

POLİPROPİLEN/ÜRE FORMALDEHİT POLİMER KARIŞIMININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Münir TAŞDEMİR^{1,a,*}, Elif ULUTAŞ^{1,b}

¹Marmara Üniversitesi TF Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Maltepe İSTANBUL

^amunir@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8635-7251

^belif.ulutas@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7753-8878

ÖZET

Endüstride polimerler mukavemetleri ve düşük yoğunlukları nedeniyle hem karışım hem de kompozit halinde değişik uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Bunların dışında üretim kolaylığı, geniş malzeme seçimi ve atık malzemelerle karışımları bu polimerleri uygulamada ön sıralara çekmektedir.

Bu çalışmada, polipropilen içerisine değişik oranlarda atık üre formaldehit tozları katılarak polimer karışımları üretilmiş ve bu üre formaldehitin polipropilene eklenmesi ile bazı fiziksel özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Üre formaldehit tozları polipropilen içerisine % 5, 10, 20 ve 30 oranlarında katılarak çift vidalı ekstruderde karıştırılmış ve granül halinde üretilmiştir. Daha sonra bu granüller kurutulmuş ve enjeksiyon makinesinde standartlara uygun şekilde test numuneleri basılmıştır. Elde edilen polimer karışımlarının sertlik, ısıl çarpılma sıcaklığı (HDT), vicat yumuşama sıcaklığı, nem emme oranı, aşınma oranı, statik sürtünme katsayısı ve morfolojik yapısı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polipropilen, üre formaldehit, toz, enjeksiyon, ekstrüzyon, fiziksel özellikler.

INVESTIGATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE/UREA FORMALDEHYDE POLYMER MIXTURE

ABSTRACT

In industry, polymers are frequently used in various applications, both in blend and composite form, due to their strength and low density. Apart from these, ease of production, wide selection of materials and blends with waste materials make these polymers to the forefront of application.

In this study, polymer blends were produced by adding waste urea formaldehyde powders in different proportions into polypropylene, and changes in some mechanical and physical properties

***Sorumlu Yazar (Corresponding Author)**

Atıf (Citation): Taşdemir, M., Ulutaş, E., "Polipropilen/Üre Formaldehit Polimer Karışımının Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi", UMÜFED Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 5(2): 36-48, 2023.

Geliş (Received): 1/10/2023

Kabul (Accepted): 20/11/2023

Yayın (Published): 31/12/2023

were investigated by adding this urea formaldehyde to polypropylene. Urea formaldehyde powders were added to polypropylene at the rates of 5, 10, 20 and 30%, mixed in a twin screw extruder and produced as granules. Then, these granules were dried and test samples were moulded on the injection machine in accordance with the standards. Hardness, vicat softening temperature, thermal distortion temperature, moisture absorption amount, wear rate, static friction coefficient and morphological structure of the obtained polymer blends were investigated.

Keywords: Polypropylene, urea formaldehyde, powder, injection, extrusion, physical properties.

1. GİRİŞ

Polimerik malzemelerin kullanımı modern hayatı kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda polimerik malzemelerin hayatın her alanında yaygın olarak kullanılması zamanla ciddi atık sorunlarına neden olmaktadır. Artan polimer atık miktarının, küresel olarak ciddi bir sorun haline geldiği ve aynı zamanda petrolden elde edilen bu malzemelerin petrol rezervlerini azalttığı bilinmektedir. Dolayısıyla polimer atıklarının yeniden kullanımları konusu önem arz etmektedir. En çok tercih edilen yöntem atık oranının minimuma indirilmesi ve ardından malzemelerin aynı uygulamada yeniden kullanılmasıdır. Bir diğer yöntem ise geri dönüştürülerek polimer karışımlarında kullanılmasıdır [1], [2].

Polimer karışımları akademik ve teknolojik açıdan büyük ilgi görmektedir. Çoğu durumda, sertlik ve tokluk arasında iyi bir denge arzu edilir. Sentezlenmiş birçok polimerin sertliği, çarpma anında kırılma ve çatlak ilerlemesi ile karakterize edilir. Bu nedenle tokluğun iyileştirilmesi akademik ve teknolojik araştırmaların konusu olmaktadır [3]. Uyumluluk ajanı eklenmeden üretilen polimer karışımlarının özellikleri genellikle daha düşük çıkmaktadır. Uyumluluk maddeleri matris ve katılan partiküllerin arasındaki temas alanını artırarak iki bileşenin arayüzey adezyonunu iyileştirir [4]. Blok kopolimeri bu tip karışımlarda uyumluluğu artıran maddeler oldukları bilinmektedir. Stiren-etilen-bütülen-stiren blok (SEBS) kopolimeri esneklik, işlenebilirlik, iyi termal kararlılık vb. sergileyen, yaygın olarak kullanılan elastomerlerdendir [5].

Uluğ ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada, yüksek darbe dayanımlı polistiren (HIPS) içerisine kalsit katmışlar ve uyumluluk maddesi olarak %20-30 oranları arasında SEBS kullanmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada, SEBS'in, HIPS ve kalsit arasında adhezyonu sağladığını rapor etmişlerdir. Buna ek olarak SEBS oranının artmasıyla elastiklik modülü, akma mukavemeti, çekme mukavemeti ve sertlik gibi mekanik değerlerde düşüş tespit etmişlerdir [6].

Benzer şekilde, maleik anhidrit aşılı polipropilen (MA-g-PP), plastik karışımların üretiminde yaygın olarak kullanılan uyumlaştırıcılardan biridir. Polimer karışımlarında kullanılan partiküllerin aşınma davranışı; partikülün tipine, boyutuna ve boyut dağılımına bağlıdır. Bunların dışında matris ile olan uyumları ve aşınma test parametreleri de önem arz etmektedir [7].

Polipropilen (PP), kolay kalıplanabilmesi, mekanik özelliklerinin iyi olması ve düşük maliyeti nedenleriyle otomotiv, ev aletleri ve elektrikli parçalar gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan ticari plastiklerdendir.

Üre formaldehit (ÜF), aminlerin veya amidlerin aldehitler ile etkileşimi sonucu oluşan bir aminoplastik türüdür. Çapraz bağlı yapıları nedeniyle termoset grubundandır [1]. Nispeten ucuz ve elektriksel dirençleri iyi olan üre-formaldehit, termoset reçine üretiminin yaklaşık %15'ini oluşturmaktadır. Günümüzde en önemli uygulamalarından bazıları ise elektriksel parçalar, tekstil düğmeleri, kozmetik kapaklar ve şişelerdir. ÜF'yi birçok uygulama için iyi bir seçenek yapan unsurlar, kimyasal, termal ve mekanik kararlılığının iyi olmasıdır. Böyle bir polimerin aynı zamanda geri dönüşümü de önem arz etmektedir. Polimerin aşınma performansı üzerine birçok araştırma yapılmıştır [8], [9], [10].

Fakat PP/ÜF polimer karışımlarının aşınma performansı hakkında çok az çalışma mevcuttur. Polimerlerin aşınmasına yönelik araştırmalar genellikle aşınma performansı üzerindeki kayma mesafesi, kayma hızı veya uygulanan yük gibi faktörlerin etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışmada, polipropilen içerisine değişik oranlarda atık üre formaldehit tozları katılarak polimer karışımları üretilmiş ve bu üre formaldehitin polipropilene eklenmesi ile bazı fiziksel özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Üre formaldehit tozları polipropilen içerisine % 5, 10, 20 ve 30 oranlarında katılarak çift vidalı ekstruderde karıştırılmış ve granül halinde üretilmiştir. Daha sonra bu granüller kurutulmuş ve enjeksiyon makinesinde standartlara uygun şekilde test numuneleri basılmıştır. Elde edilen polimer karışımlarının sertlik, vicat yumuşama sıcaklığı, ısıl çarpılma sıcaklığı (HDT), nem emme miktarı, aşınma oranı, statik sürtünme katsayısı ve morfolojik yapısı incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Kompozisyon ve malzemeler

Bu araştırmada beş farklı grup çalışılmıştır. Aşağıda Tablo 1’de PP/atık üre formaldehit/MA-g-PP polimer karışımının karışım oranları verilmiştir. Literatür çalışmaları sonucunda MA-g-PP oranı %5 olarak alınmıştır.

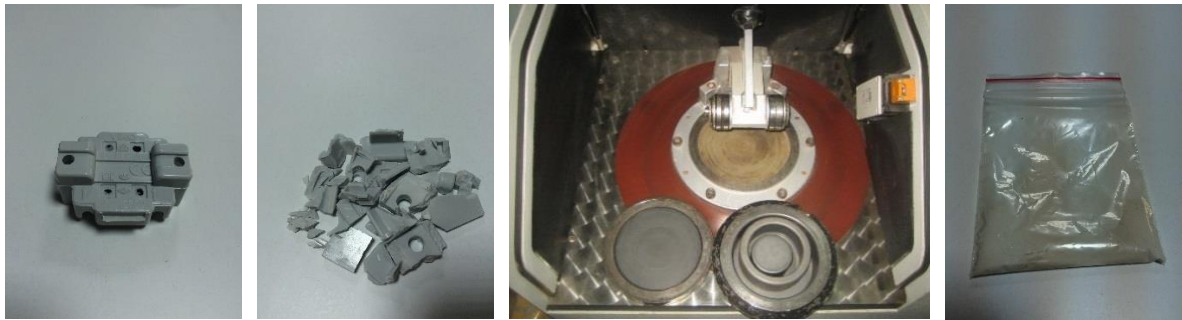
Tablo 1. PP/atık ÜF polimer karışımının oranları

Grup	PP (%)	Atık üre formaldehit (%)	MA-g-PP (%)
1	100	-	-
2	90	5	5
3	85	10	5
4	75	20	5
5	65	30	5

PP (Moplen EP 3307) Lyondell Basell firmasından temin edilmiştir. Yoğunluğu 0,900 g/cm³, MFI değeri 15 g/10 dak. (230 °C, 2,16 Kg) ve ısıl çarpılma sıcaklığı ise 95,0 °C (0,45 MPa)’dir. Atık üre formaldehit parçaları Viko Panasonic firmasından temin edilmiştir. Ticari ismi Bondyram 1001 CN olan MA-g-PP, Polyram Plastic Industries LTD şirketinin ürettiği üründür. MA oranı %1’dir. Yoğunluğu 0,91 g/cm³, MFI değeri 110 g/10 dak(190 °C-2,16kg) erime sıcaklığı ise 167°C’dir. Yukarıda verilen değerlerin tümü firmaların ürettikleri ürünlere ait katalog değerleridir.

2.2 Numune hazırlama

Atık ÜF parçaları Siemens marka öğütücüde (simatic C7-621) öğütülmüştür. Üre formaldehit tozlarının partikül büyüklükleri 10–80µm arasındadır. Aşağıda Şekil 1’de atık üre formaldehit parçalarının toz üretim aşamaları verilmiştir.



Atık parça

Kırma

Öğütme

ÜF tozu

Şekil 1. Atık üre formaldehit parçalarının toz formuna getirilme aşamaları

Toz haline getirilmiş üre formaldehit polipropilen matris ile karıştırılmadan önce Yamato ADP-31 model (Yamato/VWR Scientific Products, Japan) vakum fırınında 105 °C’de 24 saat boyunca kurutulmuştur. Tüm malzemeler mekanik karıştırıcıda (LB-5601) 20 dakika süresince karıştırılmıştır. Mekanik karışım sonrasında değişik oranlardaki PP/ÜF/MAPP polimer karışımlarının eriyik karışımları 180-220 °C’de, 40-55 bar basınç altında ve 60 devirde aynı yönde dönen Mikrosan marka çift vidalı ekstrüzyon makinesinde yapılmıştır (Mikrosan Makine ve Kalıp San. A.Ş. Kocaeli/Türkiye). Vidanın boy/çap oranı (L/D) 30 olup vida çapı (Ø) 25 mm’dir. Ekstrüzyon sonrasında tüm gruplar 105 °C’de 24 saat boyunca tekrar kurutulmuştur. Bu sıcaklıkta malzeme içerisinde kalan nem kuruyarak yok olur. Buna ek olarak 60-110 °C aralığında T_g (camsı geçiş sıcaklığı) ve 260-355 °C arasında [11] ise termal bozunma sıcaklığına sahip olan üre formaldehit partikülleri kurutma sıcaklığında kararlı kalabilmiştir. Kurutma sonrasında tüm grupların standartlara uygun test numuneleri Yonca marka enjeksiyon makinesinde (Yonca Makina İstanbul/Türkiye) basılmıştır. Enjeksiyon makinesinin vida çapı 50 mm ve mengene kapama basıncı ise 110-120 tondur. Ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama şartları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. PP/ÜF/MAPP polimer karışımının ekstrüzyon ve enjeksiyonda kalıplama şartları

İşlem	Ekstrüzyon	Enjeksiyon
Sıcaklık (°C)	180–220	180–220
Basınç (bar)	40-55	800
Kalıpta bekleme süresi (s)	-	15
Vida hızı (dev/dak)	60	30
Kalıp sıcaklığı (°C)	-	40

2.3 Fiziksel testler

Her gruptan beş numune test edilmiş ve ortalamaları verilmiştir. Sertlik testi ASTM D2240 standardına göre yapılmıştır (zwick marka). HDT ve Vicat yumuşama noktası testleri sırasıyla ISO 75 ve ISO 307 standartlarına göre CEAST 6521 cihazı ile yapılmıştır. Nem emme miktarı ASTM D 6980 standardına göre Kern DBS 60-3 test cihazı ile yapılmıştır.

2.4 Tribolojik testler

Statik sürtünme katsayısı: Statik sürtünme katsayısı testi ISO 8295 standardına göre Devotrans marka test cihazı ile yapılmıştır. Her gruptan 3 adet test yapılmış ve ortalamaları

verilmiştir. Alt test numune boyutu 80x200x4 mm ve üst kaydırma numune boyutu ise 63x63x4 mm'dir. Sürtünme hızı 100 mm/dak olarak seçilmiştir. Statik sürtünme katsayısını (μ_s) belirlemek için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$\mu_s = F_s / F_p \quad (1)$$

Bu formülde F_s : Newton cinsinden maksimum statik sürtünme kuvveti, F_p : Newton cinsinden kızıağın kütlesi tarafından uygulanan normal kuvveti ifade etmektedir [12].

Aşınma oranı: Aşınma testi DIN 53516 standardına göre Devotrans DA5 (Devotrans Kalite Kontrol Test Cihazları A.Ş. İstanbul-Türkiye) cihazı ile yapılmıştır. Her gruptan 3 adet test yapılmış ve ortalamaları verilmiştir. Burada kullanılan numunenin kalınlığı 7,0 mm ve çapı ise 15,5 mm'dir. Aşınma cihazında tamburun dönme hızı 40 dev/dak ve numune üzerine uygulanan yük ise (F_N) 10N'dur. Aşındırma mesafesi ise (L) 20-40-60 ve 80 m'dir. Aşağıdaki denklem kullanılarak aşınma oranı hesaplanmıştır.

$$W_r = (\Delta m) / \rho \cdot F_N \cdot L \text{ (cm}^3/\text{Nm)} \quad (2)$$

Burada (Δm): aşındırma sonrasında ölçülen malzeme kaybı, (ρ): yoğunluk, (F_N): uygulanan yük, (L): aşındırma mesafesini ifade etmektedir.

2.5 Mikroyapı incelemesi

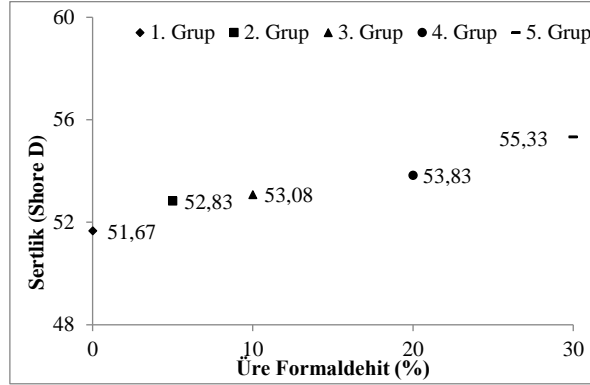
Darbe numunelerinden elde edilen kırık yüzeylerinden SEM fotoğrafları çekilmiştir. Kırık yüzeyler, elektriksel şarja maruz kalmasın diye yaklaşık 10 nm kalınlığında altın (Au) (80%)/paladyum (Pd) (20%) alaşımı ile Polaron SC 7620 marka cihaz ile kaplanmıştır. SEM fotoğrafları JEOL-JSM 5910 LV marka taramalı elektron mikroskobunda 5-20 kV voltaj altında çekilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 PP/ÜF/MA-g-PP karışımının fiziksel özellikleri

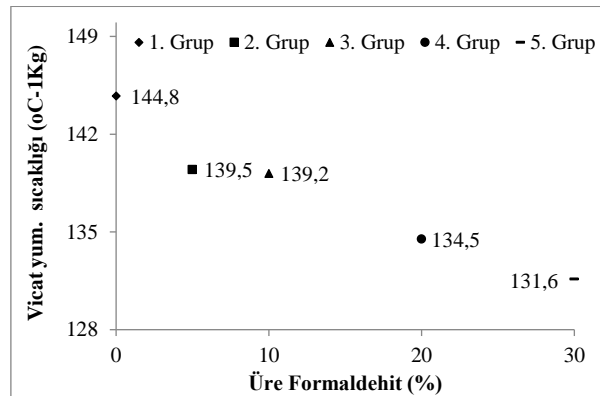
Şekil 2'de üre formaldehit oranının polipropilen matris içerisindeki artışıyla sertlik değerlerinin değişimi görülmektedir. Üre formaldehitin karışım içerisindeki oranının artmasıyla sertlik değerlerinde artış olmuştur. Saf polipropilenin sertlik değeri 51,67 Shore D iken karışıma %5 ÜF ilavesi ile bu değer 53,83 Shore D'ye, %10 ÜF eklenmesiyle 53,08 Shore D'ye, %20 ÜF ilavesiyle 53,83 Shore D'ye ve %30 ÜF ilavesinde ise sertlik değerinin 55,33 Shore D'ye çıktığı tespit edilmiştir. Maksimum sertlik değeri de bu oranda alınmıştır. Saf polipropilenin sertlik değeri %30 ÜF ekli grubun değeri ile kıyaslandığında sertlikte % 7

oranında bir artış olduğu belirlenmiştir. Taşdemir M.'nin yapmış olduğu bir çalışmada HDPE içerisine katılan üre formaldehit toz oranının artmasıyla sertlik değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir [13].



Şekil 2. PP/ÜF polimer karışımının sertlik değerleri

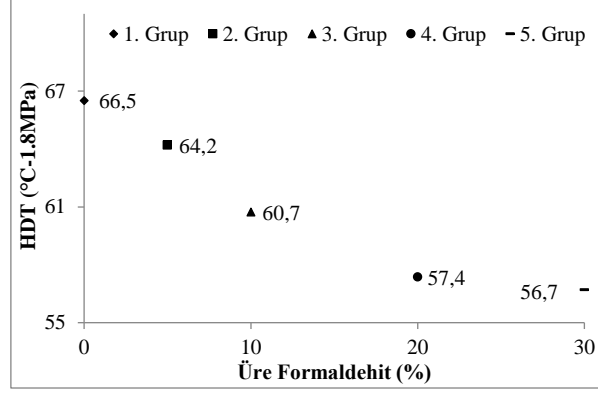
Şekil 3'de ÜF'nin polipropilen matris içerisinde artışıyla vicat yumuşama sıcaklığı değerlerindeki değişimler verilmiştir. ÜF oranının artışıyla vicat yumuşama sıcaklığı değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Saf polipropilenin vicat yumuşama sıcaklığı değeri 144,8 °C olarak ölçülmüştür. Karışıma %5 ÜF ilavesiyle bu değer 139,0 °C'ye, %10 ÜF ilavesinde 139,2 °C'ye, %20 ÜF ilavesinde 134,5 °C'ye ve %30 ÜF ilavesinde ise vicat yumuşama sıcaklık değerinin 131,6 °C'ye düştüğü tespit edilmiştir. Saf polipropilenin vicat yumuşama sıcaklık değerini %30 ÜF ilaveli grubun değeri ile kıyasladığımızda vicat yumuşama sıcaklık değerinin % 9,1 oranında düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 3. PP/ÜF polimer karışımının vicat yumuşama sıcaklığı değerleri

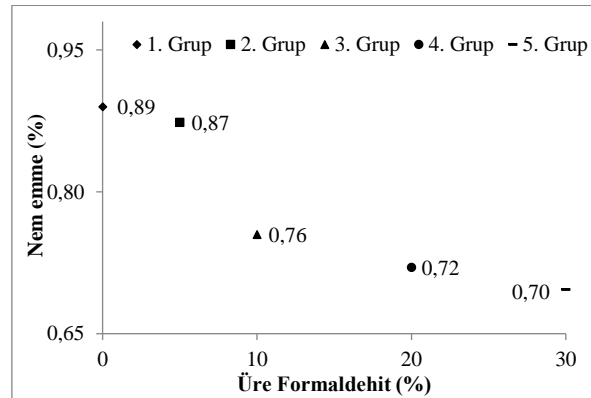
Şekil 4'de üre formaldehit oranının polipropilen matris içerisinde artışıyla HDT değerlerinin değişimi görülmektedir. Üre formaldehit oranının artışıyla HDT değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Örneğin, saf polipropilenin HDT değeri 66,5 °C iken karışımın

içerisine %5 ÜF eklendiğinde bu değer 64,2 °C'ye , %10 ÜF eklendiğinde 60,7 °C'e, %20 ÜF eklendiğinde 57,4 °C'e ve %30 ÜF eklendiğinde ise bu değer 56,7 °C'e düştüğü görülmektedir. Saf polipropilenin HDT değeri ile %30 ÜF ekli grubun değeri kıyaslandığında ısıl çarpılma sıcaklığı değerinin % 14,7 oranında düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 4. PP/ÜF polimer karışımının ısıl çarpılma sıcaklığı (HDT) değerleri

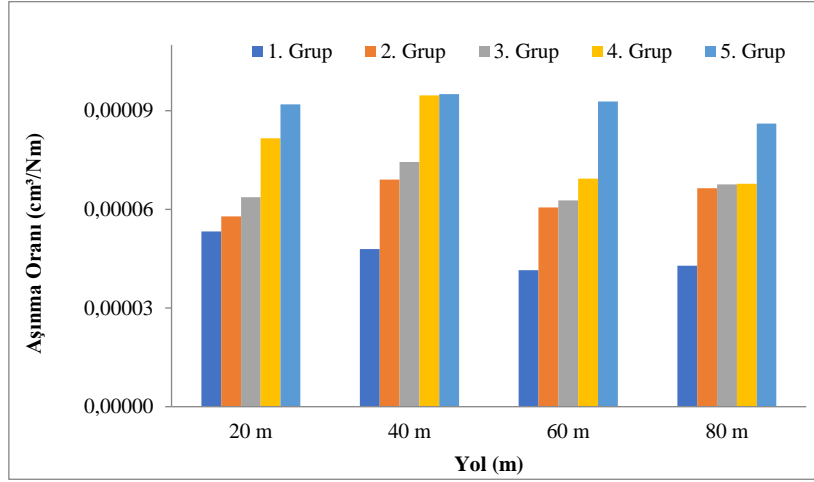
Şekil 5'de üre formaldehit oranının polipropilen matris içerisindeki artışıyla nem emme değerlerinin değişimi görülmektedir. Üre formaldehit oranının artışıyla nem emme değerlerinde düşüş tespit edilmiştir. Saf polipropilenin nem emme değeri %0,89 iken karışımın içerisine %5 ÜF eklendiğinde bu değer %0,87'ye, %10 ÜF eklendiğinde %0,76'ya, %20 ÜF eklendiğinde %0,72'ye ve %30 ÜF eklendiğinde ise bu değer %0,70'e düştüğü görülmektedir. Saf polipropilenin nem emme değeri ile %30 ÜF ekli grubun değeri kıyaslandığında nem emme değerinin % 21,3 oranında düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 5. PP/ÜF polimer karışımının nem emme değerleri

3.2 PP/ÜF/MA-g-PP polimer karışımının aşınma özellikleri

Değişik oranlarda üre formaldehit tozu ilavesiyle elde edilen polimer karışımının aşındırma mesafeleri değiştiğinde aşınma oranı değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

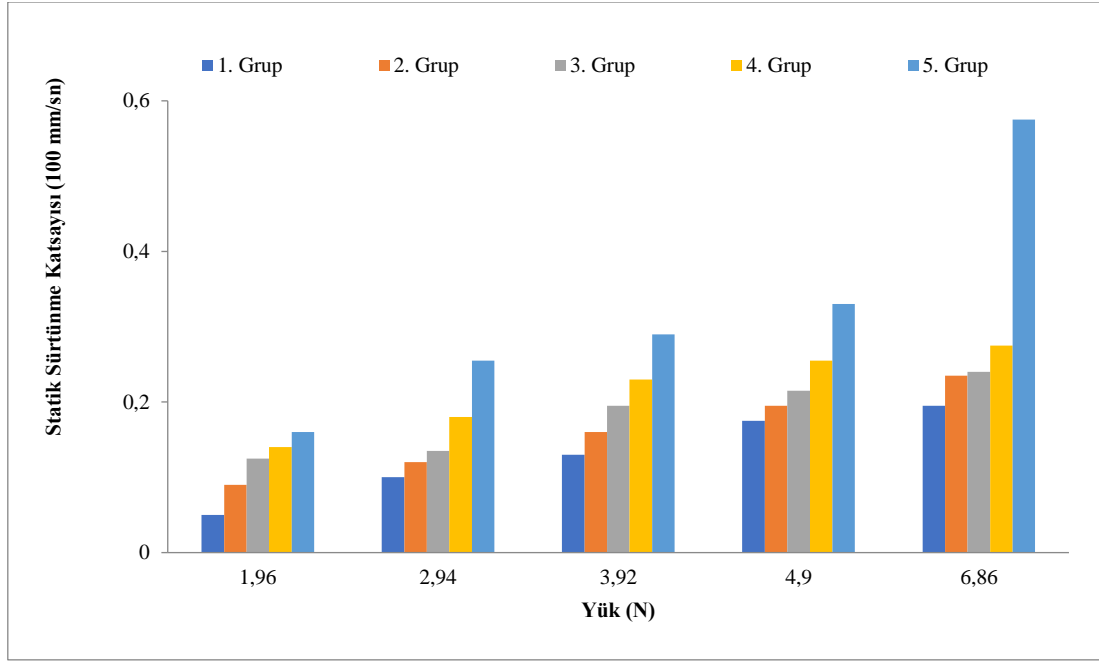


Şekil 6. PP/ÜF polimer karışımının aşınma oranı değerleri

Bu testte kullanılan zımpara kağıdı (#60) numaralı kağıt olup tüm gruplar için uygulanan yük 10 N'dur. Zımpara kağıdının yapışık olduğu kasnağın dönme hızı ise 0,32 m/s'dir. Şekil 6'dan da anlaşılacağı gibi ÜF oranının artışı ile aşınma oranı değerleri de artmıştır. PP/ÜF polimer karışımı içerisinde artan ÜF konsantrasyonu ile birlikte karışımın aşınma oranları artış göstermiştir. Bu artış üre formaldehit partikülü ile PP matrisi arasındaki zayıf adhezyona bağlanabilir. Zayıf etkileşim üre formaldehit partiküllerinin PP'den ayrılmasına ve PP'nin daha kolay dışarı çekilmesine yol açarak kompozitin aşınma oranını artırabilir. Bu nedenle, yüksek düzeyde üre formaldehit eklenmesi ile kompozitin yüksek aşınma oranına sahip olmasına sebebiyet vermiştir.

3.3 PP/ÜF/MA-g-PP polimer karışımının sürtünme özellikleri

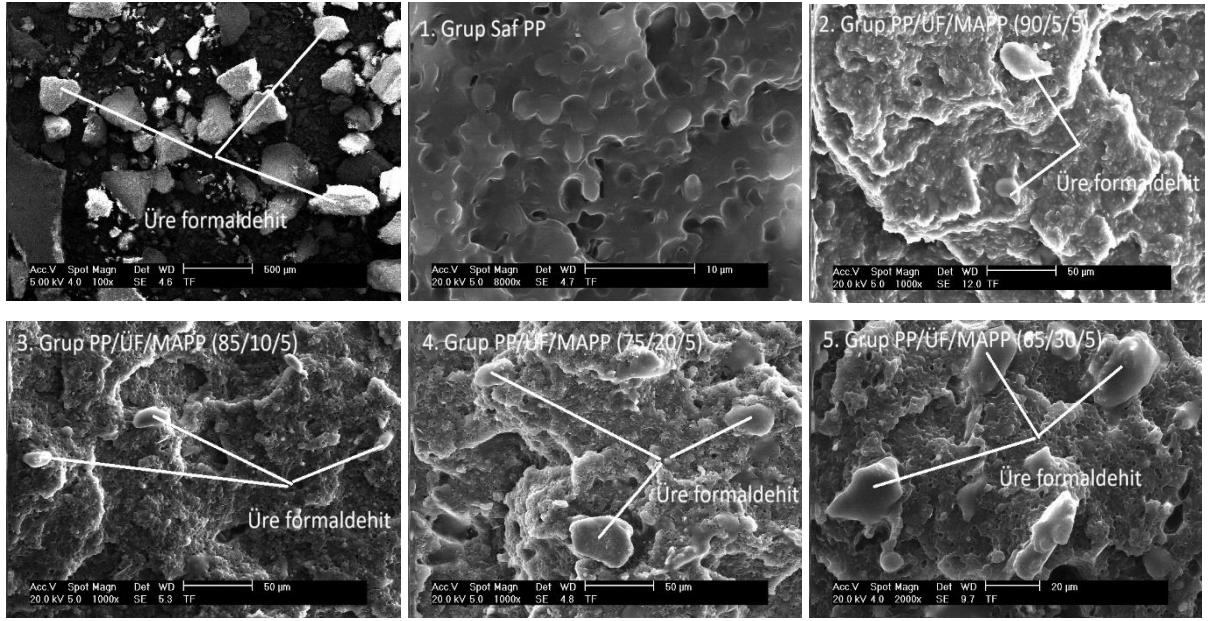
Polipropilene değişik oranlarda katılan üre formaldehitin karışımın statik sürtünme katsayısı değerlerindeki değişim Şekil 7'de verilmiştir. 100 mm/dak hızda ve sırasıyla 1,96 - 2,94 - 3,92 - 4,90 ve 6,86 N yük altında yapılan sürtünme testinde yük ve ÜF oranındaki artış ile statik sürtünme katsayısı değerlerinde büyük bir değişimin olduğu tespit edilmiştir. Yük ve ÜF oranındaki artış ile statik sürtünme katsayısı değerlerinde artış tespit edilmiştir.



Şekil 7. PP/ÜF polimer karışımının statik sürtünme katsayısı değerleri

3.4 PP/ÜF/MA-g-PP polimer karışımının mikroyapısal özellikleri

Polipropilen matris içerisinde üre formaldehit partiküllerinin dağılımı SEM mikroyapı analizleri sonucu çekilen fotoğraflardan anlaşılmaktadır. Şekil 8’de bu polimer karışımına ait mikroyapı fotoğrafları verilmiş olup matris ve üre formaldehit partikülleri net bir şekilde görülmektedir. Darbe çubuklarının kırık yüzeylerinden çekilen fotoğraflardan üre formaldehit partiküllerinin matris içerisinde homojen olarak dağıldıkları anlaşılmaktadır. Üre formaldehit çapraz bağlı bir termoset plastiktir. Çapraz bağlı yapılarından dolayı erimezler, yüksek sıcaklıklarda yanarlar. Hem enjeksiyon hem de extrüzyon işleminde bu partiküller erimeden matris içerisinde kalmıştır. Saf üre formaldehit partikülleri incelendiğinde keskin köşeler olduğu görülmektedir. Diğer fotoğraflarda bu keskin köşeler tespit edilmemiştir. Bunun uyumluluk maddesi olarak karışıma katılan MA-g-PP dan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Yağcı ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada HDPE ve PP içerisine kattıkları üre formaldehit tozlarının gözenekleri doldurduğu, uyumluluk maddesi olarak kullanılan SEBS’in adezyonu sağladığı dolayısıyla bu durumun mekanik ve termal özellikleri olumlu yönde etkilediğini rapor etmişlerdir [2].



Şekil 8. PP/ÜF polimer karışımının mikroyapı fotoğrafları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışmada atık üre formaldehit ürünler toz haline getirilerek polipropilen matris içerisine katılıp bir polimer karışımı elde edilmiştir. Buradaki asıl amaç atık olan üre formaldehitin yeniden değerlendirilmesidir. Bu kapsamda tozlar PP içerisine değişik oranlarda katılmış ve bazı fiziksel özelliklerdeki değişimler tespit edilmiştir. Bunların dışında mikroyapı analizleri ile de tozların matris içerisindeki dağılımları belirlenmiştir.

Yapılan testler sonucunda matris içerisindeki üre formaldehit oranının artmasıyla sertlik değerlerinde artış tespit edilmiştir. Buna karşılık olarak üre formaldehit oranının artması ile vicat yumuşama sıcaklığı, ısıl çarpılma sıcaklığı ve nem emme oranı değerlerinde düşme tespit edilmiştir. PP/ÜF/MA-g-PP polimer karışımı içerisinde artan ÜF konsantrasyonu ile birlikte karışımın aşınma oranları artış göstermiştir. Yüksek düzeyde üre formaldehit eklenmesi ile kompozitin yüksek aşınma oranına sahip olmasına sebebiyet vermiştir. Yük altında yapılan sürtünme testinde yük ve ÜF oranındaki artış ile statik sürtünme katsayısı değerlerinde büyük bir değişimin olduğu tespit edilmiştir. Yük ve ÜF oranındaki artış ile statik sürtünme katsayısı değerlerinde artış tespit edilmiştir. Mikroyapı analizleri sonucunda üre formaldehit partiküllerinin matris içerisinde homojen olarak dağıldığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1] Thomas, R., Vijayan, P., Thomas, S., Recycling ‘Recycling of thermosetting polymers: Their blends and composites’, Recent developments in polymer recycling, 4, Fainleib, A., Grigoryeva, O., Transworld Research Network, 2011, 121-153.
- [2] Özlem YAĞCI, Beril EKER GÜMÜŞ, Münir TAŞDEMİR, ‘Thermal, structural and morphological properties of polypropylene and high density polyethylene polymer composites filled with waste urea formaldehyde’, Polymer Bulletin, 80, 4005–4022, 2023.
- [3] Münir TAŞDEMİR, Hüseyin YILDIRIM, ‘Effect of styrene-butadiene-styrene addition on polystyrene/high-density polyethylene blends ’J. Appl. Poly. Sci., 83, 2967-2975, 2002.
- [4] Januar Parlaungan SIREGAR, Mohd Sapuan SALİT, M.Z.A. RAHMAN, and H.M.D.K. ZAMAN, ‘The effect of compatibilising agent and surface Modification on the physical properties of short pineapple leaf fibre (PALF) reinforced high impact polystyrene (HIPS) composites’, Polym. Compos., 17, 379, 2009.
- [5] S.M. LAI, W.C. CHEN, and C.M. CHEN, ‘Melt mixed compatibilized polypropylene/clay nanocomposites. II. Dispersion vs. thermal properties, optical transmittance, and fracture behaviors’, Eur. Polym J., 44(25), 3535, 2008.
- [6] Ebru ULUĞ, Münir TAŞDEMİR, ‘Effects of HIPS on the mechanical, thermal and morphological properties of SEBS and SIS type elastomers’, Procedia Engineering, 10, 3101-3106, 2011.
- [7] Himabindu NANDIVADA, Benjamin G PUMPLIN, Joerg LAHANN, Ayyalusamy RAMAMOORTHY, Nicholas A KOTOV, ‘Ultrastrong and stiff layered polymer nanocomposites’, Science, 5;318(5847), 80-3, 2007.
- [8] Kanaga KARUPPIAH, Angela BRUCK, Sriram SUNDARARAJAN, Jun WANG, Zhiqun LIN, Zhi-Hui XU, Xiaodong LI, ‘Friction and wear behavior of ultrahigh molecular weight polyethylene as a function of crystallinity in the presence of the phospholipid dipalmitoyl phosphatidylcholine’, J Biomed Mater Res B Appl Biomater., 93(2), 351, 2010.
- [9] Münir TAŞDEMİR, Sezgin ERSOY, ‘Friction and wear performance of HDPE/talc-calcium carbonate polymer composites against sliding distance and applied load’, Romanian journal of materials, (44)3, 257-264, 2014.

- [10] Münir TAŞDEMİR, Umut YERLEŞEN, ‘Study on the friction and wear behaviors of modified HDPE/glass spheres composites’, Romanian journal of materials, (45)1, 59-66, 2015.
- [11] <https://polymers.netzsch.com/Materials/Details/65>
- [12] ISO 8295:1995(E) test standard: Plastics-Film and sheeting-Determination of the coefficients of friction, 2023.
- [13] Münir TAŞDEMİR, ‘Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)/atık üre formaldehit polimer karışımlarının mekanik özellikleri’, Int. Per. of Recent Tech. in App. Eng. 2(2): 51-55, 2020.