

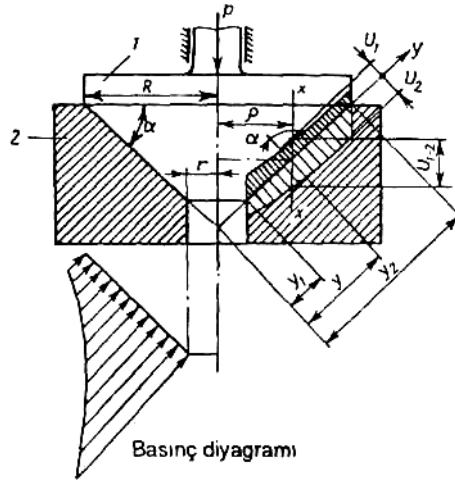
A.III.6 SÜRTÜŞEN BİRLEŞMELER İÇİN AŞINMA HESAP YÖNTEMLERİ

Temas koşulunun kullanımı

Aşağıdaki aşınma hesap yöntemleri kullanılabilir.

(a) **Basınç yoluyla** : Sürtüşen yüzeylerde etkin (ortalama veya maksimum) basınç yoluyla; elde edilen değerler, kaide olarak pratikten alınmış müsaade edilebilir olanlarla kıyaslanır.

Her ne kadar basınç bir büyük faktör ise de, aşınma derecesini saptayan tek etken değildir. Bu nedenle basınç yoluyla hesap, birleşmenin boyutları hakkında ancak kaba veriler verir; bazı durumlarda t i tür hesaplar, geliştirilecek birleşmenin aşınma mukavemetini iyileştirmenin yolları hakkında yanlış sonuçlara götürebilir.



Şek. 112.- Konik yüzeyler için aşınma diyagramı

(b) Aşınma miktarı ve aşınmış yüzeyin biçimi ile.

Bu hesap yöntemi hem tasarım aşamasında hem de işletmede birleşmenin aşınma ömrünü uzatmanın başlıca yollarını gösterir.

Aşınmış yüzeyin biçimini saptanmada bulunacak olan miktarlar, sürtüşen yüzeylerin her noktada aşınma miktarı; yüzey arasında p basıncının diyagramı; aşınmadan hasil olan parçaların göreceli pozisyonlarındaki değişme, yani, birleşmenin aşınması, olacaktır. Bu hesaplar malzemelerin aşınma kanunlarına dayanıp birleşmenin genel şeklini dikkat nazara alırlar.

Yöntemi aydınlığa kavuşturmak için, aşınma lineer kanununda bir konik birleşmenin (Şek. 112) aşınma hesabını ele alalım [(1) formülüne bkz.

Bu durumda basınçlar diyagramının tabiatını saptayalım. Koordinatların başlangıcının koninin reisinde olması uygun olup y eksenini koni doğurayı boyunca yönelmiş durumdadır. Sürtüşen yüzeyin belli bir noktasında göreceli kayma hızı

$$v = 2 \pi \rho n = 2 \pi n y \cos \alpha \quad \text{olacak ve münasebetler}$$

$$\left. \begin{aligned} \gamma_1 &= k_1 p 2 \pi n \cos \alpha \cdot y \\ \gamma_2 &= k_2 p 2 \pi n \cos \alpha \cdot y \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

şeklini alacaklardır.

(3) formülü uygulanarak

$$\gamma_{1-2} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\cos \alpha} = (k_1 + k_2) 2 \pi n p y \quad \text{elde edilir.}$$

$$p = \frac{\gamma_{1-2}}{2 \pi n (k_1 + k_2)} \cdot \frac{1}{y} \quad (6) \text{ çıkar.}$$

γ_{1-2} = sabit olduğundan bu denklem, basınç diyagramının bir hiperbolik şekil arz edeceğini gösterir.

γ_{1-2} nin değerini bulmak için p kuvveti ile sürtüşen yüzey üzerine dağılmış p basıncı arasındaki münasebeti saptayalım :

$$P = \int_s p \cos \alpha dS = 2 \pi \int_{y_1}^{y_2} p \cos \alpha \rho dy = 2 \pi \cos^2 \alpha \int_{y_1}^{y_2} p y dy$$

Burada

$$y_1 = \frac{r}{\cos \alpha}, \quad y_2 = \frac{R}{\cos \alpha}, \quad \rho = y \cos \alpha \quad \text{dır.}$$

Bu formülde, (6) formülünden/j nin değeri ikame edilip entegrali alınarak ve için denklemini çözerek

$$\gamma_{1-2} = \frac{Pn \cdot (k_1 + k_2)}{(R - r) \cos \alpha} \quad (7) \text{ elde edilir.}$$

Bu formülle zaman içindeki aşınma derecesi (veya $U_{1-2} = \gamma_{1-2} t$ aşınma miktarı), birleşme için, emin çalışma koşulları (P ve n), boyutları ve şekli (R , r , a) ve karşılıklı parçaların (k_1 ve k_2) malzemelerinin aşınma karakteristiklerine bağlı olarak, hesaplanabilir.

Basınç diyagramı (6) ve (7) münasebetlerinden çıkmış formülle hesaplanabilir.

$$p = \frac{P}{2 \pi (R - r) \cos \alpha} \cdot \frac{1}{y} \quad (8)$$

Aşınmış yüzeyin topluca görünüşü 8 denklemden p nin değeri yerine konularak (5) denklemlerinden elde edilebilir.

$$U_1 = \gamma_1 t = k_1 \frac{Pn}{R - r} t$$

$$U_2 = \gamma_2 t = k_2 \frac{Pn}{R - r} t \quad (9)$$

Benzer tasarım münasebetlerine başka tipte birleşmeler ve başka aşınma kanunları için varılabilir.(Tablo 38'e bkz.)

Tablo 38

Birleşme tipi	Aşınma kanunu	Basınç diyagramı p	Aşınmış yüzeyin biçimi	Aşınma derece süresi γ_{1-2}
Disk tipi yüzeyler	(1)	$\frac{p}{2\pi(R-r)\rho}$	$U_1 = k_1 \frac{Pn}{R-r} t; U_2 = k_2 \frac{Pn}{R-r} t$	$\frac{(k_1 + k_2)Pn}{R-r}$
	(2) $n = 1$	$\sqrt[m]{\frac{\gamma_{1-2}}{(k_1 + k_2) 2\pi n} \frac{1}{\sqrt[m]{\rho}} = \frac{A}{\sqrt[m]{\rho}}}$ ($A = \text{const}$)	$U_1 = \gamma_{1-2} \frac{k_1}{k_1 + k_2} t$ $U_2 = \gamma_{1-2} \frac{k_2}{k_1 + k_2} t$	$(k_1 + k_2) \frac{(2 - \frac{1}{m})^m p^m n}{(R^{2-\frac{1}{m}} - r^{2-\frac{1}{m}})^m (2\pi)^{m-1}}$
Konik yüzeyler	(1)	$\frac{\gamma_{1-2}}{2\pi n (k_1 + k_2) y}$	$U_1 = k_1 \frac{Pn}{R-r} t; U_2 = k_2 \frac{Pn}{R-r} t$	$\frac{P(k_1 + k_2)n}{(R-r) \cos \alpha}$
	(2) $n = 1$	$\sqrt[m]{\frac{\gamma_{1-2}}{2\pi n (k_1 + k_2) y}}$	$U_1 = \gamma_{1-2} \frac{k_1 \cos \alpha}{k_1 + k_2} t$ $U_2 = \gamma_{1-2} \frac{k_2 \cos \alpha}{k_1 + k_2} t$	$\frac{k_1 + k_2}{\cos \alpha} \left[\frac{(2 - \frac{1}{m})^m P}{2\pi (R^{2-\frac{1}{m}} - r^{2-\frac{1}{m}})^m} \right]^m 2\pi n$
Konik yüzeyler (Küre yarı-çapı R)	(1)	$\frac{\gamma_{1-2}}{2\pi n (k_1 + k_2)} c t g \alpha$	$U_1 = \gamma_{1-2} \frac{k_1 \cos \alpha}{k_1 + k_2} t$ $U_2 = \gamma_{1-2} \frac{k_2 \cos \alpha}{k_1 + k_2} t$	$\frac{4 Pn (k_1 + k_2)}{R (\sin 2\alpha_2 + 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1 - 2\alpha_1)}$
	(2) $n = 1$	$\sqrt[m]{\frac{\gamma_{1-2} \cos \alpha}{(k_1 + k_2) 2\pi n R \sin \alpha}}$	$U_1 = \gamma_{1-2} \frac{k_1 \cos \alpha}{k_1 + k_2} t$ $U_2 = \gamma_{1-2} \frac{k_2 \cos \alpha}{k_1 + k_2} t$	$\frac{p^m (k_1 + k_2) n}{(2\pi)^{m-1} R^{2m+2} \left[\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} (\cos \alpha)^{\frac{1}{m}} d\alpha \right]^m}$

Not: Burada $n =$ dönme tekrürü, dev/dak; a_1 ve $a_2 =$ küresel yüzey için temas yayı koordinatlarıdır.

Hesap, bir aşınmış birleşmenin, onun işlevsel niteliklerini saptayan parametrelerinin, sadece belli bir malzemeler çifti için aşınma kanununa değil, aynı zamanda birleşmenin tasarım şekli ve biçimine de tâbi olduklarını gösteriyor.

Düz çizgi halinde gaydlar - kızaklar

Düz çizgi halinde gayd - kızaklarda (3. grup birleşmeler) uniform olmayan aşınma tipik olmaktadır. Temas yüzeyin sadece bir yerinde vaki olabilir ki bu keyfiyet, analitik hesaplan güçleştirir. Bununla birlikte birçok birleşmenin (örneğin takım tezgâhı kızakları) doğru çalışmasını bozan, aşınmadan ileri gelen şekil bozulmasıdır.

Gayd ve kızaklarda aşınma hesaplan, aşağıdaki varsayımlara dayanmak kaydıyla pratik amaçlara yetecek doğruluk derecesiyle çözülebilir:

(1) (U) aşınma miktarı (s) kayma mesafesi ve (p) basınç büyüklüğü ile orantılıdır.

$$U_1 = k_1 ps \quad ; \quad U_2 = k_2 ps \text{ olup}$$

burada U_1 ve U_2 sırasıyla banko kızıağı ile arabadaki aşınma miktarlarıdır.

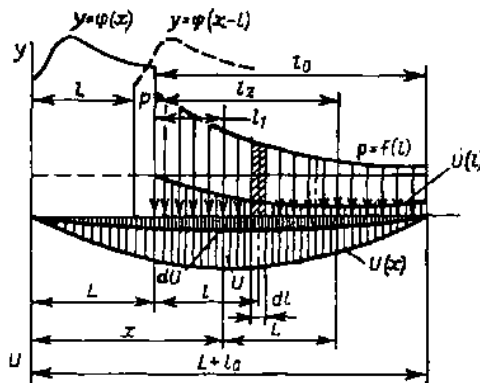
(2) Başlangıç basınç diyagramı, aşınma süreci sırasında değişmez; bu, aşınma dolayısıyla basıncın yeniden dağılımının önemsiz olduğu anlamına gelir.

(3) Bir arabanın kızaklar boyunca hareketini tanımlayan $O(x)$ dağılım eğrisi biliniyor. Hareket örneğin, çeşitli parçaların talaşlı işlenmesine bağlıdır. Eğrinin ordonatı, arabanın belli bir pozisyonuna tekabül eden toplam kayma mesafesinin bölümünü niteler.

Örneğin, tezgâhta eş parçaların işlenmesi ve arabanın hep sabit mesafe kat etmesi halinde kızakların (gaydlann) her bir kesitine tüm kayma mesafesinin bir eşit payı düşer ve dağılım eğrisi de, absise paralel bir düz çizgiyle temsil edilir. Tezgâhın farklı parçalar işlemesi halinde, dağılım eğrisi bu parçaların işlenmeleri sırasında arabanın kat ettiği mesafeyi ve dolayısıyla tezgâhın yüklenişinin tabiatını yansıtacaktır. Belli tezgâhın çalışma özelliklerini gösteren $O(x)$ eğrisi, çalışma koşullarının bir tahlilinden bulunabilir.

Kızakların (gaydların) ve arabanın aşınmış yüzeyinin biçimini saptamak için aşağıdaki gösterilişleri (şek. 113) kabul edelim : $U(x) =$ kızakların (x) mesafesi boyunca aranan U_1 lineer aşınma miktarı, $[0 \leq x \leq (L + l_0)]$; $U(l) =$ arabaların l ($0 \leq l \leq l_0$) mesafesi boyunca aranan U_2 lineer aşınma miktarı;

$L =$ arabanın maksimum hareket mesafesi; $l_0 =$ kızakların uzunluğu; $p = f(l) =$ basınç diyagramının denklemleri; $y = O(x) =$ arabanın sol ucuna göre toplam kayma i mesafesinde dağılım eğrisi; $s =$ belli bir zaman uzunluğu içinde arabaların her bir noktasının kat ettiği kayma mesafesi; $k =$ belli bir malzeme çiftinde belli aşınma koşulları altında 1 kilometre kayma mesafesi üstünde 1 kgf/cm^2 lik basınçla /im cinsinden lineer aşınma miktarını gösteren aşınma katsayısı; $k_y =$ kızak malzemesinin aşınma katsayısı; $f_{c_2} =$ araba malzemesinin aşınma katsayısı. $U(l)$ fonksiyonu, kızakların her noktasının tüm s kayma mesafesi boyunca $p = f(l)$ sabit basınç altında aşınması koşuluyla saptanır. Bu itibarla aşınma dağılım eğrisi, basınç diyagramı ile aynı olacak olup $U(l) = k_2 sf(l)$ denklemlerle ifade edilir.



Şek. 113.- Kızaklar için aşınma diyagramı

Tezgâh hassasiyetinin kaybolmasının başlıca nedeni, $U(x)$ fonksiyonu ile tanımlanan, aşınmış kızakların biçimidir. Bu fonksiyonu bulmak için, kızakların x absisinde bir kesitinin nasıl aşındığını ele alalım (şek. 113). Arabanın hareketi, kızakların kesitinin, araba hareket ettiğinde x koordinatlı kesitten geçen $f(l)$ basınç diyagramı bölümünce saptanmış basınçların etkisiyle aşınmasını sonuçlandırır. Basınç diyagramının l koordinatlı her elementi kızakları $pdl = f(l) di$ le orantılı bir miktarda aşındırır, pdl in etkisiyle meydana gelen dU elementer aşınma miktarını bulmak için, x koordinatı tarafından tanımlanan kızak kesitinin aşınma süreci içinde

pdl basınç diyagramı elementi tarafından kat edilen toplam kayma mesafesi kesitini saptamak gerekir. Bu amaçla $y = \phi(x)$ dağılım eğrisi kullanılacaktır.

Bu eğrinin denkleminin arabanın sol ucunun yer değiştirmesini ($l = 0$) nitelediğinden, arabanın l koordinatlı bir noktasının denklemi $y = O(x-l)$ şeklini alacak ve x koordinatıyla tanımlanan noktaya tekabül eden kayma mesafesinin kesri $s O(x-l)$ e eşit olacaktır.

Bu itibarla pdl basınç diyagramı elementinin etkisinden ileri gelen, x noktasındaki aşınma miktarı

$$dU = k_1 s \phi(x-l) f(l) dl \text{ olacaktır.}$$

l_1 den l_2 ye tüm basınç diyagram kesitinin etkisinden hasıl olan x noktasındaki aşınmayı bulmak için, yukarıdaki sınırlar içinde elementer pdl kesitlerini birbirlerine eklemek gerekir:

$$U(x) = k_1 s \int_{l_1}^{l_2} \phi(x-l) f(l) dl \quad (10)$$

Bu, değişik durumlara uyan bir formüldür. İntegralin sınırları, basınç diyagramının hangi kesitinin x koordinatı ile belirlenen kızığın belli bir noktasına etki yaptığına göre seçilir (Tablo 39).

Tablo 39.- (10) formülünde entegral sınırlar

$\frac{L}{l_0}$	Kesit	Kesit sınırları	Entegral sınırları	
			l_1	l_2
> 1	I	$0 \leq x \leq l_0$	0	x
	II	$l_0 \leq x \leq L$	0	l_0
	III	$L \leq x \leq l_0 + L$	$x - L$	l_0
< 1	I	$0 \leq x \leq L$	0	x
	II	$L \leq x \leq l_0$	$x - L$	x
	III	$l_0 \leq x \leq l_0 + L$	$x - L$	l_0

Formül başlıca faktörlerin aşınmış kızakların biçimi üzerindeki etkisini açıklar: k , malzemelerin aşınma mukavemeti ve aşınma koşullarını; s , zaman içinde tezgâhın çalışma yüklemesini; $p = f(l)$, hem kuvvetlerin durumları (basınç diyagramının şekli), hem de bunların büyüklüklerine göre arabanın tasarımını ve $O(x)$ de tezgâhın çalışma koşullarını, örneğin tezgâhta yürütülen işlemleri niteler.

Çeşitli durumlar için gayd - kızak hesabı formülleri Tablo 40' da verilmiştir.

Tablo 40.- Gayd - kızak hesabı formülleri

Dağılım eğrisi	Özgül basınç diyagramı	Aşınmış gaydın şekli	Kesit	Kesit denklemi $U(x) = k s \int_{l_2}^{l_1} \varphi(x-l) f(l) dl$
<p>$\varphi(x) = 1/L$</p>	<p>$p = p_1 = \text{const}$</p>		I	$k s p_1 \frac{x}{L}$
			II	$k s p_1 \frac{l_0}{L}$
			III	$k s p_1 \frac{1}{L} (L + l_0 x)$
<p>$\varphi(x) = x/L$</p>	<p>$p = (p_2/l_0)x$</p>		I	$k s p_1 \frac{x^2}{2Ll_0}$
			II	$k s p_1 \frac{l_0}{L}$
			III	$k s p_1 \frac{1}{2Ll_0} [l_0^2 - (x-L)^2]$
<p>$\varphi(x) = \frac{2}{L}(L-x)$</p>	<p>$p = p_1$</p>		I	$k s p_1 \frac{1}{L^2} (2Lx - x^2)$
			II	$k s p_1 \frac{l_0}{L^2} (2L + l_0 - 2x)$
			III	$k s p_1 \frac{1}{L^2} (L + l_0 - x)^2$

Tablo 40 (devam)

$\frac{L}{l_0}$	Dağılım eğrisi	Özgül basınç diyagramı	Aşınmış gaydın şekli	Kesit	Kesit denklemi $U(x) = k s \int_{l_2}^{l_1} \varphi(x-l) f(l) dl$
>1	<p>$\varphi(x, a, \sigma)$</p>	<p>$p = p_1$</p>		I	$k s p_1 M \left[\Phi \left(\frac{x-a}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{a}{\sigma} \right) \right]$
				II	$k s p_1 M \left[\Phi \left(\frac{x+a}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{a+l_0-x}{\sigma} \right) \right]$
				III	$k s p_1 M \left[\Phi \left(\frac{L+a}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{a+l_0-x}{\sigma} \right) \right]$
<1	<p>$\varphi(x) = 1/L$</p>	<p>$p = p_1$</p>		I	$\frac{k s p_1 x}{L}$
				II	$k s p_1$
				III	$\frac{k s p_1}{L} (l_0 + L - x)$
	<p>$\varphi(x) = x/L$</p>	<p>$p = (p_2/l_0)x$</p>		I	$\frac{k s p_2 x^2}{2Ll_0}$
				II	$\frac{k s p_2}{2l_0} (2x - L)$
				III	$\frac{k s p_2}{2l_0} [l_0^2 - (x-L)^2]$

(Tablo 40 devam)

$\frac{L}{l_0}$	Dağılıma eğrisi	Özgül basınç diyagramı	Aşınmış gaydın şekli	Kesit	Kesit denklemi $U(x) = k s \int_{l_2}^{l_1} \varphi(x-i) f(l) dl$
<1				I	$\frac{k s p_1 x^2}{l^2}$
				II	$k s p_1$
				III	$\frac{k s p_1}{L^2} [(L^2 - (x - l_0)^2)]$
				I	$\frac{k s p_2}{3 l_0 L^2} x^3$
			II	$\frac{k s p_2}{l_0} \left(x - \frac{2}{3} L \right)$	
			III	$\frac{k s p_2}{3 L^2 l_0} [3(L^2 + l_0^2) x - x^3 - 2l_0^3 - 2L^3]$	

işaretlemeler. $O_n(x)$ = normal (Gauss) dağılım kanunu; O = Laplace fonksiyonu;

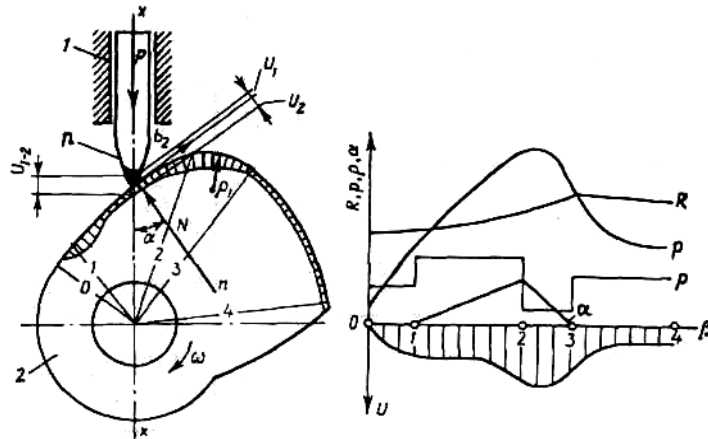
$$M = \frac{1}{\Phi\left(\frac{a}{\sigma}\right) - \left(\frac{L-a}{\sigma}\right)}$$

Değişken temas koşullu birleşmeler

Değişken temas koşulları, daha yüksek sınıflandırma gruplarına (Tablo 36' ya bkz.) özgüdür. Burada, dış etkenlerden (kuvvetler, hızlar, temas koşulları vb.) yüzeyin her kesitine göre bir değişim, sürtüşen yüzeyin üzerindeki aşınmanın dağılımında büyük etki sahibidir.

Bu tür bir birleşmenin tipik örneği, makaralı bir sürtücü ile bir kam çiftidir. Özellikle otomatik makinelerde olmak üzere kam mekanizmaları her tür sistemde büyük ölçüde kullanılır. Kam profilinin tekdüze (yeknasak - uniform) olmayan aşınması, hareketin ve ilâve dinamik yüklemenin sinematığını bozup sık sık tüm mekanizmanın çökmesini sonuçlandırır.

Şimdi, şek. 114' de görülen bir kam - sürtücü mekanizmasını örnek olarak alıp bir kam profilinin aşınmasının bir saptama yöntemini ele alalım.



Şek. 114.- Bir kam mekanizmasında aşınma diyagramı

Bu çift 4. grup, II. tip birleşmelere mensuptur şöyle ki sürtücünün gaydı, aşınma sırasında komponentlerin mümkün olan yaklaşımının $x - x$ yönünü saptamaktadır ve böylece de (3) münasebetine göre temas koşulu bu durumda geçerli olmaktadır. Sürtücü ucunun aşınması onun hareket kanununun değişmesi üzerinde az bir etkisi olup değişimin esas nedeni, kamın aşınması olacaktır. Malzemelerin aşınma kanunları, örneğin (2) denkleminin ifade ettiği gibi, aşınmış yüzeyin şeklini hesap ederken kullanılmak zorundadır ve bunlar yüzeyin her kesitine uygulanacaklardır. Mamafih burada, aşağıdaki etkenler hesaba katılacaktır.

(1) Temas alanında σ_c temas gerilmesi, Herz kanununa bağlıdır. (2) Dikey yük, sürtücüye bastıran P yükü ile a basınç açısının bir fonksiyonudur

$$N = P \frac{\cos \varphi_2}{\cos (\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)} \quad \text{olup}$$

burada α_1 ve α_2 kam ve sürtücüsü çiftinin sırayla sürtünme açılarıdır, a basınç açısı, profilin farklı kesitlerinde farklıdır. P yükü, kam profilinin her noktası için, örneğin ya B dönme açısı, ya da açılmış profilin uzunluğunun fonksiyonu olarak, hesaplanabilir.

(3) Kam profilinin p_1 eğim yarıçapı, profilin değişik kesitleri için farklıdır.

(4) Sürtücünün kam profili boyunca kayma hızları değişir ve kamın sabit bir w sabit açısal hızında, göreceli teğetsel kayma hızı

$$v_r = \frac{\omega R}{\cos \alpha} \quad \text{olacaktır.}$$

Burada R = kam yarıçapı olup değişkendir.

Başlangıç aşınma münasebetine giren, işte bu hızdır. Bu münasebet, kayma mesafesinin bir fonksiyonu olarak ifade edilecek olursa bu mesafe, kam profilinin açılmış uzunluğu olarak tanımlanır.

Böylece, belli bir sürtünme tipinde, malzemeler için temel aşınma münasebeti, örneğin

$$\gamma = k \sigma_c^m v_r$$

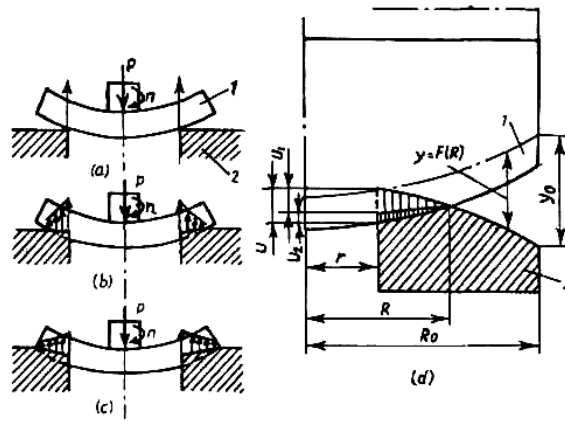
olarak ortaya konduğunda, kamın $U = y t$ aşınmış yüzeyinin şekli, formülde P , a , R ve p nun yukarıdaki münasebetlerden ilk değerlerini yerlerine koyarak doğruca saptanabilir, ama bu arada bu parametrelerin değişken olup kamın P dönme açısına bağlı oldukları hesaba katılacaktır. Kamın ilk parametrelerinin ve çalışan kesit için (karakteristik profil noktaları 2-4) aşınmış yüzey şeklinin grafik temsilinin bir örneği, şek. 114' de verilmiştir. Birleşmenin, $x-x$ yönünde tek bir parametre tarafından ölçülen ve intikal ettirilmiş hareketin kanununun bozulmasını saptayan U_{1-2} aşınması, (3) formülünden bulunabilip burada U_1 U_2 ve a açısı, kamın dönme açısının fonksiyonlarıdır.

A.III.6.1 Hassas işlenmemiş veya şekli bozulmuş parçaların alıştırılması

Karşılıklı parçaların düşük hassasiyette işlenmeleri ve şekillerinin bozulması halinde, bunların yüzeylerinin tam teması sağlanamaz. Sonuç olarak çalışmalarının başlangıç döneminde parçalar bir alışma sürecine gireceklerdir. Burada alışma yüzey pürüzlülüğünün değişmesinden çok,

birleşmenin aşınmasından ileri gelen sürtüşen alanın genişlemesini tazammun eder. Bu tür alışma makro - alışma olarak alınır.

şekli bozulmuş bir disk tipi parçada makro - alışma sürecinin bir diyagramı şek. 115' de gösterilmiştir.



şek.115.- Düşük hassasiyetle işlenmiş veya şekli bozulmuş parçalarda alışma diyagramı

Temasın başlangıç döneminde (şek. 115 a), P yükü bir sınırlı alanda yoğunlaşabilir ve oldukça şiddetli aşınmaya neden olabilir. Karşılıklı yüzeyler aşındıkça (şek. 115 i», c), temas alanı büyüyüp yük bunun tüm üstüne yayılmış hale geliyor.

Aşınmaya daha dayanıklı malzeme kullanıldığında alışma dönemi daha uzun sürer. Bu nedenle yeni malzemelerin faydalı özellikleri pratikte kullanılamaz olur; hatta, alışma dönemini kısaltma önlemleri alınmadıkça bunlar istenmeyen olguların ortaya çıkmasını sonuçlandırır. Örneğın, şekli bozulmuş bir şaftta, kenar temas basınçları, aşınmaya dayanıklı malzemenin yapılmış bir kaygan yatakta, uzamış alışma dönemi dolayısıyla, uzun süre etkin kalabilirler. Burada, aşınmaya dayanıklı şaftın daha rijid olması ya da kendini hizalayan bir yatak gerekir.

şimdi, başlangıç biçimleri düşük hassasiyetle imal ve deformasyon nedeniyle uymayan iki disk tipi yüzeye uygulanmış halde t_{ri} alışma süresi uzunluğunun hesabı için bir yöntem ele alalım.

Diskler tam temas halinde iseler, disk bir tür konik yüzey ($a = 0$) olacak telakki edilerek, bunların aşınmaları (9) formülünden saptanabilir.

Alışma dönemi sırasında R yarıçap sürekli olarak değiştiğinden, münasebet bir diferansiyel şeklinde ifade edilecektir:

$$dU = k \frac{Pn}{R-r} dt \quad (11)$$

Alışma döneminin belli bir anında yüzeylerin aşınmasını saptamak için bir diyagram, şek. 115 d de gösterilmiştir. R yarıçapı, $R = R_0$ maksimum değere varana kadar zamanla değişir.

Yarıçap ve aşınmanın sırasıyla dR ve dU artışları arasındaki münasebet, yüzeyler arasındaki başlangıç aralık denkleminin bilinmesi halinde çıkarılabilir. Bu denklem genellikle $y = F(R)$ şeklinde olabilir.

Bu aralığın, parçalardan birinin deformasyonundan ileri gelmesi halinde fonksiyon, parçaların elastik çizgisinin denklemini temsil edecektir.

Alışma sırasında, y başlangıç aralığının tedricen azalmasıyla aşınma artar; bu itibarla $dU = dy$ ve buradan $dU = F(R) dR$ olur.

Bu ifade (11) denkleminde yerin konularak

$$dt = \frac{(R-r) F'(R)}{k P n} dR \quad \text{elde edilir.}$$

Alışma döneminin uzunluğu

$$t_{rr} = \frac{1}{k P n} \int_r^{R_o} (R-r) F'(R) dR \quad (12)$$

veya, disklerin tam temas halindeyken birleşmenin aşınma derecesinin verildiği

$$\gamma_{1-2} = k \frac{Pn}{R_o - r}$$

[(1) formülüne bkz.] hesaba katıldığında

$$t_{ri} = \frac{1}{\gamma_{1-2}(P_o - r)} \int_r^{R_o} (R-r) F'(R) dR$$

elde edilecektir.

Bu formül, yukarıdaki beyanı, ezcümle malzemelerin aşınma mukavemeti ne kadar yüksek olursa alışma döneminin de uzun olacağı keyfiyetini gösterir.

Birçok durumda $F(R)$, bir üssi fonksiyonla ifade edilebilir: $R = r$, $F(R) = 0$ da $F(R) = c(R-r)^m$

$F'(R) = cm(R-r)^{m-1}$ türev ürününü (12) formülünde yerine koyup gerekli değişiklikleri yaparak

$$t_{ri} = \frac{cm}{(m+1)kPn} (R_o - r)^{m+1} \quad (13)$$

elde edilecektir.

Alışma dönemi sırasında birleşmenin aşınması, zamanın bir fonksiyonu olarak, bir lineer münasebete uymamaktadır.

$$U = \sqrt[m+1]{c \left[\frac{(m+1)kPn}{m} \right]} \frac{m}{t^{m+1}}$$

Karşılıklı parçaların başlangıç temasının hassas olmaması, y_o maksimum aralıkla (şek. 115 d ye bkz.) belirginleşebilir:

$$y_o = \frac{m + 1}{m} \gamma_{1-2t_r i} \quad (14)$$

Bu formül bize, karşılıklı parçaların başlangıç temasının gerekli hassasiyetine dair pratik sorunları çözümlene olanağını sağlamaktadır.

Örneğin, başlangıç temasın şeklinin bir parabolik denkleme tekabül etmesi halinde ($m = 2$), alışma dönemi $t_{ri} = 50$ sa' ti aşmayacaktır ve birleşmenin tam temasta zaman içinde $7j_2$ aşınma derecesi, çalışma koşullarına göre, 10^{-4} mm/sa' a eşittir;

buna göre (14) formülüyle hesaplanmış y_o in müsaade edilebilen değeri

$$y_o = \frac{3}{2} 10^{-4} \times 50 = 0,0075 \text{ mm} \quad \text{olacaktır.}$$

Yani, malzemenin bir yüksek aşınma derecesinde bile aralık toleransı çok sıkı olmaktadır.