

## Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı (UYMA) Polietilen-1000 Plastik Malzemenin Abrasiv Aşınma Davranışının İncelenmesi

Mehmet Tabur<sup>1+</sup>, Mahmut İzciler<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>+</sup>Sorumlu Yazar: taburmehmet@gmail.com

<sup>\*</sup>Sunucu: mizciler@gazi.edu.tr

**Özet** – Bu çalışmada, Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı (UYMA) PE-1000 plastik malzemenin abrasiv aşınma performansı incelenmiştir. UYMA, yoğunluğu 0.930–0.935 g/cm<sup>3</sup> arasında değişen ve molekül ağırlığı 2-6 milyon seviyesinde olan bir polietilen grubudur. Yüksek molekül ağırlıklarının anlamı polimer zincirlerinin kristal yapı içinde çok sıkı bir biçimde yerleştiği veya paketlenmiştir, polimer çok serttir ve termoplastik malzemeler arasında en yüksek darbe direncine sahiptir. Bu amaçla 1000x1500x25 mm levha halinde temin edilen PE-1000 plastik malzemedan 10 mm çapında ve 30 mm uzunluklarında 3'er adet numune hazırlanmıştır. Abrasiv aşınmanın incelenmesi için pin-on disk deney cihazı kullanılmıştır. Aşınma deneyinde uygulanan yükün aşınma miktarına etkisini araştırmak amacıyla 10N, 15N, 20N ve 25N olmak üzere 4 farklı yük ve 80 , 180, 400 mesh partikül boyutlu olmak üzere 3 farklı silisyum karbür (SiC) aşındırıcı kağıt kullanılmıştır. Aşınma deneyleri 10<sup>-4</sup> g (gram) hassasiyetli terazi ile ölçülmüş ve ağırlık farkı metodu kullanılarak numunelerin aşınma oranları elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Abrasiv aşınma, PE-1000, UYMA

### I. GİRİŞ

Son yıllarda polimer ve polimer esaslı kompozit malzemeler metal malzemelerin yerine endüstrinin farklı alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Polimer ve polimer esaslı kompozit malzemeler en çok otomotiv, elektrik/elektronik, makine ve ev aletlerinde kullanılmaktadır. Bazı polimer ve polimer esaslı kompozitler iyi aşınma ve sürtünme özelliklerine sahiptirler. Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UYMA), üstün aşınma ve sürtünme özellikleri ile en çok tercih edilen termoplastik malzemelerdendir [1-3]. UYMA'nın kuru şartlar altındaki sürtünme katsayısı ise Politetra-flor-etilen (PTFE) polimeri hariç diğer polimerlerden daha düşüktür [4-5].

Polimerik malzemeler, makina konstrüksiyonlarında genellikle metal malzemeleri tamamlayıcı olarak kullanılmakla beraber, uygun özelliklerinden dolayı sürtünme ve aşınmaya maruz parçaların (sızdırmazlık elemanları, taşıt tekerlekleri, varyatörler ve yatak malzemeleri) imalinde, metal malzemelere alternatif olarak da kullanılmaktadır [6]. Polimerik malzemeler; özelliklerinin makina konstrüksiyonuna uyumu, ağırlığa oranla dayanımlarının yüksek olması ve istenilen bir çok özelliğin kolay kazandırılması nedeniyle, bazı metallerin yerine tercih kullanılmaktadır. Hızlı bir gelişme içinde olan polimer malzemelerin çeşitliliği arttıkça günlük hayatta, makina konstrüksiyonlarında, uzay ve havacılık alanlarında kullanımları da yaygınlaşmaktadır [1,7].

Polietilen (PE), düşük yoğunluğa, yüksek elastikiyete ve dayanıma sahip bir malzemedir. Plastik malzemelerin

tribolojik özellikleri oldukça karmaşıktır. Polimerlerin aşınma ve sürtünme özellikleri pekçok faktörlere göre değişiklik gösterir. Malzeme özellikleri (kristallik),

malzemenin sertliği, katkı malzemesi çeşidi, katkı oranı, uygulanan yük, kayma hızı, yüzey pürüzlülüğü, karşı yüzey malzeme cinsi, pim ve disk yüzey sıcaklıkları, oluşan transfer film tabakası ve ortam şartları (kuru/yağlayıcı ortam) gibi parametreler polimerlerin aşınma ve sürtünmesine etki eden faktörlerdir [8-14].

Aşınma, “Kullanılan malzemelerin başka malzemelerle (katı,sıvı, gaz) teması neticesinde mekanik etkenlerle yüzeyden küçük parçacıkların ayrılması sonucu meydana gelen ve istenilmeyen yüzey bozulmasıdır ( DIN 50320)” [15-19]. Bu tanıma göre aşınmadan söz etmek için; mekanik bir etkinin olması, sürtünmenin olması, istenilmediği halde meydana gelmesi, yavaş fakat devamlı olması, malzeme yüzeyinde değişiklik meydana getirmesi gerekmektedir [15].

Ne zaman iki yüzey temas etse aşınma oluşur. Özellikle endüstride sık sık karşılaşılan yüzeylerdeki aşınmaya bağlı malzeme kaybı ekonomik olarak önemli bir güç ve maddi kayba neden olmaktadır [15,20]. Aşınma miktarı malzemenin türüne, sürtünen yüzeylerin biçimine, sürtünme koşullarına ve çevrenin kimyasal etkilerine bağlı bir olay olduğundan, oldukça karmaşıktır [21]. Bu sebepten dolayı makine imalatında aşınmaya maruz kalabilecek yerlerde aşınma direnci yüksek malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin tespiti için de mutlaka birçok laboratuvar deneylerinin yapılması gerekir [17,18].

Bu çalışmada Ultra yüksek moleküler ağırlıklı (UYMA) PE-1000 plastik malzeme kullanılmıştır. Ultra yüksek moleküler ağırlıklı (UYMA) PE-1000 plastik malzeme yüksek darbe dayanımı olan sert ve sıkı (yoğun) bir termoplastiktir; hafiftir, aşınmaya, kimyasal maddelere, korozyona dayanıklıdır, kendi-kendine yağlayıcıdır, kolaylıkla işlenebilir. UYMA PE-1000 plastik malzeme normal şartlarda, aynı oda sıcaklığında, aşınma hızı kontrol edilebilir özelliklere sahip Pin-on disk aşınma test cihazında farklı yükler ve farklı kum tanecik boyutuna sahip silisyum karbür zımparalar ile aşındırılmış olup bu şartlar altındaki abrasiv aşınma davranışları incelenmiştir.

## II. DENEY DETAYLARI

### 2.1. Test Malzemeleri

Bu çalışmada Ultra yüksek moleküler ağırlıklı (UYMA) PE-1000 plastik malzeme kullanılmıştır. PE-1000 plastik malzeme numuneleri Pin-on disk deney cihazında aşındırılıp, aşınma miktarının belirlenmesi için ağırlık farkı metodu kullanılmıştır.

### 2.2 Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı (UYMA) PE-1000 Genel Özellikleri

Ultra yüksek moleküler ağırlıklı (UYMA) PE-1000 plastik malzeme yüksek darbe dayanımı ve yüksek aşınma direnci olan malzemedir. Yoğunluğu ve sürtünme katsayısı düşük, kaygan ve yağlama gerektirmeyen bir malzemedir. Su veya nem emme özelliği sifira yakın değerdedir. Mekanik işleme kolaylığı olduğu gibi kaynak edilebilme özelliği de vardır. Ayrıca bakteri biriktirmez, kokusuz ve tatsızdır. Aşağıda Tablo 1’de PE-1000 plastik malzemesinin genel özellikleri, Tablo 2’de mekanik özellikleri, Tablo 3’te termal özellikleri, tablo 4’te elektriksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 1: PE-1000 plastik malzemesinin genel özellikleri

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0,93
Su emilimi (%)	<0,01

Tablo 2: PE-1000 plastik malzemesinin mekanik özellikleri

Akma Gerilmesi (MPa)	>20
Akma Gerilmesi Altında Uzama (%)	<20
Kopma Gerilmesi (MPa)	>40
Kopma Uzaması (%)	>50
Darbe Dayanımı (kJ/m <sup>2</sup> )	Kırılmaz
Çentik Darbe Dayanımı (kJ/m <sup>2</sup> )	>100
Bilye İzi Sertliği (Rockwell) (MPa)	**
Sertlik (Shore D)	63
Bükme Gerilmesi (3,5 %) (MPa)	27
Sürtünme Katsayısı	0,25
Elastisite Modülü (MPa)	680

Tablo 3: PE-1000 plastik malzemesinin termal özellikleri

Erime Sıcaklığı (°C)	135
Sıcaklık Dayanımı	
Kısa Süreli Çalışma (°C)	120
Uzun Süreli Çalışma (°C)	90

Lineer Isıl Uzama Katsayısı (K <sup>-1</sup> x10 <sup>-4</sup> )	1,5-2,3
Isıl İletkenlik (20°C için) [W/(mxK)]	0,4

Tablo 4: PE-1000 plastik malzemesinin termal özellikleri

Hacim Direnci (Ωxcm)	>1014
Yüzey Direnci (Ω)	>1014
1 MHz Frekansta Dielektrik Sabiti	2,3/-
Dielektrik Dayanımı (kV/mm)	45

### 2.3. Deneysel Çalışmalar

Aşınma deneyleri; 1000x1500x25 mm boyutlarında levha halinde temin edilen PE-1000 plastik malzeme kesilerek, 10 mm çapında ve 30 mm uzunluğunda 3 ‘er adet hazırlanan deney numuneleri kullanılarak yapılmıştır. 10N, 15N, 20N ve 25 N olmak üzere 4 farklı yük uygulanmıştır. Aşındırıcı olarak Volkommenheit marka kum büyüklükleri 80 Mesh, 180 Mesh ve 400 Mesh olan 3 çeşit silisyum karbür zımpara kağıdı kullanılmıştır. Hız 150 dev/dk, aşınma yolu 21,5m’dir. Bir numune ile yapılan aşınma deneyi her defasında aynı koşullarda, aynı şartlarda ve aynı oda sıcaklığında yeni bir aşındırıcı kağıt kullanılarak en az üç defa tekrarlanarak ortalama değerler alınmıştır. Her deneyde yeni aşındırıcı kağıt kullanılmıştır.

Aşınma miktarı, ağırlık kaybı esaslarına göre tespit edilmiştir. Numuneler deneyden önce ve deneyden sonra (10<sup>-4</sup>g) hassasiyetinde bir terazi ile tartılarak ağırlık kaybı (aşınma kayıpları) “g” cinsinden bulunmuştur.

Bulunan değerler ağırlık farkı metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Aşınma oranı bağıntısı;

Wa=ΔG/ d.M.S (mm<sup>3</sup>/Nm) olup burada:

Wa: Aşınma oranı (mm<sup>3</sup>/Nm),

ΔG: Ağırlık kaybı (mg),

M : Yükleme ağırlığı (FN) (N),

S : Aşınma yolu (m),

d : Yoğunluk (mg/mm<sup>3</sup>) olarak alınmıştır [15-17].

## III. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ultra yüksek moleküler ağırlıklı (UYMA) PE-1000 plastik malzemesi, dört farklı kuvvet altında (10-15-20-25N) ve 80 Mesh, 180 Mesh ve 400 Mesh olmak üzere 3 farklı silisyum karbür aşındırıcı zımpara kağıt ile aşındırılarak ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Bir numune ile yapılan aşınma deneyi her seferinde yeni bir aşındırıcı kağıt kullanılarak 3 defa tekrarlanmış ve ortalama değerler alınmıştır.

Tablo 5: 80Mesh partikül boyutlu aşındırıcı zımpara kağıdı için numunelerin ağırlık kayıpları

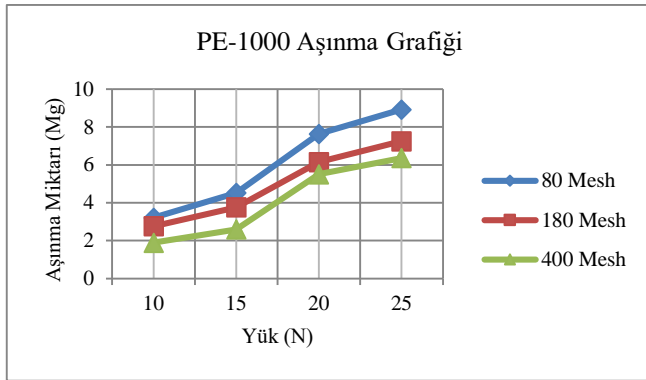
Yük (N)	Ağırlık Kaybı (mg)
10	3,21
15	4,52
20	7,64
25	8,92

Tablo 6:180Mesh partikül boyutlu aşındırıcı zımpara kağıdı için numunelerin ağırlık kayıpları

Yük (N)	Ağırlık Kaybı (mg)
10	2,76
15	3,76
20	6,15
25	7,25

Tablo 7: 400Mesh partikülboyutlu aşındırıcı zımpara kağıdı için numunelerin ağırlık kayıpları

Yük (N)	Ağırlık Kaybı (mg)
10	1,89
15	2,59
20	5,51
25	6,36



Grafik1: Farklı aşındırıcılardaki PE-1000 için ağırlık kaybı ve kuvvet grafiği.

Pek çok araştırmacı “yükün artması ile aşınma miktarının arttığını, azalması ile de azaldığını” belirtmişlerdir [6,15,22-25]. Yapılan deneyler sonucunda da Grafik 1 incelendiğinde uygulanan kuvvetin artması ile birlikte aşınma miktarının da arttığı görülmüştür. En fazla aşınmanın 25 N uygulanan kuvvette, en az aşınmanın ise 10 N uygulanan kuvvette olduğu görülmüştür. Yine aynı araştırmacıların ve pek çok araştırmacının yaptığı çalışmalarda aşındırıcı tane boyutunun artması ile aşınma miktarının arttığı, azalması ile de azaldığı belirtilmiştir. Burada yapılan deneysel çalışmalarda da aşındırıcı boyutunun artması ile aşınma miktarlarının arttığı görülmüştür. En fazla aşınma 80 Mesh partikül boyutlu aşındırıcı zımpara kağıdında, en az aşınmanın da 400 Mesh partikül boyutlu aşındırıcı zımpara kağıdında olduğu görülmüştür.

#### IV. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmalar sonunda PE-1000 malzemesinin abrasiv aşınmaya karşı dirençli olduğu görülmüştür.

Aşındırıcının boyutunun ve uygulanan yükün, aşınma direncini önemli ölçüde etkilediği ve en fazla aşınmanın 25 N uygulanan kuvvette, en az aşınmanın ise 10 N uygulanan kuvvetlerde olduğu görülmüştür. Ayrıca 80 Mesh partikül boyutlu SiC aşındırıcı kağıtlarla yapılan aşınma deneylerinde diğer 180 ve 400 mesh aşındırıcı kağıtlara göre abrasiv aşınma oranlarının yüksek çıktığı görülmüştür. Yapılan deneysel araştırmalar neticesinde yük ve aşındırıcı boyutunun artması ile birlikte aşınma miktarının arttığı gözlenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] B. S.Ünlü, E.Atık, S. Köksal, Tribological properties of polymer-based journal bearings, *Materials and Design*, Basımda (2009).
- [2] N.P. Suh, M. Mosleh, J. Arinez, Tribology of polyethylene homo composites, *Wear* 214, 231-236, (1998).
- [3] T. Aoiike, D. Yokoyama, H. Uehara, T., Yamanobe, T. Komoto, Tribology of ultra-high molecular weight polyethylene disks molded at different temperatures, *Wear* 262, 742-748, (2007)
- [4] J. Tong, Y. Ma, M. Jiang, Effects of the wollastonite fiber modification on the sliding wear behavior of the UHMWPE composites, *Wear* 255, 734-741, (2003).
- [5] H. Ünal, S. H. Yetgin, “Çymape ve PA-6 Mühendislik Polimerlerinin Aşınma ve Sürtünme Davranışlarının İncelenmesi”, TÜBAV Bilim Dergisi, Cilt 3, Sayı 2, 145-152, (2010)
- [6] A. Sağbaş, F.B. Yılmaz, ve F. Altınışık, Farklı Polimerik Malzemelerin Aşınma Miktarına Etki Eden Parametrelerin Regresyon Tekniği ile İncelenmesi, TIMAK Tasarım İmalat Analiz Kongresi, 26-28 Nisan (2006), Balıkesir.
- [7] Ö.T. Savaşçı, N. Uyanık, Plastikler ve Plastik Teknolojisi, ÇaNay Kitabevi, İstanbul, (1998).
- [8] Y.Q. Wang, J. Li, Sliding wear behavior and mechanism of ultra-high molecular weight polyethylene, *Materials Science and Engineering A266*, 155-160, (1999).
- [9] G. Guofang, Y. Huayong, and F. Xin Tribological properties of kaolin filled UHMWPE composites in unlubricated sliding, *Wear* 256, 88-94, (2004).
- [10] B.F. Yousif, and N.S.M., El-Tayeb Wear and friction characteristics of CGRP composite under wet contact condition using two different test techniques, *Wear* 265, 856-864, (2008).
- [11] T., Simmazcelik, T. Yılmaz, Thermal aging effects on mechanical and tribological performance of PEEK and short fiber reinforced PEEK composites, *Materials and Design* 28, 641-648, (2007).
- [12] G.Zhang, A.K.. Schlarb. Morphologies of the wear debris of polyetheretherketone produced under dry sliding conditions: Correlation with wear mechanism, *Wear* 266, 7-8, 745-749, (2009).
- [13] S.E. Franklin, Wear experiments with selected engineering polymers and polymer composites under dry reciprocating sliding conditions, *Wear* 251, 1591-1598, (2001).
- [14] P. Cong, F. Xiang, X. Liu, T. Li, Morphology and microstructure of polyamide 46 wear debris and transfer film: In relation to wear mechanisms, *Wear* 265, 1100-1105, (2008).
- [15] M.Tabur, “Bor Karbür Kaplanmış AISI 8620 ve Hardox 400 Çeliklerinin Abrasiv Aşınma Davranışlarının İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2008).
- [16] İzçiler, M., “Yüksek krom alaşımlı dökme demirlerin farklı sıcaklıktaki abrasiv aşınma davranışına alaşım katkı oranının ve ısı işlem şartlarının etkileri”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 50-122, (1997).
- [17] Çelik, H., “Kaynak edilebilen kobalt ve demir esaslı alaşımların yüksek sıcaklıktaki aşınma davranışları”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-35, (1992).
- [18] Yılmaz, F., “Sürtünme ve Aşınma”, *Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı*, Cilt 1, İstanbul, 229-246, (1997).
- [19] Hutchings, I.M., “Tribology: friction and Engineering Materials”, Edward Arnold, London, (1992)
- [20] Joseph, H.,Tylczak., Oregon, A., “AbrasiveWear”, *ASM*, 18: 184-185 (1992).
- [21] Throp, J.M., “Abrasive wear of some commercial polymers”, *Tribol,IN*, 15, 59-68, 1982
- [22] Tabur,M., İzçiler M., Gül F., “Borlanmış Hardox 400 çeliğinin abrasiv aşınma davranışları”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (İATS’09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye
- [23] Modi, O. P.,Mondal, D.P., Prasad, B.K., Singh, M., Khaira, H. K., “Abrasive wear behaviour of a highcarbonsteel: effects of microstructure and experimental parameters and correlation with mechanical properties”, *Materials Scienceand Engineering*, A 343, 235-242 (2003).
- [24] M. İzçiler, M. Tabur “Abrasive Wear behaviour of 8620 Different Case Depth GasCarburized Gear Steel” Vol 260-1,2, Pg. 90-98, 2006, *Wear*
- [25] M. Tabur, M. İzçiler, F. Gul, I. Karacan., “Abrasive wear behavior of boronized AISI 8620 steel”, Vol. 266, Pg. 1106-1112, *Wear*, 2009.