©2021 Published in 9th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 15-17 October 2021 (ISITES2021 Sakarya - Turkey)
https://doi.org/10.33793/acperpro.04.01.52

Öğütülmüş Kolemanit Dolgulu Poliamid-6.6 Kompozit Malzemesinin Tribolojik Özelliklerine Dolgu Miktarının Etkisi

[1]Şenol Şahin, [2]Furkan Metin, *[3]Ayşegül Bodur Yılmaz
[1,2,3] Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü Kocaeli Üniversitesi, Türkiye

Özet

Bu deneysel çalışmada matris malzemesi olarak Poliamid-6.6 (PA) malzemesi ve dolgu malzemesi olarak da öğütülmüş kolemanit (KOL) kullanılarak oluşturulan PA/KOL kompozit malzemelerin tribolojik özelliklerinin KOL dolgu miktarına bağlı değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda oluşturulması amaçlanan PA/KOL kompozit malzemeler için saf PA malzemesine ağırlıkça yüzde 12,5, 15, 17,5, 20 oranlarında KOL dolgusu yapılarak ilk olarak çift vidalı bir ekstrüder kullanılıp granül üretimi gerçekleştirilmiş daha sonra enjeksiyon kalıplama yöntemi ile çok amaçlı deney parçaları üretilmiştir. Saf ve kompozit malzemelere, TS ISO 4649 standardına göre yağlama olmaksızın sabit 5N yük, 40 d/dak tambur dönme hızı ve 40 m kayma mesafesinde aşınma testleri uygulanmıştır. Deneysel sonuçlar, saf PA malzemenin ve/veya PA/KOL kompozit malzemenin, tribolojik özelliklerinin, KOL dolgu miktarından etkilendiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Poliamid 6.6, Kolemanit, Kompozit, Abrazif Aşınma, Tambur

Abstract

In this experimental study, PA/KOL composite materials were produced by using Polyamide-6.6 (PA) material as matrix material and ground colemanite (KOL) as filling material. The variation of tribological properties of PA/KOL composite materials compared to pure PA material depending on the amount of KOL filler was investigated. For this purpose, PA/KOL composite materials granules with KOL filled at 12.5, 15, 17.5, 20 percent by weight were prepared with a twin-screw extruder and then multi-purpose test pieces were produced by injection molding method. A constant 5N load, 40 rpm drum rotation speed and 40 m sliding distance were applied to pure and composite materials without lubrication according to TS ISO 4649 standard for wear tests. Experimental results showed that the tribological properties of pure PA material and/or PA/KOL composite material are affected by the amount of KOL filler.

Keywords: Polyamide 6.6, Colemanite, Composite, Abrasive Wear, Drum

1. Giriş

Polimer malzemelerin metallere göre düşük mekanik ve tribolojik özelliklerinden dolayı kullanım alanı kısıtlı olsa da kimyasal ve/veya fiziksel modifikasyonla mukavemet arttırıcı katkı ve dolgu malzemeleri sayesinde, düşük ağırlıkları ve yüksek korozyon dirençlerinin yanı sıra kazandıkları, yüksek aşınma direnci ve düşük üretim maliyeti sebebiyle kullanım alanını genişleterek otomotiv, inşaat ve havacılık gibi birçok sektörde kullanılmaktadır [1,2]. Polimerlerin tribolojik davranışlarının, bazen inorganik parçacıklı bileşikler kullanılarak büyük ölçüde iyileştirilebileceği

*Sorumlu yazar: Adres: Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Kocaeli Üniversitesi, 41001, Kocaeli, TÜRKİYE. E-posta adresi: aysegul.bodur@kocaeli.edu.tr, Telefon: +902623033483

bilinmektedir. CuO, CuF_2, PbS, Ag_2S'nin yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), politetrafloroetilen (PTFE), naylon (PA) ve polietereterketonun (PEEK) aşınma direncini arttırmada dolgu maddesi olarak etkili olduğu bilinirken BaF_2, CaF_2, ZnF_2, ZnS vb. malzemelerin bazı polimerlerin aşınma direncine zararlı olduğu bilinmektedir [3]. Katkı ve/veya dolgu malzemelerinin olumlu/olumsuz etkisi büyük ölçüde şekillerine, partikül boyutuna ve partikül dağılımına bağlıdır. Kullanılan katkı ve/veya dolgu malzemelerine ek olarak oluşturulan kompozit malzemelerin mekanik özellikleri, iç yapıda oluşan ara yüzeyin kalitesinden de oldukça etkilenmektedir. Spesifik yüzey alanı olarak adlandırılan polimer matris ve dolgu arasındaki yüzey temas miktarı, dolgu maddelerinin en önemli özelliklerinden biridir [4]. Matris ve dolgu malzemesi arasındaki yüzey alanı fazla olduğunda dolgu ve matris arasında daha fazla yüzey teması olacak ve böylece kompozitin mekanik özelliklerini artırıcı bir etki ortaya çıkacaktır. İnce veya küçük partiküllü dolgu malzemeleri, büyük partiküllü dolgu malzemelerine göre daha yüksek yüzey alanına sahiptir. Fakat, parçacıklar ne kadar ince olursa, aggregation (agregasyon/topaklaşma) eğilimleri o kadar büyük olur ve bu eğilim mekanik özellikler üzerinde olumsuz bir etkiye neden olabilir [4,16]. Aynı durum kompozit malzemede gerilme yığılma noktaları veya süreksizlik noktaları olarak davranabilen büyük parçacıklara sahip dolgu maddeleri için de geçerlidir [4].

Bu çalışmada kullanılması tercih edilen poliamid diğer polimerlerle kıyaslandığında daha üstün mekanik özelliklere, yüksek kimyasal ve aşınma direncine sahiptir [5,15]. Bu üstün özellikler poliamidin moleküler zincirlerinde bulunan hidrojen bağlarından dolayıdır [6,7]. Ayrıca bu çalışmada kullanılan kimyasal bileşimi $Ca_2B_6O_{11}.5(H_2O)$ olan öğütülmüş kolemanit en yüksek bor içeriğine sahip bor minerallerinden biri olup, Türkiye kolemanit minerallerinin dünyadaki en büyük rezervlerine sahiptir [8]. Ayrıca tribolojik çalışmalar incelendiğinde borik asit, üleksit ve boraks ilaveli polimer matrisli malzemelerde daha kararlı sürtünme katsayısı elde edildiği bildirilmiştir [9].

Başar ve arkadaşları balata malzemesine %4 ilave edilen kolemanit ve boraksın en iyi (en yüksek) sürtünme katsayısı değerini verdiğini, bunun yanında malzemeye kütlece %4'ten fazla kolemanit ve boraks katkısının sürtünme performansını olumsuz etkilediğini (azalttığını) gözlemlemişlerdir [10], İpek ve arkadaşları ise %3 olarak kullanılan bor oksit katkısının fren balatasındaki sürtünme katsayısını %18 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir [11]. Unal ve arkadaşları PA-6 polimerine ilave edilen ağırlıkça %10 oranındaki vollastonit ve kaolin katkılarının kompozitlerin hem çekme dayanımını hem de elastiklik modülü değerlerini artırdığını ve kompozit malzemelerin spesifik aşınma oranını sırasıyla %83 ve %15,8 oranlarında azalttığını tespit etmişlerdir [12]. Li ve arkadaşları, 40 N yük ve 200 rpm'nin altında yapılan deneylerde, ağırlıkça %15 cam fiber katkılı PA6'ya PTFE (politetrafloroetilen) eklenmesiyle, cam fiber takviyeli kompozitlerinin sürtünme katsayısı ve aşınma oranının önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir [13]. Kodal ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise ağırlıkça %20 vollastonit - %20 talk içeren hibrit dolgusu saf PA6 ile karşılaştırıldığında saf malzemeye kıyasla daha yüksek darbe dayanımı değerleri sergilediği tespit edilirken, darbe mukavemetindeki bu artış dolgu maddelerinin sinerjik etkisiyle ilişkilendirilmiştir [14].

2.Malzeme ve Yöntem

2.1. Poliamid 6.6

Bu çalışmada, tablo 1'de fiziksel özellikleri verilen ve ticari ismi Stabamid-26 AE 1 (Rhodia Operations) olan poliamid 6.6 polimeri matris malzemesi olarak kullanıldı.

Tablo 1. Poliamid 6.6 fiziksel özellikleri (Rhodia Operations)

Erime sıcaklığı	260ºC
Katılaşma sıcaklığı	220ºC
Dökme yoğunluğu	0,6 – 0,7 g/cm^3
Yoğunluk	1,14 g/cm^3

2.2. Öğütülmüş Kolemanit

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğünden 45 mikrometre elek altı parçacık boyutunda temin edilen, $Ca_2B_6O_{11}.5(H_2O)$ kimyasal bileşimine ve öğütülmüş kolemanit (KOL) ticari adına sahip mineral dolgu maddesi olarak kullanıldı. Öğütülmüş kolemanit, 2,42 g/cm^3 yoğunluğa ve 45 mikrometreden küçük parçacıkların %75 – 85 oranında olduğu bir parçacık içeriğine sahiptir (EYS FRM-ETİ-00 10 /20/5/2014-02). Bazı kimyasal bileşimlerinin içerikleri B_2O_3 için %40, CaO için %27, SiO_2 %6,5, Al_2O_3 için %0,40, MgO için %3, SiO_2 için %1,5 ve As için 35 ppm'dir (EYS TBL ETİ 01 /24.08.2015/00).

2.3. Partikül Boyut Dağılım Analizi

Öğütülmüş kolemanitin (KOL) partikül boyut dağılımı ölçümünde (analizinde), bir bilgisayar destekli Hydro2000MU (5.6 sürüm) yazılımı ve seri numarası MAL101630 olan Mastersizer 2000 (Malvern Instruments Ltd., UK) cihazı kullanıldı. 45 mikrometre elek altı parçacık boyutuna sahip öğütülmüş kolemanitin tanecik boyutu dağılımı ölçümünden elde edilen bazı fiziksel özelliklerinin değerleri tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Öğütülmüş kolemanitin fiziksel özellikleri (Mastersizer 2000)

Ortalama Partikül Çapı (D50 %)	14,008 µm
Top Cut (D90%)	49,094 µm
Özgül yüzey alanı	1,32 m^2/g

2.4. Kompozit Hammadde Hazırlama

PA/KOL kompozit hammaddelerin üretilmesinde, vida oranı (L/D) 45, vida boyu (L) 1125 mm olan çift vidalı ekstrüder (Coperion Werner ve Pleiderer ZSK 25 P8.2 E WLE) kullanıldı. Farklı ağırlıkça yüzde 12,5, 15, 17,5 ve 20 oranlarında, kompozit hammaddelerin üretimi, sabit

ekstrüzyon parametrelerinde ve vida devir hızı 900 d/dak, besleme bölgesinden kafa (matris) bölgesine doğru kovan bölgesi sıcaklıkları 170˚C – 230˚C, anma üretim kapasitesi 30 kg/sa ve su banyosu sıcaklığı 30°C olan sabit ekstrüzyon ayarlarında gerçekleştirildi. Granül halde elde edilen her bir PA/KOL kompozit hammaddeler sıcaklığı 50˚C olan fırında 4 saat kurutuldu.

2.5. Çok Amaçlı Deney Parçası Üretimi

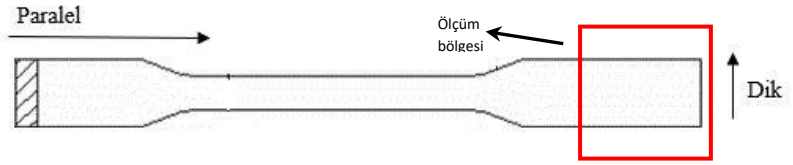
Saf PA ve PA/KOL kompozit hammaddelerin enjeksiyon kalıplama ile şekillendirilmesinde, vida çapı (D) 46 mm ve vida oranı (L/D) 20 olan enjeksiyon makinesi (Haitian Plastics Machinery HTF 90W) kullanıldı. TS EN ISO 294-1 standardı dikkate alınarak gerçekleştirilen enjeksiyon kalıplama işleminde, 235˚C meme sıcaklığı, 230˚C – 225˚C – 220˚C zone sıcaklıkları, 1400 bar enjeksiyon basıncı, 700 – 500 bar ütüleme basıncı, 45 – 20 m/dak enjeksiyon hızı, 5 – 12 m/dak ütüleme hızı ve 60 s bekleme süresi ile 30˚C kalıp soğutma suyu sıcaklığında sabitlenmiş enjeksiyon parametreleri kullanıldı. ISO 3167'e göre Tip 1A çok amaçlı deney parçalarına, direkt olarak TS EN ISO 294-1'e göre bir T yolluklu ve iki kaviteli tip A ISO çekme kalıbında 216 mm x 10 mm x 4 mm ölçülerinde üretildi. Üretilen çok amaçlı deney parçaları, tertemiz bir yapıyla beraber bir tarafı kaygan bir diğer tarafı kaygan olmayan üst yüzeylerine sahiptir. Çok amaçlı deney parçaları, deneylerden önce, TS EN ISO 291 standardına uygun olarak şartlandırıldı.

2.6. Yoğunluk Ölçümü

Yoğunluk deneyleri, TS EN ISO 1183-1 standardına göre maksimum kapasitesi 210 g, ölçme hassasiyeti 0,1 mg ve yoğunluk ölçme seti (kiti) olan bir hassas terazide (Sartorius CP224S) gerçekleştirildi. Yoğunluk ölçümlerinde ilgili standartta belirtilen A (daldırma) metodu ve saf su (daldırma sıvısı olarak) kullanıldı. Yoğunluk numunesi olarak ilgili standart dikkate alınarak çok amaçlı deney parçalarının orta bölgesi (middle region) dışında kalan ve enjeksiyon girişine (gage region) en uzak bölgesinden, disk testere ile kesilen 10 mm x 20 mm x 4 mm ölçülerine sahip numuneler kullanıldı. Deney süresince saf su sıcaklığı sürekli olarak ölçülerek ilgili sıcaklıktaki saf suyun yoğunluğuna bağlı olarak saf PA ve PA/KOL kompozit malzemelerin yoğunlukları tespit edildi. Yoğunluk deneylerinde her bir ortalama değerin tayini için en az 3'er adet numune kullanıldı.

2.7. Pürüzlülük Ölçümü

Pürüzlülük deneylerinde, Mitutoyo Marka SJ 301 Model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanıldı. Yüzey pürüzlülük ölçümleri TS EN 10049 standartlarına göre 22˚C ± 1˚C ortam sıcaklığında gerçekleştirildi. Yüzey pürüzlülük ölçümü yüzey bölgesi olarak şekil 1'de gösterilen çok amaçlı deney parçalarının orta bölgesi dışında kalan ve enjeksiyon girişine en uzak bölgesinden, disk testere ile kesilen 10 mm x 20 mm x 4 mm ölçülerine sahip numunelerin kaygan tarafı kullanıldı. Bu kapsamda her bir ilgili pürüzlülük numune parçasında, enjeksiyon kalıplama doğrultusuna paralel ve dik yönlerde olacak şekilde en az 3'er (üçer) yüzey pürüzlülük ortalaması (Ra) değeri ölçüldü.



Şekil 1. Pürüzlülük ölçüm bölgesi

2.8. Young's Modülü Ölçümü

Testler 5 kN kapasiteli, üzerinde Clip-on statik ekstansometre (INSTRON 2630-111) bulunan ve Bluehill yazılımı kurulu bilgisayar destekli INSTRON (4411 H 4240) üniversal çekme basma test cihazında gerçekleştirildi. TS EN ISO 527-1 standardı dikkate alınarak Young's Modülü değerlerinin tespit edilmesinde, çeneler arası mesafesi 115 mm, ekstansometre ayakları mesafesi 50 mm ve 1 mm/dak çekme hızı olan sabit parametreler kullanıldı. Testlerin tamamı sıcaklığı 22°C ± 1°C, nemi %50 ± 10 ortam koşullarında gerçekleştirdi. Her bir ortalama deneysel değer için en az 5'er adet deney numunesi kullanıldı.

2.9. Aşınma testi

Abrazif aşınma testlerinde TS ISO 4649 standardında belirtilen B metoduna, geometrik ölçülere ve test parametrelerine uygun olan Ektron EKT-2103-DIN model aşınma test cihazı kullanıldı. Aşınma numunesi olarak ilgili standart dikkate alınarak, çok amaçlı deney parçalarının orta bölgesi dışında kalan ve enjeksiyon girişine en uzak bölgesinden, özel tasarlanan bir dairesel (boru kesitli) kesme (zımba) kalıbıyla kesilerek elde edilen 16 mm ± 0,2 mm çapına sahip numuneler kullanıldı. Abrazif aşınma testleri, 60 grit (kum) Al_2O_3 aşındırıcı zımpara kağıdı kaplanmış 150 mm çaplı tamburda, tambur dönme hızı 40 d/dak, numune tutucu dönme hızı 0,9 d/dak, 40 m toplam kayma mesafesinde [17] ve 5 N basma yükü altında gerçekleştirildi. Aşındırıcı yüzeyin etkisini eşit tutmak için her deney grubundan sonra aşındırıcı zımpara kağıdı değiştirilerek testlere devam edildi. Her bir ortalama deneysel veri için en az 3'er adet aşınma numunesi kullanıldı. Ayrıca, her bir aşınma numunesinin deney öncesi kütleleri ($M_ö$) ve deney sonrası kütleler (M_s), ölçme hassasiyeti 0,1 mg olan hassas terazide (Sartorius CP224S) ölçülerek, kütle kayıpları (ΔM) denklem (1) ile hacim kayıpları (ΔV) ise denklem (2) ile hesaplandı.

$$M_s - M_ö = \Delta M \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{\Delta M}{d} \times 1000 \quad (2)$$

Burada; ΔV: hacim kaybı [mm^3], M_s: deney sonrası kütle [g], $M_ö$: deney öncesi kütle [g], d: yoğunluk [g/cm^3]'dir.

3. DENEY SONUÇLARI

3.1. Yoğunluk Sonuçları

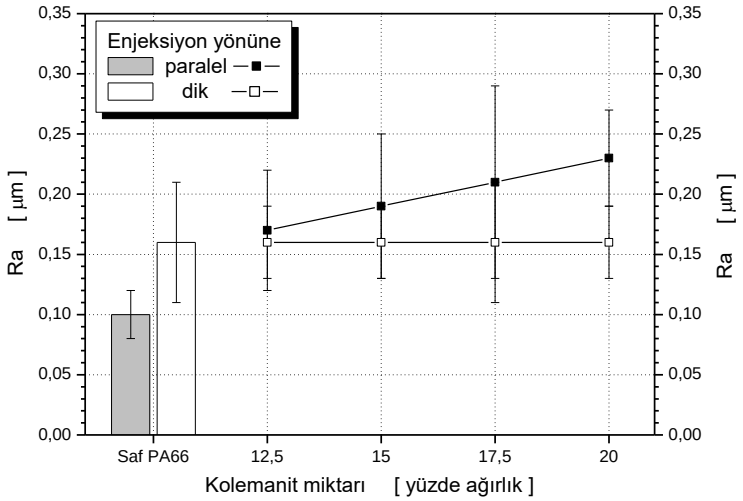
Kompozit üretimi sonrası gerçekleştirilen yoğunluk ölçüm sonuçlarının verildiği tablo 3 incelendiğinde, artan dolgu miktarı ile orantılı olarak yoğunluk değerinin de arttığı tespit edildi. Saf PA ve PA/KOL kompozit malzemelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında, artan KOL dolgu miktarıyla saf PA malzemesinin yoğunluk değerinin arttığı ve bu artışın KOL dolgu miktarıyla orantılı olarak gerçekleştiği tespit edildi. Bu tespit çok amaçlı deney parçalarının en azından orta bölgesi dışında kalan ve enjeksiyon girişine en uzak bölgesinde homojen karışım oluşturularak kompozit malzeme üretimlerinin gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 3. Yoğunluk ölçümleri

Numune	Yoğunluk (g/cm^3)
Saf PA	1,1400 ± 0,0003
yüzde 12,5 KOL dolgulu PA kompozit	1,2980 ± 0,0002
yüzde 15 KOL dolgulu PA kompozit	1,3290 ± 0,0002
yüzde 17,5 KOL dolgulu PA kompozit	1,3610 ± 0,0003
yüzde 20 KOL dolgulu PA kompozit	1,3920 ± 0,0005

3.2. Pürüzlülük Sonuçları

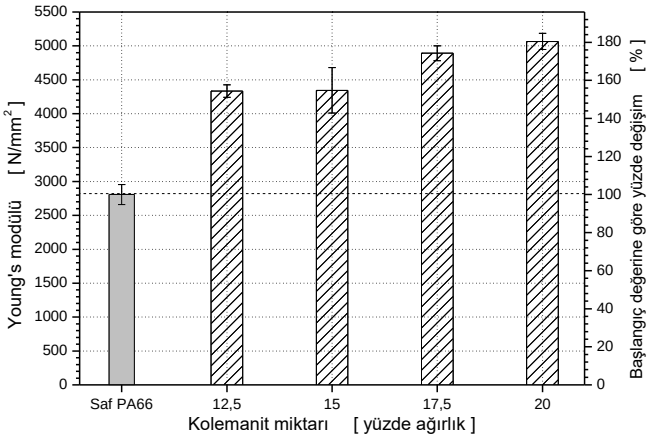
Enjeksiyon kalıplama sonrası gerçekleştirilen pürüzlülük ölçümleri enjeksiyon yönüne dik ve paralel olarak gerçekleştirildi. Ölçüm sonuçlarının verildiği şekil 2 incelendiğinde, kompozit dolgu miktarının artması ile orantılı olarak enjeksiyon yönüne paralel olarak alınan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (Ra) değeri artarken enjeksiyon yönüne dik olarak alınan ölçümlerde ise ortalama pürüzlülük değerlerinin KOL dolgu miktarından etkilenmediği görüldü.



Şekil 2. Pürüzlülük ölçüm sonuçları

3.3. Young's Modülü Sonuçları

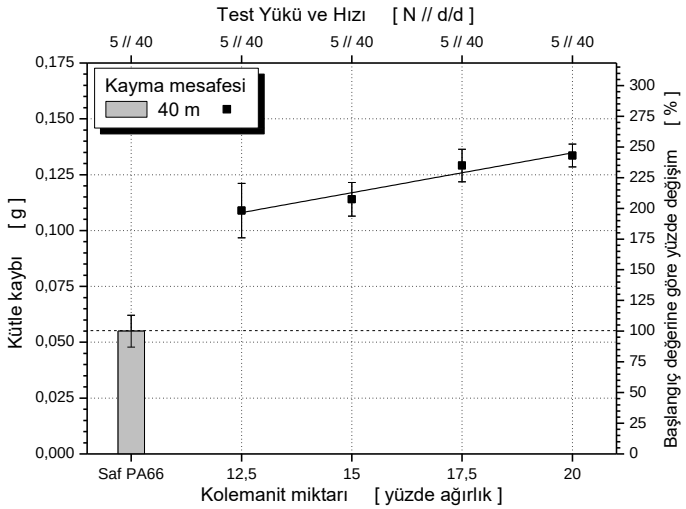
Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş çok amaçlı deney parçaları kullanılarak gerçekleştirilen, tek eksenli çekme testi sonrası tespit edilen Young's Modülü sonuçlarının verildiği şekil 3 incelendiğinde, artan dolgu miktarı ile birlikte Young's Modülü değerinin de arttığı görüldü. Kompozit malzemelerde saf malzemeye kıyasla Young's modülü değeri %12,5 KOL dolgulu kompozitte %54 oranında artarken, %20 KOL dolgulu kompozit malzemede en yüksek değeri göstererek %80 oranında arttığı tespit edildi. Dolayısıyla, saf PA malzemesi rijitliğinin de, artan KOL dolgu miktarıyla yükseldiği belirlendi.



Şekil 3. Young's Modülü sonuçları

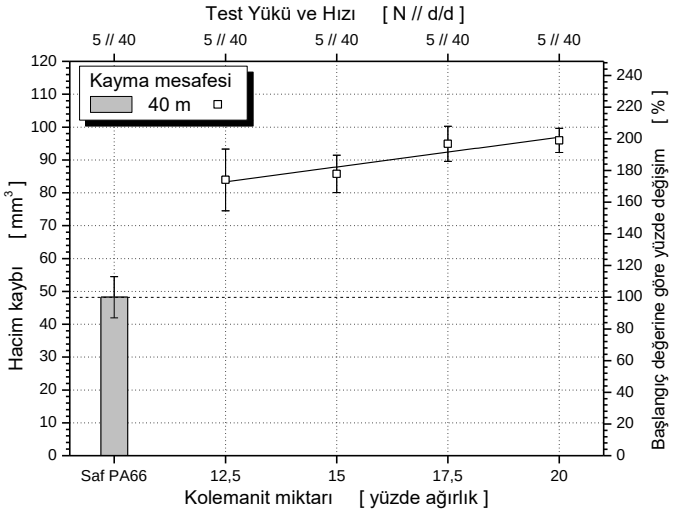
3.4. Aşınma Testi Sonuçları

Sabit parametrelerde gerçekleştirilen abrazif aşınma testi sonucu elde edilen kütle kaybı değerlerinin verildiği şekil 4 incelendiğinde, saf PA malzemesine kıyasla, PA/KOL kompozit malzemenin kütle kaybının artan KOL dolgu miktarıyla birlikte arttığı tespit edildi.



Şekil 4. Abrazif aşınma testi sonrası kütle kaybı sonuçları

Sabit parametrelerde gerçekleştirilen abrazif aşınma testi sonucu elde edilen hacim kaybı değerlerinin verildiği şekil 5 incelendiğinde, saf PA malzemesine kıyasla, PA/KOL kompozit malzemenin kütle kaybının artan KOL dolgu miktarıyla birlikte arttığı tespit edildi.



Şekil 5. Abrazif aşınma testi sonrası hacim kaybı sonuçları

4. Sonuçlar Ve Öneriler

PA malzemesine ağırlıkça yüzde 12,5, 15, 17,5 ve 20 oranlarında KOL dolgu ilavesiyle elde edilen PA/KOL kompozit malzemesinin tribolojik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada, PA malzemesinin özelliklerinin, ilave edilen her bir KOL dolgu miktarından etkilendiği, PA malzemesinin yoğunluğunun ilave edilen ve artan KOL dolgu miktarıyla orantılı olarak arttığı, çok amaçlı deney parçalarının en azından orta bölgesi dışında kalan ve enjeksiyon girişine en uzak bölgesinde homojen karışım elde edildiği ve saf PA malzemesinin rijitliğinin, ilave edilen ve artan KOL dolgu miktarıyla arttığı tespit edildi. Abrazif aşınma testi sonrası saf PA malzemesine göre, PA/KOL kompozit malzemesinin kütle kaybı ve hacim kaybının ilave edilen ve artan KOL dolgu miktarından olumsuz etkilendiği belirlendi.

PA/KOL kompozit malzeme çalışmalarının daha iyi ara yüzey ve dolayısıyla daha iyi tribolojik ve mekanik özellikler elde etmek için KOL dolgu malzemesinin daha küçük ve/veya daha büyük ortalama tane boyları ve farklı kaplama maddeleri, kaplama miktarları, kaplama yöntemleri, kompozit üretim yöntemleri kullanılarak ve farklı üretim parametreleri tercih edilerek devam ettirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir, önerilmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, PA/KOL kompozit hammaddelerin üretilmesinde yardımcı olan EMAŞ Plastik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye ve çok amaçlı deney parçalarının enjeksiyon kalıplama yöntemiyle elde edilmesinde katkılarından dolayı AKSU Tost Makinaları Sanayi ve Ticaret Ltd Şti.'ye teşekkür eder.

Kaynaklar

[1] G. Hatioğlu, H. Ünal And S. H. Yetgin, Poli-Fital-Amid (Ppa) Polimerinin Tribolojik Özelliklerine Karbon, Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi 2016, Vol. 4, Pp. 167-175

[2] H. Çuvalcı And H. Ünal, Wear Behaviour Of The Glass Fiber Reinforced Cast Polyamide In Pin-On-Disc Type Wear Machine, Research On Engineering Structures & Materials 2017, Vol. 3, No. 1, Pp. 77-87

[3] G. Guofang, Y. Huayong, F. Xin, Tribological properties of kaolin filled UHMWPE composites in unlubricated sliding, Wear 2004, 256; 88–94

[4] Leong Y. W., Abu Bakar M. B., Mohdishak Z. A., Ariffin A. and Pukanszky B., Comparison of the Mechanical Properties and Interfacial Interactions between Talc, Kaolin, and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Composites, Journal of Applied Polymer Science 2004, 91: 3315-3326.

[5] A. Kaştan, H. Ünal, Abrasive Wear Behaviour Of Polyamide 6/Polypropylene/Nanoclay Composites, Romanian Journal Of Materials 2018, 48 (2), 185 – 190

[6] A. Abdelbary, N. M. Abouelwafa And I. M. El Fahham, Evaluation And Prediction Of The Effect Of Load Frequency On The Wear Properties Of Pre-Cracked Nylon 66, Friction 2014, Vol. 2, No. 3, Pp. 240-254

[7] Sudhir Kumara, K. Panneerselvamb, Two-body Abrasive Wear Behavior of Nylon 6 and Glass Fiber Reinforced (GFR) Nylon 6 Composite, Procedia Technology 2016, Volume 25, Pages 1129-1136

[8] H. Kuş, D. Altıparmak And G. Başar, Sıcak Presleme Yöntemi İle Üretilmiş Uçucu Kül Takviyeli Bronz Matrisli Fren Balata Malzemelerinin Sürtünme-Aşınma Özellikleri Üzerine Kolemanit Miktarının Etkisi, Journal Of Polytechnic 2016, Vol. 19, No. 4, Pp. 537-546

[9] B. Bayat And G. Sertkaya, Kolemanit Atıklardan Biyoliç Yöntemi İle Borik Asit Eldesi, Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü 2008, Cilt:17-7

[10] G. Başar, İ. Sugözü And B. B. Buldum, Kolemanit Ve Boraks Takviyeli Fren Balatalarının Sürtünme Performansı, El-Cezerî Journal Of Science And Engineering 2018, Vol. 5, No. 2, Pp. 635-644

[11] G. Akıncıoğlu, S. Akıncıoğlu, İ. Uygur And H. Öktem, Bor Oksit Tozunun Fren Balatalarının Tribolojik Özelliklerine Etkisi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2018, Vol. 22, No. 2, Pp. 755-760

[12] H. Ünal, S. H. Yetgin, Vollastonit ve kaolin katkılı poliamid-6 esaslı kompozitlerin mekanik ve tribolojik performanslarının belirlenmesi, BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi 2020, 22(2), 617-627

[13] D.X. Li, Y.L. You, X. Deng, W. J. Li, Y. Xie, Tribological properties of solid lubricants filled glass fiber reinforced polyamide 6 composites, Materials and Design, Volume 46, April 2013, Pages 809-815

[14] M. Kodal, S. Erturk, S. Sanli, G. Ozkoc 2016, Properties of Talc/Wollastonite/Polyamide 6 Hybrid Composites, Polymer Composites 2015, DOI 10.1002/pc.22993, Procedia Technology 25; 1129 – 1136

[15] A. A. C. Pereira and J. R. Moraes d'Almeida 2021, Wear behavior of polyamide 11 reinforced with titanate nanotubes, Journal of Thermoplastic Composite Materials, DOI: 10.1177/08927057211013391

[16] Y. Zare, Study of nanoparticles aggregation/agglomeration in polymer particulate nanocomposites by mechanical properties, Composites: Part A 2016, 84; 158-164

[17] E. Feyzullahoğlu, Abrasive wear, thermal and viscoelastic behaviors of rubber seal materials used in different working conditions, Proc IMechE Part J: J Engineering Tribology 2015, Vol. 229(1) 64–73

ACADEMIC PLATFORM

ISITES2021

9TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING AND SCIENCE

SAKARYA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES 2018

BURSA TECHNICAL UNIVERSITY 2010

Certificate of Participation

This certificate is awarded to

Furkan Metin

In recognition of a substantial contribution to the **ISITES'21** through participation as **Participant.**

15 - 17 OCTOBER, 2021 SAKARYA - TURKEY

Chair
Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR