



Salih Yetgin
Hüseyin Ünal

Dumlupınar University, Kütahya-Turkey
shyetgin@gmail.com; unal@sakarya.edu.tr

| | | |
|----------------------|---|---------------------|
| DOI | http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.2.2A0139 | |
| ORCID ID | 0000-0002-6068-9204 | 0000-0003-0521-6647 |
| CORRESPONDING AUTHOR | Salih Yetgin | |

PA6/PTEF KARIŞIMLARININ TRİBOLOJİK PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ

ÖZ

Bu çalışmada önce, katkısız poliamid 6 ile ağırlık olarak %5 ve %10 oranlarında poly-tetra-flor-etilen (PTFE) katkılı poliamid 6 polimer karışımlarının aşınma ve sürtünme davranışları incelenmiştir. Polimer karışımları, endüstriyel tip ikiz vidalı bir compound makinasında granül formda üretilmiştir. Deneylerde kullanılan test numuneleri geleneksel enjeksiyon makinası kullanılarak basılmıştır. Katkısız PA 6 ve PA 6 karışımlarının aşınma ve sürtünme davranışları pim-disk aşınma cihazında ve kuru kayma şartları altında gerçekleştirilmiştir. Katkısız PA 6 ve PA 6/PTFE karışımlarının aşınma ve sürtünme davranışları 0.5m/s kayma hızında ve 10N, 20N ve 30N yükler altında yapılmıştır. Çalışma sonucunda, PA 6 polimerine ilave edilen PTFE katkı, polimer karışımının hem sürtünme katsayısı hem de spesifik aşınma hızı değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Uygulanan yükün artması ile sürtünme katsayısı değerleri azalırken spesifik aşınma hızı değerleri de artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Poliamid 6, PTFE, Sürtünme, Aşınma, Polimer, Triboloji

THE INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PERFORMANCES OF PA6/PTEF BLENDS ABSTRACT

In this experimental study, the friction and wear behaviors of unfilled polyamide 6 (PA 6) polymer and different amount (5wt.%-10wt.%) of poly-tetra-fluoro-ethylene (PTFE) filled polyamide 6 polymer blends have been studied. Polymer blends as a granule form were prepared by compounding machine with a twin screw extruder. Friction and wear test samples were molded with an ordinary injection molding machine. Friction and wear studies were carried out using a pin-on-disc wear test rig under dry sliding conditions. Friction and wear tests were run at 0.5m/s sliding speed and under the applied loads of 10, 20 and 30N. The results show that the addition of PTFE powder into the polyamide 6 polymer resulted to decrease in coefficient of friction and specific wear rate values. In addition, the specific rate values increased with the increase in applied load from 10N to 30N but the coefficient of friction decreases with the increment of applied load value.

Keywords: Polyamide 6, PTFE, Friction, Wear, Polymer, Tribology

How to Cite:

Yetgin, S. ve Ünal, H., (2018). PA6/PTFE Karışımlarının Tribolojik Performanslarının İncelenmesi, *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, 13(2):89-97,
DOI:10.12739/NWSA.2018.13.2.2A0139.



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Polimer malzeme kullanımı endüstrinin birçok alanında her geçen gün artmaktadır. Polimer malzemeler, hafiflik, kimyasallara ve korozyona direnç, yüksek mukavemet/yoğunluk oranı, ısı ve elektriksel yalıtkanlık, yüksek elastiklik ve darbe direnci, düşük maliyet ve kolay işlenebilirlik gibi belirli avantajlara sahiptir. Ancak, düşük sertlik ve ısıl direnç, çizilebilirlik ve özellikle düşük mukavemet değerleri polimer malzemelerin kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Polimerlerin bazı mekanik, termal ve tribolojik özellikleri farklı katkı ve/veya takviye elemanları ilave edilerek geliştirilebilmektedir. Grafit, molibden disülfid (MoS_2), PTFE, silikon gibi katı yağlayıcılar, cam elyaf, karbon elyaf, aramid elyaf gibi katkı ve kaolin, talk ve mika gibi inorganik katkı bu amaçla sıklıkla kullanılmaktadırlar. Literatürde polimerlerin mekanik ve tribolojik özellikleri üzerine birçok çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalardan ilki olan Bolvari ve arkadaşları [1] katkısız PA-66 polimeri ile PA-66/PTFE polimer karışımı ve aramid fiber katkılı PA-66 polimer kompozitlerin takım çeliğine karşı aşınma ve sürtünme davranışları ile mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda aramid fiber katkılı PA-66 kompozitinde, aramid fiber oranı arttıkça kompozitin çekme mukavemeti artmıştır.

%10 PTFE/aramid fiber/PA66 polimer kompozitlerde ise çekme dayanımı pek etkilenmemiştir. PA-66'ya PTFE ilave edilmesiyle elde edilen polimer karışımın yüzde uzama, eğme ve darbe dayanımları azalmıştır. Aramid fiber/PA-66 polimer kompozitlerde, aramid fiber miktarına bağlı olarak sürtünme katsayısı 0.6 civarında elde edilirken aramid fiber/PA-66/PTFE polimer kompozitlerde ise PTFE katkıdan dolayı sürtünme katsayısı %50 oranında azalmıştır. Ben Difallah [2], grafit tozu katkılı ABS polimer kompozitin mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. ABS polimerine ilave ettikleri grafit tozu miktarının artması ile kompozitin çekme dayanımı, yüzde uzama ve elastiklik modülü değerleri azalmıştır. Ayrıca, grafit miktarının artmasına bağlı olarak kompozit malzemelerin hem sürtünme katsayısı hem de aşınma miktarı değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir. En düşük sürtünme katsayısı ve aşınma miktarı %7.5 grafit katkılı ABS polimer kompozitinde elde edilmiştir. Bahadur ve Gong [3] birçok polimer malzeme bünyesinde ilave malzeme olarak kullandığı PTFE, grafit ve MoS_2 gibi katı yağlayıcıların polimer karışımı ve kompozitlerin tribolojik özelliklerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Zhang ve arkadaşları [4], ağırlıkça farklı oranlarda (%5-25) PTFE ve (%5-30) grafit katkılı polifitalizon-eter-sülfon-ke-ton (PPESK) polimer kompozitlerin aşınma ve sürtünme davranışlarını incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda PPESK polimerine PTFE ve grafit eklenmesi ile polifitalizon-eter-sülfon-ke-ton (PPESK) kompozitin sürtünme katsayısı ve aşınma oranının azaldığını belirtmişlerdir. Xian ve Zhang [5], %5-20 grafit flake katkılı poli-eter-imid (PEI) polimer kompozitin aşınma ve sürtünme davranışlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, PEI polimerine ilave edilen grafit katkısı ile sürtünme katsayısı artarken aşınma oranı değerleri ise azalmıştır. Shivamurthy [6], grafit katkılı cam fiber/epoksi polimer kompozitlerinde artan yük miktarı ile aşınma miktarının arttığını, sürtünme katsayısının ise azaldığını belirtmişlerdir. %3 oranındaki grafit katkılı kompozitin aşınma hızı katkısız polimer malzemeye göre daha düşük elde edilirken artan grafit miktarı ile aşınma oranı azalmıştır. Wang ve arkadaşları [7], ağırlıkça %10 MoS_2 ve kısa karbon fiber takviyeli Naylon 1010 polimeri kompozitin aşınma ve sürtünme davranışlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, artan yük miktarı



ile aşınma hızı değerleri artarken sürtünme katsayısı değerleri azalma meydana gelmiştir. Naylon 1010 polimerine karbon fiber ilavesi ile aşınma hızı azalırken MoS₂ ilavesi ile aşınma hızı artmıştır. En düşük sürtünme katsayısı ise MoS₂ katkılı polimer kompozit numunesinde elde edilmiştir. Yi-Lan ve arkadaşları [8] %5 nano-TiO₂ katkılı PA-6 polimer kompozitine MoS₂, PTFE ve UHMWPE gibi yağlayıcılar ilave etmişler ve çalışmalarında ilave ettikleri katkıların kompozitin aşınma ve sürtünme davranışına etkilerini araştırmışlardır. PA6-%5TiO₂ polimer kompozitine ilave edilen katkı çeşidi ve katkı oranının artmasıyla sürtünme katsayısı ve aşınma hızının azaldığını belirtmişlerdir. Zhang [9], PTFE, grafit, kısa karbon fiber ve nano-TiO₂ katkılı epoksi polimer kompozitlerin aşınma davranışlarını incelemişler ve çalışmada, ağırlıkça %10 oranındaki grafit katkısı ile epoksi polimer kompozitin aşınma miktarının azaldığını belirtmişlerdir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, katkısız PA-6 polimeri ile %5 PTFE katkılı (PA6-%5PTFE) ve %10 PTFE katkılı (PA6-%10PTFE) polimerleri kullanılarak tribolojik özellikler incelenmiştir. PTFE katkı oranının polimer karışımının tribolojik özellikler üzerine etkisini incelemek için pim-disk aşınma cihazı kullanılmıştır. Aşınma testleri, kuru ortam şartlarında 0.5m/s kayma hızında ve üç farklı yük (10-20-30N) altında gerçekleştirilmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Bu çalışmada, matris malzemesi olarak Volgamid ticari isimli Rusya'dan temin edilen poliamid 6 polimeri kullanılmıştır. PTFE katkılı poliamid-6 polimer karışımları endüstriyel amaçlı NR-II tip ikiz vidalı ekstruderde granül formunda üretilmişlerdir. Ekstruder ısıtıcı sıcaklıkları ise 220°C ile 250°C arasında ayarlanmıştır. Aşınma test numuneleri ERAT marka enjeksiyon makinesi kullanılarak üretilmiş olup, enjeksiyon ısıtıcı sıcaklıkları 225-240°C arasında ve enjeksiyon basıncı ise 100MPa olarak ayarlanmıştır. Aşınma deneylerinde kullanılan pim malzemeler enjeksiyonla kalıplama tekniği kullanılarak 6mm çapında ve 50mm uzunluğunda olacak şekilde kalıpta basılmıştır. Aşınma deneyleri, kuru ortam şartlarında, oda sıcaklığında ve Şekil 1'de şematik resmi verilen pim-disk aşınma cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PA-6 polimeri ve PTFE katkılı PA-6 polimer karışımı pim malzemeleri, PA-6 polimeri ve %5PTFE katkılı ve %10 PTFE katkılı PA-6 polimer karışımı disklerine karşı test edilmiştir. Her tribolojik test öncesi disk ve pim yüzeyleri asetonla temizlenip kurutulmuştur. Tablo 1'de bu çalışmada kullanılan malzemeler için yoğunluk, çalışma ortam sıcaklığı, uygulanan yük ve kayma hızı gibi test şartları verilmiştir. Her testten önce (m₁) ve sonra (m₂) pim ağırlıkları ölçülmüş ve ağırlık kaybı (Δm) tespit edilmiştir ve Eşitlik 1'de verilen formül ile spesifik aşınma oranları (K₀) hesaplanmıştır.

$$K_0 = \frac{\Delta_m}{L * \rho * F} (m^2 / N) \quad (1)$$

Δm: Ağırlık Kaybı (g)

L: Kayma Mesafesi (m)

ρ: Malzemelerin Yoğunluğu (g/cm³)

F: Uygulanan Yük (N)

Deneylerde kullanılan malzemelerin sürtünme katsayısı hesabı için bir elektrik motorunun tahriği ile dönen diskin üzerine deneylerde kullanılan disk malzemeler bir vida yardımıyla

sabitlenmiştir. Kol üzerinde bulunan bir mekanizma ile 6mm çapındaki polimer pim kola bağlanmıştır. Makine çalıştırıldığında, pim numunesinin diske sürtünmesiyle pim numunesinin bağlı olduğu kol aparatı da diskin dönme yönüne hareket etmek istemektedir. Bu ileriye doğru olan hareket yanıl kuvveti vermektedir. Bu yanıl kuvvet ise bir yük hücresi ile ölçülmüştür. Alınan veriler aynı zamanda direk bilgisayarda Excel programında depolanmıştır. Deneylerde dakikada 1000 yanıl yük verisi alınmış aynı zamanda deneylerde kullanılan yüke bölünerek Excel programında grafik haline getirilmiştir. Sürtünme katsayısı yanıl kuvvetin, normal uygulanan kuvvete oranı olarak ifade edilir ve Eşitlik 2'deki formülle hesaplanır.

$$\mu = \frac{F_s}{F_n} \quad (2)$$

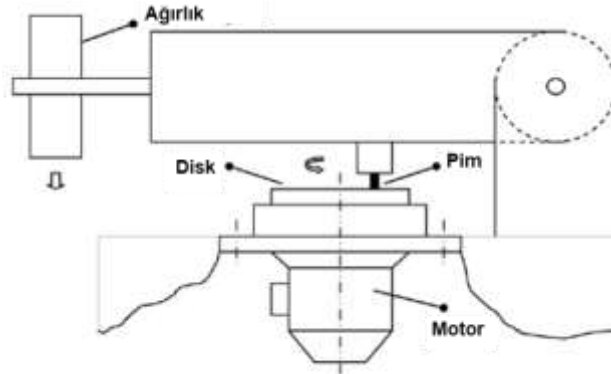
μ : Sürtünme Katsayısını

F_s : Yanıl Sürtünme Kuvveti (N)

F_n : İse Normal Kuvveti (N)

Tablo 1. Deneylerde kullanılan malzemeler ve deney şartları
(Table 1. Materials used in experiments and test conditions)

| Malzeme | Yoğunluk (g/cm ³) | Ortam Sıcaklığı, (°C) | Kayma Mesafesi, (m) | Kayma Hızı (ms ⁻¹) | Yük (N) |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|---------|
| PA6 | 1.08 | 23±2 | 1000 | 0.5 | 10 |
| PA6-%5PTFE | 1.18 | | | | 20 |
| PA6-%10PTFE | 1.19 | | | | 30 |



Şekil 1. Aşınma test cihazının şematik gösterimi
(Figure 1. Schematic representation of wear test device)

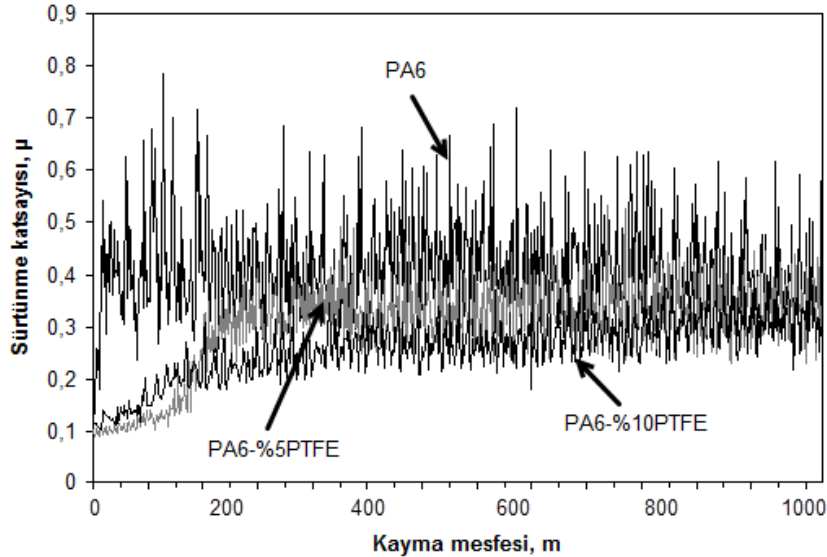
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Tablo 2'de PA-6, PA6-5PTFE ve PA6-10PTFE polimer kompozitlerinin 0.5m/s kayma hızı ve 10-30N yükte oda sıcaklığında ve kuru ortam şartları altında gerçekleştirilen aşınma testleri sonucu elde edilen sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı değerleri verilmiştir. Şekil 2'de ise PA-6 polimeri ile PA6-5PTFE ve PA6-10PTFE polimer kompozitlerinin 20N yük altındaki kayma mesafesine bağlı olarak sürtünme katsayılarındaki değişim verilmiştir. PA-6 polimerinin başlangıçtaki sürtünme katsayısı 0.4 olarak elde edilmiştir. Ancak, PTFE katkılı PA-6 polimer kompozit numunelerde sürtünme katsayısı başlangıç değerleri 0.1 civarında iken yaklaşık 200m yol katettikten sonra 0.3 değerine ulaşmış ve deney sonuna kadar stabil olarak devam etmiştir. Yapılan tribolojik deneyler sonucunda elde edilen verilere göre en düşük sürtünme katsayısına ağırlık olarak %10 PTFE katkılı PA-6 polimer karışımında ulaşılmıştır. Bunun sebebi ise, yumuşak olan PTFE'in karşı disk yüzeye transfer olması ile açıklanabilir [10].

Tablo 2. PA-6 polimeri ile PA6-%5PTFE ve PA6-%10PTFE polimer karışımlarının 0.5m/s kayma hızı ve farklı yüklerde gerçekleştirilen tribolojik test sonuçları

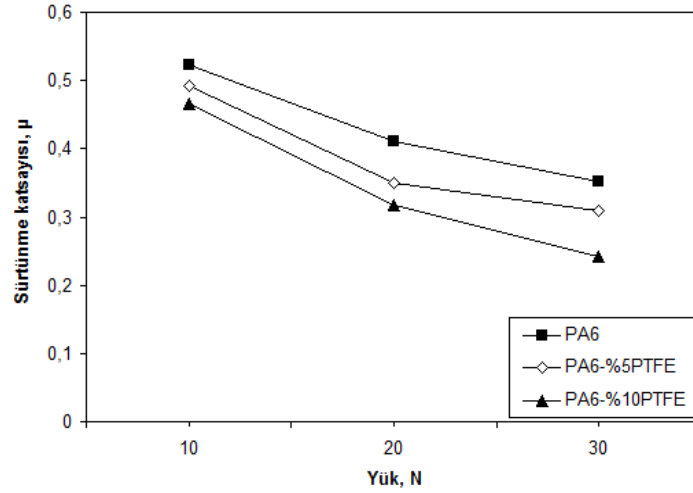
(Table 2. Tribological test results of PA-6 polymer, PA6-5PTFE and PA6-10PTFE polymer composites at a sliding speed of 0.5m/s and different loads)

| Malzemeler | Yük, N | Kayma Hızı | |
|-------------|--------|---------------------------|--------------------------------|
| | | 0.5 m/s | |
| | | Sürtünme Katsayısı, μ | Spesifik Aşınma Oranı, m^2/N |
| PA-6 | 10N | 0.5231 | 8.6E-13 |
| | 20N | 0.4105 | 1.8E-12 |
| | 30N | 0.3521 | 4.3E-12 |
| PA6-%5PTFE | 10N | 0.4932 | 6.9E-13 |
| | 20N | 0.3495 | 1.4E-12 |
| | 30N | 0.3091 | 1.8E-12 |
| PA6-%10PTFE | 10N | 0.4661 | 2.2E-13 |
| | 20N | 0.3175 | 2.2E-13 |
| | 30N | 0.2423 | 2.4E-13 |



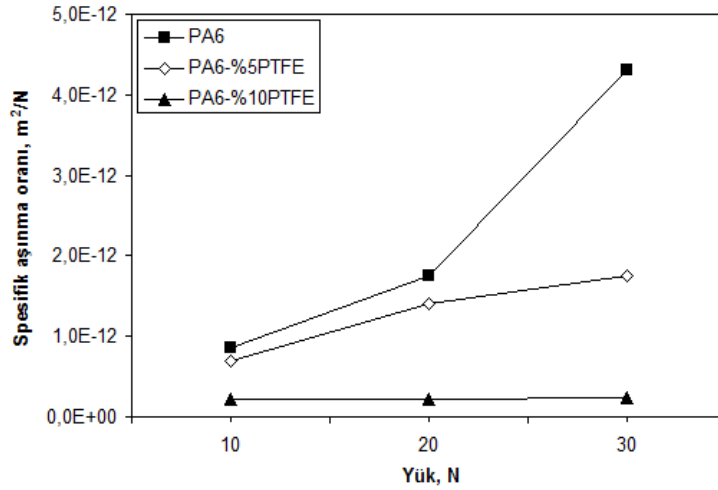
Şekil 2. Katkısız PA6 ve PTFE katkılı PA6 polimerlerinin sürtünme katsayısı-kayma mesafesi ilişkisi (Kayma hızı:0.5m/s, Yük:20N)
(Figure 2. The friction coefficient-sliding distance relation of PA6 and PTFE filled PA6 polymers (sliding speed:0.5m/s, load 20N)

Bilindiği gibi PTFE polimeri düşük yüzey enerjisi ve zayıf sürünme direncine sahiptir. Uygulanan kuvvet ile karşı disk yüzeyinde transfer film tabakası oluşturmak için matrinden kolaylıkla ayrılır ve sürekli ve yumuşak transfer film tabakası oluşturur [4 ve 11]. Polimer ve polimer kompozitler için, tribolojik özelliklerin belirlenmesinde transfer film tabakasının oluşumu oldukça önemli rol oynamaktadır [12]. Oluşan transfer film tabakası nedeniyle matris ve karşı yüzey arasındaki yüzey pürüzlülüğünün azalması sonucu direk temasın azalması kompozitin sürtünme katsayısını azaltmaya yardımcı olmaktadır [13]. PTFE katkının düşük miktarlarında dahi sürtünme katsayısının azalmasının sebebi karşı disk yüzeyinde sürtünmesi düşük olan PTFE'in yağlayıcı transfer film tabakasını az da olsa oluşturması olarak açıklanabilir. Benzer sonuçlar Zhang [4] tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir.



Şekil 3. PA6 polimeri ve PA6 polimer kompozitleri için sürtünme katsayısı-yük değişimi
(Figure 3. Friction coefficient-applied load for PA6 polymer and PA6 polymer composites)

Şekil 3’de Katkısız PA-6 polimeri ile PTFE katkılı PA-6 polimer karışımlarının sürtünme katsayısı-yük ilişkisi verilmiştir. Şekil incelendiğinde genel olarak PA-6 polimeri ile polimer karışımlarının tamamında yükün artması ile birlikte sürtünme katsayısında azalma gözlenmiştir. Uygulanan yükün 10N’dan 30N’a çıkarılmasıyla yani %200 oranında artırılmasıyla deneylerde kullanılan katkısız PA-6 polimeri ile PA6-%5PTFE ve PA6-%10PTFE polimer karışımlarının sürtünme katsayılarındaki azalma sırasıyla %48, %59 ve %92 oranlarında olmuştur. Zhang [4], Su [14] ve Shivamurthy [6] tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar gözlenmiştir. PA-6 polimerine ilave edilen PTFE katkısı sürtünme katsayısının ciddi azalmasına sebep olmuştur. Sürtünme katsayısındaki bu azalma PA-6 polimeri ile kıyaslandığında %5PTFE-PA6 polimeri için %6, %10PTFE-PA6 polimeri için ise %12 oranında olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar, Palabıyık [15], Zhang [4] ve Su [14] tarafından yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir. Ayrıca, PTFE miktarının %5’den %10’ artırılması ile PA-6 polimerinin sürtünme katsayısı yaklaşık olarak %14.4 oranında azalmıştır. Zhang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [4] PPESK polimerine ilave ettikleri farklı oranlarda (%5-25) PTFE katkı ilavesinin artmasıyla sürtünme katsayısının azaldığını tespit etmişlerdir. Çalışmalarında sürtünme katsayısındaki azalmanın çelik disk yüzeyinde oluşan transfer film tabakasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda, en yüksek sürtünme katsayısı, 0.52 değeri ile 10N yük altında katkısız PA-6 polimerinde elde edilirken en düşük sürtünme katsayısı 0.24 değeri ile 30N yük altında %10PTFE katkılı PA-6 polimer karışımında elde edilmiştir. Kayma süresince oluşan film tabakasının polimer ile çelik disk yüzeyinin direk temasını engellemektedir. Böylece polimer pim yüzeyinin çelik diskin sert pürüzlü yüzeylerinden korunması sağlanmaktadır. Ayrıca adhezyon etkileri ile de disk yüzeyi üzerindeki temas basıncı azalacaktır [16]. Dolayısıyla PTFE katkılı PA-6 polimer kompozitlerin sürtünme katsayıları katkısız PA-6 polimerine göre daha düşük elde edilmiştir.



Şekil 4. PA-6 polimeri ve PA-6 polimer kompozitleri için spesifik aşınma oranı-yük değişimi
(Figure 4. Specific wear rate-applied load for PA-6 polymer and PA-6 polymer composites)

Şekil 4’de uygulanan yük aralıklarında, katkısız PA-6 polimeri ile PA6-%5PTFE ve PA6-%10PTFE polimer karışımları için elde edilen aşınma oranı değişimleri verilmiştir. Uygulanan yükün artması ile birlikte yani yükün 10N’dan 30N’a çıkarılmasıyla yani %200 oranında artırılmasıyla katkısız PA-6 polimeri ile PTFE katkılı PA-6 polimer karışımlarının spesifik aşınma oranı değerleri artmıştır. Bu artış katkısız PA-6 polimeri için %80 oranında iken PA6-5PTFE ve PA6-%10PTFE polimer karışımları için sırasıyla %60 ve %7 oranlarında elde edilmiştir. Benzer sonuçlar daha önce literatürde yapılan çalışmalar ile uyumludur. Bu çalışmalar Li [17], Shivamurthy [6] ve Wang [7] tarafından yapılan çalışmalardır. Ayrıca, PA-6 polimerine ilave edilen PTFE katkı miktarının artması ile spesifik aşınma oranı oldukça fazla oranda azalmıştır. Bu azalma 20N yük altında PA6-%5PTFE polimer karışımı için %24 oranında iken PA6-%10PTFE polimer karışımı için %703 oranında elde edilmiştir. Literatürde daha önce Palabiyik [15] tarafından yapılan çalışmada, PA-6/YYPE polimer karışımı bünyesindeki artan PTFE miktarına bağlı olarak polimer karışımının spesifik aşınma oranının azaldığını belirtilmiştir. Genel olarak, şekil 4 incelendiğinde, en yüksek spesifik oranının $4.3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{N}$ değeri ile katkısız PA-6 polimerinde elde edilirken en düşük spesifik aşınma oranı ise $2.2 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{N}$ değeri ile PA6-%10PTFE polimer karışımında elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

PA-6 polimeri ile PA6-%5PTFE ve PA6-%10PTFE polimer karışımları kullanılarak 10N-30N yük aralıklarında ve 0.5m/s kayma hızlarında gerçekleştirilen tribolojik deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Uygulanan yükün %200 oranında artırılması ile katkısız PA-6 polimeri ile %5PTFE katkılı PA-6 polimer karışımını spesifik aşınma oranları belirgin şekilde artış gözlenirken %10 oranında PTFE katkılı PA-6 karışımının spesifik aşınma oranında pek bir değişim gözlenmemiştir.
- PA-6 polimerine farklı oranlarda (%5 ve %10) ilave edilen PTFE polimer katkı oranının artması ile polimer karışımların spesifik aşınma oranında belirgin şekilde azalma gözlenmiştir.



- Yapılan çalışmada en yüksek spesifik oranın $4.3 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{N}$ değeri ile katkısız PA-6 polimerinde elde edilirken en düşük spesifik aşınma oranı ise $2.2 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{N}$ değeri ile PA6-%10PTFE polimer karışımında elde edilmiştir.
- PA-6 polimeri ile farklı oranlarda PTFE polimer katkılı PA-6 polimer karışımlarının sürtünme katsayıları uygulanan yükün artması ile birlikte azalmıştır. Bu azalma oranı PA-6, PA6-%5PTFE ve PA6-%10PTFE polimerleri için sırasıyla %48, %59 ve %92 oranlarındadır.
- PA-6 polimeri bünyesinde %5-10 oranlarında ilave edilen PTFE katkı oranının artması ile polimer karışımlarının sürtünme katsayısında önemli oranda azalma gözlenmiştir.

NOT (NOTICE)

Bu çalışma, 21-23 Eylül 2017 tarihinde Bayburt'ta düzenlenen International Conference on Advanced Engineering Technologies (ICADET) Konferansında sözlü bildiri olarak sunulmuş ve yeniden yapılandırılmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Bolvari, S., Glenn, R.J., and Ellis, C., (1997). Wear and Friction of Aramide Fiber and Polytetrafluoroethylene Filled Composites, *Wear*, Volume:203-204, pp:697-702.
- [2] Ben Difallah, M., Kharrat, M.D., and Monteil, G., (2012). Mechanical and Tribological Response of ABS Polymer Matrix Filled with Graphite Powder, *Materials & Design*, Volume:34, pp:782-787.
- [3] Bahadur, S. and Gong, D., (1992). The Action of Fillers in the Modification of the Tribological Behavior of Polymers, *Wear*, Volume:158, pp:41-59.
- [4] Zhang, X., Liao, G., Jin, Q., Feng, X., and Jian, X., (2008). On Dry Sliding Friction and Wear Behavior of PPSK Filled with PTFE and Graphite, *Tribology International*, Volume:41, pp:195-201.
- [5] Xian, G. and Zhang, Z., (2005). Sliding Wear of Polyetherimide Matrix Composites II. Influence of Graphite Flakes, *Wear*, Volume:258, pp:783-788.
- [6] Shivamurthy, K., Udaya, B., and Anandhan, S., (2013). Mechanical and Sliding Wear Properties of Multi-Layered Laminates from Glass Fabric/Graphite/Epoxy Composites, *Materials and Design*, Volume:44, pp:136-143.
- [7] Wang, J., Gu, M., Songhao, B., and Ge, S., (?). Investigation of the Influence of MoS₂ Filler on the Tribological Properties of Carbon fiber Reinforced Nylon 1010 Composites, *Wear*, Volume:255, pp:774-779.
- [8] Yi-Lan, Y., Du-Xin, L., Gao-Jie S., and Xin, D., (2014). Investigation of the Influence of Solid Lubricants on The tribological Properties of Polyamide 6 Nanocomposite, *Wear*, Volume:311, pp:57-64.
- [9] Zhang, Z., Breidt, C., Chang, L., Hauptert, F., and Friedrich, K., (2004). Enhancement of the Wear Resistance of Epoxy: Short Carbon Fibre, Graphite, PTFE and Nano-TiO₂, *Composites: Part A*, Volume:35, pp:1385-1392.
- [10] Chang, L., Zhang, Z., Ye, L., and Friedrich, K., (2007). Tribological Properties of Epoxy Nanocomposites: III. Characteristics of Transfer Films, *Wear*, Volume:265, No:5-6, pp:699-706.
- [11] Tanaka, K., (1986). Effect of Various Fillers on the Friction and Wear PTFE-Based Composites. In: Friedrich K, Pipes R.B.,



-
- editors. Friction and wear of polymer composites. composites materials series, vol.1. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, pp:137-174.
- [12] Wang, Q.H., Xu, J.F., Shen, W.C., and Xue, Q.J., (1997). The Effect of Nanometer SiC Filler on the Tribological Behavior of PEEK, *Wear*, volume:209, no:1-2, pp:316-321.
- [13] Tanaka, K., (1982). Transfer of Semi-Crystalline Polymers Sliding against Smooth Steel Surface, *Wear*, Volume:75, pp:183.
- [14] Su, F.H., Zhang, Z.Z., Guo, F., Wang, K., and Liu, W.M., (2006). Effects of Solid Lubricants on Friction and Wear Properties of Nomex Fabric Composites, *Materials Science and Engineering A*, volume:424, pp:333-339.
- [15] Palabiyik, M. and Bahadur, S., (2002). Tribological Studies of Polyamide 6 and High-Density Polyethylene Blends filled with PTFE and Copper Oxide and Reinforced with Short Glass fibers, *Wear*, Volume:253, pp:369-376.
- [16] Friedrich, K., Flöck, J., Varadi, K., and Nader, Z., (2001). Experimental and Numerical Evaluation of the Mechanical Properties of Compacted Wear Debris Layers Formed between Composite and Steel Surfaces in Sliding Contact, *Wear*, pp:1202-1212.
- [17] Li, J., (2009). Friction and Wear Properties of PA6 Filled PTFE Composites under Oil Lubrication, *Current Applied Physics*, Volume:9, pp:1445-1449.