

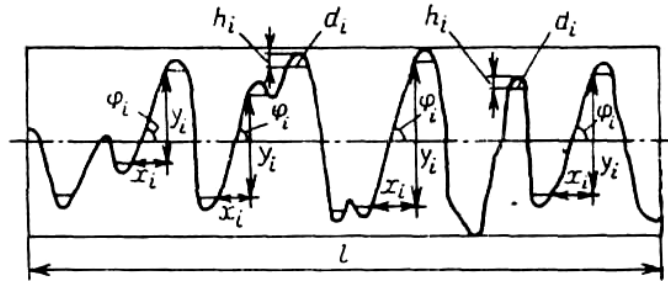
A.I.6 YÜZEYLER VE YÜZEYARALARININ - PÜRÜZLÜLÜĞÜN DENEYSEL ETÜDÜ

Buraya kadar temas eden iki katının yüzey etkileşimlerini teorik açıdan irdeledik. Bu kez bu gibi karşılıklı etkilerin araştırılmasında kullanılacak başlıca teknikleri gözden geçireceğiz. Bunda iki amaç gözetilmiştir; bundan önce $A_r=L/p$ gibi makro ölçüde münasebetlerin doğru olup olmadıklarının kontrolüne olanak sağlarlar; ikinci olarak da, mikro düzeyde, gerçek temas alanını oluşturan bireysel birleşmeler hakkında bir şeyler elde etmeyi mümkün kılarlar. Bu bilgi, sürtünme ve aşınma olgusunu tetkik ettiğimizde birçok şekilde kullanılacaktır.

Mamafih önce, bir yüzeyi betimleyen ve bir yüzey arası teşkil etmek üzere iki yüzey birleştirildiğinde ancak dolaylı olarak nelerin hasıl olduğunu belirten bir önemli ölçüm tipini tartışacağız. Bu ölçüm, yüzey pürüzlülüğünün saptanmasını kapsamaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü, yüzey biçiminin bir ideal ya da önceden ortaya konmuş şekilden sapması olarak tanımlanabilir. Böylece de, elde bir itibarî düz yüzeyin bulunması halinde pürüzlülük, gerçek tam alanın itibarî (nominal) iz düşürülmüş alana oranı, ya da, bundan önce gördüğümüz R_{max} (Şek.4) veya bir itibarî çizgi ile yüzey düzensizliklerinin yaptıkları ϕ_i açısı olarak (Şek. 19) tanımlanabilir.

Devam etmeden önce bu kavramlara ait bazı ayrıntıları verelim. Yüzey doruklarının eğrilme yarıçapları, yüzeyi enine ve boylamasına tarayarak elde edilen profil grafiğinden saptanır. Hesap için en az beş en yüksek doruk alınır ve d_i kesit genişliği, tepeden h_i mesafesinde bulunur ki bu sonucusu $0,3 R_a$ veya $0,06R_{max}$ 'a eşittir (Şek. 19). Tablo 21, çeşitli işleme yöntemlerinde profil doruk eğrilme yarıçap değerleri hakkında fikir verir.



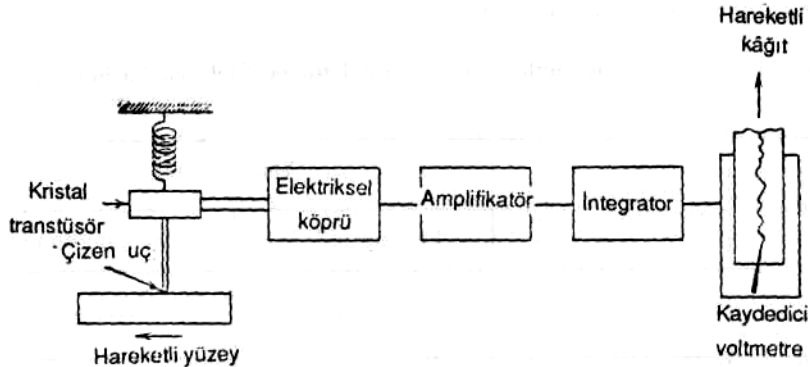
Şek. 19.- Yüzey düzensizliklerinin tepe eğrilme yarıçapları ve eğilim açıları hesap etmek için diyagram

Tablo 21.- Çeşitli yöntemlerle işlenmiş yüzeylerde profil doruk eğrilme yarıçapları

İşlenme yöntemi	Yüzey pürüzlülük sınıfı (GOST 2789)	Yarıçap (μm)	
		Enlemesine r_{tr}	Uzunlamasına r_{ln}
Taşlama	6 - 7	4 - 10	100 - 300
Tornalama	8 - 9	10 - 40	100 - 300
	5 - 6	20 - 40	400 - 500
	7 - 8	40 - 120	-
Frezeleme	4 - 5	30 - 60	400 - 500
	6 - 7	60 - 80	-
Parlama	8 - 9	300 - 700	300 - 700
	10	500 - 1000	500 - 1000
Laplama	10 - 12	20 - 70	-

Profilmetre .- Pürüzlülüğün ölçülmesinde belki de en yaygın şekilde kullanılan yöntem olup, genellikle ucu yuvarlatılmış, çok sert malzemeden (örneğin elmas) bir iğne ile çalışır. Böyle bir iğne, gramfon iğnesine çok benzer şöyle ki bu sonuncu iğne, plağın dalgalılık ve pürüzlülüğünü ölçmede kullanılmaktadır.

Bir pürüzlülük ölçümünde iğne yüzey üzerinde hareket eder ve bunun dikey hareketleri elektriksel ya da mekanik olarak büyütülür ve bir hassaslaştırılmış kâğıt üzerine kaydedilir (Şek. 20).



Şek. 20 .- Bir profilmetrenin şematik gösterilimi

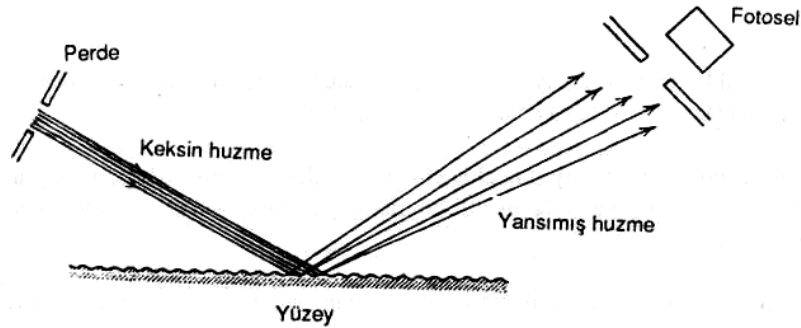
Alternatif olarak, küçük yer değiştirmelerin integralleri alınıp bir nevi ortalama pürüzlülük değeri hasıl edecek şekilde ortalanan ki bu sonuncusu, ölçülen profilin ideal pozisyonundan ortalama sapmasını temsil eder.

Yukarda söylendiği gibi performans karakteristikleri, deney parçası(prob) nın şekil ve boyutu, örneğin pürüz tepelerinin eğrilme yarıçapı ile saptanır. Her ne kadar profilmetreler, yüzeydeki

hafif dalgalanmaları yakalamakta son derece hassas iseler de, keskin - derin yarıkları saptamakta o denli zayıf kalmaktadırlar. Bunlara dair bazı ayrıntılar ilerde verilecektir.

Optik teknikler .- Her ne kadar bir profilmetre, bir çizgi boyunca yüzey pürüzlülüğü hakkında hızlı ve uygun bilgi veriyorsa da önemli bir pürüzlü alanın taranmasına fazla uygun olmamaktadır. Bu nedenle, bu sonuncu amaç için bir optik tekniğe başvurulur. Yüzeylerin, bunların pürüzlülükleri hakkında bilgi edinmek üzere birçok optik muayene yöntemi vardır. Genel olarak bir yüzeye bir ışık demeti gönderilir ve demetin yüzey üzerinden yansımalarıyla nasıl bozulduğu tetkik edilir. Yüzeydeki intizamsızlıklar, yansımış demetin bir görünümü olarak kendilerini belirtirler. Elde bulunan yöntemlerden aşağıdakiler sayılabilir :

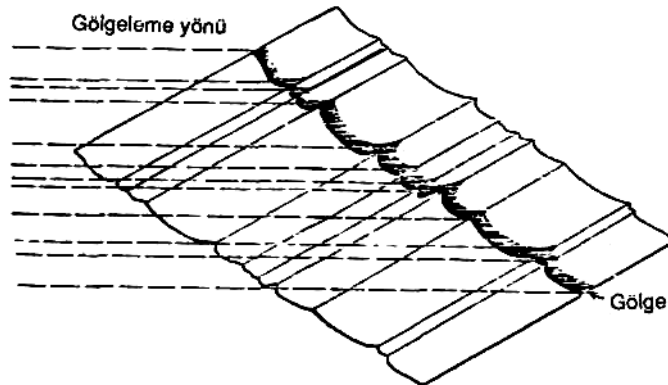
Ayna türü yansımaya ölçümü . Bir ışık demeti yüzeye bir açı altında gönderilir ve aynadaki gibi yansımamış ışık bölümü ölçülür. Bu, pürüzlülük hakkında bazı bilgiler verir (Şek. 21).



Şek. 21 .- Yüzey pürüzlülüğü tetkikinde yansıtma kabiliyeti yöntemi

Yüksek güçlü mikroskopla yüzeyin tetkiki. Doğruca ya da meyilli aydınlatma altında gözlenebilen görünümlerin miktar ve şiddeti, yüzey düzensizliklerinin türü hakkında bilgi verir.

Işık profil yöntemleri. Bu yöntemlerde bir meyilli ışık ya da gölge yüzeye gönderilir ve yüzey düzensizliklerinin türü açıkça belli olur (Şek. 22).



Şek. 22 . Pürüzlülüğün tetkiki için ışık profil yöntemi. Bu yöntem, pürüzlülüğün paralel tepe ve çukurluk şularından ibaret olması halinde en iyi sonucu verir.

Yukarda sayılan yöntemlerin hepsinin müşterek yanı, dikey tefrik (ayırma) kabiliyetinin herhangi bir optik sisteminkinden, yani ışığın yarı dalga uzunluğundan daha iyi olmayıp yatay tefrik kabiliyeti de buna kıyaslanabilir. Bu, bir tür sakınca teşkil eder şöyle ki ışığın dalga

uzunluğu 5×10^{-5} cm olup bu değer birçok yüzeyin tetkikinde aranılardan fazladır. Çeşitli interferans yöntemleri de vardır. Bunlar genellikle ayırımı dikey yönde büyük ölçüde iyileştirmişlerdir (birkaç Angstrom' a kadar) ama yatay ayırım çok daha zayıftır.

Her iki yönde de iyi bir ayırma elde etmek için elektron mikroskobuna başvurmak gerekir. Bu yolla daha fazla önemli bilgiler elde edilmişse de çeşitli teknikler zor ve usandırıcıdır.

Bu ölçme tekniklerinin uygulanma ve kullanılan aletlerin ayrıntıları aşağıda verilecektir.

Adsorpsiyon teknikleri

Katı yüzeyler üzerine moleküller adsorbe olduklarında bunlar önce, ve tercihen yüzeyin en aktif kısımları ve sonra da öbür kısımları üzerinde adsorbe olurlar ve nihaî olarak da, bütün kısımlar dolduktan sonra bir ikinci tabaka birincisinin üstüne binmeye başlar. Adsorpsiyonun vaki oluş şeklinin etüdünden, yani adsorbe eden moleküllerin konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak adsorpsiyon miktarının ölçülmesinden, hangi aşamada ilk molekül tabakasının adsorpsiyonunun tamamlandığını ve ikinci tabakanınkinin başladığını istidlal etmek mümkün olmaktadır. Bu deney, böylece bir katı yüzeyin yüzey alanını, belli bir hassasiyetle, değerlendirme olanağını sağlar şöyle ki bir adsorbe olmuş, tek kat tabaka teşkili için gerekli toplam malzeme miktarının ölçülmüş bulunduğu varsayılmıştır.

Bu yöntem yüzeyleri, prob olarak adsorbe eden moleküllerin kendileri kullanılarak, tetkik eder. Bu yöntemle yürütülmüş deneylerin çoğunda, 3.10^{-8} cm civarında çapta basit adsorbe eden gazlar kullanılmıştır. Bu prob, çatlakların ve yüzeyin kıl çatlaklarının derinliklerine nüfuz edecek ve her tür ince yüzey pürüzlerinin şekillerini takip edecek kadar küçüktür. Bu yöntem, yüzeyin toplam alanının bir değerlendirilmesini sağlar.

Adsorpsiyon yöntemi ile elde edilmiş sonuçlar son derece ilginç olmuştur. Her ne kadar elektrolitik parlatma veya haddeleme ile elde edilmiş bir tipik metal yüzeyi, onun izdüşmüş yüzeyinden hafifçe büyük bir toplam yüzey alanına sahipse de abrazyon süreciyle elde edilmiş metal yüzeyi, izdüşmüş alanın yaklaşık üç katı kadar büyük olmaktadır. Bu sonuçlar, ya yüzeyde çok sayıda derin çatlakın var olduğu, ya da ortalama yüzey pürüzlülüğünün , \cos' ü $1/3$ olan bir meyilli yüzeyinki olduğu ileri sürülerek yorumlanabilir. Bu da, yaklaşık 70° lik bir pürüzlülük açısına varır.

A.I.6.1 Yüzey etkileşimleri geometrisinin ölçülmesi

Daha önce A_r toplam temas alanının, hiç değilse yaklaşık olarak, plastik sınır yöntemleriyle hesap edilebileceğini görmüştük. Bu kez bu toplam alanın, birleşme sayı ve boyutu itibariyle, oluşma yolunu araştıracağız. Bu amaçla birçok yöntem kullanılmıştır. Bunların çoğu dolaylı türdendir şöyle ki yüzey etkileşimlerine dayanım birleşme sayı ve boyutunu değerlendirirler.

Gerçek temas alanını saptamak üzere geliştirilmiş yöntemler, beş gruba ayrılabilirler. Bunlar Tablo 22' de beyan edilmişlerdir.

1. Grup

Elektrik direnç yöntemi. Bir yüzey arasının elektrik direncinin ölçümü, ya buna bağlı konular (örneğin elektrik kontaktlarının işleyişinin veya direnç kaynağı sürecinin tetkiki), ya da yüzey arasının geometrisine tuttuğu ışık bakımından sık yapılır.

Tablo 22 .- Gerçek temas alanının saptanması için yöntemler

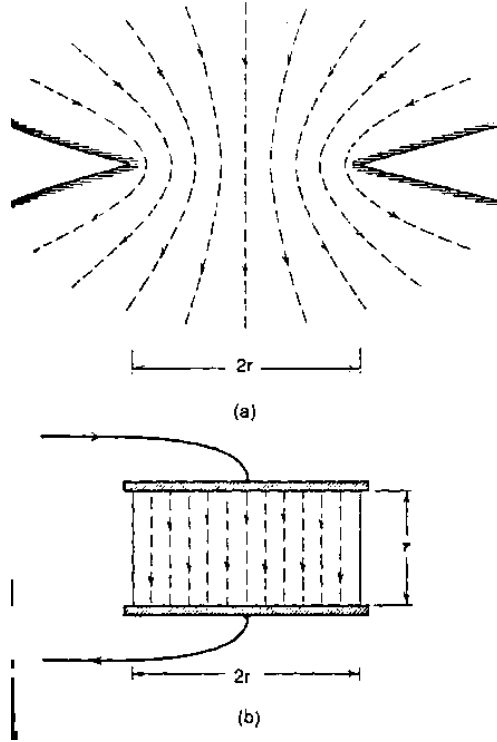
Yöntemler grubu	Bilgi edinme yöntemi	Uygulama	Mülâhazat
1. Temas İletkenliğine Dayanan	Elektriksel iletkenlikle	Durağan ve kayan temas halinde metaller	Başka yöntemlerle tahkiki gerekir.
	Isıl iletkenlikle	Durağan temas halinde metaller	
	Ultrasonik iletkenlikle	Durağan ve kayan temas halinde herhangi katılar.	
2. Geometrik	Yüzeylerin yaklaşımı ile	Durağan temas halinde herhangi katılar. $R_{\text{et}} \geq 0.6 \mu\text{m}$	
	Büyük yarıçaplı küre ile yüzeye bastırarak elde edilen veriler	Durağan temas halinde herhangi katılar. $R_{\text{et}} \geq 0.6 \mu\text{m}$	

3. İnce filmlerin kullanımına dayanan	İşık veren madde içeren filmlerin kopmasıyla	Durağan temas halinde herhangi katılar, $R_a \geq 1.2 \mu\text{m}$	Başka yöntemlerle tahkiki gerekir.
	Radioaktif izotop içeren filmlerin kopmasıyla	Durağan temas halinde herhangi katılar, $R_a \geq 0.16 \mu\text{m}$	
	Karbon filmlerinin kopmasıyla		
4. Optik	Tüm iç yansımamın bozulmasıyla	Yüzeylerden biri şeffaf, sert ve düzgün; temas, durağan veya kayar, $R_a \geq 0.6 \mu\text{m}$	
	Temas noktalarında difüzyon (yayılma) yokluğu ile	Her iki yüzey şeffaf; durağan ve kayar temas, $R_a \geq 1.2 \mu\text{m}$	
	Temas noktalarında enterferans düzeninin değişmesiyle	Yüzeylerden biri şeffaf sert ve düzgün ve bir yansıtıcı filmle kaplı; durağan temas $R_a \geq 1.2 \mu\text{m}$	
5. Temas alanlarında fizikoşimik niteliklerin değişmesiyle	Temas noktalarının dağılması ve buralara seçici metal konulması	Metal yüzeyleri durağan temasta	Yöntemler yetersiz derecede geliştirilmiştir.

Bir dairesel temasın (Şek. 23) R elektrik direnci için temel denklem

$$R = \frac{\rho}{2r} \quad (1)$$

olup ρ , her malzemenin elektriksel rezistivitesi (özgül direnci) dir.



Şek. 23.- Bir birleşmenin (a) gerçek, (b), farz edilen görünümü. Tüm elektriksel direncin daralma - büzülmenin yakınında hasıl olduğu varsayılmıştır.

Bu sonuç beklenmezdi şöyle ki R' nin r^2 ile ters orantılı olarak değişmesi bekle ilebilirdi. Ama, direncin çoğunun daralma - büzülmeye yakın yerde hasıl olduğu görünüyor ve burada biz, r yüksekliğinde πr^2 alanında bir silindirin mukavemetinin

$$R = \frac{\rho r}{\pi r^2} \approx \frac{\rho}{\pi r} \quad (2)$$

olduğunu, iyice basit bir model kabul ettiğimizde, buluyoruz. Bu da, doğru olan (1) denkleminin iyi boyutsal uyuma içindedir.

Şimdi, $r, \dots, r_p, \dots, r_n$ yarıçapında çok sayıda dairesel temaslı bir yüzey arası olursa, toplam R için

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{2\sum r_i}{\rho} \quad \text{olur (3)}$$

Bu sonuncu denklem, bireysel birleşmeler hakkında bir şeyler söylüyorsa da, bunların boyutlarını değerlendirmede yetersiz kalıyor. Mamafih, bütün birleşmelerin aynı boyutta olduğunu, ve $A_r = L/p$ denkleminin kullanılabileceği varsayılarak

$$L = A_r p = n \pi r^2 p \quad (4)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{2nr}{\rho} \quad (5)$$

bulunur ki buradan

$$r = \frac{2LR}{\pi p \rho}, \quad n = \frac{\pi p \rho^2}{4LR^2} \quad (6)$$

olur ve birleşmelerin sayı ve ortalama boyutu ayrı olarak değerlendirilir.

Yürütülmüş olan bu hesaplanıl sonuçları, basit teoride dikkat nazara alınmamış olan iki

etkinin varlığı dolayısıyla ciddi bir sistematik hataya bulaşmış gibidir:

1.)İki birleşmenin birbirlerine yakıtı olmaları halinde vaki olan karşılıklı etkileşim. Bu etkide aynı malzeme, her iki birleşme için akün intikal ettirecektir; dolayısıyla etkin daralma - büzülme direnci, (3) denkleminin verdiği değer üstünde artacaktır ve böylece de (6) denkleminde hesaplanmış birleşme sayısı çok küçük kalacaktır.

2.)Elektriksel olarak dirençli yüzey İlimlerinin varlığı. Bu vaki olduğunda, daralma - büzülmeden başka bir elektrik direnç komponenti ortaya çıkacaktır.

Mamafih, elektrik direnç yöntemi son derece önemli bir yüzey tetkik yolu olarak görülmektedir şöyle ki bu, hem durağan, hem de kayan yüzeylerde kullanılabilir; oysa ki birçok sair yöntem sadece birine uygulanabilmektedir.

Sıcaklık yöntemi. Isıl iletkenlik ile temas alanının saptanmasının doğruluğu, temas arası boşluğu dolduran gazın (hava) ısıl iletkenliğinden büyük ölçüde etkilenmektedir; burada da temas noktalarının alan ve sayısı bilinmek zorundadır. Bunun elektrik direnç yönteminden farkı, yüzey arasında oksit filmlerinin varlığı daha az ciddidir şöyle ki bu filmler elektrik akımına gösterdikleri mukavemetten çok daha azını ısı akımına gösterirler. Öbür yanda, numuneler arasındaki hava aralığından, birleşmelerin uzağında, önemli bir ısı akışı vaki olabilir ve dolayısıyla sonuçlarda bir düzeltine yapılmalıdır.

Kayan numuneler bahis konusu olduğunda, birleşmenin boyutunu saptamak için hasıl olan sıcaklık ölçülebilir. Kayma sırasında meydana gelen sıcaklık artışı, alçak kayma hızlarında, r ile ters orantılı olarak değişir.

Isı akışının gerekli doğruluk derecesiyle ölçülmesi bazı güçlükler arz ettiğinden bu yönlen geniş uygulama alanı bulmamıştır.

Ultrasonik yöntem. Temas alanının tayini için ultrason kullanılması, özellikle deney numunelerinin şekil ve boyutuna bağlı olan enterferan olgusunun dikkat nazma alınmasını gerektirir. Kaldı ki, ultrasonik dalga uzunluğu temas noktası çapından hayli büyük olduğundan, iletkenlikle dalga uzunluğu arasındaki münasebetin bulunması gerekir ve de sifıra yaklaşan bir dalga uzunluğunda iletkenlik ancak enterpolasyonla saptanabilir. Bu mülâhazalar özenle dikkate alınmadan yöntem sadece kıyaslamalı ölçümler için kullanılabilir.

2. Grup

Geometrik yöntem. Yüzeylerin yaklaşımlarının ölçülmesine dayanan yöntem, gerçek temas alanı ile yaklaşım arasındaki bağıntının bilinmesini gerektirir. Bunda, pürüzlü yüzeyin profil grafikleri, bu yüzey düzgün yüzeye temasa getirilmeden önce, kaydedilir. Bu grafikler taşıma (yatak) alanı eğrisinin parametrelerinin saptanmasının kaynağı olmaktadır. Taşıma alanı eğrisinin nokta nokta saptandığı pürüzlü yüzey düzgün, sert bir yüzeye temas ettiğinde gerçek temas ahun, belli bir yaklaşıklıkla plastik temas olarak, taşıma alanı eğrisinin tekabül eden absisine eşil kabul edilebilir. Böylece de, pürüzlü ve düzgün yüzeyler arasındaki yaklaşımı ölçerek, gerçek temas alanı hakkında fikir edinilebilir.

Yöntemin uygulanması oldukça müşküldür şöyle ki temas eden pürüzlü yüzeyin, çok sayıda yüzey profil grafikiğine dayanan geometrisinin özenli tetkikini gerektirir.

Gerçek temas alanının, yaklaşım ve taşıma alanı eğrisi parametrelerinin saptanması için başka bir geometrik yöntem, büyük yarıçaplı ($r = 100$ ila 200 mm) bir küresel bilye ile bir pürüzlü yüzeye bastırma sonucu meydana gelen şekil bozulmasının ölçülmesine dayanır.

3. Grup

İnce filmlere dayalı yöntem. İnce filmler yardımıyla gerçek temas alanının ölçülmesi, mühendislik uygulamalarında çok yaygındır. Örneğin, gerçek temas alanı, temas eden yüzeyler masına konmuş bir karbon kağıdı üzerinde elde edilen izin alan ya da ışık saçma nitelikleri ölçülerek kabaca talimin edilebilir. Bir başka teknik de, karşılıklı gelmiş yüzeylerin birine bir ince film tatbik edip ve yüzeyleri temas haline getirip teması kestikten sonra filmin kırıldığı yerlerin veya çıkıntılarının öbür yüzeye yapışması ve şekil değiştirmesi nedeniyle bunların nerede öbür tanıla intikal ettiğinin tetkikinden ibarettir.

Çevre temas alanı yerine gerçek temas alanına tekabül eden bir iz elde etmek için, tatbik edilecek tabakanın çok ince olması gerekir; aksi halde, profilin çukurluklarını doldurup temas eden yüzeylerin geometrisini bozacaktır. Tabakanın kalınlığı, profil doruklarının yüksekliğinden çok küçük olacaktır. Böyle bir ince tabakayı saptamak için çeşitli yöntemler kullanılır.

Gerçek temas alanı yine bir ışık veren pigment yardımıyla tespit edilebilir. Ve uçucu solvante karıştırılmış pigment içeren maddeden ince bir tabaka deney yüzeyine sürülür. Solvent uçtuktan sonra, boyanmış yüzey, boyanmamış olanla temas haline getirilir. Film, temas noktalarında karşı yüzeye intikal eder. Bu yüzey ultraviyole ışınlarına maruz bırakıldığında, luminesent (ışık veren) pigment aktive olur ve spektrumun görünür bölgesinde ışık ışınları saçmaya başlar.

Gerçek temas alanının bir fotoğrafı bu yolla elde edilebilir. Yöntemin doğruluk derecesi geniş ölçüde luminesent pigmenti içeren filmin niteliklerine bağlıdır. Bazı araştırmalar, mutad olarak kullanılan reçina (rosin) filmlerin iyi sonuç vermediklerini göstermiştir.

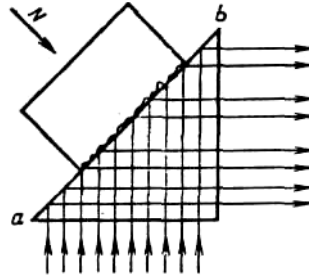
Bu grubun bir başka yöntemi de radioaktif izotop yöntemidir. Temas eden yüzeylerin biri bir radioaktif madde tabakasıyla kaplanır. Yüzeyler temas halinde iken, aktif izotoplar, temas noktalarında aktif olmayan yüzeye intikal eder. Aktive edilmemiş numunenin yüzeyinde izotopların dağılması otoradiografi aracılığıyla saptanır. Otoradiograflar için bir ince taneli film kullanılır. Bu yöntemin avantajı, büyük hassasiyetidir.

Karşılıklı yüzeylerden biri üzerine vakumda püskürtülerek konulmuş bir karbon filminin yardımıyla gerçek temas alanının ölçülmesi yöntemi, en basit ve etkin olanıdır. Deney numuneleri birleştirildiklerinde film, temas noktasında kopar. Parçalar ayrıldıktan sonra açık renk temas noktaları, koyu karbon filmi ekranı üzerinde açıkça fark edilir. 40 ilâ 50 lum kalındığında bir karbon filmi tabakası gözle görülebilir. Bu denli ince filmlerin kullanılması, $R_a > 0,08$ / μm lu yüzeylerin gerçek temas alanlarının ölçülmesini mümkün kılar.

4. Grup

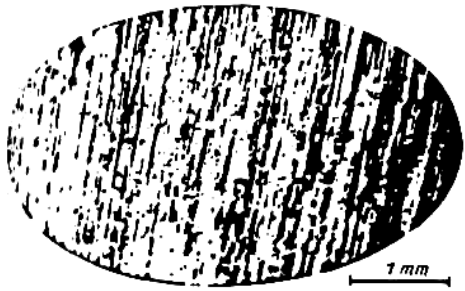
Optik yöntemler. Bu yöntemlerde temas eden cisimlerden biri şeffaftır. Bu, temas sayı ve boyutlarının doğrudan gözlenmesine olanak sağlar. Böylece de bir çelik yüzey, ince bir gümüş tabaka ile kaplı bir cam yüzey üzerine bastırılarak camın arasından, gerçek temas alanının boyutu

tetik edilebilmiştir. Bu yöntemin sadece şeffaf malzeme ve ilk temas aşamalarının, kaymanın yüzeyde önemli değişiklik getirmesinden önce ölçülmesine inhisar etmesinden başka, çok faydalı bilgiler sağlamaktadır.



Şek. 24 .- Gerçek temas alanının optik yöntemle ölçülme prensibi

Bu yöntemlere bağlı olarak bir pürüzlü yüzeyin bir optik prizma ile temas yöntemi (Şek. 24) vardır ki bunda tüm iç yansımaların bozulması sonuçlanır. Prizmanın temas eden yüzeyi üzerine, kritik açıdan büyük bir açıyla bir paralel ışık demeti yöneltilir. Toplam iç yansımalar, temas noktalarında bozulur ve bu noktalar, yansımış ışıkta açık renk arka plan üzerinde koyu noktalar olarak saptanır.



Şek. 25.- Optik yöntemle elde edilmiş temas noktalarının resmi

(Şek. 25). Bu yöntem, hareket halinde olduğu kadar durağan haldeki koşullarda bir pürüzlü yüzeyle bir düzgün yüzey arasındaki gerçek temas alanının saptanmasına uygulanabilir. Bunun eksikliği ve sakıncası, iki pürüzlü yüzey arasındaki temasın tetkikine uygun olmayışı ile toplam iç yansımada ikinci ortama ışık nüfuzu nedeniyle vaki ölçüm hatasıdır.

5. Grup

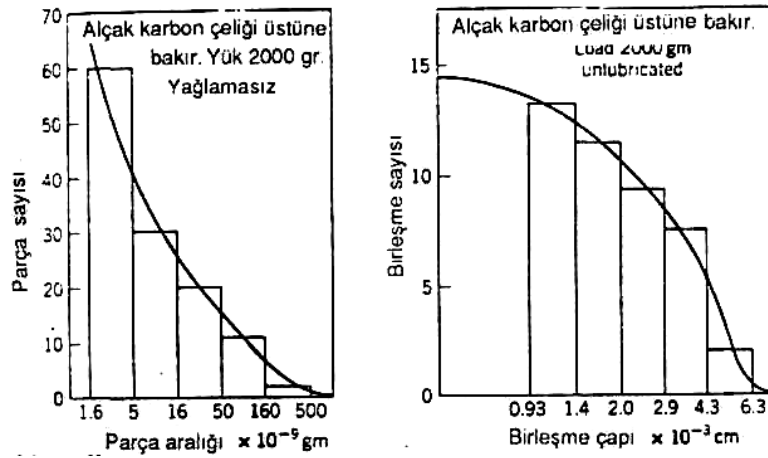
Temas alanlarında fiziko-şitnik niteliklerin değişme miktarının ölçülmesi yöntemi.

Temasta yüzey çıkıntılarının şekil değiştirmesi ve temas noktalarında sürtünme, dislokasyon yoğunluğunda bir keskin artış meydana getirir ki bu, dirüzyon süreçlerini şiddetlendirip exoeletron intişarı hasil eder. Bu olgu gerçek temas alanının saptanmasında kullanılabilir. Mamafih bu teknikler henüz yeterince geliştirilmiş değillerdir.

Aşınma ölçümleri ve çizik ölçümleri. Yüzey etkileşimi hakkında bilgi vermek üzere aşınma ölçümlerinin kullanılması, kayma sırasında hasil olan birleşmelerin boyutu ile bu birleşmelerden oluşmuş aşınma taneciklerinin boyutu arasında çok yakın bir bağıntı bulunduğu başlangıç önermesine dayanır. Bir ilk yaklaşıklık olarak, yapışkan aşınma taneciklerinin lineer boyutlarının, bir kayma temasından sonra oluşmuş aşınma taneciklerinin boyut dağılımını ölçmeye ve aşınma tanecik boyutunu birleşme boyutuna eşitlemeye kalır. Bu, temas şuasında mevcut olan birleşmelerin boyutunun bir tahminini sağlar (Şek. 26).

İlerde de göreceğimiz gibi, aşınma ölçümlerinin bize birleşmelerin boyutu ve genellikle sürtünme sürecinin ölçeği hakkında fikir vermede büyük yardımcı dokunmuştur. Ama pratikle bunlar doğruca normal yüklemeye tabi olmuş yüzeylerden çok kayan yüzeylere uygulanabilir gibidir şöyle ki durağan halde, ince bulaştırıcı filmler gözlenen aşınma taneciklerinin boyutunu büyük ölçüde değiştirir (yani küçültür).

Aşınma taneciklerinin ölçülmesi ile aynı olan bir yöntem de, sadece nitel yolla kullanılmış olan, bir düzgün yüzeyin bir diğeri üzerinde kaydığı zaman teşekkül etmiş çiziklerin genişliğini ölçmekten ibarettir. Mantıkî olarak, çiziklerin genişliğinin, birleşmelerin genişliğine tekabül ettiği ve bir sert malzemenin bir yumuşak malzeme üzerinde kayması halinde, çizik sayısının birleşme sayısına eşit olduğu kabul edilebilir.



Şek.26 a : Kayma sırasında teşekkül etmiş aşınma taneciklerinin ölçülmüş boyut dağılımı

Şek.26 b :Şek. 26 a daki verilerden hesaplanmış,birleşme boyutlarının dağılımı; burada taneciklerle birleşmelerin aynı çapta oldukları farz edilmiştir.

A.I.6.2 Temas şekil değiştirmelerinin (deformasyonlarının) ölçümü.

Temas şekil değiştirmelerinin deneysel ölçümü, yüksek ölçüm hassasiyeti (doğruluğu) gereğine bağlı güçlükler arz eder şöyle ki ince bir bitirme (son işlem) ye göre (talaşlı) işlenmiş yüzeylerin deformasyonları, milimetrenin onda ilâ yüzde biri kadar küçüktür. Bu gibi yüksek hassasiyet ölçümleri büyük ölçüde dış etkenler tarafından zorlaştırmaktadır. Bu sonucu ters etkenler şöyle sıralanabilirler: numunelerin topluca deformasyonu, ölçü sisteminde şekil değiştirmeler, hiza bozuklukları, ısıl şekil değiştirmeler v.b.

Temas şekil değiştirmelerini ölçmenin en basit yöntemi, temas noktalarına en yakın noktalara bir miktar streyn geyc yerleştirilmesiyle olur. Hiza bozukluklarının etkisini bertaraf etmek için geyçlerden okunanların ortalaması alınır. Bununla birlikte bu tansometreler yelerince sıhhatli olmayıp bunların gösterdikleri, tansometrenin mahal tespit kanatlanılın numunelere dokunduğu yerlerde vaki deformasyon ve de iki dokunma yeri masında numunelerin deformasyonu taralından olumsuz yönde etkilenir.

Strain geyçler, indüktiv trasducerler, mekanik olarak kontrollü elektron valfları, hava geyçleri... kullanılarak çok daha yüksek doğruluk derecesine erişilebilir şöyle ki bunlar 0,1 um ve daha küçük deformasyonları ölçme olanağını sağlarlar. Interferometre kullanımı özellikle yüksek

doğruluk arz eder.

A.I.6.3 Sürtünme izlerinin statistik analizi

Bu yöntem sadece kayan yüzeylere uygulanabilir, ama bu tür sistemler için, teşekkül etmiş birleşmelerin boyut ve sayılanımı tahlili için çok güçlü bir araç oluşturmaktadır. Yöntemin belirgin varsayımları, her oluşmuş birleşmenin, muhtemelen başka birleşmelerin kuvvetinden farklı bir makaslama gerilmesini haiz olduğu ve bu kuvvetin, birleşmenin ömrü boyunca idame edildiği hususlarıdır. Kayma devam ettiğinde, birleşme sayısı değiştiğinden sürtünme de inip çıkacaktır. Böylece de, bütün birleşmelerin güçlü oldukları bir anda sürtünme yüksek, daha sonraki bir Kamanda birleşmeler zayıf olunca, sürtünme de aşağı olacaktır.

En zayıf ve en kuvvetli birleşmeler arasındaki kuvvet büyüklük aralığı hususunda bir varsayım yapıp birçok durumda 2 faktörünün makul olduğu kabul edildiğinde, amplitüt değişmelerinden herhangi bir anda kaç birleşmenin mevcut olması gerekliliğini istidlal etmek mümkün olur. Bütün birleşmelerin boyutsal olmak eşit oldukları farz edildiğinde fiilî birleşme sayısının ifadesi

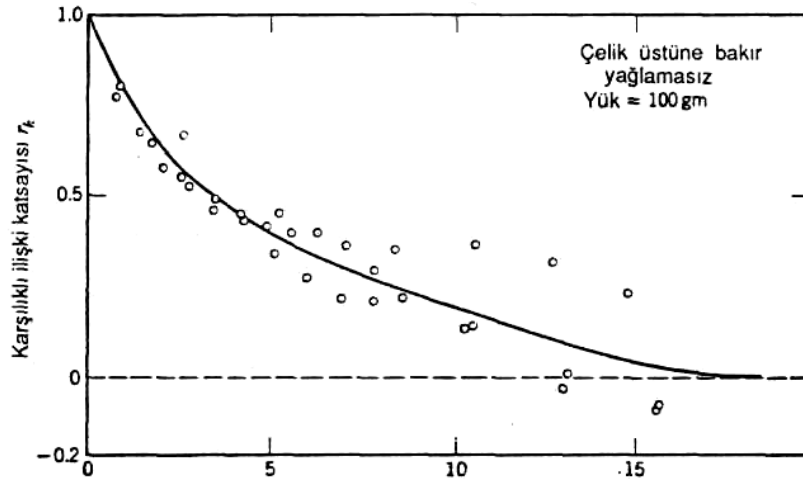
$$\frac{\sigma}{f} = \frac{1}{4\sqrt{n}} \quad \text{şeklini alır.}$$

Burada f , ortalama sürtünme katsayısı ve a da, sürtünme değerlerinden standart sapmadır.

Bu statistik yaklaşım tamamen farklı bir yolda kullanılabilir. Herhangi bir anda

bütün birleşmeler kuvvetli iseler, bütün birleşmeler kopmadan önce önemli bir kayma mesafesi alacak, yeni bir birleşme takımı yerini alacak ve kuvvetin yerinden düşmesi beklenecektir. Böylece, kayma mesafesiyle sürtünme değişmesinin tahlilinden, birleşmelerin boyutunu istidlal etmek mümkün olur. Ortalama birleşme çapının formülü bir karşılıklı öz ilişki (autocorrelation) tahlilinden elde edilebilir. Böyle bir tahlil yürütülürken $f_1, \dots, f_j, \dots, f_k, \dots, f_n$ sürtünme katsayıları bir sürtünme mesafe noktası aralıklarında ölçülür ve karşılıklı ilişki katsayısı hesaplanır. Karşılıklı ilişkinin sıfıra düştüğü k mesafesi, ortalama birleşme çapının iki katıdır.

$$r_k = \frac{n}{n-k} \frac{\sum_1^n (f_j - \bar{f})(f_{j+k} - \bar{f})}{\sum_1^n (f_j - \bar{f})^2}$$



Statistik yöntemin çekici yanlarından biri, birleşmelerin sayısı ile boyutunun bağımsız olarak ayrı ayrı hesaplanmasıdır ve toplam temas alanının $A_r = L/p$ formülüyle verilmiş değere yakın olacağından, her iki yöntemin geçerliliğinin kontrolü mümkün olmaktadır. Pratikte uygunluk, teşvik edici ölçüde iyidir.

Keza bu karşılıklı öz ilişki yönteminin, birleşmelerin boyut dağılımını istidlal etmek üzere genişletilebileceği kaydedilecektir. Bu da, sadece ilişkinin sıfıra vardığı katsayı kullanılarak değil, bütün karşılıklı öz ilişki katsayıları ele alınarak yapılır. Yine, aşınma tanecikleri ölçümünden çıkartılan boyut dağılımı ile uyum iyi olmaktadır.

Aşağıdaki Tablo 23, birkaç birleşme çapı değerlendirmesini verir. Buradan, teorinin henüz emekleme döneminde olduğu akılda tutularak çeşitli yöntemle talimin edilmiş sonuçların makul ölçüde memnuniyet verici olduğu görülür ve birleşme çaplarının mertebesi hakkında bir fikir verir.

Tablo 23.- Birleşme çapı tahminleri

Karşılıklı yüzeyler	Yük	Yağlama	Yöntem	Birleşme çapı
Çelik üstüne bakır	1 kg	yok	f_s - mesafe	7 μ
Bakır üstüne çelik	1 kg	yok	f_s - mesafe	6 μ
Bakır üstüne bakır	1 kg	ceçane	f_s - mesafe	8 μ
Çelik üstüne bakır	2 kg	yok	zerrecik boyutu	31 μ
Bakır üstüne bakır	0.1 kg	yok	f_k - karşılıklı öz ilişki	10 μ
Bakır üstüne bakır	0.1 kg	yok	f_k - dalgalanmaları	5 μ

A.1.7 TÜRK STANDARDLARI

TS 929 .- Yüzey pürüzlülüğünün profil yöntemi ile llmesinde kullanılan aletler - terimler.

Bunda sadece tanımlamalar bulunuyor.

*TS 2495 .-*Yüzey pürüzlülüğünün profil metodu ile llmesinde kullanılan aletler - Ardışık profil değişimini ölçen değmeli (iğneli) aletler "M" sistemi değmeli profilmetreler.

Bu Standard, "M" sistemi profilmetreler ile ilgili temel terimleri tanımlar, bu aletlerin temel parametrelerini ve bunların sayısal değerlerini verir ve ölçüm sistemlerinin özelliklerini belirtir