T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAF VE MİNERAL KATKILI POLİKARBONAT/AKRİLONİTRİL BÜTADİEN STİREN KARIŞIM MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE HIZLANDIRILMIŞ YAŞLANDIRMA VE GERİ DÖNÜŞÜMÜN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

SERHAT MERT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAF VE MİNERAL KATKILI POLİKARBONAT/AKRİLONİTRİL BÜTADİEN STİREN KARIŞIM MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE HIZLANDIRILMIŞ YAŞLANDIRMA VE GERİ DÖNÜŞÜMÜN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

SERHAT MERT
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE
2019

T.R

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

THE RESEARCHING OF ACCELERATED WEATHERING AND REPROCESSING EFFECTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF PURE AND MINERAL ADDICTIVE BLENDS OF POLYCARBONATE/ ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE

SERHAT MERT

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER SCIENCE

DEPARMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

PROF. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE

2019

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03/07/2019 tarih ve 2019/30 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 19/07/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Serhat MERT'in tez çalışması Makine Mühendisliği/Tasarım ve İmalat Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI)	: Prof. Dr. Babür ÖZÇELİK
ÜYE	: Prof. Dr. Fevzi BEDİR
ÜYE	: Dr. Öğretim Üyesi Murat KIYAK

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

ÖZET

Bu tezde, ABS(Akrilonitril Bütadien Stiren) ve PC(Polikarbonat) malzemelerinden oluşan karışım ve bu karışıma %15 ve %20 oranlarında talk minerali katkılı karışım hallerine hızlandırılmış yaşlandırmanın mekanik, morfolojik ve reolojik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bununla beraber yaşlanmış numuneler geri dönüştürülerek ağırlıkça %25, %50 ve %75 oranında saf halleriyle karıştırılıp yine aynı özellik değişimleri gözlemlenmiştir. Numuneler 48, 144 ve 336 saat olmak üzere UV yaşlanmaya maruz kaldı. 336 saatin sonunda seçilen bazı numuneler geri dönüşüme uğradı. Mekanik özellik değişimlerini görmek için eğme, çekme ve darbe testleri yapıldı. Morfolojik farklılıkları görmek adına SEM(Taramalı Elektron Mikroskobu) kullanıldı. Reolojik özellikler için ise MFI(Eriyik Akış Testi) yapıldı.

Darbe dayanımı mineral katkısıyla çok büyük bir azalma göstermiştir bununla beraber hızlandırılmış yaşlanmayla da bir düşüş yaşamıştır. Geri dönüşümdeki darbe dayanımı azalımı da büyük olmuştur. Çekme dayanımı hem hızlandırılmış yaşlanmayla hem de geri dönüşümle pek fazla değişmemiştir. Mineral katkısı da çekme dayanımında büyük değişimlere sebep olmamıştır. Çekme gerinimi ise bütün malzemelerde UV yaşlanmayla düşüş gösterirken geri dönüşüm artışa sebep olmuştur. Mineral katkısı ve hızlandırılmış yaşlandırma eğme dayanımına katkı sağlasa da geri dönüşüm düşüşe sebep olmuştur. Eğme uzaması değeri ise bütün malzemelerde UV yaşlanmayla düşüş göstermiştir. Geri dönüşüm ise %15 Mineral katkılı hali hariç diğer malzemelerde eğme uzamasında artışa sebep olmuştur. MFI değeri saf PC/ABS karışımında yaşlanmayla da geri dönüşümle de artış gösterirken mineral katkılı hallerinde düşüşe sebep olmuştur. Hem hızlandırılmış yaşlandırma sonucu hem de yaşlanmış numunelerin saf haliyle karışımı sonucu yapılan SEM sonuçlarında yüzeyde çatlaklar görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: ABS, Geri Dönüşüm, Hızlandırılmış Yaşlandırma, Mekanik Testler, MFI, PC, SEM.

SUMMARY

In this thesis, effect of UV accelerated weathering(aging) was investigated on mechanical, morphological and rheological changes to ABS(Acrylonitrile butadiene styrene) and PC(Polycarbonate) blend and with adding %15 and %20 talc mineral to this blend. Like this some samples was taken after last UV aging duration and grinded then added virgin form of PC/ABS blend with weight ratio of %25, %50 and %75 then observed changes on mechanical, rheological and morphological properties. Samples was exposed to UV aging to 48, 144 and 336 hours. After 336 hours samples was taken and reprocessed. For see mechanical changes tensile, flexural and impact test was done, for morphological results SEM(Scannig Electron Microscope) was applied and for rheological changes MFI(Melt Flow Index) was done.

Impact strength decreased with adding mineral to the PC/ABS blend. Likewise UV aging has negative effect on PC/ABS's impact strength. Reprocessing process caused to a drastically decrease at impact strength. On the contrary, the tensile strength did not effect with both UV aging and reprocessing. Tensile strength was not affected after mixing with minerals. Tensile strain values decreased with UV aging but reprocessing increased it. Adding minerals and UV aging increased flexural strength but reprocessing has negative effect on it. Flexural extension decresaed with UV aging. Reprocessing increased all materials flexural extension but %15Mineral addition. MFI values increased with both of UV aging and reprocessing but adding mineral led to decrease on it. SEM results showed that all surfaces had cracks.

Keywords: ABS, Mechanical Properties, MFI, PC, Reprocessing, SEM, UV Aging.

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tezinde, ilgi duyduğum ve çalışmak isteyeceğim bir konuda bana fırsat verdiği için danışmanım sayın Prof. Dr. Babür ÖZÇELİK'e, yönlendirme ve tavsiyeleri yardımıyla işimi kolaylaştıran sayın Dr. Emel KURAM'a, deneysel çalışmalarda ve fikir alışverişinde yardımını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Hürol KOÇOĞLU'na, yardımlarından dolayı MEHMET DOĞAN ve HAMZA AYASH'a, TÜBİTAK 1001-116M257 projesinde çalıştığım için TÜBİTAK'a, desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLOLAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve İçeriği	2
2. TERMOPLASTİKLERİN YAŞLANDIRILMA İŞLEMİ VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ	3
2.1. Termoplastikler	3
2.1.1. Termoplastiklerin Kullanım Alanı ve Önemi	4
2.2. Bir Termoplastik Olarak PC/ABS	5
2.2.1. Talk Mineralinin Katkısının Mekanik Özelliklere Etkileri	6
2.3. Yaşlandırma İşlemi	7
2.3.1. Yaşlandırma Çeşitleri	7
2.3.1.1. Doğal Yaşlandırma	7
2.3.2. Hızlandırılmış Yaşlandırma	7
2.4. Geri Dönüşüm İşlemi	8
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI	9
4. DENEY	14
4.1. Deneylerde Kullanılacak Makineler	14
4.1.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi	14
4.1.2. Ekstrüder Makinesi	15
4.1.3. Mekanik Kırma Makinesi	15
4.1.4. İzod Darbe Testi Makinesi	16
4.1.5. Çekme Testi Makinesi	16
4.1.6 Eğme Testi Makinesi	17
4.1.7. Eriyik Akış Makinesi	18
4.1.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	18
4.1.9. Hassas Tartı	19
4.1.10. Hızlandırılmış Yaşlandırma Makinesi	19

4.2. Deneylerde Kullanılacak Plastik Malzemeler 20
4.2.1. Deney Numunelerinin Adlandırılması 20
4.2.2. PC/ABS Malzemesi 22
4.2.2.1. PC/ABS Malzemesinin Kimyasal Yapısı 23
4.2.3. PC/ABS/%15-20Mineral Malzemesi 23
4.2.4. Deney Planı ve Numuneler 25
4.2.5. Numunelerin Enjeksiyon ile Üretimi 26
4.2.6. Numunelerin Ekstrüzyonla Geri Dönüşümü 28
4.2.7. Test Sınır Koşulları 28
4.2.7.1. Çekme Testi Sınır Koşulları 28
4.2.7.3. Izod Darbe Testi Sınır Koşulları 29
4.2.7.4. MFI(Eriyik Akış) Testi Sınır Koşulları 29
5.DENEY SONUÇLARI 30
5.1. İzod Darbe Testi Sonuçları 30
5.1.1. PC/ABS Izod Darbe Testi Sonuçları 30
5.1.2. PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Izod Darbe Testi Sonuçları 32
5.1.2.1. PC/ABS/%15 Mineral Izod Darbe Testi Sonuçları 32
5.1.2.2. PC/ABS/%20 Mineral Izod Darbe Testi Sonuçları 33
5.2. Çekme Testi Sonuçları 34
5.2.1. PC/ABS Çekme Testi Sonuçları 35
5.2.2. PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Çekme Testi Sonuçları 36
5.2.2.1. PC/ABS/%15Mineral Çekme Testi Sonuçları 36
5.2.2.2. PC/ABS/%20Mineral Çekme Testi Sonuçları 38
5.3 Eğme Testi Sonuçları 39
5.3.1 PC/ABS Eğme Testi Sonuçları 39
5.3.2 PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Eğme Testi Sonuçları 41
5.3.2.1. PC/ABS/%15Mineral Eğme Testi Sonuçları 41
5.3.2.2. PC/ABS/%20Mineral Eğme Testi Sonuçları 42
5.4. Eriyik Akış(MFI) Testi Sonuçları 44
5.4.1. PC/ABS 44
5.4.2. PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Eriyik Akış Testi Sonuçları 45
5.4.2.1. PC/ABS/%15Mineral Eriyik Akış Testi Sonuçları 45
5.4.2.2. PC/ABS/%20Mineral Eriyik Akış Testi Sonuçları 47

5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM) Testi Sonuçları 48
5.5.1. PC/ABS 48
5.5.2. PC/ABS/%15M 50
5.5.1. PC/ABS/%20M 52
6. DENEY SONUÇLARINI DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER 54
6.1. PC/ABS Sonuç Değerlendirmesi 54
6.2. PC/ABS/%15-%20Mineral Sonuç Değerlendirmesi 56
6.3 Mineral Katkısının Etkileri 57
6.4. Öneriler 57

KAYNAKLAR 59
ÖZGEÇMİŞ 62
EKLER 63

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
ABS	:	Akrilonitril-Bütadien-Stiren
C	:	Karbon
cm^3	:	Santimetre Küp
dak	:	Dakika
DSC	:	Diferansiyle Taramalı Kalorimetre
FTIR	:	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
g	:	Gram
GD	:	Geri Dönüşüm
H	:	Hidrojen
HDPE	:	Yüksek yoğunluklu polietilen
HIPS	:	Yüksek darbe dayanımlı polistiren
J	:	Joule
Kg	:	Kilogram
Kj	:	Kilojoule
LDPE	:	Düşük yoğunluklu polietilen
M	:	Mineral Katkılı Malzeme
m^2	:	Metrekare
MAH	:	Maleik Anhidrit
MFI	:	Eriyik Akış Endeksi
MPa	:	Megapascal
mm	:	Milimetre
N	:	Azot
O	:	Oksijen
PBT	:	Polibütilen Tereftalat
PC	:	Polikarbonat
PEEK	:	Polietereterketon
PET	:	Polietilen Tereftalat
POM	:	Polioksimetilen
PP	:	Polipropilen
QUV	:	Hızlandırılmış Yaşlandırma Makinesi

rpm	:	Dakika başına dönüş
s	:	Saniye
SEBS	:	Stiren Etilen Bütilen Stiren
SEM	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
Te	:	Plastik Erime Sıcaklığı
Tg	:	Camsı Geçiş Sıcaklığı
TGA	:	Termogravimetrik Analiz Cihazı
UV	:	Ultraviyole
W	:	Watt
%	:	Yüzde
°C	:	Santigrat Derece

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
4.1:	Plastik Enjeksiyon Makinesi.	14
4.2:	Ekstrüder Makinesi.	15
4.3:	Mekanik Kırma Makinesi.	15
4.4:	Izod Darbe Test Cihazı.	16
4.5:	Çekme Testi Makinesi.	17
4.6:	Eğme Testi Cihazı.	17
4.7:	Eriyik Akış Makinesi.	18
4.8:	Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM).	18
4.8:	Hassas Tartı.	19
4.10:	Hızlandırılmış Yaşlandırma Makinesi.	19
4.11:	PC/ABS'in kimyasal yapısı.	23
4.12	a) Çekme Testi Numunesinin Ölçüleri, b) Eğme Testi Numunesinin Ölçüleri, c) Darbe Testi Numunuesinin Ölçüleri	27
5.1:	PC/ABS Darbe Testi Sonuçları.	30
5.2:	PC/ABS-GD Darbe Testi Sonuçları.	31
5.3:	PC/ABS/%15M Darbe Testi Sonuçları.	32
5.4:	PC/ABS/%15M-GD Darbe Testi Sonuçları.	32
5.5:	PC/ABS/%20M Darbe Testi Sonuçları.	33
5.6:	PC/ABS/%20M-GD Darbe Testi Sonuçları.	34
5.7:	PC/ABS Çekme Testi Sonuçları.	35
5.8:	PC/ABS-GD Çekme Testi Sonuçları.	35
5.9:	PC/ABS/%15M Çekme Testi Sonuçları.	36
5.10:	PC/ABS/%15M-GD Çekme Testi Sonuçları.	37
5.11:	PC/ABS/%20M Çekme Testi Sonuçları.	38
5.12:	PC/ABS/%20M-GD Çekme Testi Sonuçları.	38
5.13:	PC/ABS Eğme Testi Sonuçları.	39
5.14:	PC/ABS-GD Eğme Testi Sonuçları.	40
5.15:	PC/ABS/%15M Eğme Testi Sonuçları.	41
5.16:	PC/ABS/%15M-GD Eğme Testi Sonuçları.	41
5.17:	PC/ABS/%20M Eğme Testi Sonuçları.	42

5.18: PC/ABS/%20M-GD Eğme Testi Sonuçları. 43
5.19: PC/ABS Eriyik Akış Sonuçları. 44
5.20: PC/ABS-GD Eriyik Akış Sonuçları. 44
5.21: PC/ABS/%15M Eriyik Akış Sonuçları. 45
5.22: PC/ABS/%15M-GD Eriyik Akış Sonuçları. 46
5.23: PC/ABS/%20M Eriyik Akış Sonuçları. 47
5.24: PC/ABS/%20M-GD Eriyik Akış Sonuçları. 47

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
2.1:	Amorf Yapı ile Kristal Yapı Arasındaki Farklar.	3
4.2:	Numunelerin Adlandırılması.	21
4.3:	Geri Dönüştürülmüş Numunelerin Adlandırılması.	22
4.4:	Kullanılan PC/ABS malzemesinin teknik özellikleri.	22
4.5:	Kullanılan PC/ABS/%15M malzemesinin teknik özellikleri.	23
4.6:	Kullanılan PC/ABS/%20M malzemesinin teknik özellikleri.	24
4.7:	Deney Planı.	25
4.8:	PC/ABS Malzemelerinin Enjeksiyon Parametreleri.	26
4.9:	Çekme Testi Parametreleri.	28
4.10:	Eğme Testi Parametreleri.	28
4.11:	Izod Darbe Testi Parametreleri.	29
4.12:	MFI Testi Sınır Koşulları.	29
5.1:	PC/ABS SEM Sonuçları.	48
5.2:	PC/ABS/%15M SEM Sonuçları.	50
5.3:	PC/ABS/%20M SEM Sonuçları.	52

1. GİRİŞ

Plastik, karbonun (C) oksijen (O), azot (N), hidrojen (H) gibi çeşitli organik ya da inorganik maddelerle oluşturduğu basit yapıdaki monomerlerden bağları koparılarak daha uzun ve zincirli bir yapı olan polimere dönüştürülmesinden elde edilen malzemelere verilen genel isimdir. Plastikler üretildikleri ilk anda granül, toz ya da reçine formunda olabilirler. [Web 1, 2019]

Plastikler sağladıkları çoğu ihtiyacı karşılaması, fiziksel özellikleri, kimyasal yapıları ve kolay üretilebilirliğinden dolayı günümüzde çok fazla kullanılan bir malzeme olmuştur. Gelişen malzeme teknolojisi sayesinde de plastiğin önemi gün geçtikçe artmıştır ve bu durum plastiği daha da aranan bir malzeme haline getirmiştir. [Web 2, 2019]

Her türlü ihtiyacı karşılayabilen özellikleriyle plastikler otomotiv, ev aletleri, teknolojik cihazlar, inşaat malzemeleri, ambalajlama gibi alanlarda yoğun olarak kullanılır. Bunun yanında tarım, tekstil, temizlik, sağlık ve birçok çeşitli alanlarda kullanılan alet edevatın da temel malzemesi olan plastik günümüzde hayatımızın her alanında karşımıza çıkmaktadır.

Yüksek kaynak verimi, düşük üretim ve geri kazanım maliyeti ve tasarım ve uygulama zenginliği nedeni ile plastik üretimi tüm dünyada 50 yıldır hızlı gelişimini sürdürmektedir. Plastikler küresel bir başarı hikayesi olarak kabul edilmektedir. 1950 yılında 1,5 milyon ton olan plastik üretiminin 2010 – 2014 yılları arasında % 4,1 büyüme hızı ile artarak 2015 yılında 325 milyon tona çıktığı tahmin edilmektedir. 2016 yılında ise 2015 yılına kıyasla üretimin % 3 arttığı ve 335 milyon ton olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir. [William A, 2007]

Plastik sağladığı birçok avantaja rağmen çevreye çok zararlı bir malzemedir. Doğada çözünmesi çok fazla zaman aldığından dolayı çevresel kirliliğe ve zararlı atıklara sebep olurlar. [Web 3, 2019]

Belirli çevre faktörlerinin etkisinde kalan (UV ışınlar, nem vb.) plastiklerin bağ yapıları bozunmaya uğrar ve mekanik özelliklerinde değişimler yaşanır, bu olaya da yaşlanma denir. Kullanılan bütün plastiklerde bu sorun olduğundan dolayı yapılacak araştırmalarda plastiğin maruz kaldığı atmosfer çok önemlidir. Bu atmosferi simüle etmek ve zamandan kazanmak için QUV makineleri ile hızlandırılmış yaşlandırma uygulanır.

Plastikler de diğer malzemeler gibi sınırlı bir kullanma ömrünü sahiptir. Kullanım ömrünü aşmış plastikler doğada çözünmesi zor olduğundan zararlı atık durumuna geçer. Bu durum çevreye zararı olduğu gibi endüstriyel açıdan da başka zorluklar çıkarır ve bu noktada geri dönüşümün önemi arz eder. Geri dönüştürülmüş plastik hammadde kaynağı olarak kullanılacağından dolayı yerine kullanıldığı malzeme için hem hammadde kaynağı olacaktır hem de doğal kaynakların korunmasını sağlayacaktır. Plastiklerin geri dönüşümlü kullanılması normal üretimden daha az enerji gerektirdiğinden dolayı enerji tasarrufu da sağlamış olur. Geri kazanıldığında atık sayısında azalma olacağından da hem nakliyesinden hem işlemesinden kurtulmuş olunur ve böylelikle kazanç sağlanmış olur.

1.1. Tezin Amacı ve İçeriği

Bu çalışmada hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz kalan PC/ABS karışımı, PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral karışımlarının mekanik özelliklerindeki değişim ve hızlandırılmış yaşlandırma işlemi ardından mekanik kırıcıda kırılıp granül haline getirilerek saf halleriyle %25, %50, %75'lik oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni geri dönüştürülmüş numuneler mekanik, reolojik ve morfolojik özellikleri araştırılacaktır.

PC/ABS karışımı sağladığı düşük sıcaklıklarda yüksek darbe mukavemeti, ısı dayanımı, yüksek sertliği, kolay işlenebilirliği gibi özellikleriyle çok sık kullanılan bir plastik karışımdır. Bu plastik malzeme otomotiv sektöründe ve elektronik donanımlarda çok fazla kullanılır.

Yapılan bu çalışmada temel amaç PC/ABS, PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral karışımlarının hızlandırılmış yaşlandırma işleminin ardından mekanik, reolojik ve morfolojik özelliklerinde ne kadar değişim olduğunu gözlemlemektir. Ardından ise yaşlandırılmış olan numuneler tekrar granül haline getirilerek belirli oranlarda saf halleriyle karıştırılıp tekrar mekanik, reolojik ve morfolojik testlere tabi tutulup böyle bir geri dönüşümün ne kadar verimli olacağı araştırılmıştır.

2. TERMOPLASTİKLERİN YAŞLANDIRILMA İŞLEMİ VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ

2.1. Termoplastikler

Termoplastikler ısıtıldıklarında yumuşayan soğutulduklarında ise tekrardan sertleşen plastik gruplarıdır. Polimerlerin çoğu düşük sıcaklıklarda yüksek bir katılık özelliği sergilerler ve bu sebeple gevrek malzemelerdir. Termoplastikler tekrar eritilebilip kullanılabilirler. Bu özelliği açısından çevre için çok önemli bir malzeme olurlar. Termoplastik malzemeler zincir içinde kovalent bağ yapısına sahipken zincirler arasında van der Waals bağlarına sahiptir. [Web 4, 2019]

Termoplastik malzemeler üretimde eriyik haldeyken kolaylıkla kristal yapıya geçemezler. Polimer zincirlerinin kıvrımlarla ve büzülmelerle olan yapısını düzenli bir yapıya sokup polimerlerin kristal oluşturması yüksek enerji gerektirir. Bu sebeple termoplastikleri oluşturan zincirler mükemmel kristal yapılar oluşturamaz. Bu durum hem amorf hem de kristal yapı oluşumuna sebep olur. Amorf yapı elastikiyet özellikleri sağlarken, oluşan kristal yapılar da mukavemet özellikleri sağlar. Termoplastiklerin içinde bulunan kristal yapıların zincirlerinin erime sıcaklığı(Te) ile tanımlanırken amorf yapılarda ise camsı davranıştan kauçuğumsu davranışa geçişi tanımlayan camsı geçiş sıcaklığı(Tg) kullanılır. Erime noktasının üzerine çıkıldığında ise kristal yapıların arasındaki zincirler kırılıp erime gerçekleşirken amorf yapılarda belirli bir düzen olmadığı için erime belli sıcaklıklar arasında tanımlanır. Tablo 2.1'de amorf yapı ile kristal yapı arasındaki farklar gösterilmiştir.

Tablo 2.1: Amorf Yapı ile Kristal Yapı Arasındaki Farklar.

Amorf Yapı	**Kristal Yapı**
Geniş yumuşama aralığı: Isıl dalgalanmalar moleküler arasındaki ikincil bağları kırar fakat şekilsiz yapıda oldukları için geniş bir yumuşama aralığı oluşur.	*Keskin erime aralığı*: Yapı düzgün olduğundan dolayı ikincil bağlar aynı anda kopmaya başlar ve bu da daha net bir erime sıcaklığı verir.

Tablo 2.1: Devam.

Genellikle transparan: Gevşek yapıdan dolayı ışık iletilir ve bu durum malzemeyi transparan bir görünüm sergilemesine yol açar.	*Genellikle opak*: İki yapı arasındaki yansıtma farkından dolayı malzeme ya opak görünüme sahip olur ya da yarı saydam görünüme sahip olur.
Düşük büzülme: Katılaşma evresinde moleküllerin rastgele düzenlenmesi küçük hacim değişikliğine sebep olur ve bu sebeple düşük büzülme görülür.	*Yüksek büzülme*: Amorf yapıdan katılaşma sonucunda polimerler yakınlaşır ve yüksek düzenli bir yapı oluşturur. Bu durum da hacimde değişime sebep olur ve yüksek büzülme görülür.
Düşük kimyasal direnç: Rastgele yapıdan dolayı ikincil bağlar yıkılmaya müsaittir.	*Yüksek kimyasal direnç*: Sıkışık ve düzenli yapıdan dolayı malzeme kimyasal etkenlere karşı dayanıklıdır.

Termoplastiklere örnek olarak polietilen, polivinilklorür, polistiren, naylon, sellüloz asetat, aseton, polikarbonat, polimetik metakrilat ve polipropilen verilebilir.

2.1.1. Termoplastiklerin Kullanım Alanı ve Önemi

Termoplastik malzemeler günümüzde çoğu alanda kullanılır. Sağladıkları birçok özellik ile endüstriyel alanda çok tercih edilen ve aranan bir malzeme grubu olmuştur. Termoplastikler; [Web 5, 2019]

- Ambalaj, paketleme
- İnşaat işleri
- Ev eşyaları
- Medikal
- Mobilya
- Otomotiv vb.

Gibi alanlarda çok kullanılır.

Termoplastikler metallere göre çok düşük yoğunlukta olmalarına rağmen yüksek dayanım sağladıklarından dolayı bazı uygulamalarda metal yerine kullanılarak yapıda hafiflik sağlarlar. Bunun yanında termoplastikler gerekli eklemelerle koroziteye karşı da iyi bir dayanım gösterirler.

Termoplastik malzemeler kolay işlenebilirliğinden dolayı çok kullanılan bir malzemedir. İstenilen her şekle ya da forma rahatlıkla sokulabilir. Gelişen teknoloji ile birlikte termoplastikler katı şeklin yanında dokunmuş ve dokunmamış fiberler, filmler, bantlar ve köpükler olarak da imal edilebilirler.

Endüstriyel üretimlerde istenilen şekle yakın üretim, yüksek verim ve tekrar edilebilirlik çok önemlidir. Termplastikler malzemeler bu özellikleri sağlamaktadır.

Sağladığı diğer avantajların yanında termoplastiklerin diğer malzemelere göre çok fazla tercih edilmesinin sebeplerinden biri de düşük maliyetli olmasıdır. Termoplastikler hammadde olarak ucuz olmasının yanı sıra işleme ücretleri de düşüktür. Bunun yanında çoğu malzemeye göre ara ürün ya da parça üretimi için daha az adım gerektirir ki bu da daha düşük maliyet anlamına gelir. Hafif olduklarından dolayı da nakliyat ücretleri diğer malzemelere göre daha uygundur. [Web 5, 2019]

Günümüzde artan hava kirliliği ile birlikte çevreci malzemeler önem kazanmıştır. Termoplastikler malzemeler ise yeniden işlenebilme özelliği ile çevreci bir malzeme olarak tanımlanır. Sadece kendi yapısı değil üretimi de çevre dostu sayılır. Taşınımları sırasında harcanan enerji de, hafif olduklarından dolayı diğer malzemelere göre düşüktür.

2.2. Bir Termoplastik Olarak PC/ABS

PC/ABS ilk olarak 1960'lı yıllarda kolayca kalıplanabilir bir karışım olarak kullanılmaya başlandı. Öncelikle karışım ağırlık olarak %5-49 oranlarından ABS içerirken(Dow Chemical Co., 1960) daha sonrasında bu ordan %30-90 aralığına kadar çıkarılmıştır(Borg-Warner patenti). Karışım iki silindirli bir milde karıştırılıp granül haline getirilip daha sonrasında da enjeksiyon ile kalıplanırken iyi bir termoplastik, yüksek darbe dayanımı ve sertlik kazandı. (Grabowski, 1964a, 1964c,1966,1970,1971,1972). İlerleyen yıllarda ise Mobay-Bayer, General Electric,

Mitsubishi gibi önemli firmalar kendi PC/ABS karışımlarını çıkarmışlardır. [Utracki, 1998]

Günümüzde sağladığı neredeyse katkıya gerek kalmayan yapısı, düşük maliyeti ve yüksek verimi gibi özellikleriyle PC/ABS karışımının önemi gittikçe artmaktadır. Bu karışım ABS'in yüksek mekanik özelliklerini ve PC'nin termal direncini bünyesinde bulundurur. Karışımın kompozisyon ve morfolojisi değiştirerek ise ihtiyaca göre uygun hale getirilir. Karışım yüksek boyutsal kararlılık, düşük oranda büzülme, düşük nem emilimi, yüksek sertlik, yüksek darbe dayanımı gibi özelliklere sahiptir. PC/ABS karışımı mükemmel bir akış karakterine sahiptir ve bu sebeple enjeksiyonda kalıplanması kolaydır. [Utracki, 2014]

PC/ABS karışımının en çok kullanıldığı alanlardan biri otomobil parçalarıdır. Gösterge panellerinde, direksiyon simidi için kaplama sütunlarda, havalandırma deliklerinde, rüzgarlıklarda, jant kapaklarında ve koruyucu yan kaplamalarda kullanılır. Aracın montaj hattının gereksinimlerinden dolayı ve PC/ABS'in mükemmel düşük sıcaklık dayanıklığı, boyutsal kararlılığı ve maliyet avantajlarından dolayı tercih edilmiştir. [Utracki, 2014]

2.2.1. Talk Mineralinin Katkısının Mekanik Özelliklere Etkileri

Kaynak ve Erdoğan'ın yaptığı çalışmalarda talk mineralinin polimer üzerinde ne gibi etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Malzemelerin elastiste modülü o malzemelerin esnekliği ve makromoleküler yapıdaki zincir yapılarının hareketliliğinden etkilenir. Yapılan çalışmada talkın eklenmesinin ardından hem Young modülünde hem de esneklik modül değerlerinde lineer bir artış gözlemlenmiştir. Çıkarılan sonuçlara göre talkın sert yapısı zincir yapısını etkilediği görülmüştür. Kopma mukavemeti ve eğilme mukavemeti değerleri de talk eklenmesinin ardından artış göstermiştir. Talk mineralinin sert yapısından dolayı oluşan streslerde ekstra dayanım gücü sağladığı gözlemlenmiştir. Talkın eklendiği malzeme üzerinde süneklik arttırıcı özelliği olduğu da gözlemlenmiştir. Bunun yanında talk eklendikten sonra malzemenin darbe dayanımı neredeyse iki katına çıktığı gözlemlenmiştir. [C. Kaynak. , 2015]

2.3. Yaşlandırma İşlemi

Plastikler bulundakları ortamda oksidasyon, hidroliz, radyasyon, mekanik vb. streslere maruz kalırlar. Yaşlanmanın ilk aşaması parçalanma, dağılma ve bozulma ile başlar. Yaşlanmanın bu ilk aşamalarında malzeme plastik özelliklerini kaybetmeye başlar ve genellikle moleküler ağırlık kaybı ve yapıda daha basit organik moleküller(asitler, alkoller, ketonlar, vb.) oluşturacak kimyasal değişimler yaşanmaya başlar. [Mathew C. Celina vd., 2009]

UV ışınım, nem, sıcaklık gibi çevresel etkilerin plastik malzeme üzerinde zamanla oluşturduğu özellik değişimleri genel olarak yaşlanma olarak tanımlanabilir. Plastiklerin yaşlandırılma işlemi doğal ve hızlandırılmış yaşlandırma olarak ikiye ayrılır.

2.3.1. Yaşlandırma Çeşitleri

2.3.1.1. Doğal Yaşlandırma

İşlenmiş malzemelerin kullanıldığı ortamda UV ışınım, nem, sıcaklık gibi çevre şartlarına bağlı olarak yapısında başlayan bozulmalar doğal yaşlanma olarak tanımlanır. Bu işlem kontrollü deney olarak yapılırsa da bu işleme doğal yaşlandırma işlemi denir. Doğal yaşlandırma işlemi malzemenin bulunduğu çoğrafi şartlara ve çevre şartlarına karşı olan direncini öğrenmek adına çok iyi bir yöntemdir.

2.3.2. Hızlandırılmış Yaşlandırma

Laboratuvar ortamında kullanılan numunelerin kapalı bir kabin içerisinden UV ışınım, nem, sıcaklık gibi çevre faktörleriyle simüle edilip yapısında bozulmalar yaşanması işlemine hızlandırılmış yaşlandırma denir. Hızlandırılmış yaşlandırma doğal yaşlandırma işlemine göre zamandan tasarruf sağladığı için tercih edilen bir yöntemdir. Numuneler aynı doğal ortamındaki gibi çevre faktörlerine maruz kalır ve fiziksel özelliklerinde değişimler gösterir. Hızlandırılmış yaşlandırma genel olarak;

- Karbon Ark

- Zenon Lambalar
- Florasan tüpler

sınıflandırılırlar. Bu çeşitlerden ise en çok kullanılanı flurosan tüplerdir. Diğer seçeneklere göre daha ucuzdur ve güneş ışığındaki kritik ultraviyole ışınları da sağlama kapasitesi olması tercih edilmesinin başlıca sebepleridir. Flurosan tüpler UV-A ve UV-B olarak ikiye ayrılır. UV-B tipi flurosan tüpler daha hızlı bir yaşlanma için tercih edilirken UV-A tipi tüpler daha yüksek bir dalga boyuna sahiptirler ve bu güneş ışınımına daha yakın bir değerdir.

2.4. Geri Dönüşüm İşlemi

Günümüzde artan nüfüs ile birlikte plastik kullanımı da doğru orantılı olarak artmıştır. Bu durum birçok plastik atığı anlamına gelir. Dünya çapında plastik üretimi 1999 yılında 168 milyonken 2010 yılında 210 milyon değerine ulaşmıştır. Bu seviyelerde plastik kullanımı hem geri dönüştürülmesiyle ekonomik katkı sağlarken atık halinde kalması da çevreye büyük zararlar verir. [Francis R., 2016] Plastiklerin geri dönüşümü 4 ayrı tanımla yapılır;

- Birincil Geri Dönüşüm; Atık halindeki plastiğin yeniden işleme işlemi uygulanarak ilk haline benzer karakteristik özellikler gösteren hale geri dönüşümüdür.
- İkincil Geri Dönüşüm; Atık halindeki plastiğin yeniden işleme işlemi uygulanarak ilk haline benzemeyen karakteristik özellikler gösteren hale geri dönüşümüdür.
- Üçüncül Geri Dönüşüm; Ayrıştırılmış plastik hurdalardan temel kimyasal ya da yakıtların üretilmesidir.
- Dördüncül Geri Dönüşüm; Plastik hurdaların geri dönüşümleriyle elde edilen enerjinin buhar, elektrik gibi ürünler üretmesidir. [Fisher, 2004]

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Perez ve arkadaşları yapmış oldukları bu çalışmada PC(Polikarbonat) polimerini 10 kez geri dönüştürüp her seferinde hızlandırılmış yaşlandırmaya uğratıp bu işlemin mekanik ve termal etkilerini incelemişlerdir. Numuneler hem enjeksiyon hem de ekstrüzyon ile üretilmiştir. Numuneler 0-50-120-215-430-600 saat aralıklarında hızlandırılmış yaşlandırılmaya maruz bırakılmıştır ve her bir süre sonunda çeşitli örnekler alınarak gerekli testler yapılmıştır. Birinci geri dönüşümün ardından numuneler hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz kalırken elastisite modülü ve kopma mukavemetinde hiçbir yaşlandırma sürecinde büyük değişimler yaşamamıştır. Fakat beşinci geri dönüşümde elastisite modülünde küçük bir değişim gözlemlenirken kopma mukavemetinde yaşlandırma süresi arttıkça büyük bir düşüş gözlemlenmiştir. Perez ve arkadaşları 'nın çıkardığı sonuçlara göre PC'de değişimler hızlandırılmış yaşlandırmaya 50 saat maruz kaldıktan sonra başlar ki bu da doğal ortamında 2 yıla denk gelir. Birinci geri dönüşümde malzeme özelliklerinde büyük değişimler olmazken beşinci geri dönüşümde malzeme ilk haline göre %30' a kadar düşüş göstermiştir. Perez ve arkadaşları sonuç olarak belirtmişlerdir ki korunmamış PC birden fazla geri dönüşüme uğramışsa sekiz sene sonunda büyük zararlar almış olur. [Pérez J.M vd.. , 2010]

Sanchez yapmış olduğu çalışmada PC/PBT polimer karışımı kullanarak bu malzemeyi yaşlandırmış ve geri dönüşümler yapmıştır. Seçtiği malzeme olan PC/PBT iyi kimyasal direnç, düşük sıcaklıklarda mükemmel darbe dayanımı ve iyi ısı dayanımına sahip bir malzemedir. PC/PBT en çok otomobil sektöründe çeşitli alanlarda kullanılır. Sanchez, yaptığı çalışmada PC/PBT malzemesine hem doğal hem de hızlandırılmış yaşlandırma uygulamış ve belli aralıklarla yaşlanmış numunelerde seçtiği bazı örneklerle geri dönüşüm yaparak mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Numuneler 45d(day)- 180d- 240d- 1y(year)- 2y gibi sürelerle yaşlandırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda elongasyon düşüş göstermiştir bunun sebebini ise yüzeylerde zamanla oluşan bozulmaların yüzeyde stres arttırıcı özellik göstermesi olarak tespit edilmiştir. Elastise modülü ise hem hızlandırılmış yaşlandırmadan hem de geri dönüşümden pek fazla etkilenmemiştir. Kopma mukavemetinde büyük değişimler olmamıştır. Malzeme hızlandırılmış yaşlandırmayla darbe dayanımında düşüş gösterirken geri dönüşümle darbe dayanımını arttırıcı bir

özellik göstermiştir. MFI yüzeydeki reolojik değişimleri gözlemleme adına çok iyi sonuçlar veren bir tekniktir. Genelde kısa zincir yapısına sahip polimerler yüksek MFI değerlerine sahipken uzun zincir yapısına sahip polimerler düşük MFI değerlerine sahiptir. Bozulma zincir yapısında kırılmalara sebep olduğu için MFI değerlerinde değişimler gözlemlenir. Sonuçlar göstermiştir ki saf PC/PBT işlem görmesi ve geri dönüştürülmesiyle mekanik özelliklerinde lineer bir artışa sahiptir. [Sanchez E. , 2007]

Pirez ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada %20 PC ve %80 PET karışımını hem doğal hem hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakarak yaşlanma olayının numunelerde ne gibi etkileri olduğunu araştırılmıştır. Numuneler hızlandırılmış yaşlandırmaya maksimum 2000 saat maruz bırakılmıştır. Bu işlem için UV ışınım yayan xenon lambalar kullanılmıştır. Testlere başlamadan önce karışım enjeksiyonla üretilmiştir. Akma noktasındaki uzama ve gerilmeler hem hızlandırılmış hem de doğal yaşlandırmada 386 saate kadar yaklaşık olarak değişmemiştir. Fakat 386 saatten sonra hızlandırılmış yaşlandırma sonuçlarında düşüş gözlemlenmiştir. Bu noktadan sonra ise süneklik kaybolmuştur. Kopma noktasında ise gerilmeler daha yüksek noktalara çıkarken uzamalarda düşüş gözlemlenmiştir. Yapılan çıkarımlara göre karışımda hızlandırılmış yaşlandırmayla değişen bu özelliklerin temel sebebi karbonil indeksindeki artışa bağlıdır. Bir diğer çıkarım ise karışım yapısında bulunan PET polimeri UV ışınımına karşı hiç direnç göstermemiştir ve dış ortamda kullanılacak saf PET kesinlikle UV ışınımına karşı dirençli katkı maddesiyle desteklenmelidir. [Pirez H. M vd.. , 2015]

J. M. Perez ve arkadaşlarının yapmış olduğu bu çalışmada ABS polimeri kullanılmıştır. ABS 10 kez enjeksiyon ve 10 kez de ekstrüzyon yöntemleriyle üretilmiştir. Üretilen numuneler daha sonrasında mekanik testler, MFI gibi testlere tabi tutulmuştur. Daha sonrasında ise numuneler hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Enjeksiyon için üretilen numunelerin bazıları mekanik testlerde kullanılırken geri kalanlarda kırıcıda kırılıp DSC ve TG testlerinde kullanılmıştır. Numuneler hızlandırılmış yaşlandırılırken QUV UVB 313 tipi flurosan tüpler kullanılmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma için ; 0-50-120-215-430-600 saatleri kullanılmıştır. Yapılan testlerin ardından numunelerin elastisite modülünde ufak çaplı değişimler gözlemlenirken kopma mukavemetlerinde büyük düşüşler gözlemlenmiştir. MFI değerlerinde ise geri dönüşüm işleminin pek bir etkisi olmadığı görülmüştür. [Pérez J.M vd.. , 2009]

Yapılan bu çalışmada yeniden işlenmiş halleriyle PC , ABS ve high impact polystrene malzemeleri kullanılmıştır. Çekme testi için ASTM D-638 standartı kullanılmıştır. Izod darbe testi için ASTM D-256 standartı kullanılmıştır. Numuneler FTIR ve MFI testlerine de tabi tutulmuştur. MFI için kullanılan standart ise ASTM D-1238'dir. Enjeksiyonla üretilmiş numuneler hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Bu işlem için xenon lambalar kullanılmıştır ve gerekli standartlar ASTM G-155'e göre yapılmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi 0-100-300-500-700 saatlerde gerçeklemiştir. Yeniden işlenmiş numunelerde çekme dayanımında düşüş gözlenmiştir. İlk işlenmeden sonra diğer işlenmelerede yakın değerler çıkmıştır. Elastise modülü ise her bir yeniden işlenmede düşüş gözlenmiştir. Darbe dayanımı her bir yeniden işlenmede düşüş göstermiştir. Her bir yeniden işlenmenin ardından MFI değerlerinde artış gözlenmiştir. Çekme dayanımı bir dalgalanma olmuştur. İlk yaşlandırmanın ardından bir artış gözlemlense de ilk değerinden aşağıda bir sonuç çıkmıştır. Elastisite modülünde ise zamanla bir artış gözlenmektedir. Darbe direnci düzenli olarak azalmıştır. [V. Ramesh vd., 2015]

LDPE(Low density polyethylene), PP(Isotactic polypropylene), HDPE(High density polyethylene), HIPS(High impact polystrene) bu çalışmada kullanılan malzemelerdir. Yapılan çalışmada hem ocak ısıtmalı yaşlandırma hem de UV yaşlandırma yapılmıştır. UV yaşlandırma için dalgaboyu 340nm olan xenon lamba kullanılır. Daha sonrasında ise numuneler Brabender plasticorder adlı bir makinede 190 C / 60 rpm'de 10 dakika süreyle yeniden işlenir. Numuneler spektrokolorimetrik ölçüm, DSC , MFI ve çeşitli mekanik testlere tabi tutulmuştur. LDPE'nin darbe dayanımı UV yaşlandırma ile dalgalı bir değişim göstermiş ama son değeri baştaki değere yakın kalmıştır. HDPE'nin darbe dayanımı UV yaşlandırma boyunca bir azalma göstermiş ve son değeri ile ilk değeri arasında bariz bir fark gözlenmiştir. PP'nin darbe dayanımı çok az bir dalgalanma göstermiş fakat son durumda ilk duruma göre bir azalma olmuştur. HIPS'nin darbe dayanımı yeniden işlenmiş halinde değerini korumuştur fakat yeniden üretilmemiş hallerinde büyük bir değişim gözlenmiştir. HDPE'nin MFI değerleri UV yaşlandırma sonrası düşüş gösterse de yeniden işlenmiş halinde bariz bir yükselme görülmüştür. LDPE'nin MFI değerleri zamanla azalırken yeniden işlenmiş hallerinde büyük bir artış gözlemlenmiştir. PP'nin MFI değerleri zamanla geometrik bir artış sergilerken yeniden işlenmiş halinde bu artış daha büyük

olmuştur. HIPS'ın MFI değerleri artış gösterirken yeniden işlenmiş halinde önce artış sonra azalma gözlenmiştir. [Luzuriaga vd., 2006]

Bu çalışmada UV ışınımın PEEK(polyetheretherketone)'a etkileri incelenmiştir. PEEK eriyik savurma(melt spinning) yöntemiyle üretilmiştir.Daha sonrasında ise hızlandırılmış yaşlandırma uygulanmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma için 4 adet UVA-340 nm flurosan lamba kullanılmıştır. Numuneler UV ışınına 0-144-384-720-1056 saatlerinde maruz bırakılmıştır. Daha sonrasında hızlandırılmış yaşlandırma uygulanan numuneler FTIR, DSC, TGA, SEM, reolojik ve mekanik testlere tabi tutulur. Akma dayanımı, çekme dayanımı, elongasyon(uzama,germe) ve elastise modülü hızlandırılmış yaşlandırma sürdükçe azalma göstermiştir. SEM sonuçlarına göre numunelerde çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir. Fakat yapılan çıkarımlara göre bu durum hızlandırılmış yaşlandırmadan dolayı değil kompozit yapısından kaynaklanan firelerden dolayı olduğu sonucuna varılmıştır. [Myllari V. vd. , 2014]

Yapılan bu çalışmada kenaf/PET takviyeli POM hibrit kompozit malzeme kullanılmıştır. Numunelere hızlandırılmış yaşlandırma işleminden sonra darbe dayanımı, çekme dayanımı ve esneklik özelliklerine bakılmıştır. Hızlandırılmış yaşlandırma plastik kompozitleri için olan ASTM A265 standartına göre yapılmıştır. Bu işlem 3 evrede yapılır. İlk evrede UV ışını 45 dakika boyunca verilir. İkinci evrede karanlık bir ortamda 60 C sıcaklıkta numunelere su 1 saat boyunca püskürtülür. Ardından üçüncü evrede ise yine karanlık bir ortamda %70 oranında nem verilir ve bu işlemde 1 saat sürer. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi toplamda 1344 saat sürerken her 672 saatte bir seçilen bazı numuneler test edilmek için alınır. Deneylerin ardından bütün numunelerde hızlandırılmış yaşlandırma işleminden sonra çekme dayanımlarında azalma gözlemlenmiştir. Numunelerin elastise modülleri hızlandırılmış yaşlandırma işleminden sonra düşüş göstermiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi görmüş numunelerde eğilme direncinde azalma görülmüştür. [Abdullah M., vd. , 2013]

Sung yapmış olduğu çalışmada PC/ABS karışımına Talk minerali ekleyerek fiziksel özelliklerindeki değişimi gözlemlemiştir. Talk eklenen PC/ABS karışımında elastisite modülünün arttığını görmüştür. Bu durum talk minerali oranı arttıkça artış göstermiştir. Bu durumu Halphin-Tsai eşitliğine bağlamıştır. Bunun yanında darbe dayanımı talk mineraliyle azalma göstermiştir. Bu sonucu talk mineralinin süneklik

katkısından olabileceği düşünülmüştür. Bir diğer sebep ise talk'ın moleküler ağırlık kaybına sebep olabileceğidir. [Sung, 2011]

C.Kaynak PLA(Polilaktik asit) malzemesine talk minerali ekleyerek değişen fiziksel özellikleri incelemiştir. Hem çekme dayanımında hem de eğme dayanımında talk'la birlikte artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum mineralin kompozit güçlendirme mekanizmasına faydası olduğundan dolayı düşünülmüştür. Aynı artış darbe dayanımında da görülmüştür. Talk oranı arttıkça aglomer yapıdan dolayı mekanik özellik artışı aynı oranda artmaz. [C. Kaynak, 2015]

Scaffaro PC/ABS kullandığı çalışmasında geri dönüşümün bu malzemeye etkilerini araştırmıştır. Elastisite modülü 3.geri dönüşümden sonra büyük düşüşler yaşamıştır. Saf ABS malzemesinde bu durum daha büyük olmuştur. Buna sebep olarak ise PC/ABS yapısındaki zincir bağlanmları gösterilmiştir. Çekme dayanımı da düşüş yaşamıştır. Eğilme dayanımı da 3.geri dönüşümden sonra büyük düşüşler göstermiştir. Darbe dayanımı da negatif etkilenmiştir. MFI değeri her bir geri dönüşümle artış göstermiştir. Genel olarak mekanik özelliklerdeki bu düşüş ABS'in bütadien fazından dolayı olduğu düşünülmüştür. [Scaffaro, 2012]

Lee PP/ABS kullandığı çalışmada SEBS ve SEBS-ρ-MAH katkı malzemelerinin etkisini incelemiştir. Darbe dayanımı her iki katkı malzemesiyle de artış göstermiştir. Çekme dayanımı ise her iki katkıyla da düşüş yaşamıştır. Bu durum SEBS'in plastikleştirici etkisiniden dolayı olduğu sonucu çıkarılmıştır. SEM sonuçlarından katkı malzemesiyle beraber ABS partiküllerinin küçüldüğü gözlemlenmiştir. [Lee, 2012]

4. DENEY

4.1. Deneylerde Kullanılacak Makineler

4.1.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi

Şekil 4.1: Plastik Enjeksiyon Makinesi.

Testlerde kullanılacak plastik malzemeler YIZUMI UN90A2 markalı plastik enjeksiyon makinesinde üretilmektedir. Makine Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Testlerde kullanılacak PC/ABS ve PC/ABS-mineral katkılı malzemeler üretim esnasında hava kabarcığı olmaması ya da çok aza indirgenmek adına enjeksiyon işlemine tabi tutulmadan önce 4 saat kurutma işlemi görür.

4.1.2. Ekstrüder Makinesi

Geri dönüşüm için kullanılan ekstrüder makinesi POLARTEK marka 12mm çift vidalı bir ekstrüderdir. Makine şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Şekil 4.2: Ekstrüder Makinesi.

4.1.3. Mekanik Kırma Makinesi

Ekstrüderde kullanılmak üzere granül haline getirilmesi gereken numuneler Şekil 4.3'de gösterilen mekanik kırma makinesi yardımıyla granül haline getirilir.

Şekil 4.3: Mekanik Kırma Makinesi.

4.1.4. İzod Darbe Testi Makinesi

Darbe testleri için CEAST 9050 markalı darbe test cihazı kullanılmıştır. Cihaz şekil 4.4'de gösterilmiştir. Test için kullanılacak numuneler çentiklenmiştir. Testler ISO 180 standartına göre yapılmıştır. PC/ABS için çekiç gücü 2,75J olarak kullanılır.

Şekil 4.4: Izod Darbe Test Cihazı.

4.1.5. Çekme Testi Makinesi

Numuneler Gebze Teknik Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümüne ait olan INSTRON 5569 markalı çekme testi makinesinde çekme testine tabii tutulmuşlardır. Makine şekil 4.5'de gösterilmiştir. Testler TS EN ISO 527-1 standartlarına göre yapılmıştır. Çekme testi PC/ABS için 5mm/dak hızında uygulanmıştır.

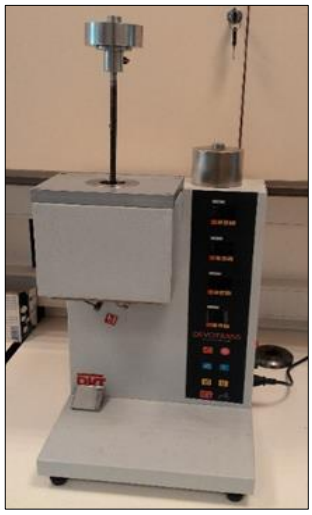
Şekil 4.5: Çekme Testi Makinesi.

4.1.6 Eğme Testi Makinesi

Numuneler Gebze Teknik Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği bölümüne ait olan INSTRON 5569 markalı eğme testi makinesinde eğme testine tabii tutulmuşlardır. Makine şekil 4.6'da gösterilmiştir. Testler TS EN ISO 178 standartlarına göre yapılmıştır. Eğme testi PC/ABS için 10 mm/dak hız ve 60 mm destek mesafesi parametreleriyle test edilmiştir.

Şekil 4.6: Eğme Testi Cihazı.

4.1.7. Eriyik Akış Makinesi



Şekil 4.7: Eriyik Akış Makinesi.

Eriyik akış testleri için DEVOTRANS EA3 test cihazı kullanılmıştır. Testler ISO 1133 standartına uygun olarak yapılmıştır.

4.1.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Şekil 4.8: Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM).

Şekil 4.8'de gösterilen taramalı elektron mikroskobuyla yüzey morfolojisini ölçmek için çekme testinde kopan numuneler kullanılmıştır. Kopan numunelerin

kopma yüzeyine yakın yerlerinden 1 adet kopma yüzeyi ve 1 adet de bu yüzeye dik yan yüzeyden kesilerek alınmıştır.

4.1.9. Hassas Tartı

Ağırlık kontrolü için kullanılan hassas tartı Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Şekil 4.9: Hassas Tartı.

4.1.10. Hızlandırılmış Yaşlandırma Makinesi

Numunelerin hızlandırılmış yaşlandırma işlemi için QV-LAB Weathering Tester cihazı kullanılmıştır. Makine Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Cihaz UV-A tipi olup 340 nm dalgaboyuna sahip lambalar kullanmıştır. Numuneler, 0,68 W/m2 ışık şiddetli UV ışınımına 4 saat 50°C'de maruz bırakıldıktan sonra ışıksız bir şekilde yine 4 saat ve 50°C de yoğuşmaya bırakılır. 48, 144 ve 336 saatlik çevrimler uygulanmıştır.

Şekil 4.10: Hızlandırılmış Yaşlandırma Makinesi.

4.2. Deneylerde Kullanılacak Plastik Malzemeler

4.2.1. Deney Numunelerinin Adlandırılması

Testlerde kullanılacak PC/ABS numuneleri için adlandırma işlemi tablo 4.2'de gösterilmiştir. Geri dönüşüm için adlandırma tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Numunelerin Adlandırılması.

Malzeme		Adlandırılması
PC/ABS	Saf PC/ABS	PC/ABS-I
	48 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS	PC/ABS-UV48
	144 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS	PC/ABS-UV144
	336 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS	PC/ABS-UV336
PC/ABS/%15M	Saf PC/ABS/%15M	PC/ABS/%15M-I
	48 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS/%15M	PC/ABS/%15M-UV48
	144 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS/%15M	PC/ABS/%15M-UV144
	336 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS/%15M	PC/ABS/%15M-UV336
PC/ABS/%20M	Saf PC/ABS/%20M	PC/ABS/%20M-I
	48 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS/%20M	PC/ABS/%20M-UV48
	144 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS/%20M	PC/ABS/%20M-UV144
	336 Saat UV Yaşlandırılmış PC/ABS/%20M	PC/ABS/%20M-UV336

Tablo 4.3: Geri Dönüştürülmüş Numunelerin Adlandırılması.

PC/ABS-GD	PC/ABS-25UV75GD
	PC/ABS-50UV50GD
	PC/ABS-75UV25GD
PC/ABS/%15M-GD	PC/ABS/%15M-25UV75GD
	PC/ABS/%15M-50UV50GD
	PC/ABS/%15M-75UV25GD
PC/ABS/%20M-GD	PC/ABS/%20M-25UV75GD
	PC/ABS/%20M-50UV50GD
	PC/ABS/%20M-75UV25GD

4.2.2. PC/ABS Malzemesi

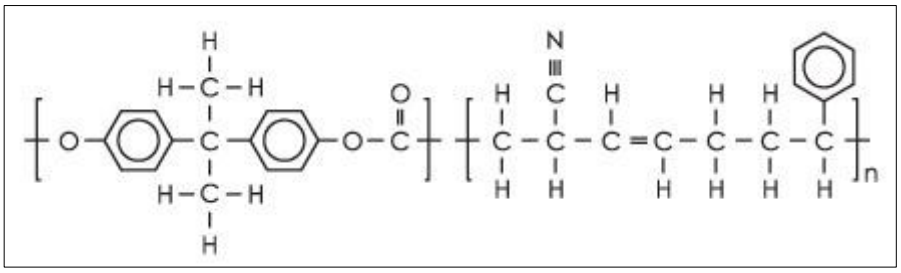
Yapılan çalışmalarda JOBABLEND® P18-003 kodlu PC/ABS blendi kullanılmıştır. Kullanılan PC/ABS'in teknik özellikleri tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Kullanılan PC/ABS malzemesinin teknik özellikleri.

Test	Birim	Değer	Test Metodu
Eriyik Akış İndeksi(260 °C/5 kg)	g/10 dak	15-20	ISO 1133
Yoğunluk	g/cm^3	1,13	ISO 1183
Kopma Dayanımı (23 ^oC)	Mpa	55	ISO 527-2
Kopma Uzaması (23 ^oC)	%	70	ISO 527-2
Izod Darbe Testi (23 ^oC, çentikli)	KJ/m^2	70	ISO 180/1A

4.2.2.1. PC/ABS Malzemesinin Kimyasal Yapısı

PC/ABS'in kimyasal yapısı şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: PC/ABS'in kimyasal yapısı.

4.2.3. PC/ABS/%15-20Mineral Malzemesi

Yapılan çalışmalarda kullanılacak olan PC/ABS/%15M polimeri için JOBABLEND® P18-007 kodlu malzeme kullanılmıştır. Firmadan alınan bu karışım ağırlık olarak %70 PC ve %30 ABS polimerlerinden oluşmuştur. PC/ABS/%15M malzemesinin teknik özellikleri tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Kullanılan PC/ABS/%15M malzemesinin teknik özellikleri.

Test	Birim	Değer	Test Metodu
Eriyik Akış İndeksi(260 °C/5 kg)	g/10 dak	15-28	ISO 1133
Yoğunluk	g/cm^3	1,24	ISO 1183
Kopma Dayanımı (23 °C)	Mpa	55	ISO 527-2
Kopma Uzaması (23 °C)	%	10	ISO 527-2
Izod Darbe Testi (23 °C, çentikli)	KJ/m^2	4	ISO 180/1A

Yapılan çalışmalarda PC/ABS/%20M polimeri kullanılması için JOBABLEND® P18-008 kodlu ürün kullanılmıştır. Firmadan alınan bu karışım

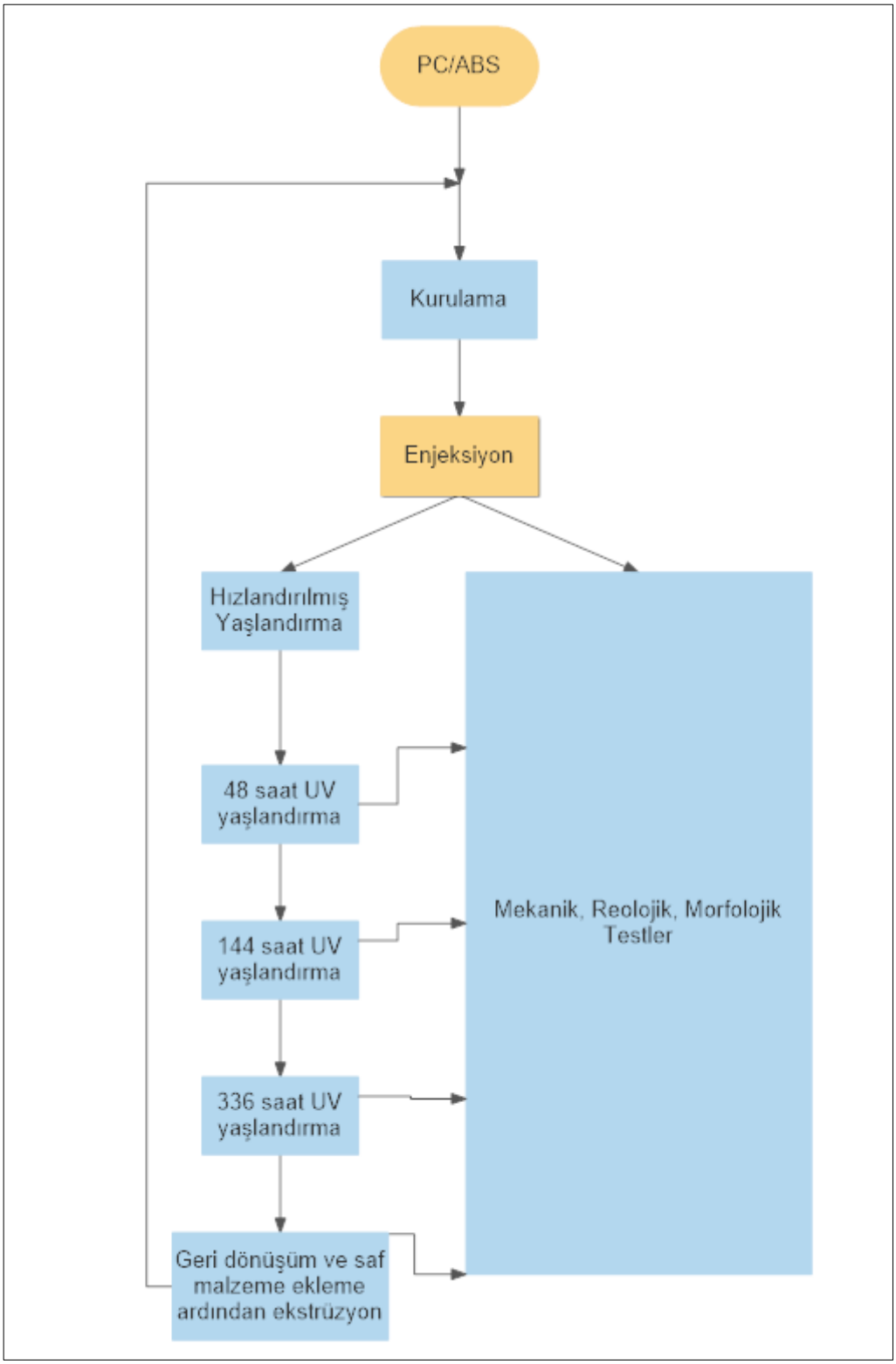
ağırlık olarak %70 PC ve %30ABS polimerlerinden oluşmuştur. PC/ABS/%20M malzemesinin teknik özellikleri tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Kullanılan PC/ABS/%20M malzemesinin teknik özellikleri.

Test	Birim	Değer	Test Metodu
Eriyik Akış İndeksi(260 °C/5 kg)	g/10 dak	15-28	ISO 1133
Yoğunluk	g/cm^3	1,28	ISO 1183
Kopma Dayanımı (23 ^oC)	Mpa	55	ISO 527-2
Kopma Uzaması (23 ^oC)	%	7	ISO 527-2
Izod Darbe Testi (23 ^oC, çentikli)	KJ/m^2	4,5	ISO 180/1A

4.2.4. Deney Planı ve Numuneler

Tablo 4.7: Deney Planı.



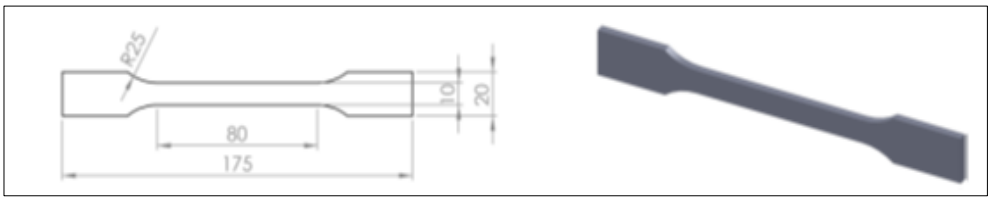
4.2.5. Numunelerin Enjeksiyon ile Üretimi

PC/ABS ve PC/ABS/%15M-%20M malzemelerinin enjeksiyonla granül halinden test numunelerini haline getirilmesi, üçü için de aynıdır. Temin edilen saf polimerler öncelikle içerisinde bulunan hava boşluklarından kurtulmak ya da en aza indirgenmesi adına enjeksiyon makinesi bağlı kurutucuda 4 saat süreyle 100 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulmuş granül halindeki polimerler daha sonrasında enjeksiyon makinesi hazneyi beslemiştir. Isıtılan kovanlar aracılığıyla polimerik malzeme ergimiştir. Eriyen malzemeler vidanın dönüş hareketleriyle vidanın ucundan toplanmıştır. Daha sonrasında malzeme yüksek basınç ile kalıba enjekte edilmiştir. Enjekte edilen polimerik malzeme katılaştıktan sonrasında kalıptan çıkar ve böylece test numunesi elde edinilmiştir. PC/ABS, PC/ABS/%15M ve PC/ABS/%20M'e ait enjeksiyon üretim parametreleri tablo 4.8te verilmiştir.

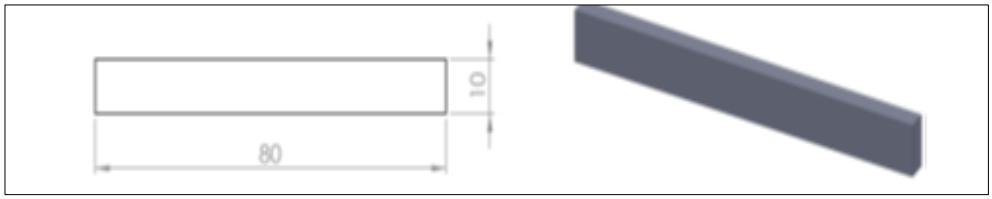
Tablo 4.8: PC/ABS ve PC/ABS/%15M-%20M Malzemelerinin Enjeksiyon Parametreleri.

Malzemeler	Isıtıcılar (°C)				Enjeksiyon Basıncı(bar)	Enjeksiyon Hızı(%)	Soğuma Zamanı(s)	Ütüleme Basıncı(bar)	Ütüleme Zamanı(s)	Mal Alma Hızı(%)	Kalıp Sıcaklığı(°C)	Chiller Soğutma Ünitesi Sıcaklığı((°C)
	1	2	3	4								
PC/ABS	260	255	250	245	110	65	15	90	15	54	70	15
PC/ABS/%15M	260	255	250	245	110	80	15	90	15	50	70	15
PC/ABS/%20M	260	255	250	245	110	80	15	90	15	52	70	15

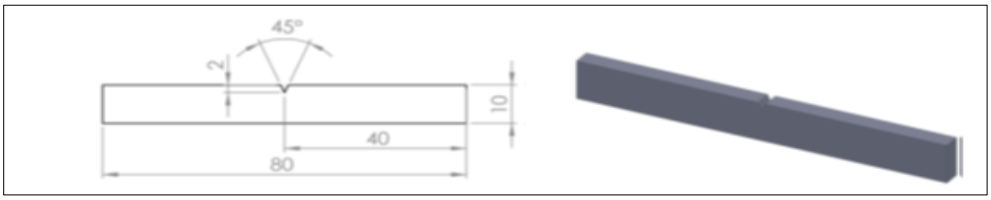
Testlerde kullanılan çekme numunesi ISO 527 standartına göre, eğme testinde kullanılan numuneler ISO 178 ve darbe testinde kullanılacak numuneler ise ISO 180 standartlarına göre üretilmiştir. Çekme testi numunesinin ölçüleri şekil 4.12a'da, eğme numunesinin ölçüleri şekil 4.12b'de ve darbe numunesi ölçüleri şekil 4.12c'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12a: Çekme Testi Numunesinin Ölçüleri.



Şekil 4.12b: Eğme Testi Numunesinin Ölçüleri.



Şekil 4.12c: Darbe Testi Numunesinin Ölçüleri.

4.2.6. Numunelerin Ekstrüzyonla Geri Dönüşümü

336 saat UV yaşlanmaya maruz kalmış bazı numuneler seçilmiştir. Mekanik kırıcı yardımıyla daha çok boyutlara ulaşan numuneler ekstrüder ve ekstrüder'e bağlı kesici ile granül haline getirilmiştir.

4.2.7. Test Sınır Koşulları

4.2.7.1. Çekme Testi Sınır Koşulları

Çekme testi için 5 adet numune kullanılır ve ortalama değerleri alınır. Çekme testi için kullanılan parametreler tablo 4.9'de gösterilmiştir.

Tablo 4.9: Çekme Testi Parametreleri.

Malzeme	Çekme Hızı(mm/dak)
PC/ABS	50
PC/ABS/%15M	5
PC/ABS/%20M	5

4.2.7.2. Eğme Testi Sınır Koşulları

Eğme testi için 5 adet numune kullanılır ve ortalama değerleri alınır. Eğme testi için kullanılan parametreler tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10: Eğme Testi Parametreleri.

Malzeme	Eğme Hızı(mm/dak)	Destek Mesafesi(mm)
PC/ABS	10	60
PC/ABS/%15M	10	60
PC/ABS/%20M	10	60

4.2.7.3. Izod Darbe Testi Sınır Koşulları

Darbe testi için 5 adet numune kullanılır ve ortalama değerleri alınır. Darbe testi için kullanılan parametreler tablo 4.11'de gösterilmiştir.

Tablo 4.11: Izod Darbe Testi Parametreleri.

Malzeme	Çekic(J)	Çentik
PC/ABS	2,75	Var
PC/ABS/%15M	2,75	Var
PC/ABS/%20M	2,75	Var

4.2.7.4. MFI(Eriyik Akış) Testi Sınır Koşulları

Eriyik akış testleri ISO 1133 standartlarına göre yapılmıştır. MFI testi için parametreler tablo 4.12'de gösterilmiştir.

Tablo 4.12: MFI Testi Sınır Koşulları.

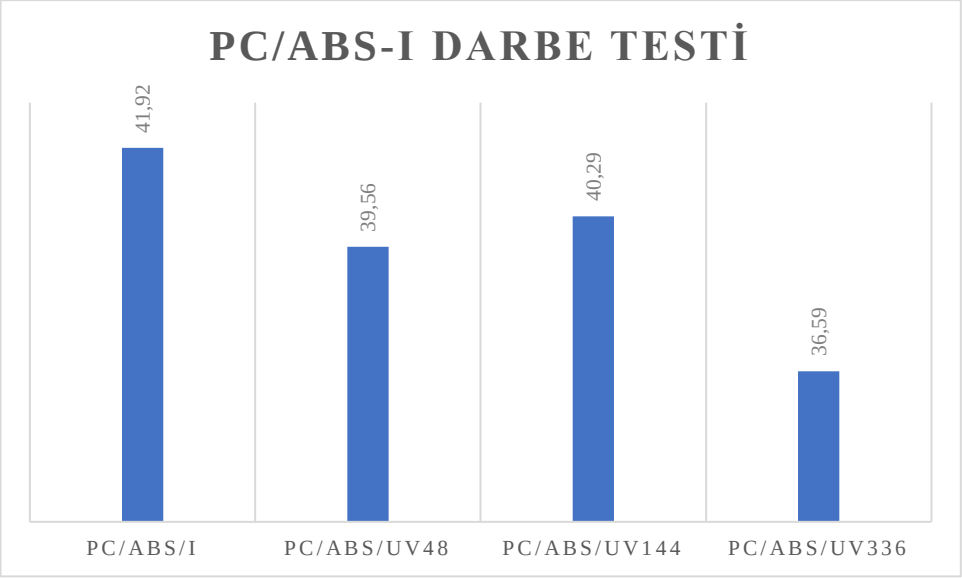
Malzeme	Ağırlık(kg)	Sıcaklık(°C)
PC/ABS	5,2	260
PC/ABS/%15M	5,2	260
PC/ABS/%20M	5,2	260

5.DENEY SONUÇLARI

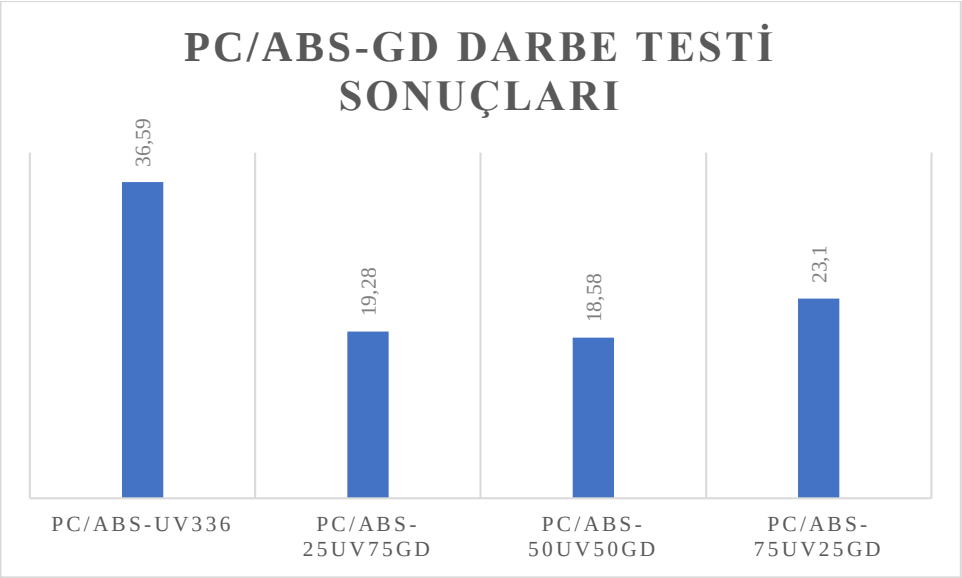
5.1. İzod Darbe Testi Sonuçları

Darbe testleri 6 adet numune ile test edilmiştir ve ortalama değerleri alınmıştır. Her bir numunenin darbe dayanımı hem tablo hem de grafikler yardımıyla gösterilmiştir. Malzemelerin saf hallerinin, yaşlanmış hallerinin ve geri dönüştürülmüş hallerinin darbe dayanımı tablo ve grafiklerde bulunmaktadır.

5.1.1. PC/ABS Izod Darbe Testi Sonuçları



Şekil 5.1: PC/ABS Darbe Testi Sonuçları.

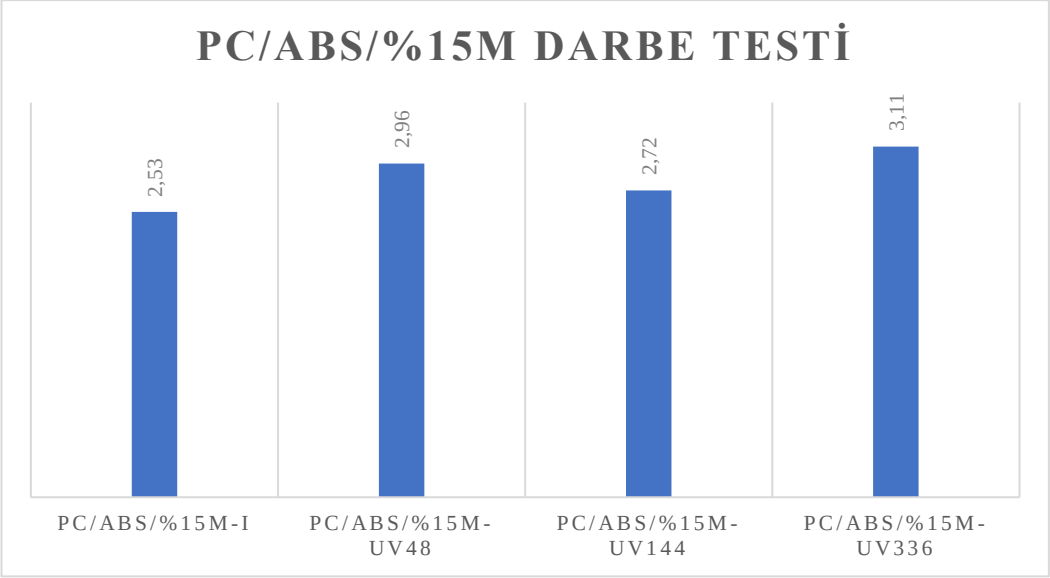


Şekil 5.2: PC/ABS-GD Darbe Testi Sonuçları.

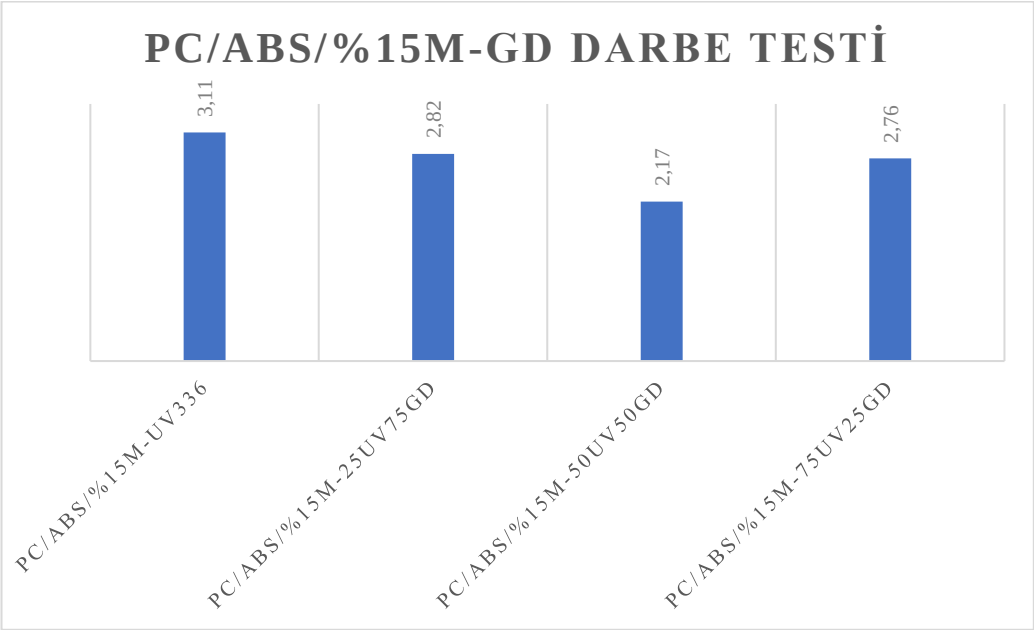
UV yaşlanma PC/ABS'in darbe dayanımına negatif bir etki göstermiştir. 48 saat ile 144 saat UV arasında bir artış gözlemlense de 144 saatten sonra büyük bir düşüş gözlemlenmiştir. PC/ABS'in darbe dayanımı yaşlanmamış ilk halinden 336 UV yaşlanmış haline geldiğinde %13'lük bir düşüş sergilemiştir. Geri dönüşümde ise bu düşüş daha büyük olmuştur. 336 saat yaşlanmış halinden 25UV75GD haline geldiğinde darbe dayanımında %47'lik bir düşüş gözlemlenmiştir. Darbe dayanımını geri dönüşüm oranı azaldıkça artış gösterse de geri dönüşüm darbe dayanımını negatif etkilemiştir.

5.1.2. PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Izod Darbe Testi Sonuçları

5.1.2.1. PC/ABS/%15 Mineral Izod Darbe Testi Sonuçları



Şekil 5.3: PC/ABS/%15M Darbe Testi Sonuçları.

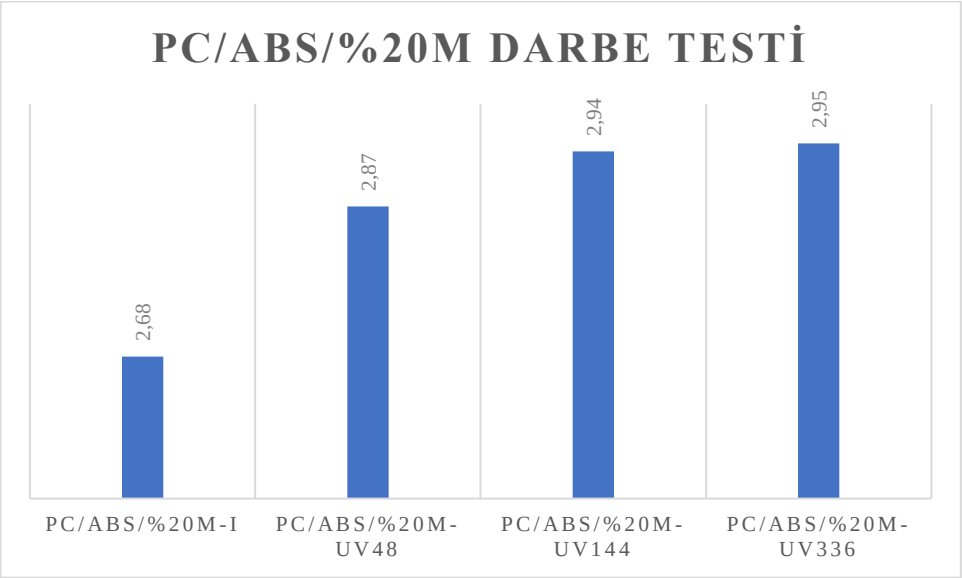


Şekil 5.4: PC/ABS/%15M-GD Darbe Testi Sonuçları.

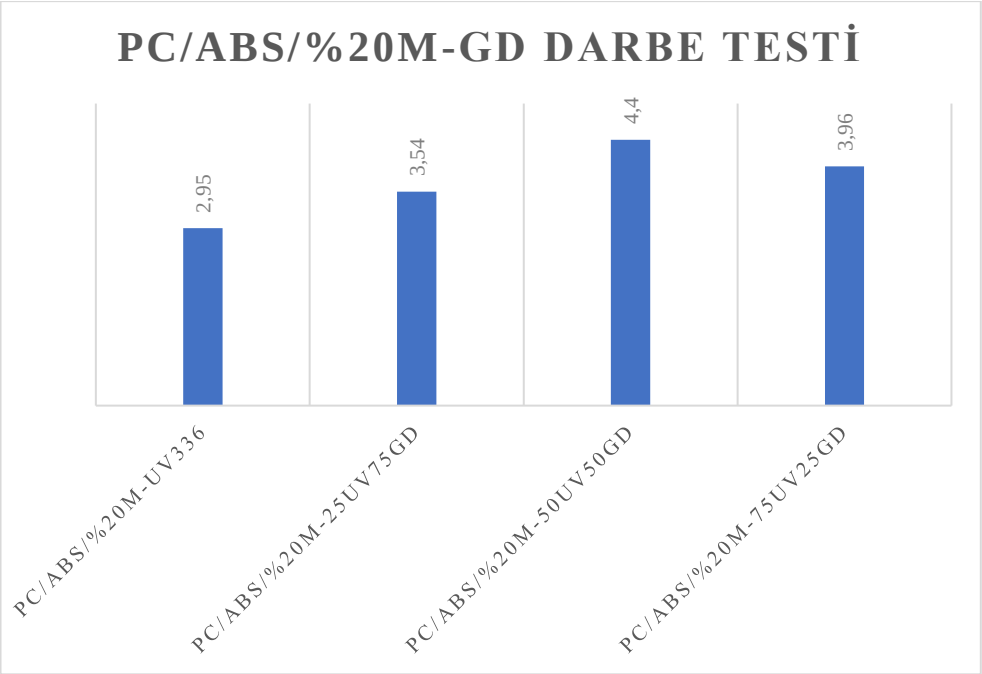
PC/ABS/%15M numunelerinin darbe sonuçları yaşlanmaya maruz kaldığı ilk anda yaklaşık %7 oranında düşüş göstermiştir. Yaşlanma süresi arttıkça darbe

dayanımında da artış gözlemlenmiştir. 336 saat sonunda darbe dayanımı ilk durumuna göre yaklaşık %14'lük bir artış sergilemiştir. Saf haliyle karıştırılan geri dönüştürülmüş numunelerde ise darbe dayanımı azalmıştır. Darbe dayanımı 50UV50GD karışımında geri dönüşümsüz haline göre %30 daha az darbe dayanımına sahiptir. Darbe dayanımı saf halinde ortalama 41,92 MPa'lık bir değerdeyken %15'lik talk minerali katkısıyla bu değer 2,72MPa'a kadar düşmüştür. Bu durum mineralinin PC/ABS karışımının darbe dayanımına büyük bir negatif etkisi olduğu sonucunu göstermiştir.

5.1.2.2. PC/ABS/%20 Mineral Izod Darbe Testi Sonuçları



Şekil 5.5: PC/ABS/%20M Darbe Testi Sonuçları.



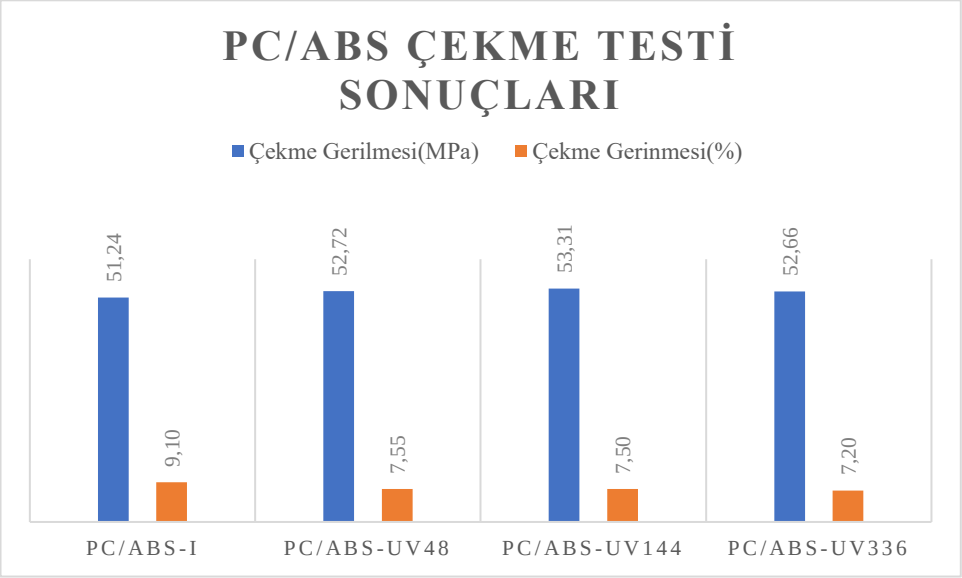
Şekil 5.6: PC/ABS/%20M-GD Darbe Testi Sonuçları.

PC/ABS/%20M numunelerinin darbe dayanımı yaşlanmayla beraber artış göstermiştir. Yaşlanmayla başlamasından sonra 48 saat yaşlanmış haline geldiğinde darbe dayanımı %7'lik bir artış sergilemiştir. Daha sonrasında 144 saate ulaştığında yaklaşık %2.5'luk bir artış gösterdikten sonra 336 saat sonunda artış göstermemiştir. Geri dönüşüm işlemi PC/ABS/%20M malzemesine pozitif bir etkisi olmuştur. Saf halleri eklenen 3 durumda da artış gözlemlenmiştir. 50UV50GD karışımında bu değer maksimuma ulaşmıştır ve yaşlanmış haline göre darbe dayanımı %49.6 artmıştır.

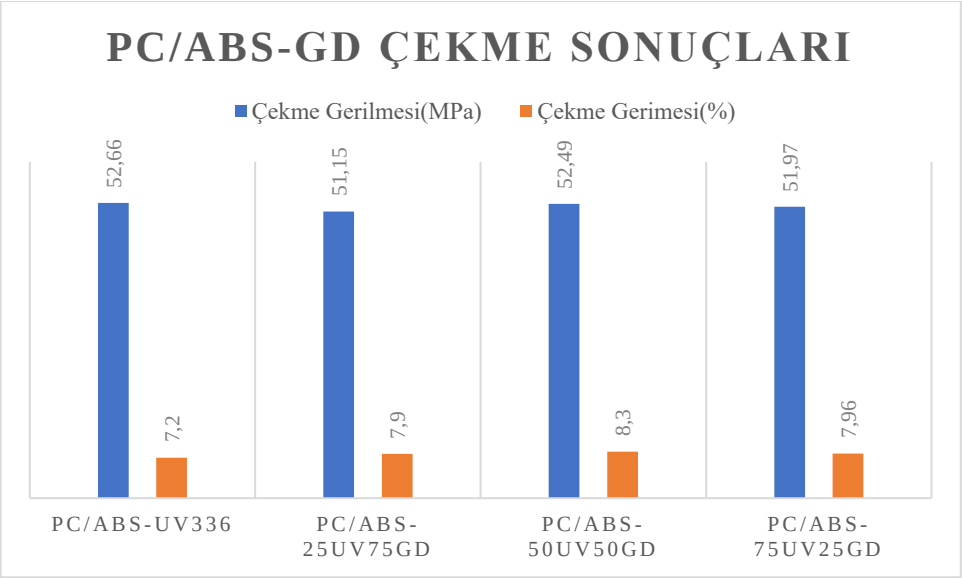
5.2. Çekme Testi Sonuçları

Çekme testi her bir malzeme ve yaşlanmış halleri için 6 adet numune üzerinden yapılmıştır. Her bir numunenin çekme gerilmesi MPa cinsinden ve çekme gerinmesi % cinsinden gözlemlenmiştir. Sonuçlar her malzeme ve yaşlanmış halleri için ayrı ayrı tablolar ve grafiklerle gösterilmiştir.

5.2.1. PC/ABS Çekme Testi Sonuçları



Şekil 5.7: PC/ABS Çekme Testi Sonuçları.



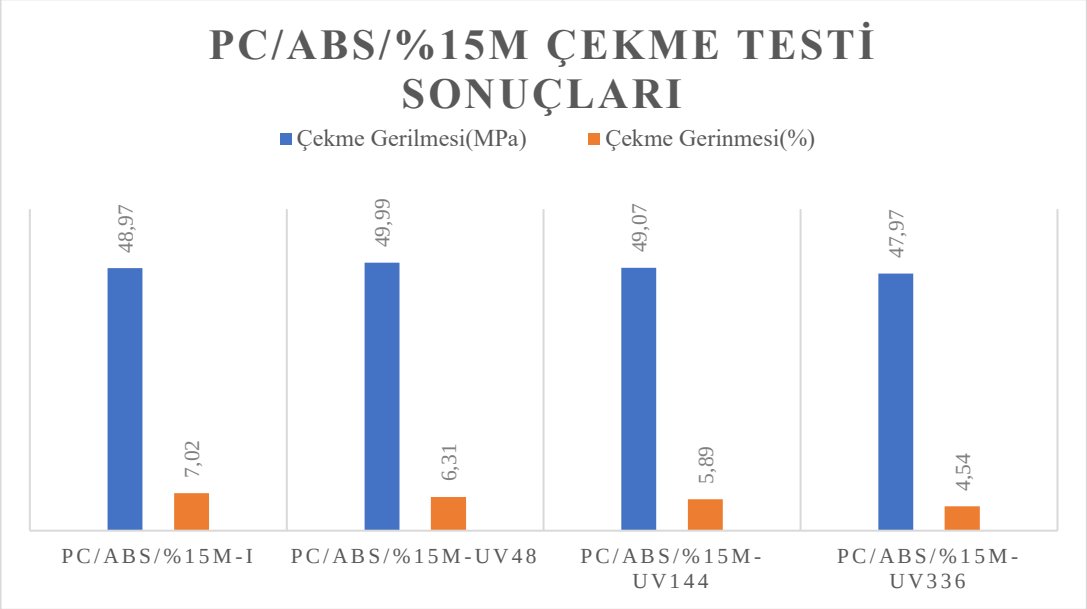
Şekil 5.8: PC/ABS-GD Çekme Testi Sonuçları.

PC/ABS'in UV yaşlanmasıyla beraber çekme gerilmesinde bir değişim yaşanmamıştır. Geri dönüşümle karıştırılan saf hallerinde de çekme gerilmesi aynı değerlerde kalmıştır. Bunun yanı sıra çekme gerinmesi hızlandırılmış yaşlandırma işlemine maruz kaldıktan sonra yaklaşık %17'lik bir düşüş yaşamıştır. 48 saat

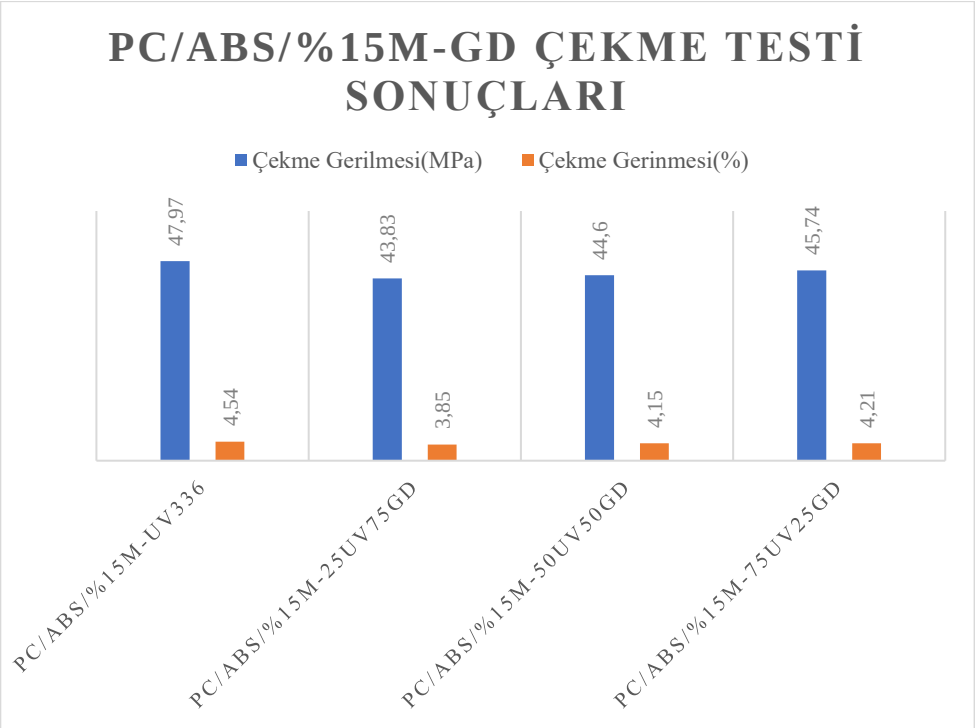
yaşlanmanın ardından düşüş devam etse de çok büyük bir fark oluşturmamıştır. Geri dönüşüm ise çekme gerinmesine pozitif yönde etki etmiştir ve yaklaşık %15 artmıştır.

5.2.2. PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Çekme Testi Sonuçları

5.2.2.1. PC/ABS/%15Mineral Çekme Testi Sonuçları



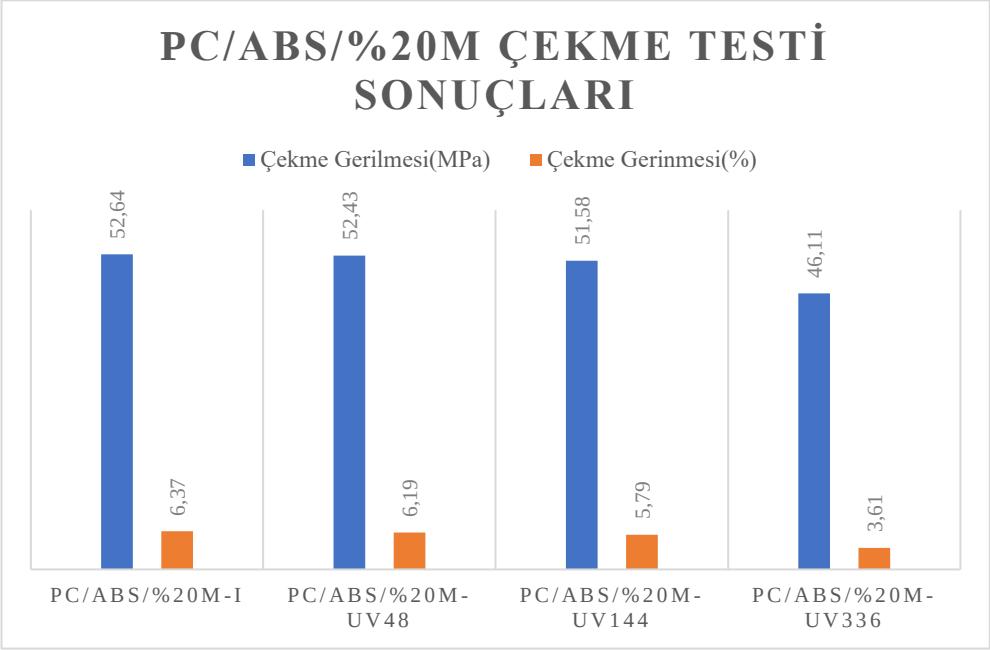
Şekil 5.9: PC/ABS/%15M Çekme Testi Sonuçları.



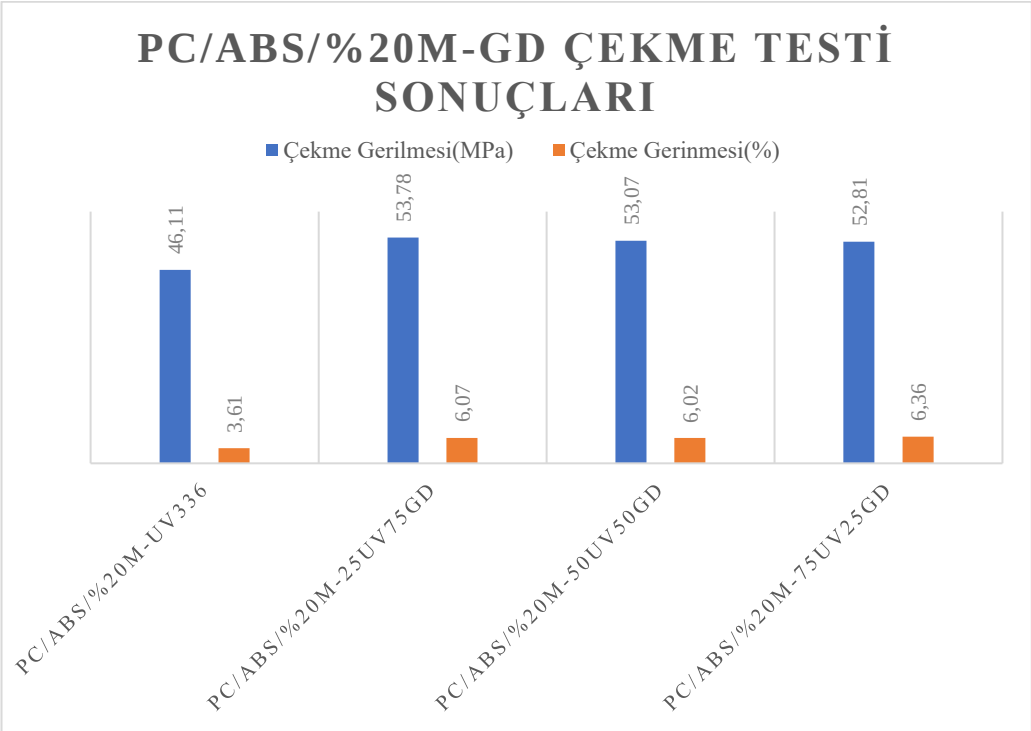
Şekil 5.10: PC/ABS/%15M-GD Çekme Testi Sonuçları.

PC/ABS/%15M'in çekme testi sonuçları UV yaşlanmayla pek fazla değişmemiştir. Çekme dayanımı UV yaşlanmayla başlangıçta artsa da 336 saat sonunda başladığı değerden yaklaşık %2 oranında düşüş göstermiştir. Geri dönüşüm ise çekme dayanımına negatif etki göstermiştir. Çekme dayanımı geri dönüşüm oranı arttıkça azalmıştır. Çekme gerinmesi UV yaşlanmaya maruz kaldıkça düşüş göstermiştir. 336 saat sonunda çekme gerinmesi başlangıç değerine göre yaklaşık %35 değerinde azalmıştır. Bu durum geri dönüşümde de görülmesine rağmen geri dönüşüm oranı azaldıkça bu işlemi görmeden önceki haline yakındır. Geri dönüşüm oranı en yüksek olan karışımda çekme gerinmesi yaklaşık %9 oranında azalmıştır.

5.2.2.2. PC/ABS/%20Mineral Çekme Testi Sonuçları



Şekil 5.11: PC/ABS/%20M Çekme Testi Sonuçları.



Şekil 5.12: PC/ABS/%20M-GD Çekme Testi Sonuçları.

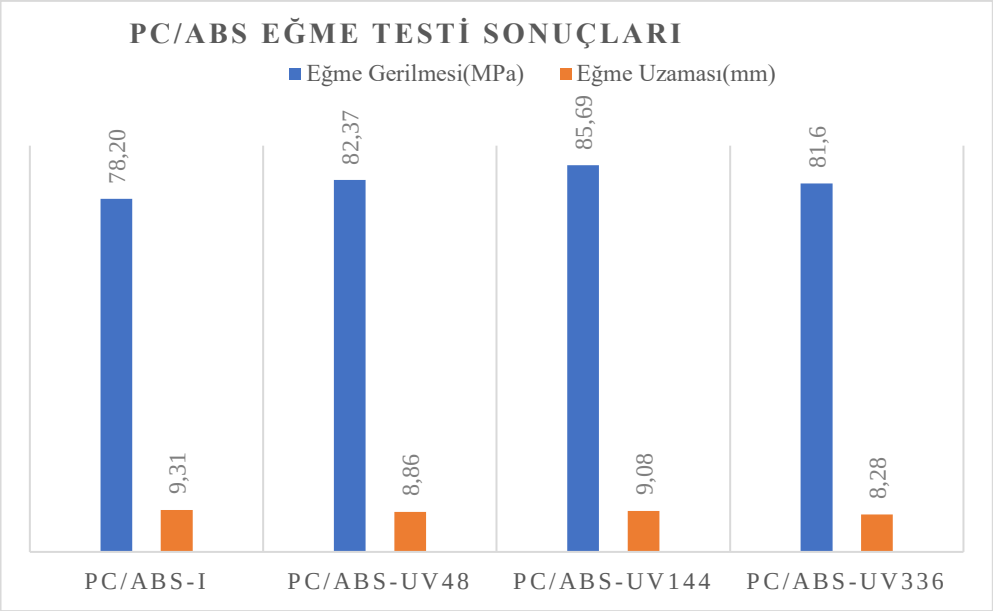
PC/ABS/%20M karışımında ise çekme gerilmesi 144 saat UV yaşlanmaya kadar

çok etkilenmezken daha sonrasında büyük bir düşüş göstermiştir. 336 saat sonunda çekme gerilmesi başlangıç değerine göre %12 azalmıştır. Geri dönüşümde ise tam tersi olarak çekme gerilmesi artış göstermiştir. Geri dönüşümün en yoğun olduğu karışımda çekme gerilmesi %16 artış sergilemiştir. Çekme gerinmesi ise 144 saat UV'ye kadar küçük bir düşüş gösterirken 336 saat UV yaşlanmanın ardından %44'lük bir düşüş sergilemiştir. Bu durum geri dönüşümde ise tam tersi yönde olmuştur. Geri dönüşüm oranının en az olduğu 75UV25GD karışımında 336 saat yaşlanmış haline göre çekme gerinmesi %76'lık bir artış sergilemiştir. Geri dönüşüm işlemi ile çekme gerinmesinin artması zincir yapısında uzama olduğunu göstermiştir.

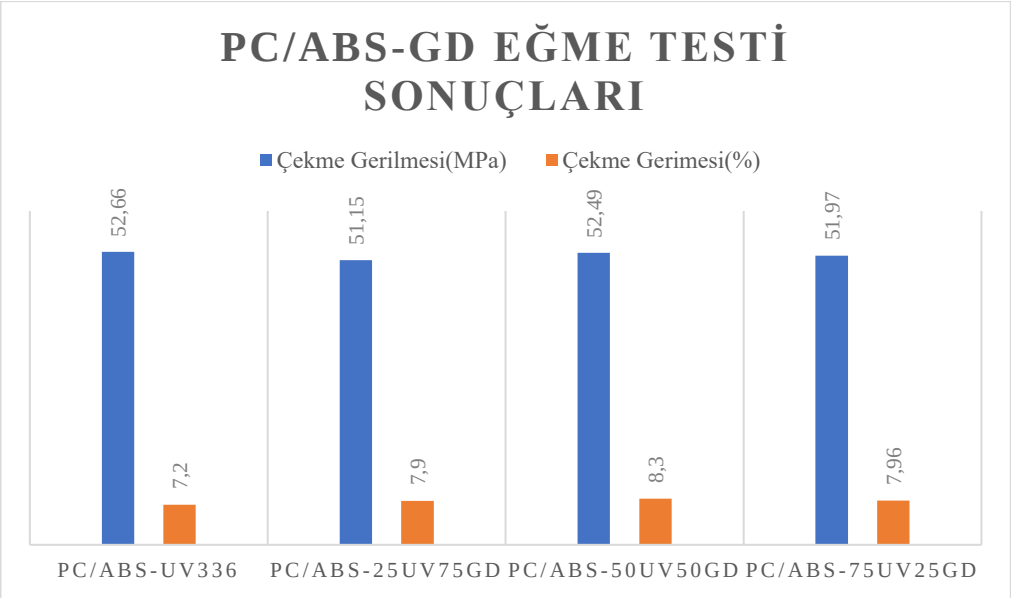
5.3 Eğme Testi Sonuçları

Eğme testi her bir malzeme ve yaşlanmış halleri için 6 adet numune üzerinden yapılmıştır. Her bir numunenin eğme gerilmesi MPa cinsinden ve eğme uzaması mm cinsinden gözlemlenmiştir. Sonuçlar her malzeme ve yaşlanmış halleri için ayrı ayrı tablolar ve grafiklerle gösterilmiştir.

5.3.1 PC/ABS Eğme Testi Sonuçları



Şekil 5.13: PC/ABS Eğme Testi Sonuçları.

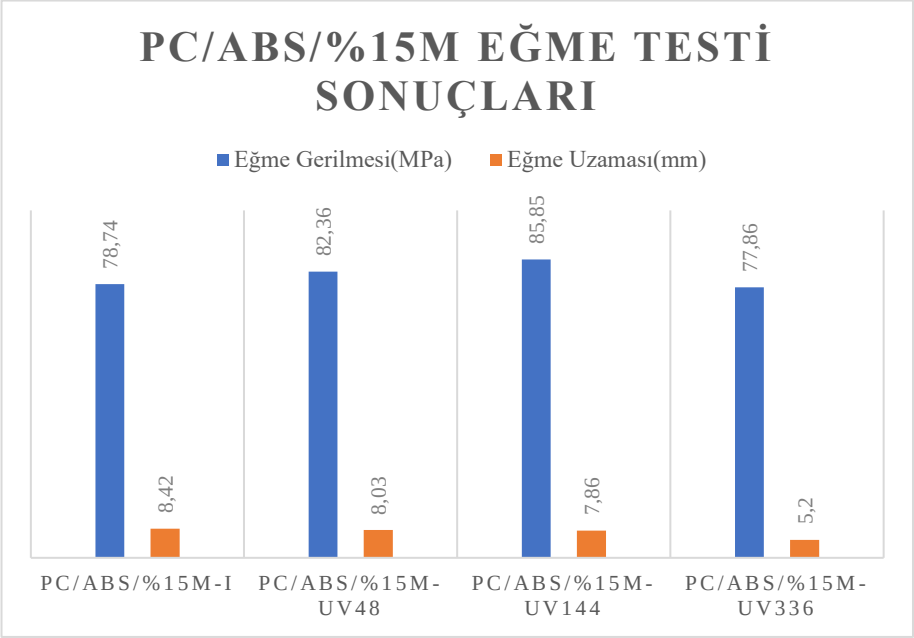


Şekil 5.14: PC/ABS-GD Eğme Testi Sonuçları.

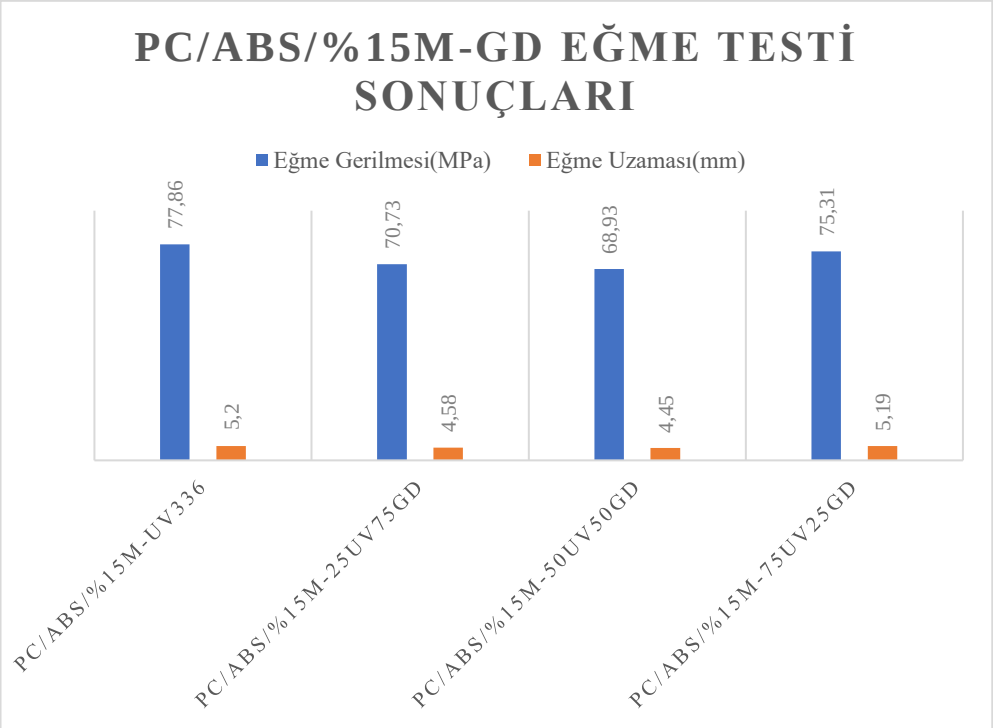
PC/ABS yaşlanma birlikte eğme gerilmesinde yükseliş yaşamıştır. Bu yükseliş 144 saatlik UV'nin ardından başlangıçtan %9,57 oranında artmıştır. 336 saate gelirken biraz düşüş yaşasa da ilk değerinden yüksekte bir değer almıştır. Bunun yanında eğme uzaması ise düşüş göstermiştir. Eğme uzaması başlangıçtaki değerinden %7,49'luk bir düşüş yaşamıştır. Geri dönüşümlerde ise yaşlanmış saf halinden geri dönüştürülmüş katkılı hale geçince eğme gerilmesinde yaklaşık %7,5'luk bir düşüş gözlemlenmiş ve geri dönüşüm oranı artmasyıla da bu değer değişmemiştir. Eğme uzaması ise saf ve yaşlanmış haline göre artış göstermiştir. Karışımdaki geri dönüşüm oranı azaldıkça artış gözlemlenmiştir.

5.3.2 PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Eğme Testi Sonuçları

5.3.2.1. PC/ABS/%15Mineral Eğme Testi Sonuçları



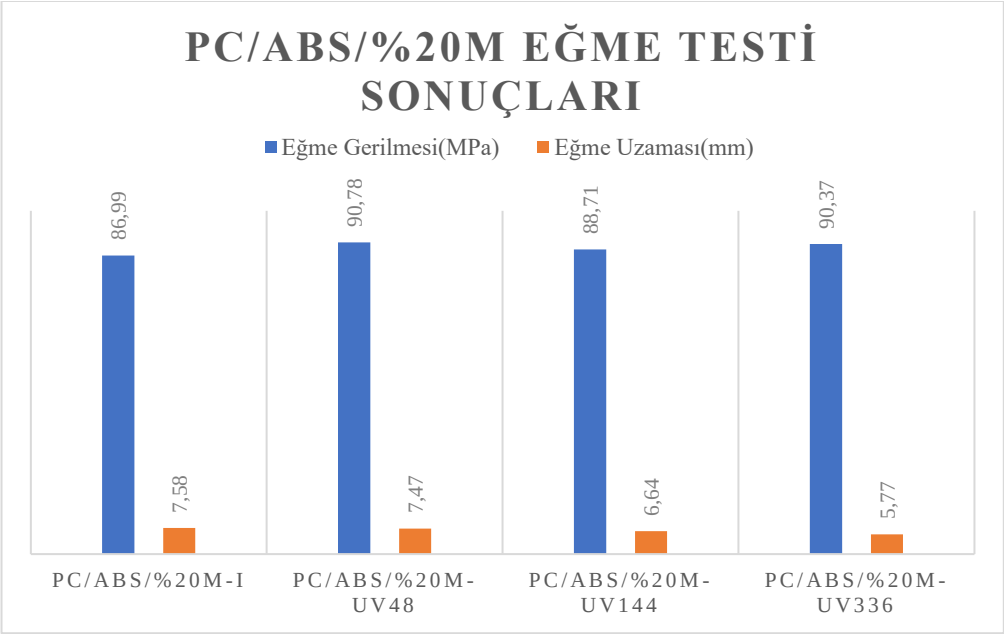
Şekil 5.15: PC/ABS/%15M Eğme Testi Sonuçları.



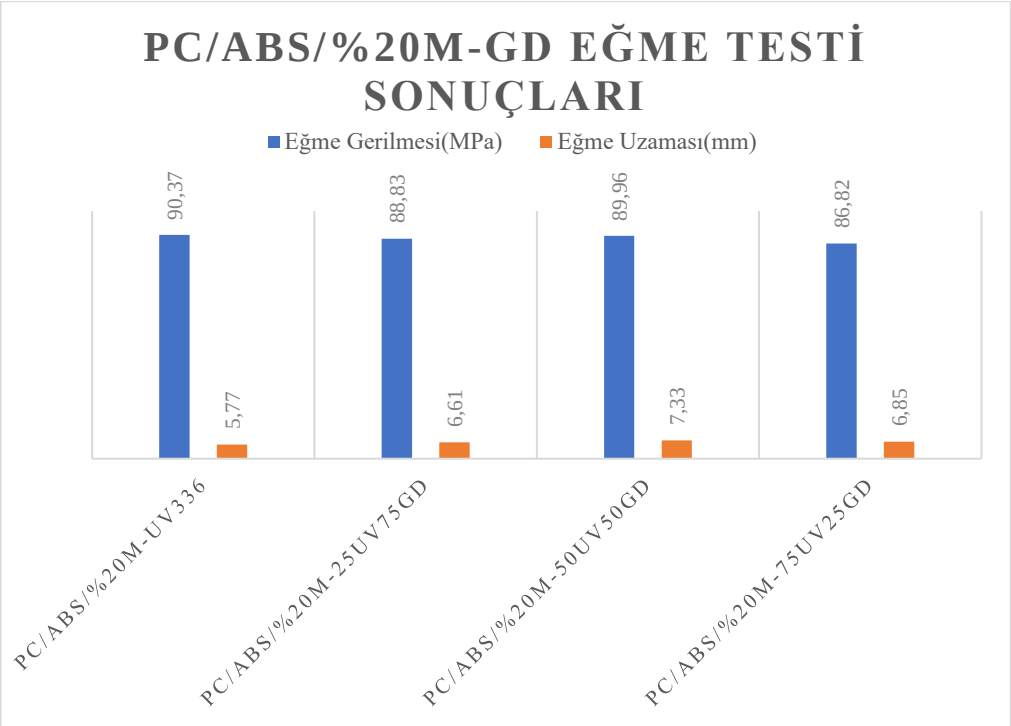
Şekil 5.16: PC/ABS/%15M-GD Eğme Testi Sonuçları.

PC/ABS/%15M'in UV yaşlanmayla beraber eğme gerilmesinde bir artış gözlemlenmiştir. Fakat bu artış 144 saat UV yaşlanmanın ardından düşüşe dönüşür ve 336 saat sonunda eğme dayanımı ilk değere yakın bir değerde kalır. Eğme dayanımını 144 saat UV yaşlanmanın ardından yapılan testlerde yaklaşık olarak %8 oranında artış göstermiştir. Geri dönüşüm de eğme dayanımına negatif bir etki sergilemiştir. Geri dönüşüm oranı azaldıkça eğme dayanımında artış görülmüştür. 50UV50GD karışımında eğme dayanımı geri dönüşümsüz haline göre %11 daha düşüktür. Eğme uzaması ise UV yaşlanmayla beraber düşüş gösterirken bu düşüş 144 saat UV yaşlanmadan sonra sert bir şekilde olup ilk haline göre %38 düşüş göstermiştir. Geri dönüşüm eğme uzamasına negatif etki göstermiştir. Geri dönüşüm oranı düştükçe eğme uzaması artış göstermiştir. 75UV25GD karışımının eğme uzaması neredeyse geri dönüşümsüz haliyle aynıdır.

5.3.2.2. PC/ABS/%20Mineral Eğme Testi Sonuçları



Şekil 5.17: PC/ABS/%20M Eğme Testi Sonuçları.



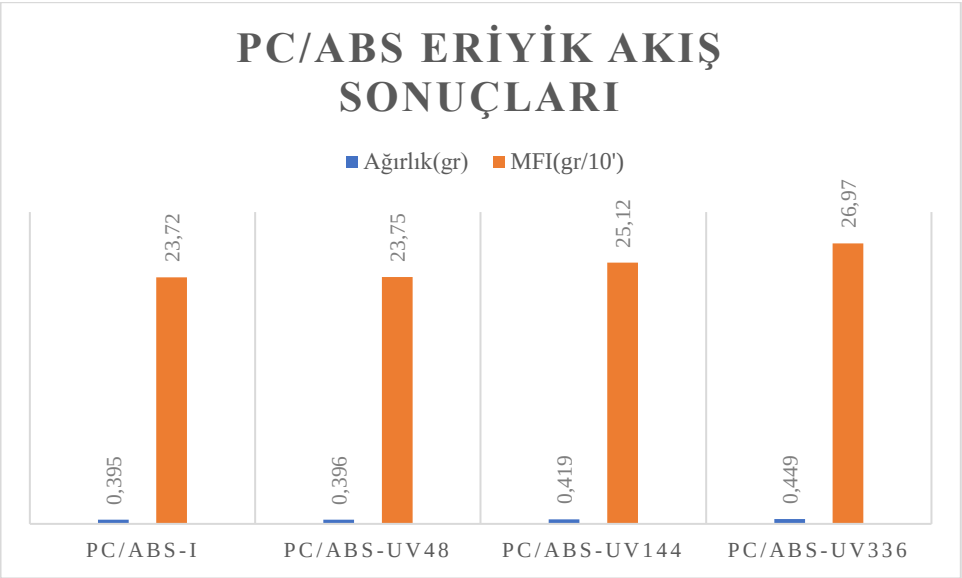
Şekil 5.18: PC/ABS/%20M-GD Eğme Testi Sonuçları.

Talk minerali oranı daha yüksek olan PC/ABS/%20M karışımının saf halindeki eğme dayanımın %15 Talk içeren haline göre yaklaşık %10 daha yüksektir. Eğme dayanımı UV yaşlanma süresi arttıkça artış göstermiştir.336 saat sonunda eğme gerilmesi başlangıç değerine göre yaklaşık %4 daha yüksektir. Geri dönüşüm eğme dayanımını çok etkilemese de ufak bir düşüşe sebep olmuştur. Geri dönüşüm oranı arttıkça eğme dayanımı da artmıştır. Eğme uzaması 48 saat UV'ye kadar büyük bir değişim yaşamazken sonrasında sert düşüşler göstermiştir. 336 saat sonunda eğme uzaması %23'lük bir düşüş yaşamıştır. Geri dönüşüm ise eğme uzamasına pozitif yönde etki etmiştir. 50UV50GD karışımında eğme uzaması geri dönüşümsüz haline göre %27 daha yüksektir.

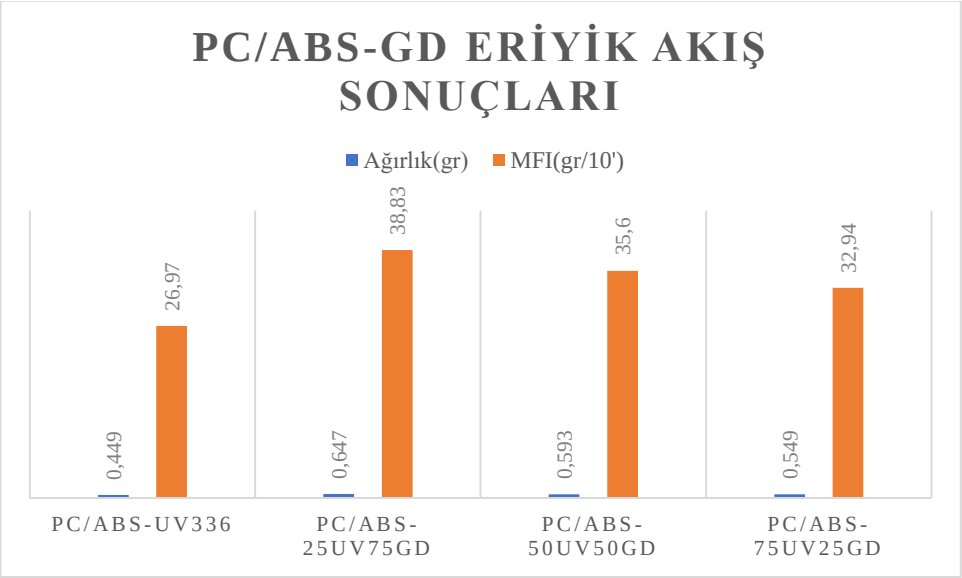
5.4. Eriyik Akış(MFI) Testi Sonuçları

Malzemelerin eriyik akış testinde ağırlık ve MFI değerleri gözlemlenmiştir. Ağırlık için gr MFI için ise gr/10' birimi tercih edilmiştir. Sonuçlar her bir malzeme ve yaşlanmış halleri için ayrı ayrı tablolar ve grafiklerle gösterilmiştir.

5.4.1. PC/ABS



Şekil 5.19: PC/ABS Eriyik Akış Sonuçları.

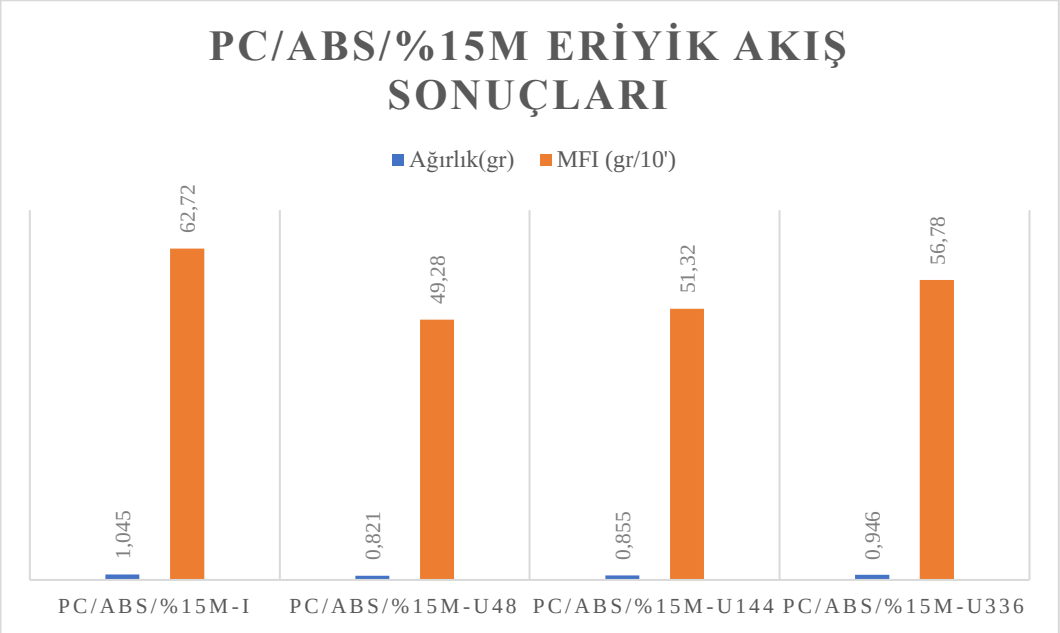


Şekil 5.20: PC/ABS-GD Eriyik Akış Sonuçları.

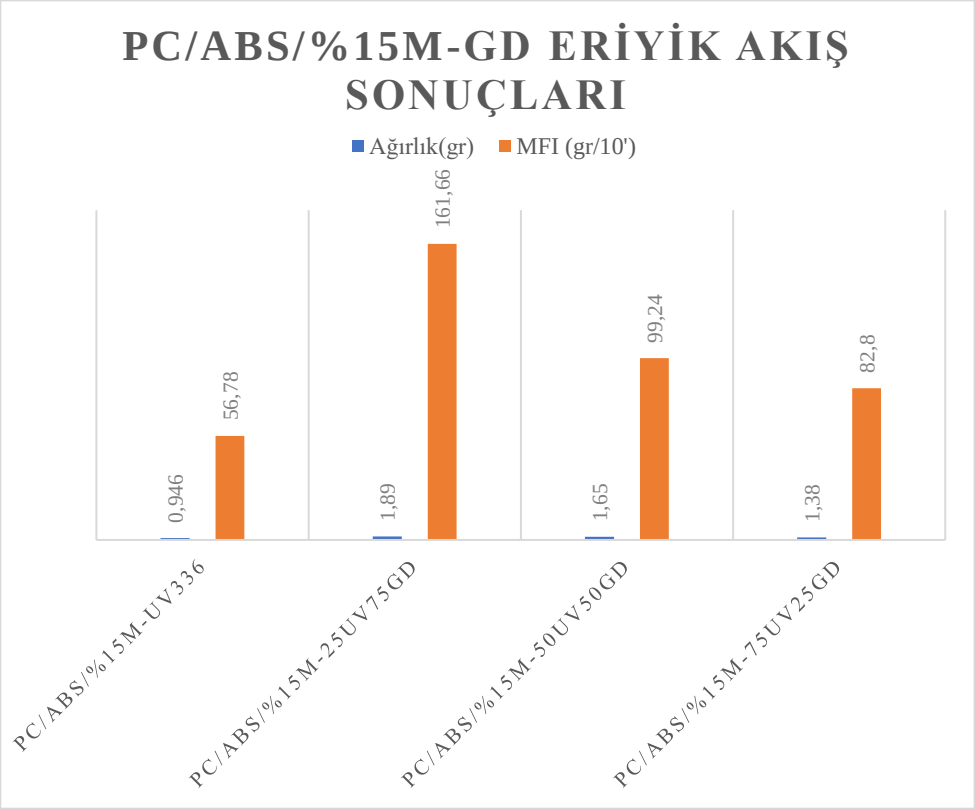
PC/ABS yaşlanma arttıkça daha yüksek MFI değerlerine çıkmıştır. Yapılan testler doğrultusunda ilk 48 saatlik UV yaşlanmayla pek değişmese de sonrasında artış göstermiştir. PC/ABS'in MFI değeri 144 saatlik UV yaşlanmanın ardından ilk haline göre %5,90'lık bir artış göstermiştir. Bu durum MFI numunelerinin ağırlık artışıyla da gözlemlenmektedir. Bunun haricinde geri dönüşmüş numune içeren her bir örnekte MFI değeri büyük bir artış göstermiştir. Bu artış geri dönüşüm yüzdesi azaldıkça azalmıştır.

5.4.2. PC/ABS/%15Mineral ve PC/ABS/%20Mineral Eriyik Akış Testi Sonuçları

5.4.2.1. PC/ABS/%15Mineral Eriyik Akış Testi Sonuçları



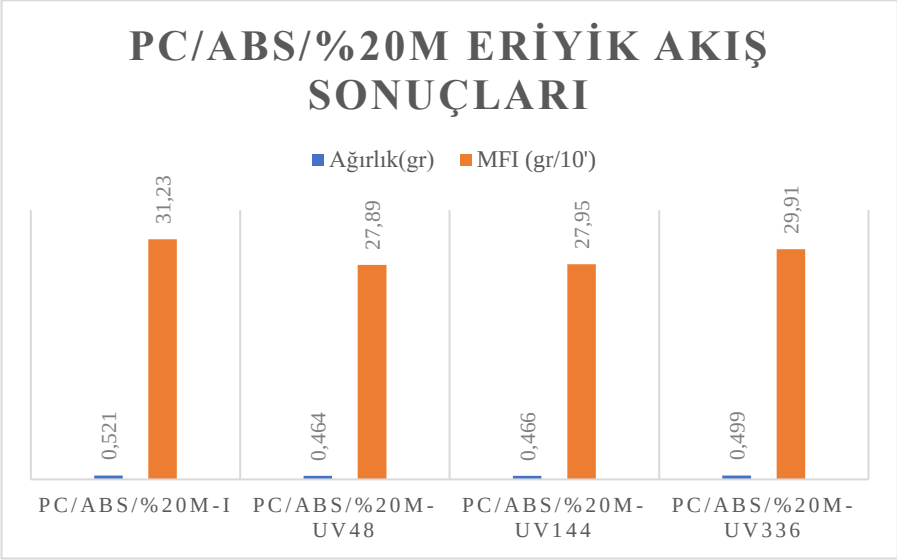
Şekil 5.21: PC/ABS/%15M Eriyik Akış Sonuçları.



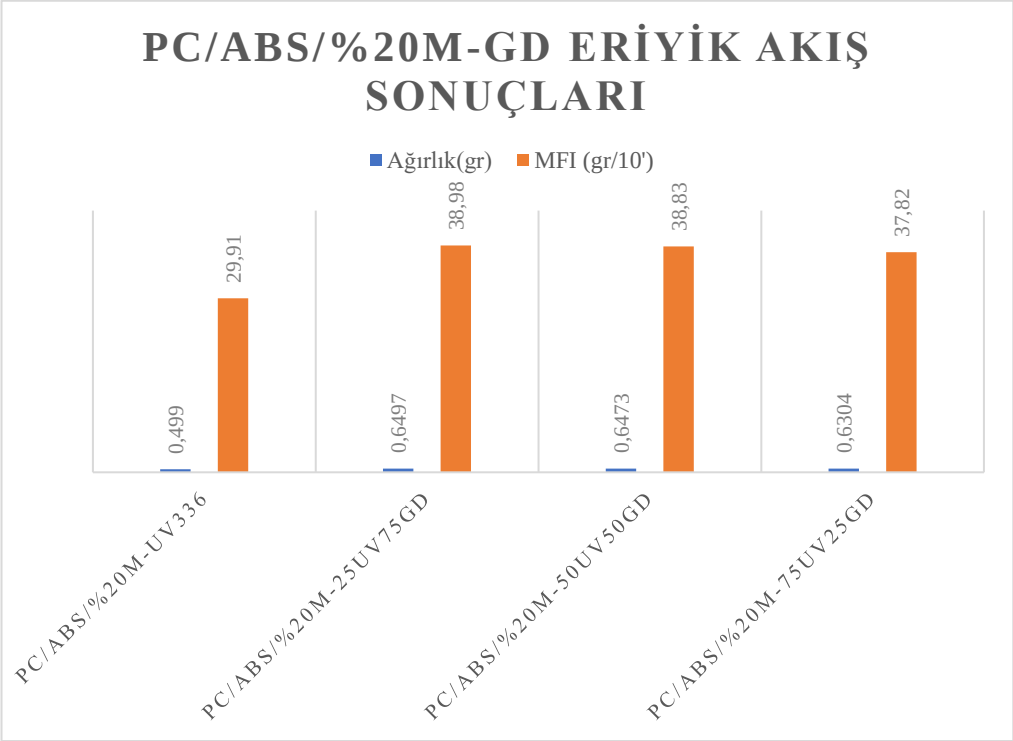
Şekil 5.22: PC/ABS/%15M-GD Eriyik Akış Sonuçları.

PC/ABS/%15M yaşlanma işlemine maruz kaldıktan sonra 48 saate kadar bir düşüş yaşamıştır ve bu düşüş yaklaşık %21 civarında olmuştur. Eriyik akış 48 saat UV yaşlanmadan sonra ise artış göstermiştir. Bu artış 48 saatten 144 saat'e geçince %4 144 saatten 336 saate geçtikten sonra ise %10 olsa da ilk değerden aşağıda bir değerde kalmıştır. Geri dönüşüm PC/ABS/%15M malzemesinin MFI değerine çok büyük katkı sağlamıştır ve %184 gibi büyük bir artışa sebep olmuştur. MFI değeri diğer geri dönüşümlerde de artış yaşlanmış haline göre artış göstermiştir.

5.4.2.2. PC/ABS/%20Mineral Eriyik Akış Testi Sonuçları



Şekil 5.23: PC/ABS/%20M Eriyik Akış Sonuçları.



Şekil 5.24: PC/ABS/%20M-GD Eriyik Akış Sonuçları.

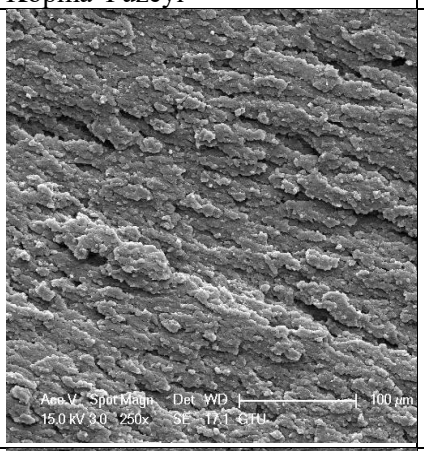
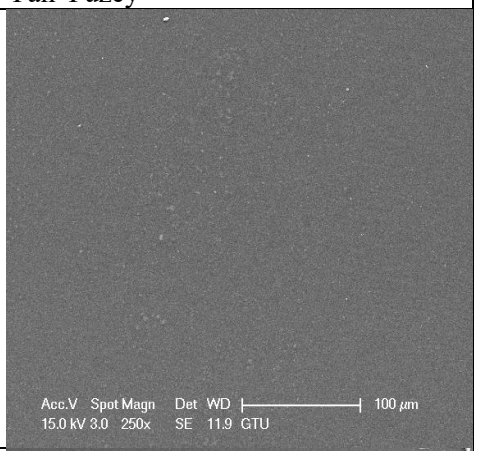
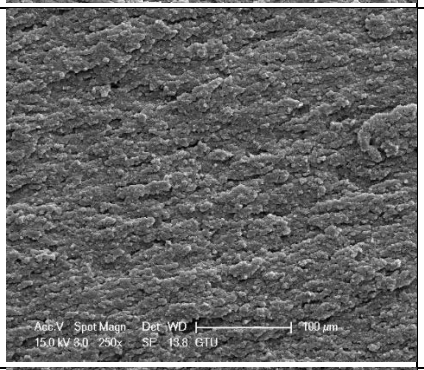
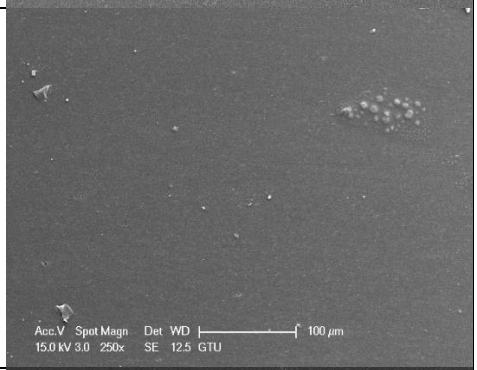
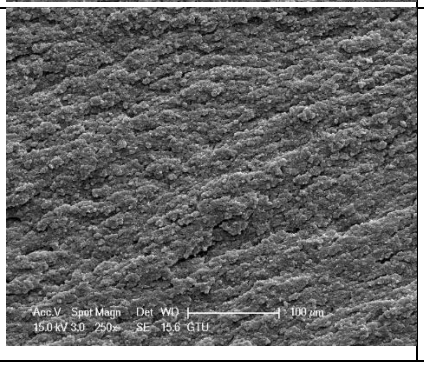
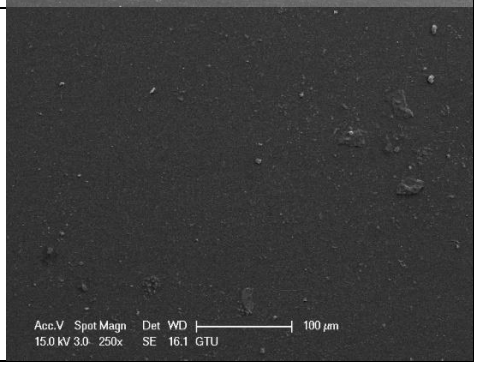
PC/ABS/%20M numuneleri yaşlanma işlemine ilk maruz kaldıkları anda bir düşüş yaşayıp saf haldeki MFI değerinden yaklaşık %10 kadar azalmıştır. Eriyik akış değeri 48 saat ile 144 saat arasında pek fazla değişmemişse de 144 saatten 336 saate

geçtikten sonra %7'lik bir artış yaşamıştır. Geri dönüşümle beraber eriyik akış değeri %30 yükselmiştir. Fakat değişik geri dönüşüm oranları bu değeri pek fazla etkilememiştir.

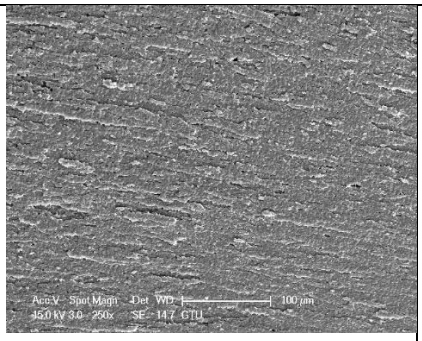
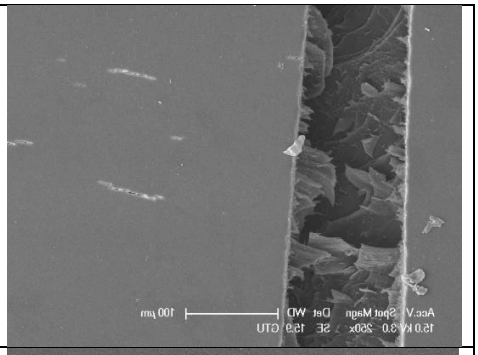
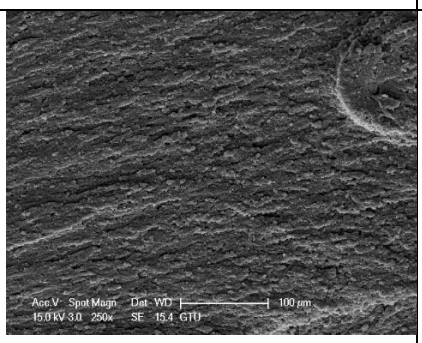
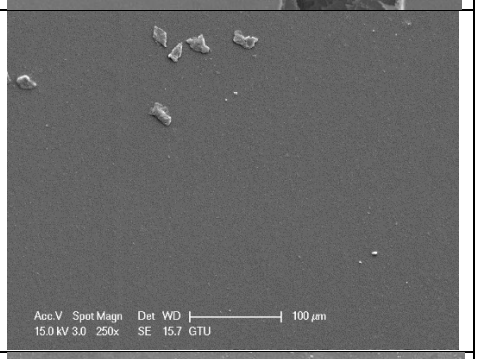
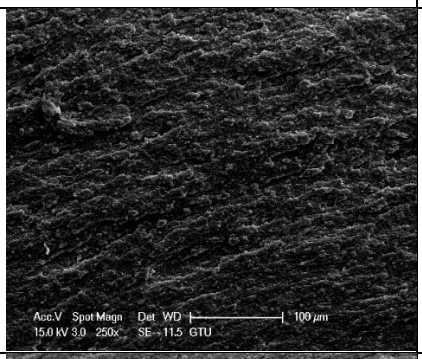
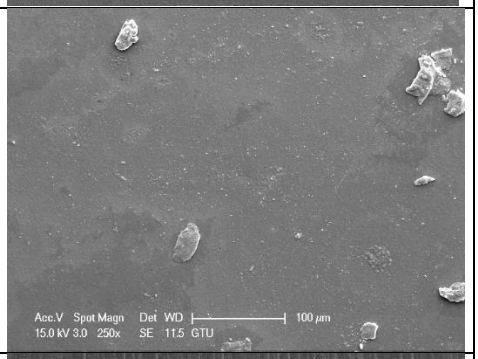
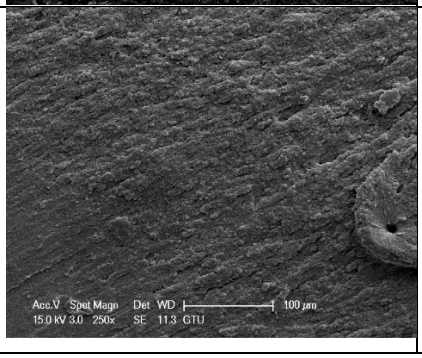
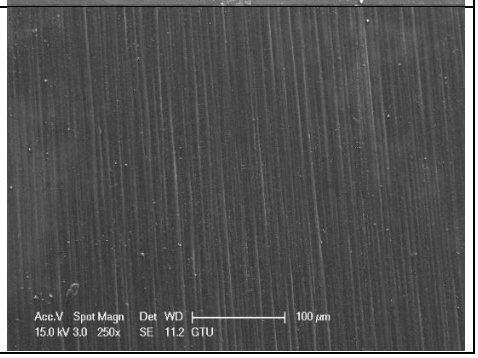
5.5. Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM) Testi Sonuçları

5.5.1. PC/ABS

Tablo 5.1: PC/ABS SEM Görüntüleri.

Malzemeler	Kopma Yüzeyi	Yan Yüzey
PC/ABS-I		
PC/ABS-UV48		
PC/ABS-UV144		

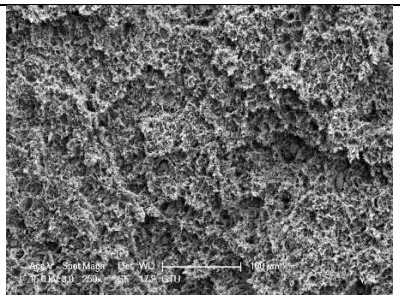
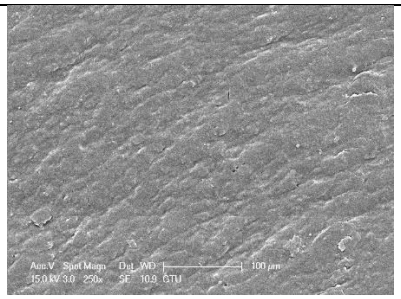
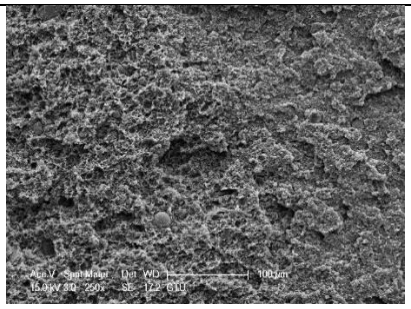
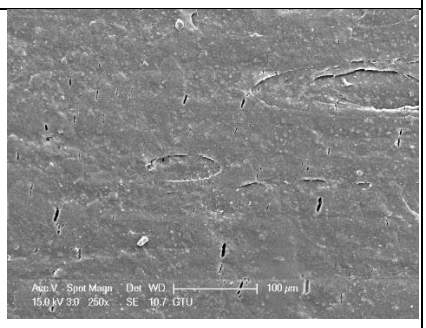
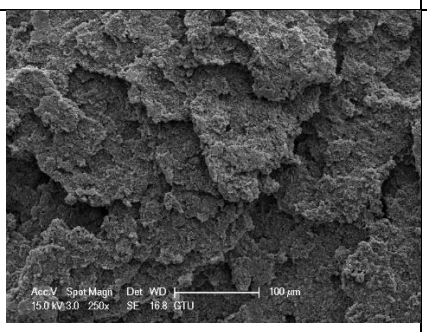
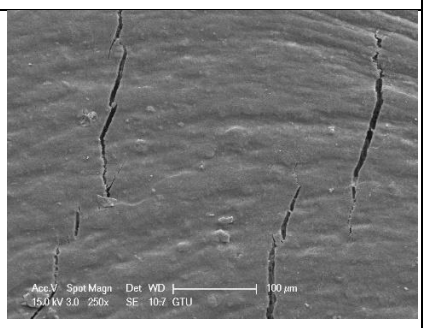
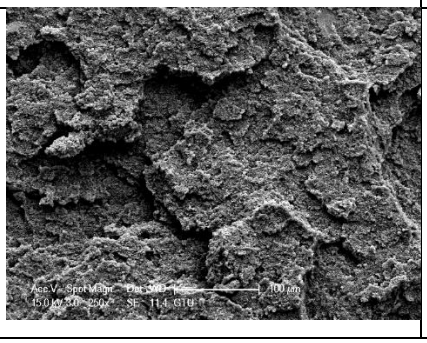
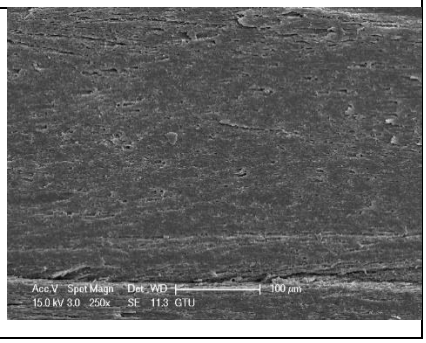
Tablo 5.2: Devam.

PC/ABS-UV336		
PC/ABS-25UV75GD		
PC/ABS-50UV50GD		
PC/ABS-75UV25GD		

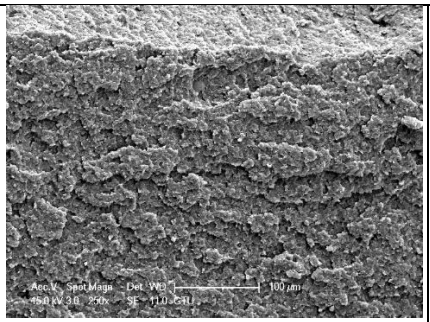
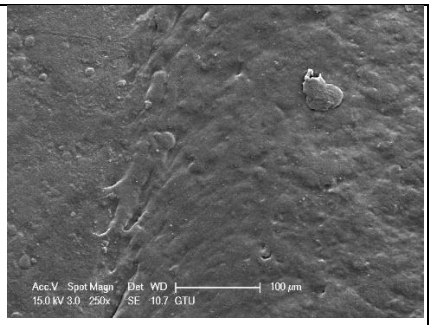
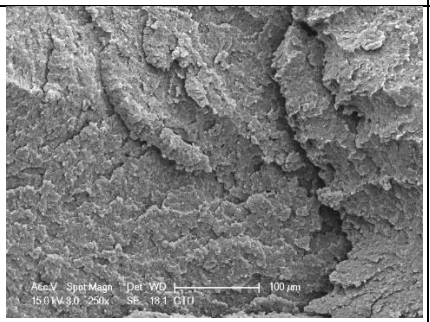
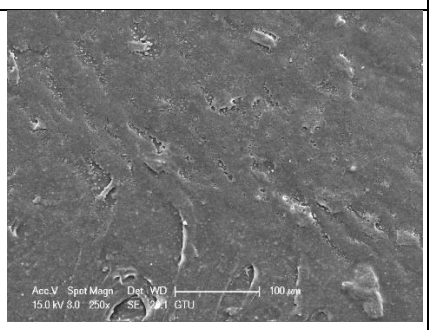
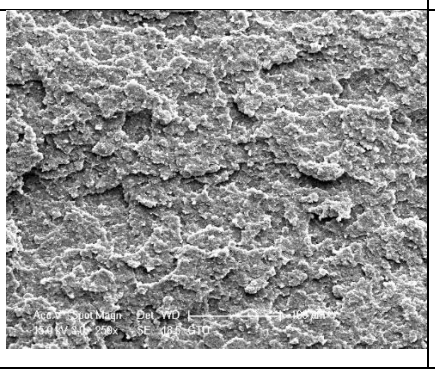
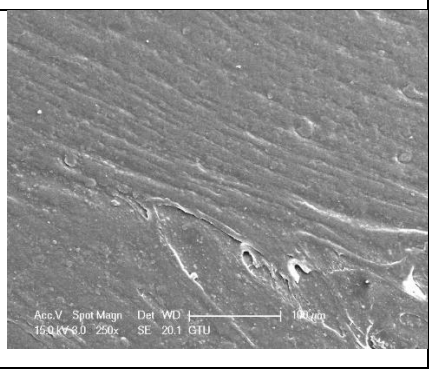
PC/ABS'in taramalı elektron mikroskobundaki görüntülerinden yüzeyde topaklanma olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum yaşlanmada ve geri dönüşümde de görülmüştür. Topaklanma ise malzemenin fiziksel özelliklerine negatif etki etmiştir.

5.5.2. PC/ABS/%15M

Tablo 5.2: PC/ABS/%15M SEM Görüntüleri.

Malzemeler	Kopma Yüzeyi	Yan Yüzey
PC/ABS/%15M -I		
PC/ABS/%15M -UV48		
PC/ABS/%15M -UV144		
PC/ABS/%15M -UV336		

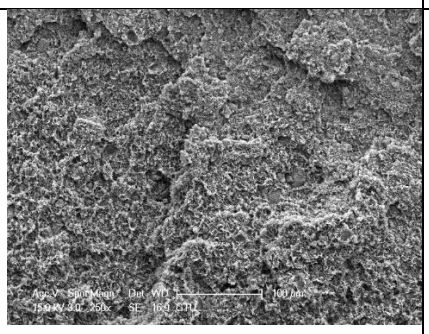
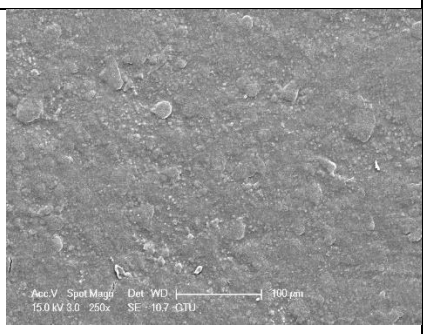
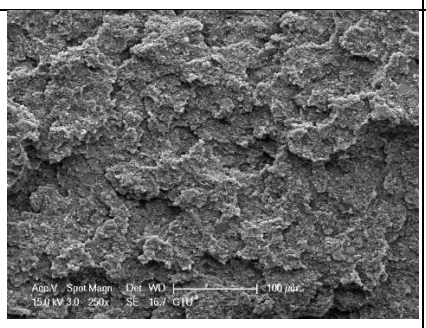
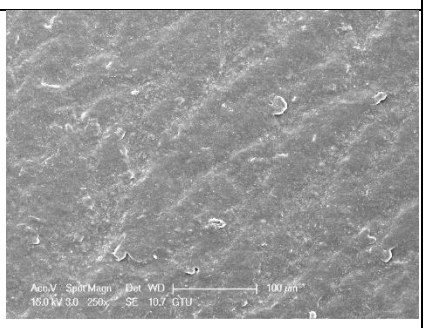
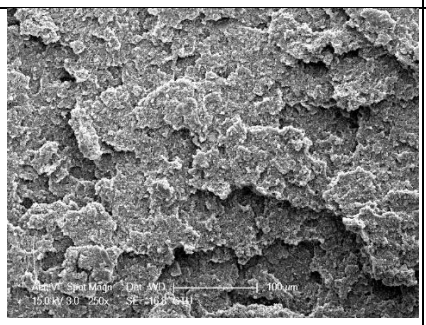
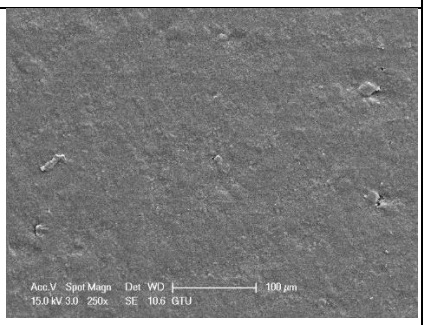
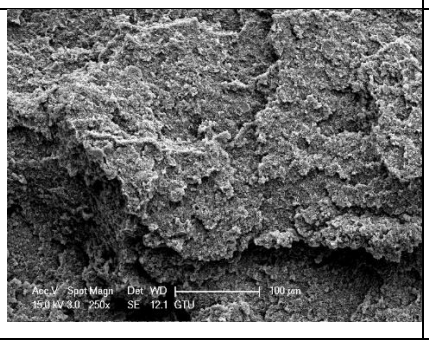
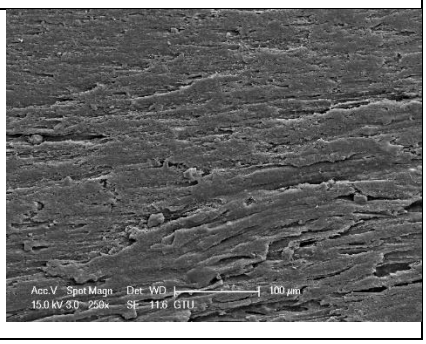
Tablo 5.2: Devam.

PC/ABS/%15 M-25UV75GD		
PC/ABS/%15 M-50UV50GD		
PC/ABS/%15 M-75UV25GD		

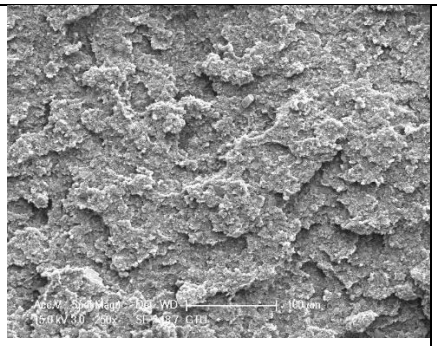
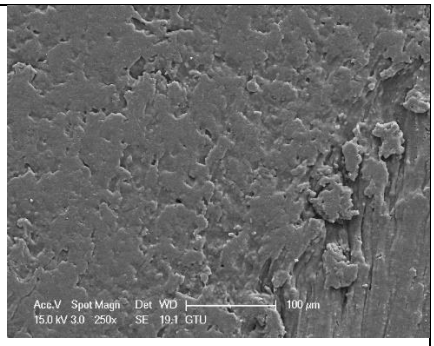
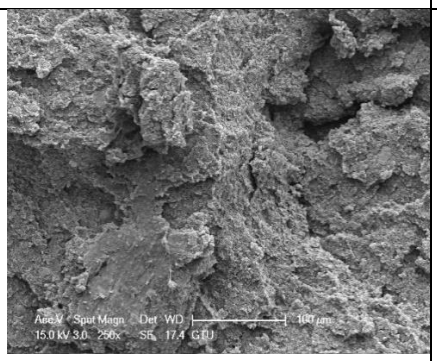
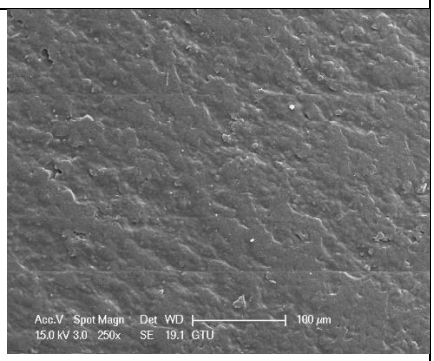
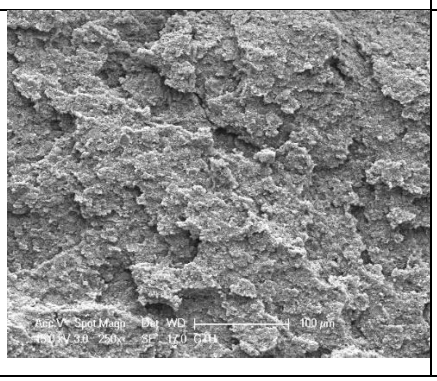
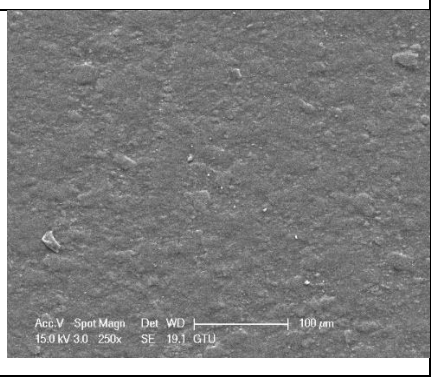
PC/ABS/%15M'in taramalı elektron mikroskobundaki görüntüleri yüzeyde çatlakların oluştuğunu gösterir. Bu durum özellikle 144 saat UV yaşlanmanın ardından gözle görülür boyuta gelmiştir. Geri dönüşüm sonucunda ise yapıda homojen olmayan dağılımlar gözlemlenmiştir. Bu iki durum da fiziksel özellikleri negatif yönde etki etmiştir.

5.5.1. PC/ABS/%20M

Tablo 5.3: PC/ABS/%20M SEM Görüntüleri.

Malzemeler	Kopma Yüzeyi	Yan Yüzey
PC/ABS/%20M -I		
PC/ABS/%20M -UV48		
PC/ABS/%20M -UV144		
PC/ABS/%20M -UV336		

Tablo 5.3: Devam.

PC/ABS/%20 M-25UV75GD		
PC/ABS/%20 M-50UV50GD		
PC/ABS/%20 M-75UV25GD		

PC/ABS/%20M'in taramalı elektron mikroskobu sonuçlarına göre hem UV yaşlandırma hem de geri dönüşüm yüzeyde negatif oluşumlara(topaklanma,çatlak vb.) sebep olmuştur. Bu etki fiziksel özelliklerde düşüşe sebep olmuştur.

6. DENEY SONUÇLARINI DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

6.1. PC/ABS Sonuç Değerlendirmesi

PC/ABS hızlandırılmış yaşlandırmayla birlikte darbe dayanımında düşüş yaşamıştır. Bunun yanında çekme dayanımı değişmemişken eğme dayanımı ve MFI değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Fakat bu özellik değişimleri 336 saat sonunda malzemenin dayanımında çok büyük farklılıklara sebep olmamıştır. Eğme uzaması ve çekme gerinimi düşüş gösterirken çekme gerinmesindeki düşüş gözle görülür bir davranış göstermiştir. Geri dönüşümle birlikte darbe dayanımında çok büyük düşüşler gözlemlenmiştir. Bununla beraber çekme dayanımı başlangıçtaki değerini korumuştur. Eğme dayanımı hızlandırılmış yaşlandırmayla artış gösterse de geri dönüşümle başlangıçtaki değerine yaklaşık olarak dönmüştür. Geri dönüşüm çekme gerinmesi, eğme uzaması ve MFI'a pozitif etkisi olmuştur. Artan MFI değeri zincir yapısının kısalması anlamına gelir ve bu durum dayanım kaybına sebep olur. Geri dönüşümle azalan darbe dayanımına bu durum sebep gösterilebilir. Bunun yanında çekme gerinmesindeki düşüş zincir kırılmalarından dolayı olabilir. Bu zincir kırılmaları foto-oksidasyon etkisiyle yapı içinde oluşan nem ve oksijenin etkisi olarak gösterilebilir. Bu iki etki daha kısa polimer zincirleri ve kırıklara sebep olabilir. UV yaşlanmayla artan eğme dayanımı malzemenin sertliğinin arttığını göstermiştir. UV ışınım ve oksijen oksitlenmiş bir tabaka oluşumuna sebep olmuştur. Bu durum da eğme dayanımını arttırmıştır. Geri dönüşümle düşen eğme dayanımına sebep olarak geri dönüşümün oksitlenmiş tabakayı polimer yüzeyinden kaldırmasıdır.

Perez ve arkadaşlarının yapmış olduğu ABS çalışmasında darbe dayanımın her bir geri dönüşümle daha da azaldığını gözlemlenmiştir. 5.geri dönüşüme kadar düşüş büyük değilken sonrasında darbe dayanımı büyük oranda azaldığı görülmüştür. Darbe dayanımındaki bu düşüş ABS'in içinde bulunan bütadien fazının bozunmasına bağlanmıştır. [J. M. Perez, 2009]

Ramesh ve arkadaşlarının yapmış olduğu PC/ABS/HIPS karışımının geri dönüştürülmesiyle darbe dayanımında sert bir şekilde düşüş gözlemlenmiştir. Bu düşüş geri dönüşüm sayısı arttıkça da devam etmiştir. UV yaşlanma da geri dönüşüm

gibi darbe dayanımına negatif yönde etki göstermiştir. Bu durum polibütadien yapısının bozunması ve yüzeydeki fotooksidasyona bağlanmıştır.[V. Ramesh, 2015]

J.M. Perez ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada PC'nin geri dönüşümüyle çekme dayanımının 6.geri dönüşüme kadar pek etkilenmediği görülmüştür. Bunun yanında UV yaşlanmanın da etkisi 5.geri dönüşümün ardından görülmeye başladığı gözlemlenmiştir [J.M. Perez, 2009]. Bu çalışmada da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir.

Scaffaro yapmış olduğu PC/ABS çalışmasında çekme dayanımının 3.geri dönüşümle birlikte düşüş gösterdiğini gözlemlemiştir. Bu özellik değişiminin sebebi olarak ise hem moleküler ağırlık kaybı hem de PC/ABS yapısındaki geri dönüşüm ile birlikte değişen moleküller arasındaki zincir yapısının değişimiyle ilgili olduğu sonucu çıkarılmıştır.[Scaffaro, 2012]

J.M. Perez ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ABS'in her bir geri dönüşümle birlikte çekme dayanımında hafifçe arttığı gözlemlenmiştir. 200 saat UV yaşlanmanın ardından ise çekme dayanımında düşüşler gözlemlenmeye başlanmış ve bu durum polibütadien fazındaki geri dönüşümüyle oluşan çapraz bağlanmaların yüksek kırılganlığa sebep olması gösterilmiştir. [J.M. Perez, 2009]

Ramesh ve arkadaşlarının yapmış olduğu PC/ABS/HIPS karışımının birinci geri dönüşümüyle çekme dayanımı ve elastisite modülünde sert bir düşüş gözlemlenmiştir. Diğer geri dönüşümlerde bu oranda düşüş gözlemlenmemiştir. Bu durum polibütadien fazındaki zincir yapısının değişimine bağlanmıştır. Numunelerin 100 saat UV yaşlanmaya maruz kalmasının ardından çekme dayanımında düşüş gözlemlenmiştir. Bu durum ise yüzeydeki UV bozunma ve nemlenmeye bağlanmıştır. [V. Ramesh, 2015]

Scaffaro'nun yapmış olduğu PC/ABS çalışmasında eğme dayanımı 3.geri dönüşümün ardından büyük düşüş göstermiştir. Bunun yanında eğme modülünde de düşüş gözlemlenmiştir. Buna sebep olarak ise ABS'in içinde bulunan bütadien olarak gösterilmiştir. Bunun yanında geri dönüşüm esnasında oluşan yeni bağlar da gösterilmiştir. [Scaffaro, 2012]

Ramesh ve arkadaşları yapmış olduğu çalışmada PC, ABS ve HIPS içeren karışımının ilk 100 saatlik UV yaşlanmanın ardından MFI değerinin arttığını gözlemlemiştir. UV yaşlanmaya maruz kalmanın süresi arttıkça MFI değeri artarken bu oran ilk 100 saattekinden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yapmış oldukları

çalışmada geri dönüşümün de MFI değerine etkisi pozitif yönde olmuştur. İki sonucun da hem yaşlanmayla hem de geri dönüşümle yüzeyler arası adhezyonun ve viskozitenin azalmasına bağlanmıştır. [V. Ramesh, 2015]

Scaffaro PC/ABS kullanarak yapmış olduğu çalışmada geri dönüşümün MFI değerini artırdığını gözlemlemiştir. Geri dönüşüm sayısı arttıkça MFI değeri daha yükseklere çıktığını görmüştür. 3.geri dönüşümün ardından MFI'daki artış ilk 2 geri dönüşümün etkisiyle artan MFI değerinden daha büyük olduğu sonucuna varmıştır. [Scaffaro, 2012]

6.2. PC/ABS/%15-%20Mineral Sonuç Değerlendirmesi

PC/ABS/%15M numuneleri UV yaşlandırmaya maruz kaldığı sürelerin sonunda darbe dayanımında ve eğme dayanımında artış gösterirken, MFI değerinde azalma, çekme dayanımında ise değişim göstermemiştir. Bununla birlikte numunelerin çekme gerinmesi ve eğme uzaması artan UV süreleriyle azalma göstermiştir. Geri dönüşüm işlemi darbe, çekme ve eğme dayanımlarına negatif yönde etki etmiştir. MFI değeri ise geri dönüşümle büyük artış göstermiştir. Yapıdaki mekanik özellik kaybı oksidasyon yoluyla ABS'in yapısındaki polibütadien'in doymamışlığının azalmasından dolayı olabilir. Bu durum yüzeydeki çatlakları oluşturmuştur. Yine bir diğer etken olarak zincir yapısındaki kırılmalar ve zincirlerin kısalması gösterilebilir.

PC/ABS/%20M numuneleri UV yaşlanma işlemiyle beraber MFI ve çekme dayanımında düşüş yaşarken eğme dayanımında artış, darbe dayanımında değişiklik göstermemiştir. Çekme gerinmesi ve eğme uzaması ise artan UV yaşlanma süreleriyle azalma gösterirken geri dönüşümle tam tersi bir trendde artış göstermiştir. Geri dönüşüm işlemi darbe dayanımı, çekme dayanımı ve MFI değerlerinde artışa sebep olurken, eğme dayanımında düşüşe sebep olmuştur.

Sung yapmış olduğu PC/ABS çalışmasında karışıma talk minerali etkilemiş ve darbe dayanımının talk mineraliyle birlikte azaldığını gözlemlemiştir. Darbe dayanımındaki bu düşüşün sebebini ise talk mineralinin süneklik katkısından olabileceği öngörmüştür. Bir diğer sebep olarak ise talk mineralinin moleküler ağırlık kaybına neden olabileceğidir. [Sung, 2011]

Kaynak yapmış olduğu çalışmada PLA(Polilaktik asit) kullanırken bu malzemeye talk mineralinin etkisini gözlemlemiştir. Talk minerali malzemeye

eklendiğinde darbe dayanımı artış göstermiştir. Talk mineralinin oranı arttıkça darbe dayanımınında da artış gözlemlenmiştir. Darbe dayanımındaki bu artış talk'ın malzeme yapısına çatlak saptırıcı etkisinden dolayı olduğu sonucu çıkarılmıştır. [C. Kaynak, 2015]

Lee yapmış olduğu çalışmada PP/ABS karışımına SEBS(stiren-etilen-bütilen-stiren) katkı malzemesi ve SEBS-ρ-MAH(maleik anhidrit) katkı malzemesine ekleyerek UV yaşlanmanın etkisini incelemiştir. Çekme dayanımı eklentiler arttıkça azalmıştır. Buna sebep olarak ise SEBS katkısının plastikleştirici etkisini göstermiştir. SEBS-ρ-MAH katkılı karışımda çekme dayanımı çok az bir düşüş sergilemişken SEBS katkılı karışımda bu oran büyük olmuştur. Bu mekanik kayıplar ise ABS'in polibütadien fazına bağlanmıştır. Bu yapıdaki doymamışlığın oksidasyon sonucu tükenmesiyle gevrek bir yüzey oluşmuştur ve yüzey çatlakları meydan gelmiştir [Lee, 2012]

6.3 Mineral Katkısının Etkileri

PC/ABS malzemesine %15 ve %20 oranında talk minerali eklenmesiyle darbe dayanımı yaklaşık olarak %93 gibi büyük bir oranda azalma göstermiştir. Mineral katkısının oranı değişse de darbe dayanımındaki değişim pek fazla değişmemiştir. Bunun yanında çekme dayanımında pek fazla bir değişim gözlemlenmemişse de çekme gerinmesi değerlerinde azalma görülmüştür bu durum da gevrekliğin arttığını gösterir. Eğme dayanımı ise %15 mineral katkısında değişmese de bu oran %20'ye çıkarılınca yaklaşık olarak %10 artış göstermiştir. Eğme uzaması da tıpkı çekme gerinmesi gibi düşüş göstermiştir. MFI değeri ise %15 mineral katkısında büyük artışlar yaşasa da %20 mineral katkısında çok ufak bir artış göstermiştir.

6.4. Öneriler

Bu tezde PC/ABS malzemesi ve ve %15, %20 mineral katkılı halleri kullanılmış ve hem UV yaşlandırmanın hem de geri dönüşümün mekanik, reolojik ve morfolojik etkileri araştırılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda bu malzemelere daha fazla geri

dönüşüm işlemi yaptırılarak PC/ABS ve mineral katkılı hallerinin kaç geri dönüşüme kadar özelliğini koruduğu gözlemlenebilir.

PC/ABS ve mineral katkılı halleri UV yaşlandırmaya 48,144 ve 336 saat maruz bırakıldı. Bu süre uzatılarak bu malzemelerin ne kadar süre sonra kullanılamaz hale gelebileceği ve ne kadar süre dayanım vadettiği çalışabilir.

PC/ABS/%15M ve PC/ABS/%20M malzemelerine termal yaşlandırma uygulanarak literatürdeki eksik giderilip, malzemelerin dayanım özellikleri daha da tanımlanmış olması için bir çalışma yapılabilir.

Bu çalışmada PC/ABS karışımına katkı malzemesi olarak talk minerali tercih edildi. Bunun yanında başka minerallerin PC/ABS ile karışımının mekanik, reolojik ve morfolojik özelliklerine etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

Pérez J. M., Vilas J. L., Laza J. M., Arnaiz S., Mijangos F., Bilbao E., Rodriguez M., Leon L. M., (2010), "Effect of reprocessing and accelerated ageing on thermal and mechanical polycarbonate properties," J. Mater. Proces. Technol., 210, 727–733

Pérez J. M., Vilas J. L., Laza J. M., Arnaiz S., Mijangos F., Bilbao E., Rodriguez M., Leon L. M., (2010), "Effect of reprocessing and accelerated weathering on ABS properties," J. Polym. Environ., 18, 71–78

Scaffaro R., Botta L., Di Benedetto G., (2012), "Physical properties of virgin-recycled ABS blends: Effect of post-consumer content and of reprocessing cycles," Euro. Polym. J., 48, 637–648

ASTM G154, (2012), "Standard practice for operating fluorescent ultraviolet (UV) lamp apparatus for exposure of nonmetallic materials,", American Society for Testing Materials

ISO 527-1, (2012), "Plastics - determination of tensile properties - Part 1: General principles," International Organization for Standardization, Switzerland,

ISO 178, (2010), "Plastics - determination of flexural properties," International Organization for Standardization, Switzerland,

ISO 180, (2000) "Plastics - determination of Izod impact strength," International Organization for Standardization, Switzerland,

ISO 1133, (2005), "Plastics - determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics," International Organization for Standardization, Switzerland,

Lee Y. K., Lee J. B., Park D. H., Kim W. N., (2013) "Effects of accelerated aging and compatibilizers on the mechanical and morphological properties of polypropylene and poly(acrylonitrile-butadiene-styrene) blends," J. Appl. Polym. Sci., 127, 1032–1037

Ramesh V., Mohanty S., Biswal M., Nayak S. K., (2015), "Effect of reprocessing and accelerated weathering on impact-modified recycled blend," J. Mater. Eng. Perform., 24, 5046–5053,

Jiang L., Zhou M.,Ding Y., Zhou Y., Dan Y., (2018) "Ageing induced ductile-brittle-ductile transition in bisphenol A polycarbonate," J. Polym. Res., 25, 39,

Kaynak C., Erdoğan A. R., (2015), 'Mechanical and thermal properties of polylactide/talc microcomposites: before and after accelerated weathering' Polymers Advanced Technologies,

Celina M. C., Wiggins J. S., Billingham N. C., (2009), Polymer Degradation and Performance, Oxford University Press,

Fisher M. M., (2004), PLASTICS RECYCLING, Plastics and the Environment,

Francis R., (2016), Recycling of Polymers Methods, Characterization and Applications, Wiley-VCH,

Sanchez E., (2007), .Ageing of PC/PBT blend: Mechanical properties and recycling possibility, Polymer Testing 26 378‑387

Pirez H., Mendes L. C., Cestari S., (2015), Effect of Weathering and Accelerated Photoaging on PET/PC (80/20 wt/wt%) Melt Extruded Blend, Materials Research.; 18(4): 763-768

Luzuriaga S., Kovarova J., Fortelny I., (2006), Degradation of pre-aged polymers exposed to simulated recycling: Properties and thermal stability, Elsevier, 91:1226-1232

Myllari V., Ruoko T., Jarvela P., (2014), The effects of UV irradiation to polyetheretherketone fibres e Characterization by different techniques, Polymer Degradation and Stability 109 278-284

Abdullah M. Z., Dan-mallam Y., Yusoff S.M.M., (2013), Effect of Environmental Degradation on Mechanical Properties of Kenaf/Polyethylene Terephthalate Fiber Reinforced Polyoxymethylene Hybrid Composite, Advances in Materials Science and Engineering Volume

William A., (2007), Handbook of thermoplastic elastomers Plastics Design Library

Utracki L. A., (1998), Commerical Polymer Blends, Springer-Science+Business Media, B.V.

Utracki L. A., (2014), Polymer Blends, Springer-Science+Business Media, B.V,

Grabowski T.S., (1964a), U.S. Patent 3,130,177

Grabowski T.S., (1964b), U.S. Patent 3,134,746

Grabowski T.S., (1966), U.S. Patent 3,267,175

Grabowski T.S., (1970), So. Afric. Patent 07,675, 25

Web 1, (2019), https://www.plastikciyiz.biz/bilgi-kutuphanesi/teknik-bilgi-kutuphanesi/204/plastik-nedir, (Erişim Tarihi: 24/06/2019)

Web 2, (2019), https://www.metalurjimalzeme.net/plastik-nedir/, (Erişim Tarihi: 24/06/2019)

Web 3, (2019), https://ourworldindata.org/plastic-pollution, (Erişim Tarihi: 24/06/2019)

Web 4, (2019), https://tr.wikipedia.org/wiki/Termoplastik, (Erişim Tarihi: 24/06/2019)

Web 5, (2019), https://www.pagev.org/termoplastikler, (Erişim Tarihi: 24/06/2019)

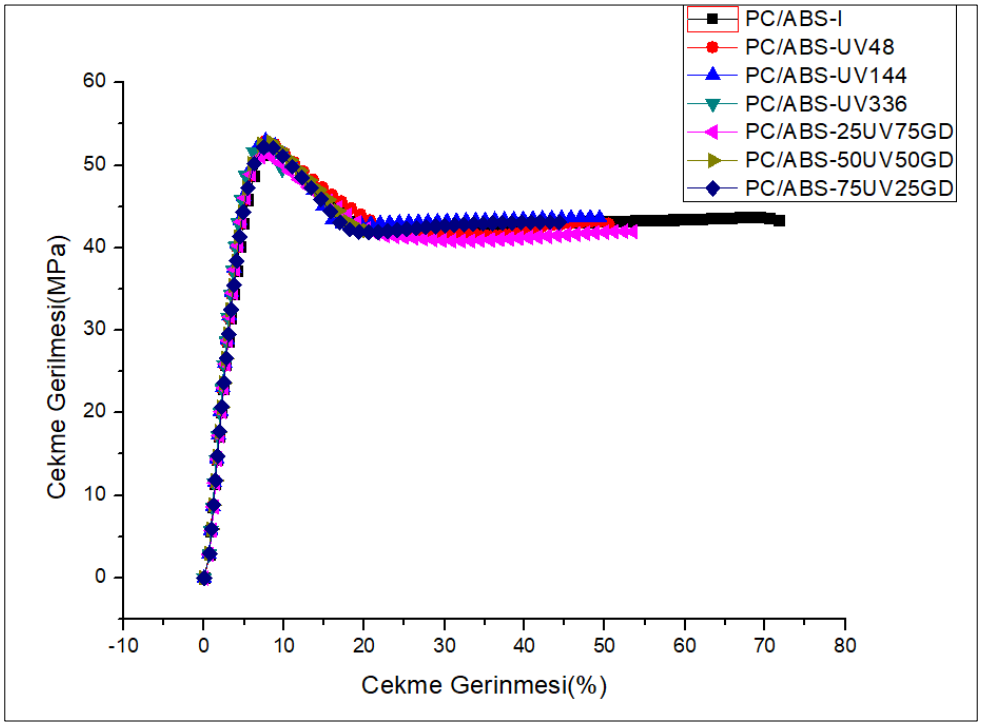
ÖZGEÇMİŞ

Serhat MERT 1992 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve ortaokul eğitimlerini Gebze'de tamamladıktan sonra 2006 yılında Gebze Anadolu Lisesi'nde lise eğitimine başladı. 2010 yılında mezun olup Eskişehir Osmangazi Üniversitesi'nde makine mühendisliği lisans eğitimine başladı. 1 yılı hazırlık olmak üzere 5 senede lisans eğitimini tamamlamasının ardından 2016 yılında Gebze Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansı boyunca kompozit ve plastik gibi malzemeler konusunda çalışmalar yaparken, tasarım, analiz ve kodlama konusunda da çalışmalarda bulunmuştur.

EKLER

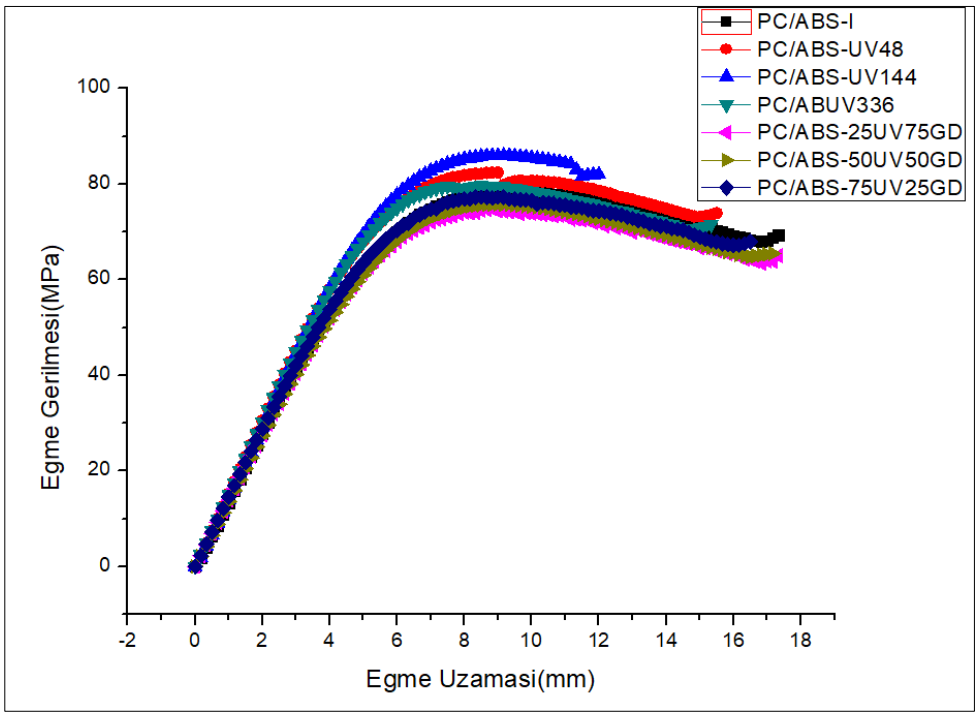
EK A: PC/ABS Malzemesi Çekme ve Eğme Testi Genel Sonuçları

Şekil A1.1'de PC/ABS malzemesi için bütün numunelerin çekme sonuçları gösterilmiştir.



Şekil A1.1: PC/ABS Çekme Testi Genel Sonuçları.

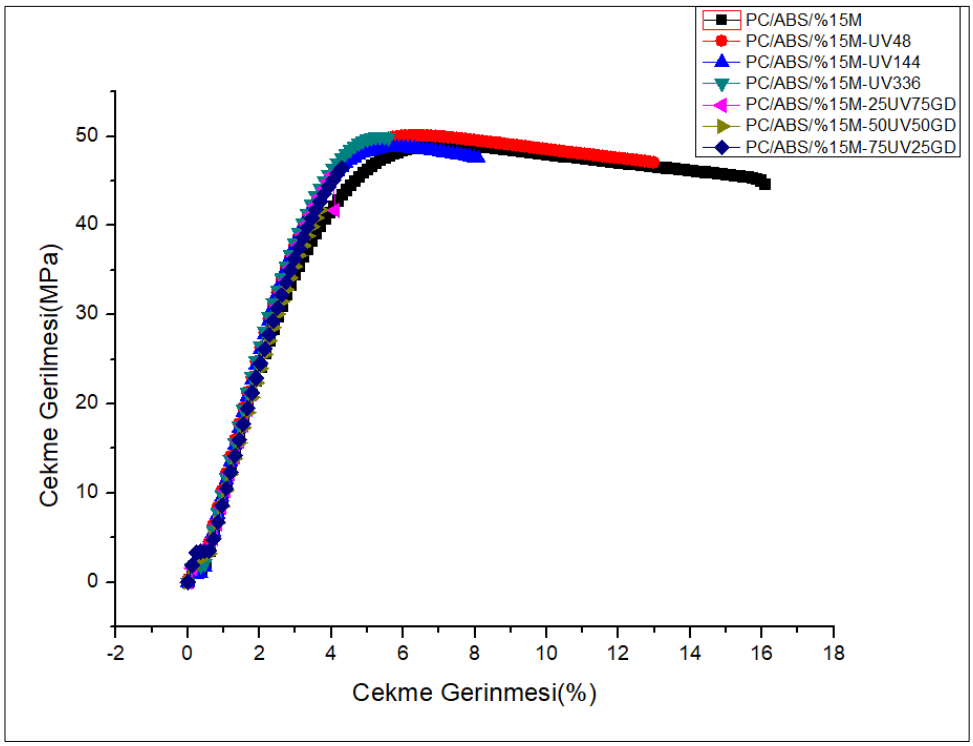
Şekil A1.2'de PC/ABS malzemesi için bütün numunelerin eğme testi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil A1.2: PC/ABS Eğme Testi Genel Sonuçları.

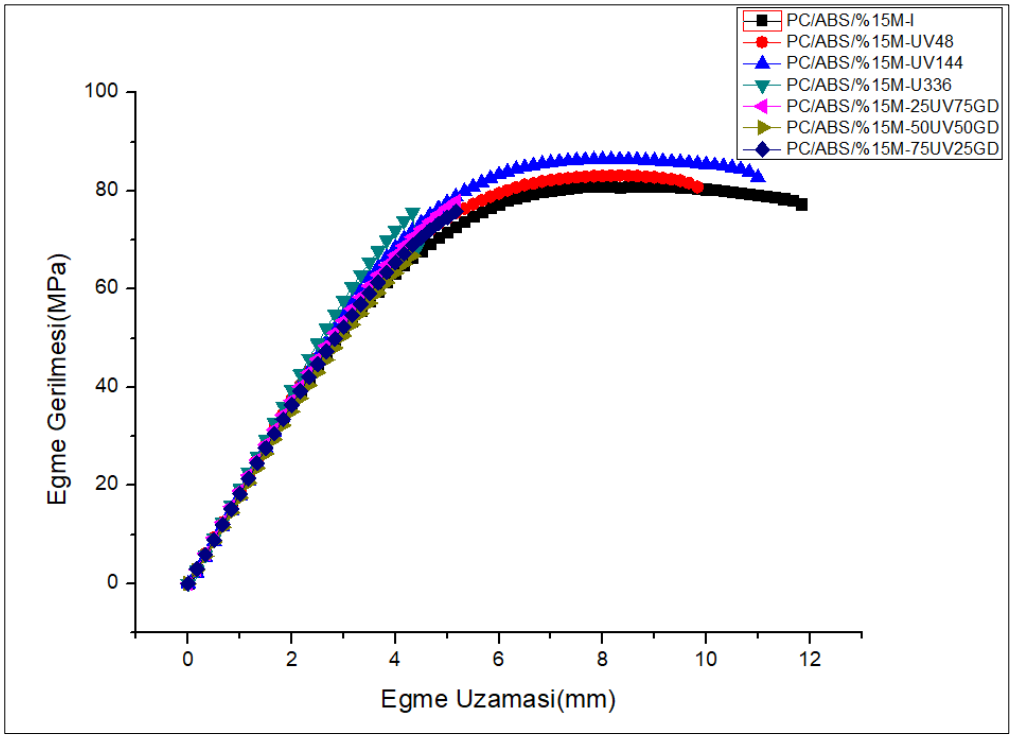
EK B: PC/ABS/%15M Malzemesi Çekme ve Eğme Testi Genel Sonuçları

Şekil B1.1'de PC/ABS/%15M malzemesi için bütün numunelerin çekme testi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil B1.1: PC/ABS/%15M Çekme Testi Genel Sonuçları.

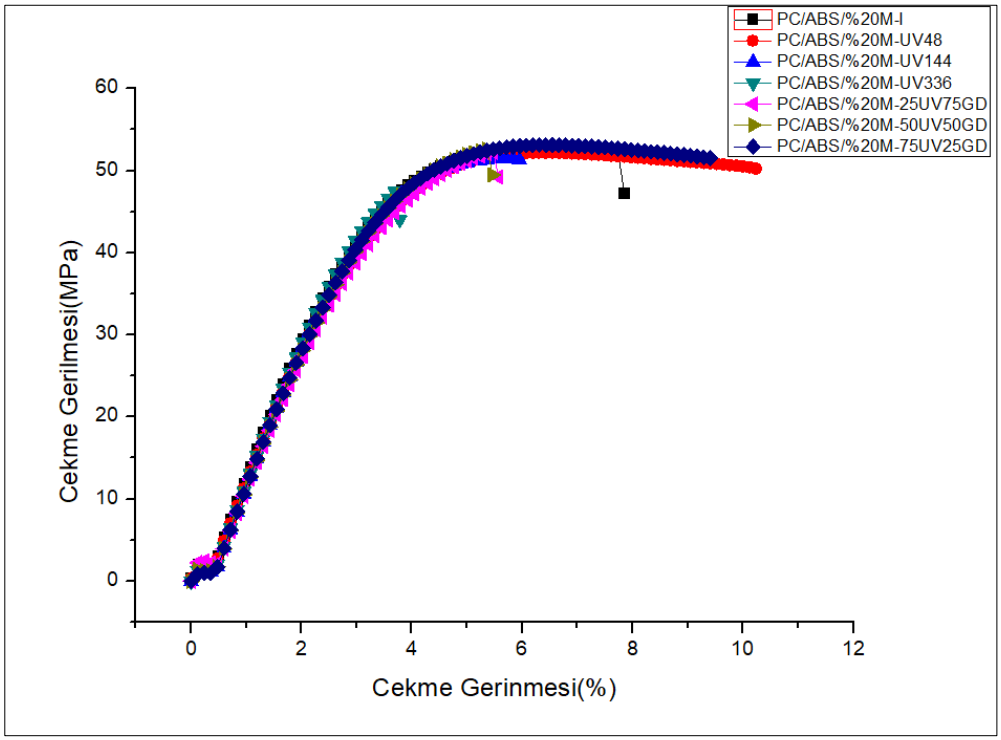
Şekil B1.2'de PC/ABS/%15M malzemesi için bütün numunelerin eğme testi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil B1.2: PC/ABS/%15M Eğme Testi Genel Sonuçları.

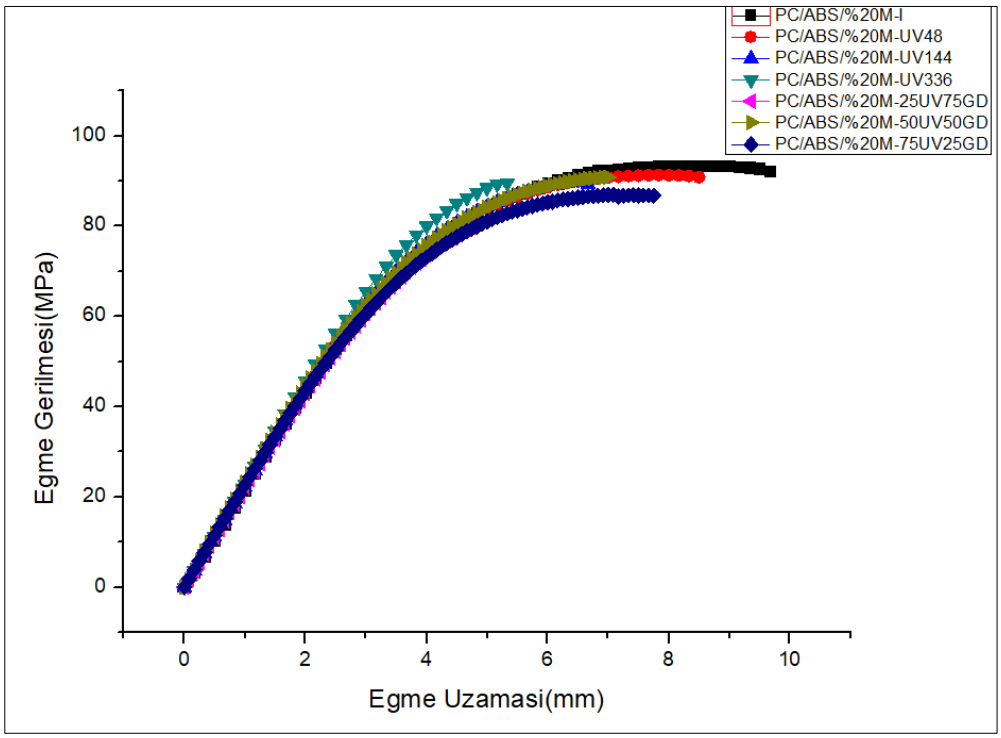
EK C: PC/ABS/%20M Malzemesi için Çekme ve Eğme Testi Genel Sonuçları

Şekil C1.1'de PC/ABS/%20M malzemesi için bütün numuneleri çekme testi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil C1.1: PC/ABS/%20M Çekme Testi Genel Sonuçları.

Şekil C1.2'de PC/ABS/%20M malzemesi için bütün numunelerin eğme testi sonuçları gösterilmiştir.



Şekil C1.2: PC/ABS/%20M Eğme Testi Genel Sonuçları.