

A.I.2 MAKİNE PARÇALARININ YÜZEY KALİTESİ

Bir makine parçasının yüzey tabakalarının nitelikleri, parçanın yapıldığı malzemenin hacimsel niteliklerinden haylice farklıdır. Dış tabakanın atomlarının meydana getirdikleri kuvvet alanı, yüksek bir adsorpsiyon kabiliyetini haizdir; bunun sonucu olarak yüzey genel olarak adsorbe olmuş hava, su ve çeşitli organik madde tabakalarıyla kaplı olur. Adsorbe olmuş, yüzey-aktif maddeler, yüzeyde sıralanmış atomlar arasındaki etkileşimi zayıflatma yönünde etki yaparlar. Mikro-çatlaklar (kıl çatlakları) içine nüfuz eden yüzey-aktif maddeler bir basınç meydana getirirler, böylece de katı cisim içindeki çatlakların daha da gelişmesini sonuçlandırıp dış tabakanın mukavemetini zayıflatırlar (Rebinder etkisi) (*)

Bir metal yüzeyi mutlak olmak oksit filmleriyle kaplı olup bunların oluşmaları özellikle yüksek sıcaklarda daha da şiddetlidir.

Sürtünme ve aşınma sorunlarıyla doğrudan ilgili bütün bu olayların derinliklerine inebilmek için kavramlar üzerinde biraz duracağız.

A.I.2.1 Dulong ve Petit kanunu

Bir katı cismin c özgül sıcaklığı ile bunun p atomik ağırlığının pc çarpayı, bütün elementler için aynı olup ortalama değeri 6.4 dür.

Bu çarpaya *atomik ısı* adı verilmiş olup bu, bahis konusu basit cismin atomik ağırlığının (gr) sıcaklığını 1 °C yükseltmek için, küçük kalori olarak, gerekli ısı miktarını ifade eder. Buradan da *bütün katı elementlerin atomik ısısının az. çok aynı değere sahip olduğu* sonucu çıkar.

A.I.2.2 Kitle etkisi kanunu

Bu kanun (**) esas itibarıyla gaz halindeki karışımlara uygulanır. Ancak, gazlarla sal katı ya da sıvı cisimler arasında bir reaksiyon vaki olduğunda sıvı veya katı cisimlerin üstünde bulunan homogen gazlar karışımına da işbu kitle etkisi kanununu uygulamak mümkündür.

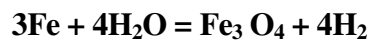
Kitle etkisi kanunu, a priori (her şeyden önce), virtüel (potansiyel olarak bulunan-bilkuvve mevcut) işler prensibini bir mükemmel gazlar karışımına uygulayarak yerine oturtulabilir. Bu noktada, virtüel işler prensibini de hatırlatmakta fayda varılır:

Sürtünmesi olmayan bir sistemin belli bir pozisyonda dengede olması için, bu pozisyondan itibaren sisteme icbar edilen her yer değiştirmenin, sıfıra eşit bir virtüel işi sonuçlandırması gerekli ve yeterlidir.

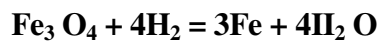
Ama pratikte, birbirine dokunan iki cismin, "Sürtünme" siz hareketlerde bulduklarını düşünemiyoruz.

Demir tarafından suyun ayrıştırılması

Kızıl sıcaklığa gelmiş demir aşağıdaki reaksiyona göre, su buharını hidrojen ve magnetik okside ayrıştırır:

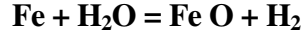


Öbür yandan magnetik oksit, yine kızıl sıcaklıkta redüklenir :



Magnetik oksit, bu reaksiyonda meydana gelebilecek olan tek demir oksidi olmayıp,

aşağıdaki dengeye göre protoksit de oluşabilir:



Bütün bunlar bizim, sıcak haddehanelerde karşılaştığımız durumlara uymuyor mu? Devam edelim.

Kaldı ki biz, özellikle demirli metaller içine hidrojenin difüzyonunun olumsuz etkilerini biliyoruz. (*)

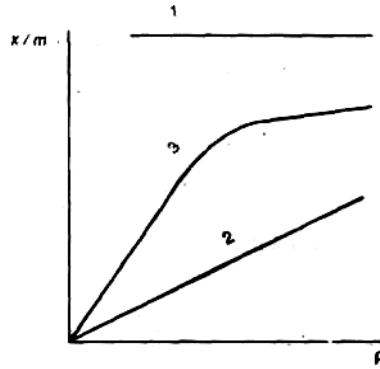
(**) Ayrıntılarına girmiyoruz.(*) Bkz. Burhan Oğuz, Karbonlu ve alaşımlı çeliklerin kaynağı, OERLIKON

A.I.2.3 Adsorpsiyon

Bir gaz ya da eriyik çok ince öğütül) mş ya da gözenekli malzemelerle (örneğin odun kömürü, kaolin) temas haline getirildiğinde gazın basıncı veya eriyikin yoğunluğu genellikle azalır, gaz ya da eriyikin içinde erimiş olan madde, katı cismin (katının) yüzeyinde yoğunludur. Bu olgu "adsorpsiyon" ve ince öğütülmüş veya gözenekli katı da "adsorbent" olarak bilinirler. Katının yüzeyinden gaz veya katı, boşaltma, ısıtma ya da yıkama ile çıkarılabilir. Bir adsorbent' in etkinliği geniş ölçüde onun özgül yüzeyine, yani birim kitle başına yüzey alanına bağlı olmakla birlikte daha başka faktörlere de bağlıdır.

Günlük yaşantımızda bunun en belirgin örneği, kumaşlar üzerindeki yağ lekelerinin, leke üzerine talk pudrası ekerek çıkartılmasıdır. Talk, çok ince öğütülmüş olduğundan, bazen kullanılan sofradan çok daha etkin olmaktadır.

Bir adsorbent belli bir süre bir gazla temas halinde kaldığında bir adsorpsiyon dengesi meydana gelir ve adsorbent' in birim kitle başına adsorbe olmuş gaz miktarı azalan sıcaklıkla ve artan basınçla artar.



Şekil:1 Yüzeyde adsorbe olmuş gaz oranı ile gazın basıncı arasında üç muhtemel ilişki tipi eğrileri

p basıncını absiste ve adsorbent' in birim kitle başına adsorbe olmuş gaz miktarım da ordonata göstererek Şek. 1' deki eğrilere benzer eğriler elde edilir (eğri 3). Sabit sıcaklıkta adsorbe olmuş miktarı gösteren böyle bir eğri "adsorpsiyon izoterma li" adını alır. Bu eğrilerin şekillerin den adsorbe olmuş gaz miktarının gazın basıncı ile orantılı olmadığı, alçak basınçlarda çok daha hızlı art tığı görülür. Adsorpsiyon izotermalini aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$x/m = ap^{1/n}$$

Burada x, p gaz basıncında m gram adsorbent tarafından adsorbe olmuş gaz miktarı; a ile n , keyfi birer sabitedirler, a 'nın değeri ölçü birimlerine bağlı olup n adsorbent ve gazın

karakterisliğidir. Örneğin, odun kömürü üzerine CO₂,

NH₃ veya SO₂ ' nin adsorpsiyonu için l/n 'in değerleri sırasıyla 0.394, 0.437 ve

0.324 olup bu üç gazın cam üzerinde olması halinde değerler 0.66, 0.53 ve 0.28 olur. Bu sabiteler sıcaklıkla değişirler, l/n , yüksek sıcaklıklarda bire yaklağır.

Bir değerine varılan sıcaklık, gazın kritik sıcaklığına bağlıdır. Çok alçak bir kritik sıcaklığına sahip olan hidrojen için l/n , adi sıcaklıklarda bir dir ama sıvı hava sıcaklığında bir den az olur. Genel olarak l/n değeri, gazın kritik sıcaklığının hayli üstünde bir olur.

Isotermin logariünik denklemi $\log x/m = \log a + l/n \log p$ olup bu, düz bir çizginin denklemidir. Mamafih deneysel grafik üzerine tağındığında bunun sadece alçak basınçlarda tuttuğu görülür. Basınç artınca logaritmik eğri düz bir çizgi olmaktan çıkar ve basınç eksenine doğru eğilir. Bu sapmanın vaki olduğu basınç gazdan gaza değişir; gaz ne kadar kolay yoğuşursa sapma basıncı da o kadar alçak olur. Kritik sıcaklığın altında denklem, alçak basınçlar için bile geçerli olmuyor.

Gazların adsorbe edilebilme kabiliyetleri az çok bunların yoğuşabilmeleriyle koğut gitmektedir. Yukarıdaki denklem, sınırsız bir basınç artışının bir sınırsız geniş adsorpsiyonu hasıl eder. Langmuir ve öbürlerinin çalışmaları, basıncın artmasıyla yüzey doymuşluğuna varıldığını göstermiştir.

Dengeye birkaç dakikada varıldığından adsorpsiyon derecesi yüksektir. Kinetik denklem $dp/dt = k(p^{\circ} - p)$ olup dp/dt , basınç azalma oranı; p° ile p de, sırasıyla, dengedeki basınç ve t zamanındaki basınçtır. Adsorpsiyon sıcaklık yükselmesi ile azaldığına göre, bunun arkasından bir ısı gelişmesi vaki olur. Adsorbentlin aynı zamanda birçok gazla temas halinde olması durumunda, her birinin adsorpsiyonu azalır ve dengede, adsorbe olmuş birçok gazın miktarları, bunların her birinin adsorbe olabilme kabiliyeti ile orantılı olmaktadır.

Gazların, katı cisimlerin yüzeyine adsorpsiyonunda, adsorbe olmuş gaz, adsorbent üzerine bir moleköl kalınlığında bir tabaka oluşturur, ama *buharların* adsorbsiyonunda tabaka, birkaç moleköl kalınlığında olabilir.

A.I.2.4 Adsorpsiyon teorileri

Üç adsorpsiyon teorisi ileri sürülmüştür: (1) Kimyasal teorisi; (2) Eriyik teorisi;

(3) Yüzey teorisi.

Kimyasal teori.- Adsorpsiyon dengesi bir kimyasal denge olarak görüldüğünde, adsorpsiyon isoterminin, yukarıda kısaca değindiğimiz kitle etkisi kanununun bir özel hali olmalıdır. Adsorbent ve adsorbent ile adsorbe olmuş maddenin karışımı, sabit bileşikli katı fazlar olarak telakki edildiklerinde bu kez, adsopsiyon izoterminin uyması için değişken bileşimde (bir katı eriyik) bir fazın varlığı varsayılacaktır. Bu taktirde adsorpsiyon dengesi bir kimyasal denge olarak görülebilir.

Bu teoriye karşı çıkanlara göre ise kimyasal denge çok özgül olup denge ve hız katsayıları, reaksiyona giren moleküllerin sayısıyla (adsorpsiyon isoterminde bu l/n' dir) çok değişir. Öbür yandan adsorpsiyon dengesi, hafifçe özgüldür; K sabitesi (kitle etkisi kanununda denge sabitesi),

çok farklı koşullar altında fazla değişmez; Aynı şey l/n için de doğrudur.

Eriyik teorisi.- Bir eriyik olgusu olarak adsorpsiyon kavramının az yandaşı vardır. Adsorpsiyonda denge hızla teessüs eder ama bir katı içinde difüzyon (yayılma) son derece yavaş olur.

Yüzey teorisi.- Çok kişi adsorpsiyona doğruca, termodinamikin ikinci kanununa uygun olarak, adsorbentin yüzeyinde bir yoğunlaşma olarak bakıyor. Gazlar kanunu ile sulandırılmış eriyikler için van't Hoff kanununun geçerlilikleri varsayılarak aşağıdaki denklem termodinamik olarak ifade edilebilir: $u = -c / RT \text{ do } / dc$

Burada u- yüzey tabakasında gaz ya da eriyikte erimiş madde fazlası; $c =$ eriyik yoğunlaşması (gaz basıncı); $R =$ gaz sabitesi ve $T =$ mutlak (salt) sıcaklıktır.

Katı yüzeyler durumunda bu denklemi denemek güçtür şöyle ki o' yüzey gerilimi değerinin tayininde zorluk vardır.

Kimyasal karışımlar, eriyik ve adsorpsiyon kanunları, Şek. 1' deki eğrilerle temsil edilir.

Eğri 1 : $x = K$ (sabit bileşik kanunu). Etki, atomlar ya da moleküller arasındaki çekim kuvvetlerinden ileri gelir.

Eğri 2 : $x/p = K$ (Henry eriyebilirle kanunu)

Eğri 3 : $x/p = K l/n$. K ya 0 ile 1 arasında bir üs verilmiş olup bu değerler sırasıyla kimyasal karışım ve eriyebilme durumlarında bulunur. Bu olgu moleküler çekim ve de moleküllerin kinetik hareketinden ileri gelir.

Yeni araştırmalar adsorpsiyonu (kimyasal ve fiziksel) birbirinden uzak görüşleri birleştirme eğilimindedir.

A.I.2.5 Makine parçalarında yüzey tabakaların fiziko-mekanik nitelikleri

Daha önce de ifade edildiği gibi bir melal yüzeyi mutad olarak oksit filmleriyle kaplı olup bunların oluşması yüksek sıcaklıklarda özellikle şiddetli olur. Bir malzemenin yüzey tabakasının özellikleri onun (talaş kaldırılarak) işlenme yöntemine ciddi şekilde bağlıdır. Malzeme tek uçlu bir kesici aletle işlendiğinde alet yüzünün hemen karşısında, içinde malzeme tanelerinin ezildiği bir plastik şekil değiştirme bölgesi oluşur. Bozulmuş dokunun tabakası içe doğru birkaç on mikron mertebesinde bir derinliğe gider; kaba işlemeden sonra bunun derinliği birkaç yüz mikron mertebesine erişir. Benzer olgu, taşlamada da vaki olur. ince taneli abraziflerin alçak taşlama hızlarıyla uygulanması, taşlanmış yüzeyin pürüzlülüğünü ve şekil değiştirmiş tabakanın kalınlığını asgariye indirir.

Sürtünme (delk) nin olduğu süreçler de yüzey tabakalarının özelliklerini kuvvetlice etkiler. Yüzeyler birbirlerine göre teğetsel olarak hareket ettikleri sırada bu sürtüşen yüzeyler üzerindeki çıkıntıların uçları karşılıklı olarak birbirlerine girdiklerinden, yüzey tabakalarında plastik-elastik yeniden şekil bozulması vaki olur.

Şekli değişmiş-bozulmuş tabakanın derinliği kayma hızına bağlıdır; şöyle ki artan hızla bu derinlikler azalır. Yüzeyde tekrarlanan elastik şekil değiştirme-bozulma, yorulma olgusuna yol

açar. Yüzey tabakada plastik ve elastik şekil değiştirmeler bunun özelliklerinde değişmelere götürmekle kalmayıp belli sürtünme koşullarına özgü bir yeni mikroprofil meydana getirir.

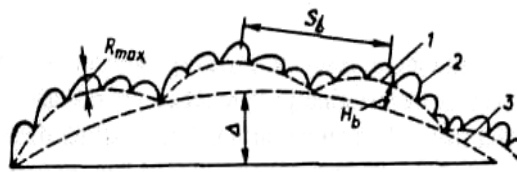
Sürtünmeye bağlı ya da onun dışında yüksek sıcaklıklar, yüzey tabakasının tavlanması ve yumuşamasına, mikro-intizamsızlıkların düzleştirilmesine, malzemede yapısal-dokusal değişikliklere ve difüzyon süreçlerinin gelişmesine yol açarlar. Malzemenin derinliği içinde sıcaklık gradieninin de, sürtünme yüzeyin özellikleri üzerinde ciddi etkisi vardır: bir mekanik nitelik-özellikler gradienini sağlar. Yüzey tabakasının değişmiş yapısı-dokusu onun mekanik özelliklerini önemli ölçüde değiştirir. Bu özellikler, yüzey tabakasının mikrosertliğini ölçerek değerlendirilebilir. Metallerin yüzey tabakası, şekil bozulma sertleşmesi sonucu yüksek sertlik arz eder. Bu sertleşmiş tabaka X ışını difraksiyon analizi meydana çıkarılabilir.

A.I.2.6 Yüzey geometrisinin karakteristikleri

Makine parçalarındaki yüzey intizamsızlıklar, şekil hataları, dalgalılık ve pürüzlülük olarak sınıflandırılır.

Şekil hataları, yüzeyin doğru şeklinden ayrı, intizamsız sapmalarıdır (içbükeylik, dışbükeylik, koniklik vb.) *Dalgalılık*, zaman zaman tekrarlanan sivrilik ve çukurlukların bir modeli olup bunların her ikisi de aynı boyut mertebesinde ama bunların arasındaki mesafe (dalga aralığı S_t), bunların H_b yüksekliğini çok aşar ($S_b H_b > 40$). Yüzey pürüzlülüğü'nden, nispeten kısa aralıklı (2 ilâ 800 μ) ve yükseklikli (0.03 ilâ 400 f_i) çok sayıda intizamsızlıklar anlaşılır.

Şekil sapmaları, dalgalılık ve pürüzlülük, şematik olarak Şek.2' de gösterilmiştir.

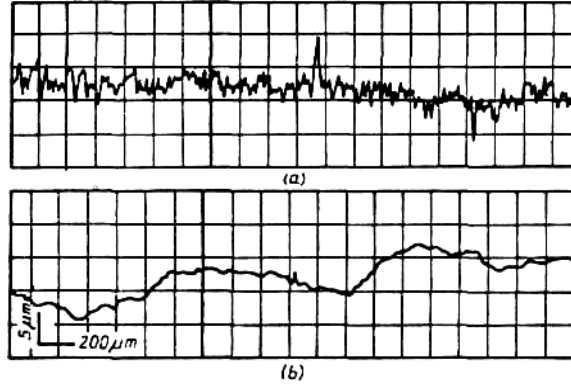


Şek. 2.-Bir katının yüzey geometrisinin diyagramı. 1- dalgalılık;2- pürüzlülük 3- şekil hataları

Yüzey pürüzlülük parametreleri, aşağıda verilmiştir. Bunlar, büyütülmüş bir ölçekte yüzey profilini temsil eden profil grafiklerinin (Şek. 3) tetkikinden saptanmaktadır.

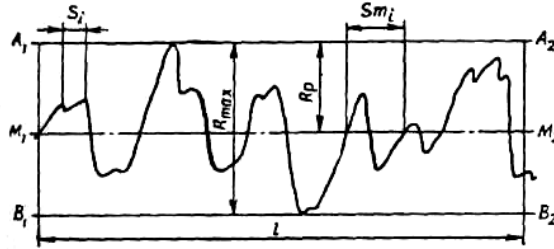
l , *örnekleme numune uzunluğu* (Şek. 4), yüzey pürüzlülüğünü karakterize eden yüzey intizamsızlıklarını ayırmak ve bu sonuçların sayısal değerlerini saptamak için kullanılan referans çizgisinin uzunluğudur.

Ortalama çizgi ($M_1 M_2$), nominal profilin şeklini haiz bir referans çizgisi olup o şekilde çizilmiştir ki, örnekleme (numune) uzunluğu içinde, profilin bu çizgiden kök ortalama - kare sapması asgari olacaktır.



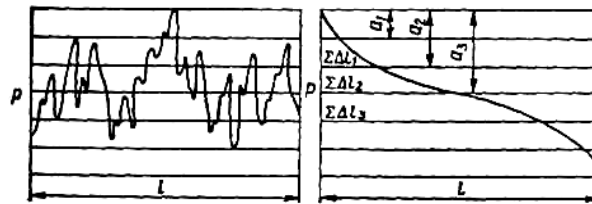
Şek. 3- Bir çelik yüzeyinin profil grafiği (dikey büyüme, yatayınının 40 katıdır), (a), enlemesine iz; (b), uzunlamasına iz.

A_1 A_2 profil dorukları çizgisi, ortalama çizgiye paralel ve örnekleme uzunluğu içinde en yüksek doruktan geçen çizgidir. Aynı şekilde D , B_2 profil çukurlukları çizgisi de, ortalama çizgiye paralel ve profilin en alt noktasından geçen çizgidir.



Şek. 4.- Yüzey pürüzlülük parametreleri

Temas etkileşimi hesaplarında, Standart karakteristiklerin yanısıra ek bazı yüzey karakteristiklerinin de kullanılması gerekir. Bunlar, Tablo 3 ' de sıralanmıştır. Profilin taşıyıcı alan eğrisi, pürüzlü tabakanın yüksekliği üstünde malzemenin dağılımını karakterize eder (Şek. 5). Eğriyi nokta nokta çizmek için profil grafiği, ortalama çizgiye paralel birkaç yatay düzeye ayrılmış ve sonra da, dorukların λ genişliklerini, belli bir p düzeyinde sınırlayan kesitler birbirlerine eklenmiş.(Şek. 5)



Şek. 5.- Taşıyıcı alan eğrisinin çizimi

Parametre	Tanımlama
<i>Pürüzlülük</i>	
Profilin maksimum doruğunun R_p yüksekliği (ezme yüksekliği)	Profil dorukları $A_1 A_2$ çizgisiyle (Şek. 4) $M_1 M_2$ ortalama çizgi arasındaki mesafe
Profil doruklarının r ortalama eğrilmesi (inhina)	Numune (örnekleme) uzunluğu içinde beş maksimum doruk için elde edilmiş profil doruklarının ortalama eğrilmesi
Profil düzensizliklerinin ϕ ortalama eğim açısı (Şek. 7)	Numune uzunluğu içinde profil düzensizliği yanlarının (yamaçlarının) ortalama çizgi ile oluşturdukları eğim açıları ortalaması
Taşıyıcı alan eğrisinin v ve b parametreleri	Taşıyıcı alan eğrisinin ilk bölümünün bir üstel yaklaşıklığının parametreleri olup bu ilk bölüm, başlangıçtan ortalama çizgiye kadardır; taşıyıcı alan eğrisi görelî (izafi) birimlere göre saptanmıştır.
<i>Dalgallık</i>	
Dalgaların maksimum H_b yüksekliği (Şek. 2).	Dalga şekli grafikin l_b numune uzunluğu içinde dalga tepeleri çizgisi ile dalga çukurları çizgisi arasındaki mesafe
S_b ortalama dalga uzunluğu (Şek. 2).	l_b numune uzunluğu içinde dalga tepeleri arasındaki ortalama mesafe; $l_b \geq 5 S_b$
Dalga tepelerinin r_b ortalama eğrilme yarıçapı	Numune uzunluğu içinde dalga eğrilme yarıçapının ortalama değeri

Tablo 3.- Sürtünme ve aşınma hesaplarında kullanılan ek yüzey pürüzlülüğü ve dalgallığı karakteristikler

Taşıyıcı alan eğrisi genellikle görelî (izafi) birimlere göre saptanmış olup bu durumda, belli bir düzeyde doruk kesitleri toplamının profil grafiki uzunluğuna oranı absiste, a mesafesinin R_{max} (veya R) ye oranı da ordinatta gösterilmiştir. Bu takdirde taşıyıcı alan eğrisinin ilk bölümü

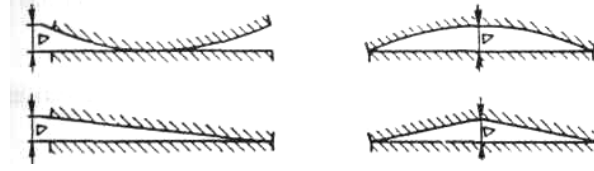
$$t_p = \frac{\Sigma \Delta l_p}{l} = \frac{A_p}{A_c} = b \left(\frac{a}{R_{max}} \right)^v = t_m \left(\frac{a}{R_p} \right)^v$$

şeklinde gösterilebilir; burada $\Delta l_p = p$ düzeyinde profilin referans (taşıma)

uzunluğu; $A_p = p$ düzeyinde doruk kesitlerinin alanı; $t_m =$ ortalama çizgi düzeyinde profilin görelî referans uzunluğu; $A_c =$ temasın çevre alanıdır.

Yüzeyler arasında temasın özellikleri üzerinde dalgallığın belirgin etkisinin varlığına rağmen dalgallık parametreleri henüz standartlaştırılmamışlardır. Bir temasın özelliklerini değerlendirmek için dalgallığın gerekli en önemli karakteristiği, dalga şekli grafiklerinin tahlilinden elde edilebilir (tablo 3' e bkz.)- Tahlil edilecek grafikler, beş dalgadan azını içemeyeceklerdir.

Yüzeyler sadece ayrı ayrı noktalarda birbirlerine değler ve bunun sonucunda hasil olan yüzey şekli sapmaları, temas özelliklerini büyük ölçüde etkilerler. Şekil sapmaları genellikle A maksimum hata tarafından nitelendirilirler. Bu sapmalar dalga doruk yüksekliğinin dağılma kanununu ve, yük arttıkça, dalgalanıl temas haline gelme sıralarını bozarlar. Bazı şekil sapma tipleri, Şek. 6' da gösterilmiştir.



Şek. 6.- Yüzey şekil sapma tipleri