

## BRONZ KATKILI PTFE'nin KURU KAYMA HALİNDE SÜRTÜNME VE AŞINMA DAVRANIŞLARI

Ünal Kadioğlu

**Özet** - Bu çalışmada, bronz katkılı teflon (PTFE) kompozit malzemesinin aşınma ve sürtünme davranışları üzerine uygulanan yükün ve hızın etkisi incelenmiştir. Bu malzemenin aşınma deneyleri Pin on-disk cihazında gerçekleştirilmiştir. Tribolojik deneylerde 5, 10, 20 ve 30 N' lu yükler ve 0,32, 0,64, 0,96, 1,28 m/sn hızlar kullanılmıştır. Deney sonuçlarından kayma hızının artmasıyla birlikte ağırlık kaybının hızlı bir şekilde arttığı, ancak yükün arttırılması sonucu ağırlık kaybındaki artışın çok fazla olmadığı gözlenmiştir. Sürtünme katsayısı ise 0,18-0.23 olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** - Aşınma, Sürtünme

**Abstract** - In this study, the effects of sliding speed and applied load on both friction and wear behaviours of bronze filled fluorocarbons (PTFE) composites have been investigated. Wear tests were carried out using a pin-on disc machine. Tests were performed with different applied loads of 5, 10, 20 and 30 N, and sliding speeds of 0.32, 0.64, 0.96 and 1.28 m/sec. The results show that the material loss increased considerably with increasing the sliding speed, but it increased slightly increasing the applied load. The coefficient of friction of the bronze reinforced PTFE composites was determined between 0.18 and 0.23.

**Key words** - Wear, Friction

### I. GİRİŞ

Endüstride yaygın olarak kullanılan ve birbiri üzerinde çalışan makina elemanları, uzun süreli çalışmalarını neticesinde aşınırlar ve görevlerini yerine getiremezler. Makina parçalarında ortaya çıkan bu hasarlar önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

Pratikte, birbiri üzerinde çalışan makina elemanlarının seçimi ortam sıcaklığı, nemi, temas yükü, çalışma devri

veya hız gibi faktörler dikkate alınarak yapılmalıdır. Makine parçası çifti gıda sektöründe kullanılıyorsa gıda ile temas ediyorsa, sağlık koşulları için zarar olmayacak malzeme çifti seçimi yapılmalıdır. Genellikle birbiri üzerinde çalışan makine elemanları metal-metal, polimer-metal ve seramik metal çifti şeklinde olabilmektedir. Polimer malzemeler son yıllarda saf veya katkılı çeşitleri ile endüstride oldukça yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır.

Bir çok avantajlı yönlerinden dolayı Polimerlerde değişik endüstri alanlarında dişli yapımında [1,2] yataklarda [3,4] fren ve kavramalarda [5,6] transmisyon kayışlarında [7], makara sistemlerinde [8], motorlarda [9,10] uzay araçlarında otomasyon makinalarında [11] yararlanılır. Polimerler uygulama alanlarının artması ile tribolojik özelliklerinin de araştırılması sonucunda doğurmuştur. Bu sebeple son yıllarda polimer-metal aşınması ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır [12,13,14,15]. Genel olarak kullanılan termoplastik polimerler, PTFE, Poliamid, POM, PEEK, PI, ÇYMAPE, PES'dir. Aşınma ile çalışan bilim adamları termoplastik malzemeleri, aşınma ve sürtünme açısından üç ana gruba ayırırlar. Bunlar; YYPE, UHMWPE ve PTFE gibi düzgün moleküler profilli polimerler, PP ve AYPE gibi normal polimerler ve PMMA ve PVC gibi amorf polimerler. Bunlar arasında en iyi sürtünme ve aşınma performansını PTFE gibi düzgün moleküler profilli polimerler göstermektedir [16]. Daha önce polimerlerin deney şartları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bahadır [17], Tonakal [18] ve PA ile yaptığı çalışmalarda, uygulanan yükün, kayma hızının ve ortam sıcaklığının sözü edilen polimerlerin üzerine etki ettiğini ifade etmektedir.

Clarigol [19] ve Brestnall polimer-metal çifti ile yaptığı çalışmalarda polimerlerin sürtünme katsayısının, uygulanan yükün artması ile azaldığını, Yamaguchi [17] ve Stuart [20] ise arttığını tespit etmiştir.

Bu deneysel çalışmada, %25 bronz katkılı PTFE'nin kuru kayma şartları altındaki, aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Kayma hızı, uygulanan yük ve ağırlık kaybı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Pim-disk deney cihazı kullanılarak yapılan çalışmada dört farklı yük (5N, 10N, 20N ve 30N), dört farklı kayma hızı (0,32, 0,64,0,96 ve 1.28 m/sn) ve 60 dakikalık aşınma süresi kullanılmıştır.

## II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### II.1. Malzeme ve Metod

Deneyde % 25 bronz katkılı PTFE kompozit malzemesi kullanılmıştır. Malzeme Hollanda'nın DSM firmasından temin edilmiştir. Pim  $\varnothing$  6x50 mm boyutlarında deneyde kullanılan % 25 bronz katkılı teflonun ilk ağırlığı terazide tartılmıştır. Sonra Tablo 2'de verilen hız ve kayma sürelerine göre numune aşındırılmıştır. Numunenin ilk ağırlığı ile son ağırlığının arasındaki fark aşınma miktarını vermektedir. Deneyde Denver Instrument Company AA-200 markalı terazi kullanılmıştır. Deneyde sürtünme katsayısını belirlemek için bir dinamometre düzeneği kullanılmıştır. Dinamometrenin kefesine konan 1500 gr, 1000 gr, 500 gr, 250 gr yüke karşılık gelen yayın uzama miktarları, her yüke karşılık gelen yaydaki uzama miktarları exel

hazırlanmıştır. Disk olarak kullanılan malzeme ise 440 C paslanmaz çeliği (Sertlik 58 HRC) olup  $\varnothing$  100 mm çapında ve 20 mm kalınlığında tornalanıp taşlanmıştır. Diskin ortalama yüzey pürüzlülüğü ise 0,26  $\mu$ m'dir. Deneyde kullanılan AISI 440 C çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo - 1 AISI 440 C çeliğinin kimyasal bileşimi

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Mo	%Ni
0.98	1.2	0.8	0.040	0.030	17	0.70	0.8

programına girilerek bir  $f(s)$  fonksiyon grafiği çizdirilmiş,  $f(s)$  fonksiyonu yanal kuvvetin kendisidir. Bu  $f(s)$  değerinin yani yanal kuvvetin pin on-disk cihazının kafesine yerleştirilen normal yüke bölünmesiyle sürtünme katsayısı bulunmuştur. Deneyler iki amaçla gerçekleştirilmiştir. Birinci amaç, % 25 Bronz katkılı PTFE'nin tribolojik özelliklerine, uygulanan yükün ve kayma hızının etkisini araştırmak, ikinci amaç ise kayma süresinin etkisini tespit etmektir.

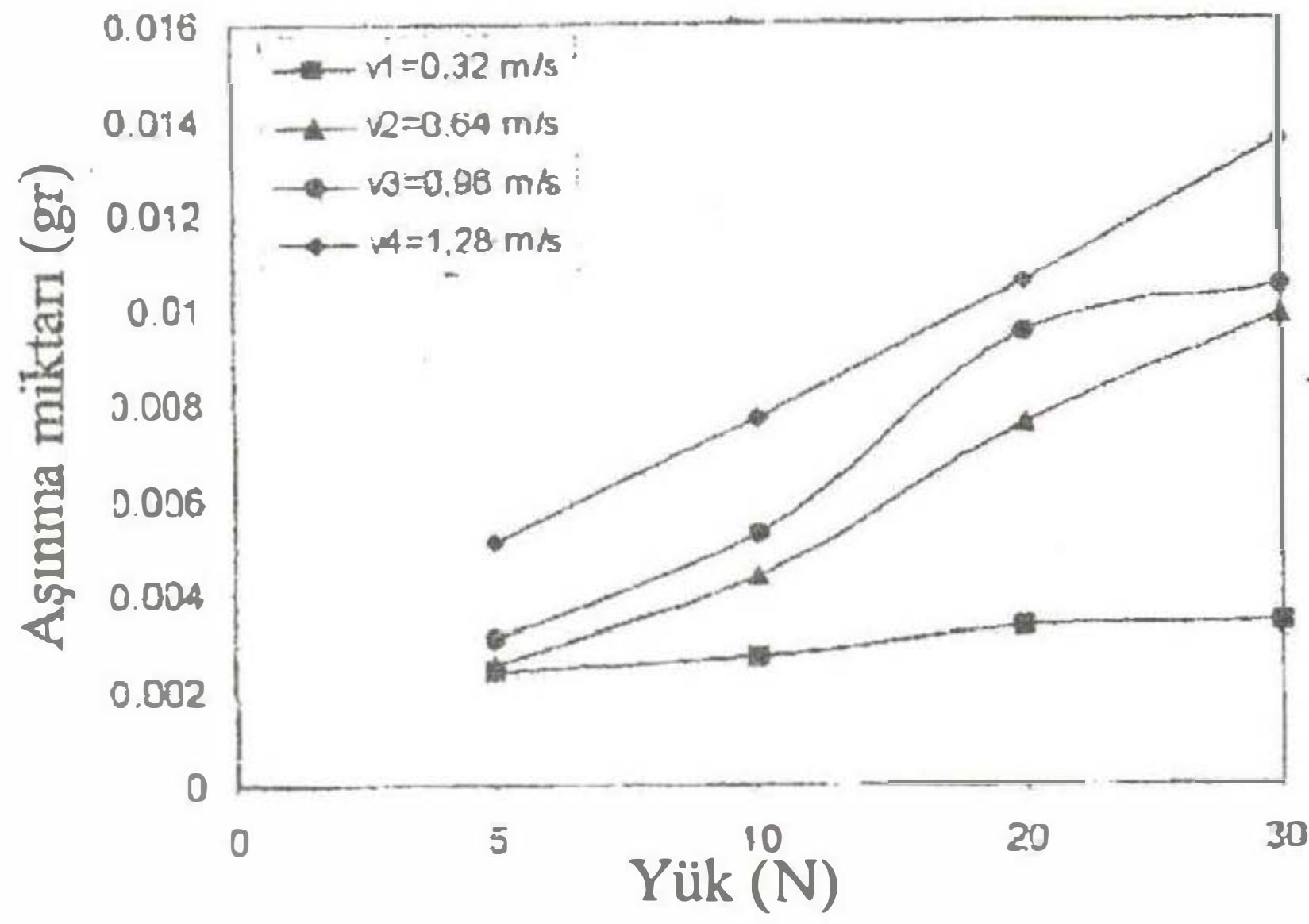
Deneylerde uygulanan yük ve hızlar Tablo -2'de verilmiştir

Tablo - 2 % 25 Bronz katkılı PTFE'ye uygulanan yük ve hızlar.

Uygulanan yük (N)	Hız (m/sn)	Kayma süresi
F1 = 5	0.32	60
	0.64	60
	0.96	60
	1.28	60
F2 = 10	0.32	60
	0.64	60
	0.96	60
	1.28	60
F3 = 20	0.32	60
	0.64	60
	0.96	60
	1.28	60
F4 = 30	0.32	60
	0.64	60
	0.96	60
	1.28	60

### III. DENEY SONUÇLARI

Şekil-1'de Bronz katkılı PTFE'nin uygulanan yük ile aşınma miktarı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekilde açıkça görüldüğü gibi uygulanan yük arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Bunun muhtemel sebebi ise uygulanan yükün artması ile pim ve dişli arasındaki sıcaklığın daha yüksek olmasından kaynaklandığı şeklinde ifade edilebilir. Bu sıcaklığın ölçümü yapılmamıştır. Pim ile disk arasındaki sıcaklığın artması PTFE bünyesinde bulunan bronz partiküllerinin kolay bir şekilde açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Sıcaklık artışı ile disk yüzeyine aktif olarak çıkan dolgu malzemeleri pim ile disk arasına girerek aşınmayı hızlandırmaktadır. Sıcaklığın artması ile aşınma miktarının artması özellikle PTFE ve PTFE katkılı kompozitlerde yaygın olarak görülen bir olaydır. (Tancester 1980, Tanata 1973)

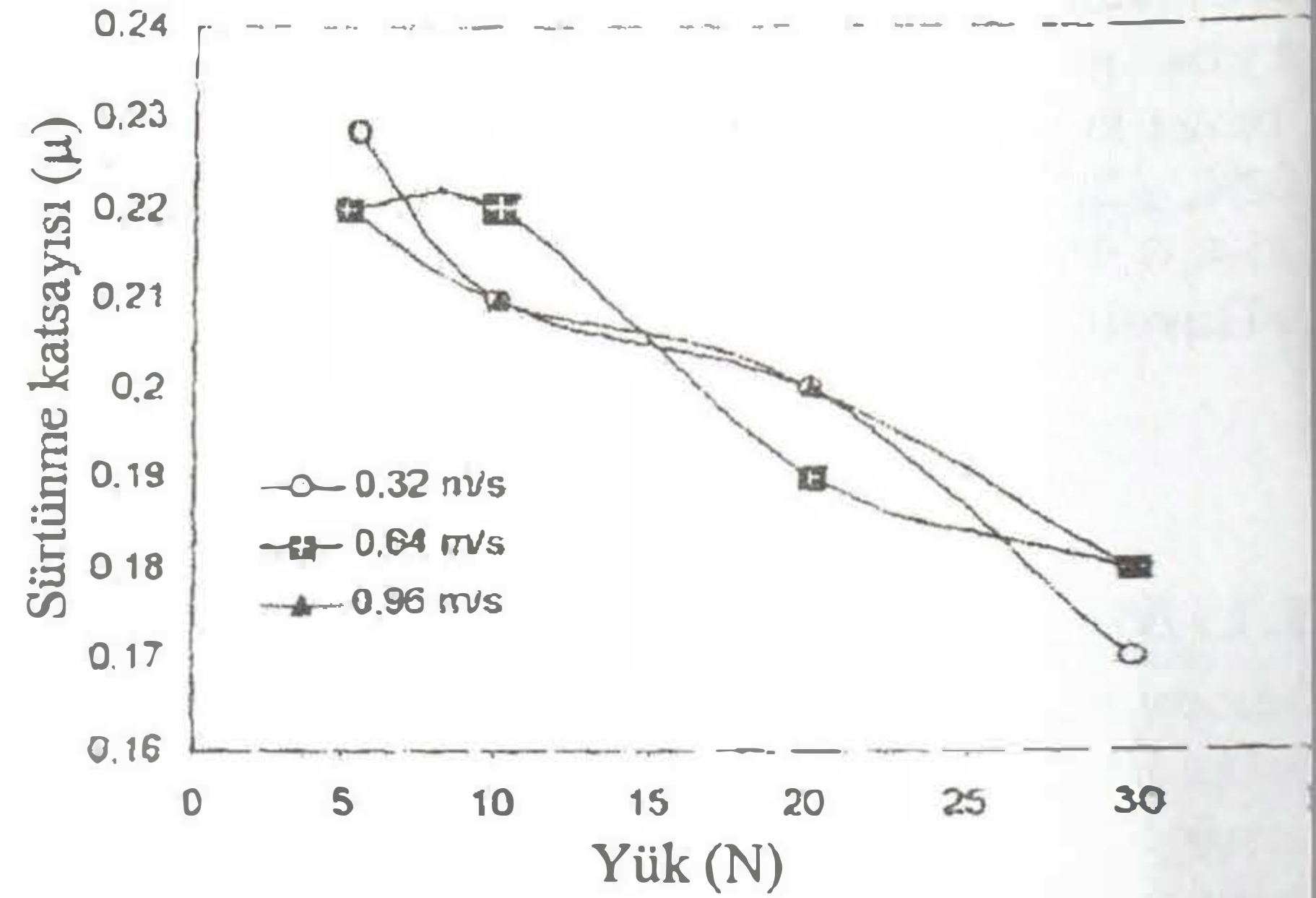


Şekil - 1 % 25 Bronz Katkılı PTFE'ye uygulanan yük ile aşınma miktarı arasındaki ilişki.

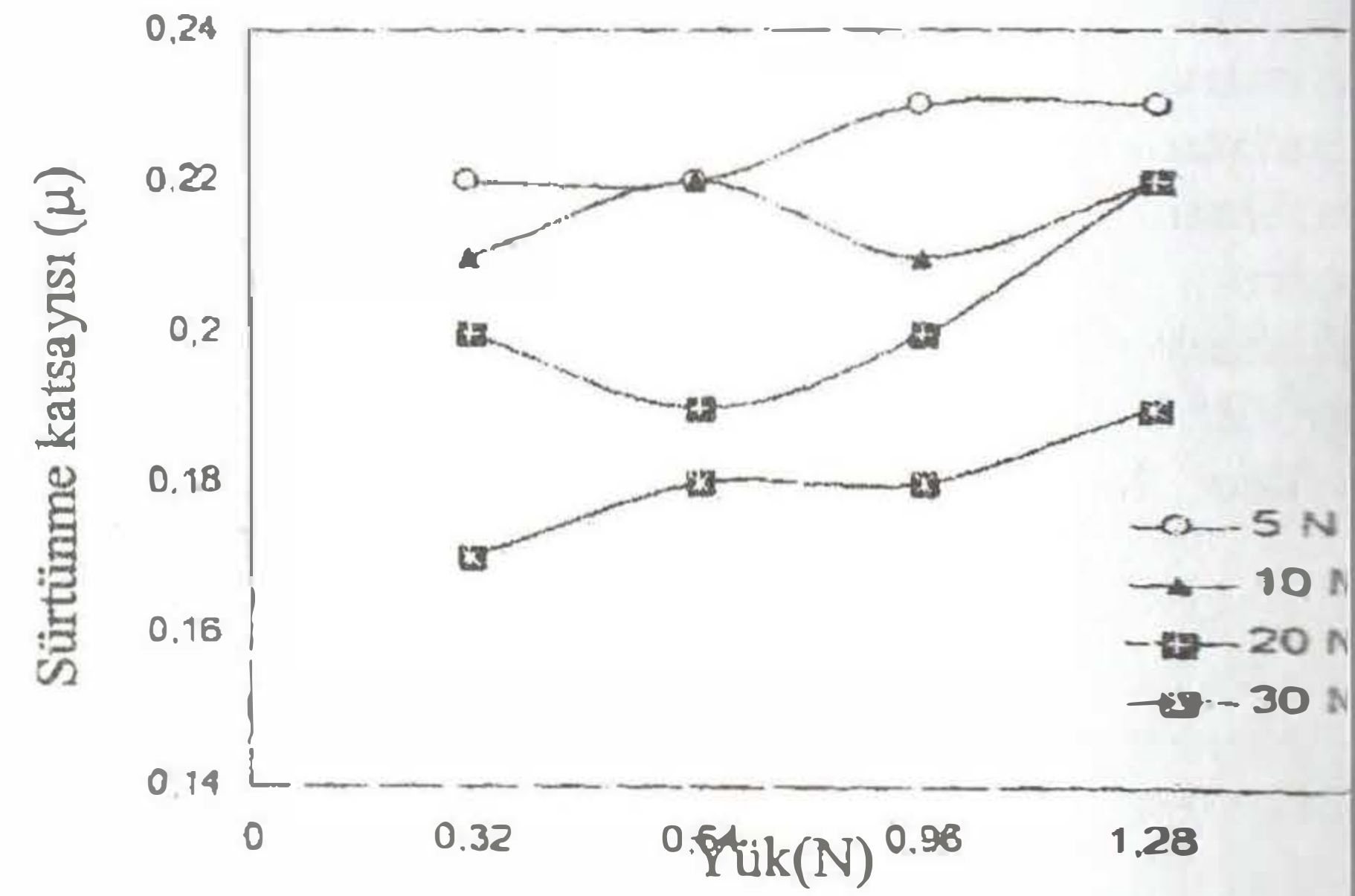
Elde edilen verilere göre, kayma hızının artması ile ağırlık kaybı lineer olarak artmaktadır. Kayma hızına göre aşınma miktarının ile uygulanan yüke göre aşınma miktarının artması arasında benzerlik görülmektedir. Her iki durumda da benzer ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Bunun sebebi yukarıda ifade edildiği gibi hızın artması ile PTFE - çelik disk arasındaki sıcaklık artışı ile açıklanabilir.

Şekil - 2'de % 25 Bronz katkılı PTFE'ye uygulanan yüke bağlı olarak sürtünme katsayısındaki değişimi göstermektedir. Şekilden de kolaylıkla anlaşıldığı gibi uygulanan yükün artması ile sürtünme katsayısı azalmaktadır. 5N'luk yük uygulanması ile sürtünme katsayısı 0,22 - 0,23 civarında iken 30 N'luk yükün

uygulanması neticesinde sürtünme katsayısı 0,17-0,18 değerine düşmüştür.



Şekil - 2 % 25 Bronz Katkılı PTFE'nin uygulanan yükü bağlı sürtünme katsayısındaki değişim



Şekil - 3 % 25 Bronz Katkılı PTFE'nin sürtünme katsayısının uygulanan hıza bağlı olarak değişimi

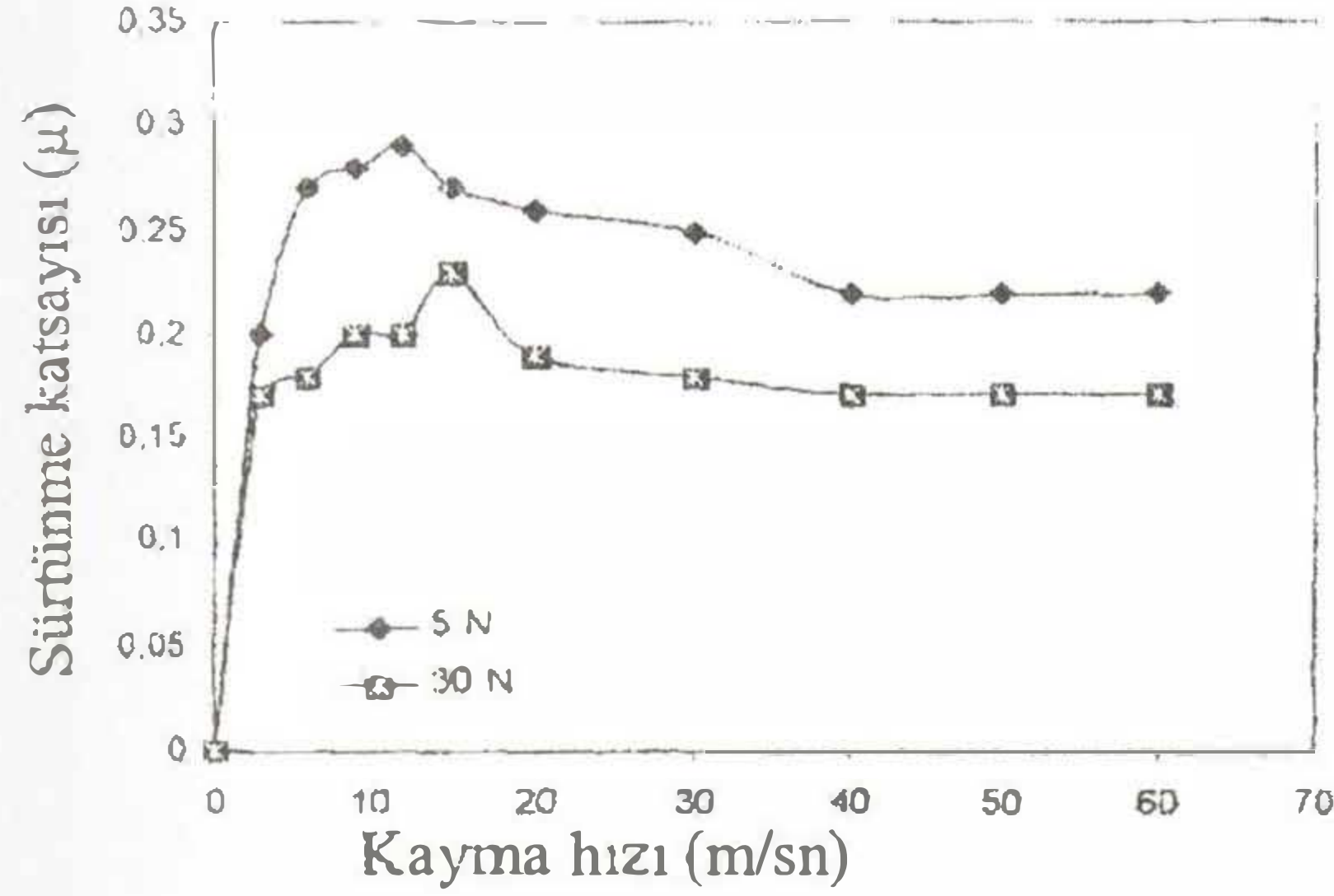
Şekil - 3'de ise kompozit malzemenin sürtünme katsayısının uygulanan hıza bağlı olarak değişiminin göstermektedir.

Bilindiği gibi polimer malzemeler visko-elastik malzemelerdir. Bunlar yüke maruz kaldıklarında bile viskoelastiktir. Fakat uygulanan yük, polimere uygulanabilecek sınır (kritik) yük değerini aşarsa,

polimerin sürtünme yüzey sıcaklığının artmasından dolayı sürtünme ve aşınma değerleri artacaktır. Yüzey sıcaklığının artması da polimer molekül zincirinin gevşemesine sebep olacaktır.

Şekil - 4'de % 25 Bronz katkılı PTFE'nin uygulanan yük ile sürtünme katsayısı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Uygulanan yükün artırılması neticesinde sürtünme katsayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise muhtemelen uygulanan yükün artırılması ile disk üzerine sürekli ve düzgün bir şekilde bronz katkılı PTFE'nin filmi oluşması olarak ifade edilebilir. Yükün artması ile disk üzerinde daha kalın bir film tabakasının oluştuğu gözlemlenmiştir.



Şekil-4 % 25 Bronz Katkılı PTFE'nin uygulanan yük ile sürtünme katsayısı arasındaki ilişki.

#### IV. SONUÇLAR

1. Uygulanan yükün, kayma hızının ve kayma süresinin artması ile % 25 bronz katkılı PTFE malzeme de ağırlık kaybı artışı göstermektedir.
2. Uygulanan yükün artırılması sonucunda bronz katkılı PTFE'nin sürtünme katsayılarında azalma gözlemlenmiştir.
3. Kayma hızının artmasıyla sürtünme katsayısında bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Tsukamoto N., "Application of polymers to gear." Japanese J. Tribology, 1992, 37, 743-750.
- [2] Tsukamoto N., Maruyama H., Mimura H. "Water Lubrication characteristic of polyacetal gears filled with carbon fibers" JSME Int J. series C: Dynamics, Control, Robotics, Design and Manufacturing 1993, 36, 499-506.

- [3] Horiuchi K. "Application of polymers to sliding bearings and heat resistant gears. Japanese J. Tribology, 1992, 37, 751-758.
- [4] El-Sayed AA., El-Sherbiny MG., Abo-El-Ezz As., Aqqag GA., "Friction and wear properties of polymeric composite materials for bearing applications." Wear, 1995, 184, 45-53.
- [5] Lnoue M., "Application of polymers to break and clutches". Japanes J. Tribology., 1992, 37. 759-766.
- [6] Gopal P. Dharani LR., Blum FD., "Load, Speed and temperature sensitivities of a carbon-fiber-reinforced phenolic friction matu Wear, 1995, 181-183, 913-921
- [7] Hoshiro T. "Application of polymers to transmission belts" Japanese J. Tribology, 1992, 37, 767-774.
- [8] Kon S., "Application of polymers to rollers" Japanese J. Tribology, 1992, 775-782.
- [9] Ecklund R., "Polymer and composite ue in gos turbine engines Flight-vehicle materials structures and Dynamics Assessment and Future Directions, 1994, 2, 385-394.
- [10] Rabej., "Plastic elements in and araund the engine" Int. J. Vehick Design, 1990, 11, 246-271.
- [11] Suzuki K., Morita M., "Application of Polymers to office automation machinery" Japanese J. Tibology, 1992. 37, 797-800
- [12] Barrett TS., Stachowiak Gw end Batchelor Aw., "Effect of roughness and Sliding speed on the wear and friction of UHMWPE" Wear, 1992, 153, 331-350.
- [13] Marcus K., Allen C., "The Sliding wear of UHAWPE in an aqueous environment" Wear, 1994, 178, 17-28.
- [14] Lloyd AIG, Noel REJ., The effect of counterface surface roughness on the wear of UHMWPE in water and oil-in-wate emulsion. Tribology Int. 1988, 21, 83-88.
- [15] Samurugov VA., Senatrev AI. Savkin VG, Biran VV. Sviridyonok AI., "On PTFE transfer on thermoactivation mechanism of wear", wear, 1992, 158, 61-69.
- [16] Wang Y.Q, Li J. "Sliding wear behavior and mechanism of Ultrahigh molecular weigh polyethylene", Materials Science and Engineering A 266, 1999, 155-160.
- [17] Bahadur S., Tabor D., "Role of fillers in he friction and wear behavior of high-Density Polyethylene in L.E. Lee (Ed) Polymer wear and its control, ACS Symposium Series, Washington DC, 287, 253-268, 1985.

- [18] Tanake K., "Transfer of semicrystalline polymers sliding against smooth steel surface, wear, vol 27, 183-189, 1982.
- [19] Clerico M, Wear, Vol.13, 183-197, 1969.
- [20] Brenthall A.B., Lancaster J.K. Prac Wear of Materials Congress, ASME, 1989, 569-603.
- [21] Yamaguchi Y., "Tribology of plastic materials their characteristic and applications to sliding component, Amsterdam, Elsevier, 1990.