

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

CAM ELYAF TAKVİYELİ, POLYAMİD-6 MATRİSLİ KOMPOZİT
MALZEMEYE BOR OKSİT (B_2O_3) İLAVESİNİN MALZEMENİN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Müslüm ŞAHİN

NİSAN 2014

Makine Mühendisliği Anabilim Dalından Müslüm ŞAHİN tarafından hazırlanan CAM ELYAF TAKVİYELİ, POLYAMİD-6 MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMEYE BOR OKSİT (B₂O₃) İLAVESİNİN MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.Ali ERİŞEN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç.Dr.Recep ÇALIN
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan: Yrd.Doç.Dr.Barış KALAYCIOĞLU _____

Üye (Danışman): Doç.Dr.Recep ÇALIN _____

Üye : Yrd. Doç.Dr. Battal DOĞAN _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Doç.Dr. Erdem Kamil YILDIRIM
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*Rahmetli büyükbabam ve
dedeme...*

ÖZET

Cam Elyaf Takviyeli, Polyamid-6 Matrisli Kompozit Malzemeye Bor Oksit (B_2O_3) İlavesinin Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

ŞAHİN, Müslüm

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Recep ÇALIN

Nisan 2014, 107 Sayfa

Plastik matrisli kompozitler, hafif ve ekonomik oldukları için birçok alanda mühendislik malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada %30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemeye %1 ve %2 oranlarında milli kaynağımız olan Bor Oksit (B_2O_3) ilave edilmiş olup plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin mekanik ve tribolojik özellikleri incelenmiştir.

%30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzeme ilk olarak 120°C sıcaklıkta 2 saat süre ile fırında ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. 1gr Bor Oksit-10ml ispirto olacak şekilde ayarlanarak Bor Oksit ispirotoda çözülmüştür. %30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 'ya hacimce Bor Oksit oranı %1 ve %2 olacak şekilde Bor Oksit -ispirto karışımı ilave edilmiştir ve karıştırılmıştır. Malzeme plastik enjeksiyondan önce 120°C sıcaklıkta 2 saat süre ile fırında son ısıtmaya tabi tutulmuştur. Plastik enjeksiyon makinasında 60 Bar basınç altında 240 °C'de kompozitler üretilmiştir.

Bor Oksit ilavesi Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemelerde mukavemet ve sertlik değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Bor Oksit ilavesi mukavemet değerlerinde önemli azalma gösterirken sertlik değerlerindeki azalma

daha az olduğu görülmüştür. Ancak %30 Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemeye %1 oranında Bor Oksit (B_2O_3) ilavesinin kopmadaki birim uzama değerlerini arttırmıştır. %30 ve %35 cam elyaf takviyeli kompozitlerde ısı iletkenlik değeri artan Bor Oksit miktarlarıyla artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polyamid-6, B_2O_3 , Plastik enjeksiyon makinası, Mekanik özellikler

ABSTRACT

An Investigation On The Effect Of Addition Of Boron Oxide (B_2O_3) On The Mechanical Properties Of Glass Fiber Reinforced Polyamid-6 Matrix Composite Materials

ŞAHİN, Müslüm

Kırıkkale University

Graduate Scholl Of Natural And Applied Sciences

Department Of Mechanical Engineering, M.Sc Thesis

Supervisor: Assoc.Prof.Dr.Recep ÇALIN

April 2014, 107 Pages

Plastic matrix composites are widely used in several engineering applications since they are lightweight and economical. In this study, 30 % and 35% in two separate Glass-Fiber reinforced Polyamide-6 and composite materials by 1% and 2 %in the national, which is our source of Boron Oxide (B_2O_3) has been added to plastic injection method is manufactured. Produced composites, mechanical and tribological properties were investigated.. Produced composites were investigated in terms of mechanical and tribological properties.

30 % and 35 % in two separate Glass-Fiber reinforced Polyamide-6 and composite materials as the first 120°C temperature in the oven for 2 hours, they were subjected to pre-heating. In a way to 1 gram Boron Oxide and 10 milliliter spirit was calibrated and Boron Oxide dissolved in the spirit. 30 % and 35% in two separate Glass-Fiber reinforced Polyamide-6', or the volume of Boron Oxide, 1% and 2% will be Boron Oxide- spirit has been added to the mix, and were mixed. Specimen was subjected to a heat treatment at 120 °C along with 2 hour. Composites were produced by plastic injection machine at 240 °C under 60 Bar pressure.

The addition of B_2O_3 to glass fiber-reinforced Polyamide 6 matrix causes the decrease of strength and stiffness values. B_2O_3 addition has much more effect on decreasing of strength than decreasing of hardness. On the other hand the addition of

%1 B₂O₃ to 30% glass fiber reinforced Polyamide 6 matrix increases the strain value at the failure (rupture) point. Furthermore, it was seen that coefficient of thermal conductivity increased with increasing ratio of B₂O₃ in %30 and %35 glass fiber reinforced composite specimens

Key words: Polyamide-6, B₂O₃, Plastic injection molding machine, Mechanical properties

TEŐEKKÖRLER

Tezimin hazırlanması esnasında hiçbir yardımcı esirgemeyen ve biz genç araştırmacılara büyük destek olan, bilimsel deney imkânlarını sonuna kadar bizlerin hizmetine veren, tez yöneticisi hocam, Sayın Doç. Dr. Recep ÇALIN'a, tez çalışmalarım esnasında, bilimsel konularda daima yardımını gördüğüm hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Muharrem PUL'a, Yrd. Doç. Dr. Osman BİCAN'a, Yrd. Doç. Dr. Battal DOĞAN'a Yrd. Doç. Dr. Zühtü PEHLİVANLI'ya, Yrd. Doç. Dr. Şule Ocak Araz, Dr. Hanifi ÇİNİCİ'ye, Hüseyin KÖKTAŞ'a büyük fedakârlıklarla bana destek olan kuzenim Burak Can Kaplan'a ve arkadaşlarım Hakkı Can TUNÇ'a, Ali Özefe'ye teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜRLER	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Çalışması.....	1
1.2 Tezin Amaç ve Kapsamı.....	7
2. KOMPOZİT MALZEMELER	9
2.1 Kompozitler	9
2.2 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	10
2.2.1 Elyaf (Fiber) Takviyeli Kompozitler	11
2.2.2 Parçacık Takviyeli Kompozitler	11
2.2.3 Tabakalı Kompozitler	11
2.3 Polimer Matrisli Kompozitler	12
2.3.1 Polimer Matrisli Kompozitler İçin Matris Malzemeleri	13
2.4 Plastik Kompozitlerin Üretim Yöntemleri.....	16
2.4.1 Elle Kalıplama	16
2.4.2 Püskürtme	16
2.4.3 Reçine Enjeksiyon Kalıplama.....	17
2.4.4 Plastik Enjeksiyon Kalıplama.....	17
2.4.5 Flament Elyaf Sarma	18
2.4.6 Profil Çekme (Pultrüzyon).....	19
3. BOR VE BOR BİLEŞİKLERİ	21
3.1 Bor	21
3.1.1 Atom Yapısı.....	21

3.1.2 Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	22
3.2 BOR BİLEŞİKLERİ	24
3.2.1 Borik Asit.....	24
3.2.2 Bor Oksit.....	25
3.3 Bor Bileşiklerinin Kullanım Alanları ve Özellikleri	25
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	27
4.1 Malzeme ve Metot	27
4.2 Çekme Testi	30
4.3 Aşınma Testi.....	31
4.4 Sertlik Ölçme Testi	32
4.5 Yoğunluk ve Gözeneklilik Belirlenmesi	34
4.6 Metalografik İnceleme.....	35
4.7 Isıl İletkenlik Deneyi	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	41
5.1 Çekme Testi Sonuçları.....	41
5.2 Aşınma Testi Sonuçları.....	49
5.3 Yoğunluk ve Gözeneklilik Testi Sonuçları.....	57
5.4. Isıl İletkenlik Deney sonuçları.....	62
5.5 Metalografik deney sonuçları	64
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	69
EKLER.....	73
Ek 1. % 30 Cam Elyafı Malzemenin EDS.....	73
Ek 2. % 35 Cam Elyafı Malzemenin EDS.....	74
Ek 3. %30 Cam Elyaf -%1 Bor Oksit XRD.....	75
Ek4. %30 cam elyaf -%2 Bor Oksit XRD	76
Ek 5. %35 cam elyaf -%1 Bor Oksit XRD	77
Ek 6. %35 cam elyaf -%2 Bor Oksit XRD	78
Ek 7. %30 Cam Elyafı Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu.....	79
Ek 8. %30 Cam Elyafı -%1 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu.....	81
Ek 9. %30 Cam Elyafı -%2 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu.....	83

Ek 10. %35 Cam Elyafly Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu.....	85
Ek 11. %35 Cam Elyafly -%1 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu	87
Ek 12. %35 Cam Elyafly -%2 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu.....	89
Ek 13. Polyamid-6 Matrslı %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Özellikleri.....	91
Ek 14. Polyamid-6 Matrslı %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Özellikleri.....	92
Ek 15. Deney Numunesi Teknik Resimi	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1 Kompozitlerin Avantaj ve Dezavantajları.....	9
2.2 Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları	12
2. 3 Termoset ve Termoplastiklerin Özellikleri	13
3.1 Bor'un Atomik Yapısı	22
3.2 Bor'un Fiziksel Özellikleri	23
3.3 Bor'un Kimyasal Yapısı	23
3.4 Borik Asit'in Kimyasal Özellikleri.....	24
3.5 Takviye Elemanı Bor Oksit'in Kimyasal Özellikleri	25
3.6 Bor Bileşiklerinin Üretim Yöntemleri Ve Kullanım Alanları.....	26
5.1 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Mukavemet Değerleri.....	41
5.2 %30 ve 35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Bor Oksit Oranlarına Göre Mukavemet Değerleri	43
5.3 20N ve 40N Kuvvetlerinde Kompozit Malzemenin Aşınma Değerleri.....	49
5.4 Kompozit Malzemelerin Deneysel Ve Teorik Yoğunluğu	57
5.5 Isıl İletkenlik Katsayısının Bor Oksit Oranına Göre Değişimi	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Takviye Elemanının Şekline Göre Kompozit Çeşitleri.....	10
2. 2 Elle Kalıplama.....	16
2. 3 Püskürtme.....	17
2. 4 Plastik Enjeksiyon Kalıplama	18
2. 5 Flament Elyaf Sarma.....	19
2. 6 Profil Çekme İşleminin Şematik Görüntüsü	20
4. 1 Hür-Mak Ks 150 Marka Plastik Enjeksiyon Makinası	28
4. 2 Kompozit Malzemenin Kalıbı.....	28
4. 3 Plastik Enjeksiyon Makinasın Kontrol Sistemi.....	29
4. 4 Kalıptan Çıkan Kompozit	29
4. 5 İnstron Marka Çekme Testi Deney Cihazı.....	30
4. 6 Çekme Testi Deney Numunesi.....	30
4. 7 Aşınma Test Cihazı	31
4. 8 Aşınma Testi Deney Numunesi	32
4. 9 Emcotest Hrl Test Cihazı	33
4. 10 Sertlik Ölçme Testi Deney Numunesi	33
4. 11 Sartoris CPA224S Marka Deney Terazisi.....	34
4. 12 JEOL JSM-5600 Elektron Mikroskop ve Optik Mikroskop	35
4. 13 EDX Fe1 Quanta 400 EDS Analiz Cihazı	37
4. 14 PANalytical XRD Xpert Pro Deney Cihazı	38
4. 15 Anter Uniterm Model 2022 Marka Termal İletkenlik.....	39
4. 16 Isıl İletkenlik Testi Deney Numunesi	40
5.1 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Çekme Diyagramı	41
5.2 %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Kırılma Yüzeyi Sem Görüntüsü.....	42
5.3 %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Kırılma Yüzeyi Sem Görüntüsü.....	43
5.4 Cam Elyaf Ve Bor Oksit Takviyeli Kompozitlerin Çekme Diyagramı	44
5.5 %30 ve %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Artan Bor Oksit Miktarlarına Göre Çekme Dayanımı	44

5.6 Kompozitlerin Bor Oksit Oranına Göre Sertlik Değişimi.....	45
5.7 %30 Cam Elyaf ve %1 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Kırılma Yüzeyi Sem Görüntüsü	45
5.8 %30 Cam Elyaf ve %2 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Kırılma Yüzeyi Sem Görüntüsü	46
5.9 %35 Cam Elyaf ve %1 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Kırılma Yüzeyi Sem Görüntüsü	46
5.10 %35 Cam Elyaf ve %2 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Kırılma Yüzeyi Sem Görüntüsü	47
5.11 20N Yük ve 150 Mesh Aşındırıcı Altında Kompozitlerin B ₂ O ₃ Oranlarına Göre Aşınma Miktarı	50
5.12 20N Yük ve 320 Mesh Aşındırıcı Altında Kompozitlerin B ₂ O ₃ Oranlarına Göre Aşınma Miktarı	50
5.13 40N Yük ve 150 Mesh Aşındırıcı Altında Kompozitlerin B ₂ O ₃ Oranlarına Göre Aşınma Miktarı	51
5.14 40N Yük ve 320 Mesh Aşındırıcı Altında Kompozitlerin B ₂ O ₃ Oranlarına Göre Aşınma Miktarı	51
5.15 %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Aşınma Yüzeyi Sem Görüntüsü	52
5.16 %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Aşınma Yüzeyi Sem Görüntüsü	52
5.17 %30 Cam Elyaf Ve %1 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Aşınma Yüzeyi Sem Görüntüsü	53
5.18 %35 Cam Elyaf ve %1 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Aşınma Yüzeyi Sem Görüntüsü	53
5.19 %30 Cam Elyaf Ve %2 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Aşınma Yüzeyi Sem Görüntüsü	54
5.20 %35 Cam Elyaf Ve %2 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Aşınma Yüzeyi Sem Görüntüsü	54
5.21 %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Mesh Boyutlarına Göre Aşınma Miktarı	55
5.22 %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Mesh Boyutlarına Göre Aşınma Miktarı	55
5.23 Kompozit Malzemelerin Artan B ₂ O ₃ Miktarlarına Bağlı Gözenek Miktarı	57
5.24 %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Optik Mikroskop Görüntüsü	58

5.25 %30 Cam Elyaf ve %1 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Optik Mikroskop Görüntüsü	58
5.26 %30 Cam Elyaf ve %2 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Optik Mikroskop Görüntüsü	59
5.27 %35 Cam Elyaf Kompozitin Optik Mikroskop Görüntüsü.....	59
5.28 %35 Cam Elyaf ve %1 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Optik Mikroskop Görüntüsü	60
5.29 %35 Cam Elyaf ve %2 B ₂ O ₃ Takviyeli Kompozitin Optik Mikroskop Görüntüsü	60
5.30 Isıl İletkenlik Değerinin B ₂ O ₃ Oranına Göre Değişimi.....	62
5.31 %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Bor Oksit Oranlarına Göre SEM Görüntüsü	64
5.32 %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Bor Oksit Oranlarına Göre SEM Görüntüsü	65

KISALTMALAR DİZİNİ

$\text{Na}_8 (\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{Cl}_2$	Sodalite
$\text{Al}_6\text{B}_5\text{O}_{15} (\text{F},\text{OH})_3$	Jeremejevite
$\text{Ca}_{10} (\text{Mg},\text{Fe})_2\text{Al}_4 (\text{SiO}_4)_5 (\text{Si}_2\text{O}_7)_2 (\text{OH},\text{F})_4$	Vesuvianite
$\text{Pb}_{47}\text{Cl}_{25} (\text{OH})_{13}\text{O}_{24} (\text{CO}_3) (\text{BO}_3)_2$	Mereheadite
$\text{K} [\text{AlSi}_2\text{O}_6]$	Leucite
SEM	Scanning Electron Microscope
EDS	Energy Dispersive X-Ray Analysis
XRD	X-Ray Diffraction
B_2O_3	Bor Oksit

1. GİRİŞ

1950'lerden sonra gelişen teknoloji ile birlikte ham madde ihtiyacı artmıştır. Geleneksel malzemeler bu ihtiyacı tek başına karşılayamamıştır. Bu durum kompozit malzemelerin üretimi ve mekaniksel özellikleri üzerine araştırma ve geliştirme çalışmalarını artırmıştır. Hafif ve dayanıklı malzemeye ihtiyaç; havacılık ve otomotiv gibi sanayilerde artmıştır. Yüksek sıcaklık ve boyutsal kararlılığa olan ihtiyaç kompozit malzemelerin gelişmesini artırmıştır.

Polimer matrisli kompozitler, düşük yoğunluk, ekonomiklik, kolay üretilebilirlik, mekanik özelliklerinin iyi olması, yalıtkanlık gibi özelliklerinden dolayı endüstride yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Plastik esaslı kompozitler yayma, basma kalıplama ve transfer kalıplama soğuk pres kalıplama, helisel sarma, torba kalıp, profil çekme ve plastik enjeksiyon yöntemleri kullanılarak üretilebilir.

Plastik enjeksiyon kalıplama; erimiş plastiğin sonsuz vida yardımıyla yüksek basınçla birlikte kalıba basılması yöntemidir. Plastik enjeksiyon yönteminin avantajları seri ve kolay üretimi sayesinde ucuz bir üretim yöntemidir.

1.1 Literatür Çalışması

Poliamid 6 (PA6), döküm poliamid 6 (PA6G), poli-oksi-metilen (POM), poli-eter-eterketon (PEEK) ve poli-etilen-tereftalat (PET) mühendislik polimerleri kullanılmıştır. Aşınma deneyleri disk-üstü pim aşınma deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Mühendislik plastiklerinin aşınma deneylerinde üç farklı yük (60N, 80N ve 100N) ve iki farklı (0,5-1 m/s) kayma hızı kullanılmıştır. Deneyler kuru ortam şartları altında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde AISI 1040 çeliği, karşı disk malzeme olarak kullanılmıştır. Farklı yük ve kayma hızlarında gerçekleştirilen aşınma deneylerinde PA6, PA6G, POM, PEEK ve PET mühendislik plastiklerinin

sürtünme katsayıları ve özgül aşınma oranları tespit edilmiş ve sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlara göre deneylerde kullanılan polimerler içinde en düşük sürtünme katsayısı ve aşınma oranı PET mühendislik polimerinde tespit edilmiştir. Mühendislik plastiklerinde kayma hızının artışı ile aşınma oranlarının ve sürtünme katsayılarının arttığı görülmüştür. PEEK, PA6G ve PET mühendislik polimerlerinde yükün artışı ile sürtünme katsayısının arttığı görülmüşken, PA6 ve POM mühendislik polimerlerinde yükün artışı ile sürtünme katsayısının azaldığı görülmüştür [1].

Polyesterin, aşınma dayanımını arttırmak üzere farklı ağırlık oranlarında Al_2O_3 partikülleri takviye edilerek plastik matrisli partikül takviyeli kompozit malzemeler üretmiştir. Üretilen kompozit malzemeler Pinon-Disk modeli bir aşınma deney düzeneğinde aynı tribolojik şartlarda aşınma deneyine tabi tutmuştur. Aynı tribolojik şartlar altında aşınma deneyleri yapılan Polyester- Al_2O_3 kompozitlerinin aşınma dayanımlarının, polyester içindeki Al_2O_3 oranının artışıyla yükseldiği belirlemiştir. Aşınma dayanımı ile sertlik arasında bir ilişki belirlenememiştir [2].

Tren vagonlarındaki bojilerde kullanmak için çok yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (ÇYMAPE) ve poliamid-6 (PA-6) polimerleri seçilmiş ve bu polimerler AISI 4140 çelik yüzeyine karşı çalıştırılarak aşınma ve sürtünme davranışları incelemiştir. Aynı zamanda deneylerde kullanılan polimerlerin aşınma ve sürtünme davranışlarına kayma hızı ve uygulanan yükün etkisi de araştırmıştır. Deneyler, kuru ortam şartlarında ve pinon-disk aşınma cihazında gerçekleştirmiştir. Tribolojik deneyler için 50N, 100N ve 150N olmak üzere üç farklı yük ile 0.5m/s, 1.0m/s, 1.5m/s ve 2.0m/s olmak üzere dört farklı kayma hızı seçmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, ÇYMAPE ve PA-6 polimerlerinin sürtünme katsayısı ve spesifik aşınma oranı uygulanan yükün artması ile azaldığı fakat kayma hızının artması ile azaldığı gözlenmiştir. ÇYMAPE polimerinin spesifik aşınma oranı yaklaşık olarak 10-15 m^2/N iken PA-6'nın spesifik aşınma oranı yaklaşık olarak 10-13 m^2/N bulunmuştur. ÇYMAPE ve PA-6 polimerlerinin çelik karşı yüzeyine karşı aşınma yüzeyleri optik mikroskop kullanılarak incelemiştir [3].

Cam elyaf (E) takviyeli plastik matris kompozit (PMK) malzeme enjeksiyon tekniğiyle üretmiştir. Cam elyaf, polipropilen (PP) ve naylon 6 (PA6) matris içerisine, ağrılıkça % 15 ve % 30 oranlarında katmıştır. Takviye elemanı ile enjeksiyon hızı, sıcaklık, arka basınç ve yolluk girişleri gibi enjeksiyon parametrelerinin üretilen PMK malzemelerin mekanik özelliklerine etkileri incelemiştir. Üretilen numuneler çekme ve darbe deneylerine tabi tutulmuştur. Çekme dayanımının; enjeksiyon hızının artmasıyla azaldığı, besleme bölgesi sıcaklığı ve arka basıncın artmasıyla değişmediği, yolluk geçidinin büyümesiyle bir miktar artığı görölmüştür. Cam elyafın, çekme dayanımını önemli ölçüde (% 100-200) artırdığı görölmüştür [4].

105 µm parçacık boyutlu SiO₂ tozu %30, 40, 50 güçlendirme hacim oranıyla quartz tüplere doldurulmuş. Sıvı Al7075 alaşımı aynı vakum durumu aynı zaman ve aynı sıcaklıkta, normal atmosfer basıncında 3 dakikada vakum infiltrasyon SiO₂'ye geçmiş. Vakum işlemi sonunda bu kompozitin infiltrasyon yüksekliği ve yoğunluğu belirlenmiş. Bu kompozitin mikro yapıları SEM analizi ile anlaşılmıştır. Sonlu elemanlar analizi ve deneysel metot olmak üzere iki metotla termal iletkenlikleri belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirilmiştir ve karşılaştırılmıştır. Bu iki farklı metotla elde edilen sonuçların birbirine çok yakın olduğu ve kompozitlerin termal iletkenliklerinin artışının, güçlendirme hacim oranının azalmasıyla gerçekleştiği görölmüştür [5].

Takviye hacim oranının eriyik metalin infiltrasyon davranışı, termal özellikleri ve vakum infiltrasyon yöntemiyle üretilen Al-MgO kompozitinin mikro yapısı üzerine etkileri araştırılmış. Vakum infiltrasyon yöntemi takviye oranının önem arz ettiği bir kompozit üretim metodudur. Bu çalışmada MgO tozu takviye malzemesi, Al ise matris malzemesi olarak kullanılmış. 105 µm parçacık boyutlu MgO ve Al tozu karışımı %10,20,30 oluşturularak quartz tüplere doldurulmuş. Sıvı Al, 550 mmHg vakum değer, 730°C sıcaklık ve normal atmosfer basıncında 3 dakika süre ile infiltre edilerek kompozitler üretilmiş. SEM fotoğraflarıyla, efektif termal iletkenliğin belirlendiği bir termal analiz modeli oluşturulmuş. Güçlendirme hacim oranı azaldıkça, Al-MgO kompozitinin efektif termal iletkenliğin artığı görölmüştür.

Bu çalışmadaki deneysel ve özellikle nümerik analiz sonuçları birbiriyle tutarlı termal iletkenlik değeri verdiği görülmüştür [6].

Fiber iyileştirme ve matris modifikasyonu yöntemlerinin keten fiber demetleri ve polipropilen (PP) kompozitlerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş. Fiber demetleri ve polimetrik matris içinde bulunan ara yüz bağlarını güçlendirmek adına maleic anhydride (MA), vinyltrimethoxy silane, maleic anhydride-polypropylene copolymer (MAPP) gibi kimyasallar kullanılarak iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiş. Burada kompozitler iç karışım ve ekstrüzyon olmak üzere iki şekilde oluşturulmuş. Hem keten fiber demetlerinin hem de hibrit cam-keten demetlerinin kompozitlerinin mekanik özellikleri çalışılmış. SEM uygulamasıyla kırılma yüzeyleri incelenmiş. Sonuçlar matris modifikasyonunun fiber yüzey modifikasyonuna göre mekanik performans üzerinde daha iyi sonuçlara sebep olduğunu göstermiştir. Buna ilişkin; Silanes veya MA nakledilmiş PP matrislerinin kompozitlerin mekanik özellikleri üzerinde yapmış olduğu etkilerin MAPP modifikasyonu ile hazırlanandan daha iyi olduğu ve cam fiber /PP modifikasyonunun sonuçlarıyla da yakınlık gösterdiği görülmüştür [7].

Ayrıştırılabilir poly (ϵ -caprolactone) termoplastiğin kısa keten fiber demetleriyle karıştırılmasıyla elde etmişler. Fiber-matris adhezyonunu (tutunmasını) artırmak için, bir iç karıştırıcıda poly (ϵ -caprolactone)-g-maleic anhydride copolymer (PCL-g-MA) uyumlaştırıcısı hazırlanmış. Dicumyl peroxide'ın reaksiyonu başlatmasıyla MA'nın PCL polimeri üstüne aşılama reaksiyonu gerçekleştirilmiş. Mekanik özellikler uyumlaştırıcı madde yoğunluğu ve fiber miktarına bağlı olarak analiz elde edilmiştir. Buna ek olarak TG analizi ile keten/PCL ve keten/PCL-g-MA kompozitlerinin termal özellikleri incelenmiştir. En yüksek çekme ve eğilme dayanımları keten fiber demetleri ve PCL-g-MA matrisiyle üretilen kompozitler göstermiştir. SEM ile yapılan gözlemler keten fiber demetleri ve PCL-g-MA matrisi arasındaki tutunma (adhezyon) artışını kanıtlamıştır. TG analizinden elde edilen sonuçlar fiber ekleme ve matris modifikasyonunun kompozitlerin termal kararlılığını bir parça düşürdüğünü göstermiştir. PCL ile güçlendirilmiş kısa keten demeti kompozitlerinin deneysel sonuçlar ile elde edilen mekanik özellikleri amprik modellerle hesaplanan değerlerle karşılaştırılarak aralarındaki korelasyon incelenmiştir. PCL-g-MA matrisi bazı

kompozitlerde amprik modeller ve deneysel sonuçların fiber içeriği ne olursa olsun uyumlu olduğu görülmüştür. Buna karşın, PCL matrisi bazlı kompozitlerde bu uyumun ancak %20 keten fiber oranına kadar geçerli olduğu, bunun üstündeki değerlerde deneysel değerlerin öngörülerin altına düştüğü görülmüştür [8].

Ahşap-plastik kompozitlerin (WPC) termal ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için bambu kömürü (BC) güçlendirici katkı olarak kullanılmıştır ve birçok BC-WPC kompozit örneği hazırlanmıştır. BC ve sulu işleme yöntemlerinin, su emme, morfoloji, mekanik özellikler üzerindeki etkileri ile sulu işlemenin mekanik ve termal özellikler üzerindeki etkileri araştırıldı. Sonuçlar BC nin WPC içinde kuvvetli bir arayüz etkileşimini sağlayabileceğini gösterdi. BC-WPC lerin su geçirmezlik, eğilme-burulma özellikler, çekme özellikleri ve termal özellikleri katkısız WPC 'lerden daha yüksekti. Sulu işlemden sonra eğilme-burulma ve çekme özellikleri düşürülürken çarpma dayanımı artırılmış. BC' nin varlığı su emmenin mekanik özellikler üstündeki etkisini görülmüştür [9].

Enjeksiyonla kalıplanan ahşap unu/polipropilen kompozitlerinin farklı muhteviyatta bor bileşikleriyle (boraks/borik asit ve çinko borat, fosfat bileşikleri, mono ve diamonyum fosfat) birleşiminin fiziksel, mekanik ve yanma özellikleri araştırılmıştır. Bağlayıcı muhtevasının (maleic anhidrit-aşılı polipropilen) alev geciktiricili kompozitlerin özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çinko boratlı kompozitler en yüksek boyutsal kararlılık ve eğilme, çekme ve izod darbe mukavemetlerine sahip olurken bunu sırasıyla monoamonyumfosfat, borak/borik asit ve diamonyumfosfat işlemleri takip etmiştir. Isı salınım hızlarındaki düşüş ile görüldüğü gibi bu işlemler ısıl performansta makul artışlar sağlamıştır. En iyi sonuçlara fosfat işlemleriyle ulaşılmıştır. SEM ve EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) element haritalama örnekleri ahşap fiberlerin dış yüzeylerinin bazı alev- geciktirici kristalin birikintilerle kaplandığını göstermiştir [10].

Ahşap unu - farklı oranlarda (4, 8, or 12 wt.%) bor bileşikleriyle kullanılan çok yoğun polietilen kompozitler ve uyumlaştırıcıların (2, 4, or 6 wt.% maleic anhydride-grafted polyethylene (MAPE)) mekanik özellikleri, su emme ve şişme kalınlıkları araştırılmıştır. Bor oranı arttıkça ayırık numunelerin boyutsal kararlılık ve elastisite

modülü haricinde mekanik özellikleri negatif etkilenirken uyumlaştırıcı madde artışıyla bu özellikler üzerinde pozitif gelişimler görülmüştür. Boraks ve borik asit içeren numunelere göre çinko borat içeren numuneler daha yüksek eğilme-burulma ve çekme mukavemeti gösterirken boyutsal kararlılıkları da daha fazladır. MAPE oranı yüzde 4 e bor oranı da yüzde 8 e artırıldığında numunelerin boyutsal kararlılıklarının arttığı görülmüştür. Buna karşın bor bileşiklerinin miktarı biraz daha artırılıp yüzde 12 seviyelerine geldiğinde boyutsal kararlılığı ve elastisite modülü dışındaki mekanik özellikleri negatif olarak etkilediği görülmüştür [11].

Çalışmada matris yapı için belirlenmiş değerler; % 98,5 polyester, % 1 sertleştirici ve % 0,5 hızlandırıcı şeklindedir. Basma deney numune boyutları sırasıyla çap ve yüksekliği 50x100 mm'dir. Takviye malzemesi kırpık E cam elyafı 6 mm uzunlukta % 22'den % 88'e % 11 artımla 7 farklı hacim miktarı olarak kullanılmıştır. Diğer takviye elemanı parçacık kuvars ise boyutları 0-0,125 mm aralığında % 5'ten % 45'e % 5 artımla 9 farklı hacim miktarı olarak kullanılmıştır. Hazırlanan elyaf ve parçacık takviyeli kompozit numunelerin 7 gün bekleme süresi sonunda yoğunlukları belirlenmiş ve basma deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda en yüksek basma dayanımı, "elyaf kompozitte" %55 hacim miktarıyla 45,190 N/mm² ve "parçacık kuvars kompozitte" ise % 10 hacim miktarıyla 131,009 N/mm² olarak elde edilmiştir. Bu hacim miktarlarında en düşük yoğunluklar sırasıyla "elyaf kompozitte" 1,142 g/cm³ ve "parçacık kuvars kompozitte" 1,351 g/cm³ olarak elde edilmiştir [12].

Düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) matris içerisine bazalt partikül takviyesi ağırlıkça %10, %30, %50 ve %70 oranlarında yapılmış ve kompozit malzemeler enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiştir. Aşınma testleri 0.5 m/s hızda, AISI 4140 çelik disk üzerinde pin-on-disk aşınma test yöntemiyle atmosferik şartlarda yapılmıştır. Testler 5N ve 20N yük altında uygulanmış ve dört farklı kompozisyondaki malzemenin sürtünme ve aşınma davranışları belirlenmiştir. Kompozitlerin aşınma davranışları katkısız DYPE malzemeyle karşılaştırıldığında, aşınma özelliklerinin bazalt ilavesiyle iyileştiği görülmektedir. % 30 Bazalt ilavesine kadar kompozit malzemelerin sürtünme katsayısı ve aşınma hızı hızla düşmektedir. Uygulanan yüke bağlı olarak, saf DYPE malzemenin sürtünme katsayısı 0.29 ve 0.34 arasında değişirken, %70 bazalt takviyeli kompozitin sürtünme katsayısı 0.1 ve 0.12

arasında değişmektedir. %30 bazalt ilavesinden sonra sürtünme katsayısı ve aşınma hızı sabit davranış göstermektedir. Uygulanan yüke bağlı olarak, saf DYPE' nin aşınma hızı $4.57 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$ ' den $1.11 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{m}$ ' ye değişirken, %70 bazalt takviyeli malzemenin aşınma hızı $4.97 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{m}$ ile $7.18 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{m}$ arasında değişmektedir [13].

Literatür araştırmalarından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Polyamid-6'nın aşınma miktarının ve sürtünme katsayısının kayma hızı ile artığı, artan yük ile ise azaldığı tespit edilmiştir.

Polyamid-6 matrisli malzemenin cam elyaf ile takviye edilmesi çekme dayanımını artırmıştır.

Termoplastik bir malzeme olan Polipropilen'e bor bileşiklerinin (boraks, borik asit ve çinko borat) ilave edilmesiyle eğilme, çekme ve izod darbe mukavemetinde artış sağlanırken, ısı salınım hızlarında düşüş grlmştir.

Yüksek yoğunluklu Polipropilen'e katılan Bor'un oranı artıa boyutsal kararlılık ve elastisite modülü artarken diğer mekanik özellikleri azalmıştır.

1.2 Tezin Amaç ve Kapsamı

Bu alışmada Plastik esaslı kompozit malzemelere ülkemizde bol miktarda bulunan ve milli kaynağımız bor bileşiklerinin takviye elemanı olarak kullanılmasıyla, otomotiv, makine ve savunma sanayine yönelik makine elemanlarının mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kompozit malzemeler üretilmiştir.

Makine endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sürtünmeli yataklardaki plastik yatak elemanlarının aşınma dirençlerinin arttırılması amacıyla kompozit malzemeler üretilmiştir.

%30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemeye %1 ve %2 oranlarında Bor Oksit (B_2O_3) ilaveli plastik kompozitlerin plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmesine çalışılmıştır ve %1 ve %2 B_2O_3 içeren %30 ve %35 cam elyaf takviyeli Polyamid 6 matrisli kompozitlerin yapısal, mekanik ve triboloji özellikleri incelenmiştir.

2. KOMPOZİT MALZEMELER

2.1 Kompozitler

Birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacı ile bir araya getirilmiş malzemelerden veya fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denir.

Kompozit malzemedeki hacimce çok olan malzemeye matris malzemesi, az olan malzemeye de takviye malzemesi denir. Takviye malzemesinin görevi kompozit malzemeye gelen yükü taşımak ve matrisin rijitlik dayanımını artırmaktır. Matris malzemesinin görevi ise yükü takviye malzemesine iletmektir.

Kompozit malzemeler, kompozit olmayan malzemelere oranla piyasa da yaygın olarak kullanılsa da, kendi içlerinde avantaj ve dezavantajlar içerir. Bunlara yönelik bilgiler Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1 Kompozitlerin avantaj ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Düşük yoğunluk	Maliyetinin yüksek olması
Yüksek termal direnç	Kırılma uzamasının az olması
İyi yorulma dayanımı	Üretim zorluğu
Uygun lif yönleri kullanılarak tokluk ve hasar toleransı	Gerekli yüzey kalitesinin elde edilemeyişi
Yüksek mukavemet	İşlenmesinin güç olması
Yüksek sertlik	

2.2 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

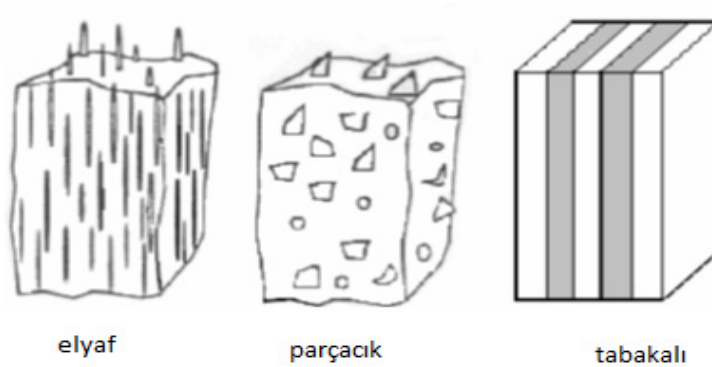
Kompozitler matris malzemesine göre 3'e ayrılır:

- Metal matrisli kompozitler
- Seramik matrisli kompozitler
- Polimer matrisli kompozitler

Bu üç malzemenin de mekanik özellikleri birbirinden tamamiyle farklıdır. Genelde polimerler düşük mukavemet ve elastisite modülüne sahipken, seramikler daha sert ve kırılğan, metaller ise orta mukavemete ve elastisite modülüne sahiptir, ancak süneklikleri iyidir ve kırılğan değildirler.

Kompozit malzemelerde takviye elemanına göre 3 şekilde gruplandırabilir.

- Elyaf takviyeli kompozitler
- Parçacık takviyeli kompozitler
- Tabakalı kompozitler



Şekil 2.1 Takviye elemanının şekline göre kompozit çeşitleri

2.2.1 Elyaf (Fiber) Takviyeli Kompozitler

Elyaf takviyeli kompozitler; yumuşak ve sünek matris içine sert dayanıklı elastikliği yüksek elyaflar ilave edildiğinde çekme dayanımı, yorulma dayanımı, özgül modül ve özgül dayanım iyileştirilir. Matris malzemesi, kuvveti elyaflara transfer ederek yumuşaklık ve tokluk özeliği sağlarken elyaf uygulanan yükün çoğunu taşımaktadır [14].

Elyafın matris içerisindeki yerleşimi kompozit yapının mukavemetini etkileyen önemli bir unsurdur. Uzun elyafların matris içinde birbirine paralel şekilde yerleştirilmeleri ile elyaf doğrultusunda yüksek mukavemet sağlanırken elyaflara dik doğrultuda düşük mukavemet elde edilir. İki boyutlu yerleştirilmiş elyaf takviyelerle her iki yönde de eşit mukavemet sağlanırken matris yapısında homojen dağılmış kısa elyaflarla izotrop bir yapı elde edilir [15,16].

2.2.2 Parçacık Takviyeli Kompozitler

Tek veya iki boyutlu makroskobik partiküllerin veya sıfır boyutlu olarak kabul edilen mikroskobik partiküllerin matris ile oluşturdukları malzemeler olup ortalama gömülen parçacık boyutu 1 µm'den büyük ve elyaf hacim oranı %25den fazla kullanılmamaktadır. Yük elyaf ve matris tarafından birlikte taşınır ve özellikler izotropiktir. Bu kompozitler; dayanımı iyileştirmekten ziyade beklenilmeyen alışılmışın dışında birleştirilmiş özellikleri elde etmek için tasarlanmaktadır [17].

2.2.3 Tabakalı Kompozitler

Farklı elyaf yönelmelerine sahip tabakaların birleşimi ile çok yüksek mukavemet değerleri elde edilebilir. Isıya ve neme dayanıklı yapılardır. Metallerle göre hafif ve aynı zamanda mukavemetli olmaları nedeniyle tercih edilen malzemelerdir. Sürekli elyaf takviyeli tabakalı kompozitler uçak yapılarında, kanat ve kuyruk grubunda yüzey kaplama malzemesi olarak çok yaygın kullanıma sahiptir [18].

2.3 Polimer Matrisli Kompozitler

Polimer matrisli kompozitler (PMC), gelişen teknoloji ile birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun iki sebebi vardır;

- Polimer matrisli kompozitlerin üretimi yüksek basınç ve sıcaklık gerektirmez. Bu özelliği sayesinde üretim esnasında takviye elamanının hasar görme problemini azaltır.
- Polimerlerin mekanik özellikleri metal ve seramiklere göre düşüktür. Böylece polimer matrisli kompozitlerin üretimiyle, polimerlerin özellikleri iyileştirilebilir.

Polimer matrisli kompozit belirtilen özellikleri nedeniyle birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlara ait örnekler Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları [19]

Uçak	Uçak Kanatları, Helikopter Pervaneleri, Vantilatör Ve Türbin Kanatları
Uzay	Uzay Yapıtları, Antenler, Robot Kolları
Otomotiv	Gövde Parçaları, Tampon ve Çamurluklar, Ön Ve Arka Paneller, Aks Mili, Yaylar
Gemi	Gemi Teknesi, Gemi Güvertesi
Spor	Oltalar, Yüzme Havuzları, Tenis Raketleri, Bisiklet Ve Motosiklet Gövdesi
Tıp	Röntgen Masaları, Protezler Ve Tekerlekli Sandalyeler
Uçak- Uzay	Uçak Frenleri, Roket Motorları, Türbin Pervaneleri, Roket Çıkış Sistemleri

Polimer matrisli kompozitler matris malzemesine göre termoset ve termoplastik olmak üzere ikiye ayrılır. Termoset ve termoplastik malzemeler arasında ki farklar Çizelge 2.3 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 3 Termoset ve termoplastiklerin özellikleri

Termoset	Termoplastik
Tekrar proses edilemez	Tekrar proses edilebilir
Uzun kürleme zamanı	Kısa proses zamanı
Belirli bir raf ömrü	Sınırsız raf ömrü
Düşük üretim sıcaklığı	Yüksek üretim sıcaklığı ve viskozitesi
Vasat çözücü direnci	Mükemmel çözücü direnci
Isıtmada bozulur	Isıtma ve basınçta yumuşar ve tamiri kolaydır
Düşük gerinmelerde kopar	Yüksek gerinmelerde kopar
Polyester, Fenolik, Epoksi	Akrililik, Naylon (Polyamid), Polikarbonat, Politirithirkiton, Politetrafluoretilen, Polietilen Polipropilen, Polivinilklorür

2.3.1 Polimer Matrisli Kompozitler İçin Matris Mazlemeleri

2.3.1.1 Termoset

Polyester;

Çevre koşullarına iyi dayanırlar. Genellikle cam elyafı ile pekiştirilerek deniz tekneleri, otomobil gövdeleri, su tankları üretiminde kullanılır.

Epoksi;

Epoksi Polyester'e göre daha sert ve kırılğan bir malzemedir. Elektrik yalıtkanlıkları iyidir. Su emme özelliğine sahiptir. Yüksek sıcaklıklarda özelliklerini korur. Başlıca kullanım alanları elektrik ve elektronik sanayisidir.

2.3.1.2 Termoplastik

Naylon-6 (Polyamid-6);

Bünyesinde su tutma özeliğine sahiptir. Bu özellik hem olumlu hem de olumsuzdur. Olumlu özelliği ani darbe ve titreşimlere karşı mukavemet sağlar. Olumsuz özelliği ise ölçü stabilizasyonu zorluğudur. Bazı asit ve bazlara karşı dayanıklıdır. Yüksek mukavemet, yüksek aşınma direnci ve iyi işlenebilmesi diğer özellikleridir.

Basit dişliler, yataklar, cıvatalar, makara, kayış kasnaklar, kesim plakası başlıca kullanım alanlarıdır.

Polikarbonat (PC);

Darbe mukavemeti yüksektir. Su emmez. İşleme esnasında kolay şekillendirilebilir. Cam berraklığında bir görünüme sahiptir. Kuvvetli asit ve bazlara karşı dayanıklı değildir.

Lensler, kasklar, otomotiv farları, vinil kaplamalar, CD ambalajları gibi farklı alanlarda kullanılırlar.

Politetrafluoretilen (PTFE) (TEFLON);

Su emmez. Çok iyi elektrik direnci ve düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Kimyasal etkilere karşı çok yüksek dayanıklılık gösterir. Ancak üretimi zor ve pahalıdır.

Başlıca kullanım alanları kablo izolasyonları, trafo, röle, anten, transformatör, radar parçaları, bağlantı parçaları, bobin, jeneratör vb. izolasyonları, yüksek gerilim izolatörleri, kapasitör ve transformatörler için hava geçirmez keçeler, yakıt hücreleri için elektrodlar, yüksek frekans kabloları için bağlantı kutusudur.

Polietilen (PE);

Sünek bir malzemedir. Düşük su emme kapasitesine sahiptir. Kimyasal etkilere karşı yüksek dayanıklılığa sahiptir. Kolay şekillendirilebilir.

Boru, oyuncak, kablolarda yalıtkan tabakalar başlıca kullanım alanlarıdır.

Polipropilen (PP);

Polietilene göre daha sert ve kırılğan bir malzemedir. Sürtünme direnci iyidir. Isı mukavemeti yüksektir. Kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır.

En yaygın kullanım alanı depolama tanklarının ve bunlarla ilgili parça ve ekipmanların imalatıdır. Polipropilen tanklar, kimyasal maddelerin depolanmasında, su tasfiye ve atık su tesislerinde kullanılmaktadır.

Polivinilklorür (PVC);

Sert bir malzemedir. Kimyasallara karşı yüksek dayanıklılığa sahiptir. Sıcaklık dayanımı düşüktür. Yoğunluğu yüksektir. Elektriksel ark dayanımı iyidir.

Kimyasal tanklar (Galvano),elektriksel ekipman üretimi, su arıtım tesis havuzları, pompa ve vana gövdeleri, borular başlıca kullanım alanlarıdır.

2.4 Plastik Kompozitlerin Üretim Yöntemleri

2.4.1 Elle Kalıplama

Dokuma veya kırılmış elyaflardan oluşan kumaşlar, hazırlanmış olan kalıp üzerine elle yatırılarak üzerine sıvı reçine elyaf katmanlarına emdirilir. Elyaf yatırılmadan önce kalıp temizlenerek jelkot sürülür. Jelkot sertleştikten sonra elyaf katları yatırılır. Reçine ise en son sürülür. Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin iyi nüfuz etmesi önemlidir. El yatırma tekniğinde en çok kullanılan polyester ve epoksi'nin yanı sıra vinil ester ve fenolik reçinelerde tercih edilmektedir. Elle yatırma yoğun işçilik gerektirmesine rağmen düşük sayıdaki üretimler için çok uygundur [20]. Şekil 2.1'de elle kalıplama yöntemi ile kompozit üretimi görülmektedir.



Şekil 2. 2 Elle kalıplama

2.4.2 Püskürtme

Püskürtme yöntemi elle yatırma yöntemini aletli şekli olarak kabul edilebilir. Kırılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve

bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Püskürtülme işlemi sonrası yüzeyin bir rulo ile düzeltilmesiyle ürün hazırlanmış olur [20]. Şekil 2.3’de Püskürtme yöntemi ile kompozit üretimi görülmektedir.



Şekil 2. 3 Püskürtme

2.4.3 Reçine Enjeksiyon Kalıplama

Bu üretim metodunda dişi ve erkek olmak üzere iki kalıp kullanılarak iki yüzü düzgün ürün elde edilir reçine enjeksiyonu için üretilmiş özel cam keçe (devamlı keçe) kalıp üzerine yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Önceden hazırlanmış olan bir reçine enjeksiyon noktasından, basınç altında polyster, kalıp içine enjekte edilir. Reçine enjeksiyon metodu ile daha seri ve ekonomik olarak elle yatırmasına oranla daha kaliteli ürün elde edilir [21].

2.4.4 Plastik Enjeksiyon Kalıplama

Bir plastik enjeksiyon işlemi, dört ana safhadan oluşur: doldurma, ütüleme (sıkıştırma), soğutma ve çıkarma. Yüksek basınç altında, eritilen polimer malzeme akışkan hale gelir ve soğuk bir metal kalıp için dolmaya zorlanır. Dolma işlemi

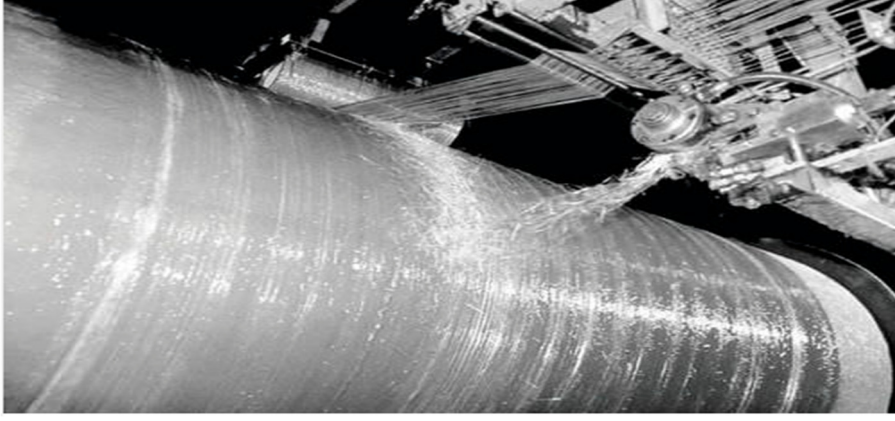
tamamlandığında, soğutmadan dolayı çekmeyi azaltmak için kalıp boşluğu sabit bir ütüleme basıncında tutulur. Erimiş plastik kalıp duvarlarına dokunduğu anda soğutma işlemi başlar. Plastik haline gelen ürünün kalıp boşluğundan çıkarılması en son safhadır [22]. Şekil 2.4’de plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile kompozit üretimi görülmektedir.



Şekil 2. 4 Plastik enjeksiyon kalıplama

2.4.5 Flament Elyaf Sarma

Özellikle boru ve tank üretimi için kullanılan metottur. Devamlı cam elyafından fitillerin polyester banyosundan ısıtıldıktan sonra dönen bir kalıp üzerinde belirli açılarda sarılması işlemidir [23]. Şekil 2.5’de flament elyaf sarma yöntemi ile kompozit üretimi görülmektedir.



Şekil 2. 5 Flament elyaf sarma

2.4.6 Profil Çekme (Pultruzyon)

Pultruzyon yöntemi, malzemenin kalıp boyunca çekilerek üretilmesi yöntemidir. Pultruzyon hattının çalışma prensibi; makineden ayrı bir bölümde bulunan elyaflar bobinlerden çekilir ve ilk olarak matris malzemesi olan reçine içinden geçerek ön kalıp olarak adlandırılan bölümden geçerken içlerindeki hava ve fazla reçineden arınır. Ön kalıptan çıkan malzemenin kullanım yerinde atmosfer ve diğer dış etmenlerden korunması için esas kalıba girmeden önce yüzeyi kaplanır. Kalıptan çıkan profiller paletler tarafından çekilmesi suretiyle sistemin sürekliliği sağlanır ve son işlem olarak istenen uzunluğa gelen malzemenin bıçaklar vasıtası ile kesilmesi sonucu işlem tamamlanmış olur [24]. Şekil 2.6'da Profil Çekme yöntemi ile kompozit üretimi görülmektedir.

3. BOR VE BOR BİLEŞİKLERİ

3.1 Bor

Bor, periyodik tabloda B simgesi ile gösterilen, atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81 olan metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en hafif üyesidir. Temel hal elektron konfigürasyonu $1s^2 2s^2 2p^1$ 'dir.

Bor elementi 8B , ^{10}B , ^{11}B , ^{12}B , ^{13}B izotoplarından oluşmaktadır. En kararlı izotopları ^{10}B ve ^{11}B 'dir. Bu izotopların tabiatta bulunma oranları sırasıyla % 19.1-20.3 ve % 79.7-80.9'dir. ^{10}B izotopu, çok yüksek termal nötron tutma özelliği gösterir. Böylelikle nükleer malzemeler ve nükleer enerji santrallerinde kullanılabilir. Türkiye'de ^{10}B izotop oranı yüksek bor cevher yatakları bulunmaktadır.

Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, bor bileşiklerinin birçok endüstride kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak, farklı olarak saf bor, karbon gibi elektrik iletkenidir. Kristalize bor, görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir.

Borun saf elementi ilk kez, 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay-Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir [25].

3.1.1 Atom Yapısı

Bir elementin atom çapı, atom hacmi, kristal yapısı, elektron konfigürasyonu, elektron sayısı o elementin ayırt edici özelliğidir. Bor elementinin atom yapısı Çizelge 3.1'de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Bor atomik yapısı [25]

Atomik Çapı	1.17Å
Atomik Hacmi	4.6cm ³ /mol
Kristal yapısı	Rhombohedral
Elektron Konfigürasyonu	1s ² 2s ² p ¹
İyonik Çapı	0.23Å
Elektron Sayısı (yüksüz)	5

3.1.2 Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bor elementi kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından diğer bileşik ve elementlere göre farklılık göstermektedir. Örneğin bor elementinin sertlik değeri elmas mineralinin (10 Mohs) sertliğine yakındır. Kaynama sıcaklığı ise demirden çok yüksektir. Çizelge 3.2 'de Bor elementinin diğer fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Bor'un fiziksel özellikleri [25]

Atomik Kütlesi	10.811		
Kaynama Noktası	4275K - 4002°C - 7236°F		
Termal Genleşme Katsayısı	0.0000083cm/cm/°C (0°C)		
Kondüktivite	Elektriksel: 1.0E ⁻¹² 10 ⁶ /cm	Termal: 0.274 W/cmK	
Yoğunluk:	2.34g/cc - 300K		
Görünüş	Sarı-Kahverengi ametal kristal		
Elastik Modülü	Bulk: 320/GPa		
Atomizasyon Entalpisi	573.2 kJ/mole - 25°C		
Füzyon Entalpisi	22.18 kJ/mole		
Buharlaşma Entalpisi	480 kJ/mole		
Sertlik	Mohs: 9.3	Vickers: 49000 MN m ⁻²	
Buharlaşma Isısı	489.7kJ/mol		
Ergime Noktası	2573K - 2300°C - 4172°F		
Molar Hacmi	4.68 cm ³ /mole		
Fiziksel Durumu	(20°C ve 1atm): Katı		
Buhar Basıncı	0.348Pa-2300°C		

Bor elementi; hem metal, hem de ametal özelliklerine sahiptir. Enerji seviyeleri geçişi ve en dış kabuğunda ki elektronların koparılması için gereken enerji miktarları Çizelge 3.3 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Bor'un kimyasal yapısı [25]

Elektrokimyasal Eşdeğer	0.1344g/amp-hr		
Elektronegativite (Pauling)	2.04		
Füzyon Isısı	50.2kJ/mol		
İyonizasyon potansiyeli (-eV)	Birinci: 8.298	İkinci: 25.154	Üçüncü: 37.93
Valans elektron potansiyeli (-eV)	190		

3.2 BOR BİLEŞİKLERİ

Ticari olarak yaygın olarak kullanılan bor bileşikleri; Boraks (tinkal), Kolemanit, Üleksit, Razorit (Kernit), Pandemit, Hidroborasit, Borik Asit ve Bor Oksittir. Borik asit (H_3BO_3), pek çok bor bileşiğinin hidrolizinin son ürünüdür. Bor oksit üretimi, borik asitin kristal suyunun uzaklaştırılması ile gerçekleşir.

3.2.1 Borik Asit

Borik asit $175^\circ C$ 'ye kadar ısıtılırsa su kaybederek metaborik asit (HBO_2) şeklini alır. Borik asit, sodyum peroksit ile reaksiyona sokulursa, beyazlatıcı olarak ticarete kullanılan peroksoborat elde edilir. Gliserin gibi belirli polialkollerle reaksiyona girer ve asidik çelat kompleksleri verir. Metal oksitlerle eritildiği zaman gerçek metal iyonlarını karakterize eden oldukça renkli camsı boratları verir. Bu olay metal iyonlarının analizinde kullanılır [26]. Çizelge 3.4'de Borik Asit'in kimyasal özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Borik Asit'in kimyasal özellikleri

Kimyasal bileşimi	H_3BO_3
Kristal biçimi	Beyaz kristal katı
Özgül ağırlık	1.435 gr/cm^3
% B_2O_3	62.2

3.2.2 Bor Oksit

Bor Oksit'in kristal ve amorf olmak üzere iki temel yapısı vardır. Kristal yapı amorf yapıya göre daha kararlı ve düzenli bir yapıdır. Takviye elemanı olarak kullanılan Bor Oksit 'in kimyasal özellikleri Çizelge 3.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Takviye elemanı Bor Oksit'in kimyasal özellikleri [27,28,29]

Kimyasal bileşimi	B ₂ O ₃
Kristal sistemi	Hegzagonal
Özgül ağırlık	Kristalin 2,46 gr/cm ³ Amorf 1.80-1.84 gr/cm ³
Erime sıcaklığı	450° C

3.3 Bor Bileşiklerinin Kullanım Alanları ve Özellikleri

Borun sahip olduğu üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri kendini özellikle Borik Asit ve Bor Oksit'te gösterir. Bu durum bor bileşiklerinin yaygın bir kullanım alanına sahip olmasını sağlar. Çizelge 3.6'da bor bileşiklerinin üretim yöntemleri ve kullanım alanları gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Bor bileşiklerinin üretim yöntemleri ve kullanım alanları [30,31,32,33]

Bor Bileşikleri	Üretim Yöntemleri	Kullanım Alanları
Bor (amorf, kristal)	Bor trifluorür + H ₂ Borik Asit + Mg + ısı Bor Oksit + Halojen + C + ısı	Nükleer silahlar, nükleer güç reaktörü kalkanı
Bor elyaf	W, C veya Ti filament üzerine CVD kaplama	Havacılık ve spor amaçlı uygulamalar
Bor karbür	Borik Asit + C + ısı Bor Oksit + C + Mg + ısı	Yüksek sertlikte aşındırıcılar, refrakter, zırh, nötron soğurucu, kompozitler, katı yakıt
Bor nitrür, hegzagonal	Borik Asit / Bor Oksit + NH ₃ /NH ₄ Cl/ CN bileşikleri + ısı	Refrakter, kaydırıcı, kimyasal inert malzeme, yüksek elektrik direnci
Bor nitrür, kübik	HBN + ısı + basınç	Sıcaklık dayanımı yüksek sert malzeme, yüksek ısı iletkenlik
Borik asit	Konsantre kolemanit cevheri; kırma, öğütme, sülfürik asit ile reaksiyon, filtreleme, kristalizasyon ve kurutma işlemlerinden geçirilerek minimum %56 B ₂ O ₃ tenörlü borik asit ürünü elde edilir.	Antiseptikler, Bor Alaşımaları, Nükleer, Yangın Geciktirici, Naylon, Fotoğrafçılık, Tekstil, Gübre, Katalist, Cam, Cam Elyafı, Emaye, Sır
Bor Oksit	Bor Oksit: Bor oksit üretimi, borik asitin kristal suyunun uzaklaştırılması ile gerçekleşir. Bunkerden alınan borik asit kurutucuya beslenir. Kurutma, soğutma, eleme işleminden sonra elde edilen bor oksit depolanır.	Cam sanayi, cam elyafı

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

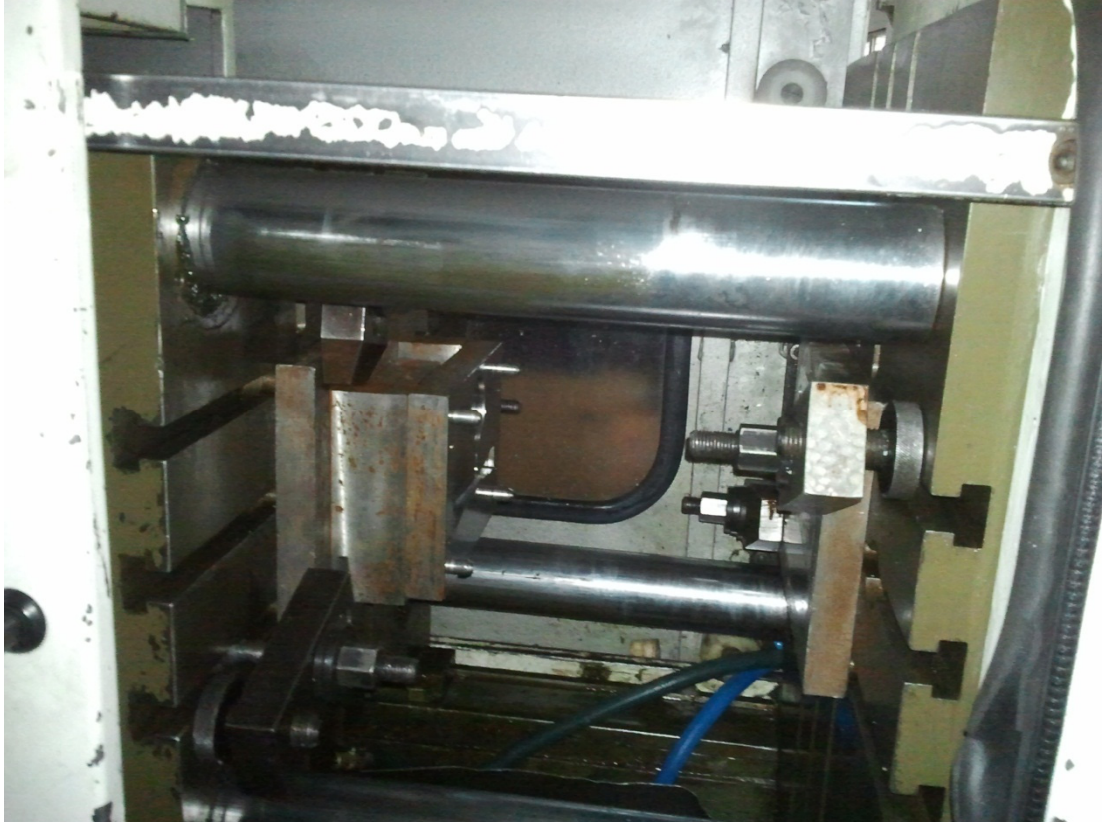
4.1 Malzeme ve Metot

Kompozit malzeme üretiminde matris malzeme olarak Mepol Eco Meytel I6 F30 Bk ve Mepol Eco Meytel I6 F40 Bk marka Polyamid 6 kullanılmıştır. Takviye elemanı olarak ta Çizelge 3.11' de özellikleri verilen Bor Oksit (B_2O_3) kullanılmıştır. %30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemeye %1 ve %2 oranlarında milli kaynağımız olan Bor Oksit (B_2O_3) ilave edilmiş olup plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmiştir.

%30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzeme ilk olarak 120°C sıcaklıkta 2 saat süre ile fırında ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. 1gr Bor Oksit-10ml ispiroto olacak şekilde ayarlanarak Bor Oksit ispiroto çözülmüştür. %30 ve %35 oranlarında iki ayrı Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 'ya hacimce Bor Oksit oranı %1 ve %2 olacak şekilde Bor Oksit -ispiroto karışımı ilave edilmiştir ve karıştırılmıştır. Malzeme plastik enjeksiyondan önce 120°C sıcaklıkta 2 saat süre ile fırında son ısıtmaya tabi tutulmuştur. Plastik enjeksiyon makinasında 60 Bar basınç altında 240 °C'de kompozitler üretilmiştir.

Yapılan ön çalışmada %1, %2,%3, %4 ve %5 oranında Bor Oksit takviyeli kompozit üretilmeye çalışıldı ancak % 2 daha fazla B_2O_3 içeren kompozitler plastik enjeksiyon makinasının helisel dişlisinin çalışmasını engelledi. Sıcaklık artırılarak tekrar %3, %4 ve %5 takviye hacim oranlarındaki kompozit üretilmeye çalışıldı. Bu durumda katılaşma süresini artırdı.

Deney malzemeleri Şekil 4.1'de görülen HÜR-Mak KS 150 marka plastik enjeksiyon makinasında 60 Bar basınç altında 240 °C de ve Şekil 4.2'de görülen kalıpta kompozitler üretildi.



Şekil 4. 1 HÜR-Mak KS 150 marka plastik enjeksiyon makinası



Şekil 4. 2 Kompozit malzemenin kalıbı

Şekil 4.3'te plastik enjeksiyon makinasın kontrol sisteminde 3 farklı bölgeden ısıtıcı kontrolü yapılmaktadır.



Şekil 4. 3 Plastik enjeksiyon makinasın kontrol sistemi

Plastik enjeksiyon makinasında üretilen kompozit numunenin kalıptan çıkan hali Şekil 4.4'de görülmektedir



Şekil 4. 4 Kalıptan çıkan kompozit

4.2 Çekme Testi

Çekme deneyi sonucunda malzemenin orantı sınırı, elastiklik sınırı, akma sınırı ve çekme dayanımı gibi mukavemet değerleri ile kopma uzaması, kopma büzülmesi ve tokluk gibi süneklik değerleri belirlendi.

Çekme testi MKE Silahsan 'da Şekil 4.5'de görülen Instron marka deney cihazında Şekil 4.6'da görülen deney numunesi kullanılarak 5 mm/dk hızla çekme testi gerçekleştirildi.



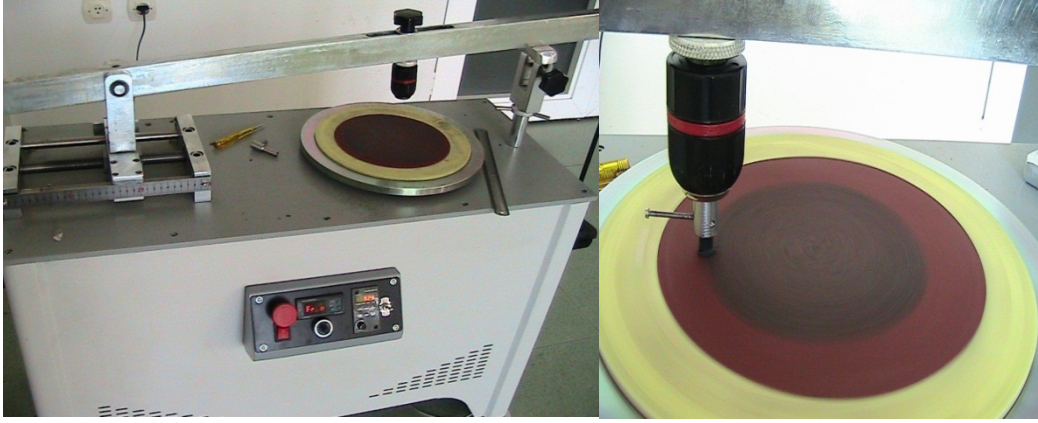
Şekil 4. 5 İnstron marka çekme testi deney cihazı



Şekil 4. 6 Çekme testi deney numunesi

4.3 Aşınma Testi

Aşınma testi Kırıkkale Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği laboratuvarında Şekil 4.7 'de görülen aşınma test cihazında pin-on disk yöntemiyle yapıldı.



Şekil 4. 7 Aşınma test cihazı

Pin-on disk yönteminde; belirli bir yük altında ki deney numunesi, sabit devirde dönen aşındırıcı plakada sabit kayma hızı veya farklı kayma hızlarında numunenin aşındırılması yöntemidir.

Bu cihaz her türlü yük ve kayma hızında çalışma kabiliyetine sahip olacak şekilde tasarlanıp, imal edilmiştir. Farklı kayma şartları ve farklı devirlerde çalışabilmek amacı ile sistem hız kontrol cihazına bağlanarak istenilen hızda kullanılabilir hale getirilmiştir. Böylelikle farklı kayma hızları veya sabit kayma hızında her periyod da istenilen devir sayıları hassas bir şekilde ayarlanabilmektedir. Yapılan bu deney cihazında farklı kayma hızında ve değişik yükleme şartlarında numuneler test edilmiştir. Numunelerin bağlandığı ve yükün asılacağı taşıyıcı kol tek noktadan yataklanmıştır.

Numune bağlama aparatı kol üzerine monte edilmiştir. İki ucunda ağırlık bulunan taşıyıcı kolun bir tarafındaki ağırlık, sisteme ağırlık asılmadan önce numune üzerine

gelen yükü sıfırlamaktadır. Taşıyıcı kolun diğer ucuna asılan ağırlıklar ile de numune üzerine istenilen kuvvet uygulanabilmektedir. Taşıyıcı kolun bağlandığı yatak hem kendi eksenini etrafında dönebilmekte hem de ileri geri hareket edebilmektedir. Hareketli yatağın ileri geri hareketi ile disk üzerine gelen numune disk merkezinden uzaklaşıp yaklaşabilmektedir. Diski döndüren elektrik motoruna bağlanan hız kontrol cihazı ile motorun değişken devirlere ayarlanabilmesi sağlanmaktadır.

Aşınma testi; Şekil 4.8’de görülen aşınma testi deney numunesi ile 150 mesh (100 μ m) ve 320 mesh (45 μ m) boyutlarında ki aşındırıcı zımparalarda 20N ve 40N kuvvetlerinde 1.0 m/s hızla aşındırma deneyi gerçekleştirildi.



Şekil 4. 8 Aşınma testi deney numunesi

4.4 Sertlik Ölçme Testi

Sertlik ölçme testi MKE Silahsan ‘da Şekil 4.9’da görülen Emcotest marka deney cihazında yapıldı. Sertlikler Şekil 4.10’da görülen sertlik ölçme testi deney numunesi ile Rockwell HRL yöntemi sayesinde belirlendi. Her bir kompozit için 5’er sertlik değerleri ölçüldü ve ortalama sertlik değerleri alındı.



Şekil 4. 9 Emcotest HRL test cihazı



Şekil 4. 10 Sertlik ölçme testi deney numunesi

4.5 Yoğunluk ve Gözeneklilik Belirlenmesi

Kompozitlerin deneysel yoğunluk ve gözenek miktarları Şekil 4.11'de verilen Sartoris CPA224S marka hassas terazide belirlenmiştir.



Şekil 4. 11 Sartoris CPA224S marka deney terazisi

Üretilen kompozitlerin yoğunluklarının ölçülmesi Arşimet prensibine göre verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$d_{\text{deneysel}} = \frac{G_{\text{havada}}}{G_{\text{havada}} - G_{\text{suda}}} * f \quad (4.1)$$

Burada;

G havada: Kompozitin havada tartılan ağırlığı

G suda : Kompozitin suda tartılan ağırlığı

f :suyun deney sıcaklığında ki yoğunluğu

Kompozitlerin havadaki ağırlıkları tespit edilmiş, daha sonra saf su içerisinde tartılan kompozitlerin ağırlıkları belirlenerek Eşitlik 4.1'deki formüle göre deneysel yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$d_{\text{teorik}} = d_{\text{takviye}} * V_{\text{takviye}} + d_{\text{matris}} * V_{\text{matris}} \quad (4.2)$$

Deneysel ve teorik yoğunlukları belirlenen kompozitlerin gözenek miktarları Eşitlik 4.3'deki formüle göre belirlenmiştir.

$$\% \text{Gözenek} = \frac{d_{\text{teorik}} - d_{\text{deneysel}}}{d_{\text{teorik}}} * 100 \quad (4.3)$$

4.6 Metalografik İnceleme

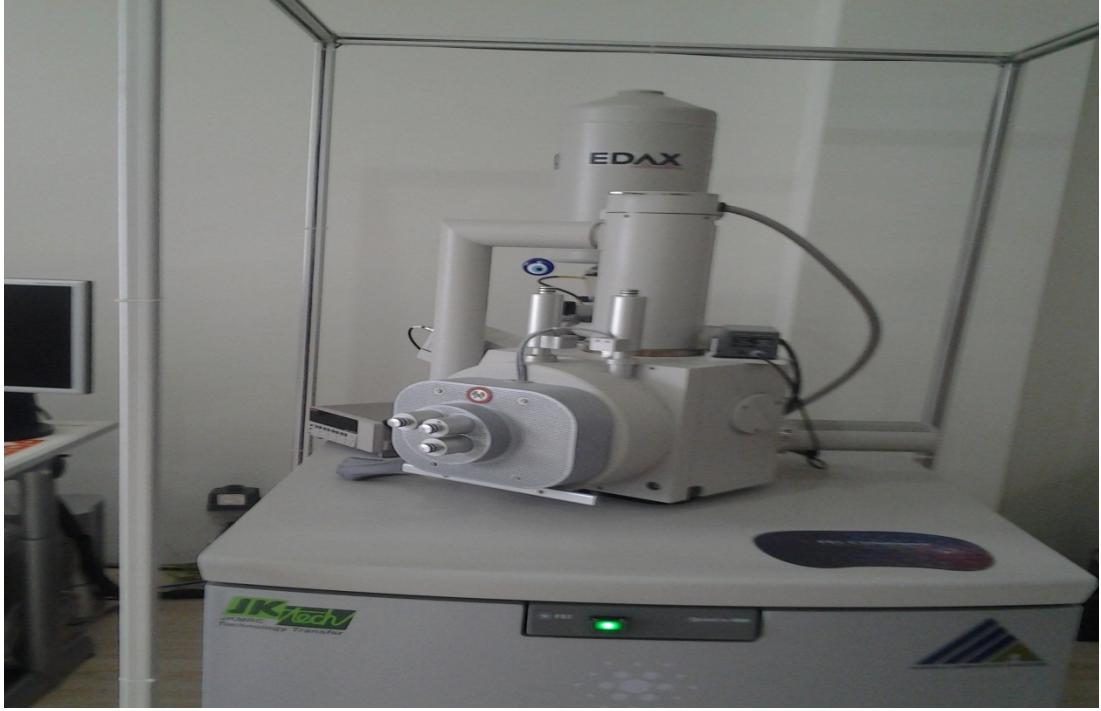
Üretilen kompozitlerin çekme deneyi sonucunda kırılan yüzey ve aşınma deneyinde aşınan yüzey altın ile kaplanarak Şekil 4.12'de görülen JEOL JSM-5600 marka taramalı elektron mikroskobunda (SEM) 20 kV hızlandırma gerilimi altında mikro yapıları incelendi.



Şekil 4. 12 JEOL JSM-5600 elektron mikroskop ve optik mikroskop

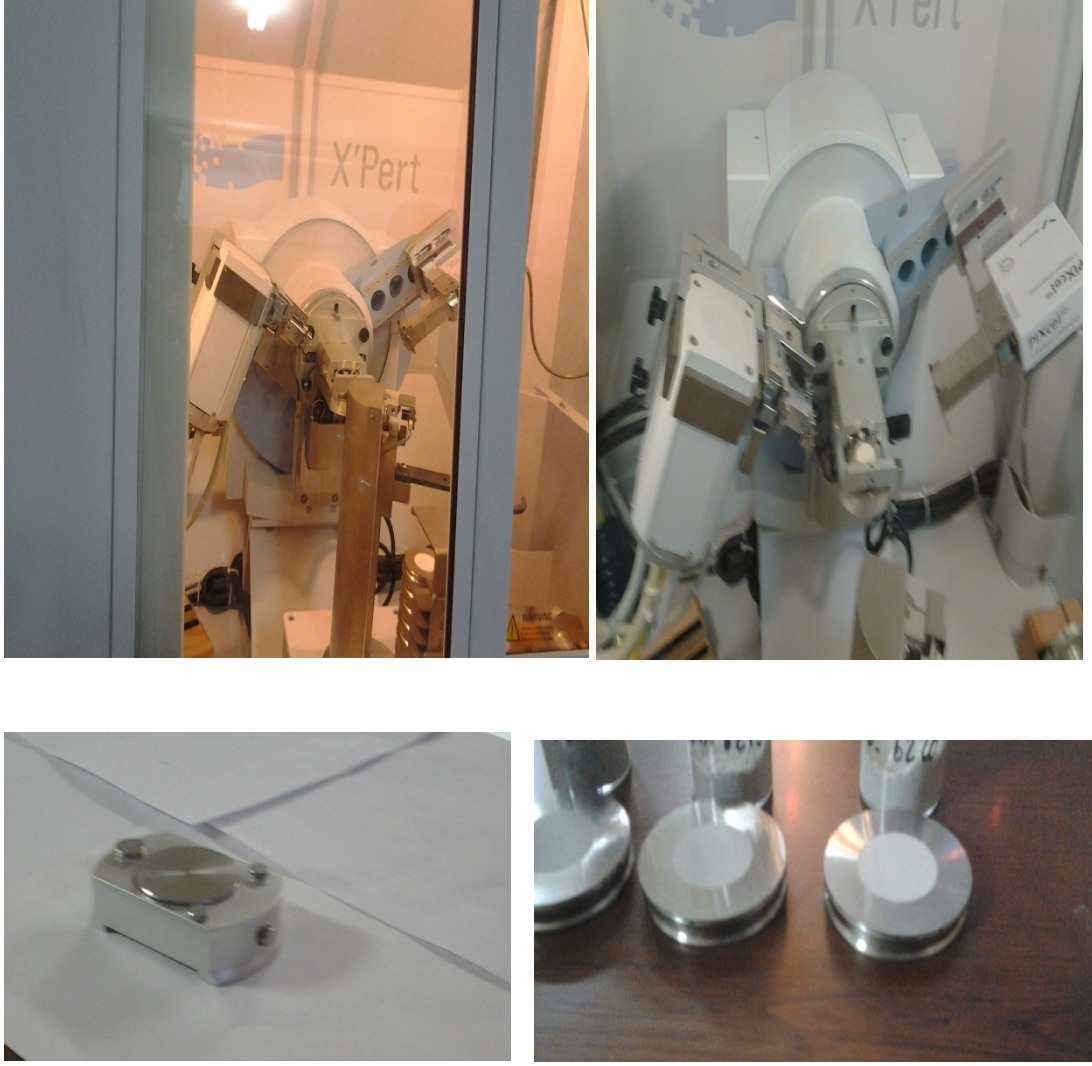
Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) görüntü değişik aşamalardan sonra elde edilir. İlk olarak yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması yapılır. Daha sonra bu etkilerin sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir. Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir.

EDS analizleri Şekil 4.13'de EDX FEI QUANTA 400 EDS analiz cihazında yapılmıştır. EDS sisteminde incelenen numune örneği üzerine elektron ışınları yollar, bu ışınlar numune içinde bulunan elementlerle etkileşime girer ve her element için farklı olan enerji düzeylerinde geri doğru yansıtılırlar. Malzeme içindeki atomlar yüksek enerjili radyasyonla iyonize edildiklerinde karakteristik X- ışını oluştururlar. Dedektör tarafından algılanan X- ışınları sinyal haline dönüştürülerek belirli şiddetlere sahip piklerden oluşan X- ışını enerji histogramı haline dönüştürülür. Bu yansımalar her elementin numune içinde bulunma miktarına bağlı olarak farklı bir şiddettedir. EDS analiz cihazı da geri doğru yansıyan bu şiddetleri yüzdeye çevirerek her bir elementin doku içinde bulunma miktarını yüzde olarak göstermektedir [34].



Şekil 4. 13 EDX FEI QUANTA 400 EDS analiz cihazı

X-Işını Kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. X-Işını Kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi analizlerinin yapılmasını sağlar. X-Işını Kırınım cihazıyla kayaçların, kristalin malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel incelemeleri yapılabilir [35].



Şekil 4. 14 PANalytical XRD XPert PRO deney cihazı

4.7 Isıl İletkenlik Deneyi

Isıl iletkenlik deneyi Şekil 4.15’de ki Anter Unitherm Model 2022 marka termal iletkenlik cihazında yapıldı.



Şekil 4. 15 Anter Uniterm Model 2022 marka termal iletkenlik

Numune boyunca üst yüzeyden alt yüzeyine doğru ısı akar, Termal dengeye ulaşıldıktan sonra, numune boyunca sıcaklık farkı ısı akışı transdüktörün çıkışı ile birlikte ölçülür. Bu değerler ve numune kalınlığı, daha sonra ısı iletkenliğini hesaplamak için kullanılır.



Şekil 4. 16 Isıl İletkenlik Testi Deney Numunesi

Teorik olarak ısı iletkenlik katsayısı;

Paralel model;

$$k_1 = (1 - \emptyset). km + \emptyset. kf \quad [5,6,34,36] \quad (4.4)$$

$k_1= 2$ bileşenli kompozitin ısı iletkenlik katsayısı [W/m K]

$km=$ matris malzemenin ısı iletkenlik katsayısı [W/m K]

$kf=$ takviye malzemenin ısı iletim katsayısı [W/mK]

$\emptyset=$ takviye malzemenin hacimsel oranı

Çok fazlı sistemlerin ısı iletkenlik katsayısı;

$$k_e = k_1 \left[\frac{1 - \sum_{i=2}^m \frac{v_i(n_i-1)(k_1-k_i)}{k_i+(n_i-1)k_1}}{1 + \sum_{i=2}^m \frac{v_i(k_1-k_i)}{k_i+(n_i-1)k_1}} \right] \quad [36] \quad (4.5)$$

$k_e=$ kompozit malzemenin ısı iletkenlik katsayısı [W/m K]

$k_i=$ takviye malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları [W/m K]

$v_i=$ takviye malzemelerinin hacimsel oranı

$n_i=$ şekil faktörü

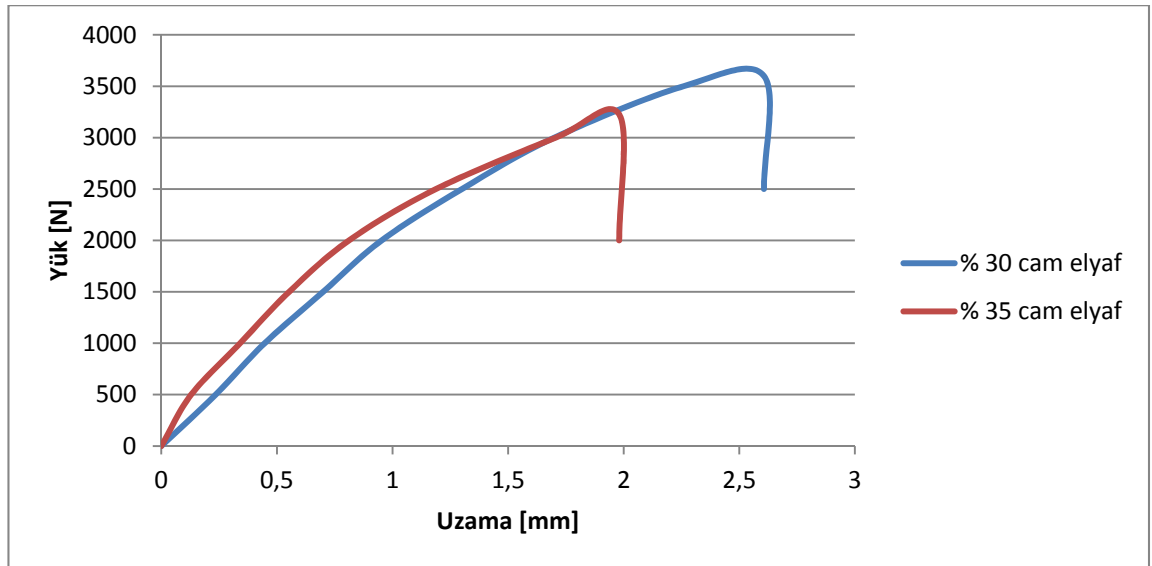
5. TARTIŞMA VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

5.1 Çekme Testi Sonuçları

Çizelge 5.1 ve Şekil 5.1’de % 30 ve %35 cam elyaf takviyeli kompozitlerin ölçülen çekme dayanımları ve sertlik değerleri görülmektedir.

Çizelge 5.1 Cam elyaf takviyeli kompozitlerin mukavemet değerleri

% Cam elyaf	Akma mukavemeti [MPa]	Çekme mukavemeti [MPa]	Kopma mukavemeti [MPa]	Çekme geriniminde (Uzama) Kırılma (Standart) [%]	Sertlik HRL
30	70,48201	70,48201	70,34180	4,34207	95,6
35	63,60588	63,60588	63,60588	3,63221	93,5



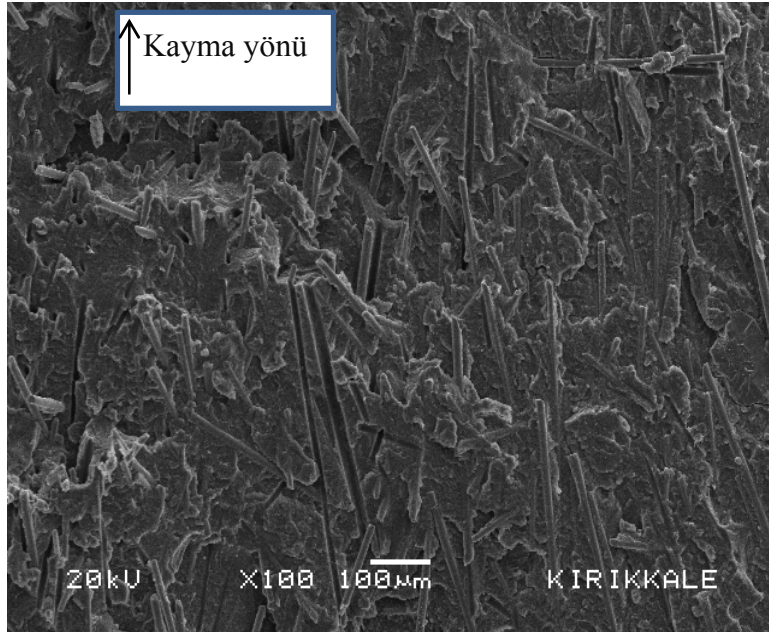
Şekil 5.1 Cam elyaf takviyeli kompozitlerin çekme diyagramı

%30 cam elyaf takviyeli Polyamid-6'nın çekme gerilmesi 70,48201 MPa çekme uzaması 2,60646mm (%4,34207) sertliği 95,6 HRL'dir.

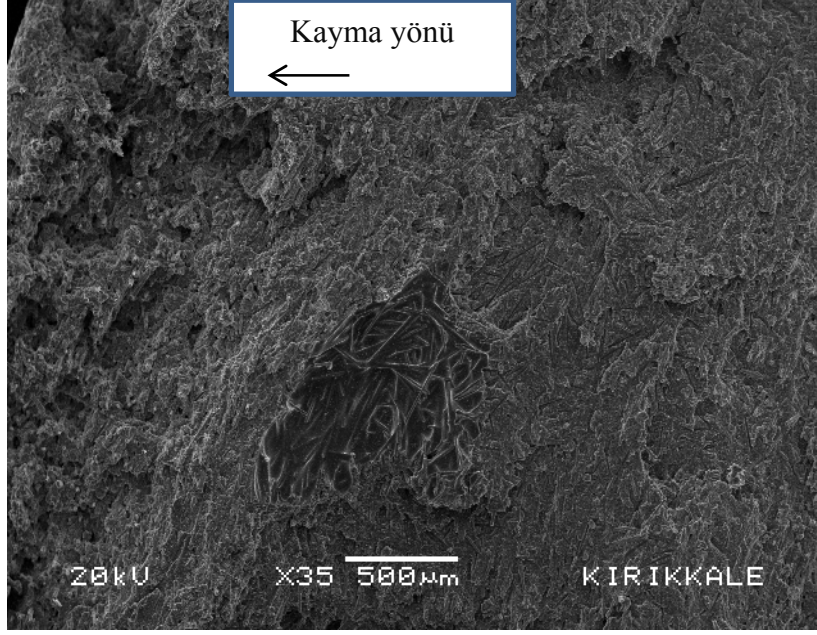
%35 cam elyaf takviyeli Polyamid-6'nın çekme gerilmesi 63,60588 MPa çekme uzaması 2,18062mm (%3,63221) sertliği 93,5 HRL'dir.

Kompozit içerisindeki sert olan cam elyaf miktarının artması daha kırılğan bir yapı oluşturmaktadır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3' de kırılma yüzeylerine bakıldığında cam elyaf miktarının artmasıyla gevrek kırılma olduğu görülmektedir.

Mukavemet değerlerine bakıldığında %30 cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin %35 cam elyaf takviyeli kompozit malzemelere göre daha sünek bir yapıda olduğu görülür. %30 cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerde B₂O₃'ün ilavesi malzemede süneklığe sebep olurken %35 cam elyaf takviyeli kompozitte ise artan B₂O₃'ün ise daha gevrek bir yapıya olduğu görüldü.



Şekil 5.2 %30 Cam elyaf takviyeli kompozitin kırılma yüzeyi SEM görüntüsü

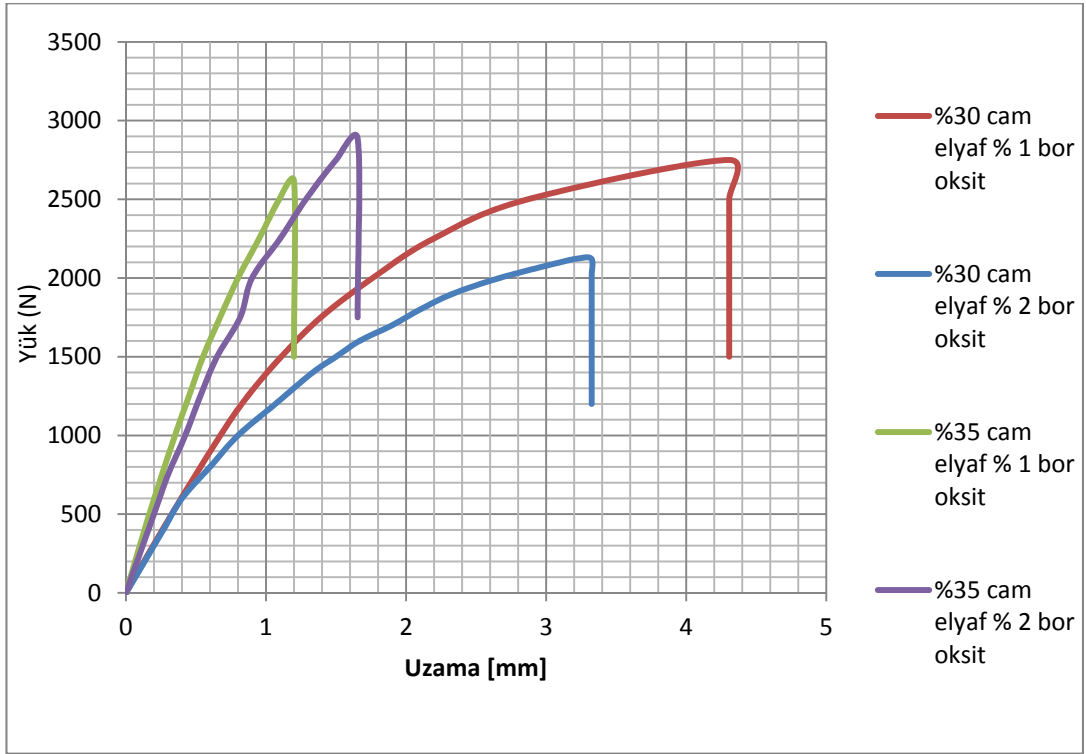


Şekil 5.3 %35 Cam elyaf takviyeli kompozitin kırılma yüzeyi SEM görüntüsü

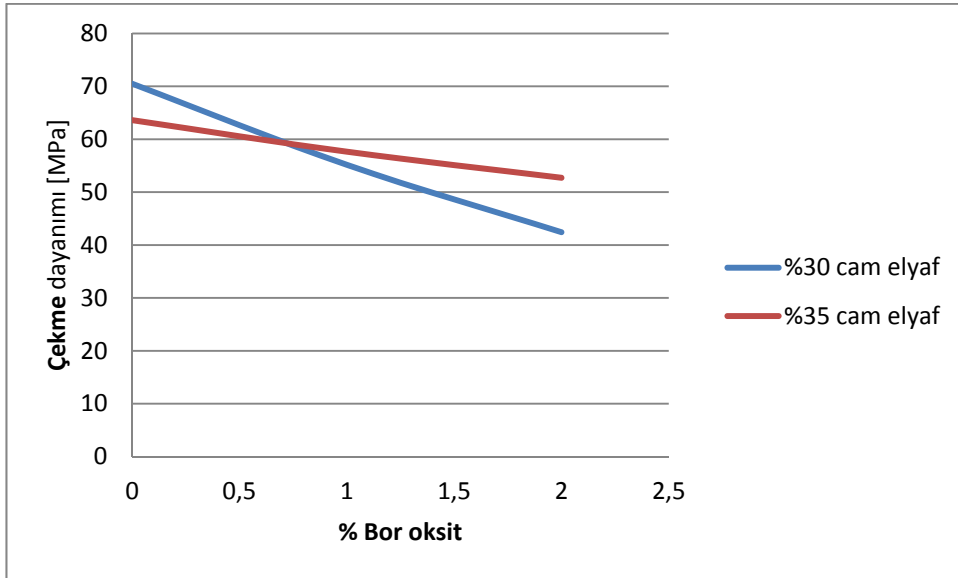
Çizelge 5.2 ve Şekil 5.4’de cam elyaf ve B₂O₃ takviyeli kompozitlerin mukavemet değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.2 %30 ve 35 cam elyaf takviyeli kompozitlerin Bor Oksit oranlarına göre mukavemet değerleri

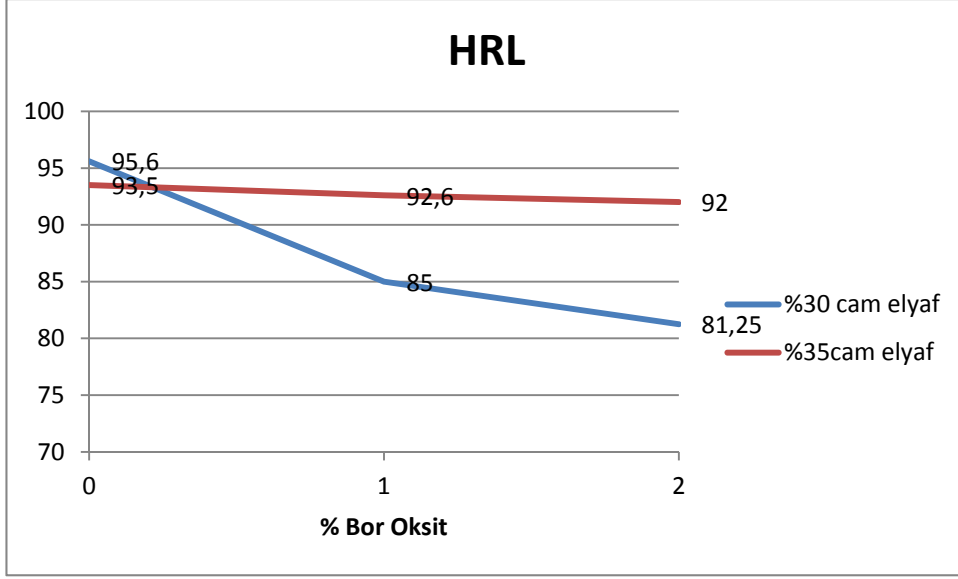
%Bor Oksit	% Cam Elyaf	Akma mukavemeti [MPa]	Çekme mukavemeti [MPa]	Kopma mukavemeti [MPa]	Çekme geriniminde (Uzama) Kırılma (Standart) [%]	Sertlik HRL
0	30	70,48201	70,48201	70,34180	4,34207	95,6
1	30	55,15034	55,15034	54,27198	6,72629	85
2	30	42,41397	42,41397	41,67932	5,19204	81,25
0	35	63,60588	63,60588	63,60588	3,63221	93,5
1	35	57,63421	57,63421	57,46202	2,58399	92,6
2	35	52,71050	52,71050	52,63960	1,95098	92



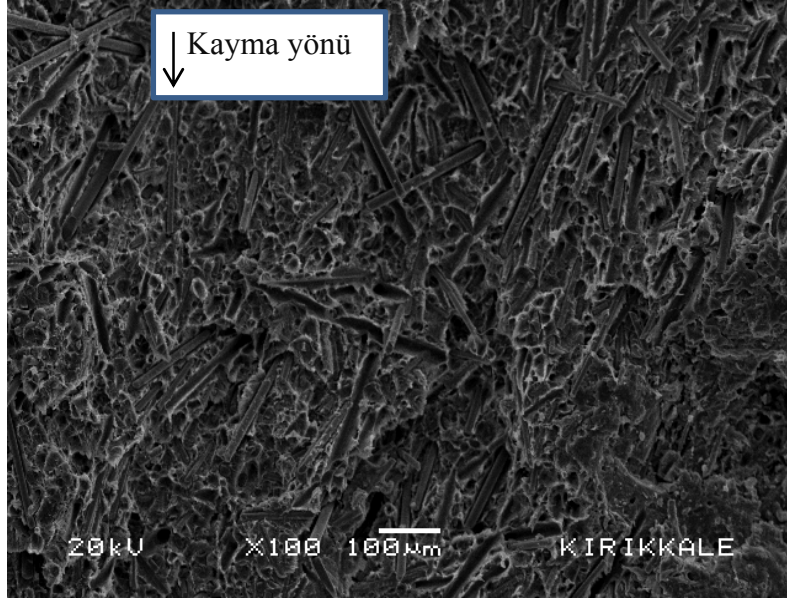
Şekil 5.4 Cam elyaf ve Bor Oksit takviyeli kompozitlerin çekme diyagramı



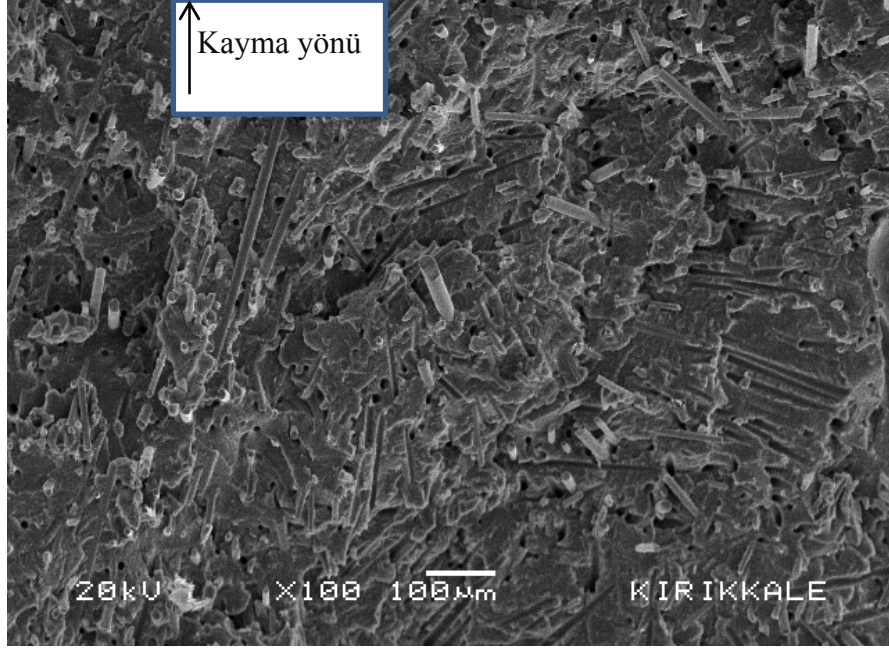
Şekil 5.5 %30 ve %35 cam elyaf takviyeli kompozitlerin artan Bor Oksit miktarlarına göre çekme dayanımı



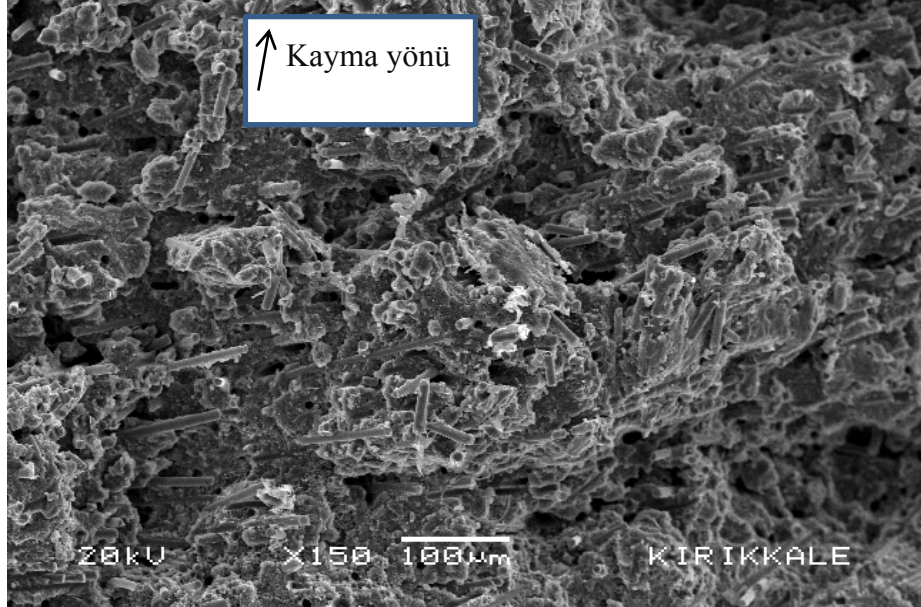
Şekil 5.6 Kompozitlerin Bor Oksit oranına göre sertlik değişimi



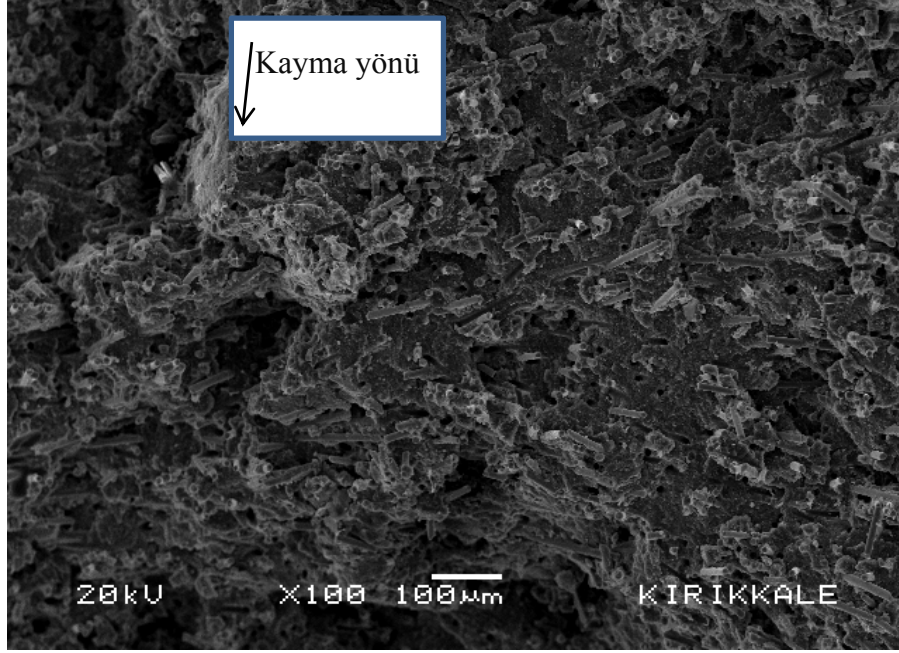
Şekil 5.7 %30 Cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli kompozitin kırılma yüzeyi SEM görüntüsü



Şekil 5.8 %30 Cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli kompozitin kırılma yüzeyi SEM görüntüsü



Şekil 5.9 %35 Cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli kompozitin kırılma yüzeyi SEM görüntüsü



Şekil 5.10 %35 Cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli kompozitin kırılma yüzeyi SEM görüntüsü

Şekil 5.4 ve Çizelge 5.2 'de görüldüğü gibi en yüksek mukavemet %30 cam elyaf takviye bor oksit içermeyen kompozitlerde görülmektedir.

Bor Oksit ilavesi Polyamid 6 matrisli cam elyaf takviyeli kompozitlerde mukavemet ve sertlik değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Bor Oksit ilavesi mukavemet değerlerinde önemli azalma gösterirken sertlik değerlerindeki azalma daha az olduğu görülmektedir. Ancak %30 Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemeye %1 oranında Bor Oksit (B₂O₃) ilavesinin kopmadaki birim uzama değerlerini arttırmıştır.

Mukavemetteki bu azalma plastik esaslı malzemeye kırılğan seramik B₂O₃ ilavesinden kaynaklanmaktadır. Sertlikteki değişimin çok az olması kullanılan B₂O₃ miktarının %1 ve %2 gibi çok az olmasından kaynaklanmaktadır.

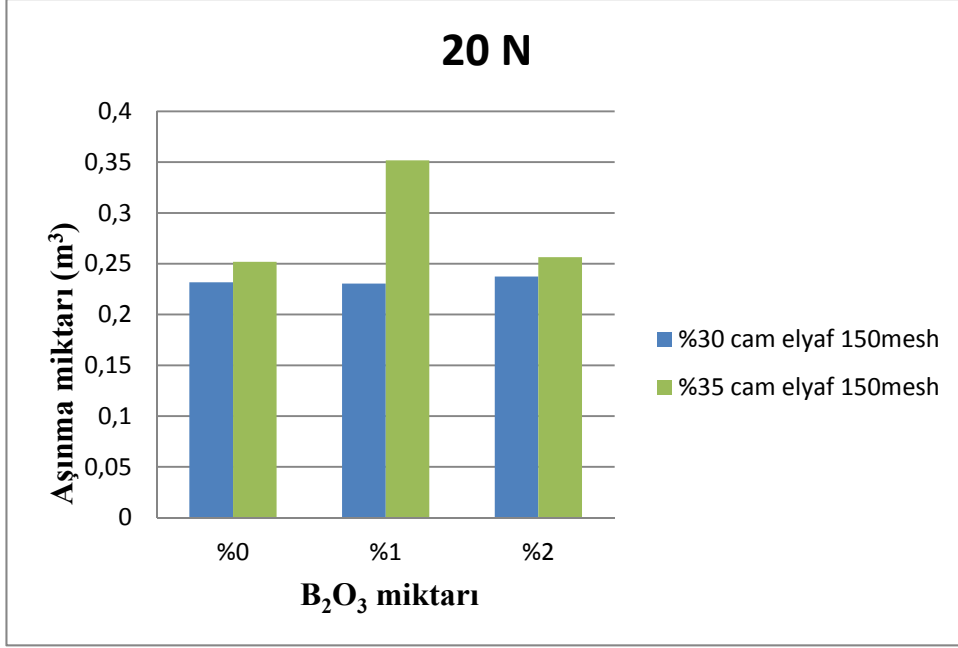
Şekil 5.25.B'de görüldüğü gibi B_2O_3 yapı içerisinde keskin köşeli bir görünüm sergilemektedir. Bu durum çentik etkisi oluşturarak malzemenin çekme dayanımında azalmaya neden olmaktadır.

5.2 Aşınma Testi Sonuçları

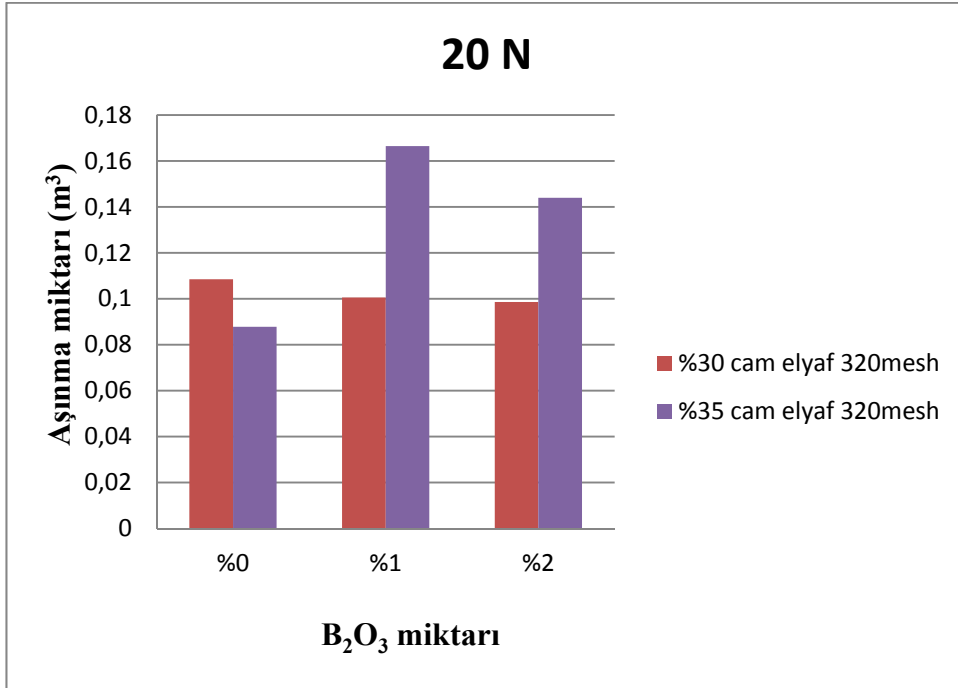
Çizelge 5.3’de ve Şekil 5.11,12,13,14’de aşınma testi deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.3 20N ve 40N Kuvvetlerinde kompozit malzemenin aşınma değerleri

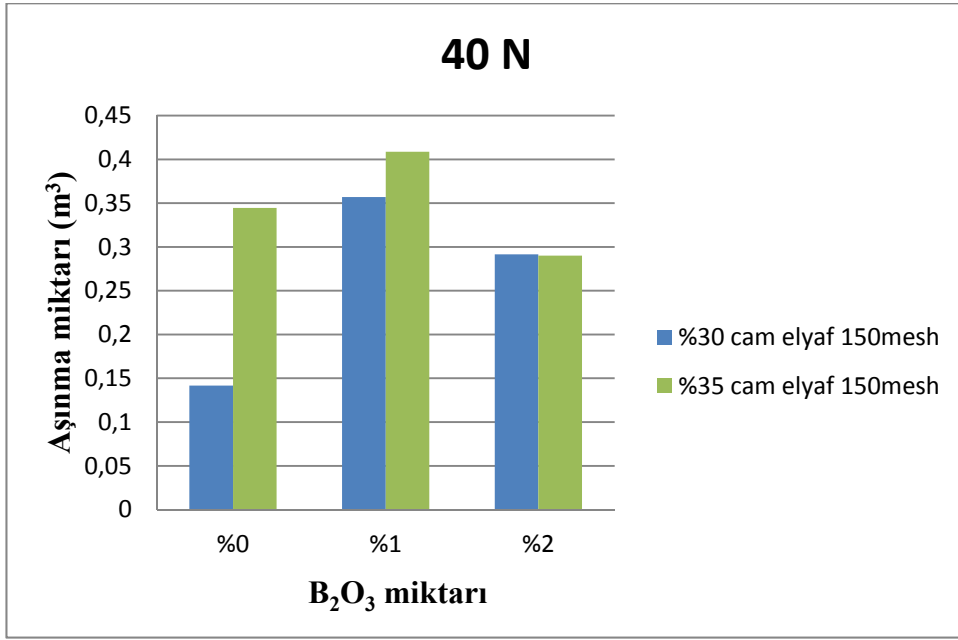
NUMUNE	KUVVET			
	20N		40N	
	AŞINDIRICI	PLAKA	BOYUTU	
	150mesh	320mesh	150mesh	320mesh
%30 Cam elyaf	0,23176 cm ³	0,10853 cm ³	0,14162 cm ³	0,09257 cm ³
%30 Cam elyaf - %1 B ₂ O ₃ ilaveli	0,23043 cm ³	0,10055 cm ³	0,35696 cm ³	0,08942 cm ³
%30 Cam elyaf- %2 B ₂ O ₃ ilaveli	0,23733 cm ³	0,09865 cm ³	0,29162 cm ³	0,13846 cm ³
%35 Cam elyaf	0,25186 cm ³	0,08779 cm ³	0,34448 cm ³	0,134 cm ³
%35 Cam elyaf- %1 B ₂ O ₃ ilaveli	0,35183 cm ³	0,16645 cm ³	0,40868 cm ³	0,18292 cm ³
%35 Cam elyaf- %2 B ₂ O ₃ ilaveli	0,2564 cm ³	0,14394 cm ³	0,29012 cm ³	0,07691 cm ³



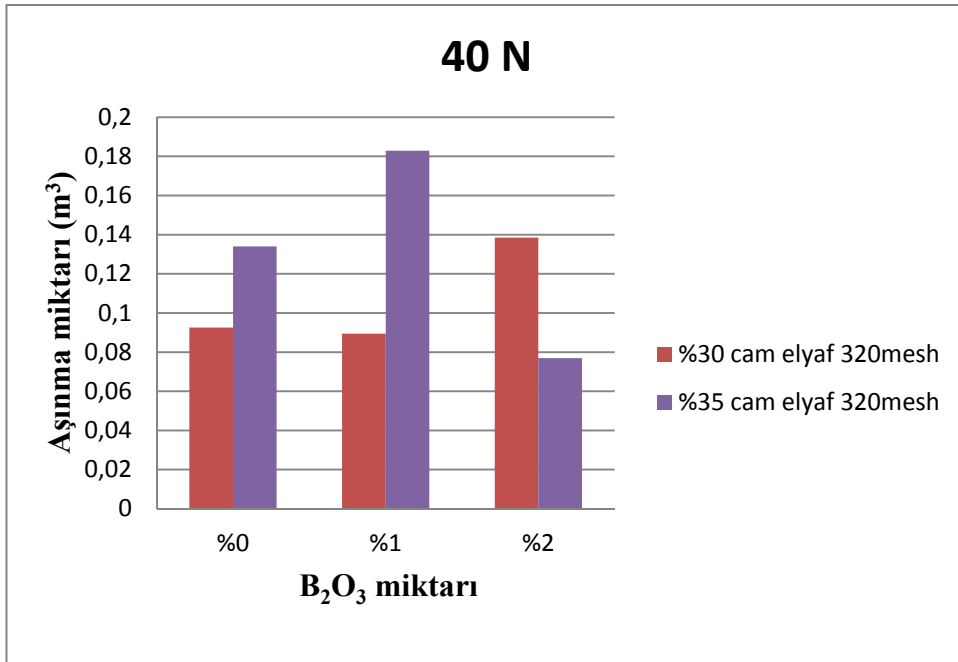
Şekil 5.11 20N yük ve 150 Mesh aşındırıcı altında kompozitlerin B₂O₃ oranlarına göre aşınma miktarı



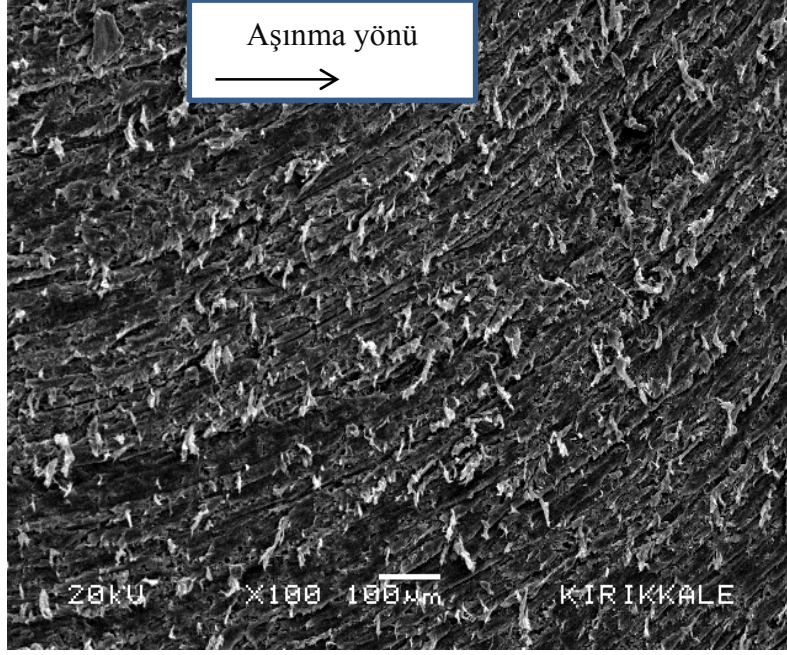
Şekil 5.12 20N yük ve 320 Mesh aşındırıcı altında kompozitlerin B₂O₃ oranlarına göre aşınma miktarı



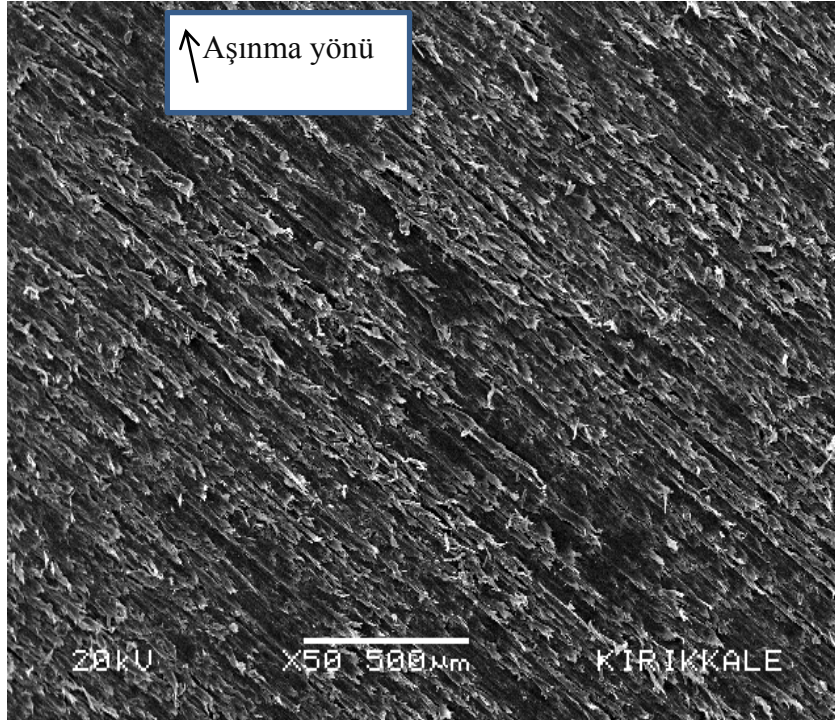
Şekil 5.13 40N yük ve 150 Mesh aşındırıcı altında kompozitlerin B₂O₃ oranlarına göre aşınma miktarı



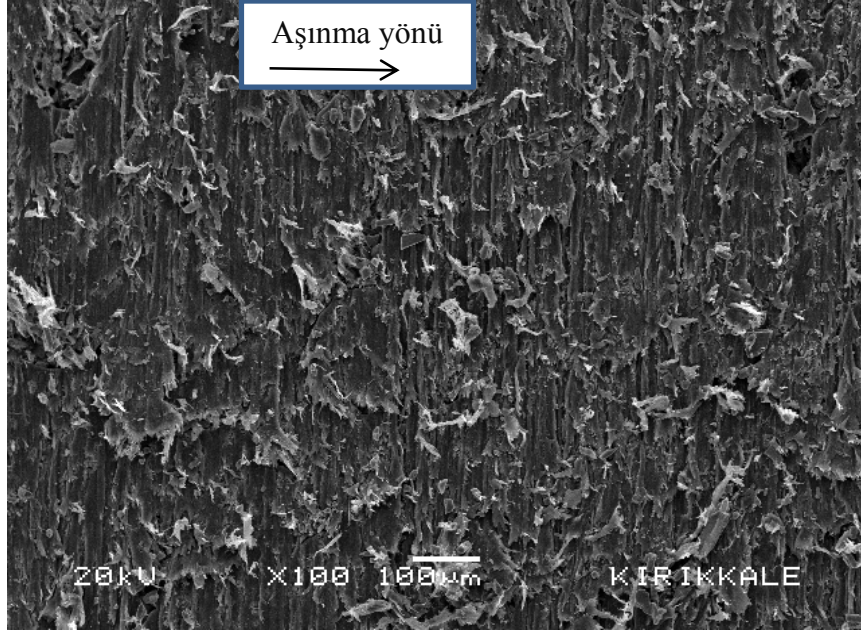
Şekil 5.14 40N yük ve 320 Mesh aşındırıcı altında kompozitlerin B₂O₃ oranlarına göre aşınma miktarı



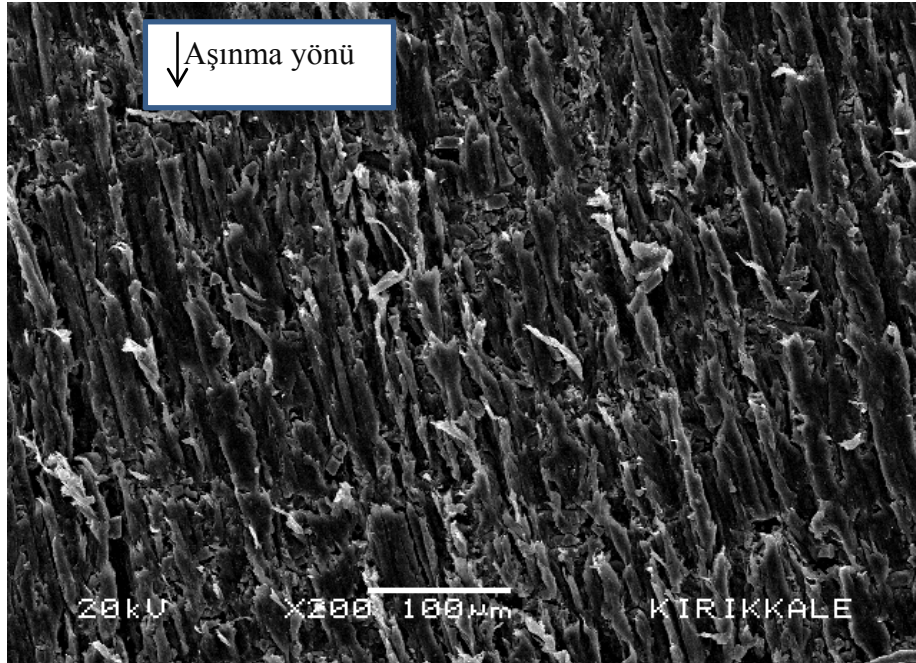
Şekil 5.15 %35 Cam elyaf takviyeli kompozitin aşınma yüzeyi SEM görüntüsü



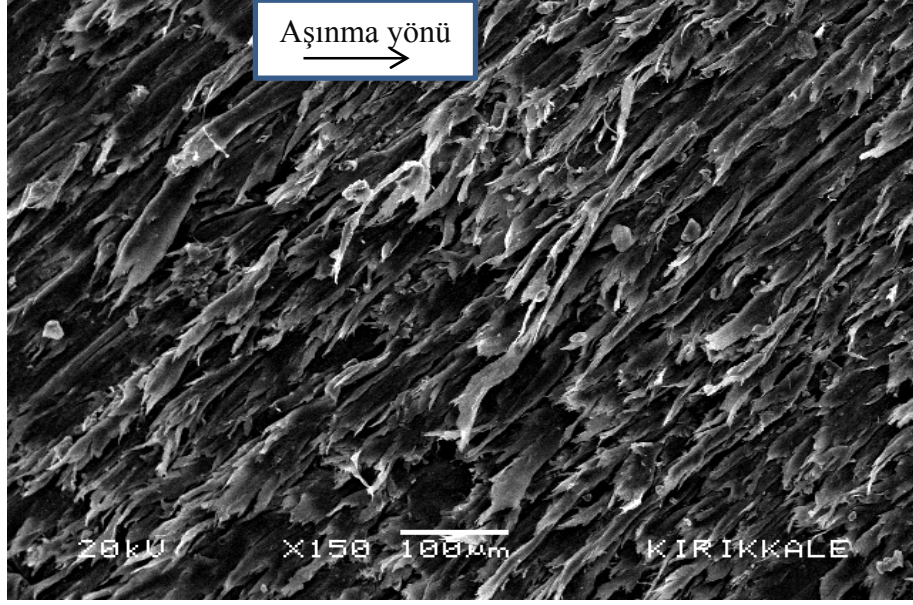
Şekil 5.16 %30 Cam elyaf takviyeli kompozitin aşınma yüzeyi SEM görüntüsü



Şekil 5.17 %30 Cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli kompozitin aşınma yüzeyi SEM görüntüsü



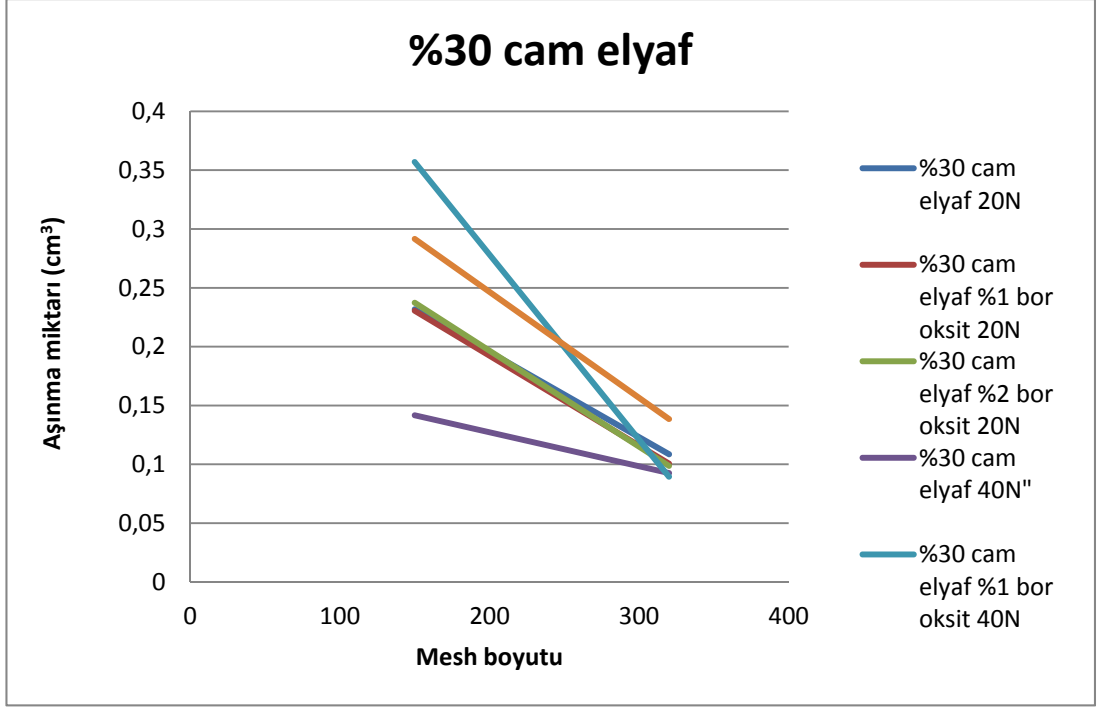
Şekil 5.18 %35 Cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli kompozitin aşınma yüzeyi SEM görüntüsü



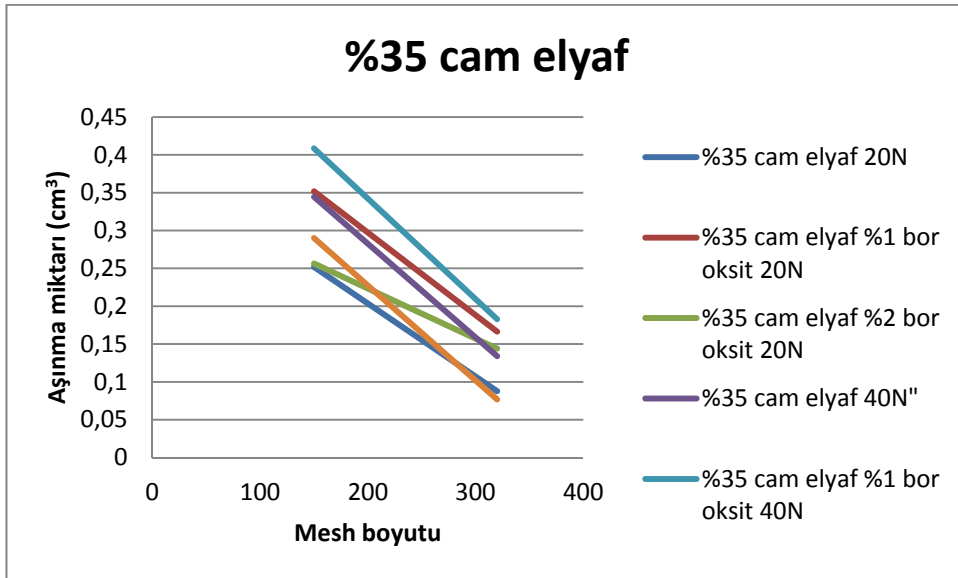
Şekil 5.19 %30 Cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli kompozitin aşınma yüzeyi SEM görüntüsü



Şekil 5.20 %35 Cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli kompozitin aşınma yüzeyi SEM görüntüsü



Şekil 5.21 %30 Cam elyaf takviyeli kompozitlerin Mesh boyutlarına göre aşınma miktarı



Şekil 5.22 %35 Cam elyaf takviyeli kompozitlerin Mesh boyutlarına göre aşınma miktarı

Bu durum malzemenin yapı ve mekanik özelliklerine dayandırarak açıklanabilir. %1 ve %2 B₂O₃ takviyelerinin üretilen malzemenin porozitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca bu takviye oranlarında malzemenin sertlik ve çekme dayanımlarının da azaldığı gözlenmiştir.

Bilindiği gibi kuru şartlarda malzemede meydana gelen hacim kaybı Archard eşitliği ile tanımlanmaktadır. Bu eşitlik; $Q = K * \frac{P * L}{H}$ olarak ifade edilmektedir. Bu eşitlikte Q (mm³) hacim kaybı veya kütle kaybını, K malzeme sabitini, P (N) uygulanan yükü, L (m) alınan yolu, H (MPa) ise malzemenin sertliğini göstermektedir [37]. 150 mesh ve 320 mesh malzemede meydana gelen hacim kaybının sertlik ile ters orantılı olarak değiştiği görülmüştür. Aynı zamanda porazite artıkça malzemelerde meydana gelen hacim kaybı da artmaktadır.

%30 cam elyaf takviyeli kompozitte en az aşınmanın %1 B₂O₃ takviyeli kompozitte, en fazla aşınmanın da %2 B₂O₃ takviyeli kompozitte meydana gelmiştir.

%35 cam elyaf takviyeli kompozitte en az aşınma 20 N yük altında Bor Oksitsiz malzemede olurken, 40 N yük altında % 2 B₂O₃ takviyesi olan malzemede meydana gelmiştir. 20 N ve 40 N yük altında en fazla aşınma % 1 B₂O₃ takviyeli malzemede meydana gelmiştir.

%30 cam elyaf takviyeli kompozitlerde,%35 cam elyaf takviyeli kompozitlere göre daha az aşınma meydana gelmiştir.

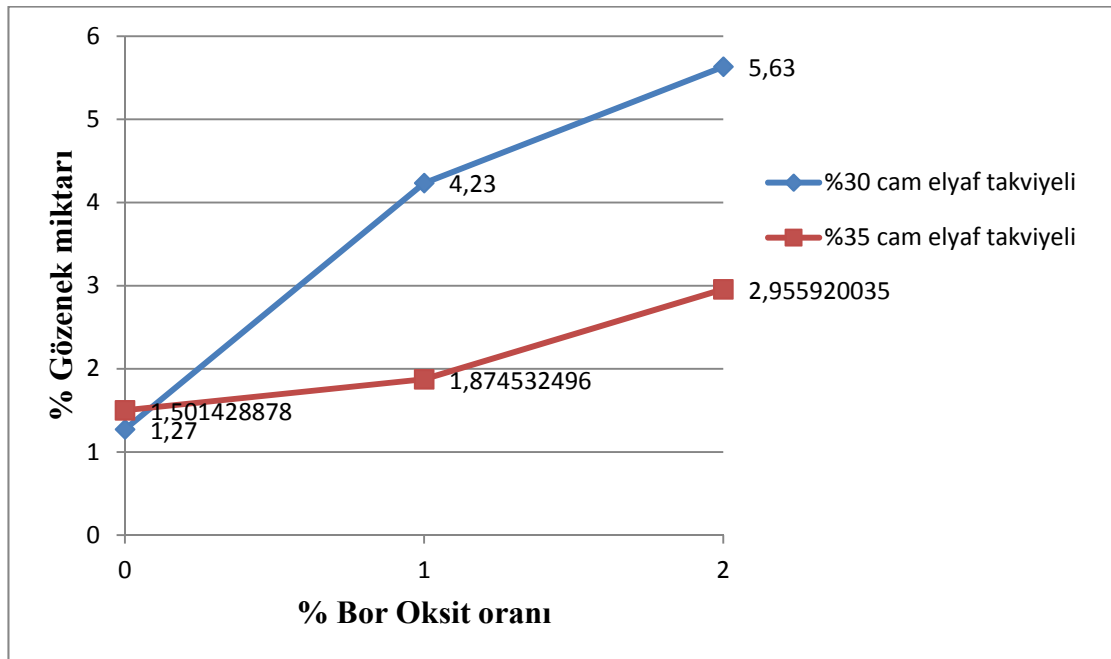
Benzer durum E. Atik ve C. Meriç polyestere, aşınma dayanımını arttırmak üzere farklı ağırlık oranlarında Al₂O₃ partikülleri takviye edilerek plastik matrisli partikül takviyeli kompozit malzemeler üretilmiştir. Üretilen kompozit malzemeler Pinon-Disk modeli bir aşınma deney düzeneğinde aynı tribolojik şartlarda aşınma deneyine tabi tutulmuştur. Aynı tribolojik şartlar altında aşınma deneyleri yapılan Polyester-Al₂O₃ kompozitlerinin aşınma dayanımlarının, polyester içindeki Al₂O₃ oranının artışıyla yükseldiği belirlenmiştir [2].

5.3 Yoğunluk ve Gözeneklilik Testi Sonuçları

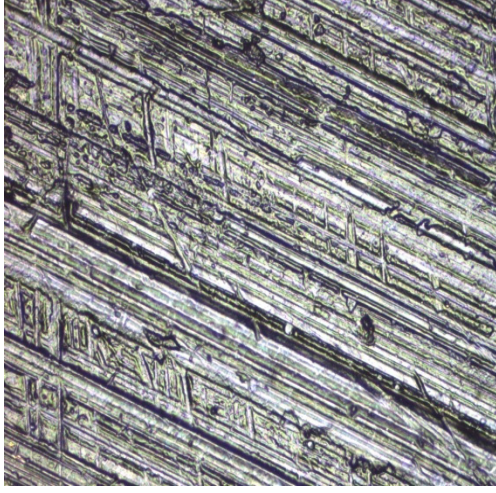
Çizelge 5.4 ve Şekil 5.23’de kompozit malzemelerin yoğunluk ve gözeneklilik miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kompozit malzemelerin deneysel ve teorik yoğunluğu

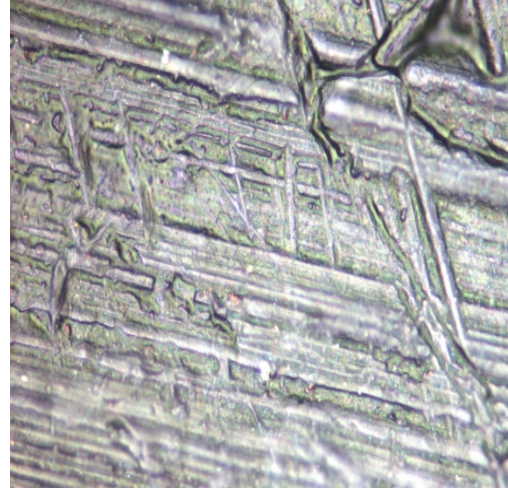
Malzeme	Havada ki ağırlığı	Suda ki ağırlığı	Deneysel yoğunluk	Teorik yoğunluk	% Gözenek miktarı
%30	5,143	1,3187	1,342703181	1,36	1,271824928
%30-%1B ₂ O ₃	5,1685	1,2479	1,316216807	1,3744	4,233352245
%30-%2 B ₂ O ₃	4,8703	1,16	1,310575769	1,3888	5,632505078
%35	3,7965	1,1425	1,428229281	1,45	1,501428878
%35-%1 B ₂ O ₃	3,8484	1,1728	1,436066217	1,4635	1,874532496
%35-%2 B ₂ O ₃	3,7396	1,1347	1,433341061	1,477	2,955920035



Şekil 5.23 Kompozit malzemelerin artan B₂O₃ miktarlarına bağlı gözenek miktarı

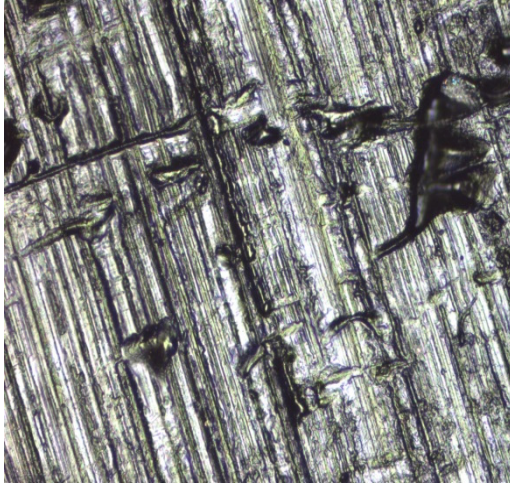


A

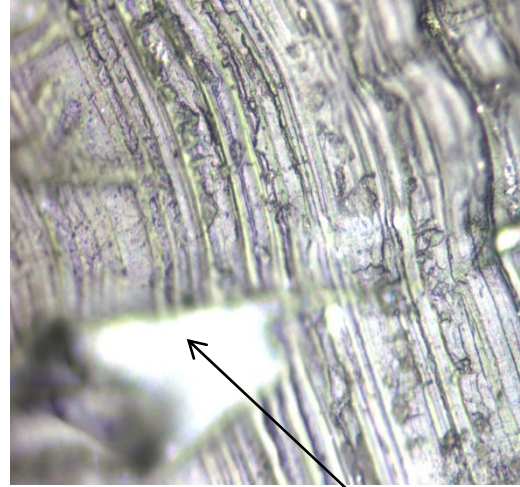


B

Şekil 5.24 %30 Cam elyaf takviyeli kompozitin optik mikroskop görüntüsü
A)20x büyütme B)50x büyütme



A



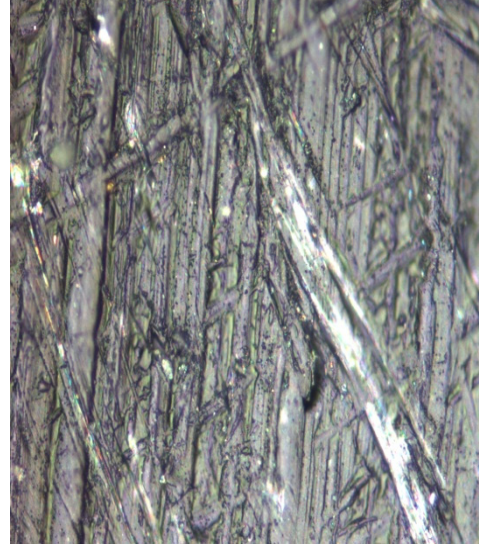
B

B₂O₃

Şekil 5.25 %30 Cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli kompozitin optik mikroskop görüntüsü
A)20x büyütme B)50x büyütme

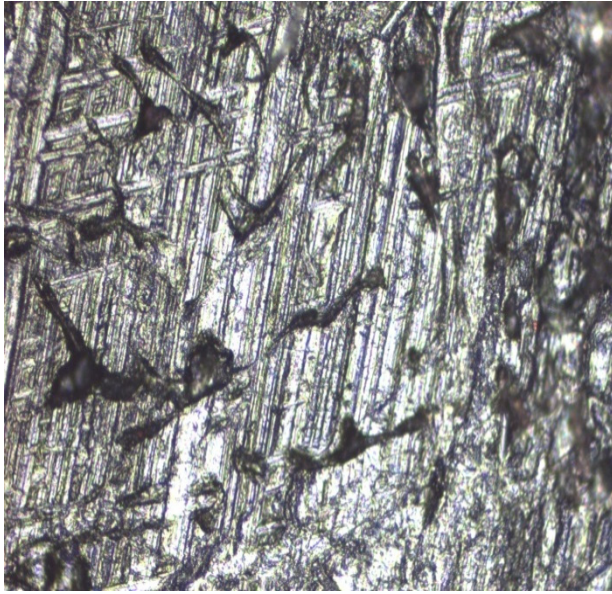


A

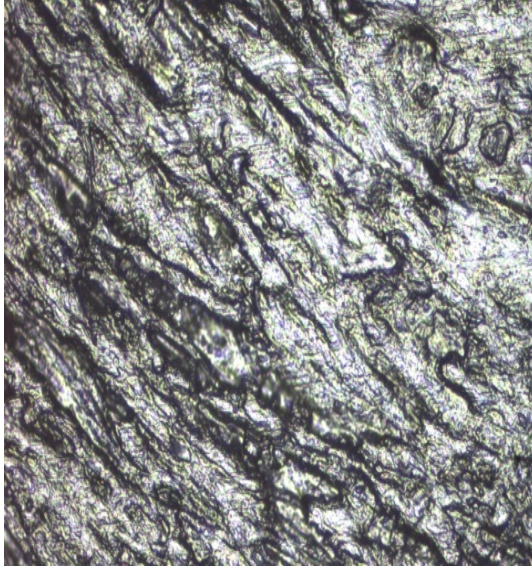


B

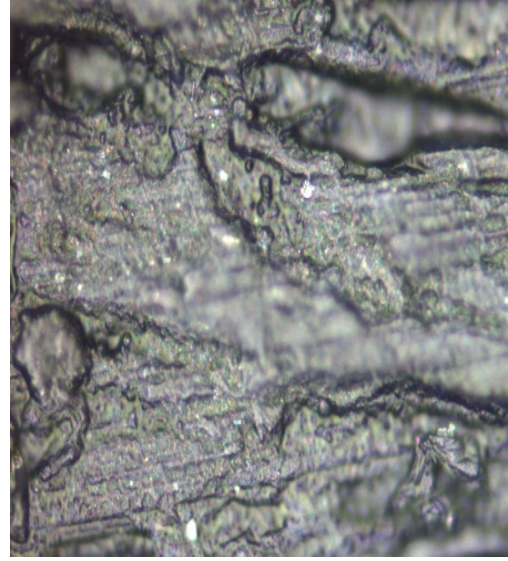
Şekil 5.26 %30 Cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli kompozitin optik mikroskop görüntüsü A)20x büyütme B)50x büyütme



Şekil 5.27 %35 Cam elyaf kompozitin optik mikroskop görüntüsü A)20x büyütme

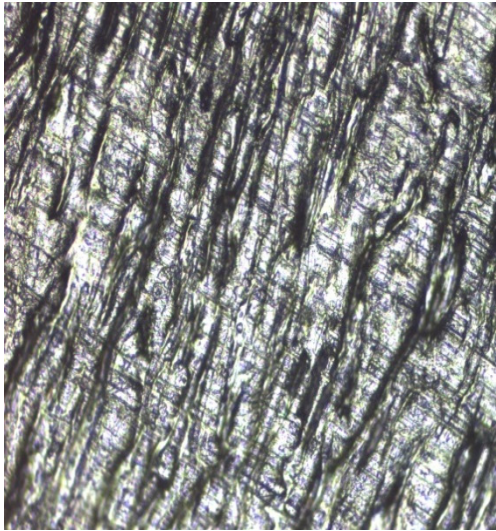


A

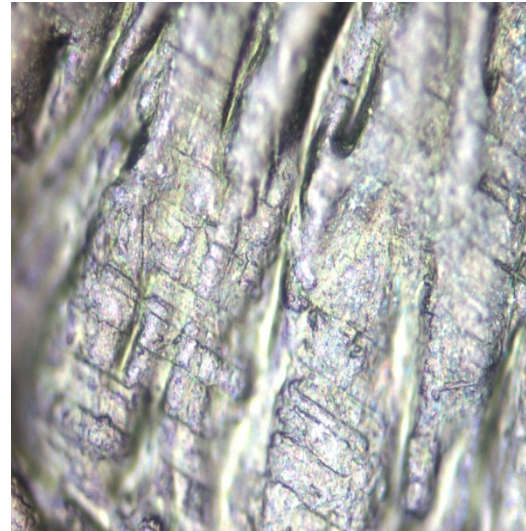


B

Şekil 5.28 %35 Cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli kompozitin optik mikroskop görüntüsü A)20x büyütme B)50x büyütme



A



B

Şekil 5.29 %35 Cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli kompozitin optik mikroskop görüntüsü A)20x büyütme B)50x büyütme

Artan takviye oranlarında kompozitlerin gözenek miktarlarının arttığı görülmektedir. Bu durum B_2O_3 etrafında gözeneklerin oluşturduğu ve B_2O_3 oranının artmasıyla daha fazla gözenek olduğundan kaynaklanmaktadır.

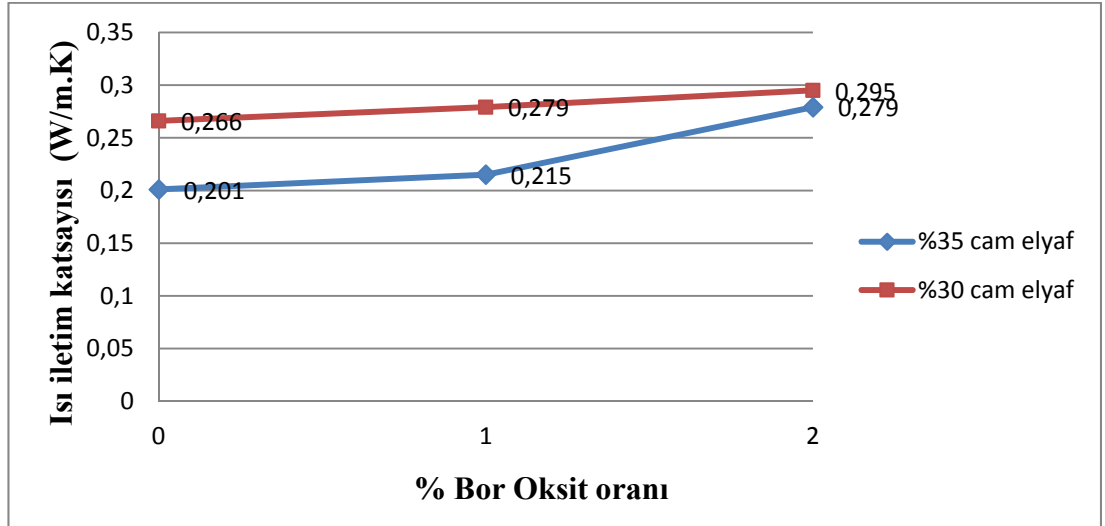
Bor oksit takviyesi olmayan kompozitlerde daha az gözenek varken Şekil 5.25' de görüldüğü gibi B_2O_3 ilavesinin artmasıyla daha fazla gözenek görülmektedir. Bu durumun iyi bir ıslatma olmadığından kaynaklandığı söylenebilir.

5.4. Isıl İletkenlik Deney sonuçları

Çizelge 5.5 ve Şekil 5.30'da kompozit malzemelerin ısı iletkenlik değeri teorik ve deneysel olarak verilmiştir.

Çizelge 5.5 Isıl iletkenlik katsayısının bor oksit oranına göre değeri

Bor Oksit Takviyesi	Cam Elyaf Takviyesi	Çok fazlı sistemler ısı iletkenlik katsayısı [W/m K]	Deneysel ısı iletkenlik katsayısı [W/m K]
% 0	% 30	0,222	0,266
% 1	% 30	0,226	0,279
% 2	% 30	0,229	0,295
% 0	%35	0,209	0,201
% 1	%35	0,211	0,215
% 2	%35	0,215	0,279



Şekil 5.30 Isıl iletkenlik değeri B₂O₃ oranına göre değeri

%35 cam elyaf takviyeli Polyamid-6'nın ısı iletkenlik katsayısı 0,201W/m.K dir.

%35 cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli Polyamid-6'nın ısı iletkenlik katsayısı 0,215W/m.K dir.

%35 cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli Polyamid-6'nın ısı iletkenlik katsayısı 0,279W/m.K dir.

%30 cam elyaf takviyeli Polyamid-6'nın ısı iletkenlik katsayısı 0,266W/m.K dir.

%30 cam elyaf ve %1 B₂O₃ takviyeli Polyamid-6'nın ısı iletkenlik katsayısı 0,279Wm.K dir.

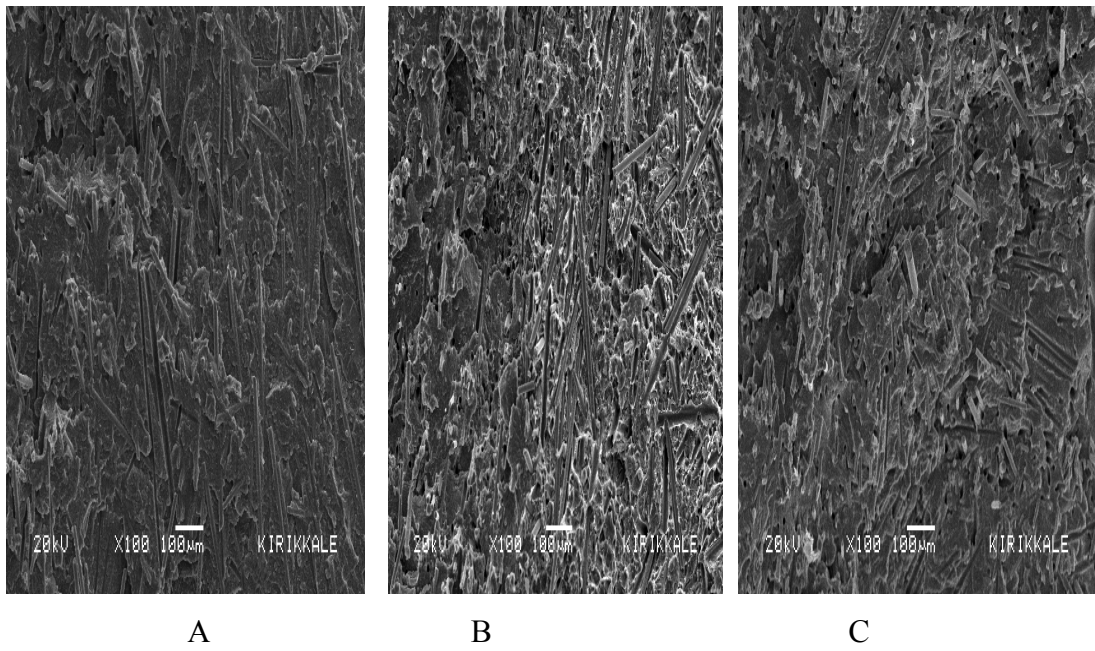
%30 cam elyaf ve %2 B₂O₃ takviyeli Polyamid-6'nın ısı iletkenlik katsayısı 0,295W/m.K dir

%30 ve 35 cam elyaf takviyeli kompozitlerde ısı iletkenlik değeri artan B₂O₃ miktarlarıyla artmaktadır. Bu durum kompozit içerisindeki ısı iletkenliği daha yüksek olan B₂O₃ miktarın artığından kaynaklanmaktadır.

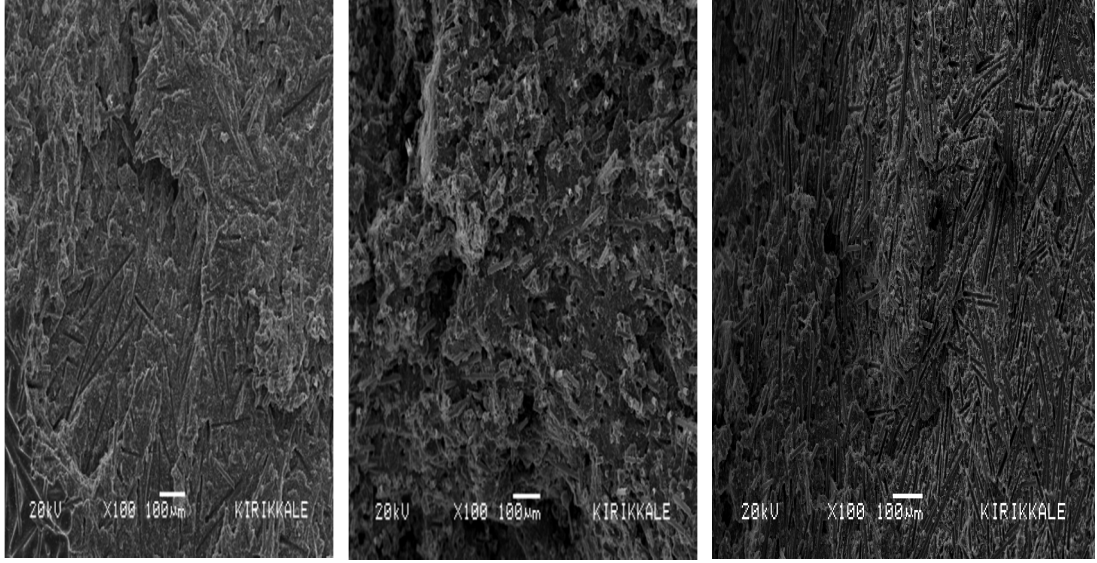
R. Çalın'ın yapmış olduğu çalışmada 105µm parçacık boyutlu SiO₂ tozu %30, 40, 50 güçlendirme hacim oranıyla quartz tüplere dolduruldu. Sıvı Al7075 alaşımı aynı vakum durumu aynı zaman ve aynı sıcaklıkta, normal atmosfer basıncında 3 dakikada vakum infiltrasyon SiO₂'ye geçti. Kompozitlerin termal iletkenliklerinin artışının, güçlendirme hacim oranının azalmasıyla gerçekleştiği görüldü. [5] Bunun sebebi ise kullanılan takviye malzemesinin ısı iletkenliğinin daha düşük olması.

5.5 Metalografik deney sonuçları

SEM görüntülerinde malzemeye katılan Bor Oksit 'in malzemenin iç yapısına etkisi araştırılmıştır. Şekil 5.31'de %30 cam elyaf takviyeli Polyamid-6'nın B_2O_3 oranlarının artışına bağlı SEM görüntüleri görülmektedir. Şekil 5.32'de %35 cam elyaf takviyeli Polyamid-6'nın Bor Oksit oranlarının artışına bağlı SEM görüntüleri görülmektedir. Benzer SEM görüntülerinde B_2O_3 varlığı Ertuğrul Altuntaş [38] ve Bahadır Güney'in [39] çalışmalarında da görülmektedir.



Şekil 5.31 %30 Cam elyaf takviyeli kompozit A) Bor Oksitsiz B) %1 B_2O_3
C) %2 B_2O_3



A

B

C

Şekil 5.32 %35 Cam elyaf takviyeli kompozit A) Bor Oksitsiz B) %1 B₂O₃
C) %2 B₂O₃

EDS yardımıyla malzemede ki B,O,C'nin miktarları araştırılmıştır. EDS analizlerinde; % 30 cam elyaf ve % 2 B₂O₃ takviyeli kompozit malzeme ve % 35 cam elyaf ve % 2 B₂O₃ takviyeli kompozit malzeme de B,C,O görülmüştür (EK 1 ve Ek 2). Fakat B,C,O'nin yüzde miktarları belirlenememiştir. Bunun sebebi takviye malzemesinin %10'dan düşük olmasıdır. % 30 ve % 35 cam elyaf takviyeli kompozitlerde % 1 B₂O₃'li kompozitlerde Bor'un görülme sebebi Bor'un pik noktası ile Karbon 'un pik noktasının çakışmasıdır.

XRD sonuçlarıyla B₂O₃'ün malzemede hangi bileşikler oluşturduğu araştırılmıştır. XRD sonuçları incelendiğinde; %30 cam elyaf %1 B₂O₃ takviyeli kompozitte 1. pik için 2 teta= 4,40375 2. pik için 2 teta =3,91004 (EK 3), %30 cam elyaf %2 B₂O₃ takviyeli kompozitte 1. pik için 2 teta= 4,36761 2. pik için 2 teta =3,80947 (EK 4) çok az bir kayma var. Bu da malzemelerinin monoklinik kristal yapıda olduğunu sadece örgü parametrelerinin değiştiğini göstermiştir

%35 cam elyaf % 1 B₂O₃ takviyeli kompozitte 1. pik için 2 teta= 6,32574 2. pik için 2 teta= 3,19697 3. pik için 2 teta= 2,77375 4. pik için 2 teta= 1,96643 5. pik için 2 teta= 1,67735 (EK 5) %35 cam elyaf % 2 B₂O₃ takviyeli kompozitte 1. pik için 2 teta= 6,32243 2. pik için 2 teta= 3,64692 3. pik için 2 teta= 3,18890 4. pik için 2 teta=2,76621 5. pik için 2 teta=1,96130 6. pik için 2 teta=1,67522 (EK 6) %35 cam elyaf %1 (EK 5) ve %2 B 'da ise %35cam elyaftan dolayı Bor miktarı değişmiş olup iki malzemede tamamen kristal yapıda olup içerisinde safsızlıkların olduğunu gösterir.

Bu malzemelerin 2 teta değerleri sonucunda numunelerde Sodalite, Jeremejevite, Vesuvianite, Leucite olduğu görülmüştür. Bu malzemelerin kafes yapıları;

Sodalite: kübik kristal,

Jeremejevite': hegzagonal kristal

Vesuvianite: tetragonal yapı

Leucite: tetragonal yapı

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuçlar

Bor Oksit ilavesi Polyamid 6 matrisli cam elyaf takviyeli kompozitlerde mukavemet ve sertlik değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Bor Oksit ilavesi mukavemet değerlerinde önemli azalma gösterirken sertlik değerlerindeki azalma daha az olduğu görülmektedir. Ancak %30 Cam Elyaf takviyeli, Polyamid-6 matrisli kompozit malzemeye %1 oranında Bor Oksit (B_2O_3) ilavesinin kopmadaki birim uzama değerlerini arttırmıştır.

Mukavemetteki bu azalma plastik esaslı malzemeye kırılğan seramik B_2O_3 ilavesinden kaynaklanmaktadır. Sertlikteki değişimin çok az olması kullanılan B_2O_3 miktarının %1 ve %2 gibi çok az olmasından kaynaklanmaktadır.

%1 ve %2 B_2O_3 takviyelerinin üretilen malzemenin porozitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca bu takviye oranlarında malzemenin sertlik ve çekme dayanımlarının da azaldığı gözlenmiştir.

%30 cam elyaf takviyeli kompozitte en az aşınmanın %1 B_2O_3 takviyeli kompozitte, en fazla aşınmanın da %2 B_2O_3 takviyeli kompozitte meydana gelmiştir.

%35 cam elyaf takviyeli kompozitte en az aşınma 20 N yük altında bor oksitsiz malzemedede olurken, 40 N yük altında % 2 B_2O_3 takviyesi olan malzemedede meydana gelmiştir. 20 N ve 40 N yük altında en fazla aşınma % 1 B_2O_3 takviyeli malzemedede meydana gelmiştir.

%30 cam elyaf takviyeli kompozitlerde,%35 cam elyaf takviyeli kompozitlere göre daha az aşınma meydana gelmiştir.

Artan takviye oranlarında kompozitlerin gözenek miktarlarının arttığı görülmektedir. Bu durum B_2O_3 etrafında gözeneklerin oluşturduğu ve B_2O_3 oranının artmasıyla daha fazla gözenek olduğundan kaynaklanmaktadır.

B_2O_3 takviyesi olmayan kompozitlerde daha az gözenek varken B_2O_3 ilavesinin artmasıyla daha fazla gözenek görülmektedir. Bu durumun iyi bir ıslatma olmadığından kaynaklandığı söylenebilir.

%30 ve 35 cam elyaf takviyeli kompozitlerde ısı iletkenlik değeri artan B_2O_3 miktarlarıyla artmaktadır. Bu durum kompozit içerisindeki ısı iletkenliği daha yüksek olan B_2O_3 miktarının arttığından kaynaklanmaktadır.

Öneriler

Metal matrisli kompozitlere B_2O_3 ilavesinin mekanik özelliklerinin araştırılması

Farklı plastik matrisli kompozitlerde B_2O_3 ilavesinin araştırılması

KAYNAKLAR

- [1] Koç, R., “Mühendislik Plastiklerinin Aşınma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No: 2, 27-40, 2011
- [2] Atik, E., Meriç, C., “ Polyester Al₂O₃ Kompozitlerinin Aşınma Davranışları ”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi cilt: 4 Sayı: 2 Sh. 73-78, Mayıs 2002
- [3] Ünal, H., Yetgin, H. S., “ÇYMAPE Ve Pa-6 Mühendislik Polimerlerinin Aşınma ve Sürtünme Davranışlarının İncelenmesi”, Tübav Bilim Dergisi Yıl: 2010, Cilt:3, Sayı:2, Sayfa:145-152
- [4] Güllü, A., Özdemir, E., Demir, H., “Enjeksiyon Parametrelerinin Cam Elyaf Takviyeli Polipropilen (Pp) ve Naylon 6 (Pa6) Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması”, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 5, Sayı 1,11-19,2001
- [5] Çalın, R., “Effect of Reinforced Volume Ratio on Thermal Conductivity of SiO₂ Reinforced Al Matrix Composite Produced by Vacuum Infiltration Method”, Asian Journal of Chemistry, (SCI) Vol. 22, No 1, p 808-814 ,2010
- [6] Çıtak, R., Çalın, R., Pehlivanlı, Z., “ Effect of Reinforcement Volume Ratio on Thermal Conductivity of MgO Reinforced Al Matrix Composite Produced by Vacuum Infiltration Method”, Asian Journal of Chemistry Vol 22, No 5,4054-4060,2010
- [7] Arbelaiz, A., Fernándeş, B., Cantero, G., Llano-Ponte, R., Valea, A., Mondragon, I., " Mechanical properties of flax fibre/polypropylene composites. Influence of fibre/matrix modification and glass fibre hybridization” ScienceDirect Composites: Part A 36,1637–1644, 2005
- [8] Arbelaiz, A., Fernándeş, B., Valea, A., Mondragon, I., “Mechanical properties of short flax fibre bundle/poly (ε-caprolactone) composites: Influence of matrix modification and fibre content” ScienceDirect Carbohydrate Polymers 64,224–232,2006

- [9] Li, X., Lei, B., Lin, Z., Huang, L., Tan, S., Cai X., “The utilization of bamboo charcoal enhances wood plastic composites with excellent mechanical and thermal properties” *ScienceDirect Materials and Design* 53, 419–424, (2014)
- [10] Ayırmis, N., Akbulut, T., Dündar, T., White Robert H. , Mengelöglu, F., Buyuksari, U., Candan, Z., Avcı, E., “Effect of boron and phosphate compounds on physical, mechanical, and fire properties of wood–polypropylene composites” *Construction and Building Materials* 33 63–69, 2012
- [11] Ayırmis, N., “Combined effects of boron and compatibilizer on dimensional stability and mechanical properties of wood/HDPE composites” *ScienceDirect Composites: Part B* 44, 745–749, 2013
- [12] Ateş, E., Aztekin, K., “Parçacık Ve Fiber Takviyeli Polimer Kompozitlerin Yoğunluk Ve Basma Dayanımı Özellikleri” *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt* 26, No 2, 479-486, 2011
- [13] Akıncı, A., Yetgin, S. H., Yılmaz, Ş., Şen U., “The Variation Of Pin-On-Disc Wear Properties Of Particle Filled Polymer Matrix Composites With Applied Loads” *Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma* 27, 129-138, 2009
- [14] Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş” Seçkin Yayıncılık 33, Ankara, 2006
- [15] Kayrak, M.A., “Havacılık Kompozitleri ve Mukavemet- Maliyet Analizi” *Anadolu Üniversitesi Yayınları* 6, Eskişehir, 1999
- [16] Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş” Seçkin Yayıncılık 33, Ankara, 2006
- [17] Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş” Seçkin Yayıncılık 35-36, Ankara, 2006
- [18] Kayrak, M.A., “Havacılık Kompozitleri ve Mukavemet- Maliyet Analizi” *Anadolu Üniversitesi Yayınları* 7, Eskişehir, 1999
- [19] Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş” Seçkin Yayıncılık 48, Ankara, 2006
- [20] *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, Sayı: 178, 12-14, Ekim 2008
- [21] Poliber kompozit

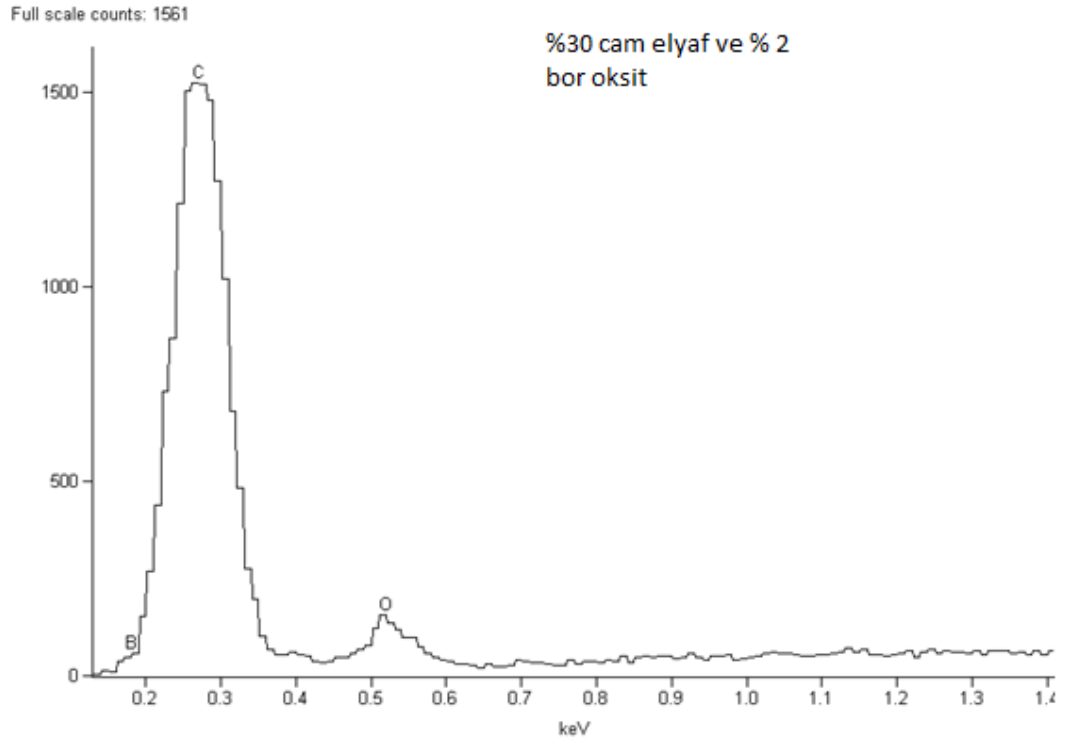
http://www.poliber.com.tr/tr/proses_rtm.html (Erişim: 1:10.2013)

- [22] Öktem, H., Erzincanlı, F.,” Bir Dvd-Rom Ön Kapağının Plastik Enjeksiyonla Basılması Sonucunda Oluşan Çekmeye Etki Eden En Uygun İşlem Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi” 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi - Balıkesir 29-30 Kasım 2012
- [23] Poliber kompozit http://www.poliber.com.tr/tr/proses_Elyaf_Sarma.html (Erişim:1.10.2013)
- [24] Sarıbüyük, M.,” Hafif Yapı Tasarımında Pultrüzyon Metodu İle Üretilen Cam Elyaf Takviyel Plastiklerin Kullanılması” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 1, 199-205, 2007
- [25] Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü
<http://www.boren.gov.tr/icerik.php?id=24> (Erişim:22.3.2013)
- [26] Kimya Borsası Osa Dış Ticaret Ltd. Şti.
<http://www.kimyaborsasi.com/detay.asp?urun=34> (Erişim:1.10.2013)
(Erişim:1.10.2013)
- [27] Töre, İ. , Ay,N., “Amorf Bor Oksit Eldesi ve Karakterizasyonu” Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül 2004 Eskişehir Türkiye
- [28] Yingkou Liaobin Fine Chemicals Co, Ltd
<http://www.yklbhg.com/ecp1.php?id=7> (Erişim:1.7.2013)
- [29] Reade Advanced Materials (Reade ®)
<http://www.reade.com/component/content/article/68-boric-acid-hbo2-anhydride-boric-anhydride-anhydric-boric-oxide-boric-oxide-b2o3-boron-monooxide-boron-oxide-boron-oxide-b2o3-boron-sesquioxide-boron-trioxide-diboron-dioxide-diboron-trioxide-fused-boric-acid?q=boron+oxide>
(Erişim:26.7.2013)
- [30] “21. Yüzyılda Bor Teknolojileri Ve Uygulamaları”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2003
- [31] Madencilik ÖİK Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Kimya Sanayii Hammaddeleri Cilt II (DPT: 2608 - ÖİK: 619), Ankara, 2001

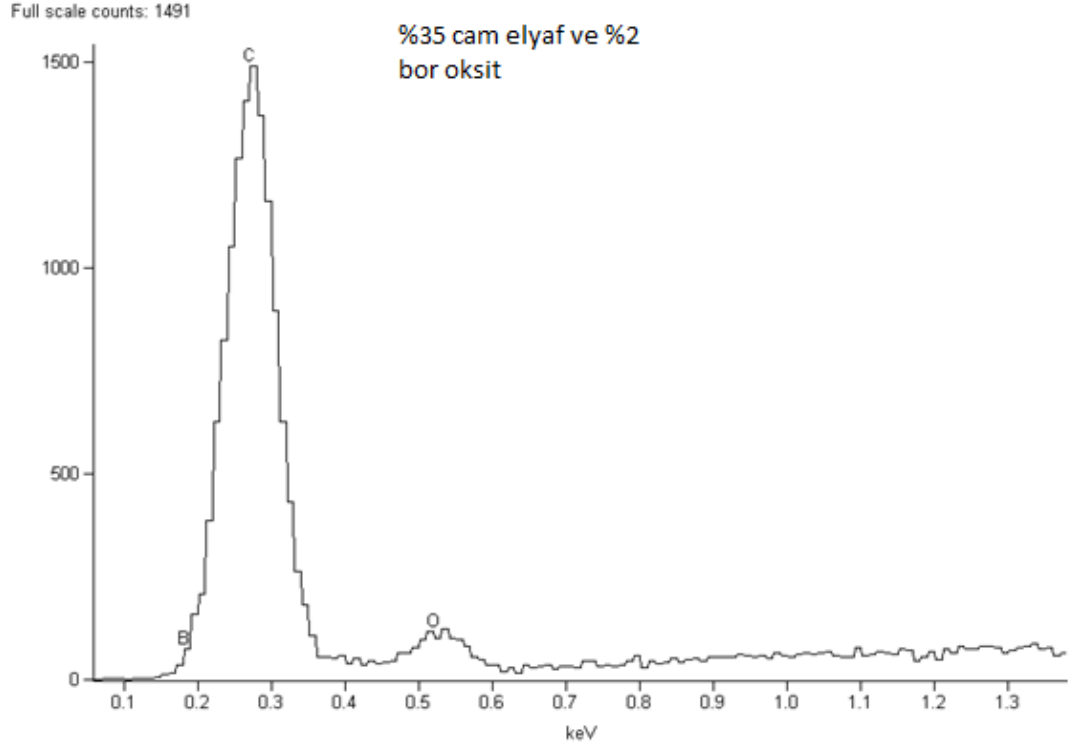
- [32] Balıkesir Üniversitesi Bor Araştırma ve Uygulama Merkezi
<http://bor.balikesir.edu.tr/> (Erişim 24.6.2013)
- [33] Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Bor Sektör Raporu Mayıs 2013
- [34] Doğan, B., “Sialon Esaslı Seramik Kesici Uçların Isıl İletkenliğinin Sıcaklığa Bağlı Analizi” Doktora Tezi Kırıkkale Üniversitesi Ocak 2010
- [35] ODTÜ Merkez Laboratuvarı <http://fibrolux.com/main/knowledge/pultrusion/>
(Erişim:27.01.2014)
- [36] Carson, J. K, “Prediction of the thermal conductivity of porous foods”
Doktora Tezi Massey Üniversitesi, Palmerston North, Yeni Zelanda, 2002
- [37] Mühendis ve Makine dergisi cilt 52 sayı 616, Mayıs 2011
- [38] Altuntas, E., “Borlu Polimer-Odun Kompozitleri” Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2008
- [39] Güney, B., “Bor Oksitten Elementel Bor Tozu Üretim Parametrelerinin Araştırılması” Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi Mayıs 2007

EKLER

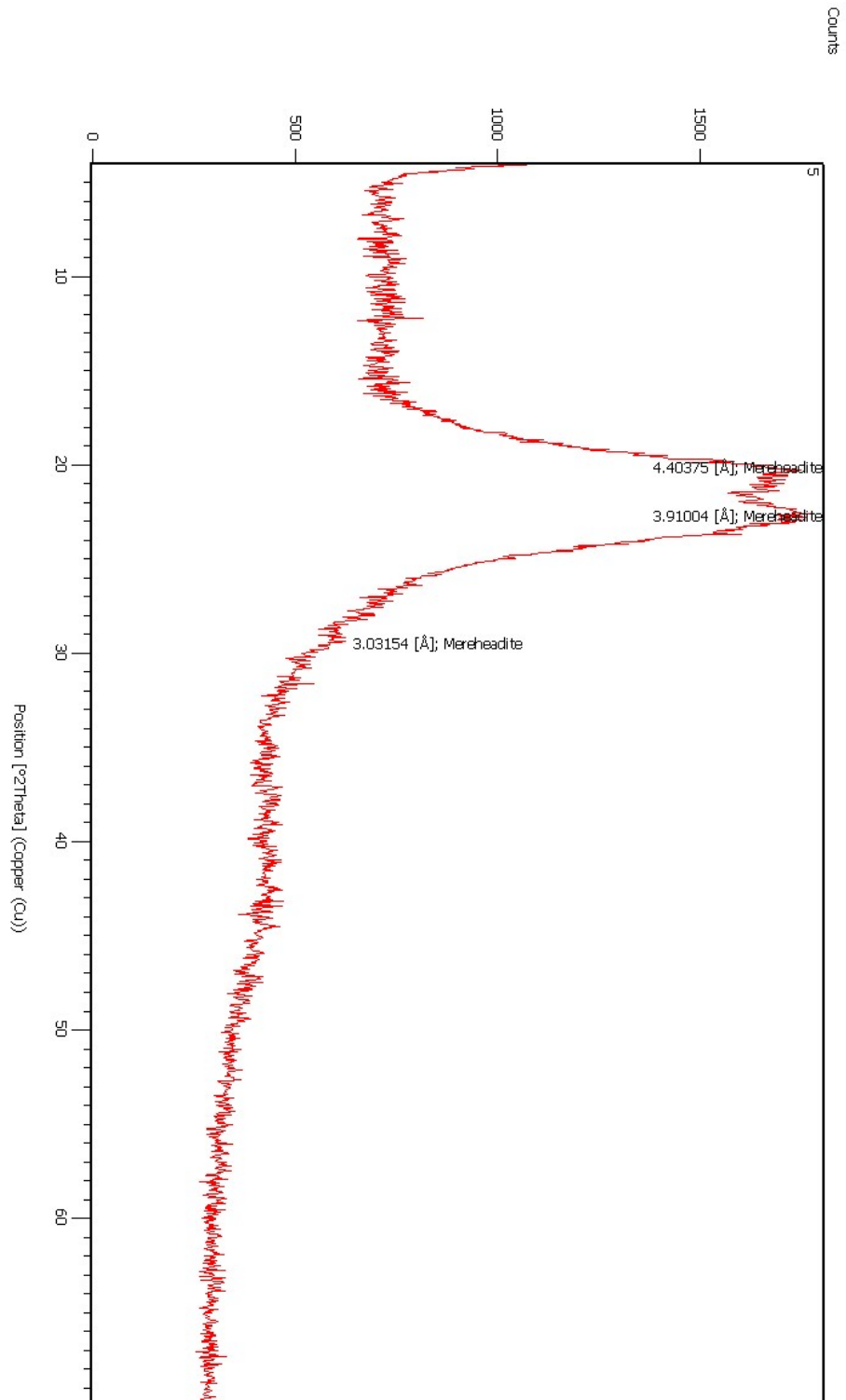
Ek 1. % 30 Cam Elyafı Malzemenin EDS



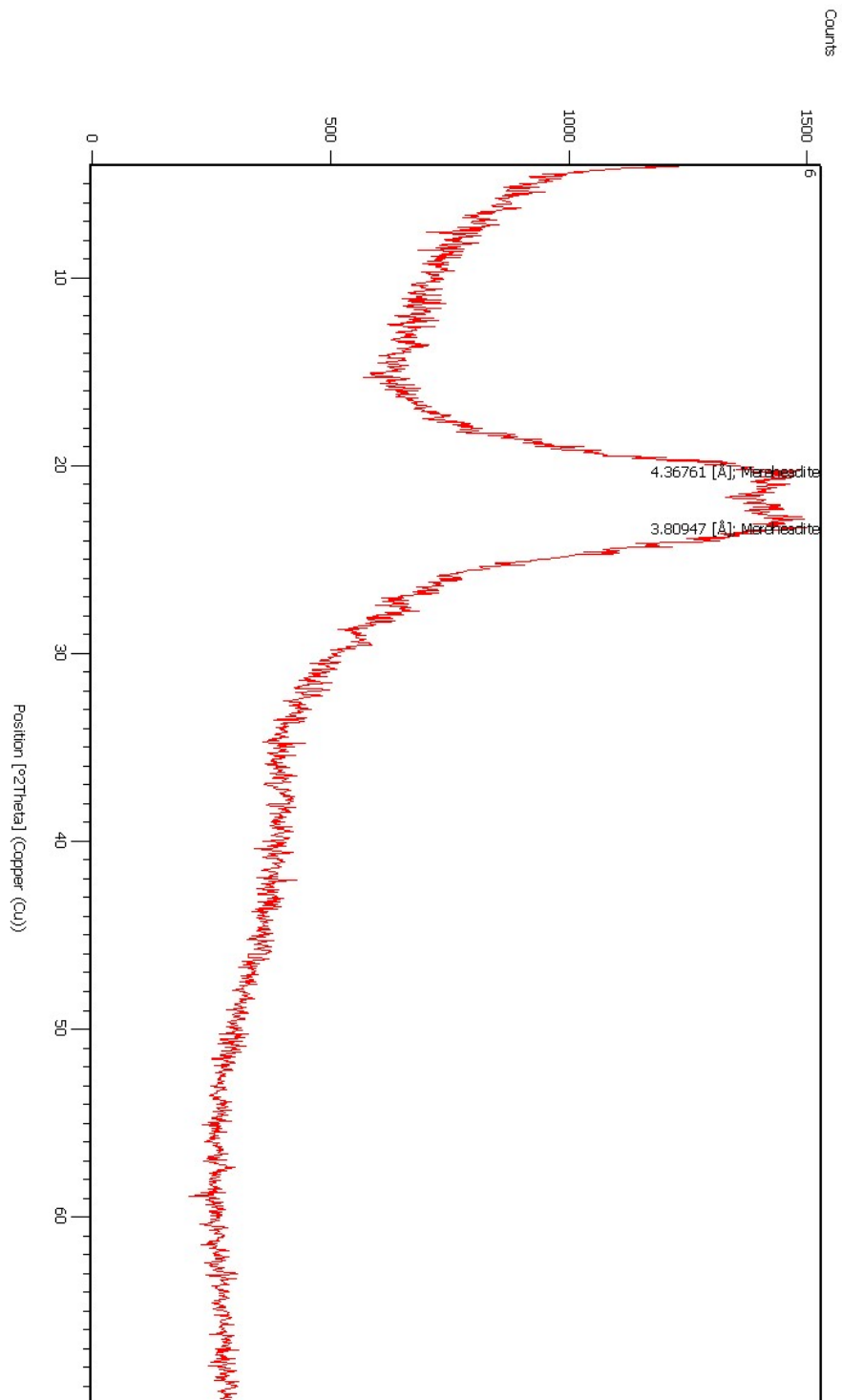
Ek 2. % 35 Cam Elyafı Malzemenin EDS



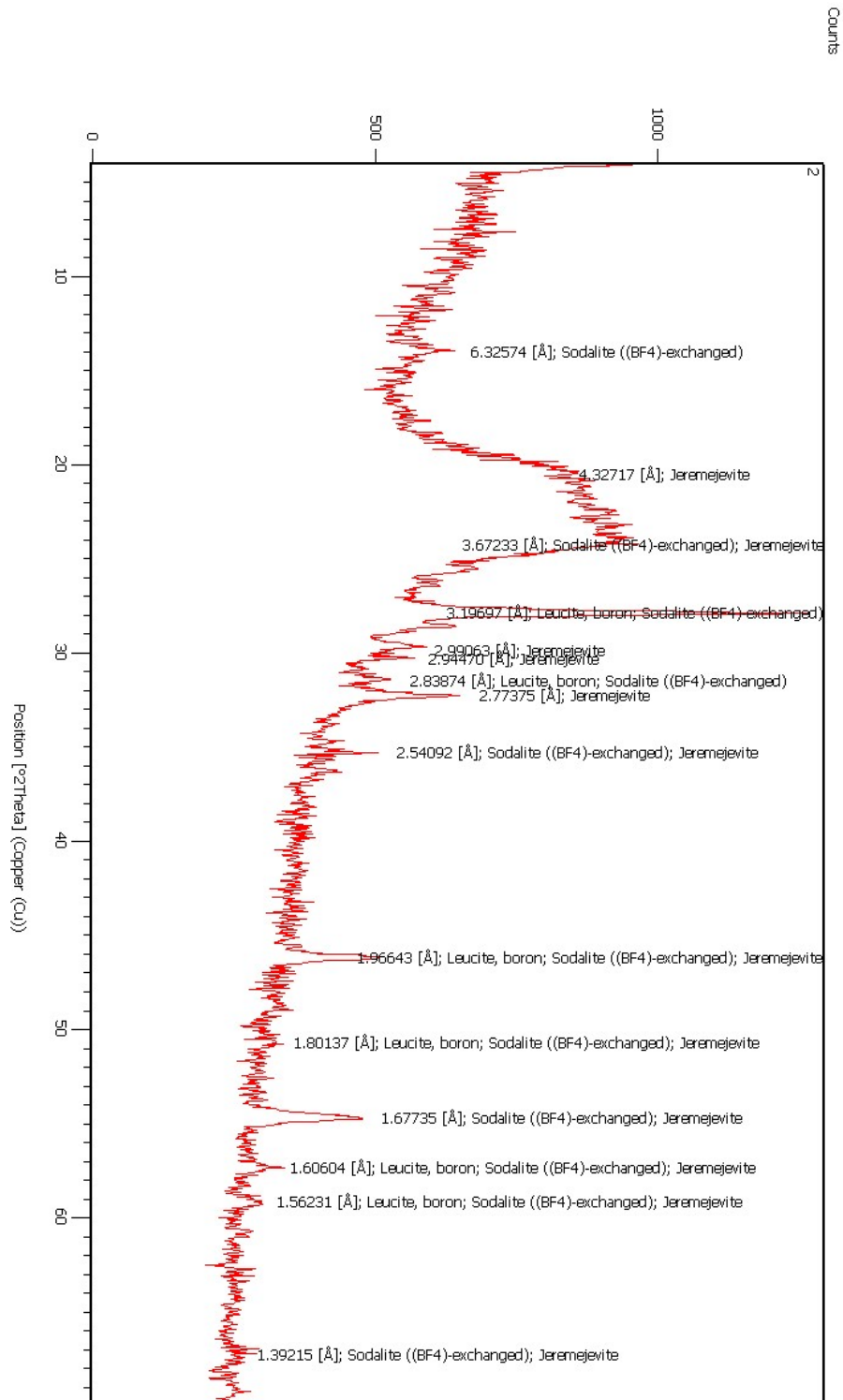
Ek 3. %30 Cam Elyaf -%1 Bor Oksit XRD



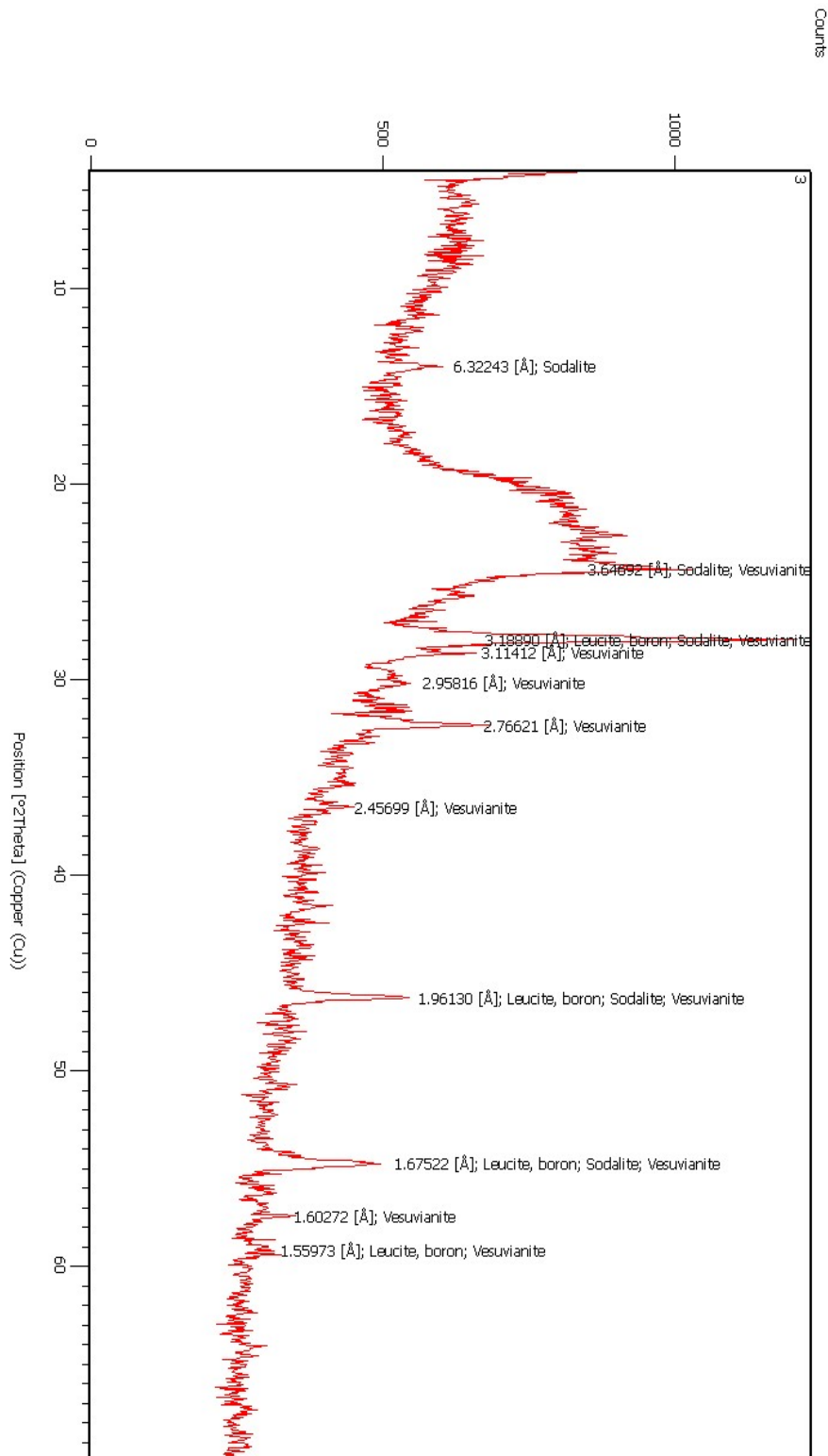
Ek4. %30 cam elyaf -%2 Bor Oksit XRD



Ek 5. %35 cam elyaf -%1 Bor Oksit XRD



Ek 6. %35 cam elyaf -%2 Bor Oksit XRD



Ek 7. %30 Cam Elyafli Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: %30 cam elyaf

File Name: %30 cam elyaf

Test Number: 386

Operator: gerol

Date: Wed Dec 18 12:45:07 2013

Calibration

Run Id: LowTemp2_Calibration_7321, 04-30-09

File: TC1915aLT2_7321.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	5.04	30.61	7.2483e-003	8.4214e-004	1.2967e-003	2.5137e-002
2	34.78	30.63	6.6369e-003	3.7471e-004	1.2493e-003	2.4749e-002
3	84.30	31.52	5.9082e-003	2.0307e-004	1.1794e-003	2.4123e-002

Mean Sample Temperature: 24.48 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.266 (W/mK)

1.842 (BTU in/h ft² F)

Setpoint: 1

Sensor Temperature (C)

Upper	35.60
Lower	13.36
Heat Sink	5.17

delta T sample/delta T reference: 2.71

delta T sample: 22.24 (C)

delta T reference: 8.20 (C)

delta T stack: 30.44 (C)

Thickness: 0.1969 (inches)

0.5000 (cm)

Mean Sample Temperature: 24.48 (C)

Sample Thermal Resistance: 1.88e-002 (m²K/W)

Sample Thermal Conductivity: 0.266 (W/mK)

Ek 8. %30 Cam Elyafı -%1 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: %30 cam elyaf -%1 bor oksit

File Name: %30 cam elyaf -%1 bor oksit

Test Number: 385

Operator: gerol

Date: Wed Dec 18 11:04:50 2013

Calibration

Run Id: LowTemp2_Calibration_7321, 04-30-09

File: TC1915aLT2_7321.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	5.04	30.61	7.2483e-003	8.4214e-004	1.2967e-003	2.5137e-002
2	34.78	30.63	6.6369e-003	3.7471e-004	1.2493e-003	2.4749e-002
3	84.30	31.52	5.9082e-003	2.0307e-004	1.1794e-003	2.4123e-002

Mean Sample Temperature: 24.65 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.279 (W/mK)

1.933 (BTU in/h ft² F)

Setpoint: 1

Sensor Temperature (C)

Upper 35.43

Lower 13.87

Heat Sink 5.62

delta T sample/delta T reference: 2.61

delta T sample: 21.57 (C)

delta T reference: 8.25 (C)

delta T stack: 29.81 (C)

Thickness: 0.1988 (inches)

0.5050 (cm)

Mean Sample Temperature: 24.65 (C)

Sample Thermal Resistance: 1.81e-002 (m²K/W)

Sample Thermal Conductivity: 0.279 (W/mK)

Ek 9. %30 Cam Elyafı -%2 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: %30 cam elyaf -%2 bor oksit
File Name: %30 cam elyaf -%2 bor oksit
Test Number: 381
Operator: gerol
Date: Tue Dec 17 11:32:38 2013

Calibration

Run Id: LowTemp2_Calibration_7321, 04-30-09
File: TC1915aLT2_7321.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	5.04	30.61	7.2483e-003	8.4214e-004	1.2967e-003	2.5137e-002
2	34.78	30.63	6.6369e-003	3.7471e-004	1.2493e-003	2.4749e-002
3	84.30	31.52	5.9082e-003	2.0307e-004	1.1794e-003	2.4123e-002

Mean Sample Temperature: 25.22 (C)
Sample Thermal Conductivity: 0.295 (W/mK)
2.048 (BTU in/h ft² F)

Setpoint: 1

Sensor Temperature (C)

Upper	35.44
Lower	14.99
Heat Sink	6.86

delta T sample/delta T reference: 2.52

delta T sample: 20.46 (C)

delta T reference: 8.13 (C)

delta T stack: 28.58 (C)

Thickness: 0.2024 (inches)

0.5140 (cm)

Mean Sample Temperature: 25.22 (C)

Sample Thermal Resistance: 1.74e-002 (m²K/W)

Sample Thermal Conductivity: 0.295 (W/mK)

Ek 10. %35 Cam Elyafı Malzemenin Isıl İletkenlik Test Sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: %35 cam elyaf

File Name: %35 cam elyaf

Test Number: 382

Operator: gerol

Date: Tue Dec 17 12:42:44 2013

Calibration

Run Id: LowTemp2_Calibration_7321, 04-30-09

File: TC1915aLT2_7321.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	5.04	30.61	7.2483e-003	8.4214e-004	1.2967e-003	2.5137e-002
2	34.78	30.63	6.6369e-003	3.7471e-004	1.2493e-003	2.4749e-002
3	84.30	31.52	5.9082e-003	2.0307e-004	1.1794e-003	2.4123e-002

Mean Sample Temperature: 24.10 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.201 (W/mK)

1.395 (BTU in/h ft² F)

Setpoint: 1

Sensor Temperature (C)

Upper 35.66

Lower 12.55

Heat Sink 6.21

delta T sample/delta T reference: 3.65

delta T sample: 23.11 (C)

delta T reference: 6.34 (C)

delta T stack: 29.45 (C)

Thickness: 0.2028 (inches)

0.5150 (cm)

Mean Sample Temperature: 24.10 (C)

Sample Thermal Resistance: 2.56e-002 (m²K/W)

Sample Thermal Conductivity: 0.201 (W/mK)

**Ek 11. %35 Cam Elyafı -%1 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test
Sonucu**

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: %35 cam elyaf -%1 bor oksit

File Name: %35 cam elyaf -%1 bor oksit

Test Number: 383

Operator: gerol

Date: Tue Dec 17 14:38:27 2013

Calibration

Run Id: LowTemp2_Calibration_7321, 04-30-09

File: TC1915aLT2_7321.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	5.04	30.61	7.2483e-003	8.4214e-004	1.2967e-003	2.5137e-002
2	34.78	30.63	6.6369e-003	3.7471e-004	1.2493e-003	2.4749e-002
3	84.30	31.52	5.9082e-003	2.0307e-004	1.1794e-003	2.4123e-002

Mean Sample Temperature: 24.31 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.215 (W/mK)

1.489 (BTU in/h ft² F)

Setpoint: 1

Sensor Temperature (C)

Upper	35.75
Lower	12.87
Heat Sink	6.25

delta T sample/delta T reference: 3.46

delta T sample: 22.88 (C)

delta T reference: 6.62 (C)

delta T stack: 29.51 (C)

Thickness: 0.2047 (inches)

0.5200 (cm)

Mean Sample Temperature: 24.31 (C)

Sample Thermal Resistance: 2.42e-002 (m²K/W)

Sample Thermal Conductivity: 0.215 (W/mK)

Ek 12. %35 Cam Elyafli -%2 Bor Oksitli Malzemenin Isıl İletkenlik Test

Sonucu

MODEL 2022 DATA ANALYSIS SOFTWARE

Program 2022 - Version 5.0

Anter Corporation 2008 (C)

2022 Conductivity Test

Run Id: %35 cam elyaf -%2 bor oksit

File Name: %35 cam elyaf -%2 bor oksit

Test Number: 384

Operator: gerol

Date: Tue Dec 17 15:54:14 2013

Calibration

Run Id: LowTemp2_Calibration_7321, 04-30-09

File: TC1915aLT2_7321.20x

Segment	Setpoint (C)	Stack delta	HFM Calibration Factor	Interfacial Resistance	Rmin m ² K/W	Rmax m ² K/W
1	5.04	30.61	7.2483e-003	8.4214e-004	1.2967e-003	2.5137e-002
2	34.78	30.63	6.6369e-003	3.7471e-004	1.2493e-003	2.4749e-002
3	84.30	31.52	5.9082e-003	2.0307e-004	1.1794e-003	2.4123e-002

Mean Sample Temperature: 25.27 (C)

Sample Thermal Conductivity: 0.279 (W/mK)

1.932 (BTU in/h ft² F)

Setpoint: 1

Sensor Temperature (C)

Upper 35.65

Lower 14.88

Heat Sink 6.67

delta T sample/delta T reference: 2.53

delta T sample: 20.78 (C)

delta T reference: 8.20 (C)

delta T stack: 28.98 (C)

Thickness: 0.1921 (inches)

0.4880 (cm)

Mean Sample Temperature: 25.27 (C)

Sample Thermal Resistance: 1.75e-002 (m²K/W)

Sample Thermal Conductivity: 0.279 (W/mK)

Ek 13. Polyamid-6 Matrsli %30 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Özellikleri

ECO MEYTEL I6 F30 BK

POLYAMIDE

Polyamide 6 glass fibre reinforced 30%.
General purpose.

Available:

Black, H: heat stabilized

	PROPERTY	UNIT	STANDARD		VALUE
PHYSICAL	Density (23°C)	g/cm ³	ASTM D 792	ISO 1183	1,36
	MFI	g/10 min	ASTM D 1238	ISO 1133	-
	MFI condition	°C/kg	ASTM D 1238	ISO 1133	-
	Shore	-	ASTM D 2240	ISO 868	-
	Shore condition	A/D	ASTM D 2240	ISO 868	-
	Water absorption (24h/23°C)	%	ASTM D 570	ISO 62	1,9
	Water absorption (saturation)	%	ASTM D 570	ISO 62	6,3
	Filler content	%	ASTM D 2584	ISO 3451	30
	Mould Shrinkage (parallel)	%	ASTM D 955	ISO 294-4	0,2
MECHANICAL	Izod impact (notch / 23°C) - dry/cond	J/m	ASTM D 256	ISO 180/1A	70/80
	Izod impact (notch / 0°C) - dry/cond	J/m	ASTM D 256	ISO 180/1A	50
	Tensile yield strength - dry/cond	N/mm ²	ASTM D 638	ISO 527-2	-
	Tensile yield strain - dry/cond	%	ASTM D 638	ISO 527-2	-
	Tensile break strength - dry/cond	N/mm ²	ASTM D 638	ISO 527-2	120/90
	Elongation at break - dry/cond	%	ASTM D 638	ISO 527-2	4/8
	Tensile modulus - dry/cond	N/mm ²	ASTM D 638	ISO 527-2	7500/5800
	Flexural modulus - dry/cond	N/mm ²	ASTM D 790	ISO 178	6200/5500
	THERMAL	HDT (0,455 Mpa)	°C	ASTM D 648	ISO 75-2
HDT (1820 Mpa)		°C	ASTM D 648	ISO 75-2	205
VICAT (10 N)		°C	ASTM D 1525	ISO 306	-
VICAT (50 N)		°C	ASTM D 1525	ISO 306	210
Melting temperature (DSC)		°C	ASTM D 3418	ISO 3146	220
FR	Flame behaviour	-	UL94		-



ECO compounds are made utilizing 30% of recycled polymers at least.
These products are certified by IFPR institute and are identified with
"Plastica Soonda Vita" brand.

The above values are provided for general information only. The data contained in this document is based on trials carried out by our laboratory. It shall, however, in no event be held to constitute or imply any warranty, undertaking express or implied commitment from our part.



Ek 14. Polyamid-6 Matrsli %35 Cam Elyaf Takviyeli Kompozitin Özellikleri

ECO MEYTEL I6 F40 BK

POLYAMIDE

Polyamide 6 glass fibre reinforced 40%.
General purpose.

Available:

Black, H: heat stabilized

PROPERTY	UNIT	STANDARD		VALUE	
Density (23°C)	g/cm ³	ASTM D 792	ISO 1183	1,46	
MFI	g/10 min	ASTM D 1238	ISO 1133	-	
MFI condition	°C/kg	ASTM D 1238	ISO 1133	-	
Shore	-	ASTM D 2240	ISO 868	-	
Shore condition	A/D	ASTM D 2240	ISO 868	-	
PHYSICAL	Water absorption (24h/23°C)	%	ASTM D 570	ISO 62	1,7
	Water absorption (saturation)	%	ASTM D 570	ISO 62	5,2
	Filler content	%	ASTM D 2584	ISO 3451	40
	Mould Shrinkage (parallel)	%	ASTM D 955	ISO 294-4	0,2
	MECHANICAL	Izod impact (notch / 23°C) - dry/cond	J/m	ASTM D 256	ISO 180/1A
Izod impact (notch / 0°C) - dry/cond		J/m	ASTM D 256	ISO 180/1A	90
Tensile yield strength - dry/cond		N/mm ²	ASTM D 638	ISO 527-2	-
Tensile yield strain - dry/cond		%	ASTM D 638	ISO 527-2	-
Tensile break strength - dry/cond		N/mm ²	ASTM D 638	ISO 527-2	180/150
Elongation at break - dry/cond		%	ASTM D 638	ISO 527-2	3/6
Tensile modulus - dry/cond		N/mm ²	ASTM D 638	ISO 527-2	10500/7000
Flexural modulus - dry/cond		N/mm ²	ASTM D 790	ISO 178	9000/6200
THERMAL		HDT (0,455 Mpa)	°C	ASTM D 648	ISO 75-2
	HDT (1820 Mpa)	°C	ASTM D 648	ISO 75-2	210
	VICAT (10 N)	°C	ASTM D 1525	ISO 306	-
	VICAT (50 N)	°C	ASTM D 1525	ISO 306	212
	Melting temperature (DSC)	°C	ASTM D 3418	ISO 3146	220
FR	Flame behaviour	-	UL94	-	



ECO compounds are made utilizing 30% of recycled polymers at least.
These products are certified by IFFPR institute and are identified with
"Plastica Seconda Vita" brand.

The above values are provided for general information only. The data contained in this document is based on trials carried out by our laboratory. It shall, however, in no event be held to constitute or imply any warranty, undertaking express or implied commitment from our part.



Ek 15. Deney Numunesi Teknik Resimi

