Sayfa No

ZnO Esaslı Varistorlerin Özellikleri ve Kullanım Alanları 374
H.Özkan TOPLAN, Rüştiye ÇEŞMECİ, Osman T. ÖZKAN

Seramik Kaplı Yüksek Sıcaklık Malzemelerinin Oksidasyon Davranışı 383
Abdulkadir YAŞAR, O.Tuğrul GÖNCEL

100Cr6 Çeliğinin İki Cisimli Abrasiv Aşınma Davranışının Kuru ve Sıvı Sürtünme Şartlarında Deneysel Araştırılması 396
Durmuş ODABAŞ, E. Sabri TOPAL

Pim-Disk Sürtünme Sisteminde Temas Yüzeyi Sıcaklığının ve Sürtünme Isısının Teorik ve Deneysel Araştırılması 406
Durmuş ODABAŞ, M. Baki KARAMIŞ, Nafiz KAHRAMAN

WC-Co Esaslı Kesici Takımlarda Tane Büyüklüğü ve Kobalt İçeriğinin Aşınma Direncine Etkisi 416
Halis ÇELİK, Mahmut İZCİLER

Hidrodinamik Yağlamada Basınç Oluşumuna Yüzey İşleme Parametrelerinin Etkisi 424
Ali Osman KURBAN, Fazıl CANBULUT

Yaşlandırma Öncesi İntermetalik Fazların Oluşturulmasında Yeni Bir Yöntem ve Al-Cu-B Örneğinde Aşınma Davranışına Etkisinin İncelenmesi 434
A. Halim DEMİRCİ, Ali BAYRAM

Borlanmış Malzemelerin Tribolojik Özellikleri 446
M. Baki KARAMIŞ, Fehmi NAİR, Burhan SELÇUK

Closed-Field Unbalanced Magnetron Sputtering Sistemi ile Büyütülen Ti-N, (Ti,Cr)N ve (Ti,Zr)N Seramik Filmlerin Mekanik ve Tribolojik Özellikleri 455
İhsan EFEOĞLU, Derek ARNELL

Abrasiv Aşınma Mekanizmasının Çeliklere Uygulanması 468
İbrahim SEVİM, Barlas ERYÜREK

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
6. DENİZLİ MALZEME SEMPOZYUMU
12-13-14 NİSAN 1995 DENİZLİ

100Cr6 ÇELİĞİNİN İKİ CİSİMLİ ABRASİV AŞINMA DAVRANIŞININ KURU VE SIVI SÜRTÜNME ŞARTLARINDA DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Durmuş ODABAŞ* **E. Sabri TOPAL****

ÖZET

Bu çalışmada 100Cr6 çeliğinin abrasiv aşınma davranışı kuru ve sıvı sürtünmesi şartlarında deneysel olarak araştırılmıştır. Deney tesisatı olarak aşınan numuneye dönme ve öteleme hareketi veren bir parlatma makinası kullanılmıştır. Pim numuneler disk üzerine yerleştirilen SiC taneli su zımparaları tarafından aşındırılmıştır. Deneylerden sonra aşınma miktarı ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür.Deneyler esnasında aşındırıcının tane boyutu. kayma hızı, normal yük ve kayma süresi değiştirilerek bu parametrelerin aşınma miktarı ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri tesbit edilmiştir.

Aşınma miktarı ve ortalama yüzey pürüzlülüğünün tane boyutunun azalmasıyla azaldığı. fakat devir sayısının, normal yükün ve kayma süresinin artışıyla aşınma miktarında artma, ortalama yüzey pürüzlülüğünde ise azalma olduğu tespit edilmiştir. Sıvı sürtünme şartlarında alınan deneysel sonuçlar kuru sürtünme şartlarında alınan sonuçlardan daha büyük olmuştur.

ABSTRACT

In this study, the abrasion wear behaviour of 100Cr6 steel has been investigated under the conditions of the dry and liquid (water) sliding. For the test machine, a grinding-polishing machine that has got a rotation and traslation move of the pin sample has been used. The pin samples were weared by the waterproof silicon carbide papers on the disc. After the tests, the wear rate and the mean roughness were measured.During the tests, by means of variating the abrasive grit size, the normal load, the sliding velocity and the test duration, the effects of this parameters on the wear and mean surface roughness of pins have been determined.

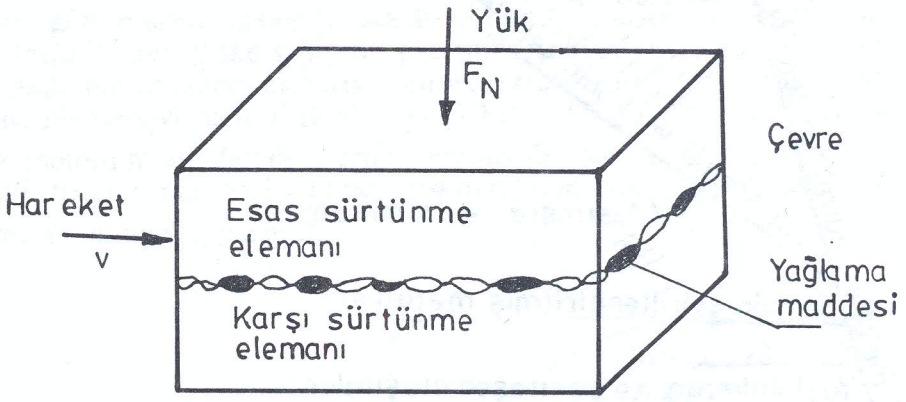
It has been found that the wear rate and mean surface roughness decrease with the decrease of abrasive grit size, but the wear rate increases with the sliding velocity, normal load and test duration, but the mean surface roughness decreases with the increase of them. The test results for the liquid sliding conditions are more great than of the dry sliding conditions.

1.GİRİŞ

Mekanik sistemlerin enerji kayıplarının minimuma indirilmesi için yaygın olarak uygulanan yağlamalı sürtünme veya kuru sürtünme esnasında ortaya çıkan aşınma olayının analizini sağlayan yeni bir bilim dalına ihtiyaç duyulmuştur. Sürtünme, aşınma ve yağlama olaylarını kapsayan ve bunlar arasındaki bağıntıları inceleyen bu bilim dalı tribolojidir. Triboloji "Bir izafi hareket içinde bulunarak birbirlerine etki eden yüzeylerin ve bunlarla ilgili olayların bilimi veya tekniği" olarak yada "Sürtünme, aşınma ve yağlama konularında ve bunların aralarındaki bağıntılar üzerinde yapılan araştırma ve teknik uygulamalar bilimi " olarak tarif edilmektedir [1].İçinde aşınma ve sürtünme olaylarının cereyan ettiği teknik sistemlere ise "Tribolojik sistem" adı verilmektedir. Mühendislik malzemelerinin sürtünme ve aşınma davranışlarının araştırılmasında mekanik sistemleri bir tribolojik sistem olarak kabul etmek ve bu olayların bir sistem özelliği olduğu dikkate alınarak incelenmesi gerekir [2].Hareketin olduğu

* Yrd.Doç.Dr. , Erciyes Üniv., Mühendislik Fakültesi, Kayseri.
** Araş. Görv. , Erciyes Üniv., Mühendislik Fakültesi, Kayseri.

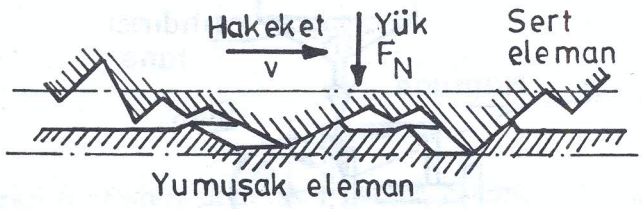
her yerde aşınma kaçınılmazdır. Aşınma kanser gibi bir malzeme hastalığıdır [3]. Kanserin insanlığa açtığı yaraları aşınma malzemeye açmaktadır. Çok kompleks bir olay ve bir sistem özelliği olması nedeniyle aşınmanın bugüne kadar değişik tarifleri yapılmıştır. 1953 yılında DIN 50320'ye göre teknik anlamda aşınma "Cisimlerin yüzeylerinde mekanik etkilerle mikro taneciklerin kopup ayrılması nedeniyle istenmeyen bir değişikliğin meydana gelmesidir" şeklinde tarif edilmiştir [4]. Fınkın [5] ise aşınmayı "Mekanik bir etkinin sonucunda bir yüzeyden parçacıkların yavaşça kalkması " olarak ifade etmiştir. Diğer bir tanıma göre aşınma "Katı cisimlerin yüzeylerinden ufacık tanelerin veya ince tabakaların ayrılması ile meydana gelen malzeme kaybı" olarak tanımlanmıştır.[6]. 1976 yılında DIN 50320'ye göre yapılan aşınmanın yeni tarifi " Katı cisim yüzey bölgesinden tribolojik zorlanma sonucu sürekli ilerleyen malzeme kaybı" şeklinde yapılmıştır [1].Daha genel bir tarif olarak aşınma "Tribolojik sistemi oluşturan eleman ve faktörlerin karşılıklı etkileşmelerinin ortak ürünüdür" şeklinde yapılabilir. Aşağıdaki şekilde tribolojik bir sistemin, dolayısıyla aşınmanın temel faktörleri görülmektedir.



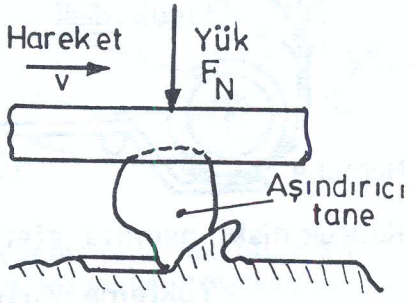
Şekil 1. Tribolojik sistemin elemanları [4, 6]

2. ABRASİV AŞINMA MEKANİZMASI

Abrasiv aşınma mekanizması izafi kayma hareketi yapan iki elemandan daha pürüzlü veya sert olanın basınç veya kuvvet etkisiyle daha yumuşak olan elemanın yüzeyine girerek çizmesi ve mikro talaşların kalkması ile meydana gelir. Sürtünen elemanların doğrudan etkileşmesi ile "İki cisimle abrasiv aşınma mekanizması" oluşur (Şekil-2). İki cisimli abrasiv aşınmada daha sert ve kaba olan yüzeyin pürüzleri (tanecikleri) yumuşak yüzeye batarak çizer ve sürtünme hareketinin etkisi ile aşındırır.



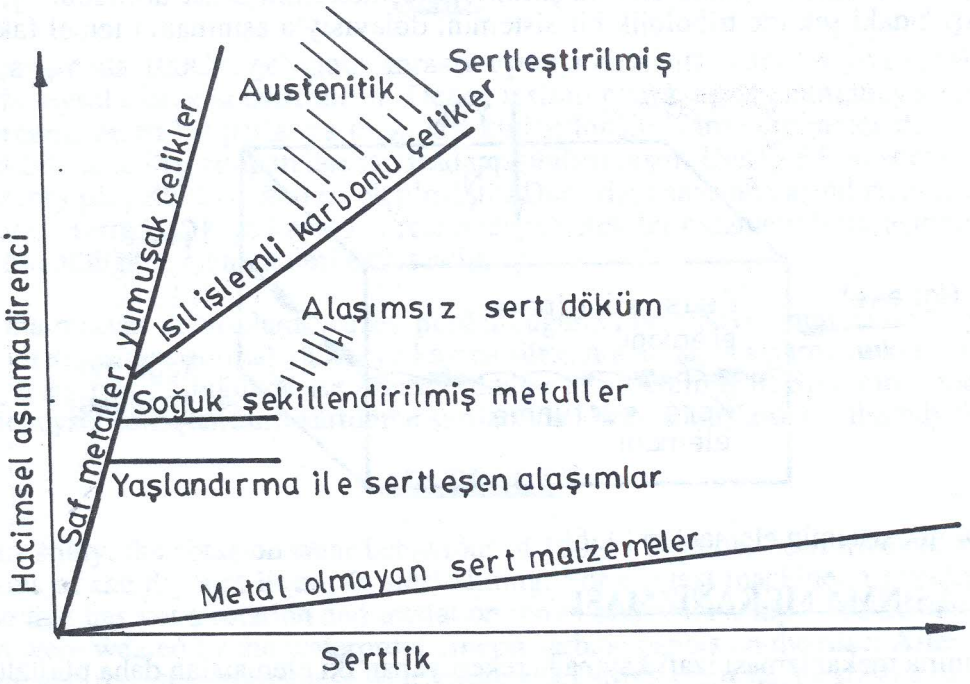
Şeki -2: İki cisimli abrasiv aşınma mekanizması.



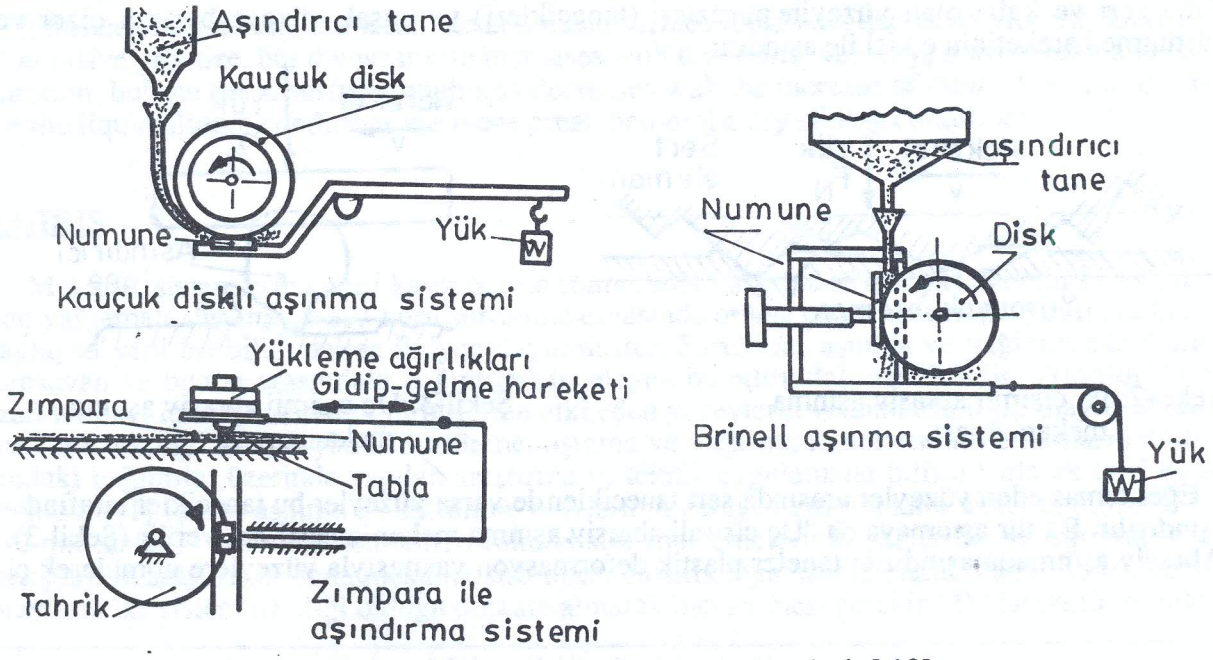
Şekil-3: Üç cisimli abrasiv aşınma mekanizması.

Eğer temas eden yüzeyler arasında sert tanecikler de varsa yüzeyler bu tanecikler tarafından aşındırılır. Bu tür aşınmaya da "Üç cisimli abrasiv aşınma mekanizması" adı verilir (Şekil-3). Abrasiv aşınmada aşındırıcı taneler plastik deformasyon vasıtasıyla yüzeylere gömülerek çi-

zikler meydana getirir. İzafi sürtünme hareketinin tesiri ile çizilen bu bölgelerden mikro talaşlar koparak aşınma gerçekleşir.Abrasiv aşınma genel olarak tarım aletleri ve makinalarında maden işletmelerinde, iş makinalarında, imalat, çimento ve seramik sanayiinde görülür. Malzemelerin abrasiv aşınma konusunda bugüne kadar pekçok teorik ve deneysel araştırma yapılmıştır [6-12]. Zımpara kağıdı metodu ile yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen aşınma direnci - malzeme sertliği değişimi Şekil-4'de görülmektedir. Abrasiv aşınma deneyleri için geliştirilen deney sistemleri ise Şekil- 5'de verilmiştir.



Şekil-4. Çeşitli malzemelerin hacimsel aşınma direncinin sertlik ile değişimi [12].

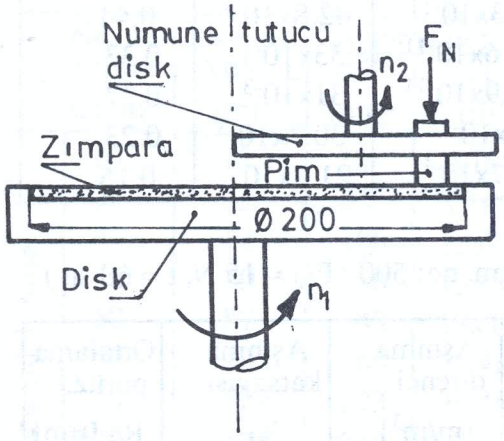


Şekil-5 : Abrasiv aşınma deneylerinde kullanılan deney sistemleri [12].

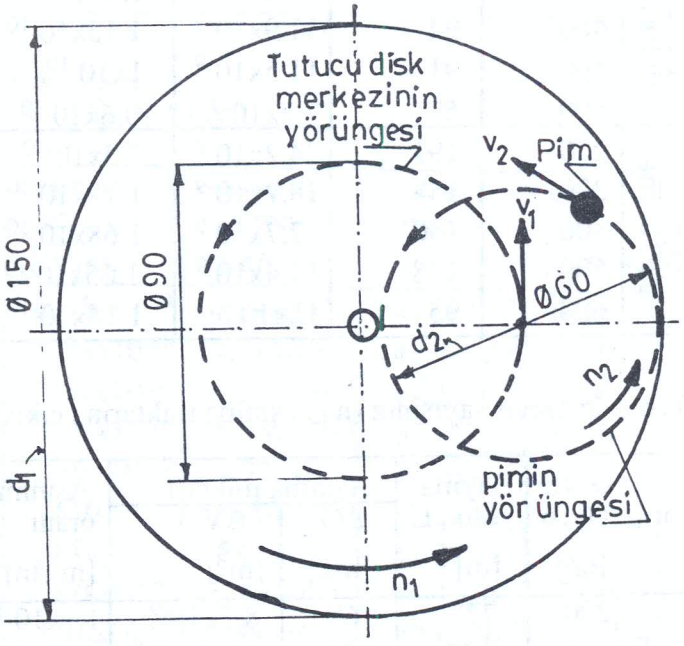
Bu çalışmada dönme ve öteleme hareketi yapan bir parlatma makinası kullanılarak aşındırıcı tane boyutu, kayma hızı, normal yük ve deney süresinin 100Cr6 çeliğinin abrasiv aşınma davranışlarına olan etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Sürtünme-aşınma deneylerinde esas sürtünme elemanı olarak bir soğuk iş takım malzemesi olan 100Cr6 çeliği, karşı sürtünme elemanı olarak da aşındırıcı taneleri SiC olan su zımparaları kullanılmıştır. Test malzemesinin kimyasal bileşimi; % 0.92 C, % 1.51 Cr, % 0.35 Mn, % 0.21 Si, % 0.030 P ve % 0.025 S olarak tesbit edilmiştir. Deney numuneleri, boyu ve çapı 12 mm olan pimler şeklinde, aynı yarı mamul çubuktan torna tezgahında işlenerek imal edilmiştir. Numunelere sadece normalizasyon ısıl işlemi uygulanmış olup, ortalama sertlikleri HV30=280 kg/mm^2 olarak elde edilmiştir. Deneylerden önce numunelerin yüzeyleri taşlanıp 1000 numara su zımparasıyla parlatıldıktan sonra ortalama yüzey pürüzlülükleri Ra=0.05 µm olarak sağlanmıştır. Su zımparalarının çapı 200 mm olan dairesel levhalar şeklinde olup, tane sertliği 2500-2700 kg/mm^2 arasında değişmektedir. Aşınma deneylerinde su zımparası ve test numunesinin takıldığı iki ayrı diske sahip bir parlatma makinası kullanılmıştır. Zımparanın bağlandığı ana disk bir senkron elektrik motoru tarafından ayarlanabilir devirler ile döndürülmektedir. Numuneyi tutan disk ise n_2=110 dev/dak 'lık sabit bir devirle ayrı bir asenkron elektrik motoru tarafından döndürülmektedir. Zımpara ve pim numune aynı yönde dönmektedir (Şekil-6). Pim numuneler tutucu diskin dönmesiyle zımpara üzerinde d_2 = 60 mm çapında dairesel yörüngeler çizerler.



Şekil-6 : Pim-disk abrasiv aşınma sistemi



Şekil-7 : Aşınma yüzeyinin oluşması ve kayma yolunun teşekkülü

Bu dairesel yörüngeler zımparanın dönme hareketi ile ötelenerek yine dairesel bir aşınma yüzeyi üzerinde (d_1 =150 mm çapında) hareket etmekte ve temasın tüm zımpara yüzeyine yayılmasını sağlamaktadır. Böylece zımpara tanelerinin zamanından önce kırılarak ,körlenmesi önlenmektedir. Pimin çevresel hızı v_2= (π d n_2)/1000 = (π x 60x110)/1000 = 20.73

[m/dak] dır. Dolayısıyla pim tutucu diskin ekseni etrafında $S_2 = v_2.t$ yolunu alır. Diğer yandan pime ait dairesel yörünge ötelenerek zımpara çevresinde gezinir. Dairelerin merkezine ait çevresel hız ise $v_1 = (\pi\, d_1\, n_1) /1000 = (\pi \times 90 \times n_1) / 1000 = 0.282\, n_1$ [m/dak] olarak hesaplanabilir. Buradan pim numunenin deney süresince aldığı toplam kayma yolu $L = (20.73 + 0.282\, n_1)t$ [m] bağıntısından yaklaşık olarak hesaplanabilir.Aşınma deneyleri kuru ve sıvı (sulu) sürtünme şartlarında değişik parametrelerde uygulanmıştır. Deneylerden sonra numunelerin aşınma miktarı 0.1 mg hassasiyetli bir teraziyle, aşınan yüzeylerin ortalama pürüzlülükleri ise Mitutoyo marka iğne uçlu bir cihazla ölçülmüştür. Sonuçlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir. Abrasiv aşınma katsayısı $k_A = (\Delta V.H) / F_N$. L bağıntısıyla, aşınma oranı $\Delta V / L$ [m^3 / m] ve aşınma direnci de $L / \Delta V$ [m/m^3] ifadeleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo-1: Aşınma miktarının zımpara tane boyutu ile değişimi
(F_N = 15 N, t = 60 sn, L = 105 m, n_1 = 300 dev/dak)

	Zımpara no	Aşınma miktarı		Aşınma oranı	Aşınma direnci	Aşınma katsayısı	Ortalama pürüzlülük
		ΔG [mg]	ΔV [m^3]	[m^3/m]	[m/m^3]	k_A	Ra [μm]
Kuru sürtürme	220	169	21.4×10^{-9}	2×10^{-10}	5×10^{-11}	37.8×10^{-3}	0.34
	320	119	15×10^{-9}	1.4×10^{-10}	7.1×10^{-11}	26.5×10^{-3}	0.32
	400	94	11.9×10^{-9}	1.13×10^{-10}	8.8×10^{-11}	21×10^{-3}	0.23
	500	91	11.5×10^{-9}	1×10^{-10}	10×10^{-11}	20.3×10^{-3}	0.19
	600	57	7.2×10^{-9}	0.6×10^{-10}	16.6×10^{-11}	12.7×10^{-3}	0.13
Sıvı sürtünme	220	191	24.2×10^{-9}	2.3×10^{-10}	4.3×10^{-11}	42.8×10^{-3}	0.44
	320	148	18.7×10^{-9}	1.78×10^{-10}	5.6×10^{-11}	33×10^{-3}	0.33
	400	140	17.7×10^{-9}	1.68×10^{-10}	5.9×10^{-11}	31×10^{-3}	0.27
	500	138	17.4×10^{-9}	1.65×10^{-10}	6×10^{-11}	30.7×10^{-3}	0.23
	600	95	12×10^{-9}	1.14×10^{-10}	8.7×10^{-11}	21.2×10^{-3}	0.15

Tablo-2: Devir sayısının (n_1) aşınma miktarına etkisi (Zım. no: 500 , F_N = 15 N, t = 60 sn)

	Devir sayısı n_1 [d/d]	Kayma yolu , L [m]	Aşınma miktarı ΔG [mg]	Aşınma miktarı ΔV [m^3]	Aşınma oranı [m^3/m]	Aşınma direnci [m/m^3]	Aşınma katsayısı k_A	Ortalama pürüz. Ra [μm]
Kuru sürtünme	200	77	69	8.7×10^{-9}	1.1×10^{-10}	9.09×10^{-11}	21.08×10^{-3}	0.19
	300	105	91	11.5×10^{-9}	1.09×10^{-10}	9.1×10^{-11}	20.4×10^{-3}	0.17
	400	133	118	14.9×10^{-9}	1.12×10^{-10}	8.9×10^{-11}	20.9×10^{-3}	0.15
	500	162	134	16.9×10^{-9}	1×10^{-10}	9.6×10^{-11}	19.4×10^{-3}	0.14
	600	190	140	17.9×10^{-9}	0.9×10^{-10}	11.1×10^{-11}	17.4×10^{-3}	0.11
Sıvı sürtünme	200	77	110	13.9×10^{-9}	1.8×10^{-10}	5.5×10^{-11}	33.6×10^{-3}	0.41
	300	105	148	18.7×10^{-9}	1.7×10^{-10}	5.8×10^{-11}	33.2×10^{-3}	0.26
	400	133	165	20.9×10^{-9}	1.57×10^{-10}	6.3×10^{-11}	29.3×10^{-3}	0.24
	500	162	171	21.6×10^{-9}	1.33×10^{-10}	7.5×10^{-11}	24.8×10^{-3}	0.18
	600	190	185	23.4×10^{-9}	1.13×10^{-10}	8.1×10^{-11}	22.9×10^{-3}	0.15

Tablo-3: Normal yükün aşınma miktarına etkisi
(Zımpara no: 500, t = 60 sn, L = 105 m, n_1 = 300 dev/dak)

	Yük F_N [N]	Aşınma miktarı ΔG [mg]	Aşınma miktarı ΔV [m^3]	Aşınma oranı [m^3/m]	Aşınma direnci [m/m^3]	Aşınma katsayısı k_A	Ortalama pürüz. Ra [μm]
Kuru sürtünme	5	56	7.09×10^{-9}	0.67×10^{-10}	14.9×10^{-11}	37.7×10^{-3}	0.10
	10	78	9.8×10^{-9}	0.93×10^{-10}	10.7×10^{-11}	26×10^{-3}	0.19
	15	91	11.5×10^{-9}	1.09×10^{-10}	9.1×10^{-11}	20.3×10^{-3}	0.17
	20	108	13.6×10^{-9}	1.29×10^{-10}	7.7×10^{-11}	18×10^{-3}	0.13
	25	120	15.2×10^{-9}	1.44×10^{-10}	6.9×10^{-11}	16.2×10^{-3}	0.1
Sıvı sürtünme	5	82	10.3×10^{-9}	0.98×10^{-10}	10.2×10^{-11}	54.7×10^{-3}	0.21
	10	97	12.2×10^{-9}	1.16×10^{-10}	8.6×10^{-11}	32.4×10^{-3}	0.23
	15	105	13.3×10^{-9}	1.26×10^{-10}	7.9×10^{-11}	23.5×10^{-3}	0.26
	20	116	14.7×10^{-9}	1.4×10^{-10}	7.1×10^{-11}	19.5×10^{-3}	0.15
	25	136	17.3×10^{-9}	1.64×10^{-10}	6.1×10^{-11}	18.4×10^{-3}	0.1

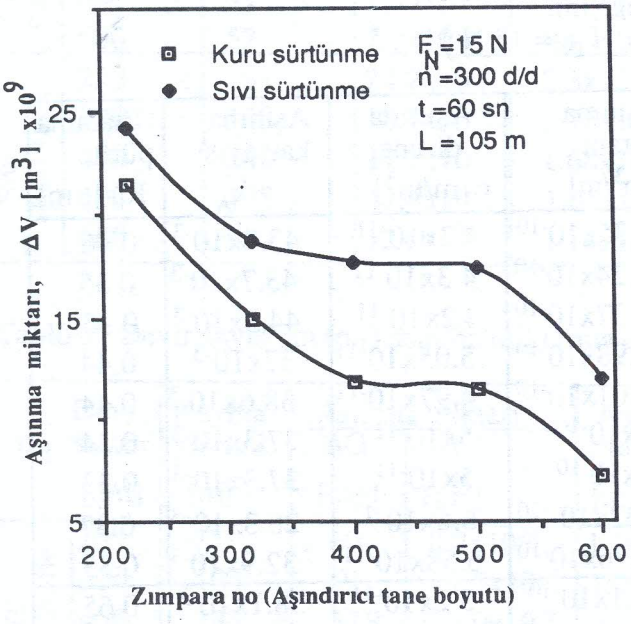
Tablo-4: Aşınma miktarının kayma süresi ile değişimi
(Zımpara no:220, n_1 = 300 dev/dak, F_N = 15 N)

	Kayma süresi t, [sn]	Kayma yolu, L [m]	Aşınma miktarı ΔG [mg]	Aşınma miktarı ΔV [m^3]	Aşınma oranı [m^3/m]	Aşınma direnci [m/m^3]	Aşınma katsayısı k_A	Ortalama pürüz. Ra [μm]
Kuru sürtünme	10	17	32	4×10^{-9}	2.35×10^{-10}	4.2×10^{-11}	43.9×10^{-3}	0.46
	20	35	65	8.2×10^{-9}	2.34×10^{-10}	4.3×10^{-11}	43.7×10^{-3}	0.35
	30	53	100	12.6×10^{-9}	2.37×10^{-10}	4.2×10^{-11}	44.3×10^{-3}	0.35
	40	70	110	13.9×10^{-9}	1.98×10^{-10}	5.05×10^{-11}	37×10^{-3}	0.44
	50	87	143	18×10^{-9}	2.01×10^{-10}	4.97×10^{-11}	38.6×10^{-3}	0.44
	60	105	169	21.4×10^{-9}	2×10^{-10}	5×10^{-11}	37.3×10^{-3}	0.34
	70	122	193	24.4×10^{-9}	2×10^{-10}	5×10^{-11}	37.3×10^{-3}	0.33
	100	175	210	26.6×10^{-9}	1.52×10^{-10}	6.6×10^{-11}	28.3×10^{-3}	0.37
	140	245	342	43.3×10^{-9}	1.76×10^{-10}	6.58×10^{-11}	32.9×10^{-3}	0.33
Sıvı sürtünme	10	17	42	5.30×10^{-9}	3.1×10^{-10}	3.2×10^{-11}	58.1×10^{-3}	0.65
	20	35	85	10.7×10^{-9}	3.05×10^{-10}	3.27×10^{-11}	57×10^{-3}	0.68
	30	53	110	13.9×10^{-9}	2.62×10^{-10}	3.8×10^{-11}	48.9×10^{-3}	0.52
	40	70	140	17.7×10^{-9}	2.52×10^{-10}	3.96×10^{-11}	47×10^{-3}	0.55
	50	87	163	20.6×10^{-9}	2.36×10^{-10}	4.2×10^{-11}	44×10^{-3}	0.51
	60	105	191	24.2×10^{-9}	2.3×10^{-10}	4.3×10^{-11}	43×10^{-3}	0.44
	70	122	210	26.6×10^{-9}	2.18×10^{-10}	4.58×10^{-11}	40.6×10^{-3}	0.42
	100	175	270	34.2×10^{-9}	1.95×10^{-10}	5.1×10^{-11}	36.4×10^{-3}	0.39
	140	245	364	46×10^{-9}	1.87×10^{-10}	5.3×10^{-11}	35×10^{-3}	0.41

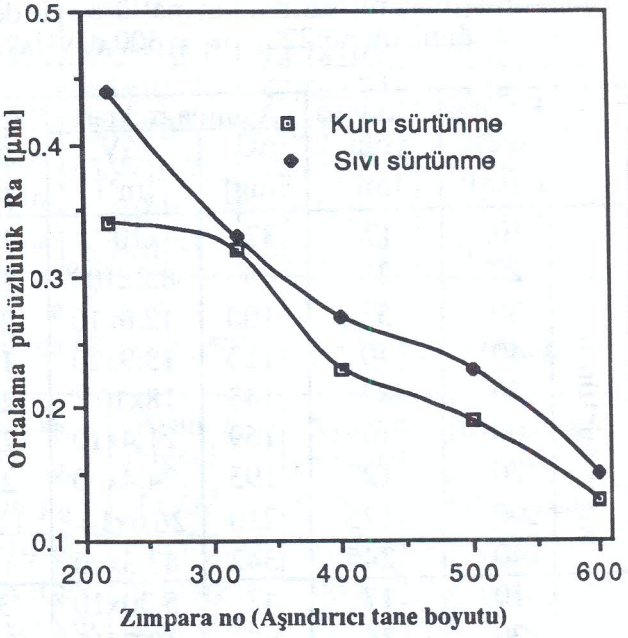
4. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Aşındırıcı Tane Boyutunun Aşınma Miktarı Ve Ortalama yüzey pürüzlülüğüne Etkileri

Tablo-1'deki deneysel değerler incelendiğinde aşındırıcı tane boyutunun azalması (zımpara numarasının büyümesi) ile aşınma miktarı ve ortalama yüzey pürüzlülüğü de azalmaktadır. Sıvı sürtünme şartlarına ait deneysel değerlerin kuru sürtünme şartlarında alınan değerlerden daha büyük olduğu açıkça görülmektedir. Bunun sebepleri şöyle açıklanabilir : Aşındırıcı tanelerin bir kısmı yüzeyle elastik, bir kısmı da plastik temas yaptığından tanelerin tamamı aşınmaya iştirak etmezler. Tanelerin bir kısmı yükü taşırken, bir kısmı plastik deformasyon ile yüzeye nüfuz ederek aşınmayı sağlar. Tane boyutunun büyümesi ile birim temas alanındaki tane sayısı azalarak yüzeyle temas eden taneler üzerinde aşırı bir gerilme yığılması meydana gelir. Bunun tabii sonucu olarak aşındırıcı taneler, yüzeye daha fazla nüfuz ederek aşınmayı arttırır. Tane boyutunun küçülmesiyle ise birim temas alanındaki temas sayısı artar. Tanelere gelen yük dağılımı daha homojen ve düşük değerde olduğundan tanelerin yüzeye nüfuziyet derinliği daha az olur. Dolayısıyla yüzey daha az aşınır. Şekil-8' den de görüldüğü gibi hacimsel aşınma miktarı aşındırıcı tane boyutunun küçülmesiyle düşmektedir. Aynı şekilde ortalama yüzey pürüzlülüğü de tane boyutunun küçülmesiyle azalmaktadır (Şekil-9). Kaba taneler yüzeylerde daha derin ve geniş aşınma izleri oluşturarak pürüzlülüğü arttırırken, ince taneler daha sığ ve dar aşınma izleri teşekkül ettirerek pürüzlülüğün azalmasını sağlarlar.



Şekil-8: Aşınma miktarının aşındırıcı tane boyutuyla değişimi

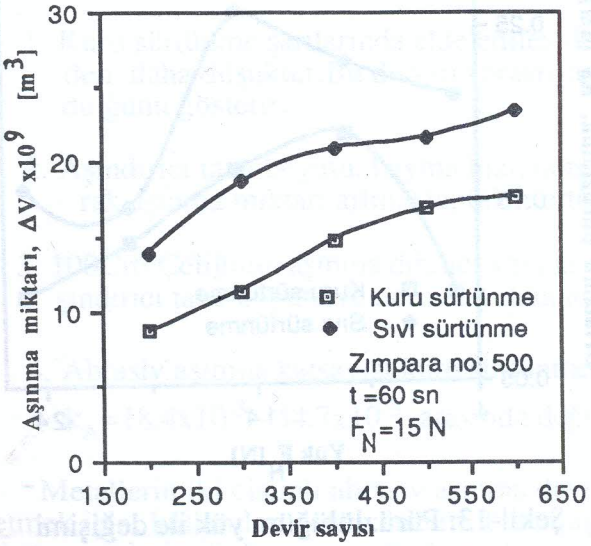


Şekil-9: Ortalama yüzey pürüzlülüğünün aşındırıcı tane boyutuyla değişimi

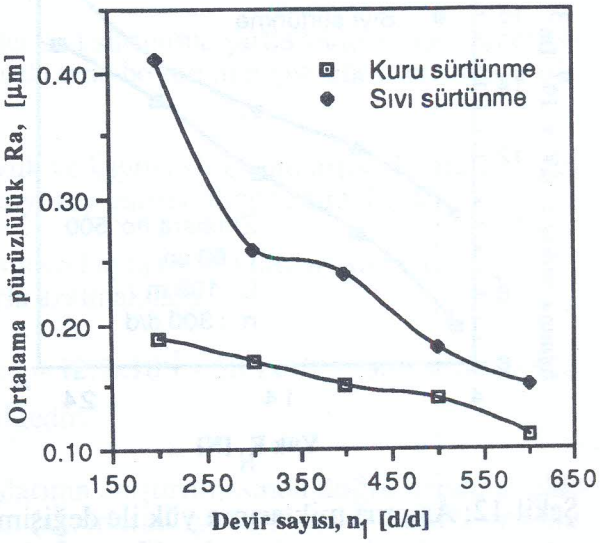
Abrasiv aşınma esnasında metal yüzeyinden kopan partiküller bir miktar aşındırıcı tane kırıntısıyla birleşerek yüzeyler arasında sürtünme kuvvetiyle taşınırken ince kırıntılar haline gelir ve aşındırıcı tanelerin arasını doldurarak aşınma kabiliyetini azaltırlar. Kuru sürtünmede kırıntıların uzaklaştırılamaması ve temas yüzeylerinin ısınması aşındırıcı tanelerin erken tahrip olmasına, dolayısıyla aşındırma kabiliyetlerini kaybetmelerine sebep olur. Sıvı sürtünmede ise bu durum su kullanarak önlendiğinden aşındırıcı tanelerin uzun süre korunması sağlanır. Bu nedenle malzeme daha fazla aşınır. Ayrıca sıvı, aşındırıcı tane ile metal yüzeyi arasındaki sürtünmeyi de azaltarak kayma hareketini kolaylaştırır.

4.2 Kayma Hızının (Devir Sayısının) Aşınma miktarı Ve Ortalama Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Tablo-2' deki değerlerden ve Şekil-10 ve 11' den de görüldüğü gibi kayma hızının artışıyla aşınma miktarı artarken ortalama yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır. Aslında kayma hızının artışıyla kayma yolu artar. Bu sebeple aşındırıcı taneler yüksek kayma hızlarında daha fazla yol katederek metal yüzeyinden daha çok aşınma partikülü koparırlar ve aşınma miktarını arttırırlar.



Şekil-10: Aşınma miktarının kayma hızıyla değişimi



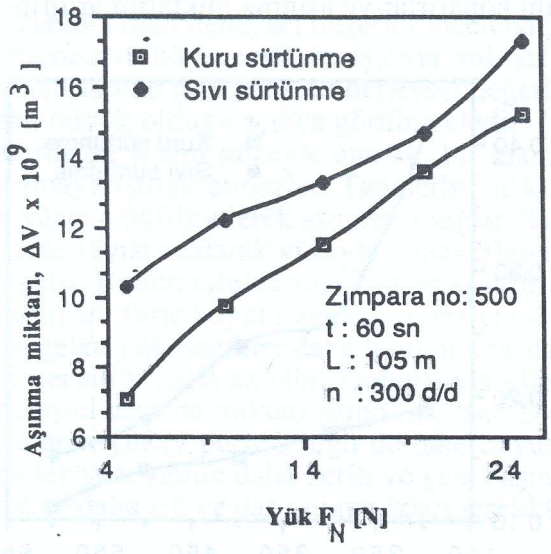
Şekil-11: Ortalama yüzey pürüzlülüğünün kayma hızıyla değişimi

Diğer yandan kayma hızının yükselmesi ile aşındırıcı tanelerin kinetik enerjisi ve katettikleri kayma yolu arttığı için aşındırıcı taneler bazı kısımlarından yer yer kırılarak ufalanır ve aşındırma kabiliyetleri azalır. Bu şekilde ilk boyutuna göre daha küçük boyutlu hale gelen aşındırıcı taneler yüzeylerde derinliği daha az ve ince aşınma izleri meydana getirerek daha düşük yüzey pürüzlülüğü oluştururlar. Kuru sürtünmede metalik aşınma partikülleri taneler arası boşlukları doldurarak aşındırıcı tanelerin nüfuziyet kabiliyetini azaltır. Bu arada meydana gelen sürtünme ısısının da etkisiyle aşındırıcı taneler gevrek kırılmalarla incelir ve aşındırma kabiliyetini erken kaybeder. Sıvı sürtünme de ise kullanılan basınçlı su vasıtasıyla aşınma partikülleri ve oluşan sürtünme ısısı taşınarak aşındırıcı taneler daha uzun süre körelmekten korunur. Ayrıca sıvı yağlama etkisi yaparak aşındırıcı tanenin metal yüzeyinde kolayca kaymasını sağlar. Yukarda izah edilen sebeplerden dolayı sıvı sürtünme şartlarında alınan deneysel değerler kuru sürtünme şartlarında alınanlardan daha yüksek olur.

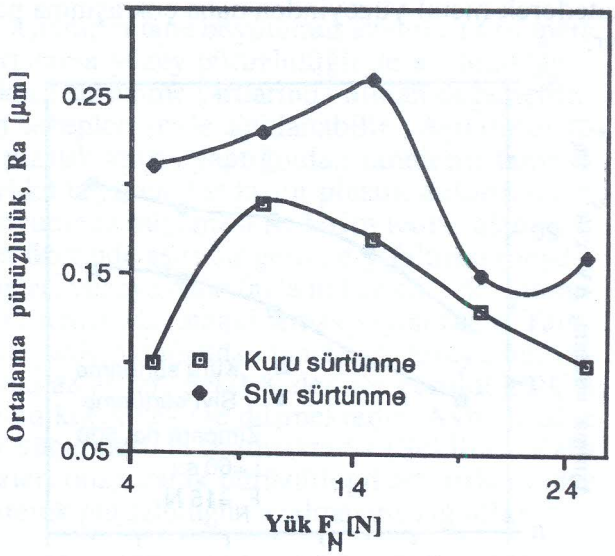
4.3 Normal Yükün Aşınma Miktarı Ve Ortalama Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri

Aşınma kanunlarına uygun olarak aşınma miktarındaki artış yükteki artışla doğru orantılı olarak meydana gelmektedir (Tablo-3 ve Şekil-12). Normal yükün artışı şüphesiz aşındırıcı tanelerin metal yüzeyine daha derin nüfuz etmesini sağladığından aşınma miktarı daha fazla olmaktadır. Sıvı sürtünmede aşındırıcı taneler daha az körlendiğinden malzemedeki aşınma kuru sürtünme şartlarına göre daha fazla olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü kuru sürtünmede F_N= 10 N'luk yük, sıvı sürtünmede ise F_N= 15 N' luk yük değerine kadar artarak bir maksimum değere ulaşmakta ve daha sonra azalmaktadır. (Şekil-13). Aşındırıcı taneler bu kritik yük değerlerine kadar ilk boyutlarını koruduklarından yüzeylerde daha derin ve geniş aşınma izleri meydana getirirler. Fakat bu kritik yük noktaları aşıldıktan sonra aşındırıcı taneler büyük bir gerilme yığılmasının etkisi altında kalarak gevrek olarak kırılırlar ve ilk boyut-

larını kaybedip daha küçük taneli hale gelirler. Böylece aşındırma kabiliyeti azalan bu taneler metal yüzeyinde daha sığ ve ince aşınma izleri oluşturarak pürüzlülüğün azalmasını sağlarlar. Kuru sürtünmede aşındırıcı tanelerdeki boyut kaybı daha fazla olduğundan pürüzlülük değerleri sıvı sürtünmedeki değerlerden daha düşük olmaktadır.



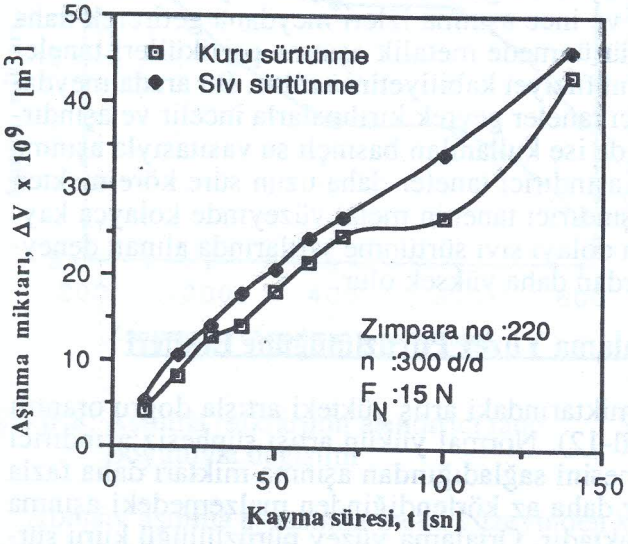
Şekil-12: Aşınma miktarının yük ile değişimi



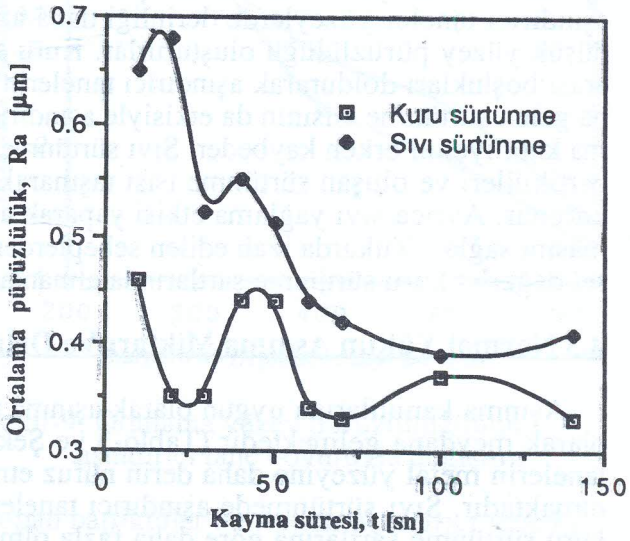
Şekil-13: Pürüzlülüğün yük ile değişimi

4.4. Aşınma Miktarının Ve Ortalama Yüzey Pürüzlülüğünün Kayma Süresiyle Değişimi

Kayma süresi uzadıkça aşınma miktarı da artış göstermektedir (Tablo-4 ve Şekil-14). Bunun başlıca sebebi kayma süresinin artmasıyla kayma yolunun uzamasıdır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü kayma süresinin artışıyla ters orantılı olarak azalma göstermektedir (Şekil-15).



Şekil-14: Aşınma miktarının zamanla değişimi



Şekil-15: Pürüzlülüğün zamanla değişimi

Kaymanın başlangıcına yakın sürelerde aşındırıcı taneler ilk boyutlarını koruduklarından metal yüzeyinde daha derin ve geniş aşınma izleri meydana getirerek daha kaba yüzey oluşmasına neden olurlar. İlerleyen kayma süresi içinde taneler yer yer kırılarak körlenir ve boyutları küçülür. Bu nedenle de pürüzlülüğü daha düşük aşınma yüzeyi meydana gelir. Sıvı sürtünme-

de tanelerin boyutlarında meydana gelen değişmeler daha az olduğu için ortalama pürüzlülük değerleri kuru sürtünme şartlarında elde edilen değerlerden daha yüksek olur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sıvı ve kuru sürtünme şartlarında 100Cr6 çeliği üzerinde yapılan deneysel araştırmalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Kuru sürtünme şartlarında elde edilen değerler sıvı sürtünme şartlarında alınan değerlerden daha düşüktür.Bu durum abrasiv aşınmada tane boyutunun çok etkili bir faktör oldu ğunu gösterir.

2. Aşındırıcı tane boyutu, kayma hızı, normal yük ve kayma süresinin artışıyla orantılı olarak aşınma miktarı artmakta, fakat ortalama yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır.

3. 100Cr6 Çeliğinin aşınma direnci kayma hızının ve kayma süresinin artışıyla artarken, aşındırıcı tane boyutu ve normal yükün artışıyla azalmaktadır.

4. Abrasiv aşınma katsayısı kuru sürtünmede $k_A = 12.7x10^{-3} - 58.1x10^{-3}$, sıvı sürtünmede $k_A = 18.4x10^{-3} - 54.7x10^{-3}$ arasında değişmektedir.

Metallerin iki cisimli abrasiv aşınma davranışlarının araştırılmasında doğru neticeler elde etmek için, kullanılan deney sistemi bütün aşınma faktörlerini iyi karakterize etmeli ve aşındırıcı tanelerin ilk boyutları sürtünme boyunca muhafaza edilmelidir.Aksi taktirde alınan neticeler sağlıklı olmaz. Aşındırıcı tanelerin gerçek etkisi tespit edilemez.

KAYNAKLAR

1. DEMİRCİ H., "Ötektoid Altı Alaşımsız Çeliklerin Yeni İmal Edilen Bir Sürtünme-Aşınma Deney Standında Isıl İşlemlere Bağlı Olarak Aşınma Davranışlarının İncelenmesi ve Optimizasyonu " E.Ü.M.F. Doçentlik tezi(1982), İzmir.
2. CZİCHOS H.," A Sisytems Analiysis Data Sheet for Friction and Wear Test and Outline For Simulative Testing" Wear 41, (1977) 45-55.
3. FINKIN E.F., "An Examplanation of the Wear of Metals" Wear,47 (1978) 107-117
4. ODABAŞ D., "Otektoidaltı Çeliklerin Kayma Sürtünmesi Aşınmasında Adhesiv Aşınma Katsayısının Araştırılması" E.Ü.M.F., Yüksek Lisans Tezi, Temmuz (1987), Kayseri.
5. FINKIN E.F.," What Happens When Parts Wear" Machine Design, March, 19 (1970) 149-154.
6. KARAMIŞ M.B., "Toprak İşleme Aletlerinde İş Organının Aşınmasının Etüdü" E.Ü.M.F., Doktora tezi (1985), Kayseri
7. KHRUCHOV M.M., " Principles of Abrasive wear" Wear, 28 (1974) 69-88.
8. SİN H., SALEC N., and SUH N.P.,"Abrasive Wear Mechanisms and The Grit Size Effect" wear 55, (1979) 163-190.
9. RICHARDSIN R.C.D., " The Wear of Metal Shares in Aqricultural Soils" Ph.D. Thesis, London (1969).
10. LIN H., CHUNG-JUNG Z., "An Investigation of The Role of Secondary Carbide in Martensitic Steel during Three Body Abrasion Wear" Wear, 176 (1994) 103-109.
11. HISAKADO T., SUDA H., ARIYOSHI H., SAKANO S. " Effects of Real Contact Area and Topografical Features of Wear Surfaces on Abrasive Wear of Metals " Wear 165 (1993) 181-191.
12. KANTARCI M.S., "Toprak İşleme Aletlerinde Aşınma" İ.T.Ü., Doktora Tezi (1982), İstanbul