



The effect of PET additive on mechanical and morphological properties of PP

Fatma Kosovoalı Çavuş^{1*}, Yeşim Özcanlı², Murat Beken³

¹Department of Electronics Technologies, Halic University, Istanbul, 34445, Turkey

²Department of Physics, Yıldız Technical University, Istanbul, 34220, Turkey

³Department of Electric-Electronic Engineering, Beykent University, Istanbul, 34398, Turkey

Highlights:

- Measurement of mechanical properties of PP /PET blends
- Improving mechanical properties
- Morphological characteristics of PP /PET blends

Keywords:

- polypropylene / polyethylene terephthalate blends
- Mechanical properties
- Morphological properties

Article Info:

Research Article

Received: 19.06.2017

Accepted: 29.11.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416494

Acknowledgement:

Correspondence:

Author: Fatma Kosovoalı Çavuş
e-mail: fatmacavus@halic.edu.tr
phone: +90 506 6621182

Graphical/Tabular Abstract

When the morphology and mechanical properties of PP / PET mixtures are examined, it is seen that there is a more homogenized structure in PP +%30PET sample in SEM images. In PP + %40 PET mixture, the transition from droplet to fibril form appears more clearly. In PP +%50 PET mixture, homogeneity started to deteriorate again and gaps started to form again in structure it was observed that Young's modulus reached 2653.79 MPa in PP +%40 PET sample, and an increase of about 210% compared to pure PP.

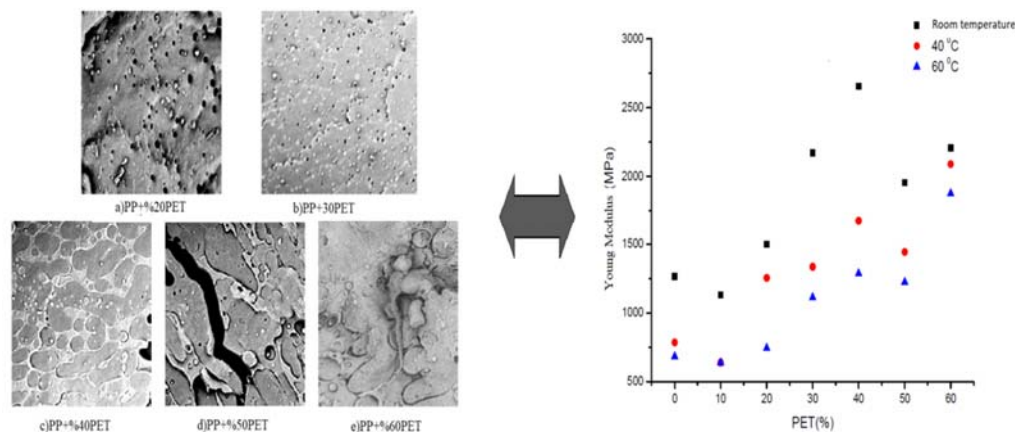


Figure A. SEM images of PP / PET mixtures and Young modulus change

Purpose:

In this study, the dynamic-mechanical and spectroscopic properties of PP / PET polymer blends with different ratios have been investigated experimentally and the effect of PET additive on dynamic-mechanical and spectroscopic properties has been tried to be explained.

Theory and Methods:

In this study, tensile test of PP and PET blends were tested at a drawing speed of 25 mm/min and at different ambient temperatures. SEM analyzes were performed and DMA tests used to determine the viscoelastic properties of PP / PET mixtures were performed at a frequency of 1 Hz from 30°C to 120°C with a temperature increase of 2,00 °C / min. For structure characterization of PP / PET mixtures, FTIR analyzes were performed between 4000-650 cm⁻¹. It was compared with the characteristic peaks of pure materials to see the interactions of PP / PET blend films.

Results:

It is observed that mechanical properties reaches its maximum value for all temperatures at 40% PET. There is a structural phase transition and matrix structure changes in the PP + 50% PET sample. Because PET and PP ratios are equal For this reason, it was observed that Young's modulus values decreased in comparison to PP + 40% PET in this example. SEM images also support this view.

Conclusion:

In this study, the effect of PET additives on the mechanical properties of PP, instead of glass fiber, was investigated especially for plastic pipe manufacturing., and it was concluded that the best mechanical properties were PP + 40% PET



PET katkısının PP'nin mekanik ve morfolojik özelliklerine etkisi

Fatma Kosovalı Çavuş^{1*}, Yeşim Özcanlı², Murat Beken³

¹Haliç Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Elektronik Teknolojisi Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, İstanbul, Türkiye

³Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- PP/PET karışımlarının mekanik özelliklerin ölçülmesi
- Mekanik özelliklerin iyileştirilmesi
- PP/PET karışımlarının morfolojik özellikleri

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 19.06.2017

Kabul: 29.11.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416494

Anahtar Kelimeler:

Polipropilen /
Polietilentereftalat
karışımları,
mekanik özellikler,
morfolojik özellikler

ÖZET

Bu çalışmada Polipropilen (PP) / Polietilentereftalat (PET) karışımlarının mekanik ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. PP/PET polimerik karışımlarının amaca uygun olarak mekanik özelliklerinde en iyi oran belirlenmiştir. PP/ PET karışımlarının mekanik özelliklerini belirlemek için hem dinamik mekanik analiz (DMA) hem de 25 mm/dk çekme hızında ve farklı ortam sıcaklıklarında çekme testi yapılmıştır. Ayrıca morfolojik özelliklerinin PET katkısına bağlı değişimini gözlemlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile analiz yapılmıştır. Çekme testi sonuçlarına göre oda sıcaklığında en yüksek Young modülü ve sertlik değerleri PP+ %40 PET örneğinde gözlenmiştir. Bu sonuçlar SEM sonuçları ile desteklenmektedir.

The effect of PET additive on mechanical and morphological properties of PP

H I G H L I G H T S

- Measurement of mechanical properties of PP/PET blends
- Improving mechanical properties
- Morphological characteristics of PP/PET blends

Article Info

Research Article

Received: 19.06.2017

Accepted: 29.11.2017

DOI:

10.17341/gazimmfd.416494

Keywords:

polypropylene / polyethylene
terephthalate blends,
mechanical properties,
morphological properties

ABSTRACT

In this study, the mechanical and morphological properties of polypropylene (PP) / polyethylene terephthalate (PET) blends were investigated. The optimum ratio of the mechanical properties of PP / PET polymeric mixtures was determined accordingly. In order to determine the mechanical properties of the PP / PET blends, both dynamic mechanical analysis (DMA) and tensile tests were performed at a draw speed of 25 mm / min and at different ambient temperatures. In addition, it was analyzed by scanning electron microscopy (SEM) to observe the change of the morphological properties of PP/PET blends in relation to PET contribution. According to tensile test results, the highest Young's modulus and hardness values at room temperature were observed in PP + 40% PET sample. These results are supported by SEM results.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: fatmacavus@halic.edu.tr, lenger@yildiz.edu.tr, muratbeken@beykent.edu.tr /

Tel: +90 506 6621182

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

İki veya daha fazla polimerin fiziksel olarak karıştırılması polimer karışımı üretmek için en basit ve en ekonomik yöntemdir. Fiziksel karışımın özellikleri polimerik sistemi oluşturan polimerlerin uyumluluğunun derecesine bağlıdır. Fiziksel karışımların çoğu yüksek derece de uyumsuzdur. Uyumsuz karışım sistemlerinde ayrılmış fazlar sonucunda bileşenler yığın formu eğilimindedir. Bu oluşan İki fazlı morfolojik sistem büyük homopolimerlerin zayıf ara yüzey yapışması ve homojen olmayan zayıf mekanik özelliklere neden olabilmektedir [1].

Plastikler hafif malzemelerdir; paslanma ve korozyona maruz kalmazlar, kolaylıkla hasara uğramazlar, esnek ve yumuşaktır ve kolay şekil verilebilme özelliğine sahiptir bu özelliklerinden dolayı, plastikler paketleme malzemesi olarak en çok tercih edilen malzemelerdir [2].

Polipropilen (PP) en önemli ve yaygın olarak kullanılan ticari termo plastiklerden biridir. Mühendislik uygulamaları için PP modifikasyonu hem akademik ve hem de ticari çalışmalarda çok büyük ilgi görmektedir [3]. Bunun sebebi PP'nin değiştirilebilir olma özelliği, fiziksel özelliği, mekanik özelliği, elektrik özelliği, kimyasal ve termal özelliğinin ticari uygulamalara uygun olması ve PP tabanlı malzemelerin geniş zaman aralıklarında çok iyi kararlılığa sahip olmasıdır [3]. Bunlara ek olarak Polipropilenin kimyasal tepkimeye girmeyen bir yapıya sahiptir ve sentetik malzemeler alkalilere ve kimyasal yıpranmalara stabil olabildikleri gibi polipropilen de suya karşı geçirgen olmayan bir tepki gösterir [4]. PP özellikle gerilme dayanımından dolayı tekstil ve teknik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında Young modülünün düşük olması ve geri dönüşüm probleminin olması PP için bir dezavantajdır. Bu kısıtlamalar birçok uygulamalarda özellikle tekstil uygulamalarında PP'den yapılmış giysilerin şeklini korumasını sınırlandırmaktadır [5].

Geri dönüşüm özelliği olan Polietilentereftalat (PET)'a olan ilgi de son yıllarda artmaktadır. PET polimeri özellikle paketleme endüstrilerinde içecek şişesi, yiyecek kabı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca PET malzemesi birçok durumda yüksek mukavemet, Young modülü, atmosferik ve biyolojik ajanlara karşı yüksek dirence sahip olmasından dolayı tercih edilmektedir [6-8]. Özellikle endüstri uygulamalarında bu konu ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Bunun yanında PP'nin PET ile karıştırılması PP'nin özelliklerini iyileştirmek için ekonomik ve verimli bir yöntemde olmaktadır[6]. Buna rağmen bugüne kadar PP/PET karışımları ile yapılan literatür araştırmaları oldukça sınırlıdır [3]. Ayrıca PET ve PP polarite ve kimyasal yapılarındaki farklılıklardan dolayı uyumsuz iki polimer olduğu için sertlik ve Young modülü değerleri zayıf mekanik özellikler göstermektedir. Bunun nedeni uyumlaştırıcısız karışımları iki ayrı faz olarak gözükmesidir. Ayrık fazda büyük küresel damlacıklar gözükmekte ve belirgin bir yapışma oluşmadığı için istenen mekanik özelliklere

ulaşılmasında problemler ortaya çıkmaktadır [7]. PP/PET karışımları üzerine yapılan çalışmalarda PET katkısının kullanılmasının sebebi PET'in geri dönüştürüm malzemesi olma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Çünkü geri dönüştürülmüş plastikler için çok sayıda pazar mevcuttur. Örnek olarak Jeo-tekstil, park bankları, çöp kutuları vb [9]. Bunlara ek olarak literatür araştırmalarında PP/PET karışımlarının polarite ve kimyasal farklılıklarından dolayı oluşan uyumsuzluğunu gidermek adına farklı uyumlaştırıcı oranları ve katkıları ile karışımların özelliklerinin iyileştirilmesi yönünde çalışmalar da yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda PP/PET karışımlarının PP-G-AA uyumlaştırıcı etkisi özellikleri incelendiğinde PET damlacıklarının büyüklüğü fark edilir ölçüde azaldığı ve PET damlacıklarının birleşiminden mikrofibrillerin oluştuğu gözlemlenmiştir ve ara yüzeylerdeki yapışmanın iyileşmesine bağlı olarak, mekanik iyileşme gözlenmiştir [5]. Bu çalışmada PP'nin bu özelliğini iyileştirmek için PP'ye yapılan maliyeti daha yüksek olan cam elyaf katkısı yerine uygun bir alternatif olan PET katkısı yapılarak PP'nin mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

2.1. Malzemeler (Materials)

Bu çalışmada, Mir Araştırma ve Geliştirme A.Ş.'den elde edilen PP ve PET karışımlarından oluşan numuneler şerit şeklinde yaklaşık olarak 0,4mm kalınlığında ve uyumlaştırıcı olarak maleik anhidrit (MA) uyumlaştırıcısı %3 olarak kullanılmıştır [10]. Karışımlarda PET 'in miktarı (0, %10, %20, %30, %40, %50, %60) arttıkça buna uygun olarak PP miktarı azaltılmıştır.

2.1.1. Malzemelerin karakterizasyonu (Characterization of materials)

Çekme Testi (Tensile Test):

Polimer numuneler 25mm/dkçekme hızında ve farklı ortam sıcaklıklarında (Oda sıcaklığı, 40°C, 60°C) Lloyd Instruments LF Plus Tek Kolonlu universal malzeme test cihazı ile test edilmiştir. Çekme testleri ISO 527-25A standartlarına göre yapılmıştır [11].

SEM Analizi (SEM Analysis):

SEM analizleri Phenom Pro marka SEM cihazı ile 3000X büyütmede çekilmiş ve numuneler sıvı azotta kırılmış ve daha sonra altın ile kaplama cihazında kaplanmıştır.

DMA Analizi (DMA Analysis):

PP/PET karışımlarının viskoelastik özelliklerini belirlemede kullanılan DMA testleri Q 800 marka DMA cihazında film clamp aparatında 1 Hz frekansta 30°C'den 120°C'ye 2,00°C/min sıcaklık artışı ile sabit uzamada gerçekleştirilmiştir.

FT-IR Analizi (FT-IR Analysis):

PP/PET karışımlarının yapı karakterizasyonu için FTIR analizleri Brumer marka LUMOS model FTIR cihazı ile 4000-650 cm^{-1} arasında yapıldı. PP/PET karışım filmlerinin %10, %20, %30, %40, %50 ve %60'lık oranlarında PET katkı filmler ile etkileşimlerini görmek için saf malzemelerin karakteristik pikleri ile karşılaştırılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1. SEM Analizi (SEM Analysis)

SEM analizlerinden elde edilen görüntülerde ana yapıyı PP oluşturmaktadır. Şekil 1'e baktığımızda PP+%20 PET karışımında PET parçacıkları damlacıklar şeklinde ve yapıdaki boşluklarda gözükmektedir. PP+%30 PET örneğinin homojen yapıda olduğu gözükmektedir. Bu örnekte boşlukların azaldığı ve boşluklara PET damlacıklarının yerleşmiş olduğu düşünülebilir. Ayrıca bu örnekte fibril yapıların yavaş yavaş oluşmaya başladığı gözlenmiştir. PP+%40 PET örneğinde fibriller genişleyerek daha açık bir şekilde gözükmektedir. PET katkısı arttıkça homojenliğin tekrar bozulmaya başladığı yapıda tekrar boşlukların oluşmaya başladığını, PET parçacıklarının ana yapıyı tamamen kapladığını ve damlacık formundan fibril yapıya geçiş olduğunu söyleyebiliriz.

Bu görüntülerden görüldüğü gibi PP+ %30PET katkı oranına kadar PET ile yapı arasında boşluklar gözükmekte ve PP+ %30PET örneğinde daha homojenize bir yapı olduğu gözükmektedir.

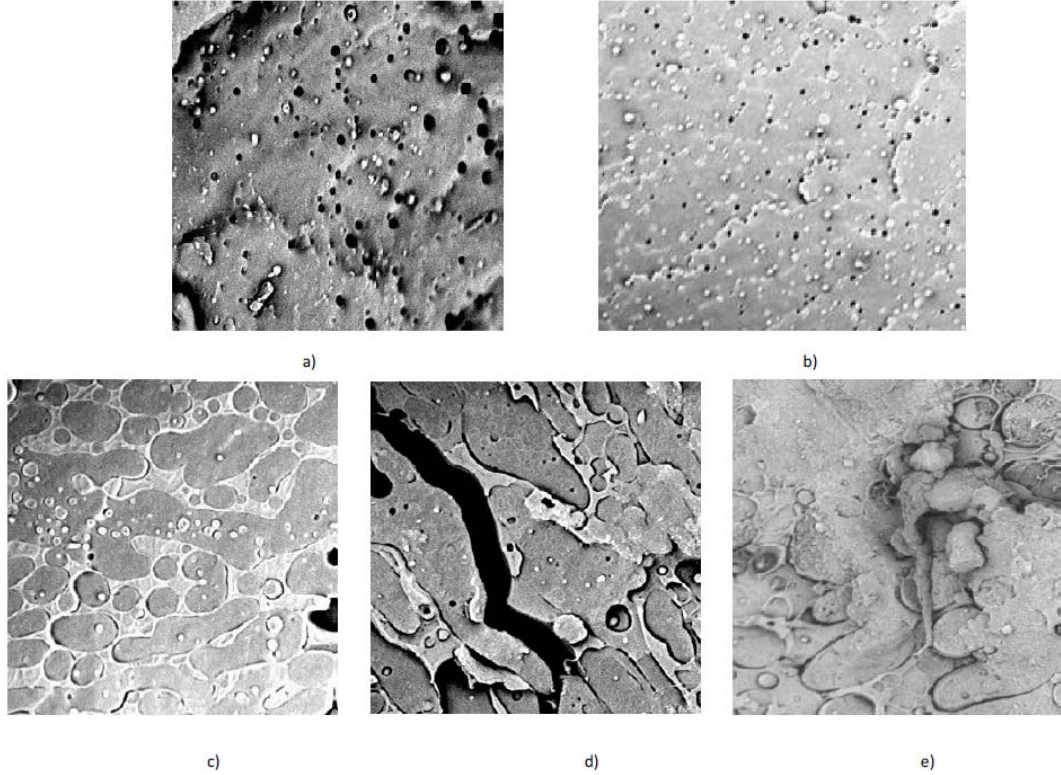
Katkı oranı %40 PET 'in üzerine çıktığında bu homojenlik tekrar düşüşe geçmiştir. PET parçacıklarının boyutunun azalması ile ara yüzey büyüklüğü artmaktadır ve bunun sonucunda malzeme arasındaki yapışma artmaktadır. Buna bağlı olarak karışımın mekanik özellikleri iyileşmektedir. Yapılan mekanik testlerde bunu desteklemektedir[11].

3.2. Mekanik Özelliklerin Analizi (Analysis of Mechanical Properties)

3.2.1. Çekme test sonuçları (Tensile test results)

PP/PET karışımları için dinamik-mekanik özellikler tam olarak incelenmiştir. Karışımların çekme test sonuçlarına göre Young modülü ve akma mukavemeti davranışı karışımın katkı yüzdesine bağlı olarak, farklı sıcaklık ve farklı çekme hızlarında Şekil 2 ve 3'de gösterilmiştir.

Saf PET'in Young modül değeri Saf PP 'den yüksek olduğu için karışıma PET eklendikçe karışımın Young modül değerinin artması beklenmektedir. Fakat Şekil 2'de görüldüğü gibi %10 PET katkı karışımında Young modül değeri Saf PP'ye göre daha düşük değere sahiptir. Bunun sebebi PET ve PP yüksek derecede polarite ve kimyasal



Şekil 1. PP/PET karışımlarının SEM görüntüleri a) PP+%20 PET b) PP+%30 PET c) PP+%40 PET d) PP+%50 PET e) PP+%60 PET (SEM micrographs of the PP/PET blends)

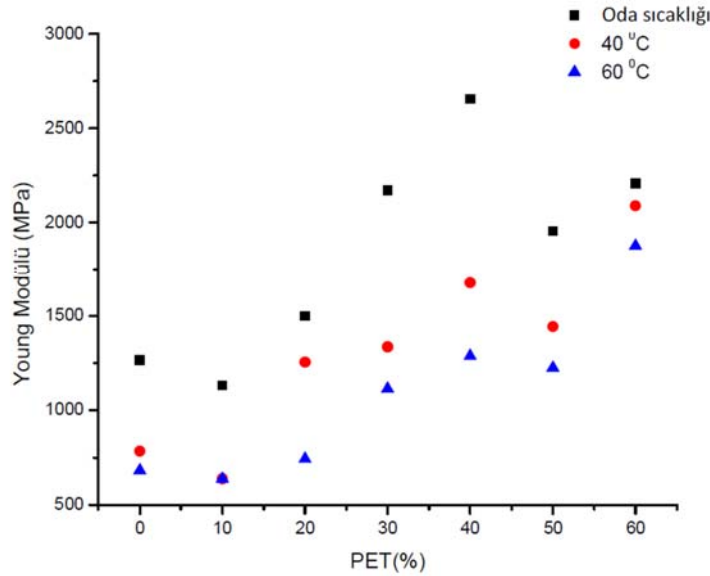
yapılarındaki farklılıklarından dolayı uyumsuz malzemeler olduğu için malzemeler eşit olarak karışmamış ve uyumlaştırıcının etkisi ile Young modül değeri azalmıştır. SEM görüntüleri de bu görüşü desteklemektedir. SEM görüntülerinde bu karışımlar iki ayrı faz şeklinde gözükmektedir. Ayrık fazda görüntülerde PET parçacıkları büyük küresel damlacıklar halinde olduğu ve aralarında belirgin bir yapışma olmadığı gözlenmektedir. Bu yapışmanın iyi olmaması mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir. Yapışmanın daha iyi seviyede olması için uyumlaştırıcı oranı çok önemlidir fakat bu tür katkılar da karışımın mekanik dayanımını düşürebilmektedir. Şekil 2’de Young modülü bütün sıcaklıklar için maksimum değerine %40 PET oranında ulaştığı gözlenmiştir [11]. PP+ %50 PET örneğinde PET ve PP oranları eşit oranda bulunduğu için yapısal bir faz geçişi olmaktadır ve matris yapı değişmektedir. Bu sebeple bu örnekte Young modül değerlerinin PP+ %40 PET’e göre düştüğü gözlenmiştir.

Saf PP için Young modülü oda sıcaklığında 1265,71 MPa iken PP+ %40 PET katkılı numunede 2653,79 MPa değerine ulaştığı ve Young modülünde yaklaşık olarak %210 gibi bir artış olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığa bağlı olarak Young modülündeki değişimi inceleyecek olursak literatürde belirtildiği gibi sıcaklık artışı ile Young modülü değeri

azalmaktadır [12]. Bütün sonuçlara genel olarak bakıldığında sıcaklık artışı ile Young modülü değerinin azaldığı gözlenmiştir. Tablo 1’e göre Young modülünün sıcaklığa bağlı değişimi yaklaşık olarak %55 iken PP+ %40 PET örneğinde %48 olduğu gözükmektedir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi PET katkısı ile sıcaklığa bağlı değişim daha az olduğu gözlenmiştir.

Akma mukavemet değerleri (Şekil 3) bütün sıcaklık değerleri için saf PP’ye göre PET katkısı ile artmaktadır. %40 PET oranında maksimum değerine ulaşmıştır [9]. Oda sıcaklığında Saf PP için akma mukavemeti 15,25 MPa iken %40 PET katkılı numunede akma mukavemeti 28 MPa’ya ulaşarak yaklaşık olarak %83 ‘luk bir artış göstermiştir. 60°C sıcaklıkta PET ‘in camsı geçiş sıcaklığına yaklaştığı için %40 PET katkılı numunede aynı maksimum gözükmemektedir. Sıcaklık artması ile literatüre uygun olarak akma mukavemeti bütün örneklerde azalma göstermiştir.

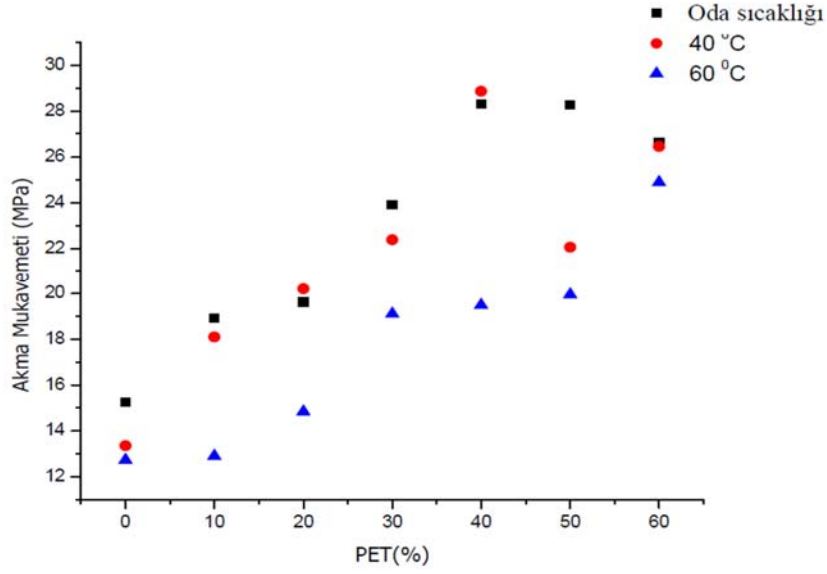
Şekil 4’de sertlik değerlerine baktığımızda sertlik değerlerinin PET katkısı ile arttığı gözlenmiştir ve oda sıcaklığında %40 PET katkılı numunede malzeme deformasyona karşı gösterdiği direncin maksimumuna



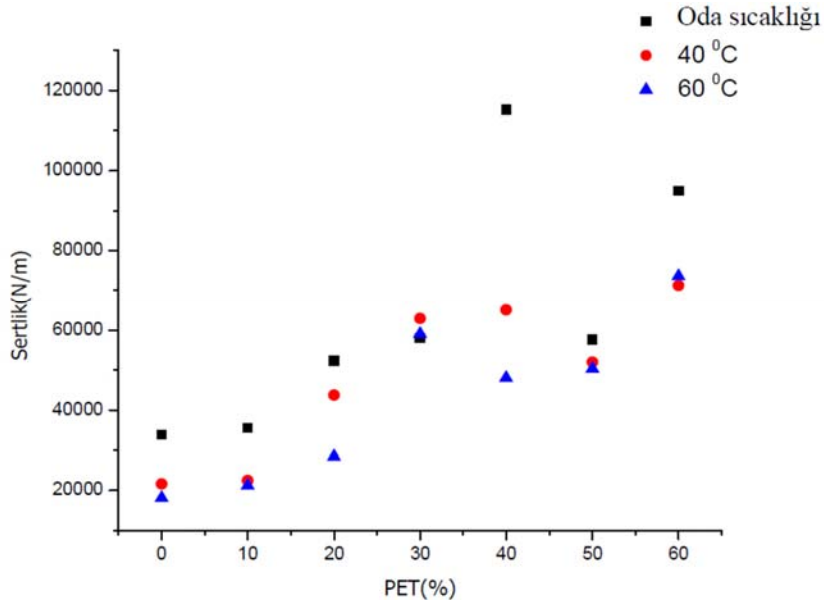
Şekil 2. 25 mm/dk çekme hızında farklı sıcaklıklarda PET katkısına bağlı Young modülünün değişimi (Dependence of Young modulus on content of PET at crosshead speed of 25 mm/min at different temperatures)

Tablo 1. 25 mm/dk çekme hızında farklı sıcaklıkta PP ve PP+%40 PET karışımlarının Young modülü değerleri (Young modulus value of PP and PP+%40 PET blend at cross head speed of 25 mm/min at different temperatures)

Örnek	Sıcaklık (°C)	Young Modülü (MPa)	Örnek	Sıcaklık (°C)	Young Modülü (MPa)
PP	Oda Sıcaklığı	1265,71	PP+%40PET	Oda Sıcaklığı	2653,79
	40	785,67		40	1677,15
	60	684,88		60	1287,63



Şekil 3. 25 mm/dk çekme hızında farklı sıcaklıklarda PET katkısına bağlı Akma Mukavemetinin değişimi
(Dependence of yield strength on content of PET at crosshead speed of 25 mm/min at different temperatures)



Şekil 4. 25 mm/dk çekme hızında farklı sıcaklıklarda PET katkısına bağlı Sertliğin değişimi
(Dependence of stiffness on content of PET at crosshead speed of 25 mm/min at different temperatures)

ulaştığını söyleyebiliriz. SEM görüntülerinde elde edilen fibril yapıda bunu desteklemektedir. %10 PET katkılı numunenin Saf PP'ye göre sertlik değerinin düşmesinin sebebi karışıma eklenen uyumlaştırıcının malzeme dayanımını düşürme etkisidir. Bu örnekte uyumlaştırıcının malzeme dayanımına negatif etkisinin PET'in olumlu etkisine baskın geldiği söylenebilir. Aynı zamanda %50 PET katkılı numunede Young modülünde görülen azalma malzeme sertliğinde de gözlenmiştir. Bu örnek için verilen SEM görüntülerinde gözükten yapısal faz değişimi ve malzeme homojenliğinin bozulması da bu sonuçları desteklemektedir.

3.2.2. Dinamik mekanik analiz sonuçları (DMA results)

DMA analizinde elde edilen Tan δ deneysel verilerin pik değerlerinden elde edilen camsı geçiş sıcaklığı ve depolama modülü değerleri Tablo 2 ve 3 de verilmiştir. Sertliğin bir göstergesi olan depolama modülü %0-20 PET oranları arasında ciddi bir değişim göstermezken, %20-40 PET oranları arasında daha yüksek bir artış sergilemektedir. %50 PET oranında ise bu değer ciddi bir düşüş göstermektedir [Tablo 2]. Depolama modülündeki bu azalmaya bu oranda yapısal bir faz geçişinin olması sebep olmaktadır. SEM görüntüleri de bunu desteklemektedir. Tablo 2'de görüldüğü

gibi %60 PET örneğinde depolama modülü değeri tekrar artış göstermektedir. Tablo 3’de görüldüğü gibi Tan δ sonuçlarına bakıldığında Tg değerinin artan PET miktarı ile birlikte artışı ve Tan δ pikin genişlediği ve şiddetinin arttığı sonucuna varılmıştır [13].

3.3. FT-IR Analizi (FT-IR Analysis)

Saf PP’nin FT-IR analizine baktığımızda karakteristik absorpsiyon bantları 2916 cm⁻¹ ve 2839 cm⁻¹ de sırasıyla simetrik olmayan kuvvetli alifatik -CH₂ ve simetrik alifatik -CH gerilmeleri gözükmemektedir. PP katkısı azaldıkça bu titreşimlerin buna bağlı olarak pik alanlarında azalma

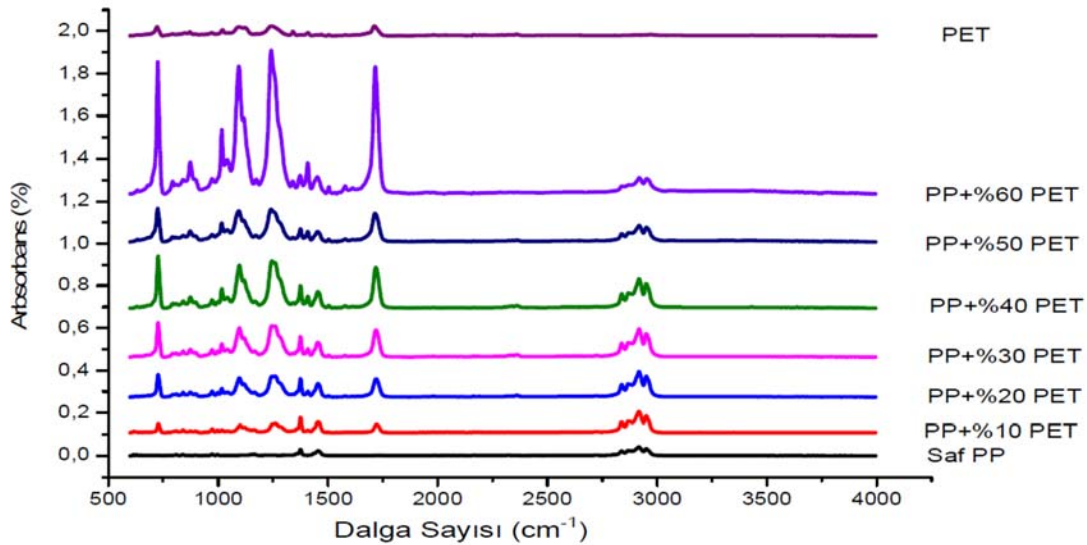
gözlenmektedir. 2950 cm⁻¹de simetrik olmayan -CH₃ ve 2865 cm⁻¹de simetrik C-H gerilmesi gözükmemektedir. 1720 cm⁻¹civarında bulunan ester yapısındaki karbonil (C=O) gruplarına ait pikin şiddeti PET oranı arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. 1454 cm⁻¹ve 1375 cm⁻¹de CH₂ eğilmesi PET oranı arttıkça azalmaktadır (Şekil 5). PP/PET karışımları için FTIR inceleme sonuçlarını karşılaştırdığımızda yeni pikler gözlenmemiştir bu duruma göre karışımlar arasında göze çarpan bir kimyasal etkileşme yoktur. Fakat PP/PET karışımında kullanılan PP-MA uyumlaştırıcısı piklerin kaymasına neden olmaktadır. Bütün PP/PET karışımları için bantların konumlarında Saf PET’e veya Saf PP’ye göre pik boylarındaki değişen PET

Tablo 2. 1 Hz frekansta Depolama modülünün sıcaklıkla değişimi
(Change of storage module with temperature at 1 Hz frequency)

Örnekler	Depolama Modülü (MPa)		
	30°C	40°C	60°C
PP	395,1	334,7	178,7
PP+%10PET	372	335,8	222,6
PP+%20PET	417,1	400,4	288,9
PP+%30PET	712,6	671	556,2
PP+%40PET	1146	1073	875,9
PP+%50PET	1049	970	750,7
PP+%60PET	1409	1344	1131

Tablo 3. 1 Hz frekansta Camısı Geçiş Sıcaklığının (Tg) katkı oranı ile değişimi
(Change of glass transition temperature (Tg) with contribution rate at 1 Hz frequency)

Örnekler	T _g (°C)
PP+%10PET	84,28
PP+%20PET	84,60
PP+%30PET	84,98
PP+%40PET	82,70
PP+%50PET	83,77
PP+%60PET	86,35



Şekil 5. FT-IR Spektrum (FT-IR Spectrum)

oranlarına bağlı olarak yükselme ve alçalma şeklinde değişimler gözlenmiştir. Yapının PET tarafından değiştirilmesi nedeniyle pik şiddetlerinin PET oranı artışı ile birlikte arttığı gözlenmiştir. PP/PET karışımları için, 1720-1725 cm⁻¹ aralığının da bulunan C=O gerilmesi PP+%60 PET numunesinde maksimuma ulaşmıştır.

Ayrıca PET 'in karakteristik bantlarında saf PET'e göre kayma olduğunu gözlenmiştir. Bu sonuç karışım oranının PP-MA'nın anhidrit grupları ve PET 'in uç grupları arasındaki hidrojen bağları arasındaki ilişki olduğunu önemli bir kanıt olarak göstermektedir [14].

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

PP/PET karışımlarının PET katkısı ile morfoloji ve mekanik özelliklerinin değişimi incelendiğinde SEM görüntülerinde PP+ %30PET katkı oranına kadar PET ile yapı arasında boşluklar gözükmemekte ve PP+ %30PET örneğinde daha homojenize bir yapı olduğu gözükmemektedir. PP+%40 PET karışımında damlacık formundan fibril formuna geçiş daha açık bir şekilde gözükmemektedir. PP+%50 PET karışımında homojenlik tekrar bozulmaya başlamış ve yapıda tekrar boşlukların oluşmaya başlamıştır. Saf PP için Young modülü oda sıcaklığında 1265,71 MPa iken PP+ %40 PET katkılı numunede 2653,79 MPa değerine ulaştığı ve Young modülünde yaklaşık olarak %210 gibi bir artış olduğu gözlenmiştir. Young modülünün sıcaklığa bağlı değişimi yaklaşık olarak %55 iken PP+ %40 PET örneğinde %48 olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi PET katkısı ile sıcaklığa bağlı değişim daha az olmuştur. PP+ %50 PET örneğinde PET ve PP oranları eşit halde bulunduğu için yapısal bir faz geçişi olmaktadır ve matris yapı değişmektedir. Bu sebeple bu örnekte Young modülü değerlerinin PP+ %40 PET'e göre düştüğü gözlenmiştir.

DMA sonuçlarından T_g değerinin artan PET miktarı ile birlikte arttığı ve *tanδ* pikinin genişlediği ve şiddetinin arttığı sonucuna varılmıştır. Sertliğin bir göstergesi olan depolama modülü %0-20 PET oranları arasında ciddi bir değişim göstermezken, %20-40 PET oranları arasında daha yüksek bir artış sergilemektedir. Bu çalışmada özellikle plastik boru imalatında kullanılmak üzere PP'ye yapılan cam elyaf katkısı yerine PET katkısı yapılarak PP'nin mekanik özelliklerine etkisi incelenmiş ve uygulama için en iyi mekanik özelliklere PP+ %40 PET örneği olduğu sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışmada kullanılan örnekler için Mir-Arge'ye ve çalışanlarına destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Koysuren O., Yesil S. ve Bayram G., Effect of Solid State Grinding on Properties of PP/PET Blends and

- Their Composites with Carbon Nanotubes , Journal of Applied Polymer Science, 133 (34), 2009.
2. Ahrabi A., Bilici İ., Bilgesü Y.A., Investigation of Composite Material Production Using Waste PET's, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27 (3), 467-471, 2012.
 3. Pang Y.X., Jia D.M., Hu H.J., Hourston D.J. ve Song M., Effects of a compatibilizing agent on themorphology, interface and mechanical behaviour of polypropylene/poly(ethyleneterephthalate) blends, Polymer, 41, 357-365, 2000.
 4. Murathan A., Murathan A., Karadavut S., Seability of High Density Polypropylene Textile Waste in Composite Material Production, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 29 (1), 9-14, 2014.
 5. Si X., Guo L., Wang Y. ve Lau K., Preparation and study of polypropylene/polyethyleneterephthalate composite fibres, Composites Science and Technology, 68, 2943-2947, 2007.
 6. Zhang Z., Friedrich K., Artificial neural Networks applied to polymercomposite, Composites Science andTechnology, 63, 2029-2044, 2003.
 7. Mirjalili F., Moradian S., Ameri F., Enhancing the Dyeability of Polypropylene Fibers by Melt Blending with Polyethylene Terephthalate, The Scientific World Journal, 2013, 2013.
 8. Otsuka T., Kurosawa A., Maeda M., Yamada K., Murakami M., Hamada H., Barrier, Adsorptive, and Mechanical Properties of Containers Molded from PET/PP Blends for Use in Pharmaceutical Solutions, Materials Sciences and Applications, 4, 589-594, 2013.
 9. Akbari M., Zadhoush A., Haghghat M., PET/PP Blending by Using PP-g-MA Synthesized by Solid Phase, Journal of Applied Polymer Science, 104, 3986-3993, 2007.
 10. Zhang M., Colby R.H., Milner S.T., Chung M., Synthesis and Characterization of Maleic Anhydride Grafted Polypropylene with a Well-Defined Molecular Structure, Macromolecules, 46, 4313-4323, 2013.
 11. Özcanli Y., Kosovoali Çavuş F., Beken M., Comparison of Mechanical Properties and Artificial Neural Networks Modeling of PP/PET Blends, Acta Physica Polonica A, 130, 444-446, 2013.
 12. Kinloch A.J., Young R.J., Fracture Behaviour of Polymers, Kinloch, A.J., Springer Science & Business Media, London, UK, 1995.
 13. Kosovoali Çavuş F., Özcanli Y., Beken M., Tekin Terim E., Çoban E., Dynamic Mechanical Analysis of PP/PET Blends and Artificial Neural Network Modelling, International Congress on Fundamental and Applied Sciences, İstanbul-Türkiye, 132, 22-26 Ağustos, 2016.
 14. Oromiehie A., Meldrum I.G., Characterization of Polyethylene Terephthalate and Functionalized Polypropylene Blends by Different Methods, Iranian Polymer Journal, 8 (3), 1999.