

## YENİ FORM ÖLÇÜM PARAMETRELERİ VE STANDARTLARI

*Bülent DELİBAŞ, Tanfer YANDAYAN*

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü-UME, 41470 Gebze-KOCAELİ

Tel: 262 646 63 55

e-mail: bülent.delibas@ume.tubitak.gov.tr, tanfer.yandayan@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

İş parçalarının ideal geometrik şekillerden sapma hatalarının diğer bir değişle form hatalarının tespiti form ölçme cihazlarıyla yapılmaktadır. ISO 1101'de detaylı bir şekilde tanımlanan form hatalarının ölçümü ise 1985 yılında hazırlanan ISO 6318 ve 4291 standartlarında belirtilen yöntemlere göre yapılmaktadır. Sadece yuvarlaklık ölçümlerinin anlatıldığı bu standartlarda, test parçası üzerinden alınan veriler filtrelendikten sonra önerilen matematiksel yöntemlere göre değerlendirilirler. Ölçüm sonucunu etkileyen filtre tipi ve filtre eşiği değerleri bu standartlarda anlatılmamaktadır. Bu değerlerin seçimi üretici firmaların önerdiği değerlere, cihazda kullanılan filtrelere ve ölçümü yapan kişinin seçtiği filtre eşiğine göre yapılmaktaydı. Doğal olarak da farklı cihazlarla veya farklı kişiler tarafından yapılan bir iş parçasının form ölçümleri farklı sonuçlar vermekteydi. Bu uyumsuzlukları ortadan kaldırmak için yuvarlaklık ölçümlerinin yanında silindiriklik, doğrusalılık, düzlemsellik hatalarının ölçümünü de kapsayan ISO/TC213/WG1 standartları geliştirilmiştir. Bu bildiride yeni geliştirilen standartların tanıtımı, sağladığı kolaylıklar ve form ölçüm cihazların yaptığı ölçümlerinin güvenilirliğinin nasıl sağlandığı anlatılacaktır.

**Anahtar sözcükler:** Form hataları, geometrik ölçümler

### 1. GİRİŞ

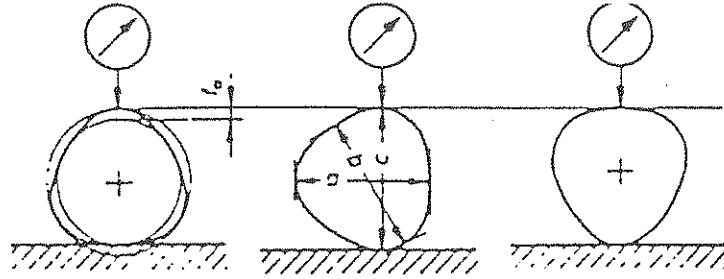
Form hataları, iş parçalarının ideal geometrik şekilden sapması olarak tanımlanır. İmalat sırasında iş parçası üzerindeki şekil hatalarının oluşması kaçınılmazdır. Form hatalarının oluş nedenleri üretim sırasında ortaya çıkan titreşim, iş parçasının tezgah üzerinde doğru konumlanıp bağlanamaması, kesici takım uçları üzerindeki şekil hataları, tezgahların kayıt-kızak sistemindeki hatalar ve sıcaklıktan dolayı işleme sırasında meydana gelen termal bozulmalardır. Bu nedenler sonucu üretimi yapılan parça üzerinde bir takım form hataları oluşacaktır. Örneğin, torna tezgahında ayna ile dıştan fazla sıkılan bir halka iş parçasının iç çapı tornalandığında ideal bir daire olarak üretilmesi imkansızdır.

### 2. FORM ÖLÇÜMLERİ VE FORM ÖLÇÜMLERİNDE KULLANILAN CİHAZLAR

#### 2.1. FORM ÖLÇÜMLERİ VE DEĞERLENDİRME METOTLARI

Form ölçüm cihazlarında ana ölçme fonksiyonu dairesel ölçümlerdir. Cihazın dizaynı buna göre şekillenmiştir. Form ölçümlerinde yaygın olarak yapılan yuvarlaklık (dairesellik, yani ideal daire şeklinden sapma) ölçümlerinde temel prensip yuvarlak parçaların merkeze göre yarıçap değişikliğinin bulunmasıdır [1]. Yuvarlaklık ölçümlerinde çap yerine, yarıçap değişikliğine bakılmasının nedeni çap ölçümünün yanıltıcı olmasıdır. Şekil 1'de görüldüğü gibi yuvarlaklığı kesin bozuk olduğu bilinen (3-lobed) şeklin çap ölçüm sonuçları

dikkate alındığında, nereden ölçüm alınır sa alınsın aynı çap değeri vereceği kesindir. Bu 5,7,11 ve daha fazla loblu şekiller içinde geçerlidir. Bu tip şekillerin yuvarlaklık hatası ancak yarıçap değışikliğinin tespiti ile bulunabilir. Bu yüzden çap ölçümleri yaparak form hatası bulmak, her zaman doğru sonuç veremeyeceği için sakıncalıdır [2].

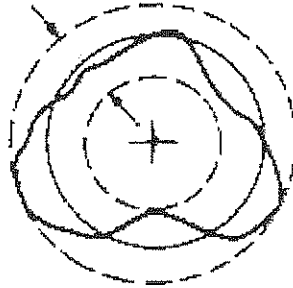


Şekil 1. Çap ölçümü ile 3-lobed şeklindeki parçaların form hatasının bulunamaması

Form ölçüm cihazı, parçaların geometrik ölçümlerini yaparken belirli değerlendirme metotları kullanır. Bu metotlar yuvarlaklık ve doğrusalılık gibi ölçümlere göre farklılık gösterir. Yuvarlaklık ölçümlerinde LSC, MZC, MIC, MCC başlıca bilinen değerlendirme çemberleridir. Doğrusallık, paralellik, düzlemsellik gibi ölçümlerde ise değerlendirme yöntemleri doğru çizgileridir: LSS, MZS bu doğrulardan başlıcalarıdır. Değerlendirme metotları kısaca aşağıda açıklanmıştır.

#### En küçük kareler metodu çemberi (LSC):

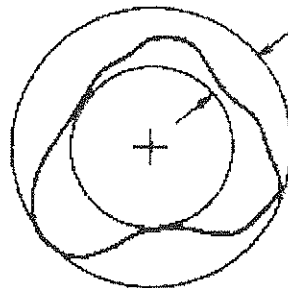
Radyal yöndeki sapmaların kareleri toplamı minimum olacak şekilde çizilen R yarıçaplı çemberdir. Yuvarlaklık değeri ise, profili içten ve dıştan sara ve bu LSC çemberiyle eşmerkezli iki çember arasındaki radyal sapma değeri (Şekil 2).



Şekil 2 En küçük kareler metodu çemberi

#### Minimum aralıklı çemberler (MZC):

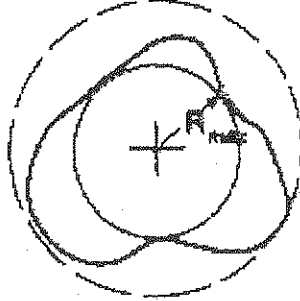
Cihazın çizdiği çizgiyi içten ve dıştan sınırlayan birbirine minimum mesafede eş merkezli iki çemberdir. Çemberler arası radyal mesafenin büyütme oranına bölümü yuvarlaklık hatasını verir (Şekil 3).



Şekil 3 Minimum aralıklı çemberler

### Maksimum iç çember (MIC):

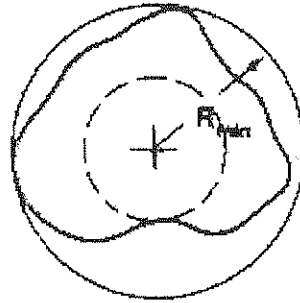
Kayıt cihazının çizdiği profilin içinde kalan en büyük çembere dir. Bu çember profile en az 2 noktadan temas etmelidir. Profilin tümünü içine alan aynı merkezli en küçük dış çember çizilir. Dış çember muhtemelen tek noktadan profile değ er. Bu iki çember arasındaki radyal mesafenin büyütme oranına bölümü yuvarlaklıktan sapmayı verecektir (Şekil 4).



Şekil 4 Maksimum iç çember

### Minimum dış çember (MCC):

Cihazın çizdiği çizgiyi içine alan en küçük çembere dir. Bu çember profile pek çok noktadan temas edecektir. Profilin içinde kalan aynı merkezli en büyük çember çizilir. İki çember arası mesafe yuvarlaklık hatasıdır (Şekil 5).



Şekil 5 Minimum dış çember

## 2.2. FORM ÖLÇÜM CİHAZLARI

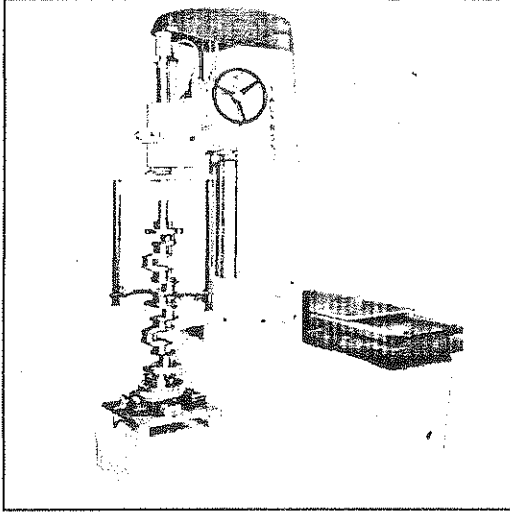
Günümüzde form ölçüm cihazları kullanarak form hataları rahatlıkla bulunabilmektedir. Bu form ölçüm cihazlarını yapı olarak ele alırsak iki tiptir.

### Döner prob tipi form ölçüm cihazları

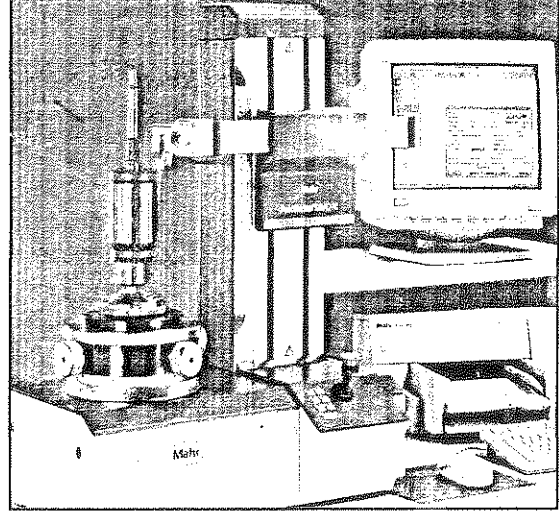
Bu tip cihazlarda cihazın tablası sabittir (Şekil 6). Dolayısıyla ölçülecek parça ölçüm sırasında hareketsizdir. Bu özelliğinden dolayı ölçüm tablasından gelebilecek hatalar belirsizliği etkilemeyecek kadar küçüktür. Ölçümler probun parça çevresinde hareket etmesiyle elde edilir.

### Döner tabla tipi form ölçüm cihazları

Döner tablalı form ölçüm cihazlarında ölçülecek parça cihaz tablasıyla birlikte dönerken, prob sabittir (Şekil 7)

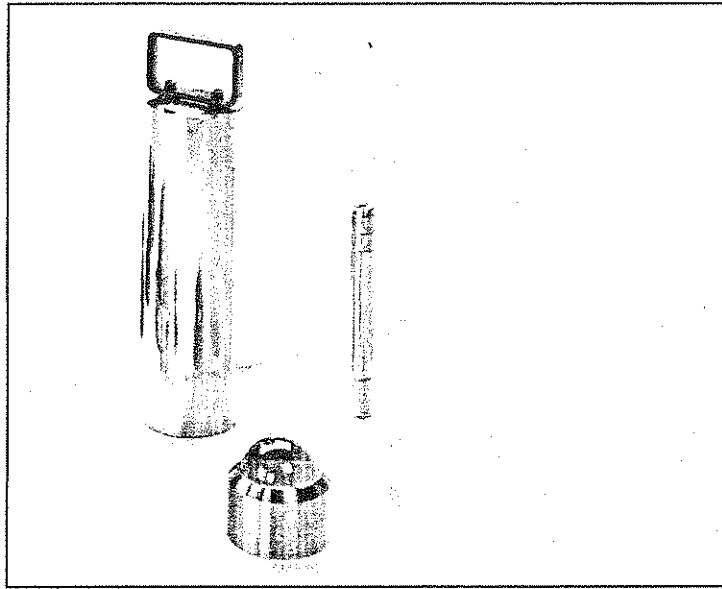


Şekil 6 Döner prob tipi form ölçüm cihazları



Şekil 7 Döner tabla tipi form ölçüm cihazları

Form ölçüm cihazlarının izlenebilirliğinin sağlanması ve doğru çalıştığına garanti altına alınması için bütün diğer cihazlar gibi kalibrasyonunun yapılması şarttır. Form cihazlarının genel olarak kolon, tabla, ve prob hataları vardır. Bu hataların tespiti için **master blokları, referans silindir, referans küre, optik cam ve flick standart** gibi referanslar (Şekil 8) kullanılmaktadır. Ülkemizde form cihazları ve standartlarının kalibrasyonu Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) bünyesindeki Boyutsal laboratuvarlarında yapılmaktadır. Daha sonra kullanıcı kendi cihazının kalibrasyonunu bu standartları kullanarak yapabilmektedir.





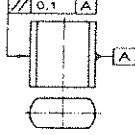

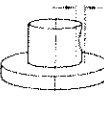
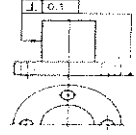

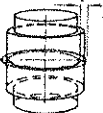
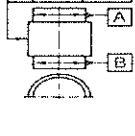

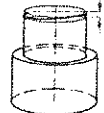
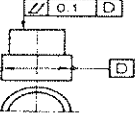

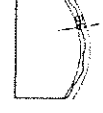
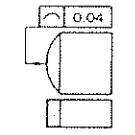


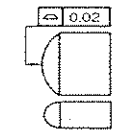

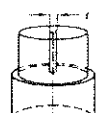
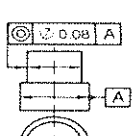

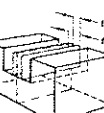
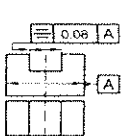
Şekil 8 Form ölçüm cihazında ölçülenler referanslar

### 3. FORM ÖLÇÜMLERİNDE KULLANILAN STANDARTLAR

Form ölçüm cihazları, form parametreleri ile form hatalarını belirlemektedir. Form ölçüm parametreleri tanımları ISO 1101 standardıyla aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9 ISO 1101 Form ölçüm parametreleri

 <p><b>PARALELLİK</b></p>  <p>Tanım: Tolerans bölgesi referans çizgisine paralel aralıktaki iki düzlemlerle sınırlıdır.</p> 	 <p><b>DİKLİK</b></p>  <p>Tanım: Bir düzlemde yayılmış tolerans bölgesi referans çizgisine dik t aralığı paralel iki doğru ile sınırlıdır.</p> 
 <p><b>SALGI</b></p>  <p>Tanım: Tolerans bölgesi, eksenine ile aynı olan iki eş merkezli dairenin eksenine dik her hangi bir ölçme düzleminde t aralıklı eş merkezli iki daire ile sınırlıdır.</p> 	 <p><b>TOPLAM YALPA</b></p>  <p>Tanım: Tolerans bölgesi, referans eksenine dik t aralığındaki iki paralel düzlemlerle sınırlıdır.</p> 
 <p><b>ÇİZGİ ŞEKLİ</b></p>  <p>Tanım: Ölçüm profilinin eksenine geometrik ideal bir çizgide bulunan, t çaplı dairevi zarf içindeki iki çizgi ile sınırlıdır.</p> 	 <p><b>YÜZEY ŞEKLİ</b></p>  <p>Tanım: Ölçüm profilinin orta yüzeyi geometrik ideal şekildedeki bir yüzeyde bulunan, t çaplı küre zarf içindeki iki yüzey ile sınırlıdır.</p> 
 <p><b>KONSANTİRİKLİK</b></p>  <p>Tanım: Tolerans bölgesi, merkezi referans noktasıyla üst üste çakışan t çaplı bir daire ile sınırlıdır.</p> 	 <p><b>SİMETRİKLİK</b></p>  <p>Tanım: Ölçüm profili sadece bir doğrultuda gösterildiğinde bir düzlemde uzanan tolerans bölgesi referans çizgisine göre paralel t aralığındaki iki çizgiyle sınırlıdır.</p> 

Şekil 9 ISO 1101 Form ölçüm parametreleri (devamı)

Form hataları ISO 1101 standardıyla tanımlanmış olup, bu hataların ölçme yöntemleri ISO 6318 ve 4291 standartlarında anlatılmıştır [3],[4]. Bu standartlarda form ölçümlerinin temel parametreleri olan değerlendirme metotları (LSC,MZC,MIC,MCC), bir devirdeki toplam dalga sayısı UPR (Undulation per revolution) ve filtre türleri tanımlanmıştır. ISO 6318 standardında yuvarlaklık ölçümlerinin tanımı ve parametrelerinden bahsedilirken, ISO 4291 standardı ise sadece yuvarlaklık ölçümleri değerlendirme metotları hakkında bilgiler ve örnekler vermiştir. Fakat her iki standart ölçüm sırasında hangi filtrenin ve filtre eşiklerinin kullanılacağını açıklamamıştır. Bu nedenle özellikle endüstride yapılan form ölçümlerinin yanlış değerlendirilmesine neden olmuştur. Aynı iş parçası aynı form ölçüm cihazıyla farklı filtrelerde veya değerlendirme metotlarında farklı sonuçlar verecektir. Şu ana kadar ki süreçte form ölçüm cihazlarının etkili ve doğru kullanılmaması form ölçüm parametrelerinin operatör tarafından seçiminde bir standardın olmayışıdır. Operatör ne zaman 50 upr ne zaman 150 upr seçeceğini tam olarak bilmemektedir. Bu yüzden, aynı parça farklı filtre kullanılarak ölçülünce farklı sonuçlar bulunmaktadır. Örneğin 150 upr'da alınan bir ölçüm sonucu 50 upr'da alınan ölçüm sonucundan farklı olacaktır.

Bu uyumsuzluğu ortadan kaldırmak için yuvarlaklık ölçümlerinin yanında silindiriklik, doğrusalılık, düzlemsellik, hatalarının ölçümünü de kapsayan ISO/TC213/WG1 standartları geliştirilmiştir. Bu standartlar aşağıda açıklanmıştır [5].

#### 4. FORM ÖLÇÜMLERİNDEKİ YENİ STANDARTLAR

ISO, 2000 yılında form ölçümleri için yeni standartlar geliştirmiştir. Bu standartlar yuvarlaklık, silindiriklik, doğrusalılık ve düzlemsellik ölçümlerini de içermektedir. Yuvarlaklık ölçümleri için ISO 12181 standardı eski ISO 4291 standardının yerini almıştır. Ayrıca ISO 12180 silindiriklik, ISO 12780 doğrusalılık ve ISO 12781 düzlemsellik ölçümleri için yeni standart olarak kabul edilmiştir.

**Yeni form ölçüm standartlarına göre,**

1. Cut-off değerinde %50 geçirenli Gaussian Filtre kullanılmalıdır.
2. Her bir Cut-off uzunluğu için minimum 7 nokta alınmalıdır. (Eski standartlarda 5 ölçüm alınır). Aşağıdaki tabloda upr değerine göre çevrede ne kadar nokta alınacağı belirtilmiştir.

Tablo 1. Minimum nokta sayıları

UPR	Minimum Nokta Sayısı
15 UPR	105
50 UPR	350
150 UPR	1050
500 UPR	3500
1500 UPR	10500

3. UPR (Undulations per Revolution) seçiminin referans dairenin çapına bağlı olarak aşağıdaki gibi seçimi yapılmalıdır.

		D	<	8 mm	15	UPR
8 mm	<	D	<	25 mm	50	UPR
25 mm	<	D	<	80 mm	150	UPR
80 mm	<	D	<	250 mm	500	UPR
250 mm	<	D			1500	UPR

4. Mekanik temaslı prob kullanılmalıdır.
5. Küre uçlu prob kullanılmalıdır.
6. Kabul edilen prob ucu yarıçapı aşağıdaki gibi olmalıdır.

$$\begin{array}{lll} D \geq 4 \text{ mm} & \text{için} & R_{TK} = 0.5 \text{ mm} \\ D < 4 \text{ mm} & \text{için} & R_{TK} = (\pi/24)*D \sim D/8 \\ (D = \text{İş parçası çapı, } R_{TK} = \text{Prob ucu yarıçapı}) \end{array}$$

**Örnek:** D = 20 mm lik bir iş parçası için  $R_{TK} = 0.5$  mm prob ucu kullanımı  
D = 2 mm lik bir iş parçası için  $R_{TK} = 2/8 = 0.25$  mm prob ucu kullanımı

7. Ölçüm kuvvetinin 0'a yakın olması. Pratik olarak 30-50 mN kabul edilebilir değer.

Yeni standartlar 2001 yılı itibari ile uygulamaya konmuştur. Burada en büyük sıkıntı yeni standartların adaptasyonudur. Çünkü eski cihazların yeni standartlarla belirtilen parametreleri belirtilen şekilde ölçmesi mümkün değildir. Bu cihazların yeni standartlara göre ölçüm yapar şekilde modifike edilmesi gerekmektedir.

## 5. SONUÇ

Halen endüstride bulunan form ölçüm cihazlarının ölçüm sonuçlarının doğru yorumlanması getirilen yeni standartlarla daha kolay hale gelmiştir. Bu standartlarla hem form parametrelerinin seçimindeki operatör keyfiyetine de son verilmiş, hem de bu parametrelerin seçiminde genel bir birlik elde edilmiştir. Kısacası, form ölçümlerindeki eksiklik getirilen bu standartlarla büyük ölçüde giderilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] " Seminar handbook form metrology" , Mahr, Göttingen ,Germany.
- [2] Delibaş B., Yandayan T. : Form hataları ve önemi, Üretimde Kalite,2000.
- [3] ISO 4291 International Standard
- [4] ISO 6318 International Standard
- [5] ISO/TC213/WG1