

## YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMLERİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ PARAMETRELERİ

*Murat AKSULU, Okhan GANİOĞLU, Tanfer YANDAYAN*

TÜBİTAK -Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) Pk. 21 41470 Gebze-KOCAELİ  
Tel: 262 6466355 E-Mail: murata@ume.tubitak.gov.tr  
okang@ume.tubitak.gov.tr, tanfery@ume.tubitak.gov.tr

### ÖZET

İmalatı yapılan iş parçalarının yüzey pürüzlülüğü, bu elemanların yataklama ve aşınma özelliklerinin incelenmesi ile malzeme yorulması için son derece önemlidir. Yüzey kalitesini değerlendirmek ve matematiksel büyüklüklere (parametrelere) çevirmek için pürüzlülük ölçümleri yapılır. Pürüzlülük ölçümlerini değerlendirmek amacıyla ölçülen profilde pürüzlülük, form ve dalgalılık sapmaları birbirinden ayrılır. Günümüzde bu ölçümleri yeterli doğrulukta, hassasiyette ve kısa sürede gerçekleştiren cihazlar, temaslı ölçüm yapan indüktif problu yüzey pürüzlülük cihazlarıdır.

Pürüzlülük ölçümünün doğru ve hassas yapılmasının yanında hangi pürüzlülük parametrelerinin kullanılacağına doğru tespiti ve bunların doğru değerlendirilmesi gerekir. Yüzey pürüzlülük parametreleri, genlik, dalgaboyu(yatay) ve hibrid(karma) parametreler olmak üzere üçe ayrılır. Yaygın olarak kullanılan pürüzlülük parametreleri ISO 4287, ISO 13565-2 ve Fransız otomotiv endüstrisinde kullanılan CNOMO E 05-015'de tanımlanmaktadır.

Bu bildiriye pürüzlülüğün ne olduğu, form ve dalgalılıktan farkı, pürüzlülük ölçüm cihazlarının doğru çalışıp çalışmadığının tespiti, kalibrasyon faktörünün çıkarılması, izlenebilirliğin nasıl sağlandığı, pürüzlülük parametrelerinin seçimi ve anlamları üzerine bilgiler verilecektir.

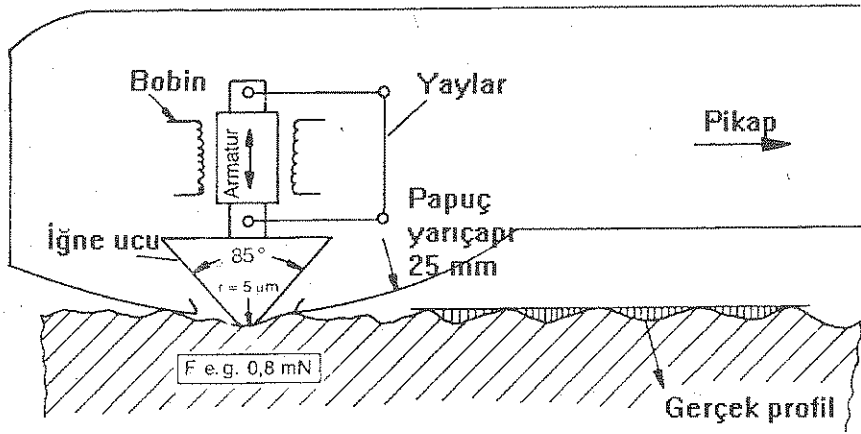
**Anahtar Sözcükler:** Pürüzlülük ölçümü, pürüzlülük parametreleri, kalibrasyon, izlenebilirlik

### 1. GİRİŞ

Doğada hemen hemen hiçbir cismin yüzeyi tam olarak düz değildir. Düz olduğunu zannettiğimiz yüzeylerde, daha ayrıntılı bir inceleme imkanı bulmuş olsak yeni yüzeysel sapmalar farkedebiliriz İmalat sanayi üzerinde yoğunlaşırsak, örneğin bir motor krank mili yüzeyi son derece parlak ve pürüzsüz görünümündedir. Ancak bir pürüzlülük ölçüm cihazıyla incelenirse yüzey sapmaları büyütülerek görülür. Bu sapmalar çalışan makine parçasının fonksiyonu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu sebeple hassasiyetle ölçülmesi gerekir. Endüstride bu konuda yaygın olarak kullanılan cihazlar iğne uçlu indüktif pürüzlülük ölçüm cihazlarıdır. Cihazlardan alınan verilerin doğru değerlendirilebilmesi ve faydalı hale gelebilmesi için de pürüzlülük parametrelerinin seçiminin bilinçli yapılması gerekmektedir Bu cihazların izlenebilirliği, gelişmiş cihazlarda derinlik standardı (veya hassas küre), pürüzlülük standardı, daha basit cihazlarda ise sadece pürüzlülük standardından sağlanmaktadır.

## 2. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Günümüzde pürüzlülük ölçümünde en yaygın olarak kullanılan cihaz iğne uçlu indüktif pürüzlülük ölçüm cihazıdır. Şekil 2.1'de bu cihazın ana parçaları görülmektedir. Cihazda "pikap" denilen elemanın içinde, uç yuvarlaklık yarıçapı çok küçük (Genelde 2 veya 5  $\mu\text{m}$ ) olan bir elmas uçlu iğne bulunur. Pikap sabit hızlı bir hareket ünitesi yardımıyla yüzey üzerinde hareket ettirilirken iğne tepe ve çukurları takip ederek düşey bir hareket yapar. Bu hareket indüktif olarak elektrik sinyallerine dönüştürülür. Daha sonra bu sinyaller istenirse elektriksel filtrelerden geçirilerek dalga boyuna göre ayrılmaktadır (Bölüm 3'te anlatılıyor). Şekil 2.1'de görülebileceği gibi bazı pikaplarda iğneden başka yüzeye temas eden ikinci bir eleman daha bulunur. Papuç veya baskı elemanı denilen bu parça, yuvarlaklık yarıçapı iğneye göre çok büyük (örneğin 25 mm) olan bir metal küre veya silindirdir. Görevi, yüzeydeki geniş dalgalılık veya form sapmalarının içine girerek bu sapmaları pürüzlülük değerlendirmesi dışına çıkarmaktır. Bu papuç mekanik filitre görevi görür. Ölçülen profili farklı algılanmasına sebep olduğundan zorunluluk yoksa kullanılmamalıdır.



Şekil 2.1 İğne uçlu indüktif pikap

İğne uçlu indüktif pürüzlülük ölçüm cihazlarının avantajları:

1. Şu anda, standart ve standart olmayan yüzey parametrelerini hesaplayıp veren yegane cihazlardır.
2. Yüksekliği 0.01  $\mu\text{m}$ 'den 1000  $\mu\text{m}$ 'ye kadar olan yüzey düzensizlikleri ölçülebilir
3. Pürüzlülük ve dalgalılık hatalarının ölçümü mümkündür.

İğne uçlu indüktif pürüzlülük cihazlarının dezavantajları:

1. Ölçümün 2 boyutlu olması. 3 boyutlu görüntü elde edilebilmesi ancak kabaca mümkün (paralel taramayla)
2. Değerlendirme uzunluğu 0.4 ila 40 mm arasındadır. Yani yüzeyin küçük bir alanı taranmaktadır.
3. İğne ucunun geometrisi ölçüm sonuçlarını etkiler. Çok keskin pürüzler, çatlaklar, küçük gözenekler tespit edilemediğinden belli bir hata oluşmaktadır. Optik prob yardımıyla hassas inceleme yapılabilmesine rağmen, optik probun da kendine has dezavantajları vardır.
4. Ölçüm süresi (yaklaşık 15 s) seri üretim için uzun bir süredir.

Tüm dezavantajlarına rağmen iğne uçlu indüktif cihazlar metrolojide lider konumdadır.

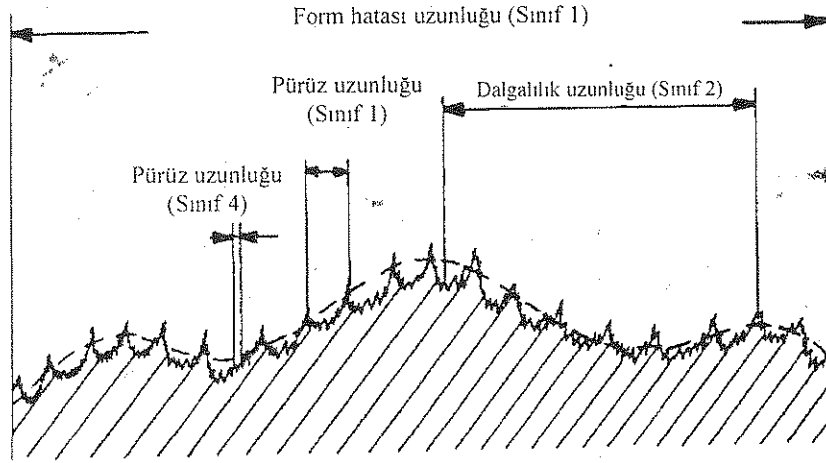
## 3. YÜZEY SAPMALARININ BİRBİRİNDEN AYRILMASI

Yüzeysel sapmalarını olduğu gibi görmek çoğu zaman faydalı olmaz. Bu noktada en önemli şey yüzey sapmalarını dalga boylarına göre birbirinden ayırmaktır. Zira her dalga boyundaki yüzey sapması, makine

elemanı yüzeyinin fonksiyonu üzerinde farklı etkiye sahiptir. Yüzey sapmalarını birbirinden ayırmak için öncelikle incelemek istediğimiz dalga boyu aralığını belirlememiz gerekir. Bu maksatla sınır dalga boyu  $\lambda_c$  (cut off) kavramı kullanılır. Bu kavramla, mesela dalga boyu 0'dan 1 mm'ye kadar olan sapmaları görmek istiyorsak  $\lambda_c = 1$  mm şeklinde belirtmeliyiz. Genel kabullere göre 3 tip yüzey sapması vardır: Pürüzlülük, dalgalılık ve form (Şekil 3.1). Bu ayırım izafidir. Örneğin bir kişiye göre dalgalılık olarak belirlenen sapmalar başka bir kişiye göre pürüzlülük olarak isimlendirilebilir. Ancak makine elemanı yüzeylerini düşünürsek kabaca şöyle bir ayırım yapılabilir:

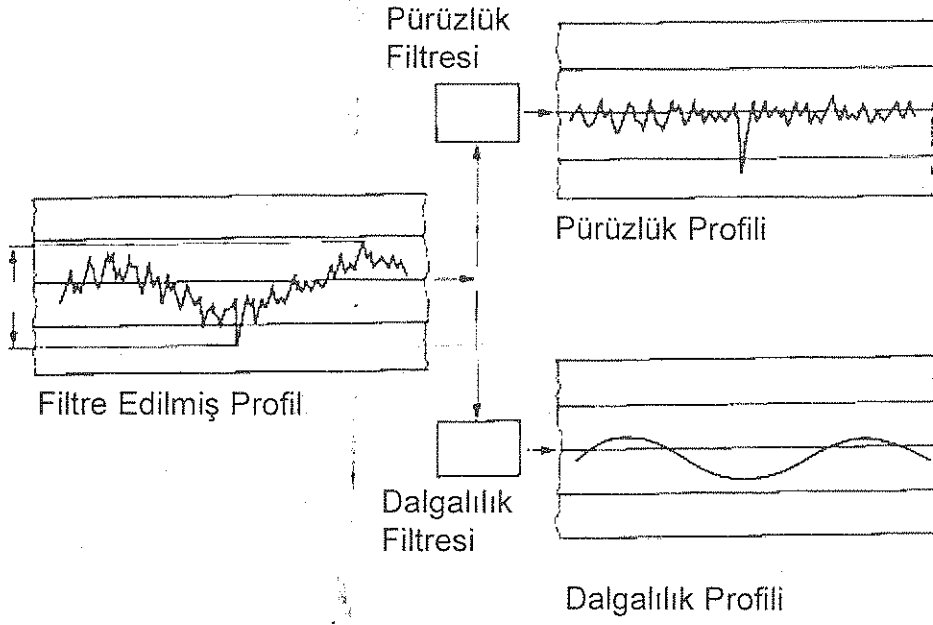
- Form hatasının uzunluğu, genişliğinin yaklaşık 1000 katı mertebesindedir .
- Dalgalılık uzunluğu, genişliğinin yaklaşık 100 ila 1000 katı mertebesindedir .
- Pürüz uzunluğu, genişliğinin yaklaşık 5 ila 100 katı mertebesindedir .

Eğer yüzeydeki bir sapmanın uzunluğu, genişliğinin 5 katından az ise, bu sapma *çatlak* veya *gözenektir*. Bu tipteki istisnai sapmalar pürüz sınıfına girmez ve ölçülmez. Ancak fark edilemezlerse sonuçları etkileyebilirler.

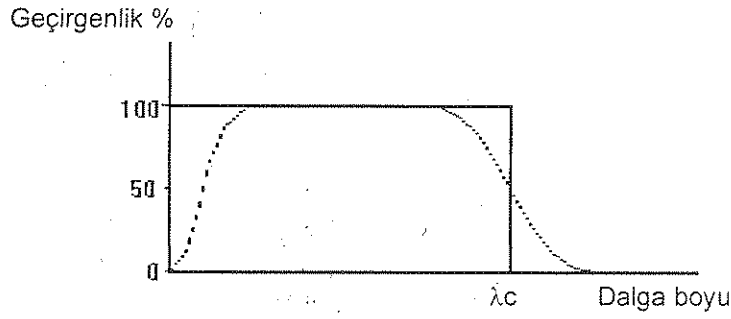


Şekil 3.1 Tüm yüzey sapmalarının bir yüzeyde beraberce bulunması

İğne uçlu indüktif cihazlarda pürüzlülük, dalgalılık ve form sapmaları elektriksel filtrelerle ayrılır (şekil 3.2). Pürüzlülük cihazlarında iki tip elektriksel filtre mevcuttur; pürüzlülük filtresi (high-pass) ve dalgalılık filtresi (low-pass). Pürüzlülük filtresi,  $\lambda_c$ 'den küçük dalga boyuna sahip sapmaları geçirir (pürüzlülük), dalgalılık filtresi ise  $\lambda_c$ 'den büyük dalga boyuna sahip sapmaları geçirir (dalgalılık ve form). Ayrıca gelişmiş cihazlarda pürüzlülük ölçümlerinde kullanılan diğer bir filtre de  $\lambda_s$ 'tir. Bu filtre low pass filtre gibi davranarak elektriksel veya mekanik gürültüyü süzer. Şekil 3.3'de ise, filtrenin sapma genişliğini geçirme oranının, dalga boyuna bağlı olarak değişimini gösteren grafik görülmektedir. Dikkat edilirse geçirgenlik grafiği basamak fonksiyonu şeklinde değil eğri şeklindedir. Günümüzde genel kabul gören elektriksel filtre ISO 11562:1996'da tanımlanan faz düzeltmeli filtredir.



Şekil 3.2 Yüzey sapmalarının birbirinden ayrılması



Şekil 3.3 Bir pürüzlülük filtresinin genlik geçirgenliği-dalga boyu diagramı

#### 4. İĞNE UÇLU İNDÜKTİF YÜZEY ÖLÇÜM CİHAZLARININ VERİFİKASYONU, KALİBRASYON VE İZLENEBİLİRLİK

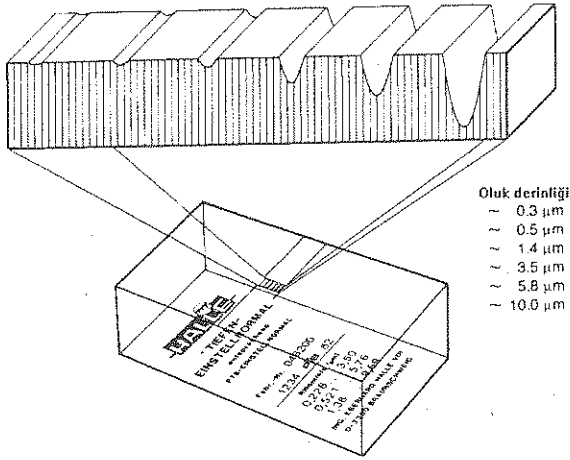
İğne uçlu indüktif yüzey ölçüm ve cihazlarında ölçülen değerlerin doğruluğu iki temel unsurdan etkilenir: Cihazın bütün olarak hassasiyeti, çevresel etkiler.

Bunların dışında kullanılan pikap iğne ucunun formunun bozukluğu ölçümü etkileyebilecek diğer bir unsurdur. Bu yüzden pikap iğne ucu zaman zaman kontrol edilmelidir.

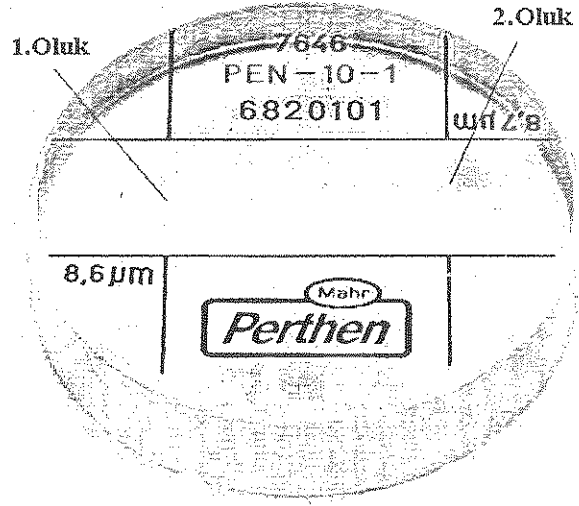
##### 4.1. Kalibrasyonda ve verifikasyonda kullanılan standartlar:

Pürüzlülük ölçüm cihazlarının verifikasyon ve kalibrasyonunda kullanılan standartlar üçe ayrılırlar: Derinlik standardı, geometrik standart ve pürüzlülük standardı.

*Derinlik standardı (Depth Setting standards):* Derinlik standardı, üzerindeki oluk derinlikleri düşük belirsizlikle (% 1) bilinen bir veya daha çok sayıda oluk içeren tabletlerdir. (Şekil 4.1 ve 4.2). Bazı cihazlarda derinlik standardı yerine çapı düşük belirsizlikle bilinen ve formu iyi olan metal kürede kullanılır.

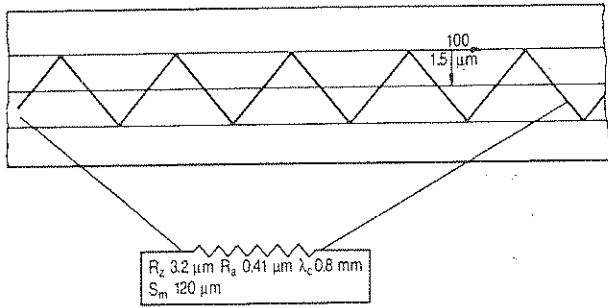


Şekil 4.1 Çok oluklu derinlik standardı

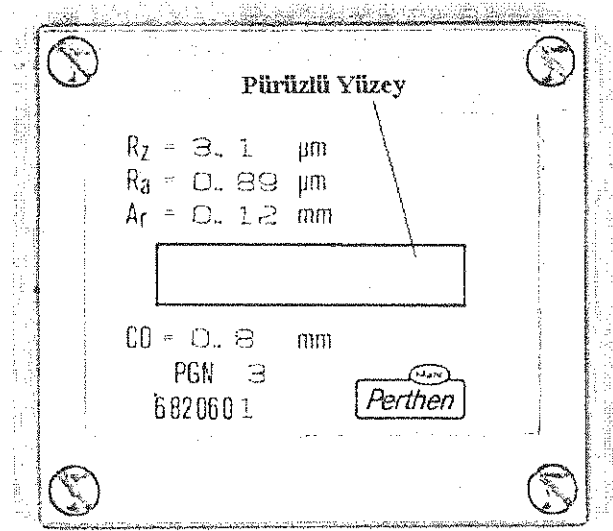


Şekil 4.2 Yaygın olarak kullanılan iki oluklu derinlik standardı

**Geometrik standartlar:** Sinüsoidal, üçgensel veya trapezoid gibi düzgün profile sahip standartlardır (Şekil 4.4 ve 4.5).

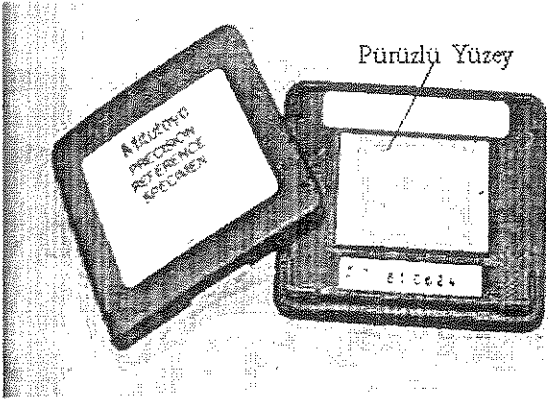


Şekil 4.4 Geometrik standart PGN

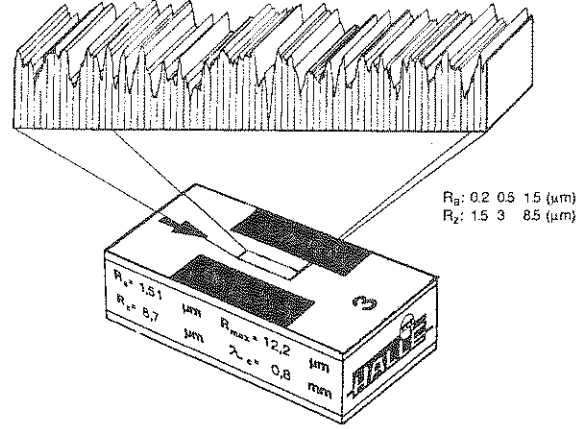


Şekil 4.5 Geometrik standart

**Pürüzlülük standartları:** Düzensiz yüzey profiline sahip standartlardır (Şekil 4.6 ve 4.7). Her  $l_c$  (Cut-off) uzunlukta tekrarlanan rastgele sapmalardan oluşur. Almanya Ulusal Metroloji Enstitüsü (PTB) tarafından geliştirilmiş olan pürüzlülük standartları, dalgalılık ve pürüzlülük bileşenlerini içeren, değişik dalga boyu, genlik ve fazlarda yüzey yapılarına sahiptir. Pürüzlülük standartları pahalı standartlar olmasına rağmen gerçek yüzeylere çok yakın olduğundan, geometrik standartlardan daha iyi bir kontrol sağlarlar.



Şekil 4.6 Pürüzlülük Standardı Şekil



4.7 Pürüzlülük standardı

#### 4.2. İğne uçlu indüktif yüzey ölçme cihazının bütün olarak hassasiyeti:

Gelişmiş cihazların verifikasyonu ve kalibrasyonu, derinlik standardı (veya hassas küre) ve pürüzlülük standardıyla yapılmaktadır. Nisbeten daha basit cihazlarda ise sadece pürüzlülük mastarı yeterlidir. Bu tip cihazlarda cihazın üzerindeki basit bir ayar vidasından ayar yapılarak istenilen değer bulunduğu için genellikle verifikasyon ve kalibrasyon işlemi bir arada yapılır.

##### 4.2.1. Cihazın verifikasyonu:

Pürüzlülük ölçüm cihazlarında ölçüme başlamadan önce mutlaka verifikasyon işlemi yapılmalıdır. Verifikasyonda kullanılan standardın sertifikasında verilen değeri bulunamazsa cihaz kalibre edilmelidir. Cihazın pürüzlülük parametrelerini doğru ölçüp ölçmediğini kontrol etmek için "Geometrik Standart" veya "Pürüzlülük Standardı" kullanılır. Standart üzerinde çizili dikdörtgen ölçme bölgesinde en az 3 ölçüm alınıp, ortalaması hesaplanır. Eğer ölçülen parametreler referansın sertifikasında verilen parametrelerle aynı veya yakın bir değer değilse (Sertifikada belirtilen belirsizlik değeri sınırları içerisinde değilse) "derinlik standardı" ile cihaz tekrar kalibre edilir. Pikap veya iğne değiştirildikten sonra da bu standartlar ile verifikasyon yapılır.

##### 4.2.2. Cihazın kalibrasyonu:

Gelişmiş cihazların (Mahr Pertometer Concept, Mitutoyo Surfrest SV-500 vb.) kalibrasyonu yaygın olarak kullanılan derinlik standardı (depth setting standard) ile yapılır. Eğer derinlik standardı üzerinde çok sayıda oluk varsa (Şekil 4.6) pürüzlülüğünü ölçmek istediğimiz yüzeyin Rz parametresine en yakın derinliğe sahip olukla cihaz, yazılım özelliklerine göre, kalibre edilebilir. Bazı cihazlarda (Taylor Hobson firması üretimi cihazlar) ise çapı düşük belirsizlikle bilinen ve formu düzgün olan bir küre ile bu işlem pratik bir şekilde yapılabilir.

#### 4.3. Çevresel Etkiler:

Gelişmiş ve laboratuvar ortamında kullanılan cihazlarda çevresel etkilerin ölçüme katkısı önemlidir. Bu etkilerin (titreşim, mekanik veya elektriksel gürültüler vb.) tespiti için Rz değeri bilinen ve yüzey düzgünlüğü iyi olan optik cam kullanılabilir. Bu cam üzerinden alınan Rz ölçümleri bize mekanik ve elektriksel gürültüyü verir.

Titreşimleri minimum düzeyde tutmak için ölçüm devresi mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Ayrıca masada antititreşim elemanları kullanılabilir.

#### 4.4. İzlenebilirlik:

Pürüzlülük ölçümlerinde izlenebilirlik derinlik standardı ve pürüzlülük standardı üzerinden sağlanır. Cihaz derinlik standardıyla kalibre edildikten sonra derinlik standardı tekrar ölçülerek, laboratuvarında o andaki ortam şartlarının etkisini belirten bir kalibrasyon faktörü hesaplanır. Bundan sonra yapılan pürüzlülük ölçümlerinde bulunan tüm düşey parametreler bu kalibrasyon faktörüyle çarpılır.

UME'de yapılan pürüzlülük ölçümlerinin doğruluğunun kontrolü için diğer ulusal metroloji enstitüleri ile karşılaştırma ölçümleri yapılmaktadır. Bu sayede en çok kullanılan parametreler ve ölçümde kullanılan yazılımın kontrolü yapılır.

Bu ölçümlerden sonuncusu Mayıs 2000 tarihinde PTB (Almanya Ulusal Metroloji Enstitüsü) ile yapılmıştır. İki enstitünün de sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır. Ayrıca bu yıl yapılacak olan uluslar arası yüzey pürüzlülük karşılaştırmalı ölçümlerine katılınması planlanmıştır. Eylül 2001 tarihinde UME hem derinlik hem pürüzlülük ve hem de pürüzlülük ölçüm cihazı yazılımı ile bu karşılaştırmaya katılacaktır.

#### 5. PÜRÜZLÜLÜK PARAMETRELERİ (ISO 4287(1997))

Yüzey yapısı değerlendirmesi genellikle iki boyutta yapılır. Yüzeyin, en büyük sapma değerlerini verecek doğrultusunda bir profil çıkarılır. Genellikle profil yüzeye diktir. Parametrenin ilk harfi değerlendirmenin hangi profilde yapıldığını gösterir. Bu harfler ve kullanılan bazı terimlerin tanımı sırasıyla şöyledir:

- P Primer profil
- R Pürüzlülük profili
- W Dalgalık profili

*Gerçek yüzey:* Cismi çevresinden ayıran yüzey.

*Yüzey profili:* Gerçek yüzeyin belirlenen bir düzlemlerle ara kesitidir.

*$\lambda_s$  profil filtresi:* Pürüzlülük ile pürüzlülüğten daha kısa dalga boylu sapsmaları ayıran filtredir.

*$\lambda_c$  profil filtresi:* Pürüzlülük ile dalgalık sapsmalarını ayıran filtredir.

*$\lambda_f$  profil filtresi:* Dalgalık ile dalgalıktan daha uzun dalga boylu sapsmaları ayıran filtredir.

*Primer profil:* Toplam profilden,  $\lambda_s$  filtresiyle çok kısa dalga boylu sapsmalar çıkarıldıktan sonra elde edilen profildir.

*Pürüzlülük profili:* Primer profilden,  $\lambda_c$  filtresiyle uzun dalga boylu sapsmalar çıkarıldıktan sonra elde edilen profildir.

*Dalgalık profili:* Primer profilden,  $\lambda_c$  filtresiyle kısa dalga boylu sapsmalar,  $\lambda_f$  filtresiyle de uzun dalga boylu sapsmalar çıkarıldıktan sonra elde edilen profildir.

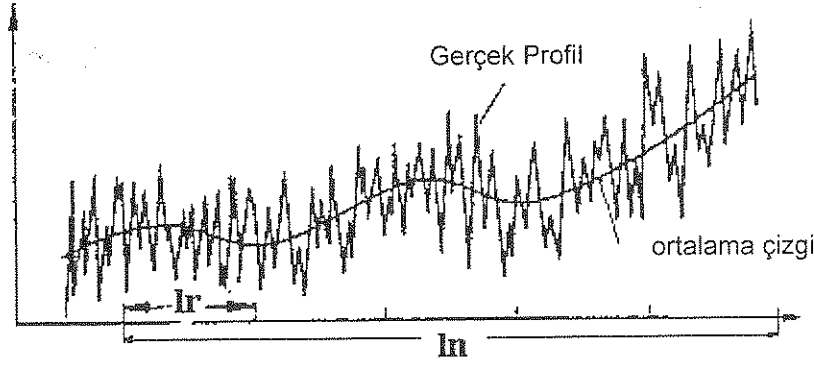
*Numune uzunluğu  $l_p$ ,  $l_r$ ,  $l_w$ :* Yüzey yapısı değerlendirmesi için esas olan uzunluktur.  $l_r = \lambda_c$ ,  $l_w = \lambda_f$  ve  $l_p = l_n$  olarak seçilir.

*Değerlendirme uzunluğu  $l_n$ :* Bir veya daha fazla numune uzunluğundan oluşan mesafedir. Genelde 5 numune uzunluğundan oluşur.

*Pürüzlülük profili için ortalama çizgi:*  $\lambda_c$  filtresiyle profilden çıkarılmış olan uzun dalga boylu profil bileşenin(sapsmasının) ifade ettiği çizgidir.

*Dalgalık profili için ortalama çizgi:*  $\lambda_f$  filtresiyle profilden çıkarılmış olan uzun dalga boylu profil bileşenin(sapsmasının) ifade ettiği çizgidir.

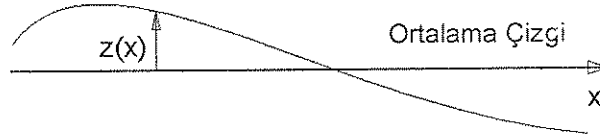
*Primer profil için ortalama çizgi:* Primer profilin nominal şekline en küçük kareler metoduyla uydurulmuş olan çizgidir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Ortalama çizgi

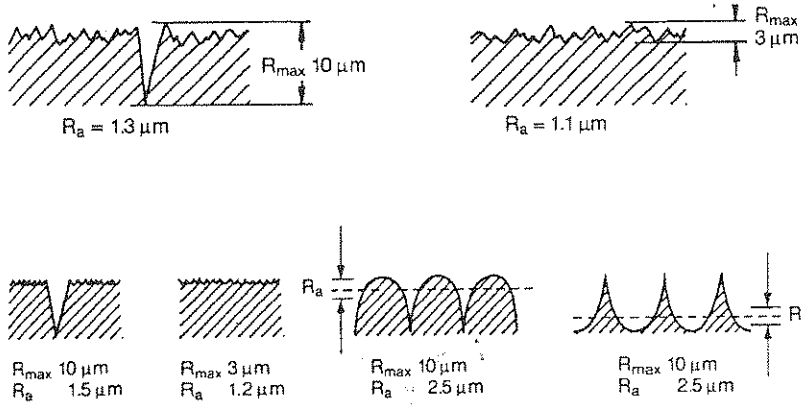
**5.1 Profil sapmalarının aritmetik ortalaması Pa, Ra, Wa :** Bir numune uzunluğunda tanımlanır. Profil yüksekliklerinin ortalamasıdır.  $z(x)$  ortalama çizgiden ölçülen profil yüksekliği (ordinatı),  $l$  numune uzunluğudur (Şekil 5.2).

Şekil 5.2 Profilin herhangi bir noktasının düşey koordinatı



$$Pa, Ra, Wa = \frac{1}{l} \int_0^l |z(x)| dx \quad l = lp, lr, lw$$

Ra en çok kullanılan parametredir. Yüzey hakkında genel bir fikir verir. Ancak, çok farklı yapıdaki iki yüzey aynı Ra değerine sahip olabilir (Şekil 5.3). Ra'nın diğer isimleri CLA ve AA'dır.



Şekil 5.3 Farklı karakterdeki yüzeyler yakın Ra değerine sahip olabilir

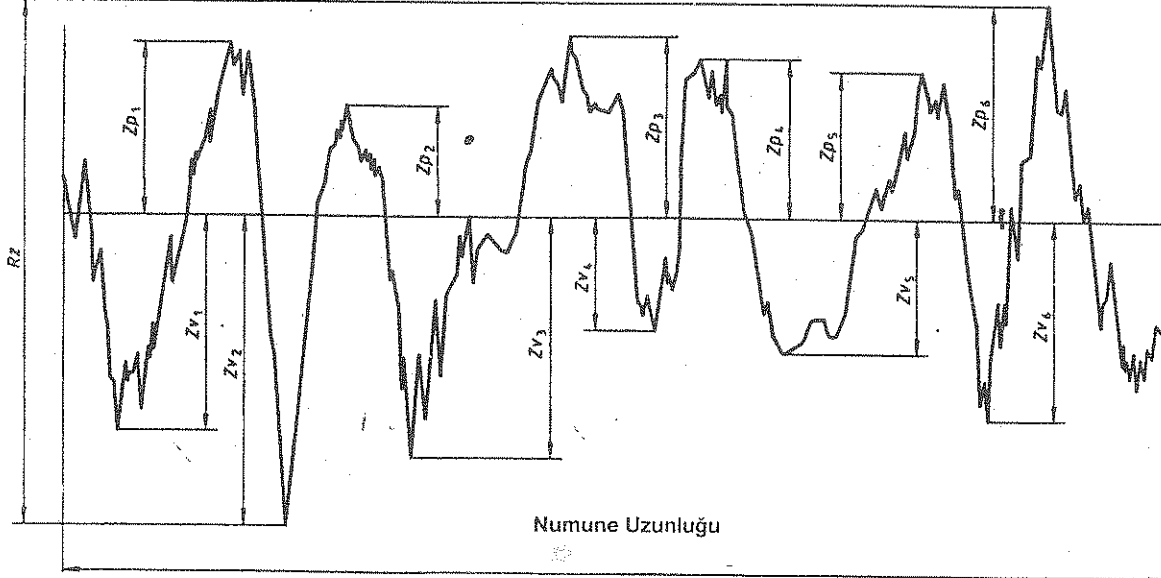
## 5.2. Maksimum profil yüksekliği Pz, Rz, Wz

Bir numune uzunluğu içindeki en yüksek ve en derin noktalar arasındaki yükseklik farkı (Şekil 5.4). ISO 4287/1 (1984)'teki Rz parametresinin farklı anlama geldiği unutulmamalıdır. Rz(1997)=Rzi(1984) şeklindedir. (Primer profilde filtre kullanılmadığından değerlendirme uzunluğu numune uzunluğuna eşittir, bu



sebeple  $P_z = P_t$ 'dir). Uygulamada değerlendirme uzunluğu içinde Rz değeri tanımlanmak istenirse 5 tane numune uzunluğunda hesaplanan Rz değerinin ortalaması alınır. Bu durumda tek bir istisnai pürüz  $R_t$ 'yi %100 etkilemesine rağmen Rz'yi sadece %20 etkiler. Eğer istisnai pürüzlerin, parçanın yerine getirdiği fonksiyona etkisi yoksa (yataklar, birbiri üzerinde kayan yüzeyler, ölçme yüzeyleri) kullanılması faydalıdır. Bu tip parçalarda  $R_a$  ile birlikte kullanılan Rz parametresi en önemli parametredir.

**5.3 Maksimum pürüz derinliği  $R_{z1max}$  (ISO 4288) :** 5 tane numune uzunluğundaki Rz değerlerinin en büyüğü (Eski ismi  $R_{max}$ 'tır).

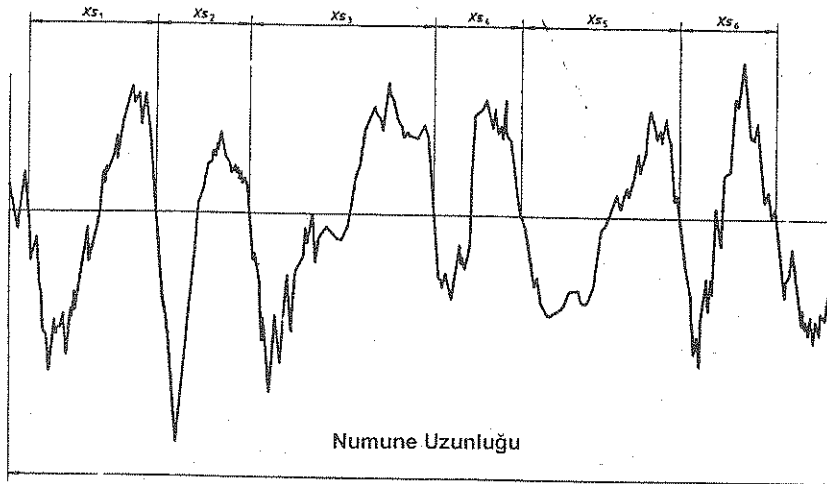


Şekil 5.4 Max profil yüksekliği (Pürüzlülük profilinde örnek veriliyor)

**5.4 Profilin toplam yüksekliği  $P_t, R_t, W_t$  :** Bir değerlendirme uzunluğu içinde profilin en yüksek ve en alçak noktaları arasındaki yükseklik farkı. Daima  $P_t \geq P_z, R_t \geq R_z, W_t \geq W_z$  şeklindedir.

**5.5 Profil elemanlarının ortalama uzunluğu  $P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm}$  :** Bir numune uzunluğunda tanımlanır (Şekil 5.5).

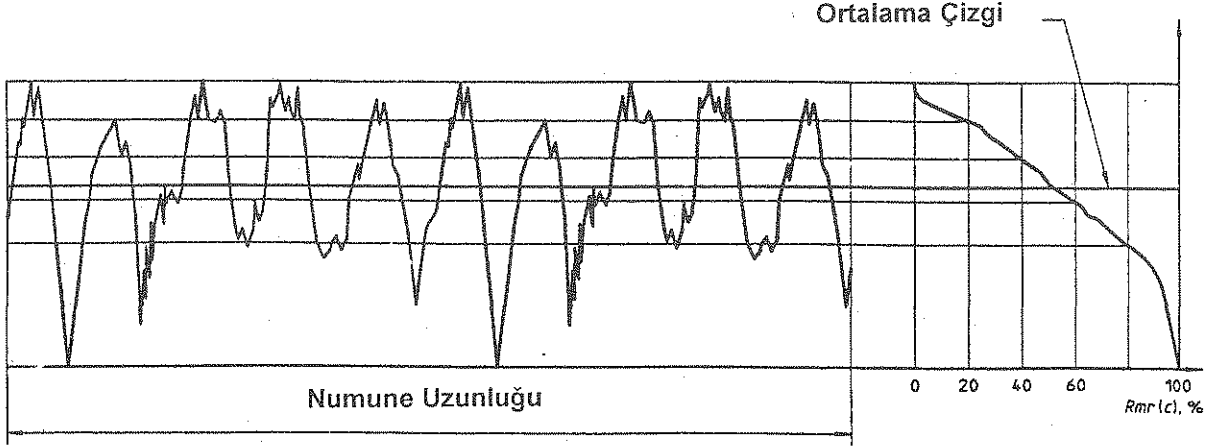
$$P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm} = \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^m X_{Si} \right)$$



Şekil 5.5 Profil elemanlarının uzunluğu

**5.6 Profilin malzeme oranı Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) :** Bir "c" seviyesindeki malzemeye dolu kısımların toplam uzunluğunun değerlendirme uzunluğuna oranıdır (Şekil 5.6). mr(c) değerlerini birleştirirsek malzeme oranı eğrisi (Abbot eğrisi) elde edilir.

$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln}$$



Şekil 5.6 Malzeme oranı eğrisi

mr(c)'nin saptanmasında en önemli husus, c koordinatının başlayacağı referans seviyenin tespitidir. Referans seviye, profilin en üst noktası olarak seçilebilir. Veya endüstriyel uygulamalarda olduğu gibi mr(c)'nin %2 veya %5 değerine ulaştığı nokta seçilebilir. Referans seviye ölçümlerde mutlaka belirtilmelidir, aksi halde sonuçlar etkilenir.

mr(c) parametresinin kullanım yeri: Profilin şekli hakkında bir miktar bilgi verir (plato şekilli, keskin sırtlı, yuvarlak sırtlı gibi). Yataklarda ve motor silindirinde aşınma süreci ve aşınma direnci tespitinde kullanılır (Rk, Rvk, Rpk parametreleri de aynı konuda kullanılır).

Aşağıdaki şekilden görüldüğü gibi farklı karakterdeki yüzeylerde eğrinin karakteri de değişmektedir. Örneğin keskin sırtlı profilde aşınma hızlı olacaktır.

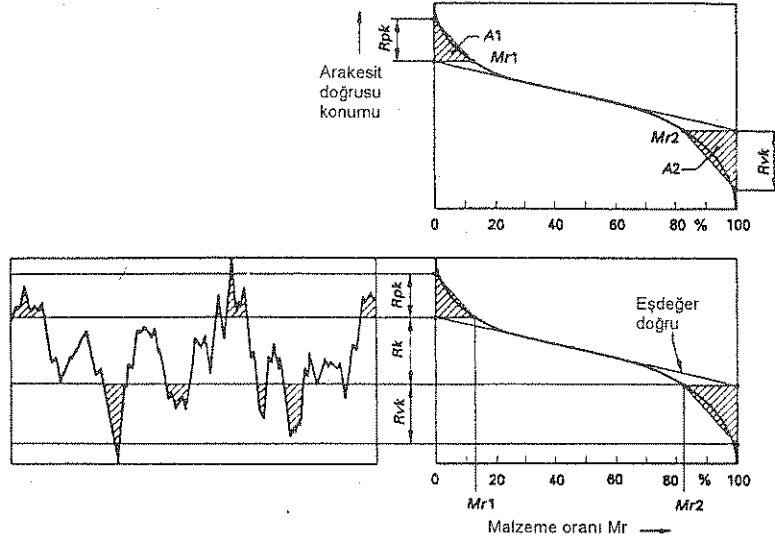
### 5.7 Lineer Malzeme Oranı Eğrisiyle Yükseklik Tanımlamaları (ISO 13565-2 (1996 E)):

Malzeme oranı eğrisi ve parametreleri yüksek mekanik gerilimler altındaki yüzeylerin çalışma davranışlarının değerlendirilmesine yardım etmek amacıyla oluşturulmuştur (Şekil 5.7). Bu parametrelerin tanımlanabilmesi için malzeme oranı eğrisi "s" şeklinde olmalıdır. Bu eğri "s" şeklindeyse orta kısmında lineer bir bölge oluşur ve eğri "lineer malzeme oranı eğrisi" adını alır.

Yüzeyden dışarıya doğru fazla çıkıntı yapmış tepeler ve derin çukurlar hariç tutularak tanımlanan pürüzlülük profilinin yüksekliği Rk olarak isimlendirilir. Çekirdek profilin üstündeki tepelerin ortalama yüksekliği Rpk'dır. Aşınma esnasında zamanla kopacak kısmı belirtir. Rpk değeri düşük ise aşınma direnci yüksek olur. Çekirdek profilin altındaki çukurların ortalama yüksekliği. Yataklarda Rvk derinlikteki kısım genellikle yağ ile doludur. Dolayısıyla bu parametre yüksekse, yüzey yağı iyi tutar.

Örneğin silindir gömleklerinde Rvk'nın büyük olması istenir. Mr1 ve Mr2 parametreleri ise malzeme oranı eğrisinin orta kısmında çizilen doğrunun mr=0 ve mr=100 dikmelerini kestiği noktaların apsiseridir.

Tanımlamalar  $\ln$  boyunca yapılır. Bu 5 adet parametrenin kullanılması için  $\lambda c = 0.8$  mm (veya bazı özel durumlar için  $\lambda c = 2.5$  mm) olması tercih edilmelidir.



Şekil 5.7 Rk,Rpk, Rvk, mr1, mr2 parametreleri

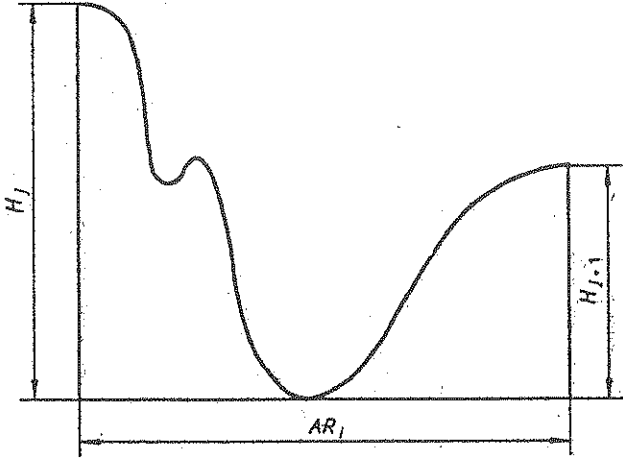
#### 5.8. Motif Parametreleri ISO 12085:1996:

Fransız sanayisinde geliştirilmiş olan motif metodu ve motif parametreleri yukarıda anlatılanlardan oldukça farklıdır. Yüzey profili değerlendirilirken elektriksel bir filtre kullanılmamaktadır.

**Motif:** Ardışık olsun olmasın, iki yerel tepenin en yüksek noktaları arasındaki primer profil parçası (Şekil 5.8). Bir motif şunlarla karakterize edilir:

- Genel profil yönüne paralel olarak ölçülen uzunluğu  $AR_i$  veya  $AW_i$
- Primer profilin genel yönüne dik olarak ölçülen iki adet derinliği  $H_j$  ve  $H_{j+1}$  veya  $H_{wj}$  ve  $H_{wj+1}$
- İki derinlikten küçük olanı

Pürüzlülük motifleri için sınır uzunluk değeri "A", dalgalılık motifleri için sınır uzunluk değeri "B" ile gösterilir. Dikkat edilirse A ve B, ISO 4288'deki cut off yerine geçmektedir. Profilde en uzun motifler bulunmaya çalışılır. Motiflerin kenar noktaları (tepeler) düz çizgilerle birleştirilerek üst zarf çizgisi, yani dalgalılık profili oluşturulmaktadır (Şekil 5.9). Elektriksel filtrenin yerini bu işlem almıştır. Pürüzlülük motiflerinin ortalama uzunluğu  $AR$ , pürüzlülük motiflerinin ortalama derinliği  $R$  ve pürüzlülük profilindeki düzensizliklerin max derinliği  $R_x$  parametreleri ile gösterilir.



$T = \text{MIN}[H_j; H_{j+1}]$   
Burada  $T = H_{j+1}$

Şekil 5.8 Pürüzlülük motifi



5.9 Şekil Üst zarf çizgisi

## 7. SONUÇ

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, imalat sanayisinde önemli bir konuma sahiptir. Güvenilir ve doğru ölçümler elde edebilmek için cihazın verifikasyon ve kalibrasyon işlemlerinin doğru yapılması gereklidir. Verifikasyon ve kalibrasyonda kullanılan standartların, kullanım sıklığına göre yüzey pürüzlülük değeri değişebileceği için, kullanıcının karar vereceği belirli periyotlarla kalibre ettirilmesi gerekir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri ortamdan ve ölçüm şartlarından çok etkilenir. Bu sebeple ölçme düzeneğinin mekanik ve elektriksel gürültüden iyice korunması gerekir. Ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması gerekli olduğu hallerde, sadece aynı parametreler aynı ölçüm şartları altında karşılaştırılmalıdır. Bunların yanında, yüzey hakkında faydalı bilgi edinebilmek için doğru parametrelerin değerlendirmeye alınması gereklidir. Pürüzlülük ölçümünde kullanılan çok sayıda parametre mevcuttur. Bölüm 5'te yaygın olarak kullanılan parametreler hakkında bilgiler verilmektedir.

## 8. KAYNAKLAR

- [1] M. Sander, "A Practical Guide to the Assessment of Surface Texture", Feinprüf Perthen GmbH, 1991
- [2] ISO 4287, "Geometrical Product Specifications(GPS) - Surface texture: Profile Method-Terms, definitions and surface texture parameters", 1997
- [3] ISO 4288, "Geometrical Product Specifications(GPS) - Surface texture: Profile Method- Rules and procedures for the assessment of surface texture", 1996
- [4] ISO 13565-2, "Geometrical Product Specifications(GPS) - Surface texture: Profile Method; Surfaces having stratified functional properties", 1996
- [5] ISO 12085, "Geometrical Product Specifications(GPS)-Surface texture: Profile Method-Motif parametres", 1996