

**AHŞAP TOZU TAKVİYELİ POLİPROPİLEN (PP)
ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN AKIŞ VE
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**2012
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

Salih KAYA

**AHŞAP TOZU TAKVİYELİ POLİPROPİLEN (PP) ESASLI KOMPOZİT
MALZEMELERİN AKIŞ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Salih KAYA

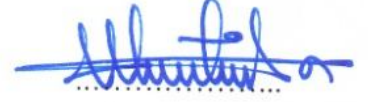
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2012**

Salih KAYA tarafından hazırlanan “AHŞAP TOZU TAKVİYELİ POLİPROPİLEN (PP) ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN AKIŞ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı



Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ

Tez Danışmanı, Gazi Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ (GÜ)

Üye : Doç. Dr. Onuralp ULUER (GÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ (KBÜ)



...../...../2012

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

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

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.”

Salih KAYA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AHŞAP TOZU TAKVİYELİ POLİPROPİLEN (PP) ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN AKIŞ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Salih KAYA

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ

Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ

Ocak 2012, 72 sayfa

Endüstrinin hemen her alanında kullanım miktarı artmakta olan plastik malzemeler kolay şekillendirilebildiği gibi mukavemet, yoğunluk, hafiflik gibi avantajları ile birçok alanda metallerin yerini almayı başarmıştır. Ayrıca değişik katkı maddeleri ile karıştırılarak elde edilen kompozit malzeme kompozisyonlarıyla mekanik ve akışkanlık özellikleri de iyileştirilmiştir. Kompozit malzemelerin bir diğer özelliği ise korozyona karşı dirençli ve yüksek dayanıklılığa sahip olması bakımından endüstride üretilen ve bir kaç malzemedен oluşan ürünlerin tek bir malzeme olarak üretilmesini sağlamaktır. Böylece maliyet ve dayanım açısından ciddi olumlu sonuçlar elde edilmektedir.

Yapılan çalışmada da ahşap tozu takviyeli plastik esaslı kompozitlerin reolojik ve mekanik özellikleri, ergiyik akış indeksi, çekme gerilmesi, uzama ve darbe direnci açısından incelenmiş ve ayrıca tüketilmekte olan plastik hammaddeye etkisi ve sağlayacağı tasarrufu da araştırılmıştır. Günümüzde değişik üretim yöntemleri ile elde edilen ahşap tozu takviyeli plastik malzemelerin, akış özellikleri, ürün ve kalıp tasarımı açısından da büyük önem taşımaktadır. Özellikle kalıp içerisindeki takviyeli ergimiş plastiğin akış özelliklerinin bilinmesi, kalıp tasarım aşamasını doğrudan etkilemektedir. Takviyeli plastik malzemelerin akışkanlığını belirlemek amacıyla kullanılan ergiyik akış indeksi (EAI) testi pratik bir yöntem olarak çok yaygın kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada saf polipropilen (PP) ve 3 farklı oranda ahşap tozu karışımları ekstrüzyon makinesi yardımı ile granüle dönüştürülmüştür. Elde edilen karışım malzemeleri saf PP ile karşılaştırmak üzere EAI değerleri, çekme dayanımı ve izod darbe direnci bakımından kıyaslanmıştır. Ahşap tozu takviyeli PP malzemesinin EAI değerleri 4 farklı basınç ve 4 farklı sıcaklık değerleri kullanılarak tayin edilmiştir. Ahşap tozu takviyeli PP malzemesinin sıcaklığa bağlı olarak EAI-basınç değerleri incelendiğinde sıcaklık ve basınç değerlerinin artışına bağlı olarak EAI'nin arttığı tespit edilmiştir. Farklı oranlarda ahşap tozu takviye edilmiş PP malzemeleri kendi aralarında incelendiğinde saf PP ve ahşap tozu takviye oranı %5, %10 ve %15 olan karışımların sırayla takviye oranının artmasına bağlı olarak EAI, çekme gerilmesi ve izod darbe direnci değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada farklı oranlarda ahşap tozu takviye edilmiş PP malzemelerinin sıcaklık değişimine bağlı basınç-EAI, basınç-kayma hızı, basınç-viskozite, kayma hızı-kayma gerilmesi, kayma hızı-viskozite ve basınç değişimine bağlı sıcaklık-EAI, sıcaklık-kayma hızı, sıcaklık-viskozite değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kompozitler, plastik, ahşap tozu, ergiyik akış indeksi, viskozite, reolojik özellikler ve mekanik özellikler.

Bilim Kodu : 708.3.028

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

FLUDTY AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD FIBER REINFORCED POLYPROPYLENE (PP)

Salih KAYA

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Metallurgy Education**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Metin ZEYVELİ

Assoc. Prof. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ

January 2012, 72 pages

Plastic materials which are currently used in every field of the industry accomplish to take place of metal due to advantages of light-weightiness, density, strength and easy molding process. Plastic raw material has been enhanced to create a composite structure which has good mechanical and fluidity properties by reinforcing some various additives. Others characteristic feature of composite materials are corrosion resistant and high strength so they provide the products made different compound as a single material. Thus significant positive results are obtained in terms of cost and durability. The purpose of investigation of wood fiber plastics which are converted into a structure is to observe the effect on plastic raw material which is consumed as at melt flow index, tensile stress, elongation and impact resistance additionally flow characteristic of reinforced plastic material with wood-fiber which is currently obtained variety methods is firmly important for ease of mold designing and

manufacturing. Especially knowledge of fluidity of melt reinforced plastic in the mold affects design phase directly. The MFI method (melt flow index) is used to define flow of reinforced plastic material very extensively and practically. Granules have been obtained by mixing homogeny neat polypropylene (PP) and wood-fiber with three different rate by the extruder in this study. MFI rate of wood-fiber reinforced polypropylene has been identified by using 4 different amounts of temperature and pressure. MFI value has increased depending increased temperature and pressure when MFI-Pressure rate of wood-fiber materials was examined depending on temperature. MFI, tensile stress and izod impact strength values have decreased depending on increased wood-fiber rate of supplementation in order of 5 %, 10 % and 15 % when different amount of wood-fiber reinforced polypropylene was compared. Also in this study, in terms of changes in temperature pressure-MFI, pressure-shear rate, pressure-viscosity, shear rate-shear stress, shear rate-viscosity of polypropylene are observed and also due to changes in pressure temperature-shear rate, temperature-viscosity rate of polypropylene examined.

Key Word : Composites, plastics, wood fillings, melt flow index, viscosity, rheological properties and mechanical properties.

Science Code : 708.3.028

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yűrűtűlmesinde ve oluőumunda ilgi ve desteęini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrűbelerinden yararlandığım, yűnlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ıőıęında őekillendiren çok deęerli hocalarım ve danıőmanlarım Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ'ye ve Doç. Dr. Abdulmecit GŪLDAŐ'a sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

Deneysel çalıőmalarımnda kullanılacak malzeme ve tezgâh temininde yardımlarını esirgemeyen Gazi Ūniversitesi Makina Eęitimi Bűlűmű Kalıpçılık Anabilim Dalı'na, Mikrosan Makina ve Kalıp Sanayi A.Ő. ve Karagűlle Kalıp Teknolojileri firma yetkililerine saygı ve teőekkűrlerimi sunarım.

Sevgili aileme maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tűm kalbimle teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ÇALIŞMASI	4
BÖLÜM 3	9
POLİMERLER	9
3.1. TERMOPLASTİKLER	10
3.2. TERMOSETLER	11
3.3. ELASTOMERLER	13
BÖLÜM 4	15
KOMPOZİTLER	15
4.1. KOMPOZİTİN TANIMI	15
4.1.1. Kompozit Malzemelerin Avantajları	15
4.1.2. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları	16
4.1.3. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları	16
4.2. AHŞAP POLİMER KOMPOZİTLERİ	17

	<u>Sayfa</u>
4.2.1. Ahşabın Kimyasal Özellikleri.....	17
4.2.2. Ahşabın Mekanik Özellikleri.....	19
4.2.3. Ahşap Polimer Kompozitlerin Kullanım Alanları	20
BÖLÜM 5	21
MATERYAL METOT.....	21
5.1. DENEY MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ.....	21
5.1.1. Polipropilen (PP).....	21
5.2. KATKI MADDELERİ	21
5.2.1. Maleik anhidrit (MA)	21
5.2.2. Antioksidant (AO).....	22
5.2.3. Ahşap Tozu.....	22
5.3. AHŞAP TAKVİYELİ PP ESASLI KOMPOZİT GRANÜLÜN ÜRETİMİ	22
5.3.1. Ekstrüzyon Makinesi.....	23
5.3.2. Kurutma Fırını	24
5.4. REOLOJİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ	24
5.4.1. EAİ Testi ve Deney Cihazı	25
5.5. MEKANİK ÖZELLİKLER İÇİN ÇEKME DENEY NUMUNELERİ.....	26
5.5.1. Çekme Deneyi ve İzod Darbe Deneyi İçin Numunelerin Enjeksiyon yöntemi ile üretimi.....	26
5.5.2. Enjeksiyon Parametreleri.....	27
5.5.3. Enjeksiyon Makinesi.....	28
5.5.4. Çekme Deney Cihazı.....	28
5.5.5. İzod Darbe Deney Cihazı	29
BÖLÜM 6	30
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	30
6.1. REOLOJİK ÖZELLİKLER	30
6.1.1. Sıcaklık Değişimine Bağlı Basınç – EAİ Değişimi	30
6.1.2. Sıcaklık Değişimine Bağlı Basınç – Kayma Hızı Değişimi	33
6.1.3. Sıcaklık Değişimine Bağlı Kayma hızı – Kayma Gerilmesi Değişimi	36
6.1.4. Sıcaklık Değişimine Bağlı Basınç – Viskozite Değişimi	41
6.1.5. Sıcaklık Değişimine Bağlı Kayma Hızı – Viskozite Değişimi.....	44

	Sayfa
6.1.6. Basınç Değişimine Bağlı Sıcaklık – EAİ Değişimi.....	47
6.1.7. Basınç Değişimine Bağlı Sıcaklık – Kayma Hızı Değişimi.....	50
6.1.8. Basınç Değişimine Bağlı Sıcaklık – Viskozite Değişimi.....	53
6.2. MEKANİK ÖZELLİKLER	56
6.2.1. Çekme Deney Sonuçları.....	57
6.2.1.1. Saf PP İçin Çekme Deney Sonuçları	57
6.2.1.2. %5 Ahşap Tozu/PP Karışımı İçin Çekme Deney Sonuçları.....	59
6.2.1.3. %10 Ahşap Tozu/PP Karışımı İçin Çekme Deney Sonuçları	59
6.2.1.4. %15 Ahşap Tozu/PP Karışımı İçin Çekme Deney Sonuçları	60
6.2.1.5. %5, %10, %15 Ahşap Tozu/PP Karışımı ve Saf PP İçin Çekme Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	61
6.2.2. İzod Darbe Deney Sonuçları.....	62
BÖLÜM 7	65
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR.....	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Polimer zincirleri 1) Termoplastiklerin polimer zincir yapıları 2) Termosetlerin polimer zincir yapıları.....	12
Şekil 4.1. Selülozun kimyasal yapısı	18
Şekil 4.2. Hemiselüloz'un kimyasal yapısı	18
Şekil 4.3. Lingin'in kimyasal yapısı	19
Şekil 5.1. Ekstrüzyon makinesi genel görünüşü.....	23
Şekil 5.2. MFI cihazının genel görünüşü	25
Şekil 5.3. Saf PP, %5,%10 ve %15 ahşap tozu takviyeli çekme deney numuneleri.....	27
Şekil 5.4. Saf PP, %5, %10 ve %15 Ahşap tozu takviyeli izod darbe deney numuneleri	27
Şekil 5.5. Enjeksiyon makinesinin genel görünüşü	28
Şekil 6.1. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği	31
Şekil 6.2. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği.....	31
Şekil 6.3. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği...32	
Şekil 6.4. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği...32	
Şekil 6.5. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Kayma hızı grafiği	34
Şekil 6.6. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç – Kayma hızı grafiği	34
Şekil 6.7. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç – Kayma hızı grafiği	35
Şekil 6.8. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç – Kayma hızı grafiği	35
Şekil 6.9. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s) – Kayma gerilmesi grafiği.....	36

Şekil 6.10. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s) -Kayma gerilmesi grafiği	36
Şekil 6.11. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s)-Kayma gerilmesi grafiği	37
Şekil 6.12. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s)-Kayma gerilmesi grafiği	37
Şekil 6.13. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)- Log Kayma gerilmesi grafiği	39
Şekil 6.14. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)- Log Kayma gerilmesi grafiği	39
Şekil 6.15. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)- Log Kayma gerilmesi grafiği	40
Şekil 6.16. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)- Log Kayma gerilmesi grafiği	40
Şekil 6.17. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Viskozite grafiği	42
Şekil 6.18. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç – Viskozite grafiği	43
Şekil 6.19. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç – Viskozite grafiği	43
Şekil 6.20. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç – Viskozite grafiği	44
Şekil 6.21. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı-Viskozite Grafiği	45
Şekil 6.22. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı- viskozite grafiği	45
Şekil 6.23. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı- viskozite grafiği	46
Şekil 6.24. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı- viskozite grafiği	47
Şekil 6.25. Saf PP için, farklı basınçlar altında EAI – Sıcaklık (°C) Grafiği	48
Şekil 6.26. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı basınçlar altında EAI – Sıcaklık (°C) grafiği	48
Şekil 6.27. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı basınçlar altında EAI – Sıcaklık (°C) grafiği	49
Şekil 6.28. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı basınçlar altında EAI – Sıcaklık (°C) grafiği	50
Şekil 6.29. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Kayma hızı Grafiği	51
Şekil 6.30. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Kayma hızı grafiği	51

Şekil 6.31. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Kayma hızı grafiği	52
Şekil 6.32. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Kayma hızı grafiği	53
Şekil 6.33. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Viskozite grafiği ..	54
Şekil 6.34. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Viskozite grafiği	54
Şekil 6.35. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Viskozite grafiği	55
Şekil 6.36. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık (°C) – Viskozite grafiği	56
Şekil 6.37. Çekme deney numunesi.....	57
Şekil 6.38. Saf PP çekme için çekme gerilmesi (N/mm ²) – uzama (%) grafiği	58
Şekil 6.39. Saf PP deney numunelerinin test öncesi görüntüsü ve test sonrası uzama ve kopma görüntüleri	59
Şekil 6.40. %5 Ahşap tozu/PP karışımı için çekme gerilmesi (N/mm ²) – uzama (%) grafiği	58
Şekil 6.41. %10 Ahşap tozu/PP karışımı için çekme gerilmesi (N/mm ²) – uzama (%) grafiği	60
Şekil 6.42. %15 Ahşap tozu/PP karışımı için çekme gerilmesi (N/mm ²) – uzama (%) grafiği	60
Şekil 6.43. %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı ve saf PP için çekme gerilmesi (N/mm ²) – uzama (%) grafiği	61
Şekil 6.44. Saf PP ve %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı çekme deney numunelerinin test sonrası görüntüleri	62
Şekil 6.45. İzod darbe deney numunesi	63
Şekil 6.46. Saf PP ve %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı izod darbe direnci (J) grafiği	63
Şekil 6.47. Saf PP ve %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı izod darbe direnci numunelerinin test sonrası görüntüsü.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Bazı termoplastiklerin bileşimi	11
Çizelge 3.2. Bazı termoset plastiklerin özellikleri.....	13
Çizelge 5.1. Polipropilen (PP) malzemesinin bazı özellikleri.....	21
Çizelge 5.2. Maleik anhidrit (MA) hammaddesinin bazı özellikleri	22
Çizelge 5.3. Antioksidant (AO) hammaddesinin bazı özellikleri.....	22
Çizelge 5.4. PP/Ahşap tozu karışım oranları.....	23
Çizelge 5.5. PP/Ahşap tozu karışımının ekstrüzyon sıcaklık değerleri	24
Çizelge 5.6. PP/Ahşap tozu karışımı için EAI deney cihazında kullanılan basınç ve sıcaklık değerleri.....	24
Çizelge 5.7. Çekme deney numunelerinin enjeksiyon parametreleri	28
Çizelge 6.1. Farklı sıcaklıklardaki Log kayma hızı-Log kayma gerilmesi ‘n’ sabiti değerleri.....	38
Çizelge 6.2. Farklı sıcaklıklardaki katkısız PP-Ahşap tozu/PP karışımlarının korelasyon R ² değerleri.....	41
Çizelge 6.3. Çekme deneyi değerleri	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

$\dot{\gamma}$: Kayma hızı, s^{-1}
τ	: Kayma gerilmesi, Pa
$\dot{\gamma}_g$: Görünür kayma hızı, s^{-1}
$\dot{\gamma}_d$: Düzeltilmiş kayma hızı, s^{-1}
τ_g	: Görünür kayma gerilmesi, Pa
τ_d	: Düzeltilmiş kayma gerilmesi, Pa
n	: Akış üssü sabiti
η	: Viskozite, Pa.s
η_0	: Sıfır kayma hızındaki viskozite değeri, Pa.s

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials
ISO	: International Organization for Standardization
MFI	: Melt Flow Indeks
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
MA	: Maleik Anhidrit
AO	: Antioksidant
EAI	: Ergiyik Akış İndeksi
PP	: Polipropilen
PMMA	: Polipropilen Modifiyeli Maleik Anhidrit
PE	: Polietilen
PVC	: Polivinilklorür
PS	: Polistiren

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enjeksiyonla kalıplama yöntemiyle üretimde, ergimiş plastiğin enjeksiyon memesinden kalıp boşluğuna doğru akması, kalıplamada çok önemli ve dikkat edilmesi gereken analizleri beraberinde getirmektedir. Ergimiş plastiğin kalıp boşluğundaki akış biçimi, hız dağılımı, basınç dağılımı ve sıcaklık dağılımı, kalıp boşluğunun dolma süresinin ürünün boyut ve kalite yönüyle kusurlu olup olmadığının bir göstergesidir.

Ergiyik plastik kalıp boşluğunda akarken, viskozitesi kısa zaman aralıklarında değişmekte ve aynı zamanda kalıp duvarlarına temas eden yüzeylerde ergimiş plastik sıcaklık ısı kaybından dolayı katılaşır yüzeye yapışmaktadır. Ürünün kalıplanması sırasında akışı etkileyen parametreler iyi ayarlanmadığında, kalıp boşluğu tamamen dolmamakta, ergimiş plastik çok ince detaylara girememekte ve dayanıksız estetik bozukluğa sahip ürünler elde edilmektedir [1].

Yapılan bu tez çalışmasında, farklı sıcaklık ve basınç şartları altında ahşap tozu/PP karışımlarının EAI, kayma hızı, kayma gerilmesi ve viskozite değerleri incelenmiş reolojik ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ahşap ve plastik sanayisinde en dinamik büyüme gösteren malzemeler içerisinde ahşap polimer kompozitler özel bir yer tutmaktadır. Bu malzemeler özellikle otomotiv, yapı ürünleri, ambalaj malzemeleri olmak üzere diğer uygulamalarda da çokça tercih edilmektedir [2]. Ahşap lifi, düşük yoğunlukları, yüksek özellikleri, talaşlı imalata yatkınlıkları, düşük maliyetleri ve en önemlisi biyo-bozunurluk direnci gibi birçok avantajı içerisinde bulundurmaktadır [3,4].

Ahşap tozu takviyeli plastik karışımları kompozit bir yapı oluşturduğundan akışkanlık özelliği büyük önem taşımaktadır. Ahşap tozu takviyeli PP malzemesinin akış ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde farklı oranlarda ahşap tozu, takviye maddesi kullanılmaktadır. Bu farklı oranlardaki ahşap tozu takviyeli plastik malzemelerin EAİ değerlerinin doğru tespit edilmesi için basınç ve sıcaklık değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Basınç ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak farklı oranlarda ahşap tozu takviyeli PP malzemesinin EAİ değerleri tespit edilmektedir. Endüstride plastik malzemelerin akış özelliklerinin belirlenmesinde en sık başvurulan ve en basit olan yöntem, EAİ testidir [5,6]. Basit olmakla birlikte, uygulanmasının kolaylığı sebebiyle plastik malzemelerin sınıflandırılması ve tanımlanmasına ait özelliklerin tespiti için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. EAİ değeri, akışkanlık hakkında ön bilgi vermekte olup, birincil olarak malzemenin akış düzenliliğinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır [6,7].

Ayrıca polimerlerin üretim sırasında kimyasal yapıları bakımından da reolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle endüstrideki farklı uygulamalar için polimerleri kimyasal yapısı bakımından sınıflandırmak ve polimer çeşitliliğini standartlaştırmak için reolojik özellikler oldukça önem taşımaktadır [8, 9].

Polimerlerin reolojik özellikleri belirlenirken malzemenin ergiyik akış sırasında her türlü davranışını kontrol edebilmek yazılım programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstride yaygın olarak EAİ test cihazı olarak bilinen deney cihazı ve bu cihaza bağlı bir yazılım tarafından EAİ test değerleri kontrol edilmektedir [10,11].

EAİ testi ASTM standartlarında ve laboratuvar ortamında, belirli bir sıcaklık ve kuvvet altında polimer granüllerini silindirik bir gövde içerisinden belirli bir denge doğrultusunda 10 dak süre ile ergitilerek akışkanlık kazandırıp yapılmaktadır [12].

Polimer malzemelere uygulanan mekanik zorlama altındaki davranışı, mekanik özellikler olarak adlandırılır. Mekanik özellikler esas olarak atomlar arası bağ kuvvetlerinden kaynaklanır, ancak bunun yanında malzemenin iç yapısının da büyük etkisi vardır. İç yapıda değişiklikler meydana getirmek mekanik özellikleri önemli oranda geliştirmektedir [13].

Polimerik bir malzemenin önemli mekanik özellikleri çekme testi sonucunda elde edilen 'çekme gerilmesi- uzama' eğrisinden tespit edilmektedir. Bu işlem, malzemenin sabit hızla gerdirilmesi sırasında açığa çıkan kuvvetin sürekli olarak ölçülmesi ile yapılmaktadır [14].

PP/Ahşap tozu karışımlarının üretim sırasında kimyasal ve mekanik yapıları bakımından özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle endüstrideki farklı uygulamalar için PP/Ahşap tozu karışımlarını standartlaştırmak için akış ve mekanik özellikleri oldukça önem taşımaktadır.

Yapılan bu çalışmada saf PP hammaddesi ve PP hammaddesi içerisinde takviye malzemesi olarak 3 farklı oranda ahşap tozu kullanılarak, oluşan karışımın sıcaklık ve basınç değişimine dayalı akış özellikleri ve elde edilen karışım malzemesinden çekme deney ve izod darbe deney numuneleri üretilerek mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Barrera., M.A., ve Vega, J.F., yapmış oldukları çalışmada iki çeşit yüksek yoğunluklu polietilen malzemeyi karşılaştırmış ve yapılan çalışmada her iki malzemenin de EAİ değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Aralarındaki farkı daha detaylı araştırmak için ekstrüzyon yöntemi ile akış hızlarını kontrol etmişlerdir. Ve sonuç olarak EAİ değerlerinin yanı sıra malzemelerin moleküler arası bağ farkı ekstrüzyon yönteminde belirginlik göstermiş ve akış hızını etkilediğini görmüşlerdir [15].

Bledzki, A.K., ve Faruk, O., yapmış oldukları çalışmada köpüklü ağaç fiber ve PP karışımlarının EAİ sonuçlarını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada köpüklü ağaç fiber karışımlarının diğer kompozit malzemelere göre EAİ değerlerinde oldukça iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Ayrıca ekstrüzyon davranışları ve malzemenin akışkanlık sırasında ihtiyaç duyduğu basınç değerlerinin diğer kompozit malzemelere göre iyi olduğunu tespit etmişlerdir [16].

Güldaş. A., yapmış olduğu çalışmada PETKİM firmasının ürünü olan yüksek yoğunluklu polietilen malzemesinin EAİ değerlerini elde etmiştir. Yüksek yoğunluklu polietilenin EAİ değerinin basınç ve sıcaklık karşısındaki değişimi, 10 farklı sıcaklığa ve 8 farklı basınca dayalı olarak türetilmiştir. Yüksek yoğunluklu polietilen malzemesinin ergiyik akış indeksi, sıcaklık ve kayma hızı ile doğrusal olarak arttığı tespit edilmiş olup, basınç artışında ise, ergiyik akış indeksi değerlerinde parabolik bir artış sağlandığı görülmüştür [17].

Li, T.Q., ve Wolcott, M.P., yapmış oldukları çalışmada ahşap-polimer kompozitleri arasında YYPE malzemesinin statik akış durumu incelemiş olup, YYPE-Ahşap eriyiğinin kayma analizi ve viskozite sonuçları da tespit etmişlerdir. Ayrıca Basit

viskozite akışı ve stres davranışı verimi farklı ahşap türleri ve içeriklerine bağlı olarak araştırılmıştır. Yapılan deney çalışmasında çam ağacı-YYPE karışımının kayma hızının akış sırasında en çok etkilenen karışım olduğu gözlenmiştir. Ayrıca diğer ahşap-YYPE karışımlarının akış özellikleri genişletilmiş viskozite üzerinde daha az etkili olduğu görülmüştür [18].

Lu, J.Z., vd. yaptıkları çalışmada Ahşap-polimer kompoziti üretiminde malzemenin akış sırasında çürüme direncini arttırmak için çeşitli kimyasallar kullanmışlardır. Yapılan bu çalışmada bakır bileşenleri ahşap-YYPE kompozitleri için potansiyel bir koruyucu olarak kullanılmıştır. Bakır tozuyla tepkimeye giren ahşap-YYPE kompozitinin analitik sonuçları çürüme direncini verimli şekilde arttırmıştır [19].

Stark, N.M., ve Matuana, L.M., yapmış oldukları çalışmada ahşap-polimer karışımından ekstrüzyon ve enjeksiyon yöntemiyle akışkanlık ve morfolojisi incelenmek üzere ürün oluşturmuşlardır. Oluşan kompozit ürünlerin yüzey morfolojisi incelenmiş ve ekstrüzyon yöntemiyle üretilen ürünlerin yüzey morfolojisi enjeksiyon yöntemi ile kıyaslandığında daha verimli sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir [20].

Mamunya, Y.P., vd. yapmış oldukları çalışmada iletken polimer kompozitler de dolgu maddesi olarak kullandıkları metal tozlarının (Bakır, nikel, demir) elektrik iletkenliği ve basıncın etkisini araştırmışlardır. Uygulanan basınç fonksiyonu olarak tozların iletkenliğini $r = k(P-P_0)^n$ formülü ile yapmışlardır. Yapılan bu formülde iletkenliğin görülmesi için en düşük basıncı P_0 , partikül ve tozların çeşitliliğini n katsayısı, ütüleme basıncı faktörünün değeri olarak F' i kullanmışlardır. k faktörünü ise yalnızca birleşik etkili tozların çeşitliliğine bağlı olarak kullanmışlardır. Yapılan çalışmada iletkenliğin görülmesi için uygulanan P_0 basıncı metal partiküllerin yüzeyinde okside olmuş katmanlar oluşturduğunu ayrıca uygulanan basınçla partiküllerde deformasyon görüldüğünü tespit etmişlerdir [21].

Rusu, M., vd. yapmış oldukları çalışmada YYPE/Çinko toz kompozitlerinin mekanik ve termal özelliklerini incelemişlerdir. YYPE içerisine % 20 oranında çinko tozu katmış olup YYPE/Çinko kompozitlerinin yoğunluk ve sertliğinin dolgusuz

polimerlere göre daha iyi sonuç verdiğini ve çinko tozu katılmış YYPE'nin ısı kararlılığının daha iyi sonuçlar verdiğini grmüşleridir. Ayrıca YYPE içerisindeki çinko tozlarının bileşimi termal iletkenliği arttırdığını ve zgöl ısıyı dűřürdüđünü tespit etmişlerdir [22].

Jang, J., ve Han, S., yapmış oldukları çalışmada PMMA hammaddesi içerisine katkı maddesi olarak 4 farklı cam elyaf takviyesi kullanmışlardır. Yapılan çalışmada uzaysal değişim, esneklik ve enstürmental etki testlerini gerçekleştirmişlerdir. Takviye edilen cam fiber katkı maddeleri arasında %30 cam elyaf takviyesi karışımından en yüksek esnekliği elde etmişlerdir ve izotropik kompozit malzemelerle kıyaslamışlardır. Yapılan kıyaslama sonucunda cam elyaf takviyeli PMMA kompozitlerinin izotropik kompozitlere göre daha yüksek esneklik modülü sağladığını görmüşlerdir [23].

Gungor, A., yapmış olduğu çalışmada %5, %10 ve %15 hacimli demir tozu içeren HDPE karışımlarının mekanik özelliklerini incelemiştir. Kompozit yapıyı çift vidalı ekstruder makinesi yardımı ile hazırlamış olup enjeksiyon kalıbı ile deney malzemesi üretmişdir. Yapılan çalışmada çekme dayanımı,% uzama ve sünme sonuçlarını bulmuşlardır. Demir tozu YYPE kompozit malzemesinin elastik modülünün yüksek çıktığını ve %5 oranındaki demir tozu YYPE kompozitinin % uzamasının saf YYPE ye göre %40 oranında arttığını görmüştür [24].

Zhu, K., ve Schmauder, S., yapmış oldukları çalışmada polimerler içerisine farklı oranlarda fiber takviyesi katmış olup statiksel birleşme ve moleküler arası bağ yapılarını incelemişlerdir. Yapılan tüm deney sonuçlarında fiber takviye malzemesinin polimer içerisinde rijit bir davranış sergilediğini görmüşlerdir [25].

Tavman, H., yapmış olduğu çalışmada alüminyum katkılı polietilen kompozitinin termal iletkenlik ve mekanik özelliklerini incelemiştir. Çalışmada %0-%33 hacim içerikli dolgu aralığında termal iletkenlik ve %0-%50 hacim içerikli dolgu aralığında alüminyum tozu katılarak mekanik özellikler incelemiştir. Termal iletkenlik için alınan sonuçlarda %0-%12 hacim'e kadar polietilen içerisinde homojen olarak karışan alüminyum tozunun termal iletkenlik bakımından 2 fazlı sistem için uygun

olduğunu ve alüminyum oranının artmasına bağlı olarak gerilme dayanımı ve kopma uzamasında azalma olduğunu görmüştür [26].

John, Z., vd. yapmış oldukları çalışmada bakır tozunu ahşap/YYPE kompoziti üzerinde koruyucu olarak kullanmışlardır ve bakır tozuyla tepkimeye giren kompozit yapıyı formüleştirmişlerdir. Ayrıca yapılan çalışmayı çinko-bor içeren ağaç-YYPE kompozitleri ile termal davranışları bakımından incelemiş olup termal davranışların birbirlerine yakın sonuçlar sergilediğini görmüşlerdir. Yapılan çalışmada %3 oranında bakır tozu kullanarak bakır tozunun ağaç-YYPE üzerinde çürümeye karşı koruduğunu ve çürüme direnci değerlerinin çinko-bor/ağaç-YYPE kompozitlerine göre daha iyi sonuçlar elde ettiklerini görmüşlerdir [27].

Karmarkar, A., vd. yapmış oldukları çalışmada ahşap/PP kompoziti içerisine bağlayıcı etkisi oluşturmak amacıyla MAPP (Maleik anhidrit modifiyeli PP) hammaddesi karıştırmışlardır. Çift vidalı ekstruder makinesi yardımı ile ahşap/PP tozu ve MA hammaddesinden kompozit bir yapı oluşturmuşlardır. Yapılan testler sonucunda MA'nın bağlayıcı etkisi olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca yapılan karışımın gerilme dayanımı % 45 ve elastikiyet sınırının %85 e yetişen artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak ahşap katkı maddesinin kopma ve dayanım değerleri bakımından bir düşüş meydana getirdiğini sonuçlamışlardır [28].

Arbelaiz, A., vd. yaptıkları çalışmada kısa ve esnek fiber parçacıklarını PP hammaddesi ile karıştırıp fiber/PP kompoziti içerisine bağdaştırıcı olarak Maleik anhidrit (MA) katılarak mekanik özelliklerini test etmişlerdir. Ayrıca oda sıcaklığında kompozit yapı içerisine su alımının kompozit yapının emilim karakteristiği üzerindeki tesirini incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonrasında fiber/PP kompozitlerinin mekanik özelliklerinde düşüş meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca su alımının kompozit yapının mekanik özelliklerinde ciddi düşüşler meydana getirdiğini görmüşlerdir [29].

Bengtsson, M., ve Oksman, K., yapmış oldukları çalışmada ahşap tozu/PE kompozitlerinin çapraz bağlarındaki yapıyı incelemişlerdir. Yapılan çalışmada ahşap tozu/PE karışımını çift vidalı ekstruder makinesi ile üretmişlerdir. Üretilen karışımın

Çapraz bağ derecesindeki etkiyi görmek için oda sıcaklığında depolamışlardır. Çapraz bağlı kompozitler geliştirilmiş sertlik ve snme özelliği göstermiştir. Ayrıca apraz bağsızlarla karşılaştırdıklarında esneklik modülünün daha düşük çıktığını görmüşlerdir [30].

Grubbström, G., ve Oksman, K., yapmış oldukları çalışmada çapraz bağlı silan ve ahşap-termoplastiklerin çapraz bağ yapısındaki nem içeriğinin etkisini incelemişlerdir. PP/Ahşap tozu kompozitini çapraz bağlı silan çözeltisi yöntemiyle değişik saklama koşullarında iki çapraz bağlılık derecesi tanımlayarak üretmişlerdir. Yapılan çalışmada snme ve mekanik özellikler incelenmiştir. Tüm apraz bağlı kompozitlerin yüksek dayanım ve düşük snme özelliği gösterdiklerini tespit etmiş olup, çapraz bağlı kompozit yapının çapraz bağı olmayanlara göre daha fazla nem içerikli olduğunu tespit etmişlerdir [31].

BÖLÜM 3

POLİMERLER

Polimerler kimyasal özelliklerine göre; organik ve inorganik polimerler olmak üzere iki gruba ayrılır. Organik polimerlerde başta karbon olmak üzere hidrojen, oksijen, azot ve halojen atomları bulunur. Bir atomun polimer ana zinciri üzerinde bulunabilmesi için en az iki değerlikli olması şarttır. Bu nedenle hidrojen ve halojenler ana zincir üzerinde bulunamazlar. İkinci şart ise ana zincir üzerinde bulunan atomlar arasındaki bağ enerjisinin yeterli olmasıdır. C-C bağ enerjisi 80 kcal/mol, O-O bağ enerjisi 34 kcal/mol, N-N bağ enerjisi 37 kcal/mol olduğu dikkate alınır, neden birçok organik polimerde ana zincirin karbon atomlarından oluştuğu daha iyi anlaşılır.

Polimerler, kullanım alanlarına göre; plastikler, fiberler, yapıştırıcılar ve kaplamalar olmak üzere dörde ve fiziksel esaslarına göre; amorf, kristalin, yarı kristalin olmak üzere üçe ayrılır. Molekül zincirlerinin birbirlerine göre dizilim şekli, plastiklerin fiziksel özelliklerini meydana getiren ana unsurdur. Bu bakımdan amorf ve kristalin olmak üzere esasen iki yapı vardır. Amorf yapıda molekül zincirleri, birbirlerine göre gelişigüzel bir şekilde bulunurlar. Amorf yapıya sahip olan plastik malzemelerin çoğunda çekme kuvvetlerinin etkisi altında, molekül zincirleri çekme yönünde bir yönelme göstermektedirler. Bu olaya yönelme özelliği denilmektedir ve bu özelliğe sahip amorf yapılar daha yüksek çekme mukavemetine sahiptirler [32].

Polimerler bağ yapılarına göre çapraz bağlı ve çapraz bağlı olmayanlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Çapraz bağlı olmayan polimerler arasında termoplastikler, çapraz bağlı olan polimerler arasında ise 'Termosetler' ve 'Elastomerler' yer almaktadır.

3.1. TERMOPLASTİKLER

Termoplastikler sıcaklık ile yumuşayan ve basınç etkisiyle akan, şekillendirilebilen ve soğutulduğunda sertleşebilen (katı halini alan) plastiklerdir. Ayrıca tekrar ısıtıldığında yumuşayabilen, şekil alabilen ve soğutulduğunda sertleşebilen malzemelerdir. Parçalanıp tekrar kullanılabilirler. Bu şekillendirme sırasında hiçbir kimyasal değişime uğramazlar. Termoplastik gurubunu oluşturan en önemli plastikler: akrilikler, naylon, polistiren, polietilen, karbonflorür, selülozikler ve vinillerdir [33].

Termoplastiklerde, makromoleküller arasında kimyasal bağ bulunmaz. Bu bağların bulunmaması termoplastiklerin tekrar tekrar işlenebilmesine imkân sağlamaktadır. Aynı zamanda termoplastikler kimyasal çözücülerde çözülebilmektedir. Termoplastikleri makromoleküllerin dizilişine göre ikiye ayırmak mümkündür. Eğer makromoleküllerin dizilişi rastgele gerçekleşmiş ise malzeme “amorf” olarak adlandırılır. Amorf malzemelere katkı malzemeleri katılmadığı sürece şeffaf bir görünüme sahiptirler. Bazı termoplastiklerde yer yer makromoleküllerin dizilişleri bir düzen ihtiva eder. Bu tarz termoplastikler “yarı kristal” olarak adlandırılır. Plastiklerde, makromoleküller karmaşık ve birbirine dolaşmış bir yapı ihtiva eder. Bu da plastik malzemelerin % 100 oranında kristalli bir yapıya sahip olmasını engeller. Bu yüzden plastik malzemelerde kristalli bölgeler arasında amorf bölgelerde yer alır. Kristalleşmiş bölgelerin tüm alana oranı “kristallik derecesi” olarak adlandırılır. Fakat daha basit zincir yapısına sahip olan plastik malzemelerin kristallik derecesi daha yüksektir [34].

Günümüzde en çok kullanılan belli başlı termoplastik malzemeler;

- Polietilen (Alçak yoğunluklu- AYPE, Yüksek Yoğunluklu-YYPE),
- Polistiren (PS),
- Polipropilen (PP),
- Naylon –Poliamid (Pa),
- Polikarbonat (PC),
- Akrilonitril-bütadien stiren (ABS),

- Polivinilklorür (PVC)
 - Pomimetilmetakrilat (PMMA)
 - Akrilik polimerler,
 - Asetal hopolimerleri ve kopolimerleri,
- olarak yazılabilir [35].

Çizelge 3.1. Bazı termoplastiklerin bileşimi [36].

Malzeme	Malzeme Özgül Ağırlık gr/cm ³	Çekme Muk. Mpa	Elastisite Modülü MPa	Kullanma Sıcaklık Sınırı °C
LDPE	0,92-0,93	7-17	105-280	80
HDPE	0,95-0,96	20-37	420-1260	100
PVC	1,50-1,58	40-60	2800-4200	110
PP	0,90-0,91	50-70	1120-1500	105
PS	1,08-1,10	35-68	2660-3150	85
ABS	1,05-1,07	42-50	----	75
PMMA	1,11-1,20	50-90	2450-3150	125
Politetrafloroetilen (teflon)	2,1-2,3	17-28	420-560	120
Naylon 6.6	1,06-1,15	60-100	2000-3500	82
Sellülozikler	1,2-1,3	20-50	----	60

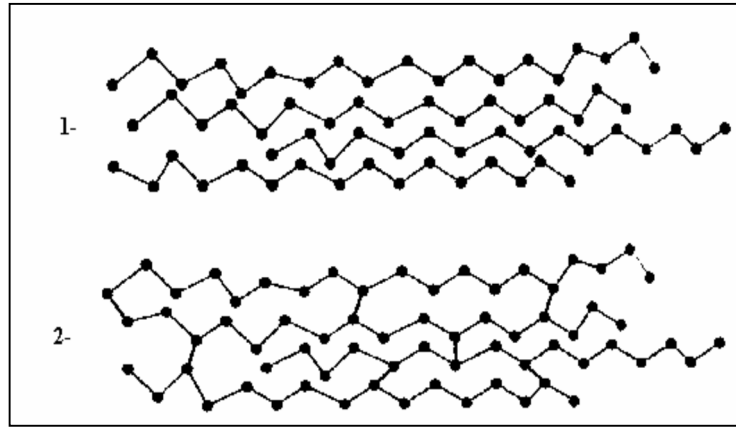
3.2. TERMOSETLER

Termosetler, sıcaklık artışının etkisinde istenilen şekli birkez alabilen plastiklerdir. Ayrıca bu malzemeler çözünmezler. Termosetler, yorulma polimerizasyonu ile elde edilirler ve genellikle çapraz bağlı moleküler yapıya sahiptirler. Çapraz bağlı yapı isimlendirmesinin nedeni termosetleri oluşturan makro moleküllerin arasında kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan bağlardır [33].

Modern hayatın bütün evrelerinde kullanılan termosetler; evde, otomobilde, fabrikalarda bürolarda vazgeçilmez malzeme konumundadır. Uygun maliyeti

kullanımını arttıran en önemli etkidir. 300 °C'ye kadar sıcaklığa dayanımı, soğukta kırılğan olmaması, yüzey parlaklığı ve sertliği, yüksek mekanik özellikler, boyut sabitliği, yüksek elektrik izolasyonu, yağ ve solventlere dayanıklılık, hava şartlarına dayanma ve yanmazlık gibi özellikleri de diğer tercih nedenleri olarak sıralanabilir [35].

Termosetlerdeki polimer zincirleri arasında kuvvetli bağlar oluşur ve bunun neticesinde üç boyutlu ağ yapısı meydana gelir. Bu da termosetleri termoplastiklere göre daha dayanımlı ve rijit yapar. Termosetler de polimerizasyon işlemi ile elde edilirler. Termosetlerin polimerizasyonu genelde iki aşamalı bir süreçtir. İlk aşamada termoseti oluşturacak monomerler bir araya getirilir. İkinci aşama ise üretim sürecinin içerdiği kalıpta meydana gelir. Yüksek basınç ve sıcaklıkta monomerler reaksiyona girer ve polimer zincirleri oluşur. Bu durumda polimer zincirlerinde reaksiyona girmemiş birimler bulunmaktadır. Basınç ve sıcaklık etkisi ile polimer zincirleri arasında yan bağlar meydana gelir ve kalıplanmış bir termoseti oluşturan polimer zincirleri arasında ağ yapısında bağlar oluşur [34].



Şekil 3.1. Polimer zincirleri 1) Termoplastiklerin polimer zincir yapıları. 2) Termosetlerin polimer zincir yapıları.

En çok kullanılan termoset plastik malzemeler;

- Epoksi reçineleri,
- Fenol formaldehit,
- Polyester kalıplama bileşimleri,

- Üre formaldehit,
- Melamin formaldehit,
- Poliüretan, olarak sıralanabilir [34].

Çizelge 3.2. Bazı termoset plastiklerin özellikleri [36].

Malzeme	Özgül Ağırlık kg/m ³	Çekme Muk. MPa	Elastisite Modülü MPa	Kullanma Sıcaklık Sınırı °C
Fonolikler	1,27	35-60	2800-9200	170-250
Poliyesteler	1,28	45-95	2100-4600	150-175
Epoksiler	1,25	28-90	2800-3500	150-260
Melaminler	1,50	35-70	7000-11200	150-200

3. 3. ELASTOMERLER

Çekme kuvveti altında çok yüksek oranda uzama gösteren ve kuvvet kaldırıldığında hızla ilk uzunluğuna dönen, çapraz bağlanmış kauçuğumsu polimerlere, ya da başka bir deyişle kauçuğumsu ağ yapılara, elastomer adı verilir. Bilimsel jargonda elastomer adıyla anılan bu polimer, gösterdiği yüksek elastikiyet sayesinde bu ismi almıştır. Elastomerlerin en önemli bu özelliği, tamamen molekül yapılarının içerdiği düşük çapraz-bağ yoğunluğuna sahip ağı yapıdan kaynaklanmaktadır. Yüksek elastik şekil değiştirme kabiliyetine sahip olmalarının nedeni; polimer zincirlerinin birbirine zayıf çapraz bağlarla bağlı olmasıdır. Elastomerlerde kuvvet uygulanmadan önce polimer zincirleri olağan konumunda iken, kuvvet uygulandıktan sonra zincirler kuvvet doğrultusunda açılarak malzemenin elastik deformasyona uğramasına neden olurlar. Kuvvet kaldırıldığında ise polimer zincirleri eski konumlarına geri dönerler. En çok bilinen elastomer, kauçuk'tur. Çapraz bağların sayısının artırılması elastomerin daha dayanımlı ve rijit bir yapı kazanmasını sağlar. En sık kullanılan ve bilinen elastomerler poliizopiren (ya da doğal kauçuk), polibütadiyen, poliizobütilen ve poliüretandır [34].

Elastomerlerin, sıçrama olarak da bilinen elastikiyet özelliği tamamen polimer zincirlerinin arasındaki düşük çapraz bağ yoğunluğuna ve sahip olduğu düzensiz

yapıya bağlıdır. Kauçuğumsu polimer zincirleri çekme kuvveti etkisiyle uzamaya başlar. Ancak kalıcı deformasyon çapraz-bağlar tarafından engellenir [37].

Elastomerler otomotiv sektöründe, insan hayatı için çok önemli ve fonksiyonel parçaların üretiminde kullanılmaktadır. Akaryakıt ve fren hortumları, cam silecekleri, transmisyon kayışları, contalar, aks körükleri, radyatör ve hava hortumları, kapı ve cam profilleri, salınım, titreşim takozları, yalıtım elemanları bunlara örnek olarak verilebilir. Otoyol ve viyadüklerde kullanılan elastomer yataklar, genişleme contaları, içme suyu borularında sızdırmazlık contaları ve konveyör bant imalatı örnek olarak verilebilir. Yüksek sıcaklıkta ve deforme edici kuvvetlerin etkisi altında koyu sıvımsı akış özelliği gösterirler [38].

BÖLÜM 4

KOMPOZİTLER

4.1. KOMPOZİTİN TANIMI

Kompozit malzeme terimi, temel olarak iki veya daha fazla malzemenin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan ve bileşimindeki malzemelerden farklı özellik sergileyen tür malzemeleri belirtmek için kullanılmaktadır. Kompozit malzeme denildiğinde genel olarak lif ile takviye edilmiş plastik malzemeler anlaşılmaktadır.

Kompozit malzemeler reçine (Matris) ve takviye (Reinforcement) bileşenlerinden oluşur. Kompozitler temel olarak kalıp görevi gören reçine içine gömülmüş sürekli veya kırılmış liflerden oluşmaktadır. Bu bileşenler birbirleri içinde çözünmezler veya karışmazlar. Kompozit malzemelerde lifler sertlik, sağlamlık gibi yapısal özellikleri sağlarken, plastik reçine malzemesi liflerin yapısal bütünlüğü oluşturmak üzere birbirine bağlanmasını, yükün lifler arasında dağılmasını ve liflerin kimyasal etkilerden ve atmosfer şartlarından korunmasını sağlamaktadır.

4.1.1. Kompozit Malzemelerin Avantajları

- İyileştirilmiş mekanik özellikler elde etmek için farklı katmanlardan ve farklı kombinasyonlarla kompozit malzeme üretilebilir.
- Kompozit malzemeler kimyasallara ve korozyona karşı dayanıklıdır.
- Karmaşık parçaların tek ve bütün olarak üretilebilmesi parça sayısını azaltır. Böylece azalan ara birleştirme parçaları üretim süresini kısaltmaktadır.
- Yüksek dayanıklılık / yoğunluk oranı.
- Yüksek modül/ağırlık oranı.

4.1.2. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları

- Hammaddenin pahalıdır. Uçaklarda kullanılacak kalitede 1m² karbon elyafı kumaşının maliyetinin yaklaşık 50 \$'dır.
- Malzeme kalitesi, üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır.
- Kompozitler kırılğan (gevrek) malzemelerdir. Kolaylıkla zarar görebilirler ve onarımları yeni problemler yaratabilir.
- Malzemelerin raf ömürleri sınırlıdır. Ayrıca bazı tür kompozitlerin soğutulmuş olarak saklanması zorundadır.
- Kompozitlerin onarılmadan önce çok iyi temizlenmeleri ve kurutulmaları zorunludur.

4.1.3. Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Kompozit malzemeler gittikçe artan oranlarda ve yeni sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Uzun süredir uçak endüstrisindeki ihtiyaçların yönlendirdiği kompozit malzeme gelişimleri; son dönemde birçok yeni sektörde ve birçok farklı amaç için kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir [39].

Korozyona Dayanıklı Ürünler :

- Su tankları,
- Mazgal olukları,
- Yeraltı boruları,
- Rasathane kubbesi,
- Açık saha dolapları,

Yapı sektörü :

- Köprü tabanı,
- Kapı ve çit,
- Yürüme yolları,
- Bina balkon korkuluğu,

- Taşıyıcı konstrüksiyon, kapı saçağı ve yer karoları,
- Bina kaplama panelleri, küvet, lavabo vs

4.2. AHŞAP POLİMER KOMPOZİTLERİ

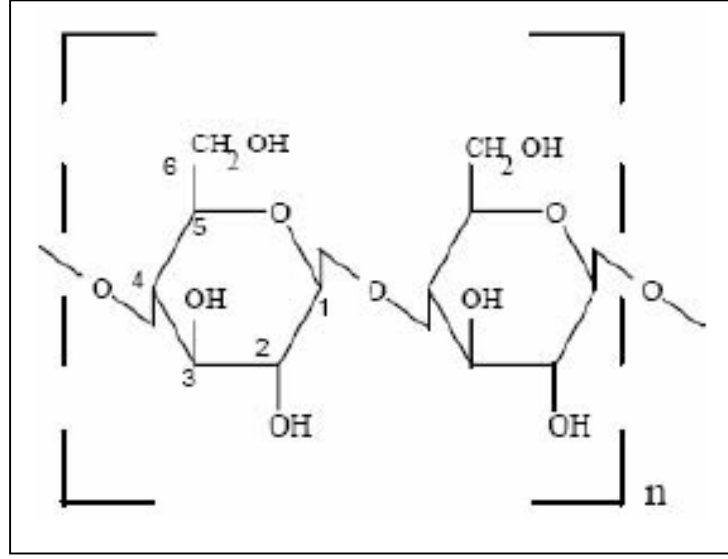
Ahşap plastik kompozitleri; plastik endüstrisinde hızla büyüyen bir sektör ve yeni bir malzeme sınıfı haline gelmiştir. Ağaç tozu olarak değişik tür ağaç talaşlarının yanında şeker kamışı, mısır koçanı, saman gibi değişik bitki artıkları da kullanılır. Bu malzemeler ucuzluğu, kolay bulunabilirliği, makinede parçalarında düşük aşınma nedeniyle cam lifi, talk ve kalsiyum karbonat gibi diğer dolgu malzemeleri ile kıyaslandığında daha uygundur. Odunun ısıl kararlılığı nedeniyle ahşap plastik kompozitler çoğunlukla 200 °C altındaki sıcaklıklarda işlenmesinden dolayı sadece termoplastiklerde kullanılır.

Dış ortamda kullanılacak ahşap plastik kompozitlerde matris olarak doğal ve geri dönüşümlü polietilen kullanılmaktadır. Bunun yanında otomotiv uygulamalarında ve tüketici ürünlerinde polipropilen matrisli yapılan ağaç plastik kompozitlerde yaygın olarak kullanılmakla beraber PVC ağaç plastik kompozitler de pencere çevresi üretiminde sıkça kullanılmaktadır. Doğal plastiğe ahşap tozu eklenmesi, plastiği oldukça sağlamlaştırmasına rağmen çoğu kez daha kırılğan yapar. Birçok ticari ahşap tozu plastik kompozit ürünleri katı ağaca göre önemli derecede daha az serttir.

4.2.1. Ahşabın Kimyasal Özellikleri

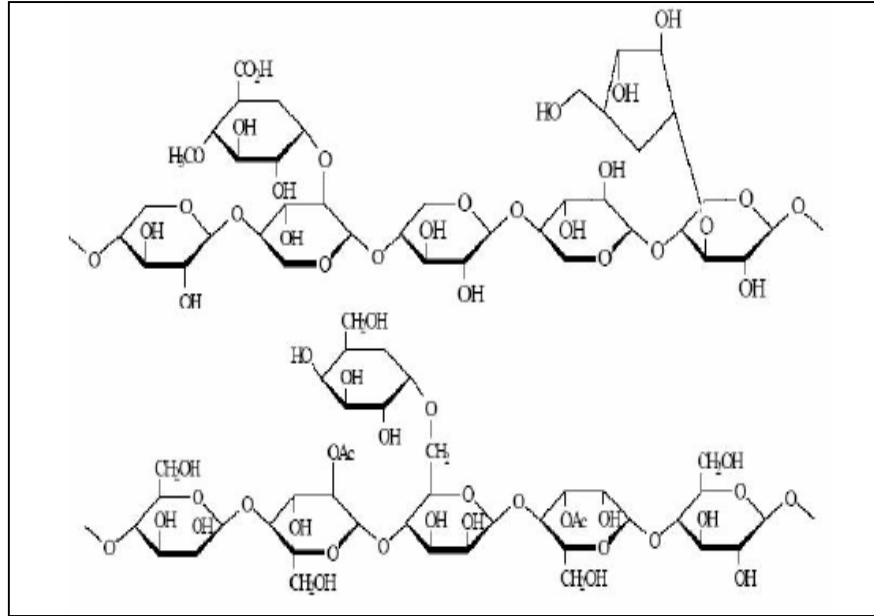
Ahşap, canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotropik bir dokuya sahip, organik esaslı bir yapı malzemesidir [40]. Ağaç lifleri selüloz ağırlıklı moleküllerden meydana gelmektedir. Hücre duvarının kimyasal bileşiminde; Selüloz % 40 – 50, Hemiselüloz % 20 – 35, Lignin %20, Yabancı madde % 0 –5 bulunur. Fındıkta ise, % 35-45 Lignin, 20-30 Selüloz, 25-35 hemiselüloz bulunmaktadır.

Selüloz: Hücre duvarının ana katkı maddesidir. Ahşap fiziksel özellikleri ile eğilme ve çekmeye karşı mukavemeti arttıran maddedir. Şekil 4.1.'de selülozun kimyasal yapısı verilmiştir.



Şekil 4.1. Selülozun kimyasal yapısı.

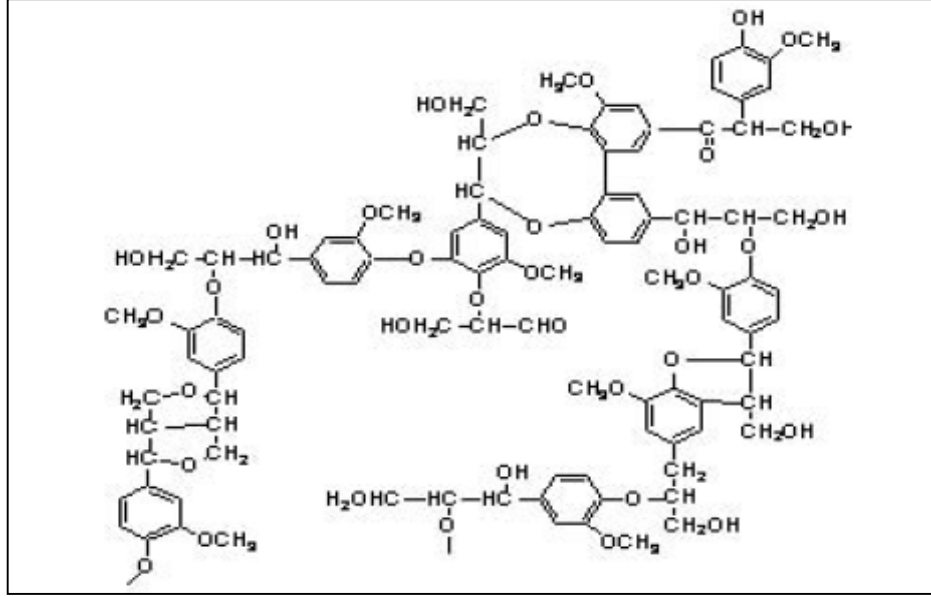
Hemiselüloz: Pentoz ve heksos şekerlerinin kısa zincirli polimerleridir. Hücre duvarını güçlendirir, depo madde görevi yapar, geçit zarlarını ayarlar. Su emicidir. Şekil 4.2.'de hemiselüloz'un kimyasal yapısı verilmiştir.



Şekil 4.2. Hemiselüloz'un kimyasal yapısı.

Lignin: Selüloz fibrilleri içinde yer alır. Ahşabın basmaya karşı mukavemetini sağlar. Bir fenol halkasının ana yapısına sahip amorf bir maddedir. Düşük oranda su

emicedir. Rengi kahverengimsi beyazdır. Şekil 4.3.'de Lignin'in kimyasal yapısı verilmiştir [40].



Şekil 4.3. Lignin'in kimyasal yapısı.

4.2.2. Ahşabın Mekanik Özellikleri

Heterojen ve anizotrop bir malzeme olması nedeniyle ahşabın mekanik özelliklerini incelemek zordur. Lif yönündeki tüm özellikler, basma, çekme dayanımları, enine yöndeki dayanımlarından yüksektir. Ahşap su içeriğinin bir fonksiyonu olarak şişen ve büzülen bir malzeme olduğundan mekanik özellikleri de buna bağlı olarak değişmektedir. Değişik hava etkilerinde çabuk yıpranırlar. Ahşaptan üretilmiş suni ahşap malzemelerin özellikleri ahşabın özelliklerine benzer. Ancak üretim amaçlarına uygun olarak geliştirilen bu tür homojen ve izotrop malzemeler, doğal ahşapta görüldüğü gibi lif yönlerine bağlı olarak değişen değerler gösteremezler.

Elastik modülleri çamlarda liflere paralel 10000 N/mm², liflere dik 300 N/mm², meşe ve kayında liflere paralel 12500 N/mm², liflere dik 600 N/mm²'dir. Tabii olarak kurutulmuş % 10-15 nemli meşenin yoğunluğu 800 kg/cm³, çamın yoğunluğu ise 550, 600 ve 800 gr/dm³'tür. 1. sınıf çamın çekme dayanımı liflere paralel durumda 100-105 kg/cm², basma dayanımı ise 85-100 100-105 kg/cm²'dir [40].

4.2.3. Ahşap Polimer Kompozitlerin Kullanım Alanları

Geçmiş yıllara bakıldığında ahşap polimer kompozit pazarının sürekli gelişmekte olduğu görülmektedir. Bu sektör her yıl ortalama % 15 büyümektedir. Ahşap polimer kompozitlerine ilginin artmasının sebebi temel anlamda çevresel ihtiyaçlar ve farklı arayışlardır. Plastik ve ahşap atıkları birleştirilerek yeni kompozitler ve kullanışlı ürünler elde edilmektedir. Ahşap kompozitler genel olarak aşağıda belirtilen alanlarda tercih edilmektedir:

- Çatı ve dış cephe kaplaması,
- Çit veya parmaklık malzemeleri,
- Pencere ve kapı kasası,
- Kaplama, sandalye, balkon veya merdiven alt yüzü, araba kontrol paneli,
- Oyun alanı ekipmanları,
- Mutfak tezgâhı, masa ve sandalye,
- Yer döşemesi, raf ve kablo kanalı
- Kepek, korkuluk, prefabrik evler, kilitli geçitler ve marinalar,
- Çatı kiremitleri, yalıtım panelleri ve beton kalıbı sıkıştırıcısı,
- Otomotiv endüstrisi,
- İzolasyon malzemesi,
- İnşaat malzemeleri ve profiller [40].

BÖLÜM 5

MATERYAL METOT

5.1. DENEY MALZEMELERİ VE ÖZELLİKLERİ

5.1.1. Polipropilen (PP)

PP/Ahşap tozu karışımında kullanılan matris polimer olarak ticari ismi Petoplen MH418 PETKİM firmasının ürettiği malzeme kullanılmıştır. Petoplen MH418 polimerinin bazı özellikleri Çizelge 5.1.'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Polipropilen (PP) malzemesinin bazı özellikleri.

	Değer	Birim	Standart
EAİ	4.0 - 6.0	g/10dk	ASTM D1238
Yoğunluk	0.8864	Kg/cm ³	ASTM D792
Akma noktası	320	Kg/cm ²	ASTM 638
Kopma noktası	430	Kg/cm ²	ASTM 638

5.2. KATKI MADDELERİ

5.2.1. Maleik Anhidrit (MA)

PP/Ahşap tozu karışımlarının ara yüzeylerinde bağlayıcı etkiyi sağlamak için ticari ismi Yparex 8125 olarak bilinen katkı maddesi kullanılmıştır. Bu katkının bazı özellikleri çizelge 5.2.'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Maleik anhidrit (MA) hammaddesinin bazı özellikleri.

	Değer	Birim	Standart
Yoğunluk	0.929	Kg/cm ³	ISO 1183
EAI	24	g/10dak	ISO 1133
Erime noktası	124	°C	ISO 11357
Yumuşama sıcaklığı	103	°C	ISO 36

5.2.2. Antioksidant (AO)

PP/Ahşap tozu karışımlarının ekstrüzyon işlemi sırasında bozunmasını engellemek amacıyla ticari ismi Anox 20 olarak bilinen katkı maddesi kullanılmıştır. Bu katkı maddesinin bazı özellikleri Çizelge 5.3.'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Antioksidant (AO) hammaddesinin bazı özellikleri.

	Değer	Birim
Yoğunluk	1.645	Kg/cm ³
Erime noktası	110-125	°C
Görünüm	Toz	
Renk	Beyaz	

5.2.3. Ahşap Tozu

PP/Ahşap tozu karışımında dolgu malzemesi olarak kullanılan ahşap tozu hammaddesi kavak ağacından üretilmiş olup 300 µm büyüklüğünde toz taneciklerinden oluşmaktadır.

5.3. AHŞAP TAKVİYELİ PP ESASLI KOMPOZİT GRANÜLÜN ÜRETİMİ

PP/Ahşap tozu karışımı çizelge 5.4.'de belirtilen oranlarda ağırlıkça hassas terazide tartılıp homojen olarak karıştırıldı. Toplamda her karışım oranından 10 kg PP/Ahşap tozu karışımı elde edilmiştir. Ayrıca karışımı yapılmış farklı oranlardaki PP / Ahşap

tozu içerisine bağlayıcı olarak Maleik anhidrit (MA) hammaddesi ve ekstrüzyonla granül üretimi sırasında malzeme bozunmasını engellemek amacıyla Andioksidant (AO) hammaddesi katılmıştır.

Çizelge 5.4. PP/Ahşap tozu karışım oranları.

	Birim	1.Karışım	2.Karışım	3.Karışım	4.Karışım
PP	%	100	95	90	85
Ahşap Tozu	%	-	5	10	15
Maleik anhidrit (MA)	%	-	1.5	1.5	1.5
Andioksidant (AO)	%	-	0.2	0.2	0.2

5.3.1. Ekstrüzyon Makinesi

PP ile Ahşap tozu Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kalıpcılık Anabilim Dalında bulunan, tek vidalı, 3 ısıtma bölgesi bulunan ekstruderde karıştırılmıştır. Karışım sırasında vida mili 50 dev/dak hızla ve ısıtıcı bölge sıcaklıkları 150°C-210°C iken granül elde edildi. Şekil 5.1.'de kullanılan ekstrüzyon makinesinin resmi görülmektedir.



Şekil 5.1. Ekstrüzyon makinesi genel görünüşü.

Ağırlıkça çizelge 5.4.'te belirtilen oranlarda karıştırılmış PP/Ahşap tozu karışımı 3 ısıtma bölgesi olan ekstrüzyon makinesindeki sıcaklık değerleri çizelge 5.5.'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. PP/Ahşap tozu karışımının ekstrüzyon sıcaklık değerleri.

Parametreler	Birim	%95 PP/%5 Ahşap tozu	%90 PP/%10 Ahşap tozu	% 85 PP/%15 Ahşap tozu
1. Isıtma Bölgesi	°C	150	160	170
2. Isıtma Bölgesi	°C	170	180	190
3. Isıtma Bölgesi	°C	190	200	210
Vida devri	dev/dak	50	48	45

5.3.2 Kurutma Fırını

Ekstrüzyon makinesinde üretilmiş granülün EAİ testi öncesinde malzeme nem alma ve kurutma işlemi için Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kalıpcılık Ana Bilim Dalı'nda bulunan kurutma fırınında 75 °C de 1,5 saat süreyle kurutulmuştur.

5.4. REOLOJİK ÖZELLİKLERİN BELİRLENMESİ

EAİ testlerinde 4 farklı basınç ve uygulanan her bir basınç için 4 farklı sıcaklık denenmiştir. Her deney 3 defa tekrarlanmış ve ortalama değer alınmıştır. Deneylerde kullanılan parametreler, çizelge 5.6.'da verilmiştir.

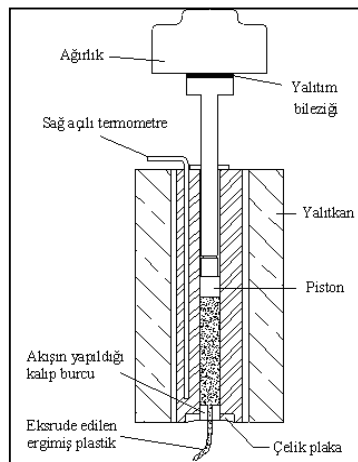
Çizelge 5.6. PP/Ahşap tozu karışımı için EAİ deney cihazında kullanılan basınç ve sıcaklık değerleri.

Basınç, kPa	Sıcaklık, °C
298,2 (2,16Kg)	190
524,0 (3.80Kg)	200
689,5 (5.00Kg)	210
855,2 (6.20Kg)	220

Farklı takviye oranlarında PP/Ahşap tozu karışımlarının her biri için ayrı ayrı ASTM D1238 standardına uygun olarak 5'er gr granül hazırlanmıştır. Granüller bir huni yardımı ile silindir içerisine doldurulmuş ve silindir içerisinde bir baskı aparatı ile sıkıştırılmıştır. ASTM D 1238 ve TSE 1323 standartlarına göre plastik malzeme, EAİ cihazının silindiri içerisinde sıcaklık 6 dakika süreyle ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. Ön ısıtma süresince pistonun hareketi bir piston sabitleyici aparatı ile engellenmiştir. Ön ısıtmadan sonra sabitleyici aparat kaldırılarak pistonun uygulanan kuvvet etkisiyle hareketi ve malzeme akışı başlatılmıştır. Akış sırasında piston hareketi yer değiştirme transduseri ile algılanmaktadır. Piston hareketi süresince bilgisayar yazılımı her 5 mm yer değiştirme miktarı için bir değer olmak üzere toplam üç EAİ değeri okumaktadır. Deney sırasında okunan üç değer arasındaki fark % 15'i geçtiğinde, deney yazılım tarafından iptal edilmekte ve EAİ sonuçları geçersiz sayılmaktadır.

5.4.1. EAİ Testi ve deney cihazı

Ekstrüzyon makinesinde granül haline getirilen PP/Ahşap tozu karışımlarının reolojik özelliklerini incelemek amacıyla Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Kalıpcılık Ana Bilim Dalı'nda bulunan EAİ cihazı kullanılmıştır. Kullanılan EAİ deney cihazı, Şekil 5.2.'de görülen Davenport marka test cihazı olup, bilgisayar kontrollüdür. Cihaz silindir sıcaklığı 0-400 °C aralığında, 0,1 °C hassasiyetinde ayarlanabilmektedir.



Şekil 5.2. MFI cihazının genel görünüşü.

ASTM D1238 ve TSE 1323 standardına göre yapılan EAI testi, ayarlanan sıcaklık ve kuvvet etkisinde standart nozul içerisinde ergimiş plastiğin 10 dakikada ne kadar aktığını belirlemektedir. EAI test cihazı, içerisinde plastik malzemenin ergitildiği ve etrafı yalıtılmış bir silindir, silindire uygun toleransla geçen ve üzerine yük konulabilen bir piston, ısıtma sistemi, ölçü aletleri ve kalıptan oluşmaktadır. Silindir, $9,5504 \pm 0,0076$ mm çapında, 162 mm yüksekliğinde ve 200 °C’ de 60-65 RC sertliğini koruyabilecek özelliktedir. Silindirin içerisine ergimiş plastiğin içerisinden akıtıldığı $2,095 \pm 0,0051$ mm çapında ve $8 \pm 0,025$ mm yüksekliğindeki tungsten karbürden yapılmış bir nozul konulmaktadır.

EAI testlerini belirlemek amacıyla kullanılan bu yöntem, Test değerlerini piston kütlesi dahil olmak üzere pistonu uygulanan yük altındaki yer değiştirme transduseri yardımıyla ölçmektedir.

5.5. MEKANİK ÖZELLİKLERİ İÇİN ÇEKME DENEY NUMUNELERİ

5.5.1. Çekme Deneyi ve İzod Darbe Deneyi İçin Numunelerin Enjeksiyon Yöntemi İle Üretimi

Ekstrüzyon makinesi ile granül haline gelen PP/Ahşap tozu karışımları ISO 527 çekme deney ve izod darbe deney numunesi standartlarında, her deney numunesinden 5 adet üretilmiştir. Enjeksiyon makinesinde eksik basılan ve görüntü itibarı ile düzgün basılmamış denet numunelerini ayırıp 2 tanesi kullanılmıştır. Farklı parametrelerde basılmış çekme deney numunelerinden bazıları şekil 5.3.’te verilmiştir.



Şekil 5.3. Saf PP, %5, %10 ve %15 ahşap tozu dolgulu çekme deney numuneleri.



Şekil 5.4. Saf PP, %5, %10 ve %15 ahşap tozu takviyeli izod darbe deney numuneleri.

5.5.2. Enjeksiyon parametreleri

Çekme deney ve izod darbe deney numunelerinin Enjeksiyon basıncı, Enjeksiyon sıcaklığı, Ütöleme basıncı ve Kalıp sıcaklığı hesaplanmış olup saf PP başta olmak 4 farklı numune üretilmiştir. Çekme ve izod darbe deney numunelerinin enjeksiyon parametreleri çizelge 5.7.'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. çekme deney numunelerinin enjeksiyon parametreleri.

	T enj (°C)	P enj (bar)	P ütü (bar)	T klp (°C)
Saf PP	170	40	25	25
%5 A.T/PP	170	40	25	25
%10 A.T/PP	170	40	25	25
%15 A.T/PP	170	40	25	25

5.5.3. Enjeksiyon Makinesi

Çekme Deney numunelerinin üretilmesinde, Karagülle Kalıp Teknolojileri firmasına ait 175 tonluk Demag marka enjeksiyon makinesi kullanılmıştır. Şekil 5.4.'de kullanılan enjeksiyon makinesinin genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 5.5. Enjeksiyon makinesinin genel görünüşü.

5.5.4. Çekme Deney Cihazı

Karışım malzemelerinin mekanik testleri Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde bulunan çekme deney cihazında gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyonda kalıplanarak üretilen çekme deney numunelerine, ISO 527-5 standardına uygun

olarak 5 mm/dak çekme hızı uygulanmış olup her karışım malzemesi için 2 adet çekme deneyi gerçekleştirilmiş ve ortalama değeri alınmıştır.

5.5.5. İzod Darbe Deney Cihazı

Enjeksiyon makinesinde üretilen izod darbe deney numuneleri Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde bulunan izod darbe deney cihazında test edilmiştir. Her deney numunesinden 2 adet izod darbe deneyi testi yapılmıştır.

BÖLÜM 6

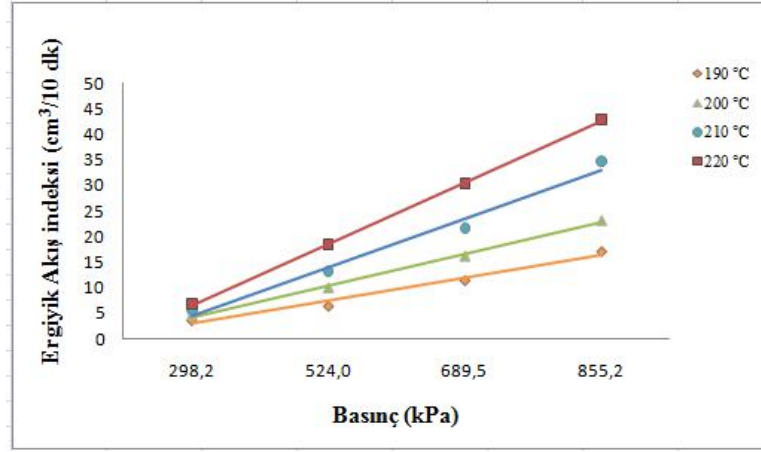
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6.1. REOLOJİK ÖZELLİKLER

6.1.1. Sıcaklık Değişimine Bağlı Basınç – EAİ Değişimi

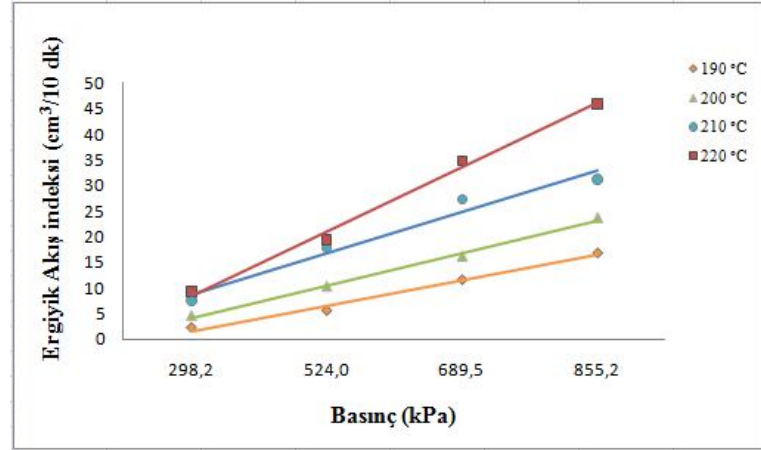
Enjeksiyonla kalıplama sırasında ergime sıcaklığı ve kalıp içerisindeki akışkanlığı oldukça önem taşımaktadır. Özellikle kalıp boşluğu içerisinde ürün oluşumu sağlanırken malzemenin sıcaklık karşısındaki akış davranışı bilinmesi gerekmektedir. Sıcaklık malzemenin bağ yapısını zayıflattığı gibi akmayı da kolaylaştırmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda malzemenin kimyasal yapısı bozulmaya maruz kalacağı gibi düşük sıcaklıklarda da malzemenin moleküler arası bağ yapısı çözülmeyeceğinden en uygun sıcaklık değerlerinin ayarlanması gerekmektedir. Yapılan çalışmadaki sıcaklık değişimine bağlı farklı oranlarda karışımı sağlanmış PP /Ahşap tozu karışımının basınç - EAİ değişimi değerleri tespit edilmiştir.

Saf PP hammaddesinin Şekil 6.1.'de belirtilen, sıcaklığa bağlı basınç-EAİ ilişkisi incelendiğinde, sıcaklık artışının EAİ değerlerini arttırdığı görülmektedir. Sıcaklık artışına basınç artışı da eklendiğinde EAİ'de anlamlı bir artış meydana geldiği görülmektedir. Sıcaklık 190 °C iken basınç 289,2 kPa'da EAİ 0-5 cm³/10 dk iken basınç 855,2 kPa olduğunda EAİ 10-15 cm³/10 dk olmuştur.



Şekil 6.1. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği.

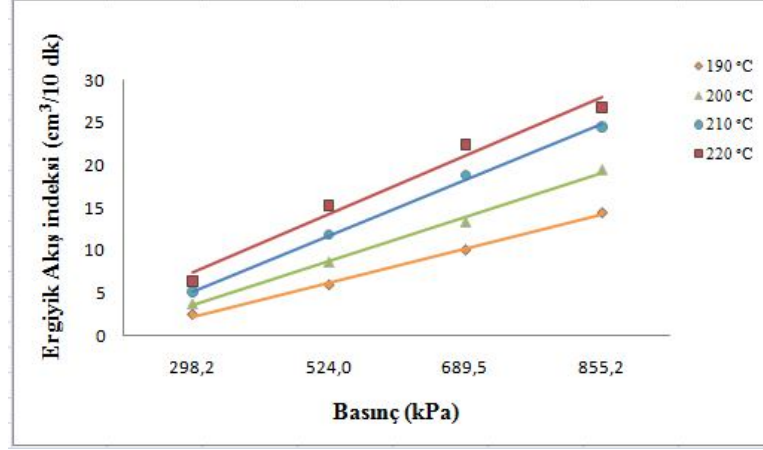
Şekil 6.2.'de belirtilen %5 Ahşap tozu/PP karışımındaki basınç-EAİ değerleri incelendiğinde sıcaklık artışı EAİ'nin artışında etkili olmuştur. Silindir sıcaklığı 190 °C ve 200 °C sıcaklık değerlerine ayarlandığında EAİ birbirlerine yakın sonuçlar izlenirken 210 °C sıcaklık uygulaması ile önemli artış başlamış olup, 220 °C sıcaklıkta EAİ değerinde ciddi bir artış görülmüştür. Ayrıca 689,5 kPa ve 855,2 kPa değerleri de sıcaklıkla birlikte EAİ değerlerini önemli ölçüde arttırmıştır.



Şekil 6.2. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği.

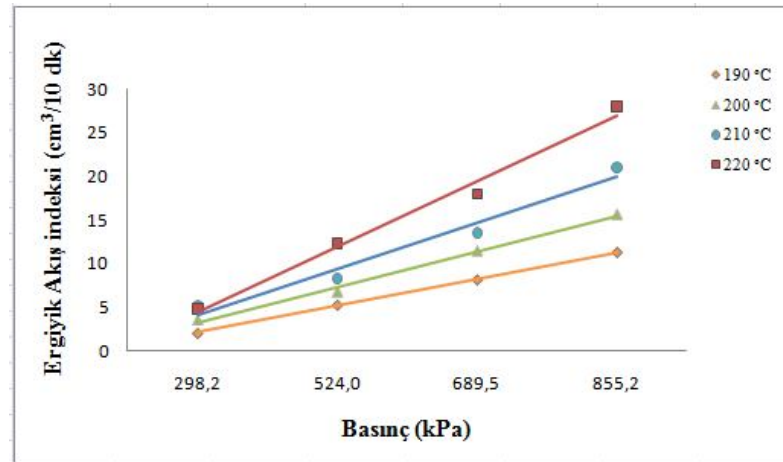
Şekil 6.3.'te belirtilen %10 Ahşap tozu/PP karışımında EAİ değerlerinin sıcaklık ve basıncın etkisiyle arttığı görülmektedir. Ayrıca sıcaklık ve basınç artışıyla birlikte EAİ'de değerleri olarak artmıştır. Sıcaklığın artması her malzemede EAİ değerlerinin eşit oranlarla artmasına neden olurken karışımdaki moleküller arası bağ yapısı

özellikle 689,5 kPa ve 855,2 kPa değerlerinde oldukça zayıflamış olup EAİ değerlerinde önemli bir artış gözlenmiştir.



Şekil 6.3. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği.

Şekil 6.4.'de belirtilen %15 Ahşap tozu/PP karışımında ahşap malzemesinin akışkanlığının zor olmasından dolayı ahşap oranının artması moleküler arası bağların zayıflamasını zorlaştırmış ve buna bağlı olarak, ahşap katkı oranının artması EAİ değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Ayrıca sıcaklık ve basınç %15 Ahşap tozu/PP karışımındaki EAİ değerlerinin artması yönünde etkili olmuştur. En fazla EAİ değeri artışı 220 °C sıcaklıkta görülmüştür. En büyük EAİ 220 °C ve 855,2 kPa basınç değerinde elde edilmiştir.



Şekil 6.4. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında EAİ – Basınç grafiği.

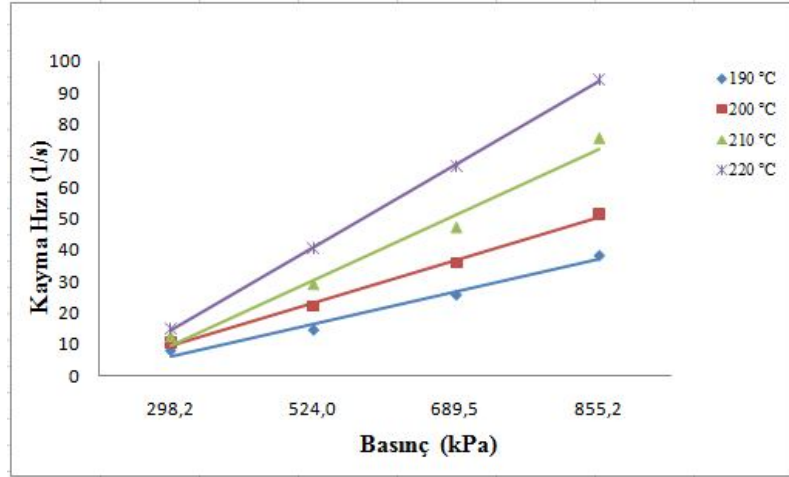
6.1.2. Sıcaklık değişimine bağlı Basınç – Kayma hızı değişimi

Plastiklerin akışkanlığını yani viskozitesini etkileyen en önemli unsurların başında kayma hızı, gelir. Kayma hızı basit bir kayma akışında akış katmanları şeklinde düşünülürse her katmanın birbiri üzerinden hangi hızda aktığının bir göstergesidir. Üretimi yapılacak plastik ürünlerin elde edilmesinde eksik baskı veya kalıp yüzeyleri üzerindeki belirli bölgelere malzemenin ulaşip ulaşmaması gibi olası durumları etkilemektedir. Çünkü sıcaklık artışı viskoziteyi düşürmektedir. Sıcaklık artışıyla azalan viskozite basıncın artışıyla birlikte kayma hızının da artmasına sebep olmaktadır. Plastik gibi ideal akış özelliklerine sahip olmayan malzemelerin akış davranışları incelenirken elde edilen kayma hızı değerleri görünür değerler olup düzeltilmesi gerekmektedir. Görünür kayma hızını düzeltmek Rabinowitsch yöntemi olarak bilinen bağıntı ile düzeltilmektedir.

$$\dot{\gamma}_d = \frac{\dot{\gamma}_a}{4} \left(3 + \frac{d \log \dot{\gamma}_g}{d \log \dot{\gamma}_t} \right) = \frac{\dot{\gamma}_a}{4} \left(3 + \frac{1}{n} \right) \quad (6.1)$$

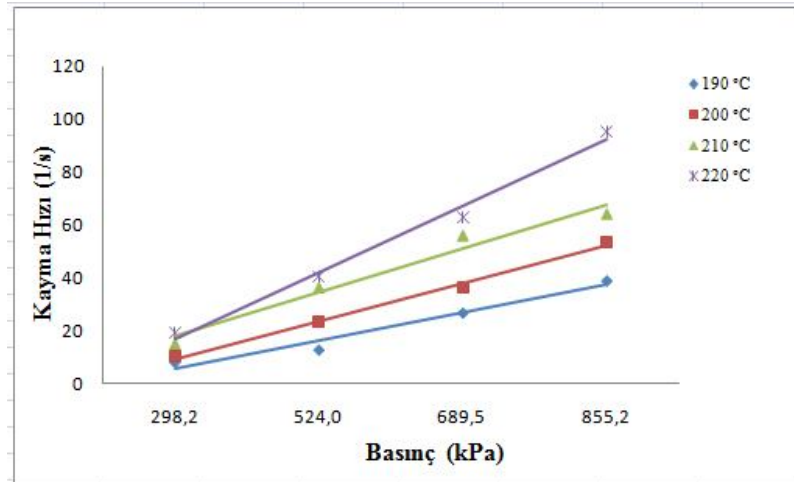
Yapılan çalışmada kayma hızı değerleri eşitlik 6.1 ile düzeltilmiştir. Ayrıca sıcaklığa bağlı olarak, 4 farklı sabit basınç altında kayma hızı değerleri tespit edilmiş ve sıcaklık artışına bağlı olarak kayma hızının değişimi incelenmiştir.

Şekil 6.5.'te belirtilen saf PP malzemesinde sıcaklığın artışı saf PP'nin kayma hızını oldukça arttırmıştır. Basıncın ve sıcaklığın artışı ile birlikte kayma hızında artış görülmektedir. Özellikle 524,0 kPa değerinden sonraki basınçlarda kayma hızı değişimi sıcaklığa da bağlı olarak önemli bir artış göstermiştir. 855,2 kPa değeri ve 220 °C sıcaklıktaki değerler kayma hızının en yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.5. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Kayma hızı grafiği.

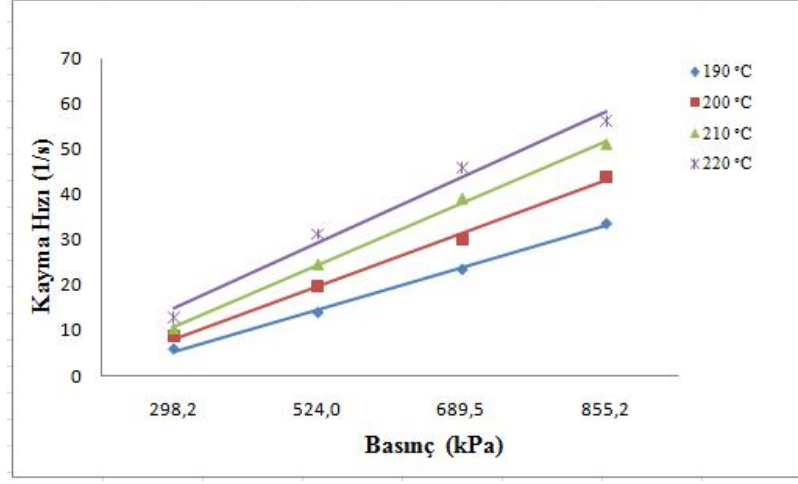
Şekil 6.6.'da belirtilen %5 Ahşap tozu/PP karışımında sıcaklığa bağlı basınç kayma hızı değişimi incelendiğinde 190 °C ve 200 °C de kayma hızı değişimleri artış gösterirken özellikle 210 °C den sonra kayma hızının önemli bir şekilde arttığı görülmektedir. 298,2 kPa değerinde kayma hızları tüm sıcaklıklarda yakın değerler izlerken 524,0 kPa değerinde artış göstermiş ve 220 °C de kayma hızı en yüksek değerini almıştır.



Şekil 6.6. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Kayma hızı grafiği.

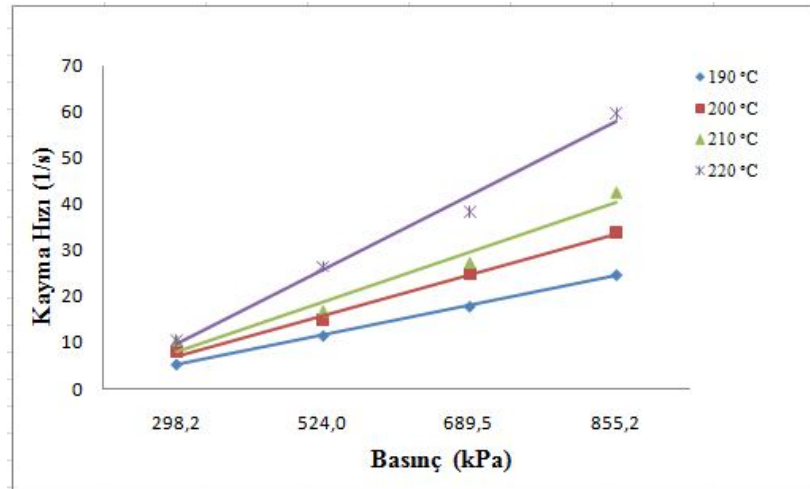
Şekil 6.7.'de belirtilen %10 Ahşap tozu/PP karışımı için sıcaklığın basınç-kayma hızı üzerindeki etkisi incelendiğinde basıncın artmasına bağlı olarak kayma hızında artış meydana gelmiştir. Sıcaklığın etkisine bağlı olarak her basınçta kayma hızları eşit

oranlarda artış göstermiş ve doğrusal bir yol izlenmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak Basınç-kayma hızının değişimi ideal sonuçlar verdiği düşünülmektedir.



Şekil 6.7. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Kayma hızı grafiği

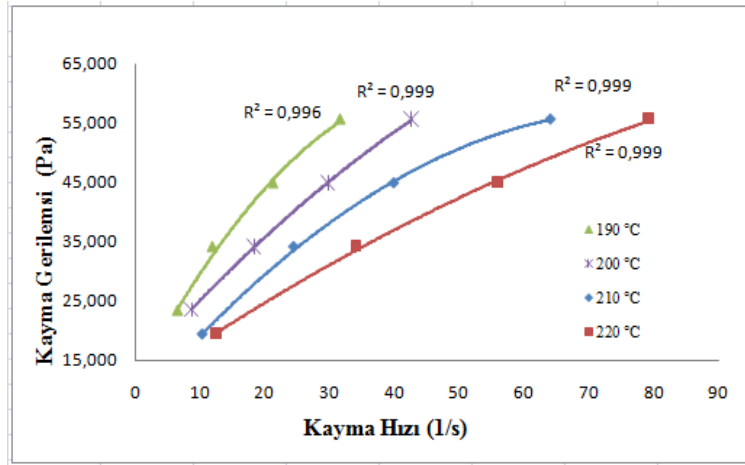
Şekil 6.8.'de belirtilen %15 Ahşap tozu/PP karışımı incelendiğinde Sıcaklığa bağlı basınç kayma hızı değişiminde 190 °C, 200 °C ve 210 °C de kayma hızı değişimi sıcaklığın artmasıyla paralel ve birbirlerine yakın değerlerle artarken özellikle 210 °C den sonra kayma hızının önemli bir şekilde arttığı görülmektedir. 298,2 Pa değerinde kayma hızları tüm sıcaklıklarda yakın değerler izlerken 689,5 kPa değerinde kayma hızı artış göstermiş ve 220 °C de kayma hızı en yüksek değerini almıştır.



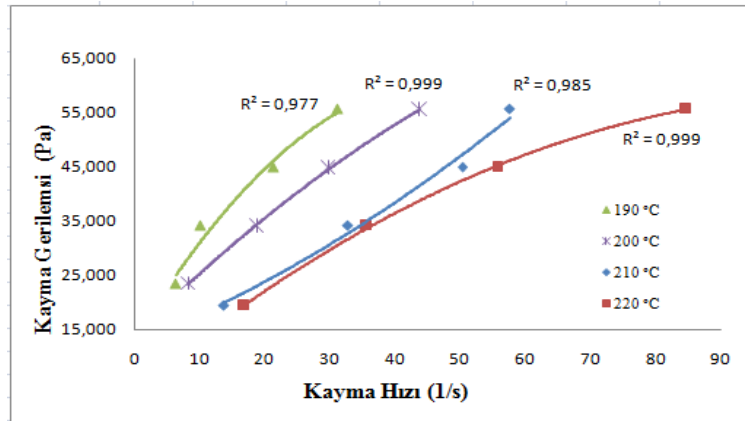
Şekil 6.8. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Kayma hızı grafiği.

6.1.3. Sıcaklığa Bağlı Kayma hızı – Kayma Gerilmesi Değişimi

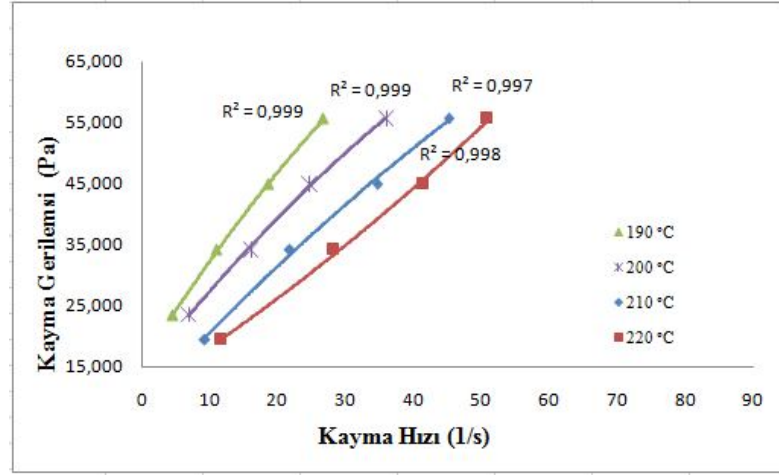
Kayma gerilmesinin değişimine bağlı olarak kayma hızı parabolik bir şekilde değişmektedir. Kayma hızı aynı zamanda basınç ve sıcaklık değerleriyle de doğru orantılı olarak değişmektedir. Yapılan kayma hızı-kayma gerilmesi testleri Şekil 6.9., Şekil 6.10., Şekil 6.11., Şekil 6.12. grafiğinde de görüldüğü gibi parabolik bir şekilde değiştiğinden dolayı, grafik değerleri görünen değerler olarak nitelendirilir. Bu değerlerin doğrusal olabilmesi için düzeltme ihtiyacı duyulmaktadır. Kayma hızı - kayma gerilmesi grafiğinin ($\dot{\gamma}$ - τ) düzeltilmesi için grafiğin eğiminin alınması gerekmekte olup, grafiğin eğimi viskozite modellerinde yer alan akış üssü sabitini (n) vermektedir.



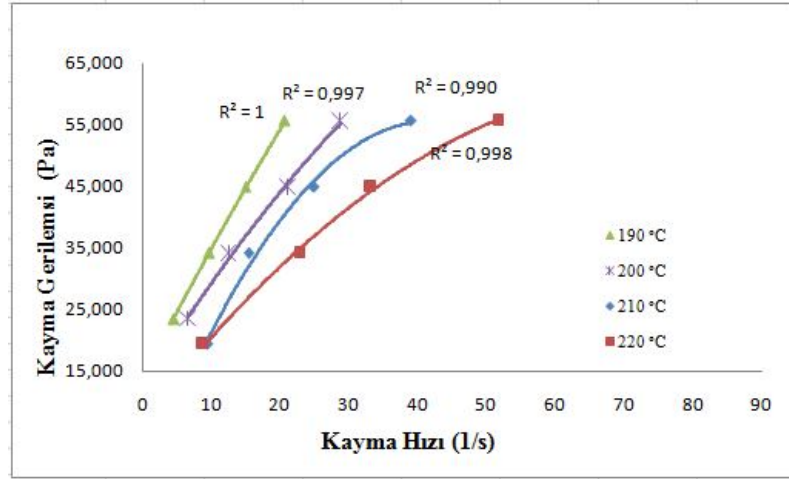
Şekil 6.9. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s)-Kayma gerilmesi grafiği.



Şekil 6.10. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s)-Kayma gerilmesi grafiği.



Şekil 6.11. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s)-Kayma gerilmesi grafiği.



Şekil 6.12. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı (1/s)-Kayma gerilmesi grafiği.

Akışkanların ideal akış olup olmadıkları kayma hızı-kayma gerilmesi arasındaki ilişki ile elde edilmektedir. Kayma hızı-kayma gerilmesi arasındaki doğrusal ilişki, ideal akış olduğunun bir göstergesidir [43]. Doğrusal olmayan akışkan malzemenin ideal olabilmesi için ve akış sırasında oluşan kayma gerilmesi eşitlik 6.2 deki formülle yapılmaktadır. Bu formülden anlaşılacağı gibi kayma gerilmesi, kayma hızının üstel değeri ile sıfır kayma hızındaki viskozitenin (η_0) çarpımından elde edilmektedir. Kayma hızının üstel değeri olarak bilinen sabit sayı (n). Log kayma hızı – Log kayma gerilmesi grafiğinden elde edilmekte olup, $y = ax + b$ gibi bir doğrunun denklemini vermektedir [1,41-42]. Kayma hızı-kayma gerilmesi

grafiklerinden de görüldüğü gibi akış üssü sabitinin bulunması için parabolik grafiğin eğiminin hesaplanması hem zor hem de her noktada farklı bir değeri bulunmaktadır. Bu nedenden dolayı parabolik grafiğin eğimini almak yerine her iki değerinde Logaritmaları alınarak grafik doğrusal hale getirilmiştir.

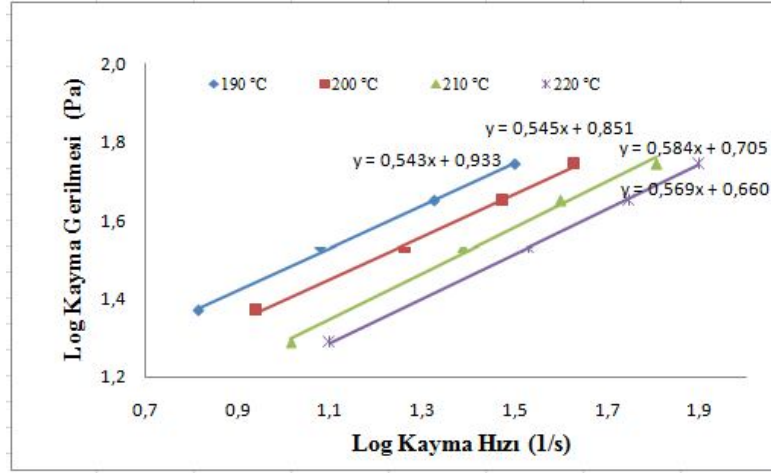
$$\eta = \frac{d \log \tau}{d \log \dot{\gamma}} \quad (6.2)$$

Sıcaklığa bağlı Log kayma hızı - Log kayma gerilmesi akış davranışları incelenmiş ve her sıcaklıktaki ‘n’ sabitleri çizelge 6.1.’de verilmiştir.

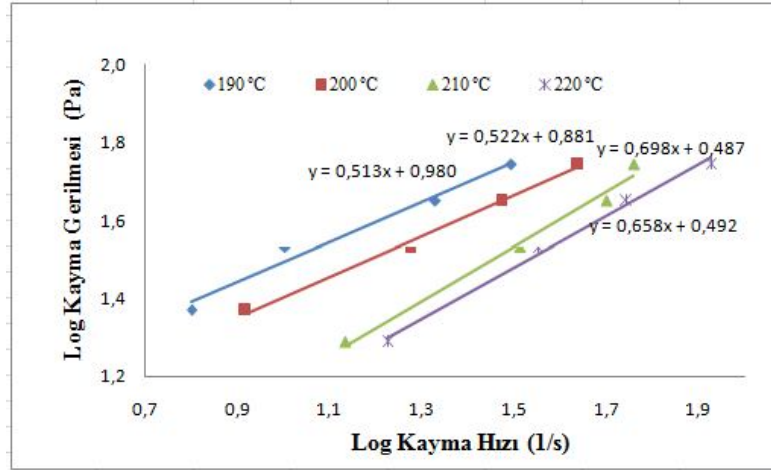
Çizelge 6.1. Farklı sıcaklıklardaki Log kayma hızı-Log kayma gerilmesi ‘n’ sabiti değerleri.

Sıcaklık °C	Saf PP akış davranış üssü (n)	% 5 A.tozu/PP akış davranış üssü (n)	% 10 A.tozu/PP akış davranış üssü (n)	% 15 A.tozu/PP akış davranış üssü (n)
190 °C	0,5430	0,5130	0,4890	0,5660
200 °C	0,5450	0,5221	0,5280	0,5820
210 °C	0,5840	0,6981	0,6580	0,7290
220 °C	0,5960	0,6584	0,6990	0,6080

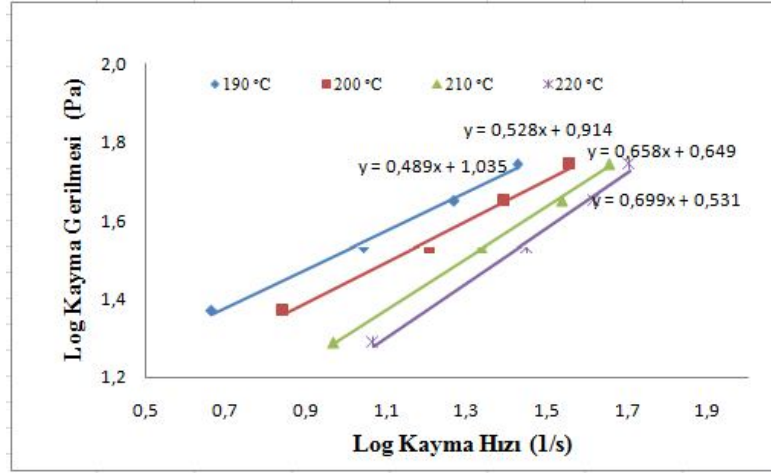
Yapılan deney çalışmasında farklı oranlardaki ahşap tozu/PP karışımının Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15, Şekil 6.16, grafiklerinde Log kayma hızı-Log kayma gerilmesinin sıcaklık karşısındaki doğrusal değişimleri gösterilmiştir.



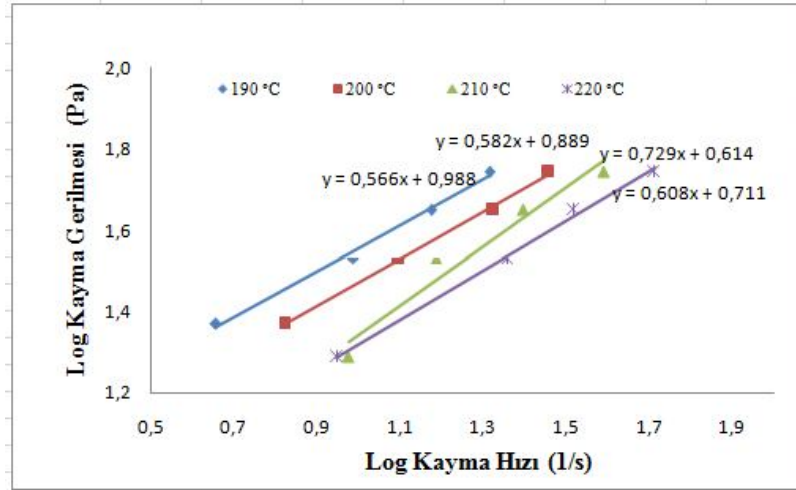
Şekil 6.13. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)- Log Kayma gerilmesi grafiği.



Şekil 6.14. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)- Log Kayma gerilmesi grafiği.



Şekil 6.15. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)-Log Kayma gerilmesi grafiği.



Şekil 6.16. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Log Kayma hızı (1/s)-Log Kayma gerilmesi grafiği.

Farklı oranlardaki ahşap tozu/PP karışımının kayma hızı – kayma gerilmesinin sıcaklık karşısındaki değişimleri çalışmada incelenmiş olup, değişim denklemi regresyon analizi yapılarak tespit edilmiştir. Yapılan regresyon analizine göre en yüksek korelasyon katsayısı %15 Ahşap tozu/PP karışımındaki 190 °C sıcaklık değerinde $R^2= 1,000$ bulunmuş olup, %10 Ahşap tozu/PP karışımı tüm sıcaklıklarda korelasyon sayısı $R^2= 0,998$ değerinin üstünde çıkmıştır ve kabul edilebilir hassasiyettir. Farklı korelasyon değerleri çizelge 6.2.'da verilmiştir

Çizelge 6.2. Farklı sıcaklıklardaki katkısız PP - Ahşap tozu/PP karışımlarının korelasyon R² değerleri.

Sıcaklık °C	Saf PP R ²	%5 A.tozu/PP R ²	%10 A.tozu/PP R ²	%15 A.tozu/PP R ²
190 °C	0,996	0,977	0,999	1,000
200 °C	0,999	0,999	0,999	0,997
210 °C	0,999	0,985	0,999	0,990
220 °C	0,999	0,999	0,998	0,998

6.1.4. Sıcaklık Değişimine Bağlı Basınç – Viskozite Değişimi

Plastik malzemelerin akışkanlığında viskozitenin büyük önemi vardır. Viskozite sıcaklık artışına bağlı olarak düşmektedir. Yapılan çalışmada da sıcaklık değeri arttıkça malzeme içerisindeki moleküler arası bağların zayıflamasından dolayı akış kolaylaşmakta, direnç azalmakta ve viskozite düşmektedir. EAİ test cihazı ile yapılan deneylerde viskozite değerleri görünen viskozite değerleri olup Rabinowitsch bağıntı yöntemi ile düzeltilmektedir. Rabinowitsch bağıntı yöntemine göre düzeltilmiş viskozite değerleri, düzeltilmiş kayma hızı ve düzeltilmiş kayma gerilmesi tarafından elde edilmektedir.

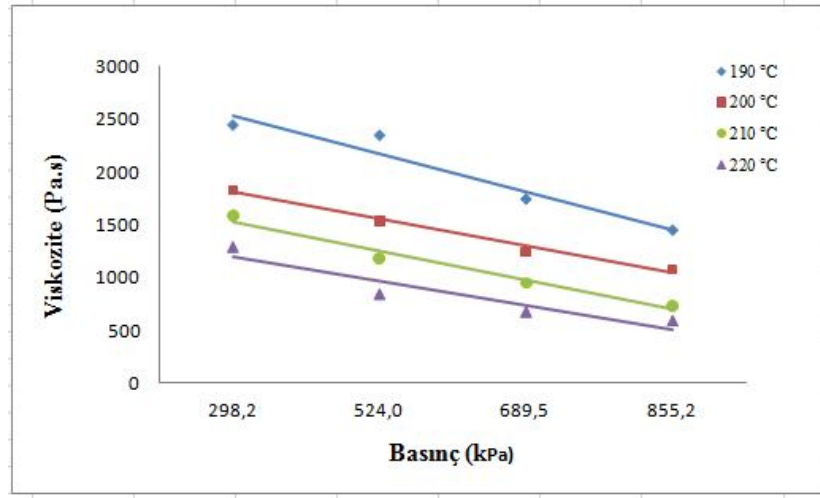
Düzeltilmiş kayma hızı $\dot{\gamma}_d = \frac{\dot{\gamma}_g}{4} \left(3 + \frac{d \log \dot{\gamma}_g}{d \log \dot{\gamma}_t} \right) = \frac{\dot{\gamma}_g}{4} \left(3 + \frac{1}{n} \right)$ formülünden elde edilmiş olup düzeltilmiş kayma gerilmesi denkleminde elde edilmektedir.

$$\tau_d = \frac{\tau_g}{1000000} \quad (6.3)$$

Bulunan düzeltilmiş kayma hızı ve kayma gerilmesi sonuçlarına göre düzeltilmiş viskozite değerleri, düzeltilmiş kayma gerilmesinin düzeltilmiş kayma hızına bölümünden elde edilmektedir [43].

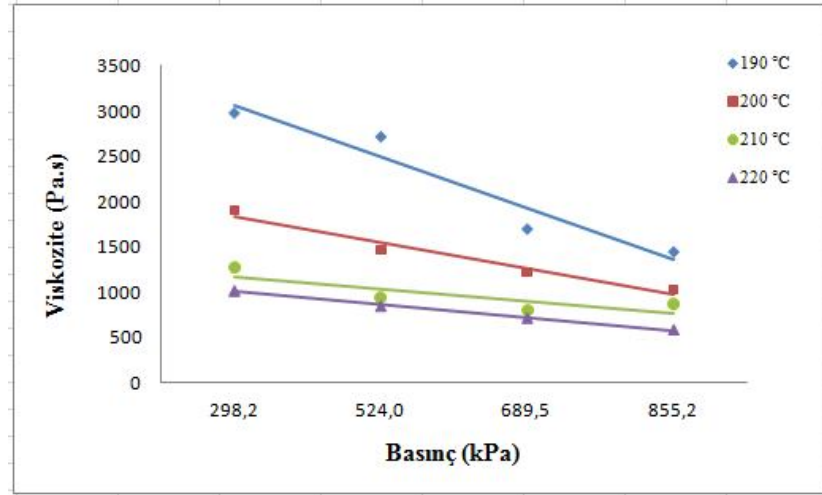
$$\eta = \frac{\tau_d}{\dot{\gamma}_d} \quad (6.4)$$

Şekil 6.17.'deki Saf PP hammaddesi için Basınç-viskozite değişimi grafiği incelendiğinde sıcaklığın ve basıncın katkısız PP-viskozite değişimi üzerinde önemli ölçüde etkisi olduğu görülmektedir. En yüksek viskozite değerleri 1500 Pa.s ve 2500 Pa.s arasında 190 °C sıcaklıkta görülürken 220 °C sıcaklıkta viskozite değerleri oldukça azalmıştır. Ayrıca basınç değerlerinin viskozite üzerindeki değişimi incelendiğinde 298,2 kPa değerlerinde viskozite diğer basınçlardaki viskozite değerlerinden yüksek ve farklı olduğu görülmekte olup 855,2 kPa değerinde viskozite değerleri oldukça düşmüştür.



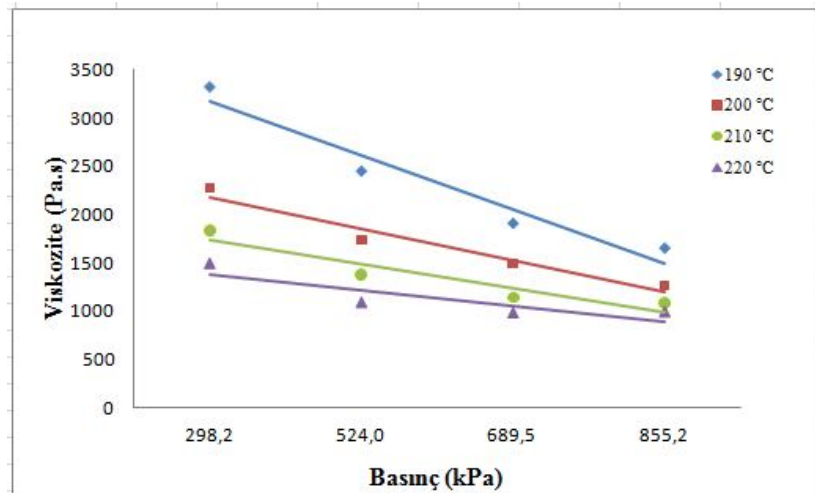
Şekil 6.17. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Viskozite grafiği.

Şekil 6.18.'deki %5 Ahşap tozu/PP karışımında sıcaklık altındaki basınç viskozite değişimi incelendiğinde; 190 °C ve 298,2 kPa şartlarında karışımın viskozitesi değeri 3500-4000 Pa.s değerlerini gösterirken aynı sıcaklıkta 855,2 Pa.s değeri uygulandığında viskozite değeri 2000-2500 Pa.s değerlerine düşmüştür ve en fazla değişim bu sıcaklıkta görülmüştür Ayrıca sıcaklık arttıkça viskozite değerlerinde önemli bir düşüş meydana gelmiştir. Özellikle 210 °C ve 220 °C de viskozitenin 1000-1500 Pa.s arasında görülmesi sıcaklığın viskozite üzerinde önemli bir yer aldığını göstermektedir.



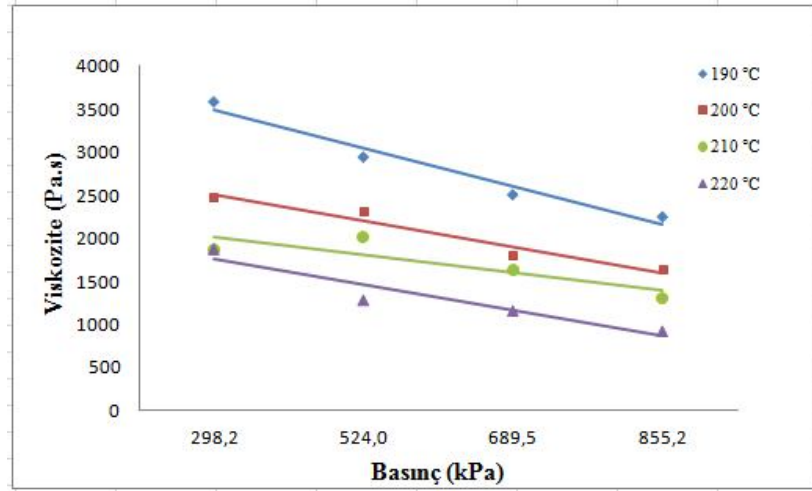
Şekil 6.18. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Viskozite grafiği.

Şekil 6.19.'daki %10 Ahşap tozu/PP karışımı için Basınç-viskozite değişim grafiği incelendiğinde; basıncın artmasına bağlı olarak en fazla viskozitedeki düşme değeri 190 °C sıcaklıkta görülmektedir. Diğer sıcaklık değerlerindeki basınç artışı viskozite değerlerini eşit aralıktta düşürmekte olup, en düşük viskozite değerleri 220 °C sıcaklıkta oluşmaktadır. 855,2 kPa değerinin uygulanması ise yine her sıcaklıktaki viskozite değerlerinin en az olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.19. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Viskozite grafiği.

Şekil 6.20.'deki %15 Ahşap tozu/PP karışımı için Basınç-viskozite değişim grafiği incelendiğinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak en fazla viskozitedeki düşme değeri 220 °C sıcaklıkta görülmektedir. Her karışım kendi içinde incelendiğinde ise en çok düşen viskozite değerleri 190 °C sıcaklıkta oluşmaktadır. 855,2 kPa değerinde tüm sıcaklıklardaki viskozite değerlerinin en az olduğunu göstermektedir.



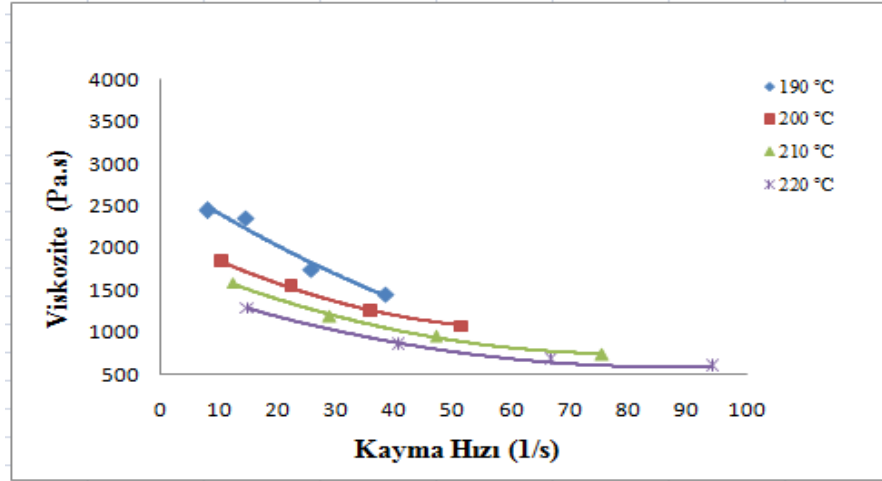
Şekil 6.20. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Basınç - Viskozite grafiği.

6.1.5. Sıcaklık Değişimine Bağlı Kayma Hızı – Viskozite Değişimi

Akışkan malzemelerde sıcaklık değişimi hem kayma hızı değişimini hem de viskozite değişimini doğrudan etkilemektedir. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak akışkan malzemenin bağ yapıları zayıflayıp malzeme akışkanlık kazanırken, akmaya karşı gösterilen direnç azalmaktadır. Azalan direnç aynı zamanda kayma hızını arttırmakta ve viskoziteyi düşürmektedir. Bu sonuca bağlı olarak sıcaklığın artması kayma hızını arttırmakta ve viskoziteyi düşürmektedir. Böylece ince kesitli ve karmaşık geometrili ürünlerin elde edilmesinde sıcaklığın büyük önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmada da farklı sıcaklıklara bağlı olarak kayma hızı-viskozite değişimleri incelenmiştir.

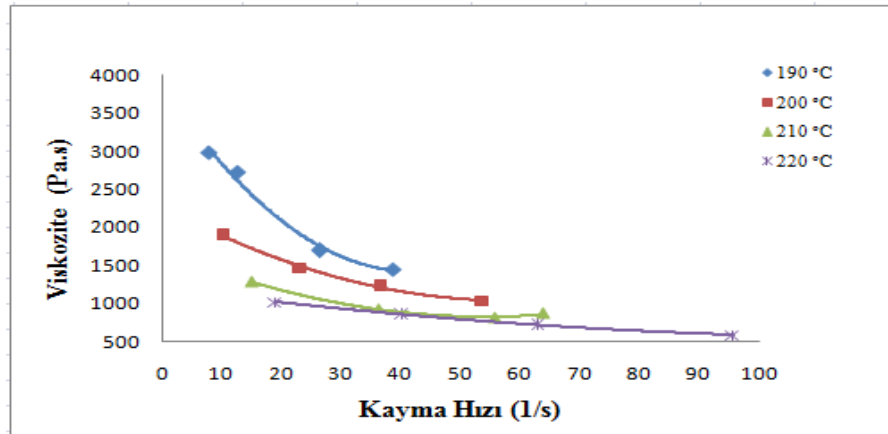
Şekil 6.21.'deki Saf PP hammaddesi için Sıcaklığa bağlı Kayma hızı - Viskozite ilişkisi incelendiğinde Sıcaklık artışına bağlı olarak viskozite değerleri azalmış ve kayma hızı değerleri artmıştır. Ayrıca 200 °C den sonra kayma hızında 30/s

aralıklarla önemli artış görülmekte olup viskozitenin en az olduğu değerler ise 220 °C'dir. 190 °C sıcaklıkta ise viskozite değerleri oldukça yüksek olup kayma hızının zorlandığı görülmektedir.



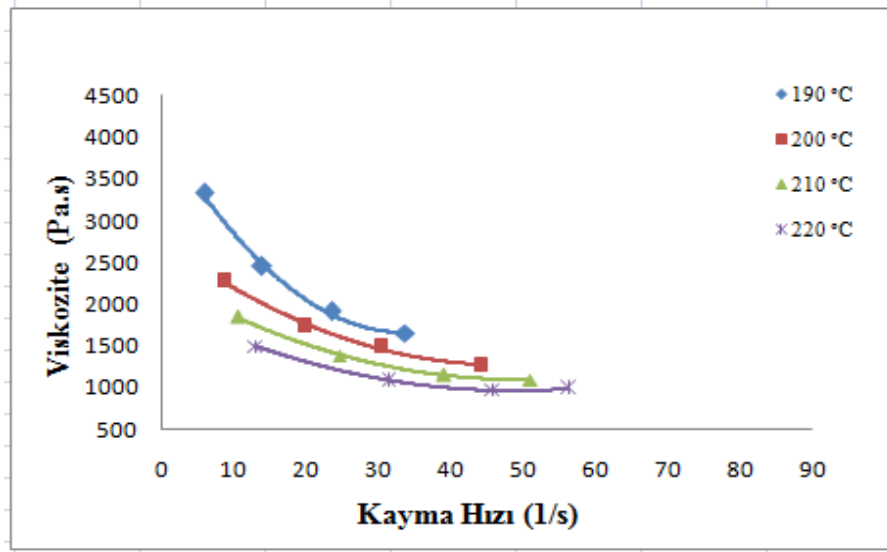
Şekil 6.21. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı-Viskozite Grafiği.

Şekil 6.22.'deki %5 Ahşap tozu/PP karışımı için sıcaklığa bağlı olarak değişen kayma hızı-viskozite değişimi incelendiğinde 190 °C sıcaklık hem viskozitenin fazla hem de kayma hızının çok düşük olduğunu göstermektedir. 200 °C de viskozite de önemli bir azalma görülürken kayma hızında düşük bir artış sağlamıştır. Ancak 210 °C de hem viskozitenin çok düştüğü hem de kayma hızının arttığı görülmektedir. En fazla kayma hızı artışı ise 220 °C sıcaklıkta görülmüştür.



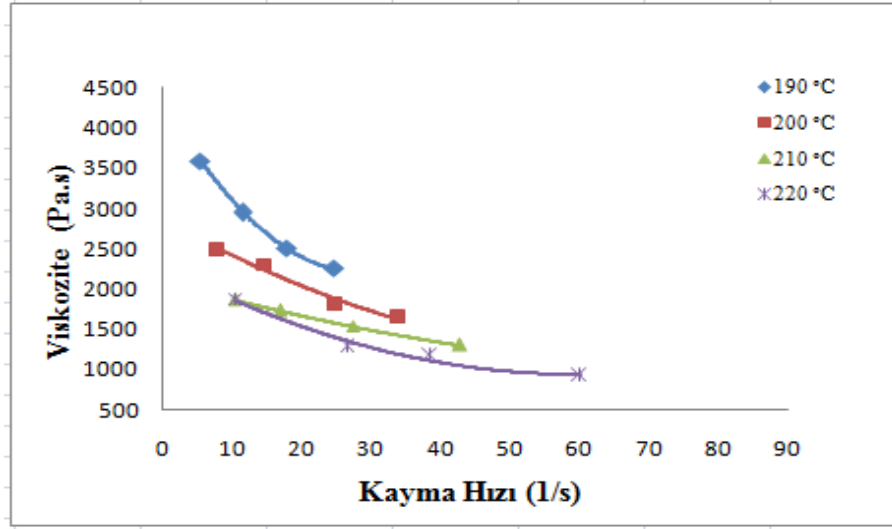
Şekil 6.22. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı-viskozite grafiği.

Şekil 6.23.'deki %10 Ahşap tozu/PP karışımı için Kayma hızı-viskozite değişim grafiği incelendiğinde sıcaklığın artmasına bağlı olarak kayma hızı değerleri artış göstermekte ve dolayısıyla kayma hızı artışında akışkanlığa karşı gösterilen direnç düşmekte olup viskozite değerleri azalmaktadır. 210 °C ve 220 °C sıcaklıklarda kayma hızı değerleri maksimum artış göstermekte olup viskozite değerleri 1000-1500 Pa.s değerlerine kadar düşmektedir.



6.23. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı-viskozite grafiği.

Şekil 6.24.'teki %15 Ahşap tozu/PP karışımı için sıcaklığa bağlı Kayma hızı - viskozite ilişkisi incelendiğinde Sıcaklık artışına bağlı olarak viskozite değerleri azalmış ve kayma hızı değerleri artmıştır. Ayrıca 210 °C den sonra kayma hızında önemli artış görülmekte olup viskozitenin en az olduğu değerler ise 220 °C de 1000-1500 Pa.s görülmüştür. 210 °C sıcaklıkta kayma hızı artarken viskozite değişiminde önemli bir değişiklik görülmemiştir. En düşük kayma hızı değerleri ve en yüksek viskozite değerleri ise 190 °C sıcaklıkta görülmektedir.



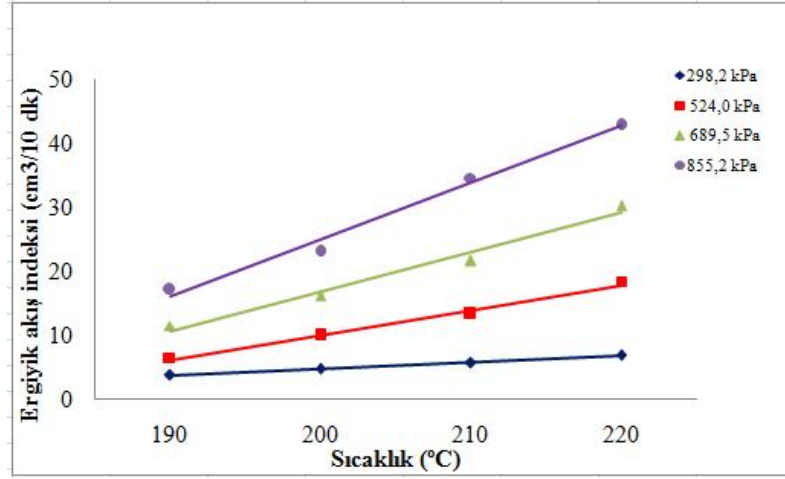
Şekil 6.24. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Kayma hızı-viskozite grafiği.

6.1.6. Basınç Değişimine Bağlı Sıcaklık – EAİ Değişimi

Enjeksiyon kalıplarında malzemenin akışkanlığını etkileyen unsurlar arasında, uygulanan basıncın önemli etkisi bulunmaktadır. Basınç kalıp içerisindeki ergimiş malzemenin akış hızını arttırmakta, geometrik ve ince cidarlı ürünlerin doldurulmasını daha rahat sağlayabilmektedir. Ancak malzemenin kalıp içerisindeki uzak noktalarına kadar ulaşabilmesi için basınç değerleri ayrıca arttırılmaktadır. Bu durum akış hızını arttırdığından dolayı, kalıp içerisindeki malzeme miktarını arttırmakta ve ürün ağırlığını etkilemektedir. Akışkanlığın sağlanması ve malzemenin kalıp boşluğunu tam olarak doldurabilmesi için basıncın yanı sıra sıcaklık desteği de verilmektedir. Yapılan çalışmadaki basınca bağlı sıcaklık EAİ değerleri incelendiğinde basıncında sıcaklık kadar EAİ değerlerini etkilediği ve ahşap oranının artmasına bağlı olarak basıncın arttırılmasına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

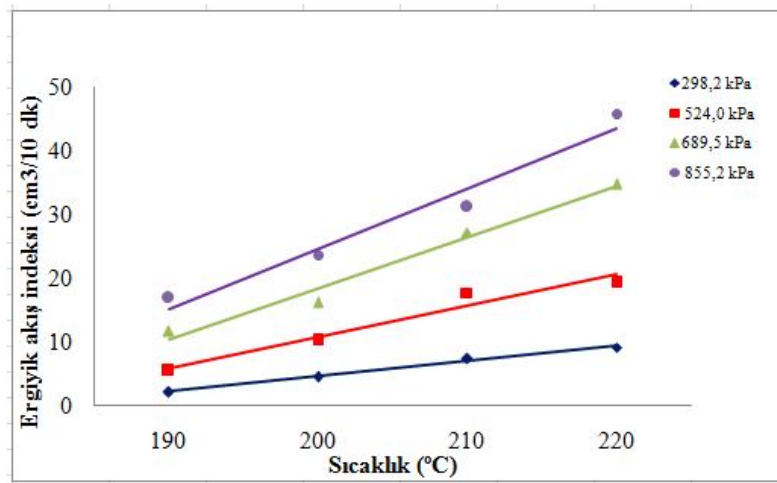
Şekil 6.25.'deki saf PP hammaddesi için sabit basınç altındaki sıcaklık-EAİ değerleri incelendiğinde 190 °C deki EAİ değerleri birbirlerine yakın sonuçlar izlerken sıcaklık ve basıncın artmasına bağlı olarak EAİ değerlerinin arttığı görülmektedir. 298,2 kPa değerlerinde EAİ değerleri doğrusal değişirken basıncın artmasıyla EAİ

değerleri farklı şekilde artmış ve 855,2 kPa değerlerinde moleküler arası bağlar tamamen zayıflayıp olup EAİ değerleri oldukça artmıştır.



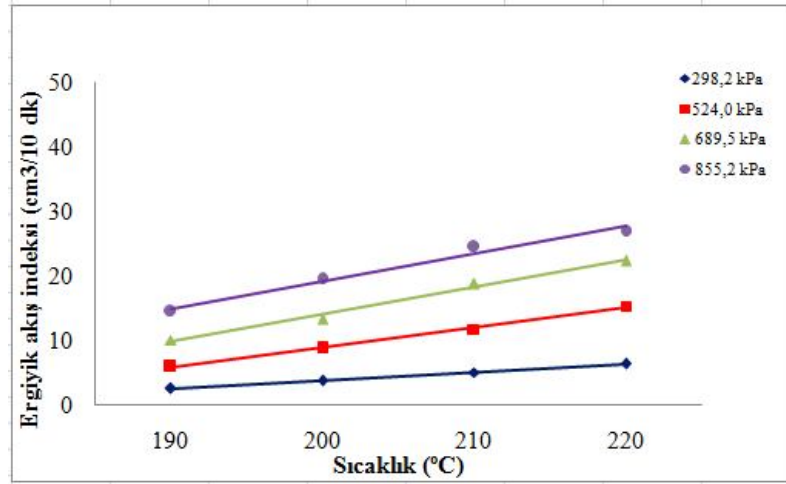
Şekil 6.25. Saf PP için, farklı basınçlar altında EAİ – Sıcaklık (°C) grafiği.

Şekil 6.26.'daki %5 Ahşap tozu/PP karışımı için basınç altındaki sıcaklık-EAİ değişimi incelendiğinde 524,0 kPa değerinden sonra EAİ değerinde önemli bir artış olduğu görülmektedir. Sıcaklığın etkisi ise 190 °C den itibaren artmaya başlayarak EAİ değeri artışında etkisini göstermiştir. 689,5 kPa ve 210 °C sıcaklık değerleri uygulandığında ise EAİ değerlerinde farklı bir artış olup en fazla EAİ değeri 855,2 kPa değerinde görülmüştür.



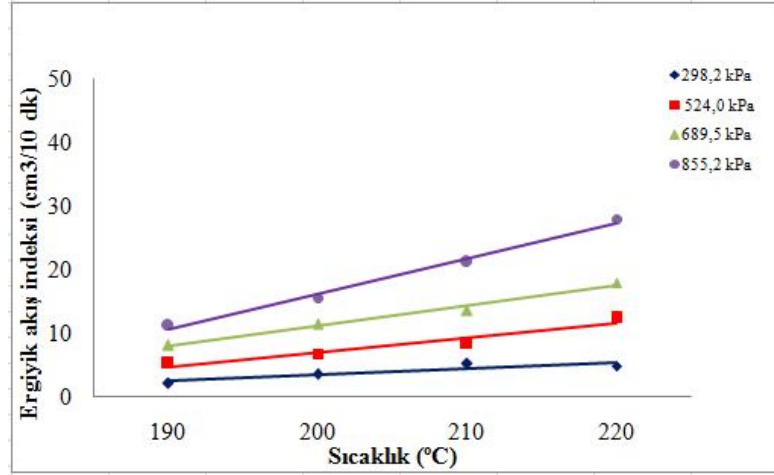
Şekil 6.26. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı basınçlar altında EAİ – Sıcaklık (°C) grafiği.

Şekil 6.27.'deki %10 Ahşap tozu/PP karışımı için Sıcaklık-EAİ değişimi incelendiğinde sıcaklığın artması EAİ değerleri üzerinde doğrusal şekilde bir artış sağlamıştır. Basınca bağlı değişimde ise 298,2 kPa değerindeki basınç uygulaması EAİ'de 0-10 cm³/10dak arası değişim sağlarken, 855,2 kPa değerindeki basınç uygulaması EAİ'de 10-30 cm³/10dak değişim sağlamaktadır. Bu sonuçlara bağlı olarak basıncın EAİ üzerinde büyük ölçüde etkisi olduğunu görülmektedir.



Şekil 6.27. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı basınçlar altında EAİ – Sıcaklık (°C) grafiği.

Şekil 6.28'deki %15 Ahşap tozu/PP karışımı için basınç altındaki sıcaklık-EAİ değerleri incelendiğinde 190 °C deki EAİ değerleri sonuçları birbirlerine yakın sonuçlar izlerken sıcaklık ve basıncın artmasına bağlı olarak EAİ değerlerinin arttığı görülmektedir. 298,2 kPa değerlerinde EAİ değerleri doğrusal değişirken basıncın artmasıyla EAİ değerleri artış göstermeye başlamış ve 855,2 kPa değerinde basıncın etkisi EAİ değerini önemli ölçüde arttırmıştır.

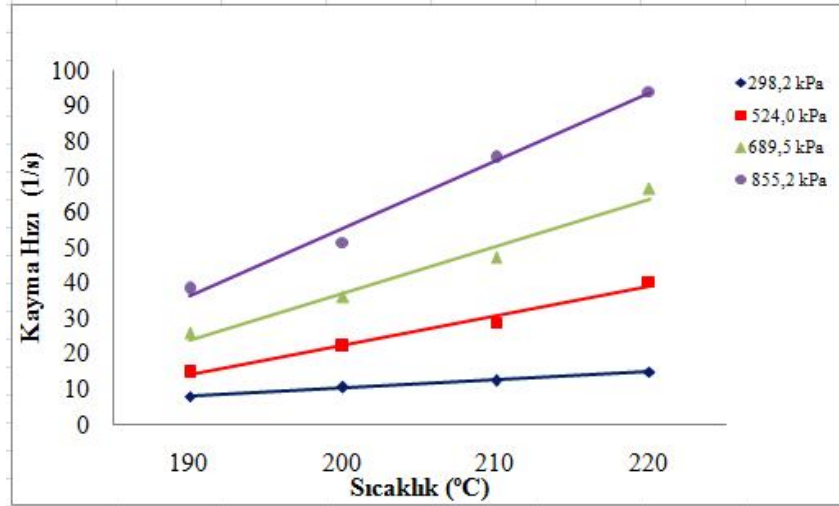


Şekil 6.28. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı basınçlar altında EAİ – Sıcaklık (°C) grafiği.

6.1.7. Basınç Değişimine Bağlı Sıcaklık – Kayma Hızı Değişimi

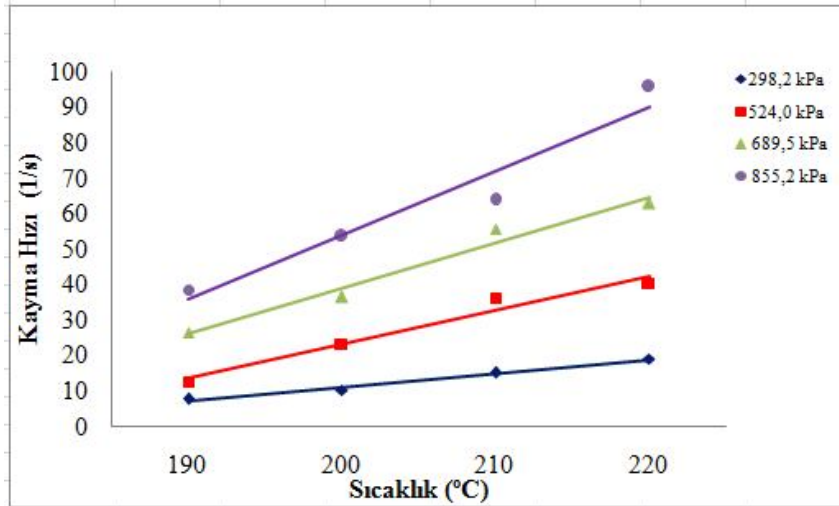
Basınç, kayma hızı üzerinde sıcaklıktan daha etkili olduğundan, uygulanan basıncın büyüklüğü akış miktarını daha fazla etkilemektedir [1]. Ayrıca basıncın artmasına bağlı olarak kayma hızı artmakta ve viskozite azalmaktadır. Böylece ince kesitli ve doldurulması zor olan kalıp gözleri daha rahat dolmaktadır. Ayrıca doldurulması zor olan plastik ürünleri kalıplayabilmek için aşırı basınca yüklenildiği takdirde akışkanlığa karşı gösterilen direnç azalmakta ve kalıp çekirdekleri içersine olması gerekenden daha fazla akışkan malzeme sevk edilmektedir. Aşırı basınç uygulamaları hem basılan ürün ağırlığını arttırmakta hem de kalıplanan üründe çapak oluşumuna yol açmaktadır. Bu durumun oluşumunu engellemek için basınç değerlerinin yanı sıra sıcaklık değerleri de oldukça iyi ayarlanmalı ve kayma hızına basıncın yanı sıra sıcaklıkla da destek verilmelidir. Yapılan çalışmada da farklı basınçlar altında sıcaklık-kayma hızı grafikleri incelenmiştir.

Şekil 6.29.'daki Saf PP hammaddesi için sıcaklık-kayma hızı grafiği incelendiğinde basıncın sıcaklık ve kayma hızı üzerindeki etkisinin oldukça fazla olduğu görülmektedir. 298,5 kPa değerinde kayma hızında önemli bir artış görülmezken 524,0 ve 689,5 kPa değerlerinde doğrusal bir artış görülmektedir. Kayma hızı sıcaklığın artmasıyla birlikte etkisini en fazla 855,2 kPa değerinde göstermiş olup 210 °C sıcaklıktan sonra önemli bir artış göstermektedir.



Şekil 6.29. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Kayma hızı grafiği.

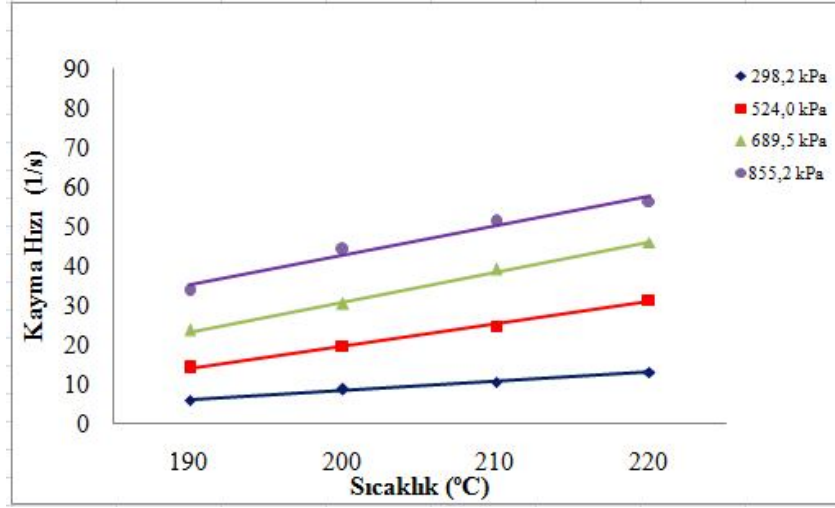
Şekil 6.30.'daki %5 Ahşap tozu/PP karışımı için basınç altındaki sıcaklık-kayma hızı değişimi incelendiğinde basınç değerlerinin artması kayma hızındaki değişimleri arttırmıştır. 298,2 kPa değerinde tüm sıcaklıklarda kayma hızı değişimi çok düşük bir artış gösterirken 524,0 kPa değerinden itibaren kayma hızı değişimi farklı bir artış göstermiş olup 855,2 kPa değerinde kayma hızı en yüksek değerleri almıştır.



Şekil 6.30. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Kayma hızı grafiği.

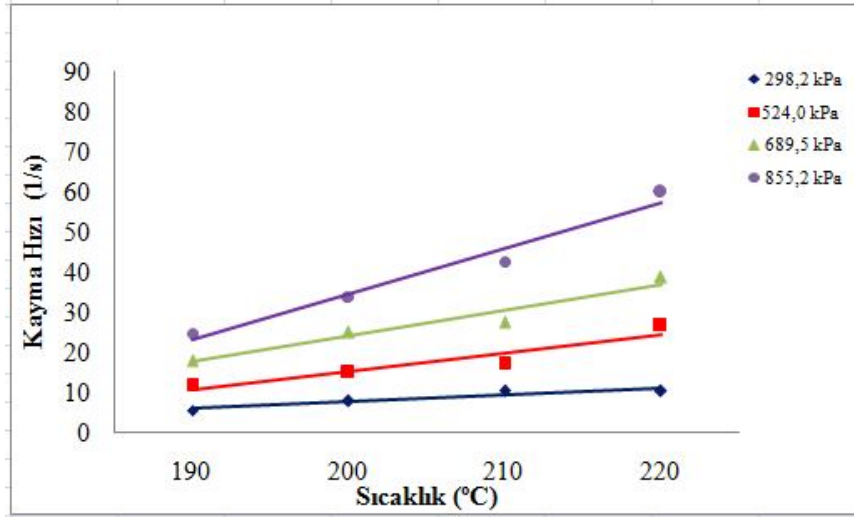
Şekil 6.31.'deki %10 Ahşap tozu/PP karışımı için Sıcaklık-kayma hızı değişimi incelendiğinde basıncın artması kayma hızını arttırmıştır. 855,2 kPa değerindeki

kayma hızı miktarının en yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklığın da kayma hızı üzerinde önemli etkisi olup sıcaklık artışına bağlı olarak kayma hızlarını eşit miktarda artış göstermiş, fakat sıcaklık değerleri, 298,2 kPa değerindeki basıncın yetersiz gelmesi sonucu kayma hızlarını etkilememiş olup en düşük değerlerde olduğunu göstermektedir.



Şekil 6.31. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Kayma hızı grafiği.

Şekil 6.32.'deki %15 Ahşap tozu/PP karışımı için basınç altındaki sıcaklık-kayma hızı değişimi incelendiğinde basınç değerlerinin artması kayma hızını arttırmıştır. Ayrıca ahşap dolgu oranı arttığından dolayı viskozite artmış ve kayma hızı değerleri düşmüştür. 298,2 kPa ve 524,0 kPa değerlerinde tüm sıcaklıklarda kayma hızı değişiminde ciddi bir artış görülmemiştir. 524,0 kPa değerinden itibaren basıncın artmasına bağlı olarak kayma hızı değişimi farklı bir artış göstermiş olup 855,2 kPa değerinde kayma hızı en yüksek değerleri almıştır.

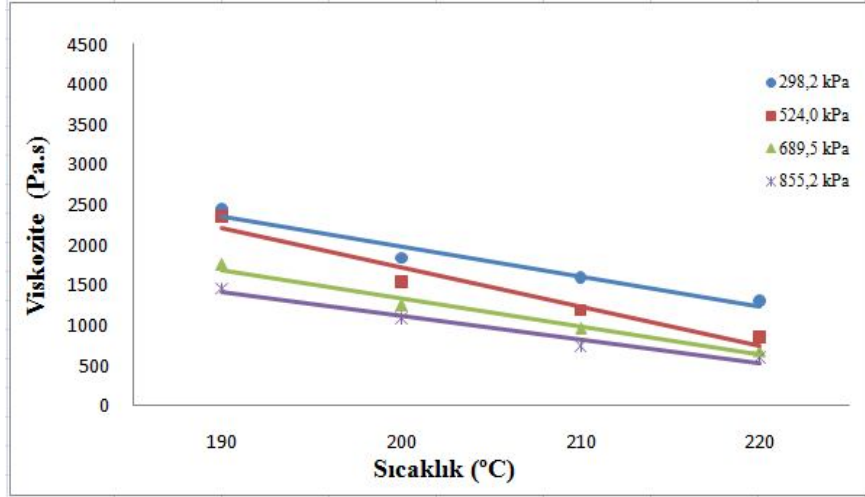


Şekil 6.32. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Kayma hızı grafiği.

6.1.8. Basınç Değişimine Bağlı Sıcaklık – Viskozite Değişimi

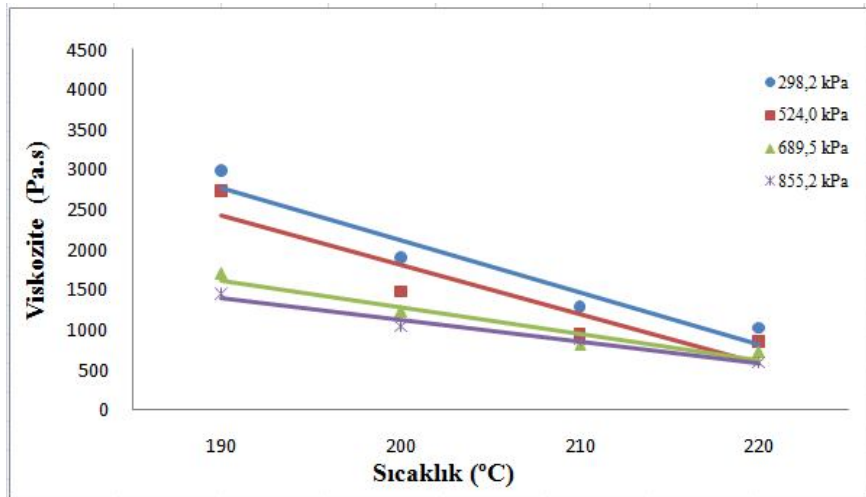
Basınç akışkan malzeme üzerinde bir itme kuvveti oluşturduğundan dolayı basınç değerlerinin değişimi viskozite değerlerini doğrudan etkilemektedir. Özellikle artan basınç değerlerine göre doğrusal zincirlerin akış doğrultusunda yönlendirilmeleri akışı kolaylaştırdığı için viskozite değerleri düşmektedir. Ayrıca basınç değerlerine bağlı olarak sıcaklığın artması da akışkan malzemenin moleküler arası bağ yapısını zayıflattığından dolayı akmaya karşı gösterilen direnci azaltıp viskozitenin düşmesine neden olmaktadır. Yapılan çalışmada da farklı basınç değerlerine bağlı olarak farklı sıcaklıklar uygulanıp sıcaklık-viskozite değişimleri incelenmiştir.

Şekil 6.33.'deki Saf PP hammaddesi için Sıcaklık-viskozite değişimi incelendiğinde basıncın artması viskozitenin düşmesine neden olmuştur. 689,5 kPa ve 855,2 kPa değerlerindeki viskozite değerleri birbirine yakın olup 190 °C ki sıcaklık en fazla viskozite değişimini ortaya koymaktadır. Sıcaklığın artmasıyla akışkanlık kolaylaşıp viskozite değerleri azalmakta ve yakın sonuçlar oluşturmaktadır.



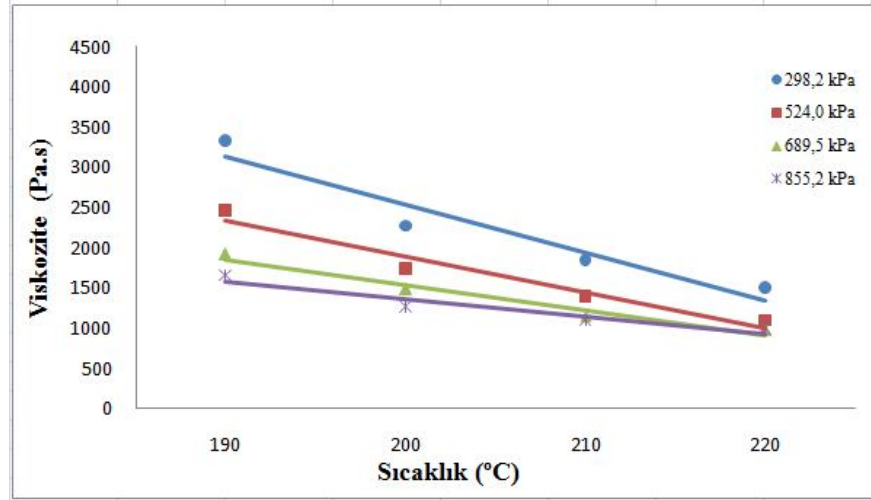
Şekil 6.33. Saf PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Viskozite grafiği.

Şekil 6.34.'deki %5 Ahşap tozu/PP karışımı için basınç altındaki sıcaklık-viskozite değişimi incelendiğinde basıncın viskozite üzerindeki etkisi 298,2 kPa değerinden itibaren başlamış olup viskozitenin önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. 524,0 kPa değerinde ise viskozite değerleri, 689,5 kPa değerindeki viskozite değerlerine paralel değerler izlemiş ve çok fazla değişim göstermemiştir. En az viskozite değerleri ise 855,2 kPa değerlerinde görülmüştür.



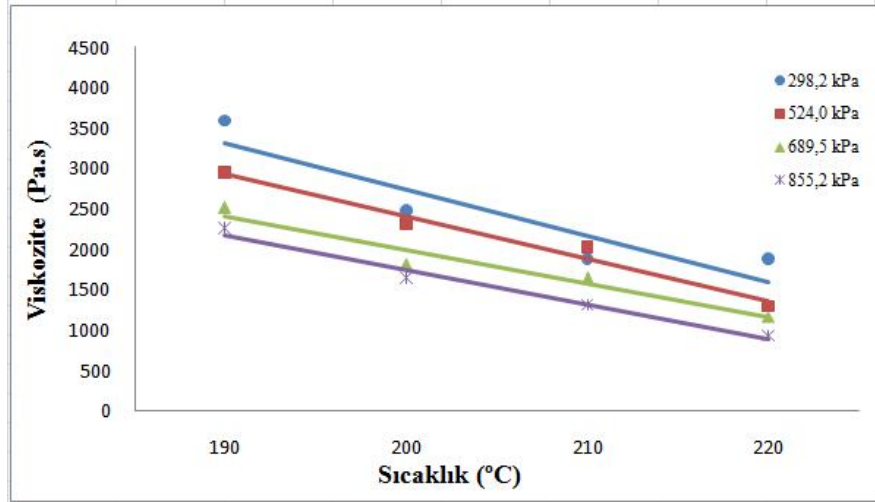
Şekil 6.34. %5 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Viskozite grafiği.

Şekil 6.35.'deki %10 Ahşap tozu/PP karışımı için sıcaklık-viskozite değişimi grafiği incelendiğinde sıcaklığın artması tüm basınç değerlerindeki viskozite değerlerini düşürürken özellikle 298,2 kPa ve 524,0 kPa değerlerinde etkili olmuştur. Ayrıca sıcaklığın artması özellikle düşük basınçtaki viskozite değerlerinde etkili olduğundan 298,2 kPa değerindeki viskozite değerlerinde farklı bir düşme meydana gelmiştir.



Şekil 6.35. %10 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Viskozite grafiği.

Şekil 6.36.'daki %15 Ahşap tozu/PP karışımı için Sıcaklık-viskozite değişimi incelendiğinde basıncın artmasına bağlı olarak viskozite değerlerinin düştüğü görülmektedir.689,0 kPa ve 855,2 kPa değerlerindeki viskozite değerleri birbirine yakın olup 210 °C ve 220 °C ki sıcaklık değerleri viskozitenin düşmesinde oldukça etkili olmuştur.

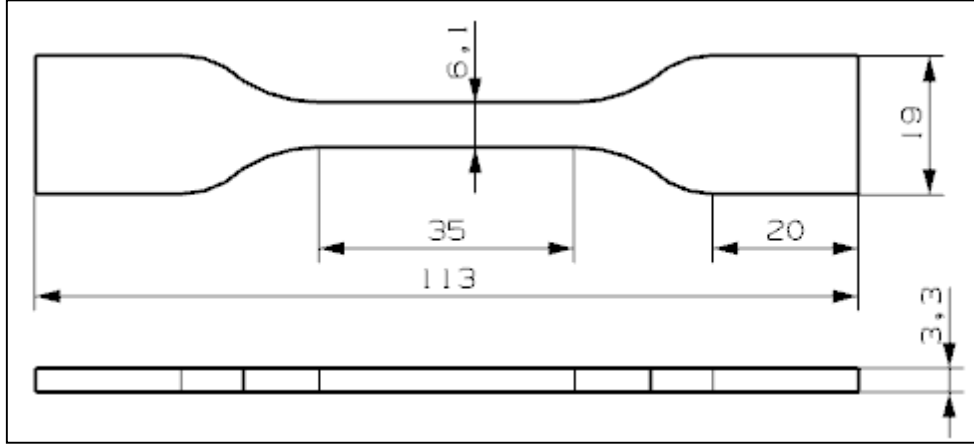


Şekil 6.36. %15 Ahşap tozu/PP için, farklı sıcaklıklar altında Sıcaklık – Viskozite grafiği.

6.2. MEKANİK ÖZELLİKLER

6.2.1. Çekme Deney Sonuçları

Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerini saptamak ve malzemelerin özelliklere göre sınıflandırılmasını sağlamak amacı ile geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparılmaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında, standart numuneye devamlı olarak artan bir çekme kuvveti uygulanırken, aynı esnada numunenin uzaması da kaydedilir [44]. Yapılan çalışmada da saf PP başta olmak üzere %5, %10 ve %15 ahşap tozu takviyeli PP çekme deney numunelerine ISO 527-5 standartlarına uygun olarak 5 mm/dak hızla çekme testleri gerçekleştirilmiş olup çekme gerilmesi ve % uzama grafikleri elde edilmiştir. Şekil 6.37. de çekme deney numunesinin teknik resim ölçüleri verilmiştir.



Şekil 6.37. Çekme deney numunesi.

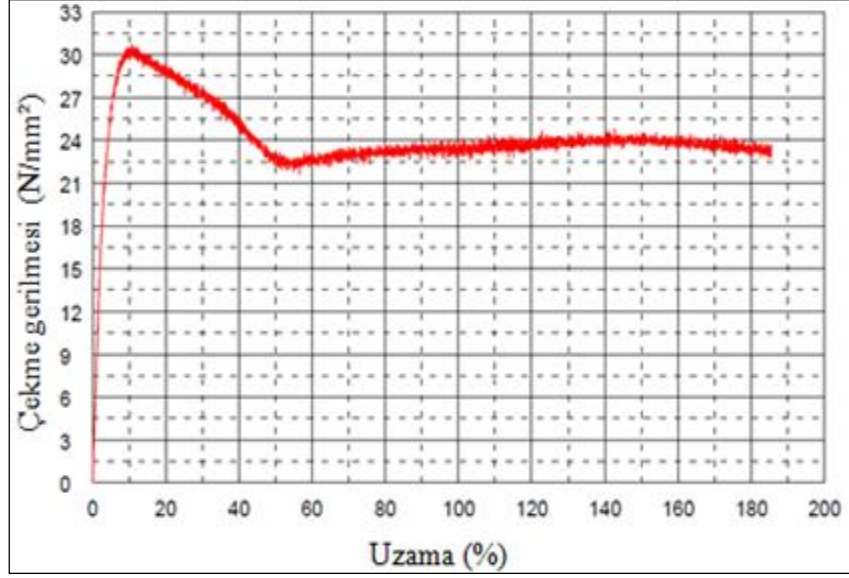
Saf PP %5, %10, ve %15 Ahşap tozu dolgulu/PP karışımlarının çekme deney sonuçlarında maksimum kuvvet, maksimum gerilme ve maksimum uzama değerleri bulunmuş olup çizelge 6.3 de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Çekme deneyi değerleri.

Malzeme	En büyük kuvvet (kN)	En büyük gerilme (N/mm ²)	En büyük uzama (%)
Saf PP	0,61875	30,7377	10,9743
%5 Ahşap Tozu/PP	0,55313	27,4776	8,12571
%10 Ahşap Tozu/PP	0,52344	26,0029	6,82571
%15 Ahşap Tozu/PP	0,49375	24,5281	5,49000

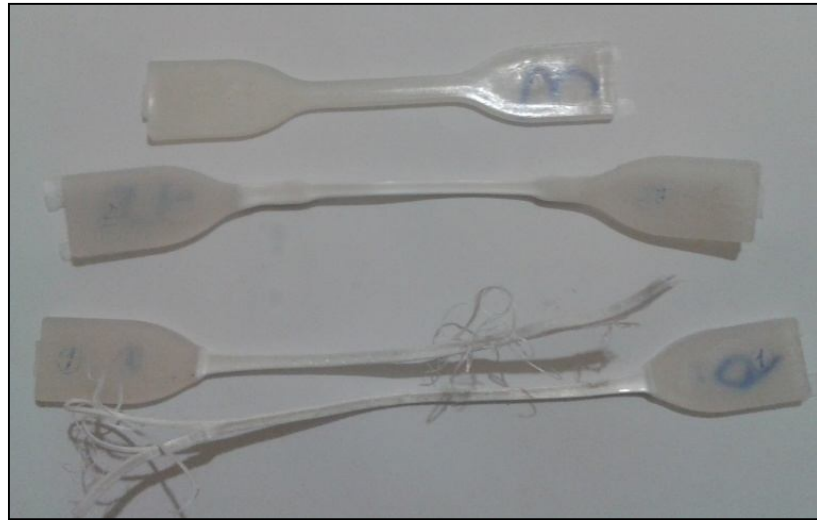
6.2.1.1. Saf PP için Çekme Deney Sonuçları

Şekil 6.38.'de gösterilen saf PP çekme deney grafiği incelendiğinde saf PP hammaddesindeki çekme gerilmesi maksimum 30,7377 N/mm² ye kadar çıkmış olup malzemede uzama % 10,9743 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.38. Saf PP için çekme gerilmesi (N/mm²) – uzama (%) grafiği.

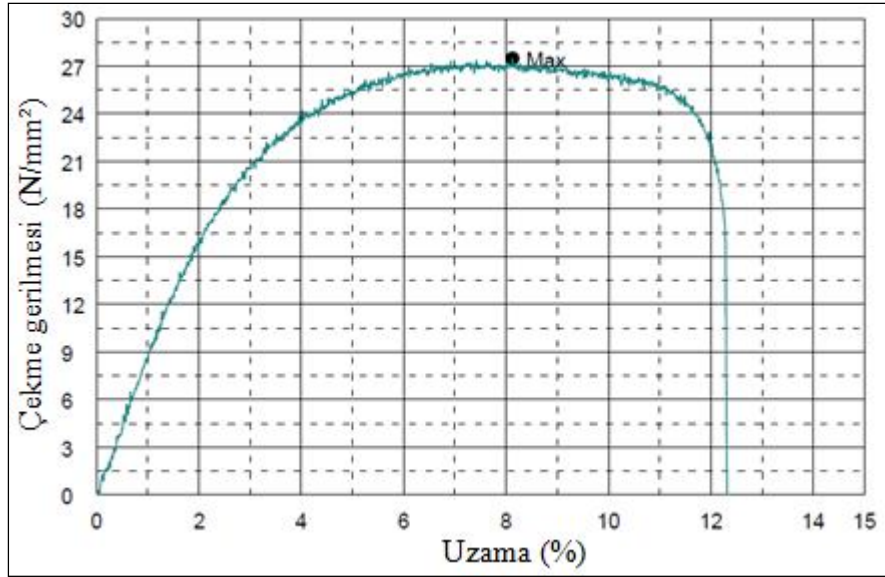
Saf PP için, 2 adet çekme deney numunesi test edilmiş olup, test sonrası şekil 6.39’da gösterildiği gibi malzemenin baş kısımlarında uzama meydana gelmiş olup, malzeme maksimum çekme gerilmesinden sonra akmaya başlamıştır.



Şekil 6.39. Saf PP deney numunelerinin test öncesi görüntüsü ve test sonrası uzama ve kopma görüntüleri.

6.2.1.2. %5 Ahşap Tozu/PP Karışımı Çekme Deney Sonuçları

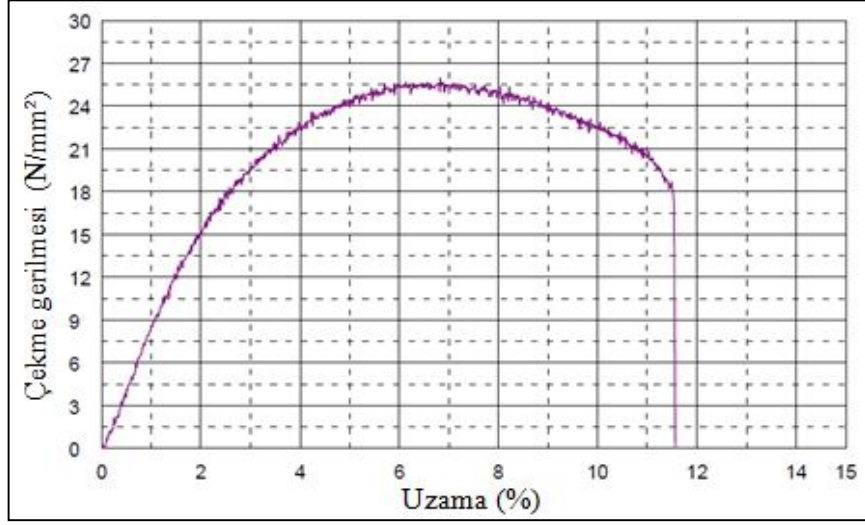
Şekil 6.40. da gösterilen %5 ahşap tozu/PP karışımı çekme deney grafiği incelendiğinde malzemedeki çekme gerilmesi maksimum 27,4776 N/mm² ye kadar çıkmış olup malzemedeki uzama % 8,12571 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.40. %5 Ahşap tozu/PP karışımı için çekme gerilmesi (N/mm²) – uzama (%) grafiği.

6.2.1.3 %10 Ahşap Tozu/PP Karışımı Çekme Deney Sonuçları

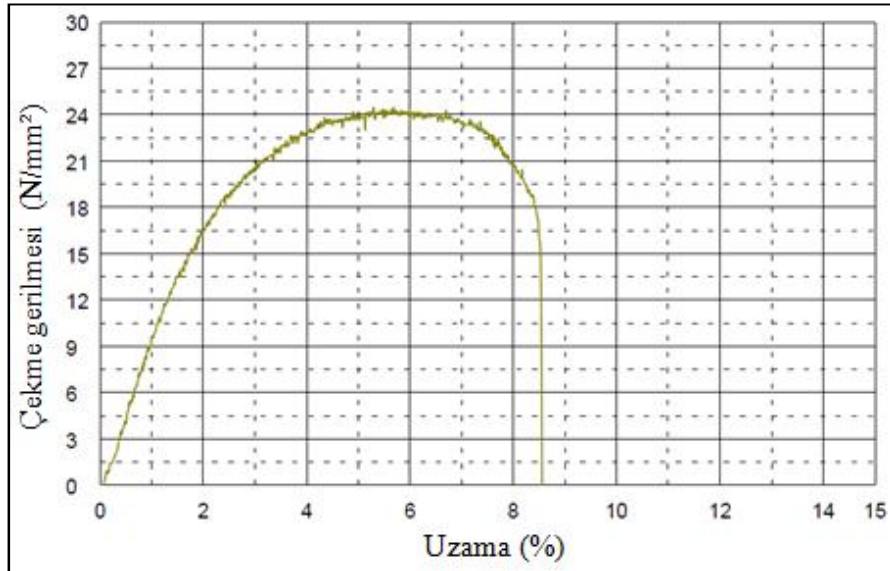
Şekil 6.41. da gösterilen %10 ahşap tozu/PP karışımı çekme deney grafiği incelendiğinde malzemedeki çekme gerilmesi maksimum 26,0029 N/mm² ye kadar çıkmış olup malzemedeki uzama % 6,82571 olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.41. %10 Ahşap tozu/PP karışımı için çekme gerilmesi (N/mm²) – uzama (%) grafiği.

6.2.1.4. %15 Ahşap Tozu/PP Karışımı Çekme Deney Sonuçları

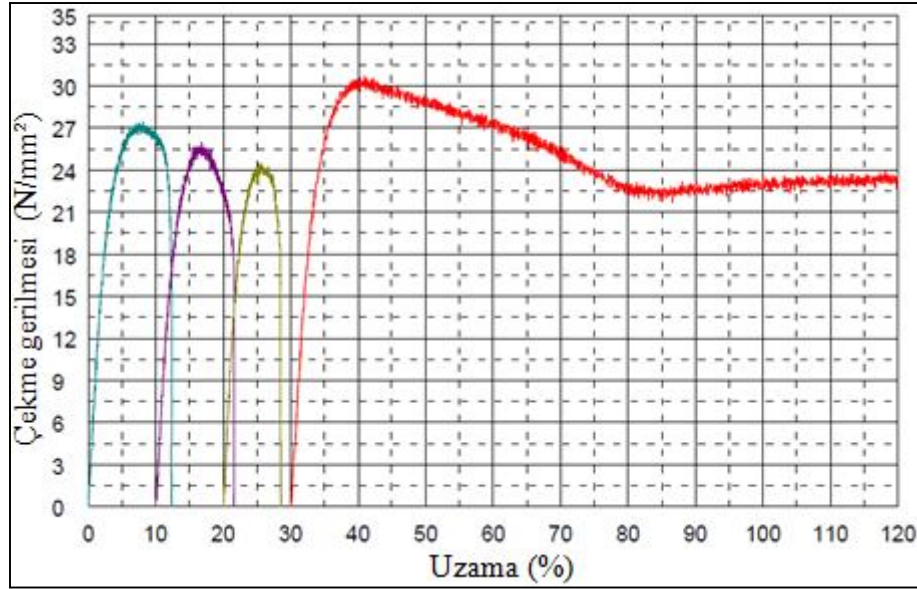
Şekil 6.42. de gösterilen %15 ahşap tozu/PP karışımı çekme deney grafiği incelendiğinde malzemedeki çekme gerilmesi maksimum 24,5281 N/mm² ye kadar çıkmış olup malzemedeki uzama % 5,49000 olarak belirlenmiştir.



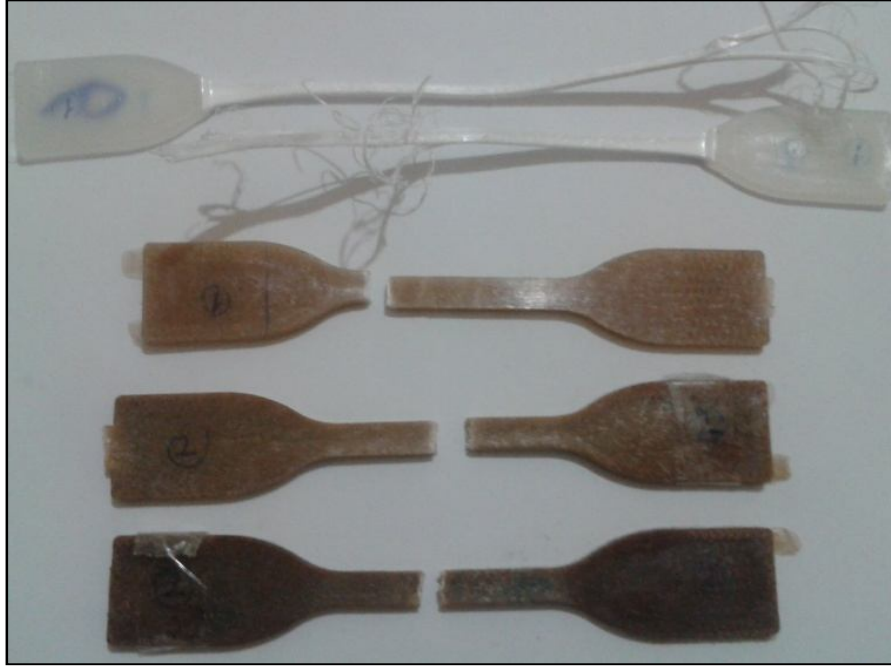
Şekil 6.42. %15 Ahşap tozu/PP karışımı için çekme gerilmesi (N/mm²) – uzama (%) grafiği.

6.2.1.5. %5, %10,%15 Ahşap Tozu/PP Karışımı ve Saf PP Çekme Deney Sonuçlarının karşılaştırılması

Saf PP ve ahşap tozu dolgulu/PP karışımlarındaki çekme deneylerinden elde edilen değerler incelendiğinde şekil 6.43. de gösterildiği gibi ahşap oranının artmasına bağlı olarak maksimum gerilme ve % uzamada azalma olduğu tespit edilmektedir. Saf PP ile %5 ahşap tozu/PP karışımı arasındaki çekme gerilmesi farkı $3,26 \text{ N/mm}^2$ ve uzamadaki fark % 2,8 olarak görülmekte olup ahşap takviye oranının artmasına bağlı olarak çekme gerilmesinde ortalama $1,5 \text{ N/mm}^2$ ve uzamada % 1,35 azalma olduğu görülmektedir. Ayrıca saf PP çekme deneyi sonuçlarında malzemede maksimum gerilmeden sonra akma olayı meydana gelmiş olup şekil 6.44. de gösterildiği gibi saf PP çekme deney numunesinin baş kısımlarında uzama meydana gelmiştir.



Şekil 6.43. %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı ve saf PP için çekme gerilmesi (N/mm²) – uzama (%) grafiği.

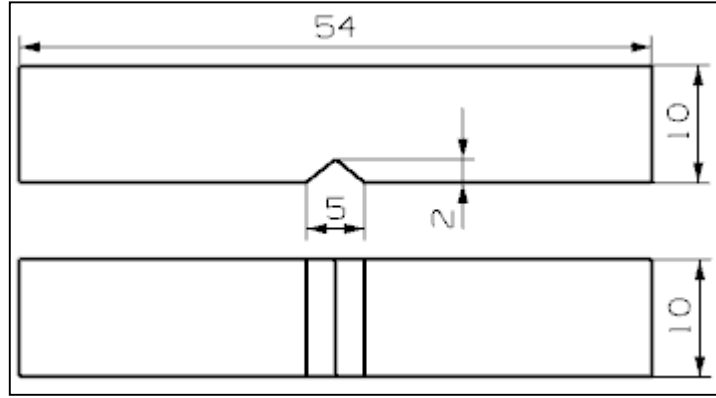


Şekil 6.44. Saf PP ve %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı çekme deney numunelerinin test sonrası görüntüleri.

6.2.2. İzod Darbe Deney Sonuçları

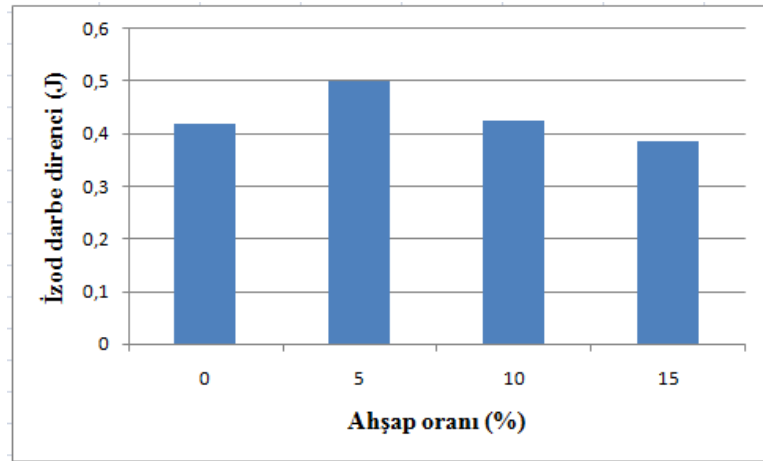
İzod darbe deneyi malzemelerin, darbeli yüklemelerde göstereceği davranışlarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilir. Diğer bir deyişle, malzemelerin sünekliliğinin belirlenmesi için gerçekleştirilen bir deneydir. Sünekliliğin ve mukavemetin bir ölçüsü olan tokluk; malzemelerin darbeli bir yüklemeye koparılması sırasında absorbe edeceği enerjinin, çentik dibi kesit alanına bölümüdür. Bu tokluk davranışını belirlemek için başvurulan deneylerin en başında İzod darbe deneyi gelmektedir.

İzod darbe deney yöntemlerinde çentik açılmış bir test numunesi, standart bir yükseklikten bırakılan bir sarkaç ile darbeye maruz bırakılır. Darbeden sonra sarkacın çıktığı yükseklik tespit edilerek sarkacın ilk ve son konumdaki enerji farkı numune tarafından absorbe edilen darbe enerjisi olarak ölçülür [45]. Şekil 6.45. de izod darbe deney numunesinin teknik resim ölçüleri verilmiştir.



Şekil 6.45. İzod darbe deney numunesi.

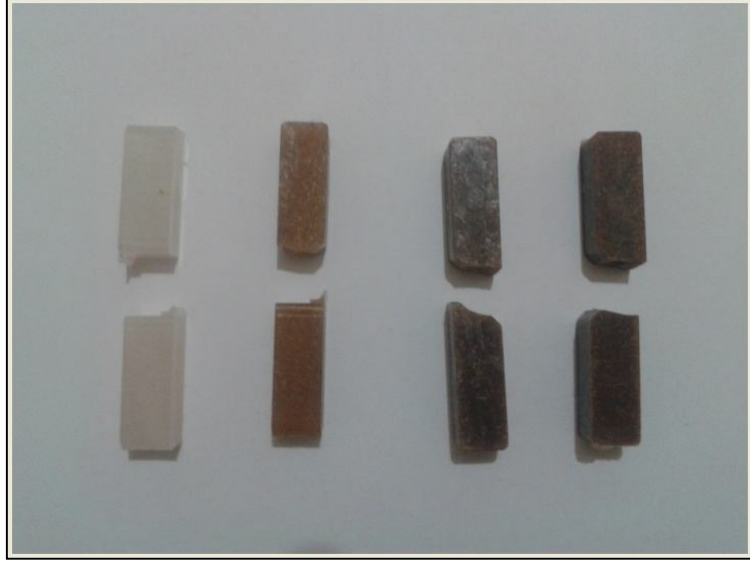
Yapılan izod darbe deney çalışmasında saf PP, %5, %10 ve %15 ahşap tozu/PP karışımlarının her biri için 2 adet numune test edilmiş olup ortalama değerleri alınmıştır. İzod darbe direnci değerleri incelendiğinde saf PP için 0,42 J, %5 ahşap tozu/PP karışımı için 0,5 J, %10 ahşap tozu/PP karışımı için 0,425 J ve %15 ahşap tozu/PP karışımı için 0,385 J değerleri bulunmuştur. Şekil 6.46'da izod darbe direnci değerleri gösterilmiştir.



Şekil 6.46. Saf PP ve %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı izod darbe direnci (J) grafiği.

İzod darbe direnci değerleri sonuçları incelendiğinde ahşap takviye oranının artmasına bağlı olarak malzemelerin darbe dirençlerinde azalma olduğu görülmekte olup saf PP malzemesinin izod darbe direncinin, %5 ahşap tozu/PP karışımı darbe direncinden düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni saf PP izod darbe

deney numunelerinin basımı sırasında uniform olmayan kalıp sıcaklığı ve baskı sırasında malzeme molekül yapısının homojen bir dağılım göstermediğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Malzemelerin izod darbe deneyinden sonraki kırılmış görüntüleri şekil 6.47. da gösterilmiştir.



Şekil 6.47. Saf PP ve %5, %10, %15 Ahşap tozu/PP karışımı izod darbe direnci numunelerinin test sonrası görüntüsü.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada saf PP başta olmak üzere %5, %10 ve %15 olmak üzere 3 farklı oranda ahşap tozu takviye edilmiş PP ekstruderde karıştırılmış ve granül haline getirilmiştir. 4 farklı basınç (298,2 kPa, 524,0 kPa, 689,5 kPa, 855,2 kPa) ve 4 farklı sıcaklık (190 °C, 200 °C, 210 °C, 220 °C) şartlarında deneysel olarak tespit edilmiştir. Ayrıca saf PP ve karışım malzemelerinin mekanik özellikleri çekme deneyi ve izod darbe direnci deneyi sonuçları ile belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonrasında ahşap tozu takviyeli PP karışımının akış ve mekanik özellikleri sonuçları incelendiğinde,

- Saf PP hammaddesinin EAİ değerlerinin en yüksek olduğu ve granül haline getirilmiş ahşap tozu/ PP karışımlarında ahşap takviye oranının arttırılmasına bağlı olarak karışımın saf PP' ye göre moleküler arası bağlarının zayıflaması zorlanmıştır ve buna bağlı olarak EAİ değerlerinde azalma olduğu görülmüştür.
- Saf PP ve ahşap tozu/PP karışımlarında farklı sıcaklık ve basınç değerlerinin atması, EAİ değerleri sonuçlarını arttırmıştır. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak EAİ değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Sıcaklığın yanı sıra basıncın artması da akışkanlığı kolaylaştırmış ve EAİ değerlerinin artmasına neden olmuştur.
- Sıcaklık ve basınç değerleri arasında 210 °C ve 220 °C sıcaklıklarda ve 689,5 Pa ve 855,2 Pa değerlerinde EAİ değerleri ciddi bir artış göstermiştir.
- %10 Ahşap tozu/PP karışımı değerlerinde 4 farklı sıcaklık ve 4 farklı yük altında EAİ değerleri doğrusal olarak artmış ve düzenli bir yol izlemiştir. Bu sonuca bağlı olarak %10 ahşap tozu/PP karışımı EAİ değerlerinde ideal sonuçlar vermiştir.

- Sıcaklık değişimine bağlı olarak kayma hızı-kayma gerilmesi grafikleri incelenmiş olup, viskozite modellerinde yer alan akış üssü sabiti “n” ve $y=ax+b$ doğru denklemi yardımı ile kayma hızı-kayma gerilmesi grafikleri doğrusal hale getirilmiş olup Log kayma hızı-Log kayma gerilmesi grafikleri bulunmuştur.
- Kayma hızı-kayma gerilmesi değerleri, sıcaklık karşısında incelenmiş olup, değişim denklemi regrasyon analizi yapılarak bulunmuştur. Yapılan regrasyon analizine göre en yüksek korelasyon katsayısı %15 Ahşap tozu/PP karışımındaki 190 °C sıcaklık değerinde $R^2= 1,000$ bulunmuştur. Ayrıca %10 Ahşap tozu/PP karışımındaki tüm sıcaklıklarda korelasyon katsayısı $R^2= 0,998$ değerinin üstünde çıkmıştır.
- Sıcaklık ve basınç değerlerinin artışına bağlı olarak viskozite değerleri düşmüştür. Basınç artışına bağlı olarak düşen viskozite değeri en fazla 190 °C sıcaklık değerinde azaldığını göstermiştir.
- Sıcaklığın artışına bağlı olarak kayma hızı değerleri artarken viskozitede azalma meydana gelmiştir. Özellikle 210 °C sıcaklıktan sonra kayma hızı ciddi şekilde artmış olup buna bağlı olarak viskozite değerlerinde azalma olduğu görülmüştür.
- Basınç değerlerinin artmasına bağlı olarak kayma hızı değerlerinde artış görülmüştür. 289,2 kPa ve 524,0 kPa değerleri arasında basınç, kayma hızı üzerinde önemli etki göstermezken 524,0 kPa ve üzerindeki basınç değerlerinde kayma hızı değerleri oldukça artmıştır.
- Sıcaklık ve basınç altında ahşap oranının artmasına bağlı olarak EAİ, kayma hızı değerleri düşerken viskozite değerleri artmıştır.
- Ahşap tozu takviyesinin artmasına bağlı olarak mekanik özelliklerde azalma olduğu görülmüştür.
- Saf PP hammaddesindeki çekme deneyi sonucunda çekme gerilmesi değeri 30,7377 N/mm² ve uzama miktarı % 10,9743 olarak tespit edilmiştir.
- %5 Ahşap tozu/PP karışımındaki çekme deneyi sonucunda çekme gerilmesi değeri 27,4776 N/mm² ve malzemedeki uzama miktarı % 8,12571 olarak tespit edilmiştir.

- %10 Ahşap tozu/PP karışımındaki çekme deneyi sonucunda çekme gerilmesi değeri 26,0029 N/mm² ve malzemedeki uzama miktarı % 6,82571 olarak tespit edilmiştir.
- %15 Ahşap tozu/PP karışımındaki çekme deneyi sonucunda çekme gerilmesi değeri 24,5281 N/mm² ve malzemedeki uzama miktarı % 5,49000 olarak tespit edilmiştir.
- İzod darbe direnci değerleri incelendiğinde saf PP için 0,42 J, %5 ahşap tozu/PP karışımı için 0,5 J, %10 ahşap tozu/PP karışımı için 0,425 J ve %15 ahşap tozu/PP karışımı için 0,385 J değerleri bulunmuştur.
- Saf PP hammaddesindeki izod darbe direnci değerinin, %5 ahşap tozu/PP karışımındaki izod darbe direnci değerinden düşük çıkması saf PP hammaddesindeki deney numunelerinin enjeksiyonla kalıplama sırasında uniform olmayan kalıp sıcaklığından kaynaklandığı ve malzeme molekül yapısında homojen olmayan dağılımdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Daha sonra yapılabilecek olan çalışmalar için bazı öneriler aşağıda sıralanmıştır;

- Gerçekleştirilen bu deneyler dışında PP içerisine farklı boyutlarda ahşap tozu kullanılarak oluşan yeni kompozit malzemenin mekanik ve akış özellikleri incelenebilir.
- Bu çalışmada kullanılan PP hammaddesi dışında farklı polimer malzemeleri kullanılarak, ahşap tozunun diğer polimer malzemeleri üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Bu çalışmada kullanılan basınç ve sıcaklık değerleri değiştirilerek, yeni granül üretimi yapılabilir ve üretilen granülü farklı basınç ve sıcaklığa bağlı olarak akış ve mekanik özellikleri tespit edilebilir.
- Gerçekleştirilen bu çalışmada PP hammaddesi içerisine takviye malzemesi olarak kavak ağacı kullanılmış ve karışımın homojen olabilmesi için ara bağlayıcı olarak Maleik anhidrit malzemesi kullanılmıştır. Farklı ağaç türleri ve farklı bağlayıcı malzemeleri kullanılıp yeni bir kompozit malzemesi oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- 1- Gldaş, A., ‘‘Plastik enjeksiyon kalıplarında ergimiş plastik akışının matematiksel modellenmesi ve deneysel olarak incelenmesi’’, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 4-6 (2004).
- 2- Youngquist, J., ‘‘Unlikely partners The marriage of wood and non-wood materials’’, **Forest. Prod. J**, 45: 25–30 (1995).
- 3- Mahalberg, R., Paajanen, L., Nurmi, A., Kivisto, A., Koskela, K., and Rowell, R.M., ‘‘Effect of chemical modification of wood on mechanical and adhesion properties of wood fiber/polypropylene fiber and polypropylene/veneer composites’’, **Holz als Roh- und Werkstoff**, 59: 319–326 (2001).
- 4- Hon, D.N.S., and Ren, S., ‘‘Interfacial phenomena of newspaper fiber reinforced polypropylene composite’’, **Journal Reinforced Plastics Compos**, 22: 957–971 (2003).
- 5- Osswald, A., ‘‘Polymer processing fundamentals’’, **Hanser / Gardner Publications, Inc**, Cincinnati, 1: 1-139 (1998).
- 6- Carreau, P.J., Kee, D, and Chhabra, R.P., ‘‘Rheology of polymeric system’’, **Hanser /Gardner Publications**, Cincinnati, 38: 1-132 (1997).
- 7- Akovalı, G., ‘‘Temel Uygulamalı Polimer, Polimer yaz okulu ders notları, Temel ve Uygulamalı Makromolekller’’, **ODT, K. Araştırma nitesi**, Ankara, 89-425 (1984).
- 8- Frnanda, M.B., ‘‘Polypropylene controlled degradation’’, **Concise Polymeric Encyclopedia**, 13: 363-366 (1999).
- 9- Avella, M., ‘‘Influence of molecular weight and molecular weight distribution on crystallization and thermal behavior of isotactic polypropylene’’, **Poly Networks Blends**, 5: 47 (1995).
- 10- Koopmans, R.J., ‘‘Extrudate swell of high-density polyethylene. 3. Extrusion blow molding die geometry-effects’’, **Polym. Eng. Sci**. 32: 1755-1764 (1992).
- 11- Bernstein, B., ‘‘Time-dependent behavior of an incompressible elastic fluid: some homogeneous deformation histories’’, **Acta Mech**. 2: 329–354 (1966).

- 12- NATA., “National association for Testing authorities”, *Guide to NATA Proficiency Test*, version 2: 29 (2002).
- 13- Aran, A., “Malzeme bilgisi” Ders notları, *İTÜ Makine Fakültesi*, İstanbul, 62-68 (2008).
- 14- MEGEP., “Polimerlerin fiziksel özellikler 2”, *Plastik Teknolojisi*, Ankara, 37-42 (2006).
- 15- Barre, M.A., and Vega, J.F., “Melt flow index on high molecular weight polyethylene: A comparative study of experiments and simulation”, *Journal of Materials Processing Technology*, 174: 171–177 (2005).
- 16- Andrzej, K., and Faruk, O., “Effects of the chemical foaming agents, injection parameters, and melt-flow index on the microstructure and mechanical properties of microcellular injection- molded wood-fiber/polypropylene composites” *University of Kassel*, Germany, DOI 10.1002/app.21685 (2004).
- 17- Güldaş, A., “Yüksek yoğunluklu polietilen plastik malzemesinin reolojik özelliklerinin basınç ve sıcaklık değişimine tayini”, *International Materials Symposium*, Denizli, 15-17 (2008).
- 18- Li, T.Q., and Wolcott M.P., “Rheology of HDPE–wood composites. I. Steady state shear and extensional flow”, *Composites Applied Science and Manufacturing*, 35: 303-311 (2004).
- 19- John Z.L., Xinfang D., Qinglin W., and Kun L., “Chelating efficiency and thermal, mechanical and decay resistance performances of chitosan copper complex in wood–polymer composites”, *Bioresource Technology*, 99: 5906-5914 (2008).
- 20- Nicole M.S., Laurent M., “Matuana Characterization of weathered woodeplastic composite surfaces using FTIR spectroscopy”, *Polymer Degradation and Stability*, 92: 1883-1890 (2007).
- 21- Ye, P., Mamunya, H., Zois, L., and Apekis, E.V., “Influence of pressure on the electrical conductivity of metal powders used as fillers in polymer composites”, *Powder Technology*, 140-49-55 (2004).
- 22- Mihai, R., Nicoleta S., and Daniela R., “Mechanical and thermal properties of zinc powder filled high density polyethylene composites, Material Properties”, *Polymer Testing*, 20: 409-417 (2001).
- 23- Jang, J., and Han S., “Mechanical properties of glass-fibre mat/PMMA functionally gradient composite”, *Composites*, Part A 30: 1045-1053 (1999).
- 24- Gungor, A., “Mechanical properties of iron powder filled high density polyethylene composites”, *Materials and Design*, 28: 1027-1030 (2007).

- 25- Zhu, K., and Schmauder, S., "Prediction of the failure properties of short fiber reinforced composites with metal and polymer matrix", *Computational Materials Science*, 28: 743–748 (2003).
- 26- Tavman, H., "Thermal and mechanical properties of aluminum powder- filled high-density polyethylene composites" *Journal of Applied Polymer Science*, 62: 2161-2167 (1996).
- 27- John, Z.Lu, Xinfang, D., Qinglin, W., and Kun L., "Chelating efficiency and thermal, mechanical and decay resistance performances of chitosan copper complex", *Wood–Polymer Composites Bioresource Technology*, 99: 5906-5914 (2008).
- 28- Karmarkar, A., Chauhan, S.S, Modak, J., and Chanda, M., "Mechanical properties of wood–fiber reinforced polypropylene composites", *Composites*, Part A: 38-227-233 (2007).
- 29- Arbelaiz A, Fernandez, J.A., Ramos, A., and Retegi, R., "Mechanical properties of short flax fibre bundle/polypropylene composites, Influence of matrix/fibre modification, fibre content, water uptake and recycling", *Composites Science and Technology*, 65: 1582–1592 (2005).
- 30- Bengtsson, M., and Oksman, K., "The use of silane technology in crosslinking polyethylene/wood flour composites", *Composites*, Part (A) 37: 752–765 (2006).
- 31- Grubbström, G., and Oksman, K., "Influence of wood flour moisture content on the degree of silane-crosslinking and its relationship to structure–property relations of wood–thermoplastic composites", *Composites Science and Technology*, 69: 1045–1050 (2009).
- 32- Akkurt S., "Plastik Malzeme Bilgisi", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 7-25 (1991).
- 33- Akyüz, F.Ö., "Plastikler ve plastik enjeksiyon teknolojisine giriş", *Pagyay Yayıncılık*, İstanbul, 26-33 (2006).
- 34- Yaşar H., "Plastikler Dünyası 2. Baskı ", *MMO Yayınları*, Ankara, 89-97 (2001).
- 35- MEGEP., "Temel plastik enjeksiyon kalıpları 1" *Makine Teknolojisi*, Ankara, 1-4 (2006).
- 36- Onaran, K., "Malzeme Bilimi", *Bilim Teknik Yayınevi*, İstanbul, 381-384 (1999).
- 37- Internet: Termosan Kimyevi "Termoplastik polimerler", <http://www.belgeler.com/blg/2i6l/termoplastik-polimerler> (2010).
- 38- Internet: Gülhan Kauçuk "Kauçuk Ürün İmalatında Genel Bilgiler" <http://www.gulhankaucuk.com/page.php?ID=35> (2009).

- 39- Internet: Enşici, A., “Polimer Esaslı Kompozit Malzemeler ve Ürün Tasarımında Kullanımları”, <http://www.turkadcamlam.net/> 1-18. (2004).
- 40- Yıldırım, A., “Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 6-9 (2007).
- 41- Kim, Y.S., Chung C.I., Lai S.Y., and Hyun K.S., “Melt rheological and thermodynamic properties of polyethylene homopolymers and copolymers with respect to molecular composition and structure”, *Journal of Applied Polymer Science*, 59: 125-137 (1996).
- 42- Zuidema, H., Peters G.W.M., and Meijer H.E.H., “Influence of cooling rate on PVT-data of semicrystalline polymer”, *Journal of Applied Polymer Science*, 82: 1170-1186 (2001).
- 43- Tao, Z., and Huang, J.C., “Melt fracture of polypropylene resin in capillary flow”, *Polymer*, 44: 3165-3171 (2003).
- 44- Internet: Teknolojik Malzeme Araştırma ve Uygulama Merkezi “Mekanik deneyler,Çekme,Deneyi”<http://temagem.sdu.edu.tr/index.php?dosya=u4&tur=2> (2010).
- 45- Mallik P.K., “Materials, manufacturing and design, marcel dekker”, *Fiber Reinforced Composites*, 48: 291-299 (1990).

ÖZGEÇMİŞ

Salih KAYA 1985 yılında Gaziantep ilinin Nizip ilçesinde doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Mehmet Akif Ersoy Endüstri Meslek Lisesi kalıp Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2003 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, kalıpcılık öğretmenliği bölümünde öğrenime başlayıp 2007 yılında mezun oldu. 2008 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans Programına devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Anadolu mah. 484. Sok No: 63/3

Yenimahalle/ANKARA

Tel: (506) 652 83 10

E-posta: kayasali@gmail.com