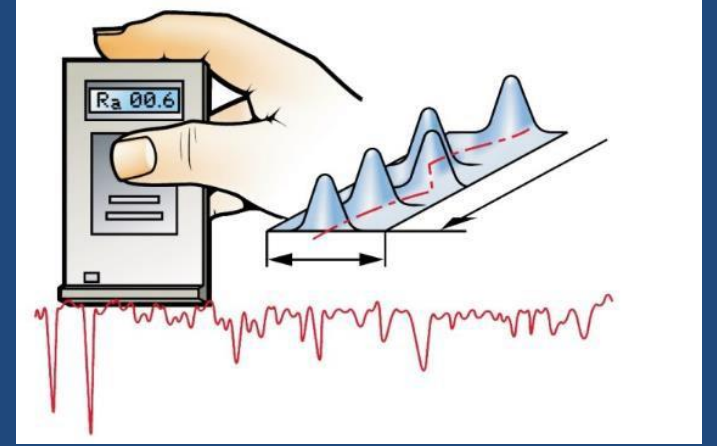


ÖLÇME TEKNİĞİ

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇME YÖNTEMLERİ



Ders Öğretim Üyesi

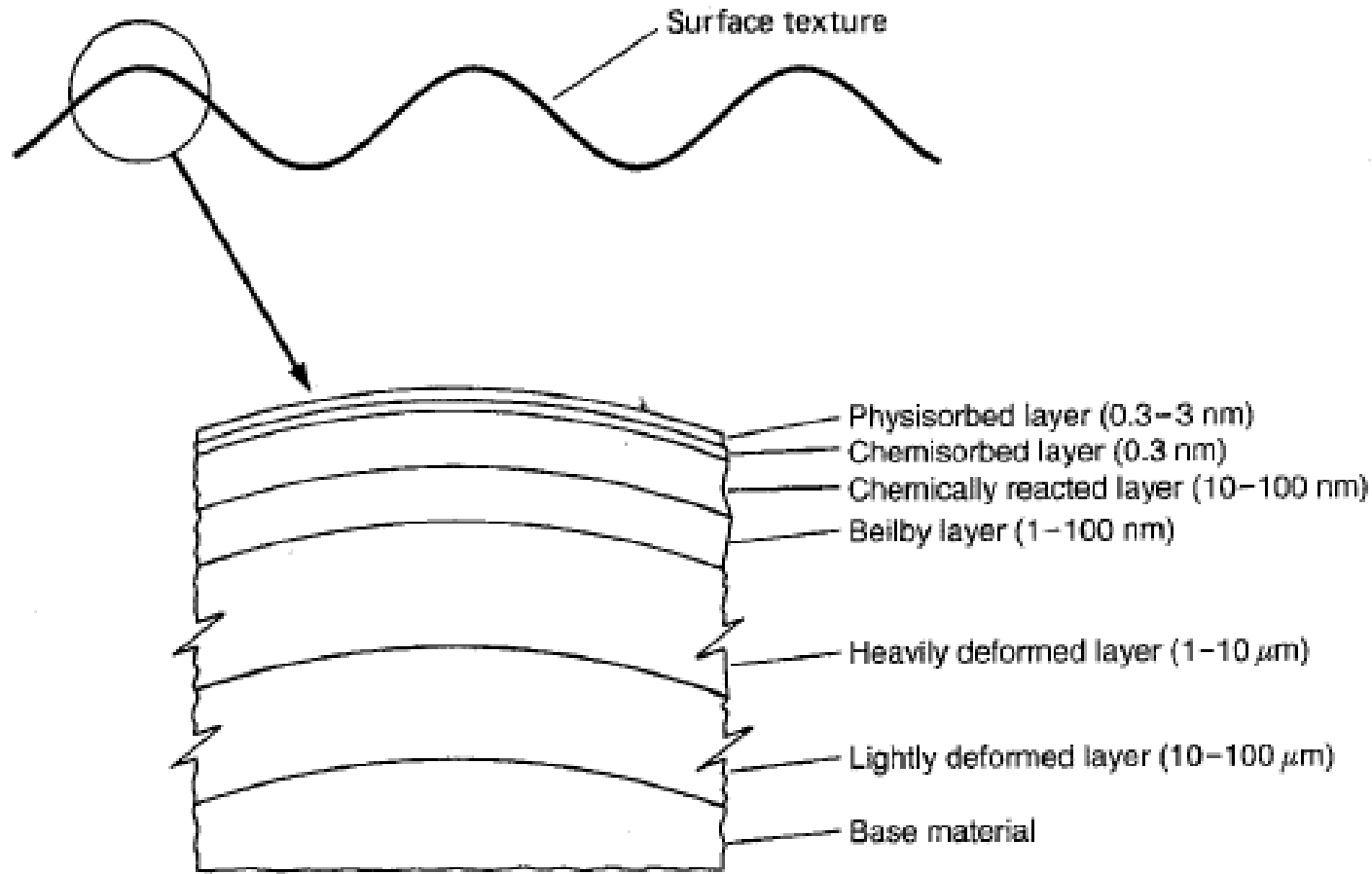
Dr. Öğr. Üyesi. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

Ders Kitabı

•ÖLÇME TEKNİĞİ, Prof. Dr. Tezcan Şekercioğlu, Birsen yayınevi. 9. BÖLÜM

Yardımcı Kaynaklar

- ÖLÇME TEKNİĞİ (Boyut, Basınç, Akış ve Sıcaklık Ölçmeleri), Prof. Dr. Osman GENCELİ, Birsen yayınevi.
- EGE ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Makine Laboratuvarı I ders notları, Yard. Doç. Dr. M. Turhan ÇOBAN
- www.guven-kutay.ch
- <http://www.sandvik.coromant.com>



Bir yüzeyin yapısı

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşlı ya da talaşsız yöntemlerle imal edilen her türlü makine parçasının yüzeyinde çeşitli izler kalır. Bu izlerin şekil ve boyutları imalat yöntemine bağlı olarak değişir. Elle hissedilebilen milimetre boyutundan mikrometre boyutuna kadar farklılık gösterebilir. Ayna gibi pürüzsüz olarak tanımladığımız yüzeyler bile aslında girintili çıkıntılı yüzeylerdir ve biz bu yüzey düzensizliklerini ancak mikroskop altında ya da özel cihazlarla görebiliriz. Yüzey pürüzlülüğü eğer parça kesit yüzeyini nominal ölçüde düz bir çizgi olarak kabul edersek bu çizgiden aşağı veya yukarı çoğunlukla mikrometre boyutundaki sapmalar yüzey pürüzlülüğü olarak adlandırılır. Yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesi ve parçanın kullanım yerine uygun hale getirilmesi parçanın fonksiyonunu yerine getirebilmesi için yüzey pürüzlülüğünün tasarımda belirlenen değerlerde olması gereklidir.

İşlenen yüzeylerin kalitesi işleme performansı üzerinde önemli rol oynar. Kaliteli işlenmiş bir yüzey, yorulma mukavemetini, korozyon direncini ve sürtünme ömrünü önemli derecede iyileştirir. Yüzey pürüzlülüğü ayrıca yüzey sürtünmesine sebep olan temas, aşınma, ısı iletimi, yağ filminin tutulması ve dağıtılması kabiliyeti, kaplama veya direnç ömrü gibi parçaların çeşitli fonksiyonel özelliklerini de etkiler. Bu sebeple istenilen yüzey tamlığı genellikle belirlenir ve ihtiyaç duyulan kaliteye ulaşmak için uygun işlemler seçilir. Talaşlı imalatta yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki faktörlerden etkilenir:

- Takım tezgâhının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri.

Kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği gibi kesme operasyonunu kontrol eden faktörler üst seviyede kontrol edilebilir. Buna rağmen takım geometrisi, takım aşınması, talaş yükleri ve talaş oluşumları veya takım ve iş parçasının malzeme özellikleri kontrol edilemeyen özelliklerdir.

Takım tezgâhı titreşimleri, iş malzemesinin yapısındaki hasarlar, takım aşınması veya talaş oluşumunun düzensizlikleri, işleme sırasında yüzeyin bozulmasına neden olurlar.

Yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek ve ilerleme veya kesme hızı gibi işleme parametrelerinin uyumunu değerlendirmek ürün kalitesini yükseltir ve istenilen yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesini sağlar.

Talaşlı işlemede genellikle yüksek kesme hızında daha iyi yüzey kalitesi elde edilir. Ancak yüksek kesme hızı takım körelmesini hızlandırdığı için aynı yüzey kalitesi uzun süre muhafaza edilemez.

Tek ağızlı kesme takımıyla yapılan talaş kaldırma işleminde elde edilen ortalama ideal yüzey pürüzlülüğünün takım uç yarıçapı ve ilerlemesi ile olan ilişkisi aşağıdaki denklemde verilmiştir:

$$R_i = \frac{f^2}{32r}$$

R_i : İdeal ortalama yüzey pürüzlülüğü, mm

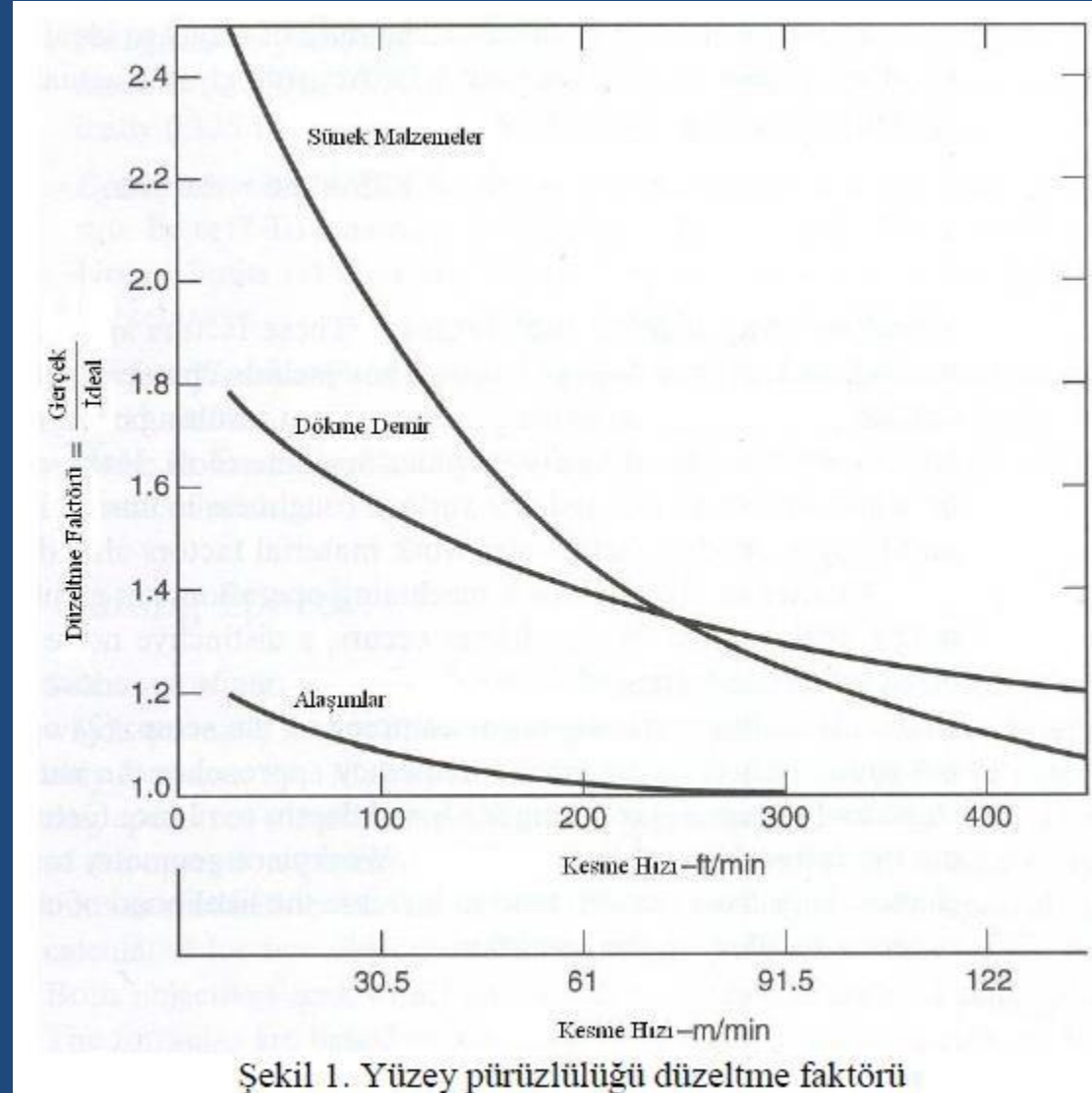
f : İlerleme, mm/dev

r : Uç yarıçapı, mm

Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin etkisiyle oluşan gerçek yüzey ideal yüzeyden daha pürüzlü olur. Bu faktörler göz önünde tutularak ideal ve gerçek yüzey pürüzlülükleri arasında bir düzeltme faktörü geliştirilebilir. Şekil 1’de gerçek yüzey pürüzlülüğü ve ideal yüzey pürüzlülüğü arasındaki düzeltme faktörü gösterilmektedir. İdeal yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak gerçek yüzey pürüzlülüğü aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$R_a = r_{ai} R_i$$

R_a : Gerçek yüzey pürüzlülüğü
 r_{ai} : Düzeltme faktörü
 R_i : İdeal yüzey pürüzlülüğü

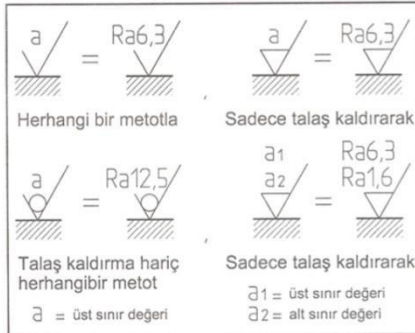


Şekil 1. Yüzey pürüzlülüğü düzeltme faktörü

Yüzey pürüzlülüğü ve karakteristiğini teknik resimde göstermekte kullanılan semboller

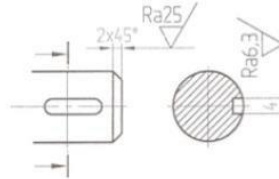
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN GÖSTERİLMESİ

(SURFACE ROUGHNESS)



$$\frac{Fe/Ni10bCr}{Ra3,2 / 0,8 / 2,5/Rz1,6 / 2,5/Rz6,3}$$

Yüzeyler galvaniz kaplamayla işlem görmüş
Yüzeyle Nikel- Crom kaplanmış
0,8 mm örnek uzunlukta pürüzlülük : $Ra = 3,2 \mu m$
2,5 mm örnek uzunlukta pürüzlülük : $Rz = 16 \mu m$
ile $Rz = 6,3 \mu m$ arasında sınırlanmış



GRAFİK SEMBOLLERE EKLENEN BİLGİLER

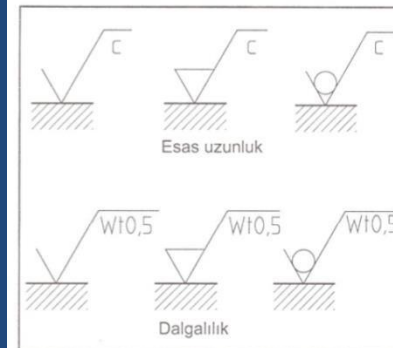
(TS 2040)

- a = Ra sembolüyle beraber μm cinsinden pürüzlülük değeri(leri) veya μm cinsinden uygun değer(leri) ile birlikte diğer pürüzlülük sembolleri*).
- b = Üretim metodu, işleme, kaplama veya üretim işlemine ait diğer kurallar vb.
- c = İlgili sembolle birlikte μm cinsinden dalgalılık veya mm cinsinden örnek uzunluğu (TS 6212 (ISO 4288)'e uygun plüduğunda Ra, Ry ve Rz için bu değer çıkarılmaktadır.)
- d = İşleme izlerinin yönü
- e = İşleme payı (ISO 10135)
- f = Ra 'dan başka, sembolüyle beraber μm cinsinden pürüzlülük değeri(leri).

* Ra dışındaki pürüzlülük değerleri şimdilik (f) alanında gösterilecektir.

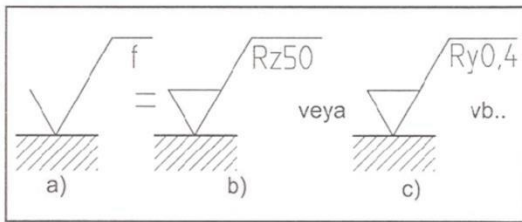
ESAS UZUNLUK VE DALGALILIĞIN BELİRTİLMESİ

(Dalgalılık = Waviness; Wt)

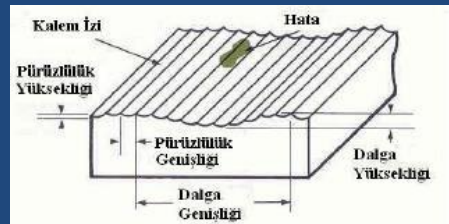


- "c" alanına yazılırlar.
- Esas (örnek) uzunluk değerleri TS 6212'ye göre:
0.08-0.80-8-0.25-2.5 ve 25mm serilerinden birisidir.

DiĞER PÜRÜZLÜLÜKLERİN BELİRTİLMESİ

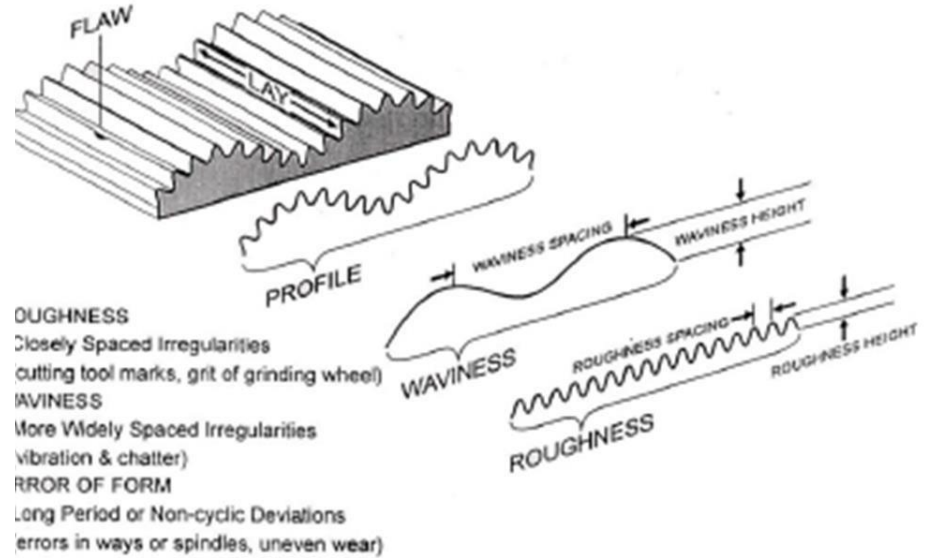
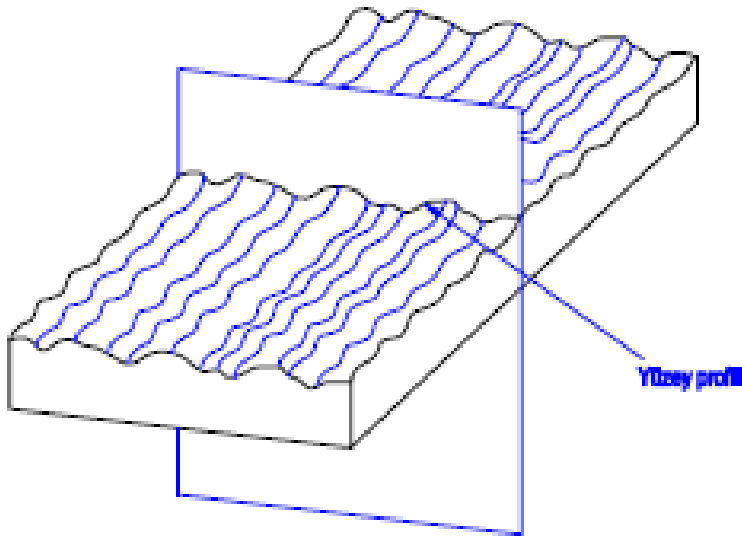


• Ra 'dan başka pürüzlülük değerleri, sembolüyle birlikte " μm " cinsinden "f" alanına yazılır.



İşlenmiş bir yüzey kendisine dik hayali bir düzlemle kesildiğinde arakesitte yüzey profili oluşur.

Yüzey pürüzlülüğü, yüzey dalgalarının üzerinde yüzey dokusunun bir bileşenidir. Gerçek bir yüzeyin ideal biçiminden normal vektörü yönündeki sapmalar ile ölçülür. Bu sapmalar büyüdükçe yüzey pürüzlülüğü artar, küçüldükçe azalır.

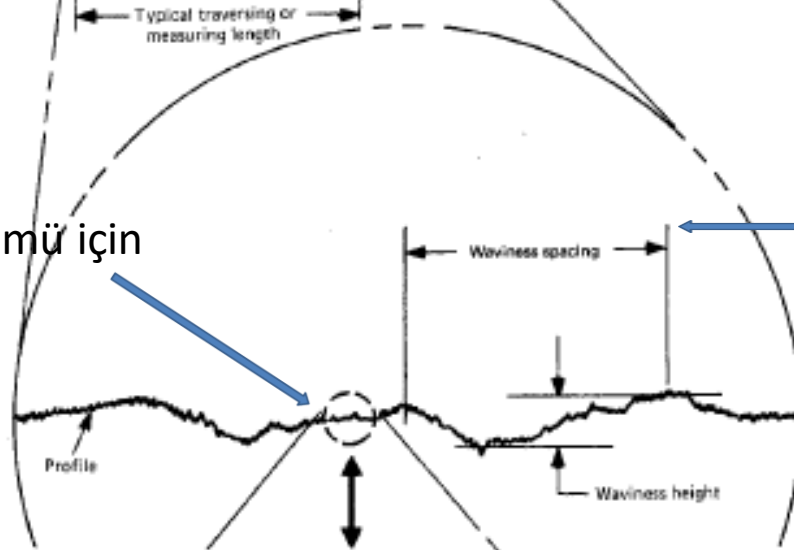


Dalgalılık, yüzey dokusunu oluşturan daha geniş aralıklı bileşeninin oluşturduğu yüzey yapısıdır. Sayısal değeri vardır ve yüzey dalgalılığı olarak adlandırılır. Pürüzlülüğün boyutuna nazaran daha büyüktür.



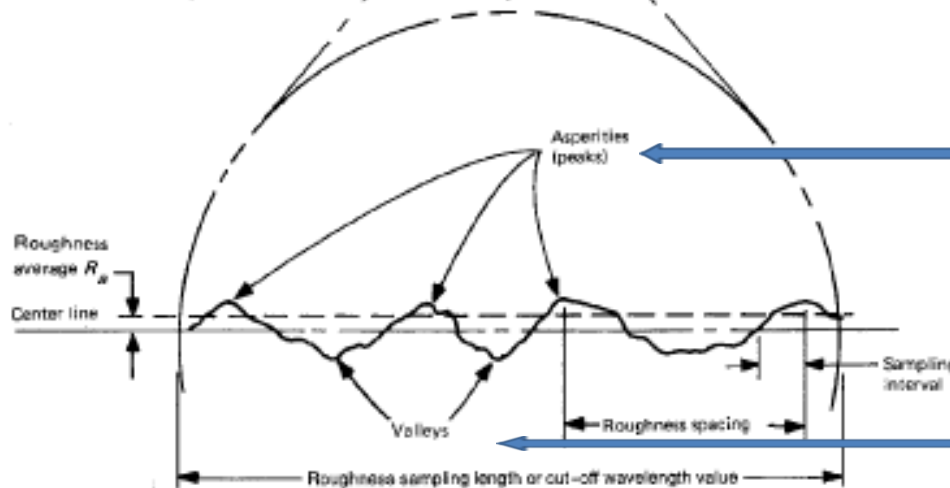
Ölçüm Boyu
Dalgalılık ölçümü için

Ölçüm Boyu
Pürüzlülük ölçümü için



Yüzey dalgalılığı
Dalgalılık uzunluğu

Dalgalılık derinliği



Yüzey çıkıntıları
(tepe)

Ortalama Pürüzlülük (R_a)

Yüzey girintileri
(çukur)

Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesinde Kullanılan Önemli Parametreler



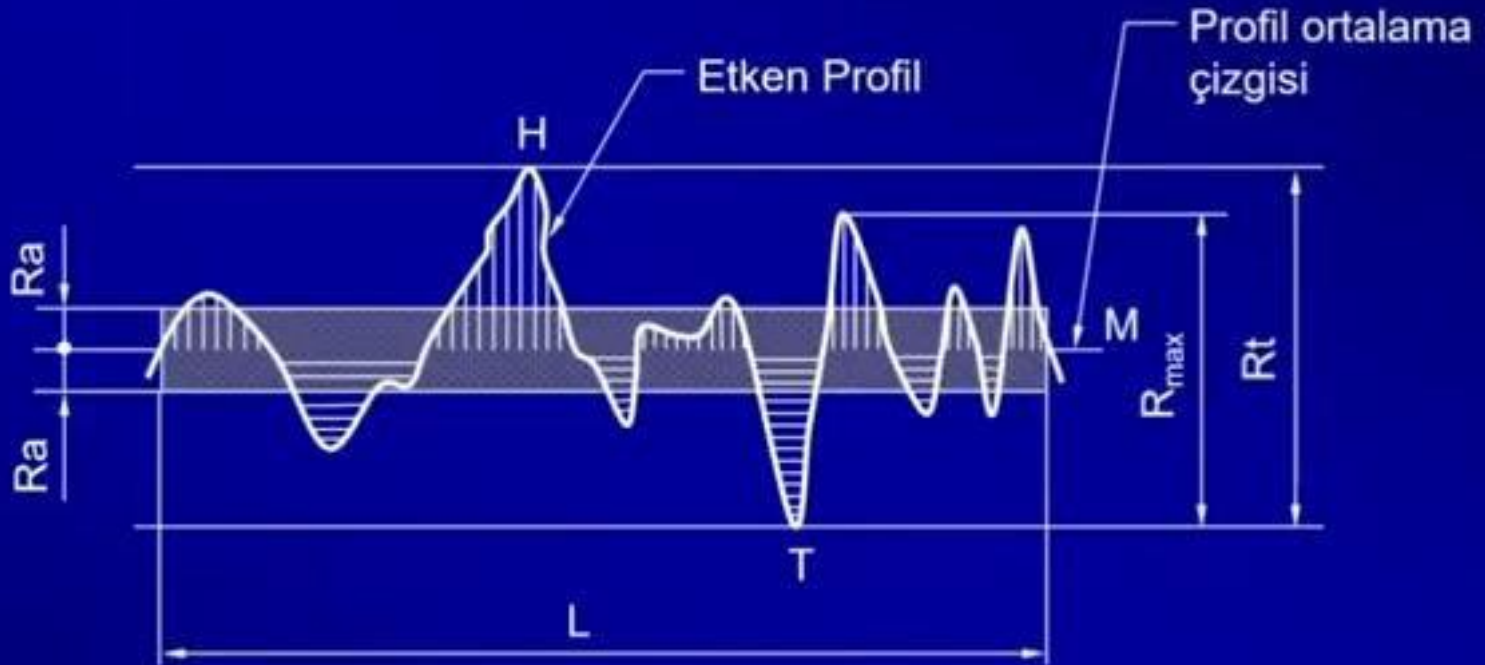
R_a: Aritmetik ortalama sapma

R_z (JIS): 5 tane en yüksek 5 tane en alçak noktanın ortalaması

R_t: Tüm ölçüm uzunluğu için maksimum yükseklik ile maksimum derinliğin toplamı

R_q: Aritmetik ortalama sapmaların karakökü anlamında bir parametredir.

Genel terimler (TS 971)



R_a : Ortalama pürüzlülük değeri

R_t ; Pürüzlülük yüksekliği

R_{max} ; En büyük pürüz derinliği

L ; Örnek uzunluk

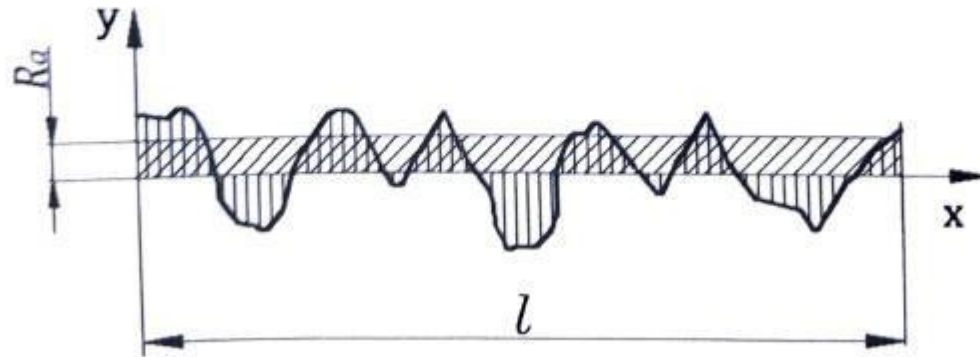
YÜZEY KALİTELERİ TS 2040				
YÜZEY TANIMI	YÜZEY SINIF NUMARASI	Ortalama Pürüzlülük değeri	SEMBOL	
TALAŞ KALDIRMADAN	N5 – N12 ARASINDAKİ YÜZEYLER	0.4 – 50 µm Arası değerler	N12 N5 ▽	50 0.4 ▽ veya
TALAŞ KALDIRILARAK ŞEKİLLENDİRİLEN YÜZEYLER	KABA	N12	50	N12/▽ veya 50/▽
		N11	25	N11/▽ veya 25/▽
		N10	12.5	N10/▽ veya 12.5/▽
	ORTA	N9	6.3	N9/▽ veya 6.3/▽
		N8	3.2	N8/▽ veya 3.2/▽
		N7	1.6	N7/▽ veya 1.6/▽
	İNCE	N6	0.8	N6/▽ veya 0.8/▽
		N5	0.4	N5/▽ veya 0.4/▽
		N4	0.2	N4/▽ veya 0.2/▽
	HASSAS	N3	0.1	N3/▽ veya 0.1/▽
		N2	0.05	N2/▽ veya 0.05/▽
		N1	0.025	N1/▽ veya 0.025/▽

(Ra) Aritmetik ortalama sapma

Aritmetik ortalama (R_a): Bu büyüklük, pürüzlülüğün esas kriteri olarak kabul edilir ve etken profilden ortalama profil çizgisine olan $y_1, y_2, \dots, y_n$ değerlerinin ortalamasıdır.

y değerleri toplanırken mutlak değerleri alınır. Günümüzde teknik resimlerde yüzey pürüzlülük değeri olarak genellikle R_a kullanılmaktadır. Pratikte $R_a = (0,16 - 0,25) \cdot R_t$ alınır. Örnek ölçüm uzunluğu 0,08; 2,5; 8 ve 25 mm olarak standartlaştırılmıştır. Matematiksel ifadesi;

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$



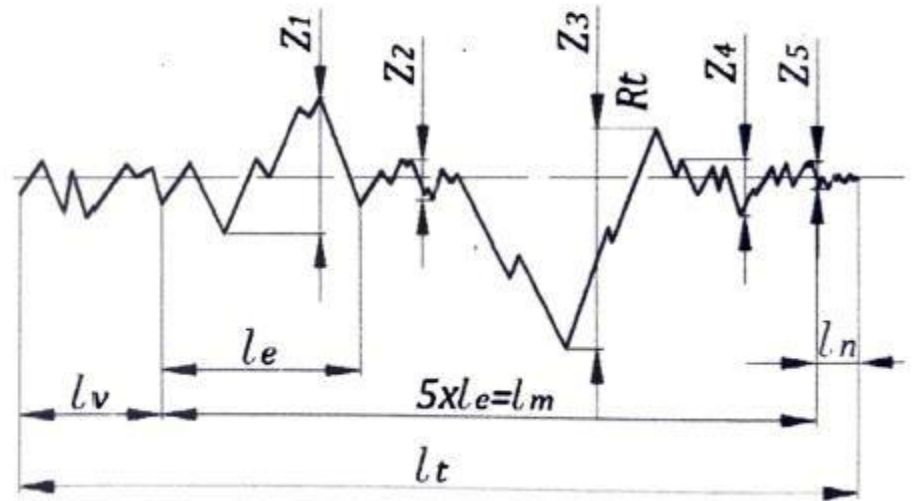
Karesel ortalamanın karekökü, R_q (RMS): Yüzey pürüzlülük profiline karşılık gelen y - ordinatlarının ikinci dereceden ortalama değerinin kareköküdür. R_q , ölçüm uzunluğuna dağılmış çıkıntı ve girintilerindeki standart sapmayı ifade ettiği için, istatistiksel çalışmalarda yüzey profili hakkında önemli bilgiler verir. Matematiksel ifadesi;

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx}$$

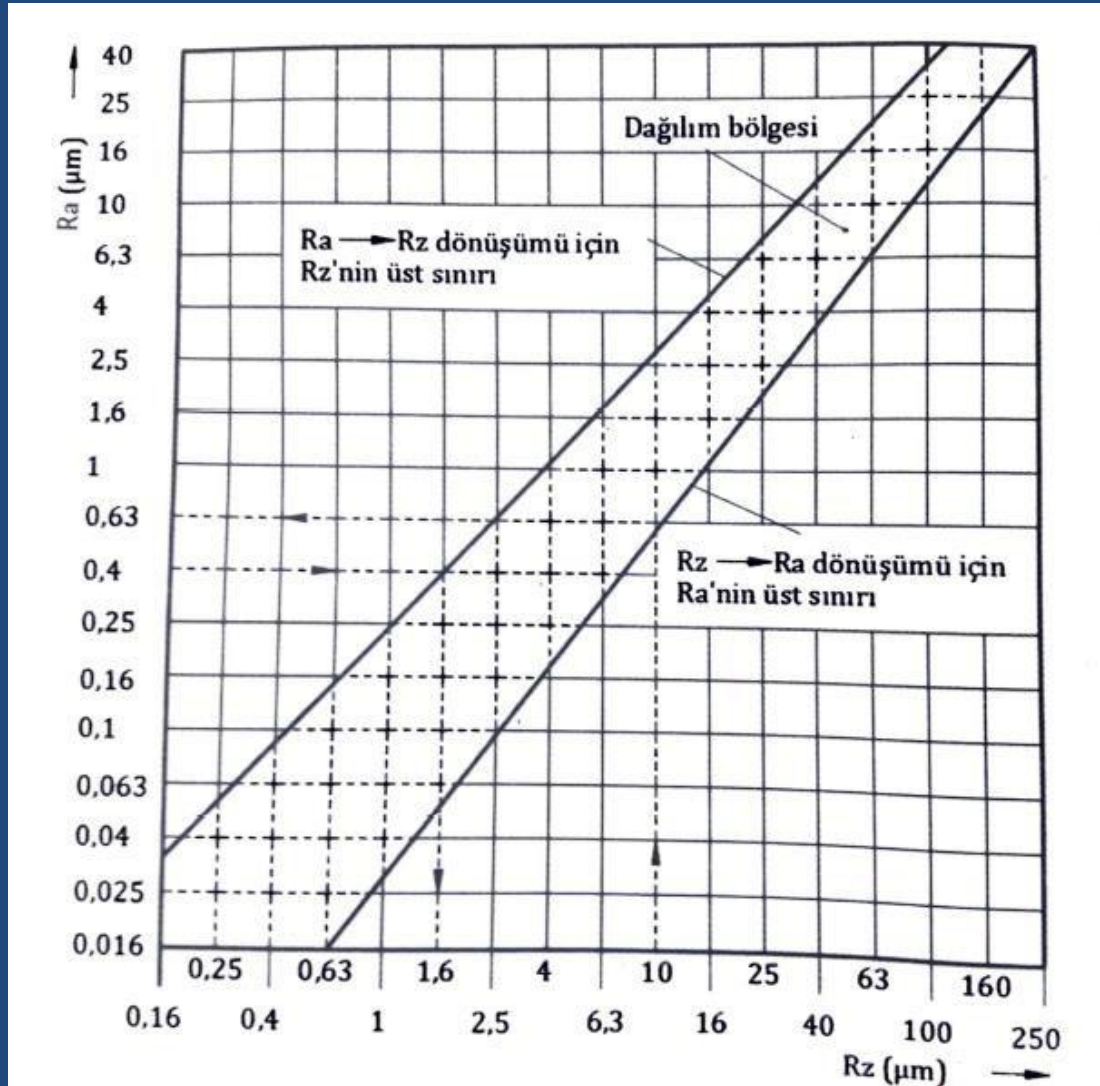
Ortalama pürüz yüksekliği (R_z): Ortalama profil çizgisine paralel olup profili kesmeyen bir doğrudan, örnek uzunluk içinde ölçülen en yüksek beş adet çıkıntı ile en derin beş adet girinti arasındaki ortalama uzaklıktır (Şekil 10.3).

Matematiksel ifadesi;

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$$



Ra ve Rz arasındaki ilişkiyi veren grafik

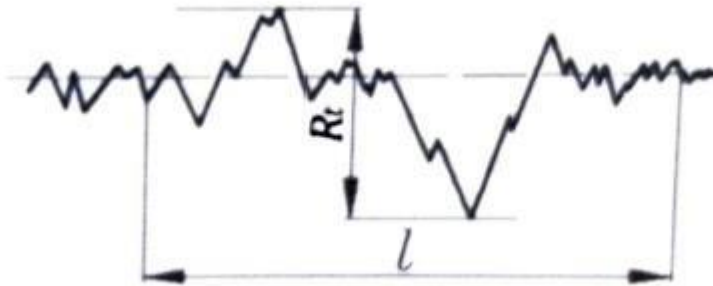


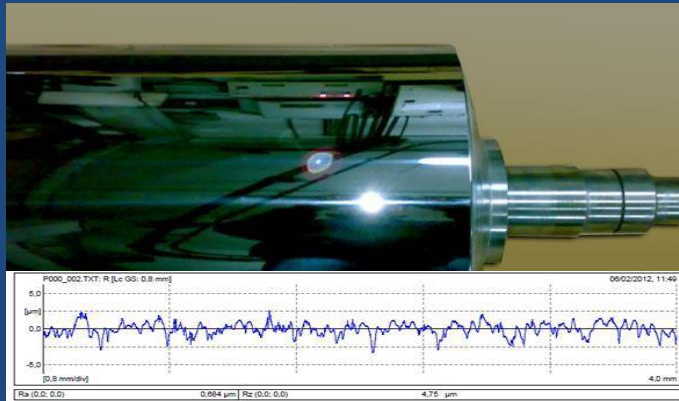
En Büyük Pürüz Yüksekliği (R_t)

Yüzey pürüzlülüklerinin en büyük yüksekliği (R_t):

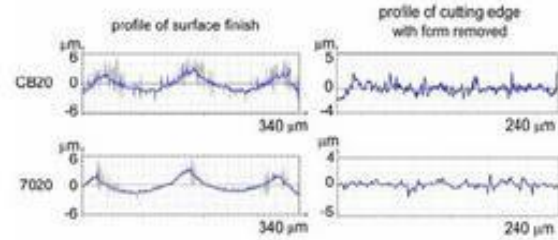
örnek

uzunlukta (l boyunda) ortalama profil çizgisinin üzerinde kalan en büyük pürüzün üst noktası ile ortalama profil çizgisinin altında kalan en büyük pürüzün dip noktası arasındaki mesafe maksimum pürüzlülük derecesidir ve R_t sembolü ile gösterilir.



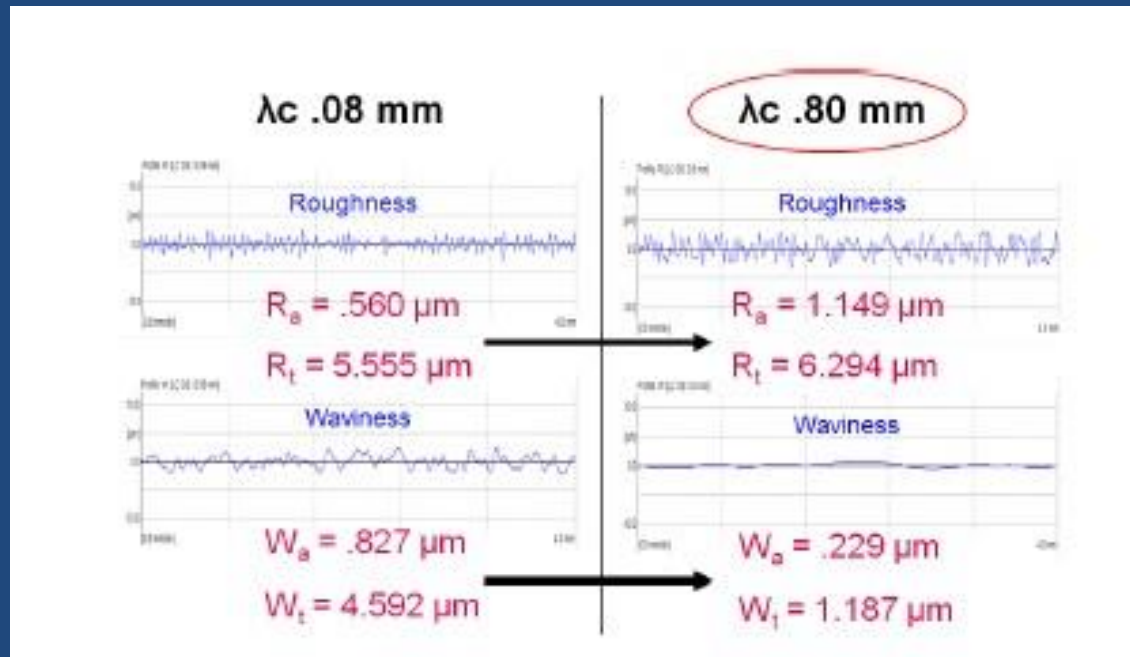
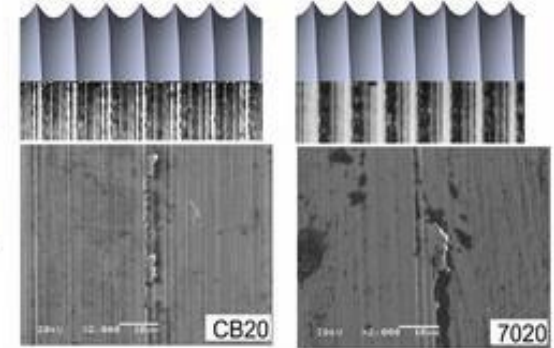


the wedge's geometry on the main flank and rake face.



Surface finish profile and edge surface profile for CB20 and 7020 cutting tools

Cutting edge, its roughness in both directions influenced



Yapım Yöntemleri	Pürüzlülük değeri (Ra)														Ra (μm) 1 μm =0,001mm	
	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0			
İŞLENMEMİŞ YÜZEYLER																
Kum dökümü																
Kaynak																
Dövme																
Kokil döküm																
Kuyumcu dökümü																
Kalıpta döküm																
Haddeleme																
Ekstrüzyon																
İŞLENMİŞ YÜZEYLER	1	2														
Alev ve testere ile kesme																
El ile taşlama																
Eğeleme																
Panyalama																
Kaba tomalama																
Kaba frezeleme																
Kaba taşlama																
Zimba ile delme																
Matkapla delme	1	2														
İnce tomalama ve frezeleme																
Broşlama																
Alın düzlem taşlama																
Raybaalama																
Silindirik Taşlama																
Pariatma																
Elmas kalemle tomalama																
Honlama																
Deri ile parlatma																
Lebleme																
Çok hassas parlatma																



Genellikle uygulanır.



Nadiren uygulanır.

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜM YÖNTEM VE CİHAZLARI

Yüzey pürüzlülüklerini tespit etmek amacıyla temaslı ve temassız olmak üzere bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda verilmiştir.:

1. Dokunma Yöntemi

En eski ve hala kullanılabilen bir metottur. Bir iğne, kalem ve hatta tırnak ucunun bir yüzey üzerine işleme yönüne dik olarak sürülmesiyle, yüzeyin pürüzlülüğü hakkında bilgi edinilebilmektedir.



2. Yüzey Dinamometresi Yöntemi

İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısının, sürtünen parçaların yüzey pürüzlülüğüne bağlı olmasından hareketle, sürtünme katsayısının dinamometre ile ölçülmesi sırasında, elde edilen F kuvveti yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılı olarak elde edilmektedir.

3. Kapasitans Yöntemi

Ortalama pürüzlülük yüksekliğinin ölçümü (R_c) bir paralel plakalı kondansatörün kapasite değişimine dayanılarak yapılabilmektedir. Plakalardan birisi referans alınacak olan kondansatörün düzgün yüzeyi, diğeri ise test edilecek yüzey olarak dikkate alınmaktadır. Her iki yüzey birbirlerinden katı bir yalıtkan ile ayrılmış olmalıdır. Yalıtkan temas eden pürüzlülüğü ölçülecek yüzey arasındaki boşluklara havanın dolmasıyla ikinci bir yalıtkanlık oluşmaktadır. Bu metot ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü, yandaki eşitlik ile ifade edilmiştir.

$$R_c = \left[\frac{A}{\pi \cdot 4C} - \frac{t}{D} \right] \cdot D_a \quad (3)$$

A: Levhaların anma alanı,

C: Sistemin kapasitansı,

t: Yalıtkanın kalınlığı,

D: Yalıtkanın geçirgenlik katsayısı,

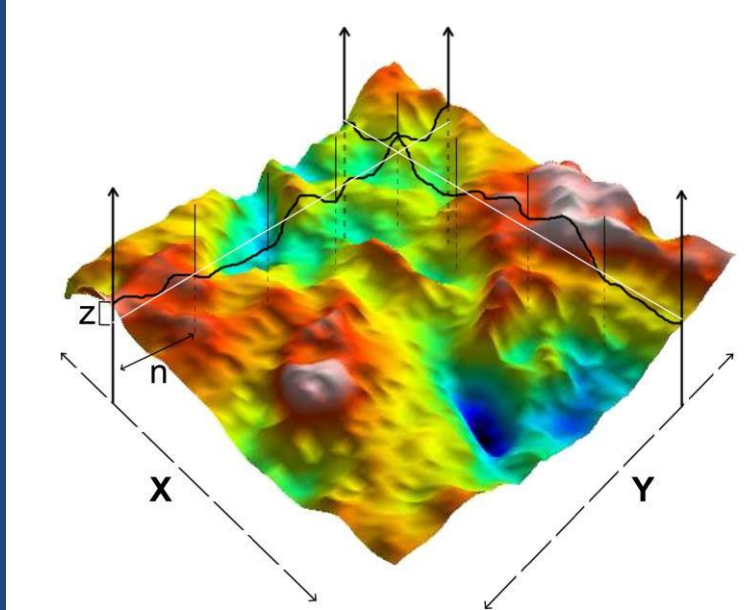
D_a : Havanın geçirgenlik katsayısı

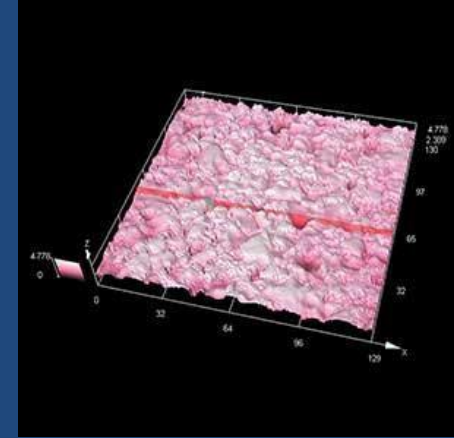
4. X Işını Yöntemi

Mikroskop altında yüzey üzerine küçük açılarla gönderilen X ışınları $0.00254\ \mu\text{m}$ ile $0.0508\ \mu\text{m}$ arasındaki yüzey pürüzlülük yüksekliklerinin ölçümünü sağlamaktadır.

5. Elektron Mikroskobu Yöntemi

Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme hassasiyetine sahip olmasına rağmen, ölçüm yapılacak yüzeyin boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve yüzey pürüzlülüğü görüntüsünü kopyalama sırasında oluşabilecek zorluklar bu yöntemin kullanımını sınırlamaktadır.





6. Optik Mikroskop Yöntemi

Herhangi bir parçanın yüzeyi bir büyüteç veya mikroskopla gözlenebilmektedir. İncelenecek numunenin yüzeyine yoğunlaştırılmış ışın gönderilerek aydınlatılmakta ve ışınların etkisi ile (mercek vasıtasıyla) meydana gelen şeklin görüntüsüne bakılarak, yüzeydeki boşluklar ve onların meydana getirdiği en büyük açı ve yüzey yapısı hakkında değerlendirme yapılmaktadır .

7. Kesit Alma Yöntemi

Numunenin ince kesitinin alınmasından sonra koruyucu bir metal tabaka ile yüzey kaplanmakta ve yüzeyin dik kesitinden optik yansıtma yapılarak yüzey düzensizliklerinin büyütülmüş hali görülmektedir. Gerekirse şeklin optik olarak daha da büyütülmesi mümkün olmaktadır. Bu yöntemin olumsuz yönü numunenin tahrip edilmesi mecburiyeti ve ölçme yavaşlığıdır.

8. Karşılaştırma Mikroskobu Yöntemi

Cihazın çıplak gözle bakılan ekranında; hem kontrolü yapılacak yüzeyin büyütülmüş kesitini, hem de arka planda kıyaslamaya esas alınan referans yüzeyin büyütülmüş kesitini birlikte görmek esasına dayalı bir metottur. Bu kıyaslamada; aynı malzemeden yapılan, aynı işleme yöntemiyle en iyi sonucu veren iş parçasının görünüşü referans alındığında, aynı grubu oluşturan diğer iş parçalarının uygunluk kontrolü kolayca yapılabilmektedir . Karşılaştırma hassasiyeti, özel mikroskoplar yardımıyla 15x-200x kat arasında yükseltilebilmektedir. Kontrol edilecek parça yüzeyi ile standard örnek yüzeyi karşılaştırma mikroskobu altında aynı ışık konumu ve aynı oranda büyütme ile aynı zamanda yan yana getirilerek mukayese edilmektedir. Lambalardan gelen ışık demeti kondansatörden geçerek, demetleri ikiye bölen tüp aracılığıyla standard örnek yüzeye sevk edilmekte, demetin diğer yarısı ise objektif ve diyaframdan geçerek kontrol edilecek yüzeye sevk edilmektedir. Diyafram, görüş sahasının biri solda, diğeri de sağda olmak üzere yan yana oluşacak şekilde yerleştirilmiştir.

9. Optik Yansıtma Yöntemi

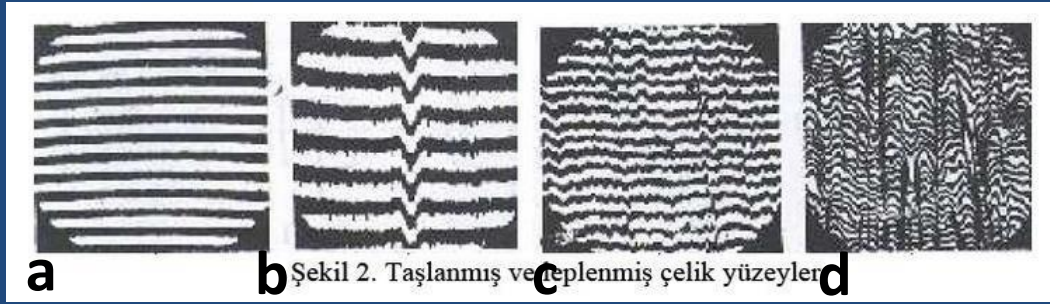
Bir yüzeyin ışığı yansıtma gücü, pürüzlülüğün bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Eğer ışığın dalga (ρ) boyu Rq değerinden çok büyükse yansıtma gücü sadece yüzey pürüzlülüğüne bağlı olmamakta, düzensizliklerin eğimi dikkate alınmamaktadır. Bu şartlarda ρ_0 'ın (pürüzsüz yüzeyin yansıtma katsayısı) ρ 'ya (pürüzlü yüzeyin yansıtma katsayısı) oranı aşağıdaki eşitlikle bulunmaktadır.

$$\log_{10} \frac{\rho_0}{\rho} = (4\pi Rq)^2 / (2,303) \lambda^2 \quad (4)$$

10. Optik Parazit Aletleri Yöntemi

Çok düzgün yüzeyler parazitlenme bakımından test edildiklerinde, yüzeyler optik olarak parlatılmadıkları sürece, yüzey izleri testere dişi görüntüsünde olmaktadır. Bu görüntü yüzey üzerinde mevcut olan yüzey bozukluklarından kaynaklanmaktadır. Parazit mikroskobu, bir optik yüzeyin yardımıyla oluşturulan yüzey izlerinin büyütülmesini sağlamaktadır.

Şekil 2 a ve b’de bu yöntemi esas alan bir ölçme aleti tarafından çekilmiş taşlanmış çeliğin bir yüzey fotoğrafı görülmektedir. İki veya üç yüzey izi boşluğu arasındaki tepeden çukura olan yükseklik 20-30 µinç olarak tespit edilmiştir. Şekil 2 c ve d’de görülen leplenmiş çeliğin yüzey fotoğrafı beklendiği gibi düzgün yüzeyindeki düzensizlikler genellikle yüzey izi boşluklarının bir çeyreğini aşmayacak şekilde elde edilmiştir (örneğin 2 ila 3 µinç). Şekil 2 d’de yaklaşık 8 µinç derinliğinde olan merkezdeki bozulma mevcuttur.

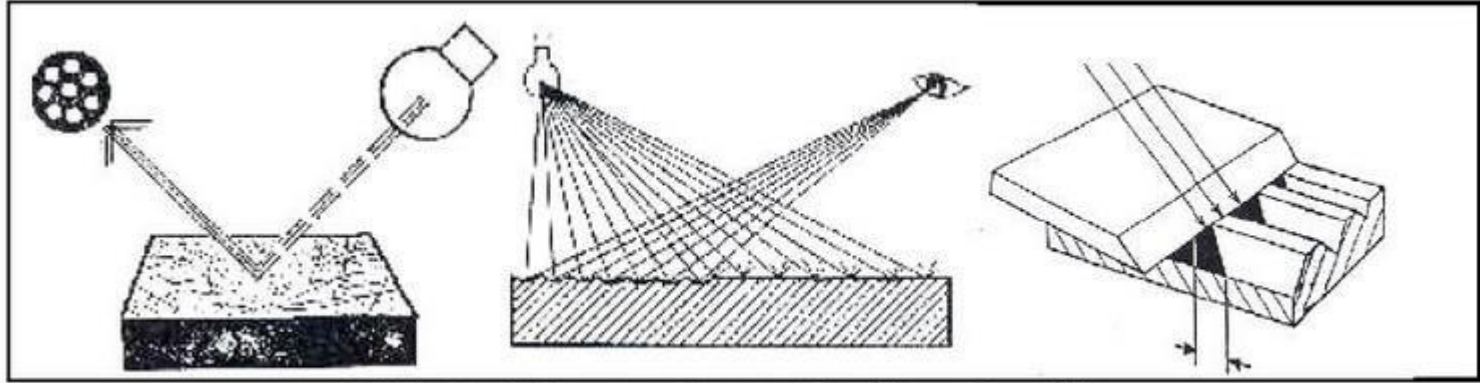


Şekil 2. Taşlanmış ve leplenmiş çelik yüzeyler

11. Işık Yansıması (İnterferometri) Yöntemi

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde ışık yansıması yöntemi, yüzeye açılı olarak yansıtılan ışıkların bağıl miktarının gözlenmesi esasına dayanmaktadır. Yüzey pürüzlülüklerinin büyüklüğünden ziyade malzemenin şekli, yansıyan ışın miktarını belirlemektedir.

Bu metotda, ışın huzmesi bölünüp iki ayrı uzunluktaki yoldan gönderildikten sonra birleştirilmekte ve bu ışığın yoğunluğu, en büyük veya en küçük değerde elde edilmektedir. Bu durum; ışınların aynı fazda ya da 180 derece faz farkında bulunmalarına bağlı olmaktadır. Demetlerden birinin küçük bir alana yansıtılmasıyla elde edilen büyütülmüş ışın kırılma modeli yoluyla yüzey pürüzlülüğü incelenebilmektedir.



Şekil 3. Işık Yansıtma Yöntemiyle Ölçme Prensibi

Işık yansıtması yönteminin bir çeşidi mikroiinterferometre yöntemi ile yüzey pürüzlülüklerinin veya düzgünlüklerinin ölçülmesidir. Mikroiinterferometre yöntemi, üst üste gelen ışınlarda birbirine göre yarım dalga boyu büyüklükte olanların yok olacağı prensibine dayanmaktadır. İşlenmiş yüzeylerde işleme esnasındaki eğrilerin hassas bir şekilde derinliğini hesaplamak mümkün olabilmektedir.

Düz olduğu varsayılan kenarın açılı olarak yüzeye izdüşümünü sağlamak veya düz bir kenarın yüzeye çaprazlama yerleştirilmesi esasına dayanan bir diğer ışın yansıtması yöntemi, optik kesme yöntemidir. Bu metot, ışın demetlerinin boylarındaki sapmaların ölçümlerinin mikroskop ile alınması esasına dayandırılmıştır. Bu metot kaba işlemeden sonraki yüzeylerin hatta hiç işlenmemiş yüzeylerin pürüzlülük ölçümünde çok daha kullanışlı olmaktadır.

12. Replika (Mask) Yöntemi

Yüzey kalitesi ölçümünün gerektiği bazı şartlarda ve yüzeyin parça üzerindeki yeri nedeniyle pürüzlülük ölçümü yapmak mümkün olmadığında, ölçüm yapılacak yüzeyin önce bir maskının çıkarılması gerekmektedir. Sellüloz-asetat filmi asetonla yumuşatılmakta ve sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırıldığında elde edilen mask yüzeyin karakterini yaklaşık %80 oranında temsil etmektedir. Çağdaş teknolojide bugün epoxy ve diğer reçine türlerinden yararlanarak %100'e yakın sonuçlar elde edilmektedir.

13. Standard Örnek Yüzeyler Yöntemi

Standard yüzeylere göre, iş parçasının yüzey kalitesi mukayese edilmektedir. Üretim atelyelerinde çok yaygın olarak kullanılan bu uygulamada çeşitli firmalar tarafından üretilen standard örnek yüzeyler, siyah plastikten yapılmış bir gövde üzerine yerleştirilmiş ve yüzeylerin üzerine, talaş kaldırma yöntemiyle beraber Ra ve Rt pürüzlülük değeri yazılmıştır. Örnek yüzeyler Ra ve Rt değerlerine göre düz veya silindirik olarak değişik talaş kaldırma yöntemleri ile belirli hızlar ve ilerlemelerle işlenmekte ve işlenen bir parçanın yüzey pürüzlülüğü, aynı malzemeden yapılmış ve aynı metotla işlenmiş uygun bir örnekle mukayese edilerek kontrol edilmektedir.

14. Işık Bantlı Mikroskop Yöntemi

Yaklaşık 1 μm yüksekliğindeki yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesinde kullanılabilen ışık bantlı mikroskoplar ile kontrol edilecek yüzeye dokunmadan ve zarar vermeden, büyük bir hassasiyetle ve basit bir işlem ile ölçme yapılabilmektedir. Burada uygulanan metotta, kontrol edilecek yüzeye eğimli olarak gönderilen düz ışık huzmeleri, yüzey üzerinde dar bir ışık bandı oluşturmaktadır. Bu ışık bandı, yüzey ile ışık huzmesi düzleminin ara kesit izini belirtmekte ve kontrol edilen yüzey üzerindeki pürüzlülüğü oluşturan girinti ve çıkıntılar arakesit izi üzerinde kertikli çizgi olarak görülmektedir. Işık bandı, belirli bir açı altında gözlenerek yüzey pürüzlülük değerleri oküler içinde görünen doğru çizgilere göre belirlenmektedir.

15. Elektro- Fiber Optik Sistem Yöntemi

Bu metotta, yüzey pürüzlülüğü ölçülecek malzeme x ve y yönünde hareket edebilen ayarlanabilir bir tablaya bağlanmakta ve malzeme yüzeyi yatay konuma getirilmektedir. Malzeme, sabit ve dik konumda olan fiber-optik algılayıcı altından x,y tablası hareketi ile sabit bir hızla geçmektedir. Algılayıcıdan malzeme yüzeyine dik olarak gönderilen ve malzeme yüzeyine odaklanmış olan ışın bu yüzeyden yansımaktadır. Malzeme yüzeyi ile 45 derece açı yapacak ve yüzeyle arasında 1 mm açıklık olacak şekilde yerleştirilen fiber optik kablo yüzeyden yansıyan ışının bir kısmını diğer ucuna yerleştirilen foto algılayıcıya taşımaktadır.

Malzeme yüzeyine gelen ışınlar, yüzeyin pürüzlü olması nedeni ile dağılıma uğramakta ve yansıma açıları farklı olacak şekilde yansımaktadır. Malzeme yüzeyindeki pürüzlülüğe neden olan mekanik çizgiler arasındaki mesafe ışık dalga boyu mertebesinde ise, yüzey bir ışık kırıcı gibi davranış göstermektedir. Malzeme yüzeyine gelen ışınların farklı ışın fazında yansıması (spektruma ayrılması) ve malzeme yüzeyindeki çizgilerin düzensiz oluşuyla, yansıyan farklı fazdaki ışınlar, ışık şiddetinde dağılmaya neden olmaktadır. Işık şiddetindeki dağılma miktarı ile yüzey pürüzlülüğü arasında kurulan doğrudan ilişkiyle yüzey pürüzlülüğü tespit edilmektedir.

16. İnterferans Mikroskop Yöntemi

Son yıllarda süper bitirme işlemi görmüş yüzeyleri ölçmek ve kontrol etmek bakımından büyük önem kazanan interferans ölçme yönteminde, yüzeye temas olmadığı için ölçülen numunenin zarar görmesi söz konusu değildir. Ölçme lâboratuarlarında ve üretim atölyelerinde kullanılmak üzere imal edilen mikroskoplarla, yüzey pürüzlülüğü $0.03\ \mu\text{m}$ ile $2\ \mu\text{m}$ arasında olan numuneler ölçülmektedir. Kontrol edilen yüzeyin pürüzlülük durumu, mikroskobun büyütülmüş görüntüsü içinde birbirine paralel parlak siyah bantlar halinde görülmektedir. Düz yüzeylerde bu bantların aralıkları birbirine eşit, küresel ve silindirik yüzeylerde ise, muntazam bir şekilde azalarak dağılmaktadır. Gözlenen yüzeyin yükseklik değişimleri siyah bandın çevre sınırıyla temsil edilmekte ve yükseklikler bant birimleri veya kısımlarıyla ölçümlendirilmektedir.

17. Kisilev Profilometresi Yöntemi

Kisilev tarafından tasarlanan KB-7 modeli profilometre 0.01 μm ile 10 μm arasında olan yüzey pürüzlülüklerinin mikro düzensizliklerini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu profilometre, iğnenin incelenen yüzey üzerindeki hareketi sırasında yaptığı salınıma bağlı olarak bir elektro motif kuvvetin meydana getirilmesi esasına göre çalışmaktadır (Şekil 4). 12 μm yarıçapında bir elmas uç taşımakta ve 2 nolu yassı yaya asılan 1 nolu iğne ucu yüzey düzensizlikleri üzerinde gezindiğinde iğnenin üst kısmı, 5 nolu mıknatısın 4 ve 6 nolu kutupları tarafından oluşturulan magnetik alan içerisinde salınım yapan 3 nolu endüksiyon bobinini tahrik etmektedir. Bobin hareketiyle elde edilen küçük akımlar yükselticiden geçirilerek bir galvanometreden okunmaktadır.



İğne, bir motordan alınan hareketle incelenen yüzey üzerinde, 0.5 ile 2.5 gr arasında bir basınç ile ve 10 veya 50 mm/sn hızla hareket etmektedir. Ayrıca, profilometreye bir osilograf (salınım kaydedici) bağlandığında, yüzeyin profilografisi çıkartılabilmektedir.

18. Yaylı Tip Profilometreler Yöntemi

Endikatör prensibine göre yapılmış mekanik olarak çalışan bir yüzey pürüzlülüğü ölçme profilometresidir. Hafif ağırlıkta ve küçük ölçüler içinde yapılmış olan alet üzerinde üç adet küresel sert metal destek yer almaktadır. Elmas uçlu iğne, desteklerden birine açılan delik içine yerleştirilmiştir. Alet, kontrol edilecek yüzey üzerinden çapraz olarak yavaşça geçirildiğinde, yüzey pürüzlülüğü saat üzerindeki göstergeden R_a ve R_t pürüzlülük değerleri olarak okunmaktadır. Küçük, hafif ve sağlam bir yapıya sahip olduğu için bu alet genellikle üretim atelyelerinde, ölçme odaları ve lâboratuvarlarında değişik biçim ve boyutlardaki iş parçalarının kontrol edilmesinde kullanılmaktadır. Bu aletlere takılan elmas uçlu iğnenin uç açısı 60° ve uç kavis yarıçapı 0.01 mm veya 0.005 mm'dir. Ölçme baskısı yüzeye dik doğrultuda 1 gramdır.

19. Elektrikle Çalışan Profilometreler Yöntemi

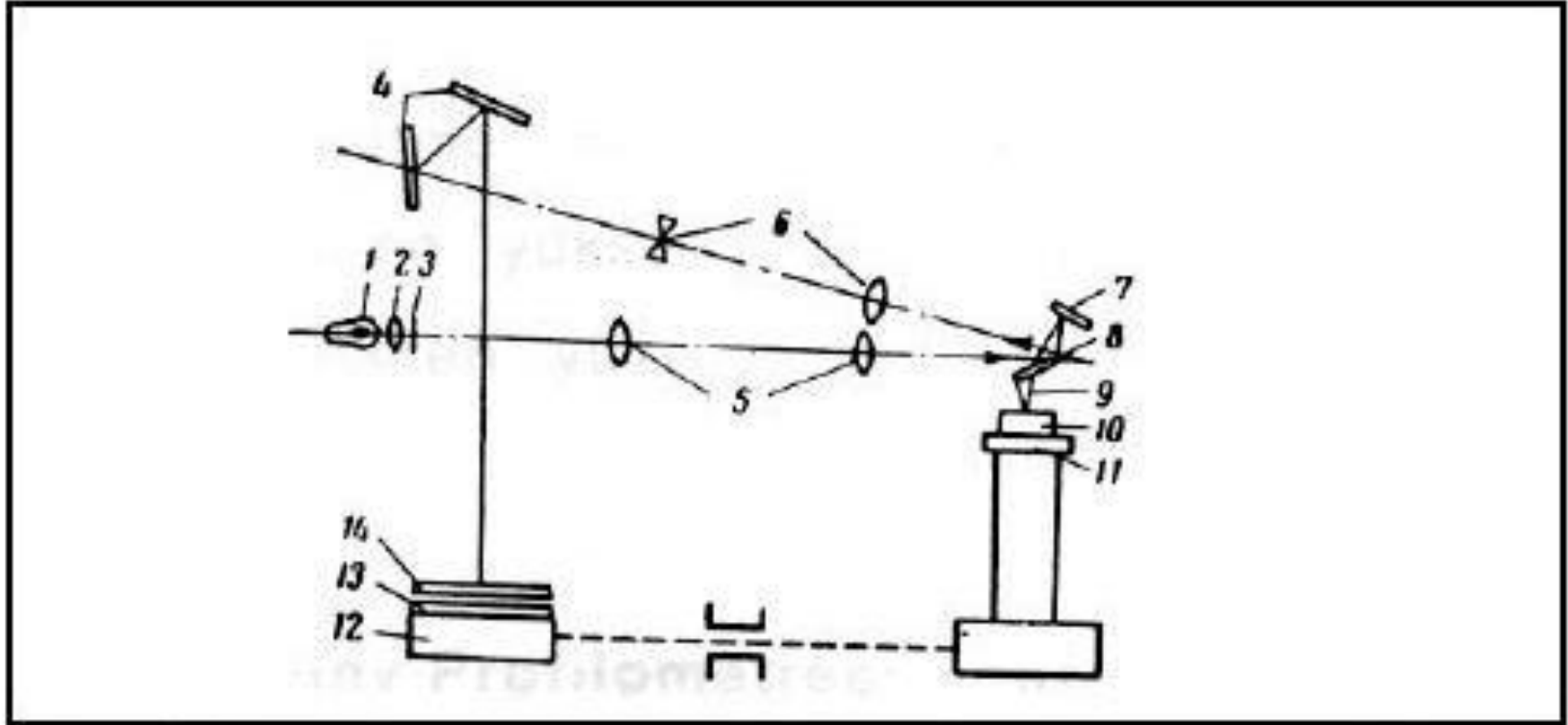
Bu aletlerin çalışma prensibi, yüzey üzerindeki pürüzlülüğe göre düşey olarak hareket eden ve bu hareketleri elektrik sinyaline dönüştüren elmas uçlu iğnelere dayanmaktadır. İğne uç, bir başlığa bağlıdır ve başlık iş parçası yüzeyine kontrol edilebilir bir seviyede tutularak iğne ucun fiziksel olarak yüzeyi yakından izlemesi sağlanır. İğne ucun parça yüzeyi boyunca tarama hareketi esnasında oluşan mekanik sapmalar, başlık tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülür. Bu sinyaller, elektronik olarak yükseltilir ve ibreli gösterge veya sayısal okuma ünitelerinde ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde aktarılır veya kaydetme ünitelerinde yüzey pürüzlülüğü büyütülmüş olarak milimetrik kağıtlara kaydedilmektedir. İzleyici uç; yüzey pürüzlülüğünü belirleyecek özellikte, uç kısım sert metalden 60° ve 90°'lik koni biçiminde ve tepesi küresel olarak yapılmıştır. Küre yarıçapı genellikle 0.01 mm'dir. İnce işlenmiş yüzeyin kontrolü için bu değer 0.002 mm'ye kadar küçültülebilmektedir. İğnenin yüzeye devamlı temasını sağlamak için 2.5 gramı geçmeyen bir baskı kuvveti uygulanmaktadır. Başlık; piezoelektrik, elektro-magnetik vb. gibi sistemlerden biriyle çalışabilmektedir.

Günümüzde yapılan pek çok profilometrede, iğne ucun gezintisi ile orantılı elektrik sinyalleri üreten duyarlı başlıklar kullanılmaktadır. Başlık, bir destek elemanına bağlı olmakta ve bu elemanın yaptığı doğrusal ileri – geri hareket içinde iş yüzeyi boyunca devamlı temas ederek kaymaktadır. Başlık, iş yüzeyine bir destek üzerine dayanmaktadır. Destek, kavis yarıçapı pürüzlülük dalga boyundan çok büyük olan bir dayanma elemanı olup, başlığın alt tarafında ve izleyici ucun önünde ve yanlarında bulunur.

Bünyesinde bir elektrik motoru, bir dişli kutusu, bir hareket vidası ve bir sürgü bulunan hareket ünitesi; başlığın iş yüzeyine paralel bir düzlem boyunca hareket etmesini sağlamaktadır. İleri-geri hareketin, 2.5 ila 30 mm/sn arasında olan hızı ve 1.5 ila 25 mm arasında olan kursu ayarlanarak kontrol edilebilmektedir. Elle kullanılan başlıklarda hız ayarı operatörün becerisine bağlıdır. İnce işlenmiş yüzeylerde küçük yarıçaplı iğne kullanarak hassas ölçme yapmak gerektiğinde 0.125 ile 1 mm/sn’lik düşük hızlar tercih edilir.

20. Levin Profilografi Yöntemi

Levin profilografi yöntemi, yüzeydeki düzensizliklerin mikroskop yöntemi ile ölçülmesi esasına dayanmaktadır. İncelenecek yüzey büyütülerek pürüzlülük ölçümü yapılmaktadır . 1 nolu lambadan çıkan ışın demeti 2 nolu mercekten, 3 nolu diyaframdan ve 5 nolu optik sistemden geçtikten sonra 7 ve 8 nolu aynaların üzerine düşürülmektedir. 8 nolu ayna 9 nolu iğne ucuna bağlanmıştır. 7 ve 8 nolu aynalardan yansıyan ışın demeti, 6 nolu optik sistemden geçmekte ve 4 nolu aynalar tarafından yansıtılarak 14 nolu silindirik merceğe ulaşmaktadır. Böylece, 3 nolu diyaframda geçen görüntünün 12 nolu tambur üzerine sarılmış 13 nolu hassas fotoğraf filmi üzerine düşmesi sağlanmakta ve diyaframın izdüşüm halindeki görüntüsü, burada bir ışık noktası şeklinde elde edilmektedir. Yüzeyi ölçülecek 10 nolu makina parçası, 11 nolu tablanın üst diski üzerine yerleştirilmekte ve 11 nolu tabla, 12 nolu tamburun dönüşüne uygun olarak 9 nolu iğne ucuna göre çapraz hareket yapmaktadır. Profilografin çıkarılma hızı, tamburun dönüş hızının değişmesine bağlı olarak değişmektedir. Tabla hareketinin hızı sabit kaldığından, yatay ölçekler, 25 ve 50 kez büyütülmüş olarak elde edilebilmektedir. 6 nolu objektifi değiştirip 9 nolu iğne ucunu da manivelası üzerindeki çeşitli deliklere yerleştirilerek, dikey büyütme 250 ile 5000 arasında değiştirilebilmektedir. Dikey büyütme, mikro düzensizliklerin 12 nolu tambur üzerine kaydedilen yüksekliklerini tayin etmektedir. Yatay büyütme ise incelenen yüzeyin boyunu (1.75-7 mm) belirlemektedir.



Şekil 5. Levin profilografi sistemin çalışma prensibi

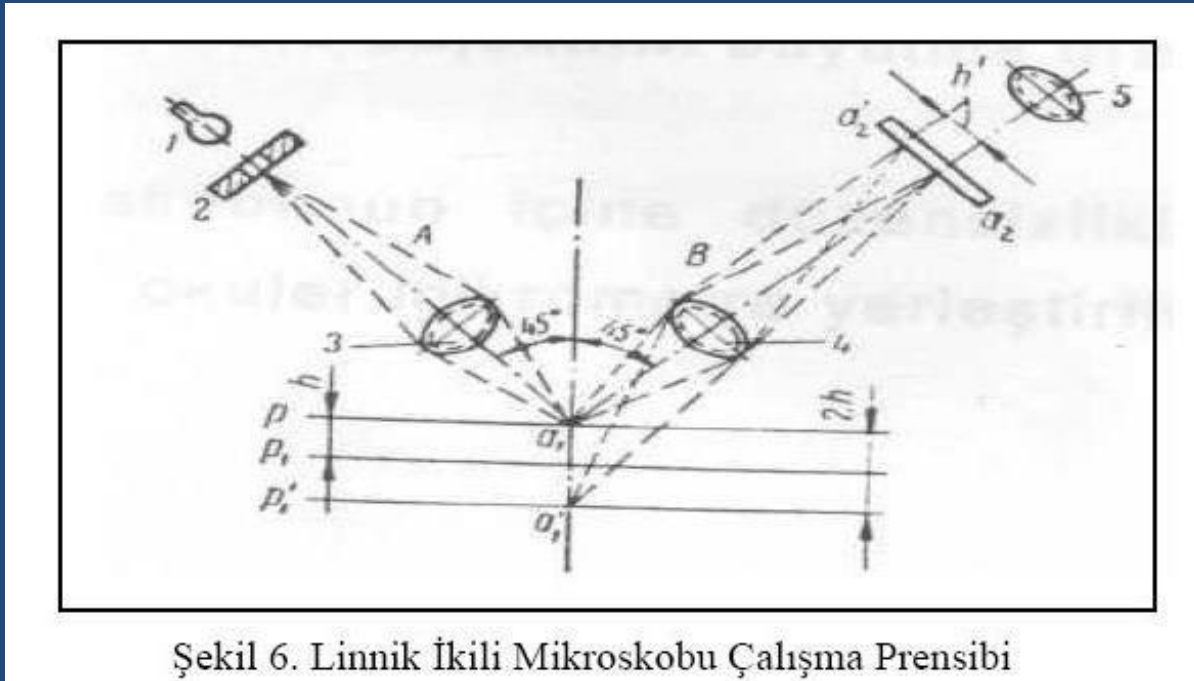
21. Linnik İkili Mikroskobu Yöntemi

Linnik ikili mikroskobu, ışık kesiti esasına göre çalışmakta ve $0.32\ \mu\text{m}$ ile $20\ \mu\text{m}$ arasındaki yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılmaktadır. İncelenen yüzeyi aydınlatan A mikroskobu ve yüzeyi inceleyen B mikroskobu olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir (Şekil 6). Her iki mikroskobun eksenleri, incelenen yüzeyle 45° 'lik açı yapacak şekilde yerleştirilir. Eksenlerinin kesişme noktası, objektifin cisim tarafındaki odak noktalarına rastlamaktadır.

A ve B mikroskopları aynı pozisyonlarda ve yüzey düzensizlikleri h ise, ışık demetinin P1 yüzeyinden yansıtılan kısmı, a1 noktasından veya P düzleminden $2h$ mesafesinde aşağıda bulunan P'1 düzleminin a'1 noktasından geliyormuş gibi görünür. Bu durumda 5 nolu oküler sistemin üzerine yansıyan iz görüntüsü B mikroskobunun ekseninden h uzaklığında olacaktır. Bu uzaklık:

$h = 2 \cdot x \cdot h \cdot \sin 45^\circ$ 'dir. Burada x , 4 nolu objektifin büyütme oranıdır.

B mikroskobunun içine, düzensizliklerin yüksekliklerini ölçmek için bir oküler mikrometre yerleştirilmiştir. Linnik'in ikili mikroskop düzenine kamera eklendiğinde, $0.9\ \mu\text{m}$ 'den $60\ \mu\text{m}$ yüksekliğine kadar düzensizliklere sahip yüzeylerin fotoğrafik kayıtları elde edilebilmektedir. Linnik tarafından geliştirilen bir diğer cihaz mikroenterferometre ile $0.1\ \mu\text{m}$ 'den $6\ \mu\text{m}$ 'ye kadar olan düzensizlikler, 400 ile 500 kat kadar büyütülerek ölçülebilmektedir. Mikroenterferometre, ışık kırınım ve verilen kesitteki yüzey mikro düzensizlikleri yüzünden kırınım bantlarının bozulması, çarpıtılması esasına dayanmaktadır.



Mikro düzensizliklerin yüksekliğini gösteren a değerini ve yan yana olan bantların uzunluklarını gösteren b değerini ölçecek şekilde bir oküler sistem kullanılmıştır. Bu ölçümler sonunda mikro düzensizliklerin gerçek yüksekliği; $h = 0.25 a/b$ olarak elde edilmektedir.

22. Hava Mastarı Yöntemi

Bu yöntem genellikle dökümden çıkmış olan parçaların yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılmakla birlikte işlenmiş yüzeylerin pürüzlülüğünün tespitinde de kullanılabilir. Sisteme gönderilen hava basıncı, mastarın memesinden geri tepen basınç değeri veya sistemden sızan havanın fonksiyonları, pürüzlülük değerini belirlemektedir. Yüzey pürüzlülüğünün hava mastarı yöntemi ile ölçülmesinin bir değerlendirilmesi yapılırsa aşağıdaki özellikler sıralanabilir:

- Bu metot işleme izlerinin rasgele olduğu yüzeylere uygulanabilir.
- Cihazın tekrarlanabilirlik kararlılığı oldukça iyidir.
- Herhangi bir değerdeki pürüzlülük ölçülebilir.

23. Fotoğraf Yöntemi

Yüzey pürüzlülüklerinin kıyaslanarak yorumlanabileceği bu yöntem, yüzey fotoğraflarının büyütülmesiyle yapılmaktadır. Yüzeylerde çalışma ve mukayese yapıldığında elde edilen bilgilerin dosyalanması, gruplar arasında tartışılması ve spesifik mukayesenin yapılması açısından önemli ve tercih edilen bir yöntem olduğu görülmektedir. Net görüntülü fotoğraflarda, yüzeyler arasındaki küçük sapmaları ayırt etmek mümkündür. Yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalaması için gerekli olan sayısal değer bu yöntemle elde edilememektedir. Derinliği yansıtan gölgelerin görünümü pürüzlülüğün yorumlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir.

24. Görsel Komparatörler Yöntemi

Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için görsel komperatörler, önceden değerlendirilmiş bir seri örnek yüzeyin üretimi tamamlanmış yüzeylerle mukayesesi esasına dayanmaktadır. Belirlenen yüzey pürüzlülüğünün, fonksiyonel olarak müsaade edilir değerlerde olduğu ve numunede belirlenmiş yüzey değerlerinden daha pürüzlü olmadığı kararının verilmesi için kullanılır. Görsel komperatörler yönteminin işlenmiş yüzeylerde başarılı olmasından dolayı benzer komperatörler dökümcüler tarafından kendi üretimlerinin yüzeylerine uygun tanımlamayı sağlayacak şekilde geliştirilmiş ve yüzeylerin kontrolünde bu komparatörler hassasiyetle kullanılmıştır. NAS 823 komperatör master farklı döküm üreticilerinin ürünleri arasında meydana gelen yüzey farklılıklarını tespit etmek için geliştirilmiş ve uçak parçaları için üretilen hafif metal döküm yüzeylerinin değerlendirmesinde kullanılmaktadır.

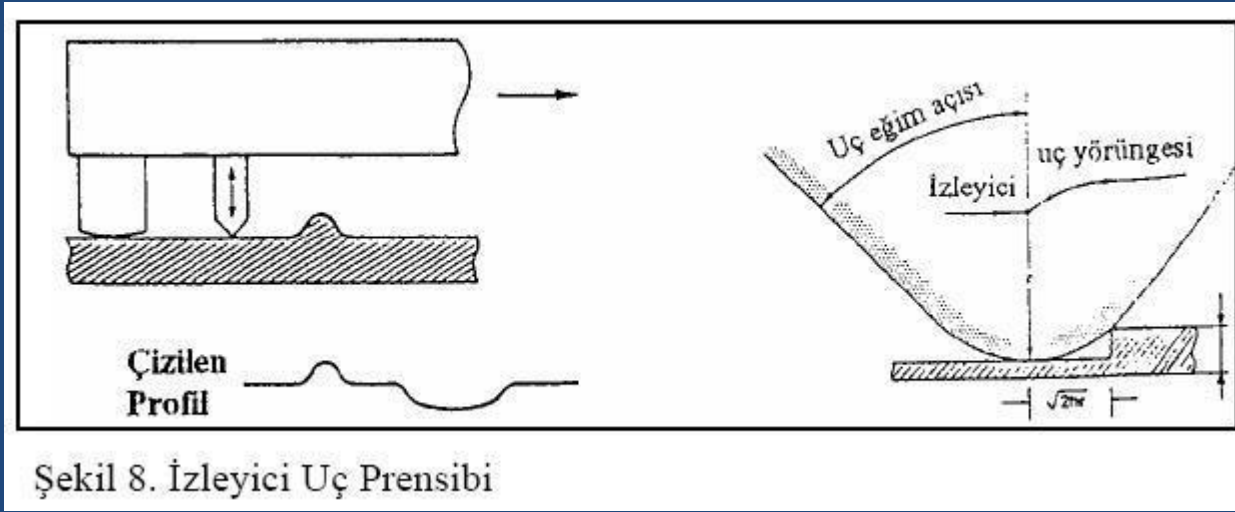
25. Kaydedici İndikatör Yöntemi

Kaydedici indikatör olarak tanımlanan yüzey pürüzlülüğü indikatörü yöntemi, yüzey izinin büyültülüp değerlendirme ve çalışma için kaydedildiği bir indikatör tipidir. Kullanılan elektrik toplayıcı (veri toplayıcı) oransal olarak genişletilmiş iz üzerinde kaydedici iğnenin hareketinin güçlendirilmesi ile düşey hareketli izleyici uç tarafından üretilen elektrik darbesiyle ölçme yapan bir sistemdir. Düşey ve yatay büyültme ölçekleri eşit olmadığından düşey büyültmenin çok büyük değerine erişilerek hassas sapmaların belirlenmesi ile ayrıntılı bir izi tanımlamak mümkündür.

- Çok sayıda okuma sonucunun ortalaması alındığı için rasgele iz seçimi mümkündür.
- Uygun ölçme yapıldığında tekrarlanabilme özelliği oldukça iyidir.
- Değişik ölçülerin mevcut olması herhangi bir pürüzlülük oranını belirlemektedir.
- Değişik şekilli ve büyük parçaların ölçme donanımına göre ayarlanması zor olmaktadır.
- Ayarlama ve yeterli sayıda okuma gibi insan kararları gerektiren durumlar içerir.
- Donanımlar kullanılmadığında değerlendirme için gerekli hesaplamalar, oldukça fazla zaman kaybına yol açmaktadır.

26. İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi

İzleyici uçlu cihazlar, çok sivri bir izleme ucu kullanılarak ölçüm yapılan yüzey üzerinde, yüzey düzensizliklerine çapraz yönde ve değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilirken meydana gelen titreşimlerin büyütülerek, hareketli bir şerit üzerine kaydedilmesi veya göstergeden okunması esasına dayanmaktadır. Mekanik, pnömatik, elektronik veya optik destekli imal edilen cihazlarda izleyici ucun yüzey üzerindeki baskısı çok az, pürüzlülük büyütme oranı 100.000 kata kadar olabilmektedir. İzleyici ucun mekanik yer değiştirmelerini kolayca elektrik sinyallerine dönüştürebilen elektrik donanımlarda kullanılan iki çeşit transdüser tercih edilmektedir.



Pikap iğnesi gibi yüzeyde doğrusal bir hat boyunca kayıt yapan araçlar (Stylus tipi araçlar) işlenmiş yüzeylerin pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde basit bir yöntem olarak yaygınlık göstermiştir. İğnenin uç yarıçapı, yüzeyin pürüzlülüğünü değerlendirmeye imkan verecek ölçüde küçük olarak seçilmelidir.

Ucun geometrisinin mükemmel olmayacağı ve elmas ucun dahi zamanla aşınacağı dikkate alınır, uç yarıçapına bağlı olarak sonuçların okunmasına ilişkin hataların çıkacağı belirtilmiştir. İşlenmiş yüzeylerde oluşan pürüzün şekli ve uç yarıçapından kaynaklanan hataya örnek olarak, 60° açılı konik izleyici bir ucun, hipotetik bir yüzeyde enine hareketi ile elde edilen temsili izinin şekli, Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. İzleyici Uçtan Kaynaklanan Ölçme Hatası

Pürüzlülüğü 0.05 μm ve daha küçük olan değerlerin elde edildiği yöntemler “hassas” olarak değerlendirilmiştir. Diğer yöntemlerin ise, “orta” grubu teşkil ettiği kabul edilmiştir. Temaslı grubu oluşturan yöntemlerin çoğunun ölçme hassasiyeti bakımından kaba veya orta grupta olduğuna dikkat edilmelidir (Tablo 1). Temastan kaynaklanan ölçme hatalarının yöntemin tabii yapısından kaynaklandığı ve ölçme sonuçlarında oluşan toplam sistematik hatanın büyük olduğu unutulmamalıdır.

Temassız grubu oluşturan yöntemlerin çoğunun ise hassas olarak değerlendirilen kısımda yer aldığı görülmektedir.

Yöntemlerin sadece üç tanesi tahribatlı olarak değerlendirilebilir. Diğer yöntemlerin tahribatsız olmaları tercih için geniş bir yelpaze oluşturmaktadır.

Tablo 1. Yüzey Pürüzlülük Ölçme Yöntemleri ve Özellikleri

ÖLÇME YÖNTEMİ	UYGULAMA ŞEKLİ				ÖLÇME HASSASIYETİ		
	Tahribat İ	Tahribat Çiz	Temaslı	Temassı	Kaba	Orta	Hassas
1. Dokunma Yöntemi		•	•		•		
2. Mekanik Çalışma Yöntemi	•		•		•		
3. Hidrolik Metot		•	•		•		
4. Pnömatik Metot		•		•			•
5. Yüzey Dinamometresi	•		•		•		
6. Kapasitans Yöntemi		•		•		•	
7. X Işını Yöntemi		•		•			•
8. Elektron Mikroskobu Yöntemi		•		•			•
9. Optik Mikroskop Yöntemi		•		•	•		
10. Kesit Alma Yöntemi	•		•		•		
11. Karşılaştırma Mikroskobu Yöntemi		•		•	•		
12. Optik Yansıtma Yöntemi		•		•			•
13. Optik Parazit Aletleri Yöntemi		•	•			•	
14. Işık Yansıması (İnterferometri) Yöntemi		•		•			•
15. Replika (Mask) Yöntemi		•	•		•		
16. Standart Örnek Yüzeyler Yöntemi		•		•	•		
17. Işık Bantlı Mikroskop Yöntemi		•		•			•
18. Elektro-Fiber Optik Sistem Yöntemi		•		•			•
19. İnterferans Mikroskop Yöntemi		•		•			•
20. Kisilev Profilometresi Yöntemi		•	•				•
21. Yaylı Tip Profilometreler Yöntemi		•	•				•
22. Elektrikle Çalışan Profilometreler Yöntemi		•	•				•
23. Levin Profilografı Yöntemi		•		•		•	
24. Linnik İkili Mikroskobu Yöntemi		•		•	•		
25. Hava Mastarı Yöntemi		•		•	•		
26. Fotoğraf Yöntemi		•		•		•	
27. Görsel Komperatörler Yöntemi		•		•	•		
28. Çok Sayıda yüksekliğin Masterla Okunması Yöntemi		•	•		•		
29. Kaydedici İndikatör Yöntemi		•	•			•	
30. İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi		•	•				•

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde, pürüzlülük aralığı, pürüz tepelerinin ve yanaklarının yaptığı açılar, pürüzlülük dağılım eğrisi gibi önemli kriterler etkili olmaktadır. Bu kriterlerin gözle tespitine ve değerlendirilmesine imkan veren pürüzlülük grafiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Grafik alma özelliği olan cihazlar pürüzlerin kaydedilmesi yönüyle daha somut ve kapsamlı bilgilenme ve karar vermeye yardımcı olması bakımından tercih edilmektedir.

ARAŞTIRMA ÖDEVİ

1 Tablo 1 de verilen Temaslı ve temassız yüzey pürüzlülük ölçme yöntemlerinin resimlerini ve çalışma prensibini açıklayan bir rapor hazırlayınız. (PPT)

Bu yöntemlerden birinin kullanıldığı bilimsel bir çalışma bulunuz ve (makale, bildiri, poster) çalışmayı inceleyip, çalışmanın amacını ve bulgularını kısaca özetleyiniz.

Ödev teslim son tarih: 20 Mayıs 2022

