



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Gerİ Dönüşümü Yapılmış Polipropilen ve Yüksek Yoğunluklu Polietilen Polimer Malzemesinin Izod Darbe ve Isıl Özelliklerinin Belirlenmesi

 Ömer ŞENGÜL^{a,*}

^a Hatice Bayraktar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Kocaeli, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: omersengulll@hotmail.com

DOI: 10.29130/dubited.1268052

ÖZ

Günümüzde, endüstrinin gelişmesiyle birlikte plastik malzemelerden üretilen ürün çeşitliliğinde de artış olmaktadır. Bu durumlarda plastik malzemelere olan ihtiyacın da hızla artmasına neden olmaktadır. Plastik malzemelerinin hammaddesinin sınırlı kaynak ve petrolden üretilmesi geri dönüşüm sisteminin kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, birincil geri dönüşüm kullanılarak beş kez geri dönüşümü yapılmış yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) üretilen prototip malzemelerin özellik indeksi bazı termal ve mekanik özelliklerin tespiti için; ısıl deformasyon, eriyik akış endeksi, izod darbe, özellikleri incelenmiştir. Izod darbe test sonucuna göre %8,08 azalma meydana geldiği, ısıl deformasyon sonucuna göre de % 31,04 iyileşme meydana geldiği gözlenmiştir. Sonuç olarak geri dönüşümü yapılmış numunelerin termal ve mekanik özelliklerinde önemli farklılıklar meydana geldiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Geri dönüşüm, izod darbe, polipropilen, termal özellikler, yüksek yoğunluklu polietilen

Determination of Izod Impact and Thermal Properties of Recycled Polypropylene and High-Density Polymer Material

ABSTRACT

Nowadays, with the development of the industry, there is also an increase in the variety of products produced from plastic materials. In these cases, it causes a rapid increase in the need for plastic materials. The fact that the raw material of plastic materials is produced from limited resources and petroleum shows that the recycling system is inevitable. In this study, for the determination of some thermal and mechanical properties of prototype materials produced from high density polyethylene (HDPE) and polypropylene (PP), which were recycled five times using primary recycling, heat deformation, melt flow index, Izod impact test, were performed. **It was observed that an 8.08% decrease occurred according to the Izod impact test result, and a 31.04% improvement occurred according to the thermal deformation result.** As a result, it has been observed that there are significant differences in the thermal and mechanical properties of the recycled samples.

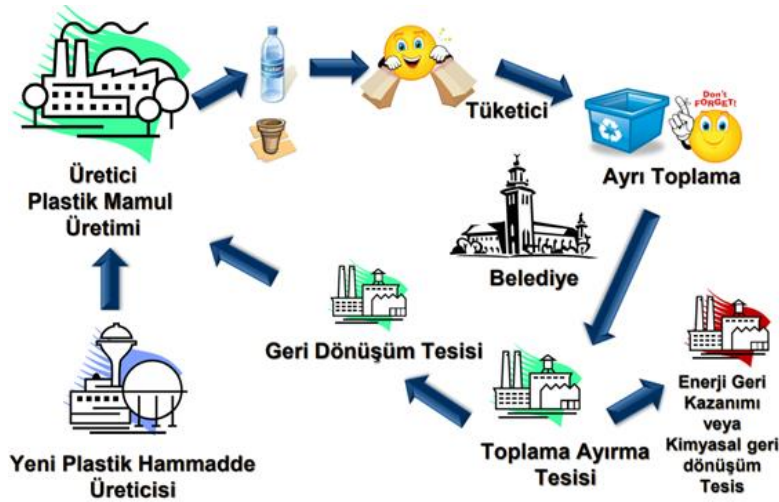
Keywords: high density polyethylene, Izod impact, polypropylene, Recycling, thermal properties

I. GİRİŞ

Endüstrinin gelişmesiyle birlikte plastik malzemelerin kullanımı hayatımıza hızlı bir şekilde girmektedir. Son 50 yıl içerisinde plastik malzemelerle üretilen gereçlerin eskiye oranı yirmi beş kat artmıştır [1]. Mutfak gereçleri, kullan at gereçler, otomotiv ve savunma sanayisinde plastik malzemelerin kullanımı büyük öneme sahiptir. Plastik malzemelerin doğada çok uzun süre yok olmamaları göz önüne alındığında ve plastik hammadde petrolün git gide azalması geri dönüşüm sistemlerinin önemini de ortaya koymaktadır.

Geri dönüşüm, sürdürülebilir üretim için çok önemlidir [2,3]. Geri dönüşüm yöntemlerinden birinci ve ikinci geri dönüşüm sistemleri ülke ekonomileri için çok önemli olmaların yanı sıra, plastik malzemelerin kırılıp tekrar eritilip şekillendirilmesi de mekanik ve termal özelliklerinin düşmesine neden olmaktadır [4-7].

Plastik malzemelerin kullanılmasında toz, kir, yağ, metal parçacıkları gibi yabancı maddelerden geri dönüşüme gitmeden ayıklanmasındaki zorluklar geri dönüşüm esnasında çok büyük dezavantaja neden olmaktadır [8,9]. Şekil 1’de geri dönüşüm döngüsü gösterilmektedir.



Şekil 1. Geri dönüşüm döngüsü [10].

Güncel literatür çalışmalarına bakıldığında, plastik malzemelere farklı katkı maddeleri katılarak kompozit malzeme üretimi yapıldığı görülmektedir [11]. Farklı partiküller katılarak yapılan kompozit malzemelerin üretiminde maliyetlerin çok arttığı ve homojen karışımların yapılmasının zorlukları gözlenmiştir [11,12].

Poliyeten polimer malzemesi kendi içinde türlere ayrılmaktadır. Bu türleri belirleyen etken molekül ağırlığı ve molekül uzunluğudur [5-11]. Günümüzde bu malzeme; gıda endüstrisinde, kamyon ve silo kaplama, konveyör zincir kızakları, su takları, kâğıt endüstrisi, otomotiv endüstrisi ve tekstil endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. [5,9,12].

Polipropilen sert ve sağlam yapıda bir malzemedir. Özgül ağırlığı düşüktür. Bu malzemenin kristal yapısı alçak yoğunluklu polietilen ile yüksek yoğunluklu polietilen arasındadır. İyi bir yalıtkan özelliindedir. Yüzey pürüzlülük değeri düşük olmasından dolayı sürtünme direnci oldukça düşüktür. Yüksek kimyasal dayanımı, düşük aşınma direnci ve kaynakla birleşme özelliği bu malzemeyi önemli kılmaktadır. Günümüzde; otomotiv endüstrisinde tekstil ve gıda paketlemelerinde, mutfak gereçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada endüstride kullanımı yaygın kullanım alanları olan termoplastiklerden, yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) polimer malzemelerin birincil geri kazanım yöntemi ile beş kez geri dönüşümü yapılmıştır. Enjeksiyon yöntemi ile üretilen prototip ürünlerin bazı mekanik ve termal özelliklerindeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir.

II. MATERYAL METHOT

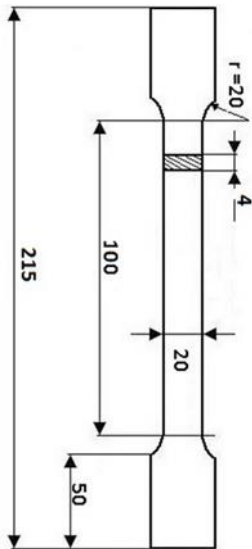
Enjeksiyonla üretim özellikle termoplastik polimer malzemelerle üretimin başında gelmektedir. Bu çalışmada orijinal PP ve YYPE malzemelerin beş kez geri dönüşümü yapılarak, şekil 2’de granür haline malzemeyi getirmek için Shini SG-3060 EH marka kırma makinesi kullanarak geri dönüşümleri yapılmıştır. Kırma işlemi yapılan PP ve YYPE polimer malzemesi 2 saat 40 °C’de kurutma işlemi yapılmıştır. Şekil 3’te enjeksiyon tezgahında 45mm/sn enjeksiyon hızı, 50 bar üretim basıncı ve tek vidalı kovan içerisinde dikdörtgen kesitli standart test çubuğu numunesi üretilmiştir. Şekil 4’te standart test çubuğu numunesi gösterilmiştir. Şekil 5’te geri dönüşümü yapılmış granül haldeki polimer malzeme gösterilmiştir.



Şekil 2. Kırma Makinesi



Şekil 3. Enjeksiyon Makinesi



Şekil 4. Test Çubuğu Numunesi



Şekil 5. Granül Malzeme

Izod darbe testi, malzemenin dinamik yükleme vb. şartlarda malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu çalışmada ISO 13802 test standartı ve geri dönüşümü yapılmış numunelerin 100x10x4 mm numuneler, bu numunelere çentik açmak için kullanılan cihaz ve Izod darbe test cihazı şekil 6' da gösterilmiştir.



Şekil 6a. Geri dönüşümü yapılmış ürünler



b. Çentik Atma Cihazı



c) Izod Test Cihazı

Isıl deformasyon testi; polier malzemelerin yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında maksimum sıcaklık değerine kadar sınırın olduğunu belirlemek amacıyla kullanılan termal özellik belirleme testidir. Bu test ISO75 standartta yapılmıştır. Numuneler 100x10x4 mm boyutunda 3 farklı istasyonda yapılmıştır. PP ve YYPE polimer malzemelerin başlama sıcaklıkları da 25 °C [13] olarak belirlenmiştir. Şekil 7'de ısıl deformasyon test cihazı gösterilmiştir.



Şekil 7. Isıl deformasyon Test Cihazı

Polimer malzemelerde akışkanlık, malzemenin akışkan halinde viskozitesinin belirlenmesi, ürünün işlenmesinde ve kalıplanmasında büyük öneme sahiptir [14-16]. Bu çalışmada eriyik akışkan indeksi ISO1133 standartında yapılmıştır. Sıcaklık 250 °C’de, 5sn ön ısıtma ve 2,75 kg yük uygulanarak yapılmıştır. MFI Test Cihazı şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 8. MFI Test Cihazı

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bir polimer malzemeyi seçip kullanmadan önce o malzemenin mekanik ve termal özelliklerini bilmek ve bunları tespit etmek büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada plastik enjeksiyon makinesinde polimer malzemenin prototipi üretildikten sonra birinci geri dönüşüm işlemi ile kırılarak tekrar bu işlem beş kez yapmıştır. Yapılan işlem sonrasında malzemenin bazı mekanik ve termal özellikleri incelemek için izod darbe testi, eriyik akış indeksi ve ısıl deformasyon testleri yapılmıştır. Katkısız ve geri dönüşümleri yapılmış YYPE ve PP deneysel sonuçları tablo 1 ve tablo 2 de belirtilmiştir.

Tablo 1. *PP malzemesinin bazı mekanik ve termal özelliklerindeki değişim değerleri*

Malzeme	Izod Darbe (Kj/m²)	Isıl deformasyon (HDT) °C	Eriyik Akış İndeksi (g/10 dak)
Orijinal PP	3,35	33,40	3,13
1.Geri Dönüşüm (PP)	3,12	43,67	3,86
2.Geri Dönüşüm (PP)	3,10	43,72	3,89
3.Geri Dönüşüm (PP)	3,07	43,79	3,91
4.Geri Dönüşüm (PP)	3,04	43,81	3,94
5.Geri Dönüşüm (PP)	3,01	43,85	3,97

Yukarıdaki tablo 1’de PP malzemesinin katkısız ve beş kez geri dönüşümü yapılmış deneysel verileri gösterilmiştir. Her test beş kes yapılmış ve bunların ortalama değerleri referans olarak verilmiştir. Geri dönüşüm miktarı artmasıyla malzemedeki mekanik özelliklerin azaldığı gözlenmiştir. Beş kez geri dönüşümü yapılmış numunelerin ortalama değerleri alındığında malzemenin izod darbe özelliklerinde % 8,35 azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi malzemenin kırılma esnasında çapraz bağların C=C çift bağındaki kırılma ile açıklayabiliriz [14-16]. Yalnız [15] yapılmış çalışmada geri dönüşümü yapılmış PP malzemesinde belli miktar grafit takviyesi yapılarak kompozit malzemedeki mekanik özelliklerinin önemli derecede arttığı gözlenmiştir.

Malzemenin termal özelliklerini belirlemede kullanılan ısıl deformasyon testi incelendiğinde malzemenin geri dönüşüm miktarı ile doğru orantılı arttığı gözlenmiştir. Deneysel veriler incelendiğinde, geri dönüşümü yapılmış numunelerin ortalama değerleri alındığında ısıl deformasyon özelliği % 2,29 arttığı gözlenmiştir. Eriyik akış indeksi sonuçları incelendiğinde malzemenin geri dönüşüm miktarı ile doğru orantılı olarak viskozitesinin arttığı sonucuna varıyoruz. Bu da geri dönüşümü yapılmış PP malzemesinin enjeksiyon yöntemi ile üretilmesinden ziyade ekstrüzyon yöntemi ile ve 3B yazıcılarla üretilmesinin daha uygun olacağını göstermektedir [16].

Tablo 2. *YYPE malzemesinin bazı mekanik ve termal özelliklerindeki değişim değerleri*

Malzeme	Izod Darbe (Kj/m²)	Isıl deformasyon (HDT) °C	Eriyik Akış İndeksi (g/10 dak)
Orijinal YYPE	6,93	30,95	7,56
1.Geri Dönüşüm (YYPE)	6,46	31,43	13,73
2.Geri Dönüşüm (YYPE)	6,43	31,56	13,77
3.Geri Dönüşüm (YYPE)	6,38	31,70	13,79
4.Geri Dönüşüm (YYPE)	6,32	31,76	13,81

5. Geri Dönüşüm (YYPE)	6,26	31,83	13,85
-------------------------------	------	-------	-------

Tablo 2 incelendiğinde, YYPE polimer malzemesinin beş kez geri dönüşümü yapılmış numunelerin ortalama değerleri alındığında malzemenin ızod darbe özelliklerinde %8,08 azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi malzemenin kırılma esnasında çapraz bağların C=C çift bağındaki kırılma ile açıklayabiliriz [14-16]. Deneysel veriler incelendiğinde, geri dönüşümü yapılmış numunelerin ortalama değerleri alındığında ısıl deformasyon özelliği %31,04 arttığı gözlenmiştir. Eriyik akış indeksi sonuçları incelendiğinde malzemenin geri dönüşüm miktarı ile doğru orantılı olarak viskozitesinin arttığı sonucuna varıyoruz.

Özellikle yüksek dinamik yüklere maruz kalmayan, mekanik özelliklerin çok önem arz edilmediği yerlerde, tekstil sanayisinde iplik vb., çöp kutuları, basit kullan at kap kaşıklarda, çiçek dikmek için kullanılan saksılarda bu geri dönüşümü yapılmış ürünler rahatlıkla kullanılabilir.

IV. SONUC

- PP ve YYPE malzemesinin mekanik özellikleri geri dönüşüm miktarı ile orantılı olarak düşmektedir. Darbe dayanım değer kaybı her iki üründe de %8 den fazladır. Bu da geri dönüşüm miktarı ile malzemenin mekanik özelliklerinde kötüleşmeler olduğunu göstermektedir.
- Mekanik özelliklerindeki değer kayıplarının temel sebebi birinci geri dönüşüm sebebi ile kırma işleminden sonra polimer malzemelerin çapraz bağlarındaki bozulma olduğu söylenebilir.
- Geri dönüşümü yapılmış malzemeleri
- PP ve YYPE malzemesinin Isıl deformasyon özelliği geri dönüşüm miktarı ile orantılı olarak yaklaşık %30 değerinde iyileşmiştir. Bu sonuçlar bize malzemelerin ısıya dayanıklılığının arttığını göstermiştir.
- Hem YYPE hem de PP malzemesinin HDT ve MFI değerleri artmıştır. Bu değerlerin artışı ekstrüder ve 3B yazıcılar için olumlu olduğunu söyleyebiliriz.
- Geri dönüşümü yapılmış ürünlerin mekanik özelliklerini arttırmak için takviye elemanları kullanılabilir.

V. KAYNAKLAR

- [1] S. Akkurt, “Plastik Malzeme Bilgisi Kitabı”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1991.
- [2] M. Öztürk, Plastikler ve Geri Kazanımı Dergisi, 1. Baskı, Y.T.Ü. İnşaat Mühendisliği Yayınları, 2005.
- [3] M. Türemen, A. Demir, Özdoğan, E., “Tekstil endüstrisi için geri dönüşüm ve önemi”, *Pamukkale Univ. Muh. Bilim Dergisi*, c. 25, s. 6, ss.112-118, 2018.
- [4] E. Aslan, “Enjeksiyonla kalıplamada kalsit katkı polipropilen malzemelerde geri dönüşüm oranının mekanik özelliklerine etkisinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2013.
- [5] B. Yıldız, “Cam elyaf katkısının geri dönüştürülmüş polyamid 6.6 plastiğinin mekanik özelliklerine etkisinin deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 2018.

- [6] M. KOÇ, “Geri dönüşüm polimerlerinin fotokatalitik özelliklerinin incelenmesi,” M.S. thesis, ERCIYES UNIVERSITY, 2021.
- [7] S. SINKALA, “Designing an automated butt welding machine for welding high-density polyethylene pipes and investigating butt welding parameters,” M.S. thesis, ISTANBUL GEDİK UNIVERSITY, 2022.
- [8] O. MİLİĞ, “PET polietilen tereftalat hidroliz ürünleri kullanılarak indirgenmiş grafen oksit sentezi,” M.S. thesis, EGE UNIVERSITY, 2022.
- [9] T. FIRAT, “Atık polietilen tereftalatın poliöl ve poliüretan üretiminde değerlendirilmesi,” Ph.D. dissertation, FIRAT UNIVERSITY, 2022
- [10] IEEE Websitesi. (2022, 3 Ocak), [Online], Erişim: <https://www.sifiratik.gov.tr/content/files/uploads/9/EK-8.%20Say%C4%B1n.%20Yavuz%20ERO%C4%9ELU,%20PAGEV%20%E2%80%93PAG%C3%87EV%20Ba%C5%9Fkan%C4%B1.pdf>
- [11] S. BULUT, “Genleştirilmiş polipropilen tampon dolgu malzemelerinde yoğunluğun yaya çarpışma performansına etkisinin sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi,” M.S. thesis, BURSA ULUDAG UNIVERSITY, 2022
- [12] I. Uygur, W.J. Evans, M. Bache ve B. Gulenc, “The fatigue behaviour of SiCp reinforced 2124 Aluminium matrix composites”, *Metallofiz. Nove. Tekhnol.* vol. 26, no.7 pp. 927-939 2004.
- [13] Y. DEMİRHAN, “Farklı dolgu maddelerinin polipropilen esaslı kompozit malzemelerin ısı bozunma ve yanma davranışlarına etkilerinin incelenmesi,” Ph.D. dissertation, PAMUKKALE UNIVERSITY, 2023.
- [14] M.A. Peydro, D. Juarez, S. Sanchez-Cabellero, R. Pla-Ferrando, “Study of the mechanical properties of recycled abs and recovery through mixing with sebs” *Annals of the Oradea University Fascicle of Management and Technological Engineering* ISSUE 1, <http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/>, pp.83-86, MAY 2014.
- [15] Ö. ŞENGÜL, M. ŞEREMET, and M. KAM, “Sürdürülebilir üretim için grafit takviyeli polipropilen kompozit ürünlerin bazı termal ve mekanik özelliklerinin deneysel analizi,” *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 7, no. 1, pp. 10–20, Jun. 2020.
- [16] N. Saude, K. Kamarudin, M. İbrahim, M.H.I. İbrahim, “Melt Flow Index of Recycle ABS for Fused Deposition Modeling (FDM) Filament”, *Applied Mechanics and Materials*, vol. 773-774, pp. 3-7 2015.