

**SBS KOMPOZİT MALZEMENİN ARA YÜZEY
ETKİLEŞİM VE MEKANİKSEL DAYANIM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA**

Ceyda YILMAZ

**SBS KOMPOZİT MALZEMENİN ARA YÜZEY ETKİLEŞİM VE
MEKANİKSEL DAYANIM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Ceyda YILMAZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2016**

Ceyda YILMAZ tarafından hazırlanan “SBS KOMPOZİT MALZEMENİN ARA YÜZEY ETKİLEŞİM VE MEKANİKSEL DAYANIM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KADI

Tez Danışmanı, Kimya Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/06/2016

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd.Doç. Dr. Çiğdem KADI (KBÜ)

Üye : Prof.Dr. Mustafa ÖKSÜZ (MÜ)

Üye : Yrd.Doç. Dr. Yasin KANBUR (KBÜ)

...../...../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ceyda YILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SBS KOMPOZİT MALZEMENİN ARA YÜZEY ETKİLEŞİM VE MEKANİKSEL DAYANIM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Ceyda YILMAZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KADI

Haziran 2016, 104 sayfa

Birçok mühendislik uygulamalarında polimer kompozitler; sadece hafiflik, mekanik dayanım gibi özellikler gerektiren uygulamalar değil, insan dokularıyla uyum sağlayan ve sertlik derecesi ayarlanabilen yapay doku ve organlar gibi uygulamalar ile "optik elyaf" ve basınçla elektrik üretebilen "piezoelektrik" özellikli ve istenildiği gibi işlenebilen özel sistemlerin yapımında da metal ve seramik malzemelerin yerlerine kullanılmaktadır.

Elyaf takviyeli polimer kompozit malzemeler; yüksek mekanik dayanım, hafiflik, sertlik, boyutsal sabitlik, direnç, düşük termal genleşme ve yüksek sönümlenme gibi birçok özellikleri bir arada bulundurmaktadır.

Kompozit üretim maliyetini düşürmek, ihraç malı plastik kullanımını azaltmak ve geri dönüşüm amacıyla ahşap tozu gibi dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Odun-

plastik Kompozitler (OPK), bitki, meyve çekirdek ve kabuklarının, ağaç kök ve saplarının öğütülüp un haline getirilerek veya liflerinin alınarak plastiklere karıştırılması suretiyle elde edilmektedir. Bu dolguların bulunması kolay ve ucuzdur, işleme ekipmanına aşınma gibi etkileri azdır.

Bu çalışmada SBS blok kopolimere belli oranlarda (%10-%20-%30-%40) talaş veya pirina katılarak kompozit malzemeler elde edilmiş, mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonraki aşamada %20 talaş-SBS ve %20 pirina-SBS karışımlarına sabit oranlarda bacakülü veya camtozu katılarak yeni kompozitler oluşturulmuş ve mekanik özellikleri bir öncekilerle karşılaştırılmıştır. Hazırlanan numunelerin taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile yüzey ve ara yüzey morfolojileri incelenmiştir. DSC ve TGA/DTA Termal analizleri ile kompozitlerin erime ve bozulma sıcaklıkları, kütle kayıpları belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Kopolimer, odun-plastik kompozit malzeme (OPK), mekanik özellik, termal ve morfolojik karakterizasyon.

Bilim Kodu : 201.1.193

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

RESEARCHING INTERFACE INTERACTION AND MECHANICAL RESISTANCE FEATURES OF SBS COMPOSITE MATERIAL

Ceyda YILMAZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Çiğdem KADI

June 2016, 104 pages

Polymer composites are used instead of metal and ceramic materials in many engineering applications; not only applications that require properties like lightness and mechanical strength but also applications involving artificial tissues and organs which accommodate to human tissues and feature adjustable stiffness degree, and special systems, feature “optical fiber” and attribute to produce electricity with pressure “piezoelectric”, which may be processed as required.

Fiber reinforced polymer composite materials currently keep many features all together, such as high mechanical strength, lightness, stiffness, dimensional stability, resistance, low thermal expansion and high damping.

Fillers such as wood powder are used in order to reduce production cost of composite, decrease use of exported plastic and recycle. Wood-Polymer Composites

(WPC) are obtained by grinding plants, seeds and rinds of fruits and roots and branches of trees into flour or by taking fibres and mixing them with plastic. The procurement of these fillers is easy and cheap, their effects to the operating equipment such as abrasion are low.

In this study composite materials are obtained by adding shavings and bagasse to SBS block copolymer at definite rates (10%-20%-30%-40%) and their mechanical properties are examined. In the next phase, new composites are formed by adding fly ash and glass powder to 20% sawdust – SBS and 20% pomace – SBS mixtures at a fixed rate and their mechanical properties are compared with the previous ones. Surface and interface morphologies of the prepared specimens are investigated with Scanning Electron Microscope (SEM). With DSC and TGA/DTA thermal analysis, melting and decomposition temperatures and mass losses of the composites are determined.

Keywords : Copolymer, wood-polymer composite material (WPC), mechanical property, thermal and morphological characterization.

Science Code : 201.1.193

TEŞEKKÜR

Bu çalışmam sırasındaki her türlü yardımları ve sabrı için sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KADI' ya,
Deney aşamasındaki değerli katkılarından ötürü Dr. Ümit TAYFUN' a ve Yrd. Doç. Dr. Yasin KANBUR' a,
Plastik ve katkıların temininden dolayı Mehmet Gençoğlu, Serpil Hanım ve Ziyilan Ayakkabı taban fabrikası çalışanlarına,
Hayatım boyunca her koşulda destekçim olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

“Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: KBÜ-BAP-13/2-YL-025”

(“This work was supported by Research Fund of the Karabuk University. Project Number: KBÜ-BAP-13/2-YL-025”)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	4
BÖLÜM 2	13
GENEL BİLGİLER	13
2.1. POLİMER KAVRAMI	13
2.1.1. Termoplastikler.....	14
2.1.1.1. Termoplastiklerin Şekillendirilmesi.....	14
2.1.2. Stiren-Bütadien-Stiren (SBS).....	16
2.2. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ	19
2.2.1. Kuvvet Türleri	20
2.2.2. Deformasyon.....	21
2.2.3. Gerilim Ve Gerinim.....	21
2.2.4. Elastik Deformasyon	22
2.2.5. Çekme	22
2.2.6. Plastik Akma.....	23
2.2.7. Polimerlerin Gerilme-Uzama Davranışları.....	23
2.3. KOMPOZİTLER.....	25

	<u>Sayfa</u>
2.3.1. Polimer Matrisli Kompozit Malzemeler.....	26
2.4. POLİMERLERDE KULLANILAN KATKI MADDELERİ.....	27
BÖLÜM 3	28
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	28
3.1. KULLANILAN MALZEMELER.....	28
3.2. KULLANILAN CİHAZLAR.....	31
3.2.1. Makineler.....	31
3.2.1.1. Mikro Karıştırıcı	31
3.2.1.2. Enjeksiyon Makinesi.....	32
3.2.2. Test Cihazları.....	33
3.2.2.1. Çekme Test Cihazı.....	33
3.2.2.2. Sertlik Cihazı	34
3.2.2.3. Aşınma Cihazı.....	35
3.2.2.4. DSC Ve TGA Cihazı	36
3.2.2.5. SEM Cihazı.....	37
3.3. DENEYSEL YÖNTEM	38
3.3.1. Karışımların Hazırlanması.....	38
3.3.2. Test Plakalarının Çekme Testleri.....	39
BÖLÜM 4	41
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1. MEKANİK ÖZELLİKLER.....	41
4.1.1. Çekme - Uzama Testi	41
4.1.1.1. SBS (Kontrol Numunesi).....	41
4.1.1.2. SBS-%10 Talaş (Numune 1).....	41
4.1.1.3. SBS-%20 Talaş (Numune 2).....	42
4.1.1.4. SBS-%30 Talaş (Numune 3).....	42
4.1.1.5. SBS-%40 Talaş (Numune 4).....	42
4.1.1.6. SBS- %10 Pirina (Numune 5).....	43
4.1.1.7. SBS - %20 Pirina (Numune 6).....	43
4.1.1.8. SBS- %30 Pirina (Numune 7).....	43

	<u>Sayfa</u>
4.1.1.9. SBS- %40 Pirina (Numune 8).....	43
4.1.1.10. SBS-Talaş-Bacakülü (Numune 9).....	44
4.1.1.11. SBS-Talaş-Camtozu (Numune 10)	44
4.1.1.12. SBS-Pirina-Bacakülü (Numune 11).....	44
4.1.1.13. SBS-Pirina-Camtozu (Numune 12)	45
4.1.2. Sertlik Testi.....	54
4.1.3. Aşınma Testi.....	56
4.2. TERMAL ÖZELLİKLER	59
4.2.1. DSC Sonuçları	59
4.2.2. TGA/DTA Sonuçları	71
4.3. MORFOLOJİK ÖZELLİKLER	84
BÖLÜM 5	89
SONUÇLAR	89
KAYNAKLAR	91
EK AÇIKLAMALAR A. ÇEKME MUKAVEMETİ - YÜZDE UZAMA EĞRİLERİ	96
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Stiren-Bütadien-Stiren	17
Şekil 2.2. Katılara etki eden temel kuvvetler	20
Şekil 2.3. Polimerik malzemelerde gerilme uzama eğrileri	23
Şekil 2.4. Polimerlerin gerilme-uzama eğrisinin incelenmesi	24
Şekil 3.1. DSM Xplore çift vidalı mikro karıştırıcı	32
Şekil 3.2. Daka enjeksiyon makinesi.....	32
Şekil 3.3. Deneilerde kullanılan çekme test cihazı. Lloyd LR 5K üniversal gerilme test makinesi	33
Şekil 3.4. Çekme testi numunesi kalıbı.....	34
Şekil 3.5. El tipi PCE-DD D dijital durometre.....	35
Şekil.3.6. Aşınma test cihazı	35
Şekil 3.7. DSC cihazı ve DTA/TGA cihazı	37
Şekil 3.8. SEM cihazı (Carl Zeiss Ultra Plus Gemini FESEM).....	37
Şekil 3.9. Çekme testinde plakanın kopma anı	39
Şekil 3.10. Çekme testi öncesi ve sonrası test numuneleri	40
Şekil 4.1. SBS/talaş karışımlarında Young modülü değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi	46
Şekil 4.2. SBS/talaş karışımlarında çekme mukavemeti değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi	47
Şekil 4.3. SBS/talaş karışımlarında yüzde uzama değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi	47
Şekil 4.4. SBS/pirina karışımlarında Young modülü değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi	48
Şekil 4.5. SBS/pirina karışımlarında çekme mukavemeti değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi	48
Şekil 4.6. SBS/pirina karışımlarında yüzde uzama değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi	49
Şekil 4.7. Talaş ve pirina takviyeli kompozitlerin Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama özelliklerinin karşılaştırması	50

Şekil 4.8. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına bacakülü ilavesinin Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama değerlerine etkisinin grafiksel gösterimi	51
Şekil 4.9. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına camtozu ilavesinin Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama değerlerine etkisinin grafiksel gösterimi	53
Şekil 4.10. Talaş ve pirina takviyeli kompozitlerde sertlik değerlerinin takviye içeriğine göre değişimi.....	55
Şekil 4.11. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına bacakülü ilavesinin sertlik değerlerine etkisi.....	55
Şekil 4.12. SBS/Talaş ve SBS/Pirina karışımlarına camtozu ilavesinin sertlik değerlerine etkisi.....	56
Şekil 4.13. Talaş ve pirina takviyeli kompozitlerde aşınma değerlerinin takviye içeriğine göre değişimi.....	58
Şekil 4.14. SBS-talaş kompozitine bacakülü ve camtozu ilavesinin etkisi.....	58
Şekil 4.15. SBS-pirina kompozitine bacakülü ve camtozu ilavesinin etkisi.....	59
Şekil 4.16. (A) SBS için DSC grafiği	59
Şekil 4.17. (1) SBS-%10 talaş için DSC grafiği	60
Şekil 4.18. (2) SBS-%20 talaş için DSC grafiği	61
Şekil 4.19. (3) SBS-%30 talaş için DSC grafiği	61
Şekil 4.20. (4) SBS-%40 talaş için DSC grafiği	62
Şekil 4.21. (5) SBS-%10 pirina için DSC grafiği	63
Şekil 4.22. (6) SBS-%20 pirina için DSC grafiği	64
Şekil 4.23. (7) SBS-%30 pirina için DSC grafiği	65
Şekil 4.24. (8) SBS-%40 pirina için DSC grafiği	66
Şekil 4.25. (9) SBS-talaş-bacakülü için DSC grafiği.....	67
Şekil 4.26. (10) SBS-talaş-camtozu için DSC grafiği.....	68
Şekil 4.27. (11) SBS-pirina-bacakülü için DSC grafiği.....	69
Şekil 4.28. (12) SBS-pirina-camtozu için DSC grafiği.....	70
Şekil 4.29. (A) SBS için TGA/DTA Termogramı	71
Şekil 4.30. (1) SBS -% 10 talaş TGA/DTA termogramı	72
Şekil 4.31. (2) SBS -% 20 talaş TGA/DTA termogramı.....	73
Şekil 4.32. (3) SBS -% 30 talaş TGA/DTA termogramı.....	74
Şekil 4.33. (4) SBS -% 40 talaş TGA/DTA termogramı.....	75
Şekil 4.34. (5) SBS -% 10 pirina TGA/DTA termogramı.....	76

Şekil 4.35. (6) SBS –%20 pirina TGA/DTA termogramı	77
Şekil 4.36. (7) SBS –%30 pirina TGA/DTA termogramı	78
Şekil 4.37. (8) SBS –%40 pirina TGA/DTA termogramı	79
Şekil 4.38. (9) SBS- %20 talaş-%1 bacakülü TGA/DTA termogramı	80
Şekil 4.39. (10) SBS- %20 talaş-%7 cam tozu TGA/DTA termogramı	81
Şekil 4.40. (11) SBS-%20 prina-%1 bacakülü TGA/DTA termogramı.....	82
Şekil 4.41. (12) SBS-%20 prina-%7 camtozu TGA/DTA termogramı	83
Şekil 4.42. SBS- %20 talaş için 500X ve kırık 500X büyütme SEM görüntüleri	85
Şekil 4.43. SBS- %40 talaş için 500X, kırık 500-X büyütme SEM görüntüleri.....	85
Şekil 4.44. SBS-%20 pirina için 500X , kırık 500X büyütme SEM görüntüleri	86
Şekil 4.45. SBS-pirina %40 için 500X ve kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.....	86
Şekil 4.46. SBS-talaş-bacakülü için 500X, kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.....	87
Şekil 4.47. SBS-talaş-camtozu için 500X kırık 500X büyütme SEM görüntüsü	87
Şekil 4.48. SBS-pirina-bacakülü için 500X kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.....	88
Şekil 4.49. SBS-pirina-camtozu için 500X, kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.....	88
Şekil Ek A.1. SBS çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	97
Şekil Ek A.2. SBS- %10 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	97
Şekil Ek A.3. SBS- %20 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	98
Şekil Ek A.4. SBS- %30 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	98
Şekil Ek A.5. SBS- %40 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	99
Şekil Ek A.6. SBS- %10 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	99
Şekil Ek A.7. SBS- %20 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	100
Şekil Ek A.8. SBS- %30 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	100
Şekil Ek A.9. SBS- %40 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	101
Şekil Ek A.10. SBS-talaş-bacakülü çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği ..	101
Şekil Ek A.11. SBS-talaş- camtozu çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği ..	102
Şekil Ek A.12. SBS-pirina-bacakülü çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	102
Şekil Ek A.13. SBS-pirina-camtozu çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. İşlem görmemiş SBS'nin fiziksel özellikleri	28
Çizelge 3.2. Odun talaşı içeriği	29
Çizelge 3.3. Değişik zeytinyağı üretim yöntemlerinden elde edilen ham pirinaların nem ve yağ yüzdeleri.....	29
Çizelge 3.4. Biyokütle örneklerinin ısıl analiz sonuçları	29
Çizelge 3.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan bacakülünün içeriği	30
Çizelge 3.6. DOP özellikleri.....	31
Çizelge 3.7. Sertlik cihazı teknik özellikler	34
Çizelge 3.8. Aşınma test cihazının özellikleri.....	36
Çizelge 3.9. Hazırlanan numune içerikleri.....	38
Çizelge 4.1. İşlem görmüş SBS mekanik test sonuçları.....	41
Çizelge 4.2. SBS- %10 talaş mekanik test sonuçları	42
Çizelge 4.3. SBS- %20 talaş mekanik test sonuçları	42
Çizelge 4.4. SBS- %30 talaş mekanik test sonuçları	42
Çizelge 4.5. SBS- %40 talaş mekanik test sonuçları	42
Çizelge 4.6. SBS- %10 pirina mekanik test sonuçları	43
Çizelge 4.7. SBS- %20 pirina mekanik test sonuçları	43
Çizelge 4.8. SBS- %30 pirina mekanik test sonuçları	43
Çizelge 4.9. SBS- %40 pirina mekanik test sonuçları	44
Çizelge 4.10. SBS-talaş-bacakülü mekanik test sonuçları	44
Çizelge 4.11. SBS-talaş-camtozu mekanik test sonuçları.....	44
Çizelge 4.12. SBS-pirina-bacakülü mekanik test sonuçları.....	44
Çizelge 4.13. SBS-pirina-camtozu mekanik test sonuçları.....	45
Çizelge 4.14. Kompozit içindeki talaş oranına göre Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama ortalama değerleri	45
Çizelge 4.15. Kompozit içindeki pirina oranına göre Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama ortalama değerleri	45
Çizelge 4.16. Kompozitlere bacakülü ve camtozu ilavesi sonucu elde edilen Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama ortalama değerleri.....	46

Sayfa

Çizelge 4.17. Sertlik test sonuçları.....	54
Çizelge 4.18. Aşınma test sonuçları.....	57
Çizelge 4.19. Numunelerin DSC ve DTA/TGA termal analiz sonuçları.....	84



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

σ : Çekme Gerilimi

ε : Çekme Gerinimi

E : Young Modülü

δ : Uzama

KISALTMALAR

OPK : Odun-Plastik Kompozitler

WPC : Wood-Polymer Composite

SBS : Stiren Bütadien Stiren

SEM : Scanning Electron Microscope (Taramalı Elektron Mikroskobu)

TGA : Thermogravimetric Analysis (Termogravimetrik Analiz)

DTA : Differential Thermal Analysis (Diferansiyel Termal Analiz)

DSC : Differential Scanning Calorimetry (Diferansiyel Taramalı Kalorimetre)

UV : Ultraviyole

TPE : Termoplastik Elastomerler

TPE-S : Stirenik Blok Kopolimer Bazlı TPE

SEBS : Stiren-Etilen/Bütülen-Stiren

SEPS : Stiren-Etilen/Propilen-Stiren

SBR : Styrene Butadiene Rubber (Stiren Bütadien Kauçuk)

PS : Polistrien

PB : Polibütadien

Tg : Camsı Geçiş Sıcaklığı

Te : Erime Sıcaklığı

Tb : Bozunma Sıcaklığı

PVC : Polivinilklorür

CaCO₃ : Kalsit
µm : Mikrometre
cc : Cubic Centimeter
rpm : Rounds Per Minute
min : Dakika
kN : Kilo Newton
Au : Altın
Pd : Paladyum
EDX : Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi)
DOP : Dioktilftalat
Hz : Hertz

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sentetik polimerlerin ticari boyutlarda üretiminin başlamasından önce insanlar; giyinme veya dokuma amaçlı gereksinimlerini yün, pamuk, jüt, keten türü doğal liflerden karşılamışlar, günlük hayatta kullandıkları çoğu malzemeyi ise çelik, cam, odun, taş, tuğla, çimento gibi maddelerden yapmışlardır. Daha sonraları “plastik poşet”, “plastik tabak”, “sentetik kumaş”, “sunî deri” şeklinde adlandırılan bazı ürünler kullanılmaya başlanmıştır. Sözü edilen ürünler, sentetik yollarla elde edilen ‘polimer’lerden elde edilir. Doğal kauçuğun ve yün, pamuk, jüt, keten türü doğal liflerin temel yapısı da polimerdir.

Polimerler, büyük moleküllü kimyasallardır. Polimer moleküllerinin, geleneksel kimyasal maddelerin moleküllerinden çok büyük olabileceğine yönelik ilk görüş 1920’de Staudinger tarafından ortaya atılmıştır. 10 yıl sonra 1930’da Staudinger’in bu önerisi kabul edilmiş ve 1930’lardan sonra ‘polimer’ kelimesi bilimsel alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Polimer kimyası ve polimer teknolojisi bilimleri zaman içerisinde hızla gelişmiş, ayrı ve önemli birer bilim dalı haline gelmişlerdir. 1980’li yılların başında dünyadaki toplam plastik tüketimi, toplam çelik tüketimini geçmiştir.

Günümüzde modern dünyanın vazgeçilmez malzemeleri haline gelen polimerlerin insan hayatını kolaylaştırıcı etkileri devam etmektedir. Örneğin, Kevlar ve Nomex gibi aramitlerden kurşun geçirmez yelekler üretilmekte, camdan daha iyi optik özelliklere sahip olan poli(metil metakrilat)tan 33 cm kalınlığa kadar yeterli ışık geçirgenliğine sahip levhalar yapılabilmektedir. Son yıllarda önemi artan bir diğer malzeme grubu da polimerik kompozitlerdir. Özellikle lif takviyeli polimer kompozitler uzay, havacılık, askeri gibi alanlarda metalden hafif olmaları ve dayanımları dolayısıyla çelik, titanyum gibi metallerin yerini almaktadırlar. Spesifik dayanıklılık, fiyat, işlenebilir olma kompozitlerin metallerden üstün oldukları

özellikler olarak sayılabilir. Ayrıca ısı, ses ve elektrik ızalasyonu sağlayabilmeleri ile korozyona dayanımlı olmaları da ilgili kullanım alanları için üstünlük sağlamaktadır.

Kompozitlerin özgül ağırlıklarının düşük olması hafif konstrüksiyonlarda kullanımda büyük avantaj olmaktadır. Kompozitler karmaşık, basit, geniş ya da küçük, akla gelebilecek her türlü yapısal, estetik, dekoratif ya da fonksiyonel amaçlı olarak tasarlanabilir [1].

Isı iletim katsayısı düşük malzemelerden meydana gelebilen kompozitlerin ısıya dayanıklılık özelliği, yüksek ısı altında kullanılabilmesine imkan sağlamaktadır ve böylece izolasyon malzemesi olarak kullanılabilmektedirler. Bazı özel katkı maddeleri ile kompozitlerin ısıya dayanımı yükseltilebilir.

Kompozitler; havadan, korozyondan ve bir çok kimyasal maddenin etkilerinden zarar görmezler. Bu özelliklerinden dolayı kompozit malzemeler kimyevi madde tankları, boru ve aspiratörler, tekne ve diğer deniz araçları yapımında güvenle tercih edilmektedir. Özellikle korozyona karşı mukavemetli olması, endüstride pek çok alanda avantaj getirmektedir [2].

Kompozitler, istenilen amaca doğrultusunda farklı maddelerin belli düzende bir araya getirilmesiyle oluşturulan malzemelerdir. Kompoziti oluşturan maddeler arasında birincil kimyasal etkileşimler yoktur ve genellikle kompozitteki bileşenlerin birbirleriyle temas ettiği noktalar gözle seçilebilir. Kompozit malzeme hazırlamaktaki temel amaç, farklı maddelerin iyi özelliklerini bir madde altında toplamaktır [3]. Örneğin, iki yün dokuma arasına kauçuk bir tabakanın yerleştirilip ısı altında sıkıştırılmasıyla meydana gelen üç katmanlı bir polimer-polimer kompoziti, saf yün ve saf kauçuğa göre yağmurluk yapımına daha elverişlidir. Pamuk dokuma giyim kolaylığı sunarken, kauçuk bileşen sudan etkilenmeyi engeller.

Kompozitlerin kullanımı uzun yıllar öncesine uzanır. Çamur ile samanın (kerpiç) veya diğer bitkilerin karıştırılması ile oluşturulan kompozitler, ilk kullanılan yapı malzemeleridir. Günümüz inşaat sektörünün en önemli yapı malzemesi olan beton, temelinde çimento ve kumdan hazırlanan bir kompozit malzemedir. Pek çok kez

beton dökümü sırasında takviye amacıyla demir çubuklardan faydalanılır ve başka bir kompozit malzeme elde edilir. Ticari amaçlı üretimi yapılan liflerle takviye edilmiş ilk polimerik kompozitler, fenolik ve melanin reçinelerden üretilmiştir. 1940'larda doymamış poliester ve cam liflerden hazırlanan fiberglas ticari adı ile üretilen kompozit, günümüzde bilinen ve yaygın olarak kullanılan kompozitlerdendir.

En basit kompozit malzeme 'takviye edici' ve 'matris' denilen iki bileşenden meydana gelir. Takviye edici, kompozitin mekanik dayanımını sağlar, dayanıklılığı artırıcı etkisi genellikle kompozit içerisinde hacimce %10 dan fazla bulunduğu gözlenmeye başlanır. Kompozitin matris bileşeni, takviye ediciyi birarada tutar, dış etkilerden korur ve ayrıca kompozitin şeklini belirler.

Yakın dönemde yaygın olarak kullanılan polimer matrisli kompozitler anorganik ve organik elyafların (fiberglas, karbon, aramid, polietilen, polipropilen gibi) kullanıldığı fiberglas bileşiklerdir [4].

Elyaf takviyeli kompozitler ince elyafların matris yapıda bulunmasıyla meydana gelmiştir. Elyafların matris içindeki yerleşimi de kompozit malzemenin mukavemetini belirleyen önemli bir etkidir.

İki boyutlu yerleştirilmiş elyaf takviyelerle her iki yönde de eşit mukavemet sağlanırken, matris yapısında homojen dağılmış kısa elyaflarla ise izotrop bir yapı oluşturulabilir.

Elyafların mukavemeti kompozit yapının mukavemeti açısından büyük önem taşır. Ayrıca elyafların uzunluk/çap oranları büyüdükçe matris tarafından elyaflara iletilen yük miktarı da büyümektedir [5].

Elyaf yapının kusursuz olması da mukavemet açısından oldukça önemlidir. Kompozit yapının mukavemetinde önemli olan diğer bir etken ise elyaf matris arasındaki bağın yapısıdır. Matris yapıda boşluklar mevcutsa elyaflarla temas

azalacaktır. Nem absorpsiyonu da elyaf ile matris arasındaki bağı etkileyen olumsuz bir özelliktir.

Kompozit malzemeler karmaşık geometrilerde şekillendirilebilen ve birim kütle başına yük taşıma kapasiteleri yüksek olan malzemelerdir. Seramik ve metal türü malzemelerin çoğunun mekanik özellikleri geniş bir sıcaklık veya zaman aralığında çok fazla değişkenlik göstermezken, polimerlerin mekanik özellikleri yükün uygulandığı sıcaklığa ve uygulama zamanına bağlı olarak büyük oranda değişir.

Polimerlerden üretilen malzemelerin çekme dayanımı, vurma dayanımı, sıkıştırma dayanımı, sertlik gibi mekanik özellikleri, standart şartlarda veya malzemenin kullanılacağı şartlara benzer laboratuvar ortamında yapılan testlerle ölçülür. Test sonuçlarından; test yapılan koşullara benzer ortamlarda, test edilen mekanik özellik açısından polimerin kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir, farklı malzemelerin benzer mekanik özellikleri karşılaştırılabilir.

Bu çalışmada, SBS blok kopolimerin ahşap tozu ve prina gibi doğal takviye malzemeleriyle ve katkılarla harmanlanıp enjeksiyonda kompozite dönüştürülmesi, bu malzemenin mekaniksel özelliklerinin iyileştirilerek daha kullanışlı hale getirilmesi ve ürün maliyetinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Bunun için SBS (stiren-bütadien-stiren) blok kopolimerine belli oranlarda talaş veya pirina katılarak odun-plastik kompozit (OPK) malzeme elde edilmiştir. Belli orandaki SBS-Talaş ve SBS-Prina karışımlarına, Cam tozu veya sanayi atığı Bacakülünün de katılarak malzemenin mekanik dayanımının artırılması hedeflenmiştir. Termogravimetrik analiz ile kütle kayıpları, Diferansiyel Scanning Kalorimetre ile erime ve bozunma sıcaklıkları tespit edilmiştir. Kompozitlerin yüzey ve kırık yüzeylerinin çekilen SEM görüntülerine bakılarak ara yüzey bağlantıları incelenmiştir.

1.1. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

M.G. Buonomenna ve ark. (2011) SBS blok kopolimer membranlarına etanol/su transferinde nanoölçekli yapının etkisi incelemiştir. Kullanılan malzemeler stiren-bütadien-stiren blok kopolimerleri (kütlece %28 ve %21 polistiren), tolüen,

kloroform, tetrahidrofur, sikloheksandır. Özellikle SBS membranlarının nanoyapısı değiştirilerek etanol seçiciliği ve toplam akış en uygun koşullara getirilebilir. Nanoyapılı membranlar AFM (Atomic Force Microscopy) ve TEM (Transmission Electron Microscopy) de karakterize edilmiştir. Polibütadien (PB) ve polistiren (PS) bloklar ve kopolimer içindeki PS miktarı ile ilişkili parametreler temel alınarak çözelti hazırlanmıştır. Her bir çözücü için PS ve PB blokları arasındaki polimer-çözücü etkileşim parametrelerinde farklılık vardır. Bu farklılık, polimer bileşikleri ve çözücü arasındaki bağdan (benzeşmeden) kaynaklanmaktadır. Toluen SBS için en iyi çözücüdür. Çünkü PS için iyi bir çözücü, PB blokları için de uygun bir çözücüdür. Kloroform ve tetrahidrofur PS için seçicidir. Kütlece %20 polimerik çözelti ve yüksek buhar basıncına sahip çözücünden dolayı tipik olarak kloroform ve tetrahidrofurda düzensiz mikroyapı oluşur. Sikloheksanda PB blokları ile önemli ölçüde benzeşmeden dolayı PS bloklarında düzensiz dağılım belirgindir. Bu çözücü için %10a indirgenmiş konsantrasyon ve 40 C sıcaklıkta homojen filmler elde edilebilir. seyreltik sulu çözülden etanolün ayrılması SBS membranlarında membran yapısındaki çözücü değiştirilerek sağlanabilir. Toluen en iyi çözücüdür [6].

Haiying Fu ve ark. (2006) SBS aşu kopolimeri modifiyeli asfalt bağlayıcının depolama kararlılığı ve uygunluğu üzerine çalışmışlardır. γ - ışınları ışınlaması metoduyla polar monomer aşılı SBS eklenmesiyle, depolama kararlı SBS-g-M modifiye asfalt bağlayıcı başarılı bir şekilde hazırlanmıştır. Asfalt/SBS-g-M bağlayıcının karakteristiğı gerilme kontrollü reometre ile belirlenmiştir. SBS-g-M modifiyeli asfaltın fiziksel özellikleri; yumuşama noktası, izolasyon derecesi ve morfolojisi, farklı sürelerde yüksek sıcaklıkta ve oda sıcaklığında depolanması ve polimer ve asfalt arasındaki uyumu içerir. Bulunmuştur ki; SBS-g-M eklenmesi, bağlayıcıya belirgin bir gelişme getirecektir çünkü modifiye asfalt bağlayıcılar içinde karma sistemler daha iyi bir ağ oluşturabilir. Bu da bağlayıcının yüksek sıcaklık performansını artırır ve sıcaklığa duyarlılığını azaltarak avantaj sağlar. Florasan mikroskobu kullanılarak morfolojinin doğrudan gözlemlenmesi, SBS modifiyeli asfalt bağlayıcının uygunluğu ve depolama kararlılığını teyit etmek için faydalı bir yoldur [7].

Fernando G. Souza Jr. ve ark. (2006) plastikleştiricilerin (DOP ve CNSL) SBS/polianilin karışımlarının mekanik ve elektriksel özelliklerine etkisi üzerine çalışmışlardır. Dioktil ftalat (DOP) ve kaju fıstığı kabuğu sıvısı (CNSL) plastikleştiricileri varlığında SBS/polianilin-polyanilinedodecylbenzene sülfonik asit iletken karışımları hazırlanmıştır. Ürünler ultravioletevisible (UVEvis) spektrometresi, taramalı elektron mikroskobu, X-ışını kırınımı, elektron paramanyetik rezonanstır (EPR) ve direnç ölçümleri ile karakterize edilmiştir. Artan CNSL konsantrasyonu elektrik direncinde azalmaya, DOP varlığı ise elektrik direncinde artışa neden olmuştur. Polianilin bazlı iletken kompozitte kaju fıstığı kabuğu sıvısı (CNSL) kullanımı bu yazıda ilk defa rapor edilmiştir. Bu bileşik, SBS/polianilin işlenebilirliğini iyileştirilmiştir [8].

H. Yıldızhan (2008) polimer matrisli kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemiştir. Çalışmada karbon ve cam takviyeli düz dokusalı kompozitlerin dinamik davranışları, yorulma, titreşim sönüm özellikleri, doğal frekans ölçümleri ve eğilme deneylerle incelenmiştir. Yorulmada, çift bindirme bağlantılı kompozit malzemenin dayanımı, yapışmamış düz kompozit malzemeye göre daha düşük çıkmıştır. Bu da bu tür bağlantılarda yapıştırıcının rolünün oldukça büyük olduğunu göstermiştir. Yorulma dayanımında, maksimum tekrar sayısı ve maksimum yükte kür basıncına bağlı olarak farklılıklar gözlenmiştir. Bindirme bağlantılarında kullanılan yapıştırıcı ve yapışma yüzeyi bağlantıların dayanımını etkilediği görülmüştür. Yapışmalı çift bindirmeli cam kompozitte yorulma testi sonucu kopma, yapışma bölgesinde değil ancak yapışma bölgesine yakın bölgelerde meydana gelmiştir. Bu da yapışma bağlantısının yeterli yorulma dayanımına sahip olduğunu göstermiştir. Eğilmeye maruz elemanlarda yapıştırıcının yüksek soyma (peeling) dayanımına sahip olması gerektiği anlaşılmıştır. Değişik sıcaklıklardaki titreşim deneyinde karbon kompozit malzemelerin birinci frekans değerlerinde belirgin bir değişim olmazken, ikinci frekans değerlerinde sıcaklıkla birlikte değişim gözlenmiştir [9].

Buthaina A. Ibrahim ve Karrer M. Kadum (2012) PS / SBS karışımları için morfolojik ve mekanik özellikler üzerine çalışmışlardır. Sert ve kırılğan PS ile termoplastik elastomer SBS farklı oranlarda karıştırılarak istenen özelliklere sahip polimerler elde edilmiştir. Young modülü, akma mukavemetinin özellikle SBS oranı

arttıkça önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur. SEM sonuçları göstermiştir ki SBS veya PS'nin düşük oranlardaki karışımlarında minör faz, sürekli matris fazı içinde dağılmış vaziyettedir. DSC sonuçları Tg 'nin (camsı geçiş sıcaklığı) PS-SBS oranına bağlı olduğunu göstermiştir [10].

Jen Ming Yang ve Shih Chang Tsai (2010) epoksitlenmiş stiren-bütadien-stiren blok kopolimeri membranının biyoyumluluğu üzerine çalışmalar yapmışlardır. Epoksitlenmiş SBS membranlar daha yüksek çekme dayanımı, daha az uzama göstermiş ve termal kararlılıkları artmıştır [11].

Yihua Cui ve ark. (2007) geri dönüşümlü plastik ve ahşap kompozitlerinin üretimi ve ara yüzey etkileşimleri üzerine araştırmalar yapmışlardır. Tek vidalı ekstruzyon cihazı ile ahşap plastik kompozitler başarılı bir şekilde elde edilmiştir. Artan ahşap içeriği yüksek bükülme dayanımına ve düşük darbe dayanımına sebebiyet vermiştir. Ağaç elyafındaki artışla birlikte bükülme mukavemeti ve darbe mukavemeti azalmıştır [12].

B.V. Kök, M. Yılmaz ve N. Kuloğlu (2011) bitümlü sıcak karışımların mekanik özellikleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada bitümlü sıcak karışımların performansını iyileştirmek amacıyla katkı maddesi olarak petrol kökenli bir kayaç olan asfaltit ve stiren-bütadien-stiren (SBS) kullanılmıştır. Çalışmada asfaltit, bitümlü sıcak karışıma filler oranının ağırlıkça %50'si oranında; SBS ise bitümlü bağlayıcıya ağırlıkça %5 oranında ilave edilmiştir. Katkı maddelerini ayrı ayrı ve birlikte kullanmanın etkileri değerlendirilmiştir. Hazırlanan numuneler üzerinde indirekt çekme rijitlik modülü, indirekt çekme dayanımı ve yorulma deneyleri uygulanmıştır. Her üç deneyde de modifiyeli karışımların, kontrol numunesinin özelliklerini önemli derecede iyileştirdiği; en iyi sonuçların ise sırasıyla SBS ve asfaltitin birlikte kullanılmasında, SBS ilavesinde ve asfaltit ilavesinde alındığı gözlenmiştir [13].

P. Ahmedzade ve M. Yılmaz (2007) stiren-bütadien-stiren (SBS) modifikasyonunun bitümlü bağlayıcıların ısı duyarlılığı, rijitlik ve yaşlanma özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. SBS'nin normal ve yüksek sıcaklıklarda bitümün rijitliğini

arttırıp, ısıya karşı duyarlılığı ve yaşlanmanın etkisini azalttığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, SBS'nin bitümün özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir [14].

H. Biltekin (2005) PE ve PP polimerlerine ahşap tozu ilavesi ile oluşturulan karışımların mekanik, termal ve morfolojik özelliklerini incelemiştir. PE ve PP de ahşap tozu oranı arttığında elastik modülü ve Shore D sertlik değerleri artarken, Izod darbe mukavemeti ve %uzama değerleri düşmüştür. Çekme mukavemeti PP de ahşap oranının artmasıyla azalırken, PE de %10 ahşap tozu oranında en yüksek seviyeye ulaşmış sonra düşüş göstermiştir. PE ve PP nin ahşap tozu ile karışımlarında ahşap tozu oranı arttıkça Erime Akış İndisi değerlerinin azaldığı, yük altında deformasyon sıcaklığının ise arttığı görülmüştür. Sisteme maleik nahidrit katıldığı için mikroyapı fotoğraflarında hem PE hem de PP de ahşap tozunun matrise çok iyi tutunduğu görülmüştür [15].

E. Akın (2007) mermer tozları ve uçucu kül ile polimer esaslı kompozit malzeme üretimi üzerine çalışmıştır. Matris malzeme olarak poliester ve hurda termoplastikler kullanılmıştır. Mermer tozu ve uçucu külün birlikte kullanıldığı malzemelerde, kül oranının artmasıyla mukavemetin arttığı ve sertliğin düştüğü görülmüştür. Çalışma sonucunda polimer malzemenin gerektiğinden az kullanımında maddeleri bağlamada yetersiz kaldığı, fazla kullanımında da takviye malzemesine göre daha zayıf olan özelliğini malzemeye geçirdiği görülmüştür. Poliester yerine hurda termoplastik kullanımında mekaniksel özelliklerde kötüleşme görülmüştür [16].

N. Akçakale (2008) NR/SBR (doğal kauçuk/ stiren-butadien kauçuğu) tipi elastomer esaslı ayakkabı taban malzemelerinin mekaniksel özelliklerine bazı dolgu maddelerinin etkilerini incelemiştir. Dolgu maddesi olarak salpa tozu, cam elyaf, cam küre, wollastonit ve mika tozu kullanılarak yoğunluk, sertlik, aşınma dayanımı, kopma dayanımı, % uzama, yırtılma dayanımı, bükülebilme kabiliyeti mekaniksel özellikleri incelenmiştir. Dolgu maddesi oranı arttıkça yoğunluğun, sertliğin, kopma dayanımının ve bununla birlikte aşınma miktarının da arttığı görülmüştür. % uzamanın dolgu miktarı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Cam küre belli orana kadar yırtılma dayanımını arttırırken fazla kullanımı yırtılma dayanımını azaltmıştır.

Wollastonitin yırtınma dayanımını arttırırken mika tozunun azalttığı görülmüştür. Bükme deneyinde bütün numuneler başarılı sonuç verirken en iyi sonuç wollastonitte alınmıştır. Salpa tozu kauçuk içinde ıslanıp topaklaşarak homojen olarak dağılamamasından dolayı mekanik özellikleri olumsuz etkilemiştir [17].

M.A. Oral (2006) kalsiyum karbonat dolgulu polipropilen kompozitlerde arayüzey etkileşimindeki gelişimin mekanik ve fiziksel özelliklere etkilerini incelemiştir. Polipropilen ile kalsiyum karbonat içeren numunelere çekme, eğme ve darbe testleri yapılmış ve SEM ile kalsitin dağılımı incelenmiştir. Polipropilen ile kalsiyum karbonatın uyumlu bir yapı oluşturmaması nedeniyle çekme ve eğme mukavemetinde düşüş gözlenmiştir. Daha sonra kalsit ile polipropilen arasında uyumlaştırıcı ajan olarak maleik anhidrit aşılansın polipropilen kullanılmış ve SEM görüntülerinde kalsit ile polipropilen arasında bir arayüzey oluştuğu, numunelerde uzama değerlerindeki azalmanın yanında çekme ve eğme mukavemetinde artış olduğu gözlenmiştir [18].

S. Telli (2009) PP (Polipropilen) malzemelerin geri dönüşümlerinde elde edilen ürünlerin mekanik özellikleri üzerine çalışmıştır. Plastik işleme prosesi olarak enjeksiyon yöntemi seçilmiştir. Geri dönüşüm malzemesi kendi malzemesinin orijinaline çeşitli oranlarda katılmış ve geri dönüşüm işlemi dört kez tekrarlanmıştır. Geri dönüşüm malzemesi ve prosesi arttıkça mekanik özelliklerde düşüşler gözlenmiştir [19].

E. Uluğ (2011) SEBS/PS, SIS/PS ve SBR/PS polimer karışımlarının ayakkabı taban malzemesi olarak üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi üzerine çalışmıştır. Polimer karışımlarında yüksek darbe dayanımlı polistiren (HIPS) ve katkı malzemesi olarak kalsit (CaCO_3) kullanılmıştır. Deneysel bulgular sonucunda SEBS/HIPS/ CaCO_3 polimer kompozitinde HIPS oranının artmasıyla elastik modül değerleri, akma mukavemeti, kopma mukavemeti, sertlik değerleri, izod çentikli darbe mukavemeti değerleri, vicat yumuşama noktası değerleri, aşınma oranı değerleri, ergime akış indisi değerleri artmış olup kopma uzama değerleri azaldığı; SIS/HIPS/ CaCO_3 polimer kompozitinde HIPS oranının artmasıyla elastik modül değerleri, akma mukavemeti, kopma mukavemeti, sertlik değerleri, aşınma oranı değerleri,

ergime akış indisi değerleri artmış olup kopma uzama değerleri azaldığı ve SBR/HIPS polimer kompozitinde ise HIPS oranının artmasıyla elastik modül değerleri, akma mukavemeti, kopma mukavemeti, sertlik değerleri, izod çentikli darbe mukavemeti değerleri, ısıl çarpılma sıcaklığı değerleri, vicat yumuşama noktası değerleri, aşınma oranı değerleri artmış olup kopma uzama değerleri azaldığı gözlenmiştir [20].

A. Dönmez Çavdar (2011) farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odun-plastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi üzerine çalışmıştır. Lignoselülozik madde olarak çay fabrikası atığı ve orta yoğunluklu liflevhaların(MDF) zımparalanması sonucu oluşan zımpara; termoplastik madde olarak da polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilen kullanılmıştır. Performans iyileştirmek için de birleştirici ve yangın geciktirici kullanılmıştır. Lignoselülozik madde oranı arttıkça su alma ve kalınlık artış oranlarının arttığı; PP ile üretilen levhaların su alma ve kalınlık artışı oranı ise YYPE e göre daha yüksek çıkmıştır. Eğilme direnci değerleri, çekme direnci değerleri, darbe direnci değerleri lignoselülozik dolgu kullanım oranları arttıkça azalmıştır. Birleştirici kullanımı lignoselülozik madde ve termoplastik arasındaki bağlanmayı güçlendirdiğinden eğilme direnci, çekme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde artış gözlenmiştir. Maleik anhidrit(birleştirici) ile muamele edilmiş polietilen ve polipropilende darbe direncinde diğer mekanik özelliklerin aksine azalma görülmüştür. Yangın geciktirici madde oranı arttıkça su alma ve kalınlık artış oranında azalma gözlenmiştir. Çinko borat (yangın geciktirici) kullanımı, eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülü değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Alüminyum trihidrat (yangın geciktirici) kullanım oranı arttıkça kopmada uzama miktarı değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Yangın geciktirici kullanımının ısıl özellikleri iyileştirdiği ve çürüklük testi sonrası ağırlık kaybı değerlerini azalttığı gözlenmiştir [21].

E. Avcı (2012) ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar yapmıştır. Çalışmada, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve polipropilen ve bir iğne yapraklı (Karaçam) ve iki geniş yapraklı (Doğu Kayını, Karakavak) ağaç türleri kullanılmıştır. Kompozit üretimi esnasında hidrofobik yapıdaki plastik ile hidrofilik yapıdaki odun unu arasındaki bağlanmayı sağlamak

amacıyla maleik anhidrit kullanılmıştır. Odun unu oranı arttıkça odun plastik kompozit malzemenin yoğunluk değeri de artmaktadır. Odun unu oranı arttıkça kalınlığına şişme ve su alma değerlerinin de arttığı görülmüştür. Odun unu oranı arttıkça statik eğilme direncinde ve eğilmede elastikiyet modülü değerinde belirgin bir düşüş olduğu görülmektedir. Çekme direncini etkileyen faktörlerin başında plastik türünün geldiği ve odun unu oranı arttıkça çekme direncinin düştüğü görülmüştür. Odun unu oranı arttıkça vida tutma direncinde düşüş sertliğinde ise artış görülmüştür. Bu iki direnci etkileyen en önemli faktörlerin plastik türü, ikinci derecede de odun unu oranı olduğu anlaşılmıştır. Odun ununun tanecik boyutunun plastik malzemeye göre daha büyük olmasından dolayı odun plastik kompozit örneklerinde odun unu oranı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlenmiştir. Odun unu oranı arttıkça ısı yayılma hızı ve etkili yanma ısısı düşmektedir [22].

M.E. Kizirgil (2013) stiren-bütadien-stiren ve uçucu külün birlikte kullanılmasının bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Karışımların Marshall metodu ile belirlenen optimum bitüm içeriğinin, uçucu kül kullanımı ile azaldığı, SBS kullanımı ile ise arttığı tespit edilmiştir. Hem SBS hem de uçucu kül kullanımında karışımların stabilitelerinin, normal sıcaklıklardaki rijitliklerinin, nem hasarına karşı dayanımlarının, yorulma ömürlerinin ve kalıcı deformasyona karşı dayanımlarının arttığı gözlenmiştir. Katkıları ayrı ayrı değerlendirildiğinde SBS'in uçucu küle göre daha etkin olduğu anlaşılmıştır [23].

S. Emadi (2013) lif/matris oranının termoplastik kompozit malzemelerin mekanik özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada, farklı kütleli miktarlarda pirinç kabuğu takviyeli buğday gluteni tabanlı biyokompozitler üretilmiş ve kullanılmıştır. Kitosan-polietilen glikol (CP) takviyesinin gluten filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirdiği, pirinç kabuğu takviyesinin film özelliklerini iyileştirdiği, CP ve pirinç kabuğu takviyesinin termal bozunma sıcaklıklarını değiştirmediği, CP takviyesi ile filmlerin sertliğinin düştüğü ve artan pirinç kabuğu oranlarında ise sertlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir [24].

H. Acar (2014) MDF tozu ve pirinç sapı atıklarının termoplastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi üzerine çalışmıştır. Termoplastik malzeme olarak

yüksek yoğunluklu polietilen, polipropilen ve polivinilklorür kullanılmış olup üretilen kompozit malzemelerin çekme direnci, şok direnci araştırılmış ve su alma testi yapılmıştır. Kompozit malzeme içerisine eklenen lignoselülozik madde oranı arttırıldığında elde edilen kompozitlerin çekmede elastikiyet modülü değerlerinde artma görülürken diğer mekanik ve fiziksel özelliklerinin düştüğü belirlenmiştir [25].

E. Kurtuluş (2010) bazı termoplastik kompozit malzemelerin mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemiştir. Termoplastik malzeme olarak polibutilen teraftalat (PBT) ve polietilen teraftalat (PET) , takviye malzemesi olarak da Al_2O_3 kullanılmış olup termoplastikler içerisine farklı partikül boyutlarında (10-45-60 μm) ve farklı oranlarda (10-20-30 %) alümina katılması ile elde edilen kompozit malzemeler incelenmiştir. PBT için en iyi mekanik özellikler 60 μm partikül boyutundaki Al_2O_3 takviyesinde, PET için ise iyi mekanik özellikler 10 μm partikül boyutundaki Al_2O_3 takviyesinde elde edilmiştir. PET ve PBT polimer malzemeleri için Al_2O_3 katkı oranının artması ile yoğunluğun arttığı gözlenmiştir. En düşük aşınma oranı PBT için 45 μm partikül boyutuna sahip %30 Al_2O_3 takviyeli kompozitte, PET için 45 μm partikül boyutuna sahip %30 Al_2O_3 takviyeli kompozitte, PBT/PET karışım grubunda ise %75PBT+%25PET malzemedeki görülmüştür [26].

K. Karakuş, T. Güleç, A. Kaymakçı ve F. Mengeloğlu (2010) mısır sapı unlarının dolgu maddesi olarak polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada, polimer olarak yüksek yoğunluklu polietilen kullanılmıştır. Kompozitteki mısır sapı unu oranı arttıkça, çekme ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin arttığı; çekme, eğilme ve darbe direnci değerlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir [27].

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. POLİMER KAVRAMI

Monomerler, kovalent bağlarla birbirlerine bağlanarak büyük moleküller oluşturabilen küçük mol kütleli kimyasal maddelerdir. Polimer ise, çok sayıda monomerin kovalent bağlarla birbirine bağlanarak oluşturduğu büyük moleküldür.

Polimerler fiziksel şekillerine, monomer çeşidine ve işleme şekillerine göre çeşitli sınıflara ayrılırlar. Polimer zincirlerinin fiziksel şekli göz önüne alınarak kendi içlerinde; doğrusal polimerler, dallanmış polimerler ve çapraz bağlı polimerler (az oranda ve yoğun (ağ yapı)) olarak gruplara ayrılırlar [2].

Polimerler monomer çeşidine göre homopolimer, kopolimer ve terpolimer olmak üzere 3 sınıfa ayrılırlar. Makromolekülü oluşturmak üzere sadece bir çeşit monomer kullanılan polimer zincirlerine homopolimer denir. Polimer molekülü iki farklı monomerden oluşuyorsa bu polimer zincirlerine kopolimer adı verilir. Kopolimerin özelliği yapısını oluşturan monomerlerin oranına ve diziliş şekillerine bağlıdır. 4 gruba ayrılırlar. Random kopolimerde; zincirdeki 2 monomerin dağılımı düzensizdir. Alternatif kopolimerde; monomer zincir boyunca düzenli bir ardışık sıra ile sıralanmıştır. Blok kopolimerde; 2 monomer 2 ayrı blok halinde sıralanmıştır. Graft kopolimerde; bir monomer bloğunun oluşturduğu ana zincire diğer monomerin oluşturduğu bloğun yan zinciri bağlanmıştır [28].

Polimerler işleme şekillerine göre elastomerler, termosetler ve termoplastikler olmak üzere 3 sınıfa ayrılırlar.

2.1.1. Termoplastikler

Termoplastik polimerler belli bir sıcaklığın üzerinde bükülebilen ya da kalıplanabilen, soğutulduklarında ise tekrar katı hale dönebilen malzemelerdir. Bu karakteristik özellikleri sebebiyle termoplastik polimerler geri dönüşümü olan malzemelerdir. Termoplastik polimerler eriyik halden soğutulurken bozulan zincir yapısını tekrar düzenli bir yapıya sokabilmek için dış kaynaklı yüksek bir enerjiye ihtiyaç duyarlar.

Termoplastik polimerlerin lineer molekülleri vardır ve bu moleküllerde zinciri oluşturan birimler arasında kuvvetli kovalent bağlar bulunmaktadır. Moleküller arasında ise ısıya karşı duyarlı, moleküller arası zincirlerin birbirlerine göre hareketlerini sınırlayan bir kuvvet bulunur. Bu sebepten ötürü termoplastikler ısıtıldığında moleküller arası bağlar zayıflar ve polimer kolayca şekil verilebilir hale gelir. Malzeme soğuduğunda ise moleküller arası kuvvet büyüyerek polimer eski haline döner.

Termoplastik malzemelerin mekanik özellikleri elastomerlerden farklıdır. Bir elastomer malzeme iki yana çekilerek uzatılıp tekrar bırakıldığında malzeme eski şekline döner. Ancak termoplastikleri çekme kuvvetine zorladığımızda termoplastik malzeme belli bir noktaya kadar uzar, daha sonra ise kalıcı deformasyona uğrar ve kırılır. Termoplastik eriyiğine katkı maddesi olarak plastikleştirici konularak bu polimerlerin daha sünek bir yapıya ulaşması sağlanabilmektedir. Termoplastikler grubunda yer alan polimerlerden bazıları şunlardır: Polistiren, polipropilen, naylon, polivinilklorür ve vinil kopolimerleri, akrilonitril bütadien stiren, stiren bütadien stiren, stiren akrilonitril, selülozikler [29].

2.1.1.1. Termoplastiklerin Şekillendirilmesi

Termoplastikler son ürüne daha çok; ekstruzyon, enjeksiyon, şişirerek kalıplama, vakum şekillendirme ve dönerek kalıplama denilen yöntemlerle işlenerek dönüştürülürler.

Ekstruzyon

Ekstruzyon, akışkan hale getirilen bir maddenin, amaca uygun şekillendirilmiş bir kafadan (başlık, kalıp), basınç altında sürekli geçirilerek şekillendirilmesidir. Ekstruzyon işlemi uzun yıllardır özellikle metal boruların yapımında kullanılmış, daha sonraları polimerlere uyarlanarak uygulanmış ve polimerlerden belli geometrilerde sürekli ürünlerin hazırlanmasında yararlanılan önemli ve yaygın bir yöntem olmuştur.

Ekstruzyon işlemi ekstruder adı verilen makinelerde yapılır ve başlıca; film, levha, boru, çubuk, profil ürünler hazırlanır.

Bir ekstruder; besleme hunisi, vida, kovan, kafa olmak üzere 4 ana kısımdan meydana gelir.

Besleme hunisine polimer genelde granül ya da toz halde konur. Granüller besleme hunisine elle ya da otomatik doldurma yapan sistemlerle doldurulur. Besleme hunisinden kovan girişine geçen polimer, sonsuz vida vasıtasıyla kovan boyunca taşınır ve kafaya doğru hareket ettirilir. Bu sırada da kovan etrafındaki elektrikli ısıtıcılar polimerin erimesini sağlayarak şekillendirilebilir hale getirirler. Polimerin viskoz akış sırasında aldığı enerjinin de polimerin ısınmasında katkısı vardır. Vidanın itmesi nedeniyle erimiş polimer ekstruder kafasına belli bir basınç altında gelir ve kafa geometrisinde dışarı çıkar.

Enjeksiyon

Enjeksiyon işleminde, akışkan haldeki polimer basınç altında kapalı bir kalıp içerisine doldurulur, soğutma yapılır ve kalıp açılarak ürün alınır. Bu adımlar sürekli tekrarlanarak karmaşık geometrilerdeki parçalar, kısa sayılabilecek sürelerde üretilirler. Şekillendirilmiş parçalar, çapak alma gibi işlemlerden sonra doğrudan kullanıma sunulur.

Enjeksiyon, ekstruzyonla birlikte termoplastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Bazı değişikliklerle termosetlerin, kauçukların ve kompozitlerin şekillendirilmesinde de kullanılmaktadır.

Enjeksiyon kalıplama, enjeksiyon makinesi kullanılarak yapılır ve tipik bir enjeksiyon makinesi; enjeksiyon sistemi, hidrolik sistem, kalıp sistemi, itici sistem ve kontrol sistemi olmak üzere beş kısma ayrılır.

Enjeksiyon sistemi: Besleme hunisi, kovan ve vida veya pistondan oluşur.

Hidrolik sistem: Sonsuz vidanın dönmesi, itme sisteminin çalışarak kalıbı kapatması ve kalıbı basınç altında tutması için gerekli güç sağlanır.

Kalıp sistemi: Kalıbın bağlantı elemanları ve parçalarını, soğutma elemanlarını, kalıp boşluğunu, enjeksiyon deliğinden oluşur.

İtici sistem: Kalıbı açıp kapatır, kalıbın hareketli parçasını taşır.

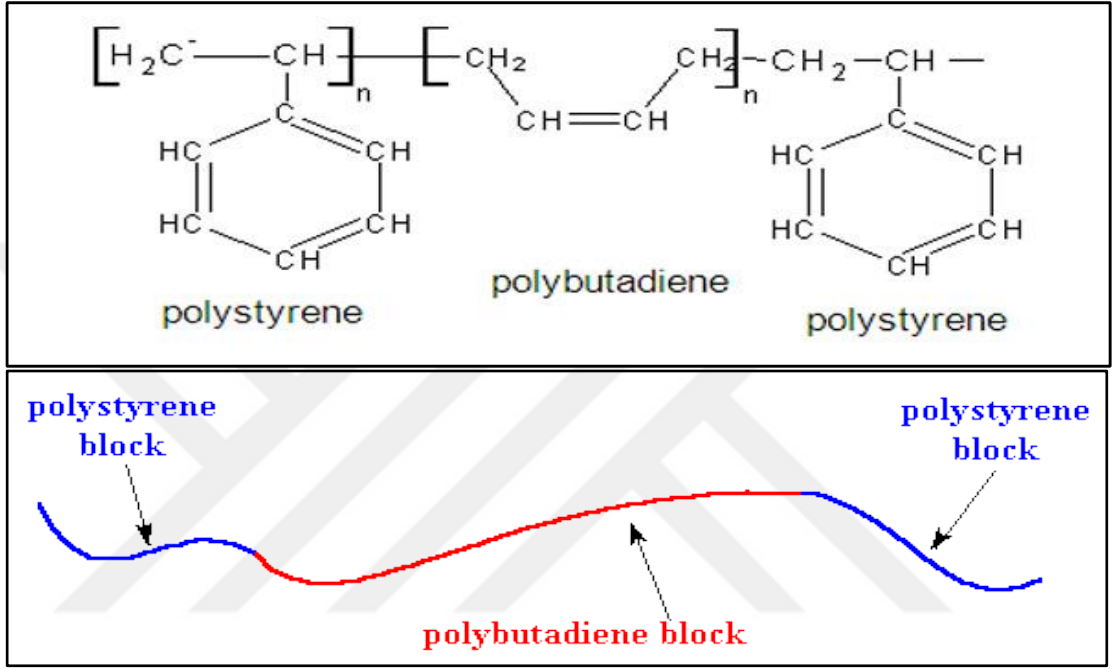
Kontrol paneli: İşlem parametrelerini denetler ve ayarlar: Sıcaklık, basınç, enjeksiyon hızı, vida konumu ve dönme hızı gibi.

Enjeksiyon makinesi çalışırken; polimeri eritme, erimiş polimerin kalıba basılması, ürünün soğutulması ve ürünün alınması olmak üzere dört ana işlem gerçekleşir. Besleme hunisinden kovan girişine alınan polimer vida yardımıyla kovan boyunca kalıbın bulunduğu yöne doğru ilerletilir. Bu sırada viskoz akış ve kovan etrafındaki elektrikli ısıtıcılar sayesinde polimer ısınır, erir ve ayrıca karışım homojenleşir [30].

2.1.2. Stiren-Bütadien-Stiren (SBS)

Ticari adı “Kraton” olan SBS blok kopolimeri; yapıştırıcı, asfalt yol kaplamaları, çatı sistemleri, kişisel sağlık ürünleri, tıbbi malzemeler, elektronik ve otomotiv yedek parçaları, ayakkabı tabanı gibi geniş yelpazedeki ürünler ile birçok alanda kullanılmaktadır.

Spesifik olarak, stiren butadien blok kopolimeri (SBS) üç bölümden oluşur: uzun polistiren, polibütadien ve ardından diğer polistiren zincirleri ardarda yerleşir (Şekil 2.1). Bütadien sert, sıkı ve kırılğan iken polistiren sert, esnek, şeffaf bir polimerdir. Stiren bütadien blok kopolimeri (Kauçuğu) (SBS) darbeye dayanıklı ürünleri yapmak için kullanılan sert bir kauçuktur ve uzun ömürlüdür [31].



Şekil 2.1. Stiren-Bütadien-Stiren [31,32].

Polistiren ve polibütadien karıştırıldığı zaman tek fazlı bir karışım oluşturmayıp su ve yağ gibi birbirlerinden ayrılırlar. Ancak polistiren ve polibütadien kimyasal olarak SBS deki gibi birbirlerine eklendiklerinde, bu faz ayrışması sadece mikro ölçekte oluşabilir, bu da polistiren uç bloklarının polistiren bölgeleri oluşturması için diğer SBS moleküllerinin uç blokları ile birleşmelerine imkan verir, böylece tüm moleküller üç boyutlu elastik bir ağ oluşturmak için birbirlerine bağlanırlar. Bağlantılar kimyasal değil fizikseldir. Bundan dolayı bu ağ ısıtıldığında ayrışır ve soğutulduğunda da yeniden oluşur [33].

SBS, Termoplastik elastomerler (TPE) grubunda bulunur. TPE'ler plastik ve elastomer özellikleri bir arada tutan yüksek mukavemetli malzemelerdir. TPE' nin performans özellikleri, ticari kauçuklara fazlaca benzerlik gösterir. Elastomerik faz,

elastik geri dönüşüm ve yumuşaklık gibi kauçuksu özellikler göstermesini sağlar. Stirenik blok kopolimer bazlı TPE' ler genellikle TPE-S olarak isimlendirilirler. TPE-S' ler çoğunlukla SEBS, SBS ve SEPS bazlıdır [34].

Stiren-bütadien-stiren; kalıplama ve işlenmelerinde, termoplastik özellik gösterirken, mekanik özellikleri vulkanize kauçuğa benzer. Biçimlendirilmiş son ürünün de (kauçuk benzeri durumunda) bu özelliği, örgüsel bağ yapısı göstermesine karşı sıcaklık etkisi ile pek belli olmaz. Sonuç olarak, yalın örgüsel bağları oynak olan bir kauçuk türü olduğu söylenebilir.

Ayakkabı imalatında kullanılan malzemelerden iki tanesine örnek verilecek olursa, birinci tür; poliüretanın termoplastik cinsi olup oldukça sert ve sağlam bir yapıdadır. Spor ayakkabıları, futbol ayakkabıları ve kronponlu koşu ve bazı topuk, ökçe kapakları üretiminde kullanılır. İkinci tür ise stiren-butadien kopolimeridir. Ayakkabı endüstrisinde termoplastik (termo veya termotaban) denilince akla stiren-butadien kopolimeri gelir.

Stiren ve butadien iki farklı monomerdir. Bunlar, ayrı ayrı polimerleştirilirse, farklı kopolimer türleri elde edilir. SBS Kauçuğu, vulkanize edilen SBR kauçuğundan farklıdır. SBS kauçuğunun dengeli duruma getirilmesi, sağlamlaştırılması için vulkanizasyon işlemine ihtiyaç yoktur. SBR kauçuğu uzun kafes bağ yapısındadır.

Diğer polimerlerde ve doğal kauçukta olduğu gibi bazı kimyasal maddelerle karıştırılarak istenilen özellikte ve normal bir fiyatta bir taban malzemesi elde edilir. Katılan bu katkı maddelerinin bazıları; polistiren, yağ ve metalik dolgular ve antioksidan gibi kimyasal maddelerdir [35].

SBS blok kopolimer farklı oranlarda Polistiren ve Polibütadien blokları bulundurabilir (%20, %30, %45, %75 oranlarında polistiren içeren SBS blok kopolimerler gibi). Ayrıca SBS blok kopolimerde bulunan Polistiren bloğu oluşturan zincirin uzunluğu da farklılık gösterebilir. Kısa PS (polistiren) zincirleri ya da PB (Polibütadien) faz içine gömülmüş PS zincirleri içeren SBS blok kopolimerler, PB' nin camı geçiş sıcaklığının (T_g) yükselmesine, gevşeme (yumuşama) süresinin de

düşmesine sebep olur. Ayrıca, gerilme transferi ara yüzey yapısından etkilenir ve ara fazların deformasyon davranışı ile de kontrol edilir. Farklı uzunlukta PS zincirleri içeren SBS üç bloklu kopolimerin çekme-gerilme eğrileri değişkenlik gösterir [36].

SBS ile meydana getirilen karışımların katkı oranları yükseldikçe yumuşama noktası ve yorulma direnci düşer [37].

2.2. POLİMERLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Polimer ürünler kullanımları sırasında, farklı kuvvetlerin (yük, yükleme) etkisinde kalırlar. Örneğin; alışverişlerde kullanılan plastik poşetlere içlerindeki malzemenin ağırlığından dolayı aşağı doğru çekme, plastik yer döşemeleri üzerlerine basıldığında sıkıştırma, araçlarda kullanılan lastikler sıkıştırma ve eğilme yüklerinin etkisiyle karşılaşılırlar.

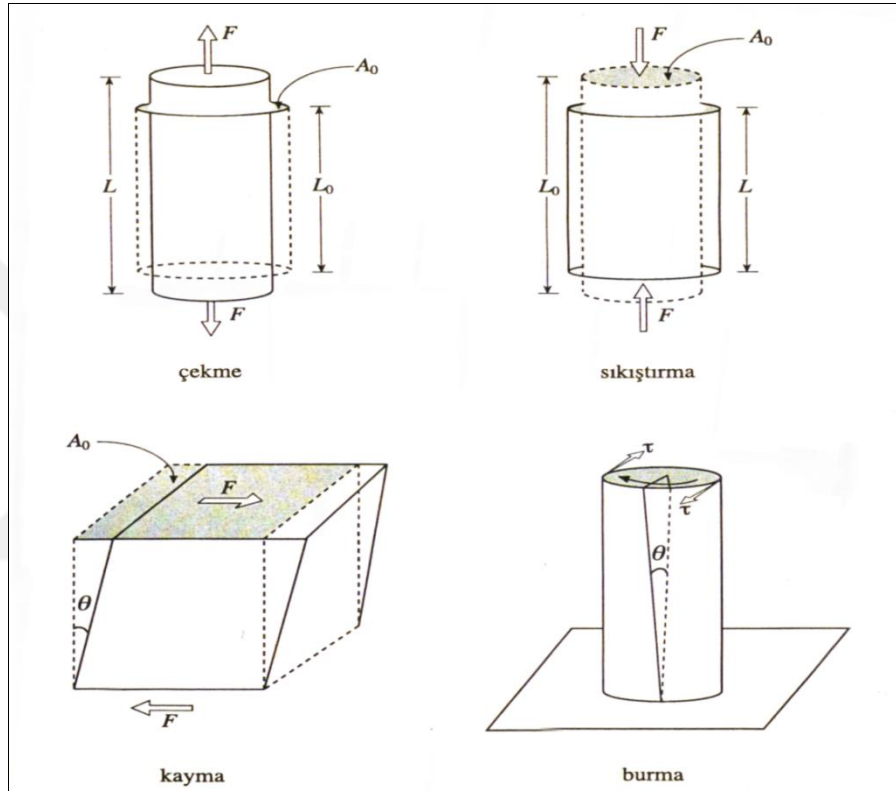
Maddeler dışarıdan üzerlerine uygulanan kuvvetlere uygulanan yükün büyüklüğüne bağlı olarak değişik tepkiler verirler ve koparlar, uzarlar, yırtılırlar, bükülürler, kırılırlar veya parçalanırlar. Mekanik özellikler, maddelerin çekme, sıkıştırma gibi dış kuvvetler karşısında gösterdikleri tepkilerin tamamını içerir. Malzeme saniyelerle ölçülecek kadar kısa süreli, aylarca ya da yıllarca yük etkisinde kalabileceği gibi zamanla yükün büyüklüğü de değişebilir.

Mekanik özellikler, polimerlerin hangi tekniklerle işleneceklerine ya da hangi alanlarda faydalı olabileceklerine yönelik bilgiler sağlar. Oda sıcaklığında camsı geçiş sıcaklıkları üzerinde buldukları için yumuşak olan cis-polibütadien ve cis-poliizopren polimerlerinden sertlik aranan ürünler üretilemez. Aynı şekilde polistiren oda sıcaklığında kırılındır ve yüksek vurma dayanımı aranan alanlarda kullanılamaz.

Polimerlerin mekanik özellikleri; kimyasal ve fiziksel yapılarına, işleme yöntemlerine, sıcaklık gibi kullanım koşullarına ve kullanım sürelerine bağlıdır. [2]

2.2.1. Kuvvet Türleri

Katı malzemeler kullanımları sırasında genelde dört farklı çeşit kuvvetle karşılaşılır: çekme (germe), sıkıştırma (basma), burma ve kayma (makaslama) kuvvetleri. Bahsedilen kuvvetlerin malzemeleri hangi yönde etkilediği Şekil 2.2.de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Katılara etki eden temel kuvvetler [16].

Malzemenin iki ucundan malzeme yüzeylerine ters yönde uygulanan kuvvet çekme kuvvetidir ve çekme etkisindeki silindirik bir malzeme uzayarak boyunu arttırırken kesit alanı küçülür. Malzemenin yüzeyleri doğrultusunda uygulanan kuvvet sıkıştırma kuvvetidir ve malzemenin boyu küçülür. Malzemelerin yüzeylerine paralel ve ters yönlerde uygulanan kuvvet kayma kuvveti; bir yere sabitlenmiş malzemenin eksenini etrafında döndürülmesi için uygulanan kuvvet ise burma kuvvetidir.

2.2.2. Deformasyon

Deformasyon, yük etkisinde kalan maddelerde gözlenen boyutsal değişimleri(şekil değişiklikleri), akmayı veya ara davranışları kapsar. Katılar şekil değiştirerek, sıvılar akarak deformasyona uğrar.

Katılar, genellikle üzerlerine küçük yüklemeler yapıldıktan sonra yüklemenin uyguladığı kuvvet ortadan kalktığında ilk boyutlarına geri dönebilirler. Malzemenin kendilerine uygulanan kuvvet kaldırıldığında ilk boyutlarına dönebildiği bu tür deformasyona tersinir veya elastik deformasyon adı verilir.

Sıvılar kuvvet etkisi altında akarlar. Akma, kalıcı bir deformasyon türüdür. Bu tür kalıcı deformasyonlara tersinmez ya da viskoz deformasyon denir. Katılar ise yeterince büyük bir kuvvet uygulandığında uzama, çatlama, kopma gibi kalıcı deformasyona uğrarlar.

2.2.3. Gerilim Ve Gerinim

Malzemelerin farklı yüklemeler karşısında gösterdikleri davranışalar uygun mekaniksel testlerle incelenir. Örneğin çekme kuvveti etkisinin incelendiği çekme testinde, çekme aletinin iki çenesi arasına malzemedan alınan belli boyutlardaki bir parça yerleştirilir. Deney parçası gittikçe artan kuvvetlerle çekilir, malzemedeki boy uzaması ölçülür ve kuvvet büyüklüğü-uzama dataları kaydedilir. Test örneği kopana kadar deney sürdürülebilir. Bu deney sonucunda, malzemenin hangi yüklemede ne kadar uzadığı ve hangi yüklemede kopacağı gibi veriler elde edilir. Buna benzer şekilde sıkıştırma testinde de malzeme sıkıştırılırken boyutlarındaki küçülme (büzülme) ölçülür.

Malzemenin birim alanı başına uygulanan kuvvet türünden çekme ve sıkıştırma gibi mekanik testlerden elde edilen sonuçlar verilir. Kuvvetin, malzemenin birim alanı başına uygulanan kısmı gerilim değeridir. Gerilimin genel birimi kuvvet/alandır. Gerinim ise yüklemenin malzeme boyutlarında yaptığı değişikliklere denir, bu deformasyona karşılık gelir. Malzemelerin deformasyonu çekme geriliminde uzama,

sıkıştırma geriliminde büzülme şeklinde olur. Gerinimin tanımı, malzeme boyutundaki değişimin malzemenin ilk boyutuna oranıdır. Bu oran yüz ile çarpılarak yüzde gerinim elde edilir. Gerinim birimsizdir.

2.2.4. Elastik Deformasyon

Katıların yeterince küçük yüklemeler uygulandığında boyutlarını değiştirerek yük kaldırıldığında ilk boyutlarına geri dönmesi elastik deformasyondur. Elastik deformasyona uğrayan maddeler, bağ titreşimlerini, bağ açılarını değiştirme gibi hareketlerle dışarıdan kendilerine verilen mekanik enerjiyi absorplayarak aldıkları enerjiyi kuvvet kaldırıldığında ilk şekillerine dönmek için kullanırlar.

İdeal elastik deformasyon gösterebilen malzemelerin gerilim-gerinim ilişkileri çoğunlukla doğrusaldır. Malzemenin boyu, çekme kuvveti arttırıldıkça doğrusal olarak artar. Gerilim ve gerinim arasındaki bu doğrusal ilişki, modül veya elastik modül adı verilen bir orantı sabiti kullanılarak ifade edilir.

$$\text{gerilim} = \text{modül} \times \text{gerinim} \quad (2.1)$$

2.2.5. Çekme

Çekme malzemelerin en sık karşılaştığı kuvvet türüdür. Malzemenin iki ucundan malzeme yüzeylerine ters yönde uygulanan kuvvettir. Malzeme boyundaki uzama miktarının malzemenin ilk boyuna oranı çekme gerinimidir.

Çekme gerilimi (σ) ve çekme gerinimi (ϵ) birbirlerine çekme modülü (çekme elastik modülü) veya Young modülü (E) adı verilen orantı sabiti ile bağlıdır.

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad (2.2)$$

Young modülünün sayısal olarak gerinim-gerilim doğrusunun eğimine eşittir. Bir malzemenin Young modülünün büyük olması, uzama şeklindeki deformasyona karşı dirençli olduğunu gösterir.

Polimerlerin Young modülleri, polimerin kristal oranıyla ve sıcaklıkla yakından ilişkilidir.

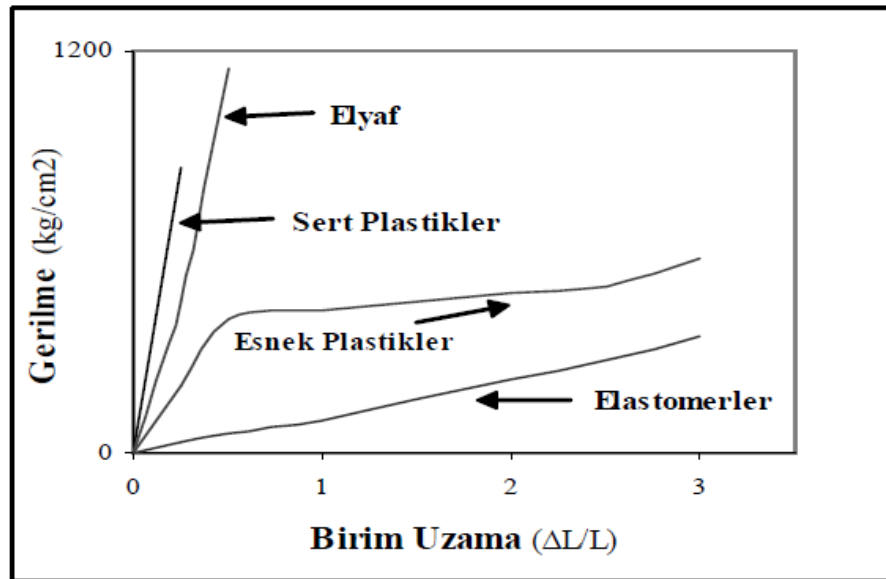
2.2.6. Plastik Akma

Katılar elastik deformasyonu belli bir gerilime kadar gösterebilirler ancak yüksek gerilimlerde malzemede kalıcı deformasyonlar görülür ve buna plastik deformasyon (plastik akma) adı verilir [38].

2.2.7. Polimerlerin Gerilme-Uzama Davranışları

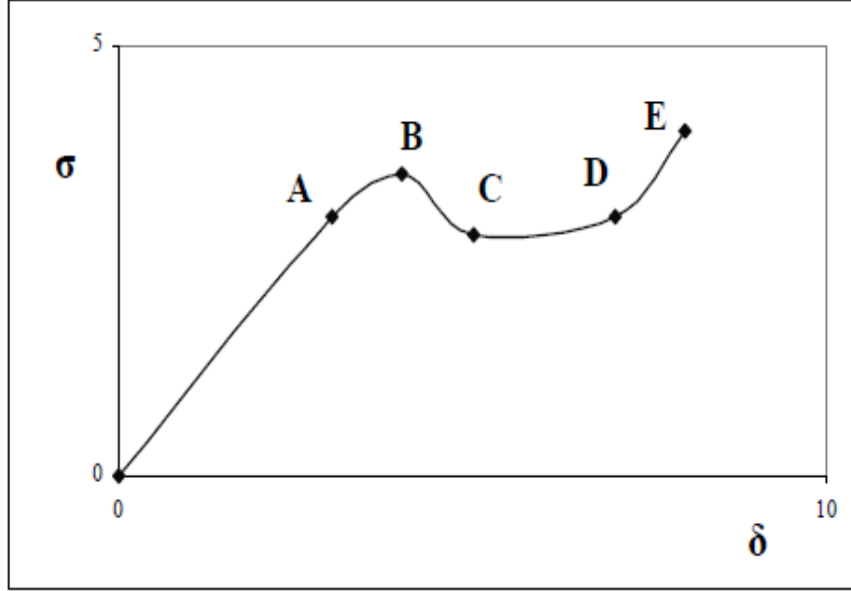
Polimerlerin mekanik özellikleri gerilme-uzama (stress-strain) davranışları ile saptanabilmektedir. Standart numuneler belirli bir yönde gerdirilir ve davranışları kaydedilir. Farklı polimerik maddelerin gerilme-uzama eğrileri Şekil.2.3 te verilmiştir.

Polimerik maddeler gösterdikleri davranışlara göre elyaf (lifler, fiberler), sert plastikler, esnek plastikler ve elastomerler olarak dört gruba ayrılabilir. Her grup içerisinde çok sayıda polimer bulunur [39].



Şekil 2.3. Polimerik malzemelerde gerilme uzama eğrileri [39].

Polimerik malzemelerin gerilme-uzama eğrilerini daha ayrıntılı inceleyebilmek için camsı geçiş sıcaklığının üstünde sabit bir hızla çekme testi yapılmış ve bu test sonucunda Şekil 2.4 teki grafik elde edilmiştir. Polimerin gösterebileceği davranışlar grafikteki harflere göre ifade edilmiştir [40].



Şekil 2.4. Polimerlerin gerilme-uzama eğrisinin incelenmesi [40].

O-A: Gerilme kuvveti (σ) - uzama (δ) düzgün doğrudur. Bu davranış elastik deformasyondur ve doğrunun eğiminden elastik modül elde edilir.

A-B: Uzamanın artmasına karşın gerilme kuvveti artışı azalmıştır. B noktasında bu değer maksimuma ulaşmıştır ve bu nokta polimerin akma noktasıdır.

B-C: Polimerde boyun oluşumunun olduğu bölgedir. Çekme sürdükçe boyun üzerinden plastik deformasyon ve akma devam eder. C noktasında boyun oluşması tamamlanır.

C-D: Gerilme kuvveti hemen hemen sabittir, zincirler akma gösterir. Uzama devam ettiği müddetçe zincirler çekilme doğrultusunda yönlendirilir. Bu tür işleme soğuk çekme veya soğuk akma adı verilir. D noktasında daha düzenli bir hal alır.

D-E: Soğuk çekmenin veya plastik akmanın son bulduğu ve deformasyon sertleşmesi sonucu polimerde gerilim direncinin hızla arttığı bölgedir.

E: Bu noktada kopma meydana gelir. [40]

2.3. KOMPOZİTLER

İki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere “Kompozit Malzeme” adı verilir. Başka bir ifadeyle birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacı ile bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzemeler olarak da tanımlanabilir.

Bir kompozit malzeme;

- Farklı kimyasal yapıda, birbirleri içinde çözünmemiş, bileşenlerden oluşmuş,
- İki veya daha fazla kristal, molekül veya faz yapılarının bir arada olduğu,
- İçerdiği malzemelerin üç boyutlu olarak birleşmesinden meydana gelmiş,
- Kendisini meydana getiren bileşenlerin tek başına sahip olamayacakları özelliklere sahip bir yapıdadır [41].

Bir kompozit malzeme takviye malzemesi ve bu takviye malzemesinin etrafını sararak kuvvetli bir şekilde bağ oluşturan matris malzemesinden meydana gelir. Matrisin asıl görevi içindeki takviye elemanlarını bir arada tutarak onların malzeme üzerine gelen gerilmelere en üst düzeyde karşı koyabilmesi için düzenlenen yerleşimlerini korumaktır. Kompozit malzemeye gelen tüm yükler matris yoluyla takviye malzemesine iletilir. Aynı zamanda matris, kullanılan takviye malzemelerini birbirinden izole ederek, kompozit malzemeye daha fazla destek verebilmelerini sağlar. Matrisin, içinde bulunan takviye malzemesini aşınmalara, çevresel ve korozyon etkilerine karşı koruması gerekmektedir.

Bir kompozit malzemede takviye malzemesinin en önemli görevi, matris içerisinde tekdüze olarak dağılıp, matrisin etkisinde kaldığı gerilmeleri destekleyerek kompozit

malzemenin mukavemetini arttırmaktır. Bir takviye elemanı matris ile reaksiyon verip istenmeyen ürünlerin oluşmasına neden olmamalıdır. Matrisin ve takviye malzemesinin termal genleşmeleri birbirinden farklı olmamalıdır. Isı değişimine maruz kaldıklarında birbirlerini zayıflatıcı etki göstermemelidirler [42].

2.3.1. Polimer Matrisli Kompozit Malzemeler

Çoğunlukla elyaf formunda dayanımlı, sert malzemelerle takviye edilerek oluşturulur. En yüksek mukavemet sürekli elyaf kullanımı ile sağlanmakta ve üretilen kompozit üstün özellikler taşımaktadır. Elyaf miktarı belirli bir değere yükseldikçe kompozit malzemenin mukavemeti de yükselmektedir.

Kompozitler içinde en fazla geliştirilmiş sınıf polimer matrisli olanlardır. Çok büyük veya kompleks yapıdaki şekillerde üretilebilirler. Günümüzde kullanılan en tipik örnek, polyester esaslı reçinelerin cam elyafla takviyeli olarak üretildiği malzemeler olan ‘fiberglas’ tır. Yüksek mukavemetlidirler ve korozyon direncine sahiptirler. Bu gruptaki kompozitleri meydana getiren elemanlar aşağıdaki gibidir:

Matris: Polimer malzeme olarak termoset veya termoplastikler sürekli fazı oluşturur. Termoset grubunda poliesterler, vinil ester/bisfenol, epoksi reçine ve fenolik reçineler kullanılır. Termoplastik grubunda ise poliamid, polipropilen en yaygın kullanılanlardır. Bunun yanı sıra hibrit formda polietilen ve polibütilen tereftalat gibi bileşikler matris olarak kullanılır.

Takviye: Aramid ve polietilen kullanılan organik fiberler, karbon, grafit, cam, bor, alümina, silisyum karbür ise kullanılan inorganik fiberlerdendir. Bu malzemeler matrisi yaklaşık % 60 hacim oranında destekledikleri için önemli işlevi olan malzemelerdir.

Katkılar: Dolgular, kimyasallar ve diğer katkılar; özelliklerin geliştirilerek iyileştirilmesi amacıyla kullanılırlar [43].

2.4. KOMPOZİTLERDE KULLANILAN KATKI MADDELERİ

Katkı maddeleri, kompozitin özelliklerini geliştirmek için düşük miktarlarda ilave edilen malzemelerdir. Yüksek performans istendiğinde kompozit malzemenin dispersiyon, akıcılık ve mekanik özelliklerini geliştirmek için uyum sağlayıcı maddeler kullanılmaktadır. Katkı maddeleri ekstruzyon işleminden önce karışıma katılabilir. Örneğin yağlayıcı maddeler, kompozit malzemenin yüzey görünümünü ve işlenmesini geliştirir; uyum sağlayıcı maddeler (coupling agents-compatibiliser), ahşap ile plastik arasındaki yapışmayı iyileştirir. Diğer katkı maddeleri ise renklendiriciler, yanmayı geciktirici maddeler, ışık stabilizatörleri, köpük oluşturan maddeler, thermosetting reçineler, ısı ışık stabilizörleri, antimikrobiyaller ve antioksidanlar stabiliteyi iyileştiren kimyasallardır [44].

Katkı maddeleri etkinlik ve maliyet açısından en uygun şekilde kullanılmalıdır. Ürünün performansını ve özelliklerini optimize etmek için kullanılır [22].

BÖLÜM 3

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler, cihazlar ve yöntem anlatılmıştır.

3.1. KULLANILAN MALZEMELER

Stiren-Bütadien-Stiren (SBS): Deneysel çalışmalarda kullanılan ön işlem görmüş SBS kopolimer İstanbul'da bulunan Ziylan Taban San. ve Tic. A.Ş.'den, Plastik katkı malzemeleri ile harmanlanmış ve ekstrüderde granül haline getirilmiş olarak temin edilmiştir. SBS polimere dolgu malzemesi olarak CaCO₃ (kalsit), kaydırıcı-proses kolaylaştırıcı olarak çinko stearat ve termoyağı (madeni yağ) kullanılmıştır. Mekanik karıştırıcıda 20 dakika karıştırılıp harmanlandıktan sonra Ektrüderden granül halinde alınmıştır. Kompozit eldesi çalışmamızda ön işlem görmüş katkılı SBS (A) kullanılmıştır. İşlem görmemiş SBS'nin fiziksel analiz sonuçları ise Çizelge 3.1. de verilmiştir. SBS lineer blok kopolimeri %30 Polistiren içermektedir.

Çizelge 3.1. İşlem görmemiş SBS'nin fiziksel özellikleri.

	Değer	Standart	Birim
Yoğunluk	0,99	TS EN ISO 1183	g/cm ³
Aşınma	175	TS 5548	mm ³
Sertlik	66-63	TS EN ISO 868	Shore-A
Uzama	680	TS 5548	%
Kopma Muk.	56	TS 5548	kg/cm ²
Yırtılma Muk.	36	TS 5548	kg/cm
Akışkanlık	33	TS EN ISO 1133	5 kg 190 °C

OdunTalaşı: Deneysel çalışmalarda kullanılan talaş Karabük'teki mobilya imalathanesinden temin edilmiş olup çam ve kayın odunu karışımıdır. Etüvde 24 saat kurutulup, öğütüldükten sonra Elekten geçirilerek, 80 µm delik çapındaki elek altı talaş kullanılmıştır. Kullanılan talaşın içeriği Çizelge 3.2. de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Odun talaşı içeriği.

Kimyasal bileşim	%
Selüloz	40-50
Hemiselüloz	20-35
Lignin	20
Yabancı madde	0-5

Pirina: Zeytinin katı atığıdır. Deneysel çalışmalarda kullanılan pirina Osmaniye'de bulunan bir yağ fabrikasından temin edilmiştir. Kurutulup, öğütülmüş, elenerek 80 µm delik çapındaki elek altı kullanılmıştır. Çizelge.3.3.de değişik zeytinyağı üretim yöntemlerinden elde edilen ham pirinaların nem ve yağ yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge. 3.3. Değişik zeytinyağı üretim yöntemlerinden elde edilen ham pirinaların nem ve yağ yüzdeleri [45].

Yağ alma yöntemi	Nem (%)	Yağ (%)
Hidrolik pres	25-40	8.0-12.0
Süper pres	20-30	4.5-12.0
Santrifüjleme	38-60	1.8-6.0

Çizelge 3.4' de biyokütle örneklerinin ısı değerleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.4. Biyokütle örneklerinin ısı analiz sonuçları.

Numune	Nem %	Kül %	Üst ısı değeri (kcal/kg)	Isıl değeri (MJ/kg)
Talaş	6,99	0,59	4724	19,77
Pirina	5,46	4,30	5129	21,47

Bacakülü: Deneysel çalışmalarda kullanılan bacakülü Kardemir A.Ş.'nin Yüksek Fırınlar Sinter Müdürlüğünden temin edilmiştir. Kullanılan bacakülünün içeriği Çizelge 3.5 de belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan bacakülünün içeriği.

Bacakülü içeriği	%
Fe ₂ O ₃	56,10
C	17,21
S	0,55
Al ₂ O ₃	1,91
SiO ₂	7,95
CaO	2,59
MgO	0,50
Na ₂ O	0,01
K ₂ O	0,59
ZnO	0,35
MnO	1,22

Camtozu: Karabük Organize Sanayii Bölgesinde bulunan Soft Cam'dan temin edilmiştir. İnce toz haldedir.

Libaid T-2: Zirve Polimer A.Ş.' den temin edilmiştir. Libaid T-2, dolgu malzemelerinin homojen şekilde matris malzemeye dağılımına yardımcı olması için kullanılmıştır. Dolgu malzemeleri ile polimer arasında iyi bir bağlayıcı görev yapar.

DOP (Dioktil ftalat): Yumuşatıcı olarak kullanılan bir katkı maddesidir. Ela Kimyevi Maddeler San. Tic. Ltd. Şti.' den temin edilmiştir. Kullanılan DOP 'un özellikleri Çizelge. 3.6.de verilmiştir.

Çizelge 3.6. DOP özellikleri [46].

Görünüm	Berrak, Renksiz Sıvı
Koku	Hafif, Tipik
Molekül Ağırlığı	390
Su Konsantrasyonu	Max. %0,05 (ASTM D 1364)
Viskozite	76-84 cp (20 °C)(ASTM D 1045)
Yoğunluk	0,980 - 0,984 g/cm ³ (20 °C) (ASTM D 1045)
Kırılma İndisi	1,4825 - 1,4865 (20 °C) (ASTM D 1045)
Asit İndisi	Max. 0.08 mg KOH /g (ASTM D 1045)
Alevlenme Noktası	Min. 205 (20 °C) (AÇIK KAP)
Kimyasal Formül	C ₆ H ₄ (COOC ₈ H ₁₇) ₂
Renk (Hazen)	Max. 30 Hazen

3.2. KULLANILAN CİHAZLAR

3.2.1. Makineler

3.2.1.1. Mikro Karıştırıcı

Kullanılan katkılar ile ahşap tozu ve pirinanın SBS içinde fiziksel homojenliğinin sağlanması için DSM Xplore çift vidalı mikro karıştırıcı (Şekil 3.1) kullanılmıştır. DSM Xplore çift vidalı mikro karıştırıcı proses parametreleri:

Çıkış ucunun çapı	: 0.25 mm
Karıştırma ünitesi hacmi	: 15 cc
Proses sıcaklığı	: 160 °C
Karıştırma hızı	: 100 rpm
Karıştırma süresi	: 5 min

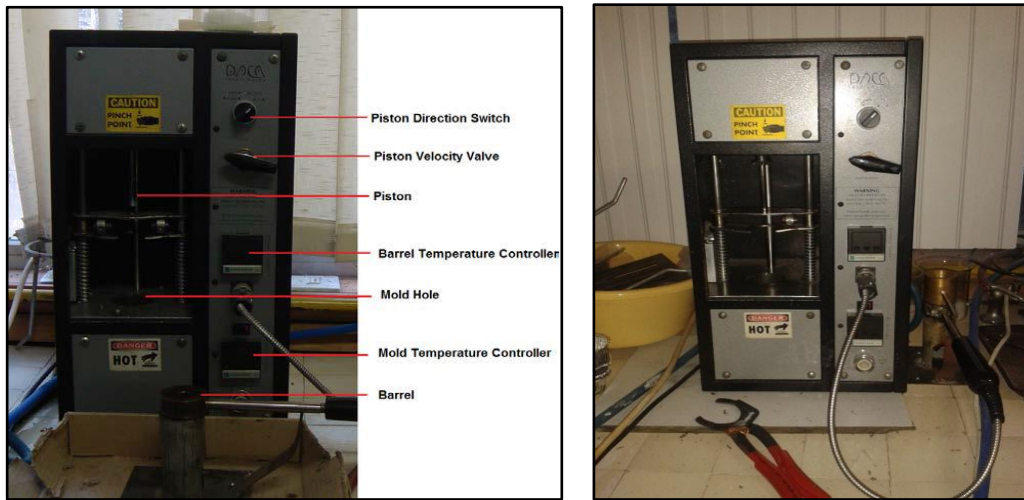


Şekil 3.1. DSM Xplore çift vidalı mikro karıştırıcı.

3.2.1.2. Enjeksiyon Makinesi

Mikro karıştırıcıda hazırlanmış granüle edilmiş numunelerin test plaka baskıları Daca Enjeksiyon makinesi (Şekil 3.2) kullanılarak yapılmıştır. Daca enjeksiyon makinesi kalıplama parametreleri:

Kovan sıcaklığı	: 160 °C
Kalıp sıcaklığı	: 25 °C
Basınç	: 5 bar



Şekil 3.2. Daca enjeksiyon makinesi.

3.2.2. Test Cihazları

3.2.2.1. Çekme Test Cihazı

Tüm numunelere çekme testi ASTM D638 uyarınca Lloyd LR 5K üniversal gerilme test makinesi (Şekil 3.3.) kullanılarak yapıldı. ASTM D638 uyarınca Lloyd LR 5K üniversal gerilme test makinesinin parametreleri:

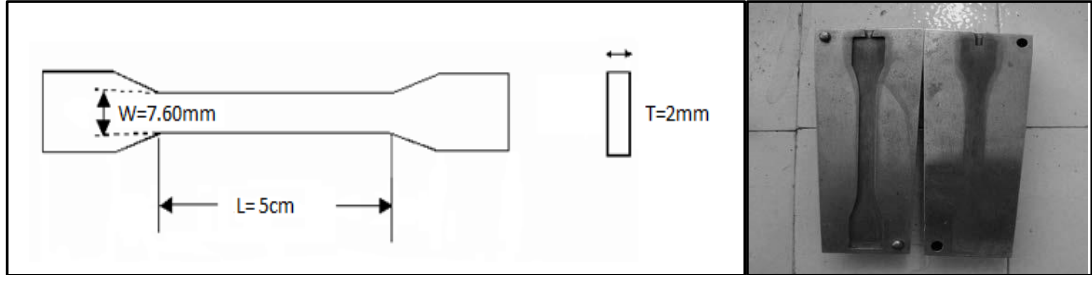
Piston kafaları hızı	: 5 cm/min
Yük hücresi	: 5 kN
Sıcaklık	: 24 °C



Şekil 3.3. Deneylerde kullanılan çekme test cihazı. Lloyd LR 5K üniversal gerilme test makinesi.

Çekme test cihazında teste tabi tutulacak numuneler enjeksiyon makinesiyle Şekil 3.4. te gösterilen kalıba basılarak hazırlanmıştır. Kalıp boyutları:

Boy (L)	: 50 mm
Genişlik (W)	: 7.6 mm
Kalınlık(T)	: 2 mm



Şekil 3.4. Çekme testi numunesi kalıbı.

3.2.2.2. Sertlik Cihazı

Kompozit malzemenin, el tipi PCE-DD D Dijital Durometre ile Shore D sertlik ölçümü yapılmıştır. Aşağıda teknik özelliği (Çizelge 3.7) ve şekli (Şekil 3.5) yer almaktadır: Termik plastik/ ± 1 sertlik derecesi hassasiyet / 0,5 sertlik derecesi çözünürlük / HOLD

Çizelge 3.7. Sertlik cihazı teknik özellikler.

Ölçüm alanı	0 ... 100 Shore D
Çözünürlük	0,5 Sertlik – Derecesi
Hassasiyet 20 ... 80 Shore A 'de	± 2 Sertlik – Derecesi
Penetresyon derinliği	0 ... 2.5 mm
Basınç kuvveti	5 kg
Penetratör gövde	30°
Boyutlar	85 x 60 x 25 mm
Güç kaynağı	1 x 1,5 V (SR44)



Şekil 3.5. El tipi PCE-DD D dijital durometre.

3.2.2.3. Aşınma Cihazı



Şekil 3.6. Aşınma test cihazı.

UTS TRIBOMETER T10/20 (Şekil 3.6) iki temel hareket modülünden oluşan bir sistemdir. Bunlar hem Pin-on-disk hem de Reciprocating sayesinde hem dairesel hem de lineer harekette test imkanı sunulmaktadır. Pin-on-disk modülünde kullanılan disk tipi numuneler için opsiyonel iki farklı tutucu mevcuttur: Kademeli geçişe sahip, hassas ayarlı tutucu ve basit disk üzeri kayıcı tutucu. Pin-on-disk modülü ASTM G-99 (Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disc Apparatus) standardına uygun testler yapabilmektedir. Çizelge 3.8. de teknik özellikler verilmiştir.

Çizelge 3.8. Aşınma test cihazının özellikleri [47].

Pin tutucu	3-10 mm
Bilye tutucu	4-10 mm
Standart bilye	6 mm
Standart pin	6 mm
Disk çapı	110 mm
Disk devir sayısı	50-1000 d/dk
Numune tutucu	0-75 mm
Aşınma izi çapı	0-60 mm
Yük	1-60 N
Sürtünme kuvveti	0-60 N
Aşınma derinliği	0-4 mm
Sıcaklık	Oda sıcaklığı
Set zamanı	Saat/dk/sn
Yazılım	Turquoise V2.0

3.2.2.4. DSC Ve TGA Cihazı

Diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC) çalışmaları Tetra Hitachi DSC 7000x ve STA 7300 Termal Analizör modülü kullanılarak 10-11 mg numuneler hassas terazide tartılarak alüminyum krozede, $10\text{ }^{\circ}\text{C dk}^{-1}$ tarama hızında azot (N_2 atm.) atmosferinde termal analiz gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ısıl bozunması $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında incelenmiştir.

Termogravimetrik analiz (TGA), türev termogravimetrik analiz (DTG) ve diferansiyel termal analiz (DTA) çalışmaları Tetra Hitachi DSC 7000x ve STA 7300 Termal Analizör modülü kullanılarak 10-11 mg numuneler alınarak seramik krozede $10\text{ }^{\circ}\text{C dk}^{-1}$ tarama hızında, azot (N_2 atm.) atmosferinde analiz gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ısıl bozunması $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ aralığında incelenmiştir (Şekil 3.7).



(a)

(b)

Şekil 3.7. a) DSC cihazı b) DTA/TGA cihazı.

3.2.2.5. SEM Cihazı

Deneysel çalışmalarda kullanılan EDX, in-lens SE, SE2, BSE (EsB) ve STEM dedektörler, sıcak tabla ve yük dengeleyici ataçmanlara sahip yüksek çözünürlüklü FESEM Şekil 3.8 de verilmiştir. Ultra Plus, FESEM olarak adlandırılan bir alan emisyonlu tarama elektron mikroskopudur.



Şekil 3.8. SEM cihazı (Carl Zeiss Ultra Plus Gemini FESEM).

Numuneler Q150R kaplama makinesi Au / Pd ile kaplanmış olup daha sonra bu numunelerin mikroyapı gözlemleri, enerji dağılımlı X-ışınları spektroskopisi (yarı-kantitatif EDX) analiz sistemi ile alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (FESEM) Carl Zeiss Ultra Plus makine tarafından yapılmıştır. Numunelerin çoklu nokta ve çizgi tarama EDX analizleri 10 kV hızlandırma gerilimleri ve 9 mm çalışma mesafesinde FESEM’le gerçekleştirilmiştir.

3.3. DENEYSEL YÖNTEM

3.3.1. Karışımların Hazırlanması

Kontrol numunesi olan katkılı SBS’den başlanarak talaş ve pirina oranı kütlece %10 oranında düzenli olarak artırılarak (%10 - %20 - %30 - %40) kompozit numuneler elde edilmiştir. Bütün kompozitlere harmanlarken %1 libaid T-2 ve 1-2 ml DOP ilavesi yapıldı. Çizelge 3.9 da gösterilen miktarlarda numuneler hassas terazide tartılarak. Şekil 3.1 de gösterilen mikro karıştırıcıda 5 dakika süre ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar Şekil 3.2 de gösterilen Doca-enjeksiyon makinasında daha önce verilmiş olan parametrelerde kür edildi.

Çizelge 3.9. Hazırlanan numune içerikleri.

No	Polimer	Dolgu malzemesi
A	SBS	-
1	SBS	%10 talaş
2	SBS	%20 talaş
3	SBS	%30 talaş
4	SBS	%40 talaş
5	SBS	%10 pirina
6	SBS	%20 pirina
7	SBS	%30 pirina
8	SBS	%40 pirina
9	SBS	%20 talaş, %1 baca külü
10	SBS	%20 talaş, %7 cam tozu
11	SBS	%20 pirina, %1 baca külü
12	SBS	%20 pirina, %7 cam tozu

Aynı işlemler talaş yerine pirina kullanılarak tekrarlanmıştır. Karıştırıcıdan alınan homojen yapıdaki karışım enjeksiyon makinesine beslenmiştir. ASTM D638'e uygun çekme ve sertlik deneylerini yapabilmek için Enjeksiyon makinesi vasıtasıyla da kompozit malzeme kalıba basılarak, test plakaları elde edilmiştir. Şekil 3.1 de görülen Enjeksiyon Makinasında 10'ar adet test plakaları basılıp en iyi 4 tanesi seçilerek çekme testine tabi tutulmuştur.

İleriki aşamada %20 talaş ve %20 pirina katkılı SBS karışımlara ek olarak %1 bacakülü veya %7 cam tozu ekleyerek çalışmalar tekrarlanmıştır.

3.3.2. Test Plakalarının Çekme Testleri

Şekil 3.3 de görülen çekme test cihazı ile test plakalarına 5 cm/dak çekme hızı uygulanarak kopana kadar test sürdürülmüş (Şekil 3.9). Çekme testine tabi tutulan numuneler Şekil 3.10 a ve b de görülmektedir. Sonuçların ortalamaları alınarak değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 3.9. Çekme testinde plakanın kopma anı.



(a)

(b)

Şekil 3.10. Çekme testi öncesi a) ve sonrası b) test numuneleri.

BÖLÜM 4

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. MEKANİK ÖZELLİKLER

4.1.1. Çekme-Uzama Testi

Enjeksiyon makinasında her bir orana ait 10'ar adet basılan kompozit test plakalarından, çapaklı ve eksik çıkan numuneler alınmayarak, içlerinden en iyi 4 tanesine çekme testi uygulanmıştır. Her birine ait sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde yer almaktadır. Çekme mukavemeti-yüzde uzama eğrileri ise Ek Açıklamalar A. da verilmiştir.

4.1.1.1. SBS (Kontrol Numunesi)

Çizelge 4.1 de işlem görmüş SBS mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. İşlem görmüş SBS mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	64,01618	50,82291	61,54438	46,57473	55,7396
Çekme Mukavemeti (MPa)	3,516867	3,178486	3,604583	2,990151	3,32252
Kopmadaki yüzde uzama	92,44241	77,9584	83,15891	70,15907	80,9297

4.1.1.2. SBS-%10 Talaş (Numune 1)

Çizelge 4.2 de SBS- %10 talaş mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.2. SBS- %10 talaş mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	37,57136	35,62558	39,28486	32,62453	36,2765
Çekme Mukavemeti (MPa)	2,230735	2,016442	2,278939	2,139879	2,1664
Kopmadaki yüzde uzama	69,61921	71,00578	64,15458	63,43441	67,0535

4.1.1.3. SBS-%20 Talaş (Numune 2)

Çizelge 4.3 de SBS- %20 talaş mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.3. SBS- %20 talaş mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	34,77797	24,12959	32,96719	45,4469	34,3304
Çekme Mukavemeti (MPa)	1,654385	1,461263	1,548476	1,39213	1,5140
Kopmadaki yüzde uzama	73,24814	72,22891	73,64881	70,96602	72,5230

4.1.1.4. SBS-%30 Talaş (Numune 3)

Çizelge 4.4 de SBS- %30 talaş mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.4. SBS- %30 talaş mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	18,8225	13,92949	30,09791	23,61252	21,6156
Çekme Mukavemeti (MPa)	1,113099	1,040191	1,171426	1,054869	1,0949
Kopmadaki yüzde uzama	57,42866	52,75713	59,59291	56,80207	56,6452

4.1.1.5. SBS-%40 Talaş (Numune 4)

Çizelge 4.5 de SBS- %40 talaş mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5. SBS- %40 talaş mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	12,5888	11,39678	20,48861	14,63852	14,7782
Çekme Mukavemeti (MPa)	0,829777	0,863545	0,672534	0,813649	0,7948
Kopmadaki yüzde uzama	49,01061	49,70071	26,51464	30,27017	38,8740

4.1.1.6. SBS- %10 Pirina (Numune 5)

Çizelge 4.6 de SBS- %10 pirina mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.6. SBS- %10 pirina mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	25,39358	23,96197	36,34918	27,1952	28,2249
Çekme Mukavemeti (MPa)	1,4807	1,432507	1,418531	1,658052	1,4974
Kopmadaki yüzde uzama	108,6903	111,8768	101,2252	90,38296	103,0438

4.1.1.7. SBS - %20 Pirina (Numune 6)

Çizelge 4.7 de SBS- %20 pirina mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.7. SBS- %20 pirina mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	7,54893	17,93201	11,37546	15,10463	12,9902
Çekme Mukavemeti (MPa)	0,954764	1,091929	1,003551	1,021366	1,0179
Kopmadaki yüzde uzama	95,4523	90,99525	84,50746	79,89867	87,7134

4.1.1.8. SBS- %30 Pirina (Numune 7)

Çizelge 4.8 de SBS- %30 pirina mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.8. SBS- %30 pirina mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	4,552448	8,255431	6,52911	6,958857	6,5739
Çekme Mukavemeti (MPa)	0,753581	0,757374	0,724106	0,766947	0,7505
Kopmadaki yüzde uzama	80,25559	72,49009	74,60168	72,20126	74,8871

4.1.1.9. SBS- %40 Pirina (Numune 8)

Çizelge 4.9 da SBS- %40 pirina mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.9. SBS- %40 pirina mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	4,462549	5,987079	4,40128	6,805014	5,4139
Çekme Mukavemeti (MPa)	0,571548	0,629235	0,63314	0,603122	0,6092
Kopmadaki yüzde uzama	63,08382	71,25241	72,63951	64,40042	67,8440

4.1.1.10. SBS-Talaş-Bacakülü (Numune 9)

Çizelge 4.10 da SBS-talaş-bacakülü mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10. SBS-talaş-bacakülü mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	35,19131	26,81429	27,48026	41,37616	32,7155
Çekme Mukavemeti (MPa)	1,738747	1,23213	1,669607	1,980607	1,6553
Kopmadaki yüzde uzama	65,9893	72,21699	62,03138	57,03645	64,3185

4.1.1.11. SBS-Talaş-Camtozu (Numune 10)

Çizelge 4.11 da SBS-talaş-camtozu mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.11. SBS-talaş-camtozu mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	39,43934	38,35144	37,02787	29,71708	36,1339
Çekme Mukavemeti (MPa)	2,059601	2,067087	1,69003	1,629277	1,8615
Kopmadaki yüzde uzama	55,6442	60,59154	59,07699	60,33324	58,9115

4.1.1.12. SBS-Pirina-Bacakülü (Numune 11)

Çizelge 4.12 de SBS-pirina-bacakülü mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.12. SBS-pirina-bacakülü mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	12,98943	14,78902	15,45805	13,36063	14,1493
Çekme Mukavemeti (MPa)	1,230152	1,146001	1,102066	1,132078	1,1526
Kopmadaki yüzde uzama	86,05386	81,90029	89,14518	79,17726	84,0691

4.1.1.13. SBS-Pirina-Camtozu (Numune 12)

Çizelge 4.13. de SBS-pirina-camtozu mekanik test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.13. SBS-pirina-camtozu mekanik test sonuçları.

	1.numune	2.numune	3. numune	4. numune	Ort.
Young Modülü (MPa)	16,85201	16,21601	14,0697	14,16506	15,3257
Çekme Mukavemeti (MPa)	1,174605	1,258408	1,12915	1,165386	1,1819
Kopmadaki yüzde uzama	85,07781	77,12509	73,35412	80,37505	78,9830

Kompozit içindeki talaş oranına göre young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzamanın ortalama değerleri aşağıda Çizelge 4.14 te, kompozit içindeki pirina oranına göre young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzamanın ortalama değerleri Çizelge 4.15 te ve kompozitlere bacakülü ve camtozu ilavesi sonucu elde edilen young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzamanın ortalama değerleri Çizelge 4.16 da toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 4.14. Kompozit içindeki talaş oranına göre Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama ortalama değerleri.

Talaş İçeriği (%)	Young Modülü (MPa)	Çekme mukavemeti (MPa)	Uzama (%)
0	55,7396	3,3226	80,9297
10	36,2766	2,1665	67,0535
20	34,3304	1,5141	72,5230
30	21,6156	1,0949	56,6452
40	14,7782	0,7949	38,8740

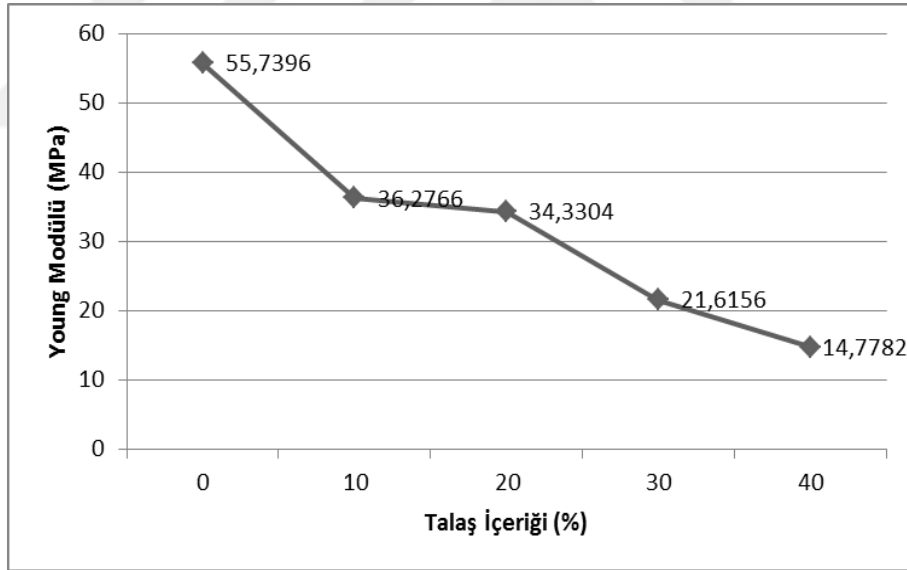
Çizelge 4.15. Kompozit içindeki pirina oranına göre Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama ortalama değerleri.

Pirina İçeriği (%)	Young Modülü (MPa)	Çekme mukavemeti (MPa)	Uzama (%)
0	55,7396	3,3226	80,9297
10	28,2250	1,4975	103,0438
20	12,9903	1,0179	87,7134
30	6,5740	0,7505	74,8872
40	5,4140	0,6092	67,8440

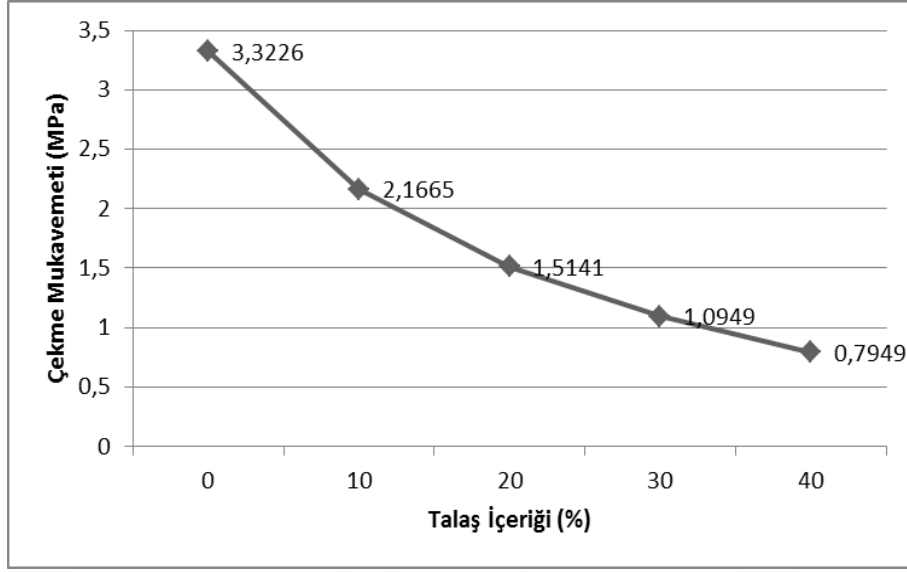
Çizelge 4.16. Kompozitlere bacakülü ve camtozu ilavesi sonucu elde edilen Young modülü, çekme mukavemeti ve yüzde uzama ortalama değerleri.

No.	İçerik	Young Modülü (MPa)	Çekme mukavemeti (MPa)	Uzama (%)
1	SBS-%20 talaş	34,3304	1,5141	72,5230
2	SBS-%20 talaş-%1 bacakülü	32,7155	1,6553	64,3186
3	SBS-%20 talaş-%7 camtozu	36,1339	1,8615	58,9115
4	SBS-%20 pirina	12,9903	1,0179	87,7134
5	SBS-%20 pirina-%1 bacakülü	14,1493	1,1526	84,0692
6	SBS-%20 pirina-% 7 camtozu	15,3257	1,1820	78,9830

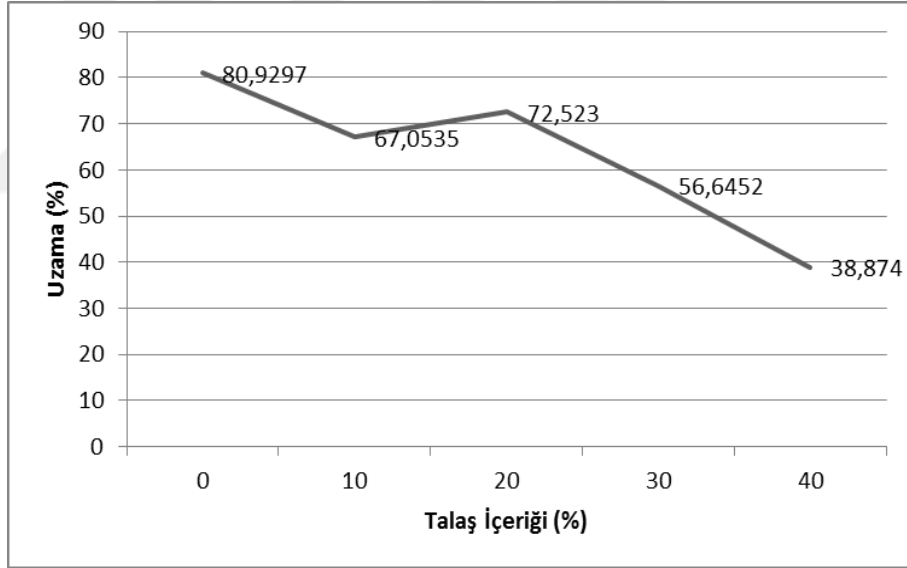
SBS/Talaş karışımlarının Young modülü değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 4.1 de, çekme mukavemeti değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 4.2 de, yüzde uzama değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 4.3 de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. SBS/talaş karışımlarında Young modülü değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi.



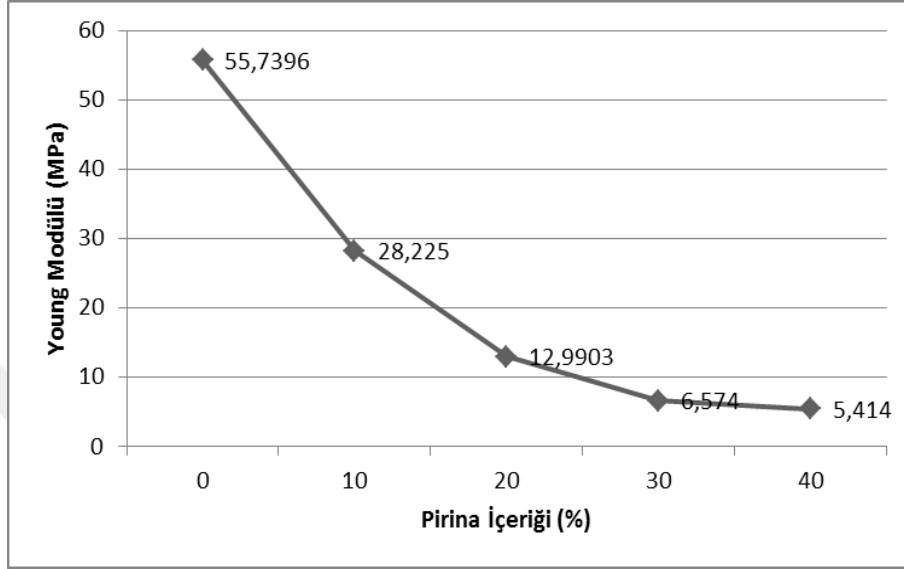
Şekil 4.2. SBS/talaş karışımlarında çekme mukavemeti değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi.



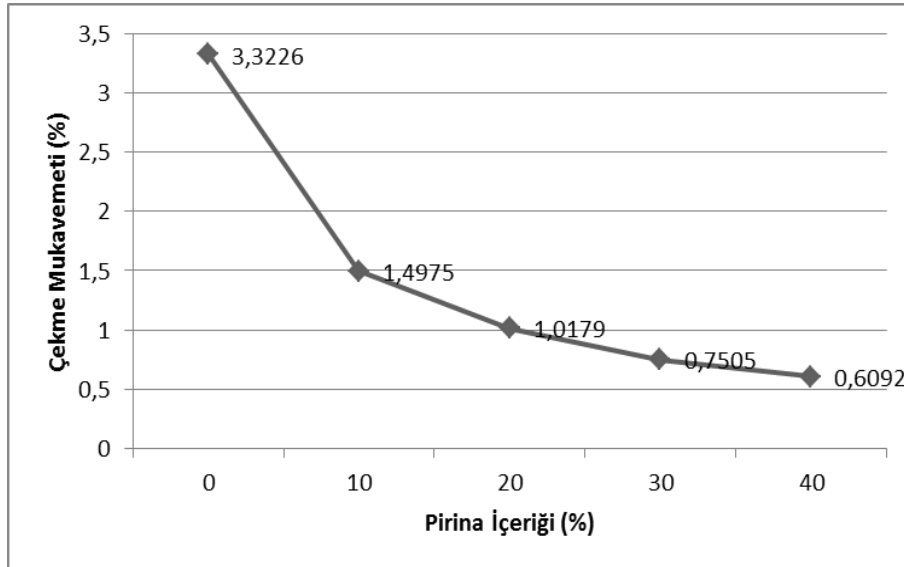
Şekil 4.3. SBS/talaş karışımlarında yüzde uzama değerlerinin talaş içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi.

Takviye malzemesi olarak farklı oranlarda talaş kullanılan karışımların çekme testi sonuçları incelendiğinde talaş oranı arttıkça Young Modülü, Çekme Mukavemeti ve yüzde uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yüzde uzama değerleri karşılaştırıldığında, %20 talaş takviyeli kompozitin yüzde uzama değerindeki azalmanın %10 talaş takviyeli kompozite göre daha az olduğu görülmüştür.

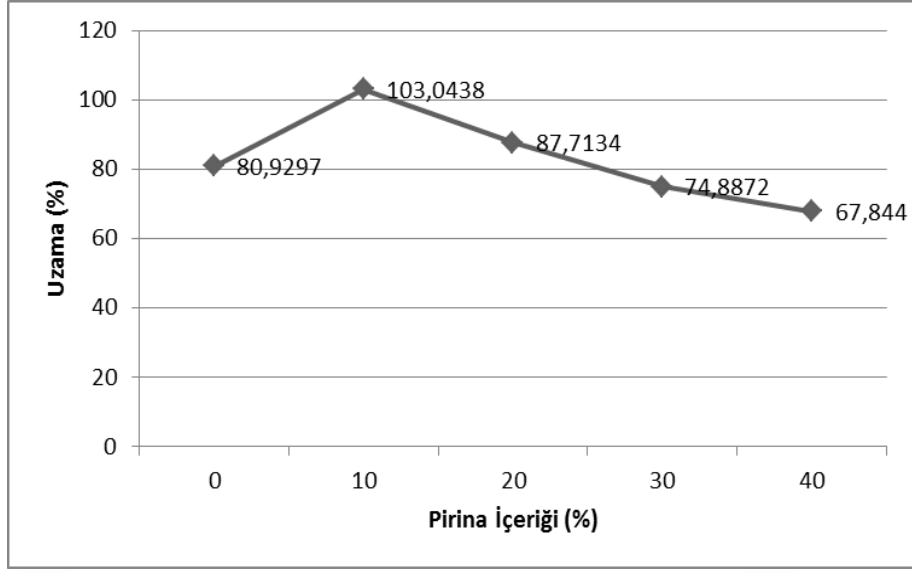
SBS/Pirina karışımlarının Young modülü değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil. 4.4 te, çekme mukavemeti değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil. 4.5 te, yüzde uzama değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi Şekil. 4.6 da gösterilmiştir.



Şekil 4.4. SBS/pirina karışımlarında Young modülü değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi.



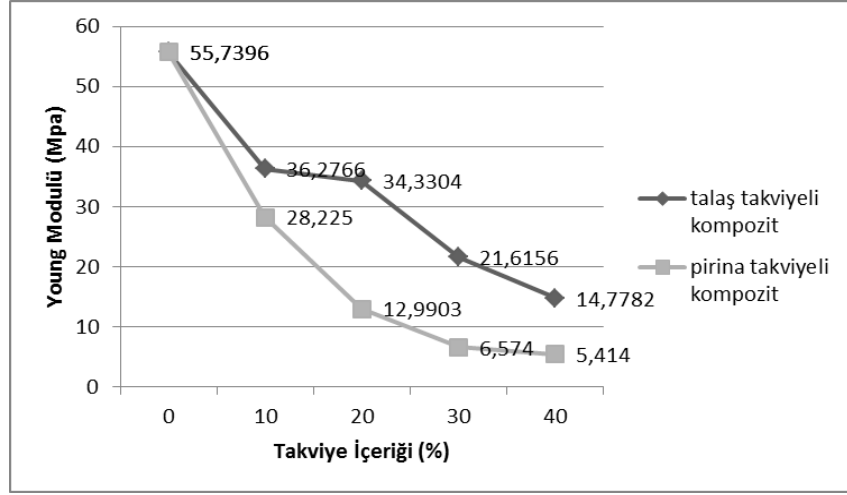
Şekil 4.5. SBS/pirina karışımlarında çekme mukavemeti değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi.



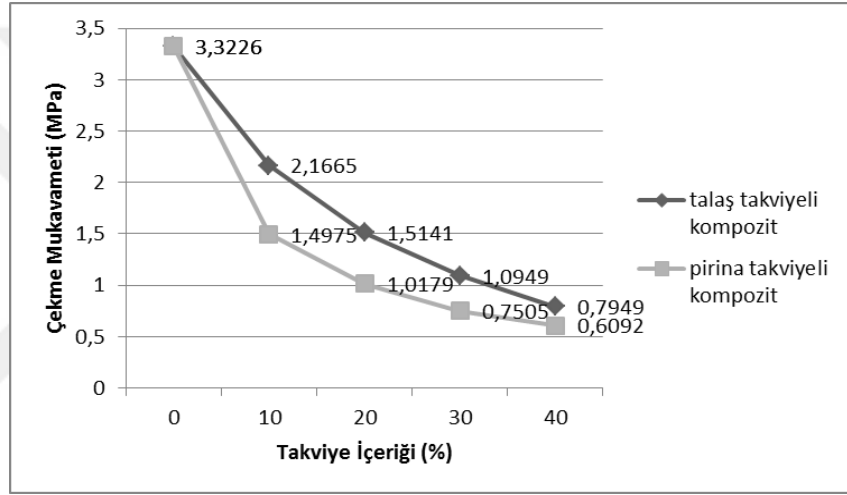
Şekil 4.6. SBS/pirina karışımlarında yüzde uzama değerlerinin pirina içeriğine göre değişiminin grafiksel gösterimi.

Takviye malzemesi olarak farklı oranlarda pirina kullanılarak hazırlanan kompozitlerin mekanik özellikleri incelendiğinde pirina oranı arttıkça Young Modülü, Çekme Mukavemeti ve yüzde uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yüzde uzama değerleri, %10 pirina takviyesinde en yüksek seviyeye ulaşmış daha sonra azalmaya başlamıştır.

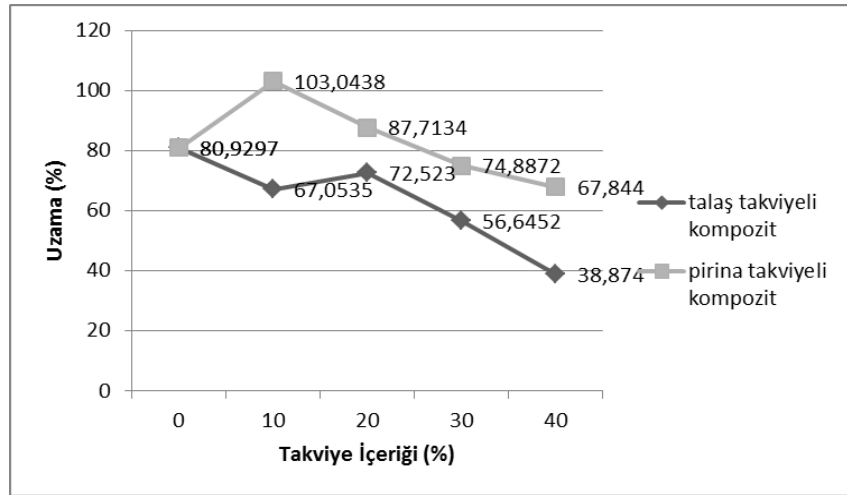
Şekil 4.7 de talaş ve pirina takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerine göre karşılaştırma yapılmıştır.



(a)



(b)

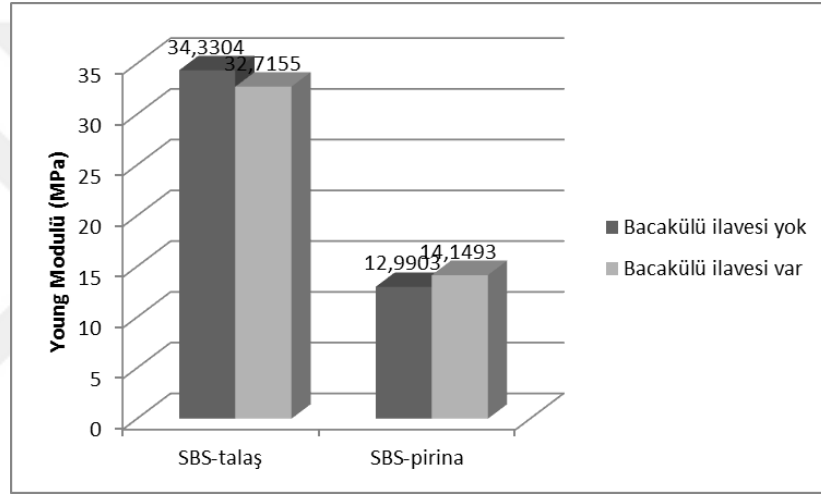


(c)

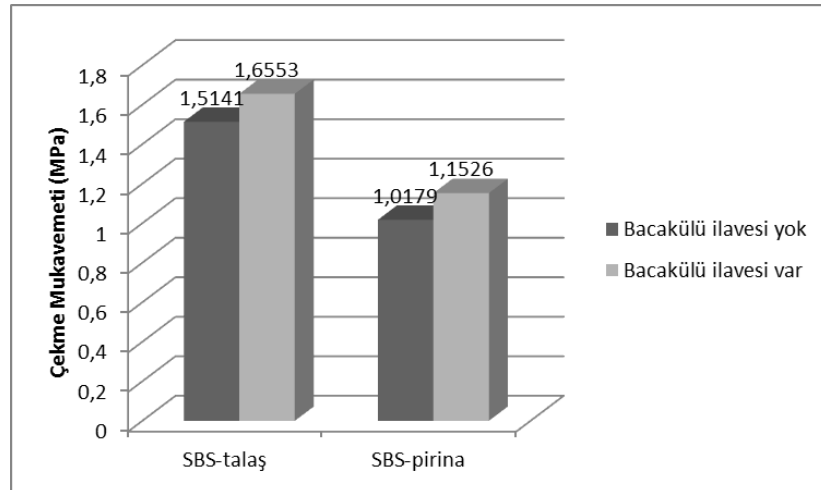
Şekil 4.7. Talas ve pirina takviyeli kompozitlerin a) Young modülü, b) çekme mukavameti ve c) yüzde uzama özelliklerinin karşılaştırması.

Kütlece %20 takviye oranında hazırlanan SBS-talaş kompozitlerine bacakülü ilavesinin mekanik özelliklere etkisi incelendiğinde Young Modülü ve Yüzde Uzama değerlerinin azaldığı, Çekme mukavemeti değerlerinin ise arttığı görülmüştür. Kütlece %20 takviye oranında hazırlanan SBS-pirina kompozitlerine bacakülü ilavesinin mekanik özelliklere etkisi incelendiğinde Young modülü ve Çekme mukavemeti değerlerinin arttığı, Yüzde uzamanın ise azaldığı görülmüştür.

SBS/Talaş ve SBS/Pirina karışımlarına bacakülü ilavesinin mekanik değerlere etkisinin grafiksel gösterimi Şekil 4.8 de gösterilmiştir.

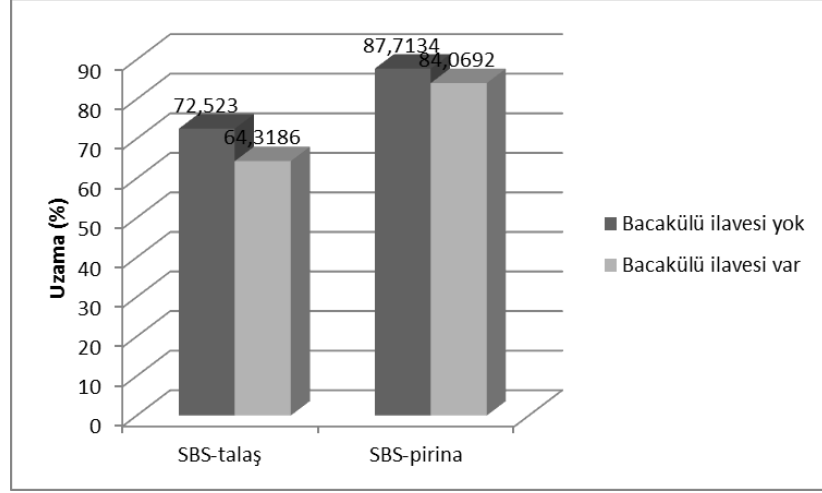


(a)



(b)

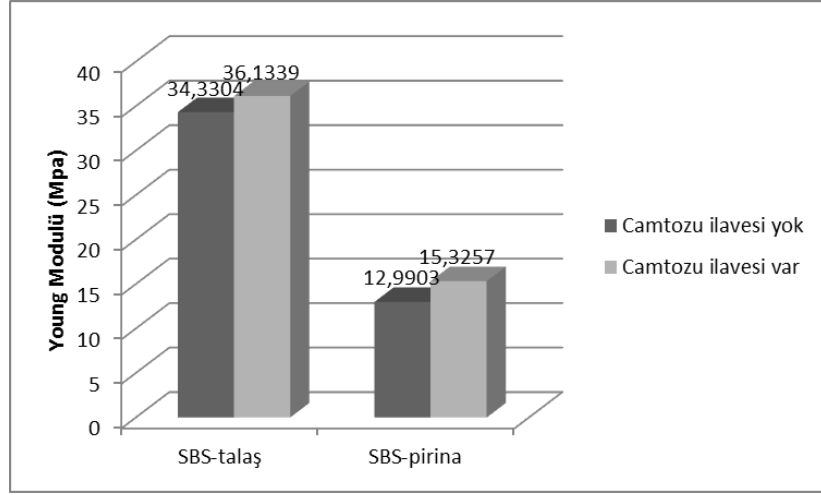
Şekil 4.8. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına bacakülü ilavesinin a) Young modülü b) çekme mukavemeti c) yüzde uzama değerlerine etkisinin grafiksel gösterimi.



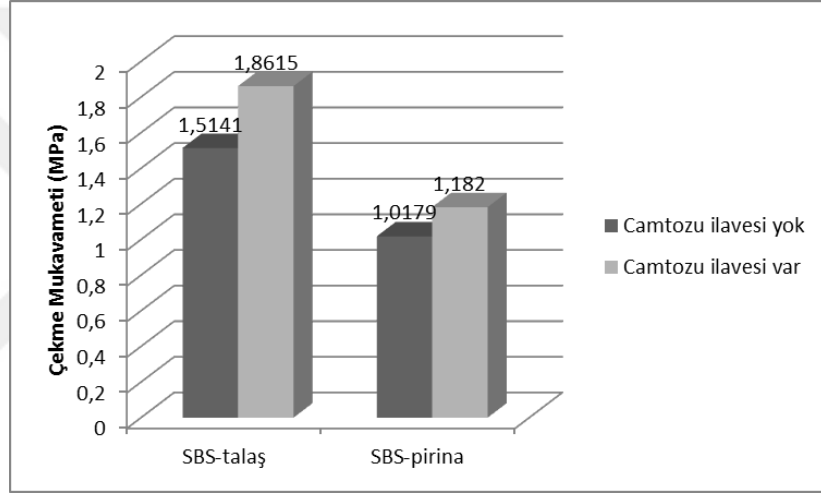
(c)

Şekil 4.8. (devam ediyor).

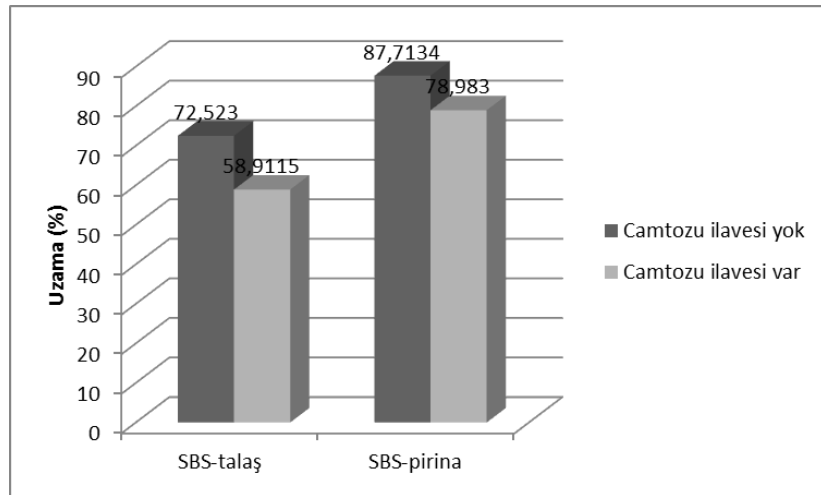
Kütlece %20 takviye oranında hazırlanan SBS-talaş kompozitlerine camtozu ilavesinin mekanik özelliklere etkisi incelendiğinde Young Modülü ve Çekme Mukavemeti değerlerinin arttığı, Yüzde Uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Aynı şekilde kütlece %20 takviye oranında hazırlanan SBS-pirina kompozitlerine camtozu ilavesinin mekanik özelliklere etkisi incelendiğinde de Young Modülü ve Çekme Mukavemeti değerlerinin arttığı, Yüzde Uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. SBS/Talaş ve SBS/Pirina karışımlarına camtozu ilavesinin mekanik değerlere etkisinin grafiksel gösterimi Şekil 4.9 da gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.9. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına camtozu ilavesinin a) Young modülü b) çekme mukavemeti c) yüzde uzama değerlerine etkisinin grafiksel gösterimi.

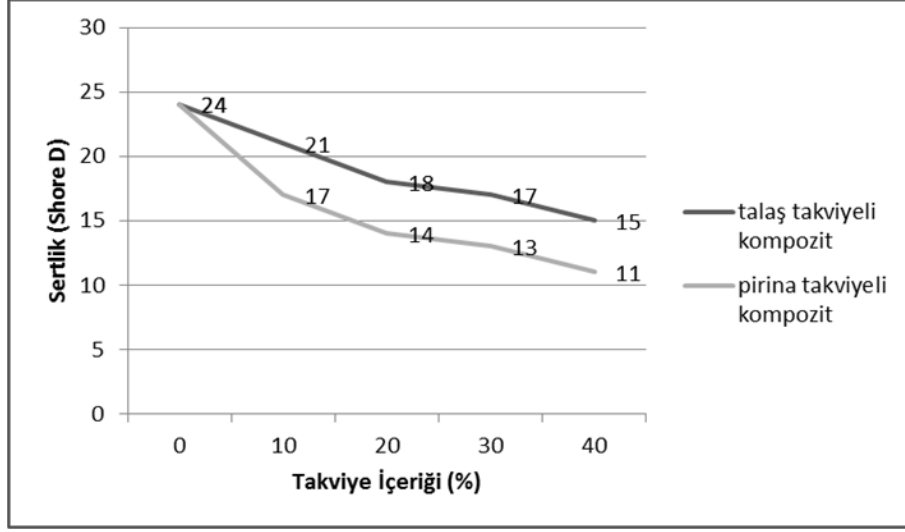
4.1.2. Sertlik Testi

PCE-DD D Dijital Durometre ile yapılan Shore D testi için herbir çekme test numunesinin farklı bölgelerinden 4 sertlik sonucu alınıp ortalaması kullanılmıştır. Buna göre Çizelge 4.17 de bu ortalama sonuçlar yer almaktadır.

Çizelge 4.17. Sertlik test sonuçları.

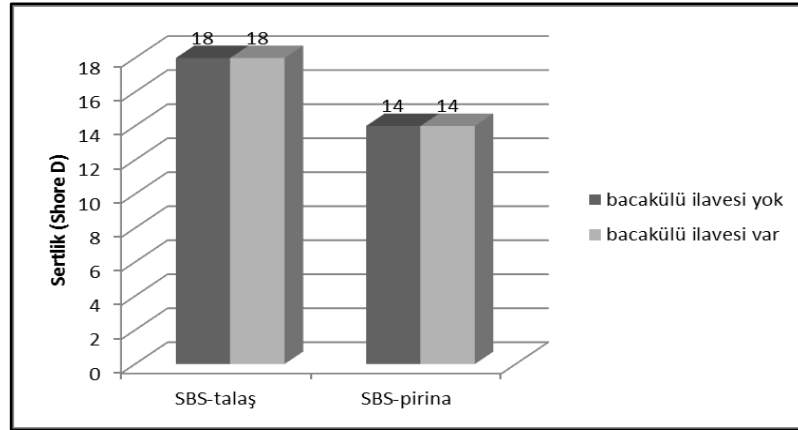
No	Karışım	Ort. Shore D
A	SBS	24
1	SBS-%10 talaş	21
2	SBS-%20 talaş	18
3	SBS-%30 talaş	17
4	SBS-%40 talaş	15
5	SBS-%10 pirina	17
6	SBS-%20 pirina	14
7	SBS-%30 pirina	13
8	SBS-%40 pirina	11
9	SBS-%20 talaş-%1 baca külü	18
10	SBS-%20 talaş-%7 cam tozu	19
11	SBS-%20 pirina-%1 baca külü	14
12	SBS-%20 pirina-%7 cam tozu	15

Sertlik testi sonuçları karşılaştırılınca SBS-Talaş ve SBS-Pirina kompozitte artan talaş ve pirina katkı oranlarına bağlı olarak sertlik değerleri düşmüştür (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Talaş ve pirina takviyeli kompozitlerde sertlik değerlerinin takviye içeriğine göre değişimi.

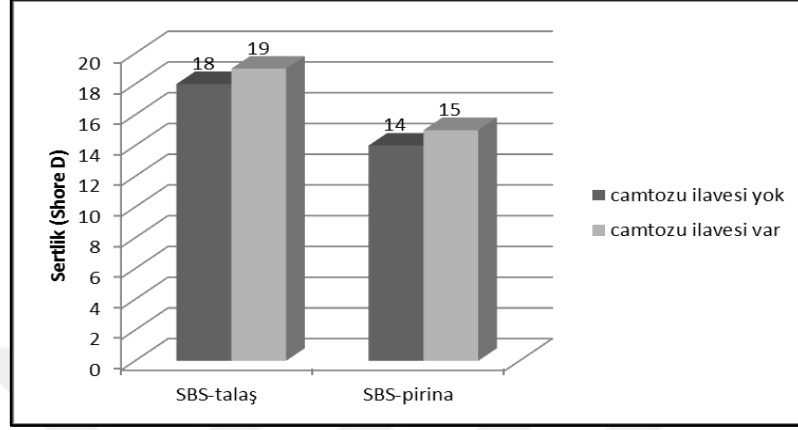
%20 talaş katkılı SBS Kompozit (2 nolu numune) ile %20 talaş ve bacakülü ilaveli SBS kompozit (9 nolu numune) karşılaştırıldığında sertliğin bacakülü ilavesiyle değişmediği görülmüştür. %20 pirina katkılı SBS Kompozit (6 nolu numune) ile %20 pirina ve bacakülü katkılı SBS kompozit (11 nolu numune) karşılaştırıldığında bacakülü ilavesiyle sertliğin yine değişmediği bulunmuştur (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına bacakülü ilavesinin sertlik değerlerine etkisi.

%20 talaş katkılı SBS Kompozit (2 nolu numune) ile %20 talaş ve camtozu katkılı SBS Kompozit (10 nolu numune) karşılaştırıldığında camtozu ilavesiyle sertliğin arttığı gözlemlendi. %20 pirina katkılı SBS Kompozit (6 nolu numune) ile %20 pirina

ve camtozu katkılı SBS Kompozit (12 nolu numune) karşılaştırıldığında ise camtozu ilavesiyle sertliğin artmış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Silika tipi katkıları elastomer yapılı malzemelerin sertliğini artırır [48].



Şekil 4.12. SBS/talaş ve SBS/pirina karışımlarına camtozu ilavesinin sertlik değerlerine etkisi.

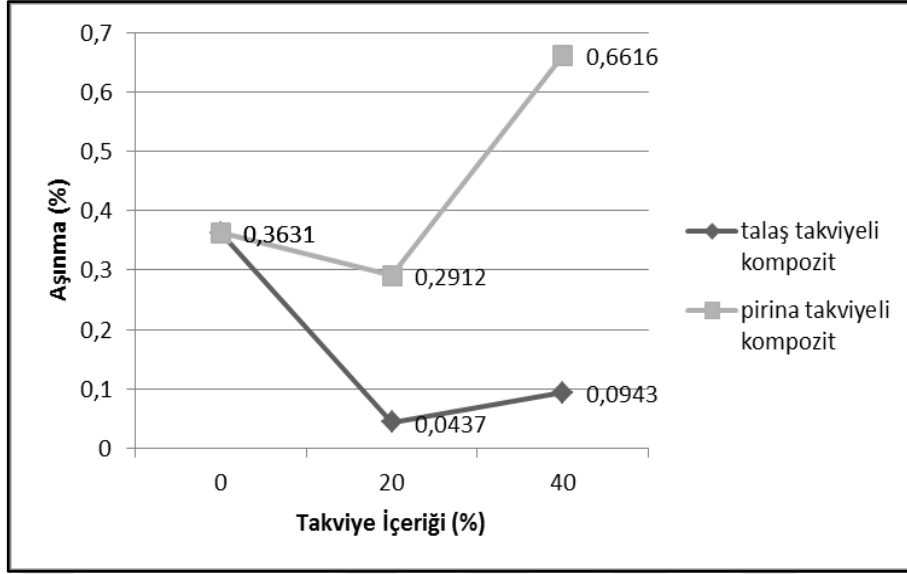
4.1.3. Aşınma Testi

9 adet numuneye 2N yük uygulanarak aşınma testi uygulanmıştır. Test 10000 çevrimi tamamlayana kadar devam etmiş ve aşınma öncesi ağırlık ile aşınma sonrası ağırlıkları hassas terazide tartılarak sonuçlar Çizelge 4.18'e kaydedilmiştir. Kayma mesafesi 96 mm/s olarak belirlenmiş ve 6 Hz. Frekansında test tamamlanmıştır.

Çizelge 4.18. Aşınma test sonuçları.

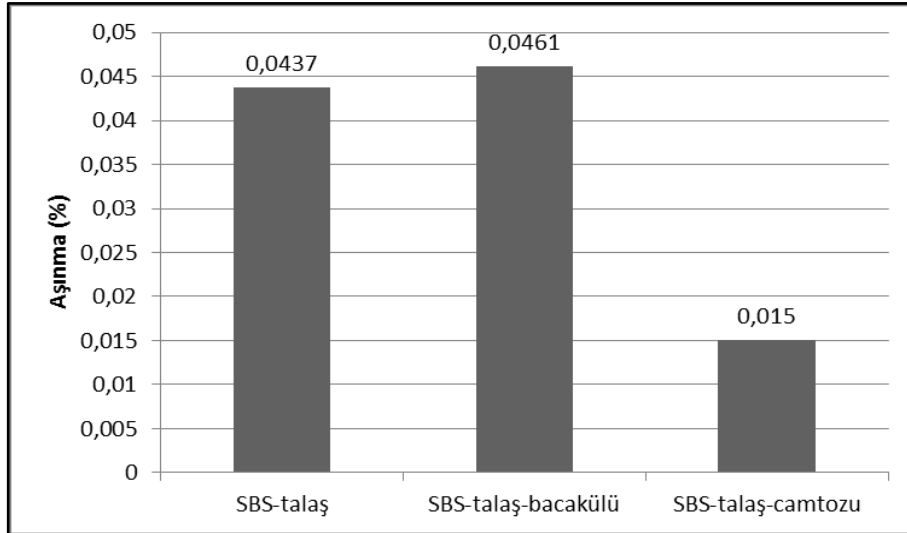
No	Karışım	Aşınma öncesi ağırlık (gr)	Aşınma sonrası ağırlık (gr)	Sürtünme Katsayısı	Fark (gr)	% Aşınma
A	SBS	2.1759	2.1680	0.49	0.0079	0,3631
2	SBS -%20 Talaş	2.7446	2.7434	0.51	0.0012	0.0437
4	SBS -%40 Talaş	1.8032	1.8015	0.39	0.0017	0.0943
6	SBS -%20 Prina	2.7128	2.7049	0.95	0.0079	0.2912
8	SBS -%40 Prina	2.7356	2.7175	0.48	0.0181	0.6616
9	SBS -%20 Talaş- Baca külü	2.6029	2.6017	0.34	0.0012	0.0461
10	SBS -%20 Talaş- Cam tozu	2.6671	2.6667	0.34	0.0004	0.0150
11	SBS -%20 Prina- Baca külü	2.6108	2.5946	1.38	0.0162	0.6205
12	SBS -%20 Prina- cam tozu	2.5367	2.5342	0.20	0.0025	0.0986

Aşınma test sonuçları yorumlandığında, SBS' e %20 talaş veya prina katılmasıyla aşınma değerlerinde azalma olmuştur. Bu katkı oranının %40 çıkarılmasıyla aşınma miktarı artmıştır (Şekil 4.13).



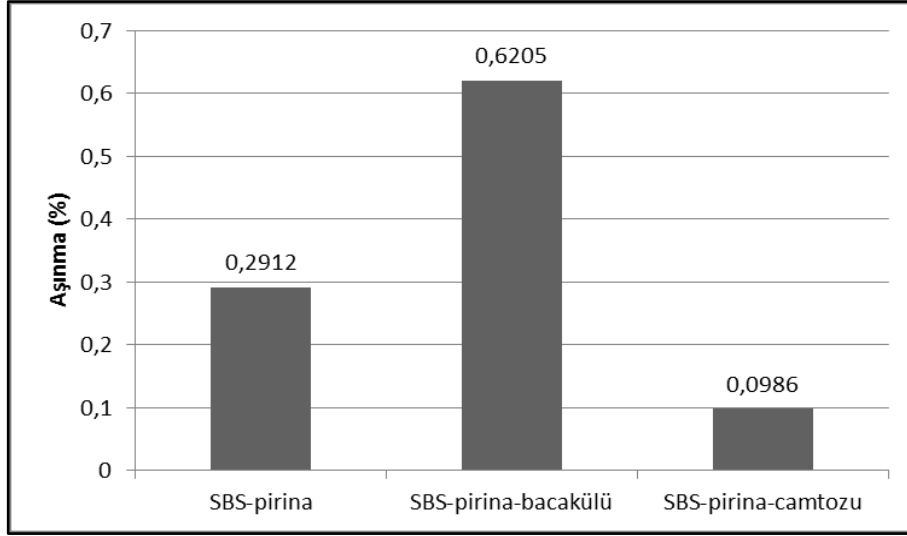
Şekil 4.13. Talas ve pirina takviyeli kompozitlerde aşınma değerlerinin takviye içeriğine göre değişimi.

SBS-%20 talas (2 nolu numune) karışımına bacakülü ilavesiyle (9 nolu numune) aşınmada çok fazla değişiklik olmamıştır. Camtozu ilavesiyle (10 nolu numune) ise aşınma miktarında bir hayli azalma olmuştur (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. SBS-talas kompozitine bacakülü ve camtozu ilavesinin etkisi.

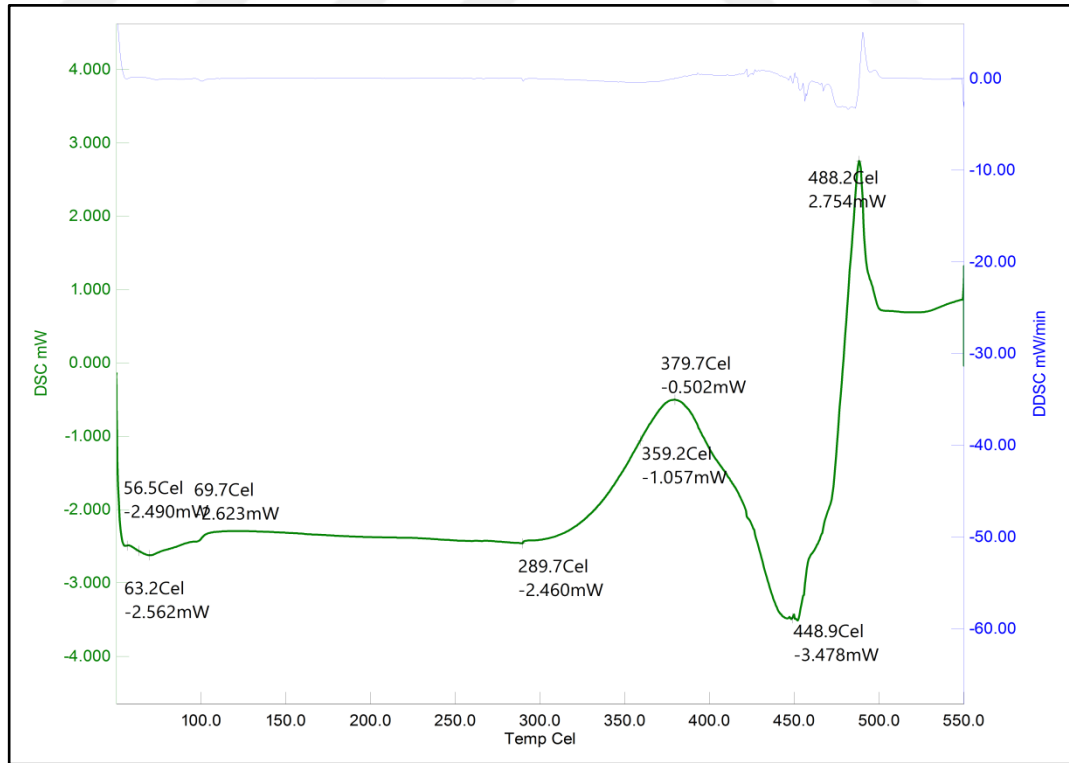
SBS-%20 prina (6 nolu numune) karışımına baca külü ilavesiyle (11 nolu numune) aşınma oranı artmıştır. Cam tozu ilavesiyle ise (12 nolu numune) ise aşınma miktarı bir hayli azalmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. SBS-pirina kompozitine bacakülü ve camtozu ilavesinin etkisi.

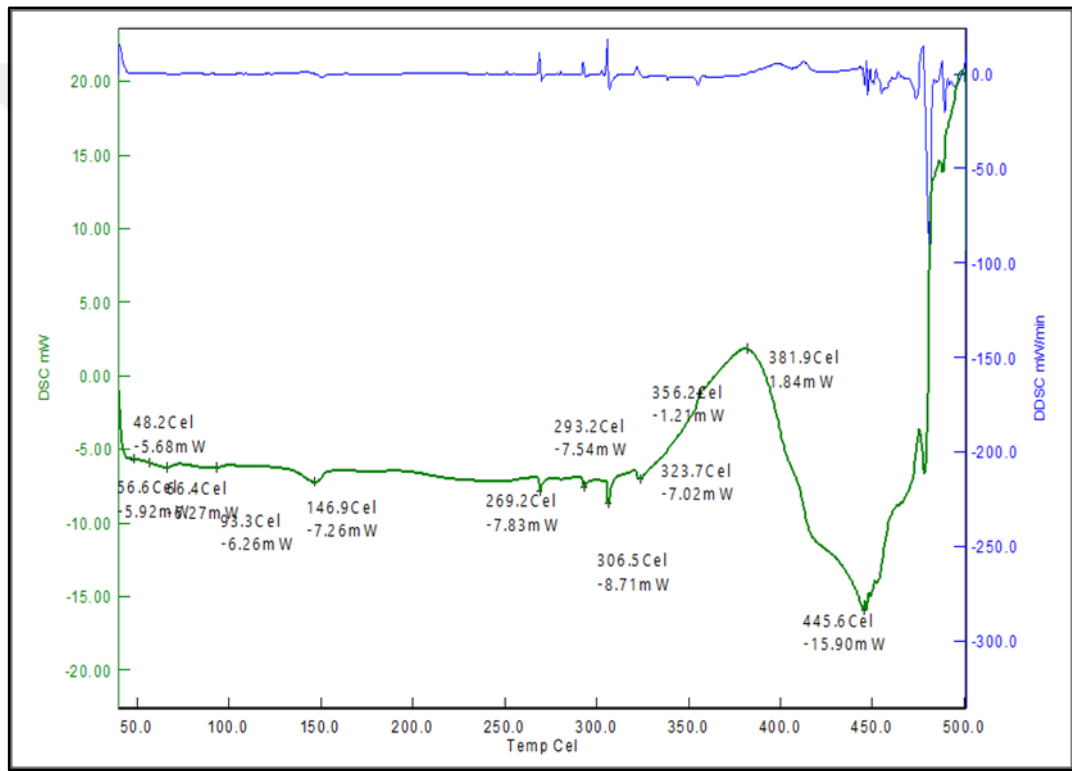
4.2. TERMAL ÖZELLİKLER

4.2.1. DSC Sonuçları



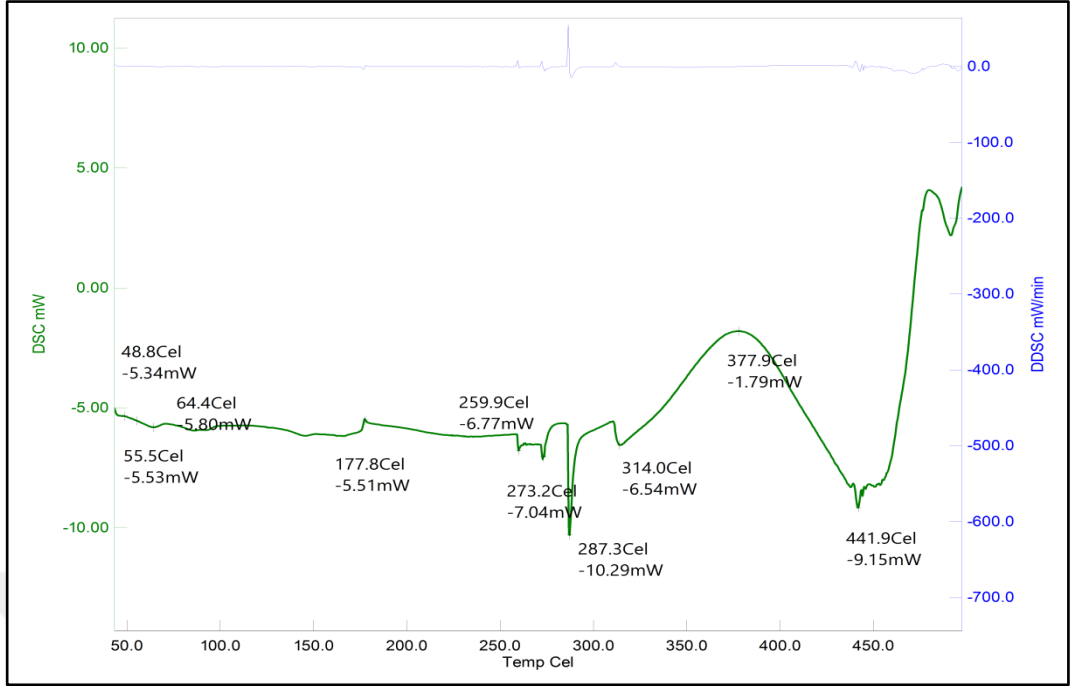
Şekil 4.16. (A) SBS için DSC grafiği.

Şekil 4.16 da işlem görmüş SBS blok kopolimerin DSC eğrisine bakıldığı zaman Camsı geçiş sıcaklığı olan T_{g1} başlangıç: $56.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, T_{g2} geçiş: $63.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve T_{g3} bitiş: $69.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. Polistiren PS ait $T_g=63.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. Daha önce yapılan çalışmalarda, herhangi bir önilem görmemiş SBS' in $T_g = 76-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında olduğu belirtilmiştir [10, 49]. Burdan SBS'e katılan proses kolaylaştırıcıların, dolgu malzemelerinin ve yağlayıcıların T_g sıcaklığını düşürdüğü görülmektedir. Katkılardan gelen erime piki $289.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken SBS'den gelen erime piki $359.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. Bu sonuç, Chernyy Sergey ve ekibinin tespit ettiği SBS'in erime sıcaklığı sonucuyla uyumludur [50].



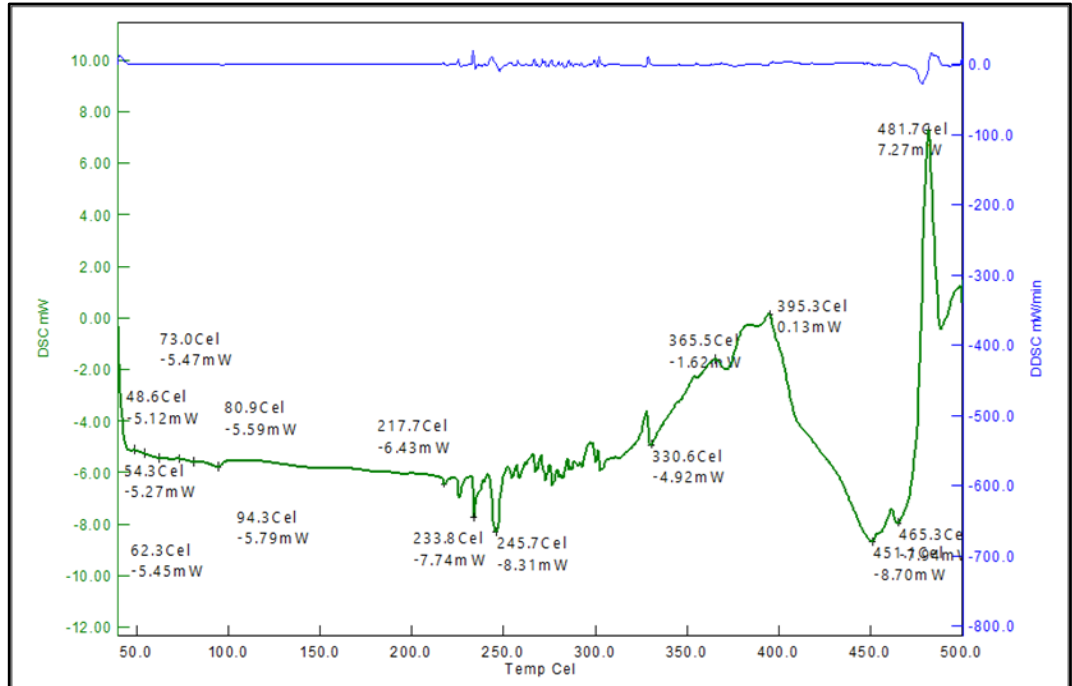
Şekil 4.17. (1) SBS-%10 talaş için DSC grafiği.

Şekil 4.17 DSC eğrisinden, $T_{g1}=48.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2}=56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3}=66.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. PS ait $T_g=56.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. Ahşap malzeme $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde bozunmaya başlar. Diagramda diğer katkılardan kaynaklanan birkaç tane erime piki daha görülmektedir. SBS Erime sıcaklığı $356.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. $325\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerindeki sıcaklıkta çapraz bağlanma ve bozunma gerçekleşir.



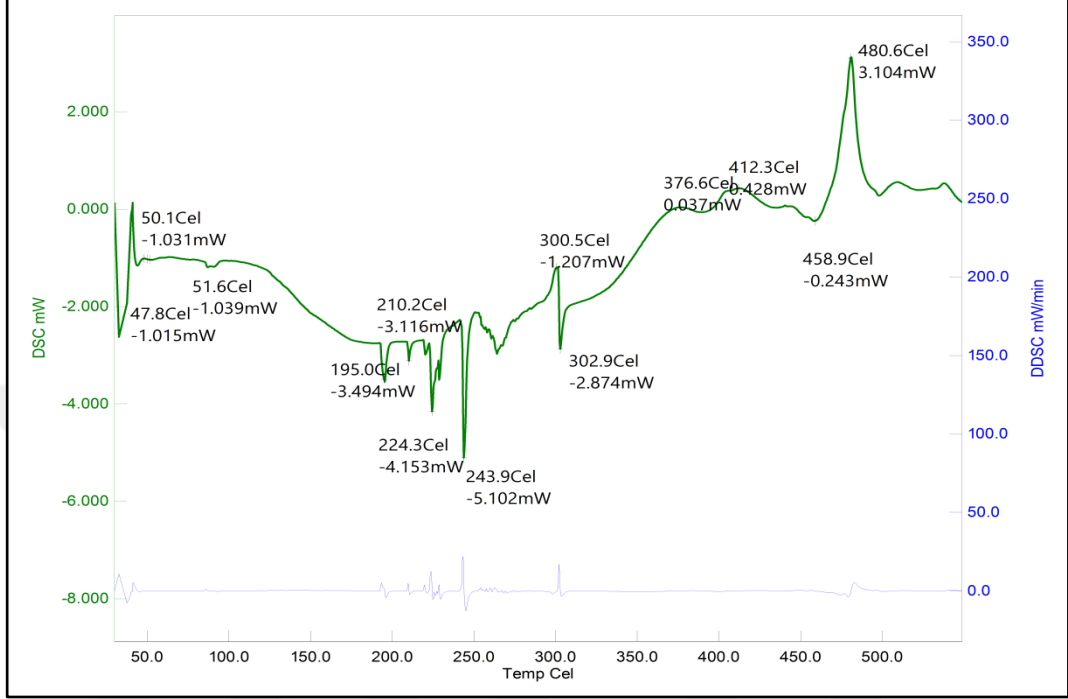
Şekil 4.18. (2) SBS-%20 talaş için DSC grafiği.

Şekil 4.18 DSC eğrisinden, $T_{g1}=48.9$ °C, $T_{g2}=55.5$ °C, $T_{g3}=64.4$ °C dir. PS için $T_g=55.5$ °C. SBS erime sıcaklığı 314 °C dir. Bu sıcaklığın üzerinde bozunmaya uğrar.



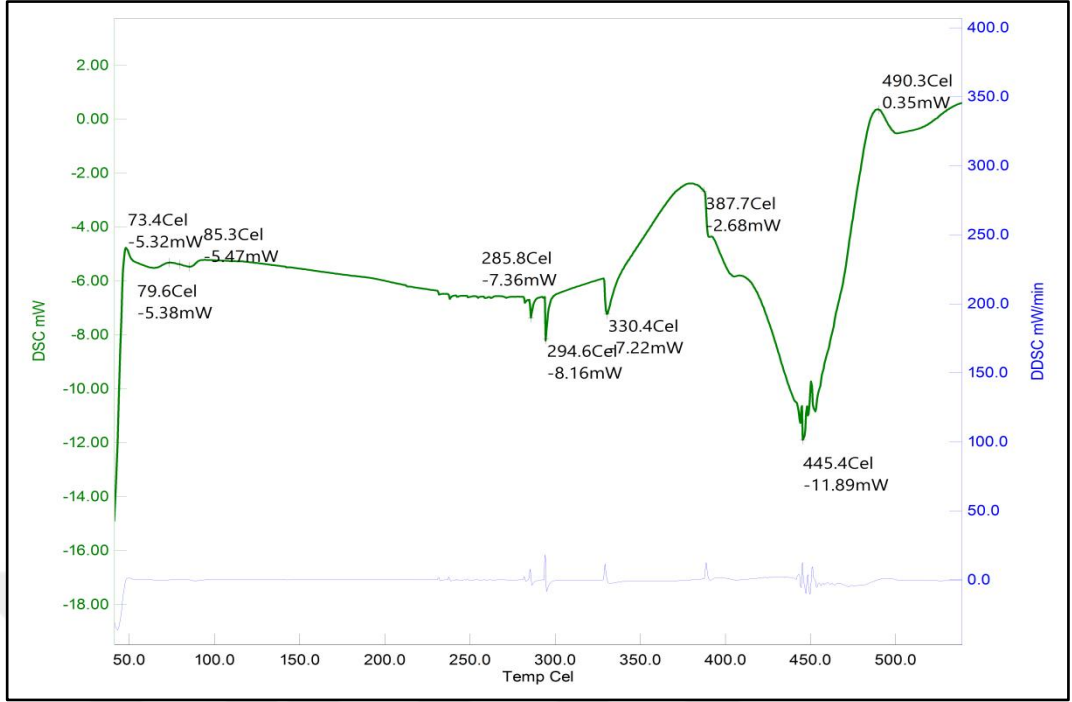
Şekil 4.19. (3) SBS-%30 talaş için DSC grafiği.

Şekil 4.19 DSC eğrisinden, $T_{g1} = 48.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2} = 54.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3} = 62.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. PS ait T_g $54.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. $245.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ erime sıcaklığıdır. Bu sıcaklığın üzerinde bozunmaya uğrar.



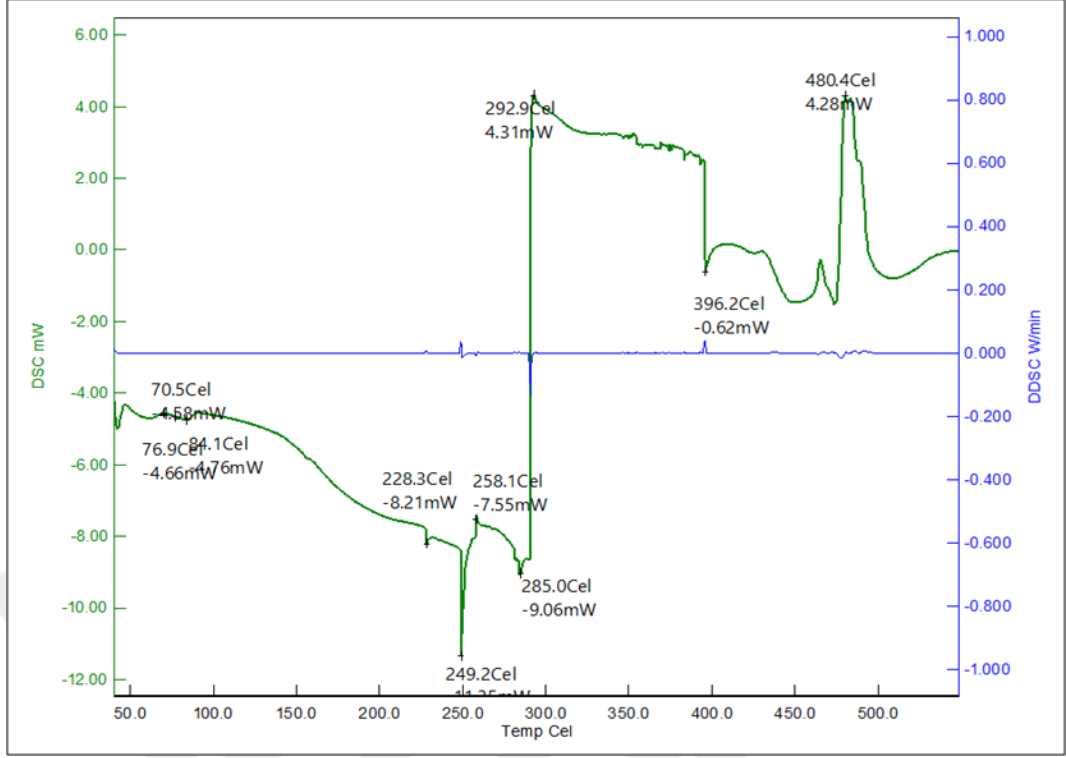
Şekil 4.20. (4) SBS-%40 talaş için DSC grafiği.

Şekil 4.20 DSC eğrisinden, $T_{g1} = 47.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2} = 50.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3} = 51.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. PS için $T_g = 50.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. SBS'e ait erime piki $302.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. Bu sıcaklığın üzerinde bozunmaya uğrar.



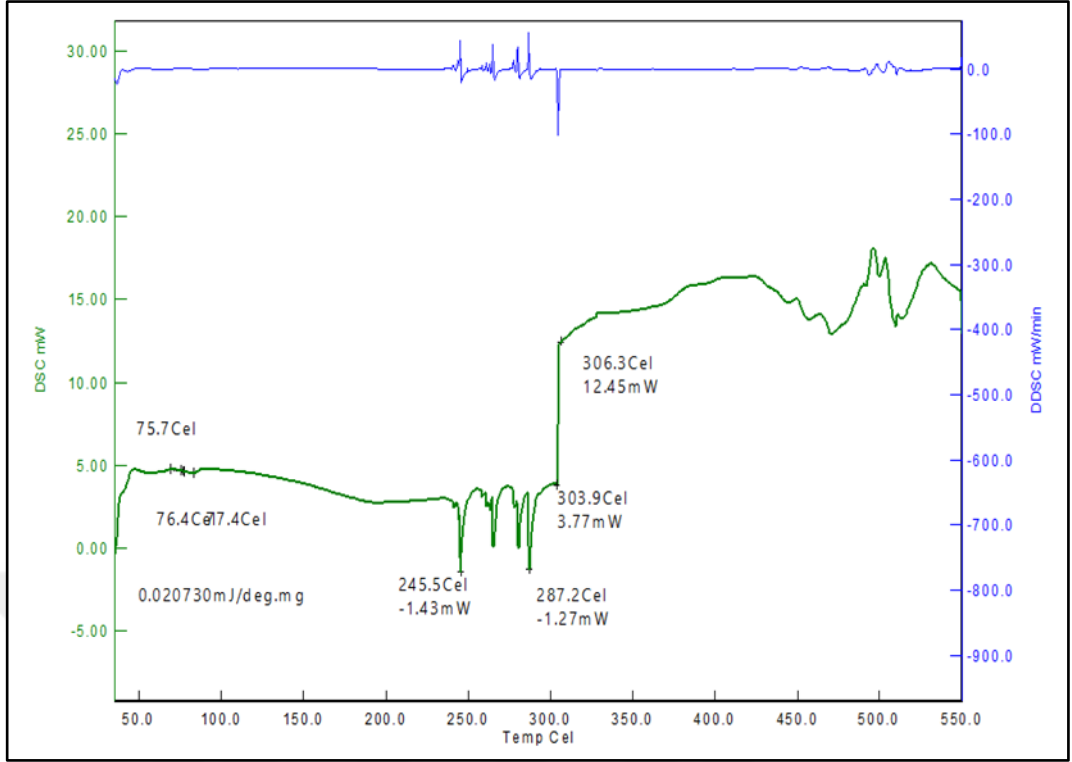
Şekil 4.21. (5) SBS-%10 pirina için DSC grafiği.

Şekil 4.21 DSC eğrisinden, $T_{g1} = 73.4$ °C, $T_{g2} = 79.6$ °C, $T_{g3} = 85.3$ °C dır. PS ait $T_g = 79.6$ °C dır. SBS'nin 330.4 °C erime piki bulunmaktadır. Bu sıcaklığın üzerinde yapıda bozulmalar başlar. 285 °C ve 330 °C arasında pirina ve katkılardan kaynaklanan erime pikleri yer almaktadır.



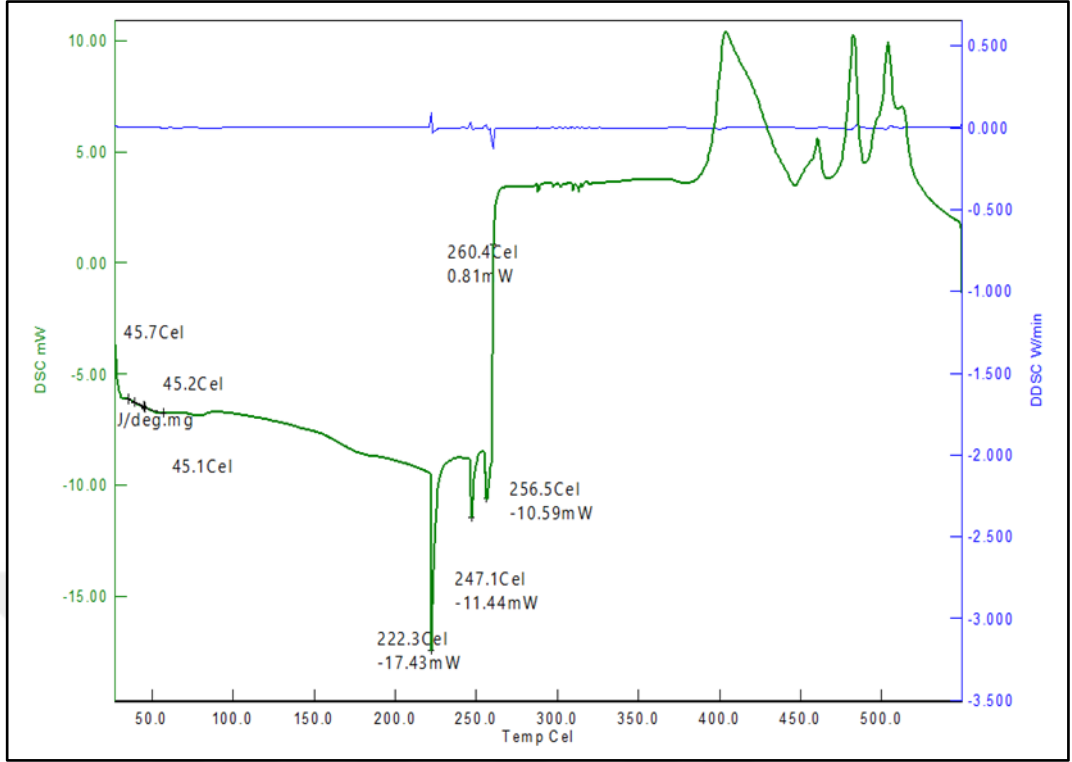
Şekil 4.22. (6) SBS-%20 pirina için DSC grafiği.

Şekil 4.22 DSC eğrisinden, $T_{g1}=70.5$ °C, $T_{g2}=76.9$ °C, $T_{g3}=84.1$ °C dir. PS ait $T_g=76.9$ °C alınmıştır. 228.3 °C ile 285 °C arasında pirina ve katkılardan dolayı erime pikleri vardır. 285 °C SBS den kaynaklanan erime piki bulunmaktadır. Kompozit 550 °C üzerinde tamamen bozunmuştur.



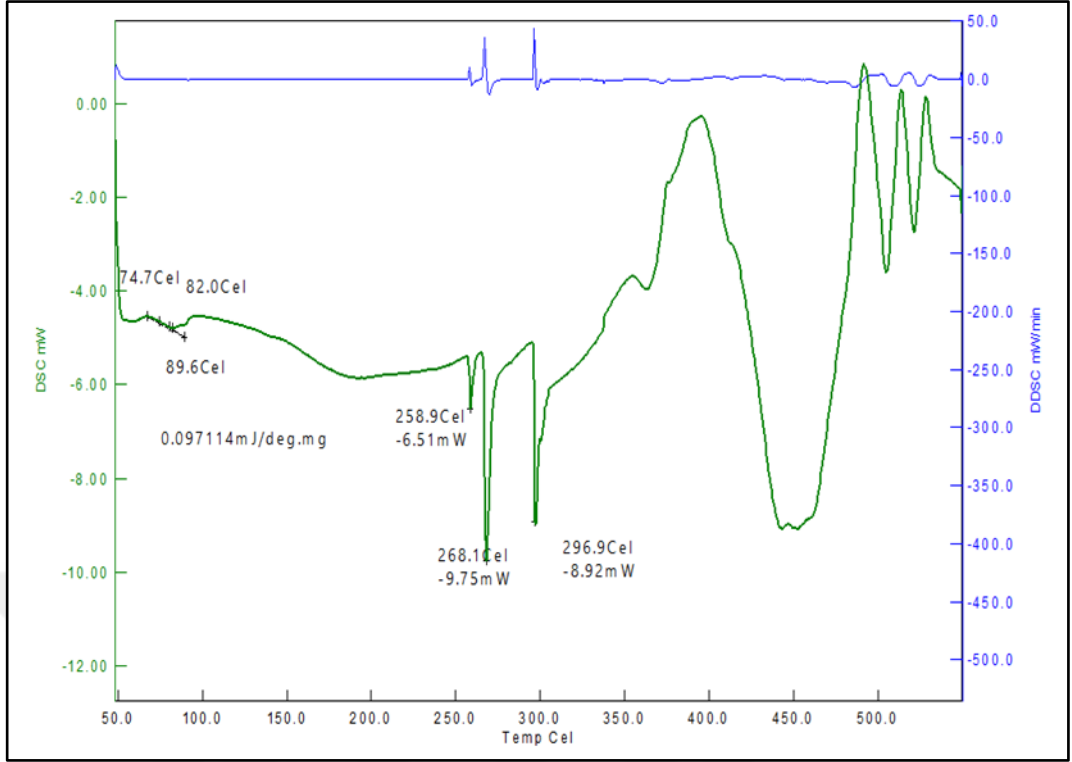
Şekil 4.23. (7) SBS-%30 pirina için DSC grafiği.

Şekil 4.23 DSC eğrisinden, $T_{g1} = 75.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2} = 76.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3} = 77.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dır . PS ait $T_g = 76.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. $287.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ erime piki bulunmaktadır. Kompozit $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde bozunmuştur.



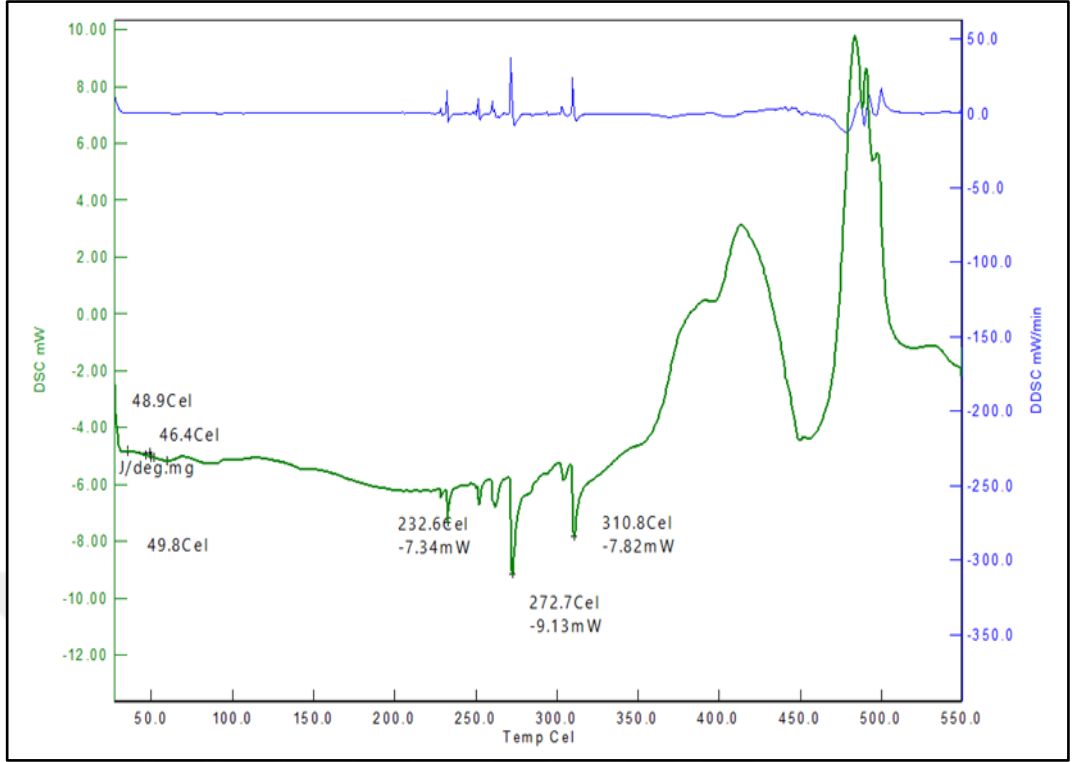
Şekil 4.24. (8) SBS-%40 pirina için DSC grafiği.

Şekil 4.24 DSC eğrisinden, $T_{g1}=45.1$ °C, $T_{g2}=45.2$ °C, $T_{g3}=45.7$ °C dır . (PS $T_g = 45.2$ °C). 222.3 °C ve 247.1 °C sıcaklıklarda pirina ve katkılardan gelen erime pikleri bulunmaktadır. 256.5 °C erime, 260 °C sıcaklıktan sonra kompozit bozunmuştur.



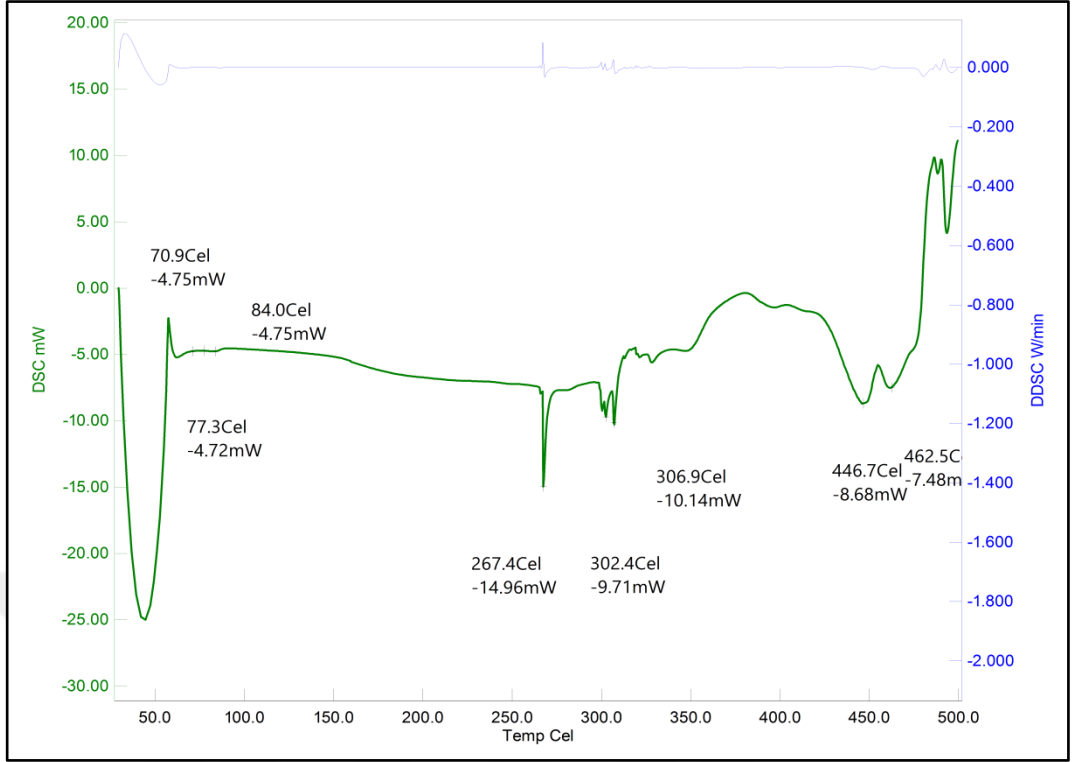
Şekil 4.25. (9) SBS-talaş-bacakülü için DSC grafiği.

Şekil 4.25 DSC eğrisinden, $T_{g1}=76.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2}=82.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3}=89.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır . PS için $T_g=82.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dır . $296.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ polimere ait erime piki bulunmaktadır. Baca külünde bulunan metal oksitler $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde erime pikleri oluşturur.



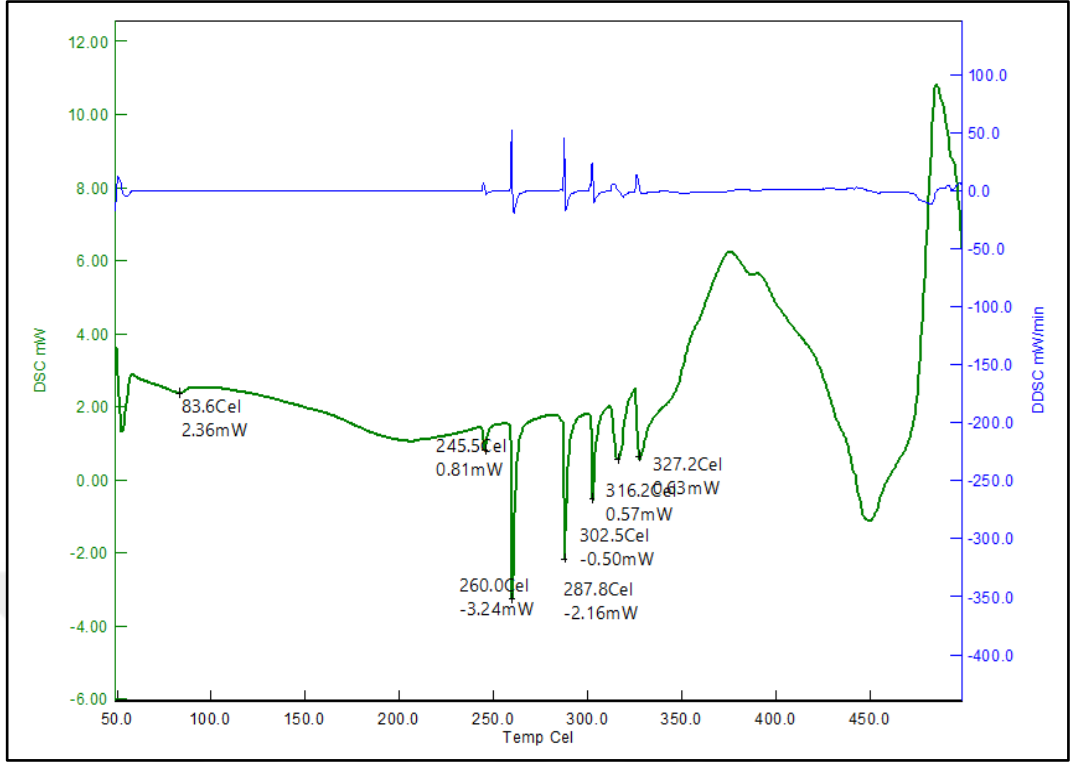
Şekil 4.26. (10) SBS-talaş-camtozu için DSC grafiği.

Şekil 4.26 DSC eğrisinden, $T_{g1} = 46.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2} = 48.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3} = 49.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir .PS ait T_g $48.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. 232.6-310.8 $^{\circ}\text{C}$ arasında katkılardan gelen erime pikleri, 310.8 $^{\circ}\text{C}$ polimere ait erime piki bulunmaktadır.



Şekil 4.27. (11) SBS-pirina-bacakülü için DSC grafiği.

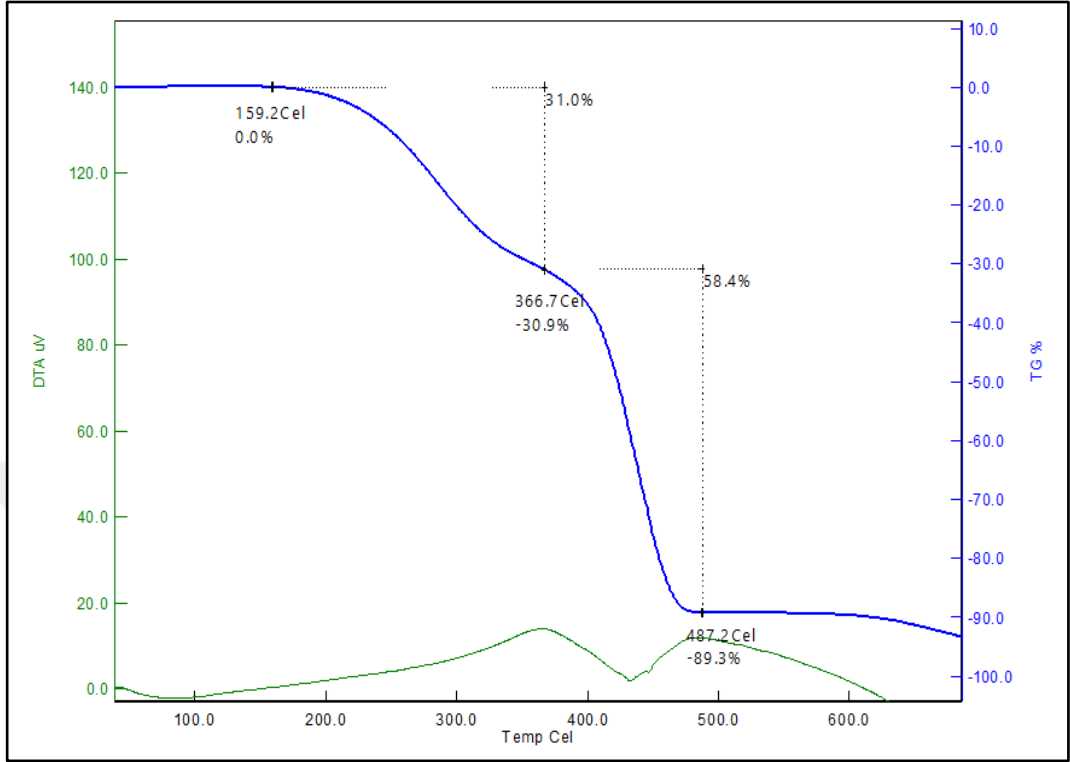
Şekil 4.27 DSC eğrisinden, $T_{g1} = 70.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g2} = 77.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{g3} = 84 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dır . PS ait $T_g = 77.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dır. $267.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ da katılardan ileri gelen erime piki, $306.9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ da SBS' den gelen erime piki bulunmaktadır. $350 \text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde sertleşme ve bozulma oluşmaktadır. Baca külünde bulunan metal oksitler $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde erime pikleri oluştururlar.



Şekil 4.28. (12) SBS-pirina-camtozu için DSC grafiği.

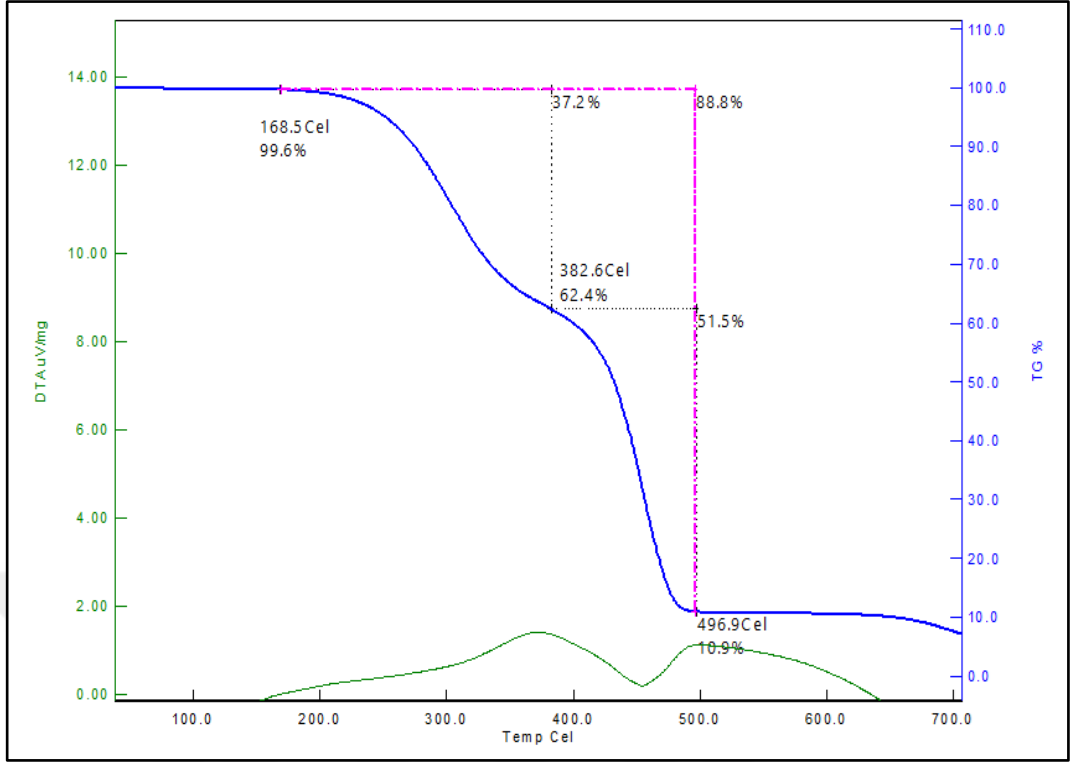
Şekil 4.28 DSC eğrisinden, $T_{g1}=57.4$ °C, $T_{g2}=71$ °C, $T_{g3}=83.6$ °C dir. PS için $T_g=71$ °C dir. SBS erime sıcaklığı 316.2 °C dir. Bu sıcaklığın altında cam tozu ve katkıları nedeniyle birkaç tane erime piki bulunmaktadır, 350 °C üzerinde bozulma başlamıştır.

4.2.2. TGA/DTA Sonuçları



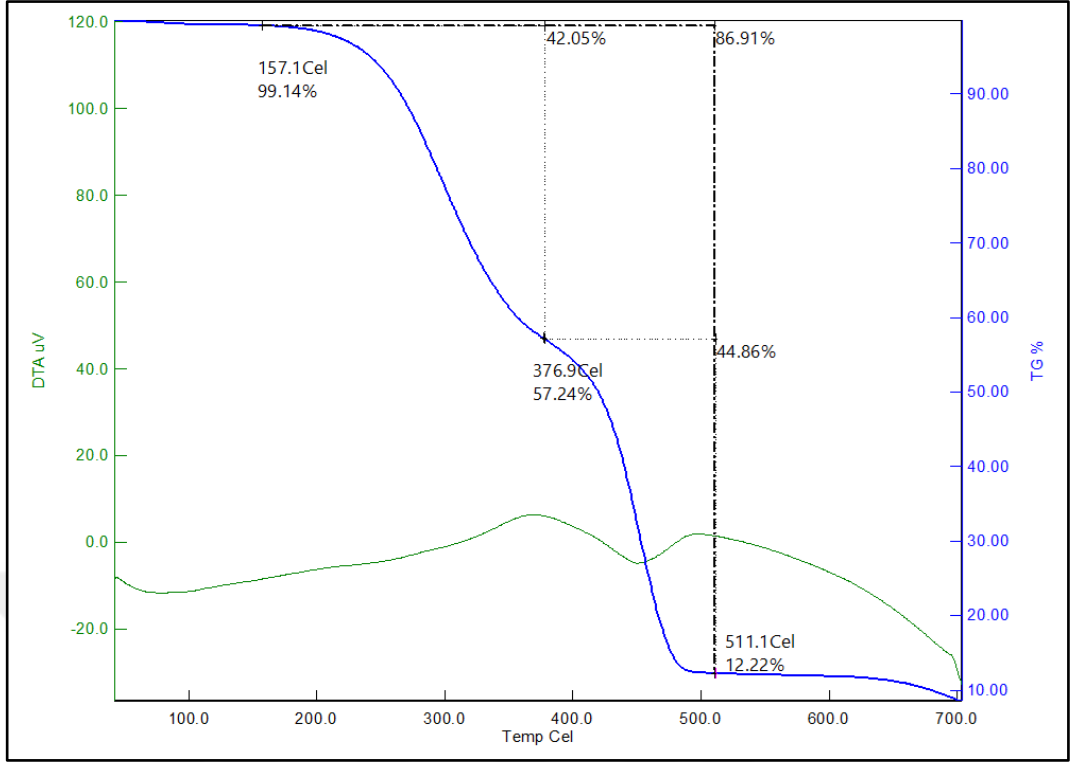
Şekil 4.29. (A) SBS için TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.29 da TGA/DTA eğrisinden SBS blok kopolimerin 160 °C ye kadar kararlı olduğu görülüyor. DTG eğrisinden iki kütleli bozunma (iki basamakta uzaklaşmış) olduğu anlaşılıyor. 487 °C den itibaren tamamen bozulmuştur. 159-366 °C arasında %31 kütle kaybına uğrarken, 366-487 °C arasında %58.4 kütle kaybına uğramıştır. Toplam %89.4 kütle kaybına uğramıştır. 159-487 °C arasında toplam %89.4 kütle kaybına uğramıştır.



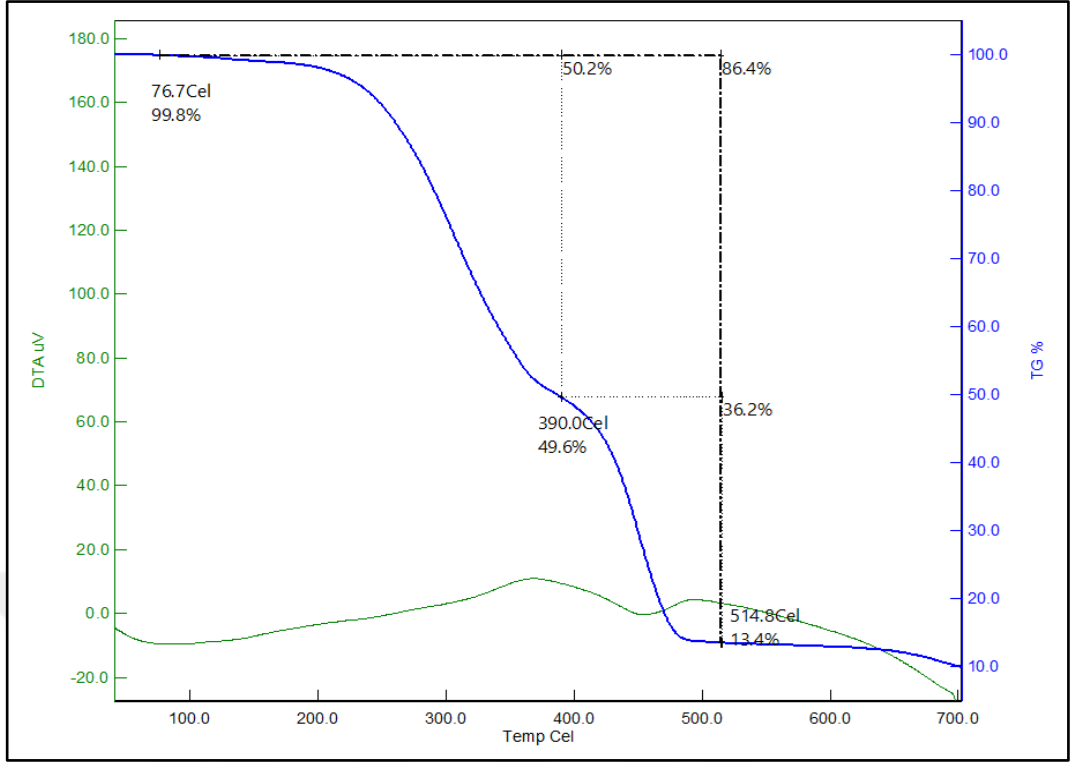
Şekil 4.30. (1) SBS -%10 talas TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.30 da TGA/DTA eğrisinden den iki kütleli bir bozunma olduğu görülmektedir. 168.5- 382.6 °C arasında %37.2, 382.6-497 °C arasında %51.5 kütle kaybına uğramıştır. 168.5-497 °C arasında toplam %88.7 kütle kaybına uğramıştır. 497 °C üzerinde tamamen bozulmuştur. 168.5 °C ile 382.6 °C arasındaki sıcaklık aralığında talas ve katkı malzemeleri bozulur.



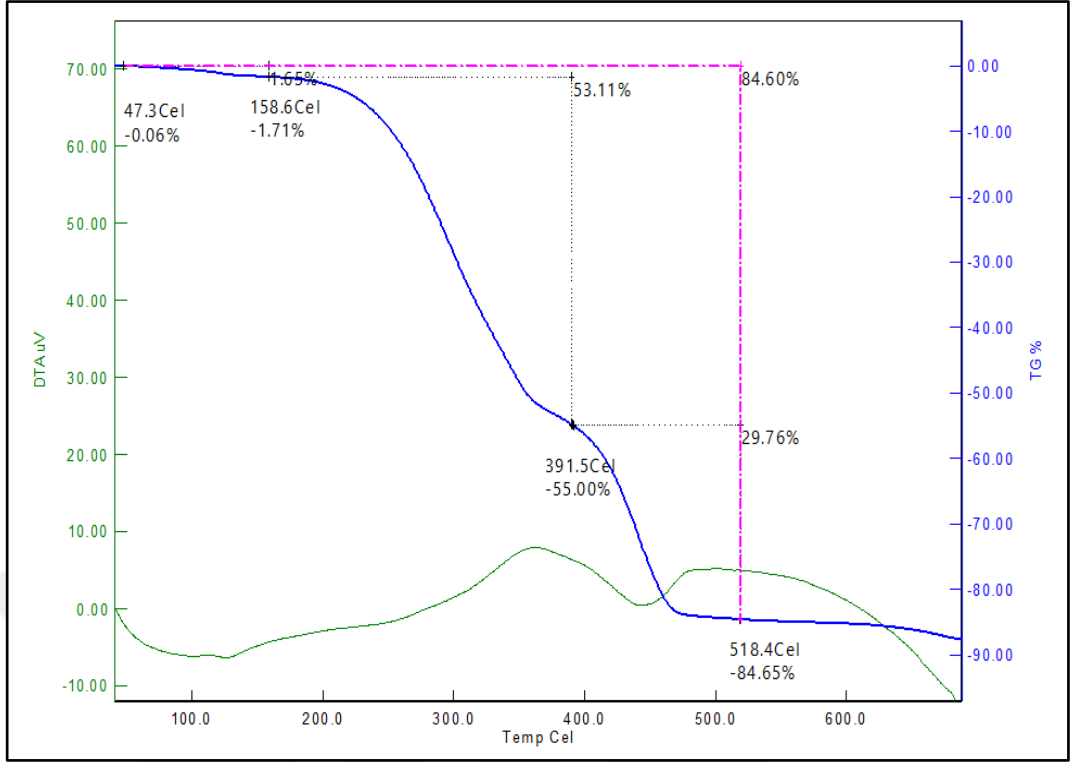
Şekil 4.31. (2) SBS -%20 talaş TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.31 de TGA/DTA eğrisinden, %42.05 (4.36 mg) ve %44.86 (4.53 mg) iki basamakta kütle kaybına uğramıştır. 157.1-511.1 °C arasında toplam %86.91 kütle kaybına uğramıştır.



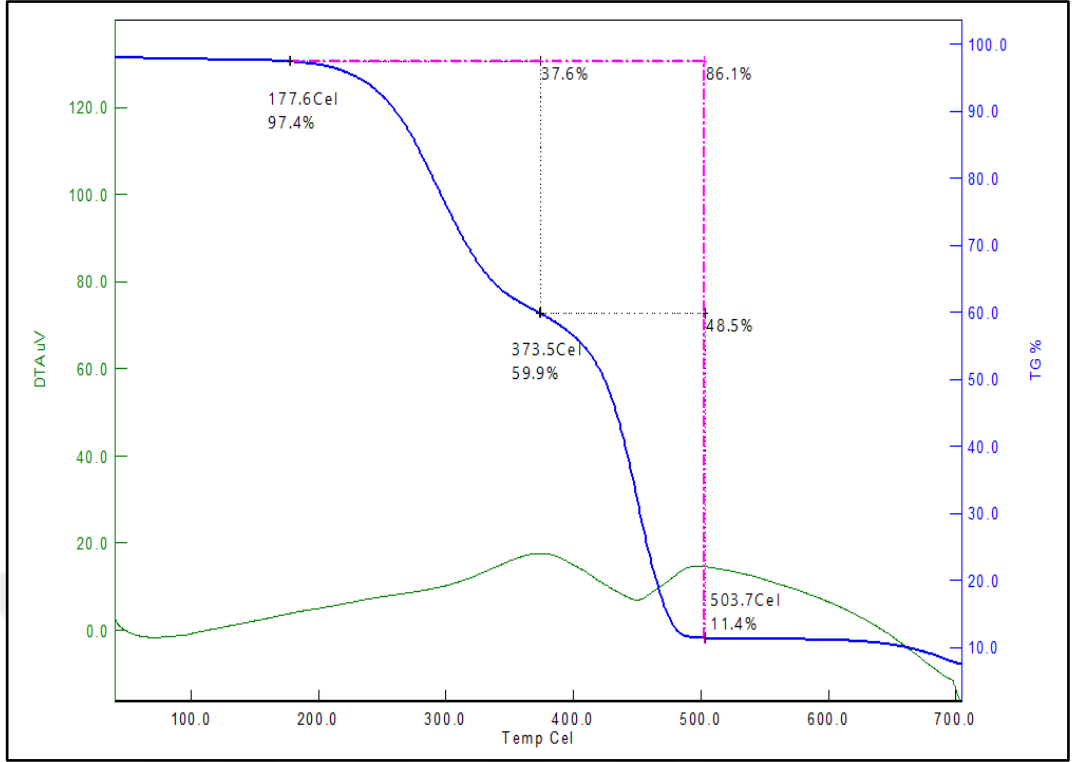
Şekil 4.32. (3) SBS -%30 talaş TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.32 de TGA/DTA eğrisinden, 76.7-390 °C arasında %50.2, 390-514.8 °C arasında %36.2 kütle kaybı , 76.7-514.8 °C arasında toplamda %86.4 kütle kaybı vardır.



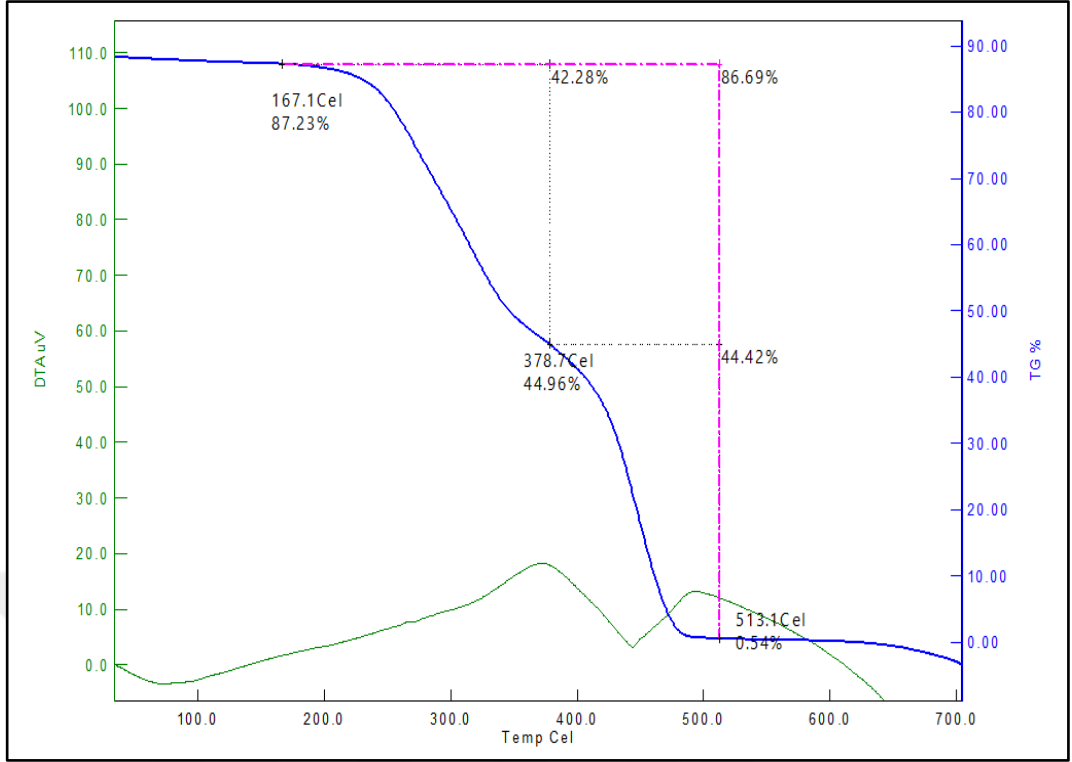
Şekil 4.33. (4) SBS -%40 talaş TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.33 de TGA/DTA eğrisinden 3 kütleli bozunma olmuştur. 47.3-158.6 °C arasında %1.65 kütle kaybı, 158.6-391.5 °C arasında %53.11 kütle kaybı, 391.5-518.4 °C arasında %29.76 kütle kaybı var, toplamda 47.3-518.4 °C %84.60 kütle kaybı olmuştur.



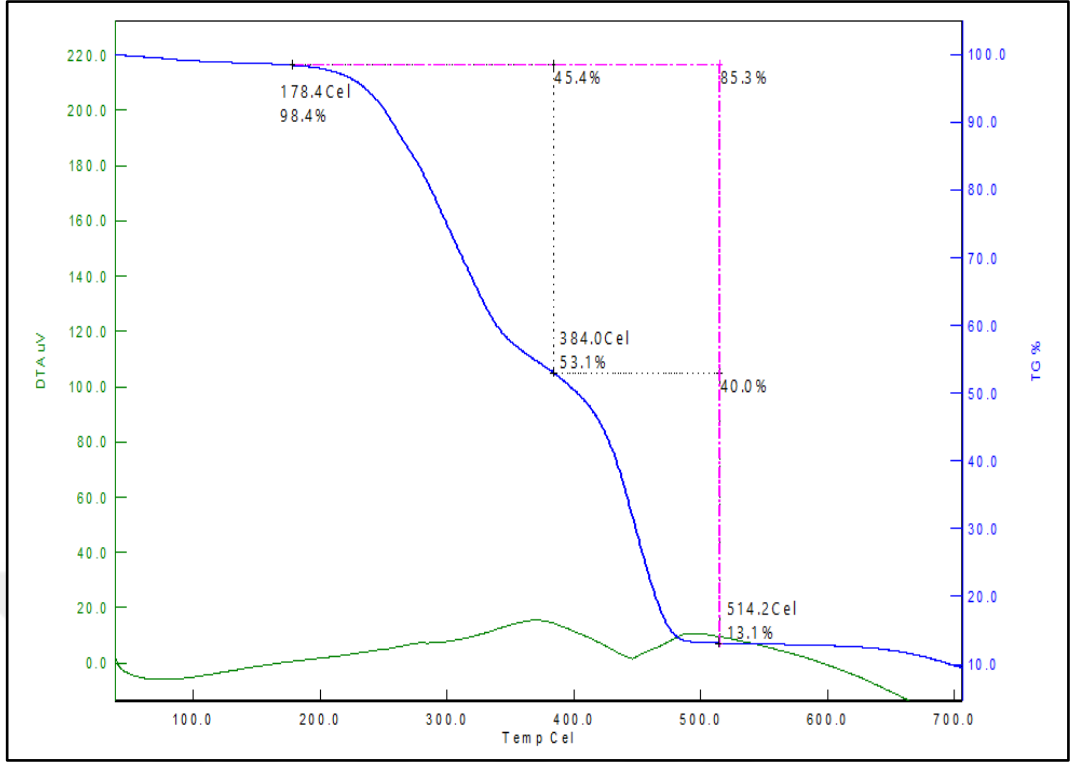
Şekil 4.34. (5) SBS –%10 pirina TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.34 de TGA/DTA eğrisinden: 2 kütleli bozunma olmuştur. 177.6- 373.5 °C arasında %37.6 kütle kaybı, 373.6-503.7 °C arasında %48.5, toplamda 177.6-503.7 °C arasında %86.1 kütle kaybı olmuştur.



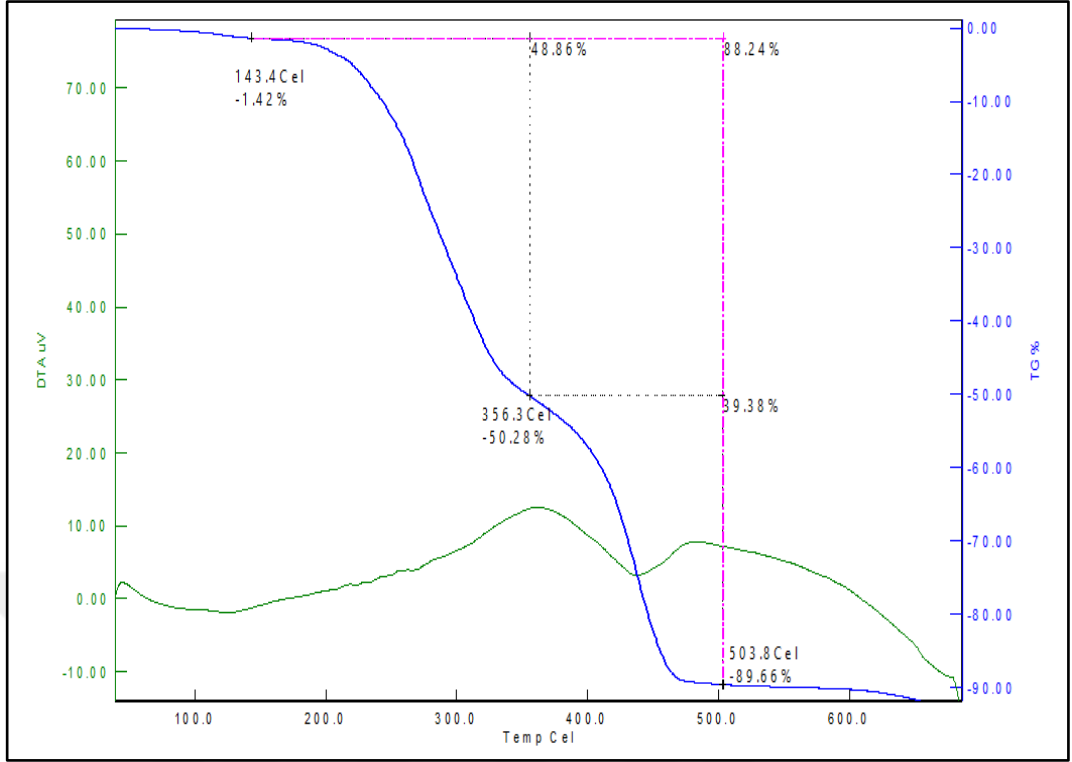
Şekil 4.35. (6) SBS –%20 pirina TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.35 de TGA/DTA eğrisinden, Kompozit iki basamakta uzaklaşmıştır. 167.1-378.7 °C arasında %42.28 pirina ve katkılardan kaynaklanan kütle kaybı , 378.7-513.1 °C arasında ise %44.42 kütle kaybı gerçekleşmiş olup toplam 167.1-513.1 °C sıcaklıklar arasında %86.69 kütle kaybı olmuştur.



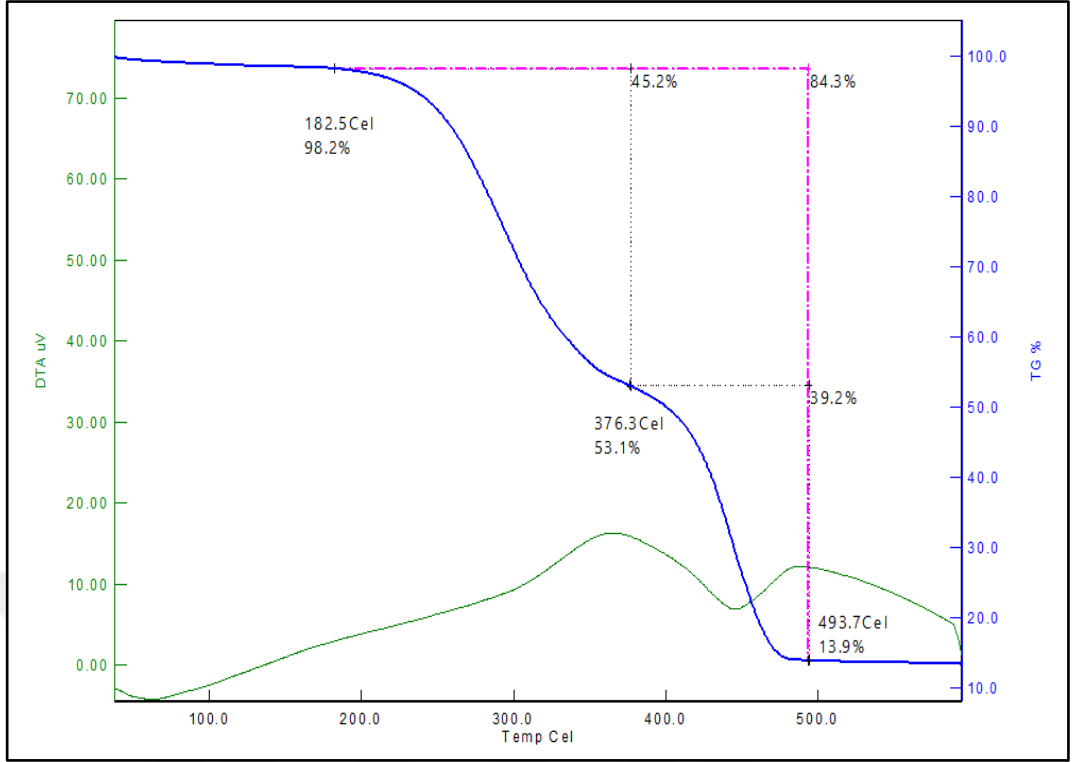
Şekil 4.36. (7) SBS -%30 pirina TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.36 da TGA/DTA eğrisinden, 178.4-384 °C arasında %45.4 ve 384-514.2 °C arasında %40 lık iki kademeli kütle kaybı vardır. 178.4-514.2 °C sıcaklıkları arasında toplam %85.3 kütle kaybı vardır, %14.7 kompozit madde kalmıştır.



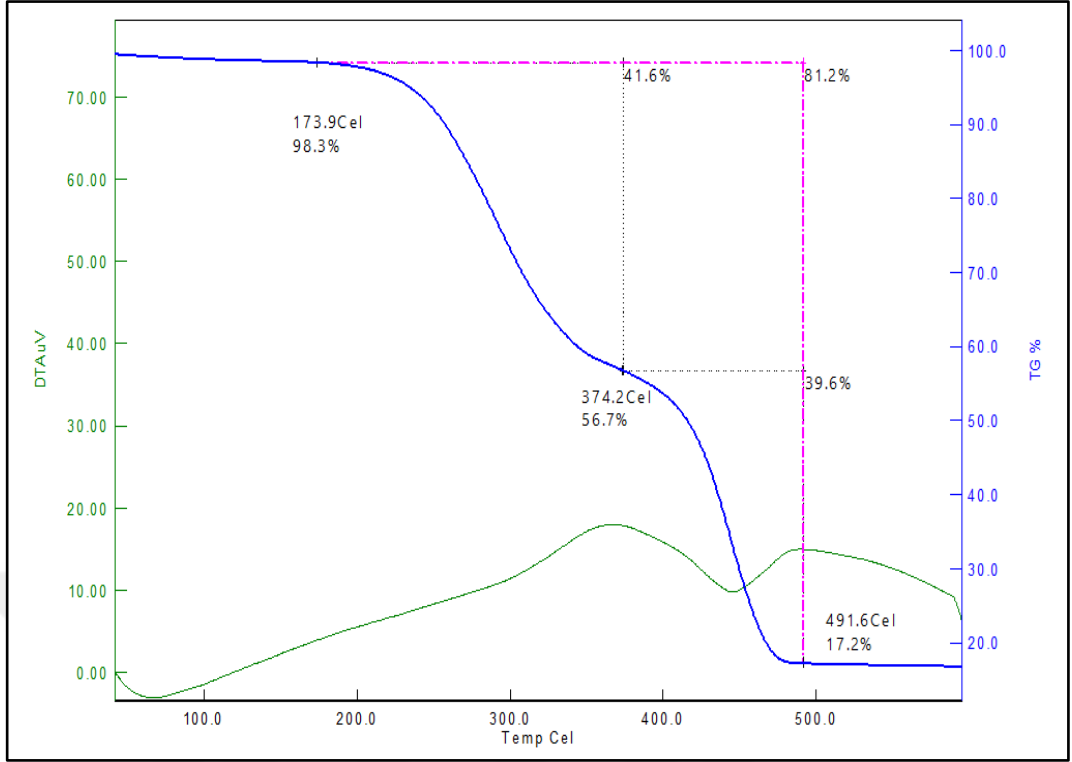
Şekil 4.37. (8) SBS –%40 pirina TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.37 de TGA/DTA eğrisinden, 143.4-356.3 °C arasında %48.86, 356.3-503.8 °C arasında %39.38 kütle kaybı olmuştur. 143.4-503.8 °C arasında %88.24 kütle kaybı olmuştur.



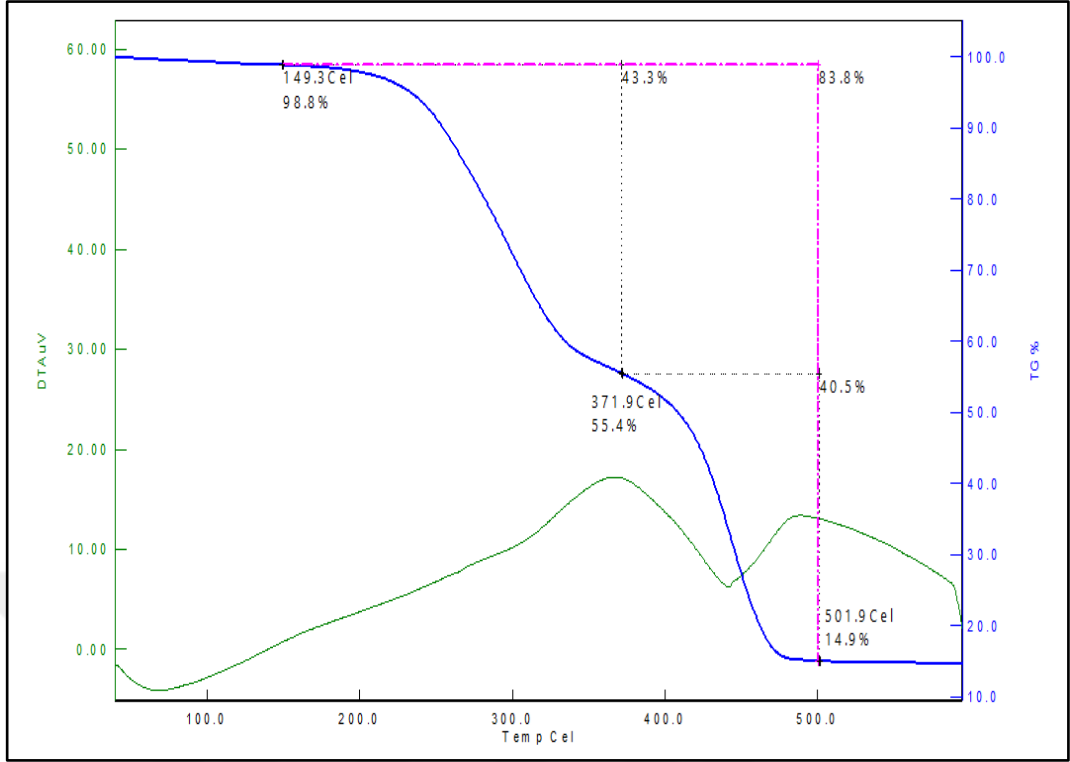
Şekil 4.38. (9) SBS- %20 talaş-%1 bacakülü TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.38 de TGA/DTA eğrisinden, grafiği yorumladığımız zaman 2 kütleli bozunma olduğunu görüyoruz. 182.5-376.3 °C sıcaklık aralığında %45 kütle kaybı, 376.3-493.7 °C arasında %39.2 kütle kaybı olmuştur. 182.5-493.7 °C arasında toplam %84.3 kütle kaybı olmuştur. %15.7 si bozunmadan kalmıştır.



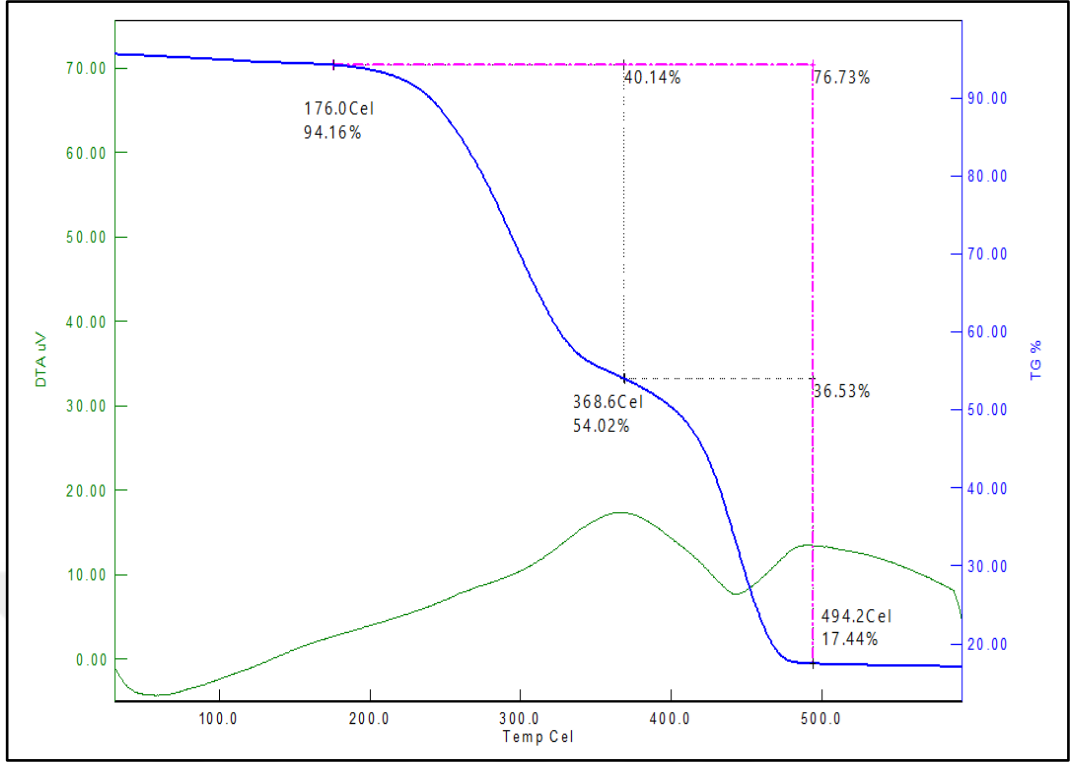
Şekil 4.39. (10) SBS- %20 talaş-%7 cam tozu TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.39 da TGA/DTA eğrisinden, iki kütleli bozunma 173.9-374.2 °C arası %41.6 kütle kaybı, 374.2-491.6 °C arası %39.6 kütle kaybı toplamda %81.2 kütle kaybetmiştir.



Şekil 4.40. (11) SBS-%20 pirina-%1 bacakülü TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.40 da TGA/DTA eğrisinden 149.3-371.9 °C arasında %43.3 kütle kaybı, 371.9-501.9 °C arasında %40.5, 149.3-501.9 °C arasında %83.8 kütle kaybetmiştir.



Şekil 4.41. (12) SBS-%20 pirina-%7 camtozu TGA/DTA termogramı.

Şekil 4.41 de TGA/DTA eğrisinden, iki kütleli bozunma olduğu anlaşılmaktadır. 176-368.6 °C arası %40.1, 368.6-494.2 °C arası %36.5 ; toplam %76.7 kütle kaybı var.

Malzemelerin camsı geçiş, erime ve bozunma sıcaklıkları aşağıdaki Çizelge 4.19 da toplanmıştır.

Çizelge 4.19. Numunelerin DSC ve DTA/TGA termal analiz sonuçları.*

Numune	DSC (°C)			TGA (°C)		
	Te_1	Te_2	T_g	Tb_1	Tb_2	Tb_3
SBS	289.7	359.2	63.2	159.2	266.7	487.2
1	269.2	356.2	56.2	168.5	382.6	496.9
2	259.9	314.0	55.5	157.1	376.9	511.1
3	233.8	245.7	54.3	76.7	390	514.8
4	195	302.9	50.1	158.6	391.5	518.4
5	285.8	330.4	79.6	177.6	373.5	503.7
6	249.2	285.0	76.9	167.1	378.7	513.1
7	245.5	287.2	76.4	178.4	384	514.2
8	222.3	256.5	45.2	143.4	356.3	503.8
9	258.9	296.9	82.0	182.5	376.3	493.7
10	232.6	310.8	46.4	173.9	374.2	491.6
11	267.4	306.9	77.3	149.3	371.9	501.9
12	245.5	316.2	71	176	368.6	494.2

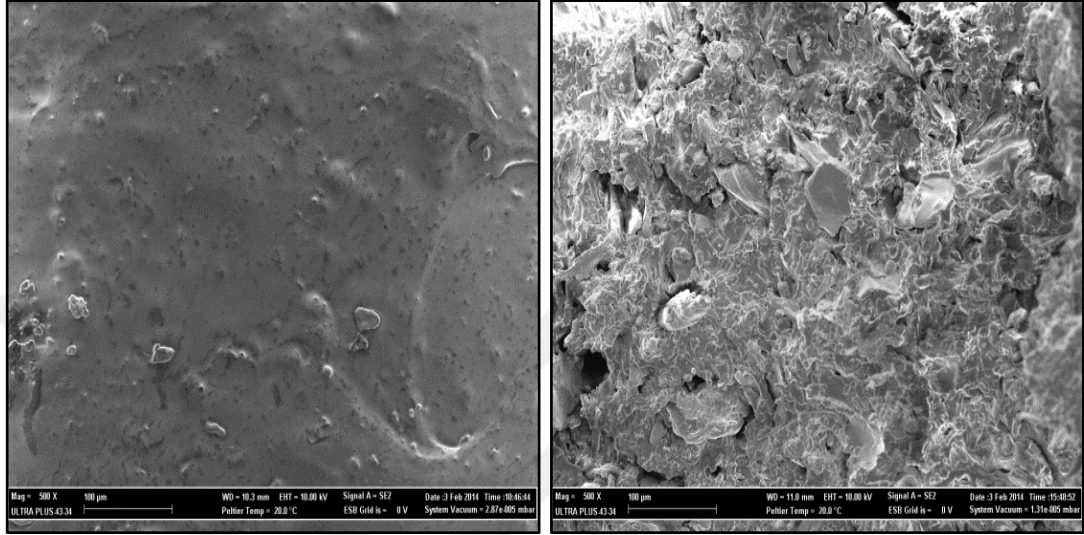
* Te_1 katkıların erime sıcaklığı, Te_2 SBS'in erime sıcaklığı, Tb bozunma sıcaklığı, Tg camı geçiş sıcaklığıdır.

4.3. MORFOLOJİK ÖZELLİKLER

SBS/talaş ve SBS/pirina kompozitlerin mikroyapıları ve ara yüzey özellikleri SEM cihazıyla ölçülmüştür. Bu amaçla kompozit numuneler püskürtme kaplayıcı Q150R kullanılarak Au / Pd ile kaplanıp görüntüleme için FE-SEM'e aktarılmıştır. Numunelerin mikroyapıları enerji dağılımlı X-ışınları spektroskopisi (yarı-kantitatif EDX) analiz sistemi ile alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (FESEM) Carl Zeiss Ultra Plus makinesi kullanılarak gözlenmiştir.

SBS- %20 Talaş için a) 500X ve b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.42de; SBS- %40 Talaş için a) 500X, b) kırık 500-X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.43.da; SBS-%20 Pirina için a) 500X, b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.44.de; SBS-Pirina %40 için a) 500X ve b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.45.de; SBS-Talaş-Bacakülü için a) 500X, b) kırık 500X

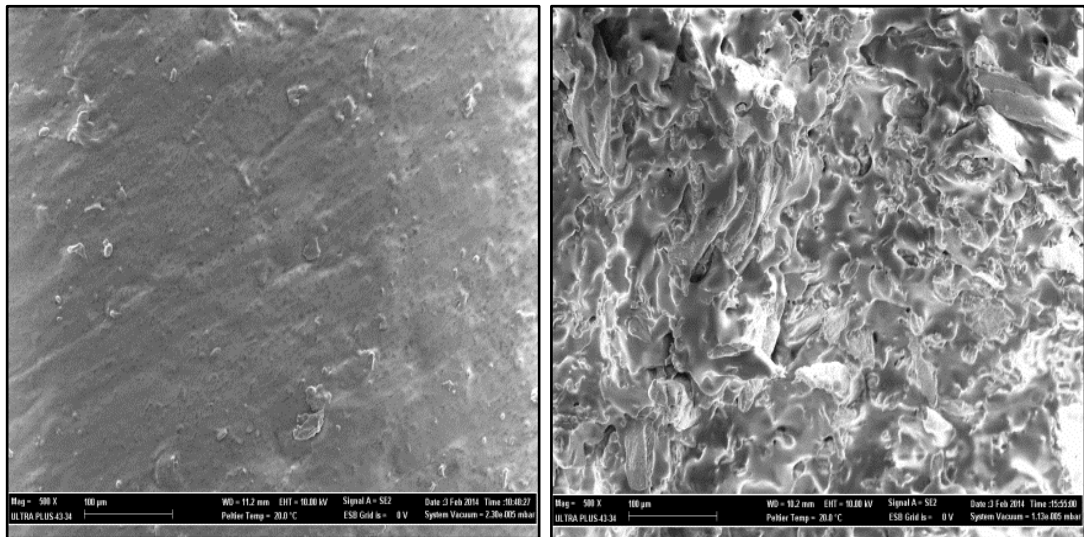
büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.46.da; SBS-talaş-camtozu için a) 500X b) kırık 500X büyütme SEM görüntüsü Şekil 4.47.de; SBS-Pirina-Bacakülü için a) 500X b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.48.de; SBS-Pirina-Camtozu için a) 500X, b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri Şekil 4.49 da verilmiştir.



(a)

(b)

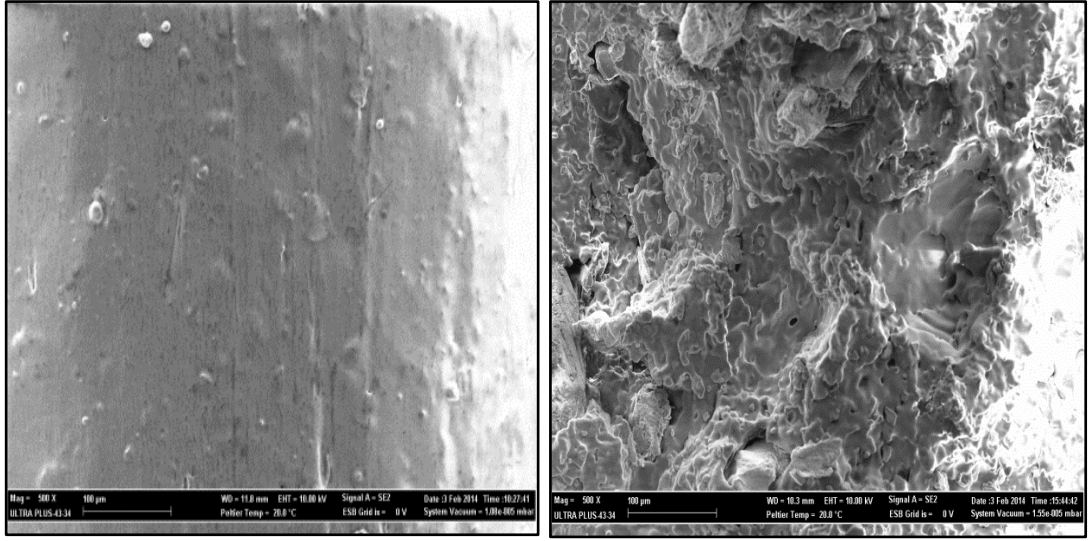
Şekil 4.42. SBS- %20 talaş için a) 500X ve b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.



(a)

(b)

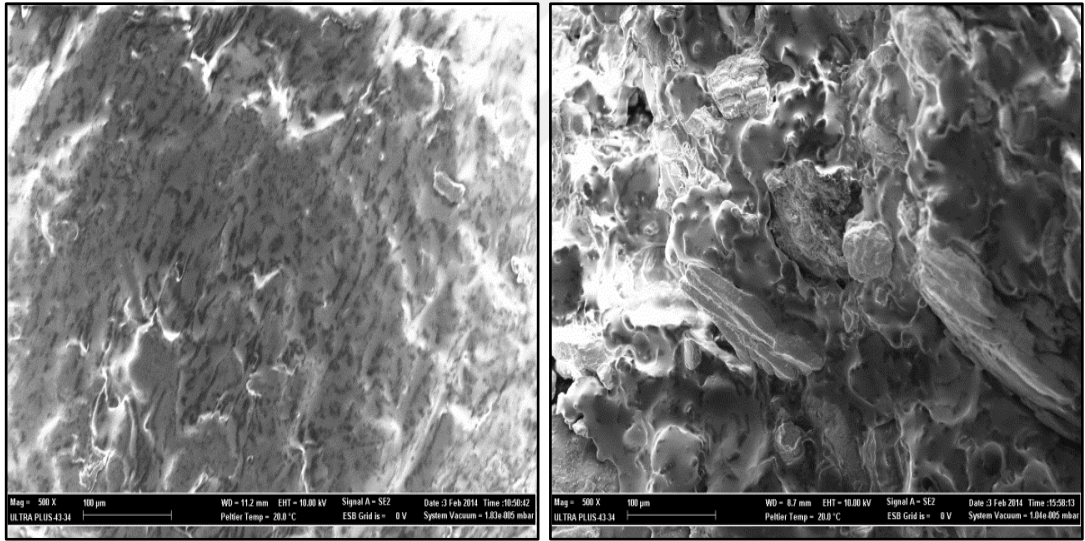
Şekil 4.43. SBS- %40 talaş için a) 500X, b) kırık 500-X büyütme SEM görüntüleri.



(a)

(b)

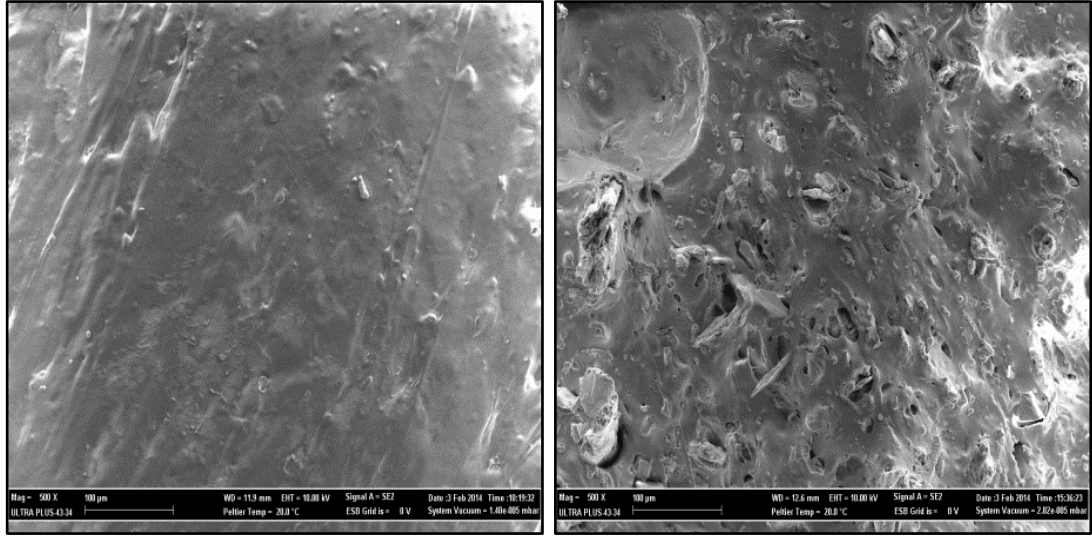
Şekil 4.44. SBS-%20 pirina için a) 500X , b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.



(a)

(b)

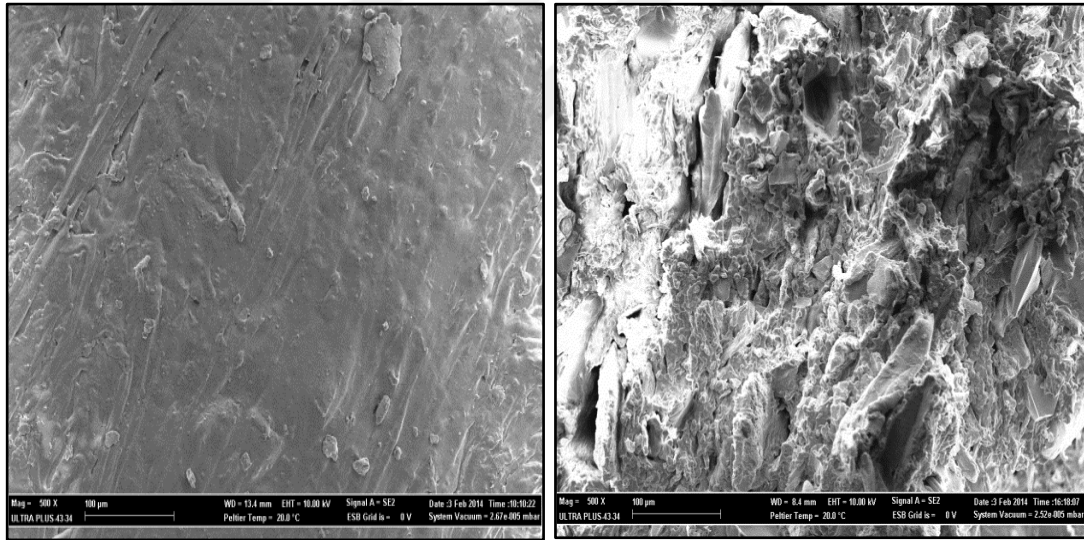
Şekil 4.45. SBS-pirina %40 için a) 500X ve b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.



(a)

(b)

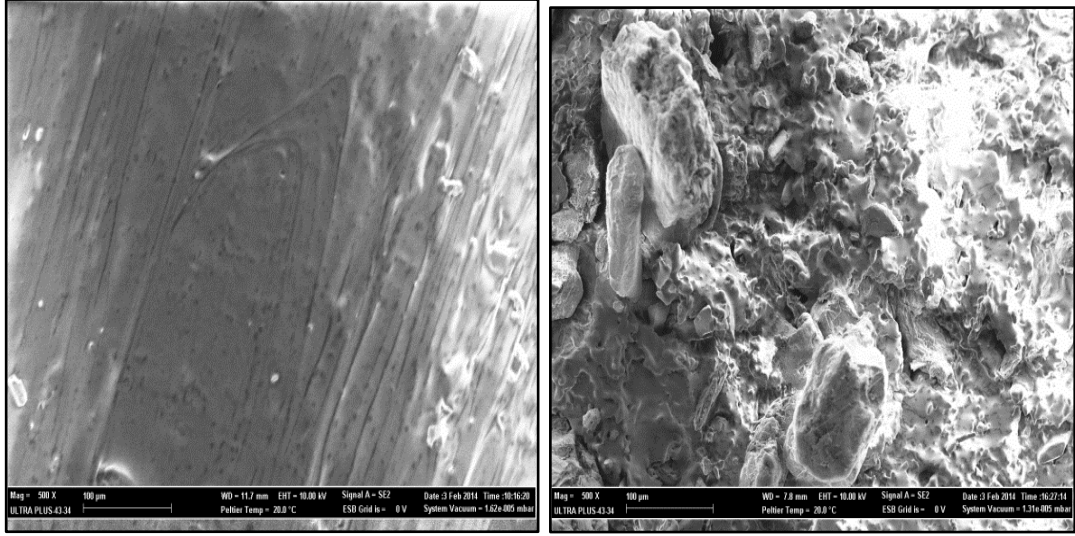
Şekil 4.46. SBS-talaş-bacakülü için a) 500X, b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.



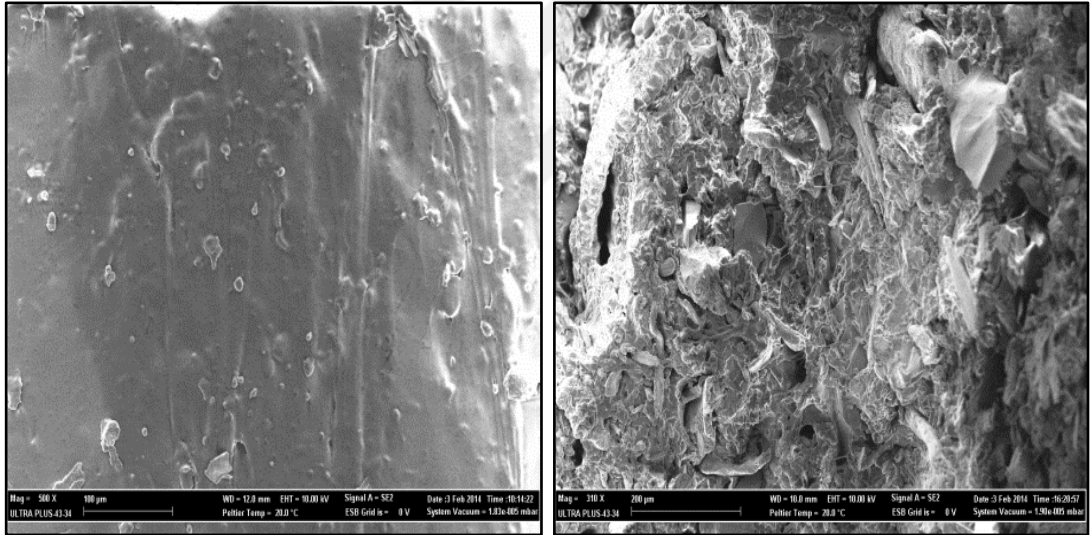
(a)

(b)

Şekil 4.47. SBS-talaş-camtozu için a) 500X b) kırık 500X büyütme SEM görüntüsü.



Şekil 4.48. SBS-pirina-bacakülü için a) 500X b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.



(a)

(b)

Şekil 4.49. SBS-pirina-camtozu için a) 500X, b) kırık 500X büyütme SEM görüntüleri.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Deneysel çalışmalarda %10 - %20 - %30 ve %40 oranlarında 80 µm elek altı talaş ve %10 - %20 - %30 ve %40 oranlarında 80 µm elek altı pirina takviyeli olarak hazırlanan kompozit malzemelerde matris malzemesi olarak SBS kopolimeri kullanılmıştır. Numunelerden %20 takviyeli talaş ve pirina-SBS karışımlar seçilerek %1 bacakülü veya %7 cam tozu ile takviyelendirilmiştir. Hazırlanan kompozitlerin mekanik, termal ve morfolojik analizleri yapılmıştır.

Takviye olarak kullanılan talaş ve pirina oranı arttıkça Young Modülü, Çekme Mukavemeti ve yüzde uzama değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yüzde uzama değerleri karşılaştırıldığında, %20 talaş takviyeli kompozitin yüzde uzama değerindeki azalmanın %10 talaş takviyeli kompozite göre daha az olduğu görülmüştür. Yüzde uzama değerleri, %10 pirina takviyesinde en yüksek seviyeye ulaşmış daha sonra azalmaya başlamıştır.

Talaş ve pirina katkılı kompozitlerde bacakülü ilavesiyle malzemelerin çekme mukavemetinde artış olurken, yüzde uzama değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bacakülü ilavesi talaş takviyeli kompozitin Young Modülü değerini azalırken, pirina katkılı kompozitin Young Modülü değerini artırmıştır.

Talaş ve pirina katkılı kompozitlerde camtozu ilavesiyle malzemelerin Young Modülü ve çekme mukavemetinde artış olurken, yüzde uzama değerlerinde azalma gözlenmiştir.

Sertlik testlerinde talaş ve pirina takviye oranı arttıkça sertlik değerlerini azalmıştır. Bacakülünün sertliğe kayda değer etkisi gözlenmemiş, camtozu ise sertliği artırmıştır.

SBS matrisine %20 talaş veya pirina takviyesiyle aşınma değerlerinde azalma olmuştur. Talaş ve pirina takviyesi arttıkça aşınma değerlerinde artış görülmüştür.

DSC ve TGA/DTA Termal analiz sonuçları değerlendirildiğinde; 100 °C altında malzemelerde bulunan nemin uzaklaşması, 100 °C üzeri ile 500 °C arasında malzemenin bozunması söz konusudur. 500 °C üzerinde karbonizasyon gerçekleşmiştir [50].

Buna göre, SBS kopolimer ile katkılı kompozit numuneler karşılaştırıldığında katkı oranı arttıkça Tg camsı geçiş sıcaklıkları düşmüştür. Kompozitlerin erime sıcaklıkları genellikle 245-350 °C sıcaklıklar arasında katkı malzemesine göre farklılıklar arz etmektedir [59]. 190-280 °C arasında takviye ve katkılardan kaynaklanan birkaç tane erime piki gözlenmiştir. Kompozitler genellikle 500 °C üzerinde tamamen bozunmuştur. Literatür ile uyumlu sonuç bulunmuştur [49,51].

SEM görüntüleri incelendiğinde bağlayıcı olarak kullanılan Libaid T-2 ve DOP'un yardımıyla takviye malzemesi olan talaş ve pirinanın matris malzemesi SBS polimerine iyi tutunduğu görülmüştür. Kaynaklar ile uyumludur [48].

Yapılan çalışmalara ek olarak katkı sağlaması amacıyla aşağıda belirtilen konular önerilebilir:

- Deneysel çalışmada nanofiber kullanılabilir.
- Ahşap tozu kullanılmadan önce kimyasallar ile ön işlem uygulayarak plastiğe uyumlu hale getirilebilir.
- Farklı plastik malzeme ve katkı malzemeleri kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Töre, C., “Polimer matrisli kompozit malzeme temelleri”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO/552, *Ankamat Matbaacılık*, Ankara, (2011).
2. Akkurt, S., “Plastik Malzemeler Bilimi”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (2007).
3. İnternet: CRC Press, “Structural Analysis of Polymeric Composite Materials, Second Edition” www.crcpress.com/Structural-Analysis-of-Polymeric-Composite-Materials-Second-Edition/Tuttle-Tuttle/9781439875124 (2016).
4. İnternet: Vikipedi, “Kompozit Malzemeler”, http://tr.wikipedia.org/wiki/Kompozit_malzemeler?oldid=13911962 (2013).
5. Pazarlıoğlu, S. S., Beyit, A., Ersoy, S., Sancak, E., Küpeli, G. ve Salman, S., “Mechanical properties of bi-axial glass fiber and pistachio shell reinforced polyester composites”, *Usak University Journal of Material Sciences*, 1: 9-14 (2011).
6. Buonomenna, M. G., Golemme, G., Tone, C. M., De Santo, M. P., Ciuchi, F., Perrotta, E., Zappone, B., Galiano, F. and Figoli, A., “Ordering phenomena in nanostructured poly(styrene-b-butadiene-b-styrene) (SBS) membranes for selective ethanol transport”, *Journal of Membran Science*, (385-386): 162-170 (2011).
7. Fu, H., Xie, L., Dou, D., Li, L., Yu, M. and Yao, S., “Storage stability and compatibility of asphalt binder modified by SBS graft copolymer”, *Construction and Building Materials*, (21): 1528-1533 (2007).
8. Souza Jr., F. G., Soares, B. G., Siddaramaiah, Barra, G.M.O. and Herbst, M. H., “Influence of plasticizers (DOP and CNSL) on mechanical and electrical properties of SBS/polyaniline blends”, *Polymer*, 47 (21): 7548-7553 (2006).
9. Yıldızhan, H., “Polimer matrisli kompozitlerin mekanik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta, (2008).
10. Buthaina, A. I. and Karrer M. K., “Morphology studies and mechanical properties for PS/SBS blends”, *International Journal of Engineering and Technology*, 12 (3): 19-26 (2012).
11. Yang, J. M. and Tsai, S.C., “Biocompatibility of epoxidized styrene-butadiene-styrene block copolymer membrane”, *Materials Science and Engineering: C*, 30 (8): 1151–1156 (2010).

12. Cui, Y., Lee, S., Noruziaan, B., Cheung, M. and Tao, J., "Fabrication and interfacial modification of wood/recycled plastic composite materials", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39 (4): 655-661 (2008).
13. Kök, B. V., Yılmaz, M. ve Kuloğlu, N., "Asfaltit ve SBS modifiyeli bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*, 14 (3): 193-197 (2011).
14. Ahmedzade, P. ve Yılmaz, M., "Stiren-Butadien-Stiren modifikasyonunun bitümlü bağlayıcıların ısı duyarlılığı, rijitlik ve yaslanma özellikleri üzerindeki etkisi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, İzmir, 11 (3): 232-238 (2007).
15. Biltekin, H., "PE ve PP polimerlerine ahşap tozu ilavesi ile oluşturulan karışımların mekanik, termal ve morfolojik özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2005).
16. Akın, E., "Mermer tozları ve uçucu kül ile polimer esaslı kompozit malzeme retimi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
17. Akçakale, N., "NR/SBR tipi elastomer esaslı ayakkabı taban malzemelerinin mekaniksel özelliklerine bazı dolgu maddelerinin etkilerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2008).
18. Oral, M. A., "Effects of polymer filler interface improvements on mechanical and physical properties of CaCO₃ filled polypropylene composite", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
19. Telli, S., "PP malzemelerin geri dönüşümlerinde elde edilen ürünlerin mekanik özelliklerinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, (2009).
20. Uluğ, E., "SEBS/PS, SIS/PS ve SBR/PS polimer karışımlarının ayakkabı taban malzemesi olarak üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2011).
21. Çavdar, A., "Farklı lignoselülozik ve termoplastik maddelerle üretilen odunplastik kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (2011).
22. Avcı, E., "Ahşap plastik kompozitlerin kullanım performansları üzerine araştırmalar", Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).

23. Kizirgil, M. E., “Stiren-Bütadien-Stiren ve uçucu külün birlikte kullanılmasının bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerine etkisi”, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2013).
24. Emadi, S., “Lif/matris oranının termoplastik kompozit malzemelerin mekanik özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2013).
25. Acar, H., “MDF tozu ve pirinç sapı atıklarının termoplastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, (2014).
26. Kurtuluş, E., “Bazı termoplastik kompozit malzemelerin mekanik ve tribolojik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2010).
27. Karakuş, K., Güleç, T., Kaymakçı, A. ve Mengeloğlu, F., “Mısır sapı unlarının dolgu malzemesi olarak polimer kompozit üretiminde değerlendirilmesi”, *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, Artvin, 5: 2013-2019, (2010).
28. Çağlar, E., “Plastik esaslı kompozit malzemelerde takviye türü ve oranına bağlı olarak çeşitli ortam koşullarında elektriksel özelliklerinin incelenmesi”, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, (2004).
29. Yaşar, H., “Plastikler dünyası”, *Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği*, Ankara, (2001).
30. Akyüz, Ö. F., “Plastikler ve plastik enjeksiyon teknolojisine giriş”, *Pagev Yayınları*, İstanbul, (2001).
31. Lipscomb, R., “Polymer chemistry”, Revised ed., *National Science Teachers Association*, Arlington, (1995).
32. İnternet: Polymer Science Learning Center, “Thermoplastic Elastomers” <http://pslc.ws/macrog/tpe.htm> (2016).
33. İnternet: Kraton Polymers, “Asfalt Yollar İçin Yüksek Performanslı Polimer Modifiyeli Bitüm Katkıları”, http://kraton.com/products/hima/documents/GR_TR.pdf (2016).
34. İnternet: Termopol, “TPE Hakkında”, <http://www.termopol.com/tr/tpe-hakkinda.asp> (2016).
35. Savran, Ö. H., “Elastomer teknolojisi 1, 2”, *Kauçuk Derneği Yayınları*, İstanbul, (2001).
36. Huy, T. A., Hai L. H., Adhikari, R., Weidisch, R., Michler, G.H. and Knoll, K., “Influence of interfacial structure on morphology and deformation behavior of SBS block copolymers”, *Polymer*, 44: 1237–1245 (2003).

37. İnternet: Kraton, “Yüksek Modifiyeli Asfalt”, http://kraton.com/products/hima/documents/HIMA_TR.pdf (2016).
38. Saçak, M., “Polimer teknolojisi”, *Gazi Kitabevi*, Ankara, (2005).
39. Savaşçı, Ö. T., Uyanık, N. ve Akovalı, G., “Plastikler ve plastik teknolojisi”, *Pagev Yayınları*, İstanbul, 26-27 (2002).
40. Dinçer, T. ve Aras, L., “Polimerlerde mekanik özellikler ve karakterizasyonu”, Temel ve Uygulamalı Polimer, *Tumka*, Ankara, 288-293, 318- 319 (1984).
41. Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş”, *Seçkin Kitabevi*, Ankara, (2006).
42. Yıldırım, R., “Ceviz kabuğundan polimer kompozit levha üretimi ve bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 23-27 (2005).
43. Korçak, M., “Seramik takviyeli çinko metal matriksli kompozit malzeme üretimi ve karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 21-33 (2005).
44. Rowell, R. M., “Advances and challenges of wood polymer composites”, *Proceedings of the 8th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium*, Kuala Lumpur, 20 – 23 (2006).
45. Cegarra, J., Albuquerque, J. A., Gonzalez, J., Garcia D., “A survey of olive – mill wastes in Spain: Feasibility of composting”, *1 st International Workshop on Environmental Problems in Olive Oil Production and Solutions*, Balıkesir, 149-153 (2002).
46. İnternet: Ela Kimyevi Maddeler, “DOP (Di Oktil Ftalat)”, <http://www.elakimya.com.tr/Plastifiyanlar/DOP-Di-Oktil-Ftalat> (2016).
47. İnternet: UTS Scientific Instruments, “Tribometre T10/20”, <http://www.uts-design.com/index.php?page=urundetay&uid=2> (2016).
48. Bülbül, Ş., Yaşar, M. and Akçakale, N., “Effect of changing of filling materials in NR-SBR type elastomer based rubber materials on mechanical properties”, *Polymer (Korea)*, 38 (5): 664-670 (2014).
49. Scheirs, J., “Compositional and failure analysis of polymers”, *John Wiley & Sons, Inc., 605*, Third Avenue, New York, (2000).
50. Chernyy, S., Ullah, S., Jomaas, G., Leisted, R. R., Mindykowski, P. A., Ravnsbæk J. B., Tordrup, S. W. and Almdal, K., “Modification of poly(styrene-block-butadiene-block-styrene) [SBS] with phosphorus containing fire retardant”, *European Polymer Journal*, 70: 136–146 (2015).

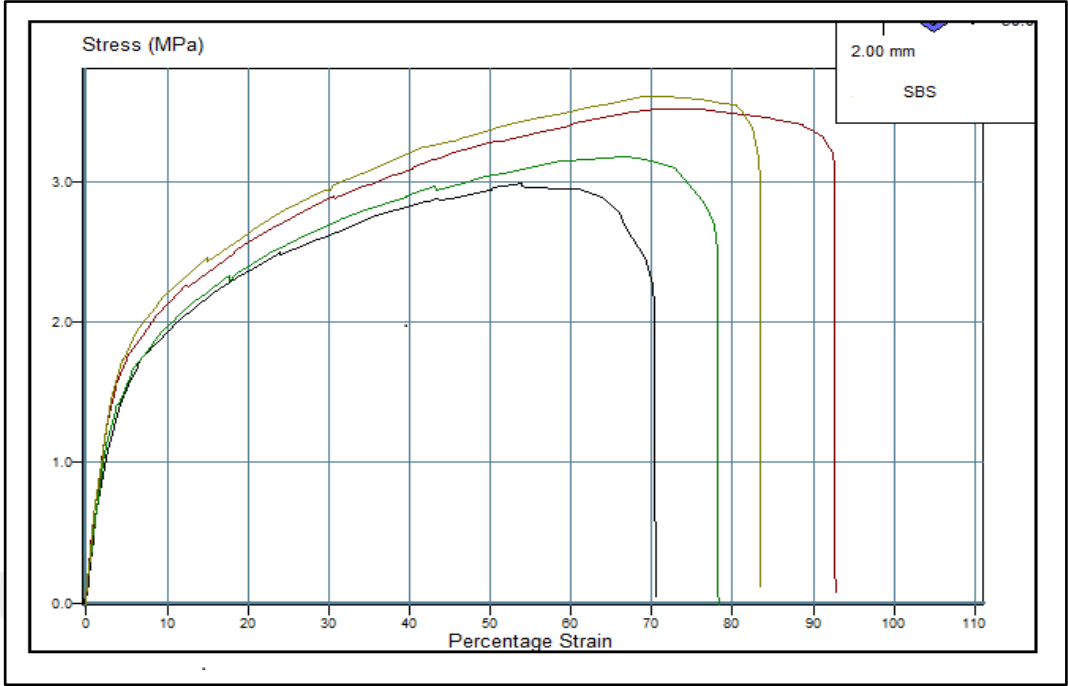
51. Munteanu, S. B., Brebu, M. and Vasile, C., “ Thermal and thermo-oxidative behaviour of butadiene-styrene copolymers with different architectures”, *Polymer Degradation and Stability*, 89: 501-512 (2005).



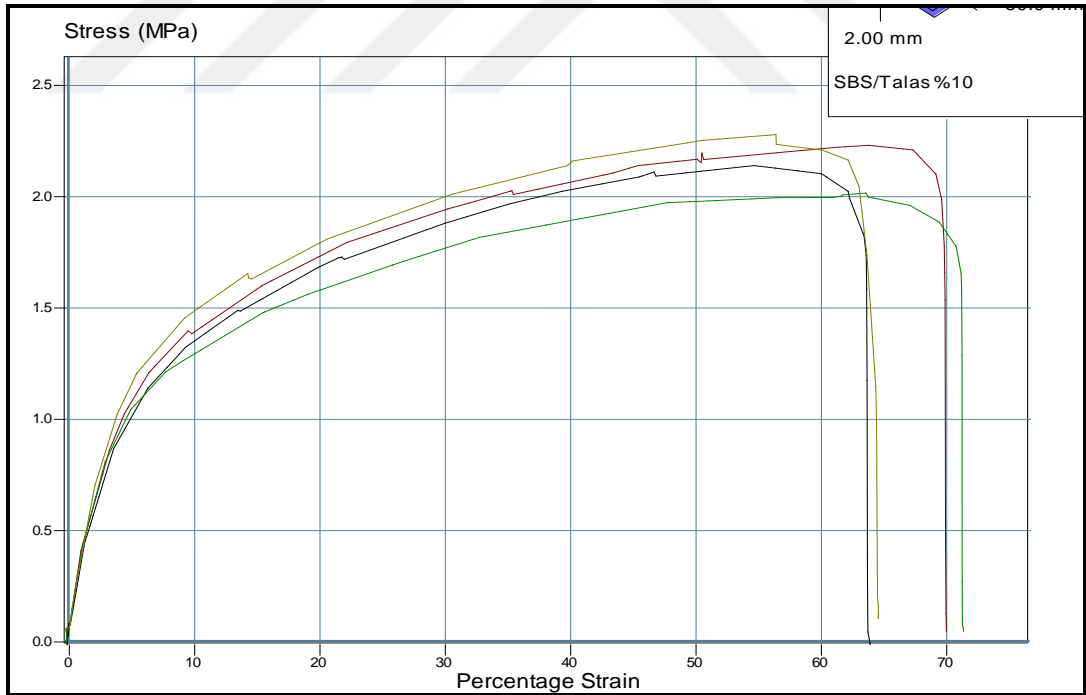


EK AÇIKLAMALAR A.

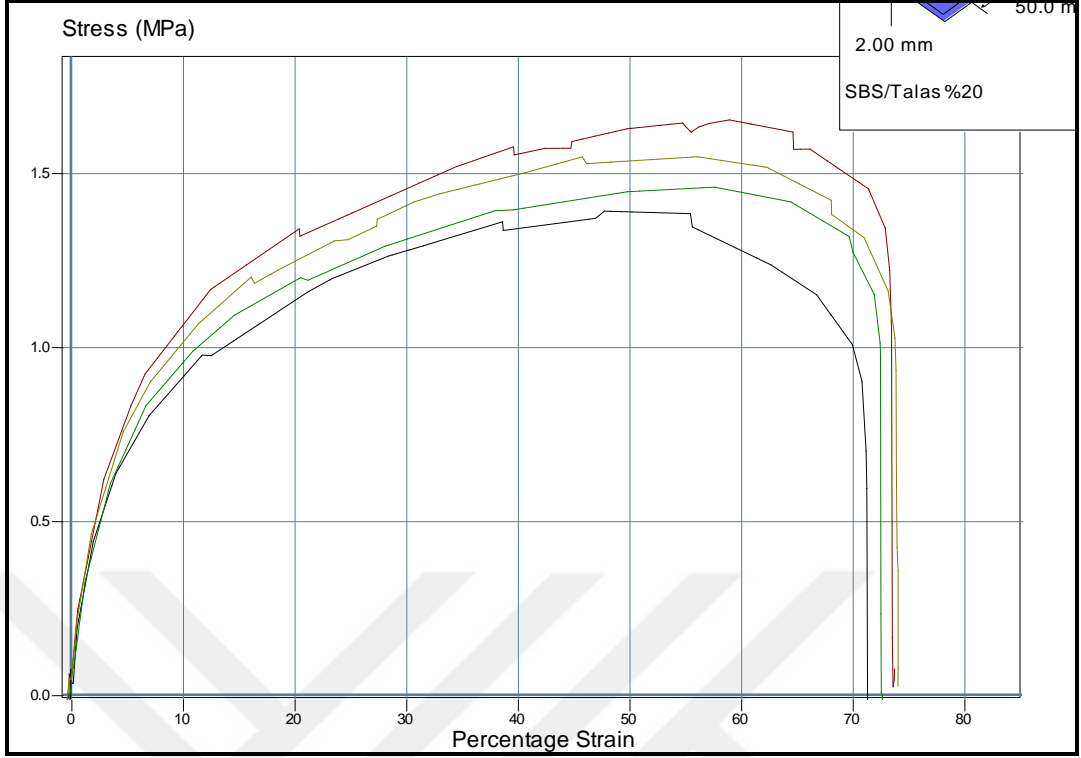
ÇEKME MUKAVEMETİ - YÜZDE UZAMA EĞRİLERİ



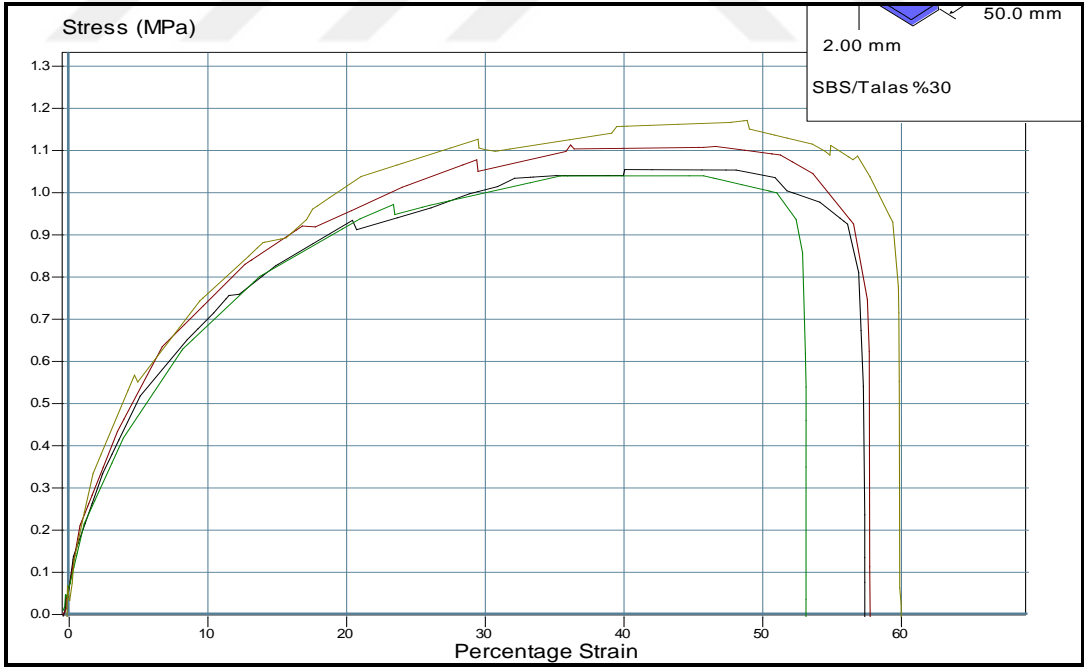
Şekil Ek A.1. SBS çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



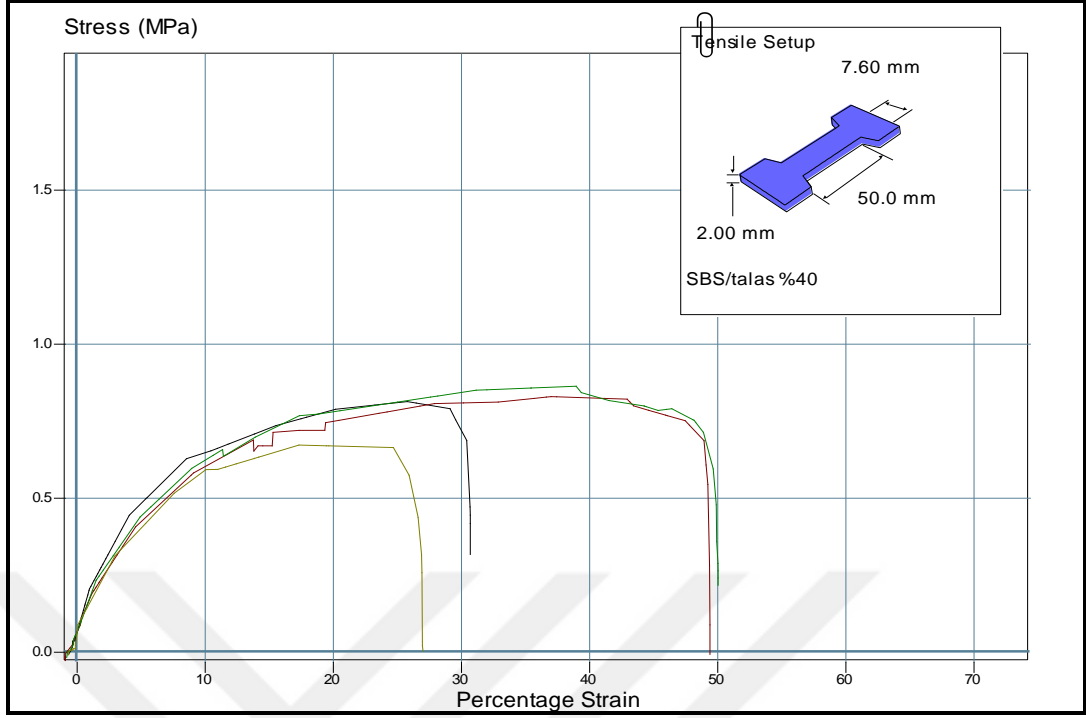
Şekil Ek A.2. SBS- %10 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



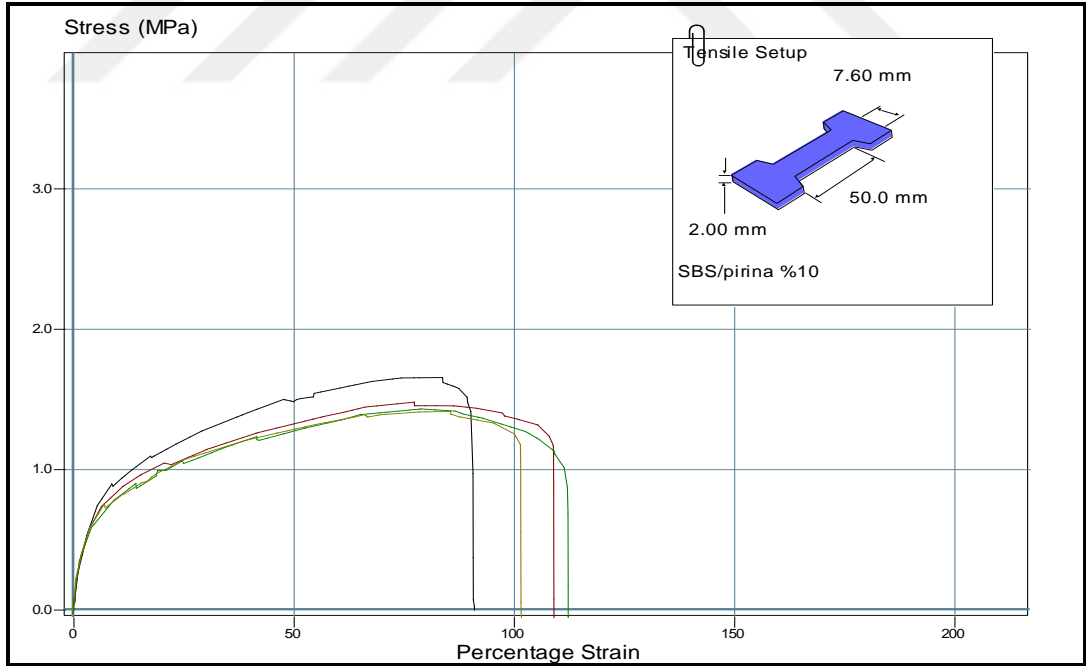
Şekil Ek A.3. SBS- %20 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



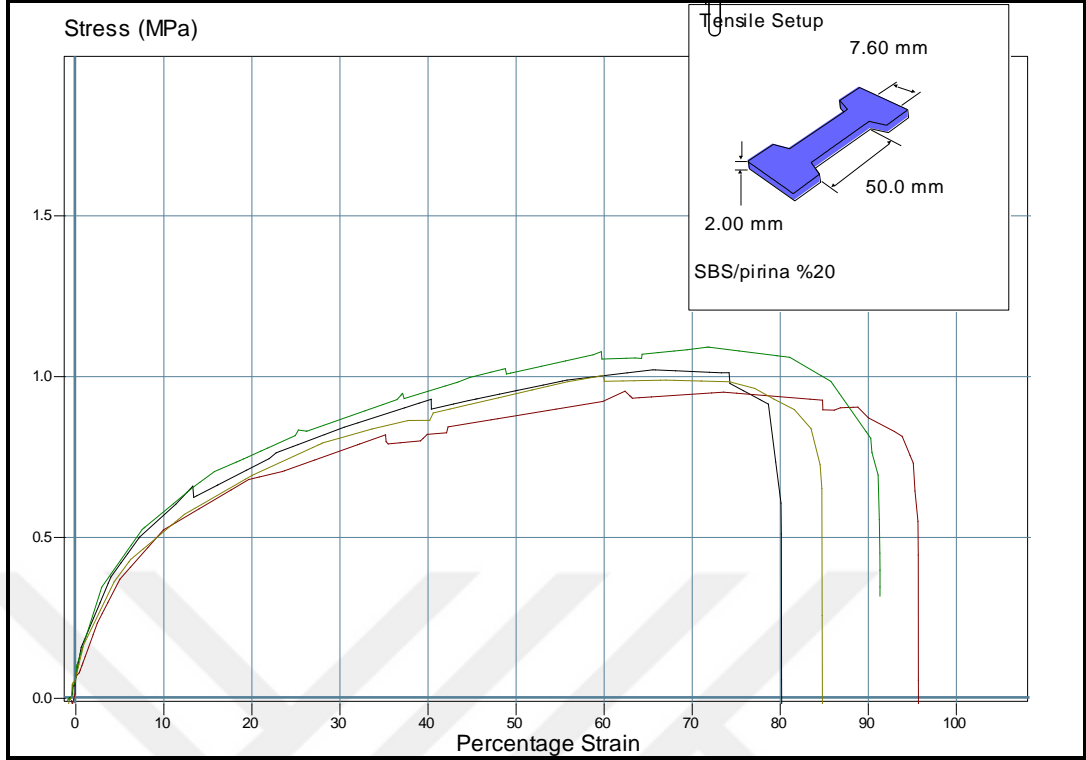
Şekil Ek A.4. SBS- %30 talaş çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



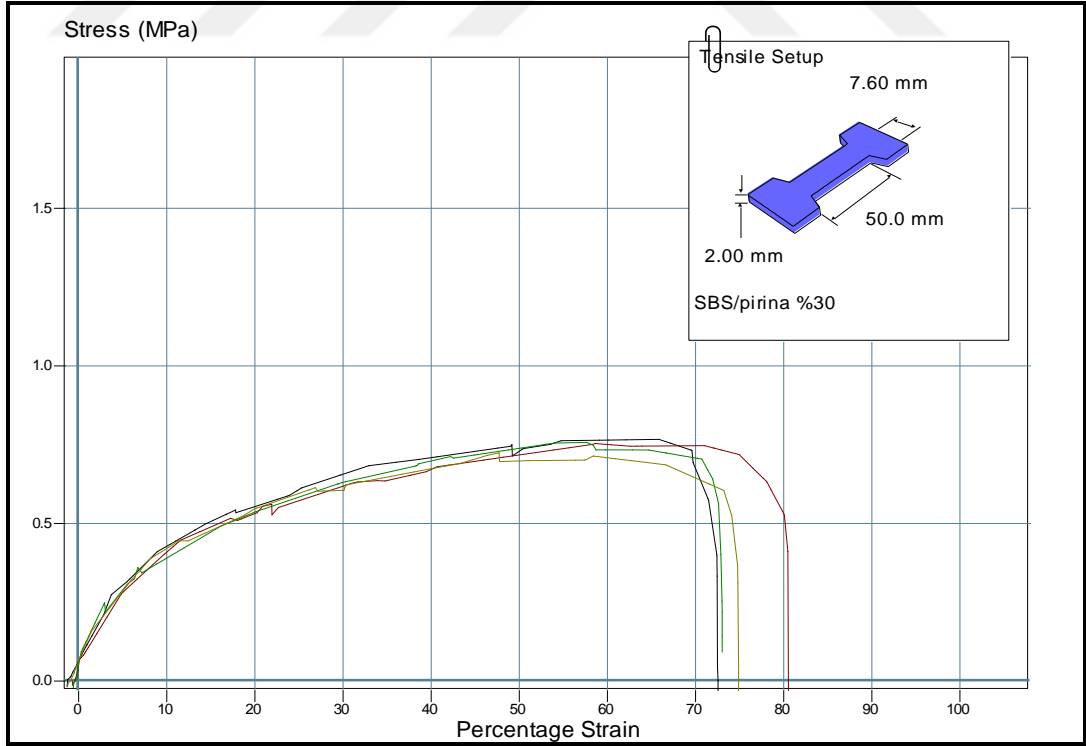
Şekil Ek A.5. SBS- %40 talas çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



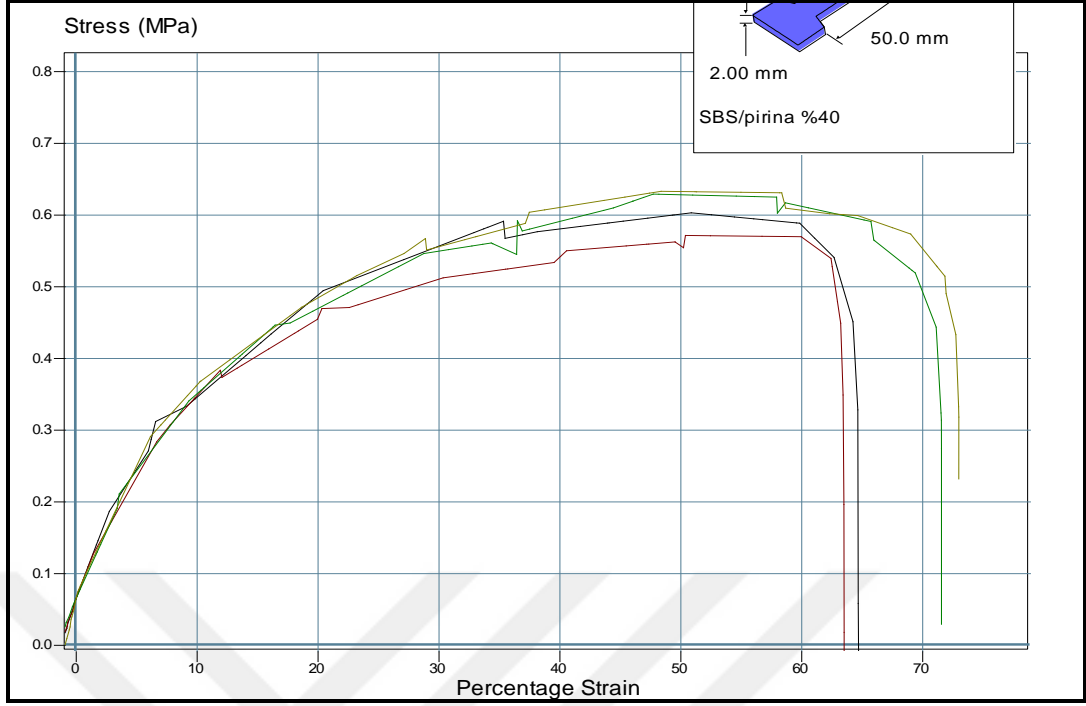
Şekil Ek A.6. SBS- %10 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



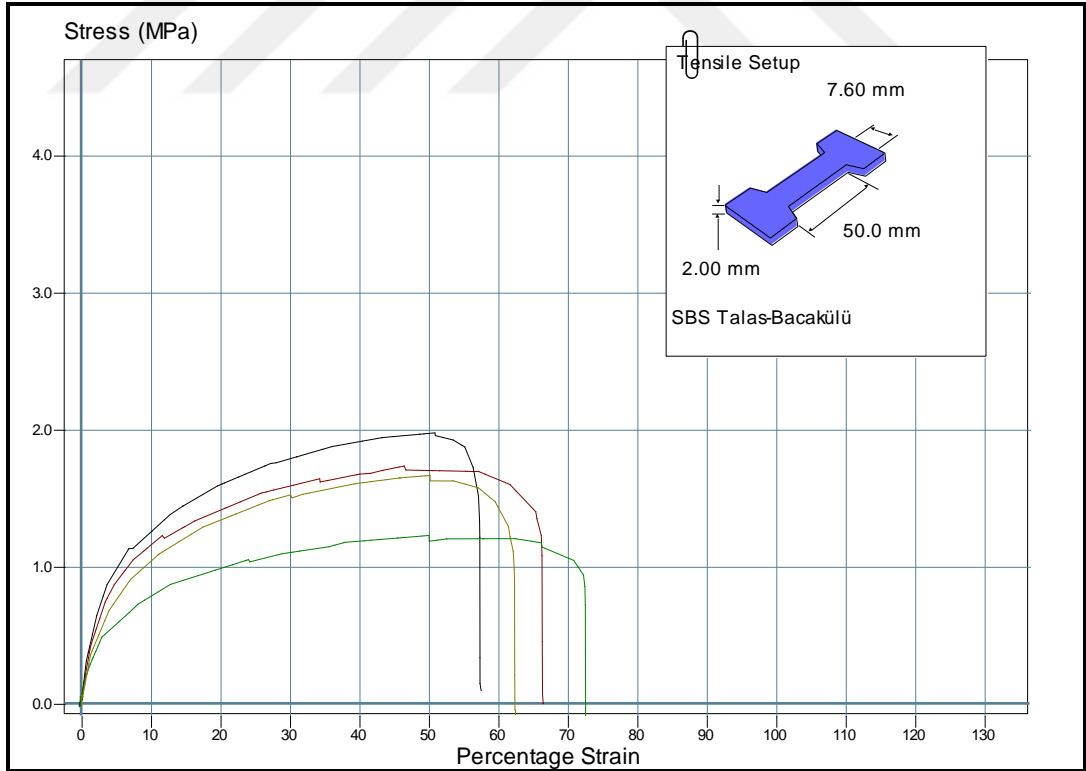
Şekil Ek A.7. SBS- %20 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



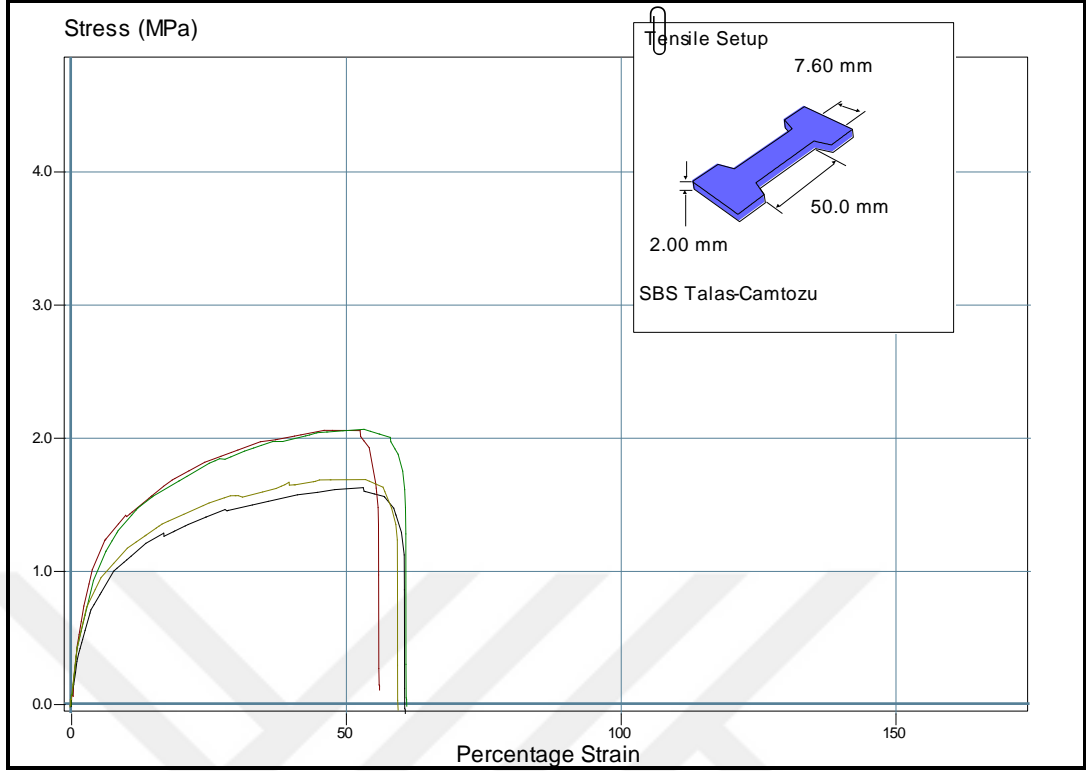
Şekil Ek A.8. SBS- %30 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



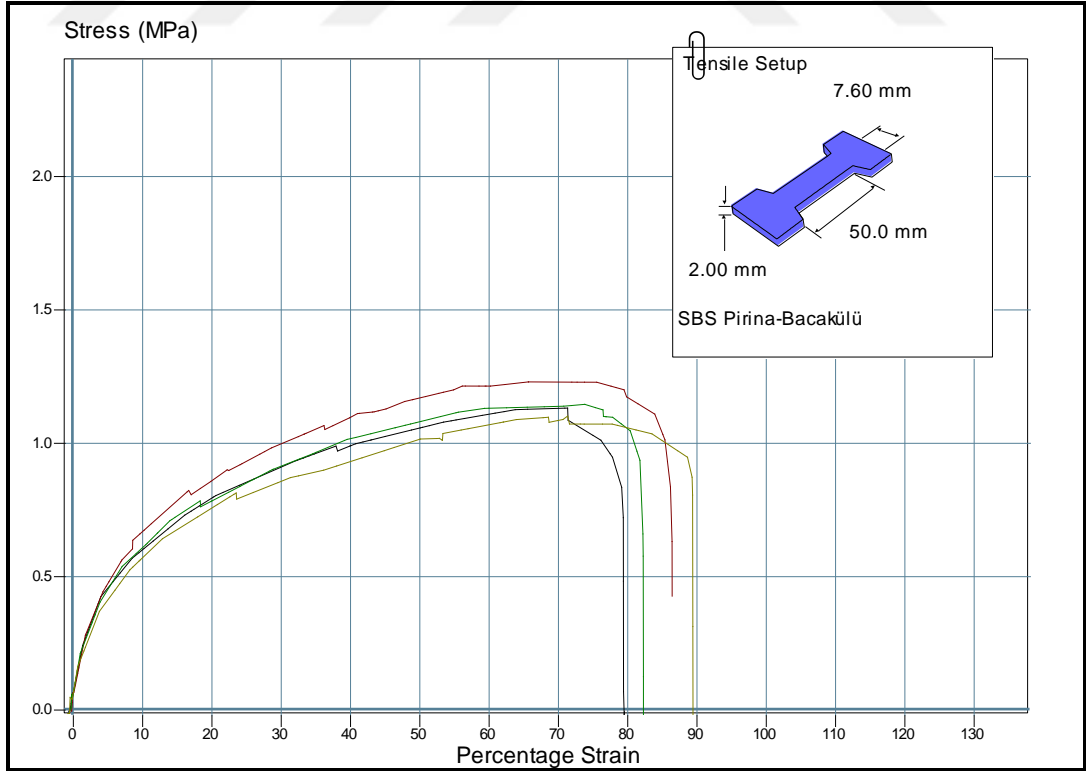
Şekil Ek A.9. SBS- %40 pirina çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



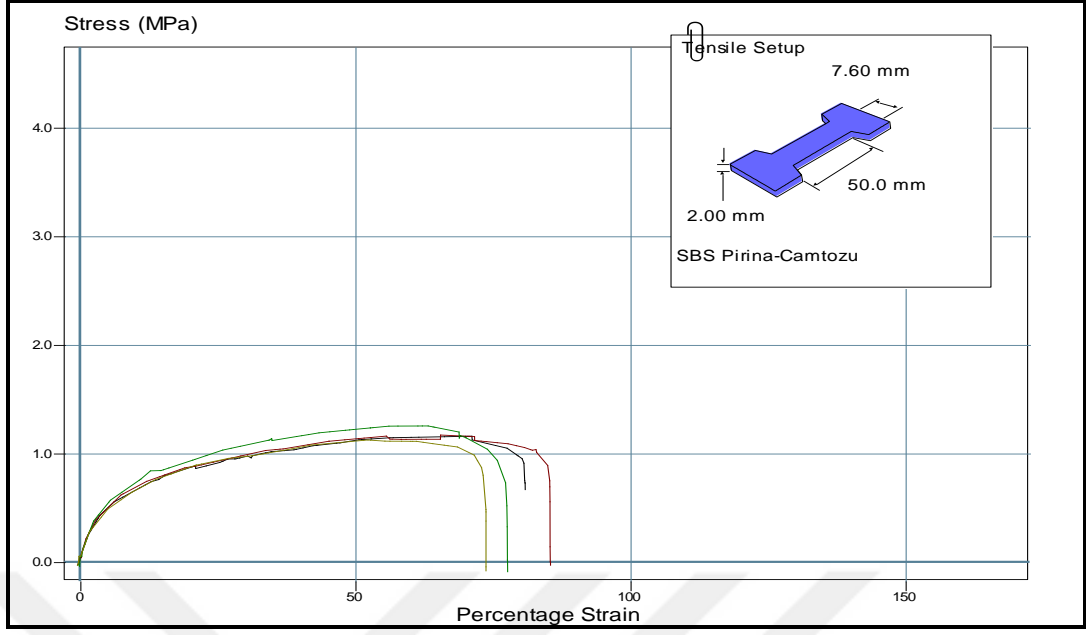
Şekil Ek A.10. SBS-talaş-bacakülü çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



Şekil Ek A.11. SBS-talaş-camtozu çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



Şekil Ek A.12. SBS-pirina-bacakülü çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.



Şekil Ek A.13. SBS-pirina-camtozu çekme mukavemeti -gerilme yüzdesi grafiği.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Ceyda YILMAZ
Uyruğu : T.C.
Doğum yeri-tarihi : Karabük - 29.11.1987
Telefon : 05079216174
e-mail : cyilmaz987@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Lisans	Anadolu Üniversitesi / Kimya Mühendisliği Bölümü	2010
Lise	Karabük 75. Yıl Anadolu Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-halen	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı / BURSA	İş Müfettişi Yrd.

Yabancı Dil

İngilizce