açılışa veya elektrik kesilmesinde bu sıfır noktasını unuttuğunda en son kaldığı yeri sıfır

noktası kabul eder ki bu tehlikelidir ya da hiç çalışmaz. Bu nedenle tezgahı ZERO RETURN'a almak çok önemlidir.

Tezgah ZERO RETURN alınırken öncelikle MODE SELECT Şalteri JOG veya HANDLE konumuna alınarak taret -X ve -Z yönünde ortalara alınır (ZERO RETURN noktasından yani tezgahın kendi referans noktasından uzaklaştırılır). Bu sebebi şayet tezgah kendi referans noktasında veya yakınında ise ZERO RETURN işlemi yapılırken eksenler bu noktayı geçer ki buda tezgahın OVER TRAVEL ALARMI vermesine neden olur. Bu alarmın anlamı tezgahın ZERO RETURN noktasını belirleyen switchlerin geçilmiş olmasıdır. Bu durumda eksenler - yönde HANDLE çarkı ile hareket ettirilir ve RESET tuşuna basılarak alarmdan çıkılabilir.

Tezgahın referans noktasından - yönde JOG veya HANDLE konumunda uzaklaştıktan sonra, MODE SELECT şalteri ZERO RETURN konumuna alınır ve RAPID TRAVERSE anahtarı ile %25 veya %50 seçimi yapılarak + yönde önce X yönünde X ekseninin Zero Return lambası yanana kadar tuşa basılır. Sonra aynı işlem +Z yönünde tekrar edilir. Her iki eksenin Zero Return lambası yandığında işlem bitmiş olur.

16. MODE SELECT : Bu şalter ile tezgahta yapılacak işlem seçimi yapılır.

17. EDIT : Yeni program yazılırken veya yazılmış olan bir programda değişiklik yapılırken kullanılır.

Bu durumda EDIT PROTECT switchi ON konumunda olmalıdır.

Ayrıca bu konumda herhangi bir işlem yapıldığı takdirde diğer konumlara geçmeden (özellikle AUTO : Otomatik parça işleme konumuna geçmeden) önce mutlaka yapılacak değiştirme işleminden veya program yazılımı bittikten sonra RESET tuşuna basılarak program başa alınmalıdır.

18. AUTO : İş parçası işlenirken yani program çalıştırılırken kullanılır. Program çalışmaya başlamadan önce programın başta olduğu kontrol edilmeli ve EDIT PROTECT Switchi OFF konumunda olmalıdır.

19. MDI : Örnek program, deneme programı veya JOG konumunda elle işleme yapmak istendiğinde (Örneğin yumuşak ayna ayaklarının tornalanmasında fener miline devir değeri girmek için) kullanılır. Bu konumda yazılan program RESET tuşuna basıldığında silinir.

20. HANDLE : Kontrol panelinde bulunan HANDLE ÇARKI ile taretin X veya Z ekseninde (+), (-) yönünde hareket ettirmek istendiğinde kullanılır.

21. JOG : Eksen tuşları ile FEED RATE anahtarında seçilen ilerleme miktarında (ilerleme miktarı FEED RATE anahtarının ikinci sırasından milimetre/dakika – mm/min –cinsinden seçilir) taretin X veya Z yönünde hareket ettirilmesi gerektiğinde kullanılır.

Elle tornalama yapıldığında, taretin herhangi bir pozisyona yaklaştırılması istendiğinde bu konumda eksen tuşları yardımı ile taret hareket ettirilir.

22. RAPID : Eksen tuşlarına basmak suretiyle tezgahın RAPID hızında, taretin X veya Z eksenlerinin (+), (-) yönünde hareket ettirilmesi istendiğinde kullanılır. RAPID TRAVERSE anahtarıyla tezgahın RAPID hızının %25'i, %50'si ya da %100'ü seçilerek hareket hızı tespit edilir.

Tezgahın RAPID hızı milimetre/dakika veya metre/dakika olarak katalogunda belirtilmiştir. Bu konumda taret hareket ettirilirken hızlar yüksek olduğundan çok dikkat edilmelidir.

23. ZERO RETURN : X ve Z eksenlerini (dolayısıyla taretin) tezgahın referans noktasına (sıfır noktasına) almak için kullanılır. Bu işlem, tezgahın her açılışında, elektrik kesildiğinde veya herhangi bir durumda EMERGENCY STOP düğmesine basılarak tezgahın hidrolik devresinin kesilmesinde yapılır. Bu konumda önce +X yönünde sonra +Z yönünde eksen tuşlarına basılarak ZERO RETURN işlemi yapılır. Bu işlem sırasında her eksen için kontrol panelinde bulunan ZERO RETURN LAMBALARI yanana kadar eksen tuşları basılı tutulmalıdır.

ZERO RETURN işlemi yapılırken dikkat edilmesi gereken iki önemli husus vardır:

1. X ve Z eksenleri (dolayısıyla taret) bu işlem yapılmadan önce referans noktasında + yönde uzakta olmalıdır. Değilse HANDLE veya JOG konumunda HANDLE ÇARKI ya da eksen tuşları ile + yönde hareket ettirilerek, ZERO RETURN pozisyonundan uzaklaştırılmalıdır.

2. ZERO RETURN'a düğme işleminde hareket hızı RAPID hızı ile olduğundan RAPID RATE ANAHTARI %25 veya %50 konumuna alınmalıdır.

24. FEED RATE ANAHTARI : Bu çark ile gerek program içinde gerekse MODE SELECT şalteri JOG konumunda iken FEED hızı yani X veya Z ekseninin ilerleme hızının seçimi yapılır. Çarkın üzerinde iki adet ilerleme hız değerleri bulunan sıra mevcuttur:

1. Sıra (%0 – 150)

Bu sıradaki değerler, otomatik parça işleme esnasında program içerisinde verilen ilerleme (FEED) miktarının yüzde (%) olarak seçiminin yapılmasını sağlar. Seçim 100'de ise program içerisinde yazılmış olan ilerleme değerinin aynen geçerli olduğu belirtilmiş olur. Genelde program içerisinde verilmiş olan ilerleme değerinin yüzde olarak değiştirilmesi, işlenen parçanın malzemesinin düşünülenden daha sert veya yumuşak olmasından kaynaklanır. Şayet programda verilen ilerleme değeri uygun değil ise (yüzde olarak her zaman değiştirilmek ihtiyacı duyuluyorsa) tespit edilen değer programda değiştirilmelidir. Otomatik çalışmada bu değer daima 100'de olması tavsiye edilir.

Ayrıca yeni yapılmış bir programın denenmesi sırasında da bu anahtar önce sıfır konumuna alınır, daha sonra yavaşça ilerleme değeri artırılarak programın kontrolü yapılır.

2. Sıra (0-1260 mm/min)

MODE SELECT şalteri JOG konumunda iken X ve Z eksenlerinin EKSEN TUŞLARI vasıtasıyla + veya – yöndeki hareketinin ilerleme hızının seçiminin yapılmasında kullanılır. Bu hız seçimi milimetre/dakika cinsinden yapılır ve hareket etmesi istenilen eksen tuşuna basıldığı sürece bu hızda ilerleme elde edilir.

25. DRY RUN : DRY RUN tuşu otomatik parça işleme sırasında RAPİD TRAVERSE hareketinin (Hızlı hareketinin) FEED RATE anahtarı ile kumanda edilmesini yani maksimum 1260 mm/dak. (bu hız tezgah tipine bağlıdır) olmak üzere istenilen hızda eksenlerin hareket etmesini sağlar (DRY RUN tuşu ON konumunda iken). Otomatik parça işlemede hızlı hareketler taretin parçaya yaklaşması, uzaklaşması, işleme sırasındaki geri dönüşlerde kullanılır. Bu nedenle yeni yapılmış bir programda herhangi bir hata varsa en büyük problem hızlı hareketlerde çıkar. Bunu tespit etmek için programın ilk denemesinde DRY RUN tuşu ON konumuna alınarak hızlı hareketlerin kontrollü bir şekilde yapılması sağlanır. Her hangi bir hata yok ise switch OFF yapılarak otomatik çalışmaya geçilebilir.

26. MACHINE LOCK : Bu switch ON konumunda iken X ve Z eksenlerinin hareketi her konumda kilitlemiş olur (hareket etmezler). Bu switch yeni yapılmış olan bir programda yalnızca fener milinin devirlerini kontrol etmek için kullanılır. Diğer durumlarda bu switchin OFF konumunda olması gereklidir, kontrol edilmelidir. Aksi halde eksenler hareket etmeyeceğinden tezgahda problem olduğu sanılır.

27. OPTIONAL STOP : Program içerisinde otomatik işleme esnasında işlemin durması istenen (ölçü kontrolü, takım kontrolü vs. için) yer varsa (parça sökülmeden) ve buraya programda M01 komutu konulmuş ise OPTIONAL STOP tuşu ON konumunda iken otomatik çalışma durur ve fener mili stop eder. Eksenlerde herhangi bir hareket yapılmadan istenilen kontrol bittikten sonra CYCLE START tuşuna basıldığında otomatik işleme kaldığı yerden devam eder. Switch OFF konumunda ise otomatik işleme programda M01 komutu da olsa durmadan devam eder. Switch ON konumunda iken lambası yanar.

28. SINGLE BLOCK : Bu switch ON konumunda iken otomatik çalışma sırasında işleme satır satır (Blok blok) olur. Yani programda yazılı bulunan her satır (blok) operatör tarafından verilen komut ile çalışır. İkinci satır için tekrar komut bekler. Otomatik çalışmada CYCLE START tuşuna her basılışta (komutta) programda yazılı olan satırda bulunan komutlar (G,M gibi) ve hareketler gerçekleşir ve durur. Tekrar CYCLE START tuşuna basıldığında ikinci satırda yazılmış olan komut ve hareketler gerçekleşir.

Bu switch genellikle yeni yazılmış bir programın denemesi sırasında kullanılır. Böylece programın yazılışı sırasında herhangi bir hata, tehlikeli durum veya kesme şartlarına uymayan bir durum varsa kontrol edilmiş olur.

Program baştan sona denendikten sonra bu switch OFF yapılarak otomatik çalışmaya geçilir.

29. BLOCK DELETE veya BLOCK SKIP : Bu switch ON konumunda iken lambası yanar ve programda / ile başlayan satırları hiçbir işlem yapmadan atlar. Bu tuşun kullanılmasının sebebi bazı programlarda parça üzerinde yapılması istenmeyen işlemler varken yine aynı program ile işlenen parçaların bazılarında ise bu işlemin yapılması istenebilir olmasıdır.

Örneğin : 1. Programın başında tezgah eksenlerinin (dolayısıyla taretin) makinanın referans noktasına yani Zero Return noktasına dönme komutu yazılmışsa, bu işlem yalnızca sabah tezgah ilk açıldığında veya elektrik kesilmesinde uygulanacağından ilk çalışmada BLOCK SKIP (veya BLOCK DELETE) tuşu OFF ikinci parça işlemede ON konumuna getirilir. Böylece ikinci parçanın işlenmesinde bu satırlar atlanır.

2. Dolu malzemedan işlenecek bir parçanın bazı durumlarda taslak haline (diğer bir tezgahta kaba işlemi yapılmış olabilir) gelmesi durumunda tezgahta işlenmiş kısımlar için vakit kaybı olmaması düşünülerek bu işlem satırlarının başına / konularak gerektiğinde satır (işlem) anlatma, gerektiğinde de bu işlemleri yapma imkanı olur.

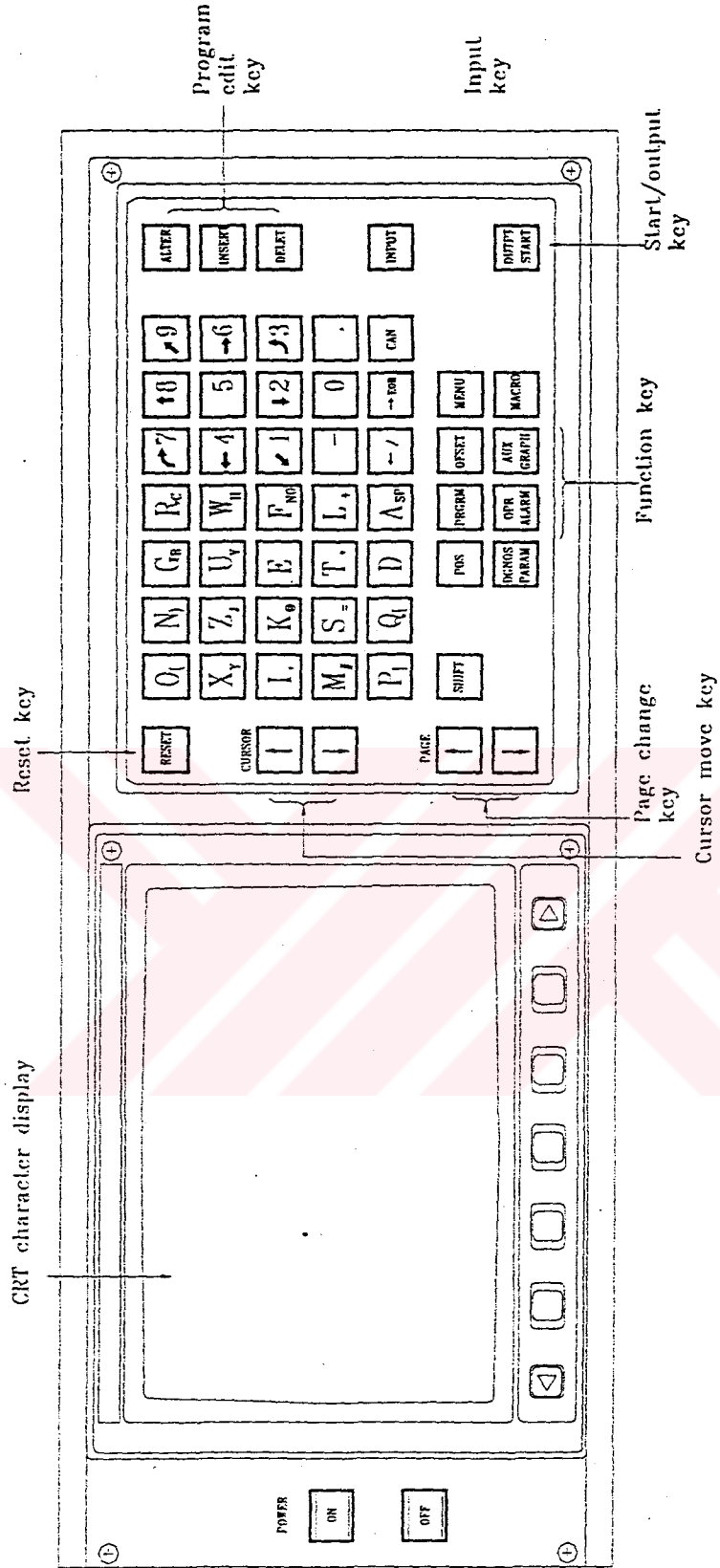
CHUCK CLAMP : Aynanın sıkma pozisyonunu değiştiren tuştur. Bu switch anahtarla kumanda edilir. Ayna ayaklarının iş parçasını içten veya dıştan sıkması gerektiğinde switchin konumu switch üzerindeki şekle göre değiştirilir. Ayna istenilen pozisyonda sıkıldıktan (iş parçası tutulduktan) sonra bu switchin kırmızı lambası yanar. Bu lamba yanmadığı sürece otomatik program çalışmaz ve ayna dönmez (fener mili).

30. EDIT PROTECT : ON ve OFF olarak iki konumlu olan bu switch anahtar ile konumlandırılır.

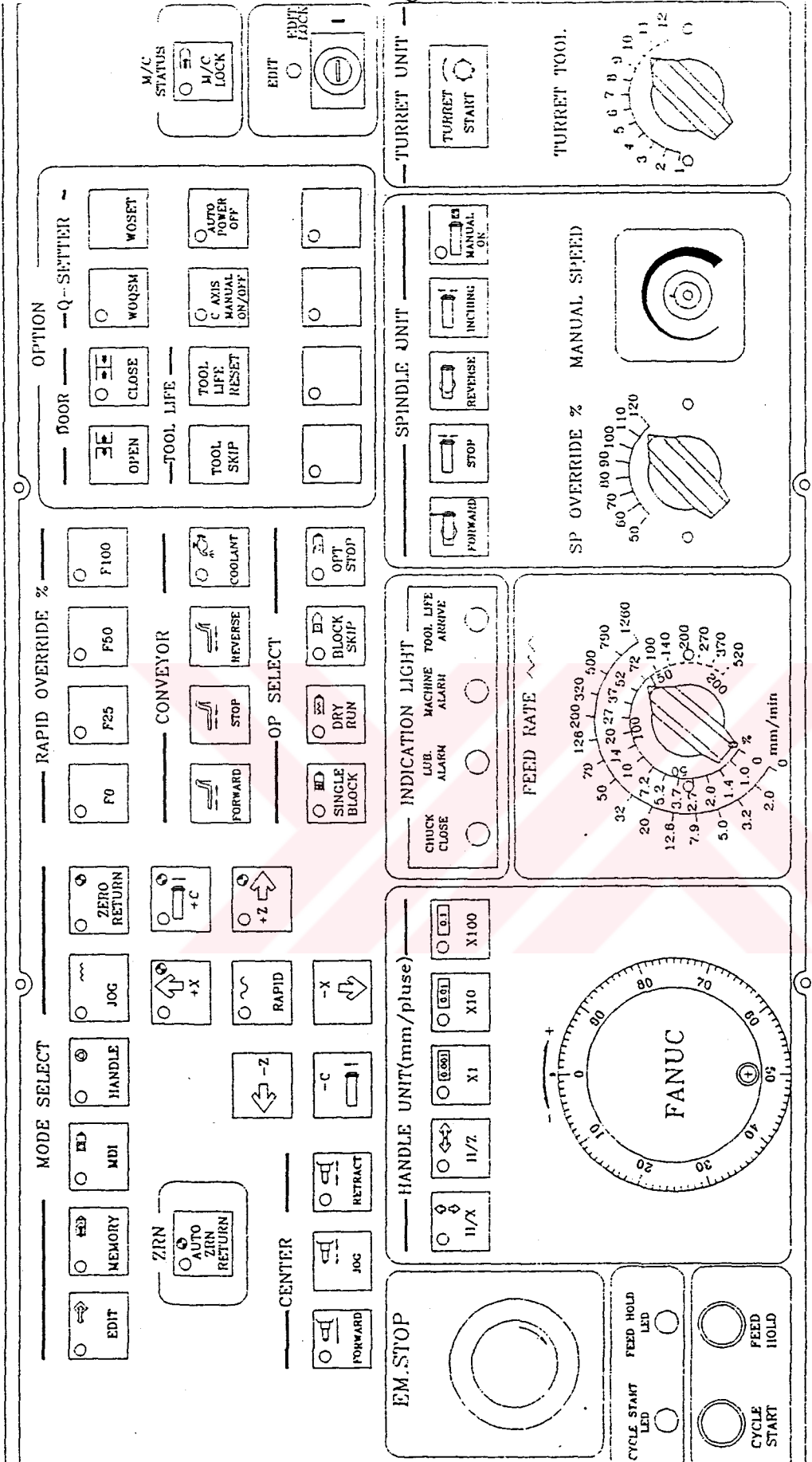
ON konumunda ve MODE SELECT şalteri EDIT'te iken yeni program yazmak, programda değişiklik yapmak mümkündür. Aksi halde bu switch OFF konusunda iken bu işlemler yapılamaz.

MODE SELECT şalteri AUTO konumunda iken yani otomatik çalışmaya geçileceği zaman bu switch OFF konumuna alınmalıdır. (Arı Makina Eğitim notları)





Şekil 10.1. Fanuc Kontrol Sistemine ait tuşlar



Şekil 10.2. Tezgahın mekanik tertibatı ile ilgili tuşlar

11. SONUÇLAR

Takım tezgahlarında herhangi bir parça işlenirken mühendislik için önemli olan ana faktörlerin sağlanması gerekir. Bu ana faktörler kalite, sabit kalite, düşük maliyet, yüksek üretkenlik ve esnekliktir. Bir mamül imal edilirken teknik resminde belirtilen her hassasiyetin mamülde sağlanması ve en uygun imalat yönteminin seçilmesi gerekir. Yüksek adetli parçalar işlenirken her parçanın yüzey ve ölçü kalitesi de hep aynı olmalıdır. Böylece sabit kalite elde edilir. İmalat yöntemi aynı zamanda maliyeti de etkilediğinden 21.yy'a girerken kalite+ucuz maliyet kavramı hep ön planda olmuştur.

CNC takım tezgahları yukarıda belirtilen bütün unsurları sağlayan tezgahlardır. Bu tip tezgahlar Fanuc, Siemens, Heideinhein veya Mitsubishi kontrol sistemleri sayesinde eksen servo motorlarına gönderilen sinyaller ile çok hassas işlenmiş bilyalı vidalı mili harekete geçirir ve bu sayede tabla veya taret harekete geçerek kesme yada seri ilerleme hareketi sağlanır. Böylece yarı mamül şeklinde olan parça işlenerek istenilen ölçülere çok hassas bir şekilde gelir.

Nümerik Kontrollü takım tezgahlarında yatak ve kızak sistemleri konvansiyonel tezgahlardan oldukça farklıdır. Kutu tipi kızaklar, lineer bilyalı kızak, lineer makaralı kızak ve integral kızak sistemi dediğimiz çelik ve döküm bileşiminden meydana gelmiş kızak tipleri kullanılmaktadır. Bu kızaklar yapılacak olan işin malzemesine, geometrik boyutlarına ve tezgah tipine göre değişmektedir.

Nümerik Kontrollü takım tezgahlarında yataklama sistemi olarak hidrostatik sıvı ve yuvarlanmalı yataklar kullanılmakta konvansiyonel makinalardaki gibi hidrodinamik yatak tipleri kesinlikle kullanılmamaktadır.

Bu tip tezgahlar genellikle seri imalata uygun makinalar olduklarından parça yükleme, parça tutturma ve takım tutturma tertibatı da pratik ve hızlıdır. Parça tutturma sistemi olarak tornalarda hidrolik aynaların sert veya yumuşak ayakları, pens tertibatı, çubuk sürücü tertibatı kullanılabilir. Takım tutturma, tornalarda genelde taret mekanizması veya gang tipi olarak bilinen tabla üzerine açılmış olan T kanalları vasıtasıyla takım tutturulabilir.

İşleme merkezlerinde maksimum 300 adet takım bağlamaya bile imkan veren mağazin veya tambur tipi takım tutturma tertibatları vardır.

Bir nümerik kontrollü tezgahta iş parçasının sıfır noktası, takımın sıfır noktası ve tezgahın sıfır noktası olmak üzere 3 adet referans noktası bulunmaktadır. Tezgahın sıfır noktası takım milinin veya taretin, tabladan veya aynadan uzaklaşabileceği en uzak noktadır. Bu nokta (0,0,0) olarak belirtilir. Bir iş parçasını işlerken delik, çap ve boy takımları kullanılacağından ve de bağlama sırasında bu takımlar hep farklı boylarda olacağından takımların referans noktası da alınmalıdır. Bu işlem, tezgahlarda bulunan takım boyu ölçme probu ile ayarlanabilir. Bir iş parçasını programlarken iş parçası üzerinde belirlediğimiz sıfır (referans) noktası olmalıdır ki parça programının koordinatlarını o noktaya göre verelim. Bu sebeple iş parçasının sıfır noktası kolaylık açısından genellikle parçanın alın kısmı olarak seçilir.

Bu tezde görüldüğü gibi NC tezgahlarda programlama sisteminin CNC'ye göre biraz daha zor olması, hafızaya alma olmaması, elektrik kesintilerinde tekrar program yazımına gerek kalması operatörün işini zorlaştırmaktaydı. Fakat CNC ile bu sorunlar çözülmüştür.

KAYNAKLAR

- Akkurt M.,(1986) “Nümerik Kontrollü Tezgahlar ve Sistemler”, Er-Diz, İstanbul
- Akkurt M.,(1996) “Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları (CNC)”, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Akkurt M.,(Mart 1996) “CNC Tezgahlarda Takım Telafisi”, Temel Matbaacılık, İstanbul
- Akkurt M.,(Nisan 1996) “CNC Tezgahlarda Koordinat Sistemleri ve Parça Sıfır Noktasının Kaydırılması”, Temel Matbaacılık, İstanbul
- Akkurt M.,(Mart 1999) “Takım Tezgahlarının Analizi”, Alse Yayıncılık, İstanbul
- Altan E.,Özgürler M.,(Eylül 1997) “İşleme Merkezleri”, Bileşim Yayıncılık, İstanbul
- Apaydın H.,(Nisan 1995) “CNC Takım Tezgahlarında Alt Programlama”, Bileşim Yayıncılık, İstanbul
- Arı Makina Ltd.Şti.,(1994) “Müşteri Eğitim Notları”, İstanbul
- Aydın O.,(Eylül 1997) “Hareket Tekniğinde Bilyalı Miller”, Emo Yayıncılık, İstanbul
- Çorbacı F.K.,(Mart 1998) “CNC Tezgahlarının Programlanması”, Alse Yayıncılık, İstanbul
- Ergün M.,(1997) “Nümerik Kontrollü Takım Tezgahları ve Programlama”, MMO, İstanbul
- Hakusui MT.,(1999) “Ecoreg System”, Japan
- Krar S., Gill A.,(1990) “CNC Technology and Programming”, McGraw-Hill Book Co., Singapore
- Mamur M.,(Haziran 1994) “Takım Tezgahlarında Kızak Sistemleri”, Temel Matbaacılık, İstanbul

Mamur T.,(Ekim 1994) “Döner Tablalar”, Temel Matbaacılık, İstanbul

Mamur T.,(Haz.-Tem. 1999) “CNC Programlama Metodları”, Emo Yayıncılık, İstanbul

Mamur T.,(Ekim 1999) “İşleme Merkezi Teknolojisine Giriş”, Emo Yayıncılık, İstanbul

Taşlıca A.O.,(1994) “CNC İle İşlemeye Giriş” M.E.B., İstanbul

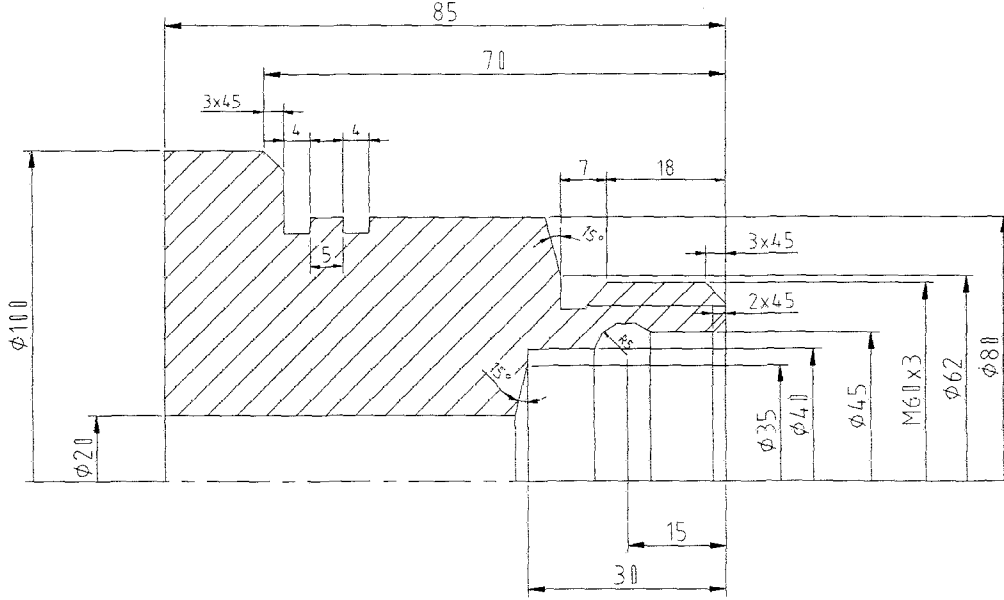
Thyer G.E.,(1991) “ Computer Numerical Control of Machine Tools”, Thomson Litho Ltd., East Kilbride, Scotland

Tong-Tai M.T.,(1993) “CNC Lathe”, Taiwan

Toyoda Machine Works,Ltd.,(1999) “FH-55S, FH-63S Horizontal Machining Center”, Japan

EKLER

ÖRNEK PARÇA VE PROGRAMLAMA (1)



Teknik resmi yukarıda verilmiş olan parçada alın temizleme, dış çapın kaba boşaltılması, dış çapın ince işleme, delik delinmesi, deliğin kaba boşaltılması, deliğin ince işleme, dış çapta kanal açılma işlemi ve dış çekme işlemleri uygulanacaktır. İşlenmemiş parçanın boyutları ise $\phi 100 \times 86$ mm dir.

Parçanın tornanın aynasına bağlanması için yumuşak ayaklar 10 mm derinliğinde tornalanıp, parçanın iyi sıkması sağlanması için ayak dip kısımlarına kanal açma işlemi de uygulanmalıdır. Malzeme Ç1045 dir.

O0001 ;

T0101(WNMG);.....Kaba dış tornalama

G50 S2500;

G96 S250 M03;

G00 X101. Z0. M08;

G01 X-1.2 F0.2;

G00 X101. W1.;

G71 U2. R0.5;

G71 P10 Q45 U0.2 W0.1 F0.2;

N10 G00 G41 X52.;

G01 G42 X60. Z-3. F0.1;

Z-25. F0.2;

X62.;

X80. A105.;

Z-67.;

X94.;

X102. Z-71.;

G00 X150. Z200.;

M01;

T0303(Ø19 U-DRILL);.....Delik delme

G97 S1200 M03;

G00 X0. Z1. M08;

G01 Z-86.5 F0.12;

G00 Z2.;

X150.;

T0202(VBMT);.....Finish dış tornalama

G50 S3000;

G96 S250 M03;

G00 X101. Z-0.2 M08;

G01 X18. F0.15;

G00 X101. Z1. ;

G70 P10 Q25 F0.15;

G00 Z-17. X62.;

G01 X54. Z-20. ;

Z-24.9 ;

G01 X62. F3. ;

Z-17.;

G01 X52. Z-20. F0.15 ;

Z-25.;

G01 X63.5 F0.15 ;

G00 X150. Z250. ;

M01 ;

T0505(4mm.lik kanal);.....Kanal açma

G97 S800 M03;

G00 X81. Z-66. ;

G01 Z-66.98 F0.05;

G01 X75.;

G04 P500;

G01 X81. F5.;

Z-58.;

G01 X75. F0.05;

G04 X0.5;

G01 X82.F5.;

G00 X200. Z200.;

M01;

T0404(CNMG);.....Kaba delik tornalama

G50 S2500;

G96 S250 M03;

G00 X18. Z2. M08;

G71 U1. R0.5;

G71 P5 Q40 U-0.2 W0.1 F0.2;

N5 G00 G41 X51.;

G01 X45. Z-2. F0.1;

Z-11. F0.2;

G03 X40. Z-24.94 R10.;

Z-30.;

X35.;

X20. A255.;

N40 X17.;

G00 X200. Z200.;

M01;

T0606(VBMT DELİK);.....Finish delik tornalama

G50 S3000;

G96 S250 M03;

G00 X18. Z2. M08;

G70 P5 Q40 F0.15;

G00 X200. Z-200.;

T0707;.....Diş çekme

G97 S800 M03;

G00 X62. Z2.;

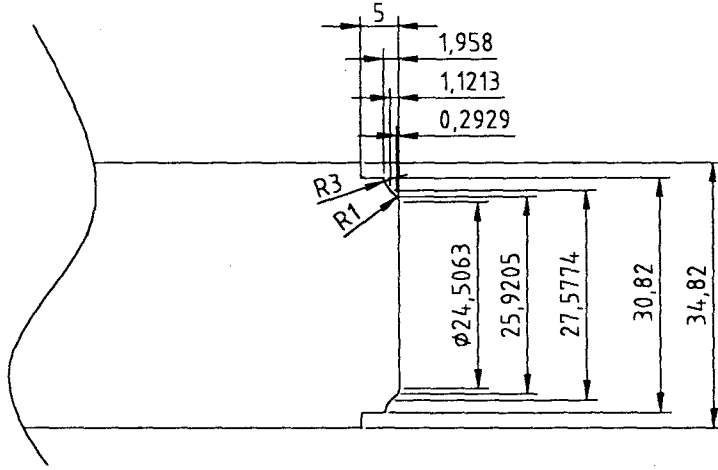
G76 P020060 Q200 R200;

G76 X56.104 Z-20. P1948 Q500 F3.;

G00 X200. Z200.;

M30;

ÖRNEK PARÇA VE PROGRAMLAMA (2)
(BOTTOM PLATE)



Yukarıda teknik resmi verilmiş olan cam sanayisinde kullanılan 34.82 çapındaki “Bottom Plate” olarak isimlendirilen döküm malzemeye alın temizleme ve G-71 çevrim programı ile kaba ve ince talaş kaldırma işlemleri uygulanacaktır. Boyu uzun olan malzemenin işlenmeyen kısmı açık olan fenermilinin içine sokulup, parça üst kısmından sert veya yumuşak ayaklarla sıkılıp işlem gerçekleştirilebilir.

O0002;

G50 S2200;

G96 S150 M03;

T0101(WNMG);.....Alın ve Kaba İşlem takımı

G00 X37. Z0. M08;

G01 X-1.2 F0.15;

G00 X37. Z1.;

G71 U1. R1.;

G71 P10 Q16 U0.5 W0.5 F0.18;

N10 G00 X24.5;

N11 G01 Z0. F0.1;

N12 G03 X25.92 Z-0.29 R1.;

N13 G01 X27.57 Z-1.12;

N14 G02 X30.82 Z-1.95 R3.;

N15 G01 Z-5.;

N16 G01 X36.;

G00 X150. Z150.;

T0202(VBMT);.....Finish tornalama takımı

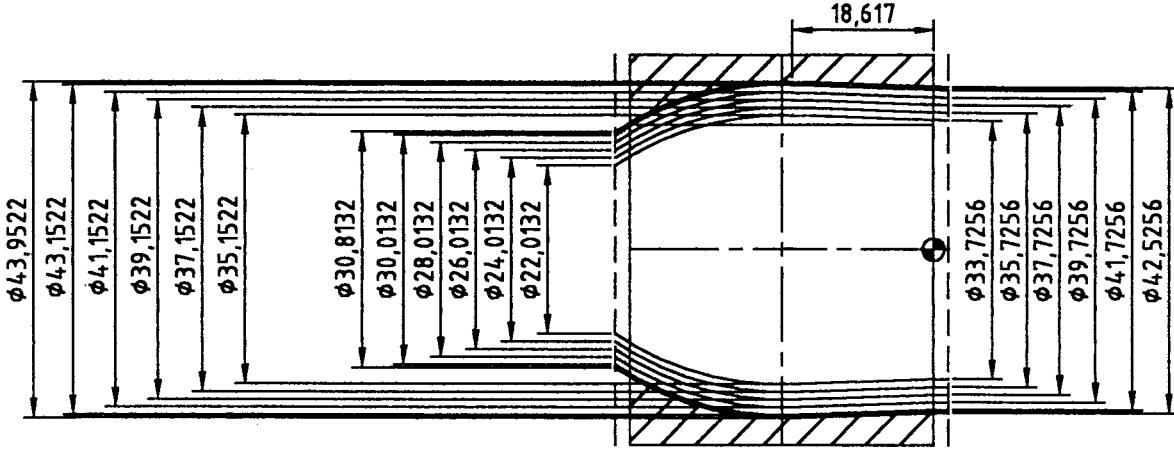
G00 X37. Z1.;

G70 P10 Q16 F0.15;

G00 X150. Z150.;

M30;

ÖRNEK PARÇA VE PROGRAMLAMA (3)
(DİP PARLATMA MAŞASI)



Yukarıda işleme resmi verilmiş olan malzemeye ön hazırlık olarak konvansiyonel tezgahlarda delik delme ve dış çap işleme yapılmıştır.CNC tezgahta sadece 306 nolu paslanmaz malzemenin 18.617 boyuna kadar açılı ve sonra radyuslu bir şekilde işlenmesi programlanacaktır.

O0001;

G50 S2200;

T0505(WNMG);.....Alın temizleme

G00 X52. Z-1. M08;

G01 X51. F0.15;

G01 X50. Z0. F0.15;

X31.;

G00 X150. Z150.;

T0101(CNMG);.....Delik kaba ve finish işleme

G50 S2500;

G96 S150 M03;

G00 X33.725 Z2.;

G01 X35.152 Z-18.617 F0.2;

G03 X22.013 Z-42. R40. F0.2;

G00 U-1. Z2.;

G00 X35.725;

G01 X37.152 Z-18.617 F0.2;

G03 X24.013 Z-42. R40. F0.2;

G00 U-1. Z2.;

G00 X37.725;

G01 X39.152 Z-18.617 F0.2;

G03 X26.013 Z-42. R40. F0.2;

G00 U-1. Z2.;

G00 X39.725;

G01 X41.152 Z-18.617 F0.2;

G03 X28.01 Z-42. R40. F0.2;

G00 U-1. Z2.;

G00 X41.725;

G01 X43.152 Z-18.617 F0.2;

G03 X30.013 Z-42. R40. F0.2;

G00 U-1. Z2.;

G00 X42.525;

G01 X43.952 Z-18.617 F0.15;

G03 X30.813 Z-42. R40. F0.15;

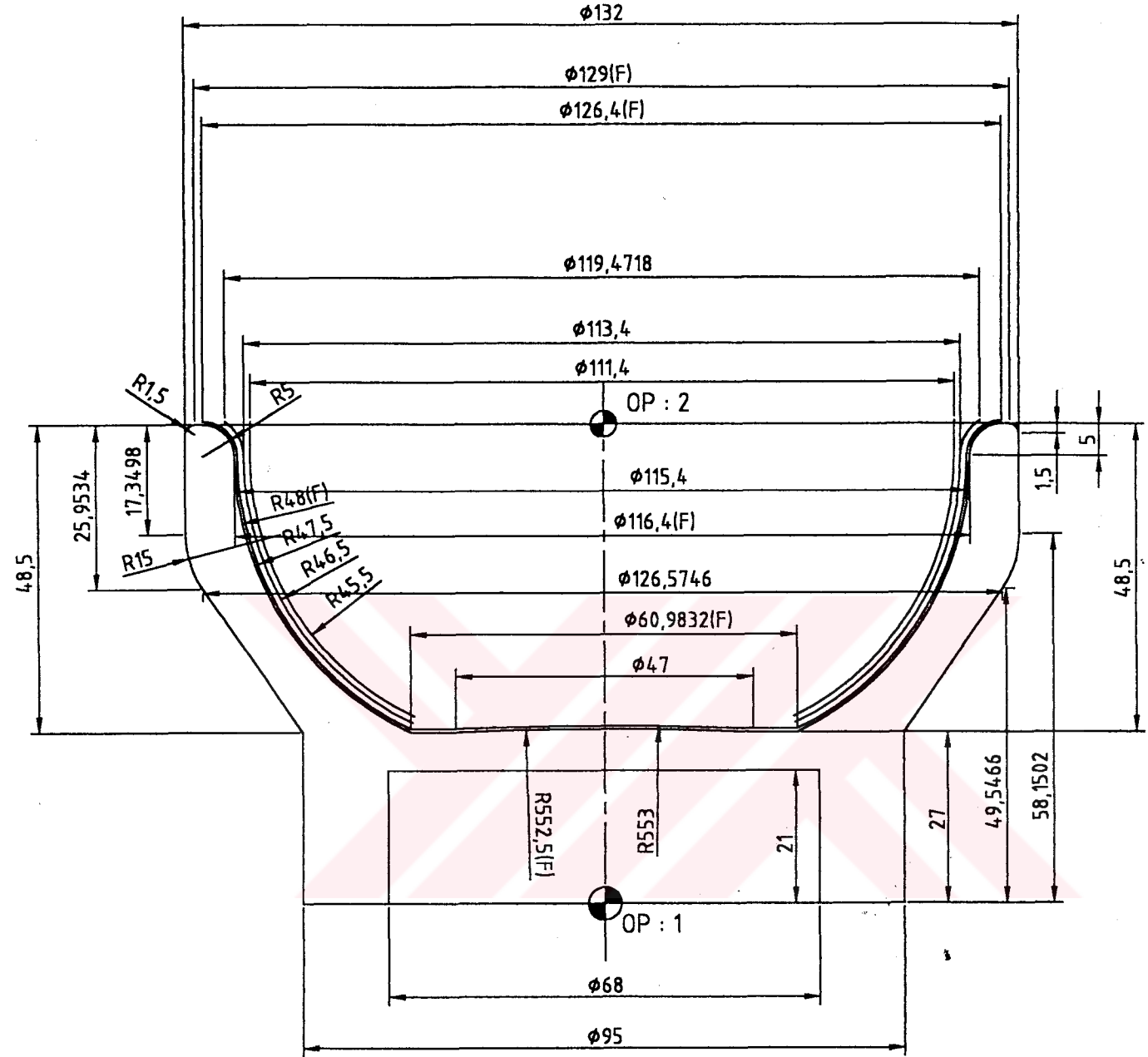
G00 U-1. Z2.;

G00 X150. Z150.;

M30;



ÖRNEK PARÇA VE PROGRAMLAMA (4)
(VAKUM BAŞLIĞI)



Yukarıda teknik resmi verilen parça iki bağlamada işlenecektir. Resim üzerinde parça sıfır noktaları operasyona göre verilmiştir. Parçanın kaba işlemi konvansiyonel tezgahta işlenmiş olup CNC tezgahta sadece finish işlemi gerçekleştirilecektir.

O0001 (1.Operasyon);

G50 S2200 M03;

T0101(WNMG);.....Alın ve çap işleme takımı

G00 X97. Z0. M08;

G01 X65. F0.15;

G00 Z0.5;

X94.;

G01 Z0. F0.3;

G01 X95. Z-1. F0.2;

G01 Z-27.;

G01 X126.57 Z-49.55;

G03 X132. Z-58.15 R15.;

G01 X134. F0.2;

G00 X150. Z150.;

T0202(CNMG);.....Delik İşleme takımı

G00 X69. Z0.5;

G01 Z0. F0.3;

G01 X68. Z-1. F0.2;

X-1.2;

G00 Z2.;

X150. Z150.;

M30;

O0002 (2.Operasyon);

G50 S2800;

G96 S300 M03;

T0101(WNMG);.....Alın ve çap işleme

G00 X132. Z1. M08;

G01 Z-20. F0.15;

G00 U0.5;

Z-1.5;

G01 X132. F0.3;

G02 X129. Z0. R1.5 F0.15;

G01 X98. F0.15;

G00 X150. Z150.;

T0202(CNMG);.....Delik İşleme Takımı

G00 X111.4 Z0.5;

G01 Z-5. F0.15;

G03 X60.99 Z-46. R45.5 F0.15;

G00 Z0.5;

X119.47;

G02 X113.4 Z-5. R5. F0.15;

G03 X60.99 Z-48. R47.5;

G01 X47.;

G02 X-0.5 Z-47.5 R553. F0.15;

G00 Z0.5;

X126.4;

G01 Z0. F0.3;

G02 X116.4 Z-5. R5. F0.15;

G03 X60.99 Z-48.5 R48.;

G01 X47.;

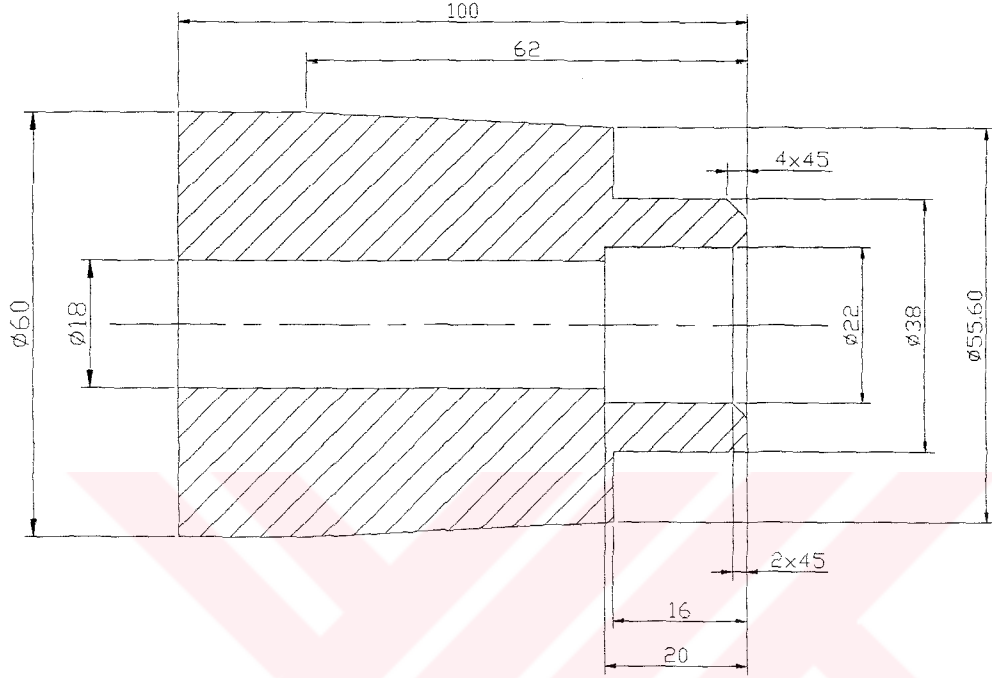
G02 X-0.5 Z-48. R552.5 F0.15;

G00 Z2.;

X150. Z150.;

M30;

ÖRNEK PARÇA VE PROGRAMLAMA (5)



Yukarıda teknik resmi verilmiş malzemesi Ç1045 olan parça yaklaşık 15 mm lik yerden tornalanmış yumuşak ayaklarla sıkılmıştır. İş parçasına sırasıyla alın ve çap tornalama ile 17.5 çapındaki U-Drill ile delme yapılacak ve delik takımı ile işlenecektir.

O0001;
 G97 S1000 M03;
 T0101(WNMG);.....Çap ve alın kaba tornalama
 G00 X63. Z0. M08;
 G01 X-1.2 F0.2;
 G00 X63. Z1.;
 G71 U1.5 R1.;
 G71 P5 Q25 U0.5 W0.2 F0.2;
 N5 G00 X30.
 G01 Z0. F0.1;
 X38. Z-4. F0.2;
 Z-16.;
 X55.6;
 X60. Z-62.;
 N25 X61.;
 G00 X150. Z150.;
 T0202(VBMT);.....Finish takımı
 G97 S1500 M03;
 G00 X63. Z1.;
 G70 P5 Q25 F0.15;
 G00 X150. Z150.;
 T0303(Ø17.5 U-Drill);.....Delik delme takımı
 G97 S1000 M03;
 G00 X0. Z2.;
 G01 Z-101. F0.11;
 G00 Z2.;
 X150. Z150.;
 T0404(CNMG);.....Delik işleme takımı
 G97 S1500 M03;
 G00 X21.5. Z1.;
 G01 Z-19.5 F0.18;
 G00 U-1. Z2.;
 X26.;

G01 Z0. F0.1;
X22. Z-2. F0.18;
Z-20.;
X18.;
Z-101.;
G00 U-1. Z2.;
X150. Z150.;
M30;



ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	:04-05-1975	
Doğum Yeri	:İstanbul	
Lise	:1985-1993	Akasya Koleji
Lisans	:1993-1997	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	:1997-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programı
Çalıştığı Kurumlar	:	
	1997-1998	Tormaksan Ltd.Şti.
	1998-devam ediyor	Arı Makina Ltd.Şti.