

# Plato - Honlamada Yüzey Kalitesi Kriterleri

Ömer ANLAĞAN

Doç.Dr.,  
Emek Holding.A.Ş.,  
Ankara

Bu makalede motor silindir yüzeylerine uygulanan son üretim işlemi olan plato-honlama işlemi tanıtılmakta ve bu yöntemle üretilmiş motorların silindir yüzey kalitesinin kontrol standartları irdelenmektedir.

## GİRİŞ

İçten yanmalı bir motorun silindir yüzey kalitesi motor verimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu yüzeylere uygulanan son üretim yöntemi honlamadır. Bu işlem ile yüzeye geometrik doğruluk verilmekte ve istenen yüzey kalitesi oluşturulmaktadır. Amaç, düzgün bir yüzey ve yağlamaya yardımcı olacak mikro yağlama kanalları meydana getirmektir. Motorun ilk çalışması sırasında segman, honlama işlemi ile oluşturulan yüzey pürüzlerinin tepelerini aşındırır. Belli bir miktar aşınma olduktan sonra segman ve silindir yüzeyi arasında yeterli bir yatak (bearing) alanı meydana gelir. Özellikle dizel motorlarında uygulanan plato-honlama yöntemi ile bu aşındırma işlemi yapay olarak oluşturulmakta, böylece motor işletmeye alındığında bir alıştırmaya (rodaj) dönemi gerekmemekte ve ömrü uzamaktadır.

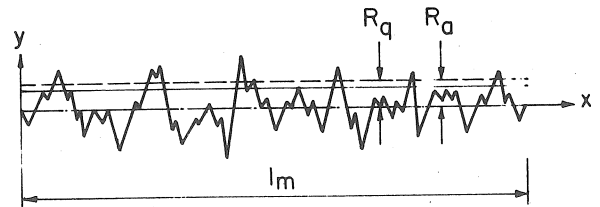
Plato-honlanmış yüzeylerde belirli bir yatak alanı ve mikro yağ kanalları oluşur. Kalite kontrolü sırasında silindir yüzeylerinin bu özelliğinin ölçülmesi ve bir standarda göre kontrol edilmesi gerekir. Ancak bu konuda bütün motor üreticisi kuruluşlar tarafından kabul edilmiş ortak bir standart yoktur. Her firma kendi standardını kendisi tanımlamakta ve kalite kontrolü bu standarda göre yapılmaktadır.

1930'lu yıllarda ilk defa kullanılmaya başlanan iğne uçlu (stylus) yüzey profil ölçerler, bugün hala en çok kullanılan yüzey pürüzlülüğü ölçme aygıtlarıdır. Profil ölçerler yardımı ile yüzeyin mikro geometrisi hakkında birçok bilgiyi bir kaç örnek ölçüm yaparak elde etmek mümkündür. İşlenmiş bir yüzeyin pürüzlülüğü derecesini belirtmek için en yaygın olarak kullanılan parametre, **ortalama pürüzlülük**,  $R_a$  (DIN 4768, ISO/DIS 4287/1, TS 971)'dir. Bütün profil ölçerler bu parametreyi verirler.  $R_a$ , yüzey profilinin orta eksenine göre yüzey pürüz (asperity) yüksekliğinin aritmetik ortalamasıdır.  $R_q$  (DIN 4762/1E) ise orta eksene göre pürüz yüksekliğinin geometrik ortalamasıdır (Şekil 1).

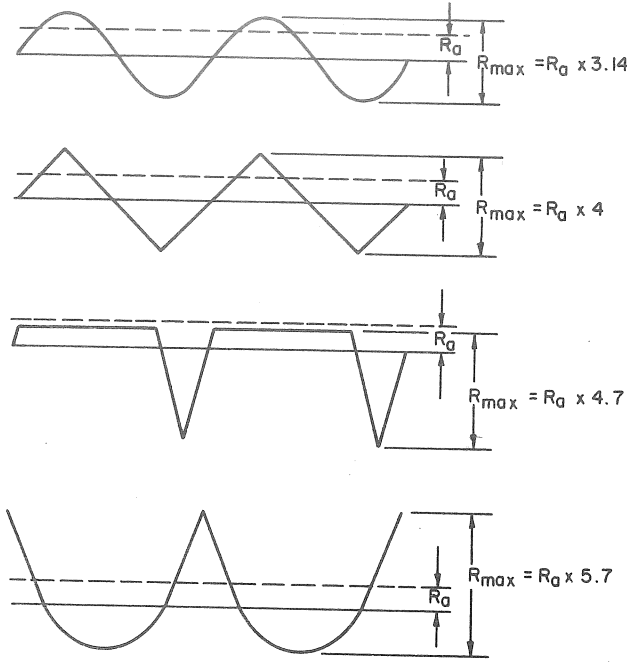
Ortalama pürüz (asperity) yüksekliği, işlenmiş bir yüzeyin mikro geometrisini tanımlamak için yeterli bir parametre değildir. Sadece, yüzeyin düzgün ya da pürüzlü olduğu hakkında bilgi içerir. Ancak birbirinden tamamen farklı mikro geometrik yapıya sahip yüzeyler aynı ortalama pürüz yükseklik parametresi,  $R_a$ 'ya sahip olabilirler (Şekil 2). Modern profil ölçerler, yüzey mikro geometrisini tanımlamakta kullanılabilen 15 kadar parametreyi verebilmektedirler. Bunlar arasında yüzey pürüz yükseklik dağılım eğrisindeki çarpıklığı (asimetriyi) belirten **çarpıklık parametresi** (skewness),  $S_k$  (DIN 4762/1E) ve pürüz kesit alanlarının (belirli bir profil derinliğine göre) toplam alana oranını veren **yatak alanı oranı** (bearing area),  $t_p$ , plato-honlanmış yüzeylerin mikro geometrilerini belirlemek için kullanılan iki önemli parametredir.

## PLATO-HONLANMIŞ YÜZEY

Plato-honlanacak motor silindirleri önce normal honlama taşıyla, örneğin 120 dane büyüklüğü olan bir taşla honlanır. Meydana gelen yüzey pürüzlerinin tepeleri daha sonra ince bir honlama taşıyla, örneğin 320 dane büyüklüğü olan bir taşla yeniden honlanır. Ancak ikinci (ince) honlama operasyonu çok kısa bir süre, örneğin honlama kafasının 3-4 dönüşü kadar bir süre uygulanır. Modern honlama tezgahla-



Şekil 1 Ortalama pürüzlülük

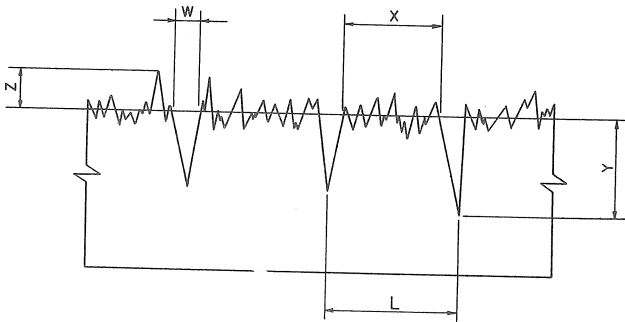


Şekil 2 Aynı yüzey ortalama pürüzlük değerine sahip farklı yüzey profillerine örnek

rında honlama kafası üzerinde hem kaba hem de ince honlama taşları bulunur. İlk olarak kaba taşlar hidrolik bir mekanizma tarafından sürülerek iş parçası ile temas ederler. Kaba honlama işlemi, silindir çapı istenen silindir çapına ulaşıldıktan sonra, kaba taşlar otomatik olarak geri çekilir ve ince honlama taşları pnömomatik bir mekanizma tarafından ileri sürülerek iş parçası ile temas ederler. Kafanın bir kaç devir yapması ile plato-honlama operasyonu sona erer. Şekil 3'de plato-honlanmış bir yüzey şematik olarak gösterilmektedir.

Plato-honlanmış bir yüzeyde aşağıdaki değerler ölçülebilmelidir:

- X : Plato genişliği
- Y : Mikro yağ kanallarının derinliği
- W : Mikro yağ kanallarının genişliği
- Z : Yatak alanındaki pürüzlerin maksimum yüksekliği
- L : İki derin mikro yağ kanalı arasındaki mesafe



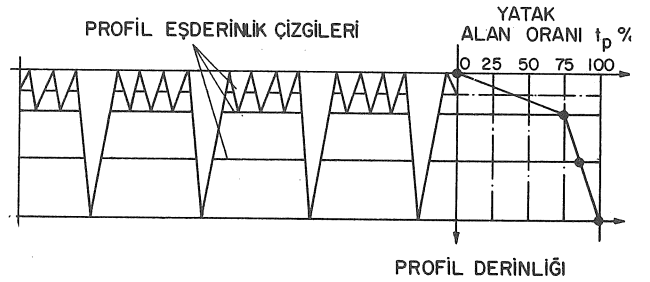
Şekil 3 Plato honlanmış yüzey profilinin Şematik görünüşü

## ABBOTT YATAK ALAN DIAGRAMI

İşlenmiş bir yüzey profilinde en yüksek pürüzün tepesi referans olarak alınarak profil derinliklerine göre yatak alanlarının çizilmesi ile elde edilen grafik (diğer bir deyişle  $t_b$ 'ye karşı profil derinliği eğrisi), ABBOTT yatak alan diagramı olarak adlandırılır. Şekil 4'te Abbott yatak alan diagramı şematik olarak gösterilmektedir. Modern elektronik profil ölçerler bu grafiği doğrudan çizebilmektedirler.

Abbott diagramının küçük  $t_b$  değerleri tarafındaki bölgeye en iyi uyabilen doğru (1. karakteristik doğru) ile büyük  $t_b$  değerleri tarafına en iyi uyabilen doğrunun (2. karakteristik doğru) kesim noktası; yüzeydeki platolarla derin mikro yağ kanallarını (derin vadileri) birbirinden ayıran sınırı belirler. Şekil 5'te silindir yüzeyinden alınan bir profile ait Abbott diagramı görülmektedir. Şekilde gösterilen değerler şöyledir:

- A : Plato pürüz derinliği ( $\mu\text{m}$ )
- B : Plato yatak alanı oranı (%)
- C : Maksimum yağ kanal derinliği ( $\mu\text{m}$ )



Şekil 4 ABBOTT yatak eğrisi

Yukarıdaki tanımlamalara dayanarak, plato honlanmış bir yüzeydeki mikro yağ kanallarında tutulabilecek yağın hacmi, V (birim yüzey alanı için) aşağıdaki denklemle hesaplanabilir [1].

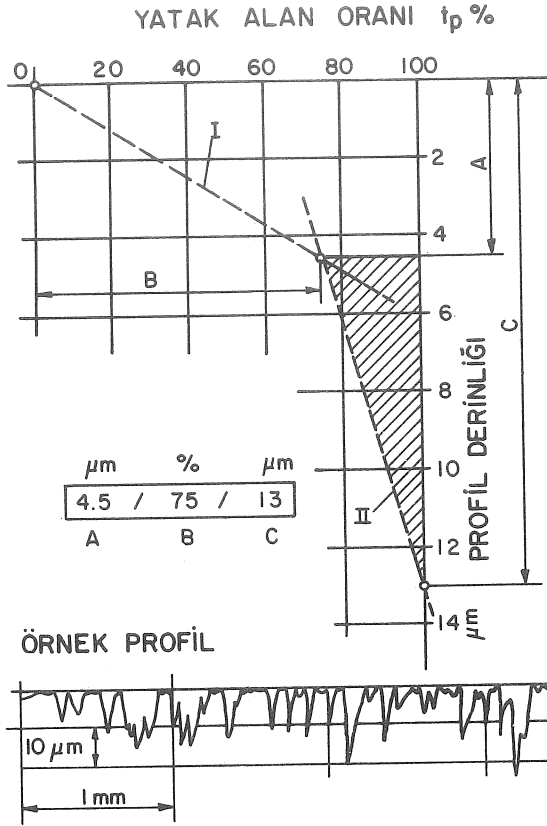
$$V_0 = \frac{(100-B)(C-A)}{2000} \text{ mm}^3/\text{cm}^2$$

Şekil 5'teki 1. bölge yüzeyin plato kısmını, 2. bölge ise mikro yağ kanalları kısmını göstermektedir. Deneysel sonuçlara göre 2. bölgedeki doğrunun eğiminin 0.2 ( $\mu\text{m}/\%$ ) olduğu belirtilmektedir [2]. Bu durumda [1]

$$V_0 = \frac{(100-B)^2}{2000} \text{ mm}^3/\text{cm}^2$$

olarak hesaplanabilir. Şekil 6'da normal honlanmış bir yüzey ile plato-honlanmış bir yüzeye ait Abbott diagramları görülmektedir.

Plato-honlanmış yüzeyin kalitesinin tanımlanmasında Abbott yatak diagramının parametreleri bazı motor üreticisi firmalar tarafından kalite kontrol kriteri olarak kullanılmaktadır. İyi plato-honlanmış bir yüzeyde A=1.2-2.5  $\mu\text{m}$ , B=% 70-80, C=3-6  $\mu\text{m}$  ol-



Şekil 5 Motor silindir yüzeyinden alınmış bir yüzey profil örneği ve profile ait ABBOTT yatak eğrisi [2]

ması beklenir. Şekil 7'de motor üreticisi tanınmış bir firmanın radyal pompalar için kullandığı plato-honlama kriteri görülmektedir. Burada kabul edilebilir bir yüzey için Abbott diagramının alt ve üst sınırları belirlenmiştir.

#### ÇARPIKLIK PARAMETRESİ

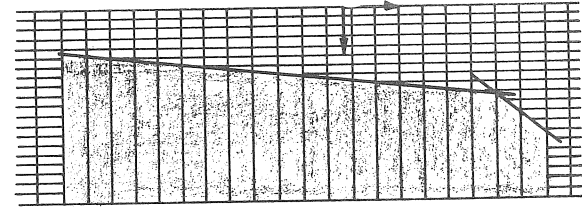
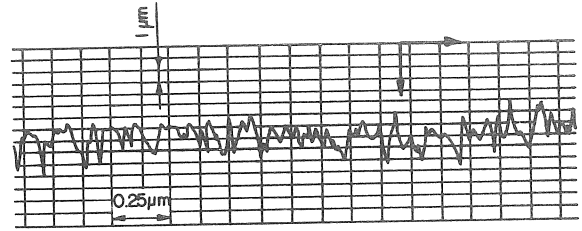
Çarpıklık parametresi,  $S_k$ , pürüz yükseklik dağılım eğrisindeki asimetriyi belirten bir parametredir. Şekil 8'de dağılım eğrisi ve çarpıklık parametresi şematik olarak görülmektedir. Çarpıklık parametresinin matematiksel tanımı aşağıdaki gibidir:

$$S_k = \frac{1}{R_q^3} \frac{1}{n} \sum (y_i - y)^3$$

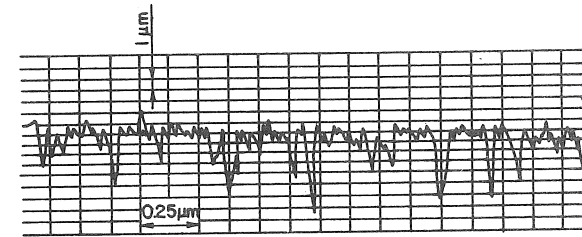
İşlenmiş bir yüzeyin çarpıklık parametresi eğer negatif ise, yüzey daha çok vadilerden oluşan, eğer pozitif ise daha çok tepelerden oluşan bir profile sahiptir (Şekil 9). Plato-honlanmış bir yüzeyin çarpıklık parametresinin -1.6 ile -3.0 arasında olması gerekir [2]. Bazı motor üreticisi firmalar çarpıklık parametresini plato-honlanmış yüzeylerin kalite kontrol parametresi olarak kullanmaktadırlar.

#### GENEL YÖNTEM

Motor üreticisi firmalar, plato-honlanmış yüzey-



A = 2.5  $\mu\text{m}$  B = 91% C = 4  $\mu\text{m}$   
Yüzeyin yağ tutma hacmi = 0.008  $\text{mm}^3/\text{cm}^2$   
NORMAL HONLAMA



A = 1.5  $\mu\text{m}$  B = 83% C = 5.5  $\mu\text{m}$   
Yüzeyin yağ tutma hacmi = 0.029  $\text{mm}^3/\text{cm}^2$   
PLATO HONLAMA

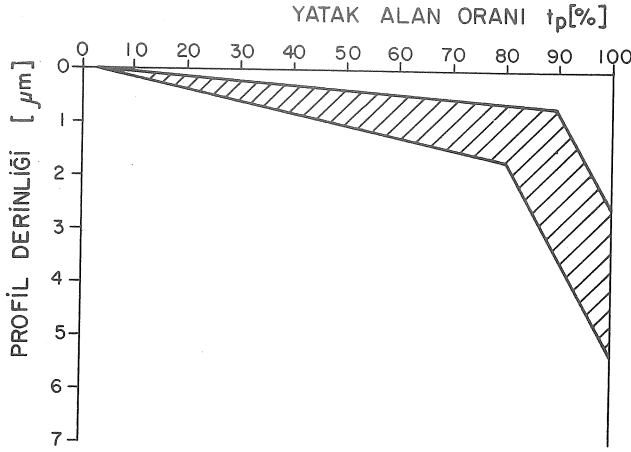
Şekil 6 Normal honlanmış ve plato honlanmış iki yüzeye ait profiller ve ABBOTT yatak eğrileri [2]

lerin kalite kontrolünde kendi standartlarını ve kontrol yöntemlerini kullanmaktadırlar. Henüz bu konuda kabul edilmiş genel bir standart ve ölçüm yöntemi bulunmamakla beraber, kullanılan yöntem ve değerler farklı olsalar bile bazı ortak değerler paylaşılmaktadır. Motor üreticisi firmaların çoğu tarafından kabul edilebilir tipik bir plato-honlama standardı aşağıdaki gibidir.

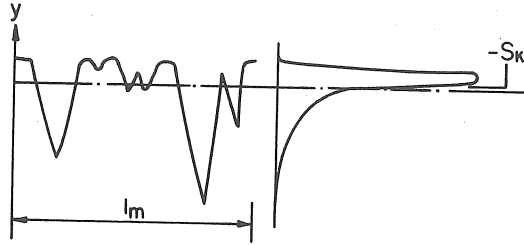
#### PLATO-HONLANMIŞ YÜZEYLERİN KALİTE KONTROL STANDARDI [3]

##### Honlama Deseni (Hone Pattern)

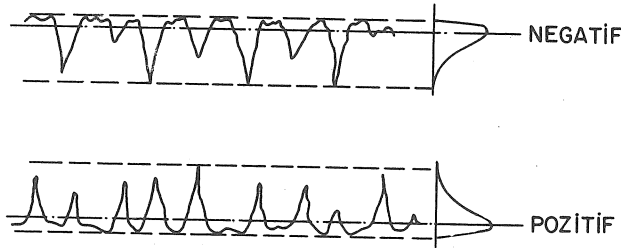
Yüzeydeki honlama izleri her iki yönde de temiz



Şekil 7 Motor üreticisi bir firmada kullanılan plato honlanmış yüzeyler için ABBOTT yatak eğrisi sınırları



Şekil 8 Yüzey pürüzlük dağılım eğrisinin merkezden kaçıklığının belirten çarpıklık parametresi

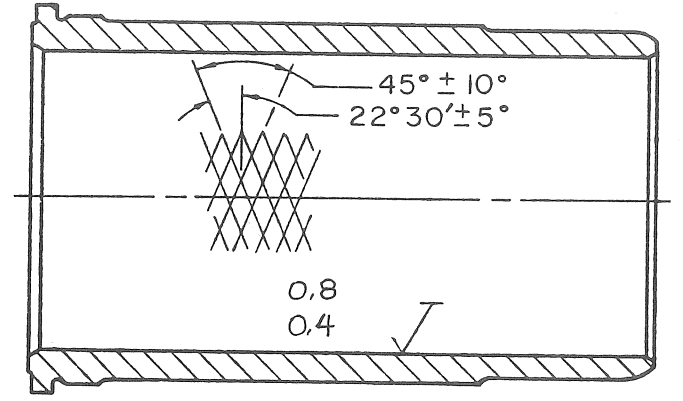


Şekil 9 Pozitif ve negatif çarpıklık parametrelerine sahip iki yüzey-profilinin ve pürüzlük dağılım eğrilerinin şematik görünümü

düzenli olmalı ve tarama deseni (cross hatch pattern) açısı 35 ile 55 arasında bulunmalıdır (Şekil 10).

#### Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü,  $R_a$ , silindir boyunca 0.4-0.8  $\mu\text{m}$  arasında olmalıdır. Ancak silindirin her iki ucundan 18 mm mesafedeki bölgelerde 0.4-1.0  $\mu\text{m}$  arasında bulunabilir (Şekil 10).



Şekil 10 Silindir yüzey kalitesi kriteri

#### Profil Parametreleri

Plato-honlanmış bir yüzeyin parametreleri Şekil 3'te tarif edildiği gibidir.

**Plato alan oranı:** Plato-honlanmış bir yüzeyin plato (yatak) alanı toplam yüzey alanının % 50 ile % 75 arasında olmalıdır.

**Mikro yağ kanalı derinliği (Y):** Mikro yağ kanallarının plato yüzeyinden olan derinliğinin 3-15  $\mu\text{m}$  arasında olması gerekir.

**Mikro yağ kanalı genişliği (W):** Mikro yağ kanallarının plato yüzeyindeki genişliklerinin 5-10  $\mu\text{m}$  arasında olması gerekir.

**Platodaki pürüzlerin maksimum yükseklikleri (Z):** Plato pürüzlerinin maksimum yüksekliğinin 2.5  $\mu\text{m}$ 'den daha büyük olmaması gerekir.

**Derin mikro yağ kanalları arasındaki mesafe (L):** Genişliği 75  $\mu\text{m}$ 'dan, derinliği 14  $\mu\text{m}$ 'den daha büyük olan iki mikro yağ kanalı arasındaki mesafenin 5 mm'den daha fazla olması gerekir.

#### Niteliksel Tanımlar

- Tarama deseni temiz bir şekilde kesilmiş fakat keskin kenarlı olmamalı ve ezilmiş veya koparılmış çapak bulunmamalıdır.
- Silindir yüzeyinde ezilmiş veya perdahlanmış bölge bulunmamalıdır.
- Silindir yüzeyinde gömülü parçacık bulunmamalıdır.

#### SONUÇ

Motor silindir yüzeylerinin plato-honlama ile işlenmesi son 20 yıldır kullanılan ve uygulaması her geçen gün artan bir yöntemdir. Plato-honlama uygulamasıyla silindir yüzeylerinde yapay bir aşınma

oluşturulmaktadır. Bu şekilde işlenmiş bir motorun ilk kullanılma süresi içinde alıştırma (rodaj) yapılması gerekmektedir. Bu husus kullanıcı açısından son derece avantajlı olmakla kalmayıp alıştırma süresi içinde yapılabilecek hatalı kullanma sonucu motorda hasar meydana gelebilmesi veya motor ömrünün etkilenmesi önlenmektedir.

Plato-honlanmış yüzeylerin kabul edilmiş genel bir standardı olmaması motor veya silindir gömleği üreten firmaların kendi geliştirdikleri kalite standartlarına göre üretim yapmalarına neden olmaktadır. Firmalar, kullandıkları plato-honlama yöntemini ve geliştirdikleri kalite kontrol yöntemlerini kendi teknolojik know-how'larının bir parçası olarak görmektedirler.

Genellikle kullanılan yöntem, daha önceki bölümde açıklanan yüzey profil parametrelerin ölçülmesi ve verilen değerler içinde olup olmadıklarının kontrolü şeklindedir. Parametrelerin ölçülmesi yüzey profilinin grafik çıktısı üzerinde yapılmaktadır. Ancak bu ölçmelerin yapılması, ölçümü yapan kişinin kişisel yorumuna oldukça bağlıdır. Diğer bir deyişle, bu yöntem kullanıldığı takdirde değerlendirmeyi yapacak kalite kontrol elemanının bu konuda deneyimli ve dikkatli olması gerekir.

Elektronik profil ölçerler plato-honlama parametrelerinden bazılarını doğrudan verebilmekte, yüzey profilini ve Abbott yatak diagramını çizebilmektedirler. Ancak bu parametre ve grafiklerin üretici firmanın kendi standardına göre yorumlanıp değerlendirilmesi çok zaman almakta, böylece kalite kontrol zamanını ve dolayısıyla masrafını artırmaktadır. Kalite kontrol zamanını kısaltmak için en uygun yol, elektronik profil ölçerlerin mikrobilgisayar-

lara doğrudan bağlanması ve değerlendirmenin otomatik olarak ve en kısa zamanda yapılmasını temin etmektir. Bunun için bu değerlendirmeyi üretici firmanın standartlarına göre yapacak bilgisayar programının geliştirilmesi gerekir.

#### SURFACE QUALITY CRITERIA FOR PLATEAU-HONED BORES

One of the factors affecting the efficiency of an internal combustion engine is the quality of its cylinder bore surface. The last machining operation applied to cylinder bores is honing by which the desired geometric accuracy and the surface quality is obtained. The surface quality of cylinder bores should be such that it contains smooth bearing area with relatively deeper micro oil grooves which holds oil for lubrication. During the running-in period, the piston ring wear out the top of the asperities so that a bearing area is established. This wear process is artificially performed by "plateau-honing" operation so that no running-in period is required. In this paper, the cylinder bore surface quality criteria for plateau-honed bores are discussed and some quality standards are presented.

#### KAYNAKÇA

- 1 Trautwein, R., "Characteristic Values for Determining-and Evaluating the Surface of Cylinder Bores", Mahle GmbH, Technical Report 1978.
- 2 Stout, K.J. and Davis, E.J., "Surface Topography of Cylinder Bores-The Relationship Between Manufacture, Characterization and Function", 95, (1984), Wear.
- 3 Anlağan, Ö., "Cylinder Sleeve Bore Surface Finish Specifications", Richland Industries Ltd. Technical Report 1986.