

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**FARKLI TAKVİYE MALZEMELERİNİN POLYESTER ESASLI
KOMPOZİT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ VE
KARAKTERİZASYONU**

Sibel TOPUZ

Yüksek Lisans Tezi

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Proses ve Reaktör Tasarımı Bilim Dalı

OCAK 2021

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**FARKLI TAKVİYE MALZEMELERİNİN POLYESTER ESASLI
KOMPOZİT ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ VE
KARAKTERİZASYONU**

Tez Yazarı

Sibel TOPUZ

Danışman
Doç. Dr. Ramazan ORHAN

OCAK 2021
ELAZIĞ

T.C.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: Farklı Takviye Malzemelerinin Polyester Esaslı Kompozit Üretiminde
Değerlendirilmesi Ve Karakterizasyonu

Yazarı: Sibel TOPUZ

İlk Teslim Tarihi: 4.1.2021

Savunma Tarihi: 28.1.2021

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ORHAN

Onayladım

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Başkan: Prof. Dr. Filiz KAR

Onayladım

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye: Doç. Dr. Hasan ARSLANOĞLU

Onayladım

Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Farklı Takviye Malzemelerinin Polyester Esaslı Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi Ve Karakterizasyonu”yüksek lisans tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

28.01.2021

Sibel TOPUZ



ÖNSÖZ

Bu çalışmada polyeşter reçinesi içerisine farklı oranlarda kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks ve mermer tozu gibi takviye/dolgu malzemeleri kullanılarak kalıplama yöntemi ile polyeşter esaslı kompozit malzemeler üretimi yapılmıştır. Üretilen örneklerin ASTM standartlarına uygun olarak, mekanik özellikleri (ekme, eğilme ve darbe direnci) ve yanmazlık testi gerçekleştirilmiştir ve mekanik özellikleri ile yanmazlığı üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

Çalışmalarım sırasında değerli bilgi ve görüşlerinden yararlandığım, tez çalışmam sırasında beni yönlendiren saygı değer Hocam Doç. Dr. Ramazan ORHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımda ilk günden beri her konuda yanımda olan kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi şeyda TAşAR'a, elde ettiğim bulguların testleri konusunda bana yardımcı olan Makine Mühendisliği Arş. Gör. Cenk YANEN'e Bilimsel Araştırma Yöntemleri dersiyle bilgi ve tecrübelerini bana aktaran kıymetli hocam Prof. Dr. Sevda KIRBAĞ 'a tez sürecinde desteklerini esirgemeyen Dış ilişkiler birimi Erasmus+ Ofis alışma arkadaşlarıma ve Dış ilişkiler birim koordinatörüm sayın İzzet TAşAR', deneysel çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen sevgili Zeliha KESKİN, Zehra TOPUZ ve Behruz ABDULLAYEV'a katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Hiçbir zaman hakkını ödeyemeyeceğim her zaman ve her koşulda yanımda olan beni büyüten ve bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan kıymetli Anneme, aynı şekilde maddi manevi desteklerini esirgemeyen kardeş gibi gördüğümkuzenlerim ve dostlarıma şükranlarımı sunarım.

Bu tezimi, yakın zamanda kaybettiğim rahmetli babam Murat TOPUZ 'a ithaf ediyorum.

Sibel TOPUZ

ELAZIĞ, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KOMPOZİT MALZEMELER.....	4
2.1. Kompozit Malzemelerin Genel Özellikleri	5
2.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları	6
2.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	6
2.4. Kompozitlerin Matrise Göre Sınıflandırılması.....	7
2.4.1. Polimer matris kompozitler (PMC)	8
2.4.2. Metal matris kompozitleri (MMC)	11
2.4.3. Seramik matris kompozitler (CMC)	11
2.4.4. Karbol-karbon kompozitler(CC).....	11
2.5. Takviyeye Göre Kompozit Malzemeler	12
2.6. Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri	14
2.6.1. Metal matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri	14
2.6.2. Seramik matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri	15
2.6.3. Polimer matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri.....	16
2.7. Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu	20
2.7.1. Çekme Mukavemeti Testi.....	22
2.7.2. Üç Nokta Eğme Mukavemeti Testi	22
2.7.3. Sertlik Ölçme (Shore yöntemi) Testi	23
2.7.4. Limit Oksijen ihtiyacı (LOİ)ile yanma özelliklerinin tayini	23
2.7.5. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri(DSC)	24
2.7.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	25
3. ÖNCEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR.....	26
4. MATERYAL VE METOT	31
4.1. Materyal	31
4.2. Metot	33

4.3.Kompozitlerin Hazırlanması	33
4.4. Karakterizasyon Testleri	35
4.4.1. Çekme mukavemeti testleri	36
4.4.2. Üç nokta eğme mukavemeti testi.....	37
4.4.3. Sertlik testi	38
4.4.4. Yanmazlık testi	38
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	40
5.1.Çekme Mukavemeti Testi Sonuçları	40
5.2.Üç Nokta Eğme Mukavemeti Testi Sonuçları.....	42
5.3.Sertlik Testi Sonuçları.....	44
5.4.Yanmazlık Testi Sonuçları	45
5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu	46
6. SONUÇLAR	52
ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Farklı Takviye Malzemelerinin Polyester Esaslı Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi ve Karakterizasyonu

Sibel TOPUZ

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Ocak 2021, Sayfa xii+57

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte kompozit malzeme üretimine olan ilgi de artmıştır. Fakat kompozit malzemelerde kullanılan polimerler istenen özellikleri tek başına sağlayamazlar. Bu nedenle kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini iyileştirmek veya maliyetlerini düşürmek için dolgu/takviye malzemesi kullanmak gerekir. Bu çalışma için organik ve inorganik içerikli dolgu malzemeleri kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, doymamış polyester reçinesine ağırlıkça % 5, 10, 20 ve 40 oranlarında kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks ve mermer tozu gibi dolgu malzemeleri ilave edilerek elle döküm yöntemi ile polyester esaslı kompozit malzemeler hazırlamaktır. Elde edilen kompozit numunelerinin performanslarını değerlendirmek için çekme mukavemeti, elastikiyet modülü, eğilme mukavemeti ve sertlik gibi farklı mekanik testler uygulanmıştır. Ayrıca boraks ve mermer tozu takviyeli kompozit numunelerinin yanmazlık özelliklerini belirlemek için limit oksijen ihtiyacı (LOİ) testi uygulanmıştır.

Çekme mukavemeti testlerinin sonucuna göre; kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozunun ilave edilmesi ile kompozitin çekme mukavemeti değerlerinin azaldığı, mermer tozu için ağırlıkça % 10 değerine kadar fazla bir değişiklik göstermezken, %20 ve % 40 değerlerinde azalmaya başladığı, boraks ilavesinin ise ağırlıkça % 40 hariç önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Eğilme mukavemeti testlerinin sonuçlarında, çekme mukavemeti testlerinin sonuçlarına benzer bir değişim göstermiştir. Sertlik testlerinin sonuçlarına göre; kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği katkılı kompozitin sertliğinin azda olsa düştüğü, mermer ve boraks tozu katkılı kompozitin ise olumsuz yönde etkilenmediği bulunmuştur. Yanmazlık testlerinin sonuçları ise; mermer ve boraks tozu katkılı kompozit numunelerin limit oksijen ihtiyacı (LOİ) değerlerini arttırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks, mermer tozu, polyester reçine, kompozit malzeme

ABSTRACT

Characterization and Evaluation of Different Reinforcement Materials in Polyester Based Composite Production

Sibel TOPUZ

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemical Engineering
January 2021, Page xii+57

With the development of technology, interest in composite material production has increased. However, the polymers used in composite materials alone cannot provide the desired properties. For this reason, it is necessary to use filler/reinforcement material to improve the mechanical properties of composite materials or to reduce their costs. For this study, organic and inorganic filling materials were used.

The aim of this study is to prepare polyester-based composite materials by hand casting method by adding filling materials such as apricot stone shell, peach stone, borax and marble powder to unsaturated polyester resin in ratios of 5, 10, 20 and 40 wt%. Different mechanical tests such as tensile strength, modulus of elasticity, flexural strength and hardness were applied to evaluate the performance of the composite samples obtained. In addition, a limiting oxygen index (LOI) test was applied to determine the flame retardancy properties of borax and marble powder reinforced composite samples.

According to the results of the tensile strength tests; With the addition of apricot stone shell and peach stone powder, the tensile strength values of the composite decreased, while it did not show much change up to 10 wt% for marble powder, it started to decrease at 20% and 40% values, while the addition of borax improved significantly except 40 wt%. The results of the flexural strength tests showed also a similar trend as the results of the tensile strength tests. According to the results of the hardness tests; It was found that the hardness of the apricot stone shell and peach stone reinforced composite decreased slightly, while the marble and borax powder reinforced composite was not affected negatively. The results of the flame retardancy tests; It was observed that marble and borax powder reinforced composite samples increased the limiting oxygen index (LOI) values.

Keywords: Apricot stone shell, peach stone, borax, marble powder, polyester resin, composite material

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1.	Kompozit Malzemenin Temel Hali..... 5
Şekil 2.2.	Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları..... 6
Şekil 2.3.	Kompozit Malzemelerin Genel Sınıflandırılması 7
Şekil 2.4.	Kompozitlerin Matris Sınıflandırılması 7
Şekil 2.5.	Termoset moleküllerin çapraz bağlanması 8
Şekil 2.6.	Polyester Bağ Yapısı 9
Şekil 2.7.	Amorf (a) ve yarı kristalin (b) polimerlerde moleküler düzenlemeler 9
Şekil 2.8.	CMC, PMC ve MMC'lerin tipik kuvvetlendirme özellikleri 12
Şekil 2.9.	Sürekli ve süreksiz fiber takviyeli kompozitler 12
Şekil 2.10.	(a) Tek-yönlü düzenleme, (b) çapraz-tabaka izotropik düzenlenme (c) üç-boyutlu örgü takviye malzemeler 13
Şekil 2.11.	Katı Hal Prosesleri Üretim Şeması..... 14
Şekil 2.12.	Sıvı Hal Prosesleri Üretim Şeması 15
Şekil 2.13.	CMC kompozitlerin üretim şeması 15
Şekil 2.14.	Polimer Matrisli Kompozitlerin üretim şeması 16
Şekil 2.15.	Elle Döküm Yöntemi 17
Şekil 2.16.	El Yatırma Prosesi 17
Şekil 2.17.	Püskürtme Prosesi 18
Şekil 2.18.	Filament sarma prosesi..... 18
Şekil 2.19.	Pultrüzyon Prosesi..... 19
Şekil 2.20.	Enjeksiyon Prosesi 19
Şekil 2.21.	Reçine Transfer Kalıplama Üretim Prosesi..... 20
Şekil 2.22.	Gerilime karşı gerinim grafiği..... 21
Şekil 2.23.	Çekme mukavemeti testi 21
Şekil 2.24.	Üç Nokta Eğilme Testi..... 22
Şekil 2.25.	Sertlik Ölçme (Shore yöntemi) Testi..... 23
Şekil 2.26.	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Grafiği..... 25
Şekil 4.1.	Kullanılan dolgu malzemeleri 33
Şekil 4.2.	Polyester kompozit üretim süreci için basitleştirilmiş akış şeması 34
Şekil 4.3	a) Kayısı çekirdeği kabuğu b) Şeftali çekirdeği c) Mermer tozu d) Boraks katkılı kompozit malzeme numuneleri 35
Şekil 4.4.	Çekme Mukavemeti Ölçüleri 36
Şekil 4.5.	Üniversal Çekme Mukavemeti Test Cihazı..... 36
Şekil 4.6.	Üç nokta eğme testi numune ölçüleri 37
Şekil 4.7.	Üniversal Üç nokta eğme mukavemeti test cihazı 37

Şekil 4.8.	Sertlik Testi Numune Ölçüleri	38
Şekil 4.9.	Sertlik Testi Cihazı.....	38
Şekil 4.10.	Yanmazlık Testi Numune Ölçüleri	39
Şekil 4.11.	Yanmazlık Testi Cihazı.....	39
Şekil 5.1.	(a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere Atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin çekme mukavemeti değişimleri.....	40
Şekil 5.2.	(a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere Atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin elastikiyet modülü değişimleri	41
Şekil 5.3	(a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin eğilme mukavemeti değişimleri.....	43
Şekil 5.4.	(a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin sertlik değişimleri....	44
Şekil 5.5.	Atık içeriği ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve mermer tozu katkılı kompozit numunelerinin LOİ değerleri	46
Şekil 5.6.	Atık içeriği ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve boraks tozu katkılı kompozit n umunelerinin LOİ değerleri	46
Şekil 5.7.	Saf polyester numunesi için SEM görüntüsü	47
Şekil 5.8.	Ağırlıkça a) %10 b) %20 c) %40 kayısı çekirdeği kabuğu katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü	48
Şekil 5.9.	Ağırlıkça a) %10 b) %20 c) %40 şeftali çekirdeği katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü	49
Şekil 5.10.	Ağırlıkça a) %10 b) %20 c) %40 mermer tozu katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü	50
Şekil 5.11.	Ağırlıkça a) %10 b) %20 c) %40 boraks tozu katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü	51

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Tipik katkısız termoplastik matrislerin özellikleri	10
Tablo 2.2. Tipik Bazı Termoset ve Termoplastik Matrisler	11
Tablo 2.3. Tipik Bazı Fiber Takviyelerin Özellikleri.....	13
Tablo 4.1. Boraksın Fiziksel Özellikleri	32
Tablo 4.2. Mermer tozunun bazı fiziksel özellikleri (Elmad Mermer).....	32
Tablo 4.3. Polyester reçine ve kompozit numunelerinin birleşimi	34

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler; iki ya da daha fazla malzemenin uygun özelliklerini tek malzemede toplayarak veya yeni bir özellik kazandırmak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesi sonucu oluşturulan malzemelerdir. Bu malzemelerin hafif, spesifik mukavemet ve sertlik gibi özelliklerinden dolayı metal, tahta vb. gibi geleneksel malzemelere göre tercih edilmektedirler (Gopinath vd., 2014). Kompozit malzemelerde kullanılan polimerler, istenen özellikleri tek başına sağlayamazlar. Bu nedenle kompozit malzemenin mukavemet ve yük taşıma özelliğini arttırmak için bir takviye edici malzeme ve yine bunun çevresinde hacimsel olarak çoğunluğunu oluşturan ve malzemenin kopmasını geciktirici ve çatlamasını önleyici etkisi olan bir diğer matris malzeme takviye edilir (Ramesh vd., 2013). Son zamanlarda, ambalaj, bina cephe ve panolarında, mobilya, komple banyo ünitelerinde, elektronik ve otomotiv endüstrileri gibi çeşitli uygulama alanlarına büyük imkânlar sunan doğal elyaf/partikülle güçlendirilmiş polimer kompozitlerin üretilmesine giderek daha fazla ilgi duyulmaktadır. Kompozit malzemenin öneminin birçok alanda hissedildiği günümüzde alternatif kompozit malzemeye duyulan ihtiyaç bilim insanlarının bu konuya yönelmesini ve bu alanda birçok farklı çalışma yapmasını sağlamıştır.

Kompozit malzemeler, metal matrisli, plastik matrisli ve seramik matrisli olarak sınıflandırılmıştır. Metal matris malzemesi olarak; alüminyum, titanyum ve magnezyum en sık kullanılan metallerdir. Plastik matris malzemesi olarak; epoksi, polietilen, polipropilen kullanılabilir. Seramik matris malzemesi olarak ise; alümina, silika, baryum alümina silikat gibi malzemeler kullanılır.

Plastik matrislerin güçlendirilmesi için, geleneksel takviye malzemelerinin yerine doğal dolguların kullanılması hafif, kolay işleme, düşük maliyet ve daha az çevre kirliliği gibi faydalar sağlamaktadır (Li vd., 2007; Kalia vd., 2009). Bu tür biyo kaynağın kullanılmasının avantajları, çevreye zarar vermeden, yeryüzünde yaygın olarak temin edilebilen çok işlevli, esneklik ve yetenekte olmasıdır. Bu konu hakkında yapılmış çeşitli çalışmalar mevcuttur. Hindistan cevizi lifi, kenaf lifi, yağlı palmye lifi, şamfıstığı kabuğu, yer fıstığı kabuğu, ceviz kabuğu ve pirinç kabuğu, kompozit malzemeler için termoset veya termoplastik matrislerle birleştirilmiştir (Karagül,2014; Tran vd., 2012). Meşe palamudu ve çam kozalağı tozları epoksi reçine ile karıştırılmıştır (Baştürk vd., 2015). Dong vd. findıkkabuğu/polyester kompozitlerinin eğilme özelliklerini incelemiştir(Dong vd.,2012). Gürü vd., kompozit polimer matriksinin üretiminde uçucu kül ve mermer tozu ilavesini araştırmışlardır (Gürü vd.,2007). Arrakhiz vd. çeşitli miktarlarda çam kozalağı ve kili, polipropilen ile eriyik halde karıştırarak elde ettikleri kompozit malzeme için çekme ve sertlik testlerini denemişlerdir(Arrakhiz vd.,2013). Ramesh vd. doğal ve cam elyaf kompozitlerin kombinasyonunu kullanarak sisal-jüt-cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerin gerilme mukavemeti, eğilme dayanımı ve darbe dayanımı gibi mekanik

özelliklerini araştırmışlardır(Ramesh vd.,2013). Ahrabi vd. PET atıkları kullanarak ürettikleri kompozit malzemenin, katkı maddesi takviyesine bağlı olarak dayanıklılığını ve mukavemetini azalttığını bulmuşlardır (Ahrabi,2012).

Bu deneysel çalışmada polyester esaslı kompozitin mekanik özelliklerine etkisini görmek için takviye malzemesi olarak kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği gibi organik tarımsal atıklar ve mekanik özellik ile birlikte yanmazlık özelliğine etkisini belirlemek için de boraks ve mermer tozu gibi dolgu malzemeleri seçilmiştir. Türkiye’de yaklaşık olarak yıllık 650.000 ton kayısı ve 632.000 ton şeftali üretilmekte olup bunların çekirdekleri ise atık olarak daha çok fırınlarda yakılmaktadır. Tabii kaynakların sınırsız olmadığı, dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün bu kaynakların tükeneceği şüphesizdir. Kaynak israfını önlemenin yanında, hayat standartlarını yükseltme çabaları neticesinde bütün toplumlarda enerjiye olan talebin artması sonucunda, enerji fiyatları çok hızlı bir şekilde artmaktadır. Dolayısıyla kaynakların etkin kullanımı ve çevrenin korunması bakımından atıkların geri kazanılması ve bir kaynak olarak tekrar kullanılması için yöntemler geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. İmalat kompozit üretiminde bu atıkların değerlendirilmesi büyük öneme sahiptir. Mevcut çalışmada seçilen diğer dolgu malzemesi ise yanmazlık özelliği kazandırmak için kullanılan boraks ve mermer tozudur. Günlük yaşıntıda nerede olursak olalım (ev, okul, işyeri veya ulaşım araçları) çevremizde bulunan eşya veya makinelerden can ve mal güvenliği açısından beklenen en önemli özellik herhangi bir nedenle aleve maruz kalındığında tutuşmama özelliği göstermeleridir. Bu nedenle yangın güvenliği, pek çok farklı endüstri kollarında son yıllarda artan bir önem arz etmektedir. Aleve maruz kalınması durumu için duman ve ısı detektörleri, pulverize su püskürtme sistemleri ve daha başka erken uyarı sistemleri geliştirilmektedir. Fakat tüm sistemler bu ortamlarda bulunan malzemelerin, güç tutuşma özelliği kazandırılmış malzemeler olması ile daha verimli hale gelebileceklerdir. Dolgu miktarı, bir ürünün maliyetini dikkate alırken önemli bir özelliktir ve kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri kadar önemlidir. Reçine miktarının daha düşük tutulması, diğer dolgu maddelerine kıyasla reçinenin daha pahalı olması nedeniyle maliyetlerde bir azalmaya neden olabilir(Aruniit vd., 2011).

Bu çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği kabuğu gibi tarımsal atıklar ile mermer tozu gibi atıkların doğaya salınması yerine değerlendirilmesinden ortaya çıkan çevresel faydalar yanında atıkların ekonomik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu atıkların yanı sıra boraks tozu kullanılarak polyester esaslı kompozit malzeme üretiminde bu dolgu malzemelerinin kompozitin mekanik özelliklerine ve mermer tozu ile boraksın yanmazlık özelliğine olan etkisi belirlenmiştir.

Öncelikli olarak saf polyester numunesi üretilmiş daha sonra polyester reçinesine ağırlıkça % 5, 10, 20 ve 40 oranlarında kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks ve mermer tozu gibi dolgu malzemeleri eklenerek elle döküm yöntemi ile polyester esaslı kompozit malzeme

üretimiştir. Üretilen bu kompozit malzemelerin ve saf polyester numunesinin performanslarını değerlendirmek için çekme mukavemeti, elastikiyet modülü, eğilme mukavemeti ve sertlik gibi farklı mekanik testlere tabi tutulmuştur. İlave olarak boraks ve mermer tozu takviyeli kompozit numunelerine LOİ testi uygulanarak yanmazlık özellikleri araştırılmıştır.



2. KOMPOZİT MALZEMELER

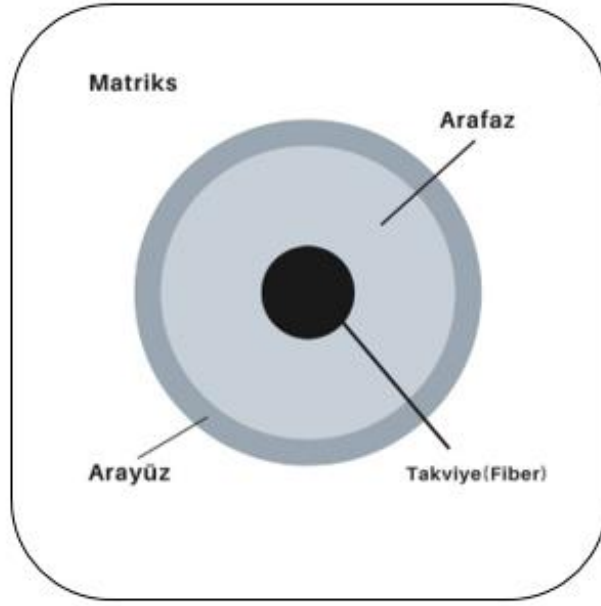
Günümüzde çok kullanılan kompozit malzemelerin tarihi çok eskiye dayanmaktadır. Kerpiç, kompozit malzeme üretiminin tarihteki ilk örneğidir. Kerpicing yapımı esnasında çamur kiline dolgu malzemesi olarak samanın eklenmesiyle bir kompozit malzeme elde edilmiştir. Bu kompozit malzemenin elde edilmesinde ki amaç korunaklı ve ortam şartlarına karşı dayanıklı evler yapılmak istenmesidir. Elde edilen kompozit malzemeler, ilave edilen malzemelere göre dönem dönem değişime uğramıştır. Bu değişimlere şu şekilde örnekler verilebilir.

M.Ö. 1500’lü senelerde dayanıklı eşyaların yapımı için çamur içerisine takviye malzemesi olarak yine saman eklenmiş ve vazo, tuğla, tabak vb. gibi eşyaların elde edildiği bilinmektedir. M.Ö. 2181 ile 2055 yılları arasında Mısır’da dayanıklı maske ve bez gibi malzemeler üretilen kişiler için kullanılmıştır. Türkler, eskiden savaşlarda daha dayanıklı malzemeler kullanabilmek için M.S. 1200’lü yıllarda çam reçinesi içerisine kemik ve boynuz gibi malzemeler ilave etmiş, bu şekilde yay ve ok gibi malzemeler üretmiştir. Bu şekilde savaşlarda büyük avantajlar sağlandığı tarihe bakıldığında görülmektedir.

Kompozitlerin kimya alanındaki tarihsel değişimi ise 1870 ile 1890 yılları arasında meydana gelmiştir. Bu değişim ile kompozitlerin üretimi için kullanılan doğal reçinelere dâhil olarak sentetik reçinelerde kullanılmıştır. 1900’lü yıllarda vinil, polyester ve polystren gibi sentetik reçineleri daha fazla geliştirmek ve daha çok yerde kullanmak için çalışmalar yapıldığı söylenebilir. 20. Yüzyıla geldiğimizde kompozit malzemerde olağanüstü gelişmeler meydana gelmiştir. Bu dönemlerde en çok kullanılan ve kullanılmaya devam edileceği bilinen doymamış polyester reçine için patenler alınmıştır. Bu şekilde fiberglasın elde edilmesi veya üretilmesi ve epoksi reçinenin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Son yıllarda kullanımı fazla olan kompozit malzemelerin üretimi artmıştır ve her sektörde hemen hemen kullanılmaktadır (Kahvecioğlu,2016).

Bir veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesi, kullanılmak istenilen yere uygun hazırlanması ve kendisinden daha üstün özelliklere sahip olması amacıyla üretilen malzemeye “kompozit malzeme” adı verilir. Elde edilen malzemelerin çoğu, en yüksek sıcaklığa, aşınmaya ve oksidasyona dayanabilmektedir(Şahin,2006).

Matris, sürekli ve anafaz olmak üzere iki yapıdan meydana gelmektedir. Matrisin en önemli özelliği takviye malzemesini bir arada tutunmasına yardımcı olmaktır. Matris içinde yer alan ikinci faz takviye fazıdır. Bu fazın özelliği ise matrise dayanıklılık ve sertlik sağlamaktır. Tane boyutuna da etkisi bulunmaktadır. Matris ve takviye malzeme arasında arayüz bulunmaktadır. Görevi ise aralarındaki bağlayıcılığı sağlamak(Qu,1993). Kompozit malzemenin temel hali Şekil 2.1.’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Kompozit Malzemenin Temel Hali

2.1. Kompozit Malzemelerin Genel Özellikleri

Kompozit malzemeler yapılarında kendisini oluşturan malzemelerin özelliklerini bulundurmaları haricinde başka özelliklere de sahip olabilmektedir. Bu özelliklerin bazıları şu şekildedir;

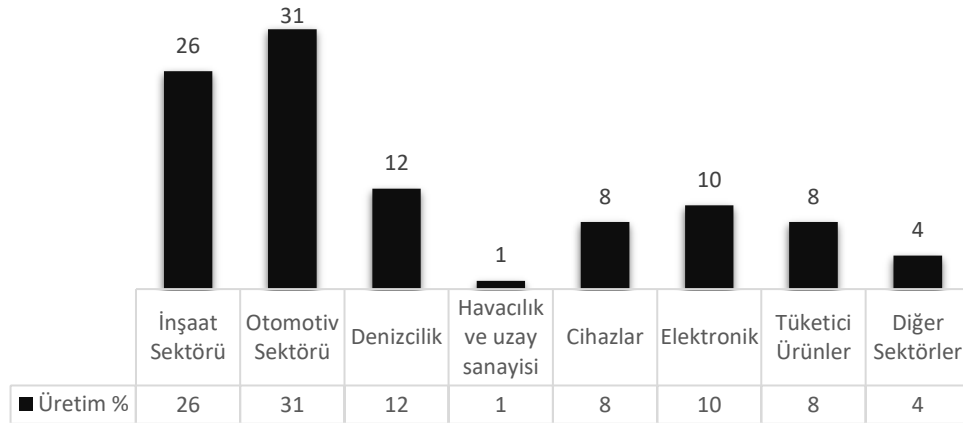
- Ultra dayanıklılık,
- Malzeme hafifliği,
- Tasarım elastikiyeti,
- Boyutsal stabilite,
- Yüksek dielektrik direnci,
- Aşınım dayanıklılığı,
- Şekillendirmede kolaylık,
- Ultra termal dayanıklılığı,
- Sesi absorplaması.

Bu özellikler malzemeye oldukça avantaj sağlamaktadır. Bu avantajların eş zamanlı gerçekleşmesi mümkün değildir. Kullanılacak yer ve özelliklere göre gerek görülen özellikler fazlaştırılır ve kontrolü sağlanır. Karmaşık parçalı yapıların yalnız başına üretilebilmesi nedeniyle parça sayısına düşük olması sağlanır. Böylelikle ara kombinasyon detay ve parçaların az olması, istenilen ürünün daha kısa sürede üretilmesi sağlanır. Üretimde kullanılan yöntem ürünün kalitesini etkilediği için standart bir kalite olmamaktadır(Şahin,2002;Ersoy,2001).

2.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Fiziksel ve mekanik özellikleri gelişmiş yeni bir karışım olan kompozit malzemelerin sadece yapısal özellikleri değişmemiştir. Bunun yanında elektriksel, termal ve çevresel özelliklerinin de değişmesi nedeniyle kullanım alanları da oldukça genişlemiştir(Şahin,2006). Şekil 2.2.'de kompozit malzemelerin kullanım alanları sunulmuştur.

Sağlık sektörü, inşaat ve yapı sektörü, otomotiv sektörü, havacılık ve uzay sanayisi, denizcilik sektörü, enerji sektörü, gıda ve tarım sektörü, spor malzemelerinin yapımında yani hemen hemen her alanda kompozit malzemeler kullanılmaktadır(Barut,2015;Özer,2015)Şekil 2.2.'de kompozit malzemelerin kullanım alanları sunulmuştur.



Şekil 2.2. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

2.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemelerin genel sınıflandırılması matris ve takviyeye göre olmak üzere iki şekildedir.

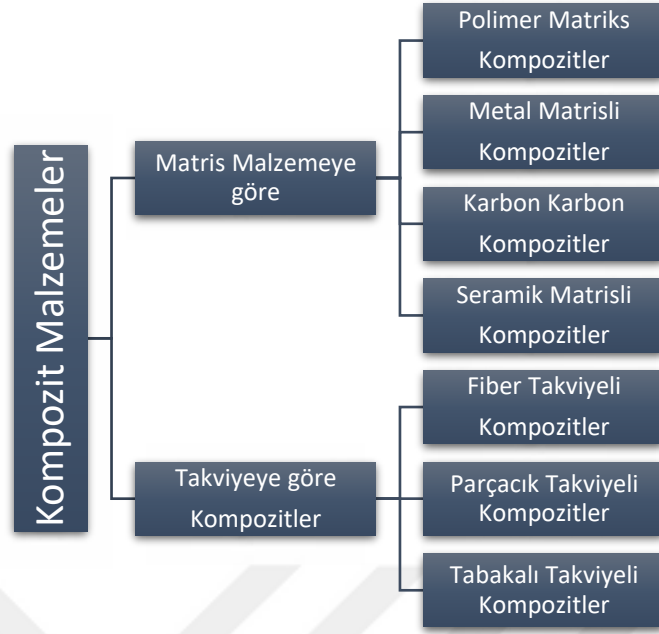
Matris malzemeler kendi arasında dört grup altında sınıflandırılır.

- Polimer Matris Kompozitler (PMC)
- Metal matris Kompozitler (MMC)
- Seramik matris kompozitler (CMC)
- Karbon Karbon Kompozitler(CCC)

Takviye malzemenin sınıflandırılması ise 3 grup altındadır.

- Fiber(Elyaf) takviyeli Kompozitler
- Parçacık Takviyeli Kompozitler
- Tabakalı Takviyeli Kompozitler şeklindedir(Beşergil,2016;Agarwall,1980).

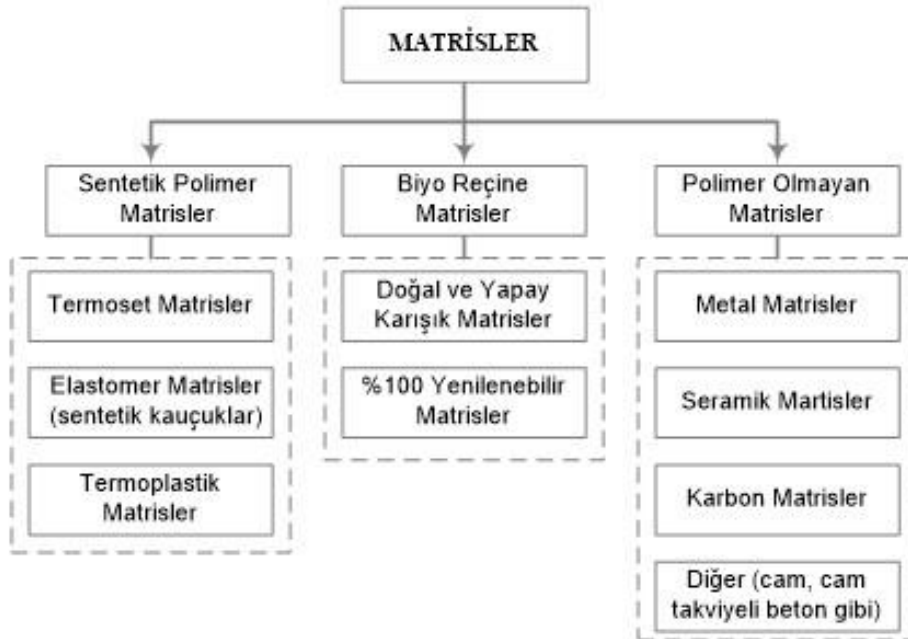
Şekil 2.3.'de kompozit malzemelerin genel sınıflandırılması özetlenmiştir.



Şekil 2.3. Kompozit Malzemelerin Genel Sınıflandırılması

2.4. Kompozitlerin Matrise Göre Sınıflandırılması

Matris yapının dayanıklılığını arttırmak veya kırılabilirliğini azaltmak ancak dolgu malzemesinin eklenmesiyle mümkündür. Kompozitler, matrisin yapısına ve takviye elemanlarının özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Matrisler kendi aralarında farklı şekilde sınıflandırılırlar. Sınıflandırması Şekil 2.4. 'de gösterildiği gibi olabilir(Beşergil,2016).



Şekil 2.4. Kompozitlerin Matris Sınıflandırılması (Beşergil,2016)

2.4.1. Polimer matris kompozitler(PMC)

Kompozit üretilmesinde en yaygın olarak kullanılan matrisler olarak bilinmektedir. Kullanım açısından en yaygın olanlar;

- a) Termoset
- b) Termoplastikler
- c) Elastomer

Matrisler şeklinde sınıflandırılabilir(Beşergil,2016)

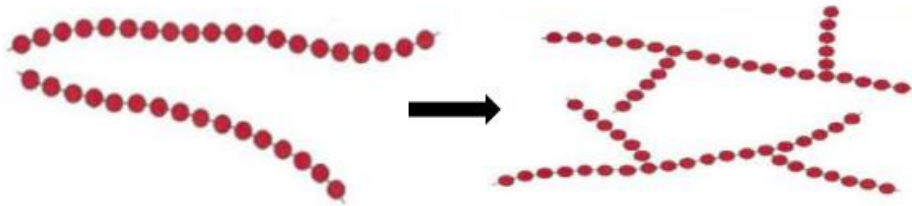
Termoset matrisler yapı olan bir defa serleştikten sonra geri dönüşümü yoktur. Tekrardan eritilemez ve şekil alması mümkün değildir.

Termoplastik matrisler serleşme işlemi sonrasında tekrardan eritilebilmektedir. Yeniden katılaştırılabilir veya şekil verilmesi kolaydır.

Kompozitlerin temelini oluşturan 2 ana bileşen bulunmaktadır. Reçine ve takviye/dolgu elemanları(Mazumdar,2002).

a) Termoset matrisler

Bu matris kullanılarak üretilen kompozitlerin ömürleri oldukça uzundur ve ısıya aşırı dayanıklı yapıları vardır. Isıya dayanıklı olmalarının sebebi yapılarında çapraz bağ oluşturmalarından dolayıdır. Geri dönüşümü mümkün değildir ve şekil verilmesi oldukça zordur(Beşergil,2016). Şekil 2.5’de Termoset moleküllerin çapraz bağlanması gösterilmiştir(Mazumdar,2002).



Şekil 2 5. Termoset moleküllerin çapraz bağlanması (Mazumdar,2002)

Polyester(Doymamış) Reçineler

Polyesterler, işleme açısından uygun olması, ortam şartlarına dayanıklı yapılarda olması nedeniyle çok fazla kullanılan matrislerdendir. Bu reçinenin yapısında çapraz bağlanma olur. Bu reçinenin kullanılmasıyla dayanıklı ürünler elde edilebilir Üretim esnasındaki sürenin kısılması veya uzaması katalizörün eklenmesine bağlıdır(Beşergil,2016).

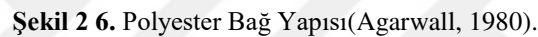
Şekil 2.6.’da Polyester bağ yapısı verilmiştir. Karbon atomlarının arasında çift bağın olması polimerin doymamış olduğunu göstermektedir.

doymamış bağ

$$\text{HO}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\left(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})\right)_n-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$$

doymamış bağ

İzoftalik Poliester



Endüstride çok kullanılmayan bir matristir. Termoplastikler dışarıdan ısı alarak şekillendirilebilir. Aynı işlemi defalarca yapılabilir. Termoplastiklerin yapısında çapraz bağlar yoktur ve oldukça zayıf bağları vardır. Van der Waals bağları oluşturdıkları için ısıtma işlemlerine maruz kaldıklarında kolayca şekillendirilirler(Beşergil,2016).Şekil 2.7.'de amorf (a) ve yarı kristalin (b) polimerlerde moleküler düzenlemeler şematize edilmiştir.



Termoplastikler, Şekil 2.7’de görüldüğü gibi amorf veya yarı kristal yapıda bulunabilir. Plastikler kristalliğe ulaşması mümkün değildir. Bunun nedeni ise yapısal olarak karmaşık olmasıdır. Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de bazı katkılı ve katkısız termoplastiklerin özellikleri verilmiştir(Mazumdar,2002).

Termosetlerin Avantajları: Yüksek kuvvet ve stiffnesse sahiptirler. Proses sıcaklığı düşüktür. Fiber ıslatma özelliği iyidir. Viskoziteleri düşük olduğu için, kolayca infiltre edilebilirler.

Dezavantajları: Prosesler uzun ve irreversibıldır. Raf ömrü sınırlıdır. Kırılıgandır. Yüksek sıcaklıklarda kullanımları sınırlıdır. Resaykıl edilmesi zordur. Komponentlerde kalıntı gerilmeler bulunur.

Termoplastikler Avantajları: Prosesler hızlı ve reversibıldır. Kontrollü raf ömrüne gerek olmaz. Dayanıklılığı ve delaminasyon direnci yüksektir. Kalıntıların tekrar kullanılması ve resaykıl edilebilir. Onarımı yapılması ve kaynakla bağlanması mümkündür. Yüksek sıcaklıklarda mekanik özellikler iyidir. Komponentlerde kalıntı gerilim kalmaz.

Dezavantajları: İşleme için istenen sıcaklık çok fazladır. Viskozitelerinin yüksek olması akışkanlıklarının ise düşük olması infiltre edilmesini zorlaştırır(Mazumdar,2002).

Tablo 2.1. Tipik katkısız termoplastik matrislerin özellikleri(Beşergil,2016)

Reçine Malzemesi	Yoğunluk (gr/cm ³)	Çekme Modülü GPa(10 ⁶ psi)	Çekme Dayanımı MPa (10 ³ psi)
Naylon	1.1	1.3 – 3.5(0.2-0.5)	55-90(8-13)
PEEK	1.3-1.35	3.5-4.4(0.5-0.6)	100(14.5)
PPS	1.3-1.4	3.4 (0.49)	80 (11.6)
Polyester	1.3-1.4	2.1-2.8(0.3-0.4)	55-60 (8-8.7)
Polikarbonat	1.2	2.1-2.8(0.3-0.5)	55-70(8-10)
Asetal	1.4	3.5(0.5)	70(10)
Polietilen	0.9-1.0	0.7-1.4(0.1-0.2)	20-35(2.9 – 5)
Teflon	2.1-2.3	--	10-35(1.5-5)

Tablo 2.2. Tipik Bazı Termoset ve Termoplastik Matrisler(Beşergil,2016)

	Yoğunluk g/cm ³	Modül, GPa	Gerilme Kuv. MPa	KU, %	TC, W/m.K	CTE, ppm/K
Epoksi ^(a)	1.1-1.4	3-6	35-100	1-6	0.1	60
Polyester ^(a)	1.2-1.5	2-4.5	40-90	2	0.2	100-200
Polipropilen (PP) ^(b)	0.90	1-4	25-38	>300	0.2	110
Naylon 6,6 ^(b)	1.14	1.4-2.8	60-75	40-80	0.2	90
Polikarbonat (PC) ^(b)	1.06-1.20	2.2-2.4	45-70	50-100	0.2	70
Polisülfon ^(b)	1.25	2.2	76	50-100	-	56
Polieterimid ^(b)	1.27	3.3	110	60	-	62

^(a)termoset, ^(b)termoplastik,KU: kopma uzama, TC: termal iletkenlik, CTE: termal genleşme katsayısı

c) Elastomer Matrisler

Termoset matrislere yapısal olarak da benzemektedir. Kürleşme esnasında yapısında çapraz bağlar oluşmaktadır. Oda sıcaklığında gerilme işlemi uygulandığında kendi boyutunun iki katı kadar uzar gerilme işlemi kaldırıldığında hemen eski haline döner. Bu elastomer matrisin en ayırt edici özelliğidir(Beşergil,2016).

2.4.2. Metal matris kompozitleri (MMC)

Kompozitleri oluşturan bir metal matris ve onu güçlendiren bir malzeme olması gerekir. Uygulama alanları oldukça yüksek sıcaklığa dayanıklı olması gerekir. Yaklaşık olarak 200-850 °C civarındadır(Beşergil,2016).

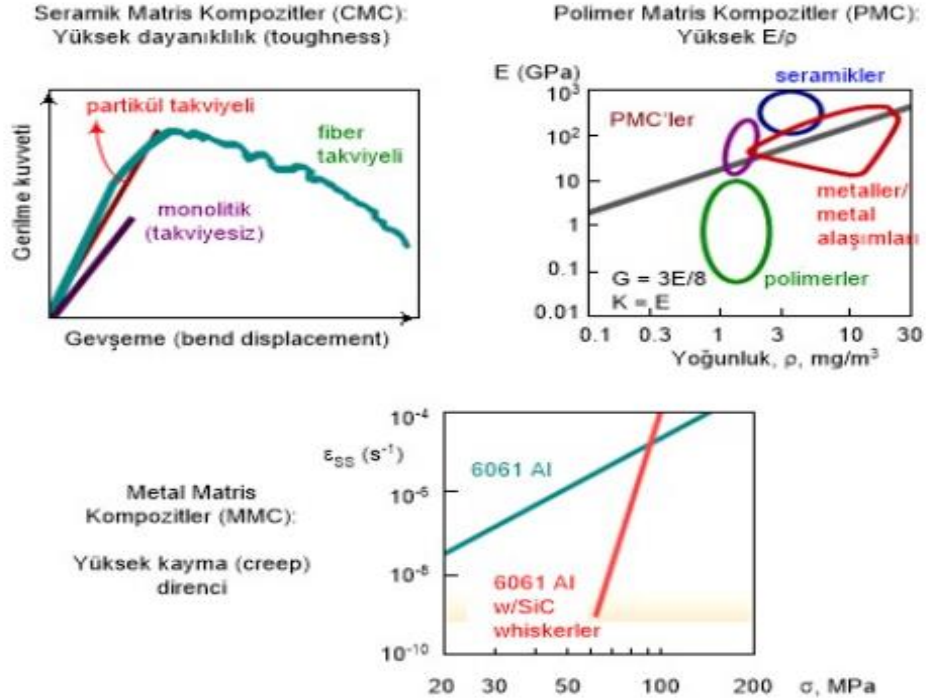
2.4.3. Seramik matris kompozitler (CMC)

Kompozit oluşmasında bir seramik takviye elemanı olarak kullanılırsa yine aynı yapıda bir dolgu malzemesi kullanılmak zorundadır. Sebebi ise en yüksek sıcaklığa dayanabilmesi ve kullanılabilmesi içindir(Beşergil,2016).

2.4.4. Karbol-karbon kompozitler(CC)

Kompozit malzemesinde hem takviye hem de matris karbon olan kompozitlerdir. Hafif olması, oldukça güçlü yapıda olması ve sertliği en belirgin özelliklerindendir. Bu kompozitin tarihi çok eskiye dayanmamaktadır. Aşırı yüksek derecelerde gerilme mukavemetindedir.

Yaklaşık 2000 °C sıcaklıkta gerilme modülüne sahip bir yapısı vardır(Beşergil,2016). Şekil 2.8.'de CMC, PMC ve MMC'lerin tipik kuvvetlendirme özellikleri sunulmuştur.



Şekil 2.8. CMC, PMC ve MMC'lerin tipik kuvvetlendirme özellikleri(Beşergil,2016)

2.5. Takviyeye Göre Kompozit Malzemeler

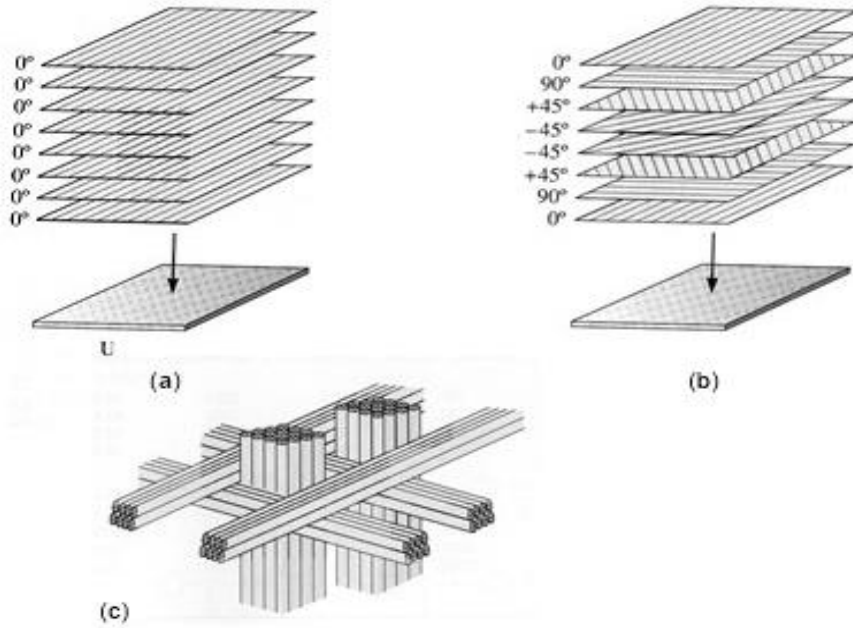
Son zamanlarda atıkların değerlendirilmesi adına takviye elemanı olarak atık takviyeli malzemeler kullanılmıştır. Günümüzde ise en çok kullanılan malzemeler elyaflardır(Şahin,2002)Tablo 2.3.'de tipik bazı fiber takviyelerin özellikleri verilmiştir. Şekil 2.9.'da sürekli ve süreksiz fiber takviyeli kompozitler şematize edilmiştir. Şekil 2.10.'da ise (a) Tek-yönlü düzenleme, (b) çapraz-tabaka izotropik düzenlenme (c) üç-boyutlu örgü yapısı sunulmuştur.



Şekil 2.9. Sürekli ve süreksiz fiber takviyeli kompozitler(Beşergil,2016)

Tablo 2.3. Tipik Bazı Fiber Takviyelerin Özellikleri(Beşergil,2016)

Fiber	Yoğunluk g/cm ³	Modül, GPa	Gerilme kuv. MPa	CTE, ppm/K	TC, W/m.K
E-Cam	2.6	70	2000	5	0.9
HS-Cam	2.5	83	4200	4.1	0.9
Aramid	1.4	124	3200	-5.2	0.04
Boron	2.6	400	3600	4.5	-
SM-Karbon (PAN)	1.7	235	3200	-0.5	9
UHM-Karbon (PAN)	1.9	590	3800	-1	18
UHM-Karbon (PAN)	1.8	290	7000	-1.5	160
UHM-Karbon (zift)	2.2	895	2200	-1.6	640
UHK-Karbon (zift)	2.2	830	2200	-1.6	1100
SiC monofilament	3.0	400	3600	4.9	-
SiC multifilament	3.0	400	3100	-	-
Si-C-O	2.6	190	2900	3.9	1.4
Si-Ti-C-O	2.4	190	3300	3.1	-
Aluminyum oksit	3.9	370	1900	7.9	-
HDPE	0.97	172	3000	-	-

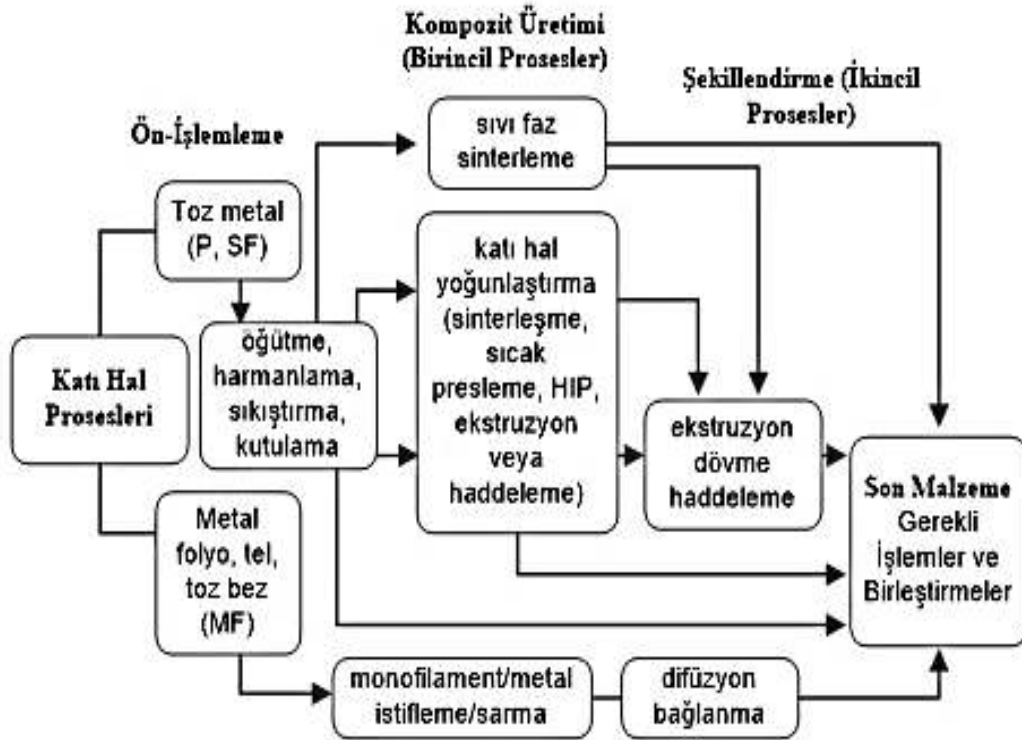
**Şekil 2.10.** (a) Tek-yönlü düzenleme, (b) çapraz-tabaka izotropik düzenlenme (c) üç-boyutlu örgü takviye malzemeler(Beşergil,2016)

2.6. Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri

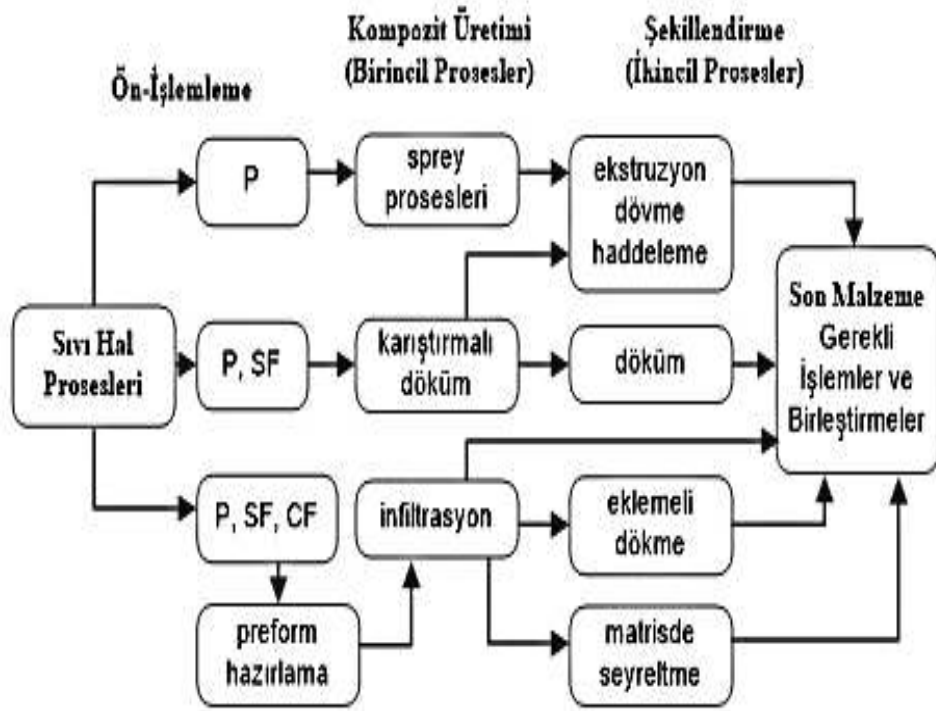
Her kompozit malzeme için üretim yöntemi farklıdır. Üretim yöntemlerinin farklı olma nedeni kullanım alanlarının değişmesidir. Kullanılmak istenen yere göre matris ve takviye malzemesi seçilmesi nedeniyle uygun üretim yöntemi seçmekte oldukça önemlidir. Üretilen kompozit malzemenin kalitesi üretim yönteminin kalitesine bağlıdır(Scwartz,1997).

2.6.1. Metal matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri

Bu kompozitlerin üretiminde kullanılan yöntemler sıvı ve katı hal yöntemleridir(Şahin,2006; Ersoy,2001).Şekil 2. 11.'de katı hal prosesleri üretim şeması Şekil 2.12'de sıvı hal üretim şeması sunulmuştur.



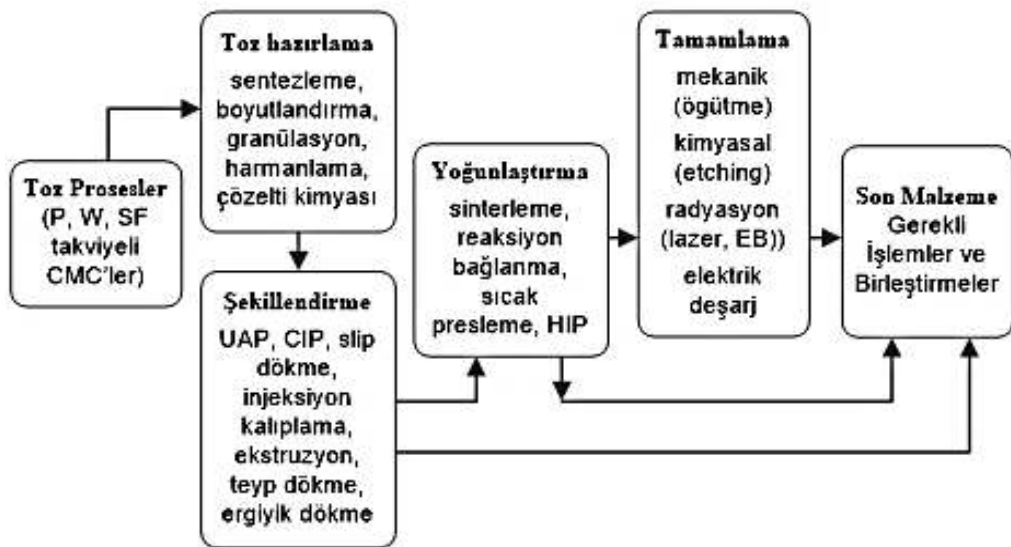
Şekil 2.11. Katı Hal Prosesleri Üretim Şeması(Şahin,2006)



Şekil 2.12. Sıvı Hal Prosesleri Üretim Şeması(Şahin,2006)

2.6.2. Seramik matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri

Üretim çizelgesi (Şekil 2.13) 4 aşamadan oluşmaktadır. 1.Toz Hazırlama 2.Yoğunlaştırma 3. Tamamlama 4. Son Malzeme (Beşergil,2016)



Şekil 2.13. CMC kompozitlerin üretim şeması(Beşergil,2016)

2.6.3. Polimer matrisli kompozitlerin üretim yöntemleri

Reçine ve dolgu malzemesinin seçiminin uygun olması üretilen malzemenin kalitesi açısından oldukça önemlidir. Seçilmiş takviye malzemesi ve matris reçine ilk önce karıştırma işlemi yapılır. Karışım sonra kalıba dökülür. Ardından sıkıştırma işlemi yapılır. Sonra polimerizasyon işlemi yapılır. Kalıbın şeklini aldıktan sonra kalıptan çıkartılıp oda sıcaklığında biraz bekletilir. Kürleşme esnasında zaman, ısı ve uygulanan basınç oldukça önemlidir. Önemli olan başka parametreler ise maliyet, üretim hızı, üretilmek istenen parça boyutu ve şekli diyebiliriz(Biron,2007). Şekil 2.14.’ de polimer matrisli kompozitlerin üretim şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Polimer Matrisli Kompozitlerin üretim şeması

Elle Döküm Yöntemi

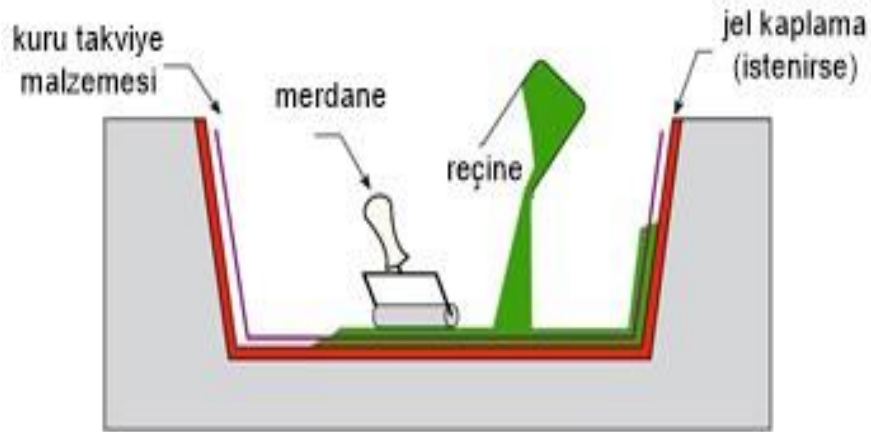
En eski yöntemlerden biridir. En pratik ve maliyet açısından oldukça avantajlı bir yöntemdir. Üretim esnasında insan gücünden faydalanılır. Bu yöntem için en çok kullanılan reçineler; epoksi ve polyester reçinedir. Şekil 2.15’de elle döküm yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Elle Döküm Yöntemi

El(Hand) Yatırma Yöntemi

Elle döküm yöntemine benzeyen bir yöntemdir. Üretimi esnasında çok fazla insan gücüne ihtiyaç vardır. Emek verilmesine rağmen elde edilen malzeme oldukça azdır. Büyük parçaların üretimi esnasında tercih edilen yöntemlerden biridir. Bu yöntem içinde en çok kullanılan epoksi reçine ve polyesterdir. Kalıba önce numune katılaştıktan sonra rahat çıksın diye jel kalıplama sürülür. Reçine ve takviye malzeme karışımı kalıba döküldükten sonra merdane yardımıyla kalıbın şeklini alması sağlanır. Bu işlem sırasında hava kabarcığının oluşmaması oldukça önemlidir. Oda sıcaklığında numunenin sertleşme işlemi yapılır. İşlemi hızlandırmak için kürleme de yapılabilir(Gay,2007). Şekil 2.16.’de el yatırma prosesi şematize edilmiştir.

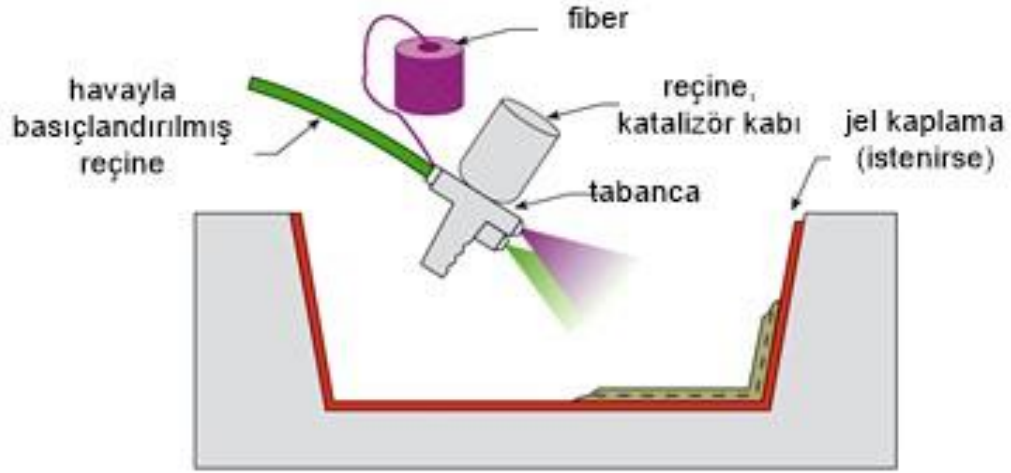


Şekil 2.16. El Yatırma Prosesi (Beşergil,2016)

Püskürtme Sprey Yöntemi

Bu yöntem, seri halde üretimin olması amacıyla el yatırma yönteminin geliştirilmiş halidir. Püskürtme yönteminde, püskürtme işlemi makine ile yapılır. Sıvı halde bulunan matris ve dolgu

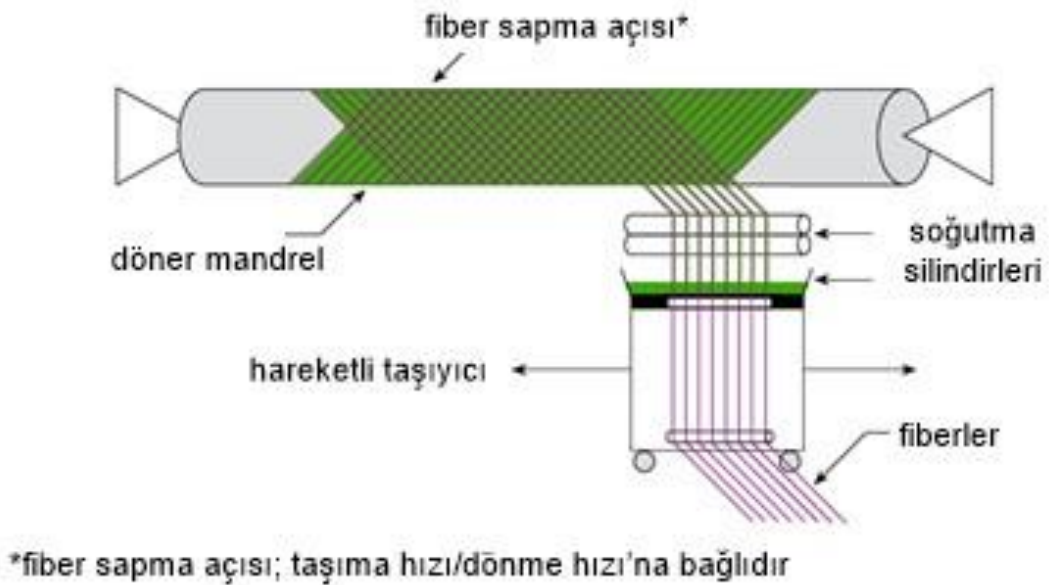
malzemesi bir tabancaya konur. Tabanca ile malzeme kalıba püskürtülür. Maliyeti az olan yöntemlerden biridir. Karmaşık ürün üretimi için kullanılmaktadır(Scwartz,1997). Şekil 2.17.'de el püskürtme prosesi şematize edilmiştir.



Şekil 2.17. Püskürtme Prosesi (Beşergil, 2016)

Filament Sarma Yöntemi

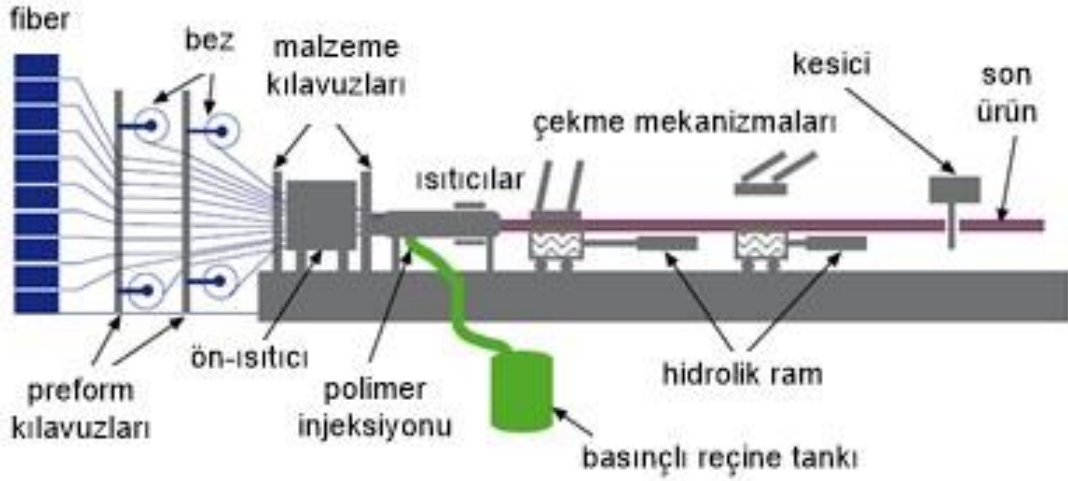
Üretilmek istenen ürüne şekil verilmesi açısından sınırlı bir yöntemdir. Daha büyük malzemelerin üretimi için kullanılmaktadır. Boru ve tankların üretiminde kullanılır(Hull,1996). Şekil 2.18.'de filament sarma prosesi şematize edilmiştir.



Şekil 2.18. Filament sarma prosesi (Beşergil, 2016)

Pultruzyon(Profil Çekme) Yöntemi

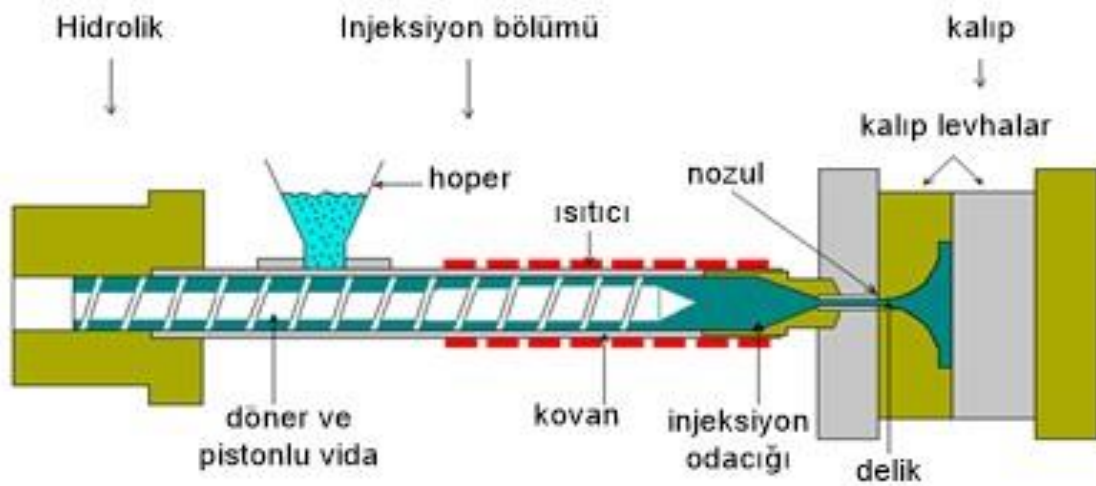
Bu yöntem filament sarma yöntemine benzeyen bir yöntemdir. Bu yöntemin maliyetinin yüksek olması nedeniyle çok tercih edilmemektedir. Tercih edilen yerler havacılık sektörü gibi yerler diyebiliriz(Akovali,2001). Şekil 2.19.'da pultruzyon prosesi şematize edilmiştir.



Şekil 2.19. Pultruzyon Prosesi (Beşergil,2016)

Enjeksiyon Yöntemi

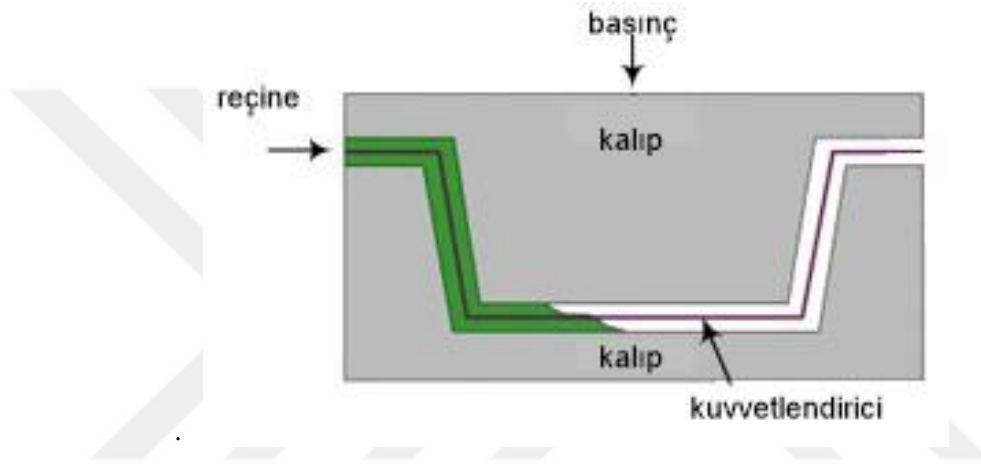
Kısa fiberli malzeme üretimi için kullanılır. Matris ve takviye malzemenin karışımı enjeksiyon yardımıyla sürekli şekilde dönen vida ile karıştırılır. Sürekli dönmesi numunelerin homojenliği sağlamaktadır. Dönme esnasında karışım ısınır. Karışım sonra kalıp levhalara basılır(Akovali,2001). Şekil 2.20.'de enjeksiyon prosesi şematize edilmiştir.



Şekil 2.20. Enjeksiyon Prosesi (Beşergil,2016)

Reçine Transfer Kalıplama(RTM)

Bu yöntem kapalı kalıplama yöntemi olarak da bilinir. Prosesin çalışma prensibi takviye elemanı kalıp içine ya direkt yada şekillendirmeye maruz kalmış şekilde konur. Alt ve üst kalıp kapanır. Aralarında kalan boşluğa reçine enjekte edilir. Kalıp ısıtma işlemine tabi tutulur. Numunenin kürlleme işlemi yapılır. İşlem sırasında kalıplar arasında boşluğu gidermek için vakum yapılır. Bu üretim yönteminde uygulanan reçineler genellikle polyester, fenolikler ve epoksilerdir. Yöntemin maliyeti yüksektir. Yöntem uçak ve otomotiv gibi sektörlerin parçalarını üretmek için kullanılır(Beşergil,2016).Şekil 2.21.'de reçine transfer kalıplama üretim prosesi şematize edilmiştir.



Şekil 2.21. Reçine Transfer Kalıplama Üretim Prosesi (Beşergil,2016)

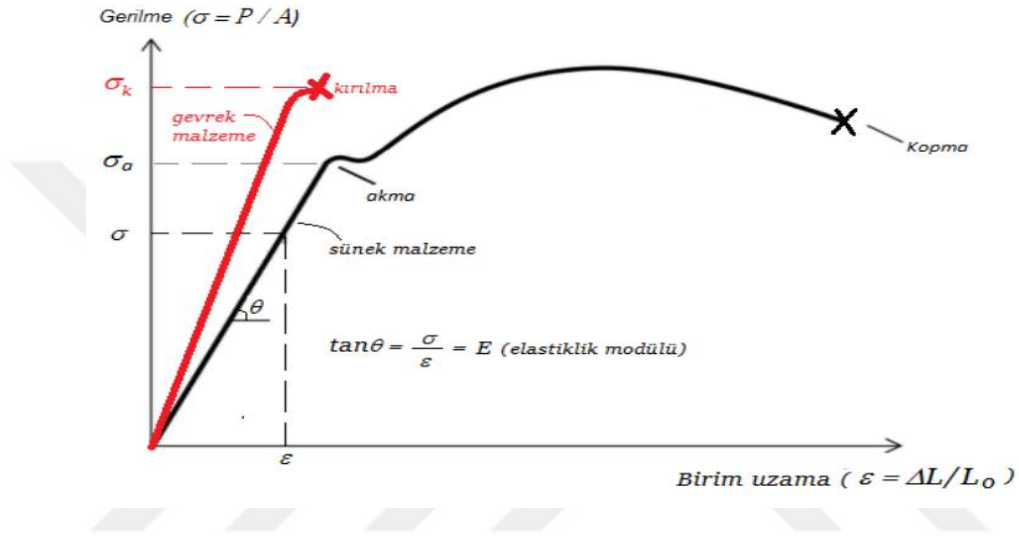
2.7. Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu

Kompozit malzemelere uygulanan mekanik testler; çekme mukavemeti, üç nokta eğme mukavemeti ve sertlik testleridir. Kompozit malzemeler, yanmazlık testi, diferansiyel taramalı kalorimetri(DSC) ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) analizi ile karakterize edilir(Ahrabi,2009).

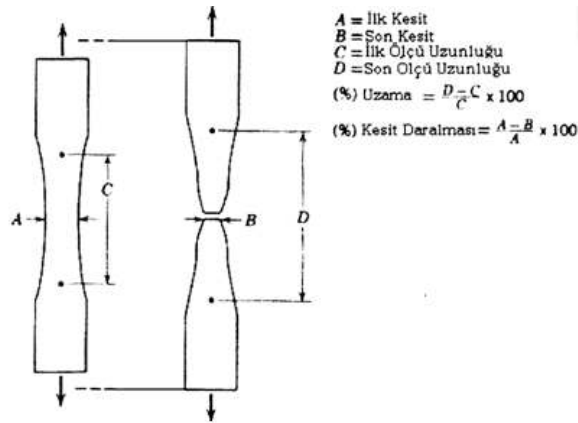
2.7.1. Çekme Mukavemeti Testi

Malzemelerin mekanik özelliklerini tespit etmede kullanılan deney metotlarından en önemlisi çekme deneyidir. Çekme deneyi belirli standartlara göre hazırlanmış deney numuneleri kullanılarak yapılır ve çekme yükü uzun eksen boyunca sabit hızda numune koparıncaya kadar artırılır. Deneyin başlangıcından bitişine kadar numuneye uygulanan çekme yükü ve numunede meydana gelen uzama miktarı zamana bağlı olarak kaydedilir.Çekme mukavemeti testi Şekil 2.23'de gösterilmiştir. Kaydedilen bu bilgiler kullanılarak malzemeye ait yük-uzama ($F-\Delta L$) eğrisi veya mühendislik gerilmesi-mühendislik gerinmesi ($\sigma-\epsilon$) eğrisi elde edilir(Ahrabi,2009).

Çekme deneyinin en büyük özelliği, deney sonucu elde edilen malzeme özelliklerinin mühendislik hesaplamalarında doğrudan kullanılmasıdır. Gerilmeye karşı gerinim grafiği Şekil 2.22’de gösterilmiştir. Çekme deneyi sonucunda elde edilen gerilme-gerinim eğrisi kullanılarak numunenin hazırlandığı malzemeye ait aşağıdaki mekanik özellikler bulunabilir: Elastikiyet modülü, Elastiklik sınırı, Maksimum çekme dayanımı, Rezilyans, Tokluk, Akma gerilmesi, % uzama % kesit daralması(Toğrul, 1995)



Şekil 2. 22. Gerilime karşı gerinim grafiği(Toğrul,1995)



Şekil 1.23. Çekme mukavemeti testi(Ahrabi,2009)

Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü aşağıda verilen bağlantılar ile hesaplanmaktadır:

$$E = \sigma / \epsilon \quad (2.1)$$

E elastikiyet modülü σ gerilme değeri ϵ uzama değeridir

$$\varepsilon = \Delta L / L_o \quad (2.2)$$

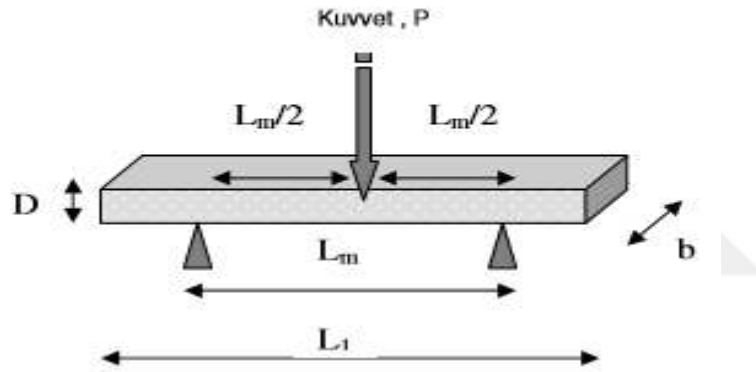
ΔL Deney numunesindeki uzama miktarı

L_o Deney numunesinin orijinal uzunluğu (Demirel, 2007)

2.7.2. Üç Nokta Eğme Mukavemeti Testi

Eğilme (esneme) testinde, çubuk şeklinde bir numune mesnetlerin ortasına yerleştirilir. Daha sonra numunenin ortasına, standart bir başlıkla ve belirli bir hızla; numune kırılana kadar yük uygulanır. Çubuğun kırılmasına neden olan güç, numunenin en yüksek eğilme gücü olarak kayıt edilir (Demirel, 2007). Şekil 2. 24.'de üç nokta eğilme testi şematize edilmiştir.

Eğilme dayanımı: numuneye basma kuvveti uygulandığında elde edilen maksimum gerilme değeridir. Aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır:



Şekil 2.24. Üç Nokta Eğilme Testi (Stuart, 2002)

$$\sigma_f = 3PL/2bd^2 \quad (2.3)$$

Burada;

σ_f = eğilme gerilmesi, MPa [psi]

P = yük, N [lbf]

L = mesnetler arası uzaklık, mm [in]

b = numunenin eni, mm [in]

d = numunenin derinliği, mm [in]

Kırılmada eğilme uzaması: kırılma noktasında meydana gelen boyut değişimi uzama olarak adlandırılır. Kırılmada eğilme uzaması Aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır (Stuart, 2002)

$$\epsilon_f = 6Dd/L^2 \quad (2.4)$$

Burada;

ϵ_f = maksimum uzama, mm/mm [in/in]

D = numunenin ortasındaki maksimum bel verme, mm [in]

L= mesnetler arası uzaklık, mm[in]

d = numunenin derinliği, mm [in]

Eğilme modülü: numuneye uygulanan gerilmenin karşılık gelen uzamaya oranıdır.

Gerilme-uzama eğrisinin eğiminden elde edilebileceği gibi, aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir (Stuart, 2002).

$$EB = Lm^3m/4bd^3 \quad (2.5)$$

Burada;

EB = Eğilme modülü, MPa [psi]

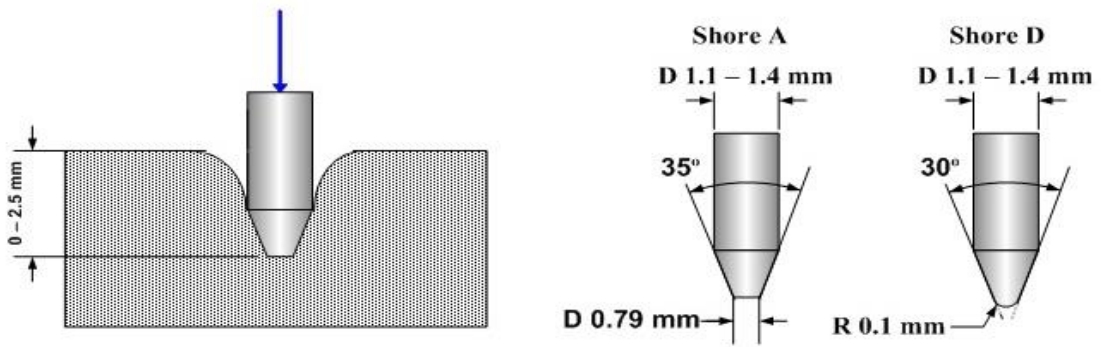
Lm = mesnetler arası uzaklık, mm [in]

d= numunenin derinliği, mm [in]

m= yük-uzama eğrisinin düz olan kısmına çizilen teğetin eğimi, N/mm [lbf/in](Demirel,2007)

2.7.3. Sertlik Ölçme (Shore yöntemi) Testi

Shore yöntemi için gerekli olan standart ASTM D22-40 dir. Boru içerisinde 20 g ağırlığındaki sertleştirilmiş çelik bilya belli bir yükseklikten sertliği deney numunesinin yüzeyine serbest düşürülerek yapılan sertlik ölçme deneyine Shore Sertliği denmektedir. Bu yükseklik referans yüksekliktir ve referans zemin olarak % 0,8 karbonlu Perlitik Çelik kullanılmaktadır. Shore70 yada Shore80, sıçrayan bilyanın çıktığı yükseklik olarak bilinir(Ahrabi,2009).Şekil 2. 25.'de sertlik ölçme (shore yöntemi) testi şematize edilmiştir.



Şekil 2.35. Sertlik Ölçme (Shore yöntemi) Testi(Ahrabi,2009)

2.7.4. Limit Oksijen ihtiyacı(LOİ)ile yanma özelliklerinin tayini

Atmosferde %21 oksijen ve kalan kısımda ise azot, karbondioksit, su vs. bulunmaktadır. Atmosfer içerisinde yalnızca oksijen yanmayı destekler, diğerleri desteklemez. LOİ değeri,

belirlenmiş deney koşullarında yanan bir numune üzerine, yanma devamlılığının sağlanması için, $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta gönderilen oksijen-azot gazları karışımındaki oksijenin hacimce yüzdesi için mümkün en küçük konsantrasyondur. Diğer bir tanımla LOİ değeri, oksijen-azot atmosferi içerisinde bir alevin başlatılması ve arttırması için lazım olan en düşük oksijen konsantrasyonunun ölçüsüdür(Kutlu, 2002).

LOİ testinde malzemelerin yanması için atmosferde gerekli olan en düşük oksijen miktarı belirlenir. Aşağıdan yukarıya doğru oksijen ve azot karışımı geçen saydam bir baca içerisine deney numunesi düşey şekilde yerleştirilmektedir. Bacalarda testler için gerekli sıcaklığa direnen cam borular vardır. Bu boruların yüksekliği en az 450 mm ve çapı en az 95 mm olacak biçimde seçilmelidir. Numunelerin tutuşturma işlemi en üst uçtan başlanır ve numunelerde meydana gelen yanma işlemi gözlenir. Yanmanın devam ettiği süre ve numunenin yanan kısım uzunluğu belirlenir. Deneye başlamadan önce belirlenmiş olan değerler ile bir karşılaştırma yapılır. Farklı oksijen konsantrasyonlarında, birçok deney numunesi kullanılarak yapılan deneylerle, yanma işleminin devamlılığı için gerekli olan en düşük oksijen konsantrasyon değeri hesaplanmaktadır.

LOİ değeri, hacimce yüzdesi;

$$LOI = Cf + k*d \quad (2.6)$$

bağlantısı ile hesaplanabilir.

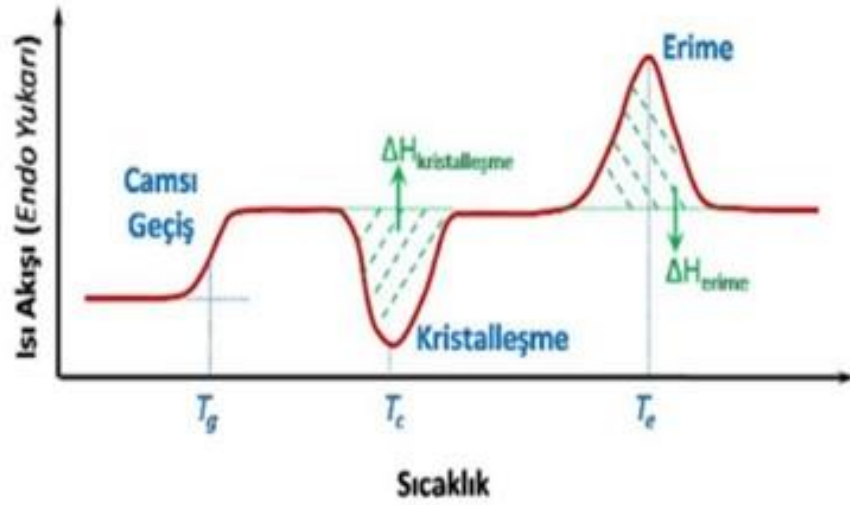
Cf: son oksijen konsantrasyonu değeri

k: Oksijen İndisi Konsantrasyonu hesaplamak için k değerleri tablosundan bulunan bir faktör

d: Uygulanan ve kontrol edilen oksijen konsantrasyon seviyeleri arasındaki fark (Demirel,2007)

2.7.5. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri(DSC)

Diferansiyel Taramalı Kalorimetri veya DSC termal analizinde kullanılan termoanalitik yöntem biçimidir. Sıcaklıklarının artırılması için numuneye ve referansa verilen ısı değeri sıcaklığın bir işlevi olarak ölçülmektedir(Şekil 2.26.). Deneyin süresi boyunca numunenin ve referansın sıcaklıkları aynı tutulması için çalışılmaktadır. DSC analizinde sıcaklık planı genel olarak numune tutucunun sıcaklığının zamana karşı lineer bir artış olacak biçimde tasarlanmıştır. Numune faz değiştirme gibi fiziksel bir dönüşüme uğruyorsa referansla sıcaklığın sabit tutabilmesi için numuneden daha az veya daha çok ısı akışı olmaktadır. Isı akışının farklı olması uygulanan yöntemin endotermik yada ekzotermik olmasıyla değişmektedir.



Şekil 2. 46. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri Grafiği

DSC'nin en basit uygulandığı ekzotermik ayrışma, erime gibi faz değişiminin üstündeki çalışma alanlarıdır. Bu akışlar enerji değişimi veya ısı kapasitesi değişimlerini içermektedir ve DSC ile ultra özenle ölçülmektedir. DSC deney sonuçlarından ısı akışı ve zaman yada sıcaklık grafiğinden çizilen bir eğri oluşur(Toğrul, 1995).

2.7.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

SEM (Scanning Electro Microscopy) veya Taramalı Elektron Mikroskobunun çalışma prensibi oldukça az bir bölgeye gönderilen yüksek enerjili elektronlar ile yüzeyin tarama işlemine dayanır. Yaygın kullanım haliyle, yüzey kısmından yayılmakta olan ikincil (secondary) elektronlar ile yapılacak ölçüm, öncelikle yüzeydeki kısmın inişli çıkışlı (topografik) yapısıyla ilgili görüntü oluşturmaktadır. Bir malzemeyi nano boyutlarda büyümesini, ekrandan görülebilmesini ve bu kısımdan fotoğrafının alınması sağlamaktadır. Bir görüntüyü almak için optik mikroskoplarında ışık kullanılmaktadır. Elektron mikroskoplarda ise ışığın yerinde elektron bulunmaktadır. Elektron ve ışığın dalga boyu karşılaştırıldığında elektronun dalga boyu ultra düşük olduğu için, daha net bir görüntünün alınması istendiğinden bu mikroskop kullanılmaktadır. Bazı elektron mikroskopunda, 0,2 nanometre (nm)'lik cismi net gösterebilirken, ultra optik mikroskoplar 250 nm'lik bir kapasiteye sahiptirler. Bir nanometre, 10 Angström olmakta, 10-10 metreye karşılık gelmektedir(Demirel,2007).

3. ÖNCEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Li vd. (2007) bu çalışmada, doğal elyaf takviyeli kompozitlerde kullanılmak üzere doğal elyaflar üzerindeki farklı kimyasal modifikasyonları incelemişlerdir. Alkali, silan, asetilasyon, benzoilasyon, akrilasyon, maleatlı birleştirme ajanları, izosiyanatlar, permanganat dâhil kimyasal işlemler tartışılmaktadır. Lif yüzeyi ile polimer matris arasındaki yapışmayı geliştirmeyi amaçlayan lifin kimyasal olarak işlenmesi, yalnızca lif yüzeyini değiştirmekle kalmaz, aynı zamanda lif mukavemetini de artırabildiği gözlenmiştir. Kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştirildiği tespit edilmiştir.

Dongve Davies (2012) yaptığı çalışmada macadamia ceviz kabuğu parçacık takviyeli polyester kompozitlerin eğilme özellikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Macadamia nutshell / polyester kompozitleri, elle yerleştirme prosedürü ve üreticilerin sağladığı talimatlara göre yapılmıştır. % 10, % 20, % 30 ve % 40 macadamia ceviz kabuğu parçacıklarının dört farklı ağırlık fraksiyonunu seçilmiş. İşlem kaynaklı boşluklar incelenmiş ve boşlukların eğilme özelliklerinde önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir. Boşluklar olduğunda, eğilme modülü bir mikromekanik model kullanılarak hesaplanmış. Macadamia ceviz kabuğu partiküllerinin ağırlık fraksiyonu ile eğilme modülünün arttığı hem deneysel sonuçlardan hem de hesaplamalardan görülmüştür. Macadamia ceviz kabuğu parçacıkları eklemek polyesterin eğilme mukavemetini artırmamıştır. Tanecikler arasındaki boşluk içeriğinin artmasıyla eğilme mukavemetinin azaldığı gözlenmiştir.

Arrakhiz vd. (2013) yaptıkları çalışmada, kil ve çam kozalağı lifleri ile güçlendirilmiş polipropilen hibrit kompozitin mekanik ve termal özellikleri ele almıştır. Polimer içindeki yüklerin ıslatıla birliğini arttırmak için, bir bağlama maddesi eklenmiş ve liflere bir meriserizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Hibrit yüklerin etkisini değerlendirmek için bu kompozitler için çekme, eğme, sertlik testleri yapılmıştır. Çekme özellikleri sonuçları, Young modülünün tüm sistemler için arttığını ve % 80'lik bir kazanca ulaştığını, gerilme mukavemetinin ise her iki yükün kullanılmasıyla sabit kaldığını göstermektedir. Bu tür hibrit kompozitin eğme ve sertlik karakterizasyonları için, yüksek kil yüklemesinde sertlik özellikleri azaldığında kil ilavesi ile eğilme direncinde bir artış kaydedilmiştir.

Gürü vd. (2005) yaptıkları çalışmada; polyester malzemeye dolgu malzemesi olarak mermer tozu ekleyerek kompozit malzeme üretmişlerdir. Üretilen malzemeler mekanik testlere tabi tutulmuştur. Bu şekilde eğme ve sertlik özellikleri incelenmiştir. Mermer tozu, polyester içerisine kütlece 3; 3,5; 4; 4,5 ve 5 oranlarında ilave edilmiştir. Test sonuçlarına bakıldığında mermer-polyester oranı 4 olduğunda malzemenin mukavemeti ve sertlik değeri diğer oranlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Optimum oran ve şartlarda elde edilen malzemelerin

testleri sonucunda, Shore A cinsinden sertliği 96 ve eğilme mukavemeti değeri 60,17 N/mm² olarak bulunmuştur.

Borazan vd. (2018) yaptığı çalışmada polyester reçine içerisine dolgu malzemesi olarak farklı miktarlarda fındıkkağuunu, ceviz kağuunu ve kauçuk tozu kullanmıştır. Numuneleri elde etmek için kullandığı yöntem ise üretmek istediğı malzemeye uygun olması açısından kalıplama yöntemidir. ASTM standartlarına uygun olarak mekanik özellikleri(çekme, eğilme ve darbe direnci) incelemiştir. Mekanik test sonuçlarına göre ilave edilmiş fındık veya ceviz kağuunu çekme ve eğilme direncini azaltmış ancak kopmada uzama direncini arttırmıştır. Kauçuk tozu ilavesiyle elde edilmiş kompozit malzemenin mekanik testleri incelendiğinde ise genel olarak dayanıklılığı azalttığı kısmen de olsa kopma uzama miktarını arttırdığı görülmüştür.

Yazdırıcı(2016) yaptığı tez çalışmasında matris malzeme olarak polyester ve atıkları dönüştürmek amacıyla dolgu elamanı olarak pamuklu dokuma ve pamuklu örme gibi atık kumaşları kullanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem el yatırma yöntemidir. ASTM standartlarına uygun olarak üretilen kompozitin mekanik özellikleri(çekme, eğilme ve darbe direnci) test edilmiştir. Atık kumaşlar ile elde edilen kompozit malzemelerin çekme ve eğilme direnç özelliğı genel olarak azaldığı gözlenmiştir. Kopmada uzama etkisi ve darbe direnci değerlerinde bir artış görülmüştür. Bu çalışma sonrasında elde edilen diğeri bir sonuç ise atık kumaşların kompozit üretiminde değerlendirilebileceğidir.

Çinar(2016) yaptığı tez çalışmasında, polyester reçine içerisine dolgu malzemesi olarak PET ve mermer tozu ilave etmiştir. Ürettiğı kompozit malzemelere mekanik ve yanmazlık testi uygulamıştır. Yapılan yanma deneyleri sonucunda, numunelerin LOİ (limit oksijen ihtiyacı) değeri, mermer oranı arttıkça artmıştır. LOİ değeri, atık PET içeren numune için 24-25 (% hacimce) iken ağırlıkça %10 mermer tozu içeren numune de 26-27'e ve ağırlıkça % 25 mermer tozu içeren numune ise 29-30'a (%hacimce) yükselmiştir. Mermer tozu ilavesiyle elde edilen kompozit malzemelere vickers sertlik testi yapılmış ve mermer tozu oranı arttıkça sertliğı arttığı gözlenmiştir. Özellikle %25 oranındaki mermer tozu ilavesiyle sertliğı arttığı gözlenmiştir. Farklı partikül boyutlarındaki testlerin sonuçlarına göre, 100 mesh altındaki değerlerde çekme mukavemetinde elde edilen sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Sonuçlar yorumlandığında ise partikül boyutunun gerilme mukavemetine çok etkisi olmadığı görülmüştür. Mermer tozunun oranı artışı ile üç nokta eğme gerilmesinde bir artış olmuştur. Partikül boyutu 100 mesh altında olan kompozit malzemelerde üç nokta eğme testi sonuçlarında azda olsa olumlu yönde olduğu gözlenmiştir.

Baştürk vd. (2015) bu çalışmalarında epoksi reçine içerisine dolgu maddesi olarak meşe palamudu ve çam kozalağı ilave ederek elde ettikleri kompozitleri incelemişlerdir. Kompozit malzemelerin sertlik ve çekme özellikleri dolgu tipine ve içeriğıne göre değerlendirilmiştir. Çalışmada uygulanan yöntem döküm yöntemidir. Polimere üç farklı oranda (ağırlıkça% 10, 20 ve

% 30) atık dolgu maddeleri eklenmiştir. Epoksi reçine ve katkı malzemeleri ile üretilen kompozit malzemelerin çekme ve sertlik özelliklerinin karşılaştırıldığı deneylerde her iki doğal dolgu maddesinin de benzer etkiler gösterdiğini ve dolgu içeriğindeki artışın kompozitlerin sertliğinin artmasına neden olduğu görülmüştür. Yarı statik çekme ve sertlik testlerine bakıldığında, çam kozalağı takviyeli numuneler, meşe palamudu ile güçlendirilmiş numunelerden biraz daha iyi sonuçlar göstermiştir.

Atalar (2006) yaptığı tez çalışmasında hafif beton elde etmek amacıyla kayısı çekirdeği kabuğu ilavesiyle elde ettiği kompozit malzemelerin karakteristik özelliklerini araştırmıştır. Çalışmadaki amaç kayısı çekirdeğinin beton numune üzerinde olan etkisini araştırmaktır. Betona agrega ilave etmek yerine hacimce %5, 10, 15, 20, 25, 30, 25 ve 40 oranlarında kayısı çekirdeği kabuğu eklenmiştir. Hafif beton elde etmek amacıyla çalışılmış ve numunelerin mikroskopik incelemeleri yapılmıştır. SEM analizi sonucunda kayısı çekirdeği kabuğu ve beton arasındaki bağın zayıf olduğu görülmüştür. Bu nedenle sıkıştırma ve eğilme mukavemetinde düşüş meydana gelmiştir. Basınç dayanımı da olumsuz yönde etkilenmiştir. EDX analizinin sonuçları incelendiğinde, betondaki kayısı çekirdeği kabuğunun miktarı arttıkça, bağlama özelliklerine sahip olan Si içeriği azalırken, alçı oluşumuna neden olan hidrasyon ürünündeki Ca içeriği artmıştır.

Ahrabi (2009) yaptığı tez çalışmasında PET atıklarından elde edilen pul taneciklerin mermer tozu ve bir ekstrüder ile karıştırılmasıyla elde edilen bir kompozit malzemenin levhalar veya dolgulu malzemeler üzerinde kullanım olanakları incelenmiştir. Bu amaçla, mermer talaş oranının ve mermer parçacıklarının oranının, kompozit malzemelerin mekanik, ısı ve morfolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Mermer oranının artmasıyla birlikte malzemenin yanmazlık özelliklerinde önemli bir gelişme olduğu görülmüştür. Saf PET içeren numune için LOI (limit oksijen ihtiyacı) değeri hacimce % 23.56 iken, ağırlıkça % 30 mermer tozu içeren numunede 33.23'e yükseldiği görülmüştür. Üç nokta eğme dayanımı, mermer tozunun ve parçacık boyutunun artmasıyla azalırken, gerilme dayanımı değişmemiştir. Mermer katsayısındaki artışla birlikte, kompozit malzemenin shore A cinsinden sertlik değerlerinde artış görülmüştür. Kompozit malzemenin termal analizi sırasında, mermer ve partikül boyutundaki bir değişimin, malzemelerin erimesini ve ayrışmasını etkilemediği not edilmiştir. Bu durum, mermer tozunun PET'i olumsuz yönde etkilemediği anlamına gelmektedir. Morfolojik analizler, mermer parçalarının PET'e iyi dağıldığını ve mermer parçacıkları ve PET arasındaki adhesyon kuvvetinin iyi olduğunu göstermiştir.

Tok (2018) yaptığı tez çalışmasında polyester reçinesine farklı oranlarda dolgu maddesi olarak mermer tozu, ponza ve perlitin karıştırılmasıyla elde edilen kompozit malzemelerin jeomekanik özelliklerini incelemiştir. Mermer tozunun yedi farklı oranı, pomzanın altı farklı oranı, perlitin üç farklı oranından oluşan kompozit malzemelerin en iyi dayanım değerleri,

polyester reçineyle arasındaki uyumu, polyester reçinenin kuvvet değerleri üzerindeki etkisi, deneyde kullanılan kaya parçacıklarının boyutunun etkisi, kompozit malzemelerin suya karşı reaksiyonu ve yoğunlukları, boşluk oranları hesaplanmış ve mermer tozu, pomza ve perlitten oluşan kompozit malzemelerin fizikomekanik deneylerinin sonuçları incelenmiştir. Kompozit malzeme üretiminde polyester reçine oranı yüksek tutulan örneklerin mukavemet deneyleri sonucunda sağlam bir yapıya sahip oldukları anlaşılmıştır. Mermer tozundan oluşturulmuş örneklerin ilk üçünde, polyester oranı fazla olanlarda 45 MPa 'lık bir direnç gösterdiği, buda numunenin sağlam olduğunu kanıtlamıştır. Fizikomekanik deneylerde, boşlukların varlığının numunelerin kuvvetini olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

Demirel (2007) yaptığı çalışmasında oldukça geniş bir kullanım alanına sahip cam elyaf takviyeli polyester kompozitlerin yanmazlığını sağlamak amacıyla çeşitli alev geciktirici maddeler kullanarak kompozitler üretmiştir. Bu amaçla, doymamış polyester reçine matris sistemi olarak, kırılmış "E" camı elyafı takviye sistemi olarak ve alev geciktirici katkı malzemeleri olarak magnezyum hidroksit, borik asit ve çinko borat kullanmıştır. Üretim tekniği olarak sıkıştırılmalı kalıplama yöntemi kullanılmıştır. Hazırlanan kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için çekme ve üç noktadan eğilme testleri, termal özelliklerin belirlenmesi için diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA), kırılma yüzeylerinin karakterizasyonunda taramalı elektron mikroskobu (SEM), yanma özelliklerinin belirlenmesi için ise limit oksijen indeksi (LOİ) ve duman yoğunluğu testleri uygulanmıştır. LOİ testi sonuçlarından, borik asitin cam elyaf takviyeli polyester kompozit için iyi bir alev geciktirici etki gösterdiği görülmüştür. Borik asit miktarı arttırıldıkça kompozit numunelerinin LOİ değerleri artmıştır. Cam elyaf oranının artması ile de LOİ değeri artmıştır. Yapılan mekanik karakterizasyon çalışmaları sonunda, artan elyaf oranının kompozit malzemelerin çekme ve eğilme dayanımlarını ve modüllerini arttırıcı yönde etkilediği görülmüştür. Alev geciktiricilerin eklenmesi, kompozit malzemenin mekanik özelliklerinin azalmasına neden olmuştur. Kırılma yüzeylerinin incelendiği SEM mikrograflarından, genel olarak polyester matris sisteminin cam elyaftan oluşan takviye sistemini ıslatmasının başarılı olduğu görülmüştür.

Ulçay vd. (2012) Polimer esaslı lif takviyeli kompozit malzemelerin arabirim mukavemeti üzerine farklı kür metotlarının etkisinin incelenmesi konusunda çalışma yapmış ve matris olarak polyester reçine ve takviye elemanı olarak da beş farklı türde kumaş kullanmıştır. Tekstil malzemelerinin oluşturduğu kompozit yapının, mikrodalga (MD) ve radyo frekans (RF), normal fırın ve atmosferdeki kür şartlarını incelemiştir. Bu şekilde oluşturulan kompozit malzeme üzerinde çekme mukavemet testi yapılmıştır. Ayrıca her bir cins kumaş; 3 farklı reçine miktarı ile 4 farklı ortamın 3 farklı sürelerinde uygulanmış ve bu çalışmaların her birinde mukavemet değerleri ölçülerek test sonuçları irdelenmiştir. Elde edilen mukavemet test sonuçları istatistiki

metotlarla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek arabirim bağ kuvveti polyester ve naylonda görülmüştür. Polyesterin mukavemeti tüm deneylerde en yüksek çıkmıştır. Bu iki tip kumaş için yüksek frekans sistemleri yani RF ve MD mukavemeti artırıcı yönde etkili olmuştur.

Gökalp (2006) yaptığı çalışmada; saf termoset polyester levha ile odunsu materyal kullanılarak üretilen polyester esaslı levhaların fiziksel mekanik ve bazı yüzey özellikleri incelemiştir. Çalışma sonunda elde edilen yapay mermerlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde, farklı elek boyutlarındaki odunsu materyallerin ve kullanım oranlarının etkili olduğu belirlenmiştir. Odunsu levhaların, birim hacim ağırlık, su alma, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve vida tutma direnci gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği bulunmuştur. Ancak yüzey özellikleri üzerinde etkisinin olmadığını, yapay mermerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, saf polyester levhalara göre daha düşük olmasına karşılık fiziksel ve mekanik özelliklerinin kompozit levhalara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın amacı, doymamış polyester reçinesine ağırlıkça % 5, 10, 20 ve 40 oranlarında kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks ve mermer tozu gibi dolgu malzemeleri ilave edilerek elle döküm yöntemi ile polyester esaslı kompozit malzemeler hazırlamaktır. Elde edilen kompozit numunelerinin performanslarını değerlendirmek için çekme mukavemeti, elastikiyet modülü, eğilme mukavemeti ve sertlik gibi farklı mekanik testler uygulanmıştır. Ayrıca boraks ve mermer tozu takviyeli kompozit numunelerinin yanmazlık özelliklerini belirlemek için limit oksijen ihtiyacı (LOİ) testi uygulanmıştır. Bu çalışmada, polyester reçineye, sertleştirici olarak metil etil keton peroksit (MEKP) ve hızlandırıcı olarak kobalt oktoat kullanılmıştır.

4.1. Materyal

Döküm tipi polyester reçineler: Hava kabarcığına sebep olma ihtimali olmayan, düşük viskoziteli, şeffaf dolgulu veya dolgunsuz tercihe göre kullanılmaya uygun bir reçinedir. Ortoftalik yapıdaki doymamış polyester reçineler olarak da bilinir. Yüksek ısıtma özelliği olan, çekme oranı düşüktür. Jelleşmesi için gerekli zaman %1 Co ve %1 MEKP eklendikten sonra oda sıcaklığında 30 dakika olarak bilinmektedir(URL1).

Metil etil keton peroksit(MEKP):Polyester reçinelerin jelleşmesini ve kürlenmesini düzenleyen kimyasallardan biri olarak kullanılır. Hızlandırıcı veya ısıyı aktive etme özelliği de vardır. Çapraz bağlanma sonucunda reçine ve reaktif monomeler arasında reaksiyon başlar. MEKP'in polyester sertleşmesi için oda sıcaklığında olması yeterlidir(URL2).

Kobalt oktoat: Doymamış polyester reçinelerin, kürlendirilmesinde hızlandırıcı olarak kullanılan bir kimyasaldır. Oda sıcaklığında aktif durumdadır. Genel olarak kullanım miktarı %1-%2 aralığında olabilir(URL3).

Şeftali çekirdeği kabuğu: Takviye elemanı olarak kullanılan şeftali çekirdeği kabuğu Ege bölgesinde çokça yetiştirilmektedir. Ege bölgesinden getirilen şeftali çekirdeği kabuğu öğütülüp, eleme işlemi ile -50+100 mesh aralığında kalan kısmı kullanılmıştır.

Kayısı çekirdeği kabuğu: Takviye elemanı olarak kullanılan diğer malzeme ise kayısı çekirdeği kabuğudur. Kayısı çekirdeği kabuğu Elazığ'ın Baskil ilçesinde yetiştirilen kayısı ağaçlarından elde edilmiştir. Tarımsal atık olarak kullanılan kayısı çekirdeği kabuğu öğütüldükten sonra -50+100 mesh aralığında kalan kısmı kullanılmıştır.

Boraks tozu: Alev geciktirici özelliğinden dolayı takviye elemanı olarak kullanılmıştır. Boraks tozu[Sodyum tetraborat pentahidrat($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)] Kırka / Eskişehir'de bulunan Eti

Holding Boraks Fabrikasından temin edilmiştir. Atığın parçacık boyutu 149-74 µm aralığında olup bazı fiziksel özellikleri Tablo 4.1’de özetlenmiştir.

Tablo 4.1. Boraksın Fiziksel Özellikleri

Özgül ağırlık	1,815 g/cm ³
Molekül ağırlığı	291,35 g/mol
Erime noktası	741 ° C
Kaynama noktası	1575 ° C
Isı kapasitesi	7,6 J/g ° C

Mermer tozu: Çalışmada kullanılan mermer tozu Elmad Mermer firmasındaki kesim işlemleri sonrasında açığa çıkan çamurun kurutulmasının ardından elde edilen kısmı kullanılmıştır. Tablo 4.2’de mermer tozunun bazı fiziksel özellikleri özetlenmiştir. Şekil 4.1’de kullanılan dolgu malzemeleri verilmiştir.

Tablo 4.2.Mermer tozunun bazı fiziksel özellikleri(Elmad Mermer)

Sertlik	3-4 Mohs
Birim Hacim Ağırlığı	2,51 gr/cm ³
Ağırlıkça Su Emme %	2,06
Gözeneklik %	5,15
Tek Eksenli Basma Dayanımı	780 kgf/cm ²
Çekme Dayanımı	58 kgf/cm ²
Eğilme Dayanımı	148 kgf/cm ²
Darbe Dayanımı	12 kgf/cm ²



Şekil 4.1. Kullanılan dolgu malzemeleri

4.2. Metot

Üretilmek istenen malzemeye göre üretim yöntemleri değişiklik göstermektedir. Tarımsal atık ve yanmazlık katsayısını düşürmesi için eklenecek olan katkı malzemeleri ile elde edilmek istenen kompozit göz önünde bulundurulduğunda en kullanışlı ve işlevi yüksek olan yöntemlerden biri olan elle döküm yöntemi kullanılmıştır. Elle döküm yöntemi hem maliyet açısından hem de yapım aşamasında oldukça avantajlı bir yöntemdir.

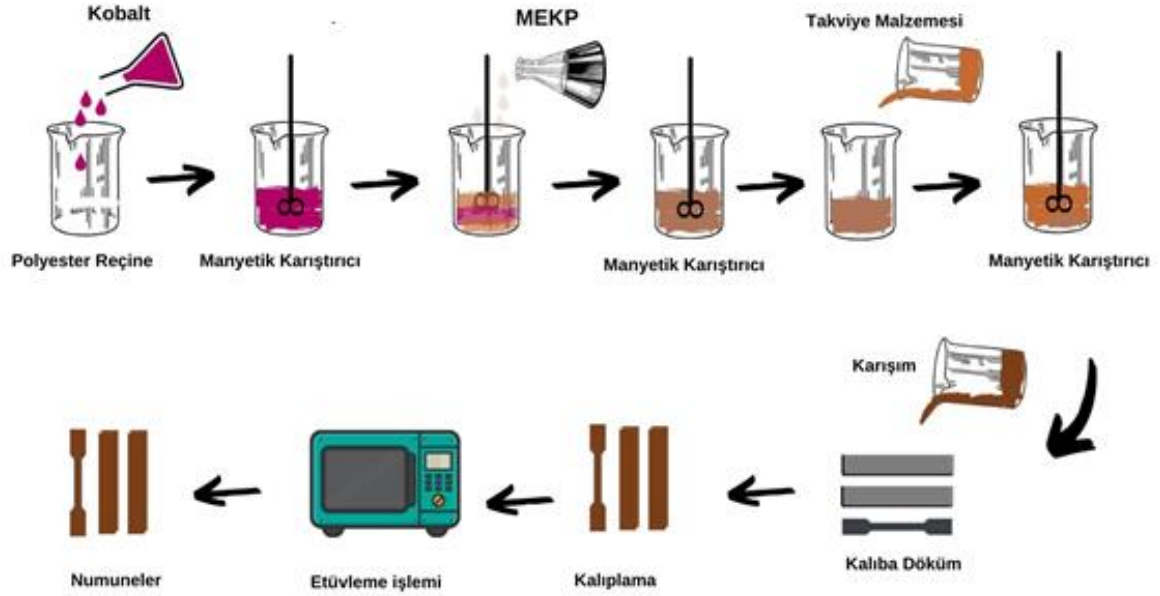
4.3. Kompozitlerin Hazırlanması

Polyester reçine içerisine, farklı oranlarda kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği kabuğu, boraks ve mermer tozu ilave edilerek elle döküm yöntemine göre hazırlanır. Karışım kalıba dökülerek kompozit malzemeler elde edilmiştir. Karışım kalıplara dökülmeden önce kalıp yüzeylerine kalıp ayırıcı (Polivaks SV-6) uygulanarak hazırlanmıştır.

Polyester kompozit üretim süreci için basitleştirilmiş akış şeması Şekil 4.2 de gösterilmiştir. 100 g yapıştırıcı içerisindeki katkı maddelerinin jelleşmesini sağlayan kobalt oktoat oranı ağırlıkça % 0,5 ve sertleşmeyi sağlayan MEKP oranı % 1.0'dir. Polyester reçine ve hazırlanan dolgular Tablo 4.3'te belirtilen oranlarda tartıldı.

Gereken doymamış polyester reçine miktarı bir karıştırma kabında ölçüldü. Polyester reçineye hızlandırıcı ve sertleştirici ilave edildi ve manyetik bir karıştırıcı kullanılarak karıştırıldı. Homojen bir karışım elde edildikten sonra, uygun miktarda dolgu maddesi ilave edildi ve polyester reçine ile iyice karıştırıldı. Karışım daha sonra kalıbın 30 cm yukarısından yavaşça

kalıba döküldü ve hava kabarcıklarının hapsolmasını azaltmak için son derece ince bir dökme akışı sağlandı. Daha sonra bileşimin oda sıcaklığında (4-6 saat) herhangi bir bozulma olmaksızın kürlenmesine izin verildi. Levhalar kalıptan çıkarıldı. Bir saat süreyle 80 °C etüvde kürleme işlemi yapıldı. Tipik hazırlanan numuneler Şekil 4.3’ te gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Polyester kompozit üretim süreci için basitleştirilmiş akış şeması

Tablo 4.3. Polyester reçine ve kompozit numunelerinin birleşimi

Dolgu İçeriği [ağırlıkça %]	Polyester Reçine [ağırlıkça %]	Kobalt Oktoat [ağırlıkça %]	MEKP [ağırlıkça %]
0	98.5	0.5	1.0
5	93.5	0.5	1.0
10	88.5	0.5	1.0
20	78.5	0.5	1.0
40	58.5	0.5	1.0



Şekil 4.3. a) Kayısı çekirdeği kabuğu b) Şeftali çekirdeği kabuğu c) Mermer tozu d) Boraks katkılı kompozit malzeme numuneleri

Çalışılmak üzere % 5, % 10, % 20 ve % 40 kayısı çekirdeği, şeftali çekirdeği kabuğu tozu, boraks ve mermer tozu ağırlıkça dört farklı fraksiyon seçilmiştir. Referans için, polyester reçine numuneleri de hazırlanmış ve test edilmiştir.

4.4. Karakterizasyon Testleri

Şeftali ve Kayısı çekirdek kabuğu, boraks ve mermer tozundan elde edilen numunelere yapılan testler aşağıda yer almaktadır. Boraks ve Mermer tozundan elde edilen numunelere ek olarak yanmazlık testi yapılmıştır.

- Çekme mukavemeti testi
- Üç nokta eğme mukavemeti testi
- Sertlik testi
- Yanmazlık testi

4.4.1. Çekme mukavemeti testi

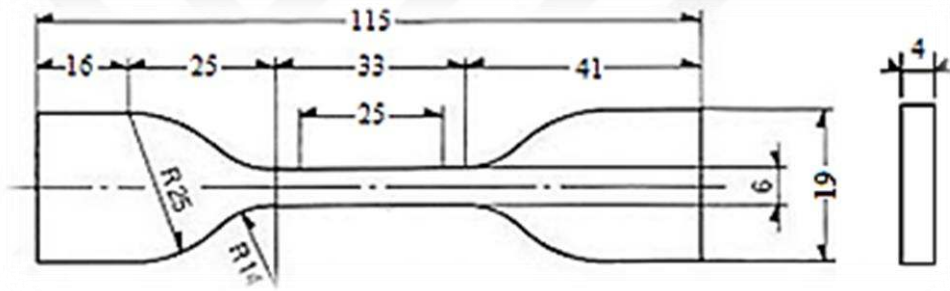
Kompozit ve polyester numunelerinin gerilme davranışı, standart ASTM D 638M-91a'ya göre hazırlandı. Örnekler, Universal gerilme testi makinesi kullanılarak 1.0 mm / dakika çapraz kafa hızında test edildi (Şekil 4.5). Şekil 4.4.'de çekme mukavemeti ölçüleri verilmiştir. Her bileşim için üç numune test edildi ve sonuçların ortalaması alındı. Bu sonuçların ortalamasına göre modül ve çekme parametreleri rapor edilmiştir.

Elastisite modülü (E) şu şekilde elde edildi:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (4.1)$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \quad (4.2)$$

burada, σ gerilme (MPa); ε uzama, E elastikiyet modülü, ΔL deney numunesindeki uzama miktarı, L_0 Deney numunesinin başlangıç uzunluğudur(115 mm).



Şekil 2.4.Çekme Mukavemeti Ölçüleri



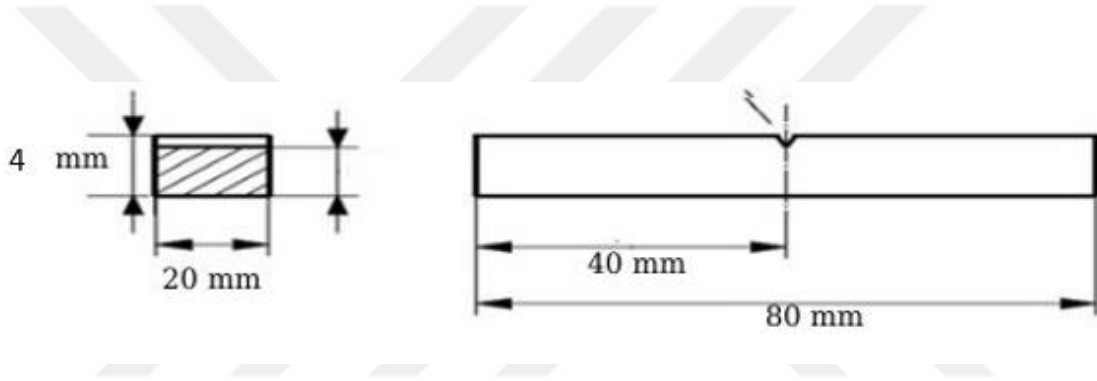
Şekil 4 5.Üniversal Çekme Mukavemeti Test Cihazı

4.4.2. Üç nokta eğme mukavemeti testi

Eğme özelliklerini ölçmek için ASTM D 790-03'e uygun olarak üretilen kompozit malzemelerin üç nokta eğme mukavemeti testi Üniversal test cihazında gerçekleştirildi. Üç nokta eğme testinde, dış silindirler 40 mm aralıklıydı ve numuneler 1.0 mm / dakikalık bir gerilme hızında test edildi (Şekil 4.7). Örnekler, aynı çapraz kafa hızında yukarıda bahsedilen aynı test makinesi kullanılarak test edildi. Şekil 4.6.'da Üç nokta eğme testi ölçüleri verilmiştir. Kompozitin eğilme dayanımı (σ_f) aşağıdaki ilişki kullanılarak hesaplandı:

$$\sigma_f = 3PL/2bd^2 \quad (4.3)$$

burada P, maksimum yük (N); L, destek açıklığı (mm); b genişlik (mm) ve d kalınlıktır (mm).



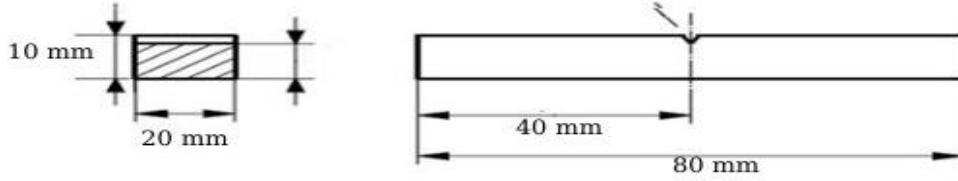
Şekil 4.6. Üç nokta eğme testi numune ölçüleri



Şekil 4.7. Üniversal Üç nokta eğme mukavemeti test cihazı

4.4.3. Sertlik testi

Kompozit numunelerin sertlik ölçüm testleri, ASTM D2240 standardına uygun olarak Shore-D sertliği kullanılarak yapılmıştır. Sertlik ölçme makinesine numuneler yerleştirilmiş ve kompozit malzemelerin 5 farklı bölgesinde (TIME TH-210 Dijital Shoremetre) sertlik ölçümü yapılmıştır. Hesaplamalarda elde edilen bu 5 değerin ortalaması kullanılmıştır. Numunelerin ölçüleri Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Testin yapıldığı cihazın şekli de Şekil 4.9.’da verilmiştir.



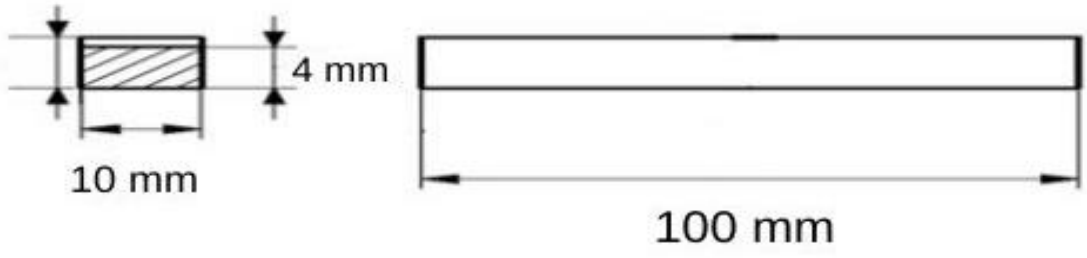
Şekil 4.8. Sertlik Testi Numune Ölçüleri



Şekil 4.9. Sertlik Test Cihazı

4.4.4. Yanmazlık testi

LOI testleri EN ISO 4589-2 standardına uygun bir şekilde HC-2C oksijen indeksi cihazı (Jiangning analitik cihaz şirketi, Çin) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. LOİ testinde numunelerin yanması için atmosferde gerekli olan en düşük oksijen miktarı belirlendi. Aşağıdan yukarıya doğru oksijen ve azot karışımı geçen saydam bir baca içerisine deney numunesi dikey şekilde yerleştirildi. Numunelerin tutuşturma işlemi en üst uçtan başlamış ve numunelerde meydana gelen yanma işlemi gözlenmiştir. Yanmaya başladığı değer kaydedilmiştir. Şekil 4.11. ve Şekil 4.10.’da Yanmazlık testi cihazı ve ölçüleri verilmiştir.



Şekil 4.10. Yanmazlık Testi Numune Ölçüleri

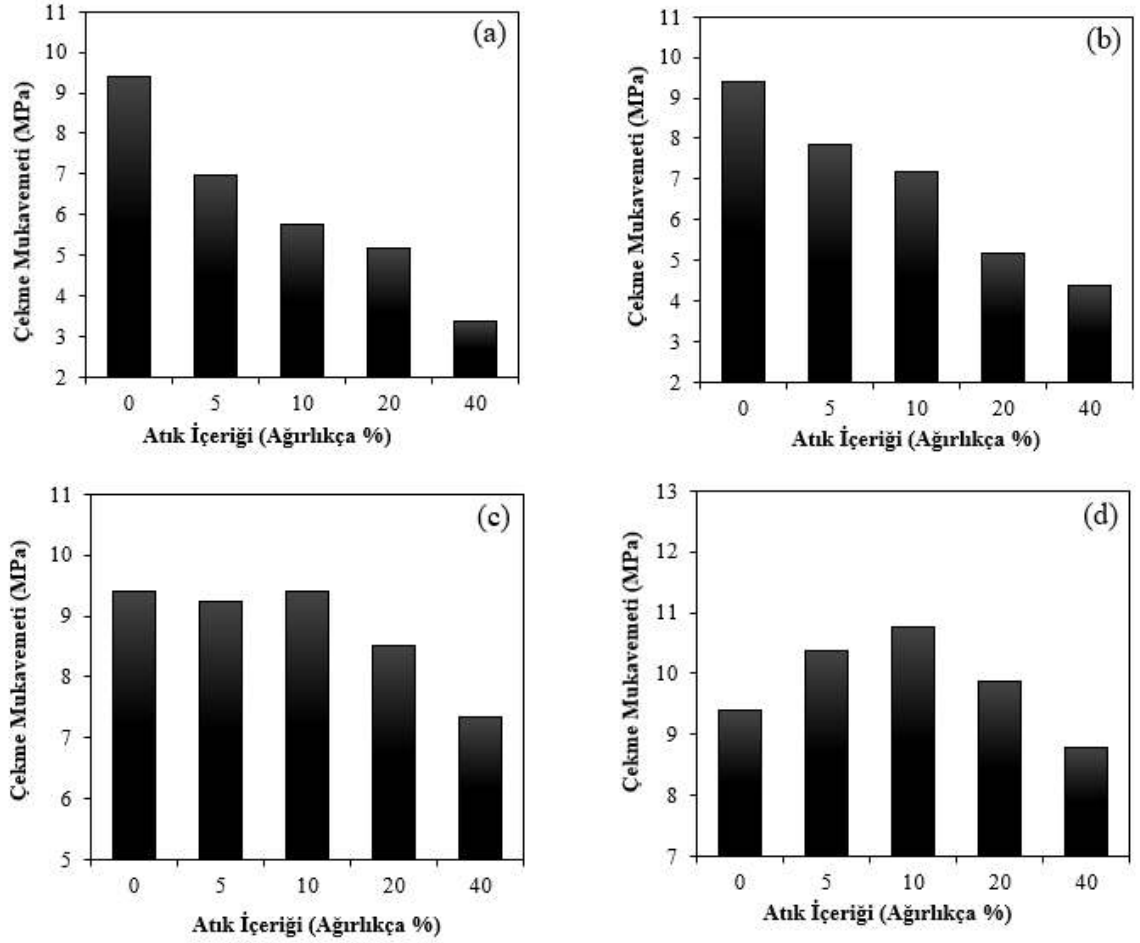


Şekil 4.11. Yanmazlık Testi Cihazı

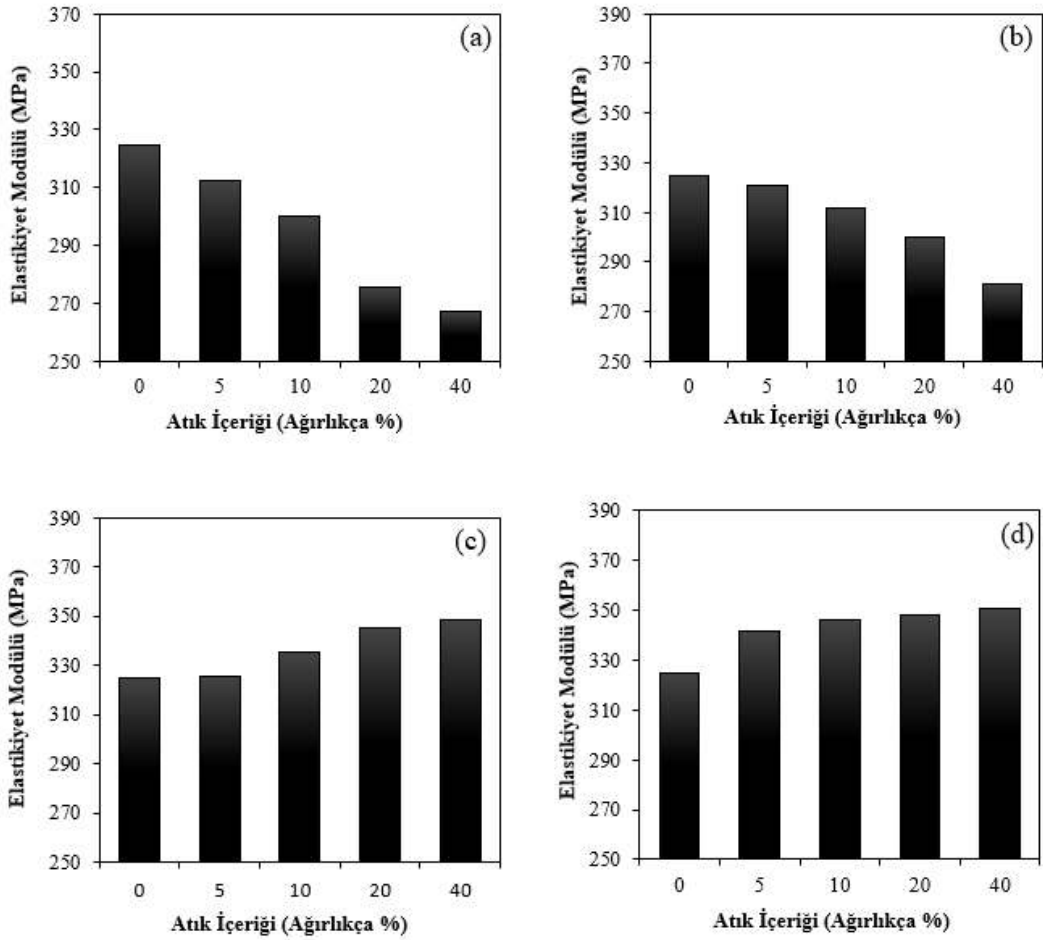
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Çekme Mukavemeti Testi Sonuçları

Saf polyester ve farklı ağırlık yüzdesinde (%5-40) dört farklı dolgu malzemesi (Kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, mermer tozu ve boraks) kullanılarak üretilen polyester kompozit malzemelerin yapılan çekme mukavemeti deney sonuçları Şekil 5.1’te verilmiştir. Saf polyester ve kompozit numunelerin elastikiyet modülünün atık içeriği artışı ile değişimi de Şekil 5.2’de gösterildiği gibi elde edilmiştir. Şekil 5.1 (a) ve (b) ve Şekil 5.2 (a) ve (b)’den görüldüğü gibi saf polyestere ağırlıkça %5,10,20 ve 40 oranlarında kayısı çekirdeği kabuğu kabuğu ve şeftali



Şekil 5.1. (a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere Atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin çekme mukavemeti değişimleri



Şekil 5.1. (a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere Atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin elastikiyet modülü değişimleri

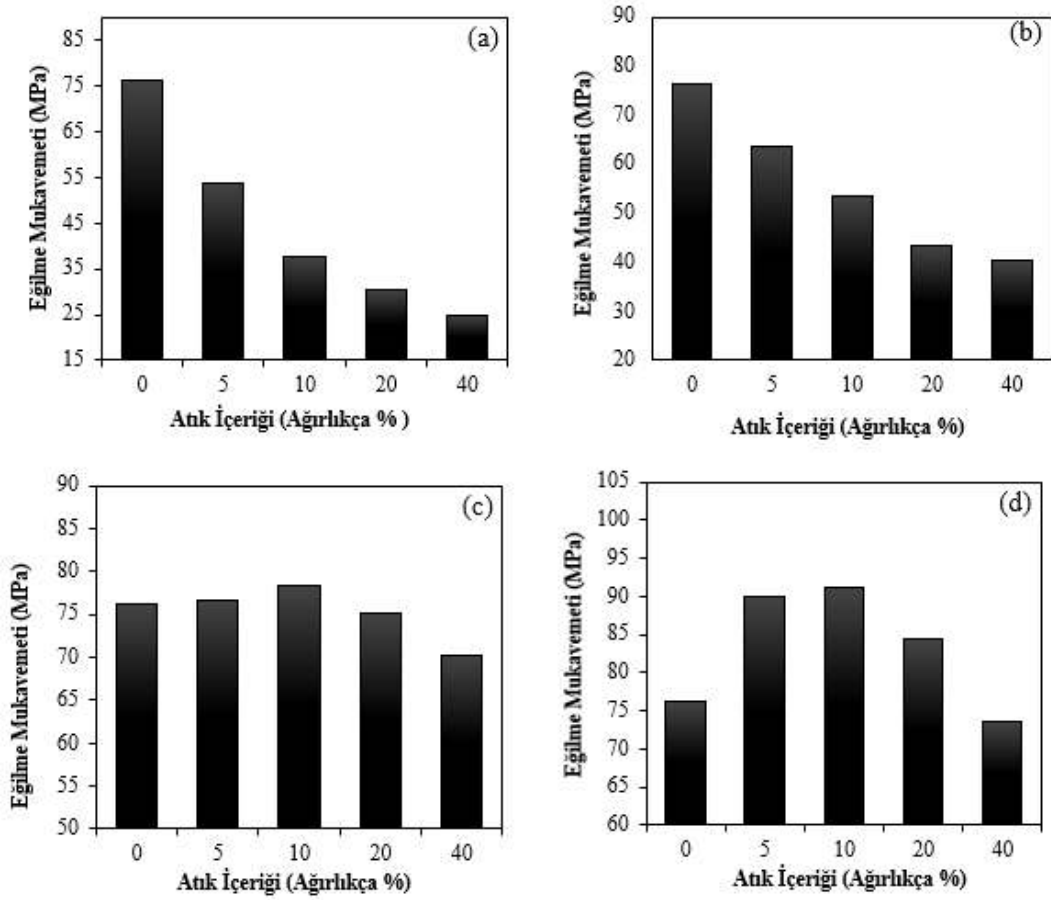
Çekirdeği tozunun ilave edilmesi ile hem çekme mukavemeti hem de elastikiyet modülü değerlerinin azaldığı görülmektedir. Saf polyesterin çekme mukavemeti değeri 9.39 MPa ve elastikiyet modülü 324.67 MPa iken, ağırlıkça % 5 kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği katkılı kompozit numunelerinin çekme mukavemeti değerleri sırası ile 6.98 ve 7.86 MPa, elastikiyet modülü değerleri ise 312.50 ve 320.66 MPa olarak bulunmuştur. Atık içeriği artışına bağlı olarak bu azalma devam etmiştir. Kompozit malzemelerin mekanik özellikleri genellikle dolgu maddesinin içeriği, partikül boyutu ve şekli, dolgu maddesi ile polimer matris arasındaki yapışma derecesi ve dolgu maddesinin matris içindeki dağılım derecesi gibi faktörlere bağlıdır. Çekme mukavemetindeki ve elastikiyet modülündeki bu azalma ara yüzeydeki zayıf yapışma kuvveti, parçacıklar arasındaki doğrudan temas ve muhtemelen boşluk/gözeneklilik varlığı nedeniyle dolgu malzemesi-polyester matris ara yüzeyindeki gerilme transferinin daha düşük verimlilikte olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Albano vd., 2001). Atık içeriğinin artışına

bağlı olarak özellikle ağırlıkça %40'lık kompozit numunelerinde oluşan boşluklar SEM görüntülerinde teyit edilmiştir.

Mermer tozu kullanılarak üretilen kompozit malzemenin çekme mukavemeti değerleri Şekil 5.1 (c)'den görüldüğü gibi atık içeriği ağırlıkça % 10 değerine kadar fazla bir değişikliğin olmadığı, atık içeriği ağırlıkça %20 ve % 40 değerlerinde ise azalmaya başladığı görülmüştür. Bu değer ağırlıkça % 10 atık içeriğindeki kompozit malzeme için 9.41 MPa, atık içeriği % 40 için bu değer 7.34 MPa değerine düşmüştür. Boraks tozunun eklenmesinin ise üretilen kompozit numunelerinin gerilme özelliklerini önemli ölçüde iyileştirdiği Şekil 5.1 (d)'den görülmektedir. Çekme mukavemeti, saf polyester için 9,39 MPa iken boraks içeriği ağırlıkça % 10 olan kompozit malzeme için bu değer 10,77 MPa yükselmiştir. Ancak, atık içeriği artmaya başladığında yani ağırlıkça % 20 ve % 40 olduğu kompozit malzemelerin çekme mukavemeti değerlerinde bir azalma gözlenmiştir. Kompozit malzemelerdeki dolgu malzemesinin homojen dağılımı, kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini iyileştirmede önemli bir faktör olduğundan, çekme mukavemetindeki bu azalma, eklenen boraksın zayıf dağılımına, partikül agregasyonuna veya gözenek oluşumuna bağlanabilir(Jo vd., 2008; Seki vd., 2013; Alsaadi ve Erklig, 2017). Şekil 5.2 (c) ve (d)'den görüldüğü gibi, hem mermer tozu hem de boraks tozunun ilave edilmesi ile elastikiyet modülü değerleri artmış ve maksimum değer mermer tozu için 348.21 MPa, boraks tozu için 350,72 MPa olarak bulunmuştur. Bu davranış elastik sınırdan ara yüzey bağlanmasıyla ilgili olup bu artış, inorganik sert parçacıkların sertliğinin saf polyesterden daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

5.2. Üç Nokta Eğme Mukavemeti Testi Sonuçları

Saf polyester ve farklı ağırlık yüzdesinde (%5-40) dört farklı dolgu malzemesi kullanılarak üretilen polyester kompozit malzemelerin üç noktadan eğme testlerinin sonuçları Şekil 5.3'de görülmektedir. Şekil 5.3 (a) ve (b) sırasıyla kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozu kullanılarak üretilen kompozit malzemeler ve saf polyesterin eğilme mukavemet değerlerini göstermektedir. Kompozit numunelerin eğilme mukavemeti değerlerinin, saf polyester numunesinin değerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Saf polyesterin eğilme mukavemeti değeri 76.17 MPa iken, ağırlıkça %5'lik kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği katkılı kompozit numunesinin değeri sırasıyla 53.78 ve 63.78 MPa olarak bulunmuştur. Atık içeriği artışına bağlı olarak bu değer her iki kompozit numunesi içinde azalma göstermiştir. Artan organik yapıdaki kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği miktarı ile eğilme dayanımı azalmıştır. Bunun nedeni olarak muhtemelen hidrofilik yapıdaki kayısı çekirdeği kabuğu ve



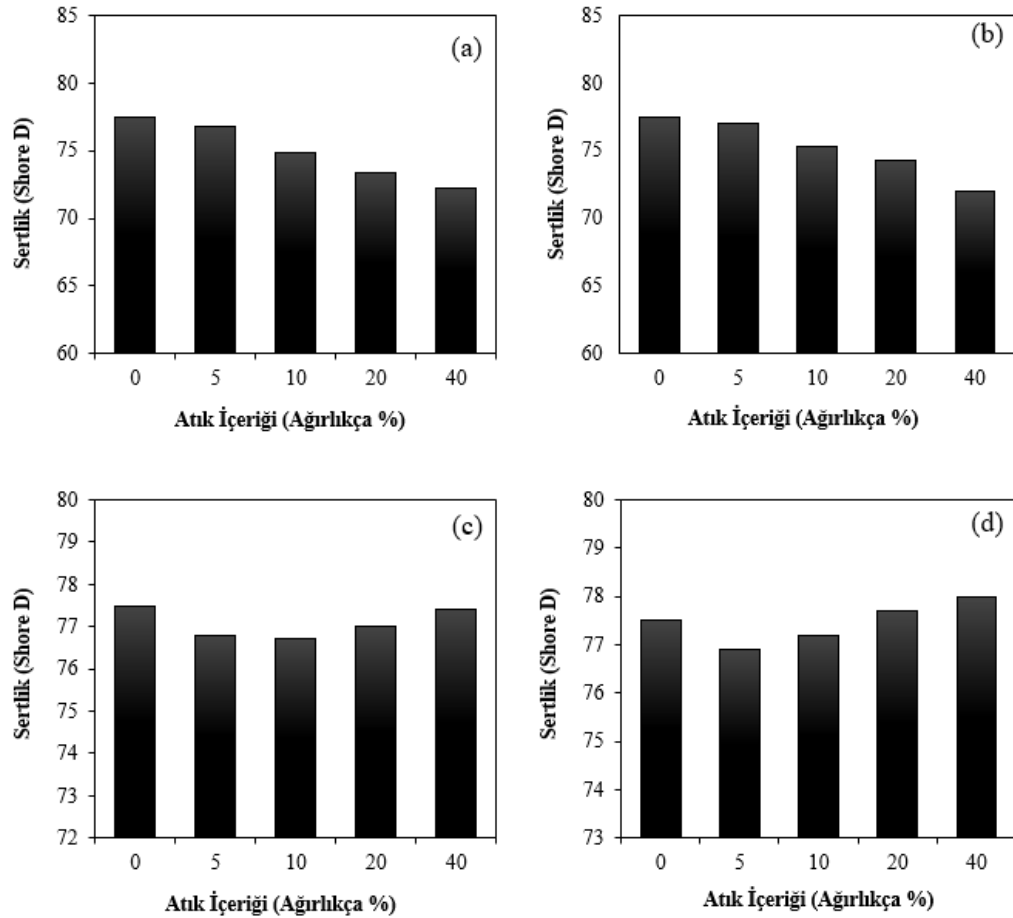
Şekil 5.3 (a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin eğilme mukavemeti değişimleri

şeftali çekirdeğinin hidrofobik polyester ile uyumsuz olması söylenebilir. Bu durum, zayıf ara yüzey yapışmasına neden olacaktır. Ayrıca, kompozit yapıdaki boşlukların varlığı da eğilme mukavemetinin azalmasına neden olmaktadır (Dong ve Davies, 2012). Şekil 5.3 (c) ve (d) ise mermer ve boraks tozu kullanılarak üretilen kompozit malzemeler ve saf polyesterin eğilme mukavemet değerlerini göstermektedir. Şekil 5.3 (c)'den mermer tozu katkılı kompozit numunesinin ağırlıkça %10 değerine kadar eğilme mukavemeti değerlerinin saf polyester numunesine göre çok azda olsa bir artış eğiliminde olduğu ancak ağırlıkça % 20 ve % 40 için bu değerlerin düşmeye başladığı görülmektedir. Atık içeriği ağırlıkça %10 olan kompozit numunesinin eğilme mukavemeti değeri 78.43 MPa, ağırlıkça % 40 için bu değer 70.12 MPa olarak bulunmuştur. Şekil 5.3 (d)'de ise boraks ilave edilerek elde edilen kompozit numunelerin eğilme mukavemeti değerlerinin ağırlıkça % 40 hariç, saf polyester numunesinin değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Kompozit numunelerin eğilme mukavemeti başlangıçta atık içeriği ile artmış ve atık içeriği % 10'da maksimuma ulaştıktan sonra düşmeye başlamıştır. Atık içeriğinin % 10 olduğu durumda kompozit numunesinin eğilme mukavemeti, saf polyestere göre

% 19,72 oranında iyileştirilmiştir. Ağırlıkça % 40 için eğilme mukavemeti değeri 73.58 MPa olarak bulunmuştur. Seki vd. (2013) doymamış polyester reçineye ağırlıkça % 1, 3 ve 5 oranında huntit eklenmesinin polyesterin çekme mukavemeti ve eğilme mukavemeti değerlerini ağırlıkça % 3'e kadar arttırdığını ve daha yüksek atık içeriğinde azalttığını bildirmişlerdir. Bu nedenle saf polyester kompozite çok fazla miktarda boraks tozu eklenmesinin kompozit numunelerde homojen olmayan bir yapıya neden olabileceği söylenebilir.

5.3. Sertlik Testi Sonuçları

Saf polyester ve dört farklı dolgu malzemesi kullanılarak elde edilen kompozit numunelerine ait Shore-D sertlik değerleri Şekil 5.4'de verilmiştir. Şekil 5.4 (a) ve (b) sırasıyla kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozu kullanılarak üretilen kompozit malzemelerin ve saf polyesterin Shore-D sertlik değerlerini göstermektedir. Şekillerden, kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozunun polyestere eklenmesinin kompozit numunesinin sertliğini azda olsa düşürdüğü görülmüştür.

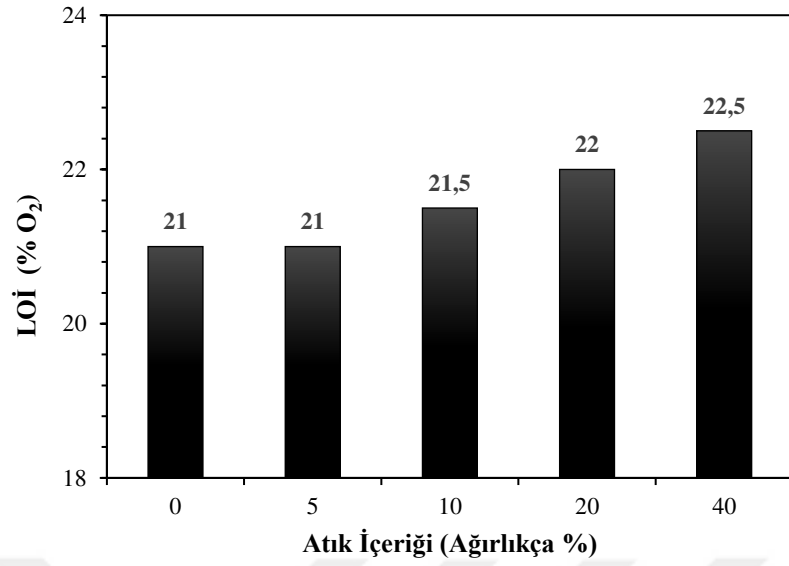


Şekil 5.4 (a) Kayısı çekirdeği kabuğu (b) Şeftali çekirdeği (c) Mermer tozu (d) Boraks olmak üzere atık içeriğinin ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve kompozit numunelerinin sertlik değişimleri

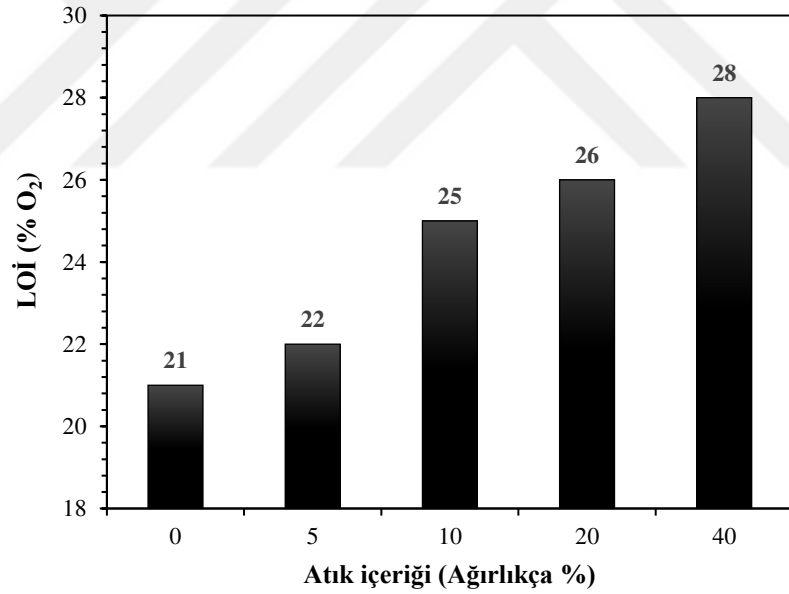
Saf polyester için sertlik değeri 77.5 Shore-D iken, ağırlıkça %40 kayısı çekirdeği kabuğu katkı ve şeftali çekirdeği katkı kompozit numunelerinin sertlik değerleri sırasıyla 72.2 ve 72.0 Shore-D olarak elde edilmiştir. Bu durumun lignoselülozik yapıdaki kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeğinin, saf polyestere göre daha esnek bir yapıda olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Şekil 5.4 (c) ve (d) ise mermer tozu ve boraks katkı kompozit numunelerinin sertlik değerlerini göstermektedir. Mermer tozu katkı kompozit numunelerinin sertlik değerleri 76.8-77.4 Shore-D aralığında, boraks ilaveli kompozit numunelerinin sertlik değerleri ise 76.9-78.0 Shore-D aralığında bulunmuştur. Bu sonuçlar mermer ve boraks tozu ilavesinin kompozit malzemelerinin sertliğini olumsuz yönde değiştirmedğini göstermektedir.

5.4. Yanmazlık Testi Sonuçları

Alev geciktirme özellikleri EN ISO 4589-2 standardına göre sadece mermer tozu ve boraks tozu katkı kompozit numuneler için LOİ (Limit oksijen ihtiyacı) testi ile gerçekleştirilmiştir. Mermer ve boraks tozunun yanma özelliklerine etkisini incelemek üzere ağırlıkça % 5, 10, 20 ve 40 oranında mermer tozu ve boraks tozu katkı kompozit malzemeler hazırlanmıştır. Yapılan yanma deneyleri sonucunda, numunelerin LOİ (limit oksijen ihtiyacı) değerleri hesaplanmış ve elde edilen LOİ değerleri, mermer tozu katkı kompozit numuneleri için Şekil 5.5’de boraks tozu katkı kompozit numuneleri için Şekil 5.6’da verilmiştir. Şekil 5.5 ve 5.6’dan saf polyestere göre mermer ve boraks tozu katkı kompozit numunelerinin LOİ değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu artışın, mermer tozu katkı kompozit numuneleri için (21- 22.5 LOİ) çok fazla olmadığı daha çok boraks katkı kompozit numunelerinde (22-28 LOİ) olduğu gözlenmiştir. Bu değerler boraksın kompozit numunelere alev geciktirici özellik verdiğini açıkça göstermektedir. % 21’den düşük LOİ değerlerine sahip malzemeler yanıcı olarak sınıflandırılır fakat % 21’den büyük LOİ’ye sahip olanlar, harici bir enerji katkısı olmadan yanmaları ortam sıcaklığında sürdürülemediğinden kendi kendine sönen olarak sınıflandırılırlar. Yüksek LOİ değerine sahip malzemeler genellikle daha iyi bir alev geciktirme özelliği sergilerler(Chapple ve Anandjiwala,2010).Literatürde bor ve bileşikleri kullanılarak üretilen kompozit numunelerinin alev geciktirici özellik kazandığı rapor edilmiştir(Cavdar vd.,2015; Borazan vd.,2018).



Şekil 5.5. Atık içeriği ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve mermer tozu katkılı kompozit numunelerinin LOİ değerleri

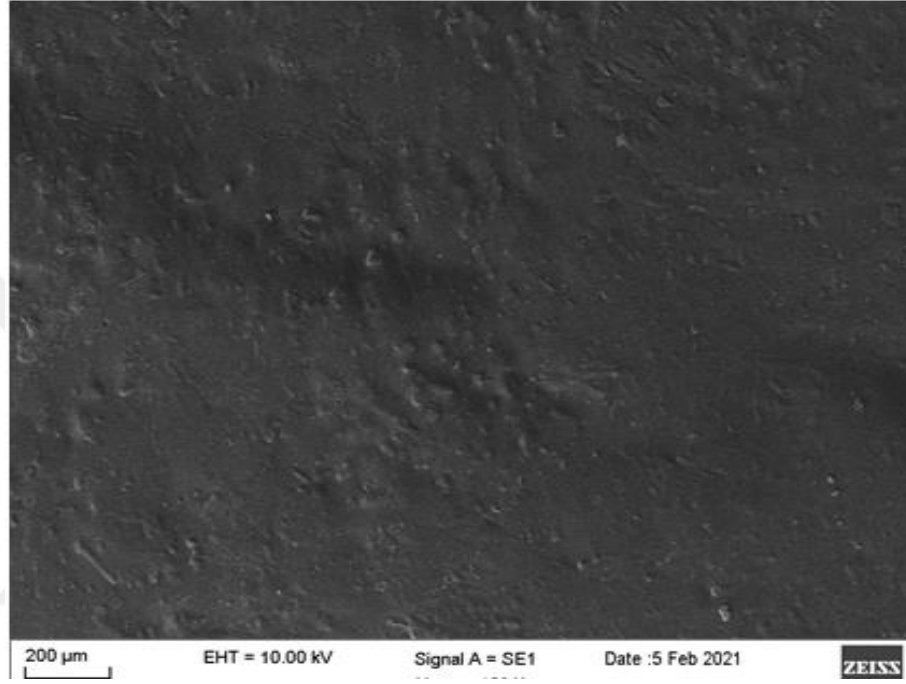


Şekil 5.6. Atık içeriği ağırlık yüzdesi ile saf polyester ve boraks tozu katkılı kompozit numunelerinin LOİ değerleri

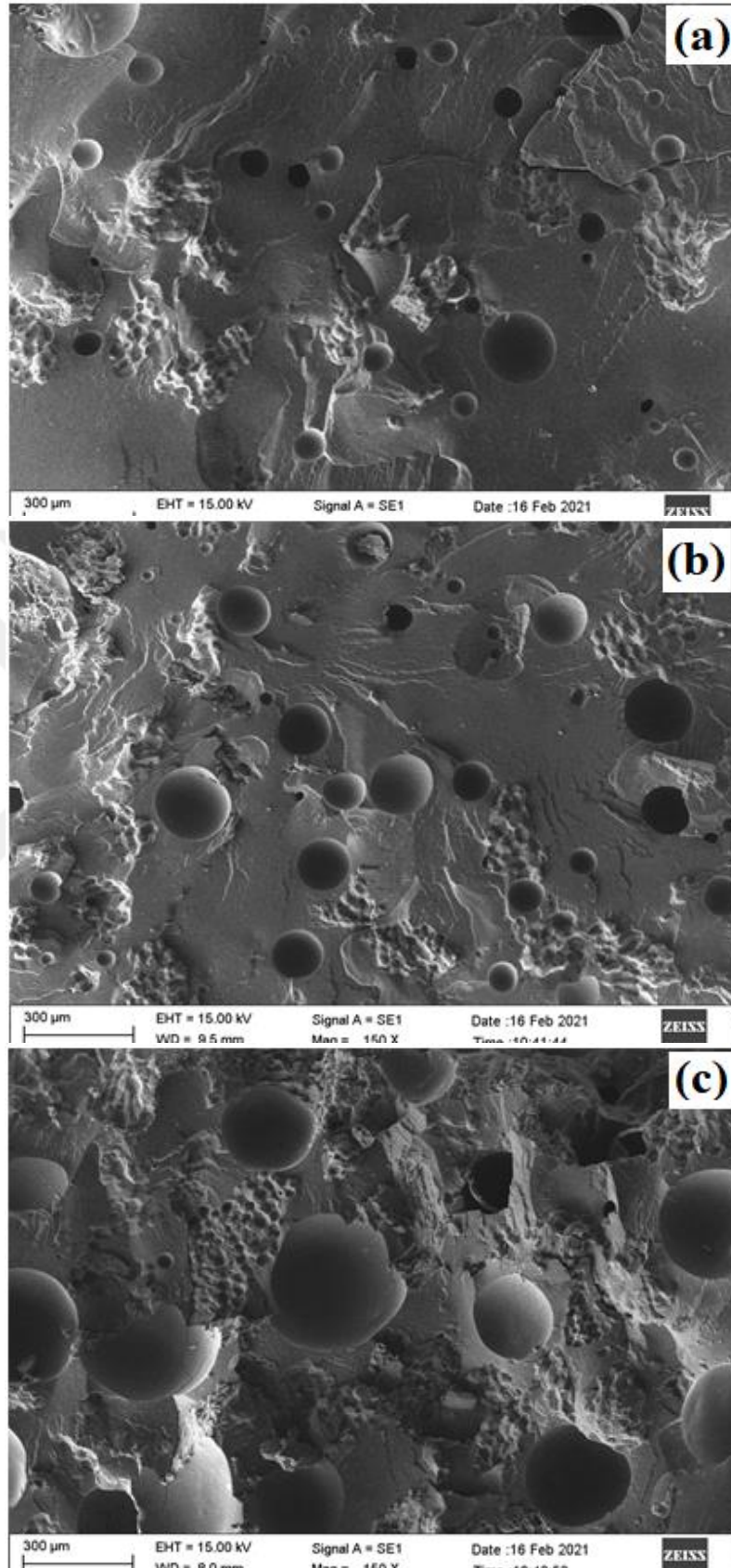
5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu

Saf polyester ve dört farklı dolgu malzemesi kullanılarak elde edilen kompozit numunelerinin morfolojisi Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak gözlemlendi ve kullanılan dolgu malzemelerinin polyester ile olan etkileşimi ve polyester içerisindeki homojenasyonu incelenmiştir. Saf polyesterin SEM görüntüsü Şekil 5.7’de verilmiştir. Ağırlıkça

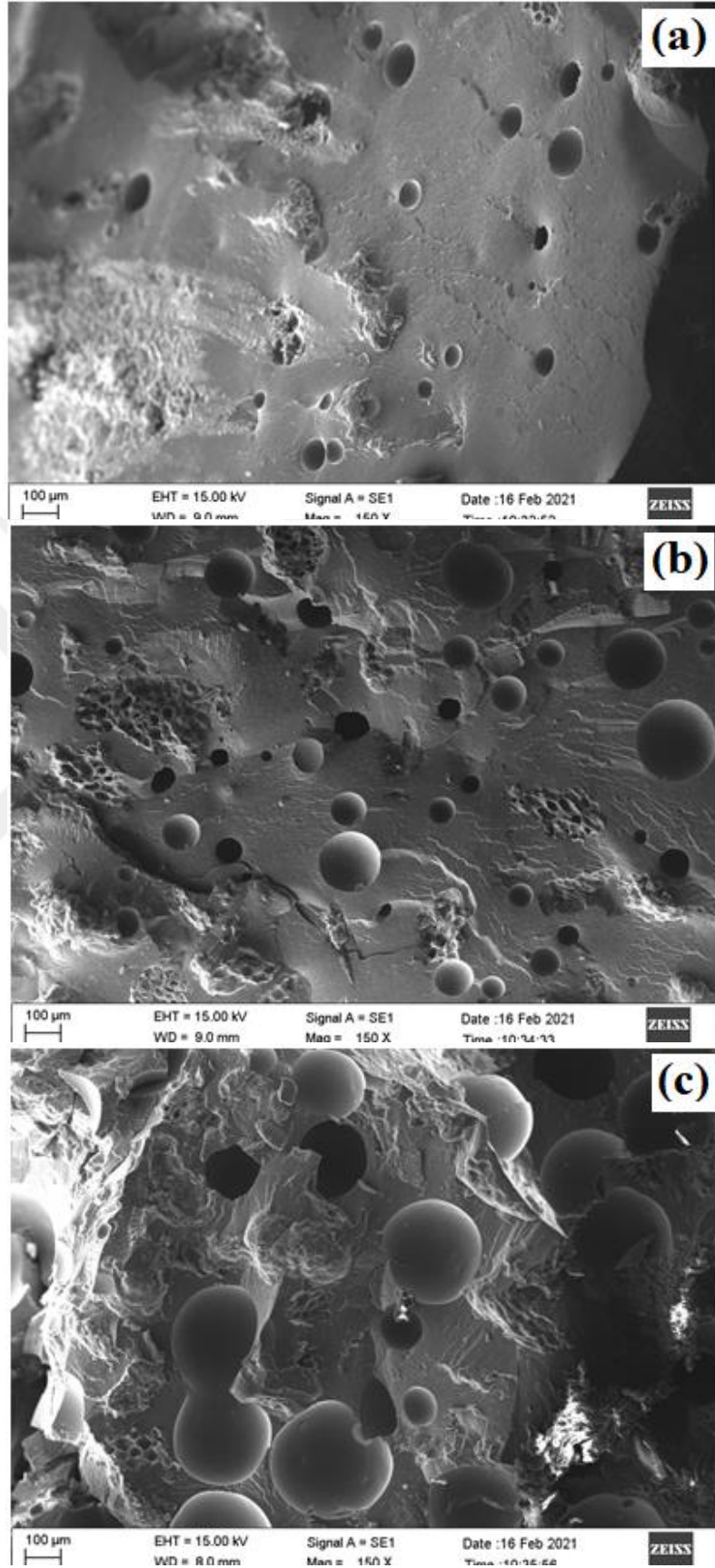
%10, %20 ve %40 kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, mermer tozu ve boraks tozu katkılı kompozit numulerine ait SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 5.8 - 5.11’de verilmiştir. Tüm dolgu malzemeleri için ağırlıkça %5’lik kompozit numunesine ait SEM görüntüleri, mekanik testlerde de fazla değişikliğe sebep olmadığı için verilmemiştir. Tüm SEM görüntülerine bakıldığında, ağırlıkça % 20 ve özellikle ağırlıkça %40 katkılı kompozit numunelerin homojenasyonunda azalma, kabarcık oluşumu ve partikül agregasyonuna sebep olduğu görülmüştür.



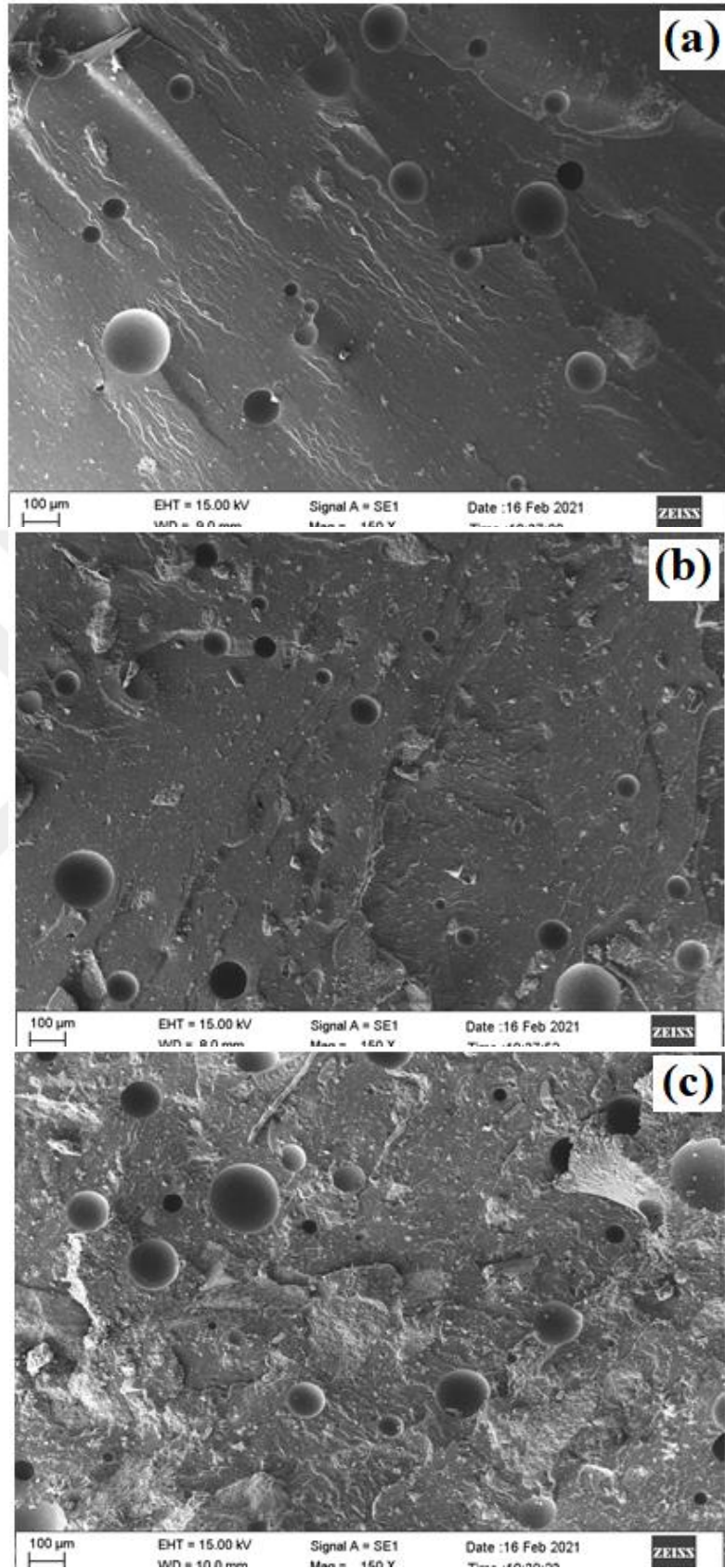
Şekil 5.7. Saf polyester numunesi için SEM görüntüsü



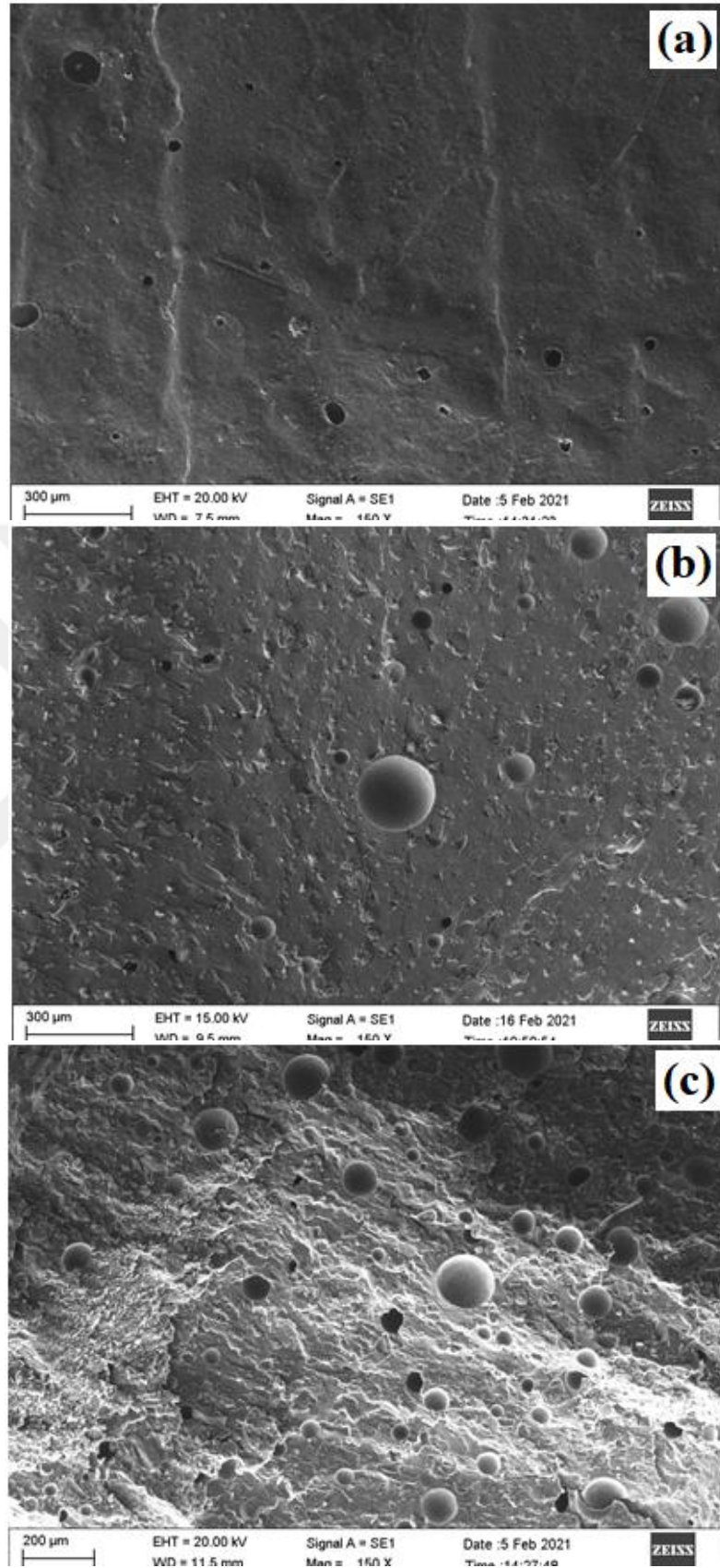
Şekil 5.8. Ağırlıkça a)%10 b)%20 c)%40 kayısı çekirdeği kabuğu katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü



Şekil 5.9. Ağırlıkça a)%10 b)%20 c)%40 şeftali çekirdeği katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü



Şekil 5.10. Ağırlıkça a)%10 b)%20 c)%40 mermer tozu katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü



Şekil 5.11. Ağırlıkça a)%10 b)%20 c)%40 boraks tozu katkılı kompozit numunesi için SEM görüntüsü

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği kabuğu gibi tarımsal atıklar ile mermer tozu gibi atıkların doğaya salınması yerine değerlendirilmesinden ortaya çıkan çevresel faydalar yanında atıkların ekonomik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu atıkların yanı sıra boraks tozu kullanılarak polyester esaslı kompozit malzeme üretiminde bu dolgu malzemelerinin kompozitin mekanik özelliklerine ve mermer tozu ile boraksın yanmazlık özelliğine olan etkisi belirlenmiştir.

Öncelikli olarak saf polyester numunesi üretilmiş daha sonra polyester reçinesine ağırlıkça % 5, 10, 20 ve 40 oranlarında kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks ve mermer tozu gibi dolgu malzemeleri eklenerek elle döküm yöntemi ile polyester esaslı kompozit malzeme üretilmiştir. Üretilen bu kompozit malzemelerin ve saf polyester numunesinin performanslarını değerlendirmek için çekme mukavemeti, elastikiyet modülü, eğilme mukavemeti ve sertlik gibi farklı mekanik testlere tabi tutulmuştur. İlave olarak boraks ve mermer tozu takviyeli kompozit numunelerinin yanmazlık özelliklerini belirlemek için LOİ testi uygulanmıştır.

Çekme mukavemeti testlerinin sonucuna göre; kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozunun ilave edilmesi ile üretilen kompozit malzemelerinin hem çekme mukavemeti hem de elastikiyet modülü değerlerinin azaldığı görülmüştür. Mermer tozu kullanılarak üretilen kompozit malzemenin çekme mukavemeti değerleri ağırlıkça % 10 değerine kadar fazla bir değişiklik göstermezken, atık içeriği ağırlıkça %20 ve % 40 değerlerinde ise azalmaya başlamıştır. Boraks tozunun eklenmesinin ise üretilen kompozit numunelerinin çekme mukavemetini ağırlıkça % 40 hariç önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Mermer tozu ve boraks tozunun ilave edilmesi ise kompozit numunesinin elastikiyet modülü değerlerini arttırmıştır.

Üç nokta eğme mukavemeti testlerinin sonucuna göre; kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozu katkılı kompozit malzemelerin eğilme mukavemeti değerlerinin, saf polyester numunesinin değerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Mermer tozu katkılı kompozit numunesinin ağırlıkça %10 değerine kadar eğilme mukavemeti değerlerinin çok azda olsa bir artış eğiliminde olduğu ancak ağırlıkça % 20 ve 40 için bu değerlerin düşmeye başladığı görülmüştür. Boraks ilave edilerek elde edilen kompozit numunelerin eğilme mukavemeti değerlerinin ağırlıkça % 40 hariç, saf polyester numunesinin değerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Sertlik (Shore-D) testlerinin sonucuna göre; kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği tozunun poliestere eklenmesinin kompozitin sertliğini azda olsa düşürdüğü görülmüştür. Mermer ve boraks tozu katkılı kompozit numunelerinin sertlik değerlerini ise olumsuz yönde etkilemediği bulunmuştur.

Yanmazlık testlerinin sonucuna göre; mermer tozu ve boraks tozu katkılı kompozit numunelerin LOİ (limit oksijen ihtiyacı) değerlerinin arttığı ve bu artışın, mermer tozu katkılı kompozit numuneleri için (21- 22.5 LOİ) çok fazla olmadığı, boraks katkılı kompozit numunelerinde (22-28 LOİ) daha çok olduğu gözlenmiştir. Bu değerler, boraksın kompozit numunelere alev geciktirici özellik verdiğini açıkça göstermiştir.

Fiziksel ve mekanik özelliklere ek olarak, dolgu miktarı bir ürünün maliyetini etkilemektedir. Bu amaçla, partikül dolgulu kompozitlerdeki reçine içeriğini düşürerek maliyetler düşürülebilir. Reçine, diğer dolgu türlerine kıyasla nispeten pahalı bir üründür. Buda dolgu malzemesinin maliyetini düşürmek için üreticileri farklı yöntemler aramaya iten ana sebeptir. Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği gibi tarımsal atıklar kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini olumsuz etkilese de maliyet düşürücü dolgu malzemesi olarak polyester esaslı kompozit ürünlerinin üretiminde kullanılabileceği söylenebilir.

ÖNERİLER

Bu çalışmada polyester reçinesine ağırlıkça farklı oranlarda kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği, boraks ve mermer tozu gibi dolgu malzemeleri eklenerek kompozit malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Kayısı çekirdeği kabuğu, şeftali çekirdeği ve mermer tozunun polyester esaslı kompozit numunelerinin mekanik özelliklerini negatif yönde etkilediği bu nedenle özellikle kayısı çekirdeği kabuğu ve şeftali çekirdeği gibi tarımsal atıkların maliyet düşürücü dolgu malzemesi olarak kompozit malzeme üretiminde kullanılabileceği söylenebilir. Böylelikle bu tarz atıkların çevreye olan olumsuz etkileri giderilerek değerlendirilmiş olacaktır.

Ayrıca bu çalışmada kompozit üretiminde kullanılan elle dökme yönteminde kompozit malzemenin homojen karışımındaki olumsuzlukları gidermek adına kompozit malzeme içerisindeki hava kabarcıklarını giderecek vakumlu ve basınçlı bir kalıp sistemi kullanılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Agarwall, B. D. (1980).** Analysis and Performance of Fiber Composites, John Wiley & Sons, New York, 355s
- Ahrabi, A. Z. (2009).** Pet Atıkları Kullanılarak Kompozit Malzeme Üretiminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ahrabi, A. Z., Bilici, İ., Bilgesu, A.Y. (2012).** Investigation of Composite Material Production Using Waste Pet's, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 27, 467-471.
- Akovali, G. (2001).** Handbook of Composite Fabrication, Rapra Technology Ltd., Shawbury, U.K
- Albano, C., Ichazo, M., Gonza'lez, J., Delgado, M., Poleo, R. (2001).** Effects of filler treatments on the mechanical and morphological behavior of PP+wood flour and PP+sisal fiber, Mater. Res. Innov, 4 (5-6), 284-293.
- Alsaadi, M., Erklig, A. (2017).** A Comparative Study on Mode I and Mode II Interlaminar Behavior of Borax and SiC Particles Toughened S-Glass Fabric/Epoxy Composite, Arab J Sci Eng, 42, 4759-4769. DOI 10.1007/s13369-017-2649-1.
- Atalar, O. (2006).** Kayısı Çekirdeği Kabuğunun İlave Edilmesiyle ile Elde Edilen Hafif Betonun Karakteristik Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aruniit, A., Kers, J., Tall, K. (2011).** Influence of filler proportion on mechanical and physical properties of particulate composite, Biosyst. Eng, 1, 23-29.
- Arrakhiz, F.Z., Benmoussa, K., Bouhfid, R., Qaiss, A. (2013).** Pine cone fiber/clay hybrid composite: mechanical and thermal properties, Mater. Design, 50, 376-381.
- Barut, C. (2015).** Aramid Esaslı Kompozit Malzemelerin Balistik Performanslarının ve Mekanik Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Baştürk, S.B., Kanbur, K., Polatoğlu, İ., Yürekli, Y. (2015).** Mechanical Properties of Acorn and Pine Cone Filled Polymer Composites, American Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences, 14(2), 144 – 153.
- Beşergil, B. (2016).** Kompozitler Temel İlkeler, Gazi Kitabevi, Ankara
- Biron, M. (2007).** Thermoplastics and Thermoplastic Composites: Technical Information for Plastic Users, Elsevier – Butterworth-Heinemann: Oxford.
- Borazan, A.A., Gokdai, D. (2018).** Pine Cone and Boron Compounds Effect as Reinforcement on Mechanical and Flammability Properties of Polyester Composites, Open Chemistry, 16 (1), 427-436.
- Cavdar, A.D., Mengeloglu, F., Karakus, K. (2015).** Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites, Measurement, 60, 6-12.
- Çinar, M.E. (2016).** Atık Pet ve Mermer Tozunun Kompozit Malzeme Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demirel, M. (2007).** Cam Elyaf Takviyeli Poliester Kompozitlere Yanmazlık Özelliği Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dong, C., Davies, I.J. (2012).** Flexural Properties of Macadamia Nutshell Particle Reinforced Polyester Composites, Compos. Part B, 43, 2751-2756.
- Ersoy, H.Y. (2001).** Kompozit Malzeme, Literatür Yayıncılık Dağıtım Pazarlama, San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, 11-15, 95-105, 110-116.
- Gay, D., Hoa, V.S. (2007).** Composite Materials: Design and Application, CRC Pres – Boca, Raton.

- Gökalp, E. (2006).** Odunsu Materyal Kullanımının Polyester Esaslı (Mermerit) Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gürü M., Akyüz Y., Akın E. (2005).** Mermer tozu/polyester kompozitlerde dolgu oranının mekanik özelliklere etkileri, Politeknik Dergisi, 8(3), 271-274.
- Gürü, M., Tekeli, S., Akın, E. (2007).** Manufacturing of Polymer Matrix Composite Material Using Marble Dust and Fly Ash, Key Eng. Mat, 336/338, 1353–1356.
- Hull, D., Clyne, T.W. (1996).** An Introduction to Composite Materials, Cambridge university pres, Cambridge, UK.
- Jo, B.W., Park, S.K., Kim, D.K. (2008).** Mechanical properties of nano-MMT reinforced polymer composite and polymer concrete Constr Build Mater. 22 (1), 14-20.
- Kahvecioğlu, Y.E. (2016).** Yapıştırma Bağlantılı Kompozit Malzemelerin Mekanik Performansı üzerine Mekanik Bağlamanın Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kalia, S., Kaith, B. S., Kaur, I. (2009).** Pretreatments of Natural Fibers and their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites-A Review, Polymer Engineering and Science, 49 (7), 1253-1272.
- Karagül, B. (2014).** Use of ground pistachio shell as alternative filler in natural rubber/styrene–butadiene rubberbased rubber compounds, Polymer Composites, 35 (99), 245-252.
- Kutlu B. (2002).** Isıya Dayanıklı ve Isıdan Koruyucu Giysilerin Termal Analizi ve Performans Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Li, X., Tabil, L., Panigrahi, S. (2007).** Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, J. Poly. Environ, 15, 25-33.
- Mazumdar, S.K. (2002).** Composites Manufacturing: Material, Product and Process Engineering. CRC Pres, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Qu, J. (1993).** The effect of slightly weakened interfaces on the overall elastic properties of composite materials, Mechanics of Materials, 14(4), 269-281.
- Özer, H. (2015).** Sürekli cam elyaf takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin geliştirilmesi ve mekanik özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ramesh, M., Palanikumar, P., Redy, K. H. (2013).** Mechanical property evaluation of sisal–jute–glass fiber reinforced polyester composites, Composites: Part B, 48, 1-9.
- Seki, Y., Sever, K., Sarıkanat, M., Sakarya, A., and Elik, E. (2013).** Effect of huntite mineral on mechanical, thermal and morphological properties of polyester matrix, Composites: Part B, 45, 1534-1540.
- Chapple, S. R. (2010).** Anandjiwala. Flammability of natural fibre-reinforced composites and strategies for fire retardancy: a review, Journal of Thermoplastic Composite Materials, 23, 871-893.
- Stuart, B. (2002).** ‘Polymer Analysis’ John Wiley & Sons Ltd
- Scwartz, M. M. (1997).** Composite Materials: Properties, non destructive testing and repair, polymer, ceramic, metal matrices, Prentice Hall Inc., New jersey, USA.
- Şahin, Y. (2002).** Kompozit Malzemelere Giriş, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Şahin, Y. (2006).** Kompozit Malzemelere Giriş, Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Tran, N.H., Ogihara, S., Kobayashi, S. (2012).** Mechanical Properits of Short Coir/PBS Biodegradable Composites: Effect of alkali Treatment and Fiber Content, 18th International Conference on Composite Materials, Jeju Korea, Republic of.
- Toğrul, T. (1995).** İnrümentel Analiz, Editör, Ankara Üniversitesi, Fen Faköltesi, Kimya Mühendisliğı Bölümü, 101-117

Tok, H. (2018). Farklı Oranlarda Polyester Reçine/Mermer Tozu Karışımıyla Elde Edilen Kompozit Malzemenin Jeomekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ulcay, Y., Akyol, M. ve Gemci, R. (2012). Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin Arabirim Mukavemeti Üzerine Farklı Kür Metotlarının Etkisinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 7(1), 93-116.

Url 1.<http://www.erfa.com.tr/urunler-ayrinti/Dokum-Tipi-Polyester-Recineler>

Url 2.<http://www.erfa.com.tr/urunler-ayrinti/Sertlestiriciler-Metil-Etil-Keton-Peroksit-MEK-P>

Url 3. <https://www.turkuazpolyester.com.tr/tr/1296/Kobalt%20Oktoat/>

Yazdırıcı, E.Ş. (2016). Kumaş Atıklarının Polyester Esaslı Kompozit Malzeme Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



ÖZGEÇMİŞ

[REDACTED]

KİŞİSEL BİLGİLER

ARAŞTIRMACI BİLGİLERİ

[REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED]

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans	: Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 2017.
Ön Lisans	: Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Tekstil Teknolojisi Bölümü, 2010.
Ön Lisans	: Fırat Üniversitesi, Maden MYO, Kimya Teknolojisi Bölümü, 2012.
Lise	: Fatih Lisesi, Elazığ, 2005.

İŞ DENEYİMİ

B. YIL – ...	: 2020 Fırat Üniversitesi, Dış İlişkiler Birimi, Erasmus Ofisi Personel ve Öğrenci Hareketlilik Bölümü
B. YIL – S. YIL	: 2017 – 2020 Fırat Üniversitesi Fırat Radyo ve Tv Müdürlüğü Radyo Sorumlusu