

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

MAKİNE TEKNOLOJİSİ

CNC FREZELEME İŞLEMLERİ 3

ANKARA-2006

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. CNC FREZE TEZGÂHINDA KAVIS FREZELEME İŞLEMLERİNİ PROGRAMLAMA 3	
1.1. Tezgâhı Hazırlama .....	3
1.2. Kavis Programlama.....	5
1.2.1. Fanuc İçin Saat İbresi Yönünde Dairesel İnterpolasyon (G02).....	6
1.2.2. Fanuc İçin Saat İbresi Tersİ Yönü (G03).....	7
1.2.3. Siemens İçin Dairesel İnterpolasyon (G02-G03).....	7
1.3. Programın Test Edilmesi.....	11
UYGULAMA FAALİYETİ .....	12
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	13
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	14
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	15
2. CNC FREZE TEZGÂHINDA PROFİL FREZELEME İŞLEMLERİNİ PROGRAMLAMA .....	15
2.1. Tezgâhı Hazırlama .....	15
2.2. G01 İle Profil Frezeleme.....	15
2.3. Programın Test Edilmesi.....	17
UYGULAMA FAALİYETİ .....	18
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	20
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	21
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	23
3. CNC FREZEDE ÖLÇME VE KONTROL .....	23
3.1. CNC Frezede Ölçme .....	23
3.1.1. İç ve Dış Yüzeylerin Ölçülmesi.....	23
3.2. CNC Frezede Kontrol .....	30
3.3. Ölçme ve Kontrolde Dikkat Edilecek Hususlar .....	33
UYGULAMA FAALİYETİ .....	34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	35
PERFORMANS DEĞERLENDİRME .....	36
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	37
CEVAP ANAHTARLARI .....	40
KAYNAKÇA .....	41

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>521MMI132</b>
<b>ALAN</b>	<b>Makine Teknolojisi</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Bilgisayarlı Makine İmalatı</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>CNC Frezeleme İşlemleri 3</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	CNC freze tezgâhlarını standartlaştırılmış veya tezgâhın kendisine özel program kodlarıyla programlamayı içeren öğrenim materyaldir.
<b>SÜRE</b>	40/24
<b>ÖN KOŞUL</b>	Makine imalatçılığında gerekli olan iş güvenliği, iş kazalarına karşı güvenlik önlemleri ile alan ortak modülleri almış olmak.
<b>YETERLİK</b>	CNC frezeleme işlemlerini yapmak.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile uygun ortam ve araç gereçler sağlandığında CNC frezeleme işlemlerini yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ CNC freze tezgâhında kavis frezeleme programı ve işlemlerini yapabileceksiniz.</li><li>➤ CNC freze tezgâhında profil frezeleme programı ve işlemlerini yapabileceksiniz</li><li>➤ CNC frezede işlenen parçaların ölçme ve kontrolünü yapabileceksiniz.</li></ul>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	CNC freze tezgâhı, çeşitli freze takımları, ders kitabı, mingeneler, iş kalıbı, döner tabla.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Verilen programı doğru kodları kullanarak yapabilme yeterliği</li><li>➤ Her faaliyet sonunda, faaliyetle ilgili yeterlilikleri ölçmek için test uygulamaları.</li><li>➤ Ölçme aleti uygulamaları.</li></ul>

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Sürekli gelişen sanayi ortamında firmaların rekabet edebilmeleri için kısa sürede, kaliteli ve ekonomik ürün imal etmeleri gerekmektedir. Ürünün kalitesinin iyi olması büyük ölçüde kullanılan makine, teçhizat ve takımlarla ilgilidir. Makine parçalarının imalatında CNC tezgâhların önemi büyüktür. CNC tezgâhlarda üretim, klasik tezgâhlara göre daha hassas, kaliteli, ekonomik ve seri olmaktadır. İmalat sektöründeki orta ve büyük ölçekli firmalar artık CNC tezgâhları yaygın olarak kullanmaktadır.

CNC tezgâhlar “G” hazırlık ve “M” yardımcı fonksiyonlar kullanılarak programlanır. CNC tezgâhlar birçok değişik firma tarafından üretilmektedir. Bu yüzden bir kısım “G” ve “M” kodlarında farklılıklar olabilmektedir. “G” ve “M” kodlarının geneli standartlaştırılmıştır. Bazı firmalar özel kodlar kullanmaktadır. CNC tezgâhlar için yazılan bazı programlar başka CNC tezgâhta çalışmayabilmektedir.

Bu kodlar CNC tezgâhın katalogunda gösterilmektedir. Bunun için program yazmadan önce CNC tezgâhın kataloguna bakılmalıdır. Buradaki “G” ve “M” kodlarına göre program yazılmalıdır.

Bu modülde CNC freze için programlama yöntemleri olan kavis ve profil programlama anlatılmaktadır. Program yazabilmek için, önceden gördüğünüz “G”, “M”, “S”, “T” komutlarını kullanacaksınız.

Bu modül sonunda temel CNC freze programlamayı yapabilecek ve programları rahatça kavrayabileceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

CNC freze tezgâhında kavis frezeleme programı ve işlemini yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Bölgenizde bulunan sanayi kuruluşlarında kullanılan CNC tezgâhlarını araştırınız.
- İnternet sitelerinden CNC tezgâh üreten firmaları inceleyiniz.

## 1. CNC FREZE TEZGÂHINDA KAVİS FREZELEME İŞLEMLERİNİ PROGRAMLAMA

### 1.1. Tezgâhı Hazırlama

CNC freze tezgâhlarında parça işlemeye geçmeden önce yapılması gereken önemli çalışmalar vardır. Tezgâh hazırlama işlemi, iş parçasının ve kesici takımların bağlanmasını kapsamaktadır. İş parçası bağlama ile ilgili standart bağlama elemanı bulunmaktadır. Bunlar:

Mengeneler (Mekanik, hidrolik veya pnömatrik),  
Modüler bağlama aparatları,  
Divizör,  
Döner tabla,  
Bağlama kalıbı,  
Özel bağlama aparatlarıdır.



a) Divizör



b) Döner Tabla



c) Mengene

Şekil 1.1: İş bağlama elemanları

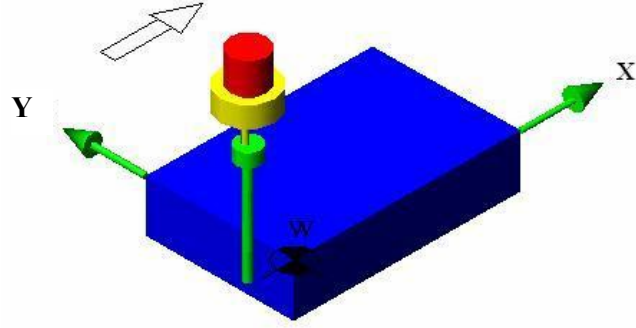
Kesici takım bağlama ile ilgili standart bağlama elemanları bulunmaktadır. Bunlar, malafa, pens, mandren, delik büyütme aparatları vb kesici takımların bağlanacağı şekilde dizayn edilmiş olup tüm tezgâhların mil ve magazinlerine uyum sağlayacak şekilde standart olarak üretilir. Parça üzerindeki operasyonlara uygun takımlar seçilir ve magazine yerleştirilir. Tezgâh kontrol ünitesine kesici takım boyu, çapı vb bilgiler girilmelidir. İşe uygun kesici takım seçilmelidir.



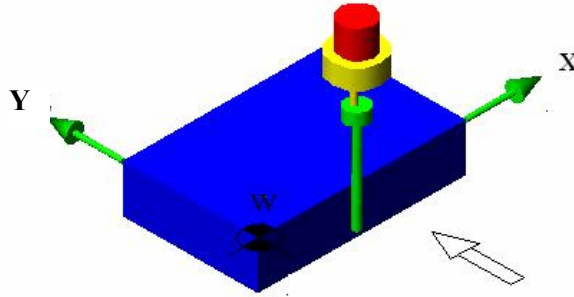
**Şekil 1.2: Kesici takım bağlama elemanları ve magazin**

Üretime başlanmadan önce bu aparatlar iş parçası ve tezgâhımızın fiziksel boyutlarına göre tezgâh üretici firma kataloglarına bakılarak seçilmelidir. İş parçası bağlandıktan sonra iş parçası sıfır noktası (referans noktası) tanıtılır. Bunun için bir kesici veya probe kullanılır. X ve Y eksenlerinde parçanın kenarlarına değdirilerek koordinat değerleri bulunur. Kesicinin yarıçapı ölçülere eklenerek G54 sayfasındaki X ve Y kolonlarına bu değerler yazılmalıdır. Daha sonra Z ekseninde parça yüzeyine değdirilerek ekrandaki Z değeri G54 sayfasındaki Z kolonuna yazılır. Böylece parçanın köşesine referans noktası ayarlanmış olur (Şekil 1.3).





X Ekseninde

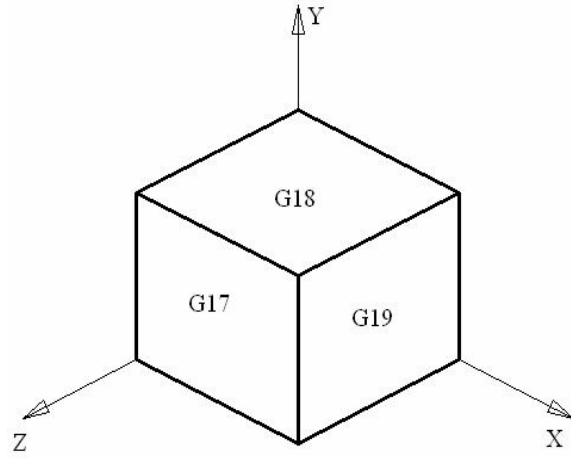


Y Ekseninde

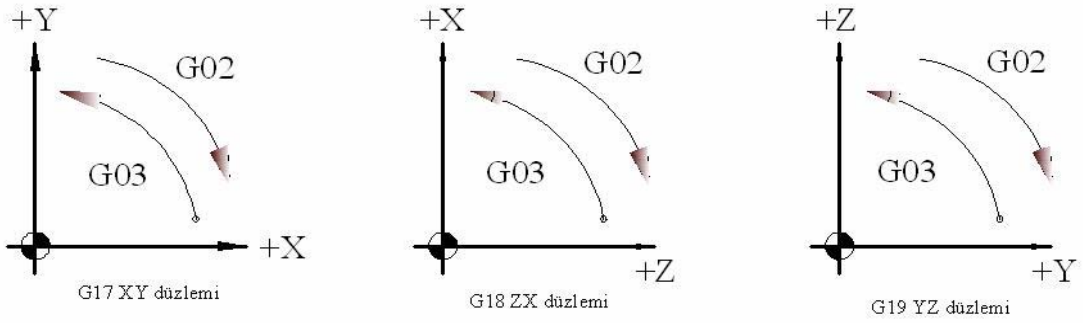
Şekil 1.3: Referans noktası tanımlama işlemi

## 1.2. Kavis Programlama

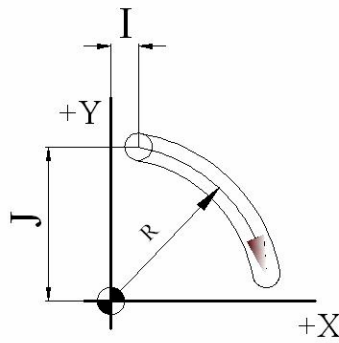
Parça üzerindeki kavisleri işlemek için G02 veya G03 kodları kullanılır. Bu kodlara dairesel interpolasyon kodları denir. G02 saat ibresi yönünde dairesel interpolasyon ve G03 ise saat ibresine ters yönde dairesel interpolasyon için kullanılır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4: Koordinat düzlemleri (G17, G18 ve G19)



Şekil 1.5: Saat ibresi yönü (G02) ve saat ibresine ters (G03) dairesel hareket



Şekil 1.6: Dairesel interpolasyonda I, J ve R parametreleri

### 1.2.1. Fanuc İçin Saat İbresi Yönünde Dairesel İnterpolasyon (G02)

Komut iki şekilde yazılabilir. R yazılırsa I ve J kullanılmaz. I ve J yazılırsa R kullanılmaz.

Komut satırı:

**N\_ G02 X\_ Y\_ R\_ F\_ ;**  
**veya**  
**N\_ G02 X\_ Y\_ I\_ J\_ F\_ ;**

G02 komutu saat ibresi yönünde (CW - Clock Wise) hareket ile dairesel talaş alma işlemi yapar. Dairesel hareketin yapılabilmesi için yay bitiş noktasının koordinatları ve yay yarıçapının yazılması gerekir. Yay yarı çapı ile ilgili tanımlamalar R parametresi veya I ve K ile yapılır. G02 için kullanılan parametreler Tablo 1.1’de açıklanmıştır.

N	Satır numarası
X ve Y	Yayın bitiş noktasında çakı merkezinin koordinatları
R	Yayı elde etmek için çakı merkezinin çizmiş olduğu yayın yarıçapı
I	Yay başlangıç noktasında çakı merkezinin, yay merkezine X ekseninde artışlı olan uzaklığı
J	Yay başlangıç noktasında çakı merkezinin, yay merkezine Y ekseninde artışlı olan uzaklığı
F	İlerleme hızı

**Tablo 1.1:G02 ve G03 kodu değişkenleri (Fanuc)**

### **1.2.2. Fanuc İçin Saat ibresi Ters Yönu (G03)**

G03 komutu saat ibresi tersi yönünde (CCW - Counter Clock Wise) hareket ile dairesel talaş alma işlemi yapar.

Bu komuttaki işlemler G02 komutu ile aynı özelliktedir. Dairesel hareketin yapılabilmesi için gereken diğer değişkenler G02 komutu ile aynıdır.

Komut satırı:

**N\_ G03 X\_ Y\_ R\_ F\_ ;**  
**veya**  
**N\_ G03 X\_ Y\_ I\_ J\_ F\_ ;**

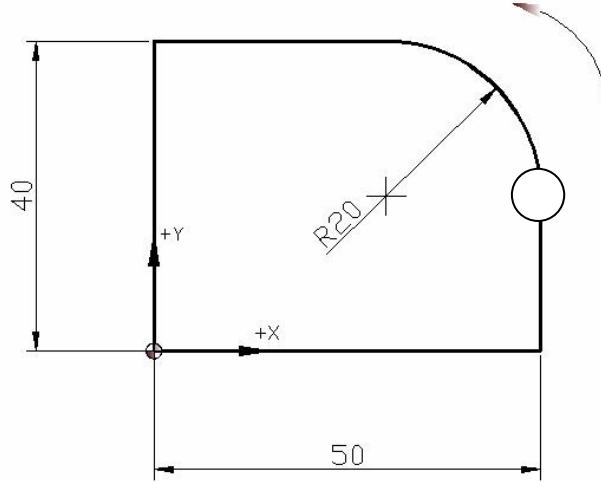
### **1.2.3. Siemens İçin Dairesel İnterpolasyon (G02-G03)**

Fanuc’a benzer şekilde programlanır. Sadece R yerine CR= yazılır.

Komut satırı:

**N\_ G02/G03 X\_ Y\_ CR=\_ F\_ ;**  
**veya**  
**N\_ G02/G03 X\_ Y\_ I\_ J\_ F\_ ;**

## Örnek:



Şekil 1.7: Örnek parça

Örnek parçanın;  
Fanuc kontrol sistemine göre,  
Siemens kontrol sistemine göre programını yazınız (Çakı çapı dikkate alınmayacak)

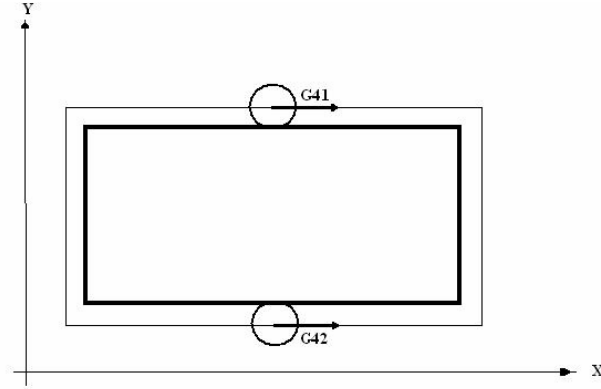
Fanuc:

G90		G90
G03 X30 Y40 R20 F100;	Veya	G03 X30 Y40 I-20 J0 F100;
G91		G91
G03 X-20 Y20 R20 F100;		G03 X-20 Y20 I-20 J0 F100;

Siemens:

G90		G90
G03 X30 Y40 CR=20 F100;	Veya	G03 X30 Y40 I-20 J0 F100;
G91		G91
G03 X-20 Y20 CR=20 F100;		G03 X-20 Y20 I-20 J0 F100;

Kesici profil üzerinde dolaşıyorsa kesici merkezi profil üzerinde olacağı için kesici yarıçapı koordinatlara eklenip çıkarılmaz. Ancak çevresel frezeleme yapılırken kesici profile göre yarıçap kadar kaydırılır. Kesici profilin sağında veya solunda kalma durumuna göre yarıçap eklenir veya çıkarılır. Çevresel frezelemede kesici takım telafisi kodlarını kullandığımız zaman yarıçapı eklemeye gerek kalmayacak ve program yazımı kolaylaşacaktır.

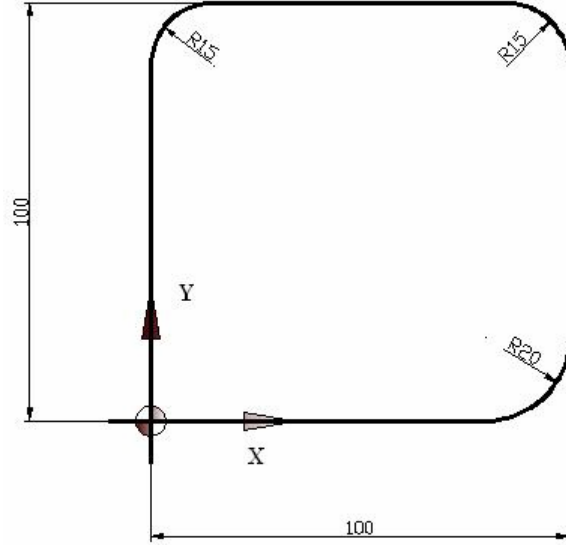


Şekil 1.8: Kesici takım yarıçapı telafisi

Kesici telafisi	Kod
Soldan	G41
Sağdan	G42
İptal	G40

Tablo 1.3: Kesici yarıçap telafi kodları (Fanuc – Siemens)

Örnek:



Şekil 1.9: Örnek parça

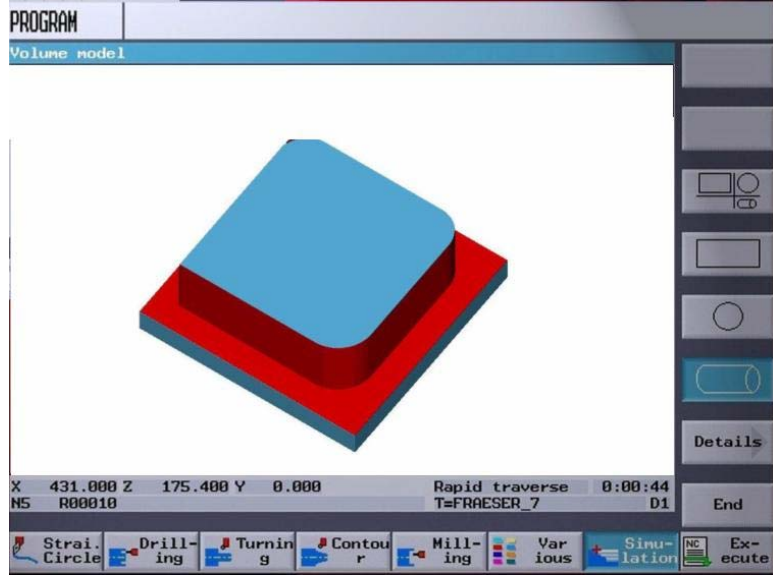
Yukarıdaki iş parçasının çevresini işlemek için gerekli CNC freze programını yazınız (Kesici takım parça başlama noktası üzerinde 50mm dedir.  $X=0$  ve  $Y=0$  )

<b>FANUC</b>	
<b>Mutlak</b>	<b>Artışlı</b>
N05 G54	N05 G54
N10 G90;	N10 G90;
N20 T01;	N20 T01;
N25 G42	N25 G42
N30 G00 X0. Y0. Z50. ;	N30 G00 X0. Y0. Z50. ;
N35 S1000 M03;	N35 S1000 M03;
N40 G01 Z -15. F100;	N40 G01 Z -15. F100;
N50 G01 X80. F100;	N45 G91
N60 G03 X100. Y20. R20 F100;	N50 G01 X80. F100;
N70 G01 Y85. F100;	N60 G03 X20. Y20. R20 F100;
N80 G03 X85. Y100. R15 F100;	N70 G01 Y65. F100;
N90 G01 X15. F100;	N80 G03 X-15. Y15. R15 F100;
N100 G03 X0. Y85. R15 F100;	N90 G01 X-70. F100;
N110 G01 X0. Y0. F100;	N100 G03 X-15. Y-15. R15 F100;
N120 G40;	N110 G01 Y-85. F100;
N130 G00 Z50.;	N120 G40;
N140 M30;	N130 G00 Z50.;
	N140 M30;

<b>SIEMENS</b>	
<b>Mutlak</b>	<b>Artışlı</b>
N05 G54	N05 G54
N10 G90	N10 G90
N20 T01	N20 T01
N25 G42 D1	N25 G42 D1
N30 G00 X0 Y0 Z50	N30 G00 X0 Y0 Z50
N35 S1000 M03	N35 S1000 M03
N40 G01 Z -15 F100	N40 G01 Z -15 F100
N50 G01 X80 F100	N45 G91
N60 G03 X100 Y20 CR=20 F100	N50 G01 X80 F100
N70 G01 Y85 F100	N60 G03 X20 Y20 CR=20 F100
N80 G03 X85 Y100 CR=15 F100	N70 G01 Y65 F100
N90 G01 X15 F100	N80 G03 X-15 Y15 CR=15 F100
N100 G03 X0 Y85 CR=15 F100	N90 G01 X-70 F100
N110 G01 X0 Y0 F100	N100 G03 X-15 Y-15 CR=15 F100
N120 G40	N110 G01 Y-85 F100
N130 G00 X0 Y0 Z50	N120 G40
N140 M30	N130 G00 X0 Y0 Z50
	N140 M30

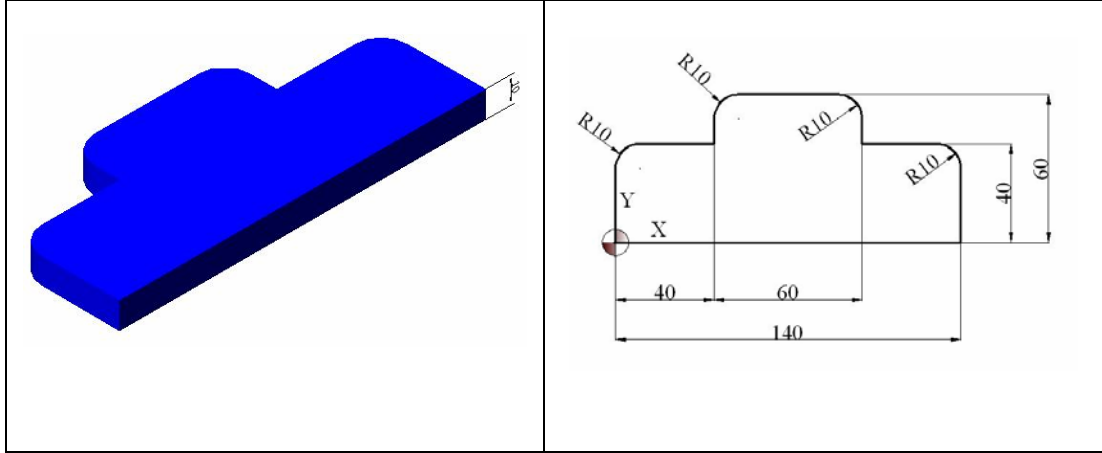
### 1.3. Programın Test Edilmesi

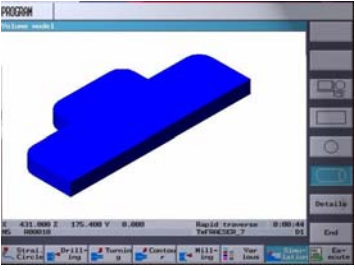
Program yazımı tamamlandıktan sonra CNC tezgâh kontrol ünitesine girilerek test edilir. Bu test simülasyonu ile tespit edilemeyen programlama hataları araştırılır. Hangi satırda hata varsa düzeltilerek imalata başlanılır.



Şekil 1.10: Simülasyon aşaması

## UYGULAMA FAALİYETİ



İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ CNC frezede kavis frezeleme işlemlerini komutlara dökmek.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yukarıdaki iş parçasını anlatılan kurallara göre programını;<ul style="list-style-type: none"><li>a-Mutlak olarak,</li><li>b-Artışlı olarak yazınız.</li></ul></li><li>➤ Kesici takım yarıçapı telafisi kodu olan (G41 ve G42) kodlarını kullanmayacaksanız, mutlaka kesici takım yarıçapını ölçülere ekleyiniz.</li><li>➤ Önce yarıçapa göre programı yazınız.</li><li>➤ Sonra I ve J parametrelerine göre programı yazınız.</li><li>➤ Fanuc ve Siemens arasındaki farkları inceleyiniz.</li><li>➤ Koordinatlara dikkat ediniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hataları simülasyon yardımıyla düzeltmek.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tezgâhın kontrol paneline programı girip hata varsa kontrol ediniz.</li></ul> 

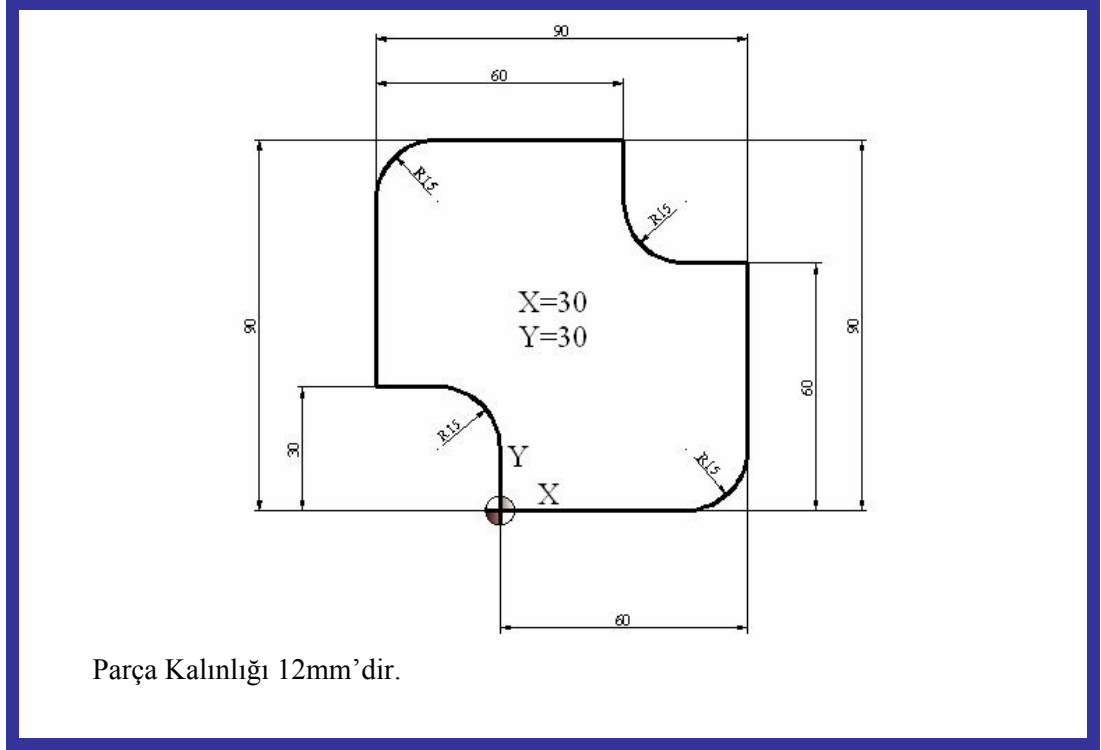


## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen ölçme değerlendirmede; çoktan seçmeli ve doğru –yanlış ölçme değerlendirme kriterleri uygulanmıştır.

- Aşağıdaki komutlardan hangisi saat yönünde dairesel hareketi kapsar?  
A.) G41                      B.) G42                      C.) G02                      D.) G03
- CNC freze tezgâhında derinlik eksenini hangi harfle gösterilir?  
A.) X                      B.) Y                      C.) Z                      D.) U
- Kesici takım telafisi iptali hangi komutla sağlanır?  
A.) G40                      B.) G41                      C.) G42                      D.) G01
- CNC freze tezgâhında aşağıdaki hangi iş bağlama elemanı kullanılmaz?  
A.) Mengene                      B.) Divizör                      C.) Döner tabla                      D.) Pens
- CNC freze tezgâhında kesici takımlar hangi aparata bağlanır?  
A.) Ayna                      B.) Magazin                      C.) Kater                      D.) Mengene
- G02 X\_ Y\_ R\_ F\_ ; komut satırındaki R harfi neyi ifade eder?  
A.) Koordinat                      B.) Yarıçap                      C.) İlerleme                      D.) Çap
- XY düzlemine hangi komut ile geçilir?  
A.) G17                      B.) G18                      C.) G19                      D.) G20
- Programı kontrol etmek için tezgâh kontrol paneline girilmelidir.  
A.) Doğru                      B.) Yanlış
- G03 saat yönü tersinde dairesel hareket yapar.  
A.) Doğru                      B.) Yanlış
- J parametresi yay merkezinin X ekseninde yay merkezine olan uzaklığıdır.  
A.) Doğru                      B.) Yanlış

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME



Yukarıda ölçüleri verilen parçanın CNC programını yazınız

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	Teknoloji kurallarını uygulayabildiniz mi?		
2	Geometri kurallarını kullanabildiniz mi?		
3	Matematik bilgisini kullanabildiniz mi?		
4	"G02 ve G03" kodlarını kullanabildiniz mi?		
5	Kesici takım telafisini kullanabildiniz mi?		
6	Programı tezgâh kontrol paneline girebildiniz mi?		
<b>Toplam Puan</b>			

## DEĞERLENDİRME

İçerikteki amaç ölçüleri verilen parçanın CNC programını çıkarmaktır. Gerekli kodları kullanarak programlama yapabileceksiniz. Program yazmada sorunlarınız varsa ilgili konuya giderek tekrar okuyunuz. Örneklere bakınız. Öğretmeninizden bilgi alınız.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

CNC freze tezgahında profil frezeleme programı ve işlemlerini yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Bölgenizde bulunan sanayi kuruluşlarında kullanılan CNC tezgâhlarını araştırınız.
- İnternet sitelerinden CNC tezgâh üreten firmaları inceleyiniz.

## 2. CNC FREZE TEZGÂHINDA PROFİL FREZELEME İŞLEMLERİNİ PROGRAMLAMA

### 2.1. Tezgâhı Hazırlama

Tezgâhı hazırlama işlemi bir önceki içerikte ayrıntıları ile anlatılmıştır. Kesicileri magazine iş parçası imalatındaki sırasına göre bağlanmalıdır. Sonra mutlaka boy ve çap telafileri için boylar tezgâh kontrol panelinden girilmelidir.

### 2.2. G01 İle Profil Frezeleme

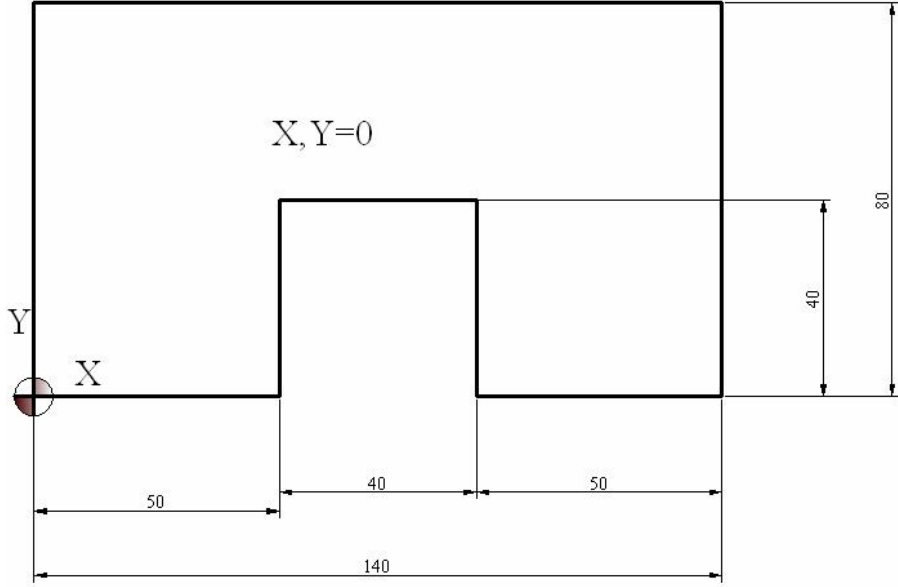
G01 doğrusal interpolasyon kodudur. Talaş alma ilerlemesinde doğrusal hareketle talaş almak için kullanılır.

Komut satırı (Fanuc ve Siemens için):

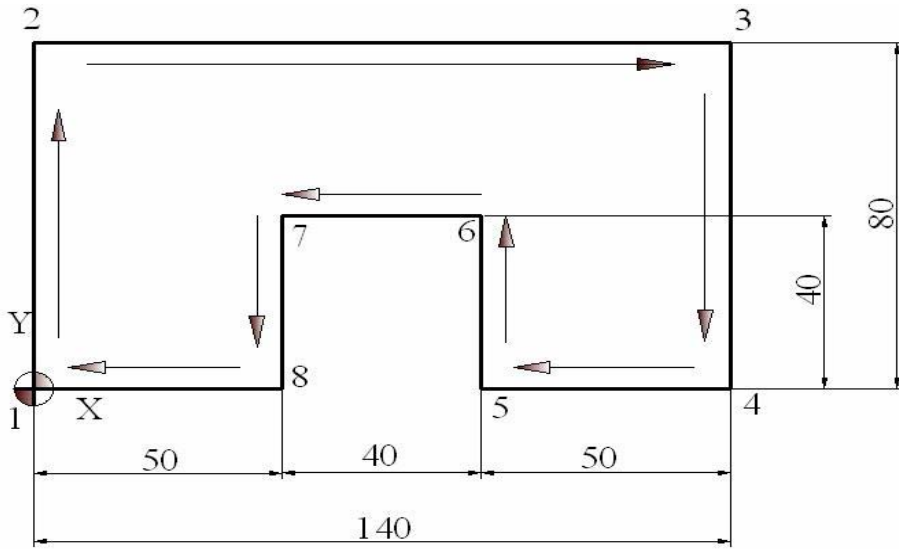
**G01 X\_Y\_Z\_F\_;**

Profil frezeleme yapılırken kesicinin merkezi profil üzerinde dolaşacağı için çakı çapı dikkate alınmaz.

Örnek:



Şekil2.1: Örnek parça



Şekil2.2: Profil programlama için kesici hareketleri

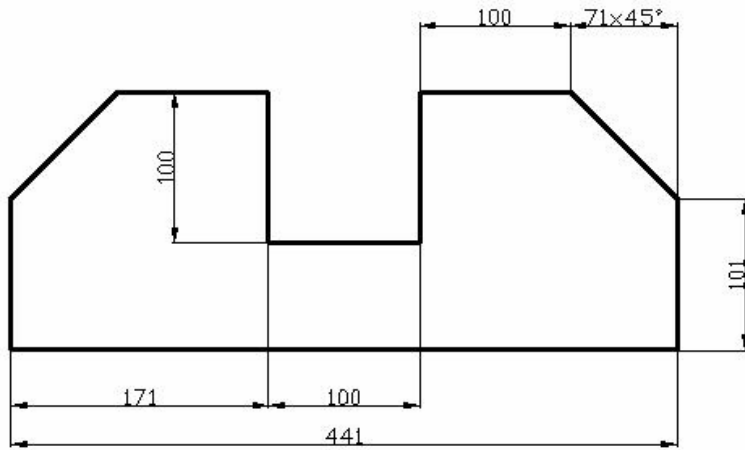
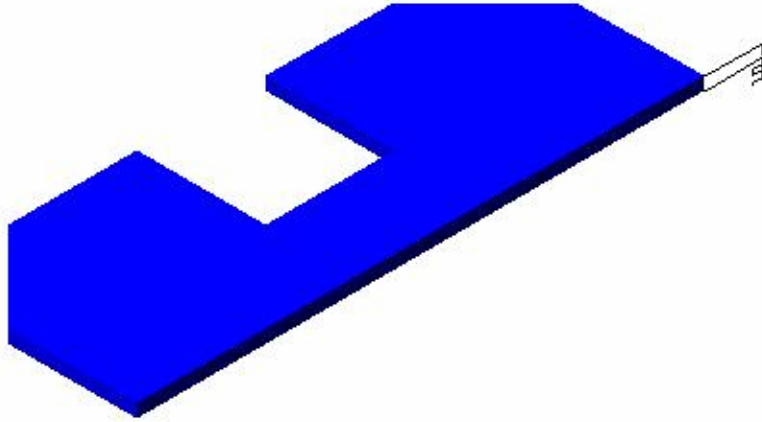
**KESİCİ ÇAPI =10mm. PARÇA KALINLIĞI=30mm**

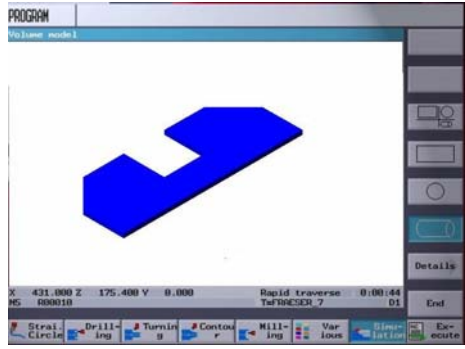
<b>FANUC-SIEMENS</b>	
<b>Mutlak</b>	<b>Artışlı</b>
N10 G54	N10 G54
N15 G90;	N15 G90;
N20 T01;	N20 T01;
N30 S1000 M03;	N30 S1000 M03;
N40 G00 X-30. Y-30. Z50. ;	N40 G00 X-30. Y-30. Z50. ;
N50 M08;	N50 M08;
N55 G00 Z5;	N55 G00 Z5;
N60 G01 Z-10. F125;	N55 G91;
N70 G01 Y80. F175;	N60 G01 Z-15. F125;
N80 G01 X140. F175;	N70 G01 Y80. F175;
N90 G01 Y0. F175;	N80 G01 X140. F175;
N100 G01 X90. F175;	N90 G01 Y-80. F175;
N110 G01 Y40. F175;	N100 G01 X-50. F175;
N120 G01 X 50. F175;	N110 G01 Y40. F175;
N130 G01 Y0. F175;	N120 G01 X -40. F175;
N140 M09;	N130 G01 Y-40. F175;
N150 G00 Z50.;	N140 G01 X-50. F175;
N160 G00 X-30. Y-30.;	N150 G00 Z15.;
N180 M30;	N155 G90 M09;
	N160 G00 X-30. Y-30. Z50;
	N140 M30;

### 2.3. Programın Test Edilmesi

Program yazımı tamamlandıktan sonra CNC tezgâh kontrol ünitesine girilerek simülasyon çalıştırılır ve program test edilir. Bilgisayarda tezgahdan bağımsız olarak çalışabilen simülasyon programı varsa, program bilgisayarda da kontrol edilebilir. Programda yazım veya koordinat hataları varsa düzeltildikten sonra tezgah çalıştırılarak parça işlenir.

## UYGULAMA FAALİYETİ



İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CNC frezede profil frezeleme işlemlerini komutlara dökmek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yukarıdaki iş parçasını profil frezeleme ile işlemek için</li> <li>a-Mutlak olarak,</li> <li>b-Artışlı olarak yazınız.</li> <li>➤ Kesiciyi profil üzerinde dolaştırın.</li> <li>➤ Koordinat hesaplamalarına dikkat edin.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hataları simülasyon yardımıyla düzeltmek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tezgâhın kontrol paneline programı girip hata varsa kontrol ediniz.</li> </ul> 

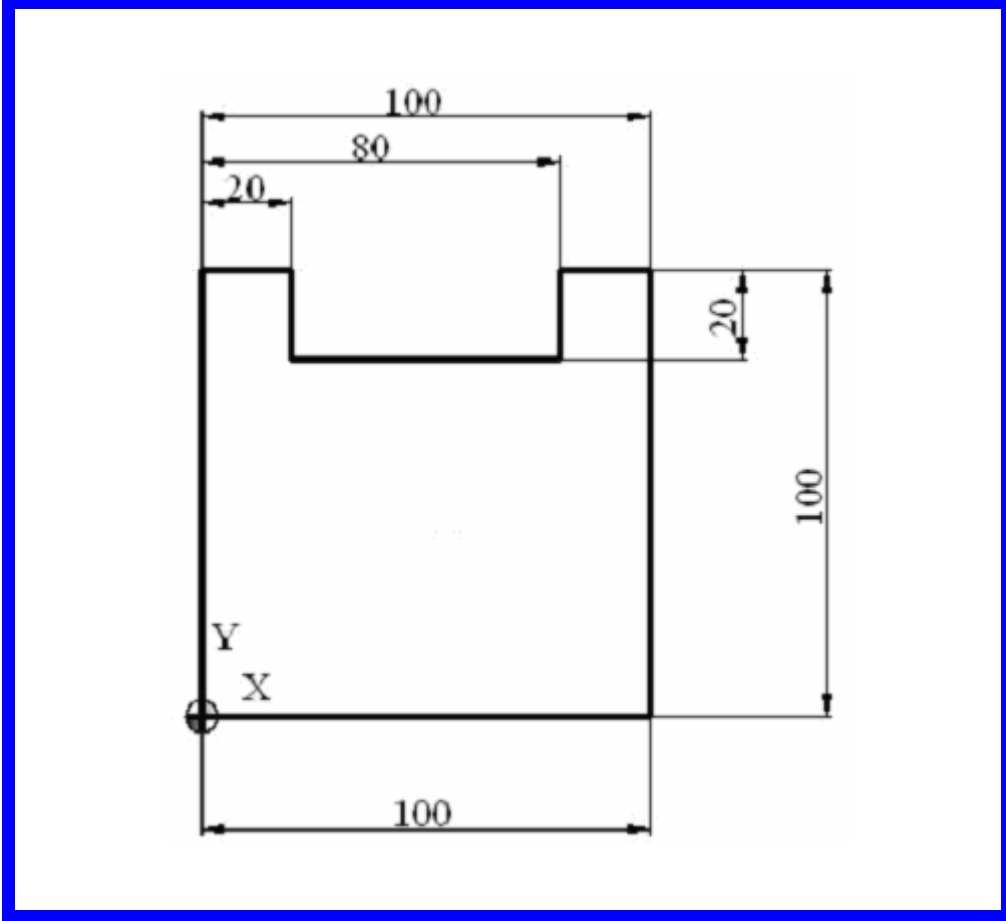
## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen ölçme değerlendirme; çoktan seçmeli ve doğru yanlış ölçme değerlendirme kriterleri uygulanmıştır.

- Doğrusal hareketi sağlayan komut aşağıdakilerden hangisidir?  
A.) G01      B.) G02      C.) G03      D.) G04
- Takım yarıçapı telafisi komutunu iptal eden komut aşağıdakilerden hangisidir?  
A.) G40      B.) G41      C.) G42      D.) G43
- CNC freze tezgâhında normalde kaç adet koordinat ekseni vardır?  
A.) 1      B.) 2      C.) 3      D.) 7
- CNC freze tezgâhında hangi iş yapılmaz?  
A.) Kanal      B.) Kavis      C.) Profil      D.) Tornalama
- Aşağıdakilerden hangisi sonra yapılmalıdır?  
A.) Takım seçimi      B.) İş bağlanması      C.) Program girme      D.) Temizlik
- %001; program adı "Siemens" sistemine aittir.  
A.) Doğru      B.) Yanlış
- G42 komutu takım kesici yarıçapı için soldan telafidir.  
A.) Doğru      B.) Yanlış
- Kesici takım telafisi ölçülere yarıçap değeri girilerek yapılabilir.  
A.) Doğru      B.) Yanlış
- CNC freze tezgâhında kesici boyu telafisine gerek yoktur.  
A.) Doğru      B.) Yanlış
- Simülasyon tezgâhta işleme anlamına gelir.  
A.) Doğru      B.) Yanlış



## PERFORMANS DEĞERLENDİRME



Yukarıda ölçüleri verilen parçanın CNC programını yazınız

<b>DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ</b>		<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
1	Teknoloji kurallarını uygulayabildiniz mi?		
2	Geometri kurallarını kullanabildiniz mi?		
3	Matematik bilgisini kullanabildiniz mi?		
4	“G01” kodunu kullanabildiniz mi?		
5	Kesici ile ilgili kodları kullanabildiniz mi?		
6	Programı tezgâh kontrol paneline girebildiniz mi?		
<b>Toplam Puan</b>			

## **DEĞERLENDİRME**

İçerikteki amaç ölçüleri verilen parçanın CNC programını çıkarmaktır. Gerekli kodları kullanarak programlama yapabileceksiniz. Program yazmada sorunlarınız varsa ilgili konuya giderek tekrar okuyunuz. Örneklere bakınız. Öğretmeninizden bilgi alınız.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

CNC frezede işlenen parçaların ölçme ve kontrolünü yapabileceksiniz

## ARAŞTIRMA

- Bölgenizde bulunan sanayi kuruluşlarında kullanılan ölçme ve kontrol aletlerini araştırınız.
- İnternet sitelerinden CNC tezgâh üreten firmaları inceleyiniz.

## 3. CNC FREZEDE ÖLÇME VE KONTROL

### 3.1. CNC Frezede Ölçme

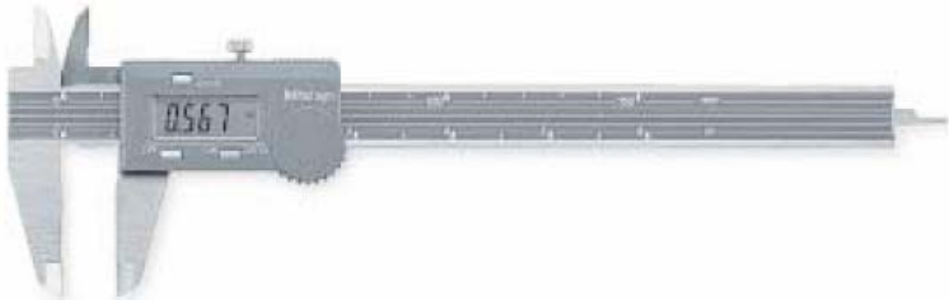
#### 3.1.1. İç ve Dış Yüzeylerin Ölçülmesi

##### ➤ Kumpaslar

Kumpaslar ile iki nesne arasındaki mesafe, kalınlık, çap ölçülebilir. Verniyerli veya elektronik göstergeli olarak yapılırlar.

Dijital olan kumpaslarda gövde içine yerleştirilmiş kremayer dişlisi üzerindeki bütünleşmiş devresi ve elektronik beyin, ölçülen değerleri dijital olarak ekranda gösterir. Elektrik akımı, gövdeye yerleştirilmiş pillerle sağlanır. Ölçü değerleri ekran üzerinde okunaklı rakamlarla yazıldığı için ölçme hatası azaltılmış, okuma zamanı en aza indirilmiştir.

Kumpas üzerinde genellikle dijital gösterge ekranı, açma-kapama düğmesi, ölçü sistemi değiştirme düğmesi (mm-inç), sıfırlama düğmesi, bekletme düğmesi ve bazı tip kumpaslarda okunan değerleri yazdırmak için bağlantı kısmı bulunur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1:Dijital kumpas

Bazı kumpaslarda bir düğme birden fazla amaçla kullanılabilir. Kapanma işlemi belirli bir zaman sonra otomatik olarak gerçekleşir. Kumpas çeneleri temizlenip kapatılır. Açma düğmesine basılarak gösterge açılıp sıfırlanır. Bundan sonra kumpasla dış çap, iç çap, derinlik ve kademe boyutları ölçülebilir. Bekletme düğmesine basıldığı zaman ekrandaki rakam sabit kalır. Tekrar basıldığı zaman ekrandaki değer silinir.



**Şekil 3.2: Dijital kumpaslar**

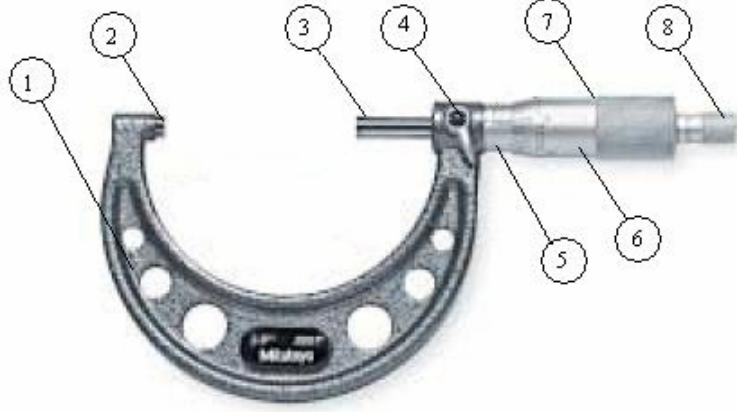
Dijital kumpası kullanırken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1. Kumpas üzerindeki düğmelere yavaş basılmalı,
2. Kremayer dişli temiz tutulmalı,
3. Darbelere korunmalı,
4. Kumpas yağdan, tozdan ve rutubetten uzak tutulmalıdır,
5. Kumpaslar güneş ışığından ve yüksek ısıdan korunmalıdır,
6. Kumpaslar uzun süre kullanılmayacaksa pilleri çıkartılmalıdır.

#### ➤ **Mikrometreler**

##### • **Dış Çap Mikrometreleri**

Mikrometreler mekanik kumandalı vida-somun sistemine göre çalışır. Ölçü okuma hassasiyeti fazladır. Daire kesitli parçaların çaplarının ve düz parçaların kalınlıklarının ölçülmesi gibi işlemlerde kullanılır. Vida-somun sistemine göre ilerleme hareketi yapan vidalı milin bir devirdeki ilerleme miktarı, vida adımına göre ayarlanabilir. Kumpaslarda olduğu gibi verniyerli veya dijital olarak üretilirler.



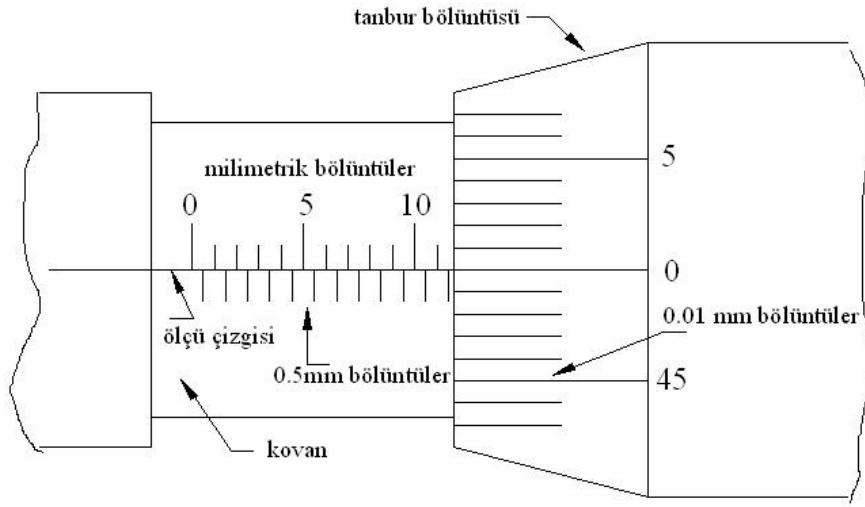
**Şekil 3.3: Mikrometre**

1-	Gövde	5-	Kovan
2-	Sabit çene	6-	Bölüntü
3-	Hareketli çene	7-	Tanbur
4-	Tespit mandalı	8-	Cırcır

Mikrometrelerde okuma hassasiyetleri ölçü sistemine göre değişmektedir. Mikrometre bölüntüleri metrik veya parmak (inç) sistemine göre yapılmıştır.

Mikrometrelerde milimetrik bölüntüleri, kovan üzerinde bulunur. Kovan üzerinde 1'er milimetrelik bölüntüler yatay çizginin üstünde bulunur. 0.5 milimetrelik bölüntüler ise yatay çizginin altında bulunur. Tanbur çevresi 50 eşit parçaya bölünmüştür. Tanburun bağlı bulunduğu hareketli mil bir tam tur çevrildiğinde, tanburda 1 tam tur, yani 50 bölüntü döndürülmüş demektir. Tanbur üzerindeki iki çizgi arası mesafe 0.01mm'dir. Bu değer mikrometre vida mili adımı olan 0.5 mm'nin tanbur üzerindeki 50 eşit bölüntüye bölünmesiyle bulunur. ( $0.5/50=0.01\text{mm}$ )

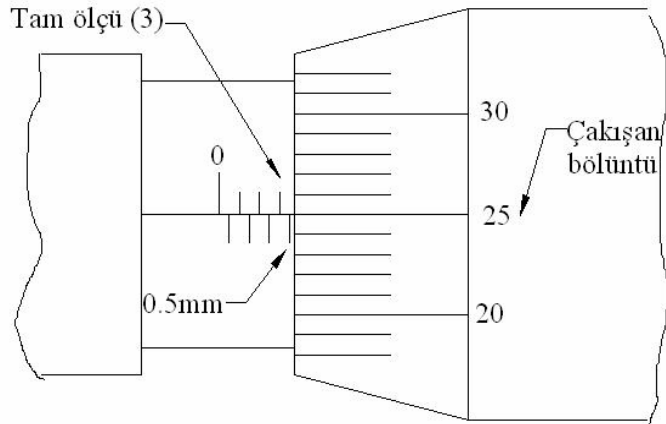
Kullanım ve yapılacak ölçü boyutlarına göre farklı boyutlarda yapılırlar. (0-25mm, 25-50mm, 50-75mm, 75-100mm, vb)



Şekil 3.4: Mikrometrelerde kovan ve tanbur bölüntüleri

**Örnek:**

3.75mm ölçüsünü mikrometrede gösterelim.



Şekil 3.5: Mikrometrelerde ölçü okuma

Ölçü çizgisi üzerinde tam olarak okunan ölçü: **3mm**

Ölçü çizgisi altında tam olarak okunan ölçü: **0.5mm**

Yatay çizgi ile çakışan tanbur üzerindeki bölüntü değeri: **0.25mm**

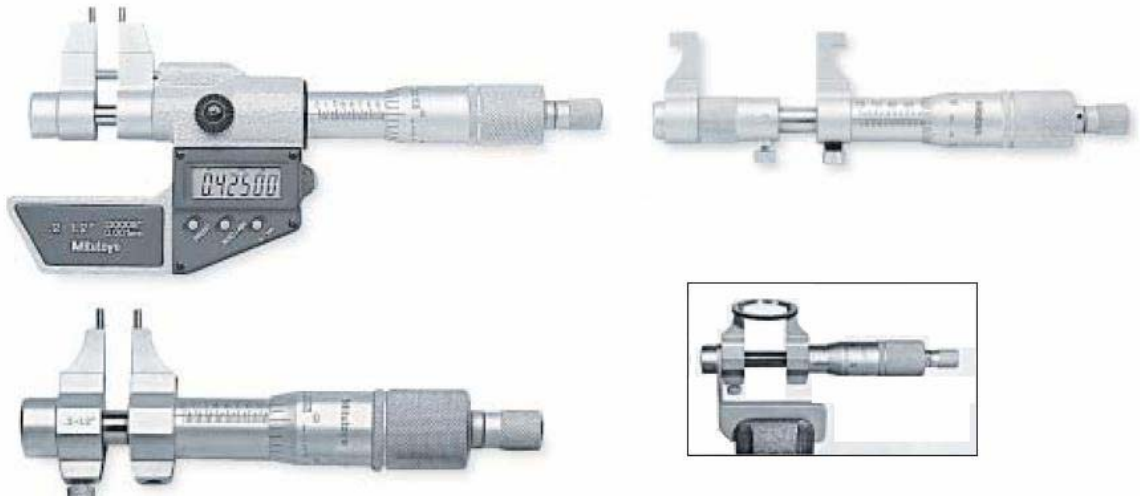
Okunan ölçü: **3+0.5+0.25=3.75mm**



Şekil 3.6: Dış çap mikrometreleri

➤ **İç çap mikrometreleri**

İş parçaları üzerinde bulunan delik çapları, kanal genişlikleri veya paralel yüzeyler arasındaki mesafeleri ölçme işlemlerinde kullanılır.



Şekil 3.7: İç çap mikrometreleri

➤ **Derinlik Mikrometreleri**

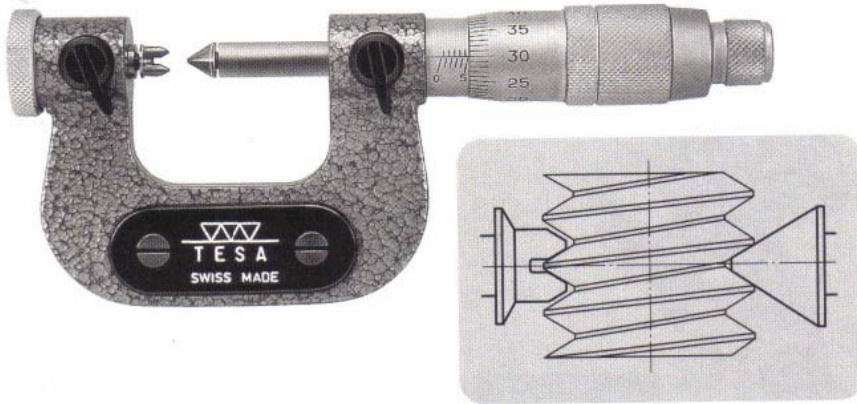
Genel olarak delik, kanal ve kademe yüksekliklerinin ölçülmesinde kullanılır. Derinlik ölçme mili bölüntülü tanbur içerisine takılıp sökölme özelliğine sahiptir.



Şekil 3.8:Derinlik mikrometresi ve milleri

### ➤ Vida Mikrometreleri

Metrik ve parmak (inç) vidaların ölçülmesinde kullanılır. Vida mikrometrelerinin ölçme işlemini yapan uçları, vida profillerine uyacak şekilde parmak vidalar için  $55^\circ$ , metrik vidalar için  $60^\circ$  olarak yapılırlar. Mikrometre uçları, ölçülecek olan vidanın adımına göre değiştirilme özelliğine sahiptir. Ölçme işleminden önce, ölçülecek vida adımına uygun profilde uç mikrometreye takılmalıdır. Ölçme sistem ve kuralları daha önce açıklananlarla aynıdır.



Şekil 3.9: Vida mikrometresi ve kullanımı





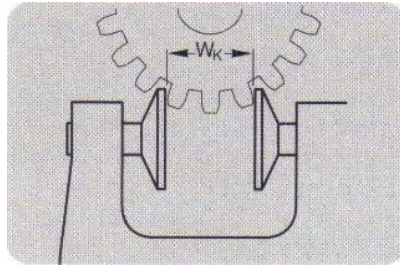
Şekil 3.10: Vida mikrometresi uçları

➤ **Modül Mikrometreleri**

Dişli çarkların diş kalınlığını ölçmek için kullanılırlar. Mikrometre uçlarına takılan disklerin ön yüzeyleri düzgün şekildedir. Ölçme alanı 0.5-6 modül arasındadır.



Şekil 3.11: Modül mikrometreleri



Şekil 3.12: Modül mikrometre kullanımı

### ➤ Özel Mikrometreler

Bu tür mikrometreler, özel amaçlı ölçme ve kontrol işlemleri için kullanılmaktadır. Bunlar:

1. Master mikrometreler,
2. Tablalı mikrometreler,
3. Sac mikrometreleri,
4. İnce uçlu mikrometreler,
5. Komparatörlü iç çap mikrometresi,
6. Tüp mikrometresi,
7. İç kademe mikrometresi olarak kullanılmaktadır.

## 3.2. CNC Frezede Kontrol

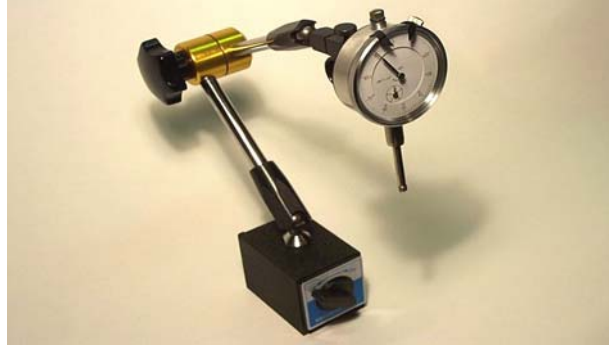
### ➤ Komparatörler

İbrelî ve dijital kontrol aletleridir. Komparatör ibresinin saat etrafında bir tam turu 1mm olup saatin etrafı 100 eşit parçaya bölünmüştür. Böylece iki çizgi arası  $1/100=0.01\text{mm}$ 'dir. Bu değer komparatörün hassasiyetidir. Komparatör üzerinde küçük bir ibre bulunur. Bu bölümdeki iki çizgi arası 1mm'dir. Büyük ibre bir tam tur yaptığında küçük ibre bir aralık ilerler. Milimetrelîk kontroller küçük ibreden, yüzdeli ilerlemeler ise büyük ibreden takip edilir. Dijitalde ise rakam ekranda görüntülenir.



Şekil 3.13: Komparatör saatleri

Mıknatıslı sehpa ile birlikte kullanılır. Sehpanın mıknatıslı olmasının nedeni komparatörün ölçme ve kontrol işleminin yapılacağı parça veya tezgâh gövdelerine kolayca tespit edilmesi içindir. Komparatörler metrik ve parmak (inç) bölüntülü olarak yapılır.



Şekil 3.14: Komparatör sehпасı

➤ **Pasametreler**

Dış çap ve kalınlık ölçü kontrolünde kullanılırlar. Pasametreler, gövdesi içerisine ölçü saati yerleştirilen verniyer bölüntüsüz mikrometreye benzemektedir. Seri imalatta imal edilen parçaların ölçü sınırlarında yapılıp yapılmadığının kontrolünde kullanılırlar. Pasametrenin kadranı üzerinde komparatör saatlerinde olduğu gibi ayarlanabilen tolerans limit tırnakları bulunur. Tolerans ibreleri alt ve üst sınır ölçülerine göre ayarlanır. Ayarlama işleminden sonra esas parça çapı kontrol edilir ve tolerans, ölçü saati ibresinden okunur. Ölçülen değerlerin tolerans değerlerini aşp aşmadığının kontrolü yapılır.



Şekil 3.15: Pasametre

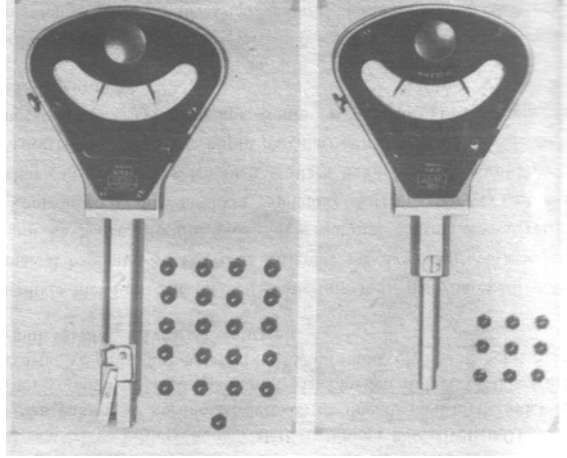
Dış çapların ölçü kontrolünde kullanılan pasametrelerin ölçme aralığı (0-25), (25-50), (50-75) ve (75-100) mm dir. Daha büyük ölçme aralığı istenen pasametreler özel olarak yapılır.

➤ **Passimetreler**

Passimetreler delik çapı ve kanal genişliklerinin ölçü kontrolünde kullanılan 0,002 mm hassasiyeti ölçü aletlerindedir. Ayrıca, passimetrelerle kontrol edilen delik çapının delik boyunca silindirik olup olmadığı da anlaşılır. Ana yapısı pasametreye benzeyen passimetrenin ölçü mili ucuna, belirli çaplara göre hazırlanmış takma uçlar ilâve edilir.

Passimetre ölçü miline takılan ilâve uçlarla 11 mm den 120,5 mm çapa kadar bütün delik ölçüleri kontrol edilebilir. Kontrol işlemi yapılmadan önce passimetrenin gerekli takma

ucu ilâve edilir ve bilezik masterla sıfır (0) ayarı yapılır. Tolerans sınırı belirtilir. Daha sonra, esas parçanın delik çapı kontrol edilir.



Şekil 3.16: Pasimetre

### ➤ Endikatör

Komparatörler gibi kontrol aletleridir. Komparatörlere oranla ölçme aralığı daha az ve ölçü okuma hassasiyeti daha fazladır. Endikatörün kadranı genellikle daire dilimi şeklindedir. Çünkü, bu ölçü kontrol aletinin ölçme aralığı, hassasiyetine göre 0.1mm ile 0.01mm arasında olduğundan ibrenin tam devir yapmasına gerek yoktur. Endikatörler dış çap, iç çap, kalınlık, yükseklik vb. ölçü kontrolünde kullanılmaktadır.

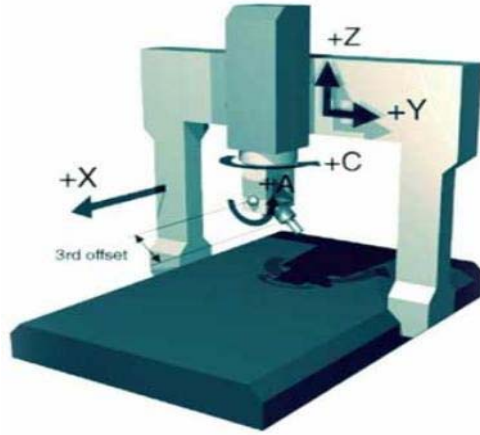


Şekil 3.17: Endikatör

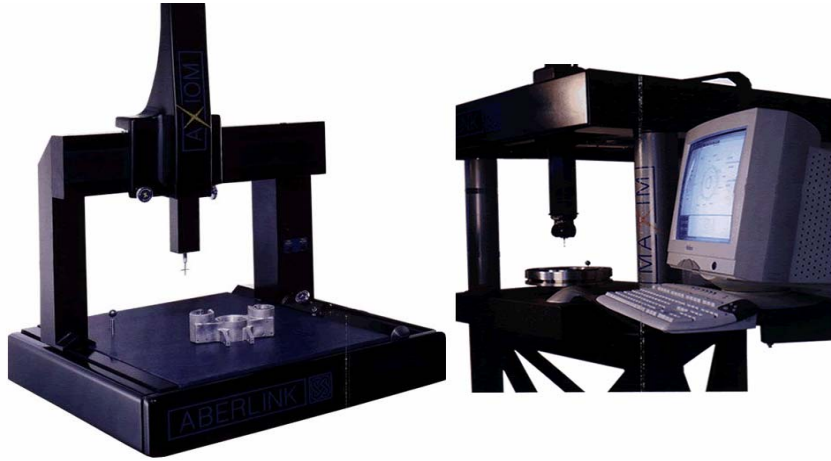
### Üç Boyutlu Koordinat Ölçme Cihazı (CMM-Coordinat Measuring Machine)

Parça ölçümlerinde kullanılan üç boyutlu koordinat ölçüm cihazıdır. Ayrıca laboratuvar kapsamında üç boyutlu ölçüm cihazı (CMM) ile çeşitli parçalar üzerinden ölçü alınabilmekte ve oluşturulan nokta kümeleri kullanılarak hesaplamalar yapılabilmektedir.

Kalite kontrol bölümlerinde bulunan üç boyutlu ölçme cihazı ile üretilen parçaların ölçü kontrolleri ( $\pm 0.0001$  mm toleranslarla ) yapılmaktadır. Bu cihaz kalite kontrolün yanı sıra işlenmiş bir parçadan özel programı sayesinde CAD modelleri elde etmek için kullanılabilir.



Şekil 3.18: Koordinat ölçme cihazında eksenler

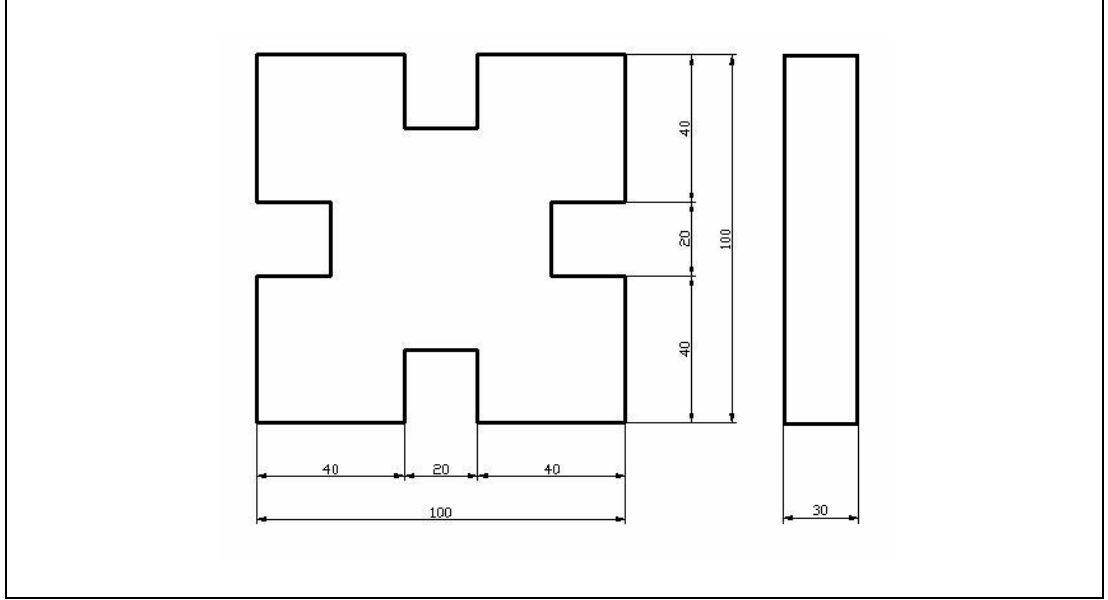


Şekil 3.19: Üç boyutlu koordinat ölçme cihazları

### 3.3. Ölçme ve Kontrolde Dikkat Edilecek Hususlar

1. Ölçü aletinin yapılış hassasiyeti,
2. Ölçme ve kontrol hassasiyetine uygun aletin seçimi,
3. Ölçme işleminin yapıldığı yerin ısısı,
4. Ölçü aletinin ısısı,
5. İşin hassasiyeti,
6. Ölçme ve kontrol aletini kullanırken uygun konumda tutulması,
7. Ölçme yapılan yerin ışık durumu gibi hususlara dikkat etmek gerekir.
8. Ölçme ve kontrol aletinin temas uçlarının temiz olması gibi hususlara dikkat etmelidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ



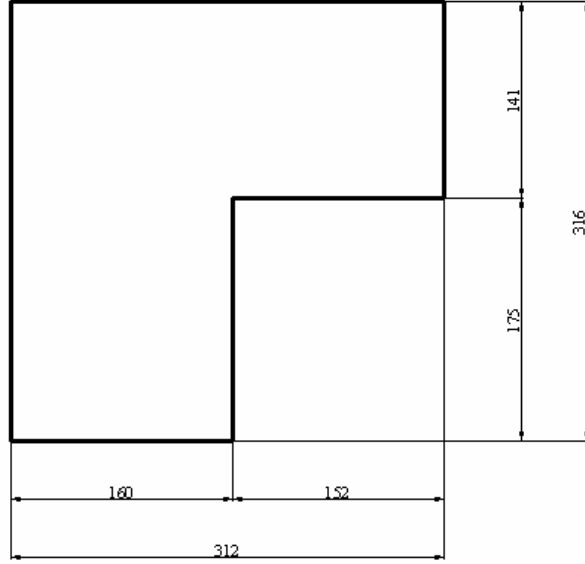
İŞLEM BASAMAKLARI	ÖNERİLER
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ CNC frezeden çıkan parçayı kumpas ile ölçmek</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yukarıda frezede işlenecek parçayı dijital kumpasla ölçünüz.</li><li>➤ Kumpası düzgün tutunuz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ CNC frezeden çıkan parçayı mikrometre ile ölçmek</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yukarıda frezede işlenecek parçayı normal veya dijital mikrometre ile ölçünüz.</li><li>➤ Mikrometreyi düzgün tutunuz.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen ölçme değerlendirmede; çoktan seçmeli ölçme değerlendirme kriteri uygulanmıştır.

1. Aşağıdakilerden hangisi mikrometre parçalarından değildir?  
A.) Gövde                      B.) Kovan                      C.) Cırcır                      D.) Kremayer
2. Kremayer – dişli sistemini kullanarak çalışan ölçü aleti hangisidir?  
A.) Dijital kumpas      B.) Mikrometre      C.) Komparatör              D.) Endikatör
3. Vidaların diş dibinin ölçülmesinde hangi mikrometre kullanılır?  
A.) Dış çap                      B.) İç çap                      C.) Modül                      D.) Vida
4. Dış çap ölçü kontrolünde kullanılan ölçme aleti hangisidir?  
A.) Komparatör              B.) Pasametre              C.) Pasimetre                      D.) Kumpas
5. “Gövdesi içerisine ölçü saati yerleştirilen verniyer bölüntüsüz mikrometreye benzer.” ölçü aleti hangisidir?  
A.) Komparatör              B.) Endikatör              C.) Pasametre                      D.) Pasimetre
6. “Ana yapısı pasametreye benzeyen .....ölçü mili ucuna, belirli çaplara göre hazırlanmış takma uçlar ilâve edilir.” Boşluğa hangi ifade gelmelidir?  
A.) Mikrometre              B.) Komparatör              C.) Pasametre                      D.) Pasimetre
7. “İş parçaları üzerinde bulunan delik çapları, kanal genişlikleri veya paralel yüzeyler arasındaki ölçme işlemlerinde kullanılır.” Tanımı hangi mikrometreye aittir?  
A.) Dış çap                      B.) İç çap                      C.) Modül                      D.) Vida
8. “Komparatörlere oranla ölçme aralığı daha az ve ölçü okuma hassasiyeti daha fazladır.” İfadesi hangi ölçme ve kontrol aleti ile alakalıdır?  
A.) Endikatör                      B.) Pasametre                      C.) CMM                              D.) Mikrometre

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME



Yukarıda CNC frezede işlenecek parçanın ölçülerini dijital kumpasla ve mikrometre ile kontrol ediniz.

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	Teknoloji kurallarını uygulayabildiniz mi?		
2	Matematik bilgisini kullanabildiniz mi?		
3	Kumpası düzgün okuyabildiniz mi?		
4	Mikrometreyi düzgün okuyabildiniz mi?		
<b>Toplam Puan</b>			

## DEĞERLENDİRME

İçerikteki amaç ölçü aletlerini öğrenmektir. Eğer parçayı ölçemediyse ilgili konuya giderek tekrar okuyunuz. Öğretmeninizden bilgi alınız.

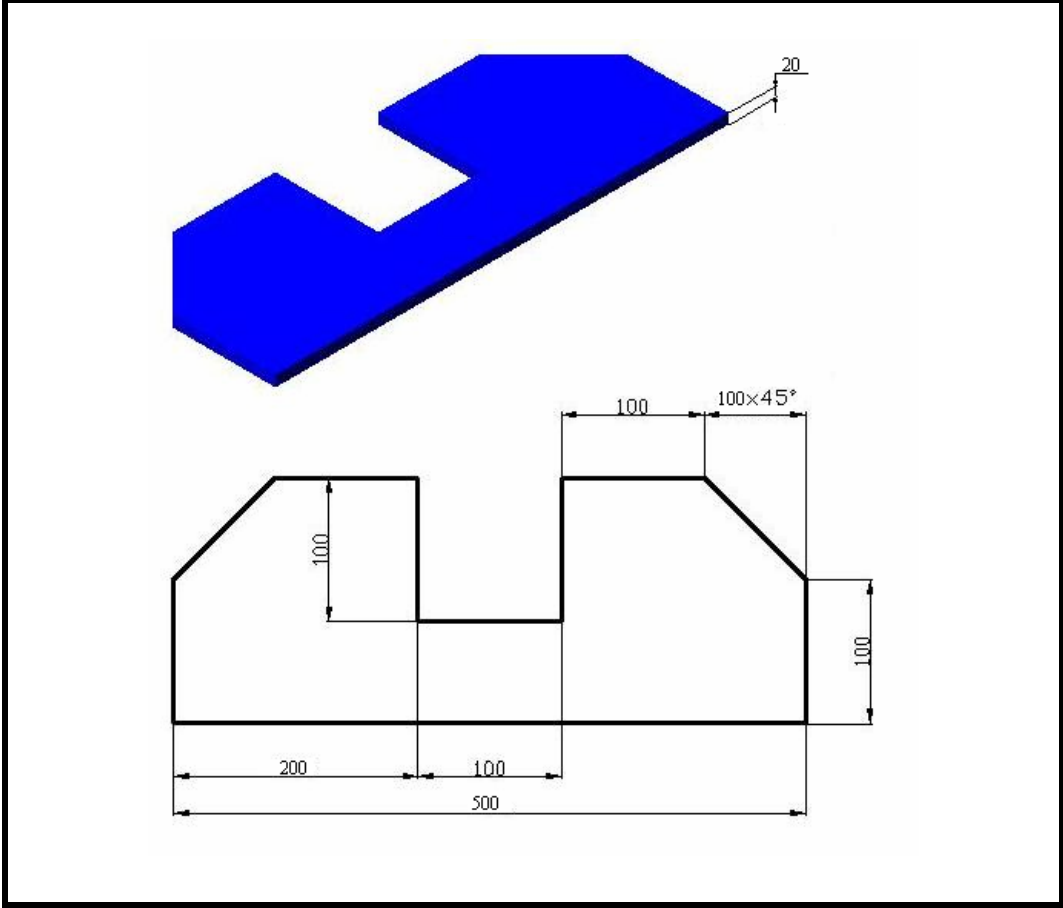


# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıda verilen ölçme değerlendirme; çoktan seçmeli ölçme değerlendirme kriteri uygulanmıştır.

1. ZX düzlemine hangi komut ile geçilir?  
A.) G17      B.) G18      C.) G19      D.) G20
2. Aşağıdaki komutlardan hangisi saat yönü tersinde dairesel hareketi kapsar?  
A.) G41      B.) G42      C.) G02      D.) G03
3. Doğrusal hareketi sağlayan komut aşağıdakilerden hangisidir?  
A.) G01      B.) G02      C.) G03      D.) G04
4. CNC freze tezgâhında kesici takımlar hangi kısma bağlanır?  
A.) Ayna      B.) Magazin      C.) Kater      D.) Mengene
5. Kesici takım telafisinden çıkmak için hangi komutla kullanılır?  
A.) G40      B.) G41      C.) G42      D.) G01
6. “Gövdesi içerisine ölçü saati yerleştirilen verniyer bölüntüsüz mikrometreye benzer.” ifadesindeki ölçü aleti hangisidir?  
A.) Komparatör      B.) Pasametre      C.) Endikatör      D.) Pasimetre
7. “Mastar mikrometreler” hangi mikrometre grubuna girer?  
A.) Dış çap      B.) Modül      C.) Özel      D.) Vida
8. Aşağıdakilerden hangisi mikrometre parçalarından değildir?  
A.) Gövde      B.) Kovan      C.) Cırcır      D.) Kremayer
9. G01 X\_ Y\_ F\_; komut satırındaki F harfi neyi ifade eder?  
A.) Koordinat      B.) Yarıçap      C.) İlerleme      D.) Çap
10. Aşağıdakilerden hangisi üç boyutlu koordinat ölçme aletinin kısa adıdır?  
A.) Endikatör      B.) Pasametre      C.) CMM      D.) Mikrometre

## PERFORMANS DEĞERLENDİRME



Yukarıda ölçüleri verilen parçanın CNC programını yazınız ve ölçme ve kontrol aletleri ile kontrol ediniz.

## DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		Evet	Hayır
1	Tezgâhı hazırlayabildiniz mi?		
2	G01 komutunu kullanabildiniz mi?		
3	X değerini doğru yazabildiniz mi?		
4	Y değerini doğru yazabildiniz mi?		
5	Z değerini doğru yazabildiniz mi?		
6	F değerini doğru yazabildiniz mi?		
7	Takım telifisi yapabildiniz mi?		
8	G41-G42 komutunu kullanabildiniz mi?		
9	G40 komutunu kullanabildiniz mi?		
10	Programı çalıştırabildiniz mi?		
<b>Toplam Puan</b>			

### DEĞERLENDİRME

Anlatılan “G”, “M”, mutlak ölçülendirme ve artışı ölçülendirme kurallarına göre programı yazınız. Ölçme ve kontrol aletleri ile ölçülerini kontrol ediniz. Uygulayamadığınız kısımları tekrar inceleyiniz. Öğretmeninizden bilgi alınız.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	C
3	A
4	D
5	B
6	B
7	A
8	A
9	A
10	B

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

1	A
2	A
3	C
4	D
5	D
6	A
7	B
8.	A
9	B
10	B

## MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	A
4	B
5	A
6	B
7	C
8	D
9	C
10	C

## KAYNAKÇA

- GÜLESİN Mahmut, **CNC Freze ve Freze Tezgâhlarının Programlanması**, Ders notları, Ankara 1997
- GÜLESİN Mahmut, GÜLLÜ Abdulkadir, AVCI Özkan, AKDOĞAN Gökalp, **CNC Torna ve Freze Tezgâhlarının Programlanması**, Asil Yayın Dağıtım, Ankara 2005.
- BAĞCI Özel. **CNC Teknik**, Melisa Matbaacılık, İstanbul 2000
- AKBAŞ Ümit. **CNC Fanuc Programlama**, GÜTEF Lisans Bitirme Tezi, Ankara 1998
- ARSLAN Hamit. **CNC Teknik**, Saray Matbaacılık, Ankara 2003
- ARSLAN Hamit. **CNC Teknik**, MEB, İstanbul 2004
- Sanitaş A.Ş., **Fronteir-L Programlama Kitabı**, Şubat 1995
- GÜREL A. Hakkı, **Siemens ve Fanuc Kontrollü Freze Tezgâhları ve Programlanması**. **Kosgeb**, Ankara 1998
- BAĞCI Mustafa. ERİŞKİN, Yakup. **Ölçme Bilgisi ve Kontrol**, Serler Matbaası, 2000
- [www.mitutoyo.com](http://www.mitutoyo.com) (İnternet adresi)
- [www.ntv.sk/katalog/somex](http://www.ntv.sk/katalog/somex) (İnternet adresi)
- [www.temak.com](http://www.temak.com) (İnternet adresi)
- [www.siemens.com](http://www.siemens.com) (İnternet adresi)