

## Talk ve EPDM Miktarının PP/Talk/EPDM Kompozitinin Mekaniksel Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

Salih Hakan YETGİN

Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü,  
43500, Kütahya

(Alınış / Received: 26.07.2016, Kabul / Accepted: 28.11.2016,  
Online Yayınlanma / Published Online: 09.01.2017)

**Anahtar Kelimeler**  
Polipropilen,  
EPDM,  
Talk,  
Mekanik  
Özellikler

**Özet:** Bu çalışmada, talk ve EPDM miktarının PP/Talk/EPDM kompozitlerinin çekme ve darbe dayanımı gibi mekanik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, PP polimerine %15 talk ve % 5-20 oranlarında EPDM elastomeri ilave edilmiştir. Karışım çift vidalı ekstruderde gerçekleştirilmiş olup, çekme ve darbe numuneleri enjeksiyonla kalıpla tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, PP polimerine ilave edilen talk minerali ile çekme dayanımı ve elastisite modülü artarken darbe dayanımı azalmıştır. Bununla birlikte, PP/Talk/EPDM polimer kompozitinde artan EPDM miktarı ile çekme dayanımı ve elastisite modülü azalırken darbe dayanımı artmıştır. Kırılma analizleri SEM analizi ile yapılmıştır.

## Investigation of The Effect of The Amount of Talk and EPDM on Mechanical Properties of PP/Talc/EPDM Composites

**Keywords**  
Polypropylene,  
EPDM,  
Talc,  
Mechanical  
properties

**Abstract:** In this study, the effect of talc and EPDM content on mechanical properties such as tensile and impact of PP/Talc/EPDM composite samples were examined. For this purpose, 15% talc and 5-20% EPDM was added to PP polymer. The mixture has taken placed in a twin screw extruder, and tensile and impact specimens were performed using the injection molding technique. As a result of, the tensile strength and modulus of elasticity increased while impact strength increased with talc added to PP polymer. Furthermore, tensile strength and modulus of elasticity decreased while impact strength increased with increase amount of the EPDM in the PP/Talk/EPDM polymer composite. Fracture surface analyzes were performed by SEM analysis.

\*Sorumlu yazar: hakan.yetgin@dpu.edu.tr

## 1. Giriş

Polipropilen (PP) düşük yoğunluk, yüksek dayanım, yüksek kimyasal dayanım, yüksek ısıl kararlılık ve düşük maliyet gibi özellikleri ile önemli termoplastik malzemelerinden birisidir. Ancak, PP polimerinin uygulamaları, diğer mühendislik polimerlerine (PA6, PC gibi) göre düşük elastisite modülüne ve düşük sıcaklıklarda düşük darbe dayanımına sahip olması nedeniyle sınırlanmaktadır [1-5]. PP polimerinin darbe dayanımını artırmak ve uygulama alanını genişletmek için etilen-propilendien-monomeri (EPDM), stiren-etilenbütadien-stiren (SEBS), etilen-propilenkauçuğu (EPR) ve bütadien-akrilonitrilkauçuğu (NBR) gibi elastomerler ilave edilmektedir [1,3,6,7]. PP ile modifiye edilen elastomerler, termoplastik olefin/elastomer veya TPO olarak adlandırılır. TPO'lar yüksek tokluk, düşük yoğunluk ve düşük maliyetleri ile paketlenme endüstrisinde, sağlık endüstrisinde, kablo yalıtımında, otomotiv parçalarında geniş bir şekilde kullanılmaktadır [7-11]. Otomotiv parçalarının çoğunluğu TPO bileşenlerinden oluşmaktadır [8]. Ancak, EPDM gibi elastomer fazın ilave edilmesi PP polimerinin rijitliğini önemli oranda azaltmaktadır. Talk, CaCO<sub>3</sub>, silika gibi inorganik katkılar ise rijitliği, ölçü kararlılığını ve maliyeti azaltmak için TPO bileşenlerine ilave edilmektedir [9,11,12]. PP/elastomer/katkı üçlü kompozit sisteminde rijitlik ve tokluk oranının optimum elde edilmesinde elastomer fazının dağılımı önemli rol oynamaktadır [6].

Polimer matris içerisinde hem elastomer hem de katkının bulunması ile ilgili olarak, i) polimer matris içerisinde elastomer ve katkının bağımsız olarak dağıldığı ayrılmış (separated) morfoloji, ii) katkının elastomer tarafından sarıldığı çekirdek kabuğu (core-shell) morfolojisi yaygın olarak gözlenen iki morfoloji türüdür. Ayrılmış ya da çekirdek kabuğu

morfolojisine bağlı olarak polimer kompozitin tokluğu önemli oranda etkilenmektedir [6]. Matonis ve arkadaşları [13,14] tarafından çekirdek kabuğu morfolojisinin tokluğu artırdığı ve katkı ile matris arasındaki bağın kuvvetlendiği ve dolayısıyla kompozitin tokluğunun arttığı belirtilmiştir. Jancar ve arkadaşları [15] tarafından ayrılmış morfolojinin modülü artırdığı, çekirdek kabuğu morfolojisinin ise tokluğu artırdığı belirtilmiştir. Paul ve arkadaşları [16], metekrilat butadiensitiren darbe modifiyeri ve farklı gevrek polimerler ile polikarbonat üçlü karışımının morfolojisini ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, üçlü kompozit içerisinde gevrek polimer içerisine yerleşen modifiyerlerin tokluğu geliştirdiği belirtilmiştir.

Bu çalışmada, %15 oranında talk minerali ile %5-20 oranları arasında değişen EPDM elastomeri PP polimerine ilave edilerek ikili ve üçlü polimer kompozitler enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmiştir. Talk ve EPDM miktarının çekme dayanımı, elastisite modülü ve darbe mukavemeti ile Shore A sertlik değerleri üzerine etkisi incelenmiştir.

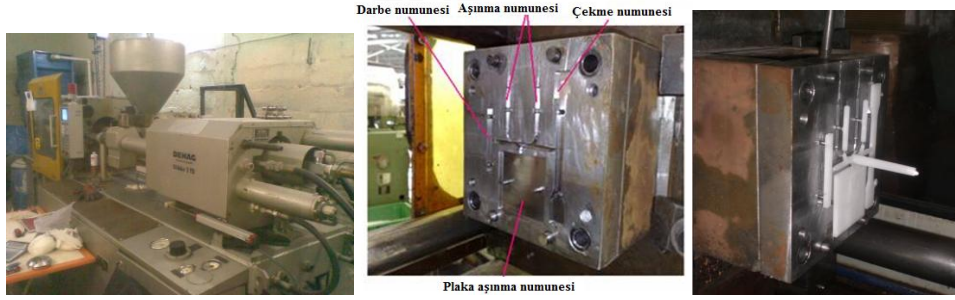
## 2. Materyal ve Metot

PP/Talk ve PP/Talk/EPDM ikili ve üçlü polimer kompozitlerin üretiminde, Enplast firmasından temin edilen Enflen kodlu Polipropilen, ExxonMobil firmasından temin edilen Vistalon kodlu EPDM elastomeri ve Luzenac firmasından temin edilen Talk minerali kullanılmıştır. Talk ve EPDM ilaveli ikili ve üçlü polimer kompozitler Şekil 1'de resmi verilen birbirine paralel dönebilen çift vidalı ekstruder (L/D=32) ile hazırlanmıştır. Seçilen sıcaklık dağılımı 165-210°C'dir. Ekstrude edilen ergiyikler soğuk su banyosundan geçirildikten sonra granül formuna getirilmiştir. Ekstrude edilen PP/Talk/EPDM polimer

granüller kurutulduktan sonra Şekil 2'de resmi verilen enjeksiyon makinesi ile standartlara uygun olarak hazırlanmış kalıpta çekme ve darbe numuneleri üretilmiştir. Besleme hunisi ve kalıp arasındaki sıcaklık dağılımı 170°C-225°C olarak seçilmiştir. Kalıp sıcaklığı ise 30°C'de sabitlenmiştir.



Şekil 1. Ekstrüzyon makinesi



Şekil 2. Enjeksiyon makinesi, kalıp ve üretilen numuneler

### 3. Bulgular

Şekil 4 a-e'de PP polimeri ile %15 talk ve %15talk/EPDM katkılı PP polimer kompozitlerin çekme deneyi sonrası elde edilen kırık yüzeylerinden alınmış SEM görüntüleri ve EDX analizi sonuçları verilmiştir. Şekil 4 a'da görüldüğü gibi PP polimerinin sünek olan yapısı talk polimerinin eklenmesi ile gevrek hale gelmiştir. PP+%15Talk katkılı PP polimerinin farklı yerlerinden alınan EDX analizi sonuçları ise Şekil 4 c-d'de verilmiştir. Görüldüğü gibi talk mineralinin kimyasal yapısını oluşturan Mg, Si ve O elementlerinin yapıda var olduğu görülmektedir. PP+%15 talk mineraline ilave edilen farklı oranlardaki EPDM elastomeri ise gevrek olan yapının sünek hale dönüşmesine neden olmuştur. Şekillerde görüldüğü gibi talk mineralinin hem bağımsız olarak dağılmış hem de EPDM elastomeri ve PP polimeri tarafından sarıldığı görülmektedir.

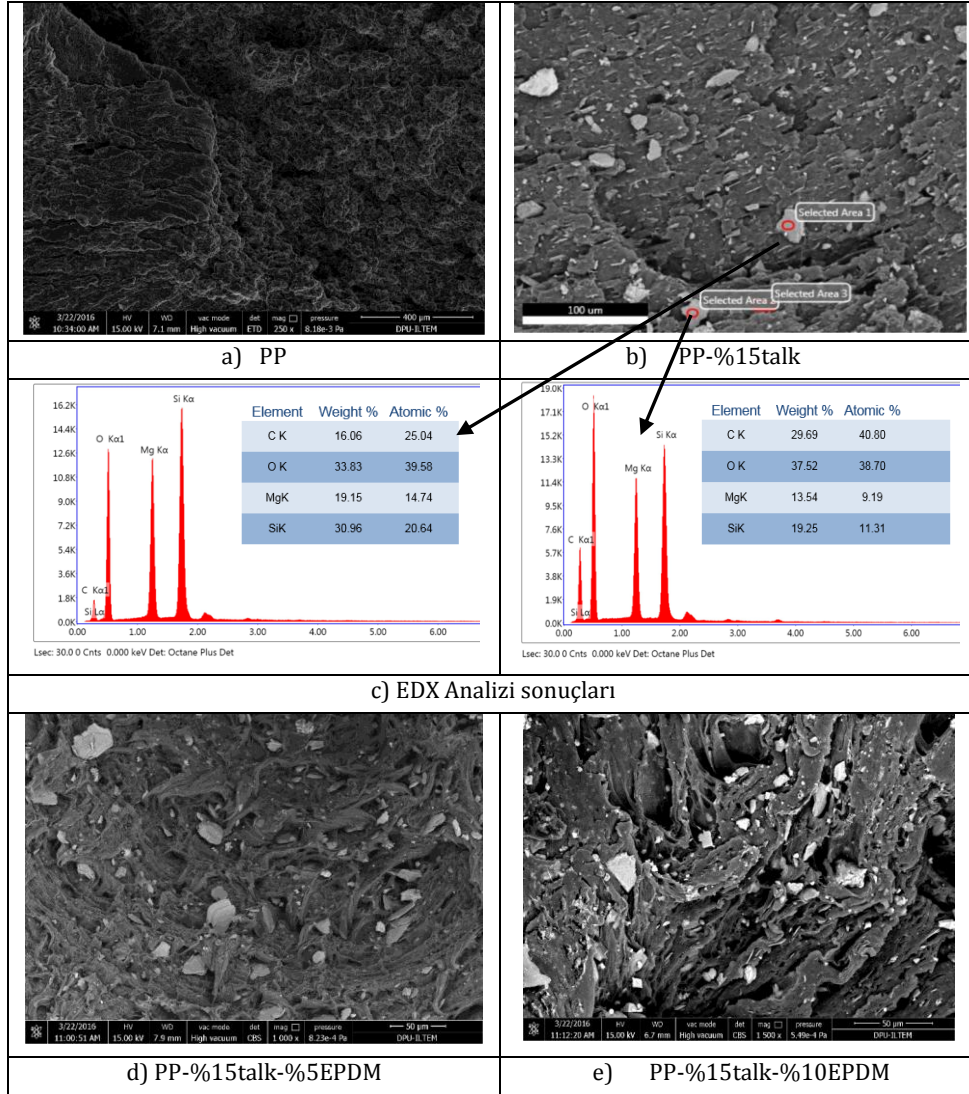
Şekil 5'de PP polimerine ilave edilen talk ve EPDM katkıların çekme dayanımı

üzerine etkileri verilmiştir. PP polimerinin 24MPa olan çekme dayanımı %15 oranında talk ilave edilmesiyle 34MPa elde edilmiştir. Talk ilavesi çekme dayanımını %40 oranında artırmıştır. PP/15%talk kompozit numunesine ilave edilen EPDM katkısı ise çekme dayanımının azalmasına sebep olmuştur. %5 oranında EPDM ilavesi ile çekme dayanımı %21 oranında azalırken, artan EPDM miktarı ile bu azalma %67 oranında elde edilmiştir. PP-T kompozitindeki talk tabakaları enjeksiyon kalıplama süresince akış yönünde hizalanmaktadır. Bu durum, PP makromoleküler zincirlerin yönlenmesine sebep olmaktadır. Talk katkılı PP kompozitinin dayanımdaki artış, talk mineralinin yassı özelliğe sahip olması nedeniyle katkı-matris etkileşiminin iyi olmasından kaynaklanabilir. Yassı katkılar yüksek en-boy oranına sahiptir ve katkı-matris arasında daha az mikroboşluk oluşturarak matris ve katkıının ıslatılabilirliğini geliştirmektedir. Artan katkı-matris etkileşimi dış kuvvet uygulandığında, matristen katkıya daha

S.H. Yetgin/Talk ve EPDM Miktarının PP/Talk/EPDM Kompozitinin Mekaniksel Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

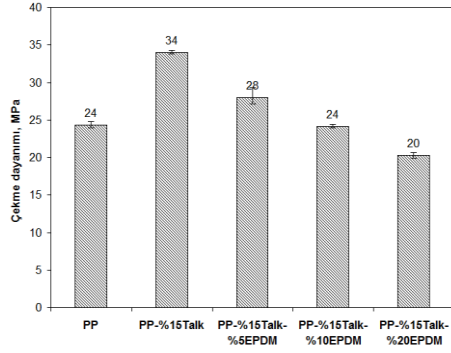
fazla gerilimin taşınmasına yardımcı olmaktadır [17, 18]. Talk katkılı PP kompozitlerde dayanımdaki artış, polimer matrisin artan kristallliği ile de ilgili olabilir. Kristallğin mekanik özelliklerine etkisinin incelendiği talk ve CaCO<sub>3</sub> katkılı PP kompozitlerde, CaCO<sub>3</sub> katkısının zayıf çekirdeklenme kabiliyeti nedeniyle mekanik özellikleri daha düşük bulunmuştur [18].

Talk/EPDM katkılı PP numunesinde çekme dayanımının azalmasının sebebi, talk mineralinin EPDM elastomeri tarafından sarılıp talk mineralinin verimliliğini azaltması olabilir. Öksüz [19] yaptığı çalışmada, PP polimerine talk mineralinin %6'ya kadar eklenmesi ile akma ve çekme dayanımının arttığını, EPDM elastomerinin eklenmesi ile azaldığını belirtmiştir. EPDM elastomerinin akma ve çekme dayanımının azalmasında baskın katkı elemanı olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4. Kırık yüzeylerden alınan SEM görüntüleri

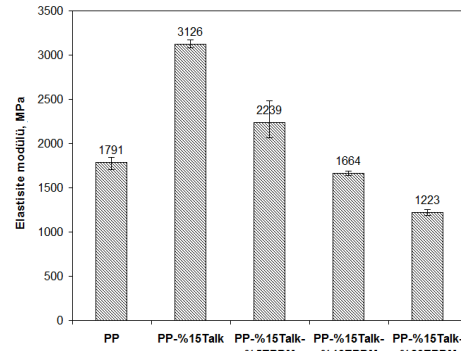
S.H. Yetgin/Talk ve EPDM Miktarının PP/Talk/EPDM Kompozitinin Mekaniksel Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi



Şekil 5. Talk ve EPDM miktarının çekme dayanımı üzerine etkisi

Şekil 6'de PP, PP/talk ve PP/talk/EPDM polimer ve kompozit numunelere ait çekme testi sonrasında elde edilen elastisite modülü değerleri verilmiştir. PP polimerine ilave edilen %15 oranındaki talk minerali kompozitin elastisite modülünün önemli oranda artmasına neden olmuştur. 1790MPa olan PP polimerinin elastisite modülü, %74'lük bir artış ile 3125MPa değerine ulaşmıştır. Yapılan çalışmalarda, PP'nin elastisite modülündeki artışın, PP yerine daha fazla rijit olan talk mineralinin eklenmesi sonucu polimer matrisin deformasyonunu ve hareketini engellemesi olabileceği belirtilmiştir [18]. Rijitlikteki artışın diğer bir sebebi ise, talk mineralinin katılması ile değişen kristallenme oranı olabilir. Talk minerali PP sferulitlerin kristalizasyonu için çekirdekleyici ajan gibi davranmakta ve aynı zamanda kristalizasyon sıcaklığını artırabilmektedir [20]. PP/talk polimerine ilave edilen %5 oranındaki EPDM elastomeri ise elastisite modülünün azalmasına sebep olmuş ve elastisite modülü 2239MPa olarak tespit edilmiştir. Artan EPDM miktarına bağlı olarak ise elastisite modülü %155 oranında azalmıştır. PP/talk/EPDM polimer kompozitin elastisite modülü, PP polimeri ile karşılaştırıldığında ise %5 EPDM oranında elastisite modülü atarken %10 ve %15 oranındaki EPDM oranlarında elastisite modülü

azalmıştır. PP/talk/EPDM üçlü kompozitin, PP/Talk ikili kompozite göre elastisite modülünün düşük olması EPDM rijitliğinin (4MPa), PP matrisin rijitliğinden (1700-2400MPa) oldukça düşük olmasıdır [21]. Literatürde daha önce yapılan benzer bir çalışmada da, PP polimerinin elastisite modülü 1900MPa iken, PP'ye doğal ahşap fiber eklenmesi ile elastisite modülü 2400MPa olarak elde edilmiştir. Darbe dayanımının geliştirilmesi için PP/ahşap fiber kompozitine eklenen EPDM ve SEBS elastomerleri ise kompozitin elastisite modülünü 1900MPa değerine düşürdüğü tespit edilmiştir [22]. Chandra [23] tarafından yapılan çalışmada katkısız reçineye nano-kil eklenmesi ile nanokompozit ve mikrohüresel enjeksiyon kalıplı parçaların elastik modülü gibi mekanik özelliklerinin geliştiği belirtilmiştir. Malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine sistemdeki bileşenlerin kristal yapısının ve morfolojisinin de çok önemli olduğunu belirtmiştir.

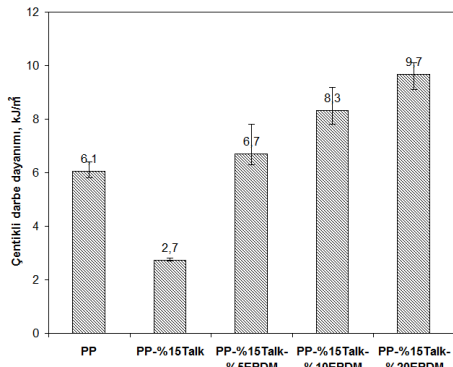


Şekil 6. Talk ve EPDM miktarının elastiklik modülü üzerine etkisi

Şekil 7'de PP, PP/Talk ve PP/Talk/EPDM polimer ve kompozit numunelerine ait charpy darbe deneyi sonucunda elde edilen değerler verilmiştir. PP polimerine ilave edilen EPDM elastomeri darbe dayanımını PP polimerine göre yaklaşık olarak %60 oranında, PP-T polimerine göre ise

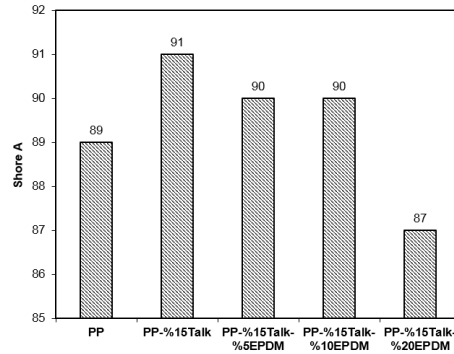
%253 oranında artırmıştır. PP polimerine eklenen %15 talk katkılı kompozit malzemenin darbe dayanımı, katkısız PP polimerinin darbe dayanımını ile karşılaştırıldığında ise yaklaşık olarak %121 oranında azalmıştır. Darbe dayanımındaki bu azalma, talk mineralinin, polimerin makromoleküler zincirlerinin hareketini kısıtlaması, polimer deformasyonun sınırlanması ve dolayısıyla malzemenin daha gevrek hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Her bir partikül ve bu partiküllerin bir araya toplanması, gerilim alanları oluşturmakta ve mikroçatlak başlatıcı gibi davranmaktadır. Darbe nedeniyle çatlak oluştuğunda, çatlak zayıf arayüzey bölgelerine doğru yayılmaktadır. Bu yüzden katkı oranının artması ile darbe dayanımı azalmaktadır [24].

EPDM gibi darbe modifiyerleri ise katkılı PP kompozitin morfolojisini üç farklı yolla etkilemektedir: a) PP matris içerisinde elastomer fazı üçüncü faz olarak bulunur, b) elastomer kısmen veya tamamen katkıyı sarabilir, c) a ve b'nin karışımı olabilir. Elastomerin partikül şeklindeki katkıyı sararak, partikül-polimer arayüzeyinde gerilim konsantrasyonunu azaltması darbe dayanımının artmasına sebep olmaktadır [22].



Şekil 7. Talk ve EPDM miktarının darbe dayanımı üzerine etkisi

PP, PP/Talk ve PP/Talk/EPDM polimer ve kompozit numunelerin sertlik testleri ISO 868 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Shore A sertlik ölçümlerinde çekme numuneleri kullanılmıştır. PP, PP/Talk ve PP/Talk/EPDM polimerleri için elde edilen sertlik değerleri Şekil 8'de görüldüğü gibi sırasıyla 89, 91 ve 90 Shore A'dır. PP Polimerine ilave edilen %15 oranındaki talk minerali sertliği artırmıştır. Polimer kompozitlerin sertlik değerleri, matris içerisine ilave edilen katkıların dağılımı ile yakından ilişkilidir. PP polimerine ilave edilen talk minerali matrisin esnekliğini azaltarak yapıyı daha rijit hale getirmiştir. Talk mineralinin matris içerisindeki homojen dağılımı ve matris-katkı arasındaki kuvvetli arayüzey bağının oluşması sertliğin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 8. Talk ve EPDM miktarının Shore A üzerine etkisi

Sertlikteki artış, Suresha ve arkadaşları tarafından [25] ise şu şekilde açıklanmıştır. Sıkıştırma kuvveti altında termoplastik faz (PP fazı) ve katı katkı fazı birlikte baskı yerler ve iki faz birbirlerine temas ederek gelen kuvvete karşı koyarlar. Böylelikle, arayüzey bağı zayıf olsa dahi, arayüzey, yükü daha verimli şekilde transfer eder. Bu sonuçla katkılı kompozitlerin sertlik değeri artar. Gafur [26] tarafından yapılan çalışmada da PP içerisine farklı oranlarda ilave edilen talk mineralinin

sertlik değerini 108MPa'dan 160MPa'a çıkardığı belirlenmiştir. PP/talk polimerine ilave edilen %20EPDM elastomeri sertliği, PP ve PP/talk polimerine göre azaltmıştır. Bu azalmasının sebebi ise talk minerallerinin EPDM elastomeri tarafından sarılarak, talk mineralinin etkinliğini azaltması olabilir. Bilindiği gibi EPDM elastomeri talk mineraline göre oldukça sünek bir yapıya sahiptir.

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. PP polimerine ilave edilen Talk minerali çekme dayanımını %40 oranında artırmıştır.
2. Artan EPDM miktarı ile çekme dayanımı %67 azalmıştır.
3. PP polimerinin elastisite modülü, %15 talk ilavesi ile %74 oranında artmıştır.
4. PP/talk polimerine ilave edilen %5 oranındaki EPDM elastomeri ise elastisite modülünün %28 oranında azalmasına sebep olmuştur.
5. Artan EPDM miktarına bağlı olarak elastisite modülü %155 oranında azalmıştır.
6. PP polimerine ilave edilen EPDM elastomeri darbe dayanımını PP polimerine göre yaklaşık olarak %60 oranında, PP-T polimerine göre ise %253 oranında artırmıştır.
7. PP, PP/Talk ve PP/Talk/EPDM polimerleri için elde edilen sertlik değerleri sırasıyla 89, 91 ve 90 Shore A'dır.
8. Genel olarak, otomobil tamponlarında yüksek darbe dayanımı istenmesi sebebiyle bu çalışmada en yüksek darbe dayanımının elde edildiği %15talk+%20EPDM kompoziti en uygun numune olarak görülmektedir.

#### Kaynakça

- [1] Iman, H., Javad, S., Gity, M.M.S., Seyed, M.D. 2011. Assessment of rheological and mechanical properties of nanostructured materials based on thermoplastic olefin blend and organoclay, *Materials and Design*, Cilt. 32, s. 649-655.
- [2] Karger-Kocsis J. (Ed.). 1995, *Polypropylene; structure, blends and composites*, Cambridge: Chapman & Hall.
- [3] Yang, Y., Chen, J., Yuan, Q., Misra, R.D.K. 2011. Structure-property relationship in impact modified nanoclay-reinforced polypropylene, *Materials Science and Engineering A*, Cilt. 528, s.1857-1863.
- [4] Xinqing, S., Youqing, H., Jinliang, Q., Yiqun, L., Xiaohong, Z., Jianming, G., Zhihai, S., Fan, H., Manli, Z. 2004. The Relationship between Microstructure and Properties in PP/Rubber Powder/nano-CaCO<sub>3</sub> Ternary Blends, *Macromolecular Materials and Engineering*, Cilt. 289, s.275-280.
- [5] Sedigheh, B.K., Daniel, F., Yanhui, C., Luke, M.G., Alireza, K., Reza, B., Clement, L.H., Hongzhou, Z., Biqiong, C. 2012. Morphology, rheology and mechanical properties of polypropylene/ethylene-octene copolymer/clay nanocomposites: Effects of the compatibilizer, *Composites Science and Technology*, Cilt. 72, s.1697-1704.
- [6] Hong, Y., Qin, Z., Min, G., Cong, W., Rongni, D., Qiang, F. 2006. Study on the phase structures and toughening mechanism in PP/EPDM/SiO<sub>2</sub> ternary composites, *Polymer*, Cilt. 47, s. 2106-2115.
- [7] Bendjaouahdou, C., Bensaad, S. 2011. Properties of

- Polypropylene/(NaturalRubber)/ Organomontmorillonite Nanocomposites Prepared by Melt Blending, *Journal Of Vinyl & Additive Technology*, s. 48-57.
- [8] Joy, K.M., Keun-Joon, H., Chang-Sık, H. 2005. Preparation, mechanical and rheological properties of a thermoplastic polyolefin (TPO) / organoclay nanocomposite with reference to the effect of maleic anhydride modified polypropylene as a compatibilizer, *Polymer*, Cilt.46, s.1995-2002.
- [9] Yiqun, L., Marianna, K. 2006. The structure and physical properties of polypropylene and thermoplastic olefin nanocomposites containing nanosilica, *Polymer*, Cilt.47, s.7731-7739.
- [10] Rajkiran, R.T., Paul, D.R. 2011. Polypropylene-elastomer (TPO) nanocomposites: 1. Morphology, *Polymer*, Cilt.52, s. 4955-4969.
- [11] Qiu, M., Xuming, S., Patricia, C.T., Xinmin, L., Zhongqin, L. 2010. Mechanical Properties of Thermoplastic Olefin Composites: Effect of Fillers Content, Strain Rate and Temperature, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, Cilt. 49, s.121-127.
- [12] Hugo, M.T., Daiane, T., Fabrício, C., Vanda, F.R., Sônia, M.B.N. 2013. Use of wollastonite in a thermoplastic elastomer composition, *Polymer Testing*, Cilt.32, s.1373-1378.
- [13] Matonis, V.A., Small, N.C. 1969. A macroscopic analysis of composites containing layered spherical inclusion, *Polymer Engineering Science*, Cilt.9, s.99-100.
- [14] Matonis, V.A., Small, N.C. 1969. The interfacial stresses in particulate composite systems, *Polymer Engineering Science*, Cilt.9, s.100-104.
- [15] Jancar, J., Dibenedetto, A.T. 1994. The mechanical-properties of ternary composites of polypropylene with inorganic fillers and elastomer inclusions, *Journal of Materials Science*, Cilt.29, No.17, s. 4651-4658.
- [16] Cheng, T.W., Keskkula, H., PAUL, D.R. 1992. Property and Morphology Relationships for Ternary Blends of Polycarbonate, Brittle Polymers And an Impact Modifier, *Polymer*, CİLT. 33, S. 606-1619.
- [17] Lubomır, L.J., Pavlına, J., Barbora, L., Richard, T., Richard, G., Neil, R. 2008. Effect of the talc filler content on the mechanical properties of polypropylene composites, *Journal of Applied Polymer Science*, Cilt.110, s. 2742-2747.
- [18] Leong, Y.W., Bakar, A.M.B., Ishak, Z.A.M., Ariffin, A., Pukanszky, B. 2004. Comparison of the mechanical properties and interfacial interactions between talc, kaolin, and calcium carbonate filled polypropylene composites, *Journal of Applied Polymer Science*, Cilt.91, s. 3315-3326.
- [19] Öksüz, M., Eroglu, M., Yıldırım, H. 2006. Effect of talc on the properties of Polypropylene / Ethylene / Propylene / Diene terpolymer blends, *Journal of Applied Polymer Science*, Cilt.101, s. 3033-3039.
- [20] Tara, J.M. 2007. Properties and Foaming behaviour of thermoplastic olefin blends based on linear and branched polypropylene, Degree of Master of Science (Engineering), Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
- [21] Qiu, M., Xuming, S., Patricia, C.T., Xinmin, L., Zhongqin, L. 2010. Mechanical properties of thermoplastic olefin composites:



- Effect of fillers content, strain rate and temperature, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, Cilt.49, s.121-127.
- [22] Kristina, O., Craig, C. 1998. Mechanical properties polypropylene-wood and morphology of impact modified flour composites, *Journal of Applied Polymer Science*, Cilt. 67, s. 1503-1513.
- [23] Chandra, A., Gong, S., Mingjun, Y., Lih-Sheng, T., Paul, G., Holger, C. 2005. Microstructure and crystallography in microcellular injection-molded Polyamide-6 nanocomposite and neat resin, *Polymer Engineering and Science*, s. 52-61.
- [24] Mareri, P., Bastide, S., Binda, N., Crespy, 1998. A. Mechanical behaviour of polypropylene composites containing fine mineral filler: effect of filler surface treatment, *Composites Science and Technology*, Cilt. 58, s. 747-752.
- [25] Suresha, B., Ravi, B.N.K., Venkataramareddy, M., Jayaraju, T. 2010. Role of micro/nano fillers on mechanical and tribological properties of Polyamide66 / Polypropylene composites, *Materials and Design*, Cilt. 31, s. 1993-2000.
- [26] Gafur, M.A., Rahima, N., Forhad, M.M., Abu, M.H.B., Yukihiro, T., Tsutomu, A. 2010. Structures and properties of the compression-molded isotactic-polypropylene/talc composites: Effect of cooling and rolling, *Polymer Degradation and Stability*, Cilt. 95, s. 1818-1825.