

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEK BİLEŞENLİ POLİPROPİLEN VE POLİAMİD ESASLI
KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

**Hazırlayan
Hatice NARSAT**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Kasım 2014
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEK BİLEŞENLİ POLİPROPİLEN VE POLİAMİD ESASLI
KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Hatice NARSAT**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DOĞAN**

**Kasım 2014
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Hatice NARSAT

İmza :



YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Tek Bileşenli Polipropilen ve Poliamid Esaslı Kompozitlerin Üretimi ve Karakterizasyonu” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan
Hatice NARSAT



Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DOĞAN



Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Kadir BİLİŞİK



Yrd. Doç Dr. Mehmet DOĞAN danışmanlığında **Hatice NARSAT** tarafından hazırlanan “**Tek Bileşenli Polipropilen ve Poliamid Esaslı Kompozitlerin Üretimi ve Karakterizasyonu**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

13 /11/ 2014

JÜRİ:

Danışman :Yrd.Doç.Dr. Mehmet DOĞAN



Üye :Doç.Dr. M.İbrahim BAHTİYARİ

Üye :Yrd.Doç.Dr. Soner SAVAŞ

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 25/11/2014 tarih ve 2014/53-03 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



25 11 2014
Prof. Dr. Kazım KESEİOĞLU
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bana danışmanlık yapan, bilgi ve deneyimlerini paylaşan, yol gösteren, hiçbir desteğini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet Doğan'a ,

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi tez çalışmam boyunca bana destek olan aileme ve yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşlarıma,

İyi kötü her günümde yanımda olduğu gibi tezim boyunca da bana destek olan, anlayış gösteren, yardımlarını ve sevgisini esirgemeyen sevgili eşim Mehmet Ali Narsat'a

Ve isimlerini sayamadığım, tez çalışmama katkıda bulunan herkese en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Hatice NARSAT

Kasım 2014, KAYSERİ

TEK BİLEŞENLİ POLİPROPİLEN VE POLİAMİD ESASLI KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Hatice NARSAT
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ekim 2014
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet DOĞAN

ÖZET

Bu tez çalışmasında polipropilen (PP) ve poliamid (PA) esaslı tek bileşenli polimer kompozit malzeme üretilerek, kompozitte kullanılan matris malzemelerinin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. PP esaslı kompozit malzemelerin üretiminde PP'nin kopolimeri (co-PP) ve beta kristalin PP (β -PP) matris malzemesi olarak kullanılmıştır. PP şeritten dokunmuş bezayağı kumaş ise takviye malzemesi olarak kullanılmıştır. PA esaslı kompozitlerde ise PA-6 matris malzemesi olarak kullanılmıştır. PA 6.6 liften dokunmuş kumaş ise takviye materyali olarak kullanılmıştır. PA esaslı kompozitlere aynı zamanda güç tutuşur özellik kazandırılması da amaçlanmıştır. Bu amaçla ticari organik fosfinat esaslı iki farklı güç tutuşurluk maddesi kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, PP esaslı matris malzemelerinin hem kopma hem de darbe dayanımı iyileştirilmiştir. PP esaslı kompozitlerde maksimum kopma dayanımı kullanılan matris malzemesinin erime noktasının 10 °C üzerindeki proses sıcaklıklarında bulunmuştur. PA-6 matris malzemesinin mekanik özellikleri iyileştirilmiştir. Maksimum mekanik özellikler 240 °C'de kompozit malzeme üretildiğinde elde edilmiştir. Aynı zamanda matris malzemesine güç tutuşurluk maddesi ilave edilmesi ile üretilen kompozitlerin hem mekanik hem de güç tutuşur özellikleri iyileştirilmiştir. Kullanılan güç tutuşurluk maddelerinden OP 1230' un hem mekanik hem de güç tutuşur özellikleri iyileştirmesi bakımından en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Polipropilen, poliamid, mekanik özellik, kompozit, güç tutuşurluk

POLYPROPYLENE AND POLYAMIDE SINGLE COMPONENT COMPOSITE OF PRODUCTION AND CHARACTERIZATION

Hatice NARSAT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, October 2014

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Mehmet DOĞAN

ABSTRACT

In this study, it is aimed that to improve the mechanical properties of matrix material by producing polypropylene (PP) and polyamide (PA) based all polymer composites. PP copolymer (co-PP) and beta crystalline PP (β -PP) are used as matrix material during the production of all PP composites. The woven fabric produced with PP tape is used as reinforcing material. Polyamide 6 (PA-6) is used as matrix material for the production of all PA composites. The woven fabric produced with PA 6.6 fiber is used as reinforcing material. It is also aimed that to produce all PA composites having flame retardant property. Thus, two different commercially available organic phosphinate based flame retardant is used. According to the test results, the tensile and impact properties of PP based matrix materials are improved. The maximum tensile strength is achieved at process temperature of 10 °C above the melting point of relevant matrix material in all PP composites. The mechanical properties of PA-6 matrix is improved. The maximum mechanical properties is achieved at process temperature of 240 °C in the production of all PA composites. The mechanical and flame retardant properties of all PA composites are improved with the addition of flame retardant additives. The flame retardant called OP 1230 show best results in terms of improving both mechanical and flame retardant properties.

Keywords: Polypropylene, polyamide, mechanical properties, composite, flame retardancy

İÇİNDEKİLER

TEK BİLEŞENLİ POLİPROPİLEN VE POLİAMİD ESASLI KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1.Polipropilenin Yapısı ve Özellikleri.....	3
1.2 Poliamid Yapısı ve Özellikleri.....	4
1.3 Konvansiyonel Polimer Esaslı Kompozitler	4
1.4 Tek Bileşenli Polimer Kompozit Malzemeler (TBPk).....	6
1.5 TBPk'ların Avantaj Ve Dezavantajlı Yönleri.....	7
1.6 TBPk'lerin Üretim Yöntemleri	8
1.6.1 Daldırma Tekniği	8
1.6.2 Sıcak Sıkıştırma (Sıcak Kompaksiyon)	8
1.6.3 Bikomponent Teknolojisi.....	9
1.6.4 Film İstifleme Yöntemi.....	10
1.7. Karakterizasyon Metotları.....	14
1.7.1 Çekme testi	14

1.7.2 Dinamik Mekanik Analiz (DMA).....	15
1.7.3 Düşen Ağırlık Tipi Darbe Testi (IFWI).....	15
1.7.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	16
1.7.5 Sınırlayıcı Oksijen İndeksi (LOİ)	16
1.7.6. UL-94 Yatay ve Düşey Yakma Testi.....	17

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Malzemeler.....	19
2.2 PP Esaslı Filmlerin ve Kompozitlerin Üretimi	20
2.3 PA-6 Esaslı Filmlerin ve Kompozitlerin Üretimi	22
2.4 PP Esaslı Kompozitlerin Karakterizasyonu	23
2.5 Poliamid Esaslı Kompozitlerin Karakterizasyonu.....	23

3. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

3.1 PP Esaslı Kompozitler	25
3.1.1 Kompozit Morfolojisi	25
3.1.2 Çekme Testi.....	26
3.1.3 Düşen Ağırlık Tipi Darbe Testi (IFWI Test)	28
3.1.4 Dinamik Mekanik Analiz.....	30
3.2 PA Esaslı Kompozitler	31
3.2.1 Kompozit Morfolojisi	31
3.2.2 Çekme Testi.....	32
3.2.3 Kompozitlerin Güç Tutuşur Özellikleri	34
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1	Polipropilen monomer ve polimeri	3
Şekil 2	Poliamid 6 (polikaprolaktam) ile Poliamid 6.6	4
Şekil 3	Sıcak sıkıştırma yönteminin şematik gösterimi	9
Şekil 4	Bikomponent teknolojisinin şematik gösterimi	10
Şekil 5	Film istifleme yönteminin şematik görünümü	10
Şekil 6	Lif yüzeyinde transkristalin yapının görünümü.....	13
Şekil 7	LOİ test yöntemi.....	16
Şekil 8	UL-94 test düzeneği	18
Şekil 9	Laboratuar tipi ısıtılabilir pres ve kalıpları	21
Şekil 10	PA-6 matris ve PA 6.6 lifin DSC grafikleri	23
Şekil 11	Kompozitlerin enine kesit görüntüleri.....	26
Şekil 12	Kompozitlerin gerilim uzama grafiği	27
Şekil 13	β -PP esaslı kompozitlerin IFWI test sonrası görüntüleri.....	29
Şekil 14	Co-PP esaslı kompozitlerin IFWI test sonrası görüntüleri	29
Şekil 15	Tüm kompozitlerin kuvvet zaman grafikleri.....	30
Şekil 16	Kompozitlerin elastik modül sıcaklık grafikleri.....	30
Şekil 17	Farklı sıcaklıklarda işlem gören PA kompozitlerin 400 büyütmede enine kesit görüntüleri.....	31
Şekil 18	240 °C’de işlem görmüş ağırlıkça %10 oranında güç tutuşurluk maddesi içeren kompozitlerin enine kesit görüntüleri.....	32
Şekil 19	Saf PA-6 ve farklı sıcaklıklarda işlem gören PA-6 kompozitlerin gerilim uzama grafikleri.....	33
Şekil 20	Güç tutuşur kompozitlerin gerilim kopma grafikleri	34

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1	Kompozit üretiminde yaygın bir şekilde kullanılan polimerler ve özellikleri	5
Tablo 2	Polimer esaslı kompozit malzeme üretiminde yaygın olarak kullanılan elyaflar ve özellikleri	6
Tablo 3	UL-94 sınıflandırılması	18
Tablo 4	PP filmlerin ve PP şeritin özellikleri	20
Tablo 5	PP esaslı kompozitlerin bileşim.....	22
Tablo 6	Kompozitlerin çekme test verileri	28
Tablo 7	PA-6 esaslı kompozitlerin çekme test sonuçları	33
Tablo 8	Kompozitlerin içeriği, LOI değerleri ve UL-94 dereceleri	35

GİRİŞ

Polimerler uzun zincir yapısına sahip moleküller olup yüksek mekanik özellikleri, düşük yoğunlukları ve kolay işlenebilirlikleri gibi özellikleri sayesinde günlük hayatta kullandığımız metal, seramik ve odundan yapılmış birçok ürünün yerini almıştır. Polimerlerden kullanım alanına bağlı olarak farklı özellikler beklenmektedir. Polimerler, bu beklenen özellikleri karşılayabilmesi için içerisine çeşitli dolgu malzemeleri ilave edilerek kullanılmaktadır. İçerisinde çeşitli dolgu malzemesi içeren kullanıma hazır haldeki polimerler plastik olarak adlandırılmaktadır [1]. Plastik malzemedeki beklenen özellikler zamanla değişmiş ve günümüzde çevre kirliliğine olan bilincin artmasıyla geri kazanılabilir ve/veya doğada yok olan plastik malzemelerin kullanılması yönünde bir eğilim söz konusudur [2].

Kompozit, iki veya daha fazla malzemenin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan ve meydana geldiği malzemelerden farklı özelliklere sahip yeni malzemeleri belirtmek için kullanılan terimdir. Kompozit malzeme matris ve takviye malzemesi olmak üzere iki ana faz ve bunların etkileşim halinde olduğu arafaz kısımlarından oluşmaktadır. Polimer esaslı kompozit malzeme; matris malzemesi polimerden oluşan, takviye malzemesi olarak elyaf veya elyaftan üretilmiş tekstil yüzeylerinin kullanıldığı kompozitlerdir [2, 3]. Polimerlerin sertlik ve dayanıklılık özelliklerinin iyileştirilmesi için 1960'lı yılların başlarında polimer esaslı kompozit malzemeler sanayi ölçeğinde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmış olup, günümüzde yıllık 7 milyon ton polimerik kompozit malzeme tüketilmektedir. 2030 yılında bu miktarın 10 milyon ton civarına ulaşması beklenmektedir [3, 4]. Birçok farklı alanda kullanılan bu malzemeler özellikle ulaşım araçlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak dünya'daki petrol kaynaklarının azalması ve her yıl hurdaya çıkan araç sayısının artması otomobil firmalarını araç ağırlığını düşürmeye ve araç içerisinde geri kazanılabilir malzemeler kullanmaya yöneltmiştir. Bu amaçla konvansiyonel polimer kompozitlerin yerine geçebilecek geri dönüştürülmesi kolay, daha hafif, mekanik özellikleri beklentileri karşılayabilecek kompozit malzemelerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Bu

çalışmalar sonucunda konvansiyonel polimer kompozitlere göre geri dönüşümü daha kolay, daha hafif ve mekanik özellikleri kabul edilebilir seviyede olan tek bileşenli polimer kompozit (TBPK) fikri ortaya çıkmıştır.

İdeal TBPK; hem matris hem de takviye malzemesi aynı cins polimerden üretilmiş kompozitlere denilmektedir. Polipropilen (PP)'nin matris malzemesi olarak kullanıldığı ve aynı zamanda PP' den imal edilmiş kumaşın takviye malzemesi olarak kullanıldığı kompozit malzeme ideal TBPK' ye güzel bir örnektir. Ancak matris ve takviye malzemesi aynı polimer sınıfından olup farklı polimerlerle üretilmiş kompozitlerde TBPK sınıfında yer almaktadır. Poliamid -6 (PA-6) matris malzemesi, Poliamid 6.6 (PA 6.6) lif veya kumaş takviye malzemesi olarak kullanıldığında oluşan kompozitte TBPK sınıfında yer almaktadır [5-7].

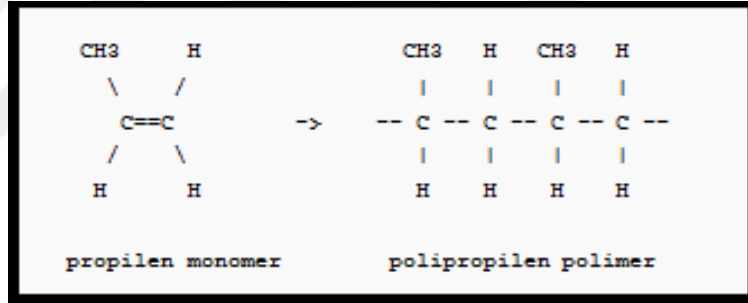
Bu tez çalışmasında preste kalıplama yöntemiyle polipropilen (PP) ve poliamid esaslı tek bileşenli kompozit malzemelerin üretilmesi ve karakterizasyonun yapılması amaçlanmıştır. Böylece matris malzemesine göre çok daha yüksek mekanik özellik gösteren, hafif ve geri dönüşümü kolaylıkla yapılabilecek kompozit malzemelerin üretilmesi sağlanacaktır. Bu üretilen malzemelerden polipropilen esaslı olanlar özellikle otomotiv sektöründe yaygın kullanım alanı bulması düşünülmektedir. Poliamid esaslı olan malzeme ise yine otomotiv ve yüksek mühendislik uygulamalarında kullanım alanı bulması hedeflenmektedir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Polipropilenin Yapısı ve Özellikleri

Polipropilen (PP), petrolden elde edilen propilen gazının ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$) polimerizasyonu ile üretilen termoplastik bir polimerdir ve kimyasal liflerin poliolefinler grubunda yer alırlar. Şekil 1’de monomer ve polimer yapısı görülmektedir.



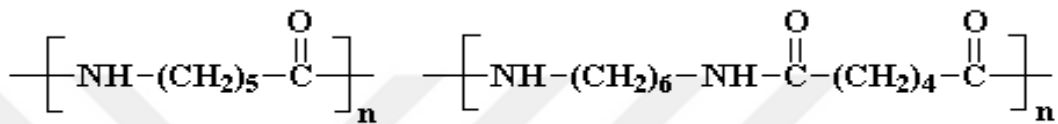
Şekil 1. Polipropilen monomer-polimeri.

Polipropilen yarı şeffaf, beyaz ve katı bir termoplastiktir. Spesifik ağırlığı en düşük polimerdir ($0,90-0,91 \text{ g/cm}^3$). $121 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar olan sıcaklıklarda uzun süre kullanılabilir. Erime noktası $160 \text{ }^\circ\text{C}$ civarında olduğu için polipropilen malzemeler sterilize edilebilirler. Soğuk organik çözümlerde çözünmez, sıcak çözümlerde ise yumuşar. Isı ve ışığın etkisiyle kolayca bozulduğundan antioksidantlarla birlikte kullanılmalıdır. Kolay bir şekilde renklendirilememesine rağmen iyi bir elektriksel dirence sahiptir. Su absorpsiyonu ve geçirgenliği düşüktür. Mantarlara ve bakterilere karşı oldukça dayanıklıdır. $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ki sıcaklıklarda asitlere ve bazlara karşı dayanıklıdır. Klor, nitrik asit, sülfürik asit ve diğer kuvvetli oksitleyiciler tarafından etkilenir [9]. Polipropilen lifleri günümüzde hazır giyim, döşemelik kumaşlar, ev

tekstilleri, halılar, tıbbi tekstiller, otomotiv tekstilleri, teknik tekstiller, jeotekstiller vb ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.2 Poliamid Yapısı ve Özellikleri

Poliamid elyafı sektörde Naylon adıyla bilinmektedir. Naylon elyafı; kimyasal elyafların üretilmesinde öncü konumda olan, çok kullanılan ve çok çeşitleri olan bir elyaftır. Bu güne kadar en çok bilinen naylon elyafları, poliamid 6 ve poliamid 6.6'dır.



Şekil 2. Poliamid 6 ve Poliamid 6,6'nın molekül yapısı.

Naylon elyafının yüzeyi pürüzsüzdür ve genelde silindirik bir yapıya sahiptir. Poliamid 6.6'nın yumuşama noktası 230°C, erime noktası 250°C'dir. Poliamid 6'da ise yumuşama noktası 170°C, erime noktası 210°C'dir. Özgül ağırlıkları 1.14-1.15 gr/cm³'tür.

1.3 Konvansiyonel Polimer Esaslı Kompozitler

Polimer esaslı kompozit malzemelerin; üretilmesinde matris malzemesi olarak kullanılan polimerler termoset ve termoplastik olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Kullanılan matris malzemesinin termoset veya termoplastik olması kompozit malzemenin üretim yöntemini ve son ürün özelliklerini direkt olarak etkilemektedir [2, 3]. Polimer esaslı kompozit malzeme üretiminde yaygın bir şekilde kullanılan polimerler ve genel özellikleri Tablo 1' de verilmiştir [3]. Termoset polimerlerde kürleşme sonrası zincirler arası kovalent bağlar oluştuğu için bu malzemelerin daha sonra herhangi bir etkiyle (ısı, uygun çözücü) tekrardan şekillendirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu yüzden termoset polimerlerden imal edilmiş polimer kompozitlerin geri kazanılması mümkün olmamaktadır.

Tablo 1. Kompozit üretiminde yaygın bir şekilde kullanılan polimerler ve özellikleri [3].

Polimer	Yoğunluk (g/cm ³)	Kopma Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)
Epoksi	1,2-1,4	50-110	2,5-5,0
Fenolik	1,2-1,4	35-60	2,7-4,1
Poliester	1,1-1,4	35-95	1,6-4,1
Nylon	1,1	55-90	1,3-3,5
PEEK	1,3-1,35	100	3,5-4,4
PPS	1,3-1,4	80	3,4
Poliester	1,3-1,4	55-60	2,1-2,8
Polikarbonat	1,2	55-70	2,1-3,5
Polietilen	0,9-1,0	20-35	0,7-1,4

Polimer esaslı kompozit malzeme üretiminde yaygın olarak kullanılan elyaflar ve özellikleri Tablo 2’ de verilmiştir [2]. Takviye malzemesi olarak bu elyaflar kırılmış halde veya tekstil yüzeyi (dokuma, örme ve dokusuz yüzeyler) olarak kullanım alanı bulmaktadır. Kırılmış elyafların termoplastik polimerlerde takviye malzemesi olarak kullanıldığında geri kazanımı tekstil yüzeyi formunda kullanımına göre daha kolay olmaktadır. Karbon elyaf takviyeli kompozitler cam elyaf takviyeli kompozitlere göre mukavemet ve hafiflik bakımından karbon elyaf düşük yoğunluk ve yüksek mekanik özelliklere sahip olduğu için daha avantajlı olmaktadır. Ancak üretilen kompozitlerin maliyeti yüksek ve geri dönüşümleri daha zor olmaktadır. Cam elyaf takviyeli kompozitler fiyat performans ilişkisi bakımından iyi performans sergilediklerinden karbon elyaf takviyeli kompozitlere göre daha yaygın kullanılmaktadır. Cam elyafın yoğunluğunun yüksek olması nedeniyle üretilen kompozit malzemeler ağır olmakta ve geri dönüşümleri problemlili ve maliyetli olmaktadır [3]. Doğal liflerin yoğunluğu düşük olduğu için daha hafif ve mekanik özellikleri bakımından cam elyaf takviyeli kompozit malzemelere yakın kompozit malzemeler üretmek mümkün olmaktadır. Doğal elyaf takviyeli kompozitlerin en büyük dezavantajı ise geri dönüşümleri sırasında ikinci bir ısıl işleme maruz kaldıklarında takviye materyali olarak kullanılan doğal lifin bozunmasıdır [2, 8].

Polimer esaslı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini etkileyen faktörler; kullanılan matris ve takviye malzemesinin cinsi, takviye malzemesinin matris içerisindeki dağılımı ve matris malzemesi ile yapışma derecesidir. Takviye malzemesinin matris malzemesi içerisinde dağılımı iyi ve yapışma isteği ne kadar fazla ise üretilen kompozit malzemenin mekanik özellikleri o kadar iyi olmaktadır. Takviye malzemesinin dağılımı ve matris malzemesine yapışma isteği matris malzemesi ile takviye malzemesinin uyumluluğu ile alakalıdır. Polimer esaslı kompozit malzemelerin hemen hemen hepsinde görülen ortak problem ise takviye malzemesi ile matris materyali arasındaki uyumsuzluktur. Bu uyumsuzluk takviye malzemesinin yüzeyinin fiziksel ve/veya kimyasal modifikasyonlarla matris malzemesi ile uyumlu hale getirilerek çözülmeye çalışılmaktadır. Bu yapılan modifikasyonlar son ürün maliyetini artırmaktadır [8-11].

Tablo 2. Polimer esaslı kompozit malzeme üretiminde yaygın olarak kullanılan elyaflar ve özellikleri [2].

Elyaf	Yoğunluk (g/cm³)	Kopma Dayanımı (Mpa)	Elastisite Modülü (Gpa)
Karbon	1,78	3400-4800	240-425
E-Cam	2,55	3400	73
Kevlar	1,44	3000	60
Keten	1,5	345-1500	27,6
Jüt	1,3-1,49	393-800	13-26,5
Sisal	1,45	468-700	9,4-22
Rami	1,55	400-938	61,4-128

1.4 Tek Bileşenli Polimer Kompozit Malzemeler (TBPk)

İlk TBPk malzeme üretimi Capati ve Porter tarafından 1975 yılında yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılarak üretilmiştir [12]. 1990 yılında Profesör David Bassett ve arkadaşları TBPk üretiminde sıcak kompaksiyon yöntemini geliştirmişlerdir [6]. 1994 yılında sıcak kompaksiyon yöntemi ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde Curv, Pure, Paralite ve Armordon ticari isimli PP esaslı TBPk'ler otomobil alt koruma,

dizlik, bavul ve hoparlör kasası üretiminde kullanılmaktadır. Kaypla ticari isimli ürün ise polietilen (PE) esaslı TBPk olup PP ile benzer yerlerde kullanım alanı bulmaktadır [5,7, 13].

Teorik olarak; termoplastik özellik gösteren ve oriyante olabilen her polimerik malzemeden TBPk üretilmektedir. Geçmişteki çalışmalar yaygın olarak TBPk üretiminde PE, PP, poliamid, poli (etilen tereftalat) (PET), poli (laktik asit) (PLA) ve polimetil metakrilat (PMMA) sınıfında yer alan homo ve kopolimerlerin kullanıldığını göstermektedir [5-7, 13, 14]. Bu sınıfta yer alan polimerlerin ortak özellikleri film ve lif üretilen polimerler olmasıdır. Bu polimerlere ek olarak selüloz, protein, ve nişasta esaslı TBPk üretimi de mümkün olmaktadır [7]. Bu tip kompozitlerin doğada tamamen yok olma avantajı olmasına rağmen genel olarak TBPk'lerin üretim tekniklerine uymaması bakımından bu derleme kapsamı dışında tutulmuşlardır.

1.5 TBPk'ların Avantaj Ve Dezavantajlı Yönleri

TBPk malzemeler matris ve takviye malzemesi aynı veya aynı sınıfa ait polimerlerden oluştuğu için eritildiklerinde tek bir malzeme gibi davranırlar, bu sayede geri dönüşümleri kolay olmaktadır. Bu tip kompozit malzemelerin üretiminde takviye elemanının yüzeyi kısmen eritilerek, eriyik haldeki matris malzemesi ile birleşmesi sağlanır. Birbirleriyle benzer yapıda olan bu malzemelerin yapışmasında, konvansiyonel polimer kompozitlerde görülen matris ile takviye materyali arasındaki uyumsuzluk problemi yaşanmamaktadır. Takviye malzemesi olarak yaygın bir şekilde lif oluşturabilen polimerler kullanıldığı için yoğunlukları düşük olmakta bu da konvansiyonel polimer kompozitlere göre hafiflik avantajı sağlamaktadır. Ancak bu tip kompozitlerde karbon lif takviyeli kompozitler kadar sağlam malzeme üretmek mümkün olmamaktadır. Bu kompozitler fiyat, hafiflik ve mekanik performansın birlikte değerlendirildiğinde diğer kompozitlere karşı oldukça avantajlı olduğu göze çarpmaktadır [5-7, 14].

Bu kompozitlerin üretim sırasındaki kontrolü konvansiyonel polimer kompozit malzemelere göre daha zor olmaktadır. TBPk malzemelerde kullanılan lif, bant veya kumaş formundaki oriyante olmuş termoplastik malzemenin yüksek sıcaklık etkisiyle iç

gerilimlerin ortadan kalkarak çekme isteği üretim işlemini zorlaştıran unsurların başında gelmektedir. Bu sorun üretim sırasında uygulanan, üretim yöntemine ve malzemenin cinsine göre değişen basınç miktarı ile ayarlanmaktadır. Diğer karşılaşılan problem ise aynı cins polimer malzeme içeren kompozitlerde takviye ve matris malzemesi arasındaki düşük erime noktası farkıdır. Genellikle 5-9 °C arası düşük bir sıcaklık farkı gösterdiklerinden üretimi sırasında uygulanan çalışma sıcaklık aralığı düşük kalmaktadır. Çalışma sıcaklık aralığı aynı polimer sınıfından farklı polimerler kullanarak 20-40 °C' ye kadar genişletilebilmektedir. Böylece çok daha geniş bir çalışma aralığı elde edilebilir [5-7, 14].

1.6 TBPK' lerin Üretim Yöntemleri

1.6.1 Daldırma Tekniği

Bu teknikte; lif veya tekstil yüzeyi formundaki takviye malzemesi aynı polimerin viskoz çözeltisi içerisine daldırılarak çözünmüş formdaki matris materyalinin lif aralarına nüfuz etmesi sağlanır. Matris malzemesinin lif aralarına nüfuz etmesi için belirli bir süre banyo içerisinde kalması gerektiğinden üretim hızı yavaş olmaktadır. Genellikle matris malzemesi olarak aynı polimerin daha düşük molekül ağırlıklı türleri kullanılarak çözünmüş polimerin difüzyon hızının artması böylece üretim hızının artması sağlanmaktadır. Daldırma banyosundan çıkan malzeme kurutularak TBPK elde edilmektedir. Bu yöntemin diğer bir dezavantajı ise çözücünün aynı cins polimerden yapılmış takviye malzemesini de çözebiliyor olmasıdır. Üretim sırasında takviye malzemesinin yüzeyi kısmen çözünmekte bu da mekanik özelliklerin beklenenden daha düşük çıkmasına neden olmaktadır [14]. Bu yöntemle üretilmiş PE ve PP esaslı TBPK çalışmaları mevcuttur [15-16].

1.6.2 Sıcak Sıkıştırma (Sıcak Kompaksiyon)

Sıcak sıkıştırma yöntemi; lif veya tekstil yüzeyinin uygun sıcaklık ve basınç koşulları altında sıkıştırılması esasına dayanmaktadır. Bu yöntemi diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik tek bir malzeme kullanarak bu malzemenin hem matris hem de takviye materyali görevi görmesi sağlanmaktadır. İdeal TBPK bu yöntem kullanılarak

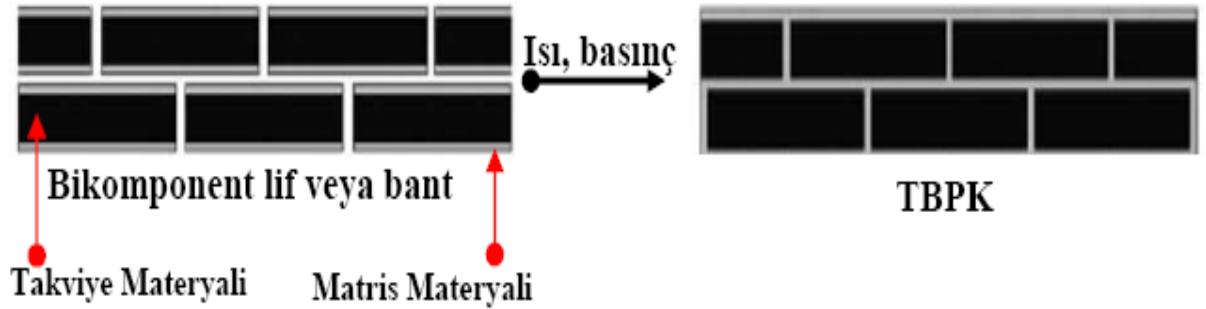
üretilmektedir. Sıcaklık ve basınç etkisiyle kısmen eriyen lif yüzeyi matris malzemesi görevi görürken erimeyen kısım ise takviye malzemesi görevi görmektedir. Bu yöntemin prensibi Şekil 3’ de şematik olarak gösterilmiştir [5]. Bu yöntemin en büyük dezavantajı üretim işleminin oldukça hassas olmasıdır. Dar sıcaklık aralığında (5 °C) çalışma ve kullanılacak tekstil materyalinin doğru tavllanmış olması önem arz etmektedir. Aşırı ısıtma sonucunda tekstil materyali relaksasyona uğrayıp moleküler oriyantasyonunu tamamen kaybedebilir [5, 6, 14]. Bu yöntemle üretilmiş PP, PE, PA 6.6 ve PET esaslı TBPK çalışmaları mevcuttur [17-22].



Şekil 3. Sıcak sıkıştırma yönteminin şematik gösterimi [5].

1.6.3 Bikomponent Teknolojisi

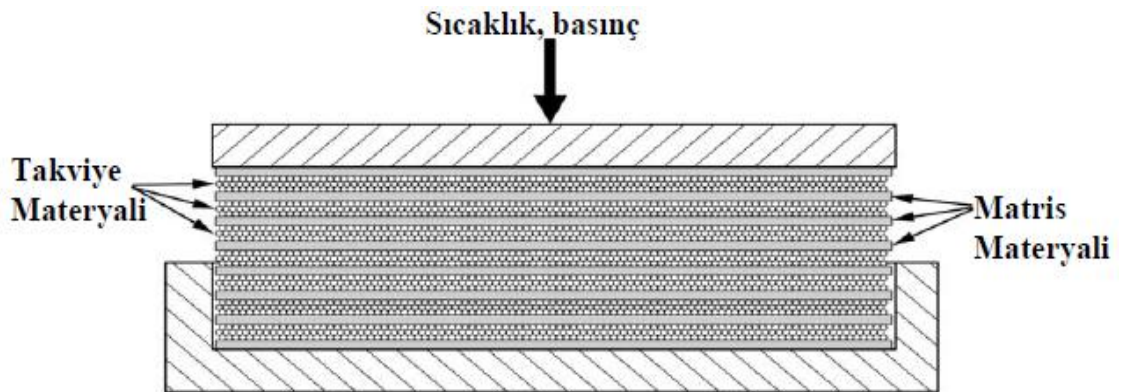
Bikomponent teknolojisinde, TBPK üretimi için aynı polimer sınıfında yer alan erime noktaları farklı polimerlerden üretilmiş bikomponent elyaf, bant veya bunlardan üretilmiş tekstil malzemesi kullanılmaktadır. Buradaki temel mantık erime noktası düşük matris malzemesini oluşturacak polimerin dış kısımda kalması, erime noktası yüksek takviye malzemesi olarak kullanılacak polimerin ise iç kısımda kalmasıdır. Üretim sırasında ısı ve basınç etkisiyle eriyen dış yüzey matris malzemesi görevi görmektedir [5, 14]. Bu yöntemin prensibi Şekil 4’ de şematik olarak gösterilmiştir [5]. Bu teknoloji sayesinde TBPK üretimi için çalışma sıcaklık aralığı 20-40 °C’ ye kadar çıkarılabilir. Bu yöntemin diğer bir avantajı ise hacimce % 90 civarında takviye malzemesi içeren kompozit malzeme üretmek mümkün olmaktadır. Koekstrüzyon teknolojisine bağlı olarak bu tip kompozitlerde yapışma daha iyi olmaktadır. Bu yöntemle üretilmiş PP ve PET esaslı TBPK çalışmaları mevcuttur [23-25].



Şekil 4. Bikomponent teknolojisinin şematik gösterimi [5].

1.6.4 Film İstifleme Yöntemi

Film istifleme yönteminde matris malzemesi film formunda, takviye malzemesi ise lif veya tekstil yüzeyi formundadır. İstenilen son ürün kalınlığına göre en alt ve en üst tabaka matris malzemesi olacak şekilde matris ve takviye malzemesi istiflenir. Üretim sırasında uygulanan sıcaklık ve basınç etkisiyle erime noktası daha düşük olan film eriyerek matris görevi görürken, kısmen yumuşayan tekstil malzemesi ise takviye malzemesi görevi görmektedir [5, 14]. Bu yöntemin prensibi Şekil 5' de şematik olarak gösterilmiştir [5]. Bu yöntemin en önemli avantajı kullanılacak takviye ve matris materyalinin cinsine göre çalışma sıcaklık aralığı istenildiği gibi ayarlanabilir.

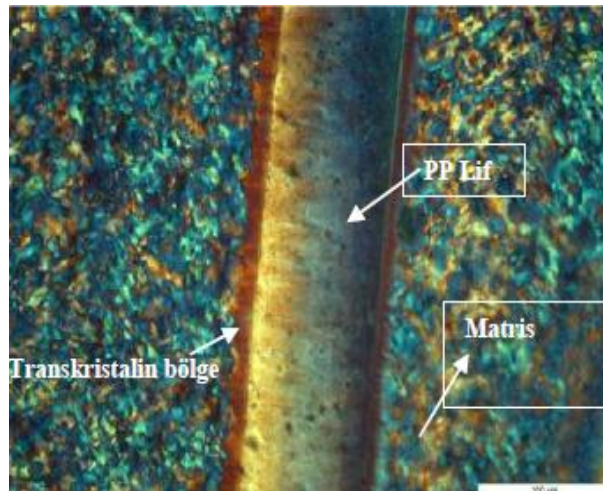


Şekil 5. Film istifleme yönteminin şematik görünümü [5].

Bugüne kadar bu konu ile ilgili birçok çalışma yapılmış olup bu çalışmalar sonucunda poliamid, PE, PP, PET, likit kristal polimerler ve PLA esaslı TBPK üretimi ve karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Film istifleme yöntemi ile en fazla TBPK üretimi PP kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu durum PP'den farklı formlarda üretilebilecek matris ve takviye malzemesi çeşitliliğinden kaynaklanmaktadır. Takviye malzemesi olarak alfa kristalin yapısına sahip PP (α -PP)'den üretilmiş lif, bant ve bunlardan üretilmiş dokuma ve dokusuz yüzey yapıları kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak ise PP'nin rasgele kopolimerinden (r-PP), bu kopolimerin beta kristalin formundan (β -r-PP) ve beta kristalin PP' den (β -PP) üretilmiş filmler kullanılmıştır. Bu konu ile ilgili yapılmış tüm çalışmalar bu materyallerden imal edilmiş farklı matris ve takviye elemanlarının kombinasyonlarından oluşmaktadır [5-7, 14]. r-PP, β -r-PP ve β -PP' nin erime noktası α -PP' ye göre 20-40 °C arası daha düşük olması üretimi sırasında daha geniş çalışma sıcaklık aralığının kullanılmasına imkan vermektedir [26, 27]. Bu yapılan çalışmalar genel olarak üretilen TBPK'lerin son ürün özelliklerinin kullanılan matris ve takviye malzemesinin cinsine, formuna, miktarına ve bunların yapışma derecesine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır [5-7, 14]. Yapılan çalışmalarda β -r-PP ve β -PP matris malzemesi olarak kullanıldığında r-PP' ye göre daha iyi mekanik özellikler elde edilmiştir [26- 28]. Housyar ve arkadaşları farklı dokuma yapısına sahip PP kumaşların (bezayağı, panama, dimi, satin) son ürün özelliklerini etkileyip etkilemediğinin anlaşılması üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu yapılan çalışmada kullanılan takviye malzemesinin dokuma yapısının son ürün özelliklerini etkilediği görülmüştür. Bu çalışmada satin dokuma yapısının en iyi mekanik özellikleri verdiği belirtilmiştir [29]. Housyar ve arkadaşları yapmış oldukları diğer çalışmalarda ise lif çapının son ürün özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmalarda son ürün özelliklerinin kullanılan lifin çapına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymuşlardır [30, 31]. Yapılan çalışmalarda işlem sırasında uygulanan basıncın, sıcaklığın ve soğutma hızının matris ile takviye malzemesi arasındaki yapışma derecesini ve takviye malzemesi yüzeyinde oluşan transkristalin yapıyı etkilediğini ortaya koymuştur [5-7, 14]. Housyar ve Shanks yapmış oldukları çalışmada basıncın, sıcaklığın, işlem süresinin ve soğutma hızının PP esaslı TBPK'lerin ürün özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma diğer bu konu ile yapılan çalışmalar incelendiğinde üretim koşullarının son ürün özelliklerine olan etkisini

inceleyen en kapsamlı çalışmadır. Üretim sırasında uygulanan basıncın artmasının eriyik haldeki matris malzemesinin lif formundaki takviye malzemenin aralarına girmesini yani takviye malzemesinin ıslanmasını artırdığını ortaya koymuşlardır. İşlem süresinin artmasının belli bir süreye kadar son ürün özelliklerini artırdığı ancak belli bir süreden sonra takviye materyalinin relaksasyona uğrayarak moleküler oriyantasyonunu kaybetmesine neden olduğunu ortaya koymuştur. Hızlı soğutmanın üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerini bozduğunu ortaya koymuşlardır [32]. Üretim sıcaklığının son ürün özelliklerine etkisini inceleyen çalışma sayısı daha fazladır. Bu çalışmaların hepsinden çıkarılacak ortak sonuç, matris malzemesinin erime noktasının ne kadar üzerinde çalışılırsa yani takviye malzemesinin erime noktasına ne kadar yaklaşırsa o kadar iyi yapışma ve mekanik özellik elde edilmektedir. Bu durum oldukça anlaşılır olup matris malzemesinin erime noktasının üzerine çıkıldıkça eriyik viskozitesi düşeceğinden uygulanan basınç etkisiyle takviye materyalini ıslatması o kadar iyi olacaktır. Takviye malzemesinin erime noktasına yaklaşıldıkça lif yüzeyi kısmen yumuşamakta böylece matris ile takviye materyalinin yapışması o kadar iyi olmaktadır. Ancak üretim sıcaklığının lifin erime noktasına yaklaşması lifin oriyantasyonunun bozulması problemini de beraberinde getirmektedir. Bu yüzden üretim sıcaklığı takviye malzemesinin erime noktasına yaklaştıkça kompozit malzemenin üretim süresinin de ayarlanması o kadar hassaslaşmaktadır. Genel olarak, kullanılan matris malzemesinin erime noktasının 10 °C üzerinde yapılan işlemin hem matris malzemesinin viskozitesini düşürerek takviye elemanın ıslanmasını artırdığı hem de işlem kontrolünün daha kolay sağlandığını göstermektedir [26, 32, 33]. PP esaslı üretilen kompozitlerin son ürün özelliklerini etkileyen diğer bir faktör ise takviye materyali yüzeyinde matris malzemesinin lif yüzeyine dik şekilde kristallenmesi oluşan trans-kristalin tabakanın varlığıdır. Lif yüzeyinde transkristalin yapının görünümü Şekil 6' de gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda transkristalin yapının görülmesinin takviye materyali ile matris materyali arasındaki yapışmanın iyi olduğunun göstergesi olduğu vurgulanmış ve transkristalin tabakanın matris üzerindeki kuvvetin takviye malzemesine transferinde etkili olduğunu göstermişlerdir [26, 27, 34]. Üretim koşullarının değişmesiyle mekanik özelliklerin değişmesinin diğer bir nedeni ise transkristalin yapının oluşumunun üretim koşullarına bağlı olarak değişmesidir.



Şekil 6. Lif yüzeyinde transkristalin yapının görünümü.

Hine ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada film istifleme yöntemi ile sıcak kompaksiyon yönteminin birlikte uygulanmasının tek başına film istifleme yöntemine göre takviye malzemesinin daha iyi ıslanmasından dolayı daha iyi mekanik özelliklere sahip TBPK üretimine olanak verdiğini ortaya koymuşlardır [35].

Son yıllarda, matris malzemesi olarak kullanılacak polimerlerin içerisine çeşitli dolgu malzemeleri ilave ederek fonksiyonel özellikler kazandırma yönünde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [36-38].

Film istifleme yöntemi ile TBPK üretiminde en çok çalışmanın yapıldığı ikinci polimer sınıfı PE'dir. Bu çalışmaların hepsinde ultra yüksek yoğunluklu polietilen (UYYPE)'den jel eğirme yöntemiyle üretilmiş lifler takviye elemanı olarak kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak ise alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), YYPE, PE'nin kopolimerleri, UYYPE'den üretilmiş filmler kullanılmıştır. Üretilen kompozitlerin son ürün özelliklerini PP esaslı TBPK'leri etkileyen faktörler benzer şekilde etkilediğinden detaylı olarak tekrardan anlatılmamıştır [39-42]. Bu çalışmalarda UYYPE'den dokunmuş kumaş yapısının çalışılmamış olması, lif çapının, dokuma konstrüksiyon yapısının çalışılmamış olması bu konuda çalışma yapılabilecek alanlar arasındadır.

Poliester esaslı TBPK üretiminde yapılan çalışmalarda PET esaslı bant ve bezayağı dokuma takviye elemanı olarak kullanılırken, biyobozunur poliester, kopolimer ve amorf PET' den üretilmiş filmler matris malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu yapılan çalışmalarda PE ve PP esaslı kompozitlerde görülen genel trendin aksine mekanik özellikler belli bir işlem sıcaklığına kadar artmış ancak daha sonra düşüş

gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak kullanılan matris malzemesinin bozunmasını göstermişlerdir [43-46].

Poliamid esaslı TBPK üretiminde film istifleme yöntemi tek başına veya sıcak kompaksiyon yöntemi ile birleştirilerek kullanılmıştır. Poliamid esaslı TBPK üretimi ile ilgili çalışmalar daha sınırlı sayıda kalmış ve PA-6, PA-6.6 esaslı TBPK üretimi gerçekleştirilmiştir. PA-6 esaslı TBPK üretiminde PA-6 iplik ve kevlerden örülmüş yüzey takviye elemanı olarak kullanılırken, PA-6' dan üretilmiş film takviye materyali olarak kullanılmıştır. Poliamid 6.6 esaslı TBPK üretiminde PA 6.6'dan üretilmiş film matris malzemesi, PA 6.6 iplik ise takviye malzemesi olarak kullanılmıştır [47-49].

Film istifleme yöntemi ile TBPK üretiminde kullanılan diğer polimer sınıfı ise likid kristal polimerlerdir. Bu amaçla aromatik poliester sınıfında yer alan ticari olarak Vectran[®] M ve Vectran[®] HS ticari isimli iki farklı lif kullanılmıştır. Bu liflerden Vectran[®] M'nin erime noktası 276 °C olup Vectran[®] HS'nin erime noktası 330 °C' dir. Düşük erime noktasına sahip lif üretim sırasında eriyerek matris malzemesini oluştururken, yüksek erime noktasına sahip lif mekanik özelliklerini koruyarak takviye elemanı görevi görmüştür [50-51].

Film istifleme yöntemi kullanarak PLA esaslı TBPK üretiminde sadece bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada amorf film matris malzemesi olarak kullanılırken takviye elemanı olarak lif, ip ve kumaş formunda yüksek kristaliniteye sahip PLA takviye elemanı olarak kullanılmıştır. Üretilen kompozitlerin mekanik özelliklerinin üretim sıcaklığına bağlı olarak değiştiği ve en iyi mekanik özelliklerin 135 °C işlem yapıldığında elde edildiği vurgulanmıştır.

1.7. Karakterizasyon Metotları

1.7.1 Çekme testi

Çekme testi bir malzeme üzerinde yapabileceğiniz en temel mekanik testtir. Bu yöntemde bir malzemeyi çektiğinizde, gerilimde uygulanan kuvvetlere malzemenin nasıl tepki verdiği anlaşılmaktadır. Malzeme çekilirken, uzama miktarına göre dayanımını bulunur. Polimerik malzemelerin birçoğunda testin ilk kısmında yük ile numunenin uzaması arasındaki ilişki doğrusal olmaktadır. Çizgi gerilmenin gerinime oranının sabit olduğu bu elastik bölgede Hooke Yasası geçerli olmaktadır. Bu bölgedeki çizginin eğimi (σ/ϵ) malzemenin elastisite modülünü (Youngs' modülü) verir. Elastik

modül malzemenin sertliğinin bir ölçüsüdür fakat sadece eğrinin lineer bölgesinde geçerlidir. Bu doğrusal bölge içinde bir numuneye uygulanan yük ortadan kalktığında malzeme tam olarak aynı durumuna dönecektir. Eğrinin artık doğrusal olmadığı ve düz çizgi ilişkisinden saptığı noktada, Hooke Yasası artık geçerli değildir ve numunede bazı kalıcı deformasyonlar olabilir. Bu noktaya elastik sınır denir. Çekme testinde bu noktadan itibaren, malzeme yük ya da gerilmedeki her bir artışa plastik olarak yanıt verir. Yük ortadan kalkarsa, eski gerilimsiz durumuna dönmez.

1.7.2 Dinamik Mekanik Analiz (DMA)

DMA polimerlerin viskoelastik özelliklerinin karakterizasyonu için kullanılan bir tekniktir. Bir malzeme üzerine bir yük uygulandığında, deforme olur. Eğer malzeme ideal elastik bir malzeme ise, yük kaldırıldığında deformasyon yok olur. Elastik deformasyon uygulanan yük ile doğru orantılı ve gecikmeksizin olur. Fakat bazı malzemelerde, örneğin polimerlerde, deformasyon doğrusal değildir ve gecikmeli gerçekleşir. Elastik davranışın zıttı viskoz davranıştır. İdeal viskoz bir malzemede deformasyon hızı yük ile doğru orantılıdır. Polimer gibi bazı malzemeler, hem elastik hem de viskoz davranış gösterirler ve bu tür malzemeler viskoelastik malzemeler olarak adlandırılır. DMA, malzemelerin üzerine belirlenen bir frekansta artıp azalan yük motoru kullanarak, malzemelerin viskoelastik özelliklerini ölçer.

1.7.3 Düşen Ağırlık Tipi Darbe Testi (IFWI)

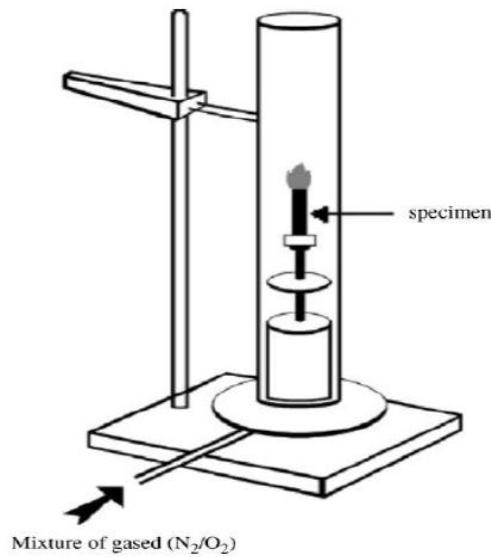
Plastik malzemelerin darbe dayanımlarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir test yöntemidir. Bu test yöntemi, kütlesi bilinen bir ağırlığın belirli bir yüksekliğe çıkarılarak malzemenin üzerine bırakılması esasına dayanmaktadır. Kullanılacak ağırlık tipi, çıkılacak yükseklik kullanılan malzemesinin cinsine göre belirlenmektedir. Test başlangıcında ağırlığın sahip olduğu potansiyel enerji ağırlık aşağıya doğru düşükçe kinetik enerjiye dönüşmekte ve malzemeye çarptığı andaki enerjisinin bir kısmı veya tamamı malzeme tarafından absorplanmaktadır. Absorplanan bu enerji yüzünden malzeme üzerinde deformasyon meydana gelmektedir. Test sırasında enerjinin zamana bağlı olarak nasıl absorplandığı bilgisi elde edilmektedir. Bu test yönteminde malzemede meydana gelen deformasyonlarda darbe dayanımı hakkında önemli bilgiler vermektedir.

1.7.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Temel olarak Taramalı elektron mikroskobu, Tungsten, Lantan hekza borit katottan veya alan emisyonlu (FEG) tabancadan ortaya çıkan elektronların kullanımı incelenecek malzeme yüzeyine gönderilmesi sonucu oluşan etkileşimlerden yararlanılması esasına dayanır. SEM'ler genel olarak bu elektron enerjisi 200-300 eV dan 100 keV' a kadar değişebilir. Bu amaçla, yoğunlaştırıcı elektromanyetik mercekte toplanan, objektif mercekle odaklanan elektron demeti, elektromanyetik saptırıcı bobinler vasıtasıyla örnek yüzeyinde tarama işlemi gerçekleştirilir. Bir taramalı elektron mikroskobunda görüntü oluşumu temel olarak; elektron demetinin incelenen örneğin yüzeyi ile yaptığı fiziksel etkileşimlerin (elastik, elastik olmayan çarpışmalar ve diğerleri) sonucunda ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve incelenmesi prensibine dayanır.

1.7.5 Sınırlayıcı Oksijen İndeksi (LOİ)

Sınırlayıcı oksijen indeksi, belirli deney şartlarında, dik konumdaki deney numunelerinin yanmalarının devamı için, azot ve oksijen gaz karışımlarında, bulunması gerekli en düşük oksijen konsantrasyonunun belirlenmesi için kullanılır. Sonuçlar, hacimce % oksijen cinsinden verilmektedir. LOI değeri 25'ten büyük olan materyal havada genelde kendiliğinden sönmekte; 25'ten küçük olan ise kolay yanmaktadır.



Şekil 7. LOİ test yöntemi.

Çeşitli malzeme türleri için önceden belirlenmiş boyutlara sahip deney numunesi, içerisinden yukarı doğru bir oksijen ve azot karışımı geçen şeffaf bir baca içine düşey olarak yerleştirilmektedir.

Deney numunesinin üst ucu tutuşturulduktan sonra deney numunesinin yanma davranışı incelenerek yanmanın devam süresi veya yanan deney numunesi uzunluğu, bu tür bir yanma için önceden belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırılmaktadır. Şekil 7’de LOI test düzeneği gösterilmiştir. LOI sonuçları, bazı kontrollü laboratuvar şartları altında plastik malzemelerin yanma özelliklerinin hassas bir ölçümünü sağlamaktadır ve bu bakımdan kalite kontrol amaçlı faydalı olabilmektedir[58].

1.7.6. UL-94 Yatay ve Düşey Yakma Testi

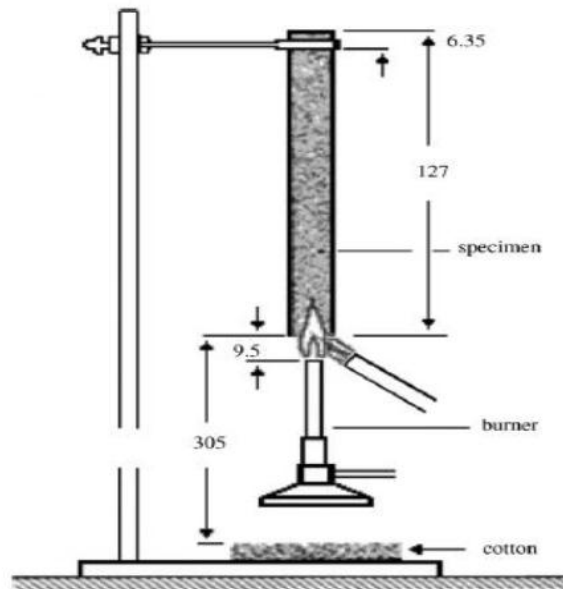
Genel olarak, plastik malzemelerin yanma direncini belirlemek için UL 94 yanma testi uygulanmaktadır. Bu test, mühendislik uygulamalarında, küçük alevli bir tutuşturma kaynağı (alev beki) ile temasta olan düşey (UL 94V) ve yatay (UL 94H) konumlu deney numunelerinin yanma özelliklerinin tayininin yapılmasında kullanılmaktadır [64]. UL 94V ve UL 94H için numune genişlik ölçüleri $13.0 \pm 0,5$ mm, uzunluk ölçüleri 125 ± 5 mm ve kalınlık ölçüleri en az 3 mm, en fazla 13 mm’dir. UL 94V yanma testindeki her bir numune, üst ucundan itibaren 6 mm’den tutturulur. Numunenin altına emici ve kütlesi 0.08 g’ı geçmeyen, genişliği 50x50 mm ve maksimum kalınlığı da 6 mm olan bir pamuk parçası yerleştirilir. 20 ± 1 mm yüksekliğinde mavi alev elde edebilen alev beki Şekil 8’de görüldüğü gibi numuneye 300 mm/s hız ile yaklaştırılır. Alev beki üst ucu ile numune alt ucu merkezi arası mesafe 10 ± 1 mm olmalıdır. Numunede damlama olması durumunda alev beki ile numune arası mesafe yine sabit tutularak alev beki $45 \pm 5^\circ$ açığa getirilir. Numune, 10 ± 0.5 s aleve maruz bırakıldıktan sonra alev beki hızlıca, 300 mm/s hız ile numuneden en az 150 mm uzaklaştırılır. Yanma sonrası alev sönme süresi t_1 zamanı olarak kayıt edilir. Numunede alev sonrası yanma durur durmaz, alev beki henüz numuneden 150 mm uzaklaştırılmamış bile olsa, numuneyi yakmak için tekrar numune ile alev beki arası mesafe 10 ± 1 mm olacak şekilde yerleştirilir ve numune ikinci defa 10 ± 0.5 s aleve maruz bırakılır. Daha sonra, alev beki 300 mm/s hız ile numuneden en az 150 mm uzaklaştırılır. İkinci alev sonrası, alev sönme süresi t_2 zamanı ve sönme sonrası kor görünümünün devam etme süresi t_3 zamanı olarak kayıt edilir. Şekil 8’de ise UL 94H testi ile ilgili düzenek gösterilmektedir. Bu testteki uygulama yine UL 94V’de

olduğu gibidir. Deney sonuçlarından elde edilen t_1 , t_2 ve t_3 değerlerine bağlı olarak Tablo 3’de görüldüğü gibi malzemelerin V-0, V-1 ve V-2 sınıflandırması yapılır.

Genel olarak, UL94 testi ile elde edilen sonuçlardan numunenin V-0, V-1 veya V-2 sınıflandırmasından hangisine uyduğu belirlenmektedir. Sonuç olarak, malzemelerin yanma direncini artırmak için malzemeye ilave edilen dolgu veya katkı malzemelerin yanma direncini hangi ölçüde etkilediği ile ilgili UL 94 yanma testi ile detaylı bilgi elde edilmesi mümkün görülmemektedir[65].

Tablo 3. UL-94 sınıflandırılması.

	V0	V1	V2
t_1	<10	<30	<30
t_2	<10	<30	<30
$t_1 + t_2$		<250	<250
$t_2 + t_3$	<30	<60	<60
Pamuğun tutuşması	yok	yok	var
İçin için yanma		yok	yok



Şekil 8. UL-94 test düzeneği.

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Malzemeler

PP esaslı TBPk'ların üretilmesinde takviye malzemesi olarak erime akış indeksi (MFI, 2.16 kg, 230 °C) 4-6 g/10 dk olan PETKİM (İzmir, Türkiye) firmasının MH 418 kodlu ticari ürününden üretilen PP şeritten dokunmuş bezayağı PP kumaş kullanılmıştır. Kullanılan PP şerit 94 ± 2 MPa kopma mukavemetine ve $\%15 \pm 1$ kopma uzamasına sahiptir. Matriks malzemesi olarak ise PP'nin kopolimeri (co-PP) ve β kristalin PP (β -PP) kullanılmıştır. Co-PP olarak BOREALIS (İstanbul, Türkiye) firmasının BorPure RD 208 CF ticari isimli ürünü kullanılmıştır. β -PP ise laboratuvar ortamında β kristal oluşumunu artıran özel katkı malzemesinin MH 418 kod'lu ticari PP'nin içerisine ilave edilerek üretilmiştir. Literatürde, β kristalin oluşumunu artırmak için farklı maddeler kullanılmaktadır [53, 54]. Bu çalışmada, β kristalin yapısının oluşumunu artırmak için *N,N'*-disikloheksilnaftalin 2,6 dikarboksiamid esaslı NJ-Star NU-100 (RIKA, UK) ticari isimli ürün kullanılmıştır. Nezbedova ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada ağırlıkça % 0,1 oranında *N,N'*-disikloheksilnaftalin 2,6 dikarboksiamid kullanıldığında en yüksek oranda, β kristalin yapısının elde edildiğini ortaya koymuşlardır [55]. Bu sebeple, β -PP üretiminde *N,N'*-disikloheksilnaftalin 2,6 dikarboksiamidin konsantrasyonu ağırlıkça % 0,1 olarak alınmıştır. β -PP, PP ile *N,N'*-disikloheksilnaftalin 2,6 dikarboksiamidin çift vidalı ekstruderde (15 ml microcompounder[®], DSM Xplore, Hollanda) 190 °C'de 100 rpm dönüş hızında 3 dakika süreyle karıştırılmasıyla üretilmiştir.

Poliamid esaslı kompozitlerin üretimde, Polyone firmasından temin edilen Bergamid B65 Natur- TP ticari isimli PA-6 esaslı malzeme kullanılmıştır. Bezayağı PA 6.6 esaslı kumaş Teknika Teknikteksstil (İstanbul, Türkiye).firmasından temin edilmiş olup,

çalışmada takviye malzemesi olarak kullanılmıştır. Kullanılan PA 6.6 kumaşın kopma mukavemeti 540 ± 10 MPa ve kopma uzaması ise $\% 38\pm 2$ ' dir. Üretilen kompozitlerin güç tutuşurluk özelliklerini iyileştirmek amacı ile iki tip organik fosfor esaslı güç tutuşurluk maddesi kullanılmıştır. Exolit OP 1230 ve Exolit OP 1312 ticari isimli güç tutuşurluk maddeleri Clariant (İstanbul, Türkiye). firmasından temin edilmiştir. Exolit OP 1230 ticari güç tutuşurluk maddesi tamamıyla alüminyumdietilfosfat (AlPi) esaslı bir maddedir. Exolit OP 1312 ise AlPi, melaminpolifosfat ve çinko borat karışımından oluşmaktadır.

2.2 PP Esaslı Filmlerin ve Kompozitlerin Üretimi

PP esaslı filmler laboratuvar tipi ısıtılabilir preste (GÜLNAR PLASTİK MAKİNALARI, İstanbul, Türkiye) $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de üretilmiştir. Kullanılan pres ve kalıp Şekil 9' da gösterilmiştir. Üretilen filmlerin ve PP şeritin özellikleri Tablo 4 'te verilmiştir. Tablo 4'e göre, üretilen β -PP filmlerin $\% 21,8$ oranında α -kristalin yapısına sahip olduğu görülmektedir. Menyhard ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada N,N' -disikloheksilnaftalin 2,6 dikarboksiamid'in tamamı ile β -kristalin yapıyı sağlamadığı ve belirli oranlarda α - kristalin yapının da bulunduğunu göstermişlerdir [56]. Bizim çalışmamızda da α - kristalin yapısının bulunması bu sonuçla örtüşmektedir.

Tablo 4. PP filmlerin ve PP şeritin özellikleri.

	$T_m(\text{başlangıç})$	$T_m(\text{tepe})\text{ (}^{\circ}\text{C)}$	Kalınlık (mm)
Co-PP film	122.4	139.2	0.12 ± 0.010
β -PP film	143.5	$148.2 (\beta) - 165.6 (\alpha)$	0.13 ± 0.020
PP şerit	155.8	165.4	0.08 ± 0.005

Film istifleme yöntemi ile kompozit malzemelerin üretiminde 10 film ve 9 takviye malzemesi paslanmaz çelik kalıp içerisinde istiflenmiştir. Kompozit malzeme içerisindeki takviye malzemesi oranı ağırlıkça $\% 30$ oranında ayarlanmak istense de, üretilen kompozitlerde üretilen filmlerin ağırlıklarındaki değişimden kaynaklı olarak takviye malzemesi oranı ağırlıkça $\% 29-31$ arasında değişmektedir.



Şekil 9. Laboratuvar tipi ısıtılabilir pres ve kalıpları.

Üretilen kompozitlerin içerikleri Tablo 5' te verilmiştir. $2 \pm 0,1$ mm kalınlığa sahip kompozitler laboratuvar tipi ısıtılabilir preste sabit basınç (4 MPa), süre (120 s) ve soğutma zamanı ile (90 s) üretilmiştir. Kompozit malzemelerin üretiminde değişken parametre olarak üretim sıcaklığı kullanılmıştır. β -PP kristalin PP matris malzemesi olarak kullanıldığında, üretim sıcaklığı 150 °C (β -PP filmin erime noktasının hemen üzeri) ve 160 °C (β -PP filmin erime noktasının 10 °C yukarısı) olarak ayarlanmıştır. co-PP matris malzemesi olarak kullanıldığında kompozit malzemeler üç farklı sıcaklıkta (140, 150 ve 160 °C) üretilmiştir.

Tablo 5. PP esaslı kompozitlerin bileşimi.

Numune	PP kumaş miktarı (%)
Co-PP	0.0
Co-PP	29.7
Co-PP 150	29.2
Co-PP 160	29.5
β -PP	0.0
β -PP 150	30.2
β -PP 160	30.8

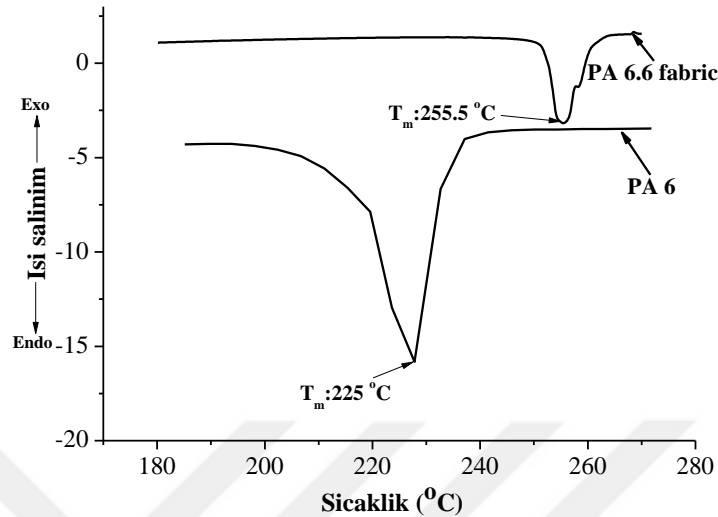
* Rakamlar proses sıcaklığını göstermektedir.

2.3 PA-6 Esaslı Filmlerin ve Kompozitlerin Üretimi

PA-6 ve güç tutuşurluk maddeleri karıştırılmadan önce 80 °C’ de 18 saat süreyle kurutulmuştur. Karıştırma işlemi çift vidalı ekstruderde (15 ml microcompounder[®], DSM Xplore, Hollanda) 100 rpm hızında 230 °C’ de 3 dk. süreyle gerçekleştirilmiştir. Üretilen güç tutuşur PA-6 kompozitler ağırlıkça %10 ve 20 oranında güç tutuşurluk maddesi içermektedir. Üretilen kompozitler kırılarak film üretimi için desikatörde bekletilmiştir. Hem saf PA-6 hem de güç tutuşur PA-6 filmler 230 °C’de laboratuvar tipi ısıtılabilir preste üretilmiştir.

PA-6 esaslı kompozit malzemelerin üretiminde 5 film ve 4 takviye malzemesi istiflenerek üretilmiştir. Üretilen kompozit malzemeler ağırlıkça %50 oranında takviye malzemesi içermektedir. 2 ± 0.1 mm kalınlığında kompozit malzemeler laboratuvar tipi ısıtılabilir preste sabit basınç (4 MPa), süre (90 s) ve bekleme zamanında (90 s) değişken sıcaklıklarda üretilmiştir.

PA-6 film ve PA 6.6 lifin erime sıcaklıkları diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) cihazı sayesinde tespit edilmiştir. PA-6 film ve PA 6.6 lifin DSC grafikleri Şekil 10’ da gösterilmiştir. Şekil 10’ da görüldüğü üzere PA-6 film 225 °C ve PA 6.6 lif ise 255,5 °C’de eridiği görülmektedir. PA-6 esaslı kompozitler optimum işlem sıcaklığının belirlenmesi için 230, 240 ve 250 °C’de üretilmiştir. Güç tutuşur kompozitler ise çekme test sonuçlarına göre belirlenen optimum işlem sıcaklığında üretilmiştir. Üretilen güç tutuşur kompozitler ağırlıkça %5 ve 10 oranında güç tutuşurluk maddesi içermektedir.



Şekil 10. PA-6 matris ve PA 6.6 lifin DSC grafikleri.

2.4 PP Esaslı Kompozitlerin Karakterizasyonu

7.4×2×80 mm³ boyutlarındaki dikdörtgen numuneler Shimadzu AG-X çekme testi cihazında (50 kN) oda sıcaklığında 5 mm/dk hızla ASTM D 638 standardına göre yapılmıştır. Dinamik mekanik analiz (DMA) testleri Perkin Elmer DMA 8000 cihazında -80 - 120 °C sıcaklık aralığında 1 Hz frekansta 5 °C/min ısıtma hızında gerçekleştirilmiştir. Düşen ağırlık tipi darbe testi (IFWI) Fractovis plus (Ceast, Italy) cihazında 80×80 mm² boyutlarına sahip kare numunelere 22,7 J enerji altında uygulanmıştır. Kompozitlerin enine kesitleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) (LEO 440 computer controlled digital, 20 kV) kullanarak karakterize edilmiştir. Numuneler tarama yapılmadan önce Au/Pd alaşımı ile kaplanmıştır.

2.5 Poliamid Esaslı Kompozitlerin Karakterizasyonu

7.4×2×80 mm³ boyutlarındaki dikdörtgen numuneler Shimadzu AG-X çekme testi cihazında (50 kN) oda sıcaklığında 5 mm/dk hızla ASTM D 638 standartına göre yapılmıştır. Kompozitlerin enine kesitleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) (LEO

440 computer controlled digital, 20 kV) kullanarak karakterize edilmiştir. Numuneler tarama yapılmadan önce Au/Pd alaşımı ile kaplanmıştır. Kompozitlerin güç tutuşurluk özellikleri Fire Testing Technology firmasının sınırlayıcı oksijen indeks (LOI) cihazında $30 \times 6.5 \times 2 \text{ mm}^3$ ölçüsündeki numunelere ASTM D2863 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Yatay (UL94 HB) ve düşey (UL 94 V) yakma testleri $130 \times 13 \times 2 \text{ mm}^3$ ölçülerindeki numunelere ASTM D635 ve ASTM D3801 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir.



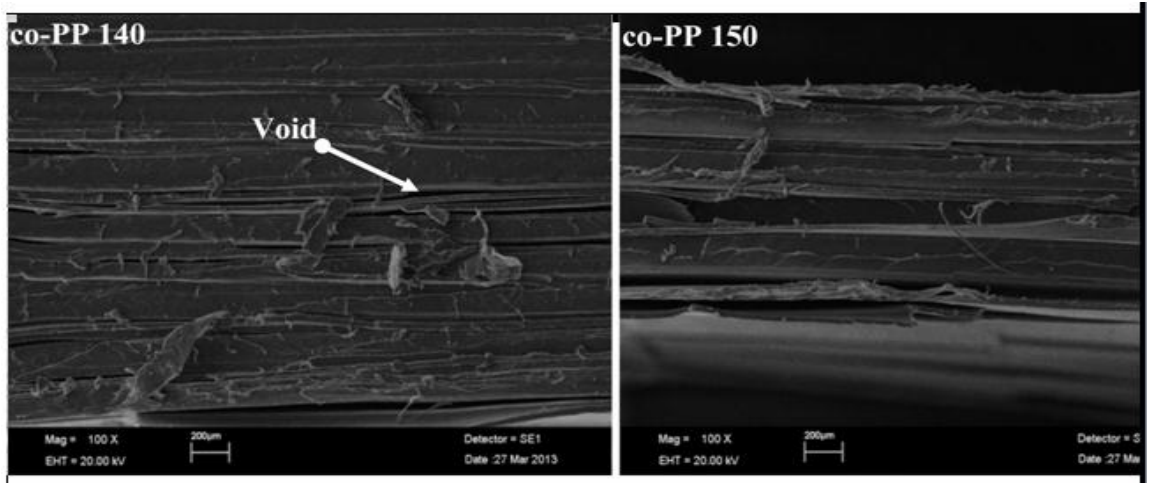
3. BÖLÜM

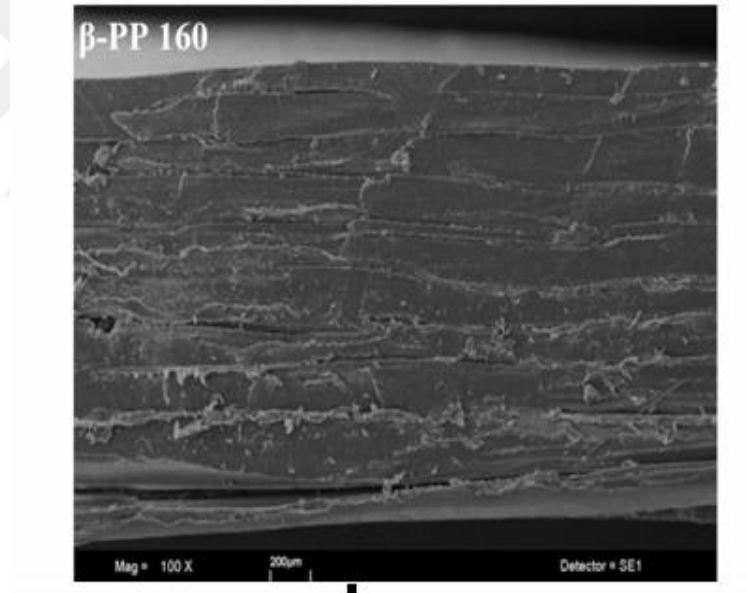
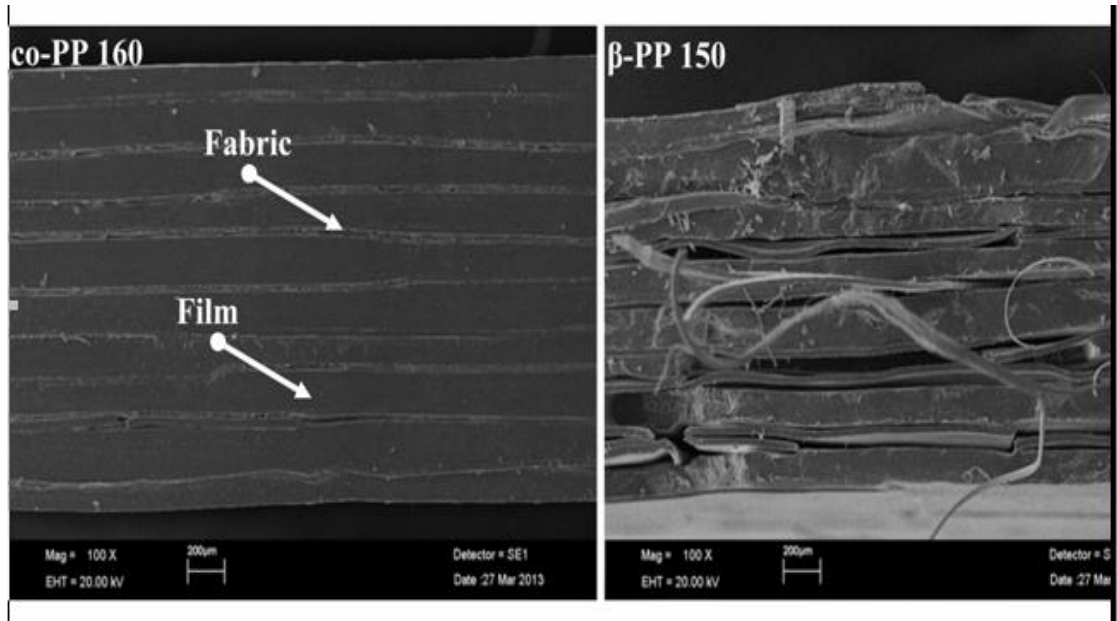
TARTIŞMA VE SONUÇ

3.1 PP Esaslı Kompozitler

3.1.1 Kompozit Morfolojisi

Proses sıcaklığının kompozitlerin birleşme derecesine etkisinin anlaşılması için kompozitlerin enine kesiti SEM ile karakterize edilmiştir. Şekil 11’de kompozitlerin enine kesitlerinin 100 kat büyütmedeki görüntüleri verilmiştir. Matris malzemesinin erime noktasının hemen üzerindeki sıcaklıklardaki üretiminde (co-PP için 140 °C, β-PP için 150 °C), kompozitin enine kesitinde boşluklar görülmektedir. Bu boşluklar 150 °C’de işlem görmüş β-PP matrisinde daha büyük olarak gözükmetedir. Bunun sebebinin erimeyen α-kristalin yapısının erimeden kalarak PP kumaşın ıslanmasını bozduğu için daha büyük boşluklar görülmüştür. Proses sıcaklığı artıka takviye malzemesinin yüzeyi erimekte ve matris malzemesinin eriyik vizkozitesi düşmektedir. Bu sayede matris malzemesi ile takviye elemanı iyi bir şekilde bütünleşip, boşluksuz tabakalı bir yapının oluştuğu gözlemlenmektedir.





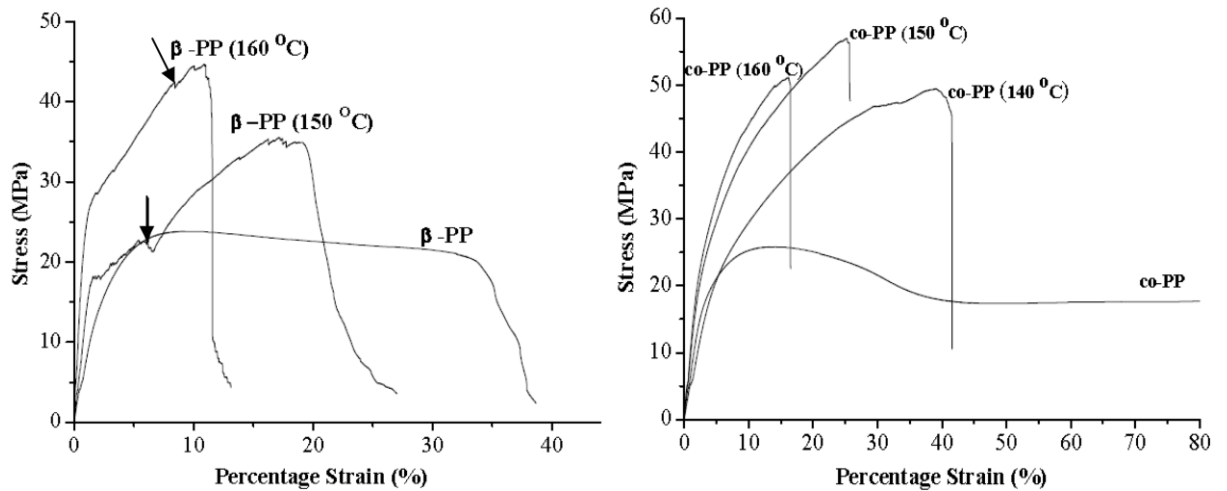
Şekil 11. Kompozitlerin enine kesit görüntüleri.

3.1.2 Çekme Testi

Kompozitlerin gerilim uzama grafikleri Şekil 12’ de ve çekme test verileri ise Tablo 6’da verilmiştir. Saf β -PP ve co-PP, kompozitlerine göre daha düşük kopma mukavemeti ve Young modülüne ve daha yüksek kopma uzamasına sahiptir. β -PP esaslı kompozitlerin gerilim uzama grafiklerinde her iki proses sıcaklığında da düşük

yapışmaya bağlı delaminasyondan kaynaklı “pop-in event” oluşumu görülmektedir [26, 57]. “Pop-in-event” olayı gerilim uzama grafiğinde ok ile gösterilmiştir. Düşük yapışmanın erimeyen α - kristalin fazdan kaynaklandığı düşünülmektedir. “Pop in event” olayı konsolidasyon sıcaklığı 160 °C’ ye ulaştığında maksimum gerilim noktasına daha yakın yerde görülmektedir.

β -PP esaslı kompozitlerin kopma mukavemetleri her iki proses sıcaklığında da saf β -PP’ye göre daha yüksektir. 150 °C’de işlem gören kompozitin kopma mukavemeti saf β -PP’ye göre %50 daha yüksektir. 160 °C’de işlem gören kompozitin kopma mukavemeti ise saf β -PP’ ye göre % 88 daha yüksek çıkmıştır. Kompozitlerin kopma uzamaları incelendiğinde ise her iki matris tipinde de proses sıcaklığı arttıkça kopma uzamasının azaldığı görülmektedir. Co-PP esaslı kompozitlerin kopma mukavemeti proses sıcaklığına bağlı olarak 140, 150 ve 160 °C’de sırası ile % 104, 133 ve 107 oranında arttığı görülmektedir. 160 °C’de işlem gören kompozitin kopma mukavemetinin 150 °C’de işlem gören kompozit daha düşük çıkmasının nedeni takviye malzemesinin kısmen erimesi ve moleküler relaksasyona uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir [26, 35]. Her iki matris tipinde de maksimum kopma mukavemeti matrisin erime sıcaklığının 10 °C üzerinde üretim işlemi gerçekleştiğinde görülmüştür.



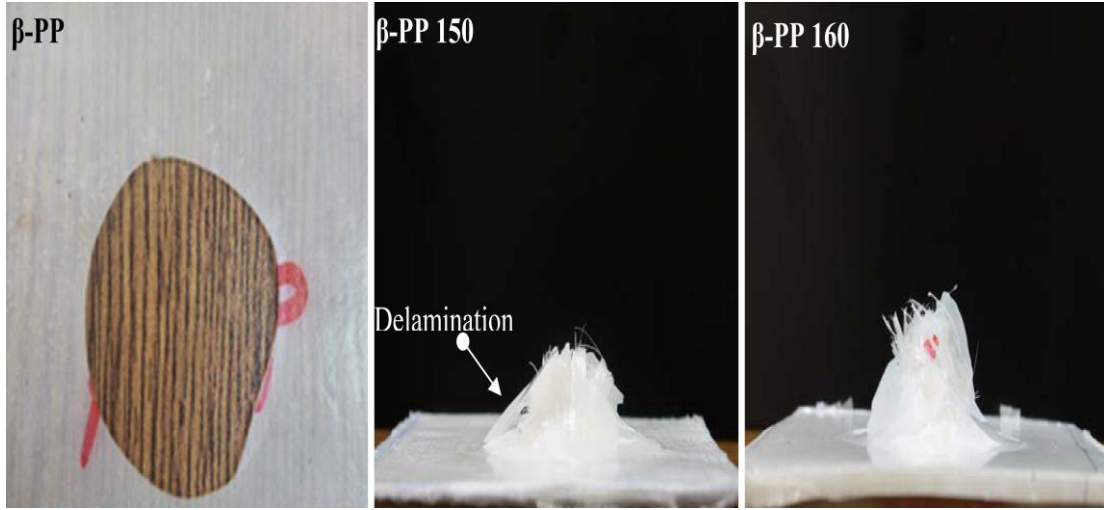
Şekil 12. Kompozitlerin gerilim uzama grafikleri.

Tablo 6. Kompozitlerin çekme test verileri.

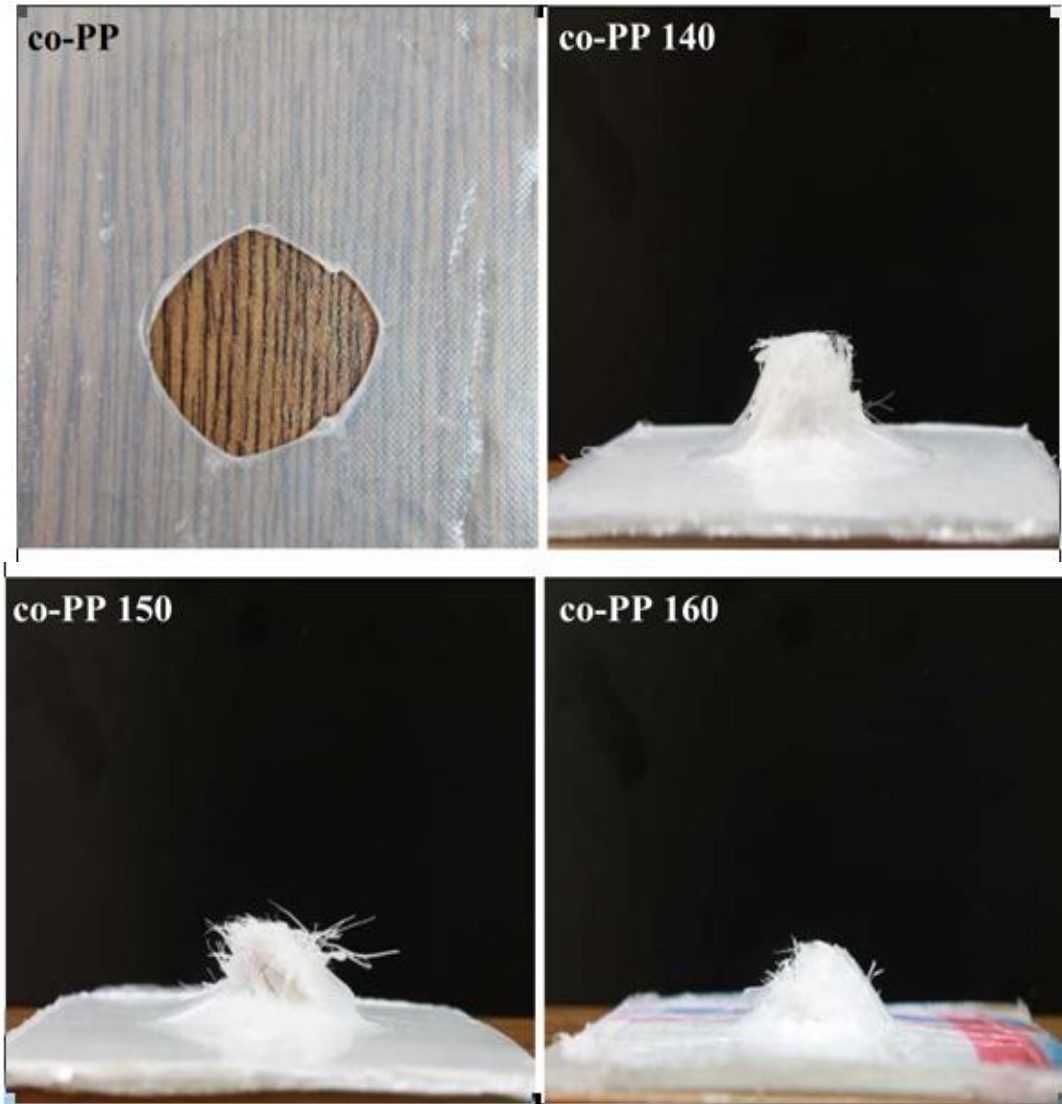
Numuneler	Kopma Mukavemeti (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Young Modülü (GPa)
β -PP	23,5 \pm 1,5	39,2 \pm 2,0	0,6 \pm 0,1
β -PP-150	35,3 \pm 3,8	26,5 \pm 2,4	1,3 \pm 0,2
β -PP-160	44,2 \pm 4,4	13,1 \pm 1,3	1,6 \pm 0,1
co-PP	24,2 \pm 1,2	500 \pm 50	0,7 \pm 0,1
co-PP-140	49,5 \pm 0,2	41,5 \pm 3,8	0,8 \pm 0,2
co-PP-150	56,5 \pm 2,5	25,8 \pm 2,3	1,2 \pm 0,1
co-PP-160	50,2 \pm 3,8	16,5 \pm 1,5	1,3 \pm 0,1

3.1.3 Düşen Ağırlık Tipi Darbe Testi (IFWI Test)

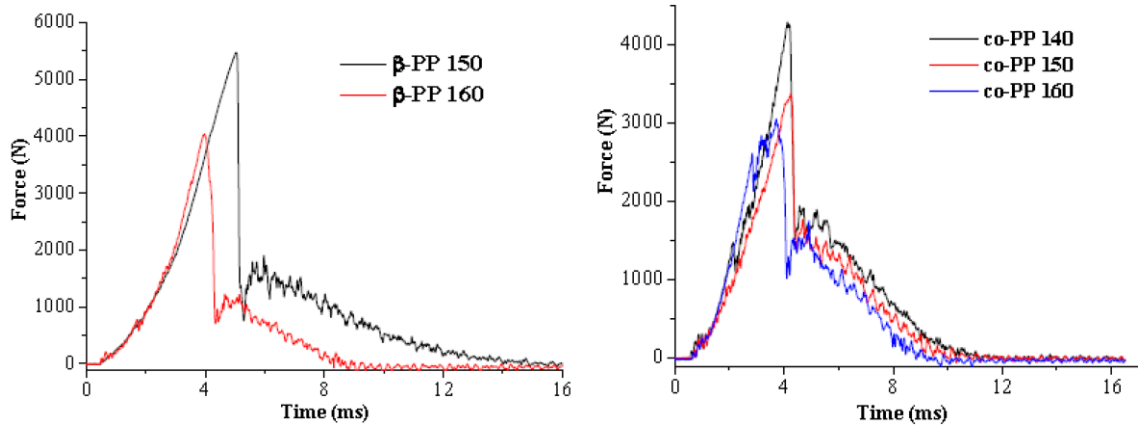
PP esaslı kompozitlerin enerji absorblama kapasiteleri IFWI testiyle belirlenmiştir. IFWI testinden sonraki β -PP ve co-PP esaslı kompozitlerin görüntüleri sırası ile Şekil 13 ve Şekil 14' te verilmiştir. Şekil 13 ve 14' e göre her iki matris malzemesi de kırılğan davranış sergilemiştir. Tüm kompozitlerin kuvvet zaman grafikleri ise Şekil 15' te gösterilmiştir. β -PP esaslı kompozitler co-PP esaslı kompozitlere göre daha fazla enerji absorpladığı görülmektedir. Barany ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada delaminasyonun absorplanan enerji miktarını oldukça artırdığını göstermiştir [33]. Daha önce belirtildiği üzere α -kristalin yapısı yapışmayı azalttığı için test sırasında delaminasyon gerçekleşmektedir. Bu sebeble β -PP esaslı kompozitler daha fazla enerji absorplamaktadır. Her iki matris tipi içinde işlem sıcaklığı düşükçe delaminasyondan ötürü daha fazla enerji absorpladığı görülmüştür.



Şekil 13. β -PP esaslı kompozitlerin IFWI test sonrası görüntüleri



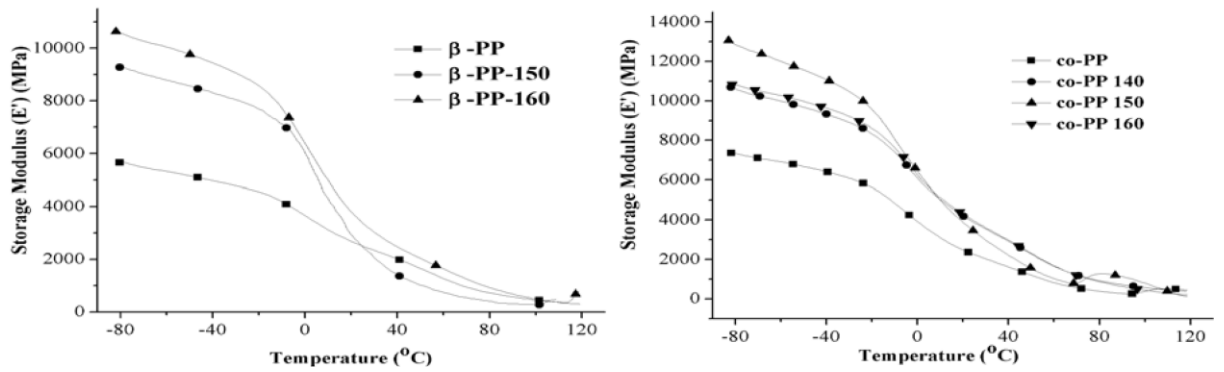
Şekil 14. Co-PP esaslı kompozitlerin IFWI test sonrası görüntüleri.



Şekil 15. Tüm kompozitlerin kuvvet zaman grafikleri.

3.1.4 Dinamik Mekanik Analiz

Kompozitlerin elastik modül sıcaklık grafikleri Şekil 16’ da verilmiştir. Her iki matris tipinde de yüksek oryantasyona sahip PP kumaş takviyesinin üretim sıcaklığına bağlı olmaksızın matris malzemesinin elastik modülünü artırdığı görülmektedir. β -PP esaslı kompozitlerde elastik modül proses sıcaklığı arttıkça artmıştır. Ancak co-PP esaslı kompozitlerde elastik modül 160 °C’ ye kadar artış gösterirken, 160 °C’de yapılan işlemin elastik modülü düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu durumun yüksek proses sıcaklığına bağlı olarak PP takviye materyalinin kısmen erimesi ve relaksasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

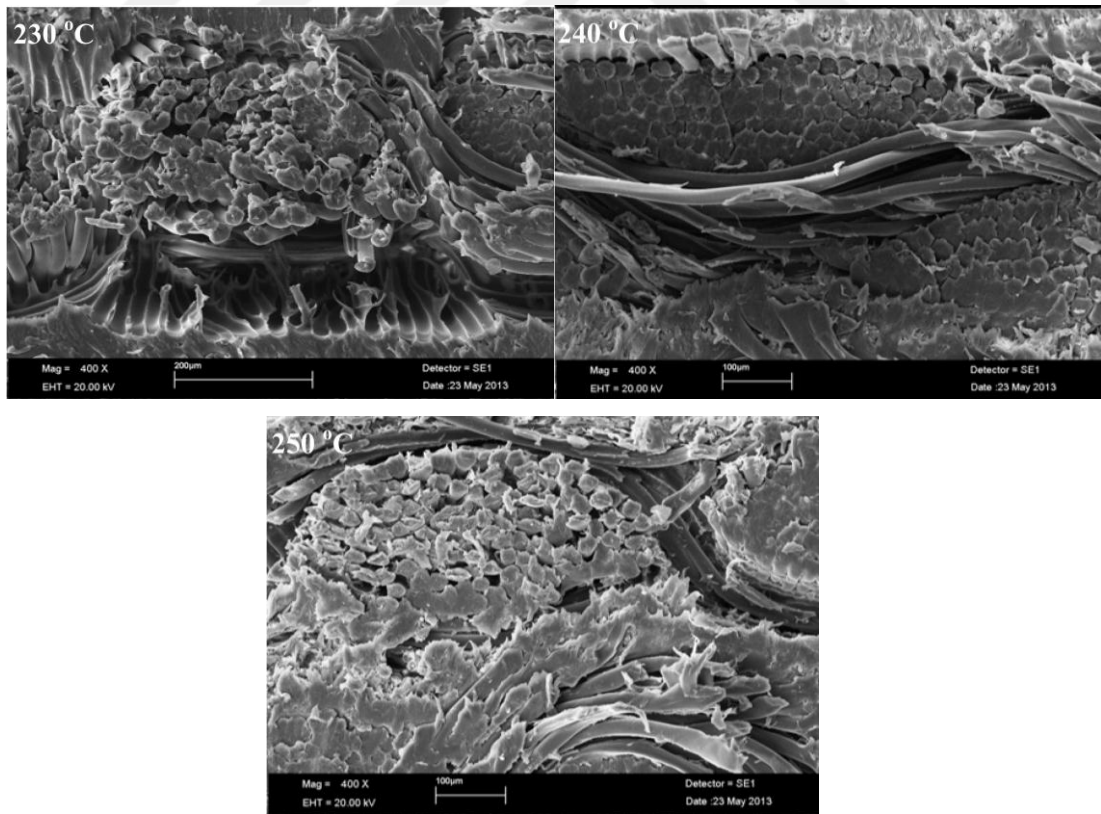


Şekil 16. Kompozitlerin elastik modül sıcaklık grafikleri.

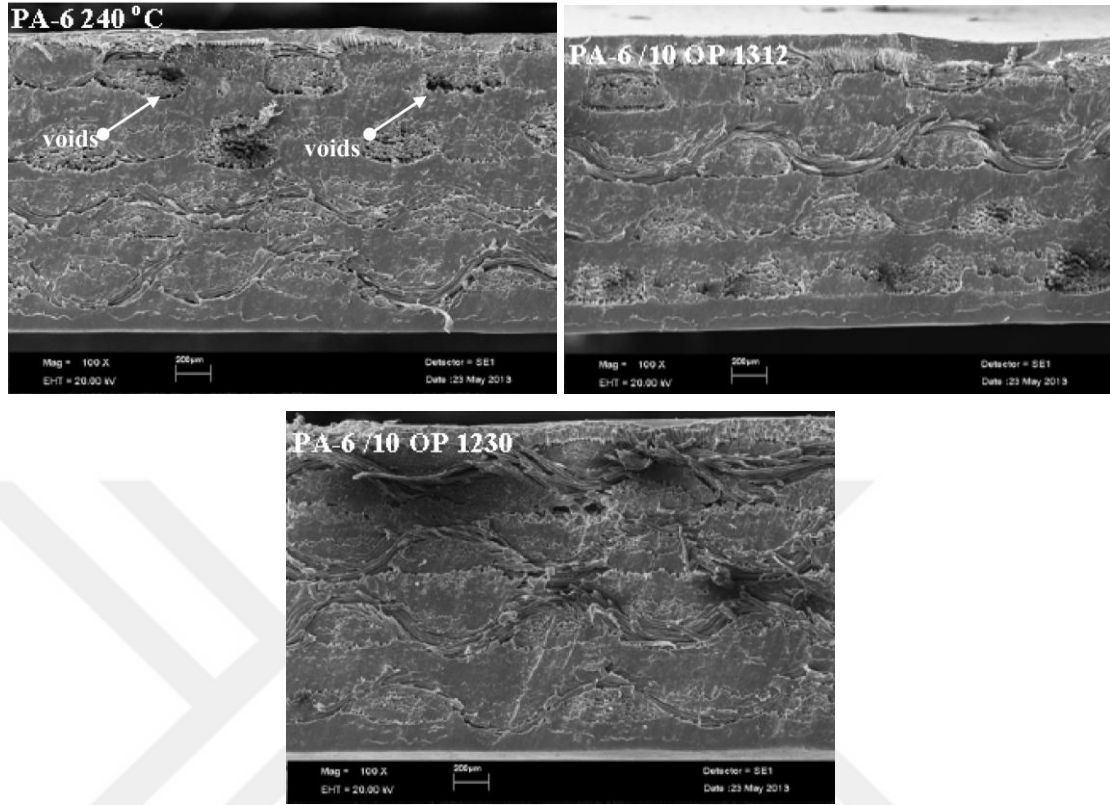
3.2 PA Esaslı Kompozitler

3.2.1 Kompozit Morfolojisi

Kompozitlerde proses sıcaklığının ve güç tutuşurluk maddelerinin yapışmaya etkisinin anlaşılması için SEM analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı sıcaklıklarda işlem gören kompozitlerin 400 büyütmede enine kesit görüntüleri Şekil 17’ de verilmiştir. Proses sıcaklığı arttıkça polimerin eriyik viskozitesi düştüğü ve matris malzemesinin yumuşadığı için yapışmanın arttığı açıkça görülmektedir. 240 °C’ de işlem görmüş ağırlıkça %10 oranında güç tutuşurluk maddesi içeren kompozitlerin enine kesit görüntüleri Şekil 18’ de gösterilmiştir. 240 °C’de işlem görmüş güç tutuşurluk maddesi içermeyen kompozitte düşük proses sıcaklığına bağlı boşluklar görülmektedir. Güç tutuşurluk maddesi ilavesi ile boşlukların kaybolarak, boşluksuz tabakalı bir yapının oluştuğu gözlemlenmektedir. Bu sonuç iki güç tutuşurluk maddesinin de yapışmayı artırdığını göstermektedir.



Şekil 17. Farklı sıcaklıklarda işlem gören PA kompozitlerin 400 büyütmede enine kesit görüntüleri.

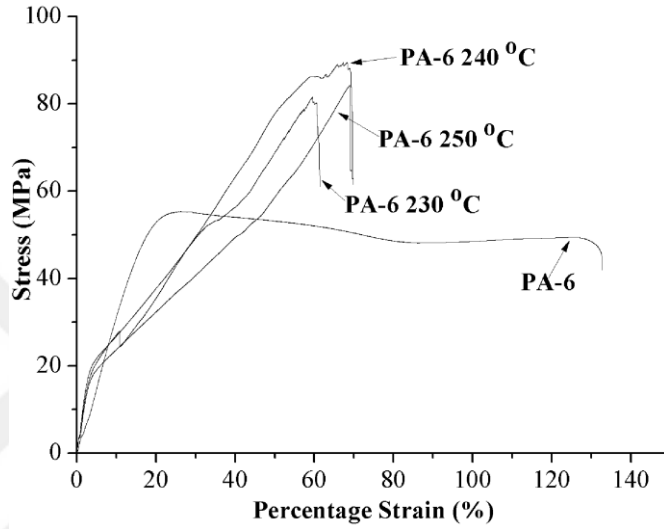


Şekil 18. 240 °C’de işlem görmüş ağırlıkça %10 oranında güç tutuşurluk maddesi içeren kompozitlerin enine kesit görüntüleri.

3.2.2 Çekme Testi

Saf PA-6 ve farklı sıcaklıklarda işlem gören PA-6 kompozitlerin gerilim/uzama grafikleri Şekil 17’ de gösterilmiştir. İlgili kompozitlere ait çekme test sonuçları ise Tablo 7’de verilmiştir. Saf PA-6, kompozitlerin üretim sıcaklığına bağlı olmaksızın daha düşük kopma mukavemeti ve Young modül değerine ve daha yüksek kopma uzamasına sahiptir. PA-6’nın yüksek oranda oriyante olmuş PA 6.6 kumaş ile takviye edilmesiyle, saf PA-6’nın Young modül değerinin % 250 oranında arttığı görülmektedir. 230 °C’de üretilmiş kompozitin gerilim uzama grafiğinde zayıf yapışmadan kaynaklı delaminasyona bağlı “pop in event” olayı görülmüştür [26, 57]. Proses sıcaklığı artıkça PA-6’nın viskozitesi düştüğü ve takviye materyali yumuşadığı için yapışma artmıştır. PA-6 kompozitlerin kopma mukavemeti proses sıcaklığına bağlı olarak 230, 240 ve 250 °C’de saf PA-6 göre sırası ile %45, 62 ve 52 oranında arttığı görülmektedir. 250 °C’de

işlem görmüş kompozitin kopma mukavemetinin 240 °C’de işlem görmüş kompozite göre daha düşük çıkmasının nedeninin yüksek sıcaklığa bağlı olarak matris materyalinin kısmen bozunması ve takviye elemanının relaksasyonu olduğu düşünülmektedir [44, 47, 58]. Bu sebeple, optimum proses sıcaklığı olarak 240 °C alınmış ve güç tutuşur özellik gösteren kompozitler bu sıcaklıkta üretilmiştir.

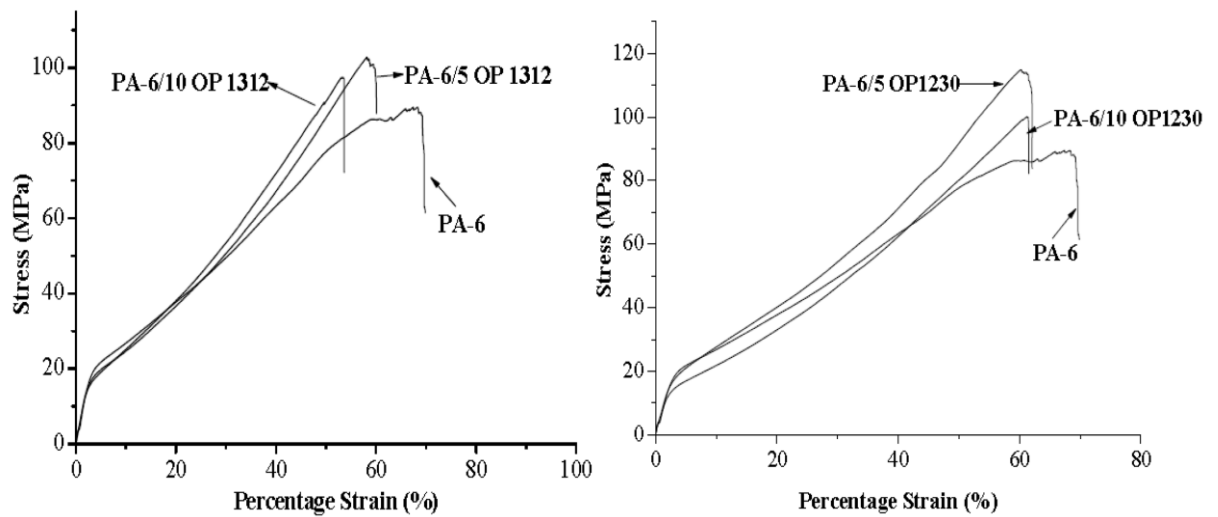


Şekil 19. Saf PA-6 ve farklı sıcaklıklarda işlem gören PA-6 kompozitlerin gerilim uzama grafikleri.

Tablo 7. PA-6 esaslı kompozitlerin çekme test sonuçları.

Numune	Kopma Mukavemeti (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Young Modülü (GPa)
PA-6	55±1,5	130±5,2	2.1±0,4
PA-6 230	80±2,8	58±3,4	5.1±0,3
PA-6 240	89±5,4	67±2,3	5.0±0,1
PA-6 250	84±3,2	66±2,8	4.9 ±0,2
PA-6/5 OP 1312	100±4,2	60±3,3	5.2±0,3
PA-6/10 OP 1312	96±5,5	53±2,3	5.3±0,1
PA-6/5 OP 1230	114±3,8	61±2,5	5.3±0,1
PA-6/10 OP 1230	100±4,3	62±3,2	5.5±0,2

Güç tutuşur kompozitlerin gerilim kopma grafikleri Şekil 20’de verilmiştir. Her iki güç tutuşurluk maddesinin de matris ile takviye materyali arasındaki yapışmayı artırdığı için kompozitin kopma mukavemetini, Young modülünü artırdığı ve kopma uzamasını düşürdüğü görülmüştür. Isitman ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada belirttikleri üzere organik fosfinat esaslı güç tutuşurluk maddeleri, PA-6’nın yüzde kristalizasyon derecesini azaltmakta ve γ kristal formunun oluşumunu artırmaktadır [59]. Yüzde kristalizasyon derecesinin azalması ve daha düşük erime noktasına sahip γ kristal yapısının oluşumu matris ile takviye materyali arasındaki yapışmayı artırmaktadır [45, 48].



Şekil 20. Güç tutuşur kompozitlerin gerilim kopma grafikleri.

3.2.3 Kompozitlerin Güç Tutuşur Özellikleri

LOI ve UL-94 testleri kompozitlerin güç tutuşurluk özelliklerinin değerlendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kompozitlerin UL-94 dereceleri ve LOI değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’e göre, her iki maddenin de kullanım miktarı arttıkça kompozitlere daha fazla güç tutuşur özellik kazandırıldığı açıkça görülmektedir. OP 1230 içeren kompozitler OP 1312 içeren kompozitlere göre daha iyi güç tutuşurluk performansı gösterdiği görülmektedir. Bu organik fosfinat esaslı güç tutuşurluk maddelerinin performans farkı, güç tutuşurluk mekanizmalarından kaynaklanmaktadır. Daha önceki çalışmalarda gösterildiği üzere OP 1230 tamamı ile AlPi esaslı olup PA-6

içerisinde ana güç tutuşurluk etkisini fosfonik asit oluşumu ile gaz fazında göstermektedir [60, 61]. OP 1312 ise AlPi, melamin polifosfat ve çinkoborat karışımından oluşmakta olup, PA-6'da güç tutuşurluk etkisini yüksek bariyer etkisi gösteren alüminyum fosfat esaslı kül oluşturarak katı fazda göstermektedir [62, 63].

Ağırlıkça %10 OP 1230 içeren kompozit malzeme en yüksek LOI ve UL-94 derecesine sahip olduğu görülmektedir. Üretici firma ve geçmişteki çalışmalarda PA-6'da UL-94 testinde V0 derecesinin elde edilebilmesi için ağırlıkça %15 oranında OP1230 kullanmak gerektiği vurgulanmıştır [62, 63]. Ancak bu çalışmada ağırlıkça %10 oranında OP 1230 kullanımı ile V0 derecesi elde edilmiştir. Bu durumun kompozit morfolojisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aslında kompozit üretimi sırasında ağırlıkça %20 oranında OP 1230 içeren filmler kullanılmış olup toplamda kompozit içerisindeki güç tutuşurluk maddesi miktarı ağırlıkça %10 olmuştur. Yani kompozitin alt ve üst yüzü aslında ağırlıkça %20 oranında OP 1230 içeren filmlerden oluşmaktadır. Bu alt ve üst yüzey kaplama görevi görmektedir ve gaz fazında etki gösterdiği için güç tutuşurluk özelliklerinin beklenenden daha yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 8. Kompozitlerin içeriği, LOI değerleri ve UL-94 dereceleri.

Numune	LOI	UL-94 V	UL-94 HB	
			Yanma hızı (mm/dak)	Gözlem
PA-6	22.2	V2	41±5	Alevli damla
PA-6 %5 OP 1312	22.8	BC	26±3	Alevli damla
PA-6 %10 OP 1312	24.2	BC	13±2 (L=12mm)	-
PA-6 %5 OP 1230	23.2	BC	24±3	Alevli damla
PA-6 %10 OP 1230	27.6	V0	-	-

3.3 Sonuçlar

Tek bileşenli PP kompozitler, iki tip matris malzemesi kullanılarak farklı sıcaklıklarda üretilmiştir. Matris ile takviye malzemesinin yapışma miktarı kompozitlerin enine kesitinin SEM ile incelenmesi sonucu anlaşılmıştır. Üretilen kompozitlerin mekanik

özelliklerinin belirlenmesi için çekme testi, DMA ve IFWI testleri uygulanmıştır. SEM sonuçlarına göre, proses sıcaklığı artıkça matris ile takviye malzemesinin yapışma derecesinin arttığı görülmüştür. Aynı zamanda α kristalin yapısının yapışmayı olumsuz etkilediği görülmüştür. Çekme test sonuçlarına göre maksimum kopma mukavemeti, kompozitler matris malzemesinin erime noktasının 10 °C üzerinde üretildiğinde edilmiştir. IFWI test sonuçlarına göre, kompozitlerin darbe dayanımı kompozitlerin proses sıcaklığı artıkça azalmıştır. β -PP esaslı kompozitler co-PP esaslı kompozitlere göre düşük yapışmaya bağlı delaminasyondan ötürü daha yüksek darbe dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

Tek bileşenli PA kompozitler film istifleme yöntemi ile farklı proses sıcaklıklarında üretilmiştir. Çekme test sonuçlarına göre optimum proses sıcaklığı 240 °C olarak belirlenmiş olup bu sıcaklıkta güç tutuşur özellik gösteren tek bileşenli PA kompozitler üretilmiştir. Matris malzemesi ile takviye elemanı arasındaki yapışma derecesi kompozitlerin enine kesiti SEM ile incelenerek belirlenmiştir. SEM sonuçlarına göre kompozitlerin üretim sıcaklığı artıkça yapışmanın arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda matris malzemesi içerisine güç tutuşurluk maddesi ilavesi de yapışmayı olumlu yönde etkilemiştir. Çekme test sonuçlarına göre, güç tutuşurluk maddelerinin ilavesi kompozitlerin kopma mukavemetini ve Youngs' modül değerini artırmıştır. Güç tutuşurluk test sonuçlarına göre, her iki güç tutuşurluk maddesi ilavesi kompozitlerin yanmasını geciktirmiştir. Alüminyumdietil fosfinat esaslı OP 1230 güç tutuşurluk maddesi alüminyumdietil fosfinat, melamin polifosfat ve çinkoborat karışımından oluşan OP 1312 güç tutuşurluk maddesinden daha etkili olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Akovalı, G., 1984, **Polimer Temel ve Uygulamaları**, A.Ü.F.F., Ankara.
2. Mohanty, A.K., Misra, M., Drzal, L.T., 2005, Natural Fibers, **Biopolymers and Biocomposites**, CRC press, Boca Raton.
3. Mazumdar, S.K., 2002, **Composites Manufacturing**, CRC Pres, Boca Raton.
4. Inkaya, S., 2011, Dünyada ve Türkiye’de Kompozit Sektörü, **Mühendis ve Makine**, **613**, 52, 30-35.
5. Kmetty, A., Barany, T., Kager-Kocsis, J., 2010. Self-reinforced Polymeric Materials: A Review. **Progress in Polymer Science**, **10** (35): 1288-1310.
6. Ward, I.M., Hine, P. J., 2004. The Science and Technology of Hot Compaction, **Polymer**, **5** (45): 1413-1427.
7. Gao, C., Yu, L., Liu, H., Chen, L., 2012. Development of Self–reinforced Polymer Composites. **Progress in Polymer Science**, **6** (37): 767-780.
8. Saheb, D.N., Jog, J.P., 1999. Natural Fiber Polymer Composites: A Review. **Advances in Polymer Techology**, **4**, (18): 351-363.
9. Ezdeşir, A., Erbay, E., Taşkiran, İ., Yağcı, M., Cöbek, M., Bilgiç, T., “**Polimerler**”, 2. Baskı, Pagev Yayınları, 57-71, (1999).
10. George, J., Sreekala, M.S., Thomas, S., 2001. A Review on Interface Modification and Characterization of Natural Fiber Reinforced Plastic Composites. **Polymer Engineering and Science**, **9** (41): 1471-1485.
11. Bulut, Y., Erdogan, H.U., 2011. Selüloz Esaslı Doğal Liflerin Kompozit Üretiminde Takviye Materyali Olarak Kullanımı, **Tekstil ve Mühendis**, **82** (18): 26-35.
12. Capiati, N.J., Porter, R.S., 1975. The Concept of One Polymer Composites Modelled with High Density Polyethylene, **Journal of Materials Science**, **10** (10): 1671-1677.

13. Fakirov, S., 2012. Nano and Microfibrillar Single-Polymer Composites:A Review, **Macromolecular Materials and Engineering**, DOI: 10.1002/mamem 201200226
14. Matabola, K.P., Vries, A.R.D., Moolman, F.S., Luyt, A.S., 2009. Single Polymer Composites: A Review, **Journal of Materials Science**, **23** (44): 6213-6222.
15. Lacroix, F.V., Lu, H., Schulte, K., 1999. Wet Powder Impregnation for Polyethylene Composites: Preparation and Mechanical Properties, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **3** (30): 369- 373.
16. Lacroix, F.V., Werwer, M., Schulte, K., 1998. Solution Impregnation of Polyethylene Fibre/Polyethylene Matrix Composites, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **4** (29): 371-376.
17. Izer, A., Barany, A., 2007. Hot Consolidated All-PP Composites from Textile Fabrics Composed of Isotactic PP Filaments with Different Degrees of Orientation, **Express Polymer Letters**, **12** (1): 790-796.
18. Alcock, B., Cabrera N.O., Barkoula, N-M., Loos, J., Peijs, T., 2006, The Mechanical Properties of Unidirectional All-polypropylene Composites, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **5** (37): 716-726.
19. Jordan, D.N., Olley, H.R., Basset, C.D., Hine, J.P., Ward, I. M., 2002. The Development of Morphology during Hot Compaction of Tensylon High-Modulus Polyethylene Tapes and Woven Cloths, **Polymer**, **12** (43): 3397-3404.
20. Hein, P.J., Ward, I.M., 2006. Hot Compaction of Woven Nylon 6,6 Multifilaments, **Journal of Applied Polymer Science**, **2** (10): 991-997.
21. Hein, P.J., Ward I.M., 2003. Hot Compaction of Woven Poly(ethylene terephthalate) Multifilaments, **Journal of Applied Polymer Science**, **4** (91): 2223-2233.
22. Rojanapitayakorn, P., Mather, P.T., Goldberg, A.J., Weiss, R.A., 2005. Optically Transparent Self-reinforced Poly(ethylene terephthalate) Composites: Molecular Orientation and Mechanical Properties, **Polymer**, **3** (46): 761-773.

23. Alcock, B., Cabrera N.O., Barkoula, N-M., Loos, J., Peijs, T., 2007. Interfacial Properties of Highly Oriented Coextruded Polypropylene Tapes for the Creation of Recyclable All-Polypropylene Composites, **Journal of Applied Polymer Science**, **1** (104): 118-129.
24. Alcock, B., Cabrera N.O., Barkoula, N-M., Spoelstra A.B., Loos, J., Peijs, T., 2007. The Mechanical Properties of Woven Tape All-polypropylene Composites, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **1**, (38): 147-161.
25. Zhang, J.M., Peijs, T., 2010, Self-reinforced Poly(ethylene terephthalate) Composites by Hot Consolidation of Bi-component PET Yarns, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **8** (41): 964-972.
26. Izer, A., Barany, T., Varga, J., 2009. Development of Woven Fabric Reinforced All-Polypropylene Composites with Beta Nucleated Homo- and Copolymer Matrices, **Composites Science and Technology**, **13** (69): 2185-2192.
27. Abraham, T.M., Wanjale, S.D., Barany, T., Karger-Kocsis, J., 2009. Tensile Mechanical and Perforation Impact Behavior of All-PP Composites Containing Random PP Copolymer as Matrix and Stretched PP Homopolymer as Reinforcement: Effect of β Nucleation of the Matrix, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **5** (40): 662-668.
28. Barany, T., Izer, A., Karger-Kocsis, J., 2009. Impact Resistance of All-polypropylene Composites Composed of Alpha and Beta Modifications, **Polymer Testing**, **2** (28): 176-182.
29. Housyar, S., Shanks, R.A., Hodzic, A., 2005. Influence of Different Woven Geometry in Poly(propylene) Woven Composites, **Macromolecular Materials and Engineering**, **1** (290): 45-52.
30. Housyar, S., Shanks, R.A., 2004. Tensile Properties and Creep Response of Polypropylene Fibre Composites with Variation of Fibre Diameter, **Polymer International**, **11** (53): 1752-1759.

31. Housyar, S., Shanks, R.A., 2003. Morphology, Thermal and Mechanical Properties of Poly (propylene) Fibre-Matrix Composites, **Macromolecular Materials and Engineering**, **8** (288): 599-606.
32. Houshyar, S., Shanks, R.A., 2006. Mechanical and Thermal Properties of Flexible Poly(propylene) Composites, **Macromolecular Materials and Engineering**, **1** (291): 59-67.
33. Barany, T., Karger-Kocsis, J., Czigany, T., 2006. Development and Characterization of Self- reinforced poly(propylene) Composites: Carded Mat Reinforcement, **Polymers For Advanced Technologies**, **9-10** (17): 818-824.
34. Kitayama, T., Utsumi, S., Hamada, H., Nishino, T., Kikutani, T., Ito, H., 2003. Interfacial Properties of PP/PP Composites, **Journal of Applied Polymer Science**, **13** (88): 2875-2883.
35. Hine, P.J., Olley, R.H., Ward, I.M., 2008. The Use of Interleaved Films for Optimising the Production and Properties of Hot Compacted, Self Reinforced Polymer Composites, **Composites Science and Technology**, **6** (68): 1413-1421.
36. Foster, R. J., Bonner, M.J., Ward, I. M., 2011. The Use of Nano and Micron-sized Particles to Enhance the Interlayer Adhesion in Self-reinforced, Single-polymer Composites, **Composite Science and Technology**, **4** (71): 461-465.
37. Bocz, K., Barany ,T., Toldy, A., Bodzay, B., Csontos, I., Madi, K., Marosi, G., 2013. Self-extinguishing Polypropylene with a Mass Fraction of 9 % Intumescent Additive- A New Physical Way for Enhancing the Fire Retardant Efficiency, **Polymer Degradation and Stability**, **1** (98): 79-86.
38. Bocz K., Toldy, A., Kmetty, A., Barany, T., Igricz, T., Marosi G., 2012. Development of Flame Retarded Self- reinforced Composites from Automotive Shedder Plastic Waste, **Polymer Degradation and Stability**, **3** (97): 221-227.

39. Kazanci, M., Cohn, D., Marom, G., Migliaresi, C., Pegoretti, A., 2002. Fatigue Characterization of Polyethylene Fiber Reinforced Polyolefin Biomedical Composites, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **4** (33): 453-458.
40. Shalom, S., Harel, H., Marom, G., 1997. Fatigue Behaviour of Flat Filament-Wound Polyethylene Composites, **Composite Science and Technology**, **9-10** (57): 1423-1427.
41. Lacroix, F.V., Loos, J., Schulte, K., 1999. Morphological Investigations of Polyethylene Fibre Reinforced Polyethylene, **Polymer**, **4** (40): 843-847.
42. Deng, M., Shalaby, S.W., 1997. Properties of Self-reinforced Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene Composites, **Biomaterials**, **9** (18): 645-655.
43. Wu, C. M., Chang, C. Y., Wang, C.C., Lin, C.Y., 2012. Optimum Consolidation of All-Polyester Woven Fabric Reinforced Composite Laminates by Film Stacking, **Polymer Composites**, DOI 10.1002/pc.22146.
44. Zhang, J.M., Reynolds, C.T., Pejis, T., 2009. All-poly(ethylene terephthalate) Composites by Film Stacking of Oriented Tapes, **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, **11**: (40): 1747-1755.
45. Yao, D., Li, R., Nagarajan, P., 2006. Single-Polymer Composites Based on Slowly Crystallizing Polymers, **Polymer Engineering and Science**, **9** (46): 1223-1230.
46. Chen, J.C., Wu, C.M., Pu, F.C., Chiu, C.H., 2011. Fabrication and Mechanical Properties of Self Reinforced Poly(ethylene terephthalate) Composites, **eXpress Polymer Letters**, **3** (5): 228-237.
47. Khondker, O.A., Fukui, T., Inoda, M., Nakai, A., Hamada, H., 2004. Fabrication and Mechanical Properties of Aramid/nylon Plain Knitted Composites. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing** **10** (35): 1195-1205.
48. Bhattacharyya, D., Maitrot, P., Fakirov, S., 2009. Polyamide 6 Single Polymer Composites, **eXpress Polymer Letters**, **8** (3), 525-532.

49. Duhovic, M., Maitrot, P., Fakirov, S., 2009, Polyamide 66 Polymorphic Single Polymer Composites, **The Open Macromolecules Journal**, **3**, 37-40.
50. Pegoretti, A., Zanolli, A., Migliaresi, C., 2006. Preparation and Tensile Mechanical Properties of Unidirectional Liquid Crystalline Single-Polymer Composites, **Composites Science and Technology**, **13** (66), 1970-1979.
51. Pegoretti, A., Zanolli, A., Migliaresi, C., 2006. Flexural and Interlaminar Mechanical Properties of Unidirectional Liquid Crystalline Single-Polymer Composites, **Composites Science and Technology**, **13** (66), 1953-1962.
52. Li, R, Yao, D., 2008. Preparation of Single Poly(lactic acid) Composites, **Journal of Applied Polymer Science**, **5** (107), 2909-2916.
53. Zhang, J., Zhang, L., Liu, H, Liu, F, Guo, C., 2012. Study of micro-injection moulding: factors affecting the content of the β -phase in isotactic polypropylene with β -nucleating agent. **Polymer Plastic Technology**, **51**:1032-1037.
54. Shi, Y., Dou, Q. 2012. Crystallization, mechanical properties and heat resistance of β -nucleated isotactic polypropylene. **Polymer Plastic Technology**, **51**:1024-1031.
55. Nezbedova, E., Pospisil, V., Bohaty, P., Vlach, B. 2001. Fracture behaviour of β -polypropylene as a function of processing conditions. **Macromolecular Symposia**, **170**: 349-357.
56. Menyhard, A., Varga, J., Molnar, G. 2006. Comparison of different β -nucleators for isotactic polypropylene, characterisation by DSC and temperature-modulated DSC (TMDSC) measurements. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, **83**: 625-630.
57. Romhany, G., Barany, T., Czigany, T., Karger-Kocsis, J. 2007. Fracture and failure behavior of fabric reinforced all-poly(propylene) composites (Curv®). **Polymers for Advanced Technologies**; **18**: 90-96.

58. Durğun, Z., G.,2010.Çeşitli Kalsiyum Boatların Sentezi, Karakterizasyonu ve Alev Geciktirici Etkilerinin İncelenmesi. **Yüksek Lisans Tezi,Ankara Üniversitesi**, 47s.
58. Gong, Y., Yang, G. 2009. Manufacturing and physical properties of all polyamide composites. **Journal of Material Science**, **44**: 4639-4644.
59. Isitman, N. A., Aykol, M., Kaynak, C. 2010. Nanoclay assisted strengthening of the fiber/matrix interface in functionally filled polyamide 6 composites. **Composite Structures**, **92** (9): 2181-2186.
60. Dogan, M., Bayramli, E. 2014. The flame retardant effect of aluminum phosphinate in combination with zinc borate, borophosphate, and nanoclay in polyamide-6. **Fire and Materials**, **38** (1): 92-99.
61. Jimenez, M., Duquesne, S., Bourbigot, S.S. 2013. Enhanced flame retardant properties of glass fiber reinforced Polyamide 6. 6. by combining bulk and surface treatments: Toward a better understanding of the fire-retardant mechanism. **Polymer Degradation and Stability**, **98** (7): 1378-1388.
62. Samyn, F., Bourbigot, S. 2012. Thermal decomposition of the flame retarded formulations PA6/aluminum phosphinate/melamine polyphosphate/organomodified clay: Interractions between constituents. **Polymer Degradation and Stability**, **97** (11): 2217-2230.
63. Hu, Z., Lin, G., Chen, L., Wang, Y. 2011. Flame retardation of glass fiber reinforced polyamide 6 by combination aluminum phenylphosphinate with melamine pyrophosphate. **Polymers for Advanced Technologies**, **22** (7): 1166-1173.
64. UL 94, 2006. Test for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances, **Underwriters Laboratories Inc.**, Northbrook IL.
65. Usta N., Tuzcu H., "Termoplastik Poliüretan (TPU) Malzemelerin UL 94 ve Konik Kalorimetre ile Yanma Davranışlarının İncelenmesi", **Plastik ve Ambalaj Teknolojisi**, Sayı 185, 64-68, 2013

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Hatice ŞEYHOĞLU NARSAT

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 2 Ocak 1989, Kayseri

Medeni Durumu: Evli

Tel: 0 505 265 68 34

Email: haticeseyh:_tm@hotmail.com

Yazışma Adresi: Belediye Evleri Mah. 84026 Sok. No:65/2 Yasemen Apt. No:2
Çukurova/ADANA

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	EÜ Mühendislik Fakültesi / Tekstil Mühendisliği	2012
Lise	Niğde Fen Lisesi, Niğde	2007

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014-Halen	Emiroğlu Tekstil A.Ş	Planlama Uzmanı

YAYINLAR

- Hatice Seyhoğlu, Ali Sinan Dike, Saban Murat Unlu, Atila Çelik & Mehmet Doğan, "Mechanical Properties of Woven Fabric Reinforced All-Polypropylene Composites" POLYMER-PLASTICS TECHNOLOGY AND ENGINEERING, vol.53, pp.365-370, 2014
- Mehmet DOĞAN, Hatice ŞEYHOĞLU, "Film İstifleme Yöntemiyle Tek Bileşenli Polimer Kompozit Malzeme Üretimi", TEKSTİL VE MÜHENDİS, c.20,2013