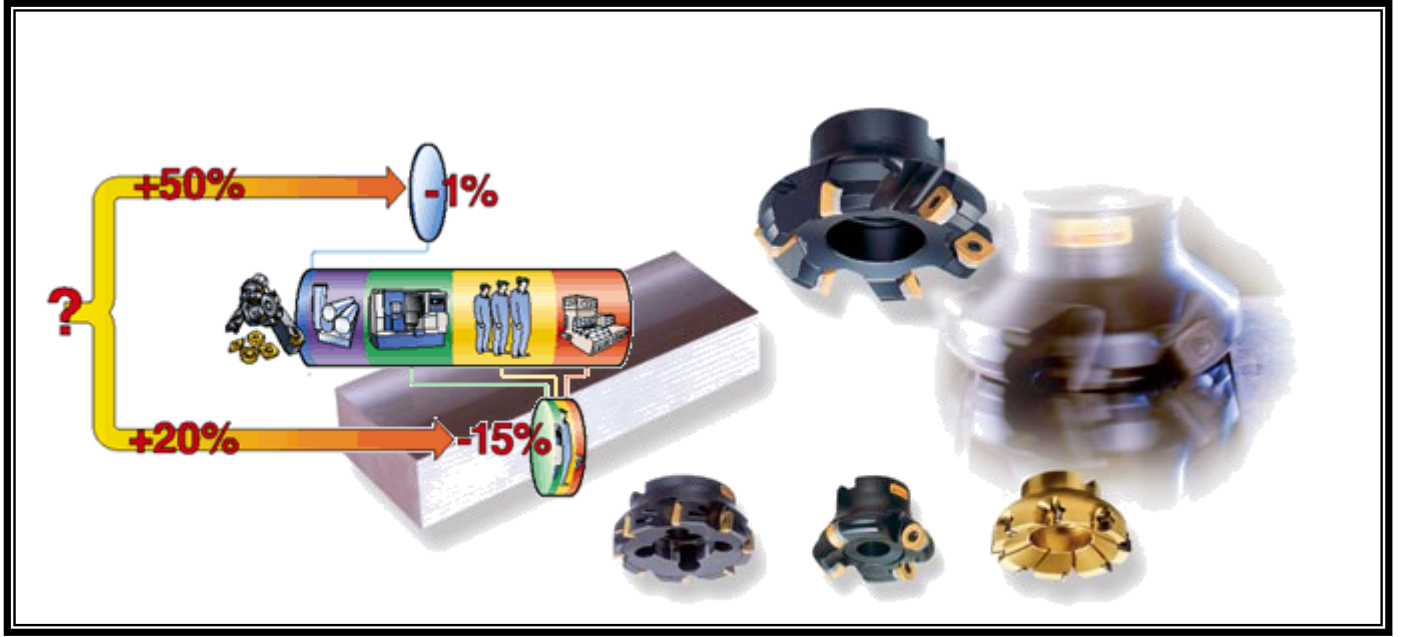


Bilgisayar Destekli Üretim



Ali ORAL Fehmi ERZİNCANLI

2003

BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÜRETİM

1. GİRİŞ

1.1	Otomasyon, Programlama ve Esneklik.....	1
1.2	NC ve CNC.....	2
1.3	Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim.....	4
1.4	Bilgisayar Tümlşik Üretim.....	5
1.5	Üretimde Esneklik.....	5
1.6	Ürün Sayısı ve Çeşitliliğine Göre Üretim Sistemleri	6

2. CNC TAKIM TEZGAHLARI ve ÇEŞİTLERİ

2.1	Giriş.....	8
2.2	Delikli Kart Kullanan Basit NC' li Tezgahlar	8
2.3	Bilgisayar ile Denetlenen Kartlar	9
2.4	Klasik Tezgahlarla CNC Tezgahların Karşılaştırılması	10
2.5	NC/CNC Tezgahların Genel Yapıları ve Çeşitleri.....	11
2.5.1	Torna Tezgahı	14
2.5.2	Freze Tezgahı.....	17
2.5.3	İşleme Merkezi	18
2.5.4	Matkap Tezgahı	20
2.5.5	Zımbalı Deliciler	20
2.5.6	Taşıma Tezgahı.....	21
2.5.7	CNC Alevle Kesme Makinesi	21
2.5.8	CNC Presleme Makineleri	22
2.6	Geleneksel Olmayan İmalat Yöntemleri	23

3. SAYISAL DENETİM

3.1	Giriş	29
3.2	SD/BSD/DSD Genel Tanımlar.....	29
3.2.1	Program.....	30
3.2.2	Makine Kontrol Birimi.....	30
3.2.3	Takım Tezgahı	30
3.3	Sayısal Denetim İşlemlerinde Eksenler.....	33
3.4	Bilgisayarlı Sayısal Denetim	33
3.5	Diğer BSD İmkanları.....	34
3.6	Dağılık Sayısal Denetim	36
3.7	CLDATA.....	37
3.8	Son İşlemciler.....	37
3.9	DSD ye Uyarlama.....	39
3.10	SD deki Denetimler	39
3.10.1	Açık Döngülü ve Kapalı Döngülü Denetim	39
3.10.2	Noktadan Noktaya Denetim	40
3.10.3	Çevresel Denetim	40
3.10.4	Uyarlamalı Denetim	41

4. EL ile NC PROGRAMLAMA

3.1	Giriş	42
3.2	CNC Freze Tezgahları için Temel G Kodları	44
3.3	CNC Tezgahlar için M Kodları.....	64
3.4	CNC Tezgahlar için F-, S-, T- Kodları	66

5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARÇA PROGRAMLAMA

5.1	Giriş	71
5.2	APT	72

5.2.1	Geometri Anlatımları.....	73
5.3	Hareket Anlatımları	80
5.4	İşleme Özellikleri	89
5.5	APT Çevresel İşleme Örneği	91
5.6	APT Program Örnekleri	95
5.7	Diğer Parça Programlama Dilleri	103

6. GRUP TEKNOLOJİSİ

6.1	Giriş	107
6.2	Kodlama ve Sınıflandırma.....	109
6.3	Grup Teknolojisi Kodlama Sistemleri.....	111
6.4	Kod İçeriği	114
6.5	GT Kodlama Sistemi Örnekleri	114
6.5.1	Vuoso-Praha Sistemi.....	114
6.5.2	Opitz Sistem	115
6.5.3	KK-3 Kodlama Sistemi.....	117
6.5.4	Miclass Sistemi.....	119
6.5.5	Dclass Sistemi.....	120
6.6	Grup Teknolojisinin Yararları	121

7. İŞLEM PLANLAMA

7.1	Giriş	133
7.2	Bilgisayar Tümlşik Üretim ve Planlama	134
7.2.1	Bilgisayar Destekli Tasarım	135
7.2.2	Bilgisayar Destekli Üretim.....	135
7.3	İşlem Planlama	136
7.3.1	Geleneksel Yöntemle İşlem Planlama.....	137
7.3.2	Bilgisayar Destekli İşlem Planlama.....	139
7.3.3	Varyant Sistemler.....	140
7.3.4	Üretken İşlem Planlama	141
7.4	İşlem Planlamada Kullanılan Yöntemler ve İşlem Planlama için Bilgiler.....	142
7.4.1	Unsur Bilgileri	148
7.4.2	İşlenebilirlik Verileri	148
7.4.3	Takım Tezgahı Seçimi	155
7.4.4	Bağlama Yöntemleri	156
7.5	Takım Yolları	160
7.6	Takım Seçimi için Genel Bilgiler	163

1. GİRİŞ

Küreselleşerek küçük bir köy haline gelen dünyamızda, hemen her alanda olduğu gibi, üretim (imalat) alanında da kıyasıya bir rekabet yaşanmaktadır. En iyi ve en kaliteli ürünleri, en hızlı bir biçimde ve en ucuza üretebilmek ve pazara sunabilmek için yoğun bir çaba harcanmaktadır. Üretim endüstrisinde birbirleri ile yarışan firma ve kuruluşlar genellikle geniş bir ürün yelpazesine sahip olmak zorundadırlar. Bunun yanında müşterilerin istekleri hiç bitmeyeceği gibi, bu istekler de değişken bir yapıya sahiptir. Tasarım üzerinde sık sık değişiklikler yapılması gerekebilir. Pazardaki tıkanmalar, ekonomik krizler ya da yoğun talep, daha kısa aralıklarla yeni bir ürünün imalatını gündeme getirebilir. Kısaca, günümüzde daha çok küçük gruplar halinde fakat çeşitliliği bol olan parça imalat metodolojileri geçerlilik kazanmış durumdadır. Uluslararası rekabet arenasında pazar kapmak isteyen firmalar "esnek" bir üretim teknolojisini benimsemek ve gereklerini yerine getirmek zorundadır. CNC tezgahların ve bilgisayarların bu amacı gerçekleştirmede en büyük rolü oynayacağı açıktır. Bununla birlikte, bunların etkin ve entegre bir biçimde kullanımının sağlanması, ürün ve talep değişikliklerine anında yanıt verebilecek bazı metodolojilerden de yararlanılması gerekir

Elektronik ve buna bağlı olarak bilgisayar teknolojisi giderek artan bir ivme ile gelişmektedir. Mekanik ve mekatronik sistemlerdeki gelişmeler de bunları izlemektedir. Daha dün kadar, 6.000-12.000 devir/dakika olan CNC aynaların maksimum dönüş hızı, *Yüksek Hızda İşleme* mantığının olgunlaşarak uygulanmaya başlanmasıyla bugün 95.000-100.000 devir/dakika'ya kadar ulaşmıştır. Ayrıca, müşteri istekleri de günden güne değişebilmekte ve karmaşılaşmaktadır. Bu isteklere, artık geleneksel üretim teknikleri ile yanıt verebilmek çok zordur. Yüksek kalite düşük fiyat ve kısa zamanda üretimi gerçekleştirebilmek, kısa zaman aralıklarında gelen tasarım ve üretim değişikliklerini yapabilmek için modern üretim teknolojilerinden maksimum düzeyde yararlanmak gereği ortaya çıkmıştır. Modern üretim sistemleri, bir ürünün üretilmesi için tasarım aşamasından başlayarak her adımda bilgisayar ve bilgisayar kontrollü sistemlerin kullanılmasını öngörmektedir. Bu teknolojinin üretim alanına yansması Bilgisayarlı Sayısal Denetim (CNC), Bilgisayar Bütünleşik Üretim (CIM), Esnek İmalat Sistemleri (FMS) ve Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim (CAD/CAM) sistemleri ile gerçekleşmiştir. Bu sistemlerin hepsinde bilgisayar ya da bir başka deyişle bilgisayar ile denetim ön plandadır.

1.1 Otomasyon, Programlama ve Esneklik

Otomasyon, bir tezgahın yapacağı işlemlerin ve bunların sırasının tezgaha belletilmesidir. İşlemlerin gerçekleştirilmesine ve işlem sırasının değiştirilmesine programlama denir. Tezgahın program değişikliklerine ne ölçüde izin verdiği ise esneklik olarak anılır.

Üretkenlik, düşük ürün maliyeti ve esneklik modern üretim sistemlerin temel hedeflerinden en önemli üç tanesidir. Bunların yanında, doğruluk, stabilize edilmiş kalite vb. gibi sağlanması gereken diğer koşullar da vardır. Geleneksel üretim teknikleri ile bu koşulların sağlanması ya da hedeflere ulaşılabilmesi mümkün değildir. Bu temel hedeflerin gerçekleştirilmesi için modern üretim teknolojileri kullanılarak "otomasyon"un oluşturulması ve bunun esnek bir yapıya kavuşturulması gerekmektedir. İlk kez 1950'li yıllarda kullanılan "otomasyon" terimi günümüzde, parça tasarımı, işlem planlaması, malzeme taşınması, kalite kontrolü, parça montajı ve üretimi gibi fonksiyonların insan eli değmeksizin (ya da çok az insan emeği ile) yapılması anlamında kullanılmaktadır. Otomasyon genel olarak iki grupta ele alınmaktadır;

- Katı otomasyon
- Esnek (programlanabilir) otomasyon

Katı otomasyon bir sistemin istenilen *bir işi*, o iş için tasarlanmış bir devre ya da anahtar gibi araçlarla otomatik olarak yapabilmesine verilen isimdir.

Programlanabilir otomasyon ise sistemin istenilen işleri programlanabilen denetleyiciler (*PLCs, Programmable Logic Controllers*) ile yapabilmesidir. Bu ikinci tip otomasyonda sistem değişik bir iş için yeniden programlanabilmektedir. Bununla birlikte daha basit bir yaklaşım ile, bir ya da birkaç CNC tezgahın, uzaktan merkezi bir bilgisayar ile kontrol edilmesi de bazen programlanabilir otomasyon mantığı içine girebilmektedir. Bu sistem *Direkt Sayısal Kontrol (Direct ya da Distributed Numerical Control, DNC)* olarak anılmaktadır. *Bilgisayar Tümüleşik Üretim (BTÜ)* öğelerinin otomasyonu sağlamadaki direkt katkıları Tablo 1’de derlenmiştir.

Tablo 1.1 Bilgisayar Tümüleşik Üretim Öğelerinin Otomasyona Direkt Katkıları

Öge	%
Bilgisayar Destekli İşlem Planlama	90
Endüstriyel Robotlar	90
Otomatik Montaj	85
Kılavuzlu Taşıma Araçları	77
NC/CNC/DNC Sistemleri	75
Bilgisayar Destekli Tasarım	70
Ofis otomasyonu	70
<i>Esnek Üretim Sistemi</i>	<i>69</i>
Bilgisayar Destekli Kalite Kontrolü	66
Stok/Depo Otomasyonu	65
Ürün Planlama ve Kontrol	60
Bilgi İletimi	40

Üretim otomasyonunun yapısal olarak sağlanabilmesi için CNC, FMS, PLC ve CAD/CAM vb. sistemlerinin yaygın, doğru ve entegre olarak kullanılması gereklidir. Aşağıda, otomasyonun köşe taşlarından bazıları tartışılmaktadır.

1.2 NC ve CNC

Numerik Kontrol (NC, Numerical Control) ya da bir başka deyişle Sayısal Denetim (SD), ne amaçla olursa olsun; bir işlemin veya hareketin, bir takım numara ve semboller ile denetlenmesini içerir. Talaşlı imalat için düşünüldüğünde, iş parçalarını işlemek için gereken operasyonların, kesici takım ya da tezgah eksenlerinin hareketlerini içeren bir parça programı tarafından belirtilen sıra ile gerçekleştirilmesidir. CNC (Computerised Numerical Control) ya da Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) ise sayısal denetimin bilgisayar aracılığı ile yapılmasıdır. Otomasyon ve NC fikri, ikinci dünya savaşı yıllarından hemen sonra Amerikan hava kuvvetlerinin tüm uçaklarının aynı özelliklere ve yapıya sahip olması için, birkaç özel firmayı önceleri kam kontrolü ya da kopya tertibatları ile yapılmaya çalışılan mekanik otomasyonun, daha esnek bir biçimde sağlanması için NC sistemlerin üretimine teşvik etmesi ile filizlenmiştir. Temeli 1949'lara dayanan NC'nin yaygınlaşması, ancak 1980'li yılların başlarında güçlü mikro işlemcilerin ve bilgisayarların piyasaya çıkması ile yaşanmıştır. Tipik bir NC/CNC sistemi üç ana bölümden oluşur [4];

- Program (Parça Programı)
- Kontrol Ünitesi
- Tezgah

NC sistemlerinde kontrol ünitesi bir teyp okuyucudur. CNC sistemlerde ise bir bilgisayardır. NC donanımı, Elektronik Endüstrileri Birliği (Electronics Industries Association-EIA) tarafından *"Bazı noktalarda doğrudan numerik veri girişiyle hareketleri kontrol edebilen bir sistemdir. Sistem, bu verilerin en azından bir kısmını otomatik olarak yorumlayabilmelidir"* şeklinde tanımlanmaktadır. Sayısal denetimli takım tezgahlarında, kesici takım ve iş parçası arasındaki bağıl konumlar numerik verilerden elde edilmektedir. Kesici takımın yörüngesi ve yardımcı bilgileri tanımlayan numerik değerler, program olarak adlandırılır. Numerik kontrollü takım tezgahlarına verilen bilgiler boyutsal ve fonksiyonel olmak üzere iki tiptir. Boyutsal bilgiler iş parçasının başlangıçtaki ham geometrisini, son adımdaki operasyonda elde edilecek geometrisini ve her operasyon sırasında gerçekleşecek geometri değişikliklerini belirtir. Fonksiyon ise, soğutucu sıvı açma ve kapama, takım değiştirme, takımın ileri-geri ve aşağı-yukarı hareketi vb. gibi yardımcı fonksiyonlarını kontrol etmektedir. NC takım tezgahlarında her bir hareket eksenini klasik tezgahlardaki el çarklarının yerine ayrı bir sürücü ile donatılmıştır. Sürücü bir dc motor, hidrolik motor veya step motor olabilir. Sürücü tipi seçimi temel olarak tezgahın güç gereksinimlerine göre yapılır. NC takım tezgahı sistemi, genel olarak tezgah kontrol birimi ve takım tezgahından oluşur. 1960'lara doğru üretilen NC sistemleri, dijital devre teknolojisine dayanan elektronik iç donanımı kullanmıştır. 1970'lerin başlarında ortaya çıkan CNC sistemleri, kontrol kabinindeki ilave iç donanım devrelerini mümkün olduğu kadar azaltmak ve takım tezgahını daha kolay kontrol etmek için mikro-işlemci veya mikro-bilgisayar kullanmıştır. İç donanıma dayanan NC'lerden dış donanıma dayanan CNC'lere yöneliş, CNC bilgisayarını kullanan parça programlarının kolaylıkla düzeltilebilmesini ve sistem esnekliğindeki artışı beraberinde getirmiştir. CNC donanımı EIA tarafından *"Temel numerik kontrol fonksiyonlarının bazılarını veya tamamını gerçekleştirmek için kullanılan saklanmış program hafızası ve bilgisayarın okuma/yazma hafızasında saklı bulunan kontrol programlarıyla birlikte çalışan bir numerik kontrol sistemidir"* şeklinde tanımlanmıştır.

CNC dış donanımı en azından üç ana programdan oluşur; *parça programı, işletim programı ve kontrol programı*. İş parçasının geometrisi ve iş mili hızı ile paso gibi kesme parametreleri parça programı içindedir. İşletim programı parça programının düzeltilmesi, değiştirilmesi ve kontrol edilmesini sağlamak için özel fonksiyonları çalıştırır. Kontrol programı, parça programını giriş verisi olarak alır ve hareket eksenlerini tahrik etmek için sinyaller üretir. CNC sistemleri ile;

- programlar tezgaha doğrudan klavye ile yüklenebilir ve saklanabilir
- belirli işlemler için birtakım alt programlar kullanılabilir
- CNC tezgahları, tek merkezden kumanda edilen bir sisteme (*DNC- Direct Numerical Control*) bağlanabilir
- meydana gelen arızalar ve bunların nedenleri tespit edilebilir

CNC sistemlerin kullanılmasının ve yaygınlaştırılmasının esas olarak 4 temel amacı bulunmaktadır. Bunlar;

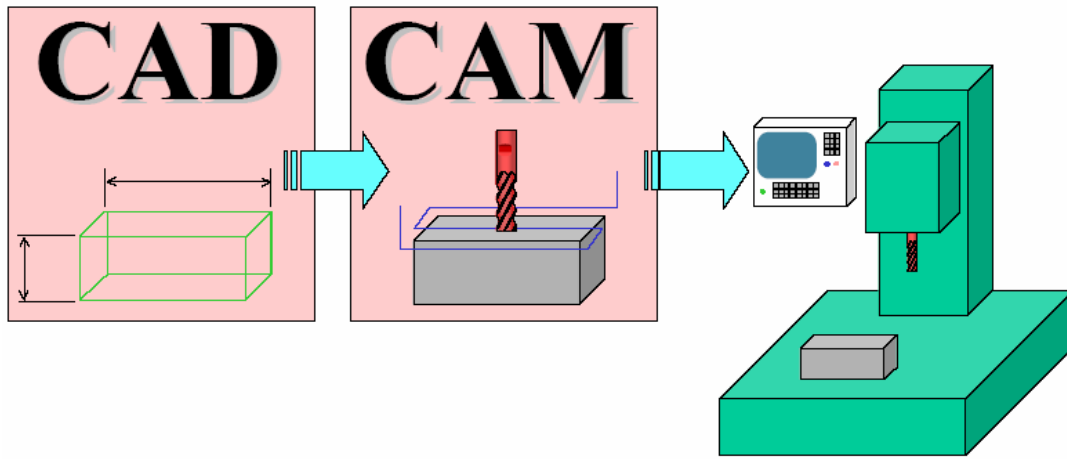
- Üretimin arttırılması
- Kalite ve hassasiyetin arttırılması
- Ürün fiyatlarının dengelenmesi
- Karmaşık iş parçalarının üretimi'dir.

CNC tezgahların üretim çevrimi içerisinde kullanım verimliliğinin arttırılması yolunda atılmış olabilecek en önemli adımdır. CNC tezgahlar ile bir bağlama düzeneğinde birden fazla operasyonun gerçekleştirilmesi mümkün olabilir. Aynı anda kontrol edilebilen eksenler nedeni ile özel takımların kullanılması gereksinimini ortadan kaldırır. Atık malzeme oranı en az düzeye indirilir. Parça tasarım değişiklikleri kolayca yapılabilir. Daha küçük işleme istasyonlarının (alanlarının) kullanılmasını sağlar. Elde edilen iş parçası hassasiyetleri arttırılmış takım tezgahı yapıları nedeni ile geleneksel tezgahlardan elde edilenlere göre çok yüksektir. Özel parça bağlama aparatlarına olan gereksinim de azaltılmıştır. Tüm bu avantajlarının yanında CNC tezgahların en büyük dezavantajı, pahalı olmaları ve tezgahı kullanabilecek şekilde yetiştirilmiş bir ara eleman ihtiyacını beraberinde getirmeleridir. Bununla birlikte,

CNC sistemlerinin getirdiği avantajlar, ilk kurulum maliyetini ve personel giderlerini çok rahat bir şekilde karşılayabildiği gibi, seri üretim yapabilecek ve pazarda rekabet edebilecek esnek bir üretim sisteminin çekirdeğinin oluşturulmasını sağlamaktadır.

CNC tezgahların fizibilitesi çoğu kez göz ardı edilmektedir. Çoğunlukla, hiçbir fizibilite çalışması yapılmadan CNC tezgahlar satın alınmaktadır. Oysa, bir üretim sisteminin üretkenliğini belirleyen en önemli etmenlerden biri olan CNC tezgahlarının ya da sistemlerinin seçimi, üzerinde en çok hassasiyetle durulması gereken konulardan birisidir. Tasarım aşamasında uygun yazılım ve platformların seçiminde gösterilen dikkatin CNC takım tezgahlarının seçiminde de gösterilmesi gereklidir. Doğru iş için, doğru makina veya kontrol ünitesinin seçilmesi verimliliği direkt olarak arttıracaktır. Takım tezgahlarının seçimi işlenecek parça sayısı ile yakından ilgilidir. CNC takım tezgahları genellikle küçük ve orta büyüklükte parça partilerinin (kafilelerinin) imalatı için uygundur. Günümüzde CNC sistemler hemen her endüstride yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte özellikle tekstil ve imalat endüstrisinde CNC teknolojinin önemli bir yeri vardır.

1.3 Bilgisayar Destekli Tasarım/Üretim



Şekil 1.1 CAD/CAM Tezgah entegrasyonu

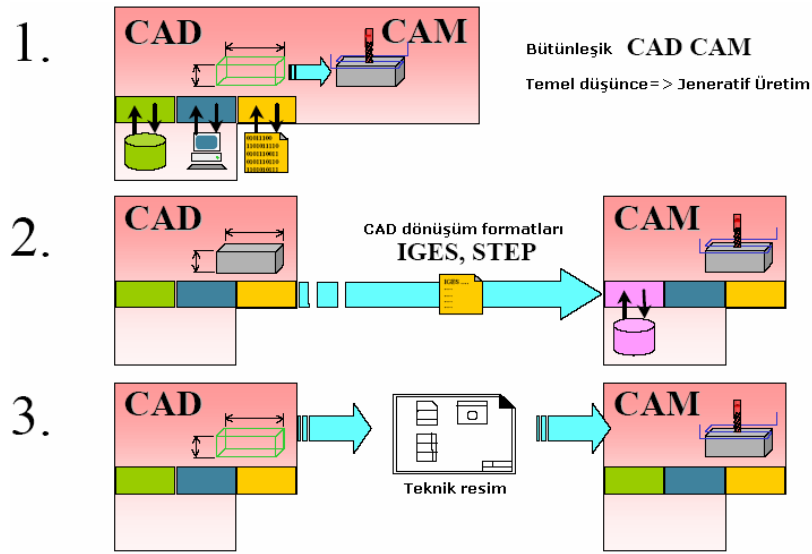
Bir tasarımın oluşturulması ve geliştirilmesi süreçlerinde bilgisayar desteği kullanılması *CAD (Computer Aided Design)*, (*BDT, Bilgisayar Destekli Tasarım*) olarak adlandırılır. Tasarımcı üreticiliğini tasarımın oluşturulmasında kullanır, diğer aşamalarda bilgisayarların yeteneklerinden yararlanır. Tezgah kontrolü, işlem (süreç) planlama, malzeme akışı, montaj, kalite kontrol gibi üretim işlemlerinde kullanılan bilgisayar desteği ise *CAM (Computer Aided Manufacturing)*, (*BDÜ, Bilgisayar Destekli Üretim*) olarak adlandırılır. *CAD/CAM* bir bütün olarak ele alındığında ise, bir tasarımın ürün haline getirilmesi için gerekli *tasarım, algılama, işlem, parametre, planlama, üretim vb.* gibi tüm adımlarda bilgisayarın en etkili şekilde kullanılmasını içermektedir. *CAD* ve *CAM*, bir *CIM (Computer Integrated Manufacturing)*, (*BTÜ, Bilgisayar Tümüleşik Üretim*) sistemi içerisinde entegre edilmesi gereken en önemli iki köşe taşı durumundadır. Bu iki köşe taşı genellikle *CAPP (BDİP), (Computer Aided Process Planning, Bilgisayar Destekli İşlem Planlama)* adı verilen sistemler ile birleştirilebilmektedir. Genel olarak bir ham mamulün ürün haline dönüştürülmesi için gerekli tüm işlem, metot ve parametrelerin belirlenmesini içeren *CAPP*, *CAD* ile *CAM* arasında bir köprü işlevini görmektedir [5]. İşlem planlamasının temel fonksiyonlarından bazıları; operasyon seçimi ve sıralaması, takım ve tutucu seçimi, bağlama süreç planlaması, kesme şartlarının belirlenmesi, vb'dir. Bununla birlikte *CAD/CAM* entegrasyonun gerçekleştirilmesi ve verimliliği, *CAD* ile *CAPP* arasındaki arayüz olan "*unsur algılama*" (*feature recognition*) ve, *CAPP* ile *CAM* arasındaki arayüz olan "*CNC kod üretim ve son işlemcileri*"nin (*CNC code generator and post-processors*) kapasitelerine direkt olarak bağlıdır. Tasarımı ve planlaması tamamlanmış iş parçaları için son işlemciler aracılığıyla CNC kodları üretilir ve parçaların CNC tezgahlar üzerinde üretimleri gerçekleştirilir. Son yıllarda *FBD (UTM), (Feature Based Design, Unsur Tabanlı*

Modelleme) tekniklerinin kullanılması ile model bilgilerinin direkt olarak üretim diline aktarılması yolunda büyük kolaylıklar sunulmuştur.

Bilgisayar Destekli Üretim, genel olarak bir hammaddeyi satışa hazır hale gelmiş ürüne çeviren bilgisayar denetimli üretim teknikleri ve onların ön hazırlık basamaklarının tamamı olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımda ise, Bilgisayar Destekli İmalatın, Sayısal Denetimli ve Bilgisayar Sayısal Denetimli tezgahlara, robotlara, Koordinat Ölçme Makinalarına (KÖM; *Coordinate Measuring Machines; CMM*) ve diğer programlanabilir üretim donanımına, program hazırlamakta kullanılan veri işleme desteği olarak düşünülebileceği belirtilmiştir.

1.4 Bilgisayar Tümüleşik Üretim

Bilgisayar Tümüleşik Üretim sistemi, yürütmek zorunda olduğu işlevleri bilgisayar destekli veri akışı ile gerçekleştiren bir sistem olarak düşünülebilir. Sistem, malzeme taşıma, montaj, muayene/test ve malzeme işleme işlevlerinin otomasyonu; ürün ve üretim yöntemlerinin tasarımı, analizi, benzetimi (simulation), dokümantasyonu; işlem-zaman çizelgesi düzenleme, kalite yönetimi ve olanakların planlanması, iş yeri ve malzeme planlama ve denetim elemanlarını içinde barındıran bir bütündür. İdeal bir Bilgisayar Tümüleşik Üretim sisteminde bu elemanların ortak bir veri tabanı aracılığıyla bağlanmış olması ve dolayısıyla sürekli olarak birbirlerinin durumundan haberdar olmaları beklenir. Bunların yanında finansman sağlama, imalat yönetimi, pazarlama ve stratejik planlama işlevleri de şirketin hedeflerine ulaşmasında önemli rol oynayan yapı taşlarıdır ve Bilgisayar Tümüleşik Üretim sisteminin içinde yer almaktadır.



Şekil 1.2 Bilgisayar Tümüleşik üretimin temel bileşenleri

Bilgisayar Tümüleşik Üretim sistemleri, akıllıca uygulandıklarında şirketlere önemli yararlar sağlamaktadırlar

1.5 Üretimde Esneklik

Üretim esnekliği, "üretim faaliyetlerindeki değişiklikleri destekleyebilen bir imalat sisteminin özelliklerinin toplamı" olarak tanımlanmaktadır. Üretim faaliyetlerini etkileyen faktörler içsel ve dışsal faktörler olarak iki grupta incelenebilir. Bu faktörler Tablo 1.2'de özetlenmiştir. Tüm bu iç ve dış değişikliklerden etkilenmeden çalışabilen bir imalat sisteminin esnek bir yapısı olması gerekir. Bu esnek yapıyı oluşturmak için ise, kullanışlı, çeşitli işler için kullanılabilen, adaptasyonu kolay makina, robot vb. araç ve gereçlerin kullanılması gerekir. Bu donanımların yedekli kullanılması da esnek bir üretim sisteminin

sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte, yedekli çalışma *Esnek Üretim Sistemleri (EÜS)*’nin ilk kurulum maliyetlerini oldukça artırabilir.

Tablo 1.2 Üretim Faaliyetlerini Etkileyen Faktörler

İçsel Faktörler	Dışsal Faktörler
Donanım ve yazılım arızaları	Ürün tasarımı değişikliği
İşten ayrılmalar	Talep değişikliği
İşlem zamanı değişiklikleri	Ürün değişimi

"*Esneklik*" tanımlanması zor olan kavramlardan biridir. Üretim esnekliğinin de birçok ölçütü ya da tipi bulunabilir. Bunlardan bazıları şunlardır;

- makina esnekliği
- rota esnekliği
- işlem esnekliği
- ürün esnekliği
- üretim esnekliği
- genişleyebilme esnekliği

1.6 Ürün Sayısı ve Çeşitliliğine Göre Üretim Sistemleri

Üretim sistemleri birim zamanda üretilen ürün sayısı (ürün hacmi ya da parti büyüklüğü) ve ürün çeşitliliği (zenginliği) bakımından üç ana grupta incelenmektedir. Bunlar;

- Çok sayıda ve çok az sıklıkta değişen parçalar üreten sistemler
- Az sayıda ve sık sık değişen parçalar üreten sistemler
- Ne az ne de çok sayıda ve ara sıra değişen parçalar üreten sistemler

Birinci grup sistemler için *transfer hatları (transfer lines)* örnek olarak verilebilir. Transfer hatları, kullanılan özel amaçlı donanımlar nedeniyle oldukça pahalıdır. Bir transfer hattında en fazla bir ya da iki ürün üretilir. Bununla birlikte birim zamanda yapılan üretim oldukça fazladır. Esnekliği hemen hemen olmayan transfer hatları sabit (fixed) otomasyon sistemleri olarak ta anılmaktadır.

İkinci grup sistemler yalnız başına kullanılan takım değiştiricili CNC tezgahları içerirler. Ürün çeşitliliğinin bol olduğu veya sıklıkla tasarım değişiklikleri beklenen ortamlarda, CNC tezgahlar kullanıldıkları sistemlere en üst düzeyde bir "*esneklik*" kazandırabilmektedir. Bununla birlikte üretkenlikleri azdır. Bu yüzden, bazen bu tezgahlara iş yükleme ya da boşaltma bir *robot* aracılığıyla yapılabilir. Parça maliyetleri transfer hatlarında elde edilen maliyetlere göre oldukça fazladır. Yalnızca bir CNC tezgahın palet, takım yükleme, iş yükleme ya da boşaltma donanımları ile desteklendiği sistemlere *Esnek Üretim Modülü* adı verilmektedir [15].

Birinci ve ikinci grupta özetlenen sistemlerin bir karışımını içeren üçüncü grup sistemlerinde, imalat sektöründe üretilen toplam iş hacminin %75'ini meydana getiren, orta hacimli iş parçası partilerinin üretimi yapılır. Birinci grupta ele alınan transfer hatlarının en önemli karakteristiği üretilen *ürün sayısının* çokluğu olması karşın ikinci grupta ele alınan yalnız başına kullanılan ve üretkenliği artırıcı donanımlar ile desteklenen CNC tezgahlarının kullanıldığı üretim sistemlerinde baskın unsur *ürün değişkenliğinin* sık olmasıdır. Üçüncü grup üretim sistemlerinde ise bu iki unsur bir arada düşünülmesi gerekmektedir. Bu iki gereksinimin ikisinin birden sağlanabilmesi ancak; *esnek bir üretim sistemi* ile karşılanabilir. Esnek Üretim Sistemleri, "*üretim sistemlerinin otomasyonunun ve entegrasyonunun*" gerçekleştirilmesi ve Bilgisayar Tümlü Üretim stratejileri oluşturulabilmesi için yapılan tüm çalışmalarda önemli bir eleman olarak yerini almaktadır. Günümüz üretim endüstrisinde en geçerli olan

üretim yöntemlerini üçüncü grup üretim sistemleri içermektedir. Bu yüzden en fazla ilgiyi de bunlar çekmektedir. Bunlar, üç ana başlık altında incelenebilir;

- *Esnek Üretim Hücreleri (Flexible Manufacturing Cells), 40-800 çeşit parça, her parçadan yılda 15-500 adet üretilir*
- *Özel Üretim Sistemleri (Special Manufacturing Systems),*
- *Esnek Üretim Sistemleri (Flexible Manufacturing Systems), 4-100 çeşit parça, her parçadan yılda 40-2000 adet üretilir*



Şekil 1.3 Esnek Üretim Hücresi (FMC HG500) [16]

Benzer parçaları bir hücre içerisinde düzenlenmiş ve aralarında bir DNC sistemi ile bağlantı kurulmuş olan bir grup CNC tezgah ile işlemeyi amaç edinen *Esnek Üretim Hücreleri*'nin esas *Grup Teknolojisi (GT)* kavramına dayanmaktadır. Bu yüzden grup teknolojisinin tüm avantajları esnek yapılı hücresel üretim yöntemine taşınmaktadır. Üretim hücreleri genellikle merkezi kontrol birimi olmayan Esnek Üretim Sistemleri olarak kabul edilebilirler. Parti parça sayıları Esnek Üretim Sistemleri'ninkilerle karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bununla beraber, Üretim Hücreleri'nin EÜS'den daha esnek yapıları vardır. Tipik bir esnek üretim hücresi Şekil 1.3 'de gösterilmektedir.

Özel üretim sistemleri içerisinde, benzer parçaları işleyecek CNC tezgahlar, işlem sırasına göre sıralanmıştır. Tezgahlar arasındaki malzeme taşıma sistemleri de aynı işlem sırasına göre düzenlenmiştir. Böylece, sistemin üretkenliği biraz daha arttırılmıştır. Bununla beraber, işlem sırasına göre düzenlenen makinalar ve malzeme taşıma sistemleri nedeniyle sistemin esnekliği aynı ölçüde azaltılmış olur.

2. CNC TAKIM TEZGAHLARI ve ÇEŞİTLERİ

2.1 Giriş

Önceki bölümde kısaca bahsedildiği gibi, Sayısal denetim (Numerical Control); alfabedeki harfleri, noktalama işaretleri, sayıları ve diğer sembolleri içeren, tezgaha kodlama şeklinde komut verme tekniğidir.

Komutlar tezgaha bilgi blokları şeklinde verilir. Bir bilgi bloğu, tezgahın tek bir işleme fonksiyonunu yerine getirebilmesi için yeterli komutlar grubudur. Her bloğa tanımlama için sıra numarası verilir. Bloklar sadece verilen sayısal sıraya göre çalışırlar.

N05 G01 X10.0 Y20.0

Komutlar grubu, NC programını oluşturur. Komutlar, mantıksal bir sıraya göre düzenlendiğinde takım tezgahlarını özel bir görev, özellikle iş parçasının bir kısmını veya tamamen işlenmesi için yönlendirir. Komutlar, kesici takımın bir noktadan diğer bir noktaya yönlendirilmesi için yapılabileceği gibi tezgahın işleyişi ile ilgili de olabilir.

Program bloklarının oluşturduğu ve bir mantıksal sıraya dizildiğinde bir iş parçasını işlemek üzere tezgahı yönlendiren komutlar grubuna parça programlama denir.

Sayısal denetimli takım tezgahlarının otomatik kontrolü, tezgahın kendisi dışında olan bir parça programının varlığına dayanır. NC tezgahın kendisi bir belleğe sahip değildir.

2.2 Delikli Kart Kullanan Basit NC 'li Tezgahlar

İlk NC tezgahı, üç eksenli harekete sahip olan düşey freze tezgahı 1951'de geliştirilmiştir. Bu tezgah, analog-sayısal karışımı bir denetim ünitesine sahipti. İşleme programını saklamak için ikili sistemde hazırlanmış delikli şerit kullanmakta idi. Bu tezgah sayısal denetimli tezgah olarak adlandırılmıştır.

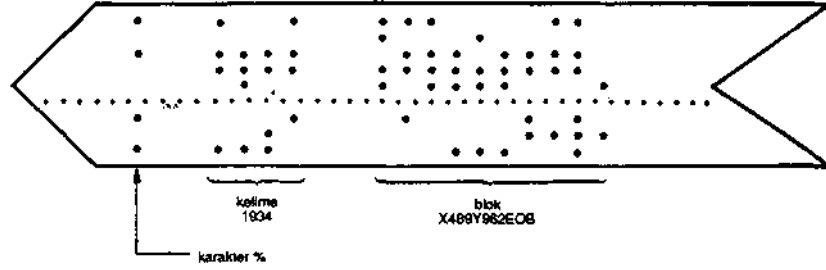
Bu tezgah, klasik tezgahlara ve bu gelişim sürecinde yapılan diğer tezgahlara göre 3-5 kat daha fazla hassasiyetle ve daha yüksek hızlarda parça üretilebileceğini göstermiştir. Ek olarak, yeni bir parçayı üretmek için ne bir şablon ne de makina elemanlarında bir değişiklik yapmaya gerek yoktur. Bu tezgahta yeni bir parçayı üretmek için sadece, delikli şeritte saklı bir program yeniden hazırlanması gereken tek şeydir.

Bir parça; şeridin blok blok tezgahtan geçirilip çalıştırılmadan otomatik olarak üretilmediği için, bu tezgahlar şerit kontrollü makineler olarak da adlandırılmaktadır. Aynı şekilde her biri diğerinin aynısı olan parçaların üretimi aşağıdaki şartlara bağlıdır.

1. Şeridin bulunması
2. Şeridin yıpranmamış olması

Bir çok aynı parçanın üretimi sırasında, delikli şeridin kötü etkilenmesi, aşınması ve özellikle şerit okuyucusunda kullanılan besleme deliklerinin aşınması bu tezgahların en büyük dezavantajlarındandır.

Standart şerit genişliği 25 mm dir. Orijinal olarak bu şeritler kullanılmaktadır. Bunlar rulolar halinde veya katlanmış olarak bulunabilirler. Ancak katlanmış kağıtlar daha kolay saklanabilirler.



Şekil 2.1 Delikli şerit

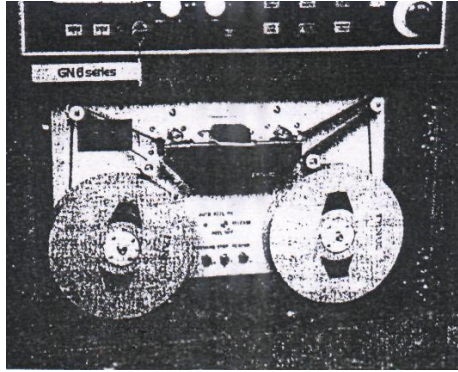
Manyetik şerit Veri Girişi

Kasetler şeklindeki manyetik şerit veri iletiminde çok yaygın olarak kullanılır. Bunun avantajları;

- ⇒ Daha kolay bulma,
- ⇒ Daha hızlı yazılma ve okuma
- ⇒ Programın gerektiğinde silinip şeridin yeniden kullanılabilmesi
- ⇒ Kolay düzeltme olanağı
- ⇒ Aynı uzunluktaki kağıt şeride göre daha fazla bellek hacmi
- ⇒ Kağıt şeritlere göre dayanıklı olması

Manyetik şeritlerin ilk uygulamaları, elle veri girişinin bir şekli olan kontrol konsolundan ilk parçanın manuel olarak işlenmesi sırasında bir kaydetmeyi gerektirmekte idi. Bu sistemin en büyük sakıncası, gerekli olan düğme açıp kapamalar ve ayarlamalar göz önüne alındığında modern tekniklere göre oldukça yavaştı.

Bilgisayar denetimli tezgahların ve simülasyon olanaklarının gelişimi ile manyetik şeritlerin kullanımı artmıştır. Bu şekilde bir parça programının kaydedilmesi, programın elle ya tezgah ünitesinde bulunan ya da bilgisayar klavyesi ile girilmesini gerektirir. Program girildikten sonra, listelenir, düzeltilebilir ve bilgisayar grafik sistemi ile doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilir. Son olarak program kaydedilir.



Şekil 2.2 Manyetik şerit okuma ünitesi

2.3 Bilgisayar İle Denetlenen Tezgahlar (CNC)

Bilgisayarlı sayısal denetim (CNC), NC tezgahların ana esaslarına sahip fakat, ayrıca tezgah kontrol biriminde isteğe uygun şekilde belleğe kaydedilmiş bir programa sahiptir. Bilgisayarlı sayısal denetimi, birim içine programlanmış ve bilgisayar yazılımında bulunan, mümkün olduğu kadar çok tezgah denetim fonksiyonlarını yerine getirmeye çalışır. Bu olay CNC donanımını büyük ölçüde basitleştirir, fiyatını büyük ölçüde düşürür ve güvenliği artırır.

Bu tezgahlarda bir parça programının güncelleştirilmesi veya yeni bir parça programı yazmak oldukça basittir. Bir çok durumda değiştirilmesi gereken tek şey bellekteki programdır. Ana program ise CNC

denetim birimindeki özel bir bellek çipinde depolanmıştır. Denetim sistemindeki herhangi bir güncelleştirme çipin değiştirilmesi ile olur.

CNC Kontrol birimleri, bilgisayarlar gibi belleklerdeki depolanmış programa göre çalışırlar. Bu ise parça programının çalıştırılmadan önce kontrol biriminin belleğinde çalışmaya hazır durması demektir. Artık tezgahların; bloğu oku-çalıştır şeklinde çalışmadıkları görülür. Bu özellik, yavaş ve güvenilir olmayan şerit ve okuyucularına bağımlılığı ortadan kaldırır.

CNC Takım Tezgahları, NC'nin yapısal ve fiziksel özelliklerinin çoğunu korumaktadır. Eski NC tezgahlarında imkansız olan ve yerine getirilmesi pratik olmayan bazı yeni kontrol özellikleri de CNC'lerde vardır. Bu yeni özellikler;

- ⇒ Belleğe alınmış program
- ⇒ Düzeltme kolaylıkları
- ⇒ Depolanmış şekiller (özellikle frezede)
- ⇒ Alt programlar
- ⇒ Geliştirilmiş kesici takım telafileri
- ⇒ Optimize edilmiş işleme şartları
- ⇒ Diğer bağlı bilgisayarlar tarafından erişilebilme özelliği
- ⇒ Program kontrol sistemleri
- ⇒ Yönetim bilgisi (CNC sistemleri ana bilgisayardaki tezgahın kullanımıyla ilgili birkaç bilgiye erişilebilir, diğer bilgisayarlara gönderilebilir.

Ayrıca birçok modern CNC tezgahı operatör müdahalesine gerek kalmadan otomatik takım değiştirme cihazlarına sahiptir.

2.4 Klasik Tezgahlarla CNC Tezgahların Karşılaştırılması

Klasik tezgahlar ile CNC tezgahların karşılaştırılması Tablo 1.1'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1 Klasik tezgahlarla CNC tezgahların karşılaştırılması

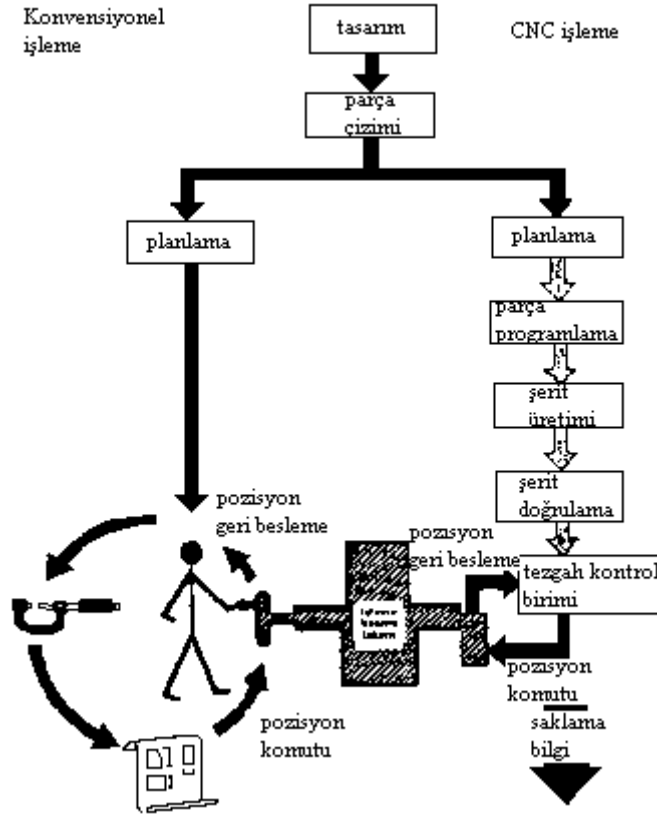
Klasik Tezgah	CNC Tezgahı
Parça işlenirken istenilen boyutun sağlanabilmesi için ölçümler yapılır, hesaplamalar yapılır, tezgah ayarlamaları yapılır. Uzun zaman alır.	Yazılan program tarafından otomatik olarak yapılır.
Operatör hataları her parça üzerinde olabilir, her parça iskartaya ayrılabilir, üretim boyutları tutarsız olabilir.	Üretim boyutları aynıdır.
Üretim zamanı uzundur.	Üretim zamanı kısadır.
Takım değiştirme el ile yapılır.	Takım değişikliği otomatiktir.
Hız, sabit hızlı kademeli dişli kutuları ile ayarlanır. İstenilen kesme hızı devri kullanılamaz.	Maksimum ve minimum arasında kullanılabilir.
Ayarlamalar tezgah başında yapıldığından tezgah ayar zamanlarıyla meşgul edilir.	Program makineden uzakta yazılır.
Ayarlama sırasında makine durur.	Ayarlama sırasında makine durmaz.
Karmaşık parçaların üretimi zor, esnek değildir.	Kolay, seri, esnek ve otomasyona uygundur.
Aynı parçanın farklı kişilerce üretiminden elde edilen kalite farklı olabilir.	Program aynı olduğundan kalite sabittir.
Program depolama kapasitesi yoktur.	Program depolama kapasitesi vardır.

CNC Tezgahların Sakıncaları

- ⇒ Daha hassas olmaları nedeniyle çevre etkilerine karşı daha korunması gerekir.
- ⇒ Bozulma ihtimallerinin daha büyük olması ve ayrıca tamirat için uzmanlaşmış elemanlara ihtiyaç duyulması
- ⇒ Programlama için kalifiye elemanlara ihtiyaç duyulması

İlk olarak CNC tezgahını kullanan firmalar, aşağıdaki hususlara dikkat etmelidirler.

Tüm bölümlerin özellikle CNC tezgahı ile yakın ilişkisi olan personelin, bu tezgahlar hakkında bilgi edinmesi ve bu hususta personelin eğitime önem verilmelidir. Konstrüktörler ve ressamlar imalat resimlerini CNC tezgahların özelliklerine göre hazırlamalıdır. Takım ve tutturma tertibatlarının CNC tezgahlarda kullanılmak üzere bir sistemizasyonu yapılmalıdır. Tezgahların bakımı için özel önlemler alınmalıdır.



Şekil 2.3 Klasik ve CNC takım tezgahları ile üretilen parçaların karşılaştırılması

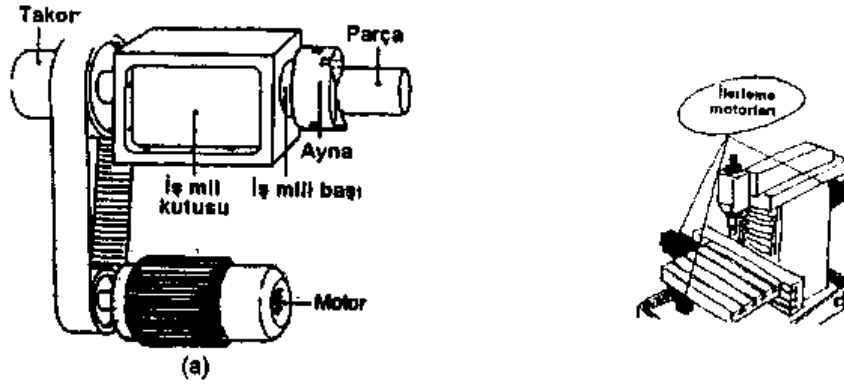
2.5 NC/CNC Tezgahların Genel Yapıları ve Çeşitleri

CNC tezgahları klasik tezgahlardan ayıran en büyük özellik; program girişini ve çalışmasını sağlayan bir kontrol ünitesi ve bunu temsil eden bir kontrol panosunun bulunmasıdır (Şekil 2.4). Bu panoda, komutların girilmesini sağlayan düğmelerin yanı sıra, girilen veya işlenen komutları gösteren ve talaş kaldırma işleminin simülasyonunu yapan bir ekran vardır. Bunun yanı sıra, CNC tezgahlarda, güç motorunun (Şekil 2.5-a) yanında takımın ilerleme hareketini gerçekleştiren ve eksen adı verilen her hareket yönünde bir motor vardır (Şekil 2.5-b). Program sinyalleri ilk olarak bir amplifikatörde bulunan kontrol ünitesine ve sonra motora gönderilir (Şekil 2.6-a). Takım hareketlerini kontrol etmek için her eksen yönünde birer sezgi elemanı kullanılır (Şekil 2.6-b). Sezgi elemanı her an takımın hareketlerini

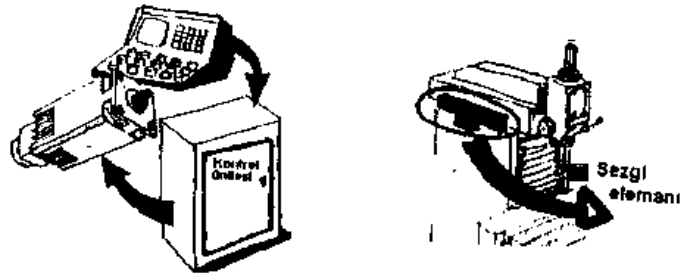


kontrol eder.

Şekil 2. 4 Tezgah kontrol panosu



(a) (b)
Şekil 2.5 a.Güç motoru, b.İlerleme motoru



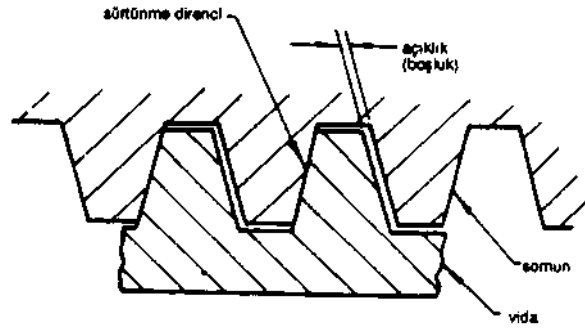
(a) (b)
Şekil 2.6 a.Kontrol ünitesi, b.Sezgi elemanı

Tezgah Mili Tahrik Şekilleri

Tezgah mili tahriki için doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) motorları kullanılmaktadır. Modern tezgahların çoğunda DC motorlar kullanılmaktadır. Bu motorlarda voltaj girişi değiştirilerek istenilen devir sayıları elde edilmekte ve sabit kesme hızı sağlanabilmektedir.

Sonsuz Vidalar

Klasik tezgahlarda kullanılan trapez kesitli sonsuz vidaların sayısal denetimli tezgahlarda kullanılması yeterli bulunmamıştır. Trapez kesitli sonsuz vidanın hareketi, iki diş arasındaki sürtünme iki diş arasındaki diş boşluğuna bağlıdır. Aynı zamanda vidanın diş yüzeyleri arasındaki sürtünme harekete karşı çok büyük bir direncin olduğunu göstermektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Klasik tezgahlarda kullanılan trapez kesitli sonsuz vida

Günümüzde eğitim amaçlı ucuz tezgahlar dışında kalan bütün sayısal denetimli tezgahlar, sürtünme direncini azaltmak için kayma hareketini yuvarlanma hareketine dönüştüren devir daimli bilyalı vidalar ile donatılmıştır. Temas yüzeyi geometrisi ya yarı dairesel ya da gotik yay şeklindedir (Şekil 2.8)



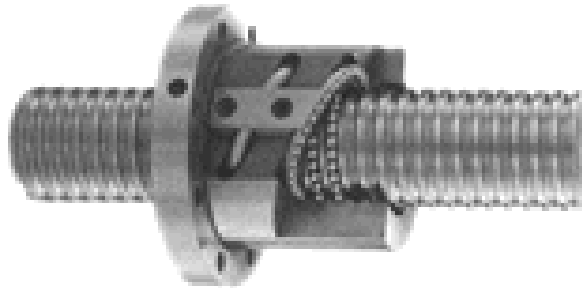
yarı-dairesel



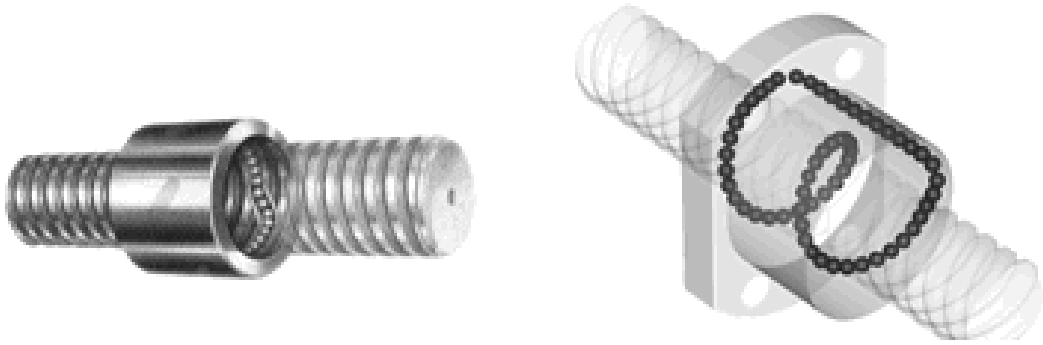
gotik yay

Şekil 2.8 Sirkülasyon yapan bilyeli yönlendirici vida şekilleri

Hassas takım tezgahları uygulamalarında, mil etrafında dönen silindirik bilyeli vidalar kullanılır. Boşta bilye olmadığından daha yüksek devir sayılarına erişilebilir. Şekil 2.9'da bilyenin dıştan dönüşü, Şekil 2.10'da bilyenin içten dönüşü görülmektedir.



Şekil 2.9 Bilyeli vida (dıştan dönüş)



Şekil 2.10 Bilyeli vida (içten dönüş)

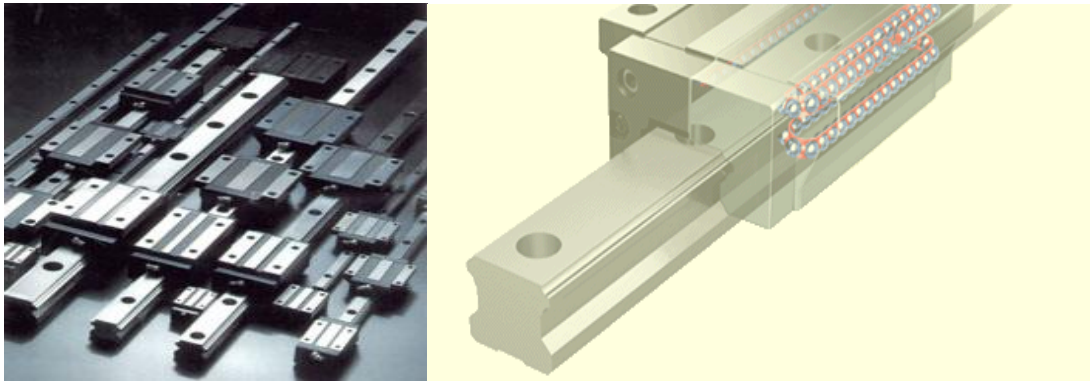
Sirkülasyon yapan bilyeli vidaların trapez vidalara göre avantajları şunlardır;

- ⇒ Ömürleri daha uzundur
- ⇒ Aşınmaları azdır
- ⇒ Sürtünme direnci düşüktür
- ⇒ Azalan sürtünme nedeniyle daha az güç gereksinimi
- ⇒ Daha yüksek hızlara erişebilme
- ⇒ Yapışma, kayma etkisi görülmemesi
- ⇒ Tezgah ömrü boyunca konumunu koruma hassasiyeti

Tezgah Kızakları

Sayısal denetimli tezgahların çoğu düz yatak yüzeylerine sahiptir. Bu yüzeyler genellikle sertleştirilmiş ve bütün malzemeler içinde en düşük sürtünme katsayısına sahip olan politetrafluoroetilen (PTFE-Teflon) ile kaplanmışlardır. Bu malzemenin yüzeyi yağ tutacak şekilde hafif gözenekli yapıya sahiptir. Düz yüzeylerin yük taşıma özellikleri diğer yüzeylere göre oldukça iyidir.

Sürtünme direncini azaltmak ve daha az güç harcamak için, kayma hareketi sağlayan düz yataklar yerine dönme hareketi sağlayan masuralı yataklar da kullanılır. Şekil 2.11'de sürtünmesiz kızak sistemine ait örnekler verilmiştir.



Şekil 2.11 Sürtünmesiz kızak sistemi örnekleri

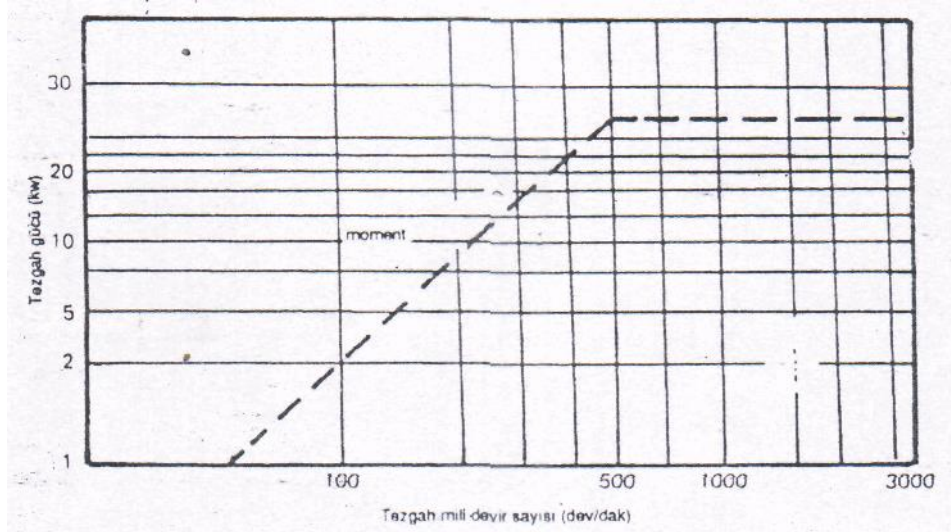
Kızak Tahrikleri

Kızak hareketleri elektriksel ve hidrolik güç kullanarak sağlanır. Halen kullanılan çoğu etkili ve duyarlı hidrolik sistemler olmasına rağmen en yaygın kullanılan güç kaynağı elektrik motorlarıdır. Genellikle iki tür motor kullanılmaktadır.

- ⇒ Adım motorları

⇒ Geleneksel motorlar

Adım motorları, elektrik darbeleriyle enerjilendiğinde ardışık adımlarla dönecek şekilde tasarlanmış özel tip motorlardır. Tipik bir adım 0.01 mm 'lik bir kızak hareketi sağlamaktadır. Bu motorlar, tezgahların ilk örneklerinde kullanılmışlardır. Şu anda ise geleneksel motorlar daha çok kullanılmaktadır. Bu motorlar, geliştirilmiş tasarımları ve kontrol sistemlerindeki gelişimlere bağlı olarak adım motorlara göre çok daha duyarlı ve denetlenebilir hale gelmişlerdir. Bir DC motorunun hızı istenildiği gibi değiştirilebilir ve çoğu hız aralığında sabit bir moment elde edilir (Şekil 2.12). Bunun anlamı, daha küçük motorların kullanılabileceği ve tezgah kılavuz vidasına doğrudan bağlandığında bir burkulma problemi olmayan bir tahrik sisteminin sağlanabileceğidir.



Şekil 2.12 Bir DC motoruyla tahrik edilen bir sistemin moment /devir sayısı ilişkisi, 500 d/dak sonra moment sabit

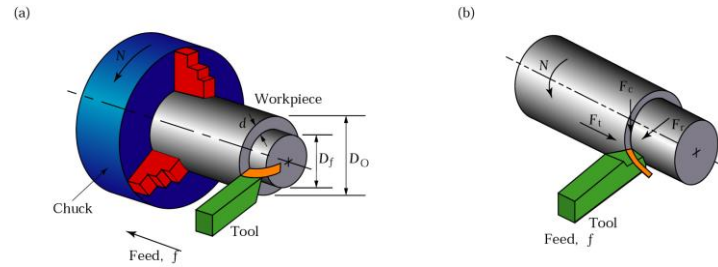
Yüksek bir kesme kalitesi ve kararlı bir çalışma için CNC tezgahlarının şu özelliklere sahip olması gerekir;

- ⇒ Yüksek rijitlik
- ⇒ Parçalar arasında minimum hoşluk
- ⇒ Düşük kütleler
- ⇒ Düşük sürtünme ve uygun bir sönümleme

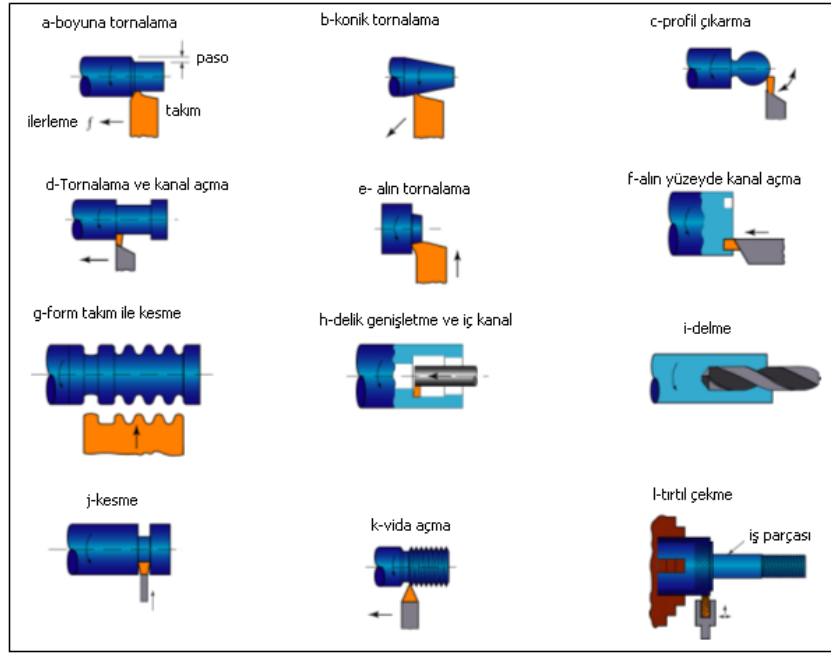
Sayısal denetimli tezgahların bulunduğu bir atölyenin sıcaklığı 20°C olması gerekir. Aşırı sıcaklık, tezgahın boyutsal dengesinin bozulmasına neden olabileceği gibi elektronik kontrol sistemlerinin de arızalanmasına neden olabilir.

2.5.1 Torna Tezgahı

Tornalama, parçanın dönme, kesici takımın ilerleme hareketi ile gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir (Şekil 2.13). Takımın ilerleme hareketi parçanın simetri eksenine paralel veya dik olabilir. Hareketin simetri eksenine paralel olması haline boyuna tornalama, diğerine alın tornalama denir. Tornalama işlemi, universal torna, çubuk işleme otomatları, NC veya CNC torna tezgahları gibi tezgahlarda yapılır.

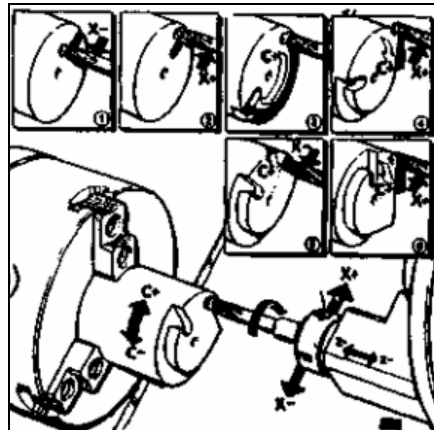


Şekil 2.13 Tornalama işlemi

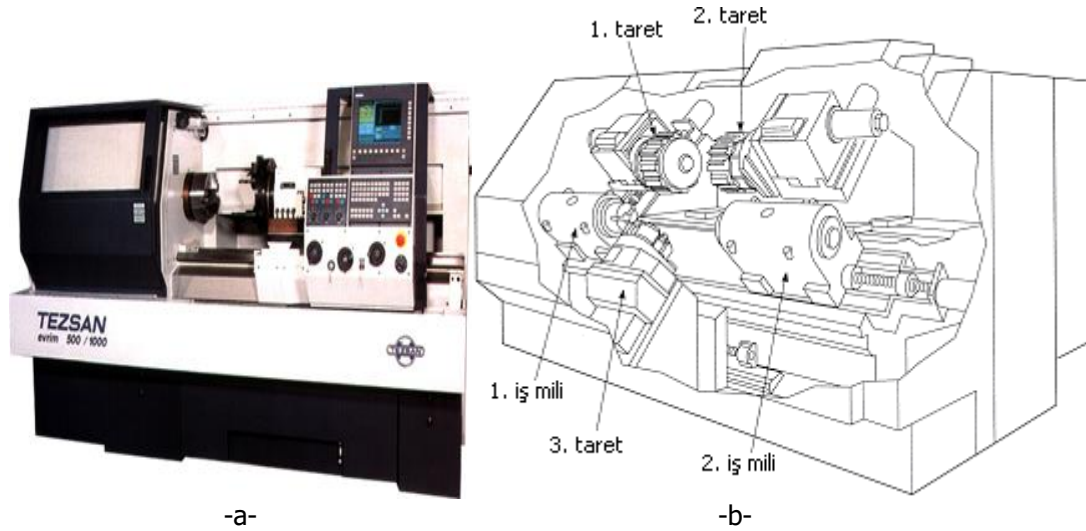


Şekil 2.14 Çeşitli tornalama operasyonları

Torna tezgahlarında dönel simetrik parçalar işlenir. Kesme hareketi için takımın ilerleme doğrultusu (Z) ve parçanın yarıçapı (Z eksen) tanımlanmalıdır. CNC torna tezgahlarında özel takım tutucular vasıtasıyla kesici takımın dönmesi ve iş parçasının sabit kalması sağlanarak bazı frezeleme işlemleri de yapılabilir (Şekil 2.15). Şekil 2.16 'da CNC torna tezgahının genel görünümü verilmiştir. Bu tezgahlarda iş parçasının işlenmesi için bütün tezgah hareketleri bilgisayarlı sayısal denetimle yapılmaktadır. CNC torna tezgahları ile, operatör hataları ortadan kalkmış, üretim hızı artırılmış ve çok daha hassas yüzey kaliteleri elde edilmiştir. Şekil 2.16-b 'de 3 takım taretine ve 2 iş miline sahip bir CNC torna tezgahının şematik görünümü verilmiştir.



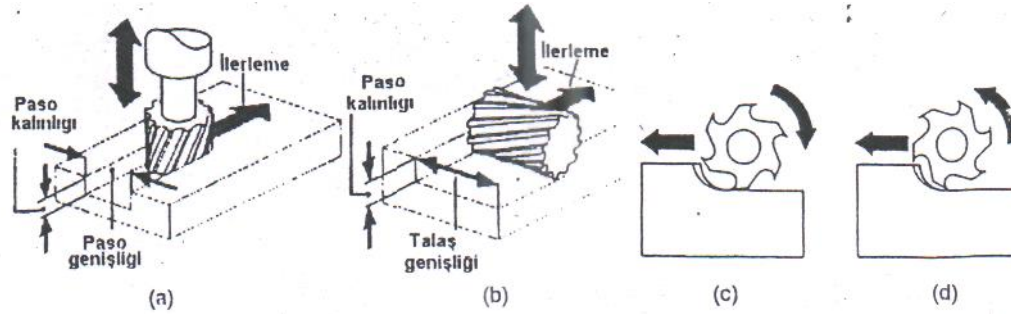
Şekil 2. 15 Torna tezgahında yapılan frezeleme işlemi



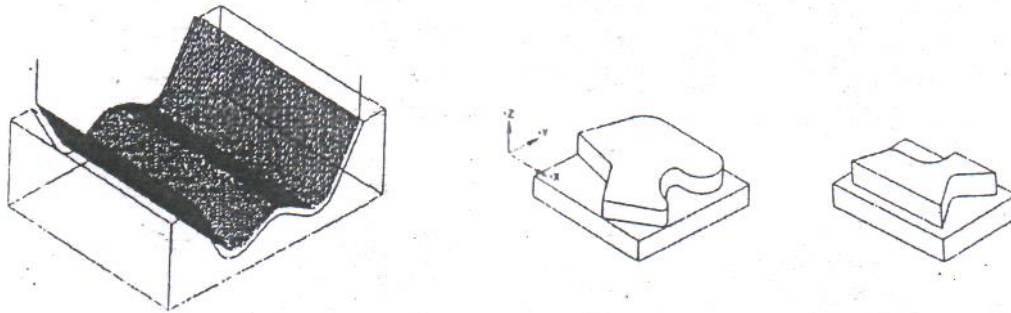
Şekil 2.16 a- CNC Torna tezgahı, b- 3 taretli 2 iş mili CNC torna tezgahı

2.5.2 Freze Tezgahı

Frezeleme, parçanın ilerleme takımın kendi ekseninde dönme hareketi yapması sonucu yapılan talaş kaldırma işlemidir (Şekil 2.17). Frezeleme, çevresel ve alın olmak üzere iki gruba ayrılır. Şekil 2.18'de freze tezgahı ile üretilebilen iş parçalarına ait örnekler verilmiştir.



Şekil 2.17 Frezeleme işlemleri

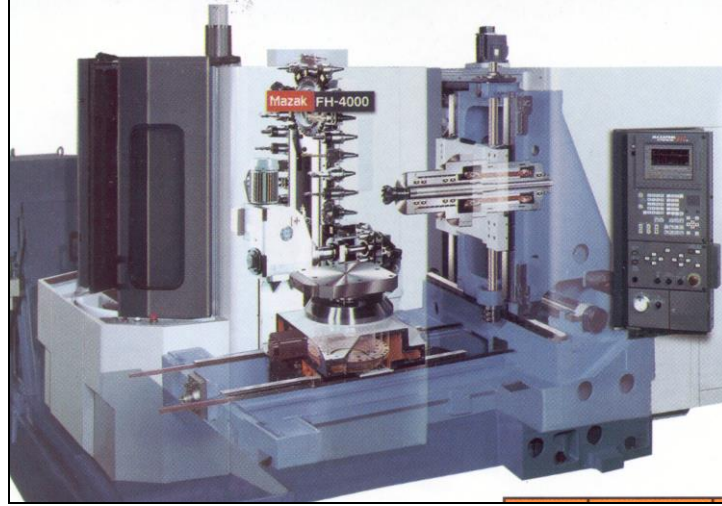


Şekil 2.18 Freze tezgahı ile üretilebilecek 2 ½ ve 3 D örnek iş parçaları

Freze tezgahları, kesici takımı taşıyan elemanın konumuna göre yatay ve dikey freze olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Tezgahın her hareket ekseninde ilerleme motoru bulunmaktadır (Şekil 2.5-b).

CNC freze tezgahlarında tornalamadan farklı olarak herhangi bir kesme hareketinin planlanması için X,Y,Z eksenlerinin belirtilmesi gerekir. Kesme derinliği, ilerleme, kesici takımın devir sayıları için tezgah, oluşturulan parça programı tarafından yönlendirilir.

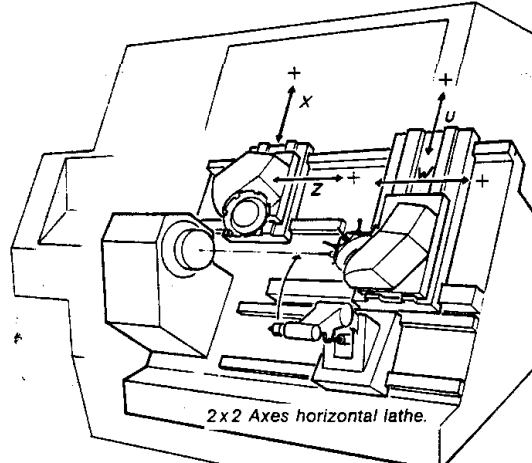
NC programının doğrulanmasından sonra yapılacak kesme işleminde insan hatası ortadan kalkar. Parça malzemesi-kesici takım çiftine bağlı olarak uygun kesme şartları belirlendiğinde optimum işleme ekonomisi de elde edilmiş olacaktır. Kesme işlemlerinde, bir kesme işleminin tamamlanmasından sonra kesici takım bir sonraki kesme düzlemine otomatik olarak gideceğinden, bu işlemin elle yapılmasına göre ayarlama zamanlarının minimuma indirilmesi nedeniyle üretim zamanının da kısalmasına neden olur.



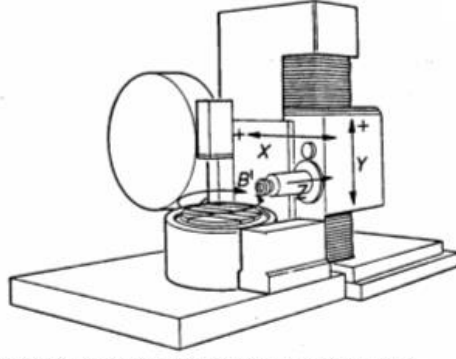
Şekil 2.19 Yatay CNC freze tezgahı

2.5.3 İşleme Merkezi

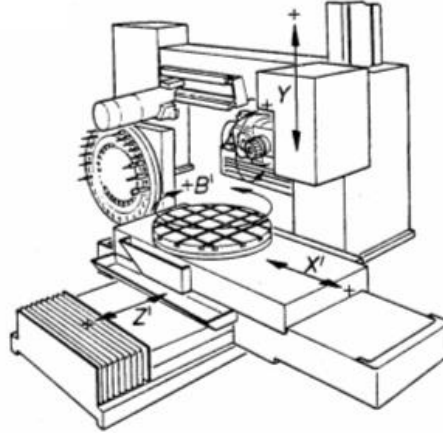
İşleme merkezleriyle tek bir tezgahta hem freze hem de torna tezgahlarının tüm fonksiyonları yerine getirilebilir. Bu tezgahın iki ayrı programlanabilir eğimli kızakları vardır. Her iki kızakta takım taretleri vardır ve iki kızak bağımsız olarak kullanılabilir. Üstteki kızak tahrikli takım taretine sahip olduğundan aynaya bağlı iş parçası üzerinde küçük frezeleme işlemleri yapılabilir. Ayrıca, işleme merkezinde üst taretin aksi tarafında sabit bir takım sistemi vardır. Bu takım sistemi, iş parçasının arka yüzünde işleme yaparak çok yönlü işlemlerin yapılmasına olanak sağlar. Üst tarette bulunan portatif çene, dönmeye programlanıp ana milde bulunan ayna üzerindeki iş parçasını kavrayabilir.



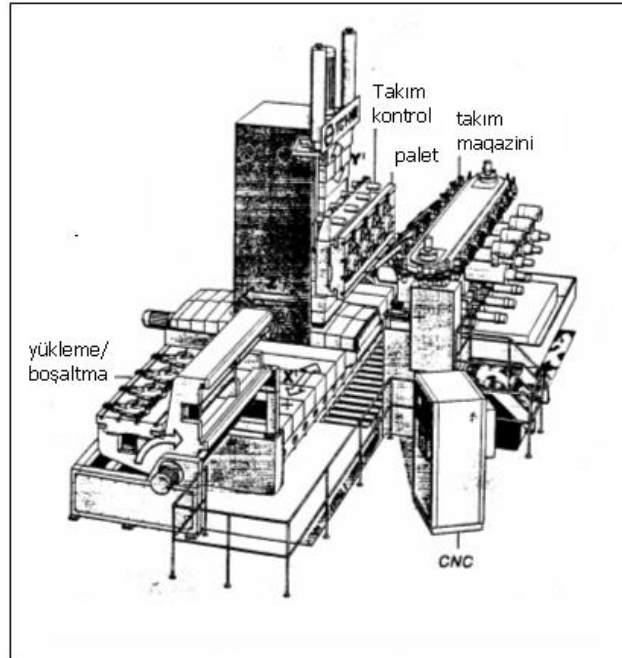
Şekil 2.20 Torna – Freze konfigürasyonu



4 eksenli işleme merkezi, dikey eksen dönel (B)



Şekil 2.21 4 eksen ve 5 eksenli işleme merkezi



Şekil 2.22 4 iş milli 3 eksen işleme merkezi

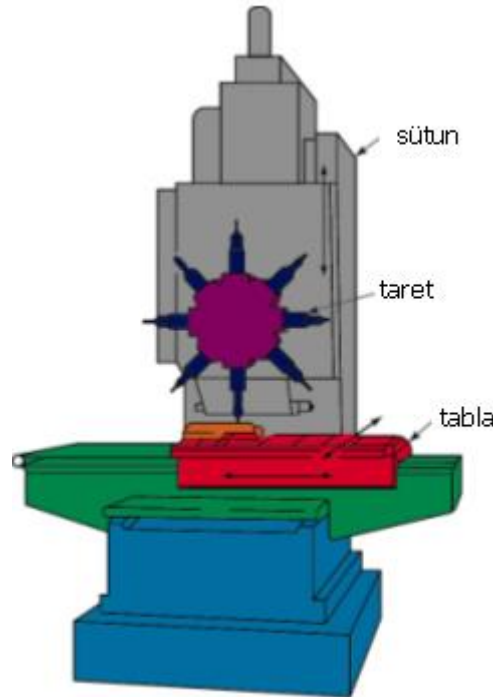


Şekil 2.23 CNC dik işleme merkezi

2.5.4 Matkap Tezgahı

Delme işlemi, dönel-helisel yivli bir kesici takımın dönerken iş parçası içine doğru hareketi sırasında gerçekleştirilen talaş kaldırma işlemidir.

Matkap tezgahları ile çeşitli uzunluk ve çaptaki delikler delinebilir. Parça koordinatları X,Y,Z şeklinde verilir. Manuel tezgahlarda zaman alıcı olan konumlandırma problemi sayısal denetim ile çözülmüştür.



Şekil 2.24 CNC matkap tezgahı

2.5.6 Zımbalı Deliciler

Zımbalama işlemi, CNC tezgahları için en ideal uygulamalardandır. Temel olarak X ve Y eksenlerinin konumları hassas olarak ayarlanmaktadır. Basit standart bir zımba kullanarak basit bir şekilden karmaşık şekle kadar delebilmek imkanı mühendislik için oldukça ilgi çekicidir. Çeşitli zımba boy ve

çapları gerektiğinde otomatik zımba değıştiricileri kullanılır. Bu makinelerde kullanılan sezgi elemanlarıyla, itme ve pres gücü denetimi de yapılmaktadır.



Şekil 2.25 Sayısal denetimli zımbalı delici

2.5.6 Taşlama Tezgahı

Taşlama, abrazif bir malzemedan yapılan ve kesme kısımlarının geometrisi belli olmayan bir takımın talaş kaldırma işlemidir. Taşlamada talaş kaldırma işlemi, taş denilen takımın dönme hareketi ile gerçekleşir. İlerleme parça veya takım tarafından yapılabilir. Genellikle, frezeleme, planyalama ve tornalama işlemlerinden sonra yüzey kalitesini arttırmak için yapılan nihai bir işlemdir. Bu işlemin yapıldığı tezgahlara taşlama tezgahı denir

Taşlama işlemi, satıh ve silindirik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ayrıca iç yüzey ve dış yüzey olmak üzere de diğer alt kategorilere ayrılabilirler. CNC taşlama tezgahının genel görünümü Şekil 2.26 'da görölmektedir.



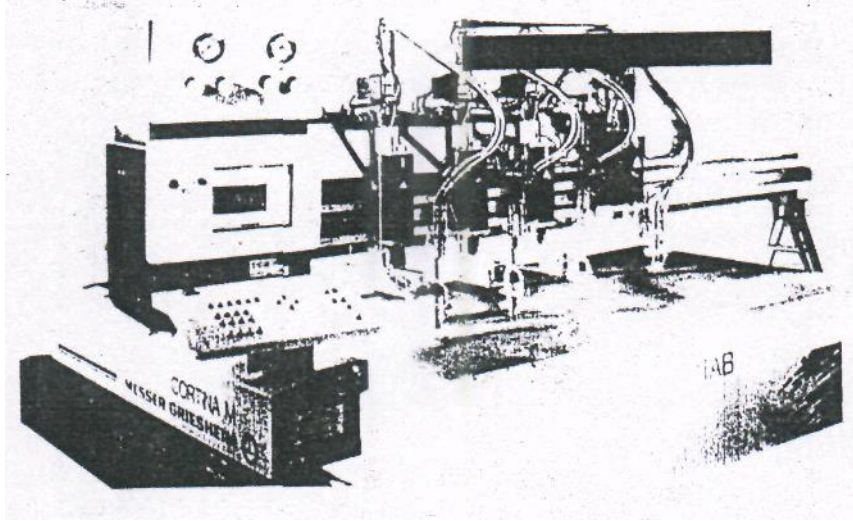
Şekil 2.22 CNC Taşlama tezgahı

2.5.7 CNC Alevle Kesme Makinesi

Alevle kesme tezgahı da CNC uygulamaları için ideal uygulama alanıdır. Sac levhaların oksii-asetilen alevi ile kesilerek istenilen şeklin elde edilmesi amacıyla kullanılır. Elde edilecek şeklin karmaşık olması

bir problem oluşturmaz. X ve Y koordinatlarının uygun şekilde tanımlanması prosesin tamamlanması için en önemli etkidir.

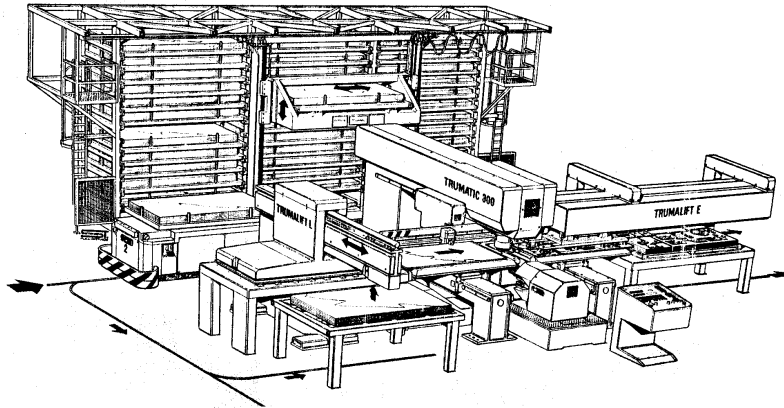
Kesme işleminin CNC 'li tezgahlarda yapılması, üretim zamanını kısaltır ve malzeme kayıplarını azaltır. Ayrıca elle kesmede olduğu gibi, sac şeması çizimine gerek yoktur çünkü koordinatlar parça programı tarafından denetlenmektedir. Bu ise operatörün başka bir işle ilgilenmesini sağlamaktadır. Şekil 2.27'de oksii-asetilen alevi ile sac kesen bir CNC tezgah görülmektedir.



Şekil 2.27 CNC Oksii-asetilen aleviyle sac kesme makinesi

2.5.8 CNC Presleme Makineleri

Sayısal denetimli presleme tezgahları, sac şeması çizme işlemini ortadan kaldırır. Böylece operatör diğer işlerle ilgilenebilir. Malzeme tezgaha yüklenir yüklenmez parçanın bütün hareketleri (uzaklaştırma-istifleme) otomatik olarak yapıldığından malzeme kontrolü de büyük oranda bu makineler tarafından yapılmaktadır.



Şekil 2.28 CNC presleme tezgahı- sac malzeme için

2.6 Geleneksel Olmayan İmalat Yöntemleri

Geleneksel olmayan imalat yöntemleri, talaşlı imalat yöntemlerinin yetersiz kaldığı, işlenmesi zor malzemelerin şekillendirilmesinde ve ekonomik açıdan uygun olduğu durumlarda tercih edilen yöntemlerdir. Çok çeşitli geleneksel olmayan imalat yöntemleri vardır, uygulama alanları ve uygulandığı malzemeler gün geçtikçe artmaktadır. Geleneksel olmayan imalat yöntemleri arasında yer alan uygulamaları, su jetiyle işleme, tel/elektro erozyonla işleme, lazer ile işleme, kimyasal yöntemlerle işleme şeklinde saymak mümkündür. Geleneksel olmayan imalat yöntemleriyle üretilebilecek olan iş parçalarına örnekler Şekil 2.29 'da görülmektedir.

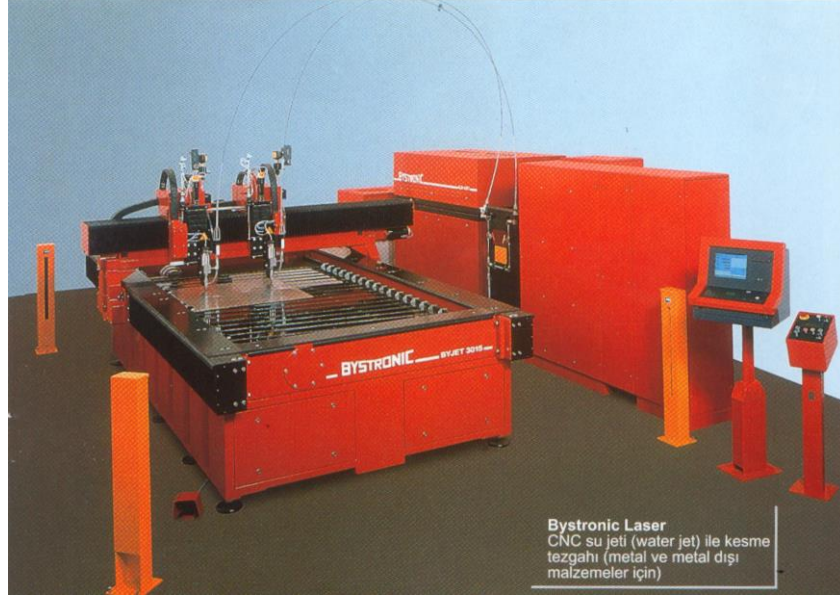


Şekil 2.29 Su jeti ve lazer ile kesme sonucu üretilen iş parçaları

Geleneksel olmayan imalat yöntemlerinden, su jetiyle işleme ve lazerle işlemeyle ilgili genel bilgiler aşağıda verilmiştir.

Su Jeti ile işleme

Teorik olarak; yüksek basınçlı hızlandırılmış olan su, çok ince kesitli lüleden geçerek işlenecek veya kesilecek iş parçası yüzeyine gönderilir. Malzemenin işlenecek bölgesi yüksek basınçlı suyun çarpması sonucunda mikro aşınmaya uğratılır. İşlem sırasında yüksek basınçlı suyun iş parçası üzerinde mikro çatlak oluşturularak aşınma olayı gerçekleştirilir ve aşınan parçacıklar basınçlı su yardımı ile işlenen bölgeden uzaklaştırılır. İnce parçaların işlenmesinde kullanılan su jeti işleme yöntemi mikron boyutunda şekillendirme yaptığından mikroişleme teknolojisi içinde sayılmaktadır.



Şekil 2.30 Su jetiyle kesme makinası

Su jeti uygulama tekniği genel olarak iki ana gruba ayrılabilir. Yalnız su kullanarak yapılan su jeti işleme yöntemi ilk olarak uygulanmış ve daha sonra çeşitli aşındırıcı parçacıkların kullanılması ile yöntem daha geniş uygulama alanında kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde yalnız su içeren su jeti işleme yöntemi daha sınırlı malzeme grubu için kullanılmakta, aşındırıcı parçacıkların kullanılması ile mühendislik malzemelerinin de işlenmesi gerçekleştirilmiştir.

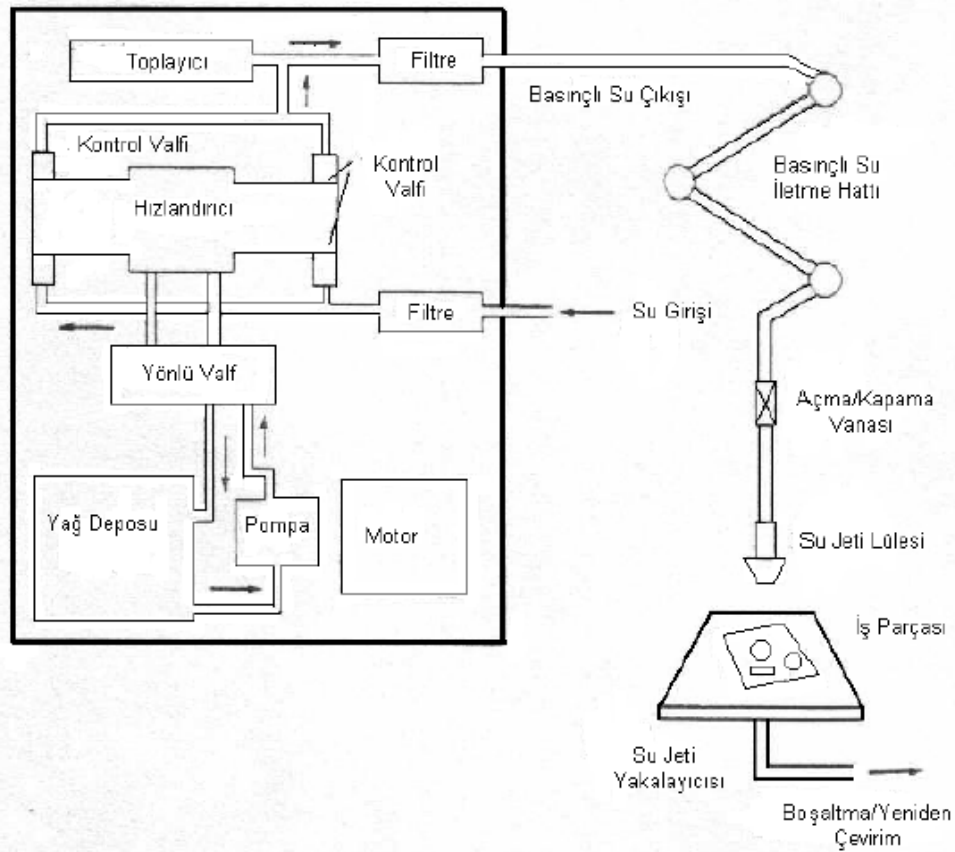
Su jeti işleme yönteminin uygulanması şematik olarak Şekil 2.31 'de gösterilmiştir. Uygulama olarak, depodaki suyun yüksek basınç altında hızlandırılarak lüleye gönderilmesi ve lüledeki çap değişimi ile birlikte daha yüksek hızlara ulaşan suyun basıncının kinetik enerjiye dönüşerek iş parçası üzerinde aşındırma yapması ve sonucunda işlemin gerçekleştirilmesi olarak açıklanabilir. İşlem için kullanılan su kullanılmış su tankına alınır ve filtreden geçirilerek sisteme tekrar gönderilir.

Lüleden çıkan suyun basıncı yaklaşık olarak 400 Mpa civarındadır. Daha sert malzemelerin işlenmesinde bu değer 700 Mpa değerine kadar çıkabilmektedir.

Lüle malzemesi olarak en yaygın kullanılan malzeme sentetik safıdır. Bununla birlikte sertleştirilmiş çelik, paslanmaz çelik veya tungsten karbür malzemeler de kullanılmaktadır. Son yıllarda elmas lülelerin de kullanıldığı uygulamalar vardır. Elmas lülelerin kullanılması ile daha kaliteli işlemlerin gerçekleştirilmesi sözkonusudur. Ayrıca lüle kullanım zamanı olarak safir ile yaklaşık 200 saatlik bir zamana ulaşılırken, elmas lüle kullanımı durumunda bu değer 50 katına kadar çıkmaktadır.

Su jeti ile işleme yönteminin uygulanmasında lüle çapı da işleme etki eden faktörlerdendir. Endüstriyel uygulamalarda lüle çapı olarak 0.05-0.4 mm arasında değişen lüleler kullanılmaktadır. Bu çap değişimi işlenecek malzemeye ve malzeme kalınlığına bağlı olarak seçilebilecek bir parametredir. İnce parçalarda lüle çapının küçük, kalın parçalarda lüle çapının büyük seçilmesi sözkonusudur.

İşleme veya kesme genişliği lüle çapı ile bağlantılıdır, kesme genişliği lüle çapından her zaman fazladır. İnce parçalarda kabul edilen kesme genişliği yaklaşık olarak 0.3 mm civarındadır. Kesme genişliğinin artması ile malzeme sarfiyatı artacaktır, bu nedenle kesme genişliği daima küçük tutulmaya çalışılır.



Şekil 2.31 Su jeti işleme yönteminin şematik gösterimi

Kullanılacak suyun basıncı işleme etki eden faktörlerden biridir. Yüksek basınç daha kaliteli yüzeylerin elde edilmesine olanak sağlar, fakat bu durumda sistemin ihtiyaç duyduğu güç artacaktır. İşlenecek malzemeye uygun su basıncı değerinin seçimi istenen su jeti hızı, kullanılacak lüle çapı ve ihtiyaç duyulan güce göre seçilmelidir.

Su jeti işleme yönteminde kullanılabilecek kesme hızları iş parçasının özelliğine, malzeme kalınlığına, su basıncına ve lüle çapına bağlı olarak seçilebilen bir değerdir. Endüstriyel uygulamalarda bazı malzemelerin işlenmesinde yöntemin uygulama koşullarına ait bazı parametreler Tablo 2.2.'de verilmiştir.

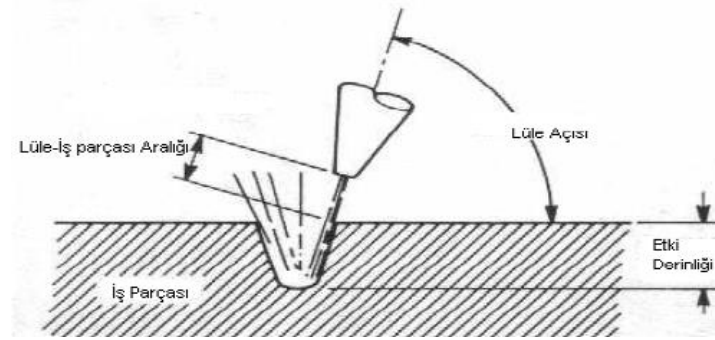
Tablo 2.2. Su jeti işleme yönteminin uygulandığı bazı malzemeler ve işleme Özellikleri

Malzeme	Malzeme Kalınlığı (mm)	İşleme Hızı (m/dak)	Su Basıncı (Mpa)	Nozül Çapı (mm)
Kontraplak	6.3	5.1	420	0.3
Kevlar	6.3	2.5	412	0.3
Baskı Devre Kartı	2.2	1.5	420	0.2
Fiber Cam	6.3	3	412	0.3
Deri	4.45	0.6	303	0.05
Alüminyum	25	0.85	420	0.3

Su jeti uygulamalarında kullanılan su, şehir şebeke suyu olabilir. İşlem öncesinde kullanılacak suyun filtreden geçirilmesi ve içindeki minerallerden arındırılması önerilmektedir. Kullanılacak suyun içindeki demir ve klor maddeleri lüle ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Keskin köşe istenen işlemlerde

polimer katkılı suyun kullanılması önerilmektedir. Katkı maddeleri olarak gliserin ve polietilen oksit gibi maddeler de çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinin kullanılması, su jeti uygulamalarının daha kullanışlı hale gelmesini sağlamaktadırlar. Farklı katkı maddeleri içeren su jeti uygulamalarının aşındırıcı parçacık içeren su jeti uygulamaları ile karıştırılmaması gerekmektedir.

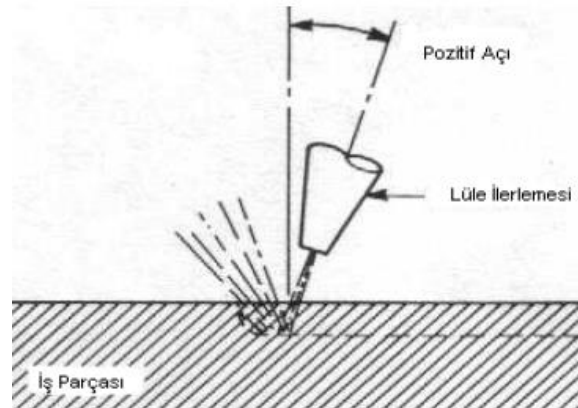
Su jeti ile işlemede diğer önemli işlem parametresi lüle ile iş parçası arasındaki uzaklıktır. Su jeti uygulamalarında bu aralık değeri işlemin özelliğine göre 2.5-75 mm arasında değişmektedir. Lüle-iş parçası aralığının fazla tutulması durumunda su basıncının artırılması gerekir ve bu daha fazla güç harcanmasına neden olur. Endüstriyel uygulamalarda lüle-iş parçası aralığı yaklaşık 3 mm civarında tutulması önerilmektedir (Şekil 2.32) .



Şekil 2.32 Lülenin iş parçası ile konumu

Su jeti uygulamalarında lülenin iş parçası ile yaptığı açı da işlemin kalitesine etki etmektedir. Lülenin dikeyde iş parçası ile en fazla 30° civarında açılı olması söz konusu ise de endüstriyel uygulamalarda bu değer 15°'yi geçmez (Şekil 2.33)

Son yıllarda su jeti işleme yönteminin uygulamalarında buz parçacıklarının ve sıvı azot veya karbondioksit gazlarının kullanıldığı görülmektedir. Bu uygulamalar, yalnız su jetinin uygulandığı durumlara göre daha iyi işleme koşulları ortaya çıkartmıştır.



Şekil 2.33 İşleme anında lülenin iş parçası ile yaptığı açı

Su jeti uygulamalarında son yirmi yılda yapılan çalışmalarla özellikle aşındırıcı (abrasif) parçacıkların kullanılması ile işlemin etkinliğinin artırılması yoluna gidilmiştir ve bu geleneksel olmayan imalat yöntemi "abrasif su jeti ile işleme" olarak tanımlanmaktadır. Su jetinin yetersiz kaldığı malzemelerin işlenmesinde aşındırıcı parçacıklar kullanarak işlemin daha yaygın kullanımı mümkün olmuştur (Tablo 2). Aşındırıcı parçacıklar olarak alüminyum oksit, silisyum karbür, silisyum kumu ve cam bilyeler kullanılmakta ve bunların boyutları 10-50 µm arasında değişmektedir. Aşındırıcı parçacıklar ya daha

önce suyun içine atılır ve böylece basınçlı su ile birlikte iş parçasına yönlendirilirler ya da basınçlı su ile aşındırıcı parçacıklar lüle içinde karıştırılarak işlem gerçekleştirilir.

Abrasif su jeti ile işleme yöntemi üzerinde son yapılan çalışmalarda yöntemin diğer geleneksel talaş kaldırma yöntemleri ile birlikte kullanılması konusu araştırılmıştır. Tornalama ve frezeleme işlemi ile birlikte abrasif su jeti ile işleme yönteminin birleştirilmesi sonucunda işlenmesi zor ve sorunlu olan kompozit malzemelerin işlenmesi gerçekleştirilmiştir .

Su Jeti İle İşleme Yönteminin Avantajları Ve Dezavantajları

Su jeti ile işleme yönteminin uygulamalarında ortaya çıkan avantaj ve dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır.

Avantajlar:

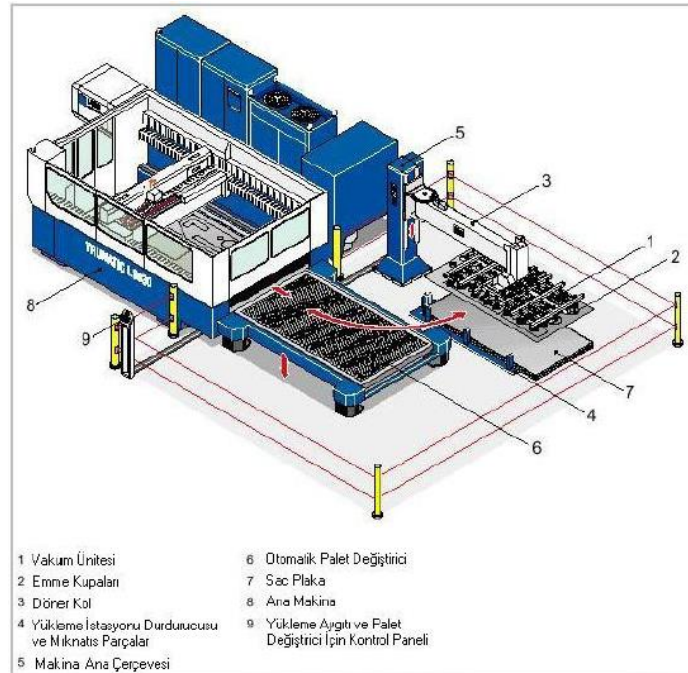
- İş parçasının ısısal bir etki altında kalması söz konusu değildir.
- İş parçasının işlenen bölgesinde mekanik özelliklerde bir değişim yoktur veya çok azdır.
- Çok farklı malzemelerin işlenmesi mümkündür
- İşlem hassasiyeti yüksektir.
- Bilgisayar teknolojisi yardımıyla işlemin otomatik olarak gerçekleştirilmesi mümkündür.
- Her türlü geometrik şeklin işlenmesi mümkündür.
- Çevresel zararları diğer geleneksel olmayan imalat yöntemlerine göre daha azdır.
- Takım masrafı olarak yalnız lülenin maliyeti söz konusudur.

Dezavantajlar:

- Metal olmayan malzemelerin işlenmesinde daha yaygındır ve abrasif su jeti işleme yönteminin kullanılması ile yöntemin uygulandığı malzeme grubu genişletilmiştir.
- Kullanılan lülenin pahalı olması problem oluşturmaktadır.
- Yüksek ses nedeniyle rahatsız edici bir gürültü seviyesi (80-100dB) söz konusudur.

Lazer Kesme Tezgahı Genel Özellikleri

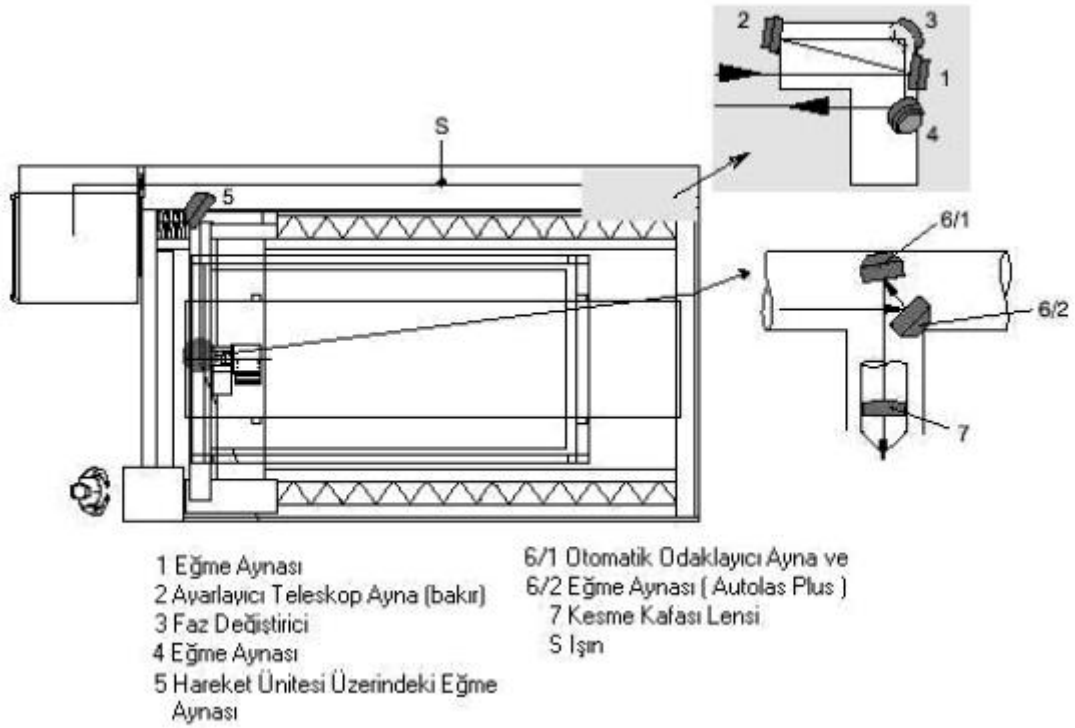
Makina; ana tezgah, resonatör, elektrik jeneratörü, soğutucu ve gaz silindirlerinden meydana gelmektedir. Makinayı oluşturan bölümler Şekil 2.34 'te görülmektedir.



Şekil 2.34 Lazer Tezgahını Oluşturan Bölümler

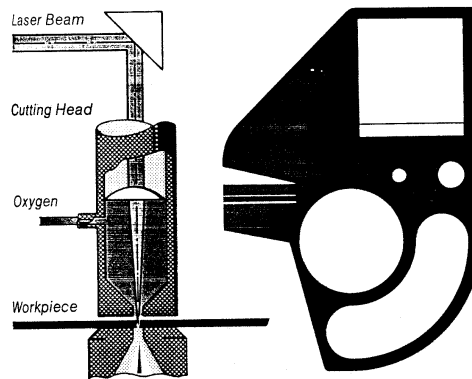
Lazer Oluşumu Ve Makinadaki İletimi

Lazerin tezgah üzerinde izlemiş olduğu yol Şekil 2.35 'de görülmektedir.



Şekil 2.35. Lazer Tezgahı Üzerinde Lazerin İzlediği Yol

Laser Cutting Technique



Şekil 2.36 Lazer ile kesme tekniği

3. SAYISAL DENETİM



3.1 Giriş

Sayısal Denetim (SD) sistemleri noktadan noktaya (NN) ve çevresel (sürekli yol) olmak üzere iki ana çeşide ayrılabilir.

Noktadan noktaya harekette tezgah tablası veya iş mili, işleme operasyonunun gerçekleşeceği bir başka noktaya gönderilmesi için kullanılır. Başka bir deyişle; NN/PTP(point to point), kesici takım yolunun iş parçasına bağımlılığı önemli olmadığı zaman kullanılır. Çünkü, kesici bir noktadan diğerine hareket ederken iş parçası ile temas halinde değildir. (Örneğin; Matkabın delme işlemi sonrasında bir başka deliği delmek için belirtilen konuma gönderilmesi.) Burada matkabın belirtilen X,Y koordinatına nasıl gideceği çok önemli olmamakla birlikte, bir sonraki açılacak deliğin bulunduğu X,Y koordinatına gidiş mesafesi üretim zamanını azaltmak/üretim hızını arttırmak için en aza indirilmelidir.

Sürekli yol olarak da adlandırılan çevresel sistem, kesici takımın işlenen parçaya göre hareketinin önemli olduğu SD torna, freze ve işleme merkezleri vb. gibi tezgahlarda bulunur. Karmaşık şekiller, tezgah denetim biriminin programlanmış şekli üretmek için her bir tezgah ekseninin hızlanması veya yavaşlamasının denetlenmesiyle sağlanabilir. Örneğin; bir yay parçasının frezede işlenmesi amacıyla programlanması için, yayın başlangıç noktalarının koordinatları, çemberin yarı çapının ve merkez noktasının koordinatının tanımlanması gerekir.

3.2 SD/BSD/DSD Genel Tanımlar

Sayısal denetim, elektronik kontrol sistemi içinde çeşitli sayısal seriler yardımıyla makinaların çeşitli fonksiyonlarını ve hareketlerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Sayısal denetimli tezgahlar, "katı bağlantılı" denetime sahiptir ve hareket sırasındaki ara değerlerin bulunması gibi denetim fonksiyonları, esnek olmayan fiziksel ve elektronik elemanların kullanımıyla yapılır. Program yüklendikten sonra, tezgah denetim biriminde programın kalıcı olmasını sağlayan hafızası bulunmadığından delikli kağıt şerit okuyucular, hareket talimatlarının denetleyiciye aktarma yolu olmaya devam etmiştir.

Bilgisayarlı sayısal denetim (BSD), tezgah denetim biriminin bütünleyici elemanı olarak mikroişlemciye sahip bir tezgahı ifade eder. Program, tezgah denetim birimine yüklenir, böylece her bir iş parçası için şerit okuyucuya bağımlılık ortadan kalkar. BSD ile mikroişlemci tarafından operatöre gönderilen sonuç bilgisinin düzeltilme olanağı da doğmaktadır. Hareket ara değerlerinin bulunması, geleneksel SD, "katı bağlantılı" denetimden daha esnek bir sistem olan mikroişlemcinin sağladığı "esnek bağlantılı" denetim yeteneği ile yapılır. Diğer bir üstünlük de hazır çevrimler olarak da adlandırılan, işleme komutlarının önceden programlanmış çevrimlerin mevcut olmasıdır. Bu çevrimlerin kullanılmasıyla kesici takımın çeşitli hareketlerinde büyük oranda basitleştirme sağlanmıştır.

Yerel bilgi ağlarını geliştirilmesiyle bağlantılı olarak uzun yıllar boyunca BSD 'nin gelişmesi direkt (dağıntık) sayısal denetim DSD (DNC) kavramını ortaya çıkarmıştır. Ana bilgisayar, DSD olanakları ile

üretilcek tüm parçaları için takım/tabla hareket komutlarını içerir. Bu bilgiler, tezgaha sadece iş yapacağı zaman yüklenir. Denetim bilgisi, mümkün olan en etkili tarzda tezgahlara dağıtır. DNC kavramı, bilgisayar bütünleşik imalat için oldukça önemli bir anahtardır.

Sayısal denetim, üretim sürecinin sayılar, harfler, ve simgelerden oluşan kodlanmış komutlarla otomatik olarak yürütülmesi olarak tanımlanmıştır. Bir sayısal denetim sistemi 3 temel elemandan oluşur.

- Program
- Makine Kontrol birimi (Machine Control Unit, MCU)
- Takım Tezgahı (Machine Tool)

3.2.1 Program

Bir parçanın otomatik olarak işlenmesi için kullanılan/oluşturulan komut dizisidir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için tezgahın yerine getirmesi gereken işlevlerin adım adım belirlenmesi gerekir. İşlevler ve işlevleri tanımlayan diğer bilgiler, program adıyla anılan veri dizisiyle, sayısal denetimli (SD) tezgahların otomasyonunu sağlar. Programlardaki veriler, şu kaynaklardan derlenir:

- Takımın İzleyeceği Yörünge: Parçanın teknik resminden belirlenen genişlik, boy, çap, derinlik gibi boyutlar ve aç, vida dişi, koniklik, silindir, yaya, elips, fatura gibi şekilsel özellikler.
- İşleme Parametreleri: Parçanın teknik resmindeki toleranslar, yüzey kalitesi ve sertlik, kimyasal bileşenler ve iç yapı gibi malzemeye ilişkin bilgiler ile kesici takımların türleri, paso, ilerleme, kesme hızı gibi işlem parametreleri, soğutma sıvısı kullanılıp kullanılmayacağı ile ilgili değişkenler
- Tezgaha Ait Özellikler: programın dil ve özellikleri, tezgahın işlevleri (kapasitesi, güç, hız vb.), operatöre düşen görevler vb.
- Programcının Vereceği Kararlar: İşlem sırası, kullanılacak takımlar, referans noktaları, iş parçasının kontrol yönteminin seçimi vb.

3.2.2 Makina Kontrol Birimi

Makina kontrol birimi ise programı komut sinyallerine dönüştürür ve tezgahın komutları yerine getirme derecesini denetler. Makine kontrol biriminin üç temel görevi vardır..

- a- Makinaya verilen programı okumak, komutları algılamak ve tezgah hareketlerine dönüştürmek
- b- Makinanın komutları yerine getirişini denetlemek
- c- Operatörün tezgahı kontrol etmesini ve makina ile operatör arasındaki iletişimi sağlamak.

3.2.3 Takım Tezgahı

Talaş kaldırma işlemlerinde sayısal denetim sisteminin en önemli elemanı takım tezgahıdır. SD takım tezgahları basit matkaplardan kendi başına atölye denilebilecek işleme merkezlerini (machining centers) içine alan geniş bir tezgah yelpazesini oluşturur.

SD takım tezgahlarının tasarım çeşitliliğini değerlendirebilmek için verimliliği arttırmaya yönelik çabaların gözden geçirilmesinde yarar vardır.

Verimliliği etkileyen faktörler;

- a- İşlem süresi
- b- Tezgaha bir bağlamada yapılabilen işlem sayısı

- c- Talaş kaldırma dışı tezgah hareketleri
- d- İş bağlama/boşaltma
- e- Takım değiştirme

İşlem süresi, kesme hızı, ilerleme ve paso gibi değişkenlere bağlıdır. Bu parametreler, tezgahın çok, malzeme, kullanılan kesici takım, kesme hızı gibi etkenlere bağlıdır. Bu nedenle kesici takımın parçayla temas süresi açısından değerlendirildiğinde aynı işlem parametreleri ve kesici takım kullanıldığında aynı güçteki klasik ve sayısal denetimli iki tezgah arasında fark yoktur.

İş parçasının kontrolü, kısaca işlenecek yüzeyi kesici takıma göre konumlandırmaktır. Klasik tezgahlarda en çok zaman kaybettiren eylemlerden biridir. SD takım tezgahlarında koordinat hareketleri program ile kontrol edildiğinden zaman kaybı daha azdır. SD tezgahlar, programla takım değiştirerek birbiri ardına çok sayıda operasyon yapabilir, parçayı döndürerek değişik yüzeyleri işleyebilirler.

Boşta geçen tezgah hareketleri zaman kaybına neden olurlar. Bu kayıplar, kesici takım değiştirme ve takımın konumlandırılması sırasında oluşur. Takım hareketi sırasında kaybedilen sürenin iki boyutu vardır: ilerleme hız ve uzaklık. Klasik tezgahlarda takımın yeni konumuna getirilmesi operatöre bağlıdır. Bu işlem SD denetimli tezgahlarda, tezgahın maksimum ilerleme hızına bağlı olarak program ile gerçekleştirildiğinden süre daha kısadır.

Bir iş parçası işlenirken, bir diğerrinin hazırlanması süre kazanmak açısından yararlıdır. Klasik takım tezgahlarında gerektiği durumlarda tablaya birden fazla parça bağlanması bu amaçladır. Basit SD tezgahlarda da bu işlem yapılabilir. Gelişmiş SD tezgahların iki tablası olduğundan buna gerek duyulmayabilir.

SD takım tezgahları, işlemin gerektirdiği kesici takım değişikliğini çok kısa sürede gerçekleştirirler. Gereken kesici takım sayısı ve türleri iş parçası üzerinde yapılacak talaş kaldırma işlemlerine bağlıdır. Örneğin: Basit delme ve tornama işlemleri için 7-8 takım yeterlidir. Bu durumda SD tezgahlarda döner takım kullanılır.



Şekil 3.1 CNC tezgahlar için döner takımlık

Çok sayıda takım gerektiren işlemler için SD tezgahlar otomatik takım değiştiriciler (OTD, Automatically Tool Changer-ATC) ile donatılmıştır. Genelde iki tip OTD vardır. 1-Zincir ve 2-döner tabla. İşleme merkezlerinde OTD 'ye bağlanabilecek takım sayısı 50 'nin üstüne çıkabilir.

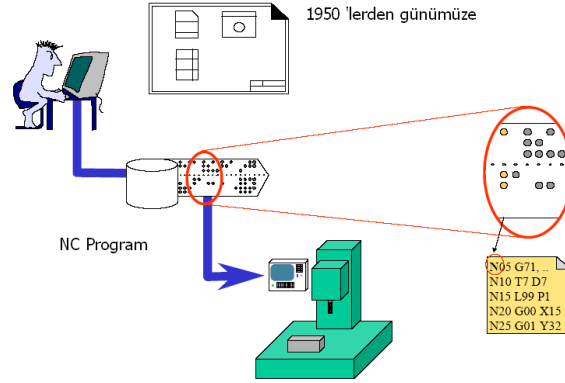
İş parçası programı iki şekilde hazırlanabilir;

- a- Elle, hesap makinası kullanarak
- b- Bilgisayar desteği ile

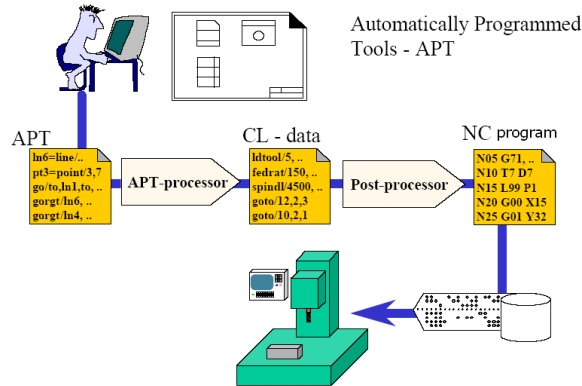
Elle yapılan NC programlamada genel yapı Şekil 3.2 'de, bilgisayar desteği ile elde edilen NC programlarının genel yapısı Şekil 3.3 ve 3.4 ' te verilmiştir.

Her iki yöntemde de programı oluşturan verilen saptanması ve gerekli kararların alınması programcının sorumluluğundadır.

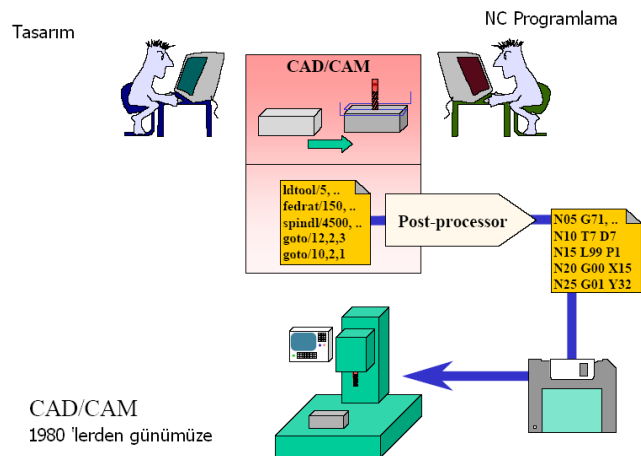
Yapay Zeka (YZ) temelli Bilgisayar Destekli Üretim sistemlerinde ise bu işlem büyük oranda programcı sorumluluğundan alınmıştır.



Şekil 3.2 Elle programlama



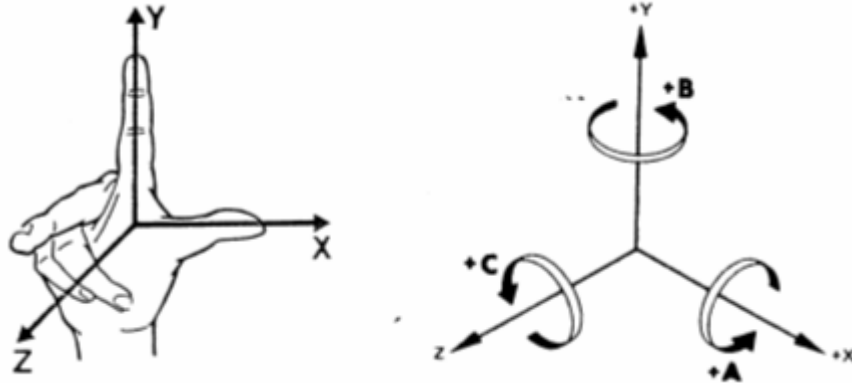
Şekil 3.3 APT ile NC kod oluşturma



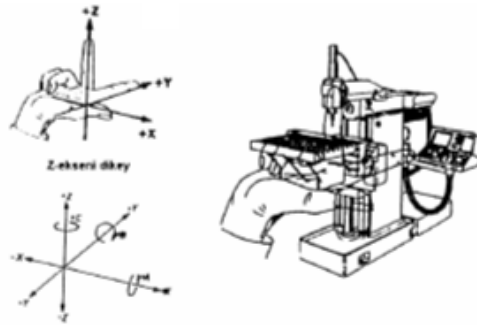
Şekil 3.4 CAD/CAM sistemleri ile NC kod oluşturma

3.3 Sayısal Denetim İşlemlerinde Eksenler

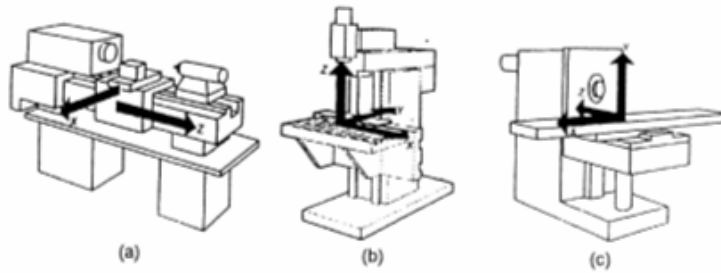
Sayısal denetimli takım tezgahları için standart altı eksen Şekil 3.5 'te verilmiştir. Sağ el kullanılarak kartezyen koordinatlarda x,y,z eksenleri için pozitif yön tanımlaması yapılabilir. Dönel eksenler ise, ana eksenler etrafındaki dönme hareketleridir. Bazı tezgahlarda Z eksen dikey konumdadır. Bu durumda sağ el kuralının uygulanışına örnek Şekil 3.6 'da verilmiştir. Şekil 3.7 'de torna ve freze tezgahlarının eksen takımları verilmiştir.



Şekil 3.5 Sağ el koordinat sistemi ve dönel eksenlerin tanımlanması



Şekil 3.6 Z eksen dikey sağ el koordinat sistemi



Şekil 3.7 Torna, Dik freze ve yatay freze tezgahlarında pozitif eksenler

3.4 Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD)

BSD, bir takım tezgahının denetimini artırmak için bir mini bilgisayarın ekonomik olarak kullanılmasına başlanmasıyla 1970'li yıllarda gelişmiştir. Mikroişlemcilerdeki en son gelişmeler, ekonomikliği daha da artırmıştır.

Orijinal sayısal denetim, denetim kabiliyeti sağlayan elektronik cihazlar vasıtasıyla katı bağlantılı denetimi kullandı. BSD, katı bağlantılı sistemleri elde etmek üzere mini veya mikrobilgisayarı (bugünlerde daha çok mikrobilgisayar) denetim birimi içine yerleştirir.

Bir tek bilgisayarın tek bir takım tezgahı için tahsis edilmesi birçok faydalar sağlayabilir. Bu faydalar:

1. Yumuşak bağlantı, katı bağlantıdan daha esnektir. Algılayıcılardan, bazı mantık röle devresi içinden harekete geçirici elemanlara giden sabit tel bağlantılı bir denetim sistemi üzerinde programlanır denetleyicinin üstünlüğü, bir benzerliktir.
2. Tahsis edilen bilgisayarın hafızası, delikli şeritteki bilgilerin tümünü hafızaya almasına imkan verir. Hafızadaki programla, sıralanan parçaların üretimi yapılır. Bu, delikli şeritten bilgi okunması için geçen zamanı tasarruf eder ve delikli şeridin kaba ortamlardan gördüğü zararlardan meydana gelebilecek muhtemel hataları da yok eder.
3. Düzeltme yeteneği, 2'nci madde süresince BSD konsolundan şerit talimatların aşın çalıştırılmasına/hataların düzeltilmesine imkan tanır.
4. CRT ekranındaki görüntüler, operatöre güncel işleme şartlarıyla ilgili bilgileri gösterir.
5. Hazır çevrimler, karmaşık işleme operasyonlarının çok az program adımıyla yapılmasına imkan sağlar.

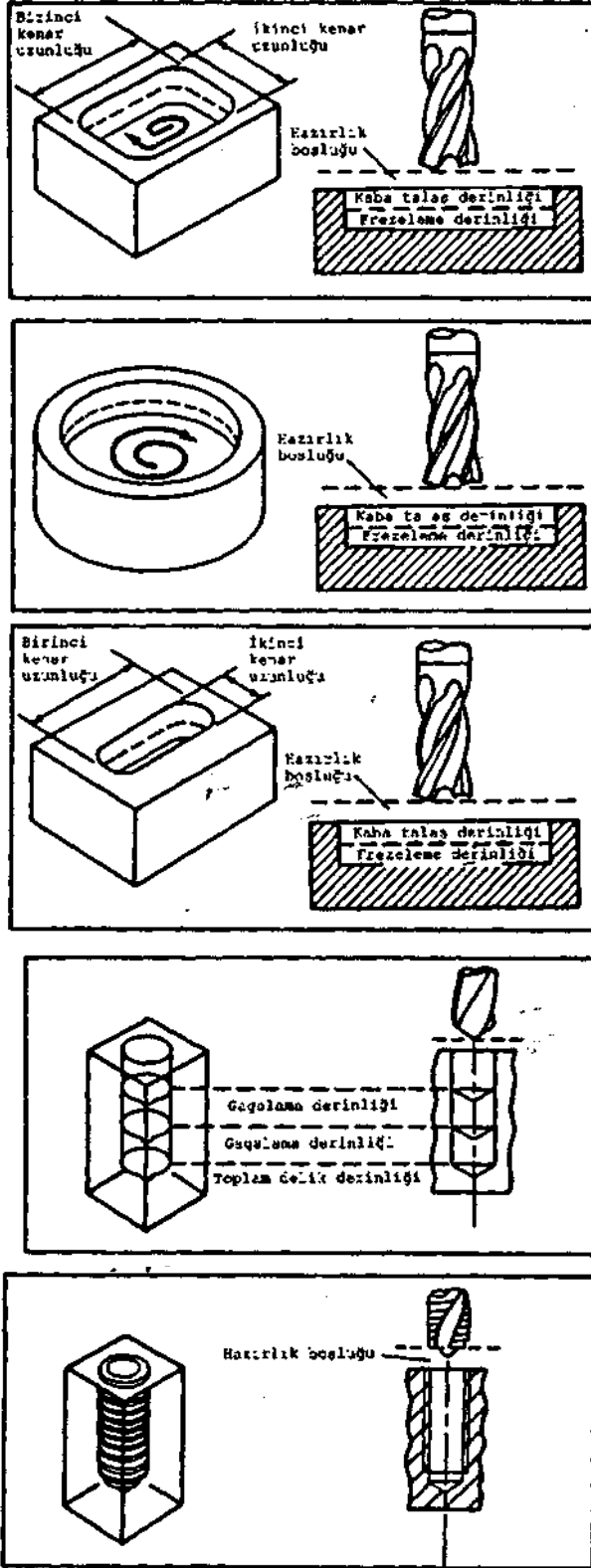
Bilgisayarda kalıcı olarak saklanan "hazır çevrim" programlarının gelişmesi, küçük tezgahlı işletmelerin yoğun programlama yeteneği gerektirmeyen sayısal denetim tezgahlarını satın alabileceği anlamına gelir.

3.5 Diğer BSD İmkanları.

Şekil 3.8, G, N,-X, Y vb. gibi alışılmış kod harflerinden kaçınarak hazır çevrimlerdeki mükemmel üstünlüğün, bilgisayarda nasıl kullanılabildiğini göstermektedir. Operatörden, etkileşimli ,CRT kısmında belirli işleme parametrelerini girmesi istenir. Bu, bir çok potansiyel muhtemel hataları yokettiği gibi program veri giriş hızını da artıracaktır.

BSD ile ilgili bir noktanın gözönünde bulundurulması gerekir. Bu da geleneksel SD tezgahları ile ne yapılabileceğini bilmektir. Eski bir SD cihazının 5.000 -10.000 \$'lık harcama yaparak son model bir denetim cihazı ile 30.000 \$'lık uyarılama BSD cihazına dönüştürülebilir. BSD'nin SD'ye göre bazı üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

1. Denetim hızı ve hassasiyetinin artırılması.
2. İşleme yardımlarının yapı içinde olması (kesici telafisi, dairesel interpolasyon)
3. Takım tezgahı ve denetimin daha yakın eşleşmesine izin veren programlanabilir tezgah/denetim arayüzü
4. Program düzenleme ve görüntülü yardımlar.
5. Delikli şerit manyetik teyp, disketler ve dağınık sayısal denetime (DSD) giriş portları.



Şekil 3.8 Çeşitli çevrimler

Dikdörtgen cep frezeleme

Denetim menusu sorulan: Hazırlık boşluğu
Frezeleme derinliği Kaba talaş derinliği
Kaba talaş için ilerleme hızı Birinci kenar
uzunluğu İkinci kenar uzunluğu İlerleme
miktarı Dönme yönü

Dairesel cep frezeleme: Denetim menusu
sorulan:

Hazırlık boşluğu
Frezeleme derinliği
Kaba talaş derinliği
Kaba talaş için ilerleme
Çember yarıçapı
İlerleme miktarı
Dönme yönü

Kanal frezeleme:

Denetim menusu sorulan: Hazırlık
boşluğu Frezeleme derinliği Kaba
talaş derinliği Kaba talaş için ilerleme
Birinci kenar uzunluğu İkinci kenar
uzunluğu İlerleme hızı

Tekrarlı (Gagalama) delme

Denetim menusu sorulan: Hazırlık boşluğu
Toplam delme derinliği Bir pasodaki
(dalma) derinlik Bekleme süresi (saniye)
İlerleme hızı

Klavuz salma

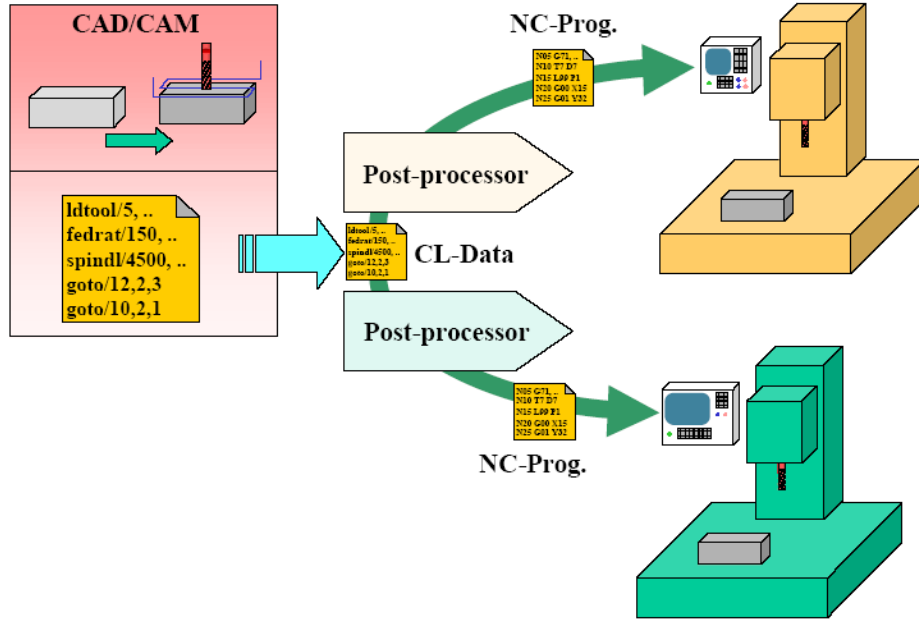
Denetim menusu sorulan: Hazırlık
boşluğu Toplam delik derinliği
Bekleme süresi (saniye) İlerleme
hızı

3.6 Dağıntık Sayısal Denetim

İlk doğrudan sayısal denetim (DSD) sistemleri, 1960'lı yılların ortalarında pazara girmiştir. Başlangıçta bir bilgisayar, bir aracı -sözelimi bir delme presini- denetledi. Gaye, şerit işlemini atlamaktı. Denetim bilgisayarının (mainframe) fiyatından dolayı, denetim maliyetleri çok fazlaydı. Bilgisayarlı denetimin bu maliyeti, birden fazla tezgahın bir bilgisayarla zaman paylaşım modunda denetlenmesiyle düşürüldü, ancak öncü sistemler, bilgisayarın arıza yapması veya bakımda olması durumunda bu uygulamanın verimli olmadığını gösterdi. Böylece 1970'li yıllarda BSD'nin kullanıma girmesi ile orijinal DSD kavramı gözden düştü.

DSD, zamanımızda orijinal doğrudan sayısal denetim sistemlerinden az farklı bir çağrışım yapmaktadır. Bu kısaltma, farklı bir mana kazanmıştır ve dağıntık sayısal denetimi yerine kullanılmaktadır. BSD'nin yerel bilgisayar kabiliyeti olması dolayısıyla, SD program denetim bilgisinin doğrudan takım tezgahının yerel hafızasına yüklenmesi mümkündür, böylece tezgahın, ana bilgisayardan bağımsız şekilde çalışmasına imkan sağlanır.

DSD sisteminin büyük oranda basitleştirilmiş şeması, Şekil 3.9 'de gösterilmiştir. Dağıntık denetim altında üretilen bütün parçalar için SD programları ana bilgisayar sisteminde -büyük.-sistemlerde muhtemelen manyetik kasetlerde- saklanır. Programlar, son işlemciden geçirilmiş biçimde saklanmaz, çünkü parçanın hangi tezgahta üretileceği önceden bilinmeyebilir. Bir parça için takım tezgahı belirlenince hazırlık operatörü, tezgahın hazır olduğunu ana bilgisayar sistemine bildirir. Sonra SD programı, belirli bir tezgah için son işlemden geçirilir ve yerel ağ -sözelimi MAP (imalat otomasyon protokolü) veya ETHERNET olabilir - vasıtasıyla takım tezgahına yüklenir. Operatör, parça üretiminin tatmin edici olduğunu gördükten sonra, bir başka tezgahın hazırlığına geçer.



Şekil 3.9 Basitleştirilmiş DSD şeması

Bu mantığın aynısı, hücre işletimi ve esnek imalat üretimi için de anahtar rolü oynar. Hücre denetleyici, bir günlük SD programlarını saklayabilir ve gerektiğinde takım tezgahına yükler. Artık hiyerarşik ve dağıntık bilgi sistemi açık hale gelmiştir.,

3.7 CLDATA

SD verisi, genellikle ana bilgisayarda **CLDATA** (kesici yerleşim verisi) şeklinde saklanır. APT işlemcisi kullanılırsa, **CLDATA**, derleme işleminin sonucudur ve belirli bir şekil için güncel kesici yerleşim koordinatları türetilir. Örneğin bir sonraki sayfada görülen tablo, IBM'in **APT-AC** işlemcisi ile üretilmiş **CLDATA** çıktısının bir kısmını göstermektedir. Kesicinin geçeceği x,y,z koordinatı değerleri "CIRCLE" komutu altında listelenmiştir. Bu veriyle ilgili ilginç olan şey, burada herhangi bir APT kodunun yazılmamasıdır. Bir parçanın geometrik şekli, daha ziyade EBM'in CADAM paketi kullanılarak tasarlanır ve **CLDATA**, **APT-AC** arayüzü ile üretilir. İlerleme hızı, kesici bilgisi vb. ekran menüsünden soru-cevap yoluyla girilir. Tasarımdan imalata otomasyon imkânı günümüzde bir gerçektir. Aşağıda CLDATA file içerisinde yer alan bazı terimler örnek olarak verilmiştir.

```

****CUTTER DIMENSIONS-DIAM=.5000 CORNER RAD=.0000
****CUTTER DIMENSIONS-DIAM=.5000 CORNER RAD=.0000
0011 CUTTER/          0.5000    0.0
0011 MACHTOL/        0.0010    0.0010
0011 FEDRAT/         60.0000
0011      FROM/      POINT
                        -1.0781      -2.3291      3.0000
0012      GOTO/      POINT
                        0.0 -1.0000      3.0000

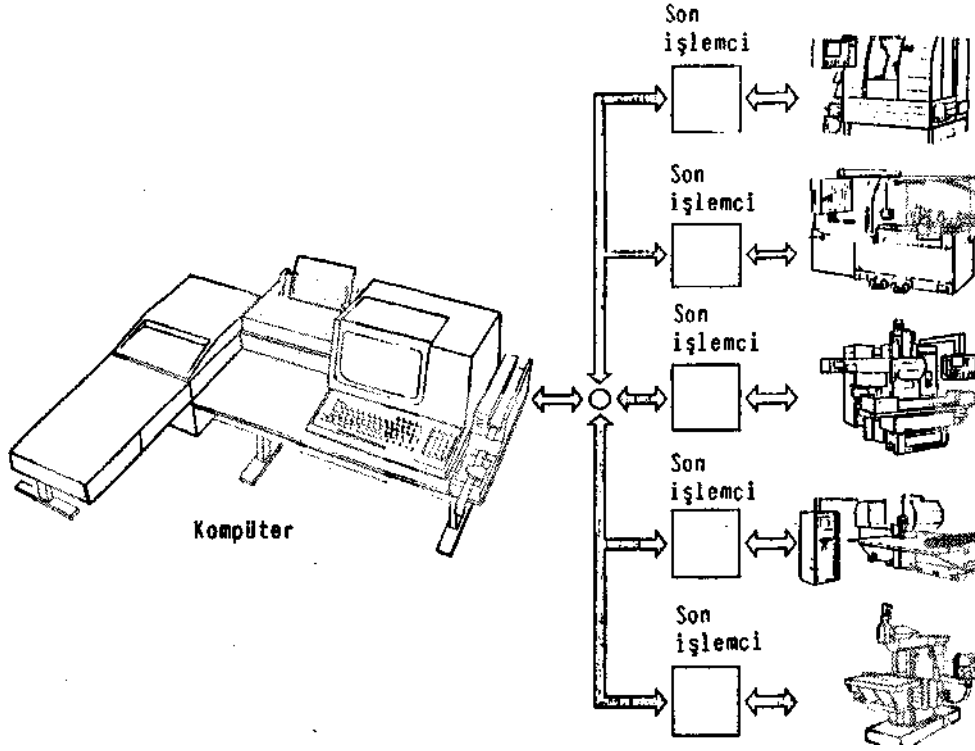
14      TURRET/     12.0000
15      MACHTOL/     0.0002    0.0002
0017 LOADTL/        1.000D-04
0017 FEDRAT/        45.0000
0017      GOTO/      POINT
FILE: APT      OUTPUT      AI
                        0.0 -1.2500      -0.1000
0018                        SURFACE  CIRCLE  DS(IMP-TO)
                        0.0  0.0      -0.1000
                        0.0  0.0      0.1000      1.2500

0018 GO.../  CIRCLE
                        0.0981      -1.2461      0.1000
                        0.1955      1.2346      0.1000
                        0.2918      -1.2155      0.1000
                        0.3863      -1.1888      0.1000
                        0.4784      -1.1548      0.1000
                        0.5675      -1.1138      0.1000
                        .....
                        .....

```

3.8 Son İşlemciler

CNC tezgahlarında son işlemciler büyük bir rol oynamaktadır. Son işlemci, işlemci tarafından CLDATA şeklinde oluşturulan genel çözümü, belirli bir tezgaha uygulamaktadır. Ancak bu sistem, maliyeti büyük ölçüde artıran esas iki bilgisayardan meydana gelmektedir. Bir bilgisayar ile sorun çözülemez mi? sorusuna karşılık çözümler denenmiştir. Ancak gerek çeşitli firmaların ürünü olarak, gerekse teknolojik gelişmenin neticesi olarak, NC tezgahları, birbirinden oldukça farklıdır. Dolayısıyla tek bilgisayar çözümü, tek bir tezgah için geçerli olabilir. Kaldı ki bir işletmede, farklı NC tezgahları mevcuttur. Bu durumda en ekonomik çözüm; genel çözümü oluşturan bir işlemciyi, tüm tezgahlarda kullanmak ve her tezgahı bir son işlemci ile donatmaktır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Tek bilgisayar sistemi

Son işlemcinin fonksiyonları şu şekilde özetlenebilir.

1. işlemcinin oluşturduğu CLDATA'yi okumak;
2. Okunan bilgileri (x,y,z koordinatlarını) takım tezgahı koordinat sistemine dönüştürmek;
3. Mutlak veya eklemeli sisteme dönüştürmek,
4. Tezgahı sınırlayan faktörleri, yani:
 - a. Kızağın strokunu,
 - b. Takım, parça ve tezgah hareket sınırlarını,
 - c. Kullanılabilen ana mil hızlarını ve ilerlemeleri,
 - d. Soğutma, takım değiştirme vb gibi sistemlerin tiplerini kontrol etmek;
5. İlerleme ve kesme hızlarını genişletmek;
6. Tezgah ve kontrol devresinin isteklerine göre, hareket kumandalarını veya iyileştirmek, bu amaçla;
 - a. Kızağın ilk hareketinde ve durması sırasında hareketlerinin emniyetini sağlamak,
 - b. Köşelerdeki sıçramaları, kabul edilebilir hale getirmek.
 - d. Servo sistemini ayarlama zamanını, koordine etmek;
7. Çeşitli interpolasyon sistemlerinin (doğrusal, dairesel) uygulamasını sağlamak;
8. Programcıya yardımcı olmak için yazılan listeleri dışarıya çıkarmak
9. Hataları teşhis etmektir.

CLDATA, işlemci ile son işlemci arasında ara yüz fonksiyonunu yapmaktadır. CLDATA, hesaplanmış takım yolu bilgileri ve her program kısmı için yardımcı komutlarını içermektedir. Bu bilgiler, çeşitli kelime uzunluğunda birer mantıksal kalıp olarak verilmektedir. Son işlemcinin, bu mantıksal kalıpları okumak için, her program diline göre, birer kod sistemi geliştirilmiştir. Dolayısıyla her program sisteminin, ayrı bir işlemcisi vardır.

3.9 DSD'ye Uyarlama

Bir DSD sistemini doğrudan ana bilgisayara bağlamanın başlıca üç yolu vardır:

1. Arkasına teyp bağlantısı (BTR) yapılan geleneksel sayısal denetim.
2. Yedek (backup) denetimler (takım tezgahı denetleyici, MTC).
3. BTR işlemli programlanabilir sayısal denetimler (BSD)

MTC sistemi, geleneksel SD denetleyicinin yerini alır ve doğrudan ana bilgisayara yumuşak bağlantı kurmasına izin verir. Groover'a göre, böyle sistemler, denetim fonksiyonlarının kendi kendine yeniden bağlantı yapılmaksızın geliştirilmesi için değiştirilebilmesinden dolayı, esneklik açısından bazı üstünlüklere sahiptir. Ayrıca Groover, BTR'li BSD'nin de benzer üstünlükler sağladığını işaret etmektedir.

Bir takım tezgahı DSD'ye yükseltilecekse, BTR şeması, birçok üstünlüğe sahiptir, en azından pahalı değildir. BTR'li bilgi, okuyucu tarafından girilen bilgi biçimiyle aynı biçimde takım tezgahına yüklenir.

3.10 SD'deki Denetimler

Sayısal denetim hakkında birçok eser yazıldı ve bunların büyük bir kısımda ekseriyetle SD'deki denetimlere ayrıldı. Kapsamlı bir BDTYBDİ kitabında, tüm SD konularının ele alınması mümkün değildir. Ancak bazı denetim bilgilerini kısaca tanıtmak faydalı olacaktır. Bu açıklamalar, denetimin seviyeleri, noktadan noktaya ve çevresel denetim arasındaki farklar, uyarlamalı denetim ve konum aradeğeri bulma ile sınırlandırılmış olacaktır.

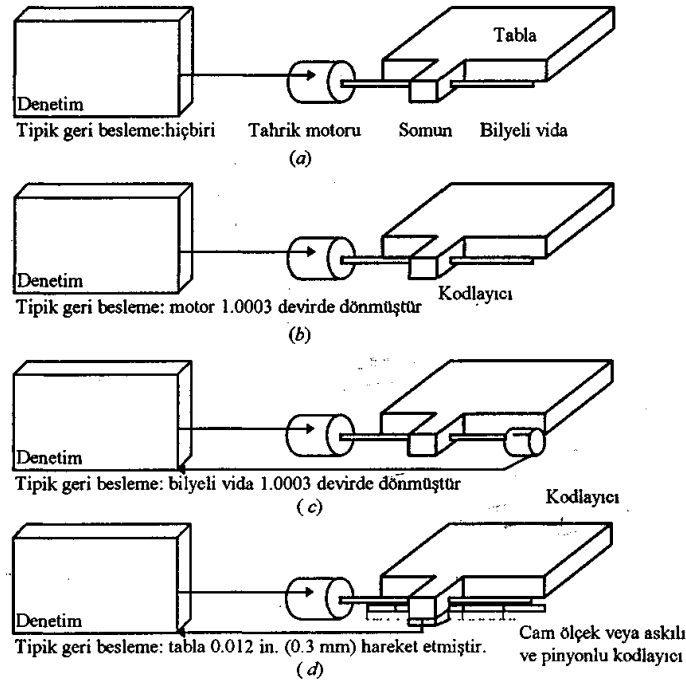
3.10.1 Açık Döngülü ve Kapalı Döngülü Denetim

İlk SD denetim sistemleri, açık döngülü sistemlerdi. Bu sistemde, elektrik sinyallerinin adım motorları doğru konuma hareket ettirdiği kabul edilirdi. Konumun geri besleme ile algılanması denetleyiciye uygulanmazdı. Hatta, bazı ilk DSD sistemleri de açık döngülü idi. Kapalı döngü sistemi, eksen konumunu algılar ve bunu düzeltici hareket için SD denetleyiciyi geri besler. Şekil 3.11 'de, açık döngü denetiminin yanısıra birkaç kapalı döngü denetimi de verilmiştir. Gayman'a göre, tezgahlar geri besleme cihazı kadar hassasiyete (doğruluğa) sahiptirler.

Hassasiyeti artırmak için konum ölçümünün kullanımına ilaveten ölçü mastarlama, hat içi test maksadı için kullanılabilir. Algılama sırasında malzemeye temas eden elektronik probalar, iş parçasından kaynaklanan bir eğilmeye maruz kalırlar. Optik ölçüm, parçaya temas edilmeden algılamaya izin verir. Shaffield'a göre tarama laserleri, 1 mm'nin dörtyüzbindebiri (bir inçin onmilyonda biri) oranında çözünürlüğe sahip olabilir. Bir ışık demeti, sabit hızda ölçüm alanını tarar. Ölçülen nesne, ölçülen parçanın çapı veya kalınlığıyla orantılı zaman süresi için ışık demetini kesintiye uğratır.

Işığa duyarlı diyodların doğrusal dizisi, hareket etmeyen algılama sistemini oluşturur. Burada ölçülen parçanın bir tarafındaki ışık kaynağı, zıt taraftaki matris diyotlarıyla teşhis edilir. Milimetrenin binde biri (incin milyonda ellisi) veya daha az ölçüler için bu sistemin kullanılabilir olduğunu Sheffield göstermiştir.

Bunun yanı sıra müfettiş gözünün yerini tutan televizyon kameraları da sistemlerde kullanılmaktadır. Prototip sistemlerde bir kamera, takım değiştirici döner başlıklara monte edilir, böylece kamera ile kesicinin iş parçasına göre hareketine benzer tarzda parça özellikleri algılayabilir.



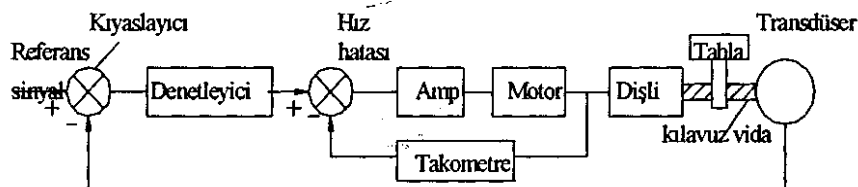
Şekil 3.11 SD konumlama denetimi örnekleri: (a) açık döngü, (b) kapalı döngü-motorlu geri besleme, (c) kapalı döngü-bilyeli vidalı geri besleme, (d) kapalı döngü-tezgah tablalı konum geri besleme

3.10.2 Noktadan Noktaya Denetim

Noktadan noktaya ve çevresel işleme işlemleri, genellikle modern BSD tezgahlarında olmakla beraber, birçok sistem sadece noktadan noktaya denetimi kullanmaktadır. Koren, bu sistemlerin genellikle hareketin her bir eksen üzerindeki konum sayaçlarını kullandığını gösterdi. x ve y eksenleri, uygun sayaca ulaşıncaya kadar tam hızla hareket ettirilir. Ancak, aşın gitme ortaktır, bu nedenle düzeltici geri besleme gereklidir. Bu, aşın gitmeyle fazla malzemenin kaldırıldığı çevresel işlemede uygulanabilir değildir.

3.10.3 Çevresel Denetim

Koren'in verdiği çevresel kapalı döngü sistemi, Şekil 3.12'de görülmektedir. Sistemde iki geri besleme döngüsü vardır. Takometre, motor hızını gerilime dönüştürür ve bu değer, gerekli hızın gerilimi ile karşılaştırılır. Böylece ilk düzeltme, motor hızı için yapılır. Dış geri besleme döngüsü, belirli bir eksen için konum ve hız bilgisinin her ikisini de ileten dönüştürücüye (transdüser) sahiptir. Bu bilgiler, arzu edilen şartlarla karşılaştırılır ve anlık düzeltme yapılır. Referans sinyali, ilerleme hızı özelliklerinin bir fonksiyonu olarak üretilir.



Şekil 3.12 Çevresel kapalı döngülü denetim şeması

3.9.4 Uyarlamalı Denetim

Parça üretimi için imalat mühendisi tarafından verilen ilerleme ve hız değerleri, genellikle optimum şartlar örneğin -keskin kesici- için belirlenir. Örneğin, kesici körleştikçe tahrik akımı artabilir. Bu bilginin ekranda izlenmesi, kesici aşınmasını telafi etmek için ilerleme hızını azaltan bir algoritma oluşturulmasına imkan verir. Bundan başka moment, sıcaklık, titreşim ve parça boyutu da algılanabilir bilgilerdir. Algılayıcılar; fener mili, kesici ve iş parçası üzerine tespit edilebilir. Algılanan bilgi ve bunun uyarlamalı denetim algoritmasına geri beslenmesi, optimum kesme birkaç algoritma vardır. İnterpolasyonun diğer tipleri olan parabolik ve polinomial yaklaşımlar, doğrusal (kübik) yaklaşımdan daha yüksek uyum sağlar. İnterpolasyon şeması konum doğruluğu (tamlığı) üzerinde büyük bir etkiye sahiptir.

4. EL ile NC PROGRAMLAMA

4.1 Giriş

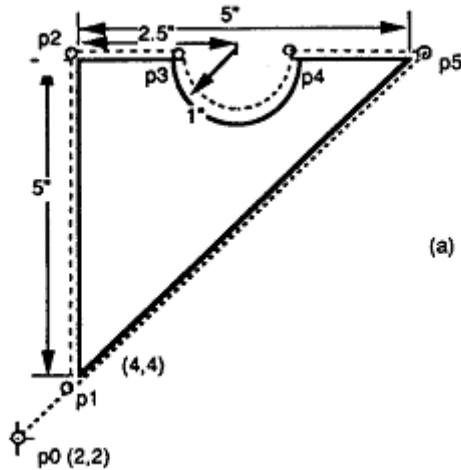
Elle parça programlamada işleme bilgileri parça programcısı tarafından parça programı formatı olarak adlandırılan bir tablo üzerine kaydedilir (Bakınız Şekil 4.1). Bu format, aslında üzerinde çalışılan iş parçasını işlemek için kesici takım ve iş parçasının birbirlerine göre göreceli konumlarının düzenli listesidir. Parça programı formatı üzerindeki alfa nümerik veya özel diğer sembollerin her biri, delikli kağıt üzerindeki bir deliğe karşılık gelir. Parça programı formatı üzerindeki her bir satır delikli kağıt üzerindeki bir bloğa karşılık gelir, ve her satır sonunda EOB karakterleri bulunur.

Part name _____ Part number _____ Sheet _____ Remarks _____					MANUSCRIPT CONTOURING PROGRAM			Prepared by _____ Date _____ Checked by _____ Date _____ Machine _____ Tape number _____					
n	g	x	y	z				i	j	k	f	s	t

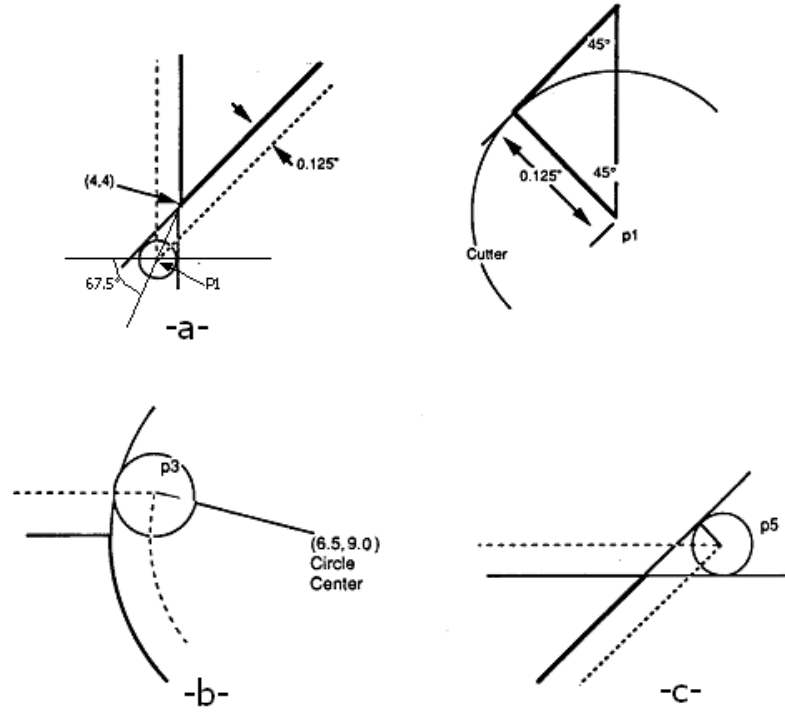
Şekil 4.1 Parça programı formatı

Burada, temel NC programlama komutlarına yer verilecektir. Alt yordam kullanımı gibi ileri seviye komutlara yer verilmeyecektir. Komutlara geçmeden önce Şekil 4.2 'de verilen parçayı frezelemek için gerekli parça programının nasıl yapıldığını ve programlama için gerekli aşamaları inceleyelim.

Kesici çapı 0.25" tir, tavsiye edilen ilerleme oranı 6 ipm ve kesme hızı 400 sfpm 'dir. Şekilde görüldüğü gibi 5 nokta (p1-p5) tanımlanmıştır. Bu noktalar, geometri ve kesici yolunu belirtmek için kullanılırlar. Her bir noktanın X ve Y koordinatını hesaplayalım.



Şekil 4.2 Örnek parça



Şekil 4.3 Örnek iş parçası ve yardımcı çizimler

- P1 Noktası , (bakınız Şekil 4.3-a)
 $X=4-0.125=3.875$
 $Y=4-0.125 \tan 67.5=3.698$,
- P2 Noktası; (bakınız Şekil 4.2)
 $X = 3.875$
 $Y=4+5+0.125=9.125$
- P3 Noktası (bakınız Şekil 4.3-b)
 $Y=9+0.125=9.125$
 $(-X + 6.5)^2 + 0.125^2 = (1 - 0.125)^2$
 $6.5-X=0.866$
 $X= 5.634$
- P4 Noktası (bakınız Şekil 4.2)
 $Y=9.125$
 $X=6.5+0.866=7.366$
- P5 Noktası (bakınız Şekil 4.3-c)
 $Y = 9.125$
 $X=9+0.125 \tan 67.5=9.302$

Bu noktalardan elde ettiğimiz koordinatları iş parçasını işleyecek parça programını yazmak için kullanabiliriz.

Parça Programı:

```

N10 F6.0 S400 M03
N20 G01 X3.875 Y3.698
N40 G01 X5.634 Y9.125
N50 G03 X7.366 Y9.125 I6.5 J9
N60 G01 X9.302
N70 G01 X3.875 Y3.698
N80 G01 X2.0 Y2.0 M30

```

4.2 CNC Freze Tezgahları için Temel G Kodları

G00 Pozisyonlama (Hızlı hareket)

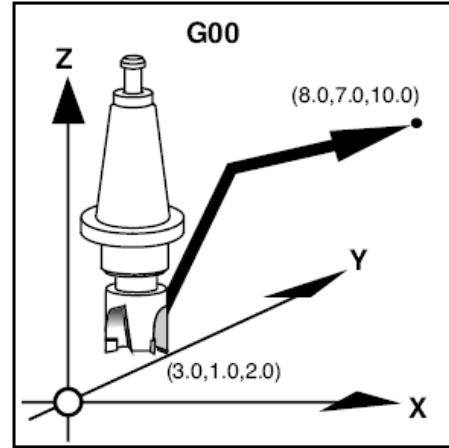
G00 X_ Y_ Z_ ;

Bu komut verildiğinde, kesici takım X,Y,Z adresine hızlı bir şekilde konumlandırılır. Kesici takım bu esnada kesme hareketi yapmaz.. Takım mutlak (G90) veya eklemeli (G91) koordinat sistemine göre harekete edebilir.

Blok format (örnek)

N60 G90 G00 X8.0 Y7.0 Z10.0

N60	Sıra numarası
G90	Mutlak koordinat
G00	Hızlı harekette lineer interpolasyon
X	Hedef X koordinatı
Y	Hedef Y koordinatı
Z	Hedef Z koordinatı



Şekil 4.4 G00 'da kesici hareketi

G01 Lineer İnterpolasyon (kesme hareketiyle ilerleme)

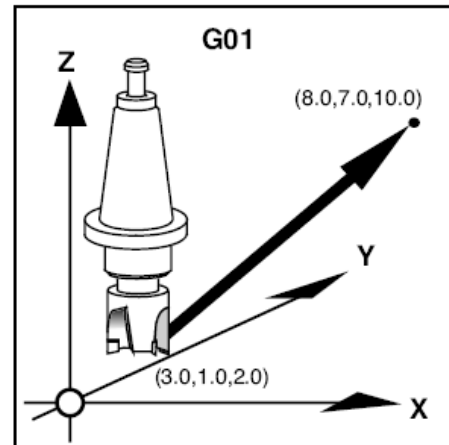
G01 X Y Z F ;

Kesici takım belirlenen bir ilerleme hızıyla düz bir hat boyunca ilerler. Her bir eksenindeki hız değerleri takımın düz bir hat boyunca ilerlemesini sağlamak için otomatik olarak control edilir. G01 kodu lineer kesme işlemi için kullanılır. Takım mutlak (G90) veya eklemeli (G91) koordinat sistemine göre harekete edebilir. .

Blok format (örnek)

N70 G91 G01 X5.0 Y6.0 Z8.0 F100

N70	Sıra numarası
G91	Eklemeli koordinat sistemi
G01	Lineer interpolasyon
X	X ekseninde başlangıç noktasıyla bitiş noktası arasındaki uzaklık
Y	Y ekseninde başlangıç noktasıyla bitiş noktası arasındaki uzaklık
Z	Z ekseninde başlangıç noktasıyla bitiş noktası arasındaki uzaklık
F	ilerleme hızı



Şekil

Şekil 4.5 G01 ile lineer hareket

ekette

G02 Dairesel İnterpolasyon (Saat yönünde)

G02 X__ Y__ R__ F__ ; Yarıçap ve son konum
 G02 X__ Y__ I__ J__ F__ ; Yay merkezi ve son nokta
 konum

Kesici takım, bir yayın yarıçapı ve son konumu verilerek veya yay merkezi ve son konum verilerek saat ekseni yönünde hareket eder. Bu işlem belirlenen ilerleme hızında dairesel kesme işlemi yapmak için kullanılır.

Blok format (yarıçap ve son konum için)

N80 G90 G02 X7.6 Y8.2 R3.5 F100 ;

N80 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat
 G02 Dairesel interpolasyon (saat yönünde)
 X Son konumun X koordinatı
 Y Son konumun Y koordinatı
 R Yayın yarıçapı, yay 180 ° 'den küçük
 F İlerleme hızı

Blok format (yay merkezi, son konum için)

N90 G90 G02 X7.6 Y8.2 I2.4 J2.3 F100. ;

N80 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat
 G02 Dairesel interpolasyon (saat yönünde)
 X Son konumun X koordinatı
 Y Son konumun Y koordinatı n
 I X ekseninde, yayın başlangıç noktasıyla yay merkezi arasındaki mesafe
 J Y ekseninde, yayın başlangıç noktasıyla yay merkezi arasındaki mesafe
 F İlerleme

Yarıçap ve son konum seçeneği kullanıldığında yarıçapa pozitif veya negatif bir değer atanabilir. Yay 180° 'den küçük veya 180° 'ye eşit olursa yarıçap pozitif (1) değerlik alır, yay 180° 'den büyük olursa yarıçap negatif (2) değerlik alır

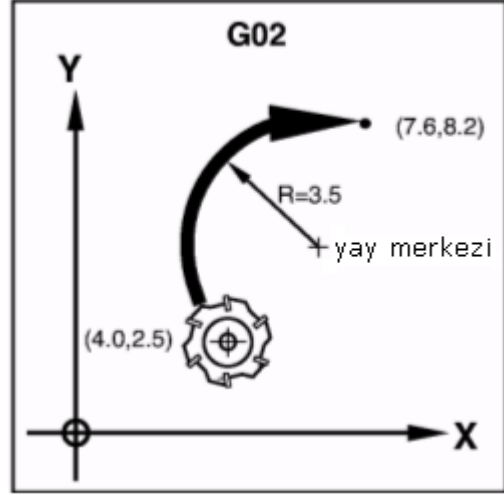
Blok format (yarıçap ve son konum için);
 180° den küçük bir yayın yarıçap ve son konumu için aşağıdaki blok yazılabilir

N100 G02 X__ Y__ R__ F

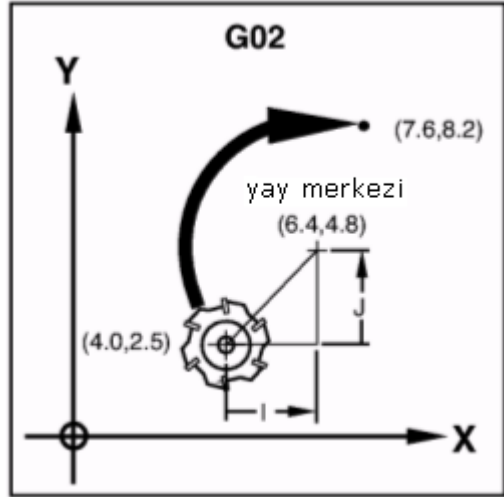
180° den daha büyük bir yayın yarıçap ve son konumu için aşağıdaki blok yazılabilir.

N110 G02 X__ Y__ R-__ F

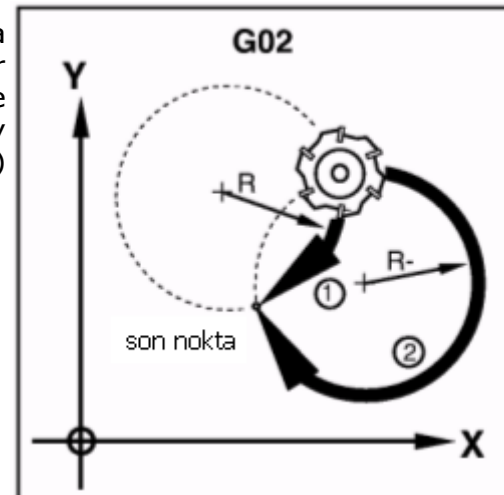
G03 Dairesel İnterpolasyon (Saat ekseni tersi yönünde)



Şekil 4.67 Dairesel interpolasyon



Şekil 4.7 Dairesel interpolasyon (CW)



Şekil 4.8 Dairesel interpolasyon (CW)

G03 X Y R F;Yarıçap ve son konum
G03 X Y I J F ; Yay merkezi ve son konum

Kesici takım, bir yayın yarıçapı ve son konumu verilerek veya yay merkezi ve son konum verilerek saat eksenı yönünde hareket eder. Bu işlem belirlenen ilerleme hızında dairesel kesme işlemi yapmak için kullanılır

Blok format (yarıçap ve son konum için)

N120 G90 G03 X3.3 Y7.8 R3.5 F100. ;

N120 Sıra numarası
G90 Mutlak boyutlar
G03 Saat eksenı tersi yönde dairesel interpolasyon
X Son konumun X kooordinatı
Y Son konumun Y kooordinatı
R Yayın yarıçapı, yay 180°'den daha küçük

Blok format (yarıçap ve son konum için)

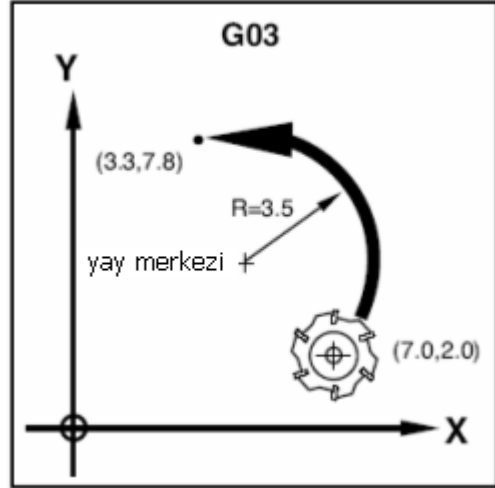
N130 G91 G03 X-5.7 Y1.5 R-3.5 F100. ;

N130 Sıra numarası
G91 Eklemeli koordinat sistemi
G03 Saat eksenı tersi yönde dairesel interpolasyon
X X ekseninde yayın başlangıç noktasıyla yay merkezi arasındaki mesafe
Y Y ekseninde yayın başlangıç noktasıyla yay merkezi arasındaki mesafe
R- Yayın yarıçapı, yay 180°'den daha büyük
F ilerleme

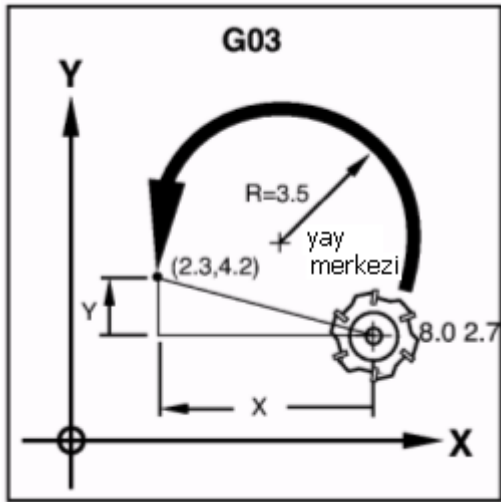
Blok format (yay merkezi, son konum için)

N140 G90 G03 X1.7 Y4.1 I-2.4 J2.3 F100. ;

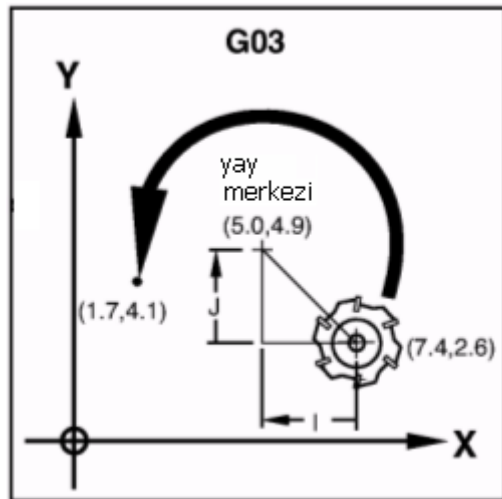
N140 Sıra numarası
G90 Mutlak koordinat
G03 Saat yönü tersine dairesel interpolasyon
X Son konumun X koordinatı
Y Son konumun Y koordinatı
I X ekseninde yayın başlangıç noktasıyla yay merkezi arasındaki mesafe
J Y ekseninde yayın başlangıç noktasıyla yay merkezi arasındaki mesafe
F ilerleme



Şekil 4.9 Dairesel interpolasyon (CCW)



Şekil 4.10 Dairesel interpolasyon (CCW)



Şekil 4.11 Dairesel interpolasyon (CCW)

G17, G18, G19 Düzlem Seçimi

G17 X-Y düzlemi
 G18 X-Z düzlemi
 G19 Y-Z düzlemi

Düzlem seçimi, dairesel interpolasyonun yapılacağı düzlemi belirlemek için kullanılır. Başlangıç olarak G17 etkindir.

Blok format (G02 için)

N170 G17 G02 X__ Y__ R__ F__ ;

N180 G17 G02 X__ Y__ I__ J__ F__ ;

N190 G18 G02 X__ Z__ R__ F__ ;

N200 G18 G02 X__ Z__ I__ K__ F__ ;

N210 G19 G02 Y__ Z__ R__ F__ ;

N220 G19 G02 Y__ Z__ J__ K__ F__ ;

Block format (G03 için)

N230 G17 G03 X__ Y__ R__ F__ ;

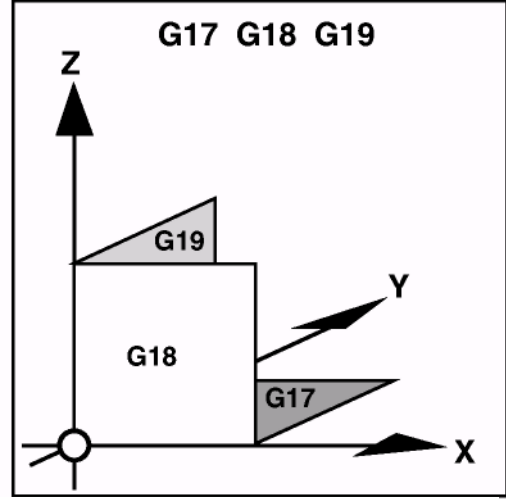
N240 G17 G03 X__ Y__ I__ J__ F__ ;

N250 G18 G03 X__ Z__ R__ F__ ;

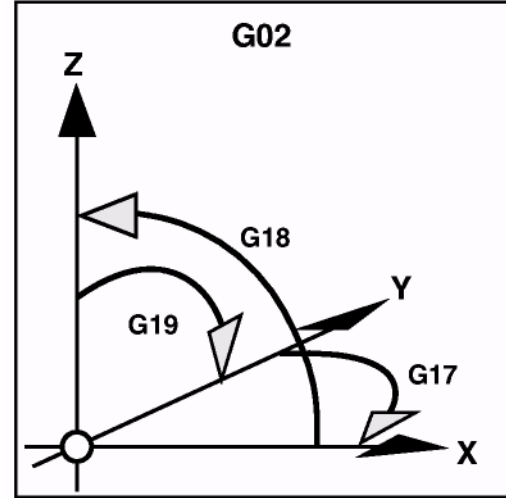
N260 G18 G03 X__ Z__ I__ K__ F__ ;

N270 G19 G03 Y__ Z__ R__ F__ ;

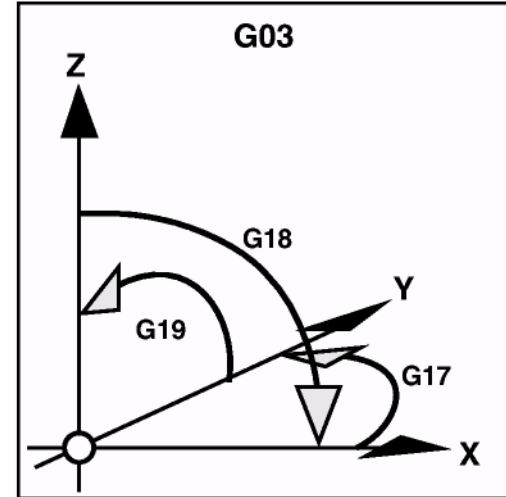
N280 G19 G03 Y__ Z__ J__ K__ F__ ;



Şekil 4.12 Düzlem seçimi



Şekil 4.12 G02 ile Düzlem seçimi



Şekil 4.14 G03 ile Düzlem seçimi

G20, G21 İnç/Milimetre Birimleri

G20 ; İnç Birimi
G21 ; Millimetre birimi

Birimler iş koordinat sistemi (G92) ayarlanmadan önce programın başlangıcında belirtilir ve ilgili satıra tek başına yazılır. G20 veya G21 programın başında tanımlandıktan sonra programın herhangi bir yerinde değiştirilemez.

Block format (inç için)

N30 G20 ;
N40 G92 X4.0 Y5.0 Z4.0

N30 Sıra numarası
G20 İnç birimi
N40 Sıra numarası
G92 İş koordinat sisteminin ayarlanması

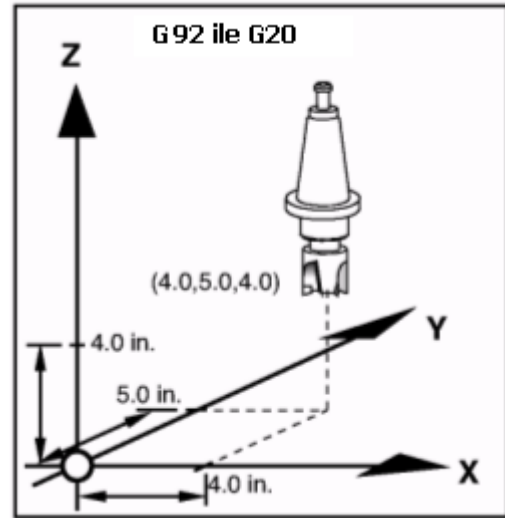
POSITION
X 0.0000 in.
Y 0.0000 in.
Z 0.0000 in.

Blok format (milimetre için)

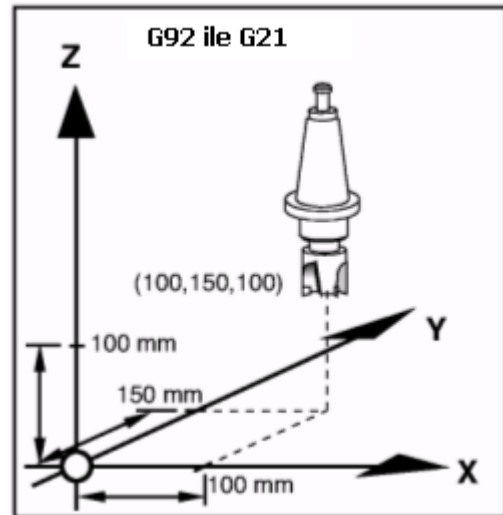
N30 G21 ;
N40 G92 X100. Y150. Z100. ;

N30 sıra numarası
G21 Milimetre birimi
N40 sıra numarası
G92 İş koordinat sisteminin ayarlanması

POSITION
X 0.000 mm
Y 0.000 mm
Z 0.000 mm



Şekil 4.15 G92 ile inç birim sistemi



Şekil 4.16 G92 ile metrik birim sistemi

G22, G23 Hareketin Sınırlandırılması

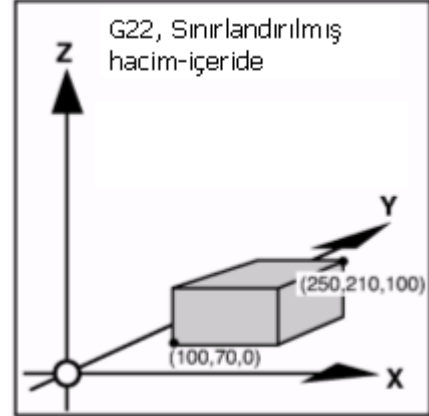
G22 X_ Y_ Z_ I_ J_ K_ Sınırlandırılmış hareket açık (ON)
 G23 ; Sınırlandırılmış hareket kapalı (OFF)

Takım hareketleri belirli bir dikdörtgensel hacim içinde veya dışında sınırlandırılır. Hacim, X, Y, Z, I, J ve K adresleriyle belirlenir. Takımı, tezgah tablası üzerindeki herhangi bir engelden korumak için bir emniyet önlemi olarak kullanılır. CNC denetleyicisinin belleğindeki RWL parametresi ya 0 yada 1 olarak seçilir. 0 değerli RWL parametresi takımı belirlenen hacmin içinde tutarken 1 değerlikli RWL parametresi takımı belirlenen hacmin dışında tutar.

Blok format (RWL parametresi 0 için)

N470 G22 X100. Y70. Z0. I250. J210. K100.

N470 sıra numarası
 G22 sınırlandırılmış hareket açık (ON)
 X Sınırın X koordinat noktası
 Y Sınırın Y koordinat noktası
 Z Sınırın Z koordinat noktası
 I Sınırın X koordinat noktası
 J Sınırın Y koordinat noktası
 K Sınırın Z koordinat noktası

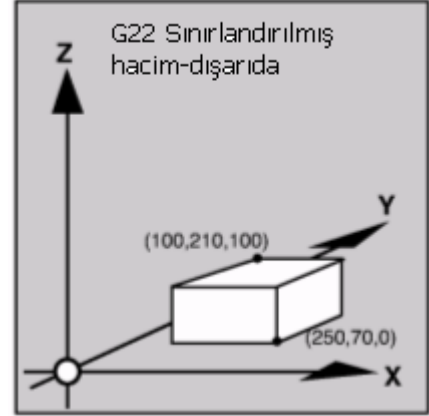


Şekil 4.17 G22 takım hareketinin sınırlandırılması

Block format (RWL parameter 1 example)

N480 G22 X100. Y210. Z100. I250. J70. K0.

N480 sıra numarası
 G22 sınırlandırılmış hareket açık
 X Sınırın X koordinat noktası
 Y Sınırın Y koordinat noktası
 Z Sınırın Z koordinat noktası
 I Sınırın X koordinat noktası
 J Sınırın Y koordinat noktası
 K Sınırın Z koordinat noktası



Şekil 4.18 G22 takım hareketinin sınırlandırılması

Blok format (sınırlandırılmış hareketin iptali)

N490 G23 G00 X50. ;

N490 Sıra numarası
 G23 Sınırlandırılmış hareket kapalı OFF
 G00 Pozisyonlama (Hızlı hareket)
 X Konumlanacak noktanın X koordinatı (Eklemeli sistem kullanılıyor ise, kesici takımın bulunduğu noktadan itibaren 50 mm X ekseninde hareket)

G28 Home Pozisyonuna Dönüş

G28 X_ Y_ Z_ ;

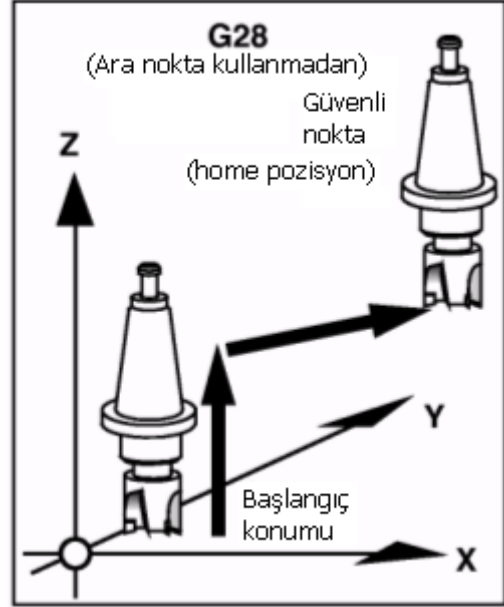
Takımın önceden belirlenen bir X,Y,Z ara noktasından geçerek HOME pozisyonuna alınması amacıyla kullanılır. Ara nokta G90 veya G91 işlev kodlarıyla belirlenir. G91 ve G28 kombinasyonunda, program esnasında home pozisyona giderek takım değişikliği yapılabilecek noktayı belirlemek için programın başına yazılır. İş parçasının bağlama elemanlarıyla takım çarpışmasını engellemek için öncelikle Z ekseninde sonra X ve Y eksenlerinde uygulanması daha uygundur. Burada kesici takımın bütün hareketleri hızlıdır.

Blok format (program başlangıcında)

N10 G91 G28 Z0.0 ;
N20 G91 G28 X0.0 Y0.0

N10 Sıra numarası
 G91 Eklemeli koordinat
 G28 referans noktasına dönüş (Z home pozisyon)
 Z Z ekseninde eklemeli koordinat sisteminde ara noktaya mesafe

N20 Sıra numarası
 G91 Eklemeli koordinat sistemi
 G28 Referans noktasına dönüş (X and Y home pozisyon)
 X X ekseninde eklemeli koordinat sisteminde ara noktaya mesafe
 Y Y ekseninde eklemeli koordinat sisteminde ara noktaya mesafe



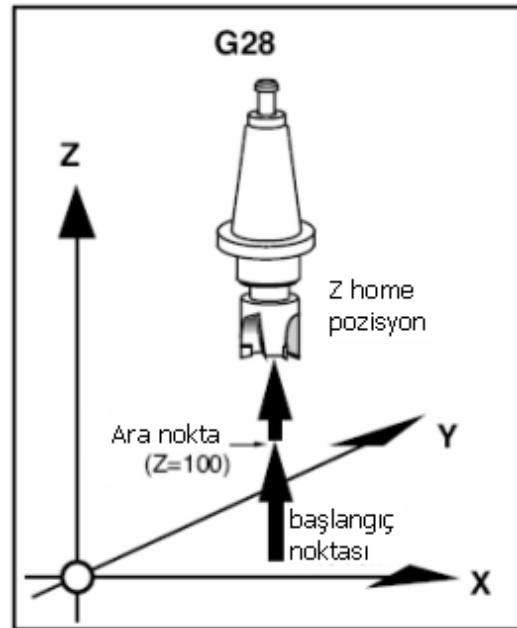
Şekil 4.19 G28 ile home pozisyona dönüş –ara nokta kullanmadan

Takım değişikliği yapılırken, genellikle sadece Z ekseninde home pozisyona dönmek yeterlidir.

Blok format (takım değiştirme için)

N400 G90 G28 Z100. ;

N400 Sıra numarası
 G90 Mutlak Koordinat sistemi
 G28 Referans noktasına dönüş (Z home pozisyon)
 Z Ara noktanın Z koordinatı



Şekil 4.20 G28 ile home pozisyona dönüş-ara noktadan geçerek

G29 Home pozisyonundan geri dönüş

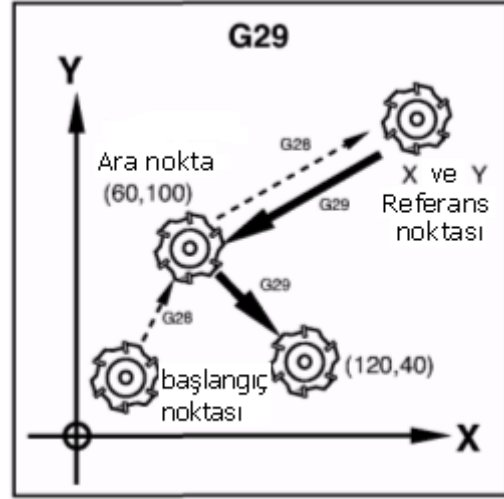
G29 X_ Y_ Z_ ;

Takım, home pozisyonundan (bir ara noktadan geçerek) X,Y ve Z adresleriyle belirlenen noktaya hareket eder. Genellikle takım değiştirmeden sonra kullanılır ve ara nokta daha önceden G28 koduyla belirlenmiştir. Eklemeli koordinatlarda program yapılırsa, ara noktadan son noktaya ekleme mesafesi X, Y ve Z adresleriyle verilir..

Blok format (mutlak sistem için)

N410 G90 G28 X60. Y100. ;
N420 G29 X120. Y40. ;

N410 Sıra numarası
 G90 mutlak koordinat sistemi
 G28 Referans noktasına dönüş
 X Ara noktanın X koordinatı
 Y Ara noktanın Y koordinatı
 N420 Sıra numarası
 G29 Referans noktasından dönüş
 X Son noktanın X koordinatı
 Y Son noktanın Y koordinatı

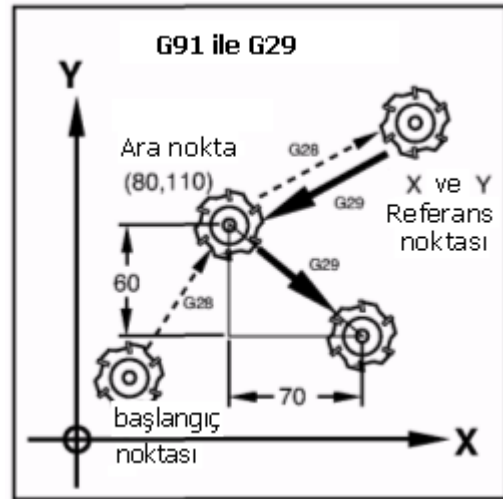


Şekil 4.21 G29 ile home pozisyonundan dönüş

Blok format (eklemeli sistem için)

N430 G90 G28 X80. Y110.
N440 G91 G29 X70. Y-60.

N430 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat sistemi
 G28 Referans noktasına dönüş
 X Ara noktanın X koordinatı
 Y Ara noktanın Y koordinatı
 N440 Sıra numarası
 G91 Eklemeli koordinat sistemi
 G29 Referans noktasından dönüş
 X X ekseninde ara noktanın son noktaya mesafesi
 Y X ekseninde ara noktanın son noktaya mesafesi



Şekil 4.22 G29 ile home pozisyonundan dönüş

G40, G41, G42 Takım Uç Yarıçapı Telifisi

G40 ; Takım radyüsü telifisi iptal
 G41 D ___ ; Takım radyüsü telifisi sol
 G42 D ___ ; Takım radyüsü telifisi sağ

Takım, uç radyüsü büyüklüğü ile program tarafından belirlenen yol boyunca sola veya sağa doğru hareket etmektedir. Ofset miktarı D adresi ile kaydedilir.

Blok format (takım uç yarıçapı telifisi sol)

**N270 G90 G17 G01 G41 D10 X30. Y30.F100
 N280 G01 Y55. ;**

N270 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat sistemi
 G17 X-Y düzlemi seçimi
 G01 Lineer interpolasyon
 G41 Takım uç yarıçapı telifisi sol
 D Offset miktarı
 X Son noktanın X koordinatı
 Y Son noktanın Y koordinatı
 F İlerleme

Blok format (takım uç yarıçapı telifisi sağ)

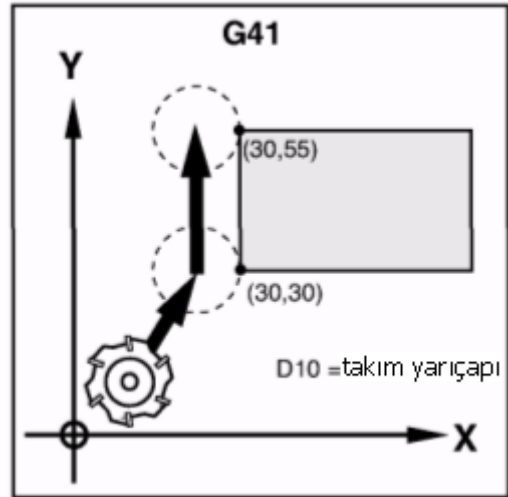
**N290 G90 G17 G01 G42 D11 X30 Y30 F100.
 N300 G01 X60. ;**

N270 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat sistemi
 G17 X-Y düzlemi seçimi
 G01 Lineer interpolasyon
 G42 Takım uç yarıçapı telifisi sağ
 D Offset miktarı
 X Son noktanın X koordinatı
 Y Son noktanın Y koordinatı
 F İlerleme

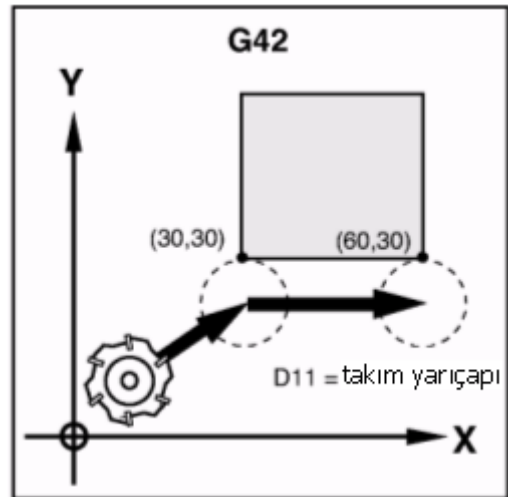
Blok format (Takım uç yarıçapı telifisi iptal)

N310 G00 G40 X10. Y10. ;

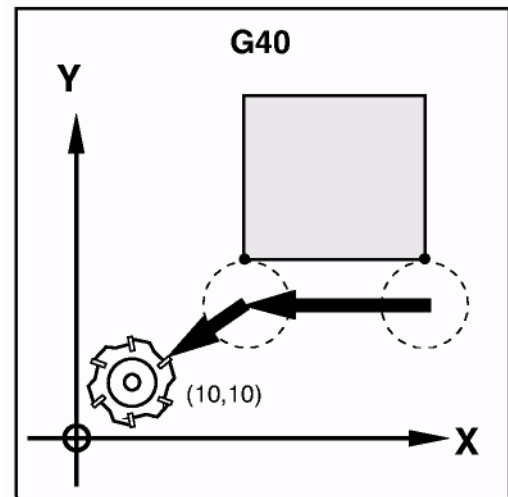
N310 Sıra numarası
 G00 Hızlı hareket ile pozisyonlama
 G40 Takım telifisi iptali
 X Son noktanın X koordinatı
 Y Son noktanın Y koordinatı



Şekil 4.23 G41 ile takım telifisi



Şekil 4.24 G42 ile takım telifisi



Şekil 4.25 G40 ile takım telifisi iptal

G41, G42 Takım Uç Yarıçapı Telifleri için örnekler

Blok format (Geniş açı üzerinde dış köşe)

N600 G42 D16 ;
N650 G01 X60. Y40. F100.
N660 X100. Y40. ;

N600 Sıra numarası
G42 takım telifisi sağ
D Offset adresi 16
G01 Linear interpolasyon
X, Y Son noktanın koordinatları

Blok format (Dar açılı iç köşe)

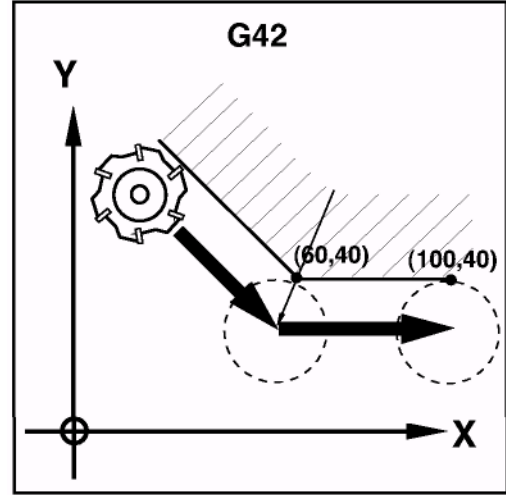
N700 G42 D17 ;
N750 G01 X50. Y70. F100.
N760 G02 X95. Y20. R60

N700 Sıra numarası
G42 takım telifisi sağ
D Offset adresi 17
X, Y Son noktanın koordinatları
G02 Dairesel interpolasyon CW
X, Y Son noktanın koordinatları
R Yay yarıçapı

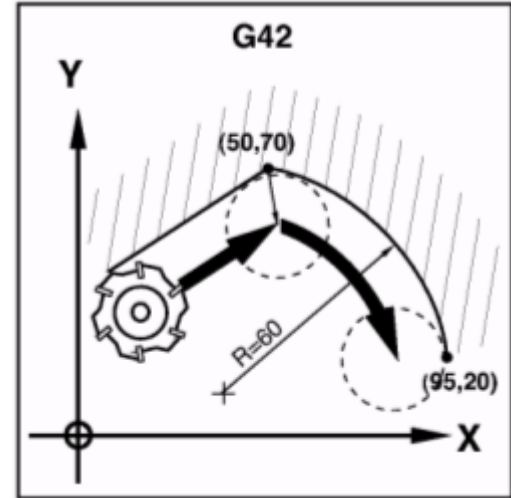
Blok format (dar açılı dış köşe)

N800 G41 D18 ;
N850 G03 X40. Y50. R60. F100.
N860 G01 X80. Y75. ;

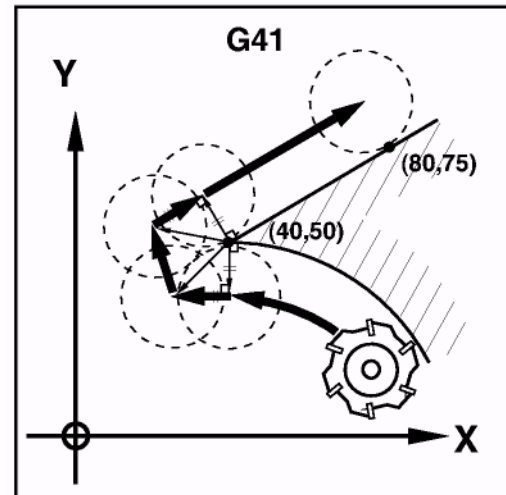
N800 Sıra numarası
G41 Takım telifisi sol
D Offset adresi 18
G03 daireysel interpolasyon CCW
X, Y Son noktanın koordinatları
R yay yarıçapı
X, Y Son noktanın koordinatları



Şekil 4.26 Geniş açı üzerinde dış köşe



Şekil 4.27 Dar açılı iç köşe



Şekil 4.28 Dar açılı dış köşe

G43, G44, G49 Takım Uzunluğu Telifisi

G43 H_ ; veya G43 Z_ H_ ;
Takım uzunluğu telifisi pozitif yönde

G44 H_ ; veya G44 Z_ H_ ;
Takım uzunluğu telifisi negatif yönde

Takım, standart bir takım uzunluğuna göre uzunluk veya kısalığını telafi edebilmek için takım yukarıya veya aşağıya doğru hareket eder. Offset yönü G43 veya G44 ile ayarlanır ve CNC denetleyicisinin belleğinde H adresiyle kaydedilir. Z adresiyle belirtilen değer offset miktarına ya eklenir ya da çıkarılır. H00 'a kaydedilmiş offset miktarı daima 0 dir. Takım uzunluğu telifisi iki veya daha fazla sayıda takım ile çalışıldığında kullanılır. Takım uzunluğu telifisi, bir programda takım değiştirme sonrasında koordinatlarda herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek bırakmamaktadır.

Blok format (G43 için) H11=8 mm

N900 G43 H11 ;

N900 Sıra numarası
G43 Takım uzunluğu telifisi pozitif yön
H Offset adresi 11

Block format (G44 ve Z için) H10 = 9mm

N910 G44 H10 ;

veya

N910 G44 Z-9.0 H00 ;

N910 Sıra numarası
G44 Takım uzunluğu telifisi pozitif yön
H Offset adresi 10
Z Telifi miktarı
H00 Offset miktarı=0

Block format (Takım uzunluğu telifisi iptal)

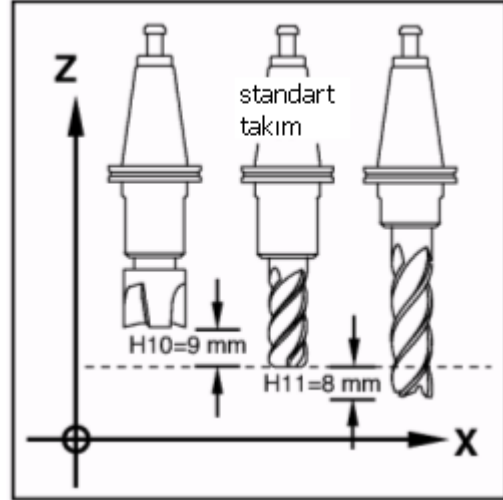
N920 G49

veya

N920 H00

G49 Takım uzunluğu telifisi iptal

H00 Takım uzunluğu telifisini sıfıra ayarla



Şekil 4.29 Takım uzunluğu telifisi



Şekil 4.30 G43 ile takım uzunluğu telifisi



Şekil 4.31 G44 ile takım uzunluğu telifisi

G90 Mutlak Koordinat Sistemi

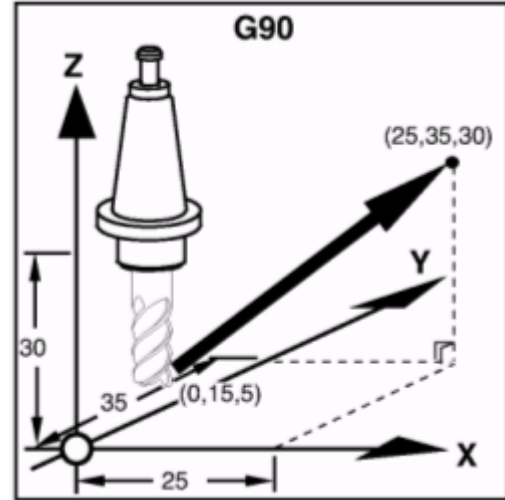
G90 ;

Bütün noktalar ve takım pozisyonları G92 komutuyla ayarlanan bir orijinden alınır. Takım bir noktadan diğerine hareket ederken koordinat X,Y ve Z adresleriyle girilir.

Block format

N50 G90 G01 X25. Y35. Z30. ;

N50 Sıra numarası
G90 mutlak boyutlar
X Son oktanın X koordinatı
Y Son oktanın Y koordinatı
Z Son oktanın Z koordinatı



Şekil 4.32 G90 mutlak koordinat sistemi

G91 Eklemeli Koordinat Sistemi

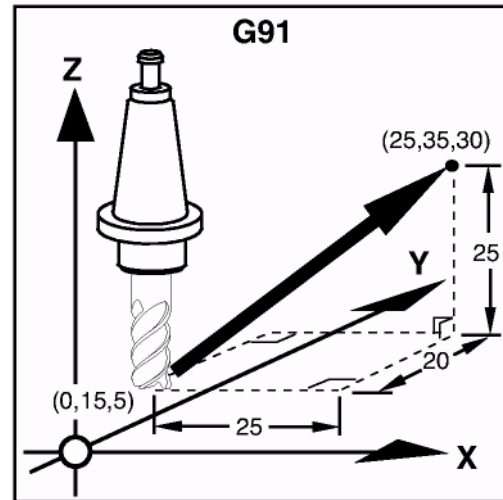
G91 ;

Bütün noktalar ve takım pozisyonları geçerli bir noktadan ölçülür. Takım bir noktadan diğerine hareket ettiğinde noktalar arasındaki mesafeler X,Y ve Z adresleriyle girilir. Bu mesafeler, geçerli noktayla yeni noktanın konumlarına bağlı olarak Pozitif veya negatif değerler şeklinde girilir.

Block format

N60 G91 G01 X25. Y20. Z25. F100

N60 Sıra numarası
G91 Eklemeli koordinat sistemi
G01 Lineer interpolasyon
X Geçerli noktayla son nokta arasındaki mesafesi
Y Geçerli noktayla son nokta arasındaki mesafesi
Z Geçerli noktayla son nokta arasındaki mesafesi



Şekil 4.33 G91 Eklemeli koordinat sistemi

G92 Mutlak Sıfır Noktasının Programlanması

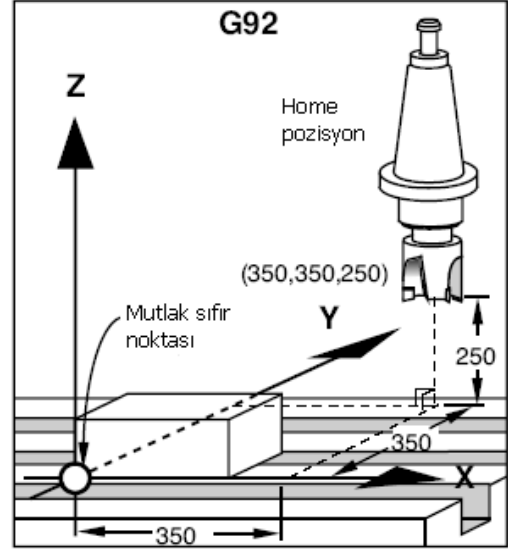
G92 X_ Y_ Z_ ;

Bu komut, koordinat sisteminin orijinini home pozisyondan veya geçerli takım pozisyonundan belirli bir mesafeye ayarlar. Geçerli takım konumuna göre orijinin konumu X,Y ve Z adresleriyle tanımlanır. G92 komutu, koordinat sistemini CNC tezgahın home pozisyonuna göre veya keyfi bir noktaya ayarlamak için programın başında kullanılır.

Blok format (home pozisyon için)

N40 G91 G28 XO. YO. ZO. ;
N80 G92 X350. Y350. Z250. ;

- N80 Sıra numarası
 G92 Mutlak sıfır noktasını programlama
 X X-ekseninde takım pozisyonundan sıfır pozisyonuna mesafe
 Y Y-ekseninde takım pozisyonundan sıfır pozisyonuna mesafe
 Z Z ekseninde takım pozisyonundan sıfır pozisyonuna mesafe

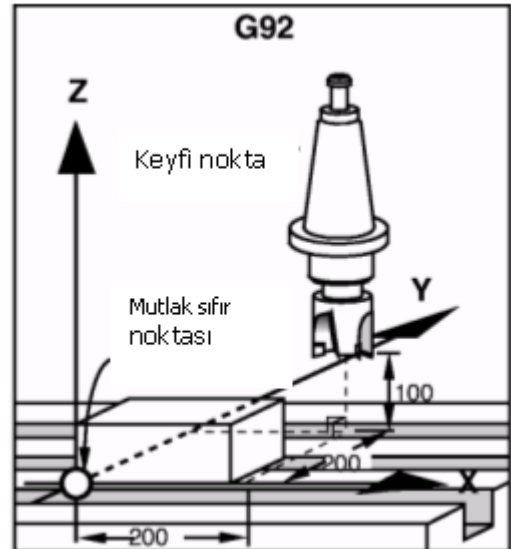


Şekil 4.34 G92 ile mutlak sıfır noktasının programlanması

Blok format (keyfi bir nokta için)

N100 G92 X200. Y200. Z100.

- N100 Sıra numarası
 G92 Mutlak sıfır noktasını programlama
 X X-ekseninde takım pozisyonundan sıfır pozisyonuna mesafe
 Y Y-ekseninde takım pozisyonundan sıfır pozisyonuna mesafe
 Z Z ekseninde takım pozisyonundan sıfır pozisyonuna mesafe



Şekil 4.35 G92 ile mutlak sıfır noktasının programlanması

2.4.2 CNC Torna Tezgahları için Temel G Kodları

G00 Hızlı Hareket

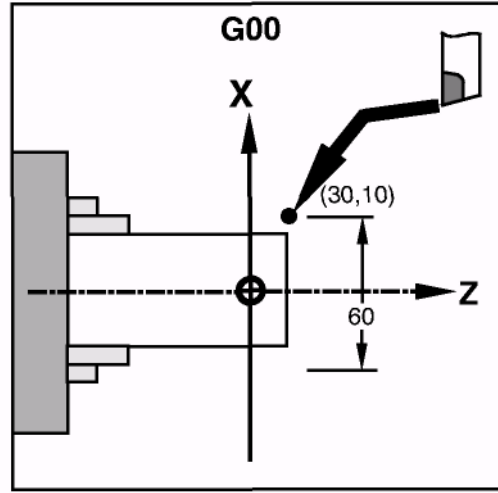
G00 X_ Z_ ;

Bu komut ile takım programda X ve Z adresleriyle belirtilen konuma hızlı bir şekilde hareket eder. BU esnada talaş kaldırma işlemi yapılmaz. X adresi çap değerini ifade eder.

Blok format

N110 G90 G00 X60. Z10.

N1 10 Sıra numarası
G90 Mutlak boyut
G00 Hızlı hareket
X Parçanın işlendiği çap
Z uç noktanın Z koordinatı



Şekil 4.36 G00 ile hızlı hareket

G01 Lineer Interpolasyon

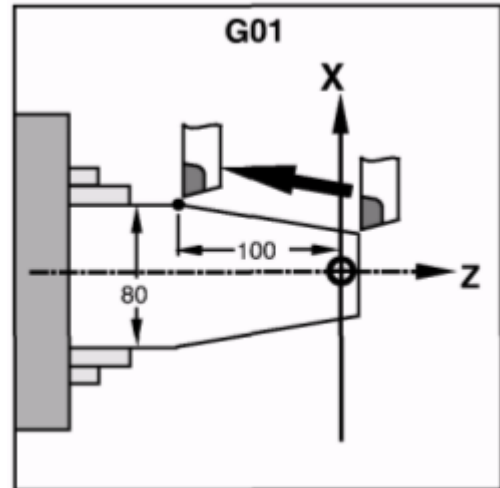
G01 X_ Z_ F_ ;

Kesici takım belirlenen bir ilerleme hızında düz bir hat boyunca ilerler. Her eksendeki takım hareketleri otomatik olarak kontrol edildiğinden takım düz bir çizgi boyunca hareket eder. Bu komut lineer kesme hareketinde kullanılır.

Blok format

N120 G90 G01 X80. Z-100. F100. ;

N120 Sıra numarası
G90 Mutlak koordinat sistemi
G01 Lineer interpolasyon
X Takımın bulunduğu Son noktanın çapı
Z Takımın bulunduğu noktanın Z koordinatı
F ilerleme



Şekil 4.37 G01 lineer interpolasyon

G02 Dairesel İnterpolasyon

(Saat yönünde CW)

G 0 2 X_ Z_ R_ F_ ; Yarıçap ve son konum
 G 0 2 X_ Z_ I_ K_ F_ ; Yay merkezi ve son konum

Takım, bir yayın yarıçapı-son konumu veya yayın merkezi-son konum bilgilerinden hareketle saat yönünde dairesel hareket yapar. Belirli bir ilerleme değerinde dairesel hareket ile talaş kaldırmak için kullanılır.

Blok format (yarıçap ve son konum için)

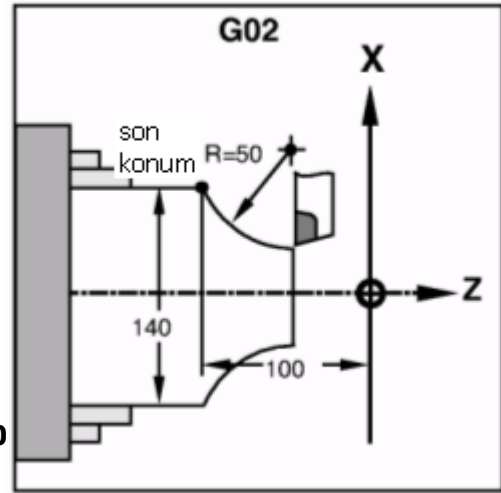
N70 G90 G02 X140. Z-100. R50. F100.

N70 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat sistemi
 G02 Dairesel interpolasyon CW
 X Son konumdaki çap
 Z Son noktanın Z koordinatı
 F İlerleme

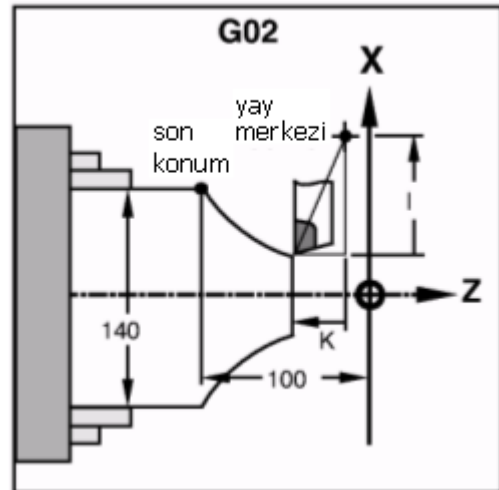
Blok format (yay merkezi ve son konum)

N80 G90 G02 X140. Z-100. I75. K30. F100

N80 Sıra numarası
 G90 Mutlak koordinat sistemi
 G02 Dairesel interpolasyon CW
 X Son konumdaki çap
 Z Son noktanın Z koordinatı
 I X ekseninde yayın başlangıç noktası ile yay merkezi arasındaki mesafe (çap değerine eşit değildir)
 K Z ekseninde yayın başlangıç noktası ile yay merkezi arasındaki mesafe
 F ilerleme



Şekil 4.38 G02 dairesel interpolasyon



Şekil 4.39 G02 dairesel interpolasyon

G03 Circular Interpolation (Saat yönü tersine CCW)

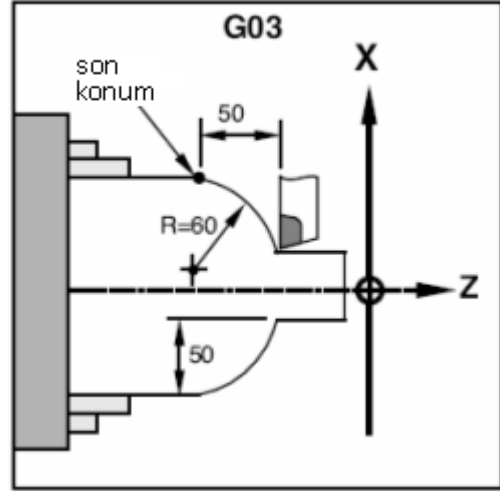
G03 X_ Z_ R_ F_ ; yarıçap ve son konum
 G03 X_ Z_ I_ K_ F_ ; yay merkezi ve son konum

Takım, bir yayın yarıçapı-son konumu veya yayın merkezi-son konum bilgilerinden hareketle saat dönüş yönü tersine dairesel hareket yapar. Belirli bir ilerleme değerinde dairesel hareket ile talaş kaldırmak için kullanılır.

Blok format (yarıçap ve son konum)

N90 G91 G03 X100. Z-50. R60. F100. ;

N90 Sıra numarası
 G91 Eklemeli koordinat sistemi
 G03 Dairesel interpolasyon CCW
 X X ekseninde yayın başlangıç noktasından son noktaya olan mesafe
 Z Başlangıç ve bitiş arasındaki Z mesafesi
 R Yayın yarıçapı
 F İlerleme

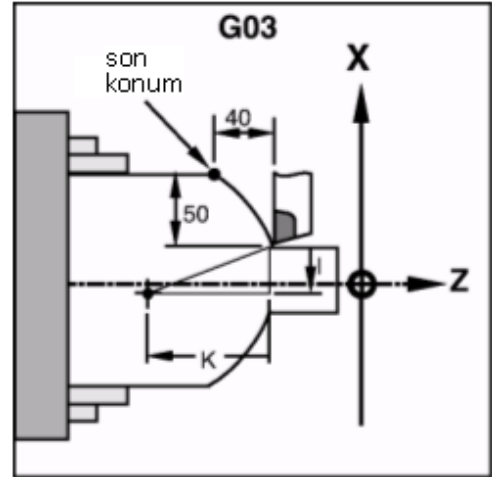


Şekil 4.40 G03 dairesel interpolasyon

Blok format (yay merkezi ve son konum)

N100 G91 G03 X100. Z-40. I-25. K-80. F100.

N100 Sıra numarası
 G91 Eklemeli koordinat sistemi
 G03 Dairesel interpolasyon CCW
 X X ekseninde yayın başlangıç noktasından son noktaya olan mesafe
 Z Başlangıç ve bitiş arasındaki Z mesafesi
 I X ekseninde yayın başlangıcından yay merkezine mesafe
 K Z ekseninde yayın başlangıcından yay merkezine mesafe
 F İlerleme



Şekil 4.41 G03 dairesel interpolasyon

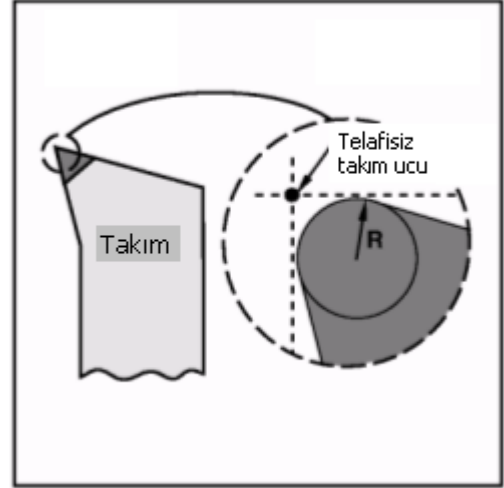
G40, G41, G42 Takım Uç yarıçapı Telifisi

G40 X_ Z_ I_ K_ ;
Takım uç yarıçapı telifisinin iptali

G41 ;
Takım uç yarıçapı telifisi sol

G42 ;
Takım uç yarıçapı telifisi sağ

Kesici takım ofset tablosunda belirtilen miktarlar kadar sola (G41) veya sağa (G42) hareket eder. İstenilen ölçünün ve profilin sağlanabilmesi için takım uç yarıçapı telifisinin uygulanması gerekir.



Şekil 4.42 Takım uç yarıçapı telifisi

Blok format (G41 için)

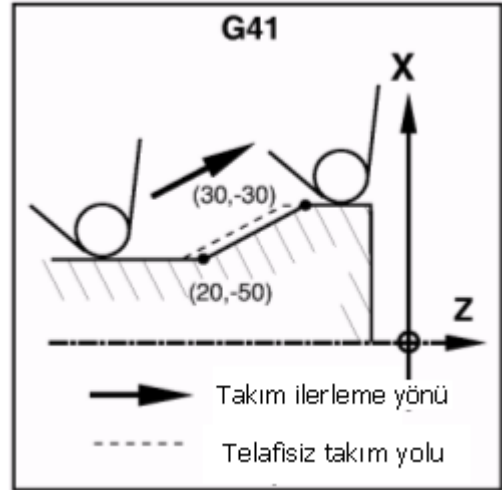
N190 G41 G01 X40. Z-50. ;
N200 G01 X60. Z-30.
N210 G01 X60. Z

N190 Sıra numarası
G41 Takım uç yarıçapı telifisi-sol
G01 Lineer interpolasyon
X Son noktanın çapı
Z Son noktanın Z koordinatı

Blok format (G42 için)

N220 G42 G01 X30. Z-30.
N230 G01 X60. Z-50. ;
N240 G01 X60. Z-100 ;

N220 Sıra numarası
G42 Takım uç yarıçapı telifisi-sağ
G01 Lineer interpolasyon
X Son noktanın çapı
Z Son noktanın Z koordinatı



Şekil 4.43 G41 ile Takım uç yarıçapı telifisi



Şekil 4.44 G42 ile Takım uç yarıçapı telifisi

G74 Gagalama çevrimiyle delme ve alın tornalama

G74 Z_ K_ F_ ;
G74 X_ Z_ I_ K_ F_ D_ ;

Gagalama ile delme (Peck drilling)
Alın tornalama çevrimi

Takım Z ekseninde ileri hareket ettikten sonra bir miktar heri çekilir. Bu hareket işlem bitinceye kadar devam eder. Bu işleme gagalama ile delme denilmektedir. G74 ile X, I ve D kullanılırsa alın tornalama işlemi gerçekleştirilir.

Blok format (gagalama için)

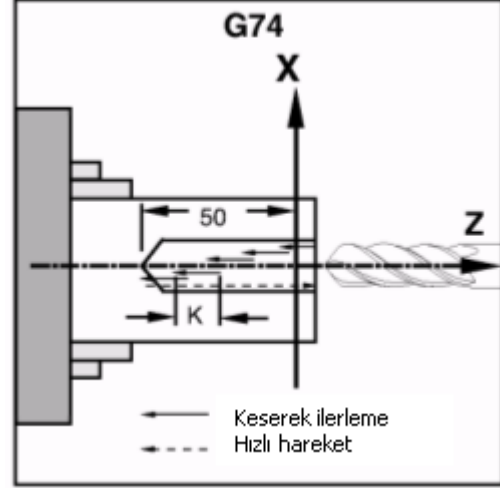
N150 G90 G74 Z-50. K5. F50. ;

N150 Sıra numarası
G90 Mutlak koordinat sistemi
G74 Gagalama delme çevrimi
Z delik dibinin Z koordinatı
K Z yönündeki kesme derinliği
F İlerleme

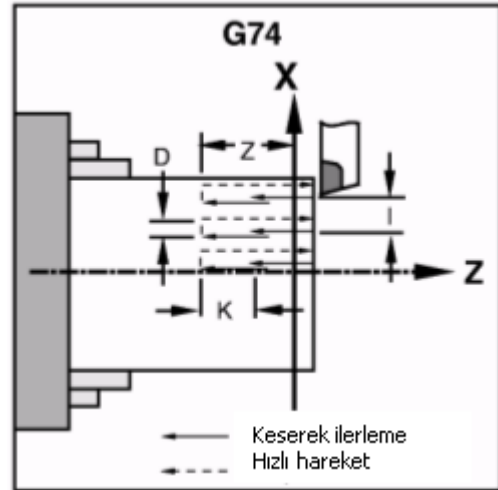
Blok format (alın tornalama için)

N160 G90 G74 XO. Z-8. 13. K5. F100. D1.

N160 Sıra numarası
G90 Mutlak koordinat sistemi
G74 Alın tornalama
X Alın derinliği için X koordinatı
Z Z yönünde tornalanacak miktar
I X yönünde talaş derinliği
K Z yönünde her bir pasodaki derinlik
F İlerleme
D her bir kesme sonunda geri çekilme miktarı



Şekil 4.45 G74 ile gagalama çevrimiyle delme



Şekil 4.46 G74 ile alın tornalama çevrimi

G75
X

ekseninde Kanal çevrimi

G75 X Z I K D

Bu işlem kanal açmak için kullanılır. Takım kanal açabilmek için X ekseninde aşağı doğru ve yukarı doğru hareket eder.

Blok format

N170 G90 G75 X20. Z-8. 13. K-0.5 F100. DO.;

N170	Sıra numarası
G90	Mutlak koordinat sistemi
G75	X ekseninde kanal çevrimi
X	Kanal derinliği için X koordinatı
Z	Kanal uzunluğu için Z koordinatı
I	X yönünde her bir kesmenin derinliği
K	Z yönündeki hareket miktarı
F	İlerleme
D	Her kesme işleminden sonra çekilme miktarı

G78 Vida kesme çevrimi

G78 X_ Z_ F_ ;
Düz vida kesme

G78 X_ Z_ I_ F_ ;
Konik vida kesme

Takım I adresinin belirtilip belirtilmediğine bağlı olarak düz veya konik kesme yapacaktır. X vidanın dış dibi çap değerini, F ise vida ilerleme değerini belirtir. Vidanın sonunda 45°'lik pah oluşturulur.

Block format (düz vida için)

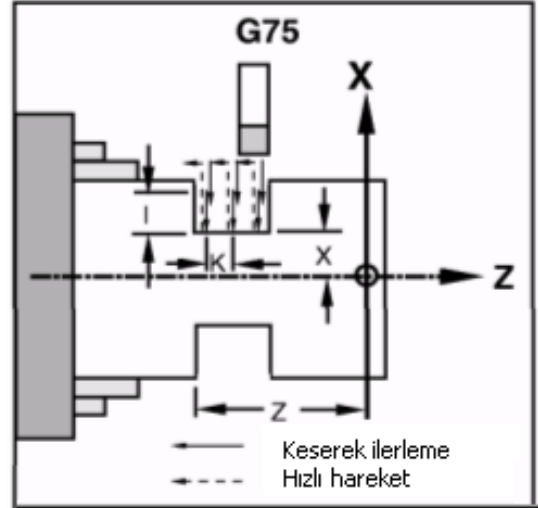
N180 G90 G78 X50. Z-30. F1.5 ;

N180	Sıra numarası
G90	Mutlak koordinat sistemi
G78	Vida kesme çevrimi
X	vidanın dış dibi çap değerini
Z	Son noktanın Z koordinatı
F	Vidanın adımını tanımlar

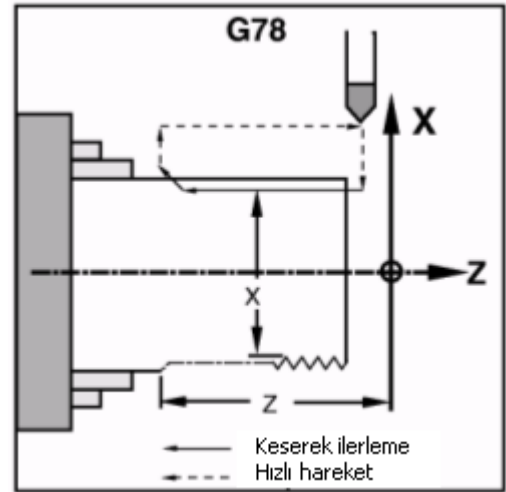
Blok format (Konik vida için)

N190 G90 G78 X50. Z-30. 110. F1.5

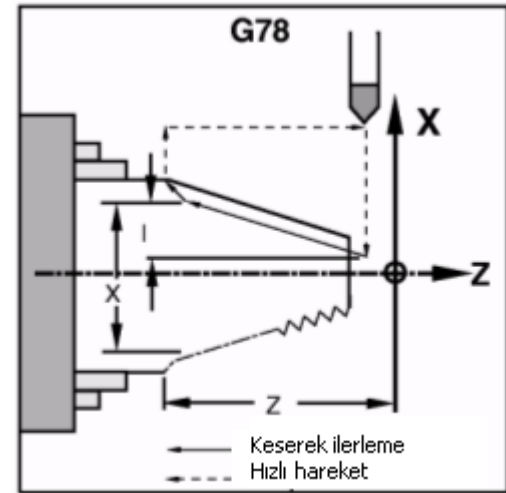
N190	Sıra numarası
G90	Mutlak koordinat sistemi
G78	Vida açma çevrimi
X	Vidanın uç noktasındaki dışdibi çapı
Z	Son noktanın Z koordinatı
I	X yönündeki koniklik miktarı
F	Vida ilerleme değerini



Şekil 4.47 G75 ile kanal çevrimi



Şekil 4.48 G78 ile vida açma çevrimi



Şekil 4.49 G78 ile konik vida çevrimi

G96, G97 Sabit kesme hızı denetimi

G96 ; Sabit kesme hızı
G97 ; Sabit kesme hızı iptal

İş mili hızının iş parçası çapı değiştikçe sabit kalmasını ve sabit iş mili hızının iptali için kullanılır. S adresiyle belirtilen iş mili hızı G96 veya G97 nin önüne yazılır

Blok format (G96 için)

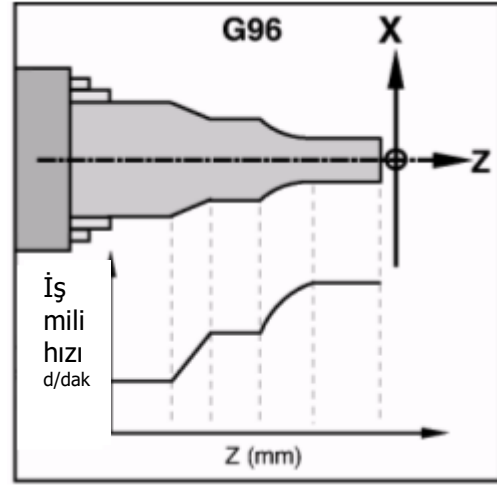
N60 G96 S0300 ;

N60 Sıra numarası
G96 Sabit kesme hızı denetimi
S Kesme hızı (m/dak)

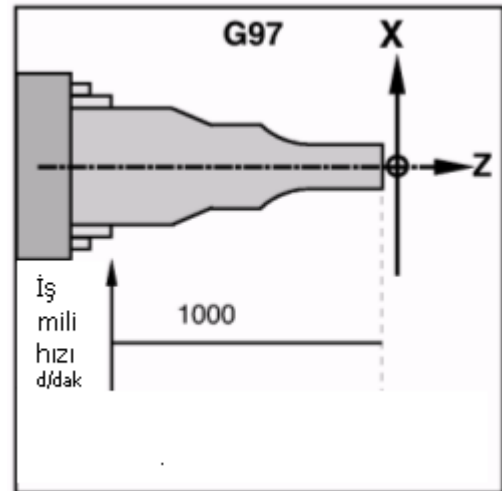
Block format (G97 için)

N70 G97 S1000 ;

N70 Sıra numarası
G97 Sabit kesme hızı denetimi iptal
S iş mili hızı (d/dak)



Şekil 4.50 Sabit kesme hızı denetimi



Şekil 4.51 Sabit kesme hızı denetimi iptal

2.4.3 CNC Tezgahlar için M kodları

M kodları, CNC tezgahların çeşitli fonksiyonlarını harekete geçörmek için kullanılır. Aşağıda verilen M kodları aksi belirtilmedikçe hem torna hem de freze tezgahları için kullanılabilir.

M00 Program Stop

M00 ;

Bu komuttan sonra tezgah durdurulur.

M02 NC Şerit sonu, yeniden başla

M02 ;

NC şeridinin sonu M02 ile işaretlenir. Bu komut, programda iki veya daha fazla şerit gerektiği zaman kullanılır. M02 komutu okunduktan sonra NC şerit okuyucusu diğer şeridin sürölmesini bekler:

M03 İş Milini Saat Yönünde Döndürme

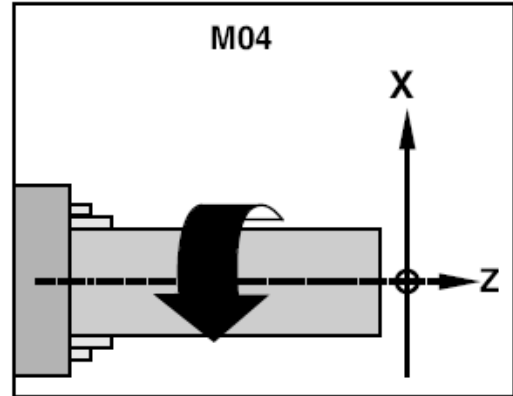
M03 ;

İş mili saat yönünde döndürölmeye başlar. İş mili hızı M03 'den önce yazılan S adresiyle tanımlanır.

Blok format

N50 S0300 M03 ;

N50 Sıra numarası
S İş mili hızı (m/dak.)
M03 iş mili start CW



Şekil 4.52 Miş milini döndür CCW

M04 İş Milini Saat Tersi Yönünde Döndürme

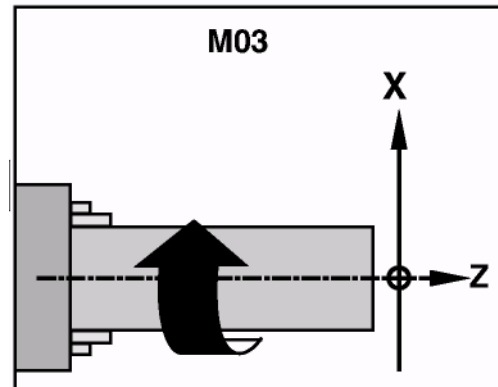
M04 ;

İş mili saat tersi yönünde döndürölmeye başlar. İş mili hızı M04 'den önce yazılan S adresiyle tanımlanır.

Blok format

N60 S0200 M04 ;

N60 Sıra numarası
S İş mili hızı (m/dak.)
M03 iş mili start CCW



Şekil 4.53 M04 milini döndür CW

M05 İş mili Stop

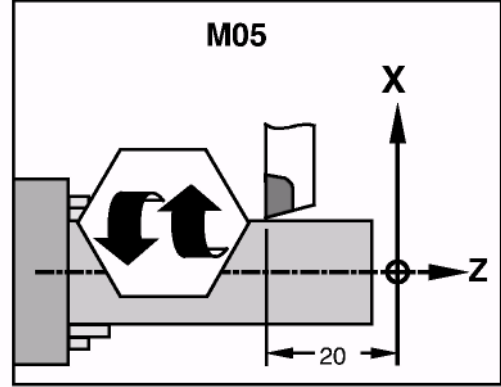
M05 ;

İş milinin dönmesi durdurulur. İş mili, eğer iş mili stop komutuyla hareket komutu aynı blokta ise hareket tamamlandıktan sonra durur.

Blok format

N80 G01 Z-20. M05 ;

N80 Sıra numarası
G01 Lineer interpolasyon
Z Son noktanın Z koordinatı
M05 Z=-20 hareketinden sonra iş mili durur.



Şekil 4.54 Miş mili STOP

M06 Takım Değiştirme

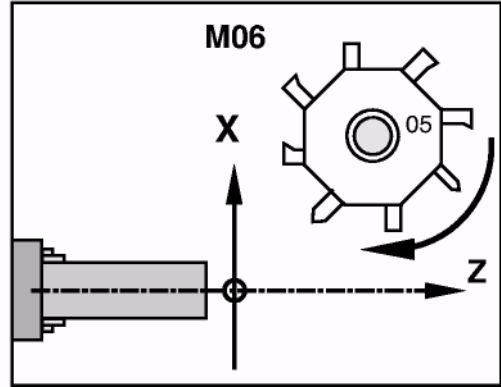
M06 T ____ ;

Kullanımdaki geçerli takım T adresiyle bildirilen takım numaralı takım ile değiştirilir. Bu işlemi gerçekleştirmek için öncelikle Z adresi home pozisyona döndürülmelidir. Bu işlem takım ile iş parçasının çarpışmasını engellemek için yapılır.

Blok format

N90 M06 T0505 ;

N90 Sıra numarası
M06 Takım değiştir
T0505 Takım numarası 05, 05 tanımlanan ofset miktarı



Şekil 4.55 Takım değiştirme

M07 Yağlama

M07 ;

Takım ve iş parçası işleme kalitesini arttırmak ve takım aşınmalarını ve kırılmalarını minimize etmek için bir yağ tarafından yağlanır ve soğutulur.

Blok format

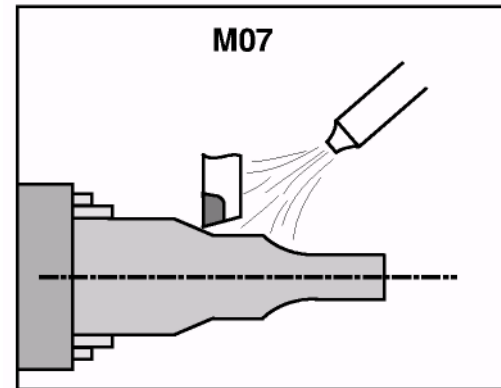
N100 M07;

N100 Sıra numarası
M07 Yağlama açık

M09 Soğutma –Yağlama ünitesi kapalı

M09 ;

Kesme işlemi yapılmadığında soğutma sıvısı kapatılır



Şekil 4.56 Yağlama açık

M30 Program sonu ve başa dön

M30 ;

Program sonu M30 ile bildirilir. CNC denetleyicisinin belleğindeki program, bu komuttan sonra başa döner.

2.4.4 CNC tezgahlar için F-, S- ve T-kodları

F İlerleme fonksiyonu

F__ ;

Takım F adresiyle belirtilen ilerleme hızında hareket eder. İlerleme birimi inç/dak (G20) veya mm/dak (G21) şeklinde olabilir.

Blok format

N70 G21 G01 X10. F100. ;

N70 Sıra numarası
G21 Metrik birim sistemi
G01 Lineer interpolasyon
X Son noktanın X koordinatı
F İlerleme (mm/min)

S İş Mili Hızı Fonksiyonu

S __ ;

İş mili hızı S adresiyle d/dak olarak belirtilir.

Blok format

N40 S1000 ;

N40 Sıra numarası
S iş mili hızı (d/dak)

T Takım Fonksiyonu

T__ ;

Takım, kendisini ve ofset numarasını tanımlayan bir numarayla çağrılır. T adresinde verilen her iki numara CNC denetleyicisinin belleğinde takım tablosuna kaydedilmiştir.

Blok format

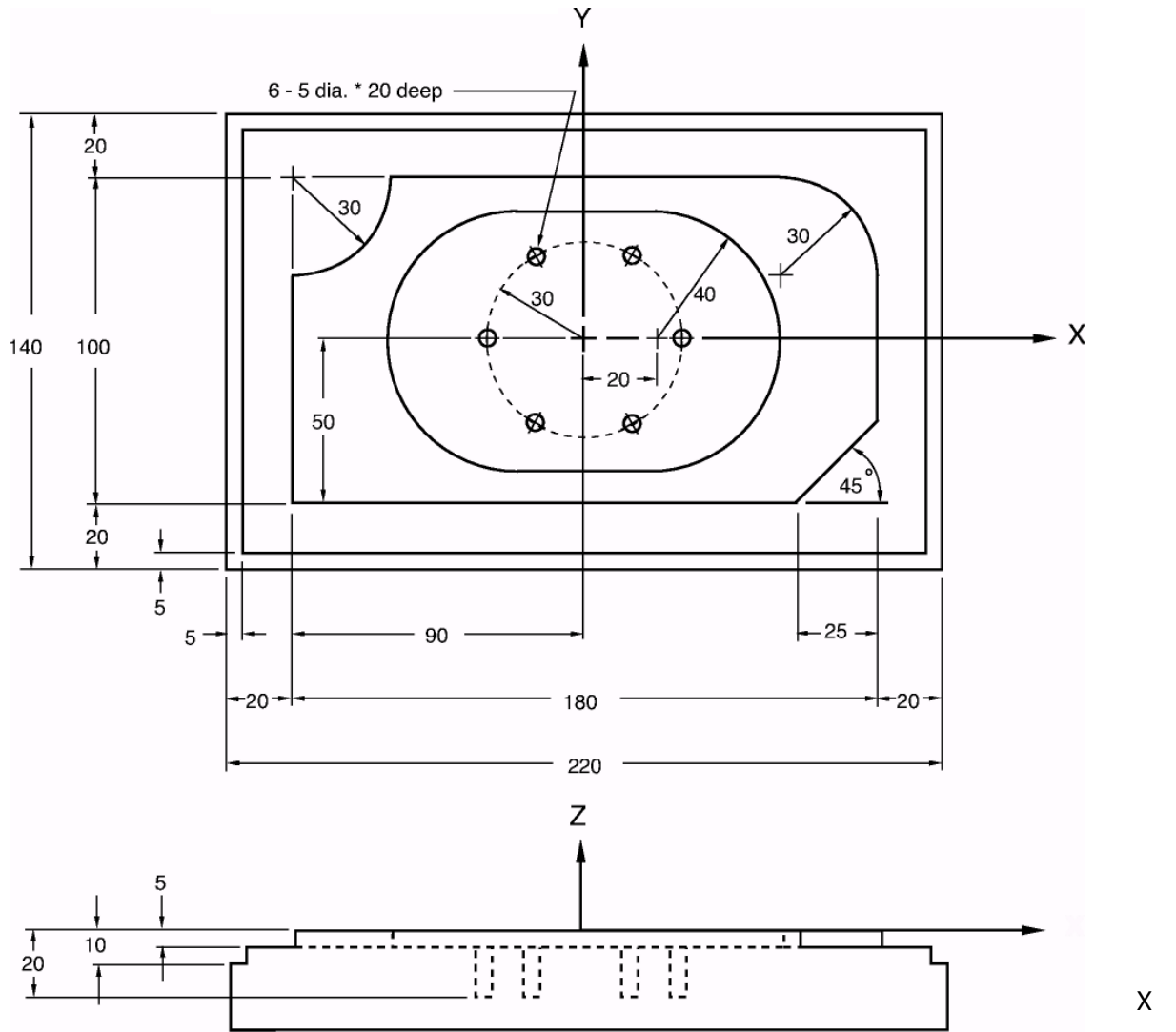
N30 T0104 ;

N30 Sıra numarası
T takım numarası (01), takım ofset numarası(04)

Frezeleme için Örnek

Şekildeki iş parçasının işlenmesi için gerekli operasyonlar aşağıda görülmektedir.

- 1) Tezgahın hazırlanması
- 2) Alın Frezeleme
- 3) Çevresel frezeleme
- 4) Cep açma
- 5) Çevresel frezeleme kesme
- 6) Delik açma
- 7) Program sonu



Şekil 4.57 Örnek iş parçası

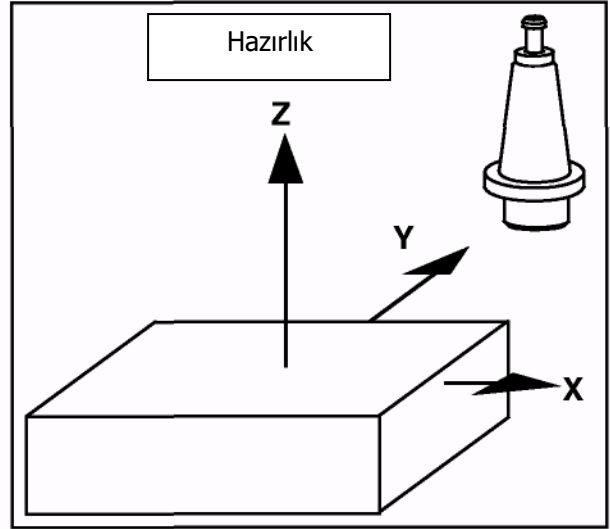
Kullanılan takımlar:

- 100 mm . çaplı alın freze
- 5 mm çaplı parmak freze
- 22 mm çaplı parmak freze
- 5 mm çaplı matkap

G kodlarının listesi

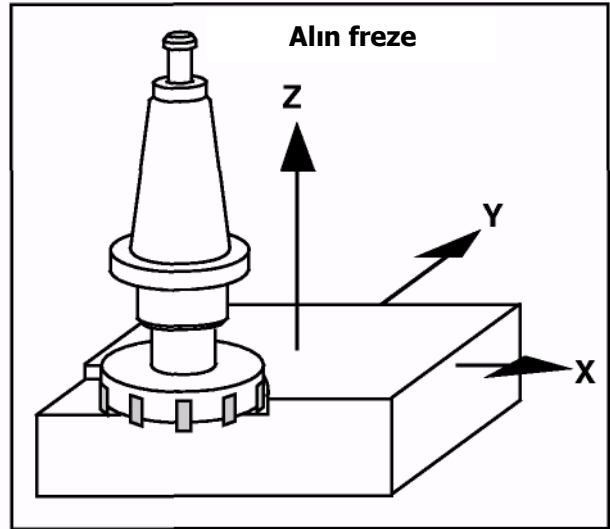
1) Tezgahın hazırlanması

O23;
N10 G91 G28 Z0.0;
N20 G28 X0.0 Y0.0;
N30 G21;
N40 G92 X500.0 Y250.0
Z400.0;
N50 T14;
N60 M06;
N70 S1400 M03;



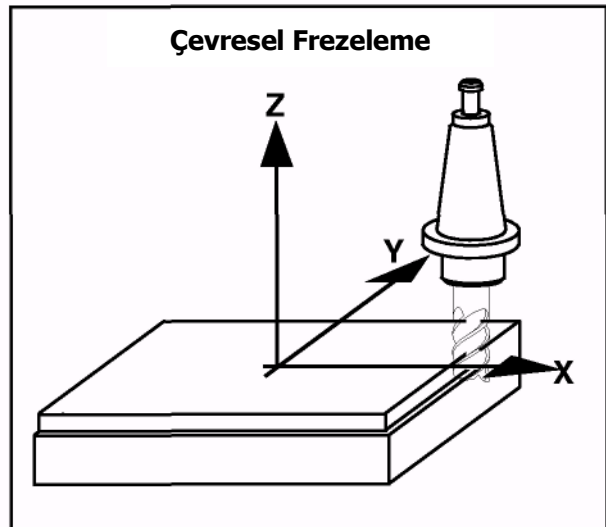
2) Alın frezeleme

N80 G90 G43 G00 Z100.0
H14;
N90 G00 X-170.0 Y-70.0;
N100 G01 Z0.0 F500.0;
N110 G01 X170.0 F1000.0;
N120 Y-20.0;
N130 X-170.0;
N140 Y30.0;
N150 X170.0;
N160 Y80.0;
N170 X-170.0;
N180 G91 G28 Z0.0;
N190 G28 X0.0 Y0.0;
N200 M05;



3) Çevresel Frezeleme

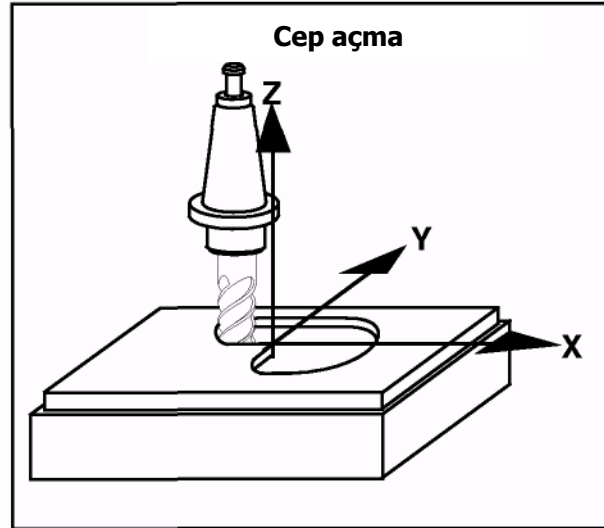
N210 T15;
N220 M06;
N230 G49;
N240 S1400 M03;
N250 G90 G43 G00 Z100.0 H15;
N260 G00 X-130.0 Y-70.0;
N270 G01 Z-10.0 F500.0;
N280 G42 G01 X-110.0 Y-70.0 D25
F1000.0;
N290 G01 X110.0 F1000.0;
N300 Y70.0;
N310 X-110.0;
N320 Y-70.0;
N330 G01 G40 Y-100.0;
N340 Z10.0;



4)

Cep açma

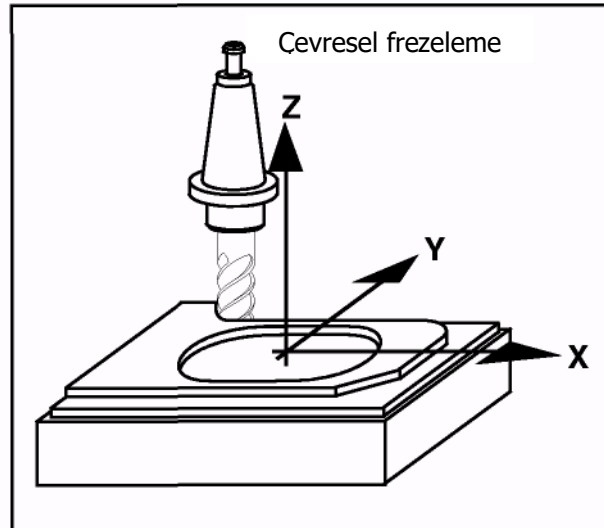
N350 G00 X0.0 Y0.0;
N360 G01 Z-5.0 F500.0;
N370 G41 G01 Y-40.0 D25
F1000.0;
N380 X20.0;
N390 G03 X20.0 Y40.0 R40.0;
N400 G01 X-20.0;
N410 G03 X-20.0 Y-40.0 R40.0;
N420 G01 X10.0;
N430 G01 G40 X20.0 Y0.0;
N440 G01 Z10.0;



5)

Çevresel frezeleme

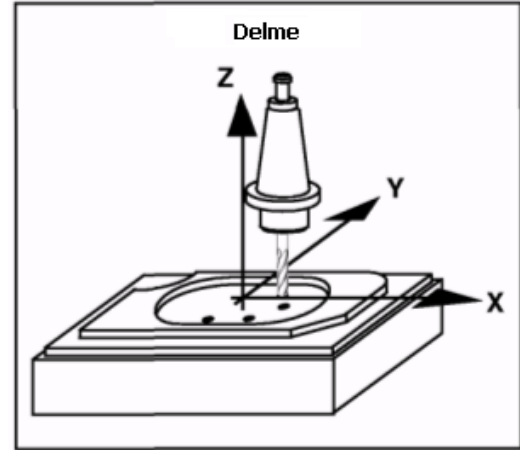
N450 G00 X-140.0 Y-70.0;
N460 G01 Z-5.0 F1000.0;
N470 G42 G01 X-90.0 Y-50.0
D25
F1000.0;
N480 X65.0;
N490 X90.0 Y-25.0;
N500 Y20.0;
N510 G03 X60.0 Y50.0 R30.0;
N520 G01 X-60.0;
N530 G02 X-90.0 Y20.0 R30.0;
N540 G01 Y-50.0;
N550 G01 G40 X-110.0 Y-90.0;
N560 G01 Z10.0;
N570 G91 G28 Z0.0;
N580 G28 X0.0 Y0.0;



6) Delik delme

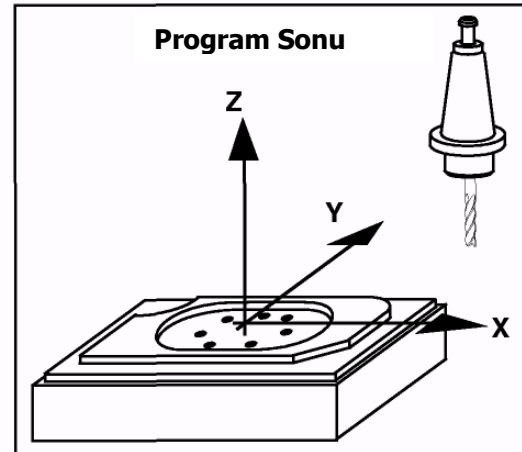
Burada bir desen şeklinde düzgün şekilde dağılmış delikler açılacaktır

```
N590 T16;  
N600 M06;  
N610 S1400 M03;  
N620 G49;  
N630 G90 G43 G00 Z100.0 H16;  
N640 G01 X20.0 Y0.0 F1000.0;  
N650 G01 Z-20.0 F500.0;  
N660 G04 X1.0;  
N670 G01 Z0.0;  
N680 G00 Y17.32 X10.0;  
N690 G01 Z-20.0 F500.0;  
N700 G04 X1.0;  
N710 G01 Z0.0;  
N720 G01 X-10.0;  
N730 G01 Z-20.0 F500.0;  
N740 G04 X1.0;  
N750 G01 Z0.0;  
N760 G01 X-20.0 Y0.0;  
N770 G01 Z-20.0 F500.0;  
N780 G04 X1.0;  
N790 G01 Z0.0;  
N800 X-10.0 Y-17.32;  
N810 G01 Z-20.0 F500.0;  
N820 G04 X1.0;  
N830 G01 Z0.0;  
N840 G01 X10.0;  
N850 G01 Z-20.0 F500.0;  
N860 G04 X1.0;  
N870 G01 Z0.0;
```



7) Program Sonu

```
N880G91 G28Z0.0;  
N890G91 G28X0.0Y0.0;  
N900M05;  
N910G40;  
N920 G49;  
N930M30;
```



5. BİLGİSAYAR DESTEKLİ PARÇA PROGRAMLAMA

5.1 Giriş

İnsanların CNC tezgahlarına bilgi iletiminde kullandıkları dil, kelime adres formatında NC kodlarından oluşmaktadır. Bir NC programı yazmak için kesici takımın bulunacağı koordinatların hassas olarak belirlenmiş olması gereklidir. NC kodlarında program yapmanın iki dezavantajı vardır. Bunlardan birincisi, karmaşık parçalar için kesici konum koordinatları kolayca hesaplanamaz. Ayrıca elle yapılan hesaplamalarda hem hata riski çok fazladır, hem de çok zaman alır. İkincisi, NC kodlarında elle yazılmış NC programı, elle NC tezgahına ya da şerit hazırlama cihazına girilmeli veya bilgisayara elle kodlanmalı ve oradan NC denetleyicisine gönderilmelidir. NC programları genellikle yüzlerce deyimden oluştuğu için elle giriş çok zaman alır ve bazen saptanması güç yazım hatalarına yol açar.

Bilgisayar destekli parça programlamada programlama için genel amaçlı bilgisayarlar kullanılır ve bu bilgisayarlarda farklı görevleri gerçekleştirmek için yüksek seviyeli (FORTRAN, PASCAL gibi) programlama dilleri kullanılır. Bilgisayar elle programlanamayan karmaşık parçaların işlenmesinde programlanmasında ekonomiklik sağlar. Parça programcısı işini iki bölüme ayırır. Önce, noktalar, çizgi, yüzeyler, daireler, vs. yoluyla temel geometrik elemanlar açısından üzerinde çalışılan işin konfigürasyonunu tanımlar. İkinci olarak, bu geometrik elemanlar boyunca işleme adımlarını gerçekleştirmek için kesici takımı yönetir. Genel amaçlı bilgisayarlarda kullanılabilecek programlama dilleri geliştirilmiştir ve yaygın İngilizce kelimeler ve matematiksel sembollere dayalı olarak geliştirilen bu dillerin kullanımları da kolaydır.

Bir NC işlemcisi (processor), kullanılacak NC operasyonlarını tanımlayan girdilerin kullanıcı tarafından yönlendirildiği bilgisayar uygulamaları programıdır. Şekil 5.1, bir çok NC işlemcisi için geliştirilmiş akış şemasını gösterir. Varolan NC makinaların bir çoğu içinde CLDATA (Cutter Location DATA-kesici yeri verileri) olarak adlandırılan ara birim kodunu üretir. CLDATA, kullanılan özel NC cihazları için özel kod üreten son işlemci olarak adlandırılan bir başka bilgisayar uygulama programına girdi olarak kullanılır. Bunun çıktısı, işlemlerin adım adım çalışması sırasında cihaz kontrolcüsü tarafından okunmaya ve depolamaya uygun olarak delikli şerit formundadır.

Parça programlama dillerinde genel iki sınıf vardır. Bunlar:

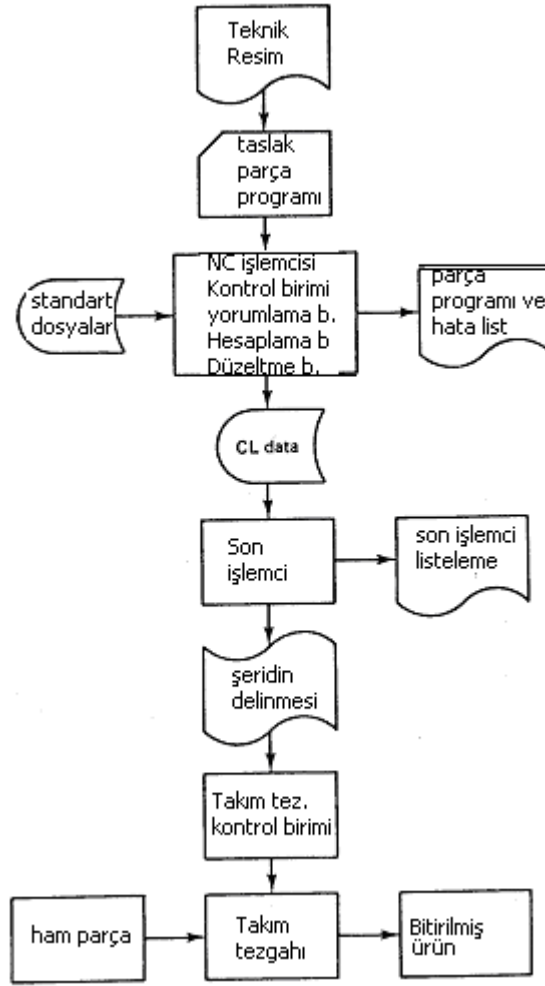
1. Tezgah Yönelimli Diller: özel koordinat veri formatı ve hız ve ilerleme gereksinimleri için kodlamalarını yapan bir bilgisayar işlemcisiyle, gerekli bütün işlemler hesaplanarak takım yolları oluşturulur.

2. Her Amaca Uygun Diller: bilgisayar işlemlerini süreç evresi ve sonişlemci evresi olmak üzere iki aşamaya ayırırlar. Süreç evresi, CL data olarak adlandırılan ara veri setleri oluşturur. Süreç aşaması üç adımdan oluşur.

Girdi Sembollerinin Yorumlanması: Bu fonksiyon bilgisayar tarafından kullanılabilecek formdaki parça programında bulunan sembolik bilgileri yorumlar. Ayrıca, operatör ve bilgisayar arasında bağlantı kurar.

Aritmetik Hesaplamalar: Aritmetik hesaplamalar birimi takım yollarının oluşturulması için gerekli geometrik ve trigonometrik hesaplamaları gerçekleştirir.

Kesici Offset Hesaplamaları : kesici offset birimi parça konturu bilgilerinden yararlanarak kesicinin merkezinin yolunu hesaplar.



Şekil 5.1 NC işlemcisi akış şeması

1956 'dan bu yana, 100 civarında NC programlama dili geliştirilmiştir. Bunların bir çoğu genel amaçlı diller olmakla birlikte bazıları özel amaçlı tezgah yönelimli dillerdir. Bunların bazıları sadece test aşamasında kalmıştır. Günümüzde en çok kullanılan en popüler NC programlama dillerden bazıları aşağıda tanımlanmıştır.

5.2 APT

APT Automatically Programmed Tool (Otomatik programlanmış takım) sözcüklerinin kısaltılmış yazımıdır. 1956 'da MIT tarafından geliştirilmiş olan APT USA 'da kullanılan en gelişmiş parça programıdır. Dili, kullanıcı için daha sıcak hale gelmesini sağlamak için İngilizce 'ye benzer sözcüklerden-komutlardan oluşturulmuştur. APT, tezgah işlemleri için tasarlanmış olduğundan, hatasız APT programları yazmak için metal işleme konusunda somut bilgiye gereksinim vardır. APT programlama dilinin kendisini tam olarak anlayanın yanı sıra kullanılacak olan son işlemcilere dair bilgi de gereklidir.

1970 yılında 4. versiyonu kullanılmaya başlanmıştır. Diğer sistemlerle karşılaştırıldığında en güçlü genel amaçlı parça programı olan APT Illinois Institute of Technology Research Institute (IITRI) de geliştirilmeye devam edilmektedir. APT 'nin bazı özellikleri;

- Parçanın tanımlaması için 3 boyutlu sınırlandırılmamış yüzeyler ve noktalar tanımlanabilir.
- Yüzeyler parça programcısı tarafından seçilen X-Y-Z koordinat sisteminde tanımlanır.
- Programlamada, parça hareketsiz durumda iken takım bütün hareketleri yapar

- Takım yolları 3 boyutlu yüzey eşleştirmeleriyle kontrol edilir, yüzeylerle kontrol edilemeyen diğer hareketlerin de kontrolü mümkündür
- Düz kısa ve seri hareketlerin kontrolü lineer interpolasyonla yapılır.
- Takım yolu hesaplamaları, kontrol edilen yüzeylerin tanımlanan toleransları içinde yapılır.
- Programlama problemine genel çözüm olarak arzu edilen takım yolu boyunca takım uç pozisyonların X,Y ve Z koordinatları ard arda kaydedilir.
- Takım uç koordinatları için ilave işlemler (son işlemci) tezgaha özel manyetik kodları ve formatı oluşturur.

Bir APT işlemcisi, kesici yolunu yorumlar ve hesaplar, son işlemci kesici yolunu tezgah tarafından kabul edilebilir bir formata dönüştürür. APT dili içinde 5 anlatım vardır.

1. Tanımlama anlatımları: özel projeyi tanımlar
2. Geometri anlatımları: scalar veya geometrik büyüklükleri tanımlarlar
3. Hareket anlatımları: Bunlar kesici yolunu tanımlar (GOLFT gibi)
4. Sonişlemci anlatımları :ilerleme, hız,soğutma suyu açık/kapalı gibi işleme parametrelerini tanımlar
5. Yardımcı anlatımlar: Takım tezgahları fonksiyonlarına yardımcı olan takımların, parçanın, toleransların tanımlanmasını içerir

Yukarıdaki anlatım şekilleri ile APT dilinde, parça tanımlaması, işleme özellikleri ve işleme planı elde edilir.

Parça Tanımlaması: Üretimi yapılacak parçanın fiziksel tanımını oluşturan geometrik elemanları içerir. Herhangi bir SD dilini kullanmanın amacı, tasarım özelliklerini işleme planına dönüştürmektir. Geometrik elemanlar, parçanın tasarım özelliği değildir. Bunlar daha çok, imalat planı-örneğin;işleme rorerans noktası, delinen deliklerin merkez noktaları- ile ilgili anahtar özellikleri tanımlar.

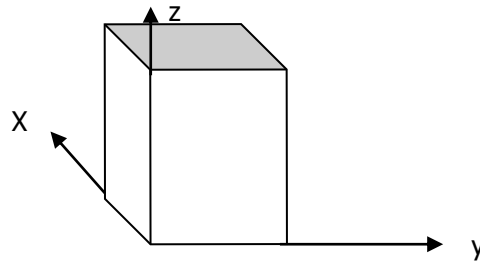
İşleme Özelliği: Her tezgahın işleme karakteristiklerine göre farklılıkları olduğu için işleme, ortamına göre tanımlanmalıdır. İşleme özelliği yardımcı ve son işlemci deyimleri şeklinde iki sınıfa ayrılmaktadır.

İşleme Planı: Parçaların işlenmesinde kesici hareketlerinin nasıl kontrol edileceği ile ilgilidir. Bu hareketle, parça tanımlamasında belirlenmiş parça geometrisine bağlı olarak kontrol edilir.

APT dilinde bazı temel geometri ve hareket anlatımları aşağıda açıklanmıştır.

5.2.1 Geometri Anlatımları

Geometri anlatımları, noktalar, doğrular ve eğriler gibi temel geometrik büyüklükleri tanımlamak için kullanılırlar. Parça geometrisi Şekil 5.2 'de görüldüğü gibi dik koordinat sistemine göre tanımlanır.



Şekil 5.2 X,Y ve Z kartezyen koordinat sistemi

Noktalar: Bir nokta aşağıda belirtilen şekillerde tanımlanabilir.

1- X, Y ve Z koordinatlarına göre tanımlama:

$$p_1 = \text{POINT}/x, y, z$$

2- İki doğrunun kesişmesi şeklinde tanımlama (Şekil 5.3-a)

$$p_2 = \text{POINT}/l_1, l_2$$

3- Bir Çemberin Merkezi olarak tanımlama (Şekil 5.3-b, P3 noktası)

$$p_3 = \text{POINT}/\text{CENTER}, c_1$$

4- Bir Çember ve Doğrunun kesişimi şeklinde tanımlama: Dört tanımlayıcıdan biri (YSMALL, YLARGE, XSMALL, XLARGE) çemberi kesen çizginin muhtemel iki noktasını bir birinden ayırt etmek için kullanılır. Tanımlayıcı, bir noktanın diğerine göre yerini x veya Y eksen konumuna göre verir.

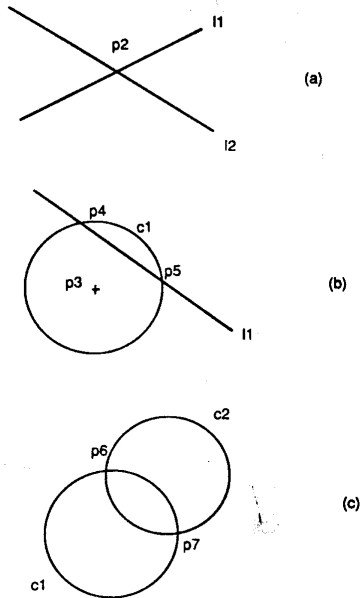
$$p_4 = \text{POINT}/\text{YLARGE}, \text{INTOF}, l_1, c_1$$

$$p_5 = \text{POINT}/\text{XLARGE}, \text{INTOF}, l_1, c_1$$

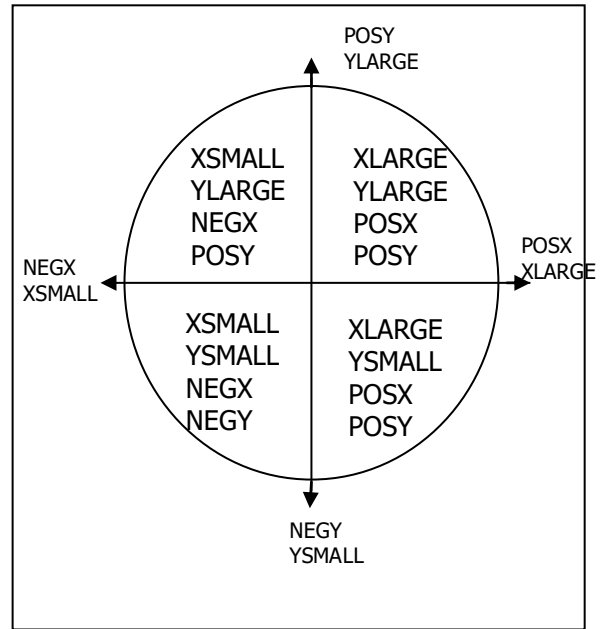
5-İki çemberin kesişim noktaları şeklinde tanımlama: Çizgi ile çemberin kesişme noktasının tanımlamasının benzeridir.

$$p_6 = \text{POINT}/\text{YLARGE}, \text{INTOF}, c_1, c_2$$

$$p_7 = \text{POINT}/\text{XLARGE}, \text{INTOF}, c_1, c_2$$



Şekil 5.3 Nokta anlatımları

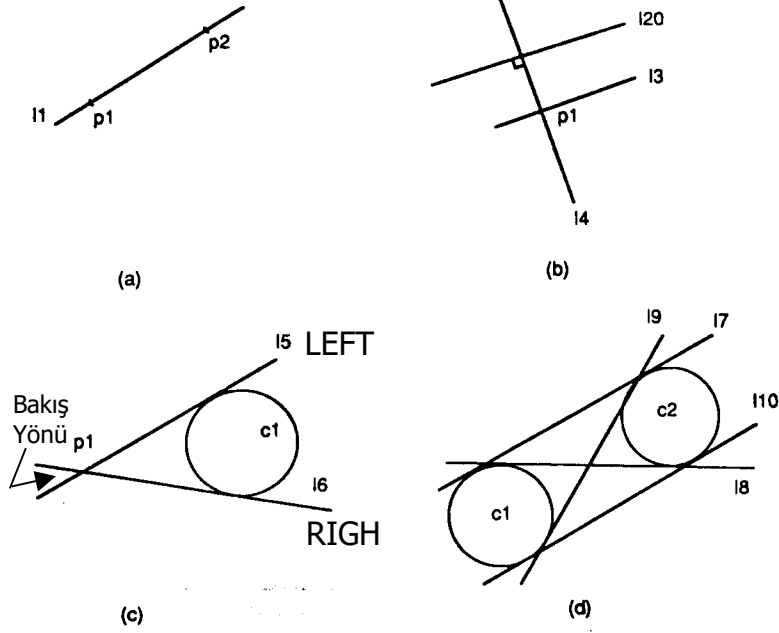


Şekil 5.4 XY düzleminde Doğrultu değiştirici seçimi

Çizgiler: Bir çizgiyi tanımlamak için bir çok farklı yol vardır. Burada şekil 5.5 'de verilen tanımlamalar yapılacaktır.

1-Koordinatları tanımlanan iki noktanın birleştirilmesi bir çizgiyi tanımlar

$$l_1 = \text{LINE}/x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2$$



Şekil 5.5 Çizgi anlatımları

2- Önceden tanımlı iki noktanın birleştirilmesiyle çizgi elde edilir. (Şekil 5.5-a).

$$l_1 = \text{LINE}/p_1, p_2$$

3- Önceden tanımlı bir nokta ve bir çizgiye göre tanımlama (Şekil 5.5-b)

$$l_3 = \text{LINE}/p_1, \text{PARLEL}, l_{20} \text{ (} l_3, l_{20} \text{ ile paralel)}$$

$$l_4 = \text{LINE}/p_1, \text{PERPTO}, l_{20} \text{ (} l_4, l_{20} \text{ ile dik)}$$

4- Bir nokta ve bir çember ile çizgi tanımlaması (Şekil 5.5-c)

$$l_5 = \text{LINE}/p_1, \text{LEFT}, \text{TANTO}, c_1$$

$$l_6 = \text{LINE}/p_1, \text{RIGHT}, \text{TANTO}, c_1$$

5- İki çember ile çizgi tanımlama (Şekil 5.5-d)

$$l_7 = \text{LINE}/\text{LEFT}, \text{TANTO}, c_1, \text{LEFT}, \text{TANTO}, c_2$$

$$l_8 = \text{LINE}/\text{LEFT}, \text{TANTO}, c_1, \text{RIGHT}, \text{TANTO}, c_2$$

$$l_9 = \text{LINE}/\text{RIGHT}, \text{TANTO}, c_1, \text{LEFT}, \text{TANTO}, c_2$$

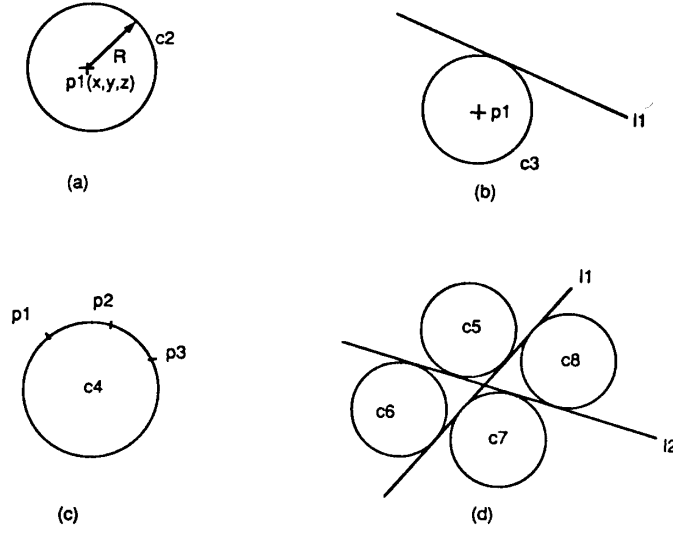
$$l_{10} = \text{LINE}/\text{RIGHT}, \text{TANTO}, c_1, \text{RIGHT}, \text{TANTO}, c_2$$

Çemberler:

1- Çemberin merkez noktasının x,y ve z koordinatları ve çember yarıçapı çemberi tanımlar. (Şekil 5.6-a)

$$c_1 = \text{CIRCLE}/x, y, z, R$$

2- Önceden tanımlanmış merkez noktası ve çemberin yarıçapı ile çember tanımı yapılabilir. (Şekil 5.6-a)



Şekil 5.6 Çember anlatımlar

$$c_2 = \text{CIRCLE/CENTER}, p_1, \text{RADIUS}, R$$

3- Çemberin, bir nokta ve çizgi ile tanımlanması (Şekil 5.6-b)

$$c_3 = \text{CIRCLE}/p_1, \text{TANTO}, l_1$$

4- Çemberin üç nokta ile tanımlanması (Şekil 5.6-c)

$$c_4 = \text{CIRCLE}/p_1, p_2, p_3$$

5- İki çizgi ve bir yarıçap değeri ile çember tanımı.

$$c = \text{CIRCLE} / \left\{ \begin{array}{l} \text{XSMALL} \\ \text{XLARGE} \\ \text{YSMALL} \\ \text{YLARGE} \end{array} \right\}, l_1, \left\{ \begin{array}{l} \text{XSMALL} \\ \text{XLARGE} \\ \text{YSMALL} \\ \text{YLARGE} \end{array} \right\}, l_2, \text{RADIUS}, R_1$$

Yukarıda verilen genel kullanım şekli ayrı ayrı yazıldığında aynı veya farklı çapta 4 çember çizilebilir.

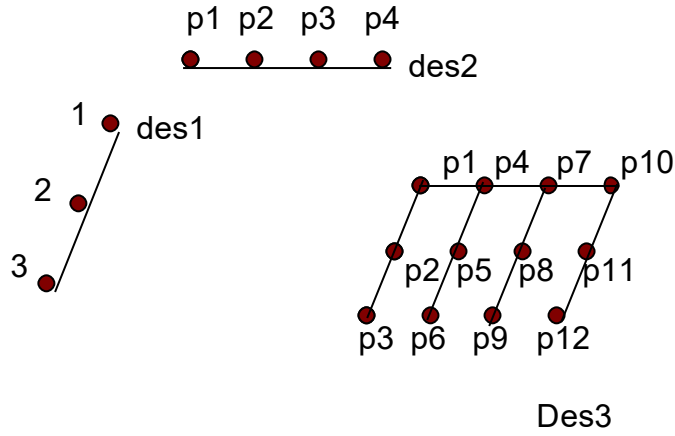
$$c_5 = \text{CIRCEL/XLARGE}, l_1, \text{YLARGE}, l_2, \text{RADIUS}, 1.25$$

Desen Oluşturma (Kopya Çıkarma):

1- Bu komutun kullanımıyla, başlangıç ve bitiş noktaları arasında belirtilen (n-2) sayıda nokta oluşturulur (Şekil 5.7).

$$\langle \text{Sembol} \rangle = \text{PATTERN/LINEAR}, \langle \text{başlangıç} \rangle, \langle \text{son} \rangle, n$$

PATTERN/LINEAR, p1, p4, 4 (P2 ve P4 noktaları arasında (4-2) nokta daha



Şekil 5.7 Copy ile şekillenen ızgara deseni desen oluşturma

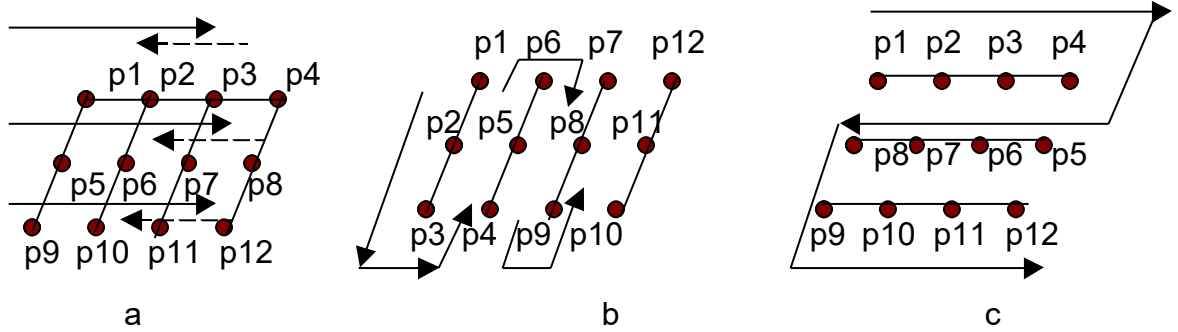
2-Noktalara ait Izgara Oluşturma: COPY değiştiricisi kullanılarak oluşturulabilir.

<Sembol>=PATTERN/COPY,DES1,ON,DES2

des3=PATTERN/COPY,Des1,on,des2

Burada konumlandırılan noktaların sac levha üzerine delinecek deliklerin merkez noktaları olduğu varsayılırsa, desenin işleme sırası dikkate alınarak yapılması gerekir. Bu amaçla SAME ve UNLIKE terimleri kullanılır.

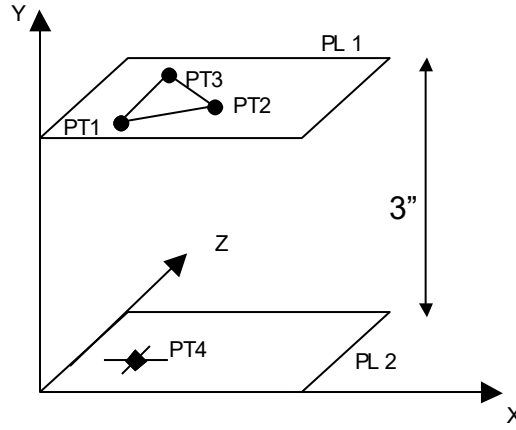
des3=PATTERN/COPY,Des1,on,des2,SAME (Şekil 5.8-a)
 des3= PATTERN/COPY,Des1, UNLIKE, ON, des2, (şekil 5.8-b)
 des3= PATTERN/COPY,Des1,ON, des2, UNLIKE (şekil 5.8-c)



Şekil 5.8 SAME ve UNLIKE değiştiricileriyle desen ve işlem sırası oluşturma

Düzlem:

APT dilinde PLANE olarak tanımlanmış olan, Düzlem tanımlamanın üç yolu Şekil 5.9 'da verilmiş olup, en genel kullanılan yöntem, bir doğru üzerinde olmayan üç nokta ile düzlem tanımlama yöntemidir. İkinci yöntem, önceden tanımlanmış bir düzleme paralel ve noktanın yeni düzlem içinde olması şeklindedir. Üçüncü yöntem ise, önceden tanımlanmış bir düzleme paralel olan ve eskisine göre yani düzlemin göreceli konumunu veren eksen değiştiricisi ile tanımlanmasıdır.



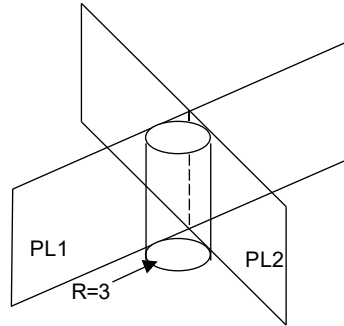
Şekil 5.9 Düzlem tanımlamaları

PL1=PLANE/p1,p2,p3
 PL2=PLANE/pt4,parlel,PL1
 PL2=PLANE/PARLEL,PL1,YSMALL,3.0

Silindir: (APT dilinde CYLNDR) silindir tanımlamanın birkaç yolundan biri, iki düzleme teğet geçirmektir. Silindir tanımlama için genel tanım aşağıda verilmiştir.

<sembol>=CYLNDR/<eksendeğiştirici>,TANTO,<ilkdüzlem>,<eksendeğiştirici>,TANTO,<ikindidüzlem>,RADIUS, <yarıçap>
 Eksen değiştiricisi, silindirin merkez noktasının düzlemin teğet noktasıyla ilişkisine bağlıdır.

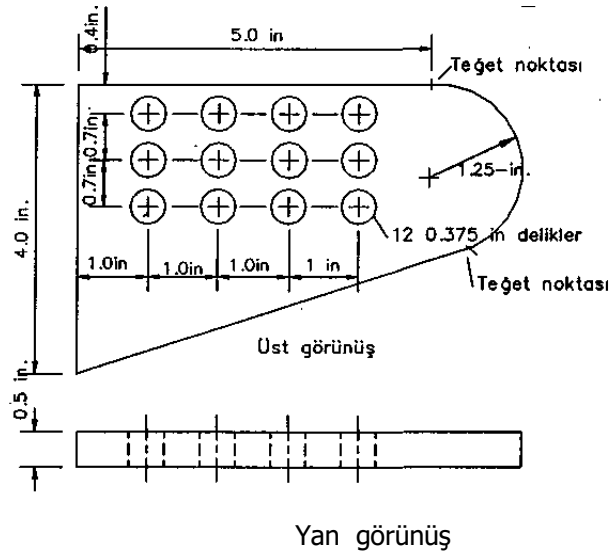
SLN1=CYLNDR/XLARGE,TANTO,PLN1,YSMALL,TANTO,PLN2,RADIUS,3.0
 SLN1=CYLNDR/XSMALL,TANTO,PLN2,XLARGE,TANTO,PLN1,RADIUS,3.0



Şekil 5.10 Silindirin APT dilinde tanımlanması

Geometri Örneği

Aşağıdaki şekilde üst görünüşü verilen sac parçasının dış profili frezelenerek ve üzerinde görülen delikler delinecektir. İmalatın yapılabilmesi için parça geometrisini tanımlayalım. Referans noktası olarak, Şekil 5.11 'de sol üst köşede (4,5,0) olarak gösterilen nokta alınacaktır. Üç deliğe, çizgiler ve çemberde olduğu gibi sembolik adlar verilmiştir. Tasarım geometrisi ve sembolik isimlerden faydalanılarak, Şekil 5.12'de gösterilen plan geometrisinin tam olarak tanımlanması yapılabilir.

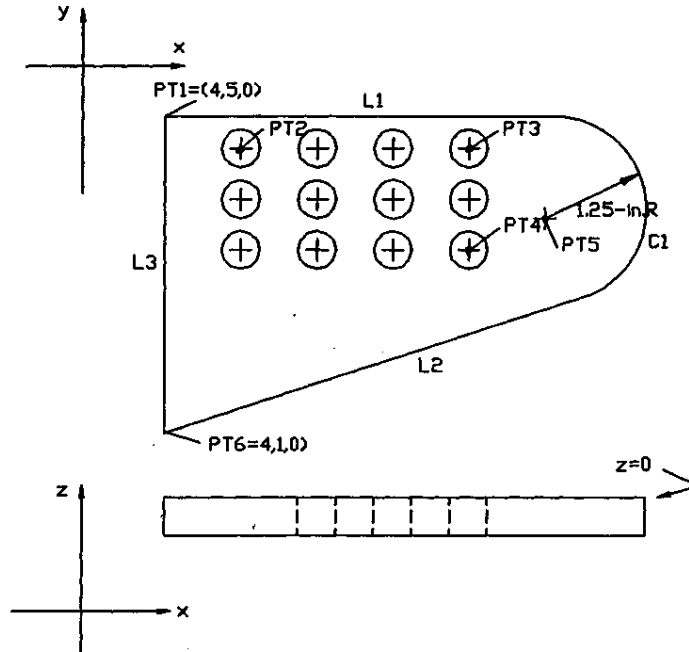


Şekil 5.11 Örnek parça

Parçanın üst ve alt yüzeylerini tanımlamak için iki düzlem verilmiştir. PTNS'deki <UNLIKE> değiştircisi, nokta üretimini aşağıdaki sıralamada olmaya zorlar.

1	6	7	12
2	5	8	11
3	4	9	10

Bundan dolayı, aynı kesici (Örneğin parmak freze) ile hem frezeleme hem de deliklerin işlenmesi yapılabilirse, frezelemeye PT1'de başlayabilir ve bitirebiliriz ve daha sonra delme işlemleri için yapılacak hareket yolu optimize edilebilir. şimdi APT'nin bu hareketi nasıl denetleyebileceğine bakalım.



Şekil 5.12 Sembollerle geometrik tanımlaması yapılan parça

Parçanın geometrik tanımı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

```

PT1=POINT/4,5,0
PT2=POINT/5,4.6,0
PT3=POINT/8,4.6,0
PT4=POINT/8,3.2,0
PT5=POINT/9,3.75,0
C1=CIRCLE/CENTER,PT5,RADIUS,1.25
PT6=POINT/4,1,0
L1=LINE/PT1,LEFT,TANTO,C1
L2=LINE/PT6,RIGHT,TANTO,C1
L3=LINE/PT1,PT6
PLAN1=PLANE/PT1,PT2,PT3
PLAN2=PLANE/PARLEL,PLAN1,ZSMALL,0.5
PTN1=PATTERN/LINEAR,PT2,PT3,4
PTN2=PATTERN/LINEAR,PT3,PT4,3
PTN3=PATTERN/COPY,PTN2,UNLIKE,ON,PTN1
Eğeri
PTN3= PATTERN/COPY,PTN2,ON,PTN1,UNLIKE

```

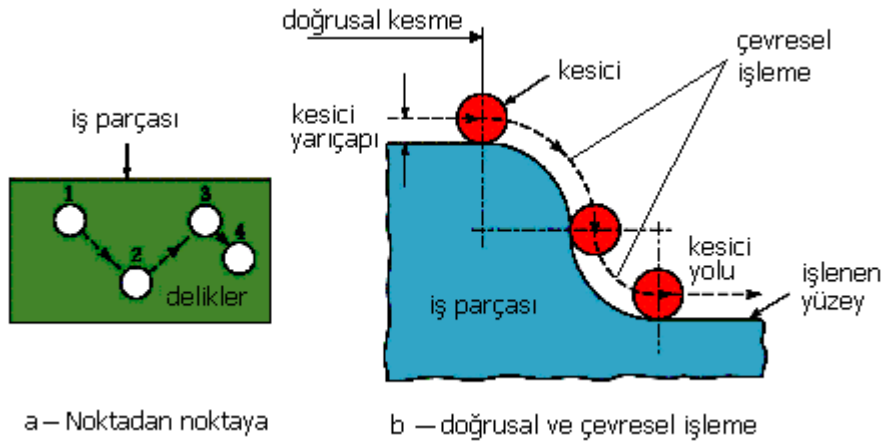
şeklinde yazılırsa, işleme sırası aşağıda görüldüğü şekilde olacaktır.

1	2	3	4
8	7	6	5
9	10	11	12

5.3 Hareket Anlatımları

Sayısal denetim için aşağıda isimleri verilen başlıca üç işleme yöntemi vardır.

- Noktadan noktaya
- Doğrusal kesme
- Çevresel işleme
-



Şekil 5.13 Temel takım hareketleri

Noktadan noktaya işlemeye, bir noktadaki imalat işlemini takiben kesicinin bir başka noktaya hızlı hareket etmesini gerektiren işlemlerde başvurulur. Böyle işlemlere örnek olarak delme, zımbalama verilebilir. Noktadan noktaya hareket, robotik uygulamalarındaki alma ve yerleştirmeye benzer. Doğrusal kesme, sadece temel bir eksen boyunca hareketin ifadesinde kullanılır. Testere ile kesme buna bir örnektir. Çevresel işleme, türbin kanatlarının işlenmesi gibi bir uygulamadaki karmaşık ve sürekli talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır.

APT, noktadan noktaya ve çevresel işlemeyle ilgili belirli hareket komutlarına sahiptir. Öncelikle noktadan noktaya sonra da çevresel işleme komutlarına değinilecektir.

NOKTADAN NOKTAYA (POINT-TO-POINT. PTP) Genellikle PTP ile kullanılan üç komut şunlardır:

FROM/<nokta yerleşimi>
GOTO/<nokta yerleşimi>
GODLTA/<koordinat artışları>

<nokta yerleşimi>; x, y ve z koordinatlarına göre tanımlanabilir veya son kısımda açıklandığı gibi önceden tanımlı bir sembol de olabilir.

FROM/, kesicinin başlama noktası olan nokta yerleşimini, o noktada bulunan takımın ucunu ifade eder. Başlangıç noktasından hedef noktasına hareket doğrusaldır.

GOTO/, istenen bir noktaya doğrusal bir şekilde hızlı hareketi tanımlar. Delme işlemlerinde matkabın bir delikten diğerine hareketi örnek verilebilir.

GODLTA/ kesicinin bulunduğu konumdan artışlı bir mesafe kadar hareket ettirilmesinde kullanılır. Örnek.

GODLTA/0,0,-0.5

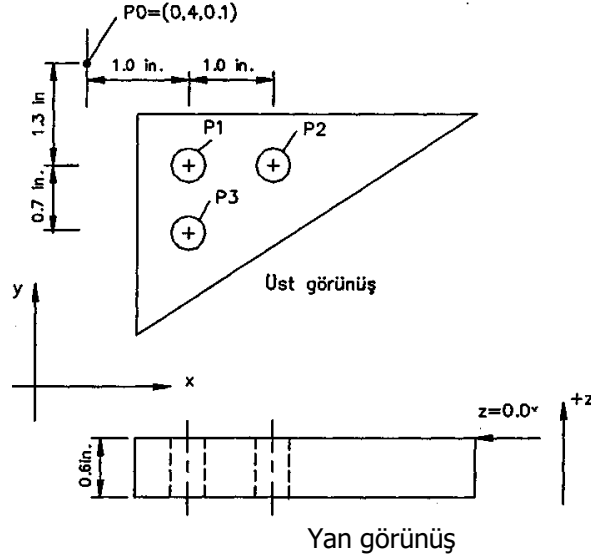
kesicinin, negatif z doğrultusu yönünde 0.5 inç (metrik sistemde çalışmadığı kabul ediliyor) doğrusal hareket ettirilmesine sebep olacaktır.

GODLTA hareketleri, doğrusal hareketlerdir. Şekil 5.13, 0.33 inç çapında üç deliği bulunan üçgen plakayı göstermektedir.

Park noktası (home point) P, takım parçaya yaklaştığı zaman takımla yüzey arasında açıklık olması için z=0.1 inç mesafeye sahiptir (parça yüzeyinde Z=0'dır). Bu nedenle, çemberlerin üç merkez noktası da 0.1 inçlik z eksen değeriinde,

P1=POINT/1.0,2.7,0.1
P2 = POINT/2.0,2.7,0.1
P3=POINT/1.0,2.0,0.1

verilmiştir.



Şekil 5.13 Noktadan noktaya örneği için parça

0.6 inç derinliğindeki deliklerin elde edilmesine olanak tanıyan hareket deyimleri aşağıdaki gibidir.

```

FROM/PO
GOTO/P1
GODLTA/0,0,-0.8
GODLTA/0,0,+0.8
GOTO/P2
GODLTA/0,0,-0.8
GODLTA/0,0,+0.8
GOTO/P3
GODLTA/0,0,-0.8
GODLTA/0,0,+0.8
GOTO/PO

```

Delmenin başlangıcında takımın, parça üzerinde 0.1 inç yukarıda olmasını ve takımın parça tabanını temizlemesini sağlamak için, hareketin derinliği 0.8'e ayarlanır.

Bu basit örnekten üç sonuç çıkartılabilir:

1. Döngü veya alt yordamın kullanımı, gidilecek birçok noktaya, noktadan noktaya hareketi büyük oranda kolaylaştıracaktır.
2. Önceki kısımda anlatılan PATTERN/ komutu birçok noktanın tanımlanmasını kolaylaştırırken bu noktalara GOTO/ ile erişim gerçeğe uygun değildir, çünkü genelde tüm noktalar için sembolik ad mevcut değildir.
3. İşlenecek parça malzemesi ve işlem cinsine bağlı olarak fener mili hızı (delme için dakikadaki devir sayısı) ve ilerleme hızı (dakikada in. veya mm.) gibi fonksiyonları denetlemek için, belirli yardımcı komutlar gerekli olacaktır.

3. sonuçta ifade edilen sakıncaları ortadan kaldırmak için yardımcı komutlar (işleme özellikleri ile ilgili) ilerideki bölümlerde açıklanacaktır. "Hazır çevrim" programlar kavramı 2. sonuçta sözü edilen problemi büyük oranda basitleştirebilir. Bu tip programlar, BSD kavramlarıyla ilgili olarak açıklanacaktır. Ancak, burada döngü ve makroların kullanımıyla böyle tekniklerin APT

programlamayı nasıl basitleştirdiğini göstermek için anlatılacaktır. Her iki yaklaşım da, hem noktadan noktaya hem de çevresel işleme için uygulanabilir.

MAKROLAR : En basit biçimiyle makro, verilen talimatlar sıralamasının yerini tutan tek bir bilgisayar talimatıdır. Talimatların sıralaması, bir programın farklı bölümlerinde birçok defa kullanılıyorsa, makro talimatı, her program bölümünde sıralamayı tekrar ettirir. Böyle bir talimat sıralaması aşağıdaki gibi olabilir:

```
GODLTA/0,0,-0.8
GODLTA/0,0,+0.8
```

Bu, sadece iki talimatın bir makro talimatı içinde yer alması gibi çok basit bir durumdur. Makro için APT biçimi:

```
<ad>=MACRO/<muhtemel parametreler>
<talimatların sıralaması>
TERMAC
```

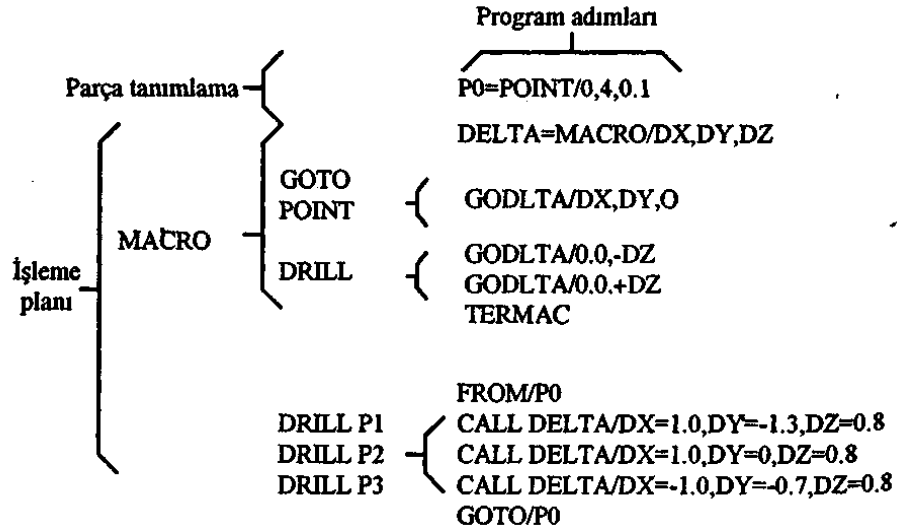
şeklindedir. Yukarıdaki basit makro için:

```
DELTA=MACRO GODLTA/0,0,-0.8
GODLTA/0,0,+0.8
TERMAC
```

yazılabilir. Makro, APT programı içinde (MACRO yazıldıktan sonra) istenilen her an: CALL makro adı (parametre listesi) yazılarak kullanılabilir. Örneğimizde bu :

CALL DELTA

şeklinde olmalıdır. Şekil 5.13'deki üç deliğin işlenmesi için gerekli APT programı, Şekil 5.14'deki gibi yazılabilir.



Şekil 5.14 Makrolu APT PTP programı

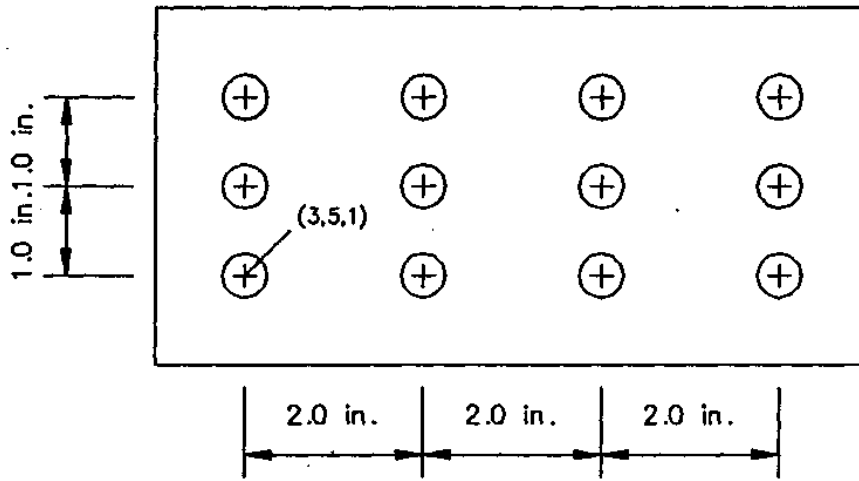
DÖNGÜ (LOOPING). APT'de döngülerin kullanımı, etkili bir programlama ile bir noktadan birçok noktaya gitme imkanı verir. Döngünün APT yapısı şöyledir.

RESERV/<dizi adı>,<dizideki max. değişken sayısı>
 LOOPST
 <döngü talimatları>
 LOOPND

RESERV deyimi, ihtiyaç duyulursa değişken dizi için bir boşluk ayırır.
 LOOPST ve LOOPND, döngünün başlangıç ve bitişini tanımlar.
 Diğer bir kullanışlı komut çifti IF ve JUMPTO 'dur.

1. IF <sayısal değer veya eşitlik> NEG,ZER,POS; negatif, sıfır veya pozitif olan sayısal sonuca bağlı olarak NEG, ZER, POS 'a atlanmasını söyler.
2. JUMPTO/<sembolik yerleşim>

Şekil 5.15 'deki 12 delik merkezi için, sembolik yerleşim atamak istediğimizi varsayalım. 12 noktanın tanımlanmasına izin veren APT döngüsü aşağıdaki gibi olabilir:



- (0.0.1) Park yerleşimi

Şekil 5.15 Örnek parça

```

RESERV/PNT,12
LOOPST
STARTY = 5.0
J = 1
5   I = 1
    STARTX = 3.0
    10  PNT(I) = POINT/STARTX,STARTY,I
    15  IF (I-4) 15,20,20
    20  I = I+1
    25  STARTX = STARTX + 2.0
    30  JUMPTO/10
    IF (J-3) 25,30,30
    J = J + 1
    STARTY = STARTY + 1.0
    JUMPTO/5
    LOOPND

```

12 nokta için yer ayrılıyor
 Döngü başlangıcı
 Y başlangıcı

X başlangıcı

Bir MACRO, LOOPST ve LOOPND arasına yerleştirilmeyebilir, ancak MACRO CALL 'lar yerleştirilebilir (MACRO CALL 'lar bir başka MACRO içinde yerleştirilebilir).

Bir örnek olarak, 0.5 in. derinliğinde Şekil 5.15'deki 12 deliğin delineceği kabul edilsin. Bunu yapan muhtemel bir APT programı, aşağıda verilmiştir. 12 nokta bir dizi olarak hazırlanmadığı gibi bu, gerekli de değildir. CALL makrosu, bir noktanın tanımlanması gibi yapılır. Orijinal döngüden PNT(I), dizi değerleri kullanıldıysa MACRO CALL:

CALL DRILL/PT = PNT(I), DZ = 0.7

şeklinde olabilir. I indeksi, 1 değerinden 12 değerine kadar sırayla artacaktır

```

DRILL = MACRO/PT.DZ
GOTO/PT
GODLTA/0,0,-DZ
GODLTA/0,0,DZ
TERMAC
FROM/0,0,1
LOOPST
STARTY=5
J=1
5      I=1
      STARTX=3.0
10     PNT=POINT/STARTX,STARTY, 1
      CALL DRILL/PT=PNT,DZ=0.7
      IF(I-4)15,20,20
15     STARTX=STARTX+2.0
      JUMPTO/10
20     IF (1-3)25,30,30
25     J=J+1
      STARTY=STARTY+1.0
      JUMPTO/5
30     LOOPND

```

Noktaları tanımlamak için PATTERN/ komutu ve o noktalardaki imalat işlemlerini yapmak için CYCLE/ komutunu kullanarak noktadan noktaya işlemler basitleştirilebilir. Örneği PTN3 olarak tanımlanmış bir noktalar serisi varsa:

CYCLE/DRILL <parametreler listesi>

GOTO/PTN3
CYCLE/OFF

yazılabilir. Parametreler listesi; delme derinliği (z), ilerleme hızı (f), fenermili hızı (i) hareket esnasında parçanın üstündeki aralık (c) vb. konulan içerir

Aynı yaklaşım;

CYCLE/DRILL;z,f,i,c

GOTO/P1

GOTO/P2

GOTO/P3

CYCLE/OFF

noktalarıyla kullanılabilir.

CYCLE/ genellikle delik büyültme, delme ve havsalama gibi işlemlerde z eksenindeki hareketler için kullanılır. Cep frezeleme gibi işlemlerde de kullanılabilir.

ÇEVRESEL İŞLEME (CONTOURING). İş parçasından üç boyutta sürekli talaş kaldırma için bilgisayar işleminin noktadan noktaya olana göre çok daha karmaşık olduğunu söylemek gereksizdir. Konu burada kısaca ele alınacaktır, ilgilenen okuyucular, daha fazla bilgi için teknik kaynaklara bakmalıdırlar.

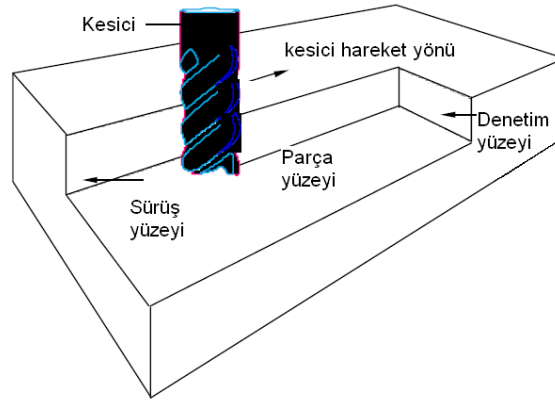
GOTO/, FROM/, ve GODLTA/ noktadan noktaya komutlarının tümü, bir konumdan bir sonrakine yapılan hareketi düz çizgi şeklinde olmaya zorlar. Çevresel işleme işlemleri, elbette hareket üzerinde böyle sınırlar getirmemektedir. Sonuç olarak APT, kesici hareketini her zaman denetlemek için üç yüzeyin tanımlanmasını gerektirir. Bu yüzeyler:

Parça yüzeyi: Kesici ucunun bindiği yüzeydir.

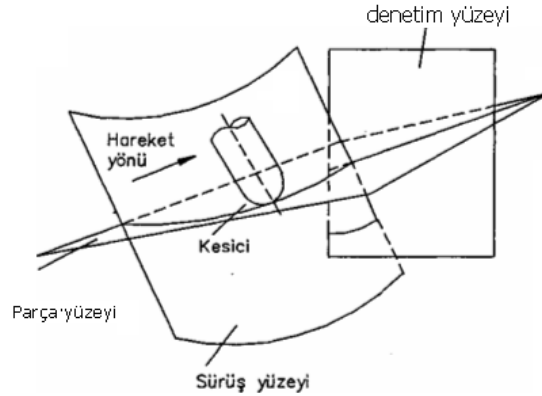
Sürüş yüzeyi: Takımın işleyen kenarına karşı olan yüzey: tipik olarak bu. frezeleme takımıyla kesilen gerçek parça kenarıdır.

Denetim yüzeyi: Güncel kesici hareketinin durduğu yüzeydir.

Tanımlanan yüzeylerin tümü, şematik olarak Şekil 5.16 'da gösterilmiştir. Bu üç yüzeye göre kesicinin yaptığı gerçek çevresel işleme, Şekil 5.17 'de tanımlanmıştır.



Şekil 5.16 Çevresel frezeleme için üç tanımlama yüzeyi

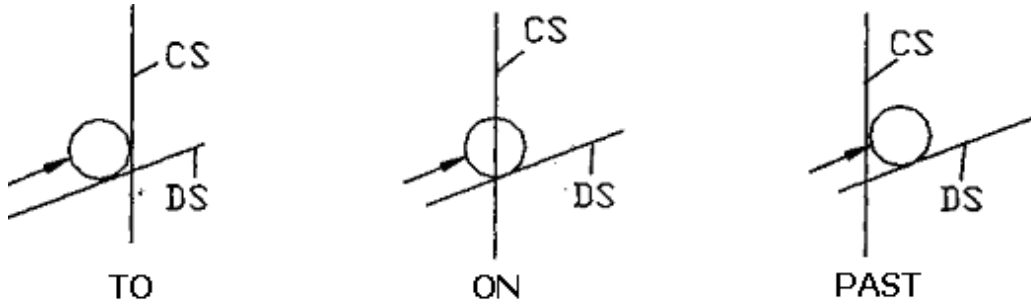


Şekil 5.17 Üç APT yüzeyli çevresel işleme.

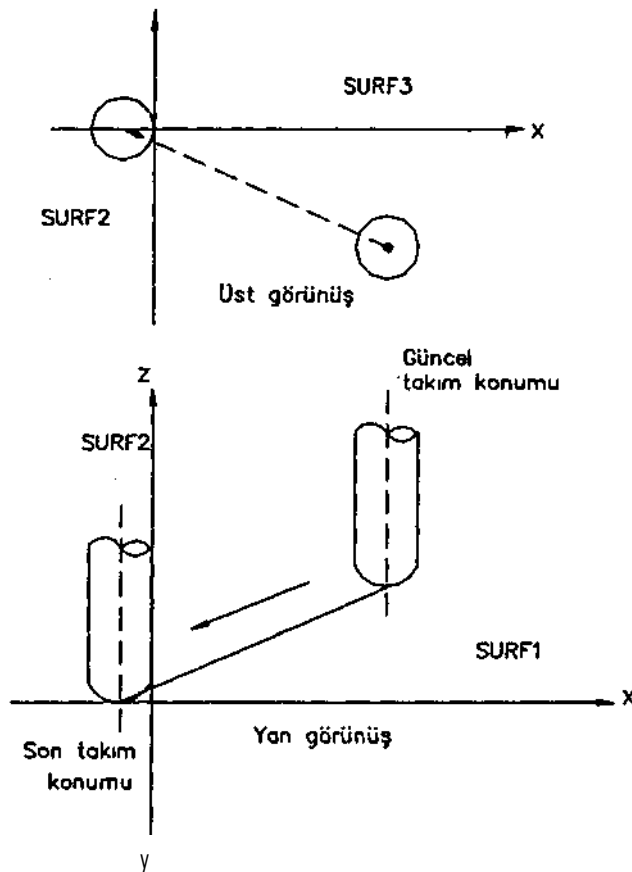
Yüzeye göre kesici takımın konumlanması için. GO yüzey komutuna ihtiyaç vardır.

$$GO/ \begin{bmatrix} TO \\ PAST \\ ON \end{bmatrix}, SÜRÜCÜ YÜZEYİ, \begin{bmatrix} TO \\ PAST \\ ON \end{bmatrix}, PARÇA YÜZEYİ, \begin{bmatrix} TO \\ PAST \\ ON \\ TANTO \end{bmatrix} DENETİM YÜZEYİ$$

Her zaman geçerli olmasa bile, bu üç yüzeyin tanımlanması gerektiğini varsayacağız. TO, PAST, ON ve TANTO değiştiricileri, belirli bir yüzeye göre kesicinin istenen yerleşimini gösterir. Örneğin; Şekil 5.18 'de gösterildiği gibi sürücü yüzey (DS) boyunca denetim yüzeyine (CS) doğru hareket eden kesici, muhtemel üç son yerleşim konumuna sahiptir. Tam bir GO yüzey komutu, Şekil 5.19 'da görülmektedir.



Şekil 5.18 TO, ON ve PAST değiştiricilerinin kullanımı,

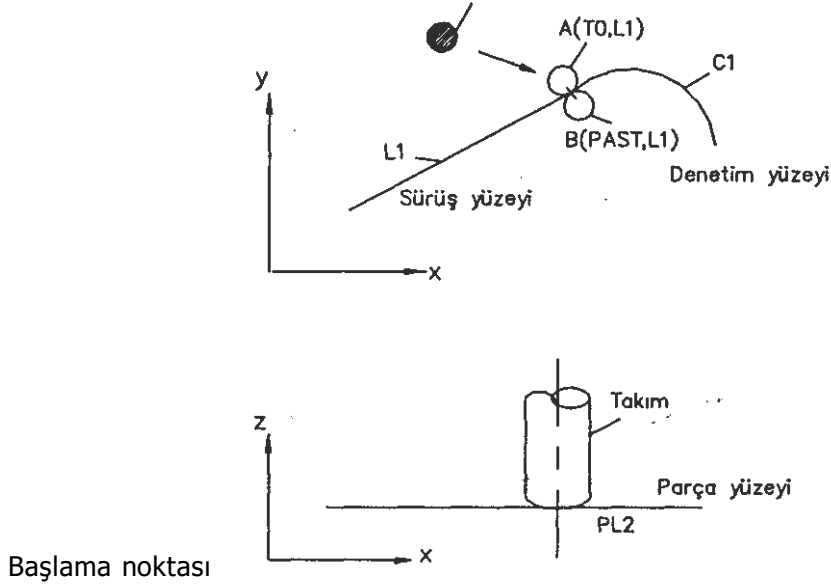


GO/PAST,SURF 2, TO, SURF 1, ON, SURF 3

Şekil 5.19. Çevresel işleme için tam GO/ komut örneği

TANTO değiştiricisi, sadece denetim yüzeyi ile bağlantılı olarak kullanılabilir. Şekil 5.20, *TANTO* ilişkilerini göstermektedir.

A: GO/TO,L1,TO,PL2,TANTO,C1
B: GO/PAST,L1,TO,PL2,TANTO,C1

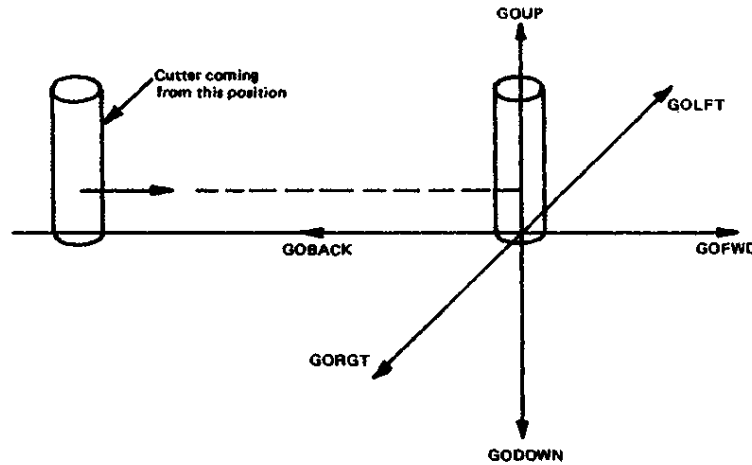


Şekil 5.20 TANTO tanımlayıcısının kullanımı

Daha önce de bahsedildiği gibi, birçok APT deyimi içinden birkaçı, konuya giriş olarak verildi. Örnek olarak, kesme anında kesicinin parçaya göre kaçık (offset) olup olmadığını görmek için değiştiricilere gerek vardır, böylece kesici kenarı, kesme yapar veya kesici noktası parça, üzerindedir.

Sonuç olarak, kesicinin üç denetim yüzeyine göre ilk konumunun yönelimi göz önünde bulundurulmuştur. Şimdi, önceki hareket yönüyle ilgili hareket komutları ele alınacaktır.

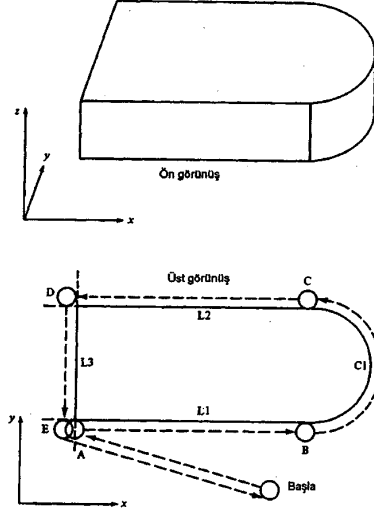
GOLFT/	Sürücü yüzey boyunca sola hareket et
GORGT/	Sürücü yüzey boyunca sağa hareket et
GOUP	Sürücü yüzey boyunca yukarı hareket et
GODOWN/	Sürücü yüzey boyunca aşağıya hareket et
GOFWD/	Teğet konumundan ileri doğru hareket et
GOBACK/	Teğet konumundan geriye doğru hareket et



Şekil 5.21 Kesici hareketlerinin tanımları

Örnek olarak Şekil 5.22'de gösterilen plakanın kenarını frezelemek için gerekli takım yolunu göz önünde bulunduralım. Gerekli kesici yolu:

START ->A->B->C->D->E-> START şeklindedir.



Şekil 5.22 Çevresel işleme örneği için iş parçası

Şekil 5.22 'deki çizgiler ve noktaların doğru olarak tanımlandığını ve plaka tabanının hemen altındaki parça yüzeyi için hayali bir düzleme (PL1) sahip olduğumuzu varsayalım. Buna göre kesicinin muhtemel hareket komutları aşağıdaki gibi olur.

```
FROM/START
GO/TO,L1,TO,PL1,ON,L3
GORG/L1,TANTO,C1
GOFWD/C1,TANTO,L2
GOFWD/L2,PAST,L3
GOLFT/L3,PAST,L1
GOTO/START
```

Örnekteki bazı önemli noktalara açıklık getirilmesinde fayda vardır. Hareket komutları, sürücü yüzeyi ve denetim yüzeyini içermektedir.

GORG/<sürücü yüzeyi>, <denetim yüzeyi>

Güncel parça yüzeyinde herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulursa, sadece parça yüzeyinin tanımlanması gerekir. Aynı zamanda GOBACK komutu, sadece B ve C teğet noktasından uygulanacaktır ve z ekseninde istenen bir değişiklik için GOUP ve GODOWN komutları gerekli olursa bu durumda parça yüzeyinin tanımlanması gerekecektir. - *

Toleranslar, soğutma sıvısı akışı, çevresel işleme, kaba ve son işlemede MACRO kullanımı, vb. ile ilgili cevaplanması gereken hâlâ birkaç soru vardır. Bunları birbirine ilişkilendirmek için önce işleme özellikleri ele alınacak ve daha sonra sunulan tüm kavranılan gösteren bir örnek ele alınacaktır.

5.4 İşleme Özellikleri

APT gibi işlemcilerin kullanımıyla ilgili büyük bir standardizasyonun başarılmasına rağmen böyle bir standardizasyon takım tezgahı donanımında açıkça görülmemektedir. Sonuç olarak APT programına belirli bir takım tezgahı için son işleme

yapılması gerekmektedir. Groover tarafından listesi yapılan son işlemci komutları şunlardır.

MACHIN/
COOLNT/
FEDRAT/
SPINDL/
TURRET/
END

Bu komutların, MACRO özellikleri içinde tanımlanması mümkündür.

MACHIN/, takım tezgahının belirtilmesi ve o takım için son işlemci çağrılmasında kullanılır:

MACHIN/DRILL,3 ile atölye içindeki 3. SD matkap tezgahı tanımlanabilir.

COOLNT/, soğutma sıvısının açılması veya kapatılmasını sağlar. Tipik değiştiriciler şunlardır.

COOLNT/MIST
COOLNT/FLOOD
COOLNT/OFF

FEDRAT/, parça yüzeyinde hareket eden kesici için ilerleme hızını dakikada mm veya inch cinsinden tanımlar:

FEDRAT/4.5

SPINDL/, fener milinin dakikadaki devir sayısı olarak dönme hızını verir:
SPINDL/850

TURRET/, otomatik kesici değiştiricisinden belirli bir kesiciyi çağırmak için kullanılabilir.

TURRET/11

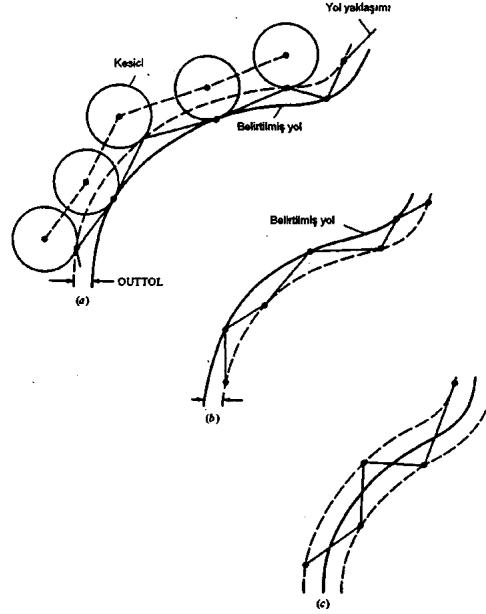
END, programa takım tezgahını durmaya zorlaması için sokuldu, böylece operatör elle muayene veya takım değiştirme yapabilir.

Groover tarafından yardımcı olarak adlandırılan diğer APT deyimleri, aşağıdaki faktörlerle belirlenebilir.

TOLERANS AYARI. Doğrusal olmayan hareket, düz-çizgi parçalarının bir araya getirilmesi ile elde edilir ve INTOL/ ile OUTTOL/ deyimleri, üretilen düz-çizgi parçalarının sayısını belirler. Bu durum, Şekil 5.23'de gösterilmiştir. Gerçek tolerans -sözelimi 0.001 in.- deyim içine;

INTOL/.0015
OUTTOL/.001

şeklinde yerleştirilir.



Şekil 5.23 INTOL ve OUTTOL özelliklerinin örnekleri : (d) sadece OUTTOL özelliği, (b) sadece INTOL özelliği, (c) INTOL ve OUTTOL'un birlikte kullanımı.

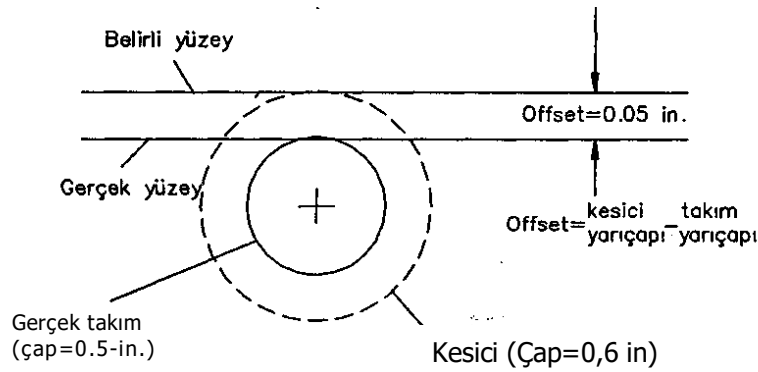
PARTNO parça programını tanımlar ve programın başına konur. CLPRINT kesici yerleşiminin bilgisi çıktısının istendiğini gösterir.

CUTTER, kaçıklık (offset) için kesici çapını belirler. Eğer frezeleme kesicisi 0.5 in. çapında ise ve

CUTTER/0.6

boyutlarında bir kesici takımımız var ise; bu durumda kesici, son pasoda Şekil 5.24'deki gibi 0.05 in kaçırılacaktır.

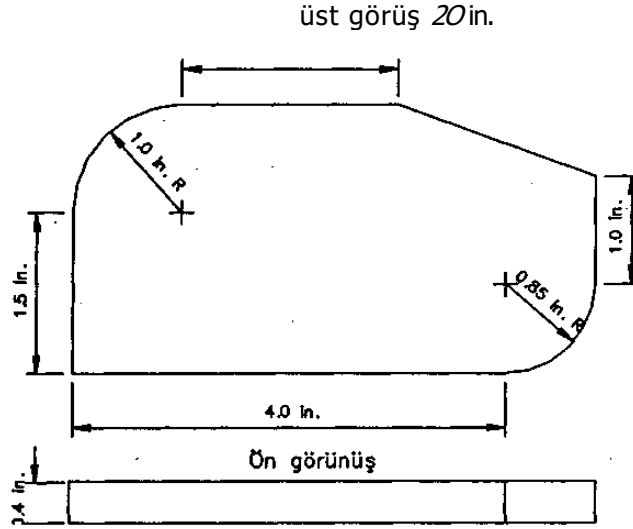
FINI, programın bitişini tanımlar



Şekil 5.24 Kaçıklık Ofsetleme için CUTTER/ komutunun kullanımı

5.5 APT Çevresel İşleme Örneği

MACRO'nun yanı sıra son işleme deyimlerinin kullanıldığı çevresel işleme örneğine bakalım. Bunun için, Şekil 5.25'deki parça göz önünde bulundurulabilir.



Şekil 5.25 APT çevresel frezeleme için basit bir örnek

Bu parçanın dış profili, iki pasoda ölçüye getirilecektir. Kaba paso olan birinci paso, son ölçüye 0.01 in. kalıncaya kadar işleme yapacak, son pasoda da gerçek ölçüye getirilecektir. Bazı işleme özellikleri ile ilgili bilgiler aşağıdadır.

	Fener mili deviri	İlerleme hızı	Soğutma sıvısı	Kesicinin döner başlıktaki yeri
1. PASO	600	3.0	Tam(Full)	4
2. PASO	900	2.0	Tam(Full)	6

Şekil 5.26 'da tanımlanan geometrik öğeler ile APT geometrik verisi yazılabilir. Kesicinin park (home) konumu.

$$P0=(0,0,1.1)$$

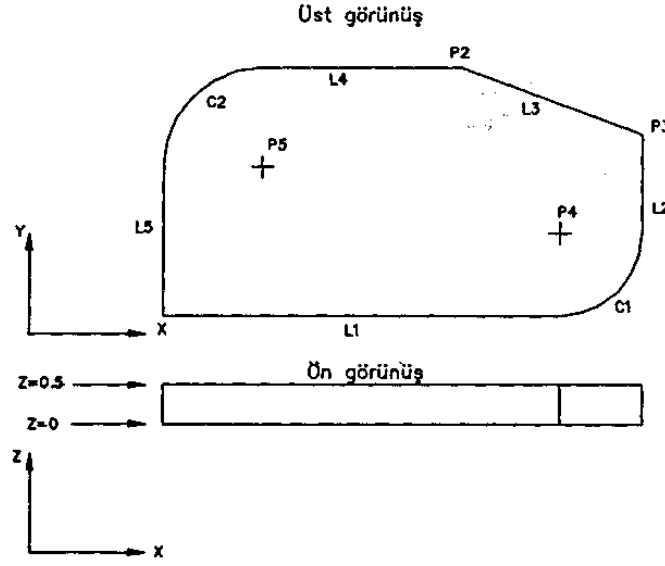
olarak kabul edilir. Parçanın sol alt köşesi de;

$$P1=(1,1,0.5)$$

olarak verilmiştir.

0.0 lık z değeri kenar frezeleme olduğu zaman frezeleme kesicisi tabanının, parça tabanından aşağıdadır. Eğri şekli verilmiş kısımlar için dış tolerans, keyfi şekilde 0.0015 olarak verilmiştir, iç tolerans belirtilmemiştir. Program ile ilgili bir kaç nokta:

1. PL2, PL1'in 1/2 inç. altında (YSMALL değiştiricisi içinde) tanımlanır ve bu, konum için sürücü yüzeyi biçimlendirecektir.
2. Aşağıdaki iki hareket komutu:



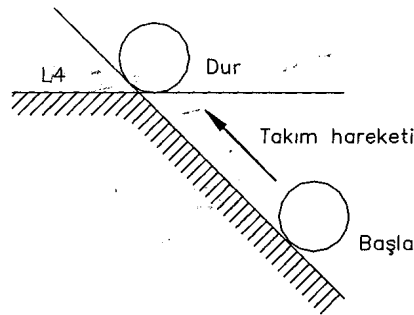
Şekil 3.5.26 Parça tanımlama bilgileri

GOLFT/L3,PAST,L4
GOFWD/L4,TANTO,C2

uyumsuz gibi görülebilir. GOFWD, L4 sürücü yüzeyi boyunca GOLFT'nin yerine kullanılır. Çünkü açı değişimi, 45 dereceden daha küçüktür. L4, y ekseninde sağa doğru paralel bir sürücü gerektirseydi, bunun için GORGT/L4,... kullanılırdı.

3. Denetim yüzey değiştiricileri (TO, ON, PAST, TANTO), denetim ve sürücü yüzeylerin parça dış profilini bozmadığı kabullenmesine bağlı kalarak tanımlanır. Örneğin; aşağıda görüldüğü gibi L3 parçasının tam olarak frezelenmesine imkan verir.

GOFWD/L3,PAST,L4

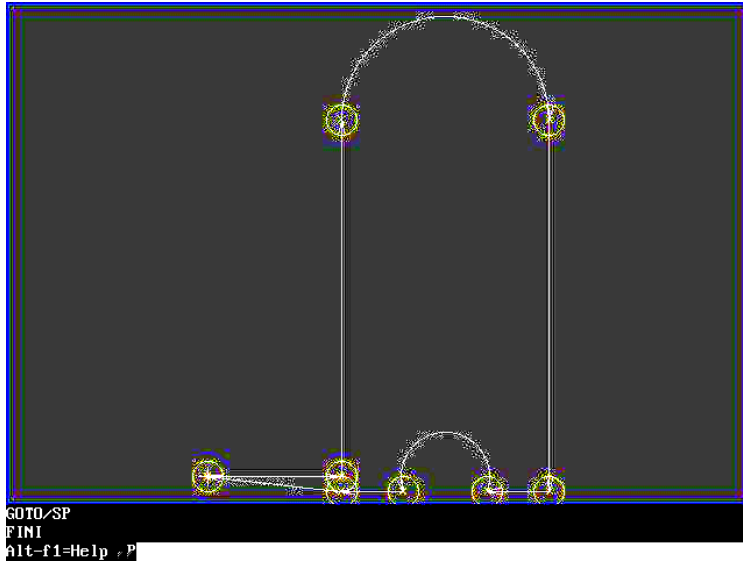


Şekil 5.27

4. Verilen APT deyimleri, bir çok APT işlemcisinde temsil edilir ve genelde ANSI APT standartlarına uyarlar. Ancak, bazı değişiklikler meydana gelecektir. Örnek olarak takım değiştiriciye bağlı olarak kesici bilgisi, bazen değiştirici yerleşimi ve kesici tanımlamasını içerecektir.

PARTNO	P1534	İşleme
	MACHIN/MILL,4 CLPRINT özellikleri	
	OUTTOL/0.0015	
P0	= POINT/0,0,U	
P1	= POINT/1,1,0.5	
P2	= POINT/4,3.5,0.5	
P3	= POINT/5.85,2.85,0.5 -'	
PL1	' = PLANE/P1,P2,P3	
PL2	= PLANE/PARLEL,PL1,YSMALL,0.5	
P4	= POINT/5,1.85,0.5	
P5	= POINT/2,2.5,0.5	
C1	= CIRCLE/CENTER,P4,RADIUS,0.85	
C2	= CIRCLE/CENTER,P5,RADIÜS, I .0	
L1	= LINE/P1,RIGHT,TANTO,C1	
L2	= LINE/P3,LEFT,TANTO,C1	
L3	= LINE/P2,"P3	
L4	= LINE/P2,RIGHT,TANTO,C2	
L5	= LINE/P1,LEFT,TANTO,C2	
MILLS	= MACRO/CUT,SSP,FRT,CLT	Frezeleme için makro
	CUTTER/CUT FEDRAT/FRT SPINDL/SSP COOLNT/CLT FROM/PO	
	GO/TO,L1,TO,PL2,TO,L5	
	GORGTL1,TANTO,C1	
	GOFWD/C I ,TANTO,L2	
	GOFWD/L2,PAST,L3	
	GOLFT/L3,PAST,L4	
	GOFWD/L4,TANTO,C2	
	GOFWD/C2,TANTO,L5	
	GOFWD/L5,PAST,L1 COOLNT/OFF	
	GOTO/PO	İşleme özellikleri ve işleme planı
	TERMAC	
	TURRET/4 CALL/MILLS,CUT=0.52,SSP=600,FRT=3.0,CLT=FULL	
	TURRET/6	
	CALL/MILLS,CUT=0.5,SSP=900,FRT=2.0,CLT=FULL	
	SPINDL/0	
	END	
	FINI	

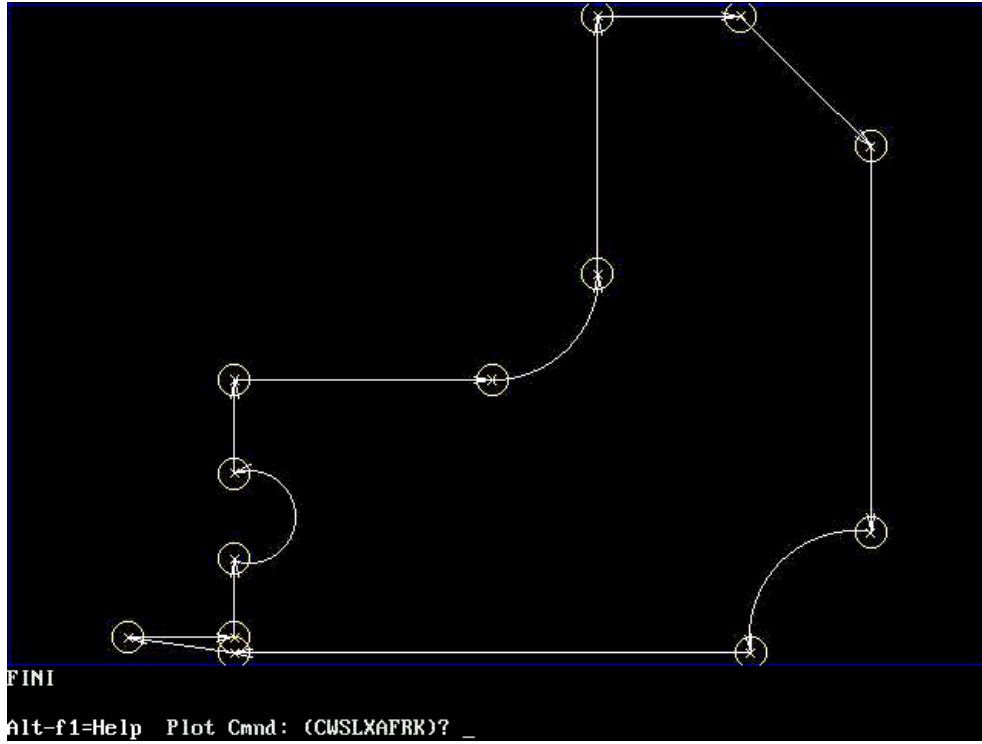
5.6 APT Program örnekleri



Şekil 5.28 örnek parça

```

PARTNO MUSTARD CUTTER
CLPRNT
CUTTER/.25
INTOL/.010
OUTTOL/.010
REMARK SYMMETRY STATEMENTS FOLLOW
SP=POINT/0,0,0
PT1=POINT/2,0,0
PT2=POINT/2,3,0
C1=CIRCLE/CENTER,PT1,RADIUS,.5
C2=CIRCLE/CENTER,PT2,RADIUS,.75
L1=LINE/PT1,ATANGL,0
L2=LINE/PT2,PARLEL,L1
PT3=POINT/XSMALL,INTOF,L2,C2
PT4=POINT/XLARGE,INTOF,L2,C2
L3=LINE/PT3,PERPTO,L1
L4=LINE/PT4,PERPTO,L1
REMARK MOTION STATEMENTS FOLLOW
FROM/SP
GO/TO,L3
GOLFT/L3,TANTO,C2
GOFWD/C2,TANTO,L4
GOFWD/L4,PAST,L1
GORGT/L1,PAST,C1
GORGT/C1,PAST,2,INTOF,L1
GORGT/L1,PAST,L3
GOTO/SP
FINI
  
```



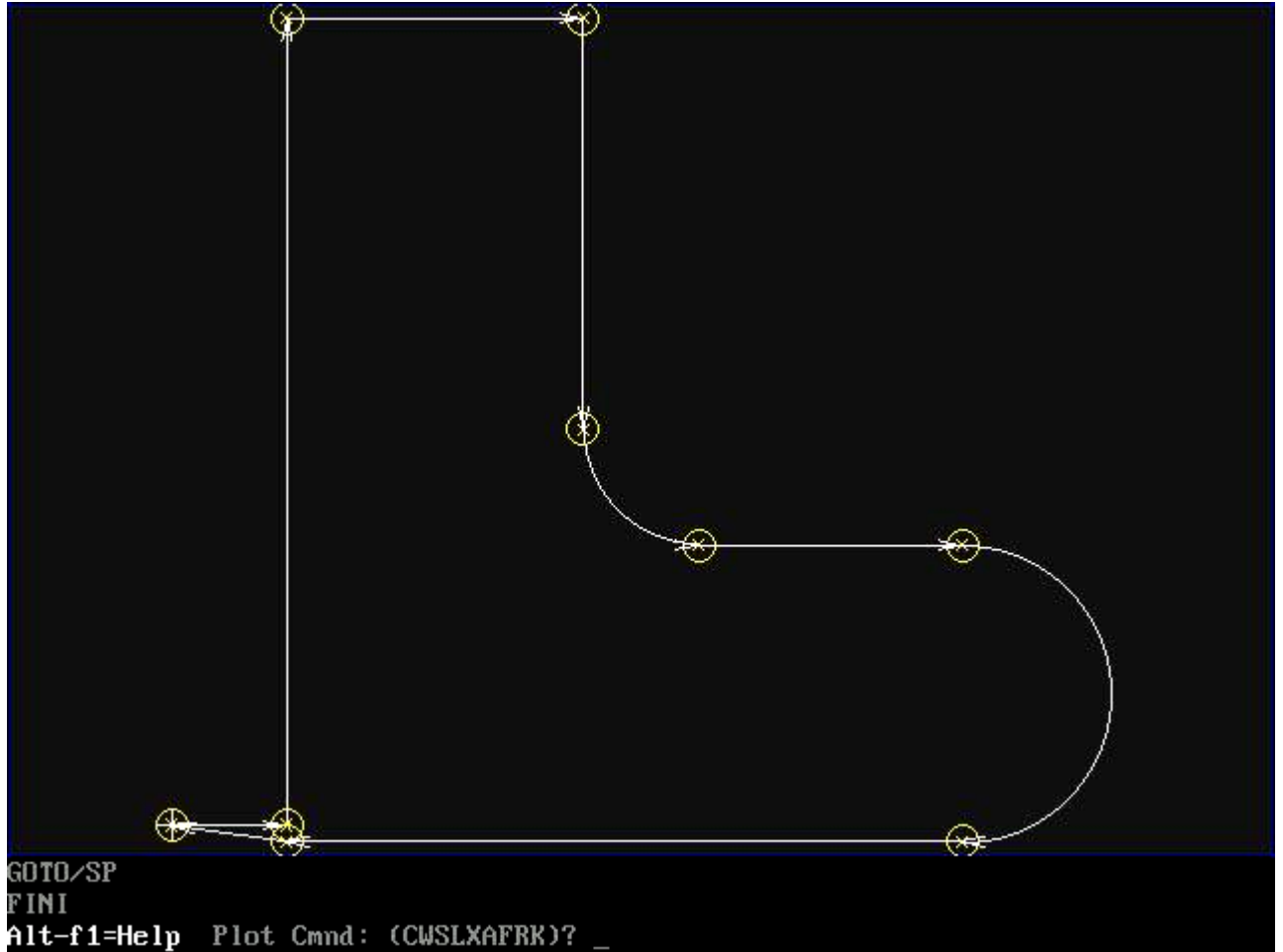
Şekil 5.29 örnek parça

```

PARTNO MUSTARD2
CLPRNT
CUTTER/.25
INTOL/.010
OUTTOL/.010
REMARK GEOMETRY STATEMENTS FOLLOW
SP=POINT/0,0,0
PT1=POINT/1,0,0
PT2=POINT/1,1,0
PT3=POINT/3,3,0
PT4=POINT/6,0,0
PT5=POINT/5,5,0
PT6=POINT/6,4,0
L1=LINE/PT1,ATANGL,0
L2=LINE/PARLEL,L1,YLARGE,2
L3=LINE/PARLEL,L1,YLARGE,5
L4=LINE/PT1,PERPTO,L1
L5=LINE/PARLEL,L4,XLARGE,5
L6=LINE/PT5,PT6
L7=LINE/PARLEL,L4,XLARGE,3
C1=CIRCLE/CENTER,PT2,RADIUS,.5
C2=CIRCLE/CENTER,PT3,RADIUS,1
C3=CIRCLE/CENTER,PT4,RADIUS,1
REMARK MOTION STATEMENTS FOLLOW
GO/TO,L4
GOLFT/L4,PAST,C1
GORG/C1,PAST,2,INTOF,L4
GORG/L4,PAST,L2
GORG/L2,TANTO,C2
GOFWD/C2,TANTO,L7
GOFWD/L7,PAST,L3

```

```
GORGT/L3,PAST,L6  
GOFWD/L6,PAST,L5  
GOFWD/L5,PAST,C3  
GORGT/C3,PAST,L1  
GORGT/L1,PAST,L4  
GOTO/SP  
FINI
```



Şekil 5.30 örnek parça

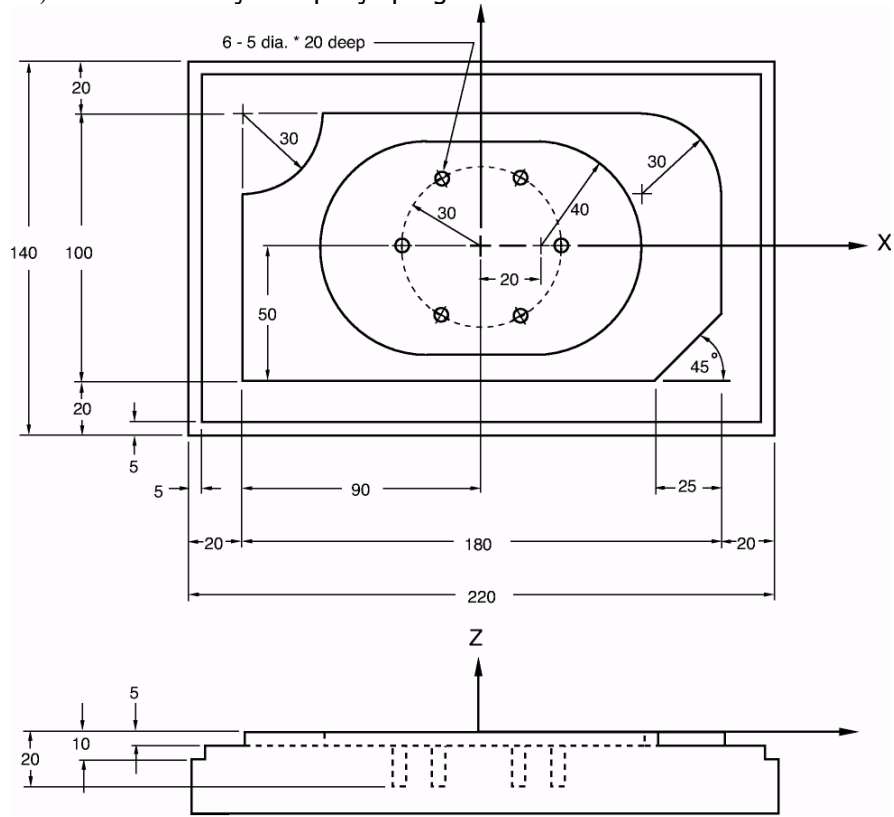
```
PARTNO FLAT PLATE2  
CLPRNT  
CUTTER/.25  
INTOL/.010  
OUTTOL/.010  
REMARK GEOMETRY STATEMENTS FOLLOW  
SP=POINT/0,0,0  
PT1=POINT/1,0,0  
PT2=POINT/1,6,0  
PT3=POINT/4,3,0  
PT4=POINT/6,1,0  
L1=LINE/PT1,ATANGL,0  
L2=LINE/PT1,PT2  
L3=LINE/PT2,PARLEL,L1  
L4=LINE/PT2,PARLEL,L2,XLARGE,2  
L5=LINE/PT1,PARLEL,L1,YLARGE,2  
C1=CIRCLE/CENTER,PT3,RADIUS,1  
C2=CIRCLE/CENTER,PT4,RADIUS,1
```

REMARK MOTION STATEMENTS FOLLOW

FROM/SP
GO/TO,L2
GOLFT/L2,PAST,L3
GORGT/L3,PAST,L4
GORGT/L4,TANTO,C1
GOFWD/C1,TANTO,L5
GOFWD/L5,TANTO,C2
GOFWD/C2,TANTO,L1
GOFWD/L1,PAST,L2
GOTO/SP
FINI

Örnek: Aşağıda verilen iş parçası önceki bölümde NC kodlarla işlenmişti. Bu örnekte ise APT programıyla işleme yapılacaktır. APT programı 5 alt parçaya bölünmüştür. Alt bölümler;

- 1) APT alın yüzey parça programı
- 2) APT Çevresel frezeleme parça programı
- 3) APT cep işleme parça programı
- 4) APT kenar kesme paçka programı
- 5) APT delik işleme parça programı



Şekil 5.31 Örnek iş parçası

Kullanılan takımlar

100 mm çaplı alın freze
5 mm çaplı.parmak freze
22 mm çaplı.parmak freze
5 mm çaplı.matkap

Birim:
mm

1) APT Alın Parça Programı

PARTNO FACING

REMARK(AÇIKLAMA) GEOMETRIC TANIMLAMA

REMARK POINT TO POINT PROG

SETPT= POINT/-170, -70, 100

P1 = POINT/-170, -70, 0

P2 = POINT/170, -70, 0

P3 = POINT/170, 0, 0

P4 = POINT/-170, 0, 0

P5 = POINT/-170, 70, 0

P6 = POINT/170, 70, 0

REMARK MOTION COMMAND

CUTTER/100

SPINDL/1200,CLW

FEDRAT/500 FROM/SETPT

GOTO/P1

P1 GOTO/P2

GOTO/P3

GOTO/P4

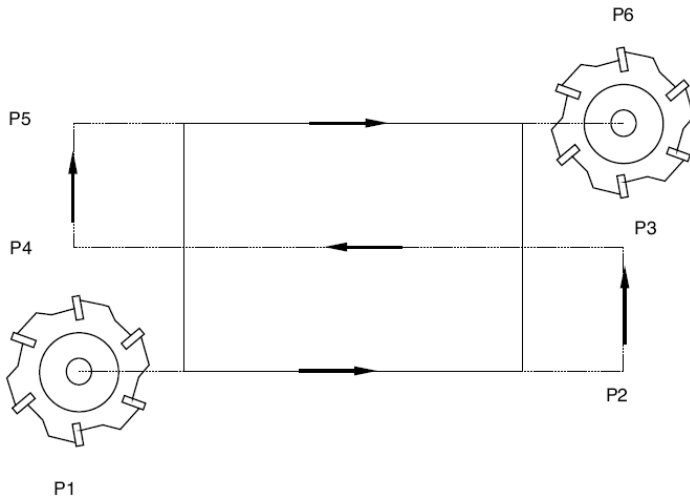
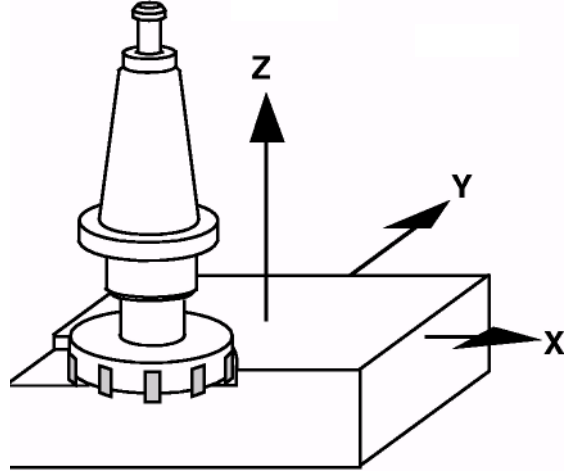
GOTO/P5

GOTO/P6

FEDRAT/2000

GOTO/SETPT

FINI



2) APT Çevresel işleme Programı

PARTNO Derin kenar kesme

REMARK GEOMETRIKTANIMLAR

REMARK SÜREKLİ PARÇA PRG

SETPT= POINT/-120, -75, 100

PA = POINT/-105, -65

PB = POINT/105, -65

PC = POINT/105, 65

PD = POINT/-105, 65

BASLIN = LINE/PA,PB

RITSID = LINE/PB,PC

TOPLIN = LINE/PC,PD

LFTSID = LINE/PD,PA

XYPLN =

PLANE/PA,PB,PC PSURF=

PLANE PARLEL,
XYPLN,ZSMALL,10

REMARK

MOTION COMMAND

CUTTER/20

SPINDL/1200,

CLW FEDRAT/500

FROM/SETPT

GO /TO,BASLIN,TO,PSURF, ON,
LFTSID

GO FWD/BASLIN,PAST,RITSID

GO LFT/RITSID,PAST,TOPLIN

GO LFT/TOPLIN, PAST, LFTSID

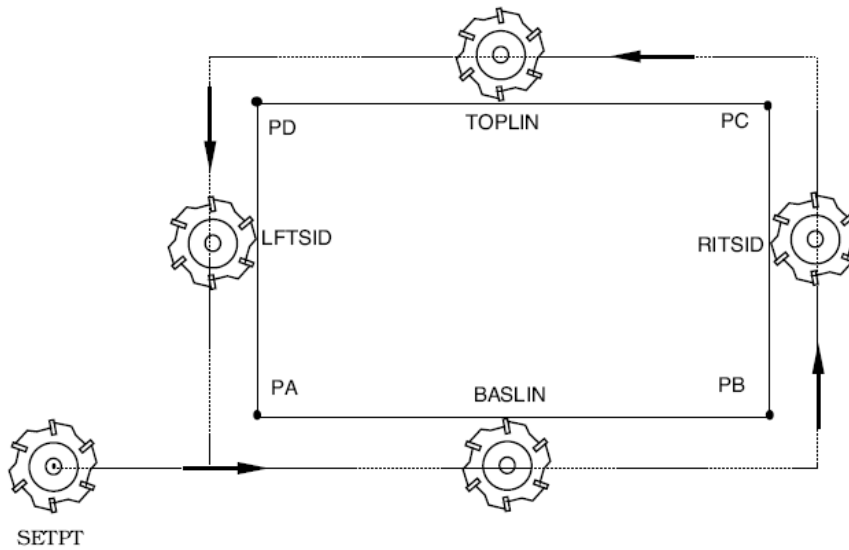
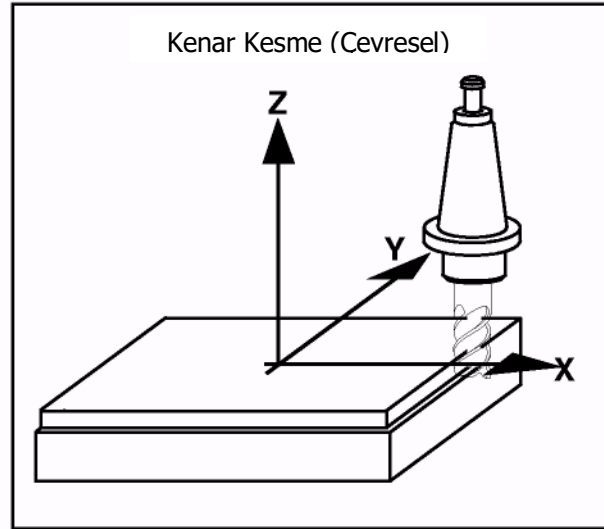
GO LFT/LFTSID,ON,BASLIN

FEDRAT/2000

GOTO/SETPT

STOP ;.....

FINI



3) APT Cep oluşturma Program

PARTNO POCKET

REMARK GEOMETRIC DEFINITION

SETPT = POINT/-20,-.95,100

S1 = POINT/-20,-.95,-5

s2= POINT/20,-.95,-5

s3= POINT/-20,.95,-5

s4= POINT/-20,-10.64,-5

s5= POINT/20,-10.64,-5

s6= POINT/-20,-30,-5

s7= POINT/20,-30,-5

C1=CIRCLE/20,0,-5,.95

L1=LINE/20,0,-5,20,.95,-5

C2=CIRCLE/-20,0,-5,.95

L2=LINE/-20,0,-5,S1

C3=CIRCLE/20,0,-5,10.64

L3=LINE/20,0,-5,20,10.64,-5

C4=CIRCLE/-20,0,-5,10.64

L4=LINE/-20,0,-5,-20,-10.64,-5

C5=CIRCLE/20,0,-5,30

L5=LINE/20,0,-5,20,30,-5

C6=CIRCLE/-20,0,-5,30

L6=LINE/-20,0,-5,-20,-30,-5

REMARK MOTION COMMAND

CUTTER/20 SPINDL/1200,CLW

INTOL/.1 OUTTOL/.1

FEDRAT/500.00

FROM/SETPT

GOTO/S1

GOTO/S2

AUTOPS

DNTCUT

GODLTA/0,-.01,0

GO/ON,C1

CUT

INDIRV/1,0,0

TLON,GOFWD/C1,ON,L1

GOTO/S3

AUTOPS

DNTCUT

GODLTA/-0,.01,0

GO/ON,C2

CUT

INDIRV/-1,-0,0 TLON,

GOFWD/C2,ON,L2

GOTO/S4

AUTOPS

DNTCUT

GODLTA/-0,.01,0

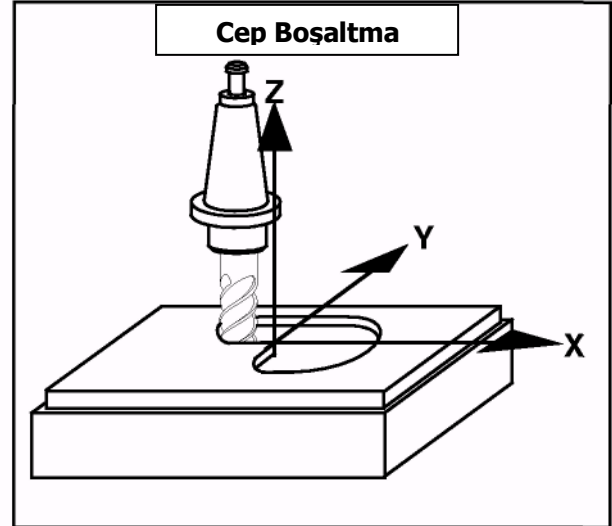
GO/ON,C4 CUT

INDIRV/-1,-0,0 TLON,GOFWD/C4,ON,L4

GOTO/S6 GOTO/S7 AUTOPS DNTCUT

GODLTA/-0,-.01,0

GO/ON,C5 CUT



```

INDIRV/1,-0,0 TLON,GOFWD/C5,ON,L5 GOTO/-
20,30,-5 AUTOPS DNTCUT
GODLTA/-0,.01,0
GO/ON,C6 CUT
INDIRV/-1,-0,0
TLON,GOFWD/C6,ON,L6 GOTO/SETPT
FINI

```

4) APT Çevresel frezeleme Programı

PARTNO SIDE CUT

REMARK GEOMETRIC DEFINITION

REMARK CONTINUOUS PART
PROGRAMING

PS = POINT/-110,-60, 100

PI = POINT/-90, -50

P2 = POINT/65, -50

P3 = POINT/90,-25

P4 = POINT/90,20

P5 = POINT/60,50

P6 = POINT/-60,50

P7 = POINT/-90,20

CTR1 = POINT/60,20

CTR2 = POINT/-90,50

CIRC1 = CIRCLE/CENTER, CTR1,
RADIUS, 30CIRC2 = CIRCLE/CENTER,CTR2,
RADIUS, 30

L1 = LINE/PI,P2

L2 = LINE/P2,P3

L3 = LINE/P3,P4

L5 = LINE/P5,P6

L7 = LINE/P7,P1

XYPLANE = PLANE/PI,P2,P3 ZSURF

= PLANE/PARLEL,XYPLANE, ZSMALL,5

REMARK MOTION COMMAND CUTTER/20

SPINDL/1200,CLW FEDRAT/500

FROM/SETPT

GO /TO,L1,TO,ZSURF,ON,L7

GO FWD/L1,PAST,L2

GO LFT/L2,PAST,L3

GO LFT/L3 ,TANTO, CIRC 1

GO LFT/CIRC1,TANTO,L5

GO FWD/L5,TANTO,CIRC2

GO LFT/CIRC2,PAST,L7

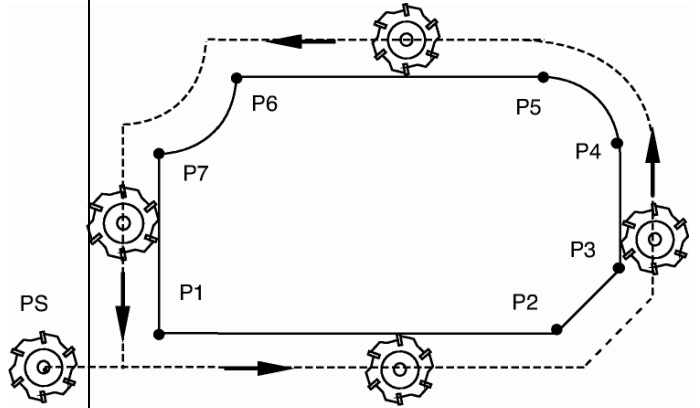
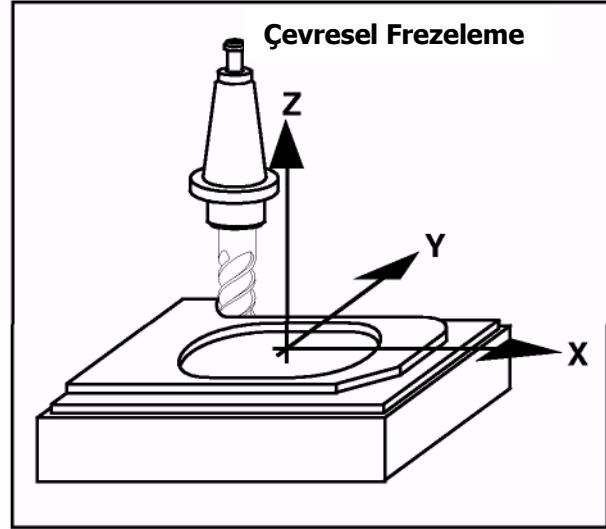
GO LFT/L7,PAST,L1

FEDRAT/2000

GOTO/SETPT

STOP

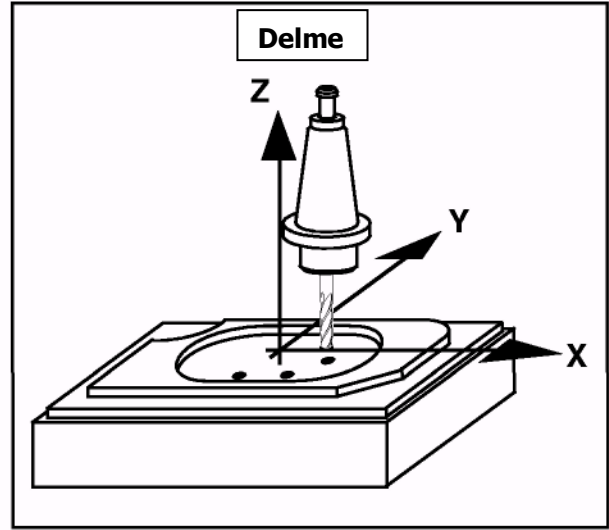
FINI



5) APT Delme programı

PARTNO 6 delik

```
CUTTER/5
SPINDL/2000,CLW
TOOLNO/small mill
FROM/0.0,0.0,20
CYCLE/DRILL,20.00,MMPR,500.00,
    TRAV,5.0
    GOTO/30,0,0.0
    GOTO/15,25.98,0.0
    GOTO/-15,25.98,0.0
    GOTO/-30,-0,0.0
    GOTO/-15,-25.98,0.0
    GOTO/15,-25.98,0.0
    CYCLE/OFF GOTO/0.0,0.0,20 STOP FINI
```



5.7 Diğer Parça Programlama Dilleri

APT gibi işlemciler, karmaşık parçaları işlemeye hazırlıktaki ağır ve sıkıcı işlerin çoğunu yok etmiştir. Bununla beraber, böyle diğer işlemcilerin insan/tezgah etkileşimindeki son söz olduğu sanılmamalıdır. Diğer yandan, son gelişmelerin APT'ye duyulan ihtiyacı yok ettiği söylenemez. Bu noktada karşımıza bilgisayarlı sayısal denetim (BSD) girmektedir.

AUTOSPOT (Automatic System for Positioning Tools) IBM tarafından geliştirilen 2D parça programlama dilidir. Bu dil sadece 2D işlemlerde noktadan noktaya harekete izin vermektedir. Delme delik genişletme işlemleri için kullanılabilir.

ADAPT (Adaptation of APT) daha küçük bilgisayarlar için ortak APT rutinlerini kullanan bir programdır. IBM tarafından Amerikan Hava Kuvvetleri için geliştirilmiştir. 2D işlemler ve bazı sınırlı 3D işlemler için kullanılabilir.

UNIAPT, United Computing Corporation of Carson,CA tarafından geliştirilmiştir. Küçük bilgisayarlar üzerinde APT ile tam uyumludur. Sadece işlemci mimarisi farklıdır.

EXAPT, Batı Almanyada 1964 yılında geliştirilmiştir.

COMPACT, Manufacturing Data Systems Inc. Tarafından geliştirilmiştir. Compact istemi, kendi dilindeki anlatımları makina kodlarına çevirdiğinden son işlemci evresini APT ile birlikte ortadan kaldırmıştır. En popüler programlama dillerinden biridir.

SPUT (Sundstrand Processing Language Internaly Translated) Sundstrand Corporation tarafından kendi takım tezgahlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. 5 eksenli pozisyonlama ve çevresel işleme yeteneklerine sahiptir. Program içinde sonişlemci vardır.

MAPT APT 'nin mikrobilgisayar versiyonudur. MAPT kullanarak imalat mühendisleri işlenecek parça tanımları, kesici takım hareketlerini ve parça işlenmesini gerektirecek işlemleri yapabilmektedirler. Bu dilde takım merkezi offseti otomatik olarak yapılmaktadır. 30 programlama yeteneğine sahiptir.

CADAM, CATIA, Computervision System,NC Programmer gibi CAD programlarından direkt olarak parça programları elde edilebilmektedir.

İnceleme

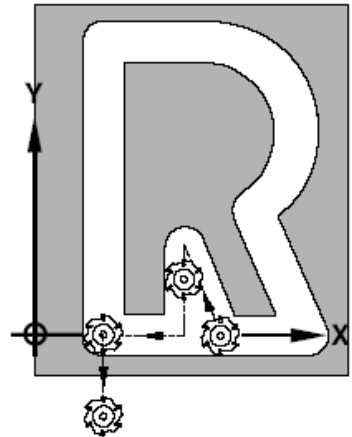
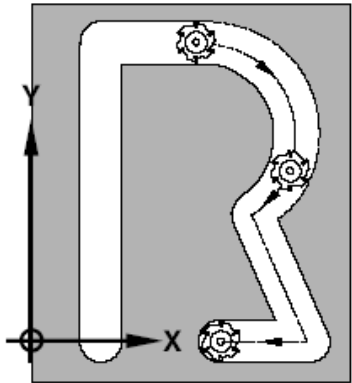
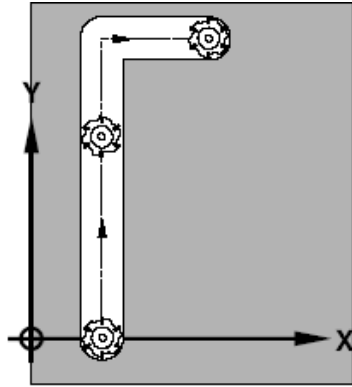
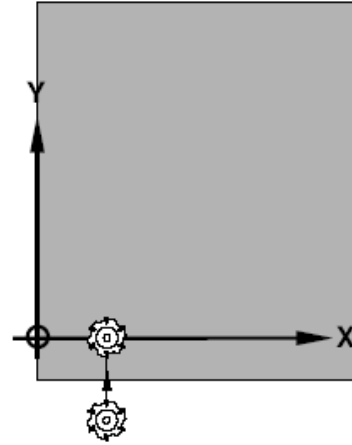
R harfinin yazılması için oluşturulan CLfile, aşağıda görülmektedir. Bir sonraki sayfada ise R harfinin işlenmesi için gerekli olan G kodları verilmiştir. Her iki programı inceleyiniz.

```
PARTNOTOOLPATHR
UNITS/MM
INTOL/0.03
OUTOL/0.03
FROM/35.00,-40.00,0.00
RAPID
GOTO/35.00,-40.00,25.40
RAPID
GOTO/35.00,-0.00,25.40
```

```
FEDRAT/254.00
GOTO/35.00,-0.00,11.63
GOTO/35.00,145.00,11.63
GOTO/85.00,35.00,11.63
```

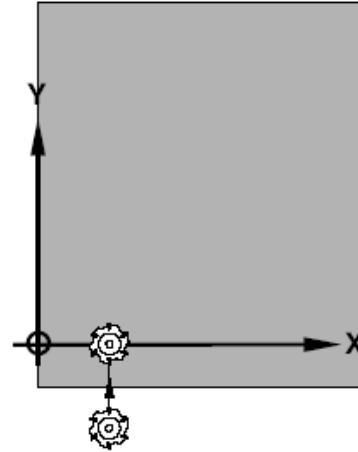
```
CIRCLE/85.00,100.00,11.63,0.00,0.00,1.00,45.00
GOTO/86.56,145.00,11.63
90.95,144.64,11.63
95.28,143.84,11.63
.
.
.
112.68,64.48,11.63
109.03,61.95,11.63
107.73,61.16,11.63
GOTO/135.53,0.00,11.63
GOTO/93.56,0.00,11.63
```

```
GOTO/75.00,40.83,11.63
GOTO/75.00,0.00,11.63
GOTO/35.00,-0.00,11.63
RAPID
GOTO/35.00,-0.00,25.40
RAPID
GOTO/35.00,-40.00,25.40
STOP
FINI
```

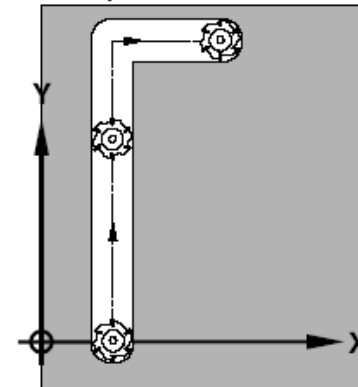


G- kodları

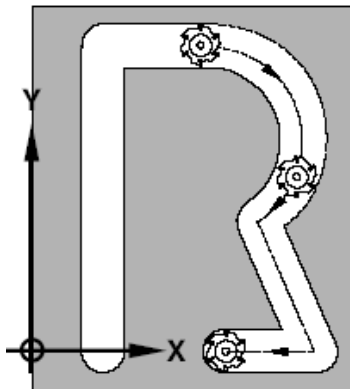
O0111;
G21;
G92 X 35.000 Y -40.000 Z 0.000;
G90;
G00 X 35.000 Y -40.000 Z 25.399
G00 X 35.000 Y 0.000 Z 25.399;



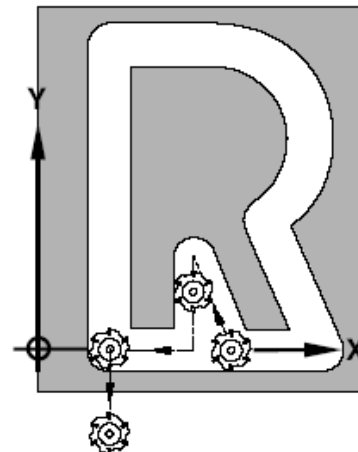
F 254.000 ;
G01 X 35.000 Y 0.000 Z 11.630;
G01 X 35.000 Y 145.000 Z 11.630;
G01 X 85.000 Y 145.000 Z 11.630;



G02 X 107.729 Y 61.160 Z 11.630 R 45.00;
G01 X 135.529 Y 0.000 Z 11.630;
G01 X 95.559 Y 0.000 Z 11.630;



G01 X 75.000 Y 40.830 Z 11.630;
G01 X 75.000 Y 0.000 Z 11.630;
G01 X 35.000 Y 0.000 Z 11.630;
G00 X 35.000 Y 0.000 Z 25.399;
G00 X 35.000 Y -40.000 Z 25.399;
M05;
M30;
%



Aşağıda APT dilindeki terimlerin eşdeğer G kodları verilmiştir.

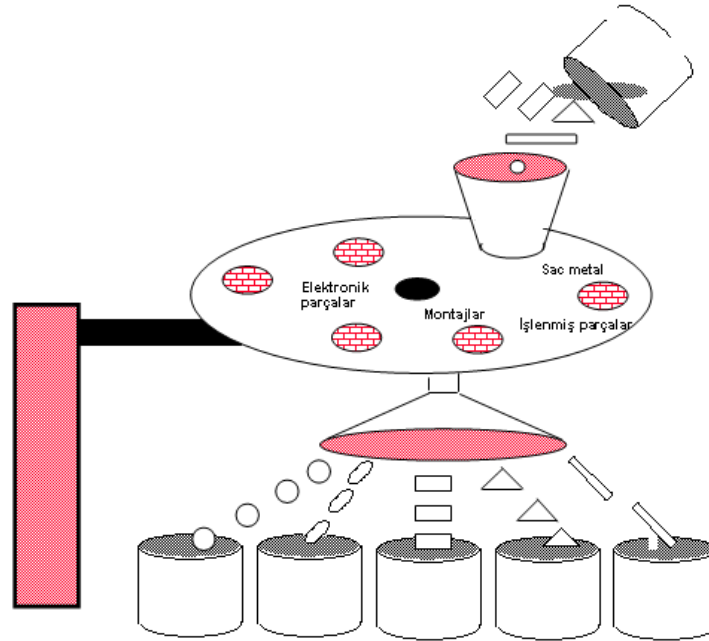
APT Kodu	G-Kodları
CIRCLE	G02 ve G03
COOLNT	M07 ve M08
FEDRAT	G01
FINI	%
FROM	G92, G54, G55 vs.
RAPID	G00
SCALE	G58
SPINDL	M03 ve M05
STOP	M30 ve M02
TOOLNO 1-20	T 1-20
UNITS	G20 ve G21

6. GRUP TEKNOLOJİSİ

6.1 Giriş

Grup teknolojisi, parçaların çeşitli açılardan benzerliğinden hareketle üretim çevriminin çeşitli aşamalarına daha rasyonel bir yapı kazandırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımla benzer problemlerin gruplandırılmasıyla tek bir çözüm bulunabilir ve böylece zaman ve emek kazanımı sağlanır.

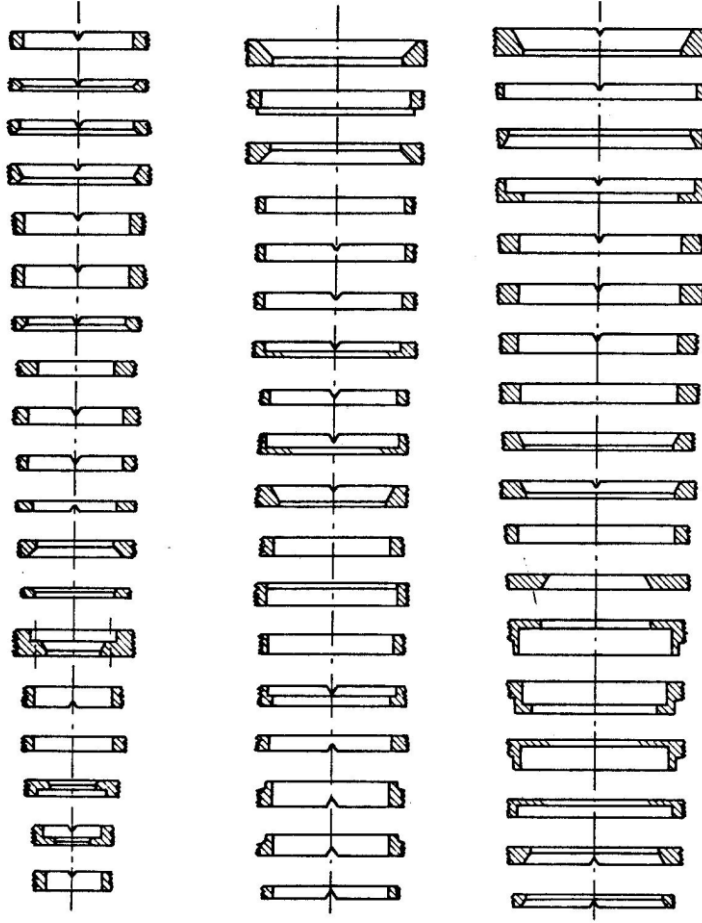
Bir kütüphaneci, kitapları alanlarına göre sınıflandırır. Benzer olarak gruplandırma, tasarım ve imalat için de yapılır.



Şekil 6.1 Çeşitli elemanların gruplandırılması

İmalat endüstrisinde, yıllar boyunca onbinlerce parça üretilmiştir.. Ürünlerin parça konstrüksiyonlarına kaba bir inceleme ile bakılırsa sayı oldukça büyüktür. Her bir parça farklı şekil, boyut ve işleve sahiptir. Bununla birlikte biraz yakından inceleme yapıldığında birçok parça arasında çeşitli benzerlikler kurulabilir (Şekil 6.1). Bir çivi ve küçük bir mil benzer görülebilir ancak fonksiyonları farklıdır. Farklı boyutlardaki dişli çarklar aynı imalat işlemlerine gereksinim duyarlar. Bu nedenle imalat parçaları benzerliklerine göre sınıflandırılabilir.

GT sadece üretim uygulamalarıyla sınırlı değildir. Üretim sistemlerinde grup teknolojisi farklı alanlarda kullanılabilir. Parça tasarımı için parçalar üzerindeki benzerliklerden yararlanılabilir (Şekil 6.1). Bu nedenle benzer parçalar tasarım ailelerine ayrılabilir ve yeni bir tasarım aynı aileden mevcut bir tasarımın basitçe değiştirilmesiyle oluşturulabilir. Bu kavramın kullanılmasıyla master parçalar tanımlanabilir.



Şekil 6.2 Tasarım Ailesi

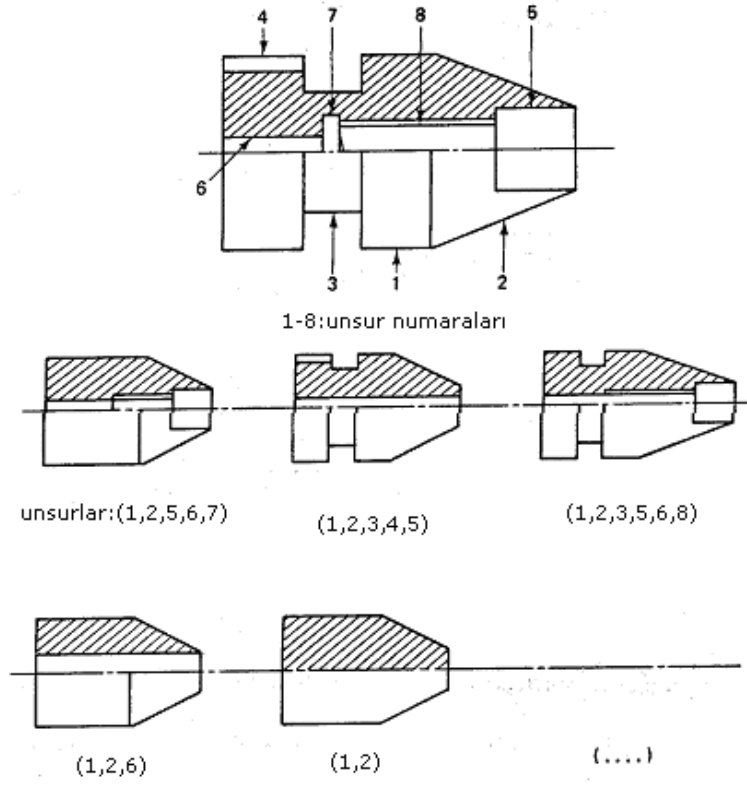
Master tasarımlar, tasarım ailesi veya alt tasarım ailesinin özelliklerini temsil eder. Bir örnek Şekil 6.3 de görülmektedir.

Ailedeki parçalar master parçanın özelliklerinden yararlanılarak tanımlanabilir. İmalat amaçları için, GT tasarım felsefesinin basitleştirilmesi daha büyük önem taşımaktadır. Şekil benzerliği olmayan parçalar bazen benzer imalat yöntemi ile üretilebilirler. Örneğin; Şekil 6.4 'deki birçok parça farklı şekil ve fonksiyona sahiptir, fakat delme, delik genişletme, frezeleme gibi işlemlere gereksinimleri vardır. Bu nedenle Şekil 6.4 'deki parçalar benzer olarak düşünülebilir.

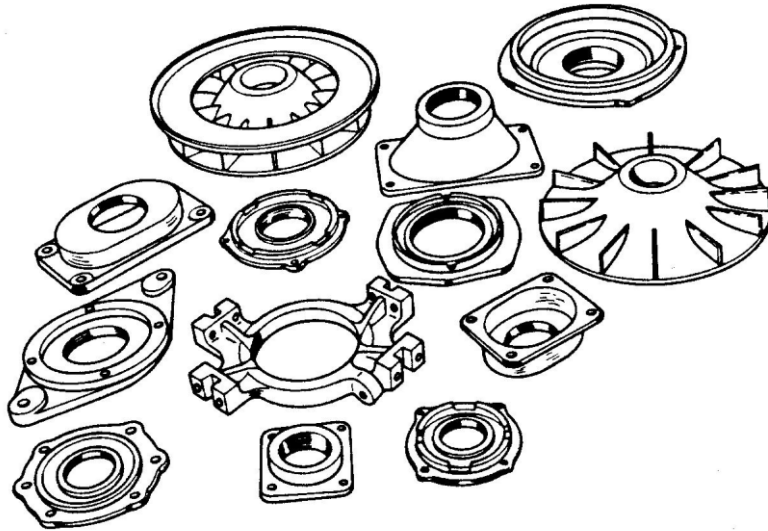
Aynı üretim ailesine sahip, benzer -parçalar kümesi "Üretim Ailesi" olarak adlandırılır. Üretim aileleriyle işlem planlama kolaylaştırılabilir. Bütün aile üyeleri için benzer işlemler gerektiğinden aileyi üretmek için bir işleme hücresi oluşturulabilir. Her bir hücre için benzer parçalar değerlendirildiğinden bu olay üretim planlama ve kontrolünü büyük ölçüde kolaylaştırır. Bu tür hücreli yönelimli yapı grup teknoloji yapısı veya hücreli yapı olarak adlandırılır.

Grup teknolojide aşağıdaki teknikler kullanılır:

- 1- Kodlama ve sınıflandırma
- 2- Üretim Akış Analizi
- 3- Grup planlama



Şekil 6.3 Master parça ve türevleri



Şekil 6.4 Üretim ailesi

6.2 Kodlama ve Sınıflandırma

Kodlama, belirgin bir bütünleşme için sembollerin kullanılması işlemidir. Sınıflandırma, karakteristik özelliklerin varlığı ve yokluğuna bağlı olarak elemanların sınıflandırılması-gruplara ayrılması- işlemidir. Kodlama, sınıflandırma amacıyla kullanılabilir ve sınıflandırma gereksinimleri kodlama şemasının oluşturulma esnasında düşünülmelidir. Bu nedenle kodlama ve sınıflandırma birbiri ile yakından ilgilidir.

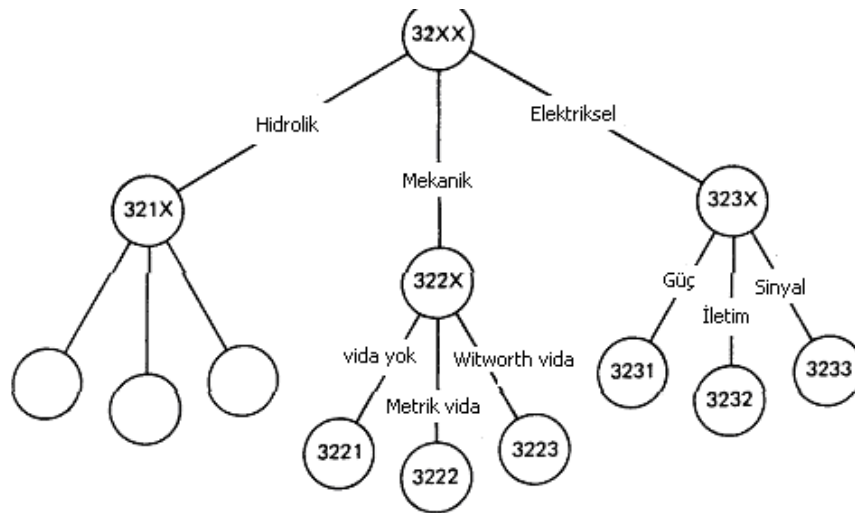
Kodlama şeması oluşturulmadan önce parça üzerindeki bütün özelliklerin incelenmesi tamamlanmalı daha sonra özelliklere (unsurlara) kod atanmalıdır. Uygun unsurların seçimi kodlama şemasının uygulanışına bağlıdır. Örneğin; tolerans tasarım uyumu için önemli değildir ve bu nedenle tasarım yönelimli kodlama sistemlerde bir özellik değildir. Ancak imalat yönelimli kodlama sistemlerinde tolerans gerçekten önemli bir özelliktir.

Kod yapısı uzunluğuna, erişilebilirliğine ve kodun genişletilebilirliğine etki ettiğinden önemlidir. GT kodlama sistemlerinde 3 tür kodlama tekniği vardır.

- 1- Hiyerarşik
- 2- Zincir
- 3- Melez (hibrid)

*Hiyerarşik yapı, monokod olarak da adlandırılır. Bir monokodda, her bir kod numarası öncelik karakterlerince nitelenir. Örnek.Şekil 6.5’de 322X ailesi, 3221,3222,3223 şeklinde 4 rakam ile gösterilmiştir .

Hiyerarşik yapının avantajlarından biri büyük miktarda bilgi birkaç kod ile ifade edilebilir. Zayıf tarafı, kodlama sisteminin potansiyel karmaşıklığıdır.Hiyerarşik kodları geliştirmek zordur, çünkü hiyerarşideki bütün kollar tanımlanmalıdır.



Şekil 6.5 Hiyerarşik yapı

**Zincir Yapısı polikod olarak adlandırılır.Koddaki her bir rakam ayrı bir bilgi parçasını temsil eder, önceki rakama bağımlı değildir.Tablo 6.1’ de bir zincir kodlama şeması verilmiştir. 3. konumdaki 2 daima boydan boya deliği ifade eder ve 1. ve 2. konumlara hangi kodlar verildiğinden bağımsızdır.

Tablo 6.1 Zincir Yapısı

Dijit Pozisyonu	1	2	3
Unsur sınıfı	Dış şekil	İç şekil	Delikler
Olası değer			
1	Şekil 1	Şekil 1	Eksenel
2	Şekil 2	Şekil 2	Boydan boya
3	Şekil 3	Şekil 3	Boydan boya ve eksenel

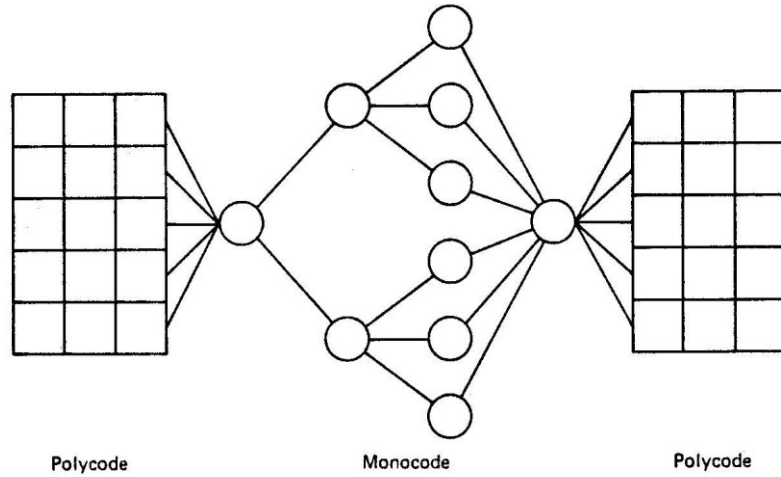
Zincir kodları bütündür, oluşturmak ve kullanmak kolaydır. Önemli bir zayıflık, aynı sayıdaki kodlamayla hiyerarşik yapıda olduğu kadar detaylı bilgi verilemez.

***Üçüncü yapı hiyerarşik ve zincir yapısının karışımı olan hibrid yapıdır.(Şekil 6.6)

Bir çok mevcut kodlama sistemi her iki yapının avantajlarından yararlanmak üzere hibrit yapıyı kullanır.

Hibrit yapıyı kullanan en iyi örnek 'Opitz' dir (Şekil 6.7)

Günümüz endüstrisinde 100'den fazla kodlama sistemi kullanılmaktadır. Kodlama yapısı uygulamaya bağlıdır. Şekil 6.8'de Opitz sisteminde dönel 'parça için' kullanılan kod sistemiyle kodlanan bir parça resmi verilmiştir. Her kod pozisyonundan geçildiğinde oluşan kod 11102'dir. Bu kod benzer şekil ve çap ile bütün diğer paçaları temsil eder.



Şekil 6.6 Hibrid yapı

Bir çok mevcut kodlama sistemi her iki yapının avantajlarından yararlanmak üzere hibrit yapıyı kullanır.

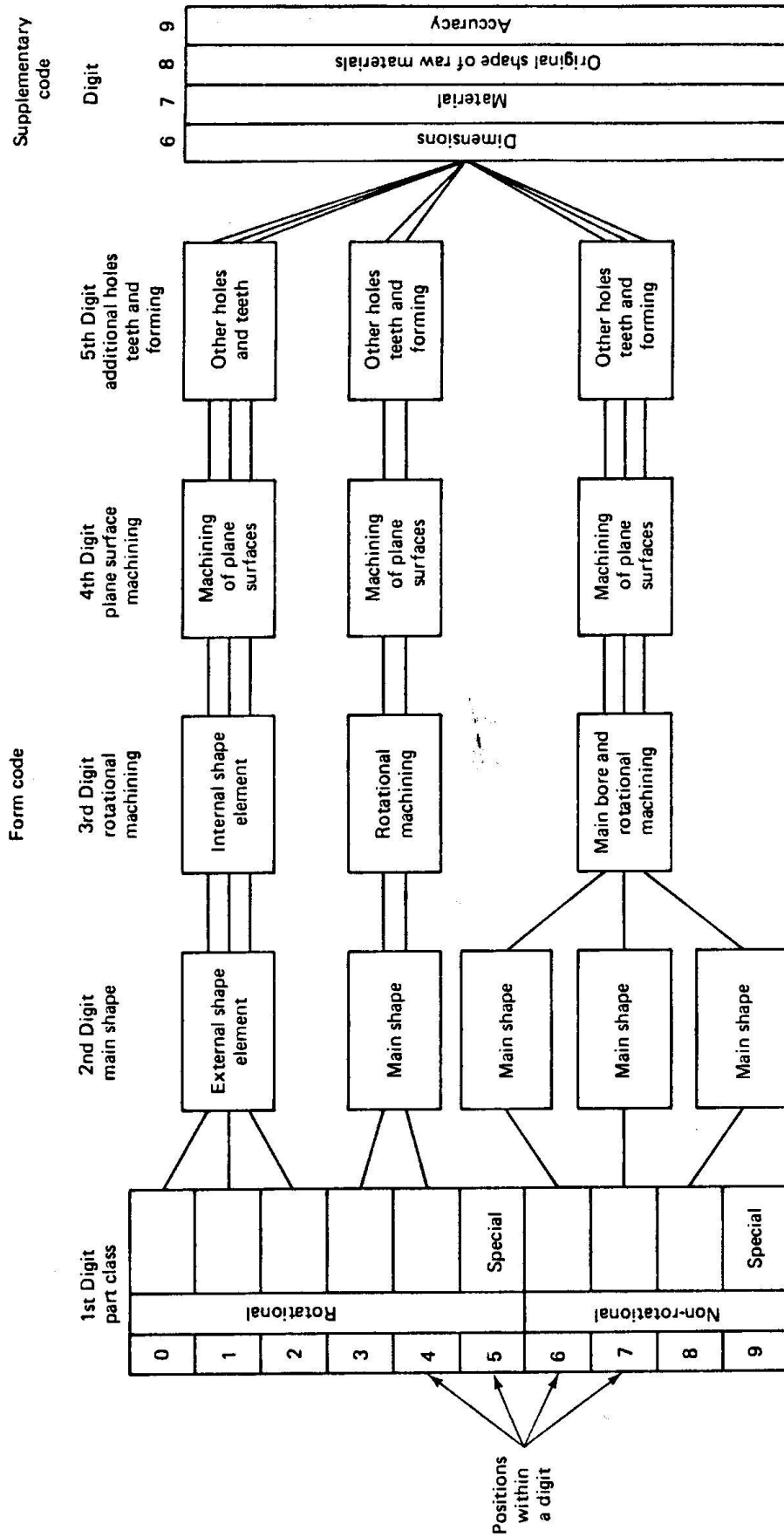
6.3 Grup Teknoloji Kodlama Sistemleri

Çizim ve geometrik modelleme bir mühendislik tasarımının detaylandırılmış ifade şeklidir. Her iki ifade şekli de imalat için parçayla ilgili detaylı bilginin yapılmasını ve tasarımdan üretime taşınmasını sağlarlar. Bununla birlikte herhangi bir karar verme işleminde çok fazla bilgi karar vermeyi zorlaştırır. Örneğin, bir dergi ya da teknik makale, sayfalar üzerindeki her bir cümlelin okunmasıyla konu anlaşılmaya çalışılır. Teknik bilgilerin büyük dikkatle okunması gerekir. Okuyucu konu başlığından bilgi edinmek isteyebilir, ancak başlık yeterli bilgiyi vermez. Bu nedenle okuyucu özetini inceler. Özet, geniş ayrıntıya yer vermeden makaleyi kısaca anlatır. Özeti okunmasından sonra makalenin tamamının okunup okunmayacağına karar verilir. Benzer bir kavram kodlama için de kullanılabilir.

GT bu amaçlar için uygun bir araçtır. GT'de kodlama bir parçayı bütün detayları olmaksızın modellemek için kullanılır. Parçayı temsil eden bir kodlama sistemi oluşturulurken aşağıdaki faktörlerin düşünülmesi gerekir.

- 1- Parça genel şekli(dönel,prizmatik,sac malzeme, vs)
- 2- Detaylı kod gösterilmeli
- 3- Kod yapısı: hiyerarşik, zincir,karma
- 4- Sayısal ifade (binary, oktal, desimal, alfanumerik, hexadesimal)

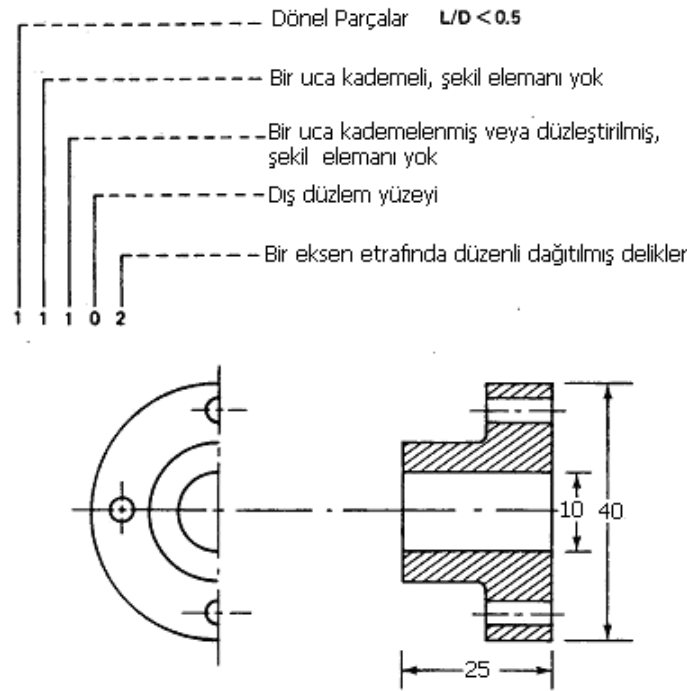
Binary	: 2	(0,1)
Octal	: 8	(0,1,...,7)
Decimal	: 10	(0,1,...,9)
Hexadecimal	: 16	(0,1,...,9,A,...,F)
Alfanumerik	: (26+10)	(A,...,Z, 0,1,...,9)



Şekil 6.7 Opitz kodlama ve sınıflandırma sistemi

Tablo 6.2 kod yapısı seçimi için bir özet bilgi vermektedir. Şekil 6.8’de Opitz sisteminde dönel ‘parça için kullanılan kod sistemiyle kodlanan bir parça resmi verilmiştir. Her kod pozisyonundan geçildiğinde oluşan kod 11102’dir. Bu kod benzer şekil ve çap ile bütün diğer parçaları temsil eder.

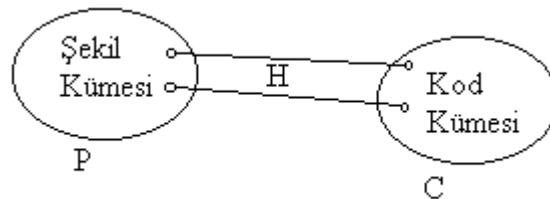
Tablo 6.2 Kod yapısı seçimi			
Ana parça sınıfı	Gerekli hassasiyet	Esneklik gereksinimi	Kodlama sistemi tipi
Ham malzemeler	Orta	Düşük	Hibrid (H/C)
Ticari maddeler	Yüksek	Düşük	H
Tasarımlanan küçük parçalar	Orta	Yüksek	C
Montaj modelleri	Orta	Orta	Hibrid (H/C)
Mekanizmalar	Orta	Orta	Hibrid (H/C)
Teknik bilgi	Orta	Düşük	H
Araçlar	Orta	Düşük	H
Ticari /Özel mülk	Orta	Yüksek	C
Ölçme aletleri/bağlama el.	Orta	Düşük	H
İktisadi mallar	Yüksek	Düşük	H



Şekil 6.8 Opitz sisteminde dönel parçanın sınıflandırılması

Parçanın popülasyonu şekil değişikliğine katkıda bulunur. Bir kodlama şeması oluşturulurken veya kullanılırken iki özellik doğru olmalıdır. Kod; 1- Şüpheye yer vermemeli 2- Bütünlük sağlanmalı

Kodlama, kodlama kümesinden (C) şekil kümesine (P) ulaşımı planlayan bir fonksiyon (H) olarak tanımlanabilir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9 Kod-şekil ilişkisi

Kod kısa olmalıdır. P kümesini hem 100 dijital bir kod ile ve hem de 10 dijital bir kod ile şüpheye yer vermeyecek şekilde ve bütün olarak tanımlamak mümkün olabilir. Bu durumda 10 dijital kod tercih edilir. Bununla birlikte, daha fazla kod kullanmak zorunluysa normal olarak kullanılabilir.

Örneğin; temel Opitz kodu (Şekil 6.7), şekli tanımlamak için beş dijital kullanır. Beş dijital 10^5 kombinasyonu ifade eder. KK-3 sisteminde 21 dijital, MICLASS'da 12 dijital vardır. Kodun ne kadar detaylı olacağının kararı uygulamaya bağlı olarak verilmelidir.

Kodlama sisteminin oluşturulmasında kod sayısı en son düşünülür. Kod yapısı için birkaç değişik alternatif seçilir. (Binary $\xrightarrow{den}$ Alfabetik). Bu seçim, farklı planlar için farklı hassasiyetlere neden olur. En geniş sistem Alfabetik kodlar ile mümkün olmasına rağmen alfabetik karakterlerin ve rakamların her ikisini de kullanmanın zorluğu Alfabetik kodların daha az tercih edilmesine neden olmaktadır.

6. 4 Kod İçeriği

Bir mühendislik tasarımını tanımlamak için kod kullanıldığında tasarımın temel özelliklerinin ifade edilmesi önemlidir. Bir mühendislik parçası temel şekliyle, ikincil unsurları, boyut, tolerans, kritik boyutları vb. ile ifade edilebilir.

Bir çok benzer şekilli parça aynı işlem grubuyla üretilebilir. Şekil elemanları imalat işlemini belirler. Eksenel delikler, dişli çark dişleri, vidalar, pahlar gibi ikincil unsurlarda önemlidir ve farklı işlem planlama grupları için zorlayıcı olabilirler.

2 cm³ model uçak motorunun bloğu ile 6 litre V8 motor bloğunun gövdesinin imalatı için farklı üretim yöntemleri tanımlanacaktır. Her iki motor bloğuna her ne kadar benzer işlemler uygulansa da tezgahlar, takımlar, malzeme taşıma metotları, parça bağlama yöntemleri elbette ki çok farklı olacaktır. Boyut, tolerans ve yüzey kalitesi de gerekli işlemleri etkileyebilir. Hassas bir parçanın fiyatı tolerans aralığı daraldıkça artar. Bu, hassas parça için bir parçanın standart tolerans gereksiniminin sağlanmasından daha fazla işlem görmesinin sonucudur.

Örneğin; frezelenmiş bir parçasının belirtilen yüzey hassasiyeti değeri 125 µm ise ilave ince işlemlere gerek yoktur. Ancak yüzey hassasiyeti değeri 4 µm ise son paso frezeleme işlemini takiben taşıma, parlatma ve lepleme gibi işlemler gerekli olabilir.

İş parçası malzemesi de düşünülmesi gereken bir faktördür. Alüminyumun işlenmesi için kullanılan takımlar alışımlı çeliğin işlenmesi için uygun değildir. İşleme için kullanılan ilerleme ve hızlar da malzemeye bağlıdır.

6. 5 GT Kodlama Sistemi Örnekleri

6.5.1 Vuoso-Praha Sistemi

Bu sistem, bir parçayı tanımlamak için 4 rakam kullanır. Tanımlama bilgileri: Çeşit, Sınıf, Grup ve Malzemedir. Kodlama sistemi yapısı Tablo 6.3'de örneklerle gösterilmiştir. Bu tür bir kodlama kaba işlemler için kullanılabilir. Şekil 6.8 aşağıdaki şekilde kodlanabilir.

3	→Dönel iş parçası, boydan boya delikli
3	→D=51,2 mm , L/D=0,6
0	→(Düz)
8	→(ör. Dövülebilir dökme demir)

Tablo 6.3 Vuoso-Praha kod sistemi

[illegible]

Source: Gallagher and Knight, 1973.

6.5 2 Opitz Sistem

Opitz kodlama sistemi en iyi bilinen kodlama sistemlerinden biridir (1970). Bu kod, karma kod yapısını kullanır. Bununla birlikte birinci dijit hariç, zincir yapısına daha fazla benzemektedir. (Tablo 6.4)

Tablo 6.4 Opitz sisteminde dönel parçalar için şekil kodları (Dijit 1-5)

Digit 1			Digit 2			Digit 3			Digit 4			Digit 5		
Part class			External shape, external shape elements			Internal shape, internal shape elements			Plane-surface machining			Auxiliary holes and gear teeth		
0	Rotational parts	$L/D \leq 0.5$	0	Smooth, no shape elements		0	No hole, no breakthrough		0	No surface machining		0	No gear teeth	No auxiliary hole
1		$0.5 < L/D < 3$	1	Stepped to one end or smooth	No shape elements	1	Smooth or stepped to one end	No shape elements	1	Surface plane and/or curved in one direction, external	1	Axial, not on pitch circle diameter		
2		$L/D \geq 3$	2		Thread	2		Thread	2	External plane surface related by graduation around a circle	2	Axial on pitch circle diameter		
3			3		Functional groove	3		Functional groove	3	External groove and/or slot	3	Radial, not on pitch circle diameter		
4			4	Stepped to both ends	No shape elements	4	Stepped to both ends	No shape elements	4	External spline (polygon)	4	Axial and/or radial and/or other direction		
5		5	Thread		5	Thread		5	External plane surface and/or slot, external spline	5	Axial and/or radial on PCD and/or other directions			
6	Nonrotational parts		6	Stepped to both ends	Functional groove	6	Stepped to both ends	Functional groove	6	Internal plane surface and/or slot	6	With gear teeth	Spur gear teeth	
7			7		Functional cone	7		Functional cone	7	Internal spline (polygon)	7		Bevel gear teeth	
8			8	Operating thread	8	Operating thread	8	Internal and external polygon, groove and/or slot	8	Other gear teeth				
9			9	All others	9	All others	9	All others	9	All others				

Tablo 6.4 devamı

Digit 1		Digit 2		Digit 3		Digit 4		Digit 5	
Component class		Overall shape		Rotational machining		Plane surface machining		Auxiliary hole(s), gear teeth, forming	
	Rotational components	0	Hexagonal bar	0	No rotational machining	0	No surface machining	0	No auxiliary holes, gear teeth and forming
		1	Square or other regular Polygonal section	1	Machined	1	External plane surface and/or surface curved in one direction	1	Axial hole(s) not related by drilling pattern
		2	Symmetrical cross section producing no unbalance	2	With screw thread(s)	2	External plane surfaces related to one another by graduation around a circle	2	Holes axial and/or radial and/or in other directions, not related
3		3	Cross sections other than 0 to 2	3	Smooth	3	External groove and/or slot	3	Axial holes
4		4	Segments after rotational machining	4	Stepped toward one or both ends (multiple increases)	4	External spline and/or Polygon	4	Holes axial and/or radial and/or in other directions
	Nonrotational components	5	Segments before rotational machining	5	With screw threads	5	External plane surface and/or slot and/or groove, spline	5	Formed, no auxiliary holes
		6	Rotational components with curved axis	6	Machined	6	Internal plane surface and/or groove	6	Formed, with auxiliary holes
		7	Rotational components with two or more parallel axes	7	Screw thread(s)	7	Internal spline and/or Polygon	7	Gear teeth, no auxiliary holes
		8	Rotational components with intersecting axes	8	External shape elements	8	External and internal spline and/or slot and/or groove	8	Gear teeth, with auxiliary hole(s)
		9	Others	9	Other shape elements	9	Other	9	Other

Tablo 6.4 devamı

Digit 1			Digit 2		Digit 3		Digit 4	
Diameter D or edge length A			Material		Initial form		Diameter D or edge length A	
0	mm	inches	0	Cast iron	0	Round bar, black	0	No accuracy specified
	≤ 20	≤ 0.8						
1	> 20 ≤ 50	> 0.8 ≤ 2.0	1	Modular graphitic cast iron and malleable cast iron	1	Round bar, bright drawn	1	2
2	> 50 ≤ 100	> 2.0 ≤ 4.0	2	Mild steel ≤ 26.5 tonf/in ² not heat treated	2	Bar: triangular, square, hexagonal, others	2	3
3	> 100 ≤ 160	> 4.0 ≤ 6.5	3	Hard steel > 26.5 tonf/in ² heat-treatable low-carbon and case-hardening steel, not heat treated	3	Tubing	3	4
4	> 160 ≤ 250	> 6.5 ≤ 10.0	4	Steels 2 and 3 heat treated	4	Angle, U-, T-, and similar sections	4	5
5	> 250 ≤ 400	> 10.0 ≤ 16.0	5	Alloy steel (not heat treated)	5	Sheet	5	2 and 3
6	> 400 ≤ 600	> 16.0 ≤ 25.0	6	Alloy steel heat treated	6	Plate and slabs	6	2 and 4
7	> 600 ≤ 1000	> 25.0 ≤ 40.0	7	Nonferrous metal	7	Cast or forged components	7	2 and 5
8	> 1000 ≤ 2000	> 40.0 ≤ 80.0	8	Light alloy	8	Welded assembly	8	3 and 4
9	> 2000	> 80.0	9	Other materials	9	Premachined components	9	2 + 3 + 4 + 5

Opitz kod sistemi, geometrik kod ve bütünleyici koddan oluşur. Geometrik kod bir parça ile ilgili dönel, düz, uzun ve kütle gibi bilgileri ifade edebilir. Geometriyi sınıflandırmak için boyutlar arasında ilişki kurulabilir. Uzunluk/Çap oranı dönel parçaları tanımlamak için kullanılır, uzunluk/genişlik ve genişlik/yükseklik oranları dönel olmayan parçaları tanımlamak için kullanılır. Opitz geometrik kodu 5 rakam içerir. Bunlar;

- 1- Parçanın sınıfı
- 2- Temel şekil
- 3- Dönel yüzeyin işlenmesi
- 4- Düzlem yüzeyin işlenmesi
- 5- Eksenel delikler, dişli çark dişleri vs.

Birincil, ikincil ve yardımcı şekiller bu beş geometrik rakamın kullanılmasıyla ifade edilebilir. Genellikle Opitz koduna eklenen bütünleyici kod 4 rakamdan oluşmuştur. 1. rakam: ana boyutları ifade eder. Yaklaşık parça boyutu, geometri üzerindeki boyutların oranlarının kullanılmasıyla ifade edilebilir. Malzeme tipi, ham madde şekli ve hassasiyet sırasıyla 2, 3 ve 4 rakamlardır.

Opitz kod sistemi kısa ve kullanışlı kolaydır. Bir çok işletmeye uyarlanmıştır. Bazı CAM- I CAPP sistemlerinde Opitz kodlama sistemi kullanılmaktadır.

6.5.3 KK-3 Kodlama Sistemi

Japonya 'da geliştirilen KK-3 kodlama sistemi üretim parçaları için genel amaçlı bir kodlama ve sınıflandırma sistemidir. Sınıflandırılacak parçalar öncelikle metal kesme ve taşlama parçalarıdır. 1976' da geliştirilen KK-3 21 dijital desimal sistem kullanılmaktadır. Dönel parçalar için kod yapısı Tablo 6.5 ve 3.6'da görülmektedir. Opitz'e göre daha fazla dijital içerdiğinden daha fazla bilgi verebilir. KK-3 parça adı sınıflandırması için 2 dijital kod kullanır. İlk dijital;

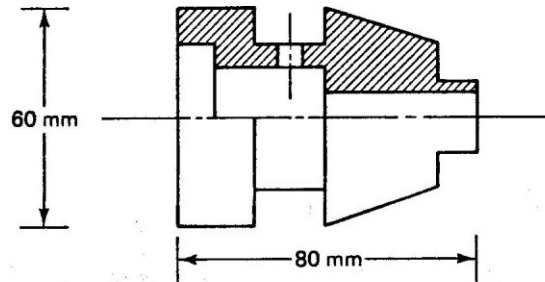
Tablo 6.5 KK-3 Kodlama Sistemi Yapısı

Digit	Items (Rotational components)		
1.	Parts name	General classification	
2		Detail classification	
3	Materials	General classification	
4		Detail classification	
5	Chief dimensions	Length	
6		Diameter	
7	Primary shapes and ratio of major dimensions		
8	Shape details and kinds of processes	External surface	External surface and outer primary shape
9			Concentric screw threaded parts
10			Functional cut-off parts
11			Extraordinary shaped parts
12			Forming
13			Cylindrical surface
14		Internal surface	Internal primary shape
15			Internal curved surface
16			Internal flat surface and cylindrical surface
17			End surface
18		Nonconcentric holes	Regularly located holes
19			Special holes
20		Noncutting process	
21	Accuracy		

Tablo 6.6 KK-3 kodlama sisteminin fonksiyonel yapısı

II I			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	II I
0	Rotational components	Gears	Spur, helical gear(s)	Internal gear(s)	Bevel gear(s)	Hypoid gear(s)	Worm gear(s)	Screw gear(s)	Sprocket wheel	Special gear	Round vessel	Other(s)	Gears
1		Shafts, spindles	Spindle, arbor, main drive	Counter shaft	Lead screw(s)	Screw shaft	Round rod(s)	Eccentric shaft(s)	Splined shaft	Cross shaft	Round column	Round casting	Shafts, spindles
2		Main drive	Pulley(s)	Clutch	Brake(s)	Impeller(s)	Piston(s)	Round tables	Other(s)	Flange	Chuck(s)	Labyrinth seal(s)	Main drive
3		Guiding parts	Sleeves, bushing	Bearing metal	Bearing(s)	Roller(s)	Cylinder	Other(s)	Dial plate(s)	Index plate(s)	Cam(s)	Others	Guiding parts
4		Fixing part	Collar(s)	Socket, spacer	Pin(s)	Fastening screws	Other(s)	Handles	Spool(s)	Round links	Screw(s)	Others	Fixing part
5	Nonrotational												
6													
...													
9													

dişliler, şaftlar, tahrik ve hareket elemanı gibi genel fonksiyonlardan oluşur. İkinci dijit, aileye ilişkin daha geniş fonksiyon tanımını yapar. Örneğin; aile dişli ise, 2. dijitte, tahrik dişlisi, çevrilen dişli, helisel dişli vs. bildirilir. KK-3, iki dijit ile 100 fonksiyonel isim sınıflandırılabilir. Şekil detayı ve işlem tipi için kodun 13 dijiti ayrılmıştır. Örnek bir kodlama şeması Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



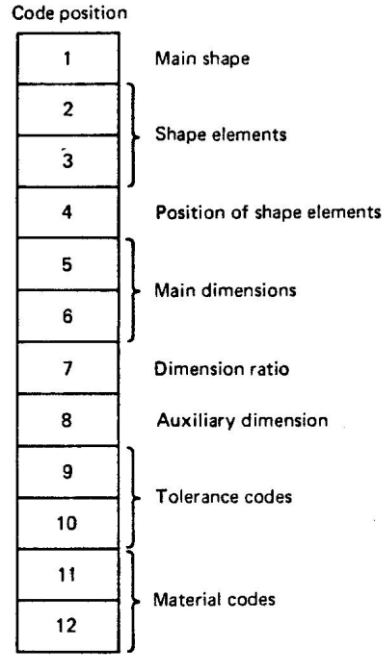
Code digit	Item	Component condition	Code
1	Name	Control valve	0
2		(others)	9
3	Material	Copper bar	7
4			
5	Dimension length	80 mm	2
6	Dimension diameter	60 mm	2
7	Primary shape and ratio of chief dimension	L/D 1.3	2
8	External surface	With functional tapered surface	3
9	Concentric screw	None	0
10	Functional cutoff	None	0
11	Extraordinary shaped	None	0
12	Forming	None	0
13	Cylindrical surface ≥ 3	None	0
14	Internal primary	Piercing hole with dia. variation, NO cutoff	2
15	Internal curved surface	None	0
16	Internal flat surface	None	0
17	End surface	Flat	0
18	Regularly located hole	Holes located on circumferential line	3
19	Special hole	None	0
20	Noncutting process	None	0
21	Accuracy	Grinding process on external surface	4

Şekil 6.10 KK-3 kodlama sistemine örnek

KK-3'ün tam ifade şeması ek 1 'de verilmiştir.

6.5.4 Miclass Sistemi

1976'da Hollanda da geliştirilen ve bugün çeşitli ülkelerde kullanılan MICLASS sistemi, 12 dijitten oluşan zincir yapısı kullanmaktadır. Kod universal olarak tanımlanmıştır ve bu nedenle hem tasarım, hem de imalat bilgilerini içerir. Bu bilgiler; ana şekil, şekil elemanları, şekil elemanlarının konumu, ana boyutlar, boyut oranları, yardımcı boyutlar, form toleransları ve malzemelerin işlenebilirlik verilerini içerirler.(Şekil 6.11). Miclass 'da İlave 18'dijitten oluşan bir bölüm. bulunabilir. Bu bölüm (parça fonksiyonları önemli işleme op. Vs.) gibi kullanıcının istediği bilgileri içerir. Bu bütüncü kod, sistemin genişlemesi için esneklik sağlar.



Şekil 6.11 MICLASS kod yapısı

MICLASS, MULTIPLAN VE MULTICAPP gibi bazı varyant uygulama programlarına taban teşkil etmiştir.

6.5.5 Dclass Sistemi

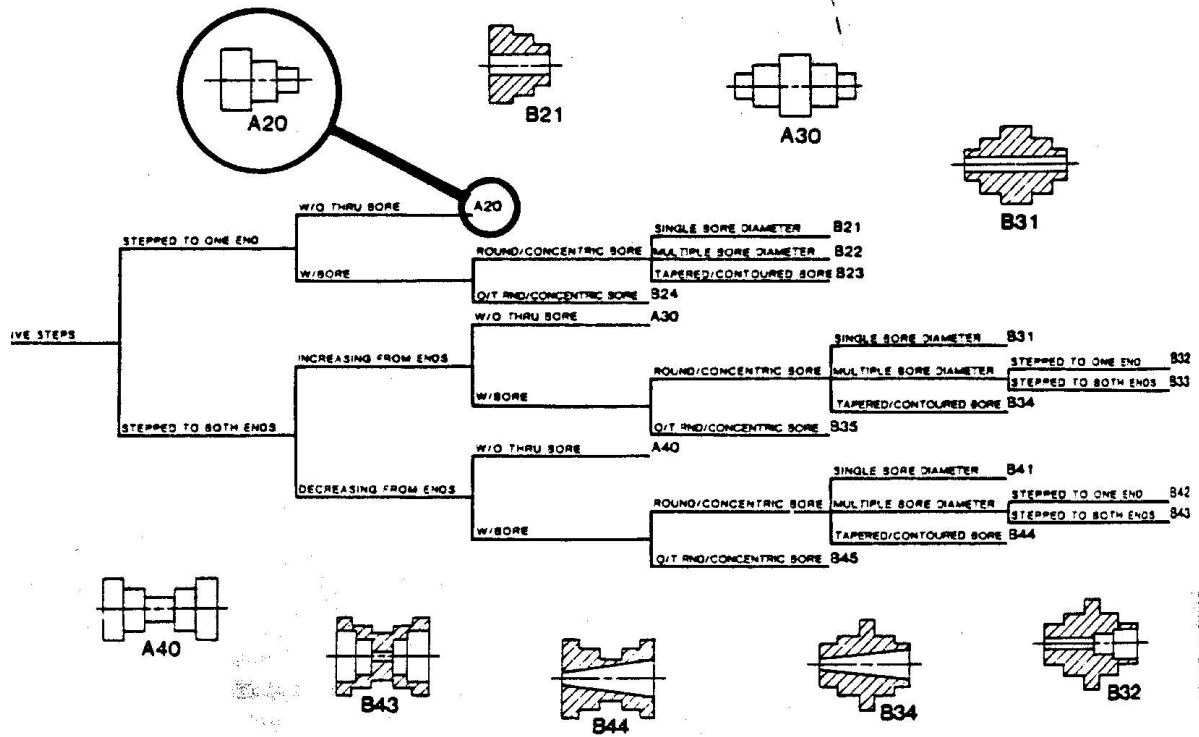
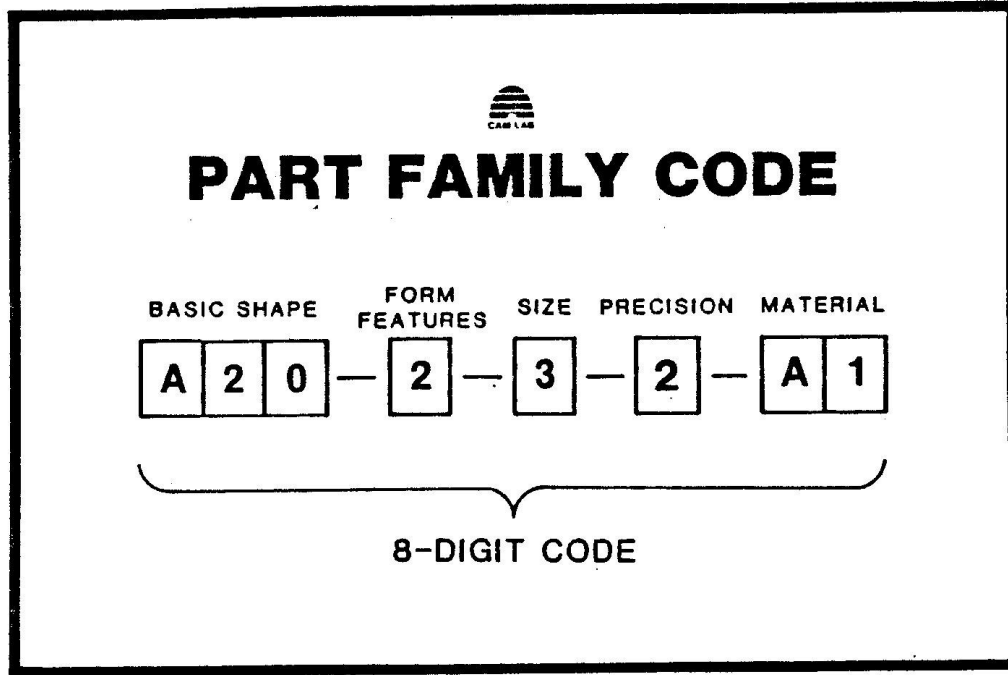
1980'de geliştirilen DCLASS karar verme ve sınıflandırma sistemi olarak tasarlanmıştır. DCLASS parçalar, malzemeler, işlemler, tezgahlar ve takımların kodlanması için ağaç yapısını kullanır. (Şekil 6.13)

Parçalar için 8 dijitlek kod kullanılır.

Dijit 1-3 Temel şekil
 Dijit 4 Form şekli
 Dijit 5 Boyut
 6 Hassasiyet
 7-8 Malzeme

Dclass'da her dal bir koşulu temsil eder, her dalın birleşme yerinde bir kof bulunabilir. Karar ağacındaki çoklu geçişler tam bir kod bulunabilmesini sağlar. Şekil 10.12 parçalar için karar ağacının bir bölümünü göstermektedir. Bu ağaçtaki ilk paso kodun ilk üç dijitini oluşturur.

Dclass sistemi sadece bir kodlama sistemi değil aynı zamanda karar destek sistemidir. Dclass'ı kullanan üretken süreç planlama sistemi bulunmaktadır.

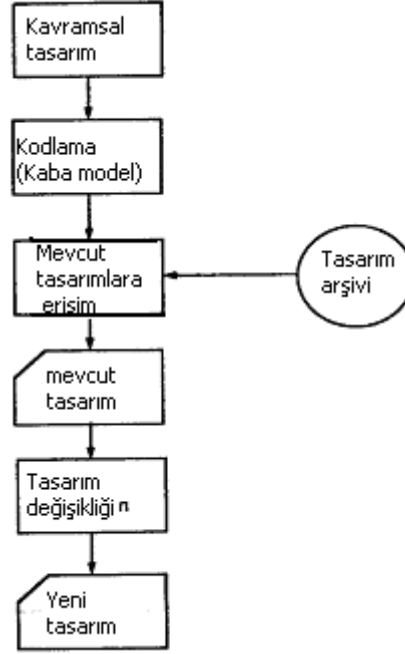


Şekil 6.13 DCLASS yapısı

6.6. Grup Teknolojinin Yararları

Kodlama ve sınıflandırma GT'nin iki elemanıdır. Bununla birlikte kodlama ve sınıflandırma (GT uygulaması bununla sona ermişse) kullanıcıya küçük bir bilgi sağlar. Kodlama, bir parçanın malzeme içeriğini ve geometrisini belirtilmesi anlamındadır.

GT, tasarım aşamasında kullanılabilir. Bir tasarımcı kavramsallaştırdığı tasarımı çizer ve çizimi kodlar. Aynı ve benzer parçalar kodlandıktan sonra gerektiğinde parça arşivinden geri çağrılabilir. Mevcut parça tasarım gereksinimlerinin sağlayabiliyorsa proses, tasarım düşüncesini detaylandırmak ve parça için işlem planlarını geliştirecek tasarımcıya gerek olmaksızın burada sona erer. Parça benzer ise bu yeterlidir ve yüzlerce mühendis saatlik zaman kazanılmış olur. Mevcut parça, kullanılamıyorsa, parça üzerinde değişiklik yapılabilir. Bu durumda mevcut parça çizimi kolayca değiştirilebilir. Mevcut üretim planları da küçük değişikliklerle kullanılabilir. Bir çok fabrikada aynı parçalar farklı isimlerde üretilmiş olabilir. Bu, bağlama elemanları takımlar ve gerekli diğer mühendislik işlemlerinin ikiye kez yapılması anlamı taşımaktadır. Bir çok durumda parça üzerindeki küçük bir değişiklik birden fazla uygulamanın gerçekleştirilmesini sağlayabilir. İşlemin temel akış şeması Şekil 6.14' de gösterilmiştir.



Şekil 6.14 Tasarım uygulamaları için GT

Geleceğin fabrikaları için en önemli prensip olması beklenen GT, umulan kullanım alanına henüz sahip değildir. Bunun pek çok nedeni vardır. İlk olarak önceden belirtildiği gibi tezgahların fabrikada GT hücreleri halinde yeniden yerleştirilmeleri problemi vardır, ikinci neden tesiste üretilen pek çok bileşen parçanın arasında parça ailelerinin tanımlanması problemidir. Bu problemle ilişkili olarak parça sınıflandırma ve kodlamanın masrafı söz konusudur. Bu prosedür pahalı olmasının yanı sıra önemli ölçüde zaman ve personel de gerektirmektedir. Yöneticiler kesin olmayan yararları sahip GT' e geçmek yerine, bu kaynakların daha farklı projelerde kullanılabileceğini düşünmektedirler. Ayrıca yeni bir sisteme geçiş işletmenin personeli arasında da çoğu kez tepkilere yol açmaktadır.

Tüm bu problemler çözülürse ve GT uygulanırsa bir işletme aşağıda sıralanan alanlarda pek çok yararlar sağlayacaktır.

- Ürün tasarımı
- Bağlantıların yapılması ve hazırlıklar.
- Malzeme taşıma
- Üretim ve envanter kontrolü
- İşçi tatmini
- Süreç planlama ve prosedürleri

Aşağıda GT' nin getirdiği yararlar açıklanmıştır.

Ürün tasarımı

Ürün tasarımı alanındaki gelişmeler ve yararları, parça sınıflandırma ve kodlamanın bilgisayarlı bir tasarım geri çağırma sistemi ile birlikte kullanımı sonucunda elde edilir.

Yeni bir parça tasarımı gerektiğinde, kodu uygun olan hazır parça tasarımları çağırılır. İçlerinden birinin istenen fonksiyonlara uygun olup olmadığı araştırılır. Tasarım dosyasını araştırmak için birkaç dakika harcanır ve böylece kodlama sisteminin desteği ile tasarımcı saatler kazanır. Eğer tamamıyla uygun bir tasarım bulunamazsa hazır tasarım üzerinde küçük değişiklikler yapılarak istenen hale getirilebilir. Bu geri çağırılmalı sistemle tasarımın yinelenmesi ve yeni parça tasarımlarının çoğalmasından kaçınılmış olunur.

GT' nin tasarım alanındaki diğer yararları; maliyet tahmini prosedürlerinin geliştirilmesi ve tasarımın standartlaştırılmasıdır. Radyüsler, toleranslar gibi tasarım özellikleri GT ile daha standart bir hal almaktadır. GT ile standartlaştırma sonucu çizimlerin sayısında % 10 luk bir azalma beklenmektedir.

Bağlantıların Yapılması ve Hazırlıklar

GT aynı zamanda imalatın pek çok alanında da standartlaştırmayı sağlamaktadır. Bu alanlardan ikisi bağlantıların yapılması ve hazırlıklardır. Takım seçiminde bir parça ailesinin her üyesine uygun bağlantıların yapılması uğraş gerektirir. İş parçasının bağlanması için aletler tasarlanmıştır. Bu aletlerde genel tezgahlar, çeşitli parça ailelerinin üyelerini kabul edebilen tezgahlara dönüştüren özel adaptörler vardır.

GT hücresindeki tezgahlar hazırlık sırasında çok köklü değişiklikler gerektirmezler. Çünkü bu tezgahlarda üretilen iş parçaları benzer özelliklere sahiptir. Böylece hazırlık zamanından tasarruf edilir. Ayrıca parçaların hazırlık zamanını minimum yapacak bir sıra ile işlemek uygun olacaktır. Yapılan tahminlere göre GT ile hazırlık zamanlarında % 69 luk bir azalma gözlenmektedir.

Malzeme Taşıma

İmalatta sağlanan diğer bir avantajda iş parçası hareketi ve beklemesindeki azalmalardır. GT üretim donanımları malzemelerin iş istasyonunda daha verimli akışını sağlar. Akış hattı hücresi, klasik süreç tipi yerleşimle karşılaştırıldığında da gözlenmektedir.

Üretim ve Envanter Kontrolü

GT' nin bir sonucu olarak bir işletmenin üretim ve envanter kontrolü fonksiyonlarında pek çok yarar sağlanmaktadır.

GT ile üretim çizelgeleme basitleşmiştir. Çünkü tezgahların hücrelerde gruplanması çizelgelenecek üretim merkezi sayısını azaltmıştır. Parçaların ailelere ayrılması da parça çizelgeleme probleminin boyutunu ve karmaşıklığını azaltmıştır. Böylece hiçbir hücrede işlem görmeye uygun olmayan iş parçalarının kontrolüne daha çok dikkat edilebilir. Azalan hazırlık zamanları ve verimli malzeme taşıma sonucunda üretim zamanları, ara stoklar ve geç dağıtımlarda azaltılabilmektedir. (Groover, CAD/CAM, sf. 295) İşçi Tatmini

Üretim hücreleri genellikle parçaların hammaddeden, son ürün haline gelene kadar küçük bir işçi grubu tarafından işlem görmesini sağlarlar. İşçiler işletmeye olan katkılarını böylece daha açık görebilmektedirler. Bu da işçi davranışları ve işçi tatmininin düzeyini yükseltmektedir.

GT' nin işçi ile ilgili bir başka yaran da ürün kalitesine daha çok önem verilmesidir. GT' de bir makine hücresinde iş parçası kalitesi kolayca yükseltilebilmektedir. Sonuçta işçiler yaptıktan işe karşı daha fazla sorumluluk duyarlar. Sürece göre yerleşime sahip işletmelerde parça hatalarının giderilmesi çoğu kez zor olmakta ve bunun sonucunda kalite kontrol istenilen düzeyde yapılamamaktadır.

Grup Teknolojisinde İşlem Planlama İşlemleri

GT ile standartlaştırmanın sağlanması sonucu süreç planlama fonksiyonunun zamanı ve maliyeti düşürülebilmektedir. Yeni bir parça tasarımı, belli bir parça ailesine üye olmasını

sağlayan kod numarası ile tanımlandığı İçin genel süreç rotası. Bu mantığı bir "Bilgisayar Destekli İşlem Planlama" sistemi oluşturmak üzere bilgisayar yazılımı olarak düzenlenebilir.

1-Gt İle Tezgah Seçimi:

Günümüz endüstrisinin ortak özelliği pahalı işleme ekipmanlarının kapasitelerinin altında kullanılmasıdır. Bu olay iki şekilde gerçekleşebilir.

1-Tezgah zamanının artışı ile toplam verimsiz zaman artar.

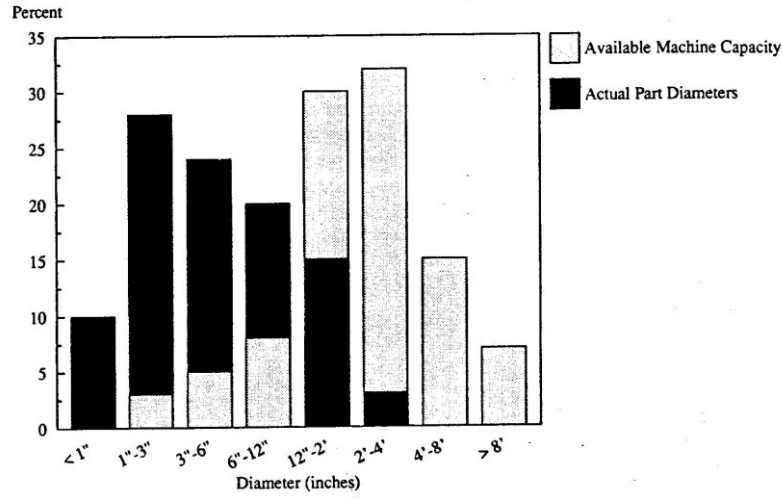
2-Parçaların bir çoğu gerekli tezgah kapasitesinin altında veya üstündeki tezgaha atanmasıyla.

Uyumlu parçaların parça ailesi şeklinde gruplanmasıyla tezgahlar görevi yerine getirebilecek uygun kapasite ile çalıştırılabilir. Parça kodlama sisteminin kullanılması ile benzer boyut özellikli benzer parçalar aynı parça ailesine atanabilir ve minimum üretim gereksinimlerini sağlayan tezgahlar seçilebilir. Şekil 6.15 tornalama parçası için bu olayı açıklamaktadır. Şekilde parçaların az bir yüzdesinin tam tezgah kapasitesini kullandığı görülebilmektedir. Hız ve ilerleme kapasiteleri de değerlendirme konusudur (Şekil 6.16). Eğer kullanılmayan özellikler varsa Tezgah üzerinde bulunana ilave özellikler ilave maliyet getirir.

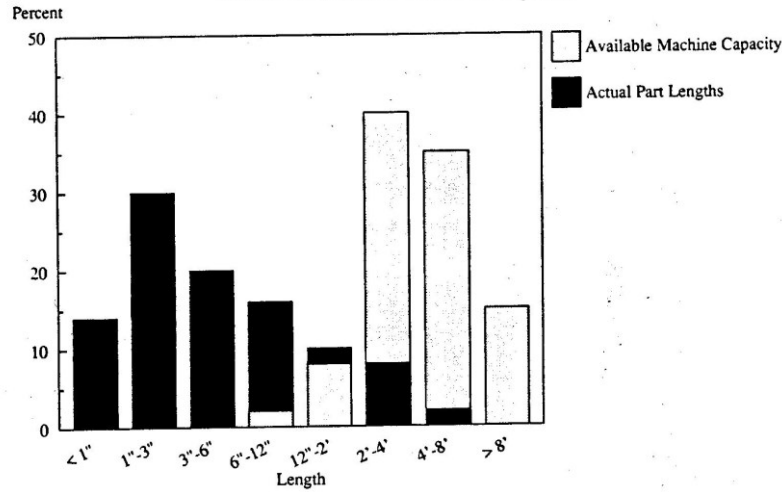
PARÇA AİLESİ OLUŞTURMA:

GT uygulamalarından elde edilen en önemli yararlarından biri verimli iş akışı için parça ailelerinin oluşturulmasıdır. Verimli iş akışı ayarları minimize edecek, malzeme taşımayı minimize edecek şekilde tezgahların mantıksal sıraya dizilmesi ile gerçekleşebilir. Aynı takım ve bağlama elemanlarıyla kullanılacak parçalar sık sık gruplandırılır. Bu sağlandığında ayar zamanlarında önemli azalmalar sağlanır. Tezgahlar da işleme operasyonları arasında parçaların bir tezgahtan diğer tezgaha geçişini minimize edecek şekilde gruplandırılabilir.

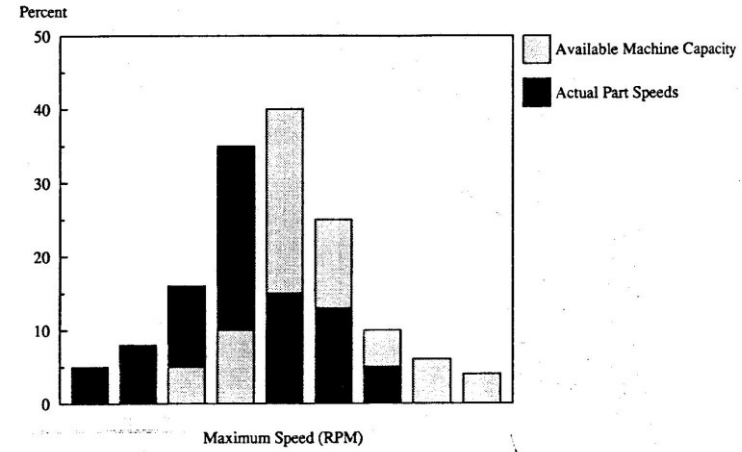
Endüstride en çok kullanılan tezgah yerleştirme yöntemlerinden biri "FONKSİYONEL YERLEŞTİRME" dir. Bu tür bir tezgah yerleştirme planı Şekil 6.17 de görülmektedir. Frezeler, tornalar, matkaplar ve taşlama tezgahlarının her biri bir atölyede (bölgede) olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu yerleşim şekli, ilgili bölge içinde takımlama ve bağlama elemanlarının yerleşimi ile ilgili iyi bir düzen sağlar. Hatta aynı bölge içinde hiç de küçümsenmeyecek bilgi birikimi sağlayabilir. Her şeye rağmen, fonksiyonel yerleştirme sistemde ürün ürün akışının rasgele sırada olması da gerekebilir. Bu durum Şekil 6.17 de görülmektedir.



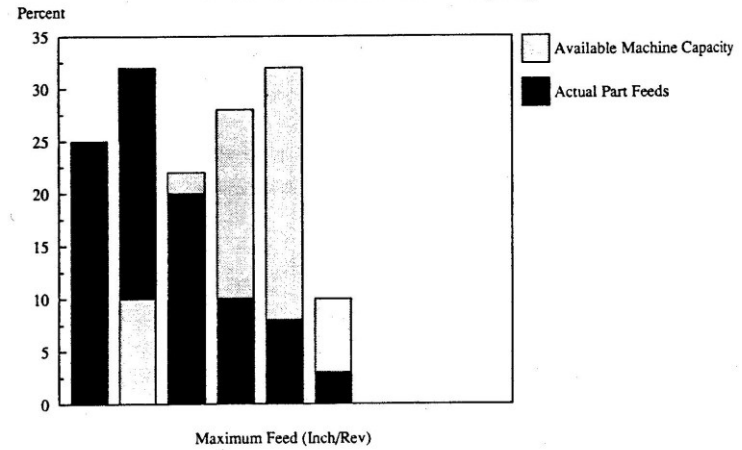
Actual vs Available Machine Capacity



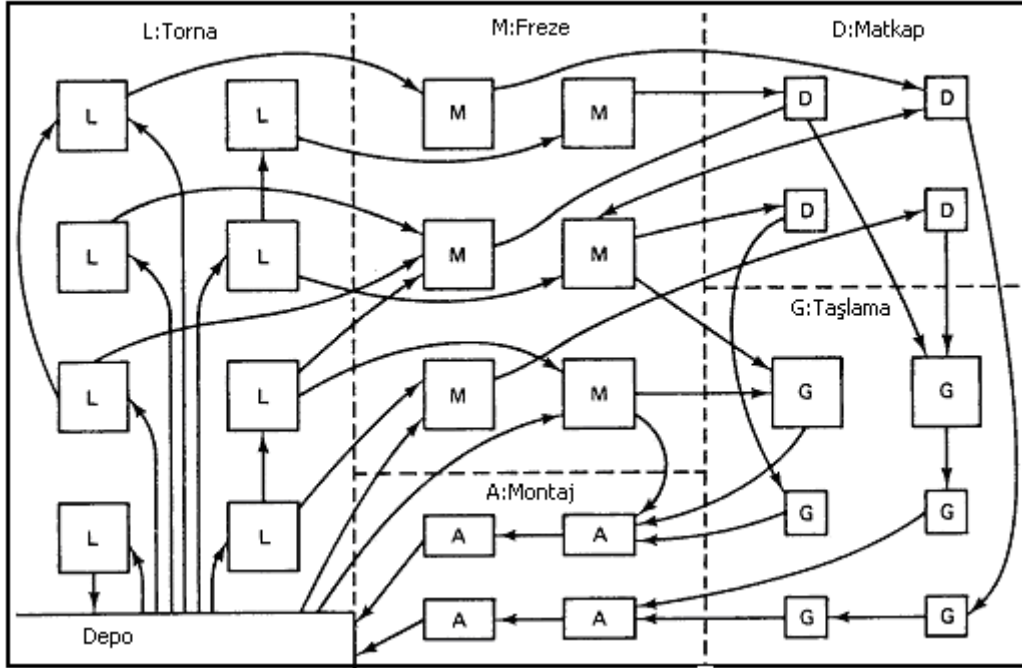
Şekil 6.15 Tezgah kapasitesinin fonksiyonu olarak tornalama parçasının boyutlarının karşılaştırılması



Actual vs Available Machine Capacity



Şekil 6.16 Maksimum hız ve ilerlemeye göre karşılaştırma

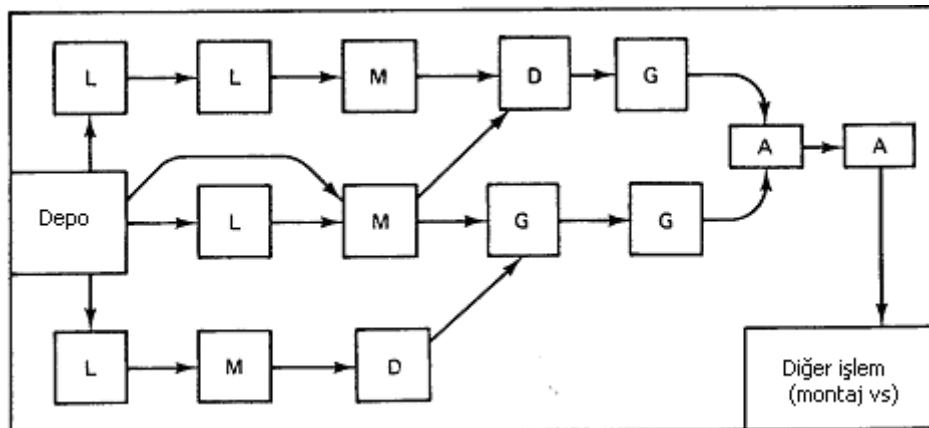


Şekil 6.17 Fonksiyonel yerleştirme

Eğer benzer parçalar parça ailelerine ayrılırsa malzeme taşımasında anlamlı ölçüde azalma sağlayabilir ve aileyi üretmek için gerekli tezgahlar bir hücre şeklinde organize edilirler. Bu işlem hücresel yerleştirme şeklinde bilinir. (Örnek Şekil 6.18) şekilden görüldüğü gibi sistemde ürün akışı direkt olarak sağlanır ve malzeme taşıma önemli ölçüde azalır.

Hücresel veya GT yerleşiminin temeli parça ailesinin oluşumudur. Parça ailesi oluşumu üretilen parçaya veya onların imalat özellikleri ile ilgilidir. Benzer işlemler gereken parçalar aynı ailede gruplandırılırlar.

Parça ailelerinin nasıl oluşturulacağı ile ilgili aile formuna uygulanabilecek rijit kural yoktur. Kullanıcı parça ailesinin kurulması ile ilgili kendi tanımlarını yapmalıdır. Parça ailesi oluşumu için genel kural ailedeki bütün parçaları ilgilendirmelidir. Üretim akış analizi için ailedeki bütün parçaların benzer rotada olması gerekir. Kullanıcı aile üyeleri için aynı rotaya sahip olacak sıraya yerleştirmek istenebilir.



Şekil 6.18 Hücresel yerleştirme

Bu tür aile üyeleri için standart yol üzerinde minimum değişiklik gerekir. (Bununla ailedeki birkaç parça için sınırlama olabilir). Diğer yandan bir gruptaki bütün parçalar bir aile içinde ortak işleme gerektirirse daha büyük parça aileleri oluşur.

Gruplamaya başlamadan önce mevcut paçaların tasarımları ve işlemleri ile ilgili bilgi mevcut parçanın işlem dosyalarıyla birleştirilmelidir. Her parça operasyon plan kodu olarak bilinen bir formda ifade edilir. (OP-code Tablo 6.5) Bir OP-code bir tezgah veya iş istasyonu üzerindeki operasyon serilerini ifade eder.

Tablo 6.5 Operasyon planı

İşlem Kodu	İşlem Planı
01 Testere 01	Boyuta kesme
02 Torna 02	Alın tornalama Merkezleme deliği Delme Raybalama Delik genişletme Boyuna tornalama Kanal tornalama Pah kırma Kesme Alın tornalama
03 Taşlama 05	Taşlama
Kalite Kontrol 06	Ölçü kontrolü
İşlem planı kodu ve işlem planı 01 Testere 01 02 Torna 02 03 Taşlama 05 04 Kalite kontrol	

işlem kodunun temel görevi işlem planlarının ifade edilmesini basitleştirmektir. Basitleştirilmiş bir işlem planı bir bilgisayarda depolanabilir, gerektiğinde çağrılabilir ve bu yolla da temsil edilebilir. Aile formuna da getirilmeye yardımcı olur.

Örneğin: atölyemizde üretilecek iş parçaları kodlansın ve kodlamadan sonra Tablo 6.6 de verilen formda bir özet elde edilsin.

Tablo 6.6 Atölyede iş parçalarının işlenmesi için tezgah grupları

Parça	Kod	İşlemler	İşlem kodu	İşlem kodu	İşlem kodu
A-112	1110	tesrere	Torna 02	Taşlama 05	Kalite kont
A -115	6514	Freze 02	Matkap 01	Kalite kont	
A -120	2110	Testere 01	Torna 02		Kalite kont
A -123	2010	Testere 01	Torna 01	Kalite kont	
A -131	2110	Testere 01	Torna 02	Kalite kont	
A -212	7605	Freze 05	Kalite kontrol		
A -230	6604	Freze 05	Kalite kontrol		
A -432	2120	Testere 01	Torna 02	Kalite kont	
A -451	2130	Testere 01	Torna 02	Kalite kont	
A -510	7654	Freze 05	Delme 01	Taşlama 06	Kalite kont

Parçaları ailelere gruplandırmak için iki yol vardır.

1- Gözlem

2- Üretim akış analizi gibi hesaplama metotları.

1. yöntemi kullanmak zordur, çünkü atölyeler kişiden kişiye değişir.

Üretim akış analizi (PFA) imalat hücreleri tasarımı için aile oluşturma problemi çözmek amacıyla J.L. Burbidge tarafından geliştirilmiştir (1971). Bir çok araştırmacı problemlerini çözmek için bu algoritmayı geliştirmiştir. PFA'da büyük bir matris oluşturulur. Her bir satır OP-code ifade eder, her bir sütun bir parçayı ifade eder. M_{ij} matrisi tanımlanmış olur,

i: OP-code

J: parçayı ifade eder.

Eğer J:parça i:OP-koduna sahipse $M_{ij} = 1$ dir,
Diğer durumlarda $M_{ij} = 0$ dır.

PFA'nın amacı sıralamada bu parçalarla birlikte benzer veya aynı işleme tabi tutularak parçaları bir araya toplamaktır.

3- Rank Order Clustering Algoritması (Öncelikli sıralama)

King (1979) tarafından geliştirilen bu algoritma basit ve hızlıdır. Bu yöntem ile atölyemizde ne kadar parça ailesi oluşturacağımızı belirleriz. King'in algoritması 4 temel adımda tamamlanır.

Adım 1: $\forall j$ için w_j sütununun toplam ağırlığı hesaplanır.

$$w_j = \sum_{Ai} 2^i M_{ij}$$

Adım 2: W_j artan sırada ise 3. adıma geçilir, aksi durumda W_j artan sırada olacak şekilde kalanlar tekrar sıralanır.

Adım 3: $\forall i$ için w_i satırının toplam ağırlığı hesaplanır.

$$w_i = \sum_{Aj} 2^j M_{ij}$$

Adım 4: w_i artan sıradaysa işlem bitirilir. Aksi durumda w_i artan sırada olacak şekilde satırlar yeniden sıralanır ve 1. adıma geri dönülerek işlemler devam ettirilir. Bu işlem değişmez sıralama elde edilinceye kadar devam ettirilir.....

ROC algoritması matrisi çapraz bloklarda sıralar. Çapraz bloklar her zaman kesin çizgileri belirtmez. Son karar kullanıcı tarafından verilir.

Bu algoritmayı uygulamanın önemli sakıncalarından biri depolamanın binary kelimeleriyle oluşur. Kelime uzunluğu $\max(n * m)$ dir; n: tezgah sayısı m: parça sayısı. Örneğin 2000 parça ve 50 tezgahtan oluşan ortalama bir problem için ağırlığı $(w_i - w_j)$ hesaplamak imkansızdır. Bu problemi elimine etmek için satır ve sütunların direkt karşılaştırması yapılır. En anlamlı dijitten başlayarak dijit-dijit karşılaştırma yapılır. Matrisin her bir satır ve kolonu bir binary sayı gibidir.

Tablo 6.7 PFA Matrisi

İş parçası Tezgah	A-112	A-115	A-120	A-123	A-131	A-212	A-230	A-432	A-451	A-510
Testere	1		1	1	1			1	1	
Torna01				1						
Torna02	1		1		1			1	1	
Matkap01		1								1
Freze02		1								
Freze05						1	1			1
Taşılama05	1									
Taşılama06										1
Ölçme03		1				1	1			
Ölçme06	1		1	1	1			1	1	

İş parçası Tezgah	A-112	A-115	A-120	A-123	A-131	A-212	A-230	A-432	A-451	A-510	
Testere	1		1	1	1			1	1		2
Torna01				1							4
Torna02	1		1		1			1	1		8
Matkap01		1								1	16
Freze02		1									32
Freze05						1	1			1	64
Taşılama05	1										128
Taşılama06										1	256
w_j	138	48	10	6	10	64	64	10	10	336	
Öncelik Sırası	9	6	2	1	3	7	8	4	5	10	

İş parçası Tezgah	A-123	A-120	A-131	A-432	A-451	A-115	A-212	A-230	A-112	A-510	
Te01	1	1	1	1	1				1		2
To01	1										4
To02		1	1	1	1				1		8
Ma01						1				1	16
Fr02						1					32
Fr05							1	1		1	64
Ta05									1		128
Ta6										1	256
w_j	6	10	10	10	10	48	64	64	138	336	

İP Tez.	A-123	A-120	A-131	A-432	A-451	A-115	A-212	A-230	A-112	A-510	w_i	ÖS
Te01	1	1	1	1	1				1		574	5
To01	1										2	1
To02		1	1	1	1				1		572	4
Ma01						1				1	1088	7
Fr02						1					64	2
Fr05							1	1		1	1408	8
Ta05									1		512	3
Ta6		1							1	1	1024	6
	2	4	8	12	32	64	128	256	512	1024		

İP Tez.	A-123	A-120	A-131	A-432	A-451	A-115	A-212	A-230	A-112	A-510	w_i
To01	1										2
Fr02						1					4
Ta05									1		8
To02		1	1	1	1				1		16
Te01	1	1	1	1	1				1		32
Ma01						1				1	64
Fr05							1	1		1	128
Ta6									1		256
W_j	34	48	48	48	48	68	128	128	56	448	

İP Tez.	A-123	A-120	A-131	A-432	A-451	A-112	A-115	A-212	A-230	A-510	w_i	ÖS
To01	1										2	1
Fr02							1				128	5
Ta05						1					64	2
Te01	1	1	1	1	1	1					126	4
To02		1	1	1	1	1					124	3
Ta6										1	1024	6
Ma01							1			1	1152	7
Fr05								1	1	1	1792	8
	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024		

İP Tez.	A-123	A-120	A-131	A-432	A-451	A-112	A-115	A-212	A-230	A-510	w_i
To01	1										2
Ta05						1					4
To02		1	1	1	1	1					8
Te01	1	1	1	1	1	1					16
Fr02							1				32
Ta6										1	64
Ma01							1			1	128
Fr05								1	1	1	256
	18	24	24	24	24	28	160	256	256	510	

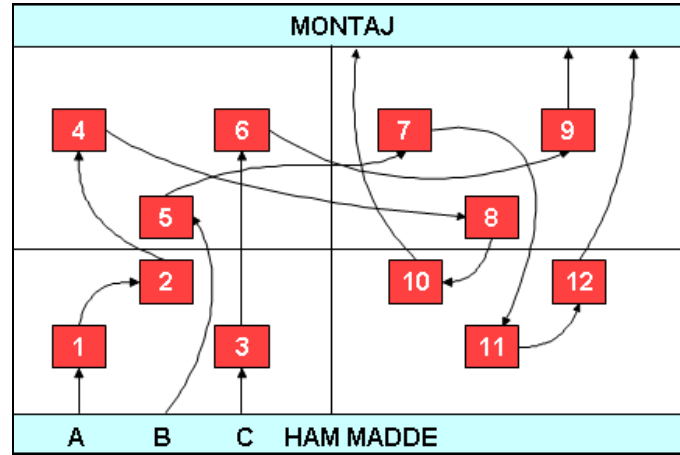
Parça Ailesi #1

Parça Ailesi #2

Burada elde edilen gruplara göre hücresel yerleşimi gerçekleştiriniz.

Örnek 2

Aşağıda ürünlerin bir kısmı verilen fabrika yerleşim planı yarı mamüllerin tezgahlar arasında geçişlerini kısaltmak amacıyla ROC ile tekrar değerlendirilmek istenilmektedir. Ürünlerin tezgahlarda işlenme sıralarını değerlendirelim.



Şekil 6.19 tipik bir imalat atölyesinde tezgahların yerleşimi

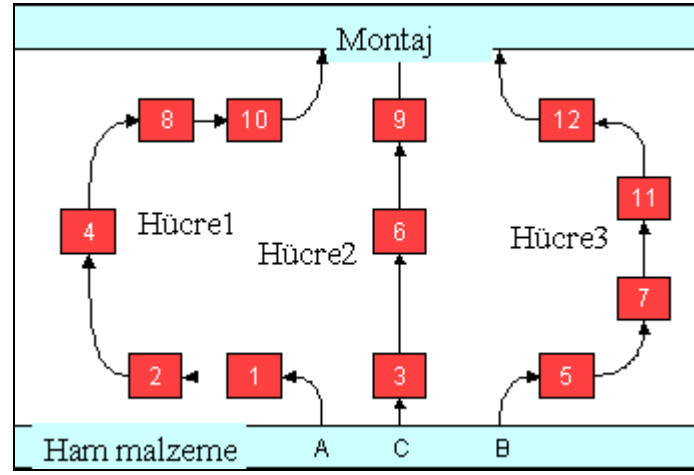
Tablo 6.9 Fabrika yerleşim matrisi

Parçalar	Tezgahlar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	1		1				1		1		
B					1		1					1
C			1			1			1			
D	1	1		1				1		1		
E				1	1				1			
F	1			1				1				
G			1			1			1			1
H							1				1	1

ROC ile yeniden sıralama yapıldığında aşağıdaki tablo elde edilmektedir. Buna göre fabrika yerleşim planı Şekil 6.30 'da görülmektedir. Sonucu değerlendiriniz.

Tablo 6.10

Parçalar	Tezgahlar											
	1	2	4	8	10	3	6	9	5	7	11	12
A	1	1	1	1	1							
D	1	1	1	1	1							
F	1		1	1								
C						1	1	1				
G						1	1	1				1
B									1	1		1
H										1	1	1
E							1		1			1



Şekil 6.30 Hücrel yerleştirme

7. İŞLEM PLANLAMA

7.1 Giriş

Ulusal ve uluslararası pazarlardaki rekabetin her geçen gün arttığı bilinen bir gerçektir. İşletmeler, bir yandan rekabet koşullarına dayanabilmek, diğer yandan müşteri isteklerini dikkate alarak ürünün kalitesi-fiyatı ilişkisini çok iyi bir denge üzerine kurabilmek zorundadır.

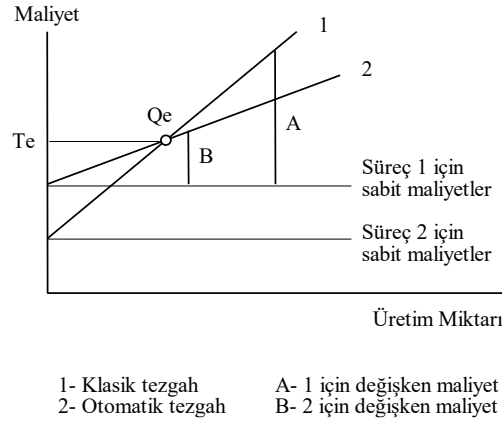
Üretim alanında yer alan firmalar, işletme verimliliğini ve bilgi yönetimini geliştirmek, gelişimini güncel tutmak, büyümek ve karlılık marjını korumak için kalite, fiyat, teslim süreleri ve servis hizmetlerinde sürekli rekabet içerisindeyler. Yaşanan bu rekabet ortamında, maliyetleri düşürerek üretim hızını artırma düşüncesi, yöneticileri farklı çözüm yolları aramaya sevk etmiştir.

Bu çözüm yollarından biri, hem ürünün tasarımı ve imalatı sırasında geçen süreyi, hem de ikisi arasındaki gerekli hazırlık zamanlarının azaltılmasına çalışmak olacaktır. Bu çözüm yönteminin uygulanması için modern üretim teknolojilerinin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Modern teknolojilerin kullanılması düşüncesi, beraberinde bilgisayarları ve bilgisayar denetimli üretim ve ölçü araçlarının gerekliliğini ortaya koymuştur.

İmalatta, bilgisayarlardan yararlanma düşüncesi ilk olarak 1960 'lı yıllarda ortaya konmuştur. Bu düşüncenin ortaya atılmasından bu yana 30 yıl geçmiş olmasına rağmen, gelişimini tamamlayamayan ülkelerde bugün hala eski teknolojileri kullanan bir çok irili ufaklı işletme bulunmaktadır. Eski teknolojilerin kullanımı, kaynakların verimli bir şekilde kullanımını engellediği gibi, artık hiç de ucuz sayılamayacak olan işçilik maliyetlerinin de artmasına ve üretim hızının yavaşlamasına neden olmaktadır.

Üretim hızının yavaşlaması, piyasalardaki talebin karşılanamaması anlamını taşımaktadır. Üretim hızının artırılması düşüncesiyle modern üretim tekniklerinden yararlanmak, gerek ürünün tasarımı ve üretimi için gerekse ikisi arasında uygun bir bağın kurulabilmesi için bilgisayar denetimli sistemlerin kullanılması gerekli olmaktadır. Modern üretim tekniklerinin kullanılmasıyla seri üretim yapan firmalarda üretim maliyetleri de belirgin bir şekilde azalmaktadır. Şekil 7.1 'de, klasik tezgah ile otomatik tezgahların üretim maliyetleri açısından karşılaştırılması örnek olarak verilmiştir. Bu şekle göre; otomatik tezgahlar ile belirli sayıdan (Qe) az parça imal edildiğinde üretim maliyetleri, sabit maliyetlerin büyük oluşu nedeniyle daha fazla olurken, Qe 'den fazla sayıda üretim yapılması halinde doğru eğiminin daha az oluşuna (dolayısıyla değişken maliyetlerin az olmasına) bağlı olarak klasik tezgahlara göre daha düşük olmaktadır. Şekilde görülen sabit maliyetler; takım maliyetleri, tezgah düzenleme maliyetleri, tezgah amortismanları, vb şeklinde verilebilir. Değişken maliyetler olarak da; işçilik ve malzeme maliyetlerini içermektedir. Herhangi bir ürün sayısındaki toplam maliyet, sabit maliyet ile değişken maliyetlerin toplamına eşittir.

İmalatta bilgisayar denetimli sistemler denilince, bir iş parçasının tasarımından üretimine kadar geçen işlem içinde yapılması gereken işlemlerin (ve mümkün ise kararların) olabildiğince bilgisayarlardan yararlanarak yapılması anlaşılabilir. Özellikle son yıllarda teknolojinin bu alanındaki çok hızlı gelişmeyle birlikte üretim alanında da gelişmeler olmaktadır. Üretim alanında bu gelişimin olması çok doğaldır, çünkü; üretim alanında



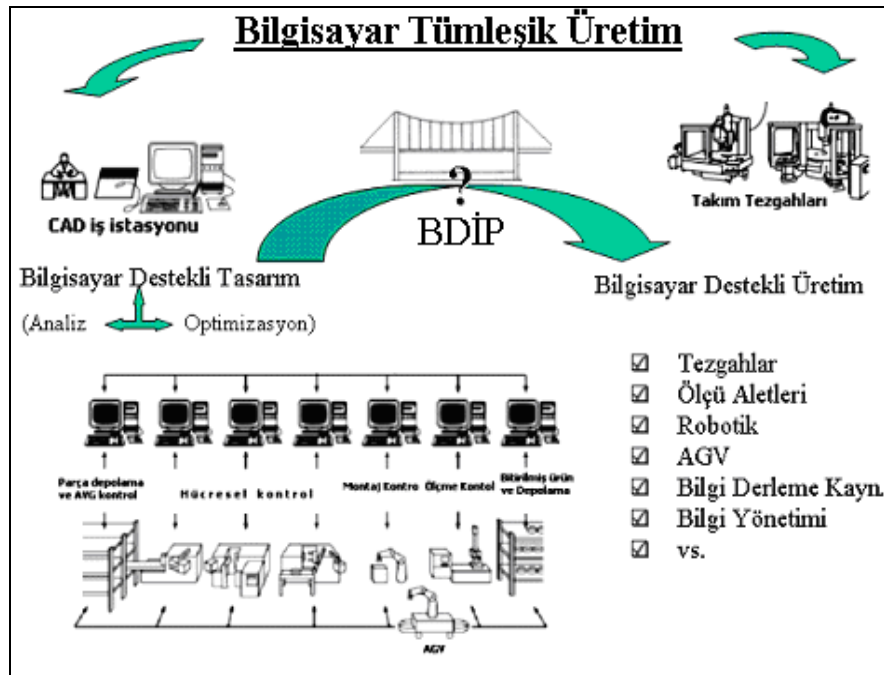
Şekil 7.1 İki farklı tezgah için üretim maliyetleri

yaşayabilmek için, parasal güçten çok, bilgi ve tümleşme seviyesinin yüksek olması gerekmektedir. Bilgi ve tümleşme seviyesi ancak Bilgisayar Tümleşik Üretim (BTÜ) ile mümkün olmaktadır.

7.2 Bilgisayar Tümleşik Üretim ve Elemanları

Şekil 7.2 'de temel elemanları gösterilen Bilgisayar Tümleşik Üretim (BTÜ); Robotik, Bilgisayar Destekli İşlem Planlama (BDİP), Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ) alanında çalışma yapan kişiler için oldukça önemli bir terimdir. Bilgisayar teknolojisinin üretim alanındaki amacı, mühendislik ve işletim tekniklerini aynı çatı altında toplamaktır. BTÜ ile tamamen otomatik bir fabrika oluşturmaktan çok, modern teknolojileri kullanıp otomasyon ve insan bütünlüğünü sağlayarak maksimum kar ile çalışan bir fabrika oluşturmak amaç edinilmiştir. Tamamen otomatik fabrikalar oluşturulması düşüncesi bugün için hala geleceğin hayali olarak görünmektedir.

BTÜ sistemlerinde, bilgisayar denetimli tezgahlar, ölçü aletleri gibi üretimle direkt ilgisi olan faaliyetlerin yanı sıra, bilgi yönetimi ve bilgi elde etme etkinlikleri de bulunmaktadır. Bu nedenle, BTÜ kavramını tek başına ele almak doğru değildir.



Şekil 7.2 Bilgisayar tümleşik üretimin temel elemanları

Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim, tasarım ve imalat fonksiyonlarının otomatikleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu iki sistem BTÜ'nün en önemli iki yapı taşı olarak görülmektedir.

7.2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım

Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT), tasarım bilgilerinin oluşturulması, değiştirilmesi, analizi, optimizasyonu ve depolanması için bilgisayar sistemlerinden yararlanmak olarak tanımlanabilir. Bilgisayar destekli tasarımda, gerçekleştirilecek işin doğasına bağlı olarak bu etkinliklerde bilgisayarın ve tasarımcının oynadıkları rollerin önemi vardır. BDT sistemleri, başlangıçta modelleme amacıyla kullanılmıştır. Ancak, günümüzdeki BDT sistemleri, modellemenin yanı sıra, model üzerinde sonlu elemanlar analizi, statik ve dinamik hesaplar, ısıl gerilme analizi ve titreşim analizi gibi bir çok mühendislik problemi için kullanılabilir.

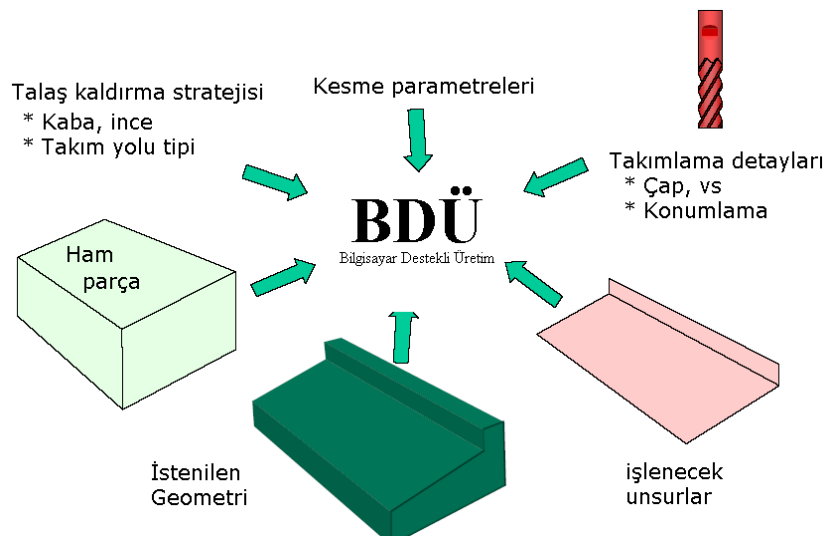
BTÜ için BDT'nin görevi, ürünün tasarımını yapmak ve üretim için gerekli olan veri tabanı oluşturmaktır. Üretilen parçanın fiziksel boyutları ve toleransları gibi bütün bilgiler, BDT tarafından oluşturulan veri tabanında saklanır ve gerekli olduğunda BTÜ'nün diğer yapı taşları tarafından kullanılır.

7.2.2. Bilgisayar Destekli Üretim

İmalat, bir ham malzemeyi bitirilmiş ürüne dönüştürme etkinliği olarak tanımlanabilir. Bitirilmiş ürün bir mühendislik tasarımı ile belirlenir ve hammaddeyi bitirilmiş ürüne dönüştürmek için kullanılan imalat yöntemleri, imalat yöntemi yetenekleriyle tasarım gereksinimlerinin birbiriyle uyumuna bağlıdır.

Bilgisayar Tümlşik Üretim (BTÜ); elde bulunan otomatik üretim araçları ve yardımcı donanımların insan faktörü dikkate alınarak birleştirilmesiyle mevcut İnsan Tümlşik Üretimin (İTÜ) otomasyonu şeklinde düşünülebilir. Otomatik üretim araçları ve yardımcı araç ve gereçler; NC tezgahlar, işleme merkezleri, robotlar, malzeme taşıma araçları ve yazılım olarak, üretim yönetim sistemleri olarak belirtilebilir.

Talaş kaldırma işlemleri için değerlendirildiğinde temel işleyişi Şekil 7.3'te verilen BDÜ, kısaca imalat işlemlerinin denetimi ve yönetiminde bilgisayar sistemlerinin kullanımı ile bir hammaddeyi satışa hazır hale gelmiş ürüne çeviren bilgisayar kontrollü üretim teknikleri ve ön hazırlık basamaklarının tümü olarak düşünülebilir.

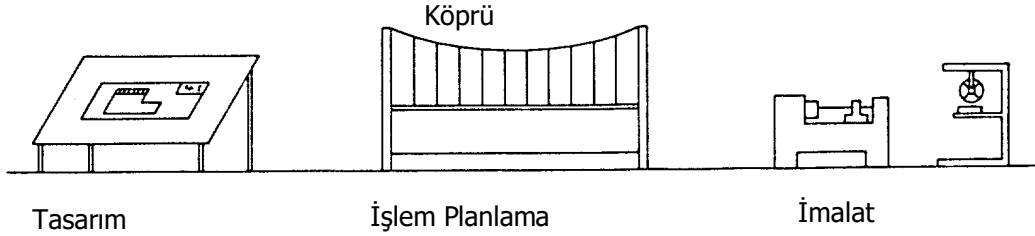


Şekil 7.3 Talaş kaldırma işlemlerinde Bilgisayar destekli üretimin temel bileşenleri

7.3 İşlem Planlama

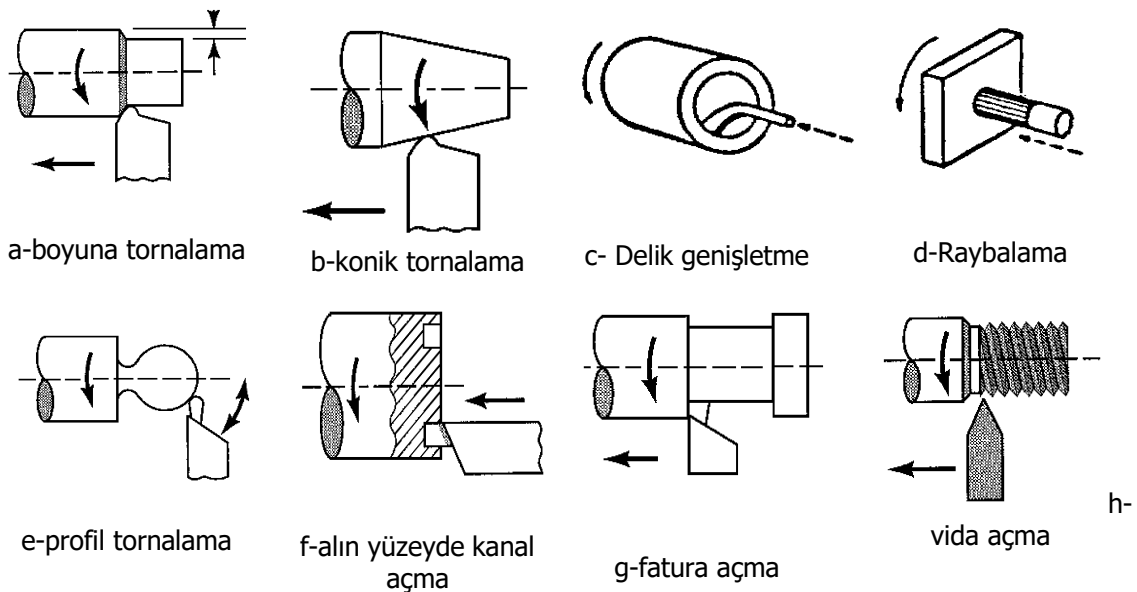
İmalat sürecinin ilk adımlarından biri olan işlem planlama; "Eldeki imalat olanaklarıyla bir mühendislik tasarımından yararlanarak, bir parçayı hammadde halinden genellikle tasarım mühendisi tarafından belirlenen nihai ürüne dönüştürmek amacıyla kullanılabilir işleme işlem ve parametrelerini belirleyen bir fonksiyondur." şeklinde tanımlanabilir. Alternatif bir tanım ise; işlem planlama, bir iş parçasını üretmek için gerekli hazırlıkların yapılması ve ayrıntılı iş talimatlarının hazırlanması olarak tanımlanabilir. Bu tanımları daha açık ifade edersek; işlem planlama, bir iş parçasının hammaddeden bitirilmiş hale dönüştürülmesi amacıyla, işleme operasyonları için imalat süreci, işleme parametreleri, imalat işleminde kullanılacak takım tezgahları, kesici takımlar, iş parçası bağlama yöntemleri gibi yardımcı bilgilerin seçiminden ibarettir.

Bu tanımlamalardan da görüleceği üzere işlem planlama işleminde tasarımı yapılan bir makina parçasının, tasarım sırasında belirlenen özellikleri üretim aşamasında elde edilecektir. Bunun için tasarım bilgilerinin imalat bilgilerine dönüştürülmesi gerekmektedir ki bu tasarım bilgileri, imalat bilgilerine sadece işlem planlama ile dönüştürülebilir. Bu nedenle işlem planlama tasarım ve imalat arasında önemli bir köprü olarak görülebilir (Şekil 7.4).



Şekil 7.4 İşlem planlama tasarım ve imalat arasında köprüdür

İşlem planlama kısaca, işlemlerin planlanması ve kaynakların kullanımının belirlenmesi olarak da ifade edilebilir. İşlem plancısı, şekli önceden belirlenmiş iş parçasının üretimi için eldeki hammaddeleri de dikkate alarak işlem listesini hazırlamalıdır. Bir işlem plancısının, imalat için kullanabileceği bazı işlemler Şekil 7.5 'de verilmiştir.



Şekil 7.5 Dönel parçaların imalinde kullanılan işleme yöntemlerine örnekler

Ayrıntılı işlem planları genellikle; imalat yöntemlerinden, kesme parametrelerinden, takım tezgah(lar)ından, bağlama yöntemlerinin belirlenmesinden, kesici takımların seçimi ve takım yollarının oluşturulmasından ibarettir. İşlem planı bir parçanın üretimi için gerekli iş talimatlarını sağlamaktadır.

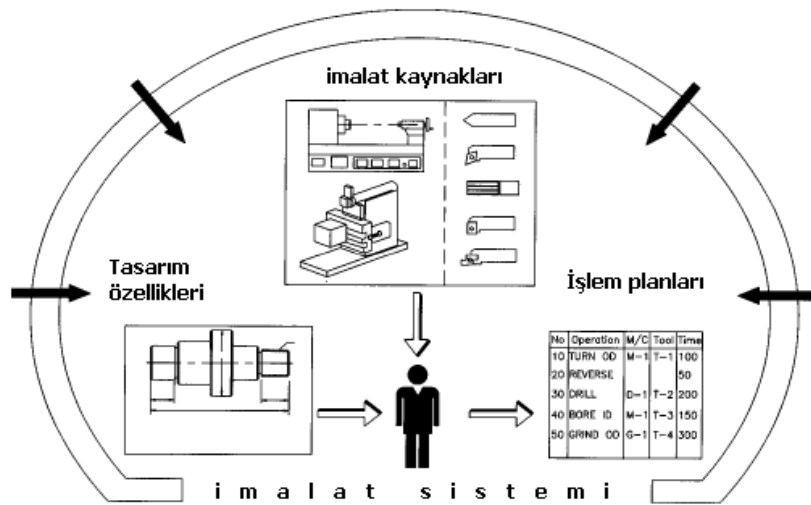
Bu talimatlar; maliyeti, kaliteyi ve üretim hızını dikkate aldığından işlem planlama sistemi, üretim sisteminin en önemli elemanıdır. Bir işlem planlama sisteminden beklenen temel özellikler aşağıda kısaca sıralanmıştır.

- Ürün tasarım verisinin değerlendirilmesi
- Operasyonların belirlenmesi
- Takım tezgahının seçimi
- İş parçası üzerindeki bağlama yüzeyleri ve bağlama elemanlarının belirlenmesi
- Bağlama yüzeyleri ve elde bulunan bağlama elemanlarıyla ilişkili olarak iş parçasının aynaya bağlama sayısının belirlenmesi
- Operasyonların gruplandırılması ve sıralanması
- Kesici takımların seçimi
- Uygun kesme koşullarının belirlenmesi
- Takım yollarının oluşturulması
- Esas işleme zamanları ve boşta geçen zamanların hesaplanması
- NC kodlarının oluşturulması
- İmalat işlemin doğrulanması için simülasyon

İşlem planlamaya iki temel yaklaşım vardır. Bunlar; geleneksel, elle yapılan işlem planları ve bilgisayar destekli işlem planlarıdır. Bu yaklaşımlar aşağıda kısaca incelenecektir.

7.3.1 Geleneksel Yöntemle İşlem Planlama

Günümüzde bir çok geleneksel imalat sisteminde işlem planları, işlem plancısı tarafından elle yapılmaktadır. Sistemin odak noktası insandır (Şekil 7.6). Bu yöntemde işlem plancısı mühendislik tasarımını inceler, parçanın üretimi için yapılacak işlemleri düşünüp, gerekli kararları vererek işlem planını hazırlar. İşlem planının başarısı tamamıyla işlem planlamacısının deneyimlerine bağlıdır. Bu değerlendirme imalat süreci için de geçerlidir. Geleneksel imalat yöntemlerinin hala kullanıldığı küçük ölçekli endüstrilerde bugün bile yaygın olarak bu yöntem kullanılmaktadır. İşlem plancıları deneyimlerini ya işletmelerde ya da endüstri meslek liselerinde gördükleri öğrenimleri sırasında elde ettikleri bilgilerle, işletme ortamlarında edindikleri bilgilerin birleştirilmesi ile elde etmektedirler. Her işletmenin kendine özgü olanakları olduğu, ayrıca bir eğitim kuruluşundan edinilen bilgi ile başka bir eğitim kuruluşunda edinilen bilginin birbirinden belirli farklıklar göstereceği gözönüne alınırsa, bu tür bir planlamanın kişiden kişiye değişiklikler göstermesi de kaçınılmazdır.



Şekil 7.6 İşlem planlamaya geleneksel yaklaşım

Geleneksel işlem planlama işleminde işlem planlamacısından, minimum maliyet, minimum üretim zamanı, kaynakların verimli kullanımını ve benzeri faktörleri dikkate alarak en uygun yaklaşık yöntemleri belirlemesi beklenir. Yukarıda anlatılan nedenler dolayısıyla, aynı iş parçası için farklı kişilerin yaptıkları işlem planlarının birbirinden farklı olması üretim maliyetlerini arttıran faktörlerden birini oluşturmaktadır. Özellikle işlerin çok değişkenlik gösterdiği üretim ortamlarında işlem planlarının işlem planlamacı tarafından yapılması, çok emek isteyen ve üretim maliyetlerini arttıran bir işlemdir. Bu tür bir işlem planlamada karşılaşılan bazı problemler vardır. Bunlar;

- Deneyimlerin oluşması için uzun bir süreye gereksinim vardır.
- Deneyimlere dayalı planlama sonuçları sadece yaklaşık sonuçlar üretir, tam sonuç üretemez.
- İşlem planları yeni sistemlere veya yeni imalat yöntemlerine her zaman direkt ayak uyduramazlar.

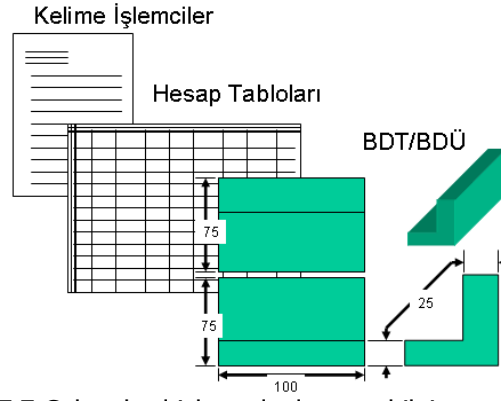
Geleneksel işlem planlamada bir işlem planı hazırlanırken aşağıdaki adımlar dikkate alınır;

- Parçayı tanımaya çalışarak, sınıflandırma ve gerekli iş istasyonlarını belirlemek.
- Tasarımı inceleyerek gerekli bütün imalat özelliklerini tespit ederek notlar almak.
- Parçanın üretileceği hammadde belirli değil ise en iyi hammadde şeklini belirlemek.
- Bağlama yüzeylerini tanımlayarak parçanın aynaya bağlanma sayısını belirlemek için bu bilgiyi kullanmak.
- Her bağlamada bütün unsurların oluşturulması için işlem sıralama yapmak.
- Her işlem için uygun takımları seçmek. Aynı takımla mümkünse başka işlemleri de gerçekleştirmeye çalışmak.
- Her düzenleme için bağlama elemanı seçmek veya tasarlamak.
- Plan üzerinde varsa gerekli değişiklikleri yapmak.
- Her işlem için ilerleme hızı, kesme hızı ve kesme derinliği gibi işleme parametrelerini belirlemek.
- Bitmiş işlem planı dokümanını hazırlamak.

Görüldüğü gibi geleneksel yöntem ile yapılan işlem planları için oldukça uzun bir uğraş verilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra işlem planlamacısının, parçayı işlemek üzere verdiği her karar için yeterince bilgili olması gerekmektedir. Bunun için iyi bir hafızaya da ihtiyacı vardır. İmalatın gerçekleşebilmesi için işletmedeki ham malzeme, kesici takım stokları, işletme içi üretim araçlarının durumu, bağlama elemanları ve benzerleri hakkındaki kaynakları çok iyi bilmek zorundadır. Bunların yanısıra iyi bir üretim planlaması yapılabilmesi için zaman ve maliyet hesaplarını yapabilmek, işlenebilirlik verileri el kitaplarını çok iyi kullanabilen bir kişi olmak zorundadır.

Amerikan Hava Kuvvetlerinde yapılan bir çalışmaya göre; iyi bir işlem planlamacı, yeterli deneyime sahip 40 yaşın üzerindeki bir kişi olarak tanımlanmıştır. Amerika 'da (1985 yılı itibarıyla) yıllık 200.000-300.000 işlem planlamacısına ihtiyaç duyulmasına rağmen sadece 150.000-200.000 işlem planlamacı bulunmaktadır. Geleneksel olarak yapılan işlem planlama işlemlerinde uzmanların eksikliği, planlardaki tutarsızlık, tecrübeli planlamacıların emekli olmasıyla sahip oldukları bilgilerinin kaybolması ve yenilerinin yetişmesinin uzun zaman gerektirmesi gibi problemler vardır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak işlem planlama fonksiyonunun otomatikleştirilmesi gereksinimi, işlem planlama fonksiyonunun desteklenmesinde bilgisayar kullanımını zorunlu kılmıştır.

Kişisel deneyimlere dayalı işlem planlama sistemlerinde düşük seviyeli de olsa bilgisayar desteğinden yararlanmak mümkündür (Şekil 7.7).



Şekil 7.7 Geleneksel işlem planlamaya bilgisayar desteği

7.3.2 Bilgisayar Destekli İşlem Planlama

El ile yapılan ve başarısı tamamen işlem planlamacısının deneyim ve sezgilerine bağlı olan işlem planlarında, planlama zamanının uzun oluşu, aynı iş parçası için farklı kişilerce yapılan işlem planlarının farklı oluşları nedeniyle, standart, tutarlı ve güvenilir işlem planlarının oluşturulması için, imalat işlemi ile ilgilenen kişiler alternatif çözümler üzerinde durmuşlardır. Bu alternatif çözümlerden biri, işlem planlarının belirlenmesinde bilgisayar desteğinden yararlanmak olmuştur.

İşlem planlarının belirlenmesinde bilgisayarların tutarlılığı ve hızından yararlanma düşüncesi ilk olarak 1960 'lı yıllarda ortaya atılmıştır. Burada temel düşünce, insan işlem planlamacısının karar verme mekanizmasında sistem dışında tutulmasıdır. Başlangıçta bu amaca erişilememiş olsa da günümüzün gelişen teknolojisiyle bu düşünceye adım adım yaklaşmakta olduğu görülmektedir.

İşlem planlamada bilgisayar desteğine geçiş, ciddi problemlere de yol açmıştır. Bunun nedeni işlem planlamanın kolayca akış diyagramı haline getirilebilecek homojen bir faaliyet olmamasıdır. Bir çok planlama faktörünün aynı anda düşünülmesi gerekmektedir, bu nedenle işlem planlama işinde bilgisayarların ilk kullanımı, planlama faaliyetlerinin bağımsız bölümleri üzerine yoğunlaştırılmıştır. Örneğin; imalatla bilgisayar desteği başlangıçta, iş parçasının imalatı için uygun kesici takım seçimi, kesme parametrelerinin seçimi ve kesici yolunun oluşturulması gibi işlemlere ayrı ayrı uygulanmıştır. 1970 'lerin başlarına kadar **Bilgisayar Destekli İşlem Planlama (BDİP)** uygulama aşamasına geçirilememiştir. Bunun nedeni ise bilgisayar yazılım ve donanım imkanlarının kısıtlı olmasından ve üretim mühendisinin bilgisayar destekli tekniklerden yeterince yararlanamamasıdır. Bir diğer neden olarak ise bilgisayar ve üretim teknolojilerinin birbirinden bağımsız olarak düşünülmesi de sayılabilir.

BDİP üzerine geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalar, insan işlem plancısı bütünü işlem planlama fonksiyonlarından çıkarmak üzerine yoğunlaşmıştır. Elle yapılan işlem planlamadan BDİP 'ye geçiş bir işletmeye aşağıdaki yararları sağlayabilmektedir;

- Deneyimli planlamacı gereksiniminde azalma.
- İşlem planlama zamanında azalma.
- Daha tutarlı bir planlama.
- Daha hassas planların oluşturulması.
- Hem planlama hem de imalat maliyetlerinin azaltılması.
- Verimliliğin artırılması.

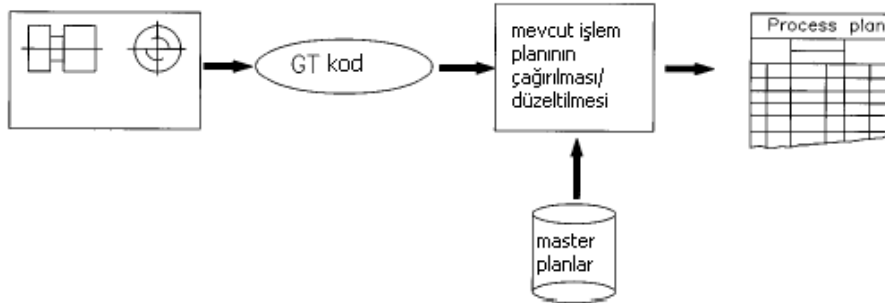
İşlem planlamada bilgisayar desteğini kullanan ilk sistemler, rapor oluşturma ve raporların saklanması işlemlerinde bilgisayar desteğinden yararlanmışlardır. Bu şekilde işlem planlarının kağıtsız ortamda depolanması sağlanmıştır.

Bilgisayar destekli işlem planlamaya; 1- Varyant (Variant) yaklaşım, 2- Üretken (Generative) yaklaşım olmak üzere iki yaklaşım vardır. Yapay Zeka (YZ) temelli üretken yaklaşımlar bu iki yaklaşıma üçüncü yaklaşım olarak ilave edilebilir. Bu yaklaşımlar aşağıda kısaca incelenecektir.

7.3.3 Varyant Sistemler

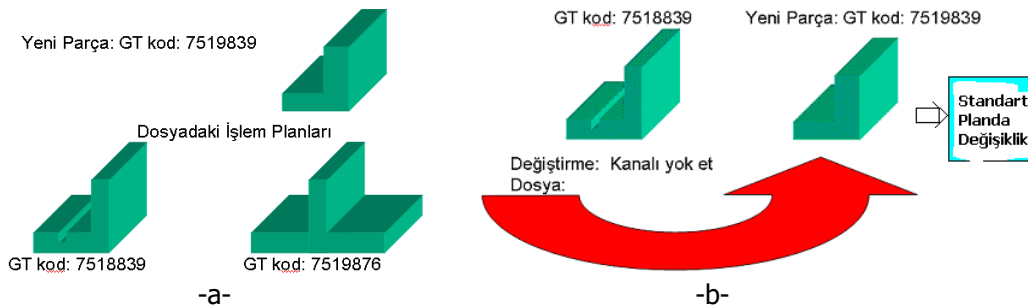
Varyant işlem planları bilgisayar destekli işlem planlamanın başlangıcıdır ve temel olarak daha önceden oluşturulan standart planların, benzer parçalar için çağırılması ve yeni parçaya göre yeniden düzenlenmesi ilkesine dayanır. Bazı varyant sistemlerde parçalar, parça ailelerine ayrılır ve üretim metodlarındaki benzerlik özellikleri ortaya çıkartılarak grup teknolojisiyle bağlantı sağlanır. Her parça ailesi için, olabilecek tüm operasyonları içeren standart işlem planı bilgisayarda saklanır. Bu sınıflandırma ve kodlama daha önceden belirlenmiş bir takım sorulara verilen cevaplardan elde edilen kodlara göre gerçekleştirilir. Bu kodlar, genellikle parça ailesini ve ilgili standart planı belirlemek için kullanılır. Yeni bir parçanın üretimi söz konusu olduğunda, standart plan ele alınır ve yeni parça için gerekli düzeltmeler yapılarak yeni bir işlem planı elde edilir. Varyant BDİP sistemi kısaca aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

- Parçaları kodlama ve sınıflandırma.
- Parça ailelerinin oluşturulması.
- Standart aile planlarının oluşturulması ve saklanması.
- Yeni parçalar için ait oldukları standart planın çağırılması ve düzeltilmesi.



Şekil 7.8 Varyant işlem planlama sistemi

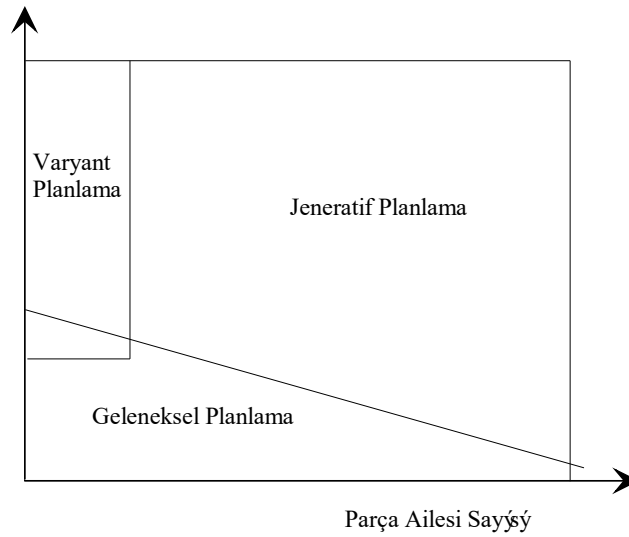
1976 yılında BDİP alanında büyük gelişmeler sağlanmıştır. CAPP sistemi, ilk varyant sistem olarak CAM-I (Computer Aided Manufacturing International)'nın yönlendirme ve desteği ile geliştirilmiş ve 1976 yılında NC konferansında sunulmuştur. Aynı yıl MIPLAN adlı başka bir sistem de OIR (Organization of Industrial Research) tarafından geliştirilmiştir. CAPP, MIPLAN vb gibi varyant sistemler, elle yapılan işlem planları ile karşılaştırıldığında varyant yaklaşımın, bilgi yönetim yeteneklerini artırması açısından oldukça avantajlı olduğu görülür. Bunun sonucunda, karmaşık etkinlikler ve kararlar için daha az zaman ve daha az işçilik gerekmektedir. Bu tür bir sistem, sistemi kullanan kişilerce bulundukları işletme koşulları dikkate alınarak geliştirilebilir ve planlamacının imalat bilgisiyle, fabrikanın özel gereksinimleri bir araya getirilip yapılandırılarak yöntemler standart hale getirilebilir. Varyant işlem planlamada, sınıflandırma ve kodlama teknikleri de kullanılmaktadır. OPITZ (1970), MICLASS (1975) ve DCLASS (Allen 1979) varyant yaklaşımda sınıflandırma sistemini kullananlara örnek olarak verilebilir. Varyant sistemler etkili bir şekilde kullanıldığında planlama zamanından %40 tasarruf sağlayabilirler [CHANG-1985]. Bu yaklaşım benzer parçalar ailesinin oluşturulabildiği, mümkün olduğunca az sayıda aile ve çok sayıda benzer parçanın olduğu durumlarda çok etkili ve ekonomik sonuçlar vermektedir. Şekil 7.9 a ve b 'de varyant planlama sisteminin tipik bir organizasyonu görülmektedir.



Şekil 7.9 Varyant planlamada standart parçaya göre kodlama ve planlama

Varyant planlamadaki en büyük dezavantaj; işlem planının kalitesinin hala işlem planlamacısının geçmişteki tecrübesine dayanıyor olmasıdır. Bilgisayar sadece, elle yapılan işlem planlama etkinliklerini destekleyen bir araçtır. Buna rağmen varyant yaklaşım; kendi araştırma gruplarını kurmak isteyen orta ölçekli şirketler için yatırımın azlığı ve geliştirme sürecinin daha kısa oluşu nedeniyle, özellikle de ürünlerin çok değişmediği ortamlarda hala kullanılmaktadırlar.

İşlem planlamada, planlama yönteminin ekonomikliği faktörünün de dikkate alınması gerekmektedir. Az sayıda benzerlik içeren çok sayıda parça ailelerine sahip üretim ortamlarında, her yeni parça için yeni aile ve yeni tip işlem planı oluşturulması gerektiğinden, üretken işlem planlama sistemi daha fazla arzu edilir. İşlem planlamada uzun bir hazırlık evresi gerekmekte ise de varyant işlem planlama sistemini oluşturmak, üretken işlem planlama sistemini oluşturmaktan daha kolaydır. Varyant sistemler, çok sayıda benzer parçalar için kullanıldığında çok verimli olabilirler. Diğer yandan, ürünlerin çok değişkenlik gösterdiği üretim ortamlarında genellikle üretken işlem planlama sistemleri en iyi çözüm olarak görünmektedir. Şekil 7.10 'de farklı planlama alternatiflerinin ekonomik alanları verilmiştir.

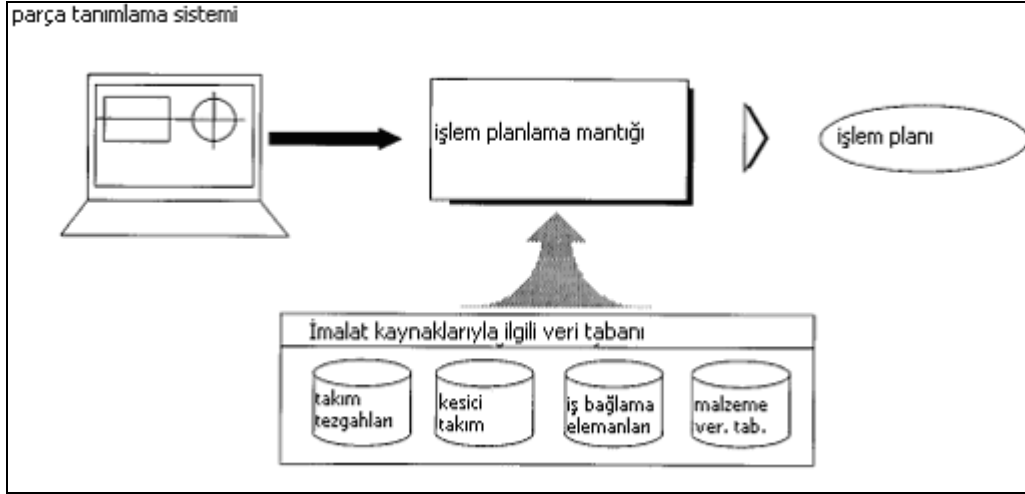


Şekil 7.10 Farklı planlama alternatifleri için ekonomik alanlar

7.3.4 Üretken İşlem Planlama (ÜİP)

İkinci tip bilgisayar destekli işlem planlama sistemi, üretken işlem planlamadır. Bu yaklaşımda işlem planları mevcut planlar kullanılmaksızın oluşturulur. Üretken yaklaşımda işlem planlama, hammaddeyi bitmiş ürün haline dönüştürmek için gerekli karar mantıklarının, formüllerin, algoritmaların ve parça geometrisiyle ilgili bilgilerin kullanılmasıyla oluşturulur (Şekil 7.11). Bu tür bir sistemde, özgün bir parça için özgün bir işlem planı işlem planlamacısının müdahalesi olmaksızın oluşturulabilir. Üretken işlem planlama (ÜSP); "Yeni bir parçanın işlem planının otomatik olarak oluşturulabilmesi için, işlem bilgisini sentez eden bir sistemdir." şeklinde tanımlanabilir. ÜSP yaklaşımı ile aşağıdaki avantajlar elde edilebilir;

- Tutarlı işlem planları çok hızlı oluşturulabilir.
- Yeni parçalar mevcut parçalar kadar kolay planlanabilir.
- Kontrol bilgisinin güncelleştirilmesi ve detaylandırılmasını sağlamak amacıyla CNC, DNC gibi otomatik bilgi akışının söz konusu imalat olanaklarıyla etkileşim kurulabilir.



Şekil 7.11 Üretken İşlem Planlama Yaklaşımı

Üretken sistemlerde veri girişi, etkileşimli veya grafik tabanlı olabilir. Bunlardan birincisi, mevcut olan BDİP sistemlerinde daha yaygındır.

Üretken işlem planlamada, varyant yöntemin tersine olarak, her bir yeni parça için mevcut planlara bağlı olmaksızın, karar mantıkları, formüller, algoritmalar ve veri tabanındaki imalat bilgilerini kullanarak yeni işlem planları üretilir. Sistem otomatiktir ve kullanıcıdan sistem ile ilgili herhangi bir karar vermesi beklenmez. Çeşitli karar mantıklarının (karar ağaçları, karar tabloları, yapay zeka dilleri gibi) uygulanmasıyla işlem planlarının karar verme sistemi bilgisayar yazılımları aracılığı ile taklit edilebilir.

Tezgah seçimi, iş parçası bağlama yöntemi ve elemanlarının seçimi, işlemlerin seçimi ve sıralanması, kesici takım seçimi ve kesme parametrelerinin seçimi, takım yollarının oluşturulması ve NC kodlarının oluşturulması gibi bir çok işlem planlama fonksiyonları ÜİP ile otomatik olarak belirlenebilir.

Üretken yaklaşımda tasarım verileri sisteme; bir BDT sisteminden (örneğin AutoCAD, Solidworks, Pro-engineer, I-Deas gibi) elde edilen DXF veya IGES ve benzeri gibi dosyalarının yorumlanmasıyla girilir.

Bu bilgiler sistem tarafından analiz edilerek iş parçası üzerindeki unsurlar çıkarılarak ürünün imalatı için işlenebilirlik verilerinin belirlenmesi, imalatla kullanılacak takım tezgahı, bağlama sayısı, iş parçası bağlama yöntem/yöntemleri, kesici takım seçimi, her bağlama için işlem sıralaması vb. gibi etkinlikler otomatik olarak belirlenir. Üretken tip işlem planlamada kullanıcının üretim sürecinde herhangi bir karar vermesi söz konusu değildir ve kullanıcı burada sadece sistem için gerekli veri girişi işlemini yapmaktadır. Diğer bütün işlemler oluşturulan yazılım ile üretim kuralları ve karar mantıkları kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirilir.

7.4 İşlem Planlamada Kullanılan Yöntemler ve İşlem Planlama için Bilgiler

İşlem planlama problemlerinin çözümünde farklı yöntemler kullanılmakta olup, bu yöntemler kısaca aşağıda tanıtılmıştır.

a- Grup Teknolojisi

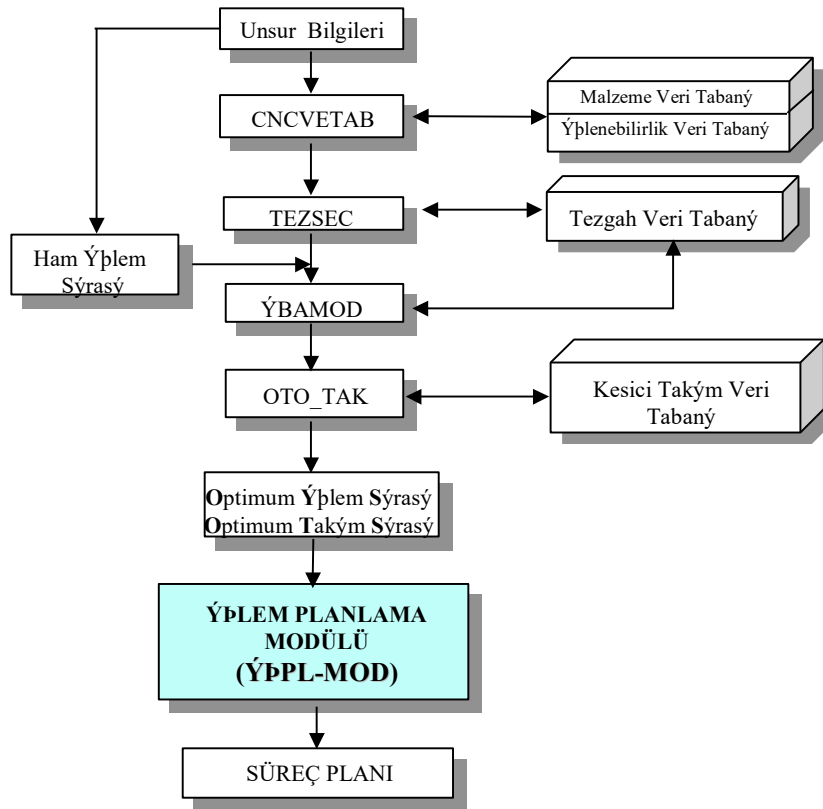
Grup Teknolojisi (GT), Soloja (1973) tarafından, "Benzer problemlerin gruplandırılarak, bir problem kümesine tek çözüm bulmak ve böylece emek ve zamandan tasarruf etmektir" şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanıma göre sadece tasarım benzerlikleri değil üretim benzerliklerinin olduğu parçalar da aynı gruplar içerisinde değerlendirilmektedir.

Benzer özellikler gösteren grup için parça ailesi deyimi kullanılmaktadır. İş parçalarının parça ailelerine ayrılması durumunda işlem planlama işi de kolaylaşabilir. Her parça ailesi üyeleri için benzer işlemler gerektiğinden aileyi işlemek için bir işleme hücresi oluşturulabilir. Bir hücre için sadece benzer parçalar göz önüne alınacağından üretim planlaması ve kontrolü kolaylaşır. GT 'de parçaların parça ailelerine ayrılması için; kodlama ve sınıflandırma yapılmaktadır. GT kullanarak işlem planlama hazırlanması sadece varyant sistemler için uygundur.

b- Karar Verme Mekanizması (İleriye ve Geriye Zincirleme)

Karar verme mekanizmasında ileri ve geri zincirleme olmak üzere, kullanılan iki tür yöntem vardır. İşlem planlama çalışmaları için, ileri zincirlemede; imalat verileri dikkate alınıp, bir hedefe ulaşmaya kadar bu veriler mevcut bütün kurallar için denenir. Geriye zincirleme ise bunun tam tersine, amaçlanmış hedeften yola çıkarak bu hedefi gerçekleştirecek veriler imalat araştırılır.

İşlem planlarının oluşturulmasında geriye zincirleme yöntemi, sistemin çekirdeğini oluşturan işlem sıralamasının belirlenmesi için mamül maddeden hammaddeye erişim için kullanılmaktadır. Mamül maddedeki herhangi bir unsurun nasıl doldurulması gerektiği göz önüne alınır. Bir unsur doldurulduktan sonra, sistemdeki diğer unsurların doldurulmasıyla işleme devam edilir. Bu işlem, hammaddeye ulaşmaya dek tekrar edilir. Özellikle varyant işlem planlama için uygundur.



Şekil 7.12 İşlem Planlama Modülleri

İleriye zincirleme, geriye zincirlemenin tersine olarak hammaddeden mamül maddenin elde edilmesi için yapılacak işlemleri belirtmek için kullanılır. Bu yöntemde, tasarımı verilen iş parçası üzerindeki bütün unsurların işlenmesi tamamlanmaya kadar işleme devam edilir. Özellikle üretken tip işlem planlama sistemleri için uygundur.

Üretken işlem planlama sisteminde sistem karar mantığı, yazılımın odak noktasıdır ve programın akışını kontrol eder. Karar mantığı, hangi işlem veya işlemlerin seçileceğini belirler. Karar mantığının en önemli fonksiyonu, tasarım özellikleriyle, bu özelliklerin elde edilmesi amacıyla kullanılacak üretim şekillerinin eşleştirilmesidir. Karar tabloları, karar tabloları ve yapay zeka dilleri olmak üzere üç değişik karar mantığı yöntemi vardır.

a- Karar tabloları

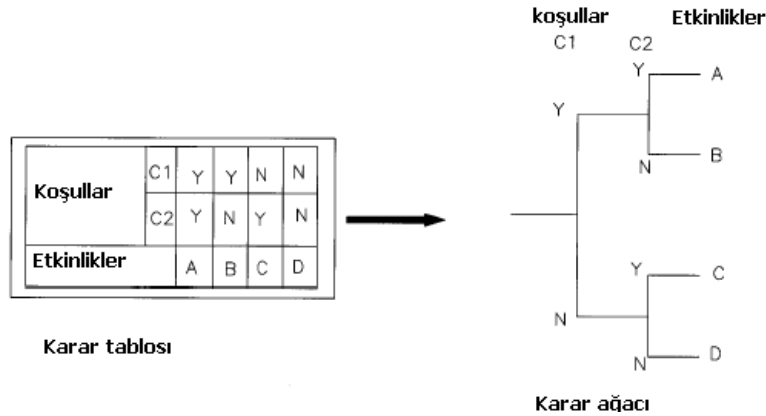
Karar tabloları koşulları, etkinlikleri ve düzenli formdaki karar kuralları organize eder. Karar kuralları bir tablonun sütunlarında tanımlanırken koşullar ve etkinlikler satırlara yerleştirilir. (Şekil 7.13)

b- Karar Ağaçları

Bir karar ağacı; kök, gövde, ana dallar ve alt dallardan oluşan bir kümedir. Kök; hammaddeyi, gövde; iş parçasının maksimum çapı ve uzunluğunu temsil eden kaba boyutları, ana dallar; iş parçası üzerindeki temel unsurları ve ana dallara bağlı alt dallar da, ikincil unsurları temsil eder. Ağaca ait kök, gövde, dallar ve alt dallar, sistemin bütünü oluşturmaktadır. Karar ağaçlarıyla alternatif yollar arasından etkin yol belirlenir (Şekil 7.13)

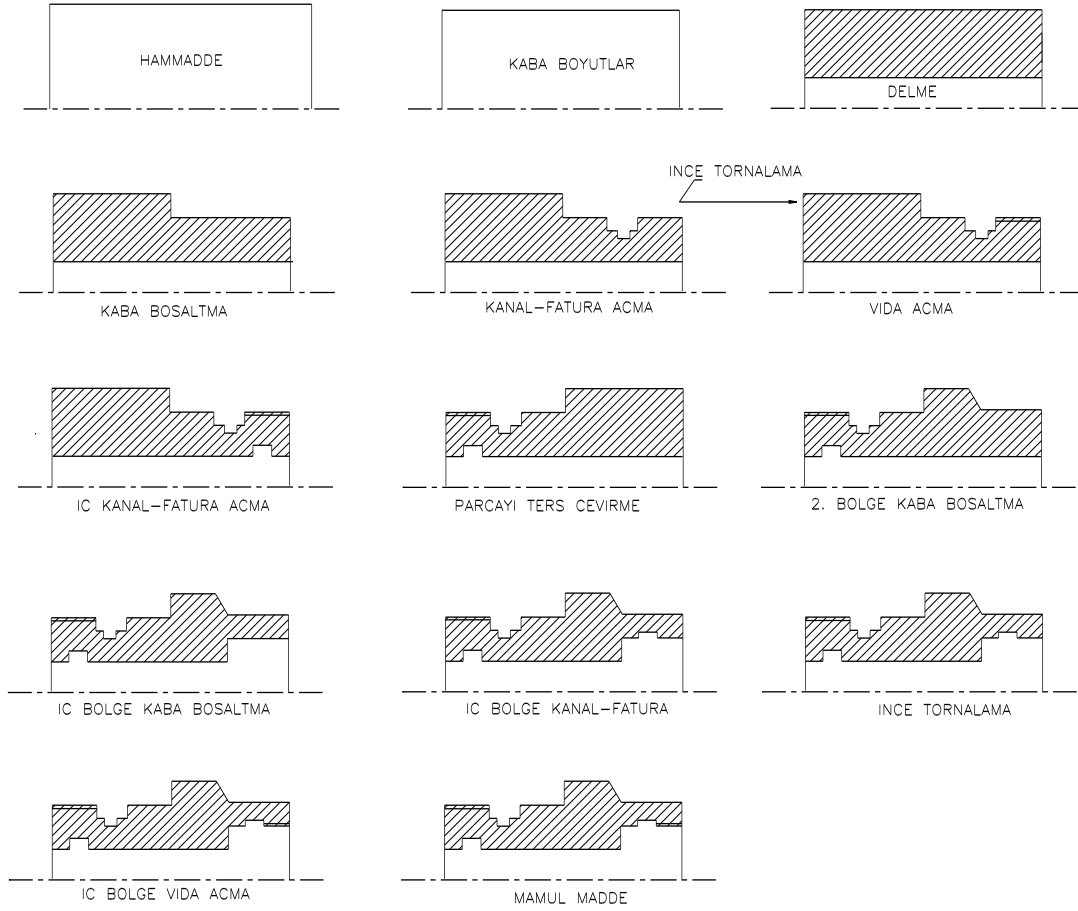
Kök ile gövde, gövde ile dallar ve dallar ile alt dallar arasındaki geçişler düğüm noktası olarak adlandırılabilir. Her düğüm noktasında bir koşul ve etkinlik vardır. Koşullar, **EĞER<KOŞUL> İSE <ETKİNLİK>** yapısı ile kontrol edilmekte ve koşul sağlandığı takdirde uygun etkinlik gerçekleştirilmektedir.

Bu yapı imalat işlemlerinde kullanıldığında, önce köke bağlı gövde (parçanın dış kaba boyutları) ve gövdeye bağlı bütün ana dallar (yani temel unsurlar) elde edilmektedir. Ana dalların elde edilmesi işlemleri tamamlandığında ise ana dallardan alt dallara geçiş noktalarında yine IF...THEN yapısı kullanılarak ikincil unsurların elde edilmesine çalışılır. Bu olay ağaç üzerindeki bütün dallara erişim sağlanıncaya kadar tekrar edilir. En uçtaki dala erişim sağlandığında, ağaç yapısı tamamlanmış olur.



Şekil 7.13 Karar tablosu ve karar ağacı

Karar ağaçlarının oluşturulmasında, geriye zincirleme ve ileriye zincirleme olmak üzere iki temel yöntem kullanılmaktadır. Geriye zincirleme tekniğinde, en uçtaki daldan ağaç kökünün elde edilmesine kadar bir işlem başlatılır. Daha önce de belirtildiği üzere ileriye zincirleme tekniği, hammaddeden mamül maddeye erişim için yapılacak işlemlerin birbiri ardına sıralanmasıdır. İş parçası üzerindeki bütün unsurların işlenmesiyle ağaç yapısı elde edilmiş olmaktadır. Şekil 7.14 'te bu (tornalama işlemleri için) karar mantığına örnek olarak, hammaddeden mamül madde elde edilmesine kadar kullanılan işlemler gösterilmiştir.



Şekil 7.14 Dönel parçalar için kullanılan ağaç yapısına örnek (ileri zincirleme tekniği)

Şekilde görüldüğü gibi ilk işlem, hamparçanın, iş parçası kaba boyutlarına tornalanması işlemidir. Daha sonra parçanın delinmesi, kaba tornalanması, ince tornalanması, kanal açma ve vida çekme işlemleri yapılmaktadır. Gerekli olması halinde parça ters çevrilerek 2. bölge üzerindeki işlemler yine aynı sırada yapılmaktadır. Sistemde, ağacın her düğüm noktasında izlenecek yol tanımlanmış kurallara göre otomatik olarak belirlenir.

c- Yapay Zeka Teknikleri ve Uzman Sistemler

Yapay Zeka (Artificial Intelligence); öğrenme, gerekçeleme, problem çözme, yabancı bir dili alma v.b. gibi insanoğlunun davranışlarını gösterebilen sistemlerle ilgilenen bir bilgisayar bilimidir. Yapay Zeka'nın ana amacı insanların davranışlarının ve sezgisel yeteneklerinin bilgisayar üzerinde benzetimidir. İnsanoğlu esas olarak Bilgi'yi (Knowledge) kullanmakta ve onu işlemektedir. Bu yüzden bilgi ve bilginin kullanımı Yapay Zeka'nın da anahtar karakteristikleridir.

Yapay Zeka'nın standart bir tanımı yapılamamakla beraber, yapılagelen tanımların ortak yönleri şunlardır;

- YZ bir bilgisayar bilim dalıdır,
- YZ bilgi ve davranışa dayanır,
- YZ zeki davranışları araştırmaktadır.

Zeka rakam ya da veriler yerine bilgiye dayalı mantıksal bir süreçtir. *Bilgi* ve *bilginin işlenmesi* ile *zeki davranışlar* ortaya çıkarılabilir.

- Bir programın ya da sistemin zeki ya da akıllı olarak kabul edilebilmesi için, en azından aşağıdaki özelliklerden bazılarını sağlayabilmesi gerekir;
- Karar verme

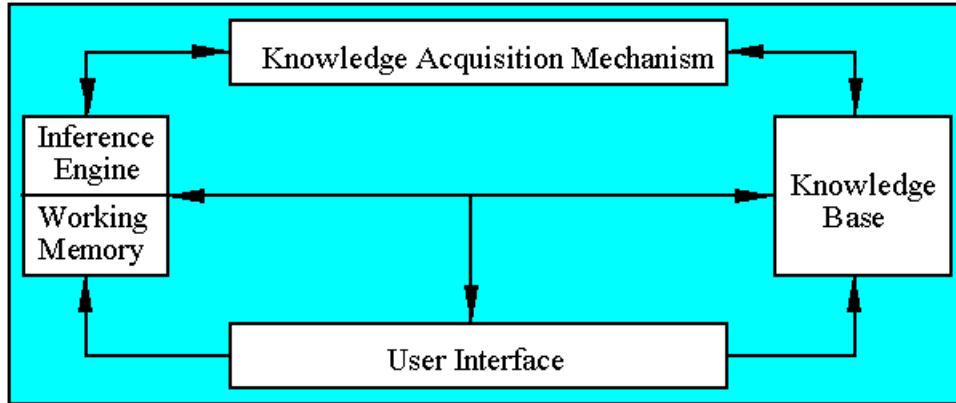
- Algılama
- Öğrenme
- Problem çözme
- Muhakeme
- Şekil ya da resim tanıma
- Doğal dil anlama
- **YZ'nın geleneksel programlamadan birçok farkı vardır;**
- Öğrenebilirler
- Tecrübe kazanabilirler
- Bu tecrübeyi kullanarak yeni problemleri çözebilirler
- Eksik veri ile problemler çözebilirler
- Belirli bir algoritma yerine sezgisel yöntemler kullanırlar
- Yanlış yapabilirler

Yapay Zeka araçları;

- Uzman Sistemler
- Yapay Sinir Ağları
- Bulanık Mantık
- Genetik Algoritmalar
- Tabu Araştırma Algoritmaları
- Olay Tabanlı Gerekçeleme

- **Uzman Sistemler;** en eski Yapay Zeka araçlarından birisidir
- Belirli bir alanda, bir uzmanın önerdiği çözümleri üretebilen, o alanın bilgileri ile donatılmış, gerekçeleme metotları ile olayları süzebilen programlardır.
- Bilgi Tabanlı Sistemler (Knowledge Based Systems) olarak ta bilinirler.

Genel yapı ve çalışma mekanizması Şekil ... 'da görülmektedir.



- **Uzman**
- **Şekil 7.15**

-
-
- **Sistemlerin Kullanım alanları**

- Proses tasarımı ve seçimi
- Ürün tasarımı, İşlem planlama
- Medikal Tedavi
- Kalite Kontrol
- Çizelgeleme
- Ses işleme
- Görüntü tanıma
- Robotik uygulamaları
- Hata düzeltme

- **Uzman Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları**

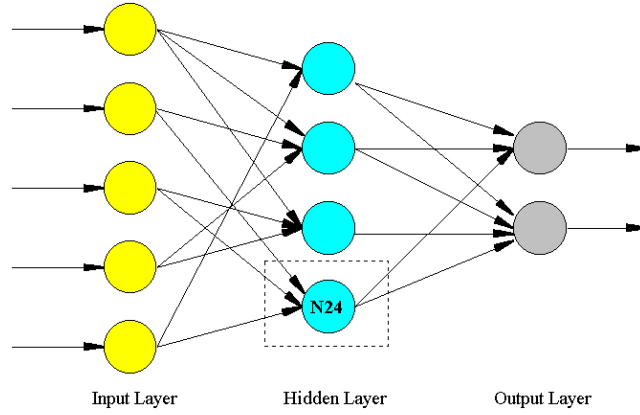
-
- Uzman Sistemler, çıkardıkları sonuçları nasıl ve neden çıkardığını açıklayabilir
- Üçüncü kişiler, uzman sistemleri yani kurallar üreterek rahatlıkla değiştirebilir
- Uzman sisteme bilgiyi verecek uzmanı bulmak her zaman kolay olmayabilir
- Uzmanlar bilgilerini kurallar halinde belirtmeyebilir

Yapay Sinir Ağları

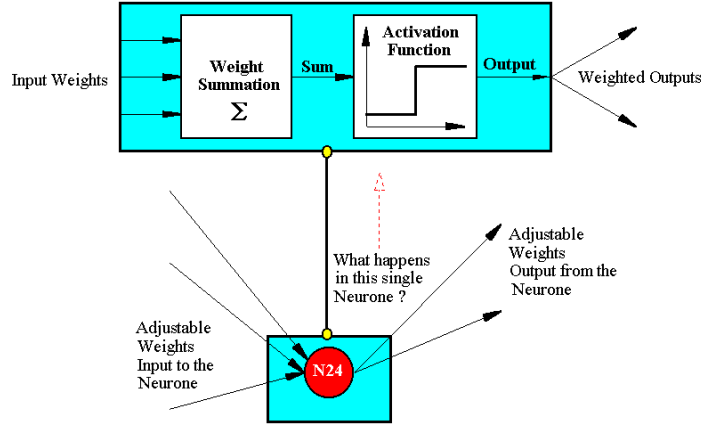
- Yapay Sinir Ağları (YSA) genel olarak insan beyninin ya da merkezi sinir sisteminin çalışma prensiplerinin taklit eden bilgi işleme sistemleridir.

- YSA'da bilgi basit işlem elemanları arasında paralel olarak dağıtılmış olup, her bir proses elemanı birbiri ile bağlantılıdır. Bu yüzden YSA bazen, Paralel Dağıtılmış İşleme Sistemleri (*Parallel Distributed Processing Systems*) ya da Bağlantıcı Sistemler (*Connectionist Systems*) olarak ta adlandırılırlar.

Genel Yapı ve Çalışma mekanizması



Şekil 7.16



Şekil 7.17

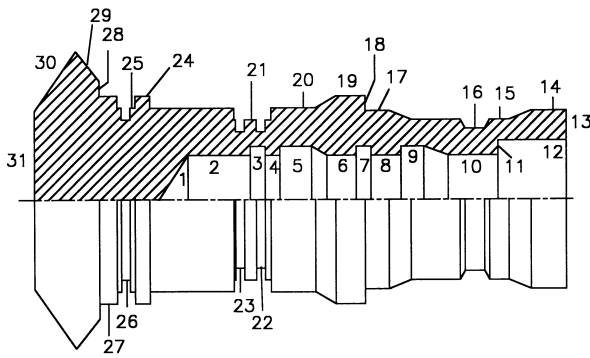
- Yapay Sinir Ağlarının Kullanım alanları**
 - Robotik Uygulamaları
 - Proses kontrol
 - Ürün tasarımı
 - İşlem planlama
 - Kalite Kontrol
 - Gerçek zamanlı modelleme
 - Adaptif kontrol
 - Görüntü tanıma
- YSA 'nın avantaj ve dezavantajları**
 - Uzman sistemler gibi bilgiyi kurallar halinde istemezler
 - Öğrenebilir ve hiç karşılaşmadıkları bir problemi çözebilirler
 - Paralel yapıları nedeniyle çok hızlı çalışırlar
- Çıkardıkları sonuçları nasıl ve neden çıkardığını açıklayamaz (kapalı kutu)
- Eğitimleri oldukça zaman alıcı ve zordur

İşlem planlama sırasında dikkate alınması gereken faktörlerden bazıları aşağıda tanıtılmıştır.

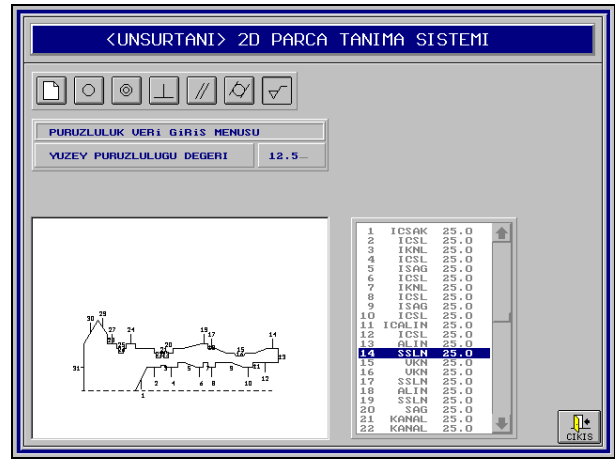
7.4.1 Unsur Bilgileri

İş parçası üzerindeki unsur bilgileri, tasarım bilgilerinin yorumlanmasıyla elde edilir. Örneğin tornalama parçası için iş parçası üzerindeki unsurlar; konik, silindirik, alın, kanal, fatura vb gibi, frezeleme işlemleri için cep, kanal, serbest yüzey, çevresel frezeleme, alın frezeleme, T kanal, kırılmaç kanalı vb gibi unsurlardır. Üretken işlem planlama sistemlerinde bu bilgilerin oluşturulan bir yazılım tarafından otomatik olarak çıkarılması gerekir.

Şekil 7.18 'de AutoCAD ile üst yarı görünüşü çizilen dönel bir iş parçası üzerindeki unsurları çıkaran bir yazılımın ekran görüntüsü verilmiştir.



a- İş parçası



b- Yazılım ekran görüntüsü

Şekil 7.18 BAÜ 'de Geliştirilen BDİP sisteminin unsur tanıma ekran görüntüsü

7.4.2 İşlenebilirlik Verileri

Bu bölümde, işlenebilirlik verilerinin seçimi için gerekli olan bilgiler tanımlanarak, bunların işlenebilirlik üzerine etkileri incelenecektir.

Genel Kavramlar ve İşlenebilirlik Verilerini Etkileyen Parametreler

Farklı işleme yöntemleri için kullanılan kesme parametrelerinin seçimi, işlem planlama sistemlerinde bulunması gereken modüllerden biridir. Kesme parametrelerinden kasıt, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değerleridir. Bu değerlerden kesme derinliği, genellikle iş parçası geometrisi ve takım malzemesine bağlıdır. Bu nedenle kesme koşullarının belirlenmesindeki problem, kesme hızı ve ilerleme değerinin tespitine indirgenmektedir.

İşlenebilirlik verilerinin belirlenmesinde üç yöntem bulunmaktadır. Bunlardan **birincisi**; işlenebilirlik verilerinin, tezgah operatörünün veya bu alanda deneyimli kişilerin deneyim ve sezgilerine dayalı yöntem olup, bu yöntemin kullanımı halinde uygun sonuçların kullanılamaması riski vardır. **İkincisi**; işlenebilirlik verilerinin bu amaç için hazırlanan el kitapları veya kesici takım imalatçıların tavsiyelerine dayalı yöntemdir. El kitaplarından elde edilen kesme hızı ve ilerleme değerleri daha çok başlangıç değerleri olup kaba sonuçlar vermektedir. Buna rağmen, sayısal denetimli (SD) tezgahlar için, işlenebilirlik verilerinin en önemli kaynağı, hala işlenebilirlik verileri el kitaplarıdır. İşlenebilirlik verileri, kesici takım kataloglarından da elde edilebilir. Ancak, burada dikkate alınması gereken

önemli bir nokta vardır; bu veriler ideal işletme koşullarına yöneliktir ve bu verilerin gerçek işletme koşullarına uyarlanması gereklidir.

İşlenebilirlik verilerinin belirlenmesinde kullanılan **üçüncü yöntem** ise, bu değerlerin bilgisayar desteğinden yararlanarak belirlenmesidir. Bu amaçla kullanılan iki yöntem söz konusudur. Birincisi; "saklama ve erişim amaçlı sistemler", ikincisi; "matematik modelleme kullanılan sistemler" olup, bu sistemler özellikle, SD tezgahların bulunduğu modern imalat sistemlerinde kullanılmaktadır.

Matematik modelleme kullanan sistemler, deneysel verilerden elde edilen işlenebilirlik verilerinden yararlanarak oluşturulan matematik modelleri kullanmaktadırlar. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, her sistemi tam olarak temsil edebilen bir matematik modellemenin her zaman mümkün olmayışdır.

SD 'nin en önemli avantajlarından biri takım değiştirme, iş parçasının tezgaha bağlanması ve tezgahtan sökülmesi gibi işlem dışı zamanların azaltılmasıdır. SD tezgahlarda, hamparçanın tezgaha bağlanışından ürünün elde edilmesine kadar geçen zamanın büyük bir bölümü, esas işleme zamanıdır. Aynı kesme koşullarının kullanıldığı klasik tezgahlar ile SD tezgahların yaptığı bir iş karşılaştırıldığında, her ikisinde de esas işleme zamanı aynı olmakla birlikte klasik tezgahla üretim sırasında işlem dışı zamanların fazla oluşu nedeniyle üretim zamanı fazla olmaktadır.

İşlenebilirlik veri tabanı sistemleri, bir iş parçasının üretiminde kullanılacak kesme hızı ve ilerleme için genel önerilerde bulunduğundan kullanışlıdır. Önerilen koşullar, bir işin tamamlanabilmesi için zamanın azaltılıp üretim miktarının artırılmasında önemli bir potansiyel olabilir. İşlenebilirlik verilerinin elde edilmesinde aşağıdaki faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

1. İş parçası
2. İşlem tipi
3. Kesici takım
4. Takım tezgahı

İş parçası karakteristikleri; malzeme, tipi, kimyasal bileşimi, üretim şekli (döküm, dövme, haddelenmiş, vb.), ısıtma işlem durumu (temperlenmiş, tavlanmış, yaşlandırılmış, vb.) ve sertlik gibi değerlerden oluşmaktadır.

İşlem tipi, işlenebilirlik verilerini etkileyen faktörlerden biri olup, silindirik tornalama, alın tornalama, delme, delik genişletme, form tornalama, vida çekme, vb. şeklinde değişik işleme operasyonlarını içermektedir.

Kesici takım parametreleri; takım malzemesi(HSS, CBN, sinterlenmiş karbür), takım malzemesinin kimyasal özellikleri, takım tipi (tek kesici ağızlı, çok kesici ağızlı gibi), takım tutturma sistemi, vb.gibi bilgileri içermektedir.

Takım tezgahı parametreleri; tezgah rijitliği, gücü, fener mili hızı, ilerleme oranları ve hassasiyeti gibi teknolojik bilgileri içermektedir.

İşlenebilirlik verilerinin belirlenmesinde, yukarıda ana başlıklar halinde verilen değerlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu parametrelerin işlenebilirlik üzerine etkileri aşağıda tanımlanmıştır.

İş Parçası Malzemesinin İşlenebilirlik Verileri Üzerine Etkisi

Talaş kaldırma sırasında malzemelerin gösterdikleri davranışlar farklıdır. Bu farklılık talaşlı imalat yöntemleriyle ile işleme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Malzemelerin işlenebilirlikleri, genellikle kesme hızına bağlı olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte işlenebilirliklerinin belirlenmesinde, iş parçasının kimyasal bileşenleri, mikro yapısı, sünekliliği, sertliği ve mukavemeti gibi mekanik özelliklerin de dikkate alınması gerekir.

Kimyasal Bileşenlerin İşlenebilirliğe Etkileri

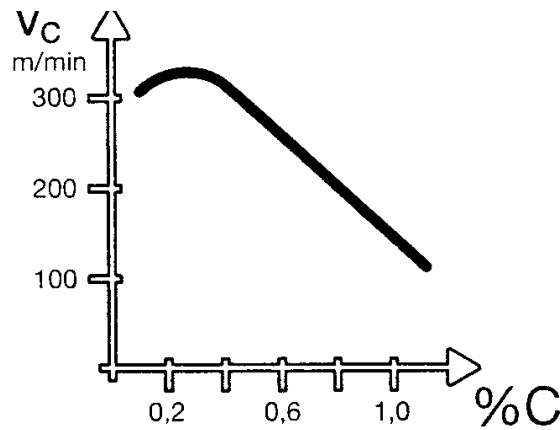
İmalat alanında yüzlerce metalik ve bir o kadar da metalik olmayan malzeme kullanılmaktadır. En fazla kullanılan metal alaşımları arasında; çelikler, dökme demirler, bakır alaşımları, alüminyum ve nikel alaşımları sayılabilir. Bu malzemeler arasında, en fazla kullanılan metal grubunu çelikler oluşturmaktadır.

Çelikler % 0.005-%2 arasında C içeren FeC alaşımıdır. Çelik içerisindeki karbon yüzdesi %0.3'e eşit olduğunda işleme yeteneği maksimum iken bu değerin üstüne çıktıkça ve altına inildikçe işleme yeteneği azalır. Düşük karbonlu çeliğin işlenebilirliği zordur. Bunun nedeni, bu malzemelerin düşük sertliğe ve yüksek sünekliğe sahip olmalarıdır. Bu ise işlenebilirlik için negatif faktördür, çünkü; talaşın takıma yapışarak takım ömrünü düşürmesi ve talaşın takıma yapışması sonucunda iş parçasının yüzey kalitesinin bozulması söz konusudur. Çelik içerisindeki karbon, çeliğin sertliğine ve işlenebilirliğine etki eden bir element olarak göze çarpmaktadır (Şekil 7.19). Diğer alaşım elementlerinin işlenebilirlik üzerine etkileri Çizelge 7.1 'de özetlenmiştir.

Kükürt (S), fosfor (P) ve normal olarak çeliğin bünyesinde bulunmayan kurşun (Pb) işlenebilirlik yeteneğini arttıran elementler olarak gösterilebilir. Bu nedenle işleme yeteneğini arttırmak için çeliğin bünyesine bir miktar kurşun, kükürt ve fosfor ilave edilir. Bu çelik türüne, otomat çelikleri adı verilmiştir.

Çizelge 7.1 Alaşım elementlerinin işlenebilirliğe etkileri

Negatif Etkili Elementler	Pozitif Etkili Elementler
Mn	Pb
Ni	S
Co	
Cr	
V	
C < %0.3	C %0.3-%0.6
C > %0.6	
Mo	
Nb	
W	



Şekil 7.19 Karbon oranının işlenebilirliğe etkisi

Demir olmayan hafif metaller ise genellikle daha kolay işlenir. Örneğin; alüminyumun işleme yeteneği çeliklerin işleme yeteneğinden 5-6 kat daha iyidir.

Mikroyapının ve Sertliğin İşlenebilirlik Üzerine Etkisi

Malzemelerin sertliği arttıkça işlenebilirlikleri de azalmaktadır. Örneğin, yüksek alaşımlı ve paslanmaz çeliklerin işlenebilme yetenekleri çok düşüktür. Bunun nedeni, bu tür çeliklerin bünyesinde işlenebilirliği olumsuz yönde etkileyen manganez, nikel gibi alaşım elementlerinin bulunması ve bu gruba giren çeliklerin sert bir yapıya sahip olmalarıdır.

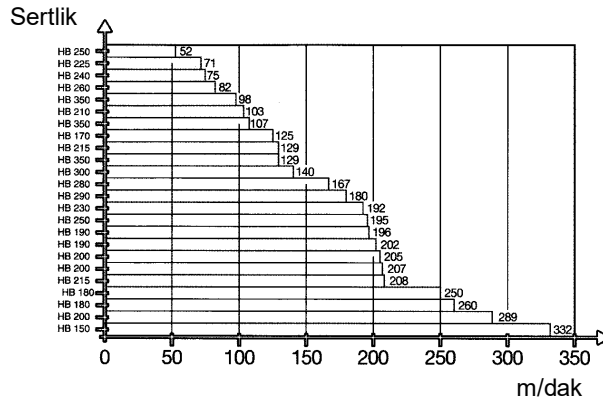
Malzemenin mikroyapısı da işlenebilirliği etkileyen faktörlerin biridir. Yapı tipi ile ilişkili olarak malzeme mukavemeti ve sertlik özelliği de değişir. Yalın karbonlu çeliğe sertlik özelliği veren bileşen karbürdür. Karbon, karbon çeliklerinin en önemli alaşım elementi olup, karbon miktarı ve diğer alaşım elementleri mikroyapı üzerine etkide bulunurlar. Karbon oranındaki değişime paralel olarak çelik içerisinde değişik mikroyapılar ortaya çıkar. Oda sıcaklığında ve ısıtılma işlemi yapılmamış çelik içerisinde, ferrit, perlit ve sementit olmak üzere üç temel mikroyapı vardır. Bu üç yapıdan perlit; ferrit ve sementitten oluşmuştur. Ferrit yumuşak ve sünek bir malzemedir. Sementit ise oldukça sert bir yapı olup ısıtılma işlemi sonucu ortaya çıkan martensitten de serttir. Takım ömrü açısından en iyi işlenebilirlik ferritik çeliklerde görülmektedir. Perlitik yapılarda, perlit içerisindeki ferrit miktarı düştükçe işlenebilirlik azalmaktadır. Çizelge 4-2 'de mikroyapının ve sertliğin değişimi sonucunda, dövülebilir dökme demirin delik genişletme operasyonu için işlenebilirlik verileri verilmiştir. Çizelge ayrıca ısıtılma işleminin de işlenebilirliği ne şekilde değiştirdiğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Malzemelerin sertliklerindeki artış işlenebilirliği kötü yönde etkileyen faktörlerden bir diğeridir. Şekil 7.20 belirli bir takım ömrü için farklı sertlikteki malzemelere ait uygun kesme hızlarını göstermektedir.

Şekil 7.20 ve Çizelge 7.2 incelendiğinde, sert ve yüksek mukavemetli malzemelerin işlenmesinde, kırılğan ve yumuşak malzemelerin işlenmesine oranla daha düşük kesme hızları seçilmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 7.2 Dövülebilir dökme demirin delik genişletme operasyonu için işlenebilirlik değerleri

Malzeme	Sertlik BSD	Üretim Şekli	Paso	HSS takım		KARBÜR TAKIM				
				Hız m/dak	İlerleme mm/dev	Kaplanmamış		Kaplanmış		
						HIZ Lehimli Sökülür	İlerleme mm/dev	Hız m/dak	İlerleme mm/dev	
Dövülebilir Dökme Demir Ferritik	110-160	Dövme	0.25	58	0.075	185	215	0.15	265	0.075
			1.25	46	0.13	145	175	0.20	215	0.13
			2.5	35	0.30	115	135	0.40	170	0.30
Dövülebilir Dökme Demir Perlitik	160-200	Dövme ve Isıl İşlemli	0.25	40	0.075	135	160	0.15	205	0.15
			1.25	32	0.13	110	130	0.20	170	0.20
			2.5	24	0.30	82	95	0.40	130	0.30
Dövülebilir Dökme Demir Temperlenmiş martensit	200-255	Dövme ve Isıl İşlemli	0.25	27	0.075	80	105	0.15	145	0.15
			1.25	21	0.13	70	84	0.20	115	0.20
			2.5	17	0.30	55	66	0.40	84	0.30



Şekil 7.20 Sertlik ile kesme hızının değişimi

Talaş Tipinin İşlenebilirlik Verilerine Etkisi

Makina imalatında kullanılan malzemelerin işlenebilirlik verilerinin belirlenmesinde dikkate alınması gereken faktörlerden biri de, talaş kaldırma işlemi sırasında oluşan talaş tipidir. Talaşlı imalatı, parça malzemesi ve kesme hızına bağlı olarak değişik talaş tipleri oluşur. Oluşan bu talaş tipleri genellikle sürekli, yapışık ve kesintili olmak üzere üç değişik karaktere sahiptirler. Sürekli talaş tipi; yüksek kesme hızı ile işlenen sünek malzemelerde, yapışık talaş tipi; orta kesme hızları ile işlenen sünek malzemelerde ve kesintili talaş tipi de sert malzemelerde veya düşük kesme hızı ile işlenen sünek malzemelerde ortaya çıkar. Sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin oluşması kesme koşullarının ve işlenen yüzey kalitesinin iyi olduğunu gösterir. Ancak, bant şeklinde bir sürekli talaşın oluşumu gerek işin bozulmasına yol açabilmesi gerekse tezgahın donanımına sarılarak tezgaha zarar verebilmesi söz konusu olduğundan tehlike oluşturabilir. Bu gibi hallerde talaşın bir şekilde kırılması gereklidir.

Yapışık talaş tipi, hem takımın zamanından önce kullanılamaz duruma gelmesine hem de iş parçası yüzey kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Kırılgan talaş tipi ise, sert malzemelerde çok iyi bir yüzey kalitesi anlamına gelirken, sünek malzemelerde kötü bir yüzey kalitesi elde edilir. Talaş tipinin, kesme koşullarını ve yüzey kalitesini etkileyen bir faktör oluşu nedeniyle işlenebilirlik verilerinin belirlenmesi esnasında iş parçası malzemesinin talaş tipinin de dikkate alınması gereklidir.

ISO malzeme sınıflandırma sistemine göre, sinterlenmiş karbür takımla işlenecek iş parçası malzemeleri, her biri uygulama alanlarına göre ayrı bir renk ile (mavi,sarı,kırmızı) ifade edilen üç belli başlı alana ayrılır (P/M/K). Bunlar;

1. **Mavi (P):** Çelik, döküm çelik, martensitik/ferritik paslanmaz çelik ve dövülebilir demir gibi "uzun talaşlı" malzemeleri simgeler.
2. **Sarı (M):** Östenitik paslanmaz çelik, ısıl dirençli malzemeler, mangan çeliği, titanyum alaşımları, alaşımlı dökme demir gibi malzemeleri simgeler.

Kırmızı (K): Dökme demir, sertleştirilmiş çelik ve alüminyum, bronz, plastik gibi demir esaslı olmayan "kısa talaşlı" malzemeleri simgeler.

Çizelge 4-3'te ISO tarafından yapılan sınıflandırma sisteminin genel yapısını, Şekil 7.21, bu sınıflandırma sistemine göre, malzemelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan talaş tiplerini göstermektedir. Her grubu oluşturan malzeme çeşitleri, aşınma mukavemeti ve tokluğu gösteren 01, 10, 20, 30, 40 ve 50 rakamları ile simgelenmiştir. Rakamlar büyüdükçe malzemenin aşınma mukavemeti azalır ve tokluğu artar. Rakamlar küçüldükçe malzemenin aşınma mukavemeti artar,

tokluğu düşer. Bu nedenle malzemelerin sınıflandırma şekli ve talaş tipinin, kesme parametrelerinin seçimi sırasında dikkate alınması gerekir.

İşlem Tipinin İşlenebilirliğe Etkisi

İşlenebilirlik verilerinin belirlenmesinde, iş parçası üzerinde yapılacak olan operasyona uygun değerlerin seçilmesi gereklidir. Aksi halde, yapılacak olan üretim ekonomik olmayacaktır. Örneğin; bir delme işleminde kullanılan kesme hızı, kaba tornalama veya ince tornalamada kullanılamaz.

Çizelge 7.3 ISO malzeme sınıflandırma sistemi

Malzeme Sınıfı		İşlem Adı
P Çelik, çelik döküm, paslanmaz çelik, uzun talaşlı dövülebilir demir	01	Çok ince işleme
	10	Yüksek kesme hızıyla ince işleme
	20	Kopya tornalama işlemi
	30	Düşük kesme hızlarıyla kaba tornalama
	40	Çok kaba ve kesikli tornalama
	50	
M Çelik, döküm çelik, mangan çeliği, alaşımli dökme demir, östenitik paslanmaz çelikler, dövülebilir demir, otomat çeliği gibi ve malzemeler	10	Yüksek kesme hızı ile işleme
	20	Düşük kesme hızı ile işleme
	30	
	40	Çok kaba ve kesikli tornalama
K Dökme demir, kısa talaşlı dövülebilir demir, sertleştirilmiş çelik, demir esaslı olmayan metaller	10	Yüksek yüzey kalitesi
	20	Yarı ince -yarı kaba
	30	Kaba ve kesikli işleme Düşük kesme verileriyle işleme

Talaş Tipi	ISO
	P
	M
	K

Şekil 7.21 ISO sınıflandırma sisteminde malzemelerin talaş tipleri

Kesici Takımın İşlenebilirliğe Etkisi

Bir malzemenin işlenebilirliği bu malzemenin talaşlı imalat sırasında kullanılabilecek kesme parametreleriyle yakından ilişkilidir. Kesme parametrelerinin belirlenmesinde en önemli etkenlerden biri de işlem tipine göre seçilen kesici takımdır. Kesici takıma ait kesme parametreleri sadece kesici malzemesine bağlı değildir. Çünkü, burada kesici malzemesinin yanısıra, kesici ucun takım tutucuya bağlanma şekli ve kesici ucun kaplanmış veya kaplanmamış olması da kesme parametrelerini etkileyen faktörlerdir.

Bir malzeme için delik genişletme operasyonunda yüksek hız çeliği (HSS) kullanılması halinde kesme hızlarının düşük olmasına karşın karbür takım ile kesme hızları daha yüksek değerler alabilmektedir. Kesici uç, takım tutucuya lehimleme ile sabitlenmişse, lehim mukavemetinin yetersiz olması nedeniyle, vidalı veya sıkıştırmalı bir sistem ile tutturulan (değiştirilebilir) kesici uca göre daha düşük kesme hızlarında kullanılmaktadır. Kesicinin kaplanmış veya kaplanmamış olması da işlenebilirliği etkileyen diğer bir faktördür. Kaplanmış kesiciler ile daha yüksek kesme hızlarında çalışılabilmektedir.

Kaplanmış kesici uçların daha yüksek kesme hızlarında çalışabilmesinin nedeni, kaplama sayesinde kesici ucun sertliğini yüksek sıcaklıklarda koruyabilmesidir. Bunun yanısıra kaplama malzemesinin (TiN, TiC, Al₂O₃ vb.) yüksek aşınma direncine sahip olması, takım ile talaş arasındaki sürtünmenin azalması gibi nedenlerden dolayı takımın ömrü daha uzundur.

TiN kaplamalı kesici takımların düşük kesme hızlarında kullanılması halinde, kesici uçta oluşan yağma kenar, kaplamanın yanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle düşük kesme hızlarında çalışılması halinde, uygun bir kesme sıvısının kullanılması şarttır.

Takım Tezgahı Parametrelerinin İşlenebilirlik Üzerine Etkileri

İş parçasının üretiminde kullanılacak takım tezgahının gücü ve maksimum devir sayısının, belirlenecek olan kesme parametrelerine uygun olması gerekir. Fener mili devir sayısının belirlenen kesme hızına ve tezgah gücünün yapılacak işleme uygun olması gerekmektedir. Kesme hızı ifadesi;

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (1)$$

eşitliğinden hesaplanabilir ve bu eşitlikte;

V	: Kesme hızı	(m/dak)
D	: İş parçasının çapı	(mm)
n	: Fener mili devir sayısı	(dev/dak)

şeklindedir.

Verilen bir kesme hızı değeri için, fener mili devir sayısı iş parçası çapına bağlı olarak, tezgahın maksimum devir sayısını aşmamalıdır. Bu devir sayısı aşıldığı takdirde kesme hızı azaltılmalıdır.

Bunun yanısıra belirlenen kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme değerleri kullanılarak hesaplanan güç, gerçekleştirileceği takım tezgahının gücünü aşmamalıdır. Aksi bir durum halinde, kesme parametrelerinin tekrar gözden geçirilmesi gerekecektir. Kesme gücü;

$$P = \frac{V_c a_p k_c f}{60037.2} \quad (2)$$

ile ifade edilmektedir [83]. Burada;

P	:Tezgah gücü (kW)
a_p	:Kesme derinliği(mm)
V_c	:Kesme hızı (m/dak)
f	:İlerleme (mm/devir)
k_c	:Parça malzemesi için özgül kesme kuvveti (N/mm ²)

şeklinde tanımlanmıştır. Takım tezgahı parametreleri bu çalışmada kullanılan kısıtlayıcılardan biridir.

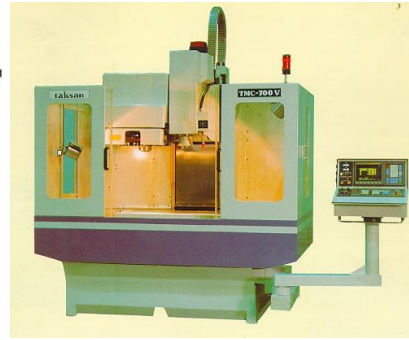
7.4.3 Takım Tezgahı Seçimi

Bir parçanın üretimi için gerekli olan takım tezgahının (Örneğin Şekil 7.22 'de görülen torna tezgahı ve freze tezgahı) seçimi işlemi BDİP sistemi içerisinde yer alması gereken modüllerden biridir. Tezgah seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken bazı faktörler vardır. Bir üretim sisteminde kullanılabilecek tezgahlar, iş parçası boyutları ile sınırlıdır ve iş parçasının boyutları, parçayı üretmek için gerekli tezgahın seçimini etkileyen faktörlerden biridir. Kullanılacak tezgahın kapasitesi işlem sırasını tamamen değiştirebilir. Tezgah seçimi sırasında iş parçasıyla tezgah arasında uyum olması istenmektedir. İş parçası ve tezgah arasında uyum olup olmadığı, iş parçasının geometrik ve teknolojik özellikleri dikkate alınarak, eldeki tezgahların tek tek gözden geçirilmesiyle belirlenir.

Her tezgahın boyutları, rijitliği, kullanılabilir takım sayısı, işleyebileceği maksimum iş parçası boyutları gibi belirli özellikleri vardır. Bu özellikler, bir tezgahın hangi tip yüzeyleri işleyebileceğine karar vermede oldukça önemlidir.



CNC Torna Tezgahı(Tezsan)



CNC Freze Tezgahı(Taksan)

Şekil 7.22 SD Takım tezgahları

Tezgah Seçimine Etki Eden Faktörler

Takım tezgahı seçimini etkileyen faktörlerin başında iş parçasının boyutları, yüzey pürüzlülüğü gibi değerler gözönünde bulundurulur. İş parçasının işlenmesi için gerekli güç ve eldeki mevcut tezgah güçleri de dikkate alınmaktadır. Çizelge 7.4 'te tornalama işlemleri için kullanılabilecek takım tezgahları bilgileri verilmiştir. Bir BDİP sisteminde tezgah seçimi amacıyla, tezgahlar ile ilgili Çizelge 4-4 'te verilen bilgiler, bilgi tabanında bulunmalıdır.

Çizelge 7.4 Tornalama işlemlerinde tezgah bilgi tabanında bulunması gerekli bilgiler

İlgili özellik	Boyut
İşlenebilecek maksimum parça boyutları	
Uzunluk	XX
Çap	XX
İşlenebilecek maksimum çubuk çapı	XX
Tezgaha bağlanabilecek takım sayısı	
İç takım sayısı	X
Dış takım sayısı	X
Takımlık Boyutları	
* Kare takım :yükseklik, genişlik	XX,XX
* Yuvarlak takım : çap	XX
Tezgah gücü	XX
Devir sayısı aralığı (min, maks.)	XX, XXXX
Tezgah ile kullanılacak ayna tipi (Ayna dosyasına kaydedilecek)	XXXXXXXX

Tezgah seçimi sırasında, minimum bağlama ile işlemin bitirilmesi hedeflendiğinden, iş parçasının tutulacağı bağlama elemanları da dikkate alınmak zorundadır. Aksi takdirde, boşta geçen zamanların artması söz konusu olacak, birim zamanda üretilecek ürün sayısı azalacaktır.

Tezgah seçiminde dikkate alınacak hususlardan biri de, tezgah takımlığına bağlanabilecek maksimum takım sayısıdır. İş parçasının işlenmesi için gerekli takım sayısı, tezgah takımlığındaki takım yeri sayısından fazla ise, üretim esnasında gereksiz yere tezgah durmaları söz konusu olacaktır. Bu durum, toplam üretim zamanını arttıracaktır.

7.4.4 Bağlama Yöntemleri (Tornalama ve Frezeleme için)

Bir BDİP sistemi içerisinde gerçekleştirilmesi gereken en önemli adımlardan biri, iş parçası bağlama yönteminin ve iş parçasının tezgaha bağlama sayısının belirlenmesidir. İş parçası bağlama yöntemi, BDİP sisteminin çekirdeği olan işlem sıralamasının belirlenmesinde oldukça önemli bir etkidir. İş parçasının farklı metodlarla bağlanması halinde işlem sıralaması da farklı olmaktadır. Bu nedenle iş parçasının en iyi işlem sıralamasının belirlenmesi için en uygun bağlama yönteminin ve iş parçasının tezgaha bağlama sayısının belirlenmesi gereklidir.

İş parçası bağlama yöntemi ve işin tezgaha bağlama sayısının belirlenmesinin amacı; iş parçası ve donanımlar uygun olduğu takdirde, bir bağlamada yapılabilecek işlem sayısını maksimumda tutmak ve iş parçasının tezgaha bağlama sayısını en aza indirebilmektir.

Otomatik işlem planlama sistemlerinde iş parçası bağlama yönteminin otomatik olarak belirlenmesi gerekir ancak bu, takım tezgahı seçiminden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. İş parçası bağlama yönteminin belirlenmesi sırasında;

1. İş parçasının boyutları ve şekli,
2. Bağlama sayısı ve tezgah kısıtlamaları,
3. İş parçası üzerindeki şekil , yön ve konum toleransları,
4. Talaş kaldırma sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri nedeniyle ortaya çıkan elastik deformasyonlar.

gibi faktörlerin, göz önüne alınması gerekmektedir.

Tornalama İşlemleri için Bağlama Elemanları

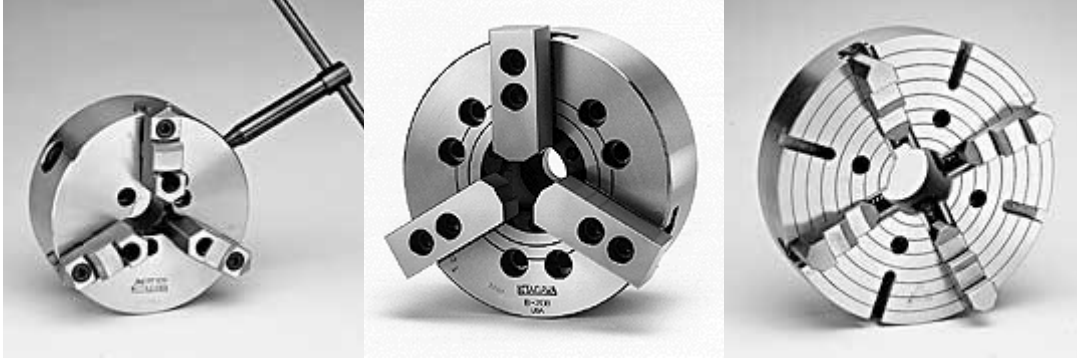
Tornalama İşlemlerinde İş parçası tezgaha dört farklı bağlama yöntemiyle bağlanabilmektedir. Bu bağlama yöntemleri;

1. Sadece ayna
2. Ayna -merkez arası

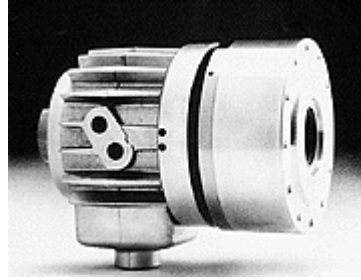
3. İki merkez arası
4. Özel bağlama elemanları

Şekil 7.23 'de torna tezgahlarında kullanılan çeşitli aynalar örnek olarak verilmiştir.

Şekil 7.24 'te verilen Yüksek Hızlı Ayna ile iş parçası 40.000 d/dak ile döndürülmektedir.

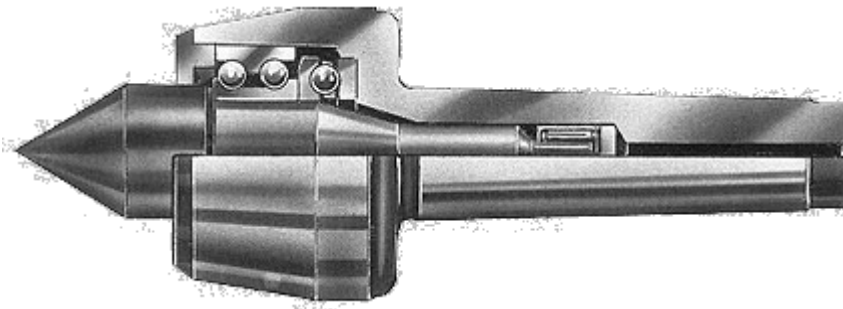


Şekil 7.23 Torna tezgahlarında kullanılan çeşitli aynalar

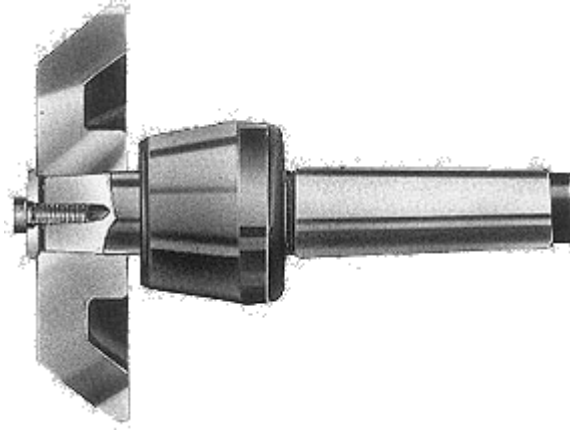


Şekil 7.24 Yüksek hızlı torna aynası

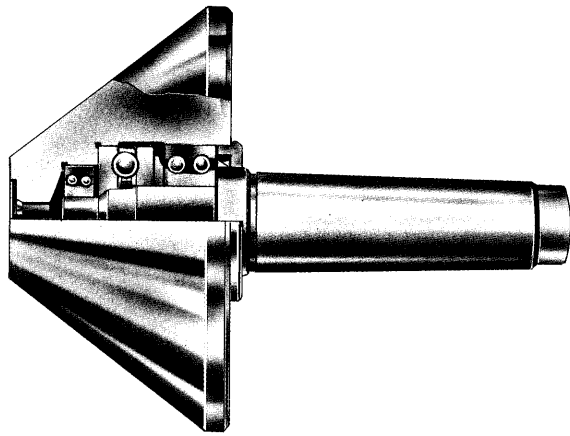
Aşağıda verilen şekillerde Torna tezgahlarında kullanılan çeşitli punta (karşı merkez) düzenekleri görülmektedir. Şekil 7.28 'de iki punta arasında işlenen parça ve bağlama yöntemi verilmiştir.



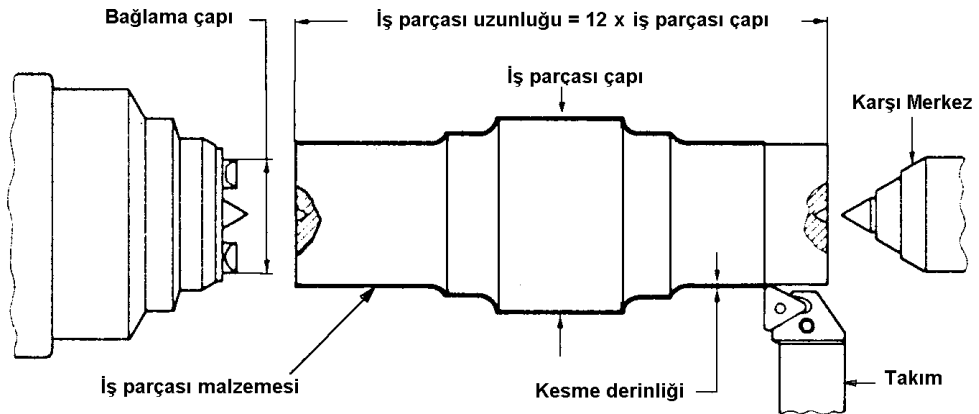
Şekil 7.25 Torna puntası



Şekil 7.26 Şapkallı Döner Punta



Şekil 7.27 Boru tipli karşı merkez



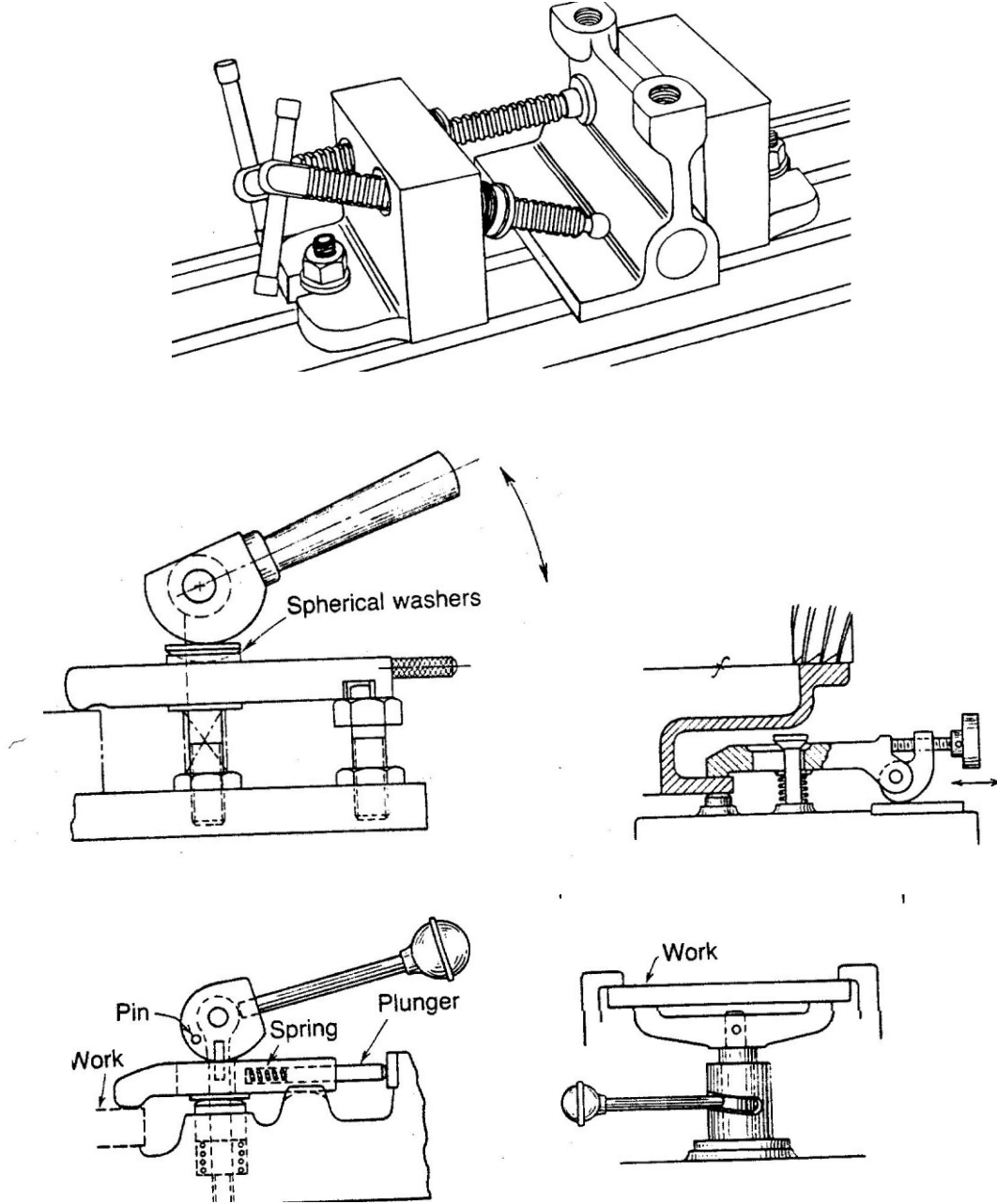
Şekil 7.28 İki Merkez arasına bağlanan iş parçası ve iki merkez

İş parçası boyunun çok uzun olduğu durumlarda iş parçası lunet ile desteklenmelidir.

Frezeleme işlemleri için Bağlama Elemanları:

Frezeleme işlemleri için kullanılabilecek bağlama elemanlar ve bağlama yöntemleri tornalama işleminden farklı olarak çok çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitliliğin nedeni, iş parçası geometrisi, yüzey hassasiyetleri, takım tezgahı özellikleri gibi faktörlere bağlıdır.

Aşağıda verilen şekillerde frezeleme işlemleri için farklı bağlama yöntemi görülmektedir.

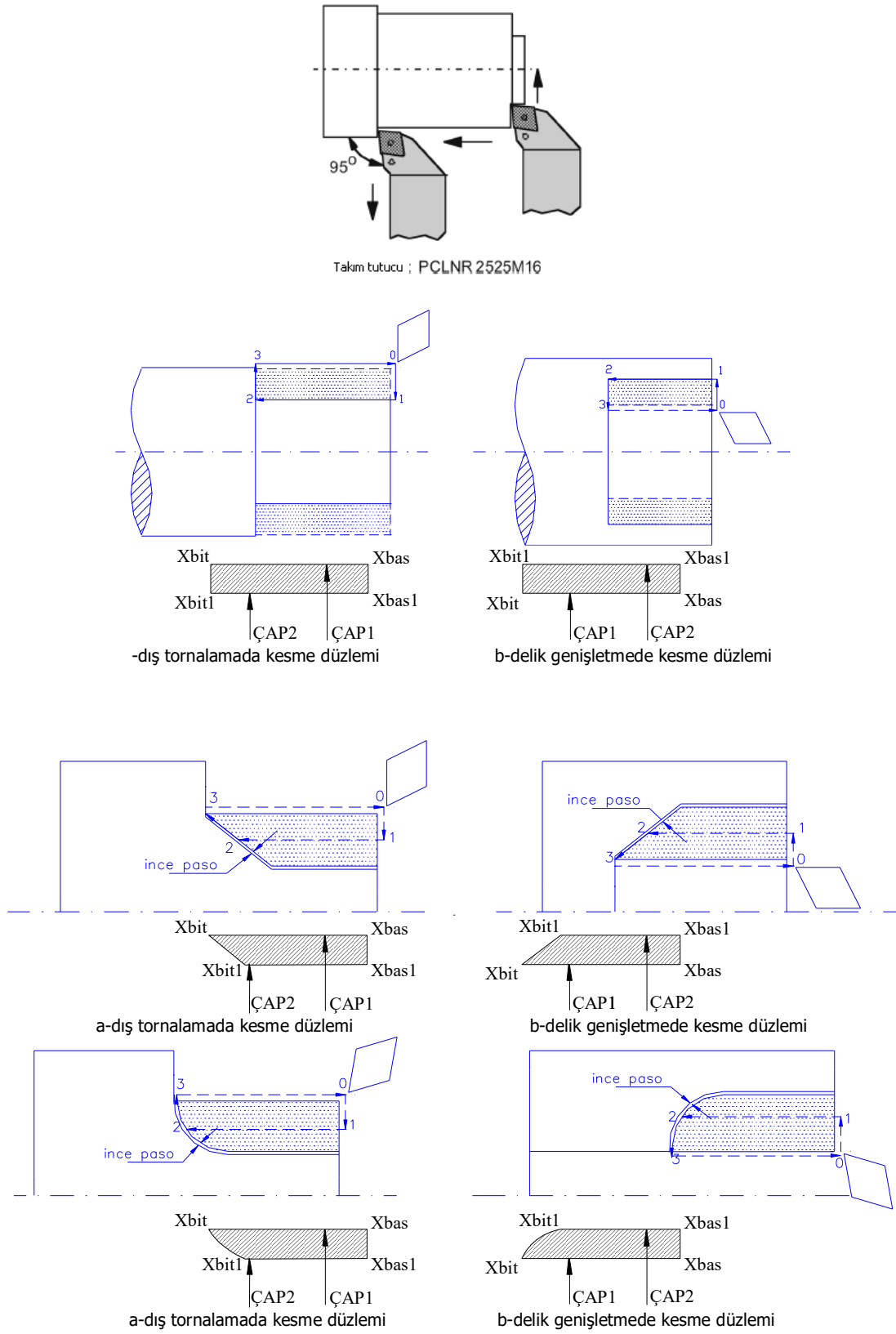


Şekil 7.29 Frezeleme işlemleri için çeşitli iş bağlama şekilleri

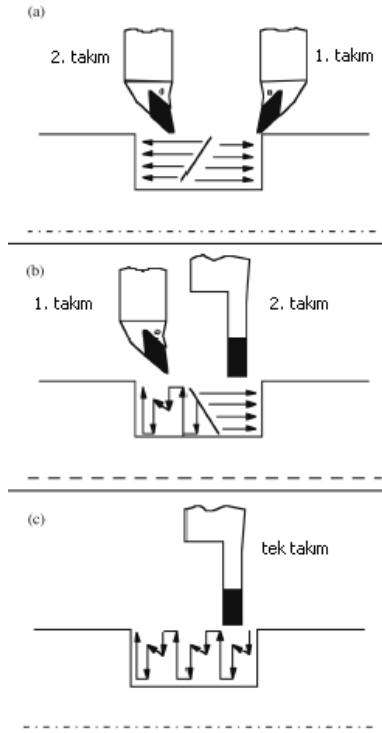
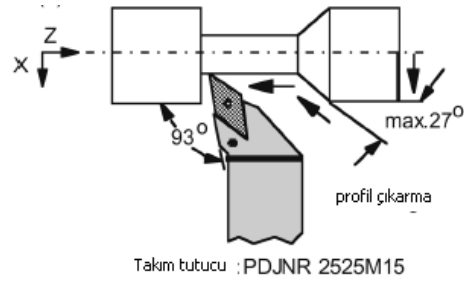
7.5 Takım Yolları

İşlem planlama sistemleri parçanın işlenmesi sırasında kesici takımın parça üzerinde bulunacağı koordinatları dikkate alarak takım yollarını oluşturmak zorundadır. Takım yolları oluşturulduktan sonra

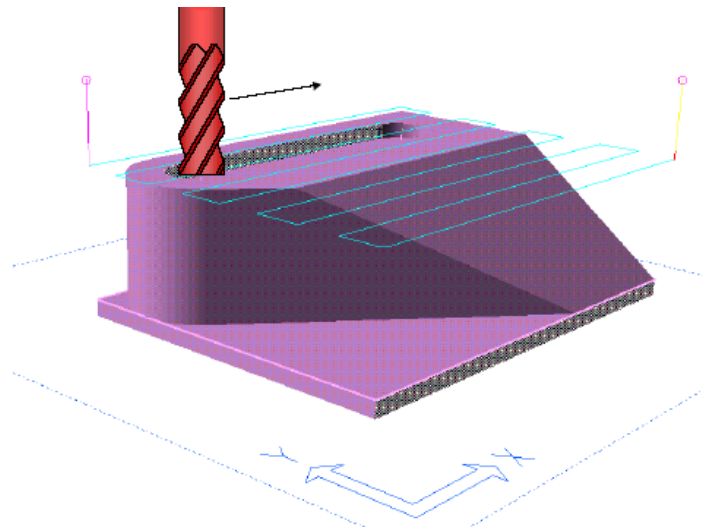
NC kodları oluşturulabilir. Aşağıdaki şekillerde tornalama ve frezeleme işlemleri için takım yolu kavramına örnekler verilmiştir.



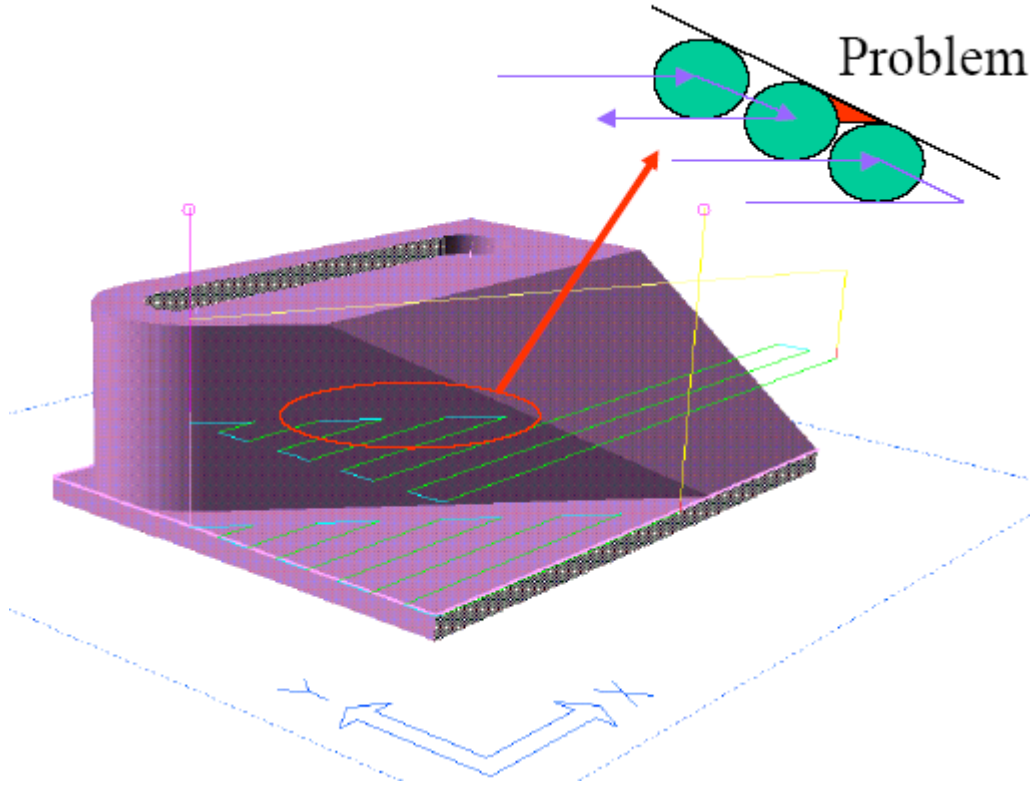
Şekil 7.30 Dış ve iç tornalama işlemlerinde takım yolları ve talaş düzlemleri



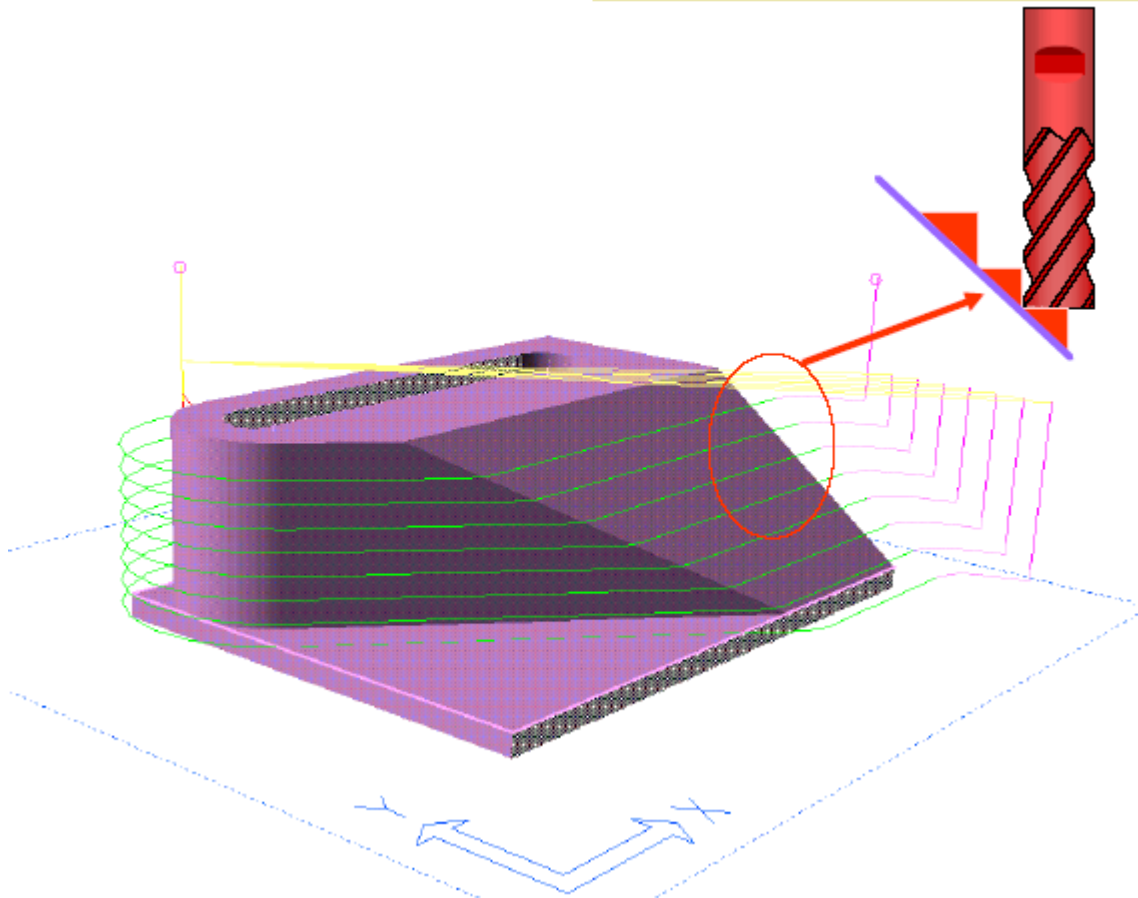
Şekil 7.31 Kanal tornalama işlemleri için takım yolları



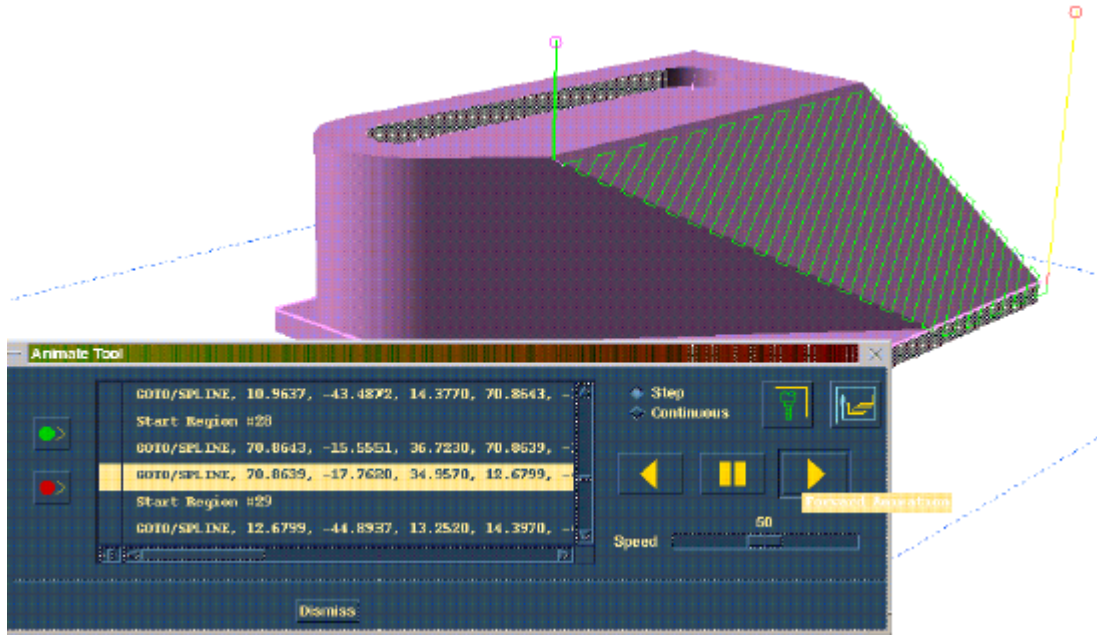
Şekil 7.32 Parmak freze ile ince paso için takım yolu



Şekil 7.33 2 ½ ve 3D frezelemede takım yolları ve olası problemler



Şekil 7.34 2 ½ ve 3D frezelemede takım yolları ve olası problemler



Şekil 7.35 İnce işleme için frezelemede takım yolları

7.6 TAKIM SEÇİMİ İÇİN GENEL BİLGİLER



KAYNAKLAR

1. CHANG, T.C., WYSK, R.A., WANG.H., Computer Aided Manufacturing, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, (1991).
2. CHANG, T.C., WYSK, R.A., An Introduction to Automated Process Planning Systems, Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, (1985).
3. GROOVER, M., Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing, Prentice Hall, New Jersey, (1987).
4. Turning Guide, Sandvik Coromant, Sweden 1985
5. Metals Handbooks - Machining, 8th Editions, V.3, American Society for Metals, 1980.
6. GROOVER, M.M., ZIMMERS, E.W., CAD/CAM: A Computer Aided Design and Manufacturing, Prentice-Hall International Editions, (1984).
7. Modern Metal Cutting, a Practical Handbook, Sandvik Coromant, Sweden (1994).
8. Machining Data Handbook, 3th Edition, Machinability Data Center, USA, 1980.
9. COROKEY, Sandvik Coromant, 1985
10. Tezsan CNC Torna Tezgahları Katalogları, Çayırova
11. Taksan Ürün Katalogları, Kayseri
12. Tutaş Ürün Kataloğu, Konya
13. Technical Information and Service Instructions Kosta Face Drivers, Sandvik Coromant, Sweden, (1985)
14. Sandvik Rotating Tools, Sandvik Coromant, Sweden, 1995
15. ÇAKIR, M.C., "Modern Talaşlı İmalatın Esasları", Vipaş Aş. Bursa, 1999
16. ÇAKIR, M.C., "Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri", Vipaş Aş. Bursa, 2000
17. ASLAN, E., "BSD (CNC) Programlama Esasları ve Uygulamaları", 72 TDFO Ltd. Şti, Kırıkkale, (1995)
18. ORAL, A, "Dönel İş Parçaları için Bilgisayar Destekli Süreç Planlama Sisteminin Geliştirilmesi", BAÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1996, Balıkesir
19. Oothroyd, G., Knight, W.A.; Fundamentals of Machining and Machine Tools, New York Marcel Dekker, Inc, 1989
20. Annti J. Koivo, *Fundamentals for Control of Robotic Manipulators* (John Wiley & Sons, New York, 1989).
21. Nalbant M.; Bilgisayar ile Tümlleşik Tasarım ve İmalat, Beta Yayınları, 1997
22. <http://www.me.uvic.ca/~mech460/bookpdf/chbar.htm>
23. Akkurt M, Bilgisayar Kontrollu Takım Tezgahları (CNC) ve Sistemleri, Birsen Yayınevi, 1991

24. SIGNH, N., System Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing, John Wiley&Sons Inc., New York, (1996).
25. Kalpakjian • Schmid,; Manufacturing Engineering and Technology, 2001 Prentice-Hall Page
26. Productive Metal Cutting, Sandvik Coromant, Swedeen, 1997,
27. Hans B.K.; Flexible Automation, Germany, 1986
28. Gürkan İ, (Çev), Bilgisayarlı Nümerik Kontrol Konusuna Giriş, Etam AŞ. Matbaa Tesisleri, Eskişehir, 1994
29. Ediz G (Çev), CNC ile işlemeye Giriş, , Etam AŞ. Matbaa Tesisleri, Eskişehir, 1994
30. Gülesin M (Çev), NC Makine Programcılığı, Evren Ofset AŞ, Web Ofset Tesisleri, Ankara, 1994
31. http://www.cad.luth.se/education/coursedocuments/About_CAM_021004.pdf
32. DERELİ, T., YILDIRIM, N., FİLİZ, İ.H, Cnc Ve Esnek Üretim Sistemleri, 1. Bölüm, Otomasyon, Sayı 77, Kasım1998, Sayfa: 128-133,
33. DERELİ, T., YILDIRIM, N., FİLİZ, İ.H, Cnc Ve Esnek Üretim Sistemleri, 2. Bölüm, Otomasyon, Sayı 78, Aralık 1998, Sayfa: 134-137,
34. DERELİ, T., YILDIRIM, N., FİLİZ, İ.H, Cnc Ve Esnek Üretim Sistemleri, 3. Bölüm, Otomasyon, Sayı 80, Şubat 1999, Sayfa: 132-135.
35. Vickers G.W., LY M.,OETTER R.G., Numerically Controlled Machine Tools, Ellis Horwood Series in Automated Manufacturing, New York, 1991
36. Editor,CORNELIUS LEONDES;Operational Methods In Computer-Aided Design, Computer-Aided Design, Engineering, And Manufacturing Systems Techniques And Applications, Volume III, 2001, CRC Press LLC