



**CAM FİBER KATKILI HEMATİT VE MANYETİT İÇEREN POLİMER
NANOKOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet ARIKAN

Danışman

Prof. Dr. Atilla EVCİN

NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİMDALI

ŞUBAT 2022

Bu tez çalışması 20.FEN.BİL.19 numaralı proje ile AKÜ-BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CAM FİBER KATKILI HEMATİT VE MANYETİT İÇEREN
POLİMER NANOKOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI VE
KARAKTERİZASYONU**

Mehmet ARIKAN

Danışman

Prof. Dr. Atilla EVCİN

NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Mehmet ARIKAN tarafından hazırlanan “Cam fiber katkılı Hematit ve Manyetit içeren polimer nanokompozitlerin hazırlanması ve karakterizasyonu” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 17 / 02 / 2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Anabilim Dalı Adı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Atilla EVCİN

Başkan : Prof. İbrahim GÜNEŞ
Giresun Üniversite, Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Atilla EVCİN
Afyon Kocatepe Üniversite, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İsmail YILDIZ
Afyon Kocatepe Üniversite, İncehisar Meslek Yüksekokul

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

01 / 01 / 2022

İmza

Mehmet ARIKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CAM FİBER KATKILI HEMATİT VE MANYETİT İÇEREN POLİMER NANOKOMPOZİTLERİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

Mehmet ARIKAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Atilla EVCİN

Bu tez çalışmasında, elektronik devreler, makine ve otomotiv üretiminde yeni tercih edilen cam fiber ait mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiş, farklı miktarlarda demir cevheri takviye edilerek malzemelerin mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Cam fiber katkılı Hematit ve Manyetit içeren polimer numunelerin daha iyi elastik, hafif, yüksek korozyona dayanımı gözlenmiştir. Bu sonuçlar sayesinde inşaat sektörü, bilgisayar ve uydu teknolojilerine dayalı sektörler için cam fiber katkılı Hematit ve Manyetit içeren polimerlerin daha ekonomik olduğu görülmüştür.

.

2022, ix + 34 sayfa

Anahtar Kelimeler: Polimer, Cam fiber, Hematit, Manyetit, Mekanik ve Fiziksel Özellikler, CTP.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CHARACTERIZATION AND PREPARATION OF GLASS FIBER DOPED HEMATITE AND MAGNETITE CONTAINING POLYMER NANOCOMPOSITES

Mehmet ARIKAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Nanoscience and Nanotechnology

Supervisor: Prof. Atilla EVCİN

In this research, Glass fiber reinforced works are quite few. Similarly, structural glass fiber reinforcement is also limited. Within the scope of this thesis, two scientific programs have been described in detail. First, experimental studies were conducted to study glass fiber. A total of fiber reinforced mixture is prepared in the content of different molds. The fresh and mechanical performance of these mixtures has been tested.

2022, ix + 34 pages

Keywords: Polymer, Glass fiber, Hematite, Magnetite, Mechanical and Physical Properties, CTP.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Atilla EVCİN, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İbrahim GÜNEŞ'e her konuda öneri ve eleştirileriyle her yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde 20.FEN.BİL.19 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi TÜBİTAK BAPK'a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Mehmet ARIKAN
Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Kompozitler.....	3
2.2 Hematit ve Manyetit içeren polimerler	3
2.3 Cam Fiber.....	6
3. MATERYAL ve METOT	9
3.1 Polyester Reçineler.....	9
3.2 Hematit Malzeme Hazırlanması.....	10
3.3 Numunelerin Hazırlanması	11
3.3.1 Numunelerin Reçine ile kalıplanması	12
3.3.2 Kalıplara Dökülmesi	12
3.2.4 Testler.....	14
3.2.4.1 Çekme Testi	14
3.2.4.2 Temas Açısı Deneyi.....	15
3.2.4.3 Sertlik Testi.....	16
3.2.4.4 Bulk Yoğunluğu Testi.....	19
3.2.4.5 Su Emme Testi.....	19
4. BULGULAR	20
4.1 Çekme Testi Sonuçları	20
4.2 Temas Açısı Sonuçları	21
4.3 Kurşun Kalem Test Sonuçları	24
4.4 Bulk Yoğunluğu Test Sonuçları.....	25

4.5 Su Emme Test Sonuçları.....	27
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	29
6. KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	47



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Fe_2O_3	Hematit
Fe_3O_4	Manyetit
Fe_2O_3	Demir (III) Oksitte
Al_2O_3	Cam kürecik
SiO_2	Grafit
TiO_2	Kil
ZnO_2	Çinko oksit
Kg	Kilogram
gr	Gram

Kısaltmalar

CTP	Cam takviyeli plastik
PM	Polyester Manyetit
PH	Polyester Hematit

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kompozitlerin meydana gelmesi için kullanılan maddeler.....	16
Şekil 4.1 Polimer cam fiber manyetit Çekme testi sonuçları.....	34
Şekil 4.2 Polimer cam fiber hematit çekme testi grafik sonuçları.....	36
Şekil 4.3 Kurşun kalem manyetit sertlik değeri.....	38
Şekil 4.4 Kurşun kalem hematit sertlik değerleri.....	38
Şekil.4.5 Manyetit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.....	40
Şekil 4.6 Hematit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.....	41
Şekil 4.7 Polimer Manyetit Su Emme grafiği.....	42
Şekil 4.8 Polimer Hematit Su Emme Grafiği.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Polyester Cam elyaf Hematit (PH).....	24
Çizelge 3.2 Polyester Cam elyaf Manyetit (PM)	24
Çizelge 4.1 Çekme testi test PM sonuçları	33
Çizelge 4.2 Çekme testi test PH sonuçları	35
Çizelge 4.3 PM kurşun testi Sonuçları	37
Çizelge 4.4 PH kurşun testi Sonuçları.....	38
Çizelge 4.5 Manyetit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.....	39
Çizelge 4.6 Hematit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları	40
Çizelge 4.7 Manyetit Su Emme Deney Sonucu	41
Çizelge 4.8 Hematit Su Emme Deney Sonucu.....	42

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Hematit.....	17
Resim 2.2 Manyetit	18
Resim 2.3 Cam Fiber	19
Resim 3.1 Verpol polyester.....	23
Resim 3.2 Hematit toz hale getirilmesi	24
Resim 3.3 Kalıplar	26
Resim 3.4 Kalıplara döküm işlemi.....	26
Resim 3.5 Test Center Çekme makinesi	27
Resim 3.6 Best model kumpas yardımı ile en boy kalınlıkların ölçümü	27
Resim 3.7 Attension marka temas açısı cihazında arasında temas açısı ölçü	28
Resim 3.8 Qualitest marka test seti	30
Resim 3.9 Qualitest adlı kurşun kalem seti ile sertlik testi	30
Resim 3.10 AND marka bulk ölçme cihazı	31
Resim 3.11 Su emme testi.....	32
Resim 4.1 Temas Açısı PH test sonuçları	36
Resim 4.2 Temas Açısı PM test sonuçları	37

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji geleceğin şekillenmesinde önemli bir yere sahip olacaktır ve kullanım alanları sınırlı değildir. Hayatımızda yer alan her türlü makine veya yedek parça üretimde en başta kullanımı olacaktır. Günümüzde en büyük problem ne kadar da her yere istediğimizde gidebilmekte olsak bile yanımızda olan eşyaların boyutu çok büyük yeteri kadar sağlam değildir. Sadece kullandığımız makine ve yedek parçaların nano boyutlara çevirdiğimizde ve sağlamlık artırıldığında hayatımızın ne kadar kolay bir hale gelmesi kaçınılmaz olacaktır.

CTP tanım olarak cam elyafı ile takviye edilerek fiziksel ve kimyasal özellikleri artırılmış farklı çevresel ortam koşullarına dirençli olan polyester reçineden oluşan kompozit malzemelerin bir araya gelmesine denir.

Türkiye’de CTP piyasası gelişmiş olması sebebiyle daha ucuz ve kolay şekilde erişebilmektedir. Kompozit malzeme üretimlerinde polyester cam elyaf takviyeli kompozitlerin diğer termoset elyaf kompozitlere kıyasla daha ucuz kolay üretimi olduğu görülmüştür. Bu sonuç cam elyaf takviyeli polyester reçine ile kompozit malzemelerin gelişimini sağlamıştır.

Cam elyaf takviyeli kompozitler yüksek mekanik ve elastiklik, hafiflik, yüksek fiziksel ve kimyasal aşınmaya dayanımı, iyi bir elektriksel vb. özellikleri nedeniyle kara yolu uygulamaları, otomotiv taşıma, savunma sanayi, belediye hizmetleri gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda Cam elyaf takviyeli kompozit kullanımı sayesinde daha ekonomik ve çevre büyüme hedeflenmektedir (Sathiskumar 2014).

Cam elyaf takviyeli malzemelerin farklı oranlarda (%0, 6, 8 ve 10) hematit (Fe_2O_3) dolgu maddesi katkılanmış oluşturulan en yüksek kuvvet ile farklı filamentler barındıran malzemelerin mekanik dayanımı üzerine elyaf elde edilen ve dolgu maddesinin etkisi gözlenmiştir (Avcı 2004).

Hematit katkılı kompozitlerin katkısız kompozitlere farkla daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu gör÷lmektedir. CTP 90°'lik açıyla yönlendirildiği Cam elyaf numunelerin 45°'lik cam elyaf doğru sahip kompozit katkılı numunelere göre daha iyi netice verdiği kanıtlanmıştır. Hematit katkısının yani ilavesinin her iki elyaf yönelimine sahip numunelerde mükemmel mekanik özellikler sergilediği gör÷lmektedir (Ateş 2011).

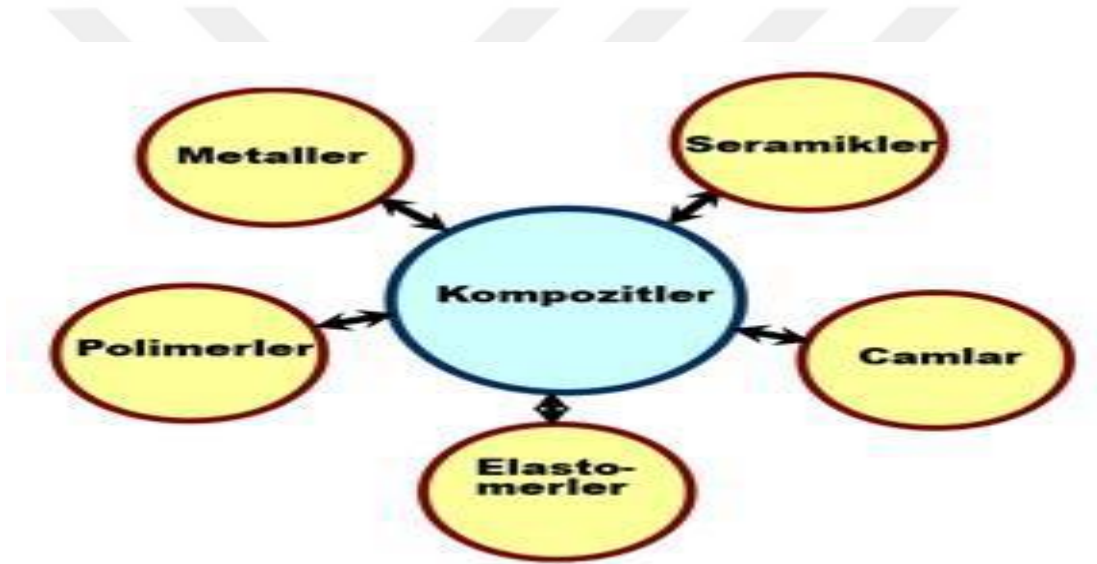
Bu tez çalışmasında; nano boyutta hematit ve manyetiti tozları ile cam elyaf fiber takviyeli kompozit malzemelerin mekaniksel ve fiziksel özellikleri araştırılarak Cam fiber katkılı Hematit ve Manyetit içeren polimerler üretimini katkı sağlamaktır.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Kompozitler

Kompozitler, Birden fazla malzemenin, en iyi özelliklerini bir arada toplamak için veya ortaya daha yeni özellik bulmak için, mikro veya makro seviyede homojen ya da heterojen karışımlar oluşturan malzemelere birleşik veya kompozit malzeme denir (Aran 1990).



Şekil 2.1 Kompozitlerin meydana gelmesi için kullanılan maddeler.

Malzemelerin kompozit malzeme olabilmesi için:

İnsanlar tarafından yapılmalıdır.

Birbirlerinden farklı bileşenlere sahip olmalı ve kimyasal olarak bileşenlerinden farklı en az iki malzeme kullanılması ya da yapılması gerekmektedir.

Kompozit malzemeleri meydana getiren malzemeler üç boyutlu olarak bir araya gelmelidir.

Kompozit malzeme, kendisini meydana getiren maddelerin özelliklerinden daha iyi olmak zorundadır veya bileşenlerin kendi başlarına sahip olamayacakları özelliklere sahip olmalıdır (Akbulut 2013).

Kompozitleri meydana getiren maddeler nicel olarak gözlemlenebilir. Hazırlanması alet veya elle kolay şekilde hazırlanabilir Şekil 2.1 görüldüğü gibi kullanılan kompozit malzemeler arasında camlar yer almaktadır.

Kompozitler takviyeye edici ve matrislere olarak ikiye ayrılır. Cam fiber takviye edici kompozitler arasında yer alır.

Kompozitlerin ilk kullanımı ilk inşaat malzemesi olarak kullanılan kerpiçleridir. Bilindiği gibi kerpiç evler yapımı taş evlere göre daha kolay ve hızlıdır. Kerpiç saman ve çamurdan basit şekilde oluşur. Taşlar ise şekil vermek, taşımak oldukça zordur. Günümüz inşaat yapımında en çok kullanılan çimento bir yapı kompozit malzemesidir. Sadece kum, çimento, su ile basit bir şekilde hazırlanır.

2.2 Hematit ve Manyetit İçeren Polimer

Hematit (Fe_2O_3) doğal olarak toprak ve kayalarda meydana gelen mat metalik parlaklık ve koyu kırmızı renge sahip olması ve ferromanyetik özellikte bir doğal bir mineral olması ile bilinir. Koyu kırmızı renge sahip olması sebebiyle halk arasında yaygın ismi kan taşıdır. Yapıca zengin bir taş olan hematit yaklaşık olarak %70 oranında Demir'e sahiptir. Saf ağırlığı saflık oranına bağlı olarak 5 ile 5,2 g/cm^3 arasında değişiklik göstermektedir. Hematit'in bilinmeyen yanlarından biri çevre dostu olması yanında normal koşullar altında yarı iletken özellikli ($E_g=2,1 \text{ eV}$) en kararlı demir oksit olmasıdır. Bu nedenle teknoloji ve bilimsel çalışma alanlarında tercih edilen dolgu malzemesidir (Aztekin 2011).



Resim 2.1 Hematit.

Hematit korozyona karşı direncinin yüksek olması ve uygun maliyeti, gaz sensörleri, nem ölçme algılama elemanlarında elektrot malzemesi olarak kullanılır, foto elektrokimyasal hücrelerde kullanılmaktadır.

Başkalaşım kayaçlarından olan Manyetit (Fe_3O_4) siyah demir rengine sahip olan; metal parlaklığı ile yağlı görünüşü, porselenler üstünde siyah çizgi bırakan doğada var olan en güçlü mıknatıs özelliğine sahip demir cevheridir.



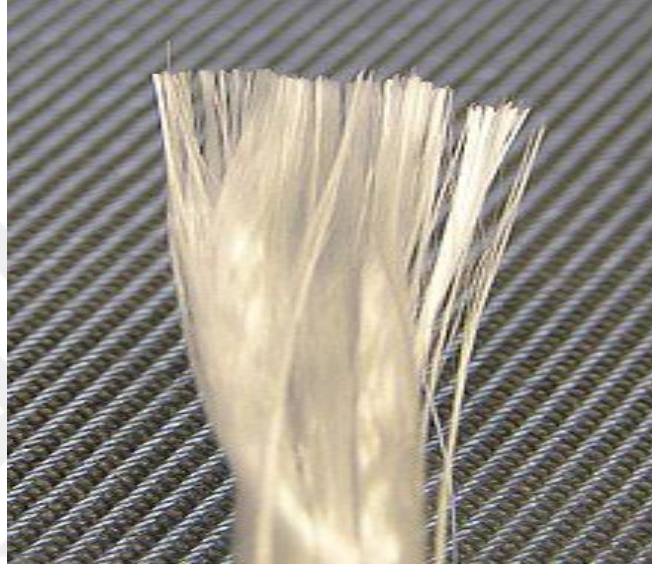
Resim 2.2 Manyetit.

Sertlik değeri 5,5 ve yoğunluğu 4,9 ile 5,2 arasında olan bir demir mineralidir. Saflık % 72 demir atomu içermektedir. Demir (III) Oksitte (Fe_2O_3) α ve γ gibi farklı olarak kristal faz yapılarına sahiptir, α - Fe_2O_3 yapısı hematit olarak adlandırılmaktadır.

Manyetit Orta çağ zamanlarından beri değerli taş olarak kabul edilir tılsım olarak kullanılırdı. Sonra ki yıllarda pusula, ses kayıt cihazlarında kullanılmıştır. Günümüzde madencilikte ise diğer maddeleri saflaştırılmakta kullanılır.

2.3 Cam fiber

Cam fiber genel olarak vinil ester reçineleri ile polyester reçineleri karıştırarak ve farklı yöntemler kullanarak kompozit malzemeler elde edilmesidir. Basit bir şekilde cam fiber her alanda kullanılan camı eriterek elde edilir (İnt. Kyn. 1).



Resim 2.3 Cam fiber.

Cam fiber elastik bir malzemedir. Malzeme yapımında termoset elyaf kompozitler ile polyester cam elyaf birleşimi kompozitler birbirleri arasında avantajlarına bakınca CTP daha ekonomiktir. Cam fibere bir yük uygulandığında düzgün bir şekilde kopacak noktaya gelecek kadar dayanır. Cam fiber aynı şekilde uygulanan basınç kalkınca eski haline geri döner. Fiyat olarak diğer liflere göre daha ucuzdur.

Diğer kompozit ürünlerinde ve liflerde olmayan bu fiyat uygunluğu ve yüksek direnç özellikleri; cam fiberin yüksek oranda enerjiyi, neredeyse kayıp olmadan depolama ve bırakma olanaklarına sahiptir.

CTP; cam fiber ile katılan fiziksel ve kimyasal direnç değerleri artırılan farklı ortam şartlarına direnç gösteren polyester reçineden meydana gelen kompozit malzemelerine verilen genel addır.

Cam fiber katılan plastiklere, cam elyafı ilavesi çok önemli bir etken olduğu yapılan testler sonucunda ispat edilmiştir. Cam elyafının polyester reçine ile kolay şekilde eklenmesi başka bir avantaja sahip olmasıdır.

Bundan dolayı ilave miktarının artışı ile birlikte cam fiber direnci de artar.

Günümüzde ulaşım önemli ihtiyaç haline gelmiştir. Ulaşım 'da en çok kullanılan otomobillerdir. Otomobil piyasanda maliyetler oldukça fazladır. Arabaları dış darbelere karşı korumak için kullanılan maddeler ağır ve pahalı ya da ucuz olanlar ise en ufak darbeye kağıt gibi davranmaktadır. Cam fiber yüksek mukavemet özelliği sahiptir, bükülme gerilime dayanımı, dış etkenlere karşı korunma sağlaması sayesinde araç üretiminde tercih edilebilir. Araç ve mobilyalara ait yaylar gibi daha rahat ortam sağlamak için cam elyafı yapılmış kompozit malzeme kullanımı olarak sağlamaktadır. Gemi gibi deniz araçlarında kompozit madde kullanımı yaygındır. En çok kullanılan kompozit malzeme cam liflerdir ve en çok gemi, yat gövdesinde kullanılır.

Günümüzde uzay teknolojisi artık zorunlu hale gelmiştir. Uydu cihazlarında kullanılan metal parçalar ağır ve zamanla aşınmaya karşı direnci çok azdır. Herkes tarafından bilinen titanyum pahalı olması en azından, çelik kadar sağlam madde arayışı artmıştır. Cam fibere ait mekanik özellikler çelik ve titanyuma karşı alternatif olabilir düzeyde olduğu kanıtlanmıştır. Uydu masraflarını azaltmada büyük bir öneme sahip olmuştur.

Kompozit malzemeler sahip olduğu bu mühendislik harikası özelliklerine rağmen, yük kaldırma özellikleri her gün kullanımı uygunluğu zamanla azalmakta direnç özelliklerinde kayıp görülmektedir. Bu nedenle, her gün kullanım anında iş güvenliğine uygun bir emniyet faktörü geliştirilerek, zamanla oluşan yıpranma birden kırılmaların önüne geçilmesi için iş güvenliği almak zorunludur. Zamanla oluşan kopmalara ve kırılmalara bağlı olarak mukavemet özelliğinin azalması, yük çekme dayanımı, yük taşımada gösterdiği direnç ilk başta ki değerinin 2/3'üne kısa sürede düşme göstermesi ve 1/2'sine yaklaşık 50 yıl içerisinde bir sürede düşme göstermesi yapılan deneylerde açıkça belirtilmiştir (Chavan 2011). Camların dış etkenlere karşı ne kadar zayıf ve kırılabilir bir yapıya sahip olduğu herkes tarafından bilinir.

Cam fiberlerin çok kolay kırılmaması dış etkenlere direnç göstermesi için su ile çözünen polimer ile kaplama işlemi yapılır. Bu sayede kompozit malzemelerin genel sorunu basit bir şekilde çözüme kavuşmuştur.

Cam fiber katkılı kompozitler fazlar arası geçiş alanı çok önemli bir yere sahiptir. Bu alanda matrislerden elyaflara doğru yük aktarımı olmaktadır. Nano parça katkılı nano boyutlarda yani çok küçük boyutlarda kompozit içerisine eklenmesi sayesinde homojen dağılım sağlamaktadır. Bu özellikleri kompozit malzeme olduğunu kanıtıdır çünkü kendini oluşturan malzemelerden daha iyi malzeme özellikleri elde edildiği ispat olmuştur. Homojen dağılım içerisinde bulunan maderdin net bir şekilde karışımına denir. Cam fiberin bu özelliği sayesinde diğer kompozit yapılara göre önemli avantajlar sağladığı için son yıllarda yapılan çalışmalar cam elyaf katkılı nanokompozit ne kadar çok öneme sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır (Recep 2011).

Cam fiberin yoğunluğu yüksektir. Mekanik özellikleri incelendiğinde nemli, yaş, kuru ortamlardan etkilenmediği görülmüştür. Cam fiber camın çok yüksek sıcaklıkta eriterek üretildiği için sıcaklığa doğal olarak karşı direnç gösterebilmektedir. Ateşe karşı eldiven yapımında yaygın kullanılmasının sebebi budur. Cam fiber ekonomik olması, hafif olması reçineler ile kolay etkileşime geçmesi sayesinde en yaygın takviye edici kompozittir.

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Polyester Reçineler

Isıtıldığında eriyen yani yumuşayan, inorganik olmayan çözücülerle çözünebilen ama suda çözünemeyen kristalleşme özelliği zor, yarı akışkan ya da katı maddelere polyester reçine genel adıdır. Polyester reçinelere ait mekanik özelliklerinin yüksek olması, hava ve çevre şartlarına yüksek dayanım ve diğerlerinden ayrı olarak güçlü bir yapıştırma özelliklerine sahip olduğu ve bir saatten az zamanla donma özelliği olması önemli özellikleridir. Doğamızda bulunan reçineler özellikle çam ağaç üzerinde bulunan, baklagillerde, bitki ailesinden ait olan maydanoz cinsine, bitkilere ait salgı kanallarında oluşan salgılara reçine denir. Genellikle bitkinin ya da ağaçlarda kabuk üstünde sık görülür. Bitkilerde ise akışkan halde sap kısmının içinde zambak şeklinde sanki bir yağ içerisinde görünür (Kibblewhite 1973).

Zemin ya da tavan kaplamalarında üretim yönteminde polyester dolgu (filler) malzemesi ile polimer malzeme karışımının sertleştirici katkılarla birlikte istenilen kalıba dökülmesi ve sertleştikten sonra kalıptan alınması yöntemiyle gerçekleştirilecektir.

Doymamış polyester ile cam lifleri takviye ederek yapı inşaat sektöründe en çok ihtiyaç olan boru, depo, düz levha, ısı yalıtımı için tavan kaplama, güneşlik yapımında kullanılabilir.

Bu araştırmada, Verpol firmasından alınan polimer hızlandırıcısı, vicky marka kalıp ayırıcısı wax ve Esan firmasından (Esan Ezcacıbaşı Endüstriyel Hammaddeler San. Tic.) temin edilen Hematit –Manyetit ve cam elyaf hazırlandı.



Resim 3.1 Verpol marka polyester.

Kompozit satışında en başta satılan ürün olan reçineler olup, satılan reçinelerin neredeyse %75'ni polyester reçine temsil ederler. Polyester reçineler, polihidrik alkollerin (glikoller) kondensasyon, dikarboksilik asitler ile polimerizasyonu sonucu meydana gelir. Buna ilave olarak, dikarboksilik asit bileşeni olarak doymamış polyesterler fumarik asit veya maleik anhidrit gibi doymamış madde içermektedir. Polimerler ürün olarak alınan, flebeke yapı oluşturması için düşük viskoziteye sahip bir sıvı elde yapmak amacıyla stiren benzeri reaktif olan monomer içinde çözülümü gerçekleşebilir. Bu reçineler sert haline geldiğinde, monomer polimer üzerinde olan doymamış kenarlar sayesinde reaksiyona girer ve onu bir katı termoset yapı haline getirir (Avcı 2004).

Kalıpların içerisine kalıp ayırıcı ve yüzey koruyucu kimyasallar sürüldükten sonra, ayrı bir yerde karıştırıcı içerisinde epoksi ile cam fiber farklı oranlarda karıştırılarak kalıba dökülecek ve piyasada üretilen epoksili zemin betonları elde edilecektir.

3.2 Hematit Malzeme Hazırlanması

Bu araştırmada, hematit taş halde olduğu için ilk başta Malzeme bilimi mühendisliği laboratuvarında bulunan Refsan marka Jet değirmende toz haline getirme işlemi yapıldı.



Resim 3.2 Hematit toz hale getirilmesi.

3.3 Numunelerin Hazırlanması

Karışıma ilk başta 9,8 gr polyester ve bunun hızlı reaksiyona vermesi için 0,2 gr hızlandırıcı katıldı sonra cam elyaf, Hematit ve manyetit çizelge 3.1 de belirttiği gibi eklendi ve 7 dakika sonra homojenlik sağlanması için karıştırıldı.

Epoksi ile cam fiber farklı oranlarda karıştırılarak kalıba dökülecek ve piyasada üretilen epoksili zemin betonları elde edilecektir.

Çizelge 3.1 Polyester Cam elyaf Hematit (PH).

Kod	Polyester	Hızlandırıcı	Cam elyaf	Hematit
PH ₀	9,8 gram	0,2 gram	0,5 gram	0
PH ₅	9,8 gram	0,2 gram	0,5 gram	5 gram
PH ₁₀	9,8 gram	0,2 gram	0,5 gram	10 gram
PH ₁₅	9,8 gram	0,2 gram	0,5 gram	15 gram
PH ₂₀	9,8 gram	0,2gram	0,5 gram	20 gram

Çizelge 3.2 Polyester Cam elyaf Manyetit (PM).

Kod	Polyester	Hızlandırıcı	Cam elyaf	Manyetit
PM ₀	9,8 gram	0,2 gram	0,5 gram	0
PM ₅	9,8 gram	0,2 gram	0,5 gram	5 gram
PM ₁₀	9,8 gram	0,2gram	0,5 gram	10 gram
PM ₁₅	9,8 gram	0,2gram	0,5 gram	15 gram
PM ₂₀	9,8 gram	0,2gram	0,5 gram	20 gram

3.3.1 Numunelerin Reçine ile kalıplanması

Polyester zemin kaplamaların üretim yönteminde filler (dolgu) malzemesi ile polimer malzeme karışımının sertleştirici katkılarla birlikte istenilen kalıba dökülmesi ve sertleştikten sonra kalıptan alınması yöntemiyle gerçekleştirilecektir.

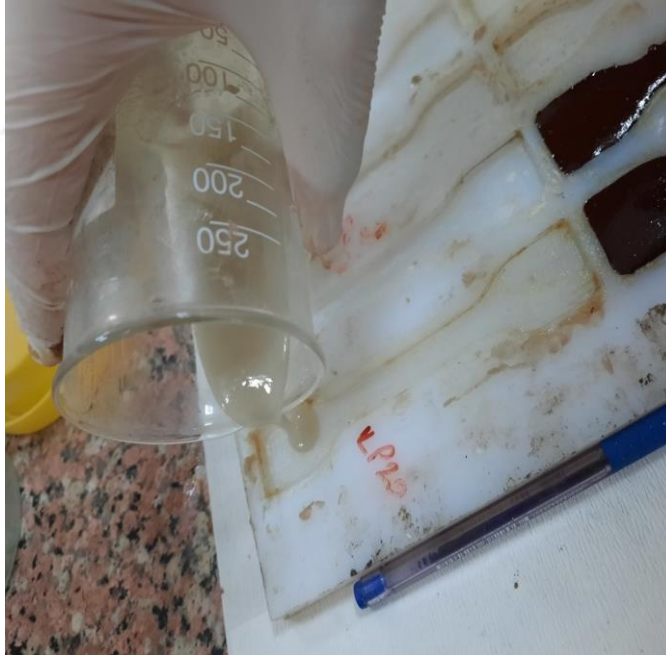
Polimer malzemelerin dayanım kazanma hızı oldukça yüksek olup, 2-3 saat içerisinde kalıptan alınabilmekte ve 24 saat sonra uygulama alanında kullanılabilir. Bu doğrultuda, polimer esaslı kaplama malzemeleri için öncelikle kalıplar hazırlanacaktır. Bu kalıplar deneysel amaçlı olacaktır. Üretilen numuneler, aşağıda detaylı olarak verilen testlerin yapılmasında kullanılacaktır. Buna ilaveten gerçek ürün üretimi de bir zemin üzerinde yapılarak malzemenin yüzey ve görünüm durumunun incelenmesi ve geliştirilmesi işlemleri gerçekleştirilecektir.

3.3.2 Kalıplara dökülmesi

Karışım bittikten sonra, kalıplara dökülmeden önce numune kalıbının içerisine bir miktar kalıp ayırıcı sürüldü çünkü donan numune kalıptan bir hasar olmadan çıkarılması için gerekli. Kalıplara dökülen numuneler oda sıcaklığında 23 °C ve 48 saat kurumaya bırakıldı.



Resim 3.3 Kalıplar.



Resim 3.4 Kalıplara döküm işlemi.

3.4 Testler

3.4.1 Çekme testi

Çekme testi bir numune ya da birden fazla numunenin ilk boyutuna kuvvet uygulayarak koptuğu ana kadar kuvvet uygulamaya ve kopma anına kadar boyutunu ölçmek için yapılan bir testtir. Kısaca kopma anına kadar çekme kuvvetine maruz kalma olayıdır. Bu test sayesinde kullanılan numunelerin çekme kuvvetine maruz kaldığı gerilmesinin düşen birim alana çekme kuvveti denir ve numune kırılmadan önce gerilme direnci kaydedilen maksimum çekme dayanımı verir. Malzemede kopma anında maksimum gerilme oluşur (Işık2005). Resim şekil 3.5 'de gösterilmiştir.

Çekme testi için 48 saat oda sıcaklığında bırakılan numuneler kalıpların içerisinde çıkarıldı ve arkalarına isimleri yazıldı.



Resim 3.5 Test Center Çekme makinesi.

İlk olarak kalıptan numuneler çıkarıldı best model otomatik kumpas sayesinde en boy kalınlıklar ölçüldü ve not edildi.



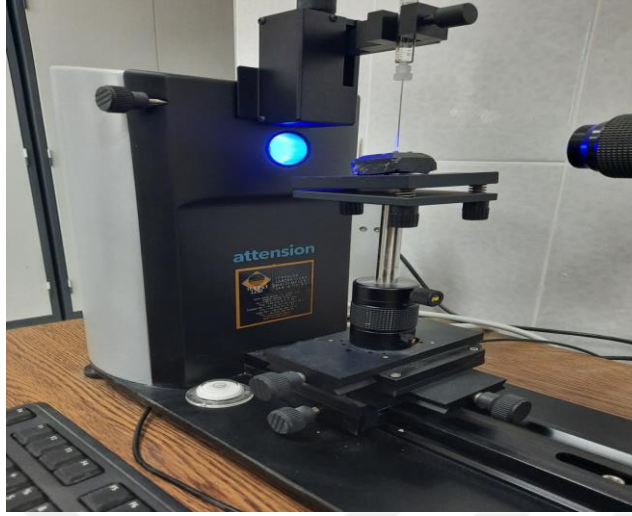
Resim 3.6.Best model kumpas yardımı ile en boy kalınlıkların ölçümü.

Daha sonra bilgisayarda Test Center marka cihaza ait Üiversal adlı programa numunemize ait bilgiler kayıt edildi. Resim 3.2.1 cihaz çalıştırıldı numunemiz cihaza yerleştirildi ve uygulama üzerinden start yapılarak çekme işlemi gerçekleştirildi. Cihaz numuneyi çektiği anada uygulama üzerinde çekim anı takip edilerek numunede kılcal çatlama veya kırılma olduğu anda sistem otomatik olarak durdu. Sistem üzerinden numunenin uzama gerilme dayanımı not edildi.

3.4.2 Temas Açısı Deneyi

Sıvı ile katı yüzey belli miktarda bir açı meydana getirir.. Temas açısı ıslanabilirlik derecesini ifade eder. Amaç sıvı yüzey gerilimlerinin ve katı yüzeylerin temas açılarının ölçülmesidir. Katı yüzeyler düşük enerjili veya yüksek enerjili olması kabul edilirler. Yüksek enerjili katı yüzeyler özellikle su yüzeyde iken düzgün olarak dağılma gösteren ince bir film meydana getirir. Benzer şekilde düşük enerjili katı yüzeylerde ise su damlaları düzgün değil ayrı ayrı yerleşmişlerdir. Hidrofilik temas açısı sıfırda iken ve yüzeyin tamamen ıslanmasına durumuna denir. Katı yüzeylerde temas açısı 90° büyükse ve yüzey hidrofobiklik denir. Düşük enerjili katı yüzeylerde su damlacıkları yüzeylerden ayrılmaya çalışır (İnt.Kyn.2).

Temas açısına ait test ölçümlerini KSV Attension ThetaLite TL 101 Optical Tensiometer makinesi ile Resim 3.6’da test edilmiştir.



Resim 3.7 Attension marka temas açısı cihazında temas açısı ölçü.

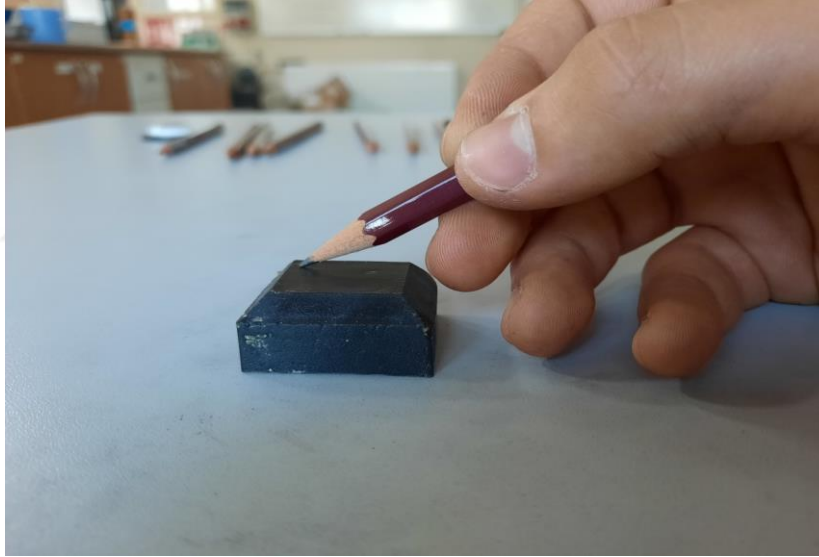
İlk olarak kare kalıplardan numunelerin altlarına kodları yazıldı sonra Attension marka temas açısı cihazında su damlası ile numunenin yüzey arasında temas açısı ölçüldü ve elde edilen temas açısı değerleri not edildi

3.4.3 Sertlik Testi

Sertlik testinde genel olarak numunenin üstüne girinti yada küçük oyuk olacak şekilde kuvvet uygulamaktır. Sertlik deneyin amacı kullanılan malzeme dış şartlara karşı oluşan gösterdiği direncin ölçülmesidir. Sertliğin derecesi numune üzerinde gerçekleşen deformasyona bağlıdır. Genel olarak sertlik deneyleri iki sınıfta adlandırılır: makro sertlik ve mikro sertlik. Makro sertlikler bir veya birden fazla yük uygulanması neticesi ile yapılan teste verilen addır. Mikro sertlikler testleri ise 1 kg'dan az yük uygulanan 0,0125 mm gibi ince olan film, folyo ince malzemeler için yapılan teste verilen addır. Bu yüzeysel düzleştirilmiş, sertleştirilmiş yüzey numunelerin her bir noktasının ayrı ayrı incelenip neredeyse ufak parçalar üzerinden yapılmasına denir (Gürü 2005). Bu testte Mitsubishi marka kalemlerle 'Qualitest' adlı kurşun kalem sertlik testi yapıldı.



Resim 3.8 Qualitest marka test seti.



Resim 3.9 Qualitest adlı kurşun kalem seti ile sertlik testi.

Kurşunkalem Sertlik Sıralaması

6B>5B>4B>3B>2B>B>HB>F>H>2H>3H>4H>5H>6H

Sertlik sıralamasında 6B En sert ve 6H En yumuşaktır

3.4.4 Bulk Yoğunluğu Testi

Birim hacimdeki madde miktarına yoğunluk denir. Numune ağırlığının yığınsal hacme oranı olarak hesaplanır. Malzemelere ait yoğunluk çok büyük öneme sahip olmaktadır. Bu sebeple tüm malzemelerde istenen yüksek sıcaklıklara dayanan ya da yüksek mukavemet göstermeleri istenilmektedir. Porozite, yoğunluk testinde bilinmesi gereken bir terimdir. Porozite bir numunenin boşluk hacmi ile tam hacmine oranına denir. Kısaca boşluk oranı diyebiliriz.

Seramik ürünlerinde duvar karoları ve yer, seramik filtrelerinde porozite büyük bir önem taşımaktadır. Kapalı gözenekler çok zor tespit edilir, çoğu zaman seramiklerin açık gözeneklerin oranının bulunması, yalnızca pratik olarak yararlı ve önemli olmaktadır. Başlangıç olarak, bir numune içerisindeki porların hacmi, boşlukları doldurmak için gerekli olan deneyde kullanılan suyun kullanılacak ağırlığından hesaplanır. Aslında yöntem Arşimet (Archimedes) kanununa dayandığı için Arşimet Yöntemi olarak da bilinmektedir (Suna Avcıoğlu 2017).

Bulk yoğunluğu testinde AND marka yoğunluk ölçme cihazı kullanıldı. Teste başlamadan önce numunelerin kuru ağırlığı tartıldı ve numuneler sırayla cihazın içindeki sıvıda asılı kalacak şekilde yerleştirildi ve ağırlıkları not edildi. Cihazda kullanılan sıvı su ve yoğunluğu $\text{Psu} = 1 \text{ gr/cm}^3$ alındı.



Resim 3.10 AND marka bulk ölçme cihazı.

3.4.5 Su Emme Testi

Su Emme testi genel olarak maddenin sahip olduğu gözeneklerin bulmak amacı ile yapılır. Bulk yoğunluğu testi sonunda numuneler 28 gün dinlendirildikten sonra kuru ağırlıkları tartıldı ve not edildi ve numuneler içi su dolu tepsi içerine bırakıldı. 48 saat sonra sudan alınan numuneler dışındaki ıslaklık nemli bez sayesinde alındı ve hassaslık gösteren terazide tartıldı.



Resim 3.11 Su emme testi.

4. BULGULAR

4.1 Çekme Testi Sonuçları

Test Center Marka cihazda yaptığımız deneyin uzama ve gerilme dayanımı aşağıda görülmektedir.

Çizelge 4.1 Çekme testi test PM sonuçları.

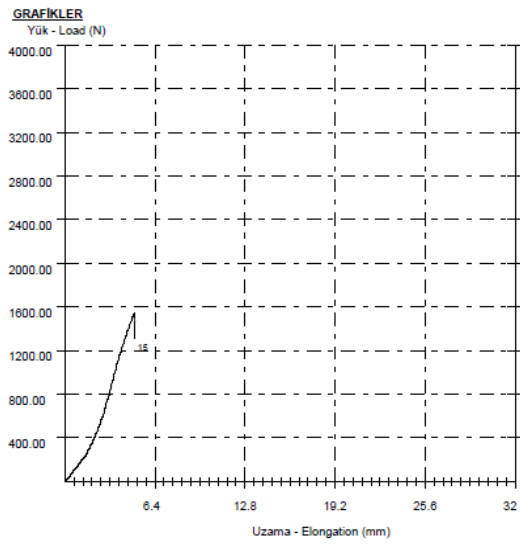
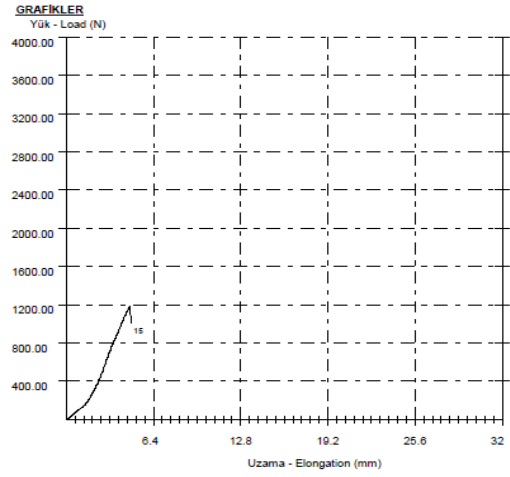
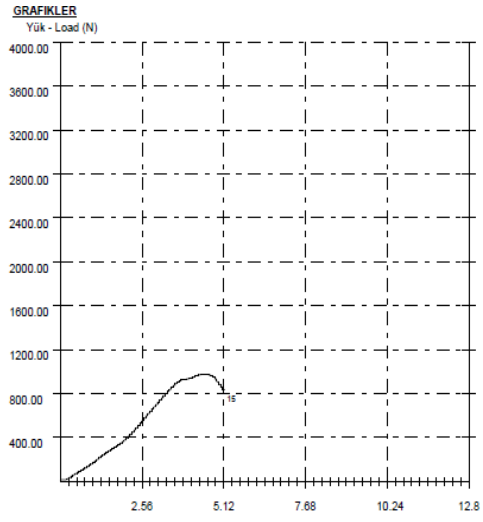
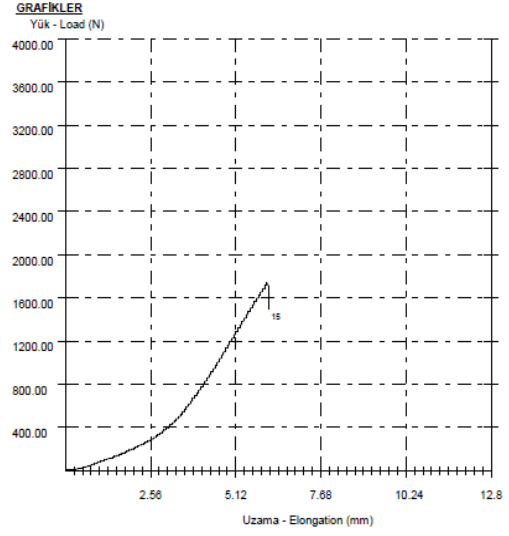
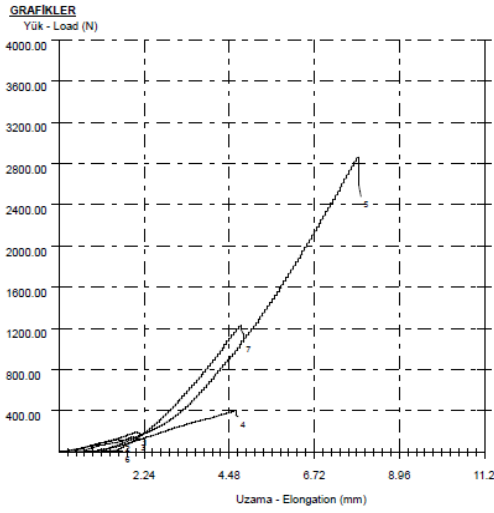
<u>KOD</u>	<u>% Uzama Oranı</u>	<u>Gerilme Dayanımı (Pa)</u>
PM ₀	14,11	60,45
PM ₅	12,35	43,92
PM ₁₀	10,28	19,37
PM ₁₅	9,45	24,19
PM ₂₀	6,39	17,57

Çekme deneyinin sonuçlarına bakıldığında dayanımlara en yüksek gerilme grafiklerden görüldüğü gibi çekme polimer cam fiber PM₀ numunesinde görülürken en düşük gerilme değeri polimer cam fiber manyetit PM₁₀ olduğu gözlenmiştir.

Çekme deneylerinde çekme sonuçları yüksek olması istenilen püf noktadır. Ne kadar yüksek olursa o kadar iyi sonuçlar alınır.

Çekme deneyinin sonuçlarına bakıldığında dayanımlara en yüksek gerilme grafiklerden görüldüğü gibi çekme polimer cam fiber PH₀ numunesinde görülürken en düşük gerilme değeri polimer cam fiber manyetit PH₂₀ olduğu gözlenmiştir Çekme deney sonuçlarında manyetit oranı miktarı artıkça uzama oranının düştüğü görülmüştür. Gerilme dayanımına bakıldığında manyetit madde miktarı artınca dayanımın düştüğü saptandı.

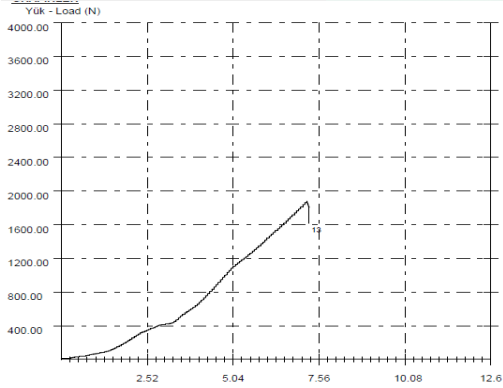
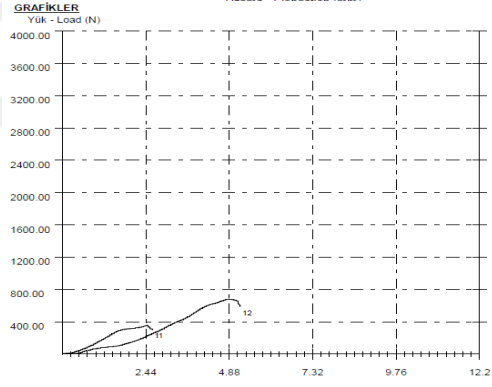
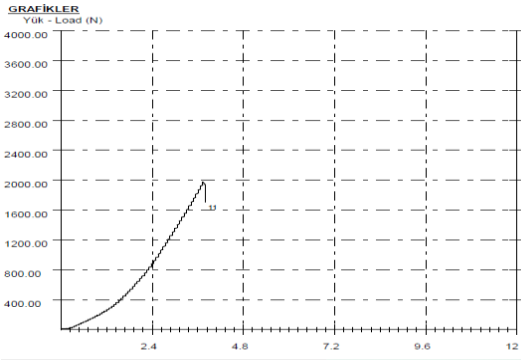
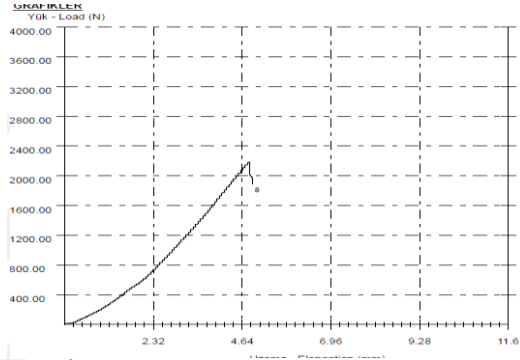
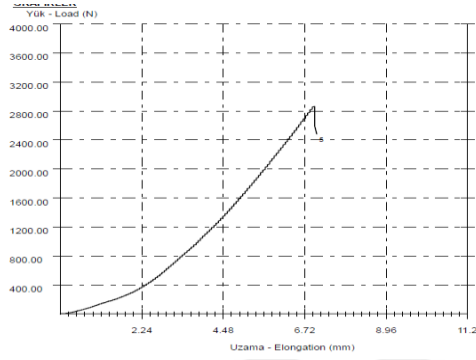
Çekme deneylerin sonuçlarında saf madde ne kadar az ise o kadar çekme dayanımı artığı net şekilde belli olmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Polimer cam fiber manyetit Çekme testi sonuçları.

Çizelge 4.2 Çekme testi test PH sonuçları.

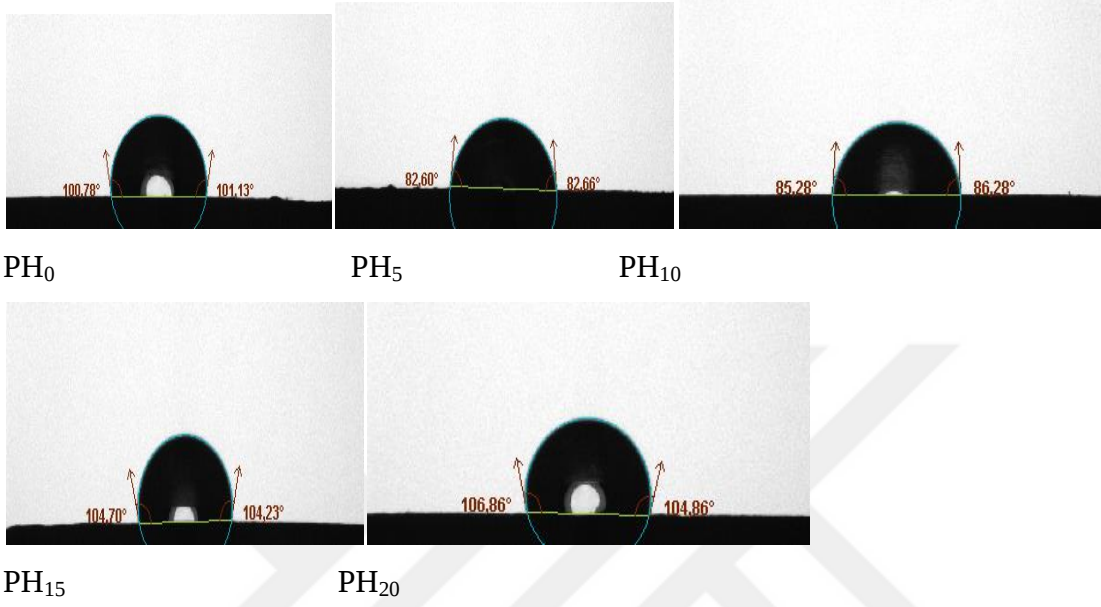
KOD	% Uzama Oranı	Gerilme Dayanımı (Pa)
PH0	14,11	60,45
PH5	9,81	51,33
PH10	7,72	32,97
PH15	6,39	17,57
PH20	5,25	5,74



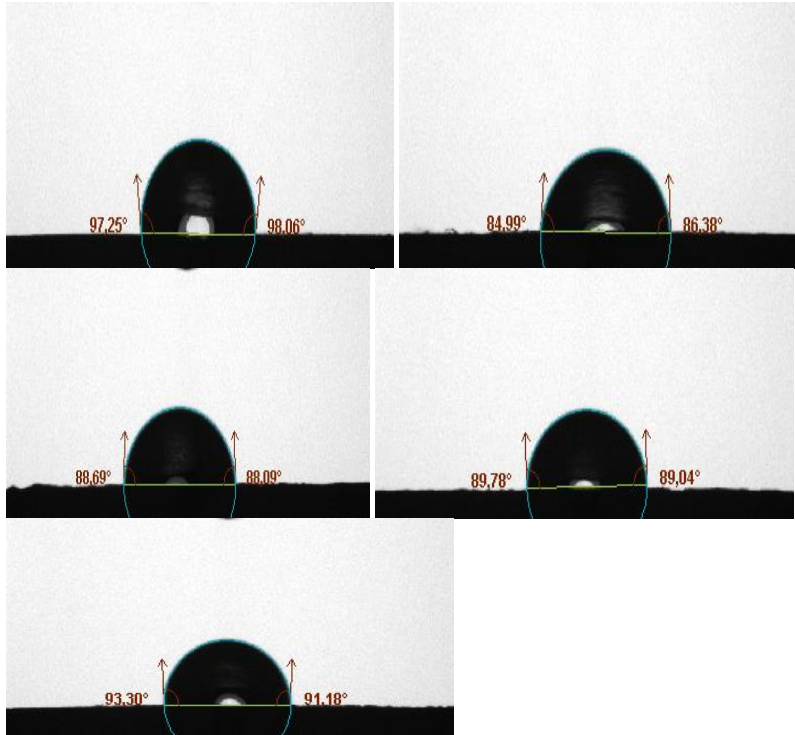
Şekil 4.2 Polimer cam fiber hematit çekme testi grafik sonuçları.

4.2 Temas Açısı Sonuçları

Temas açısı deneylerinde cam yüzeylere saf su damlatılarak ölçüm yapılır. Temas açısı ölçümlerine ait resimler aşağıda verilmiştir



Resim 4.1 Temas Açısı PH test sonuçları.



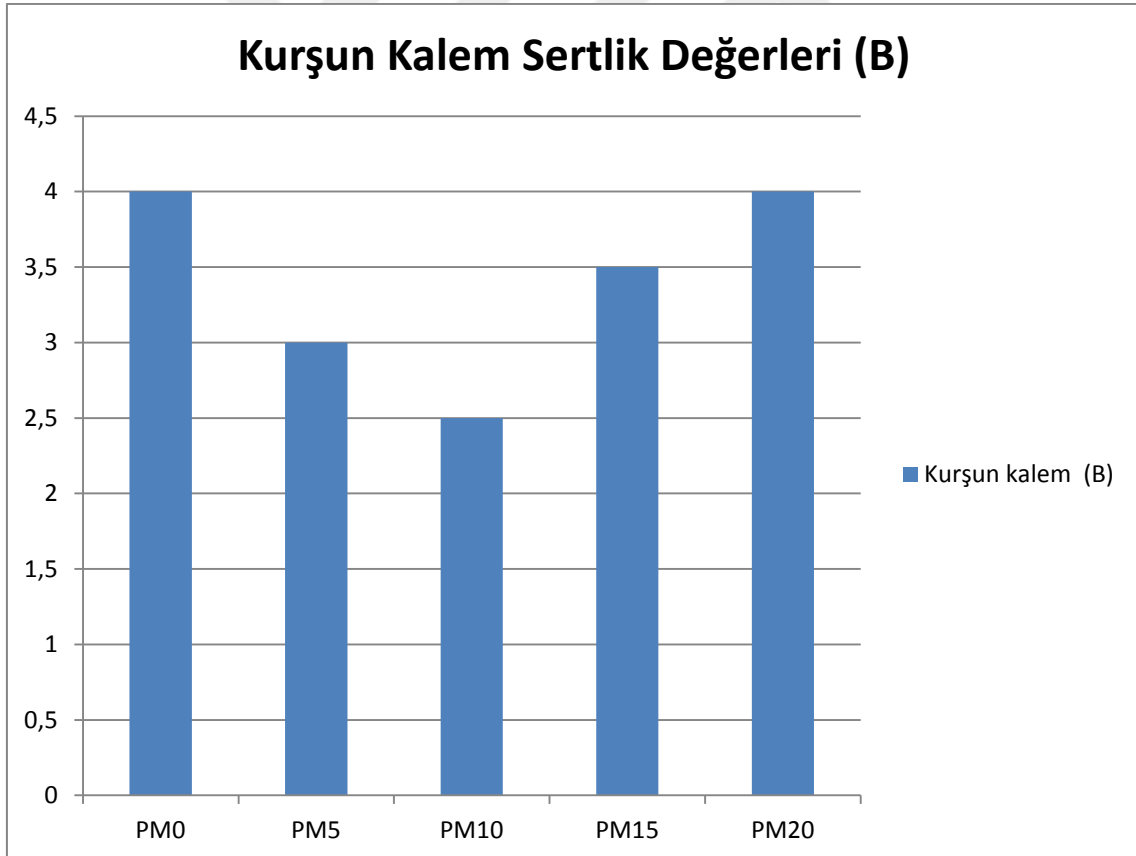
Resim 4.2 Temas Açısı PM test sonuçları.

4.3 Kurşunkalem Sertlik Test Sonuçları

Testin yapılışı numunenin üzerine 6mm çizgi çizilir ve sonra peçete ile silinmeye çalışılır. Eğer ($>3\text{mm}$) uzunluk kalıyorsa o kalem iz bırakan kabul edilir ve o numara o numune için sertlik değeri olur.

Çizelge 4.3 PM kurşun testi Sonuçları.

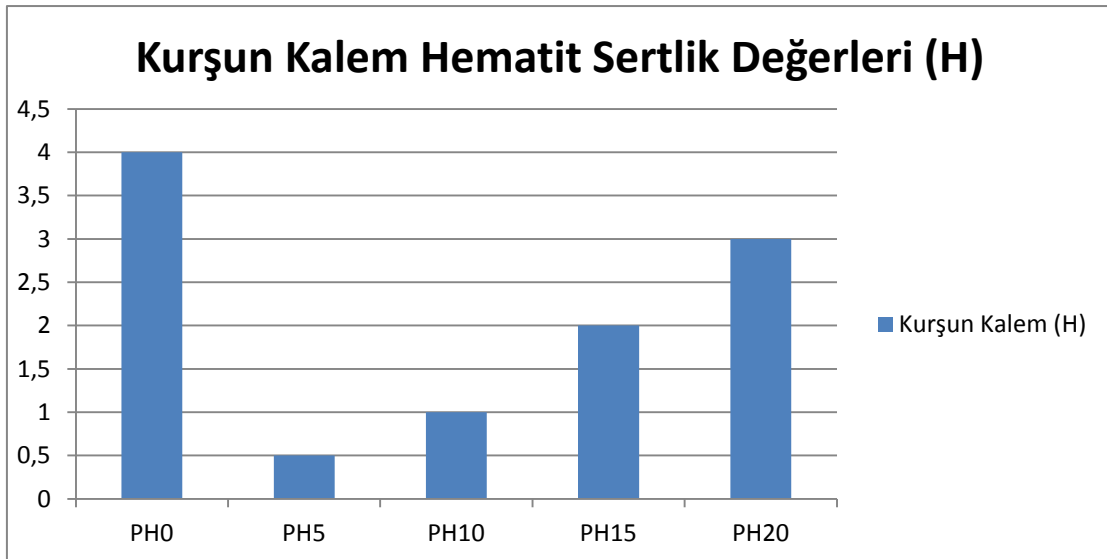
KOD	Kurşunkalem Sertlik Değeri
PM0	4B
PM5	3B
PM10	2B-3B
PM15	3B-4B
PM20	4B



Şekil 4.3 Kurşun kalem manyetit sertlik değerleri.

Çizelge 4.4 PH kurşun testi Sonuçları.

KOD	Kurşunkalem Sertlik Değeri
PH0	4B
PH5	2H-H
PH10	H-F
PH15	F-HB
PH20	HB-B



Şekil 4.4 Kurşun kalem hematit sertlik değerleri.

4.4 Bulk Yoğunluğu Testi Sonuçları

Yoğunluklar aşağıda formüle (4.1) göre hesaplanmıştır.

$$[W_d \div (W_d - W_k)] * p \quad (4.1)$$

Yoğunluk = Kuru/(Nemli-Su içinde)

W_d = Numunenin kuru ağırlığı

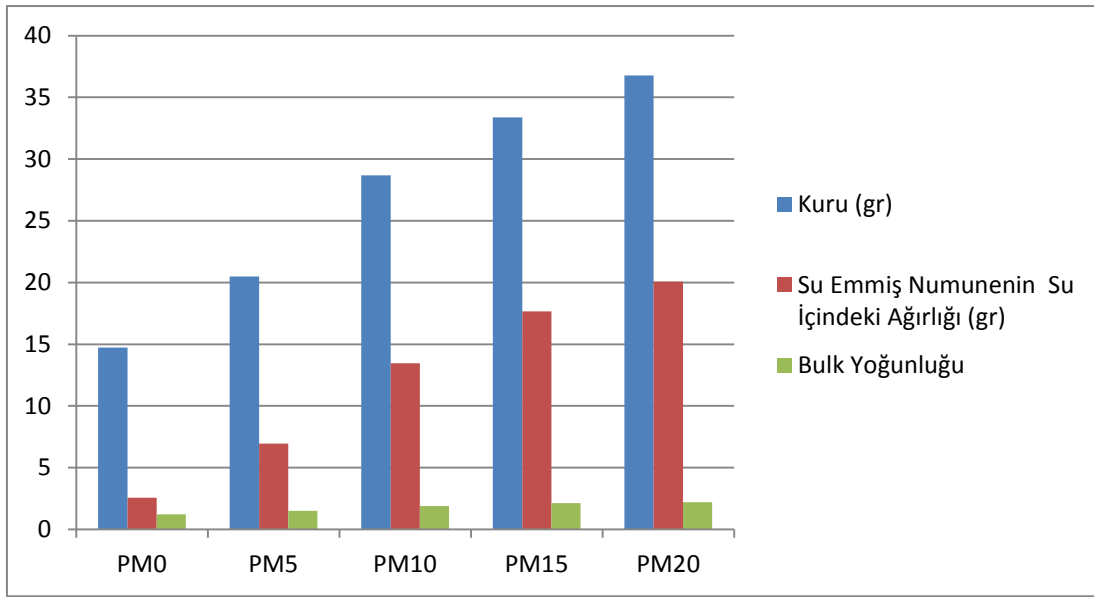
W_k = Numunenin su içindeki ağırlığı

ρ = Sıvının yoğunluğu ($SU=1 \text{ g/cm}^3$)

Manyetit bulk yoğunluğu manyetit madde miktarına artıkça arttığı deney sonuçlarında görülmüştür (Çizelge 4.5). En yüksek yoğunluk değeri PM20 2,2004 gr/cm^3 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Manyetit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.

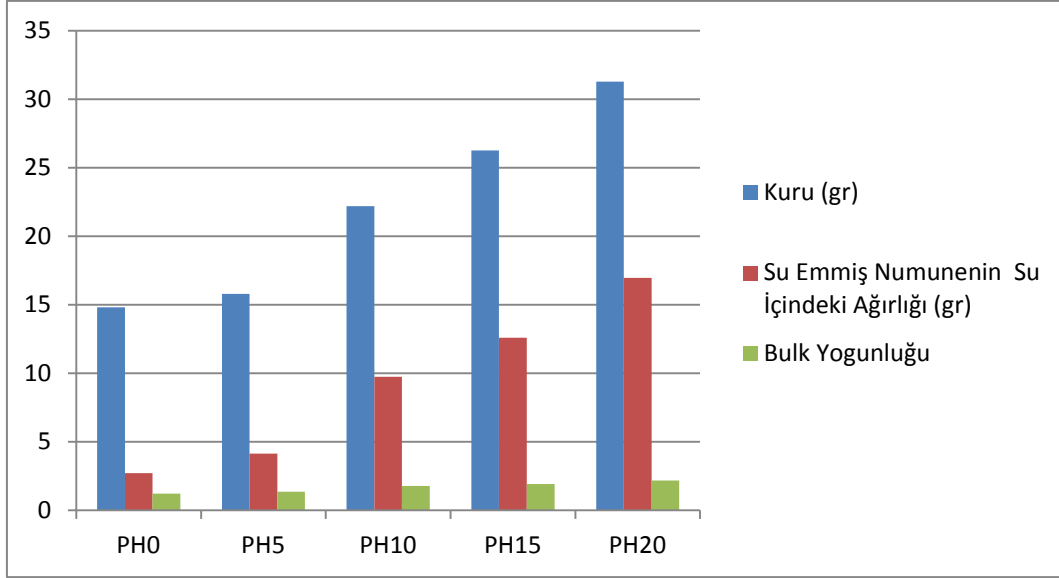
Kod	Kuru (gr)	Su İçindeki Ağırlığı (gr)	Bulk Yoğunluğu
PM0	14,7294	2,5575	1,2101
PM5	20,4825	6,9496	1,5135
PM10	28,6765	13,4485	1,8831
PM15	33,3685	17,6646	2,1249
PM20	36,7784	20,0642	2,2004



Şekil.4.5 Manyetit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.

Çizelge 4.6 Hematit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.

Kod	Kuru (gr)	Su İçindeki Ağırlığı (gr)	Bulk Yoğunluğu
PH0	14,8078	2,7253	1,2256
PH5	15,7873	4,1417	1,3556
PH10	22,189	9,7527	1,7842
PH15	26,2482	12,5991	1,9231
PH20	31,2666	16,9565	2,1849



Şekil 4.6 Hematit Bulk Yoğunluğu Deney Sonuçları.

Üretilen kompozitlerin takviye yükleme oranı arttıkça kompozit yoğunlukları da artmıştır (Eren Belgin 2015). Belgin ve diğer yapılan çalışmalarda olduğu gibi Hematit miktarının artmıştır. Bizim çalışmamızda artırdığı desteklenmektedir.

4.5 Su Emme Test Sonuçları

Su Emme Testi için aşağıdaki (4.2) formül kullanılmıştır.

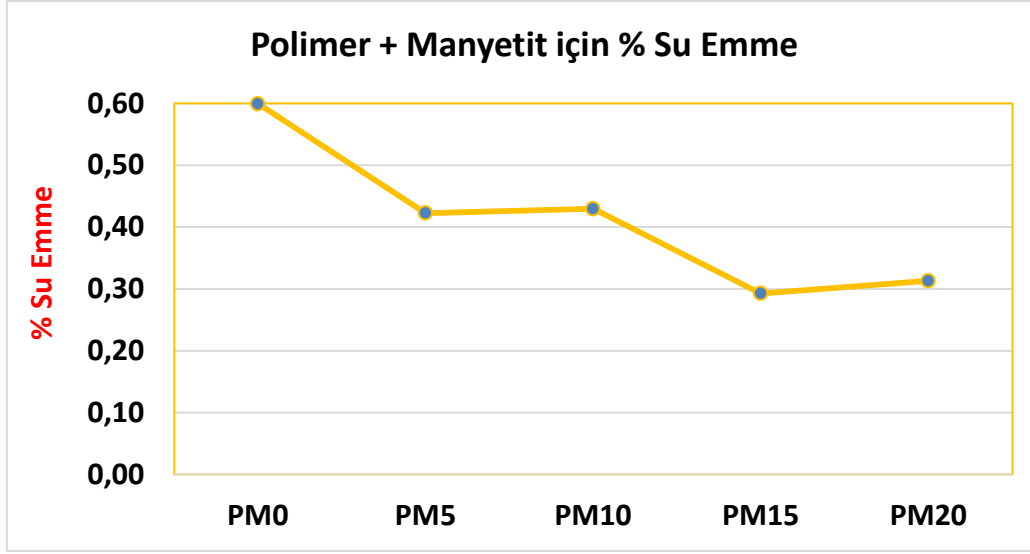
$$\% \text{Su emme} = [(\mathbf{Wd} - \mathbf{Wk}) \div \mathbf{Wk}] * 100 \quad (4.2)$$

$\mathbf{Wd}$ = Su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı

$\mathbf{Wk}$ = Kuru numunenin havadaki ağırlığı

Çizelge 4.7 Manyetit Su Emme Deney Sonucu.

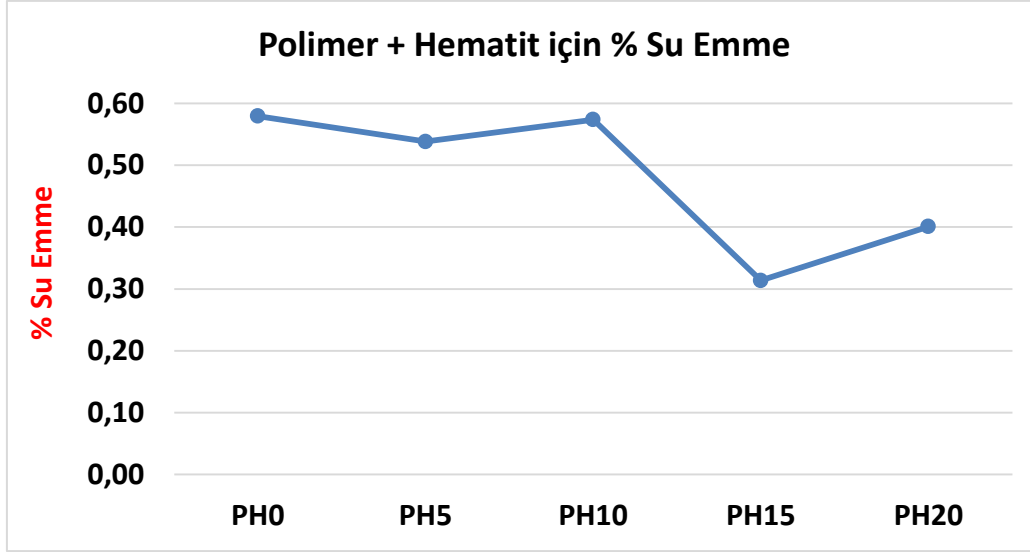
Kod	Kuru Ağırlık	Sulu Ağırlığı	Emilen Miktar	% Su Emme
PM0	14,7339	14,8222	0,0883	0,60
PM5	20,486	20,5726	0,0866	0,42
PM10	28,6784	28,8016	0,1232	0,43
PM15	33,3212	33,4187	0,0975	0,29
PM20	36,7097	36,8246	0,1149	0,31



Şekil 4.7 Polimer manyetit su emme grafiği

Çizelge 4.8 Hematit Su Emme Deney Sonucu.

Kod	Kuru Ağırlık	Sulu Ağırlığı	Emilen Miktar	% Su Emme
PH0	14,8078	14,8936	0,0858	0,58
PH5	15,7869	15,8719	0,085	0,54
PH10	22,17	22,2972	0,1272	0,57
PH15	26,2384	26,3207	0,0823	0,31
PH20	31,2531	31,3784	0,1253	0,40



Şekil 4.8 Polimer Hematit Su Emme Grafiği.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Cam fiber katkılı hematit ve manyetit kompozitlerden belli gramlarda numuneler hazırlanmıştır. Cam fiber takviyeli polimer kompozitlerin deneyleri yapılmıştır. Cam fiber takviye içeren polyester kompozitler uygun ortam altında yüzey özellikleri ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Derinlik çentik ve farklı hacimlerde ki oranların değişimleri incelenmiştir. Polyester reçine takviyeli, cam elyaf katkılı 5 farklı numune kullanılmıştır. Test sonuçlarına bakıldığında polyester reçine katkılı cam fiber miktarlarının artmasıyla polimer kompozitlerin eğilme dayanımı polyester ve fiber miktarları artışıyla arttığı gözlemlenmiştir. Cam fiber katkılı polimer kompozitlerin çekme testlerine %12 ile- %15,5 katkılı miktarında artmış, katkısız miktarlarda ise %16'a kadar en yüksek seviye geldiği anda itibaren azalmıştır. Farklı yöntemler içinde artan cam elyaf oranı kritik gerilme şiddeti faktörü ile artmış, ama ve derinlik çentik oranlarında etkilemediği tespit edilmiştir (Goyanes 2000). Termosetlerin epoksi reçinelerine ait çekme test sonuçlarına sertleştirici poliamin ile ve numuneler üzerinde yük etkisinin test edildiği çalışmalar tespit edildi.

Çatlak oluşumunun veya kırılmanın ve kuvvet artışıyla azalma gösterdiği ve ağır yüklere karşı kararlı halde kırılma anına kadar direnç gösterdiği tespit edilmiştir (Kanchanoma 2005).

Cam fiber katkılı hematit ve manyetit katkılı numunenin temas açısı, yük altında davranışları, kurşun kalem sertlik testi ve su emme özellikleri araştırılmıştır. Kompozitlere ait numune testleri kısa süreli zaman alsa da genel olarak mekanik özellikler benzerlik gösterse de, yinede zamana bağlı numunelerin tamamen farklı değerler bulunmuştur. Yapılan testlerde cam fiber takviyesinin etkili olduğu dolayısıyla cam fiber seçimin ne kadar doğru bir seçim belirlenmiştir.

Yüzey özelliklerinde Temas Açısı değerleri hematit miktarının artması ile genellikle artmıştır. Manyetit miktarının artması ile artış göstermiştir.

Kurşun kalem sertlik testinde Hematit katkı miktarı artması ile sertlik yükselmiştir. Aynı sonuç manyetit miktarının artışı ile yükselmiştir.

Kompozitlerin bulk yoğunluk gözenek testleri yapılmıştır. Manyetit ve Hematit deneylerinde kompozit miktarının artması bulk yoğunluğu artmıştır.

Su emme test sonuçlarında madde miktarı artıkça su emme kapasitesinde düşme gözlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Aran A, 1990, Elyaf Takviyeli Karma Malzemeler, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s.1-50, MK, 575 Ders Notları, Gümüşsuyu İstanbul.
- Arsoy Z, 2014, Talkın Yüzey Özelliklerine Öğütmenin Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101 s, Afyon.
- Akbulut H, 2013, Kompozit Malzemeler Ders Notları, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Sakarya.
- Avcı A, Arıkan H, Akdemir A, 2004, Fracture behavior of glass fiber reinforced polymer composite, Cement and Concrete Research, 34, 429-434.
- Avcioğlu S, 2017, Yoğunluk ölçümü deneyi föyü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Samsun.
- Ateş E, Aztekin K, 2011. Parçacık ve Fiber Takviyeli Polimer Kompozitlerin Yoğunluk ve Basma Dayanımı Özellikleri, Gazi Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi Dergisi Cilt 26, No 2.
- Chavan R V, Dinesh R K, Veeresh K, Algur V, Jagadish P S, Mohan M C, 2015, Evaluating the Influence of Fiber Orientation and Filler Content on Tensile, Hardness, and Impact Strength of Hybrid Laminated Composites, International Journal of Research in Aeronautical and Mechanical Engineering, 31, 25-31.
- Belgin E, 2015, Preparation and characterization of a novel ionizing electromagnetic radiation shielding material: Hematite filled polyester based, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Faculty of Science, Department of Chemistry, Mugla 48000, Turkey.
- Gürü M, Akyüz Y, Akın E, 2005, Mermer tozu polyester kompozitlerde dolgu oranının mekanik özelliklere etkileri, Politeknik Dergisi, 272, 271-274.
- Goyanes S N, Marconi J D, Königa P G, Martin M D, Mondragon I, 2000, Dynamical properties of epoxy composites filled with quartz powder, Journal of Alloys and Compounds, 310, 374-377.

- Kibblewhite R P, Thompson N S, 1973, The ultrastructure of the middle lamella region in resin canal tissue isolated from slash pine holocellulose. Wood Science and Technical 7, 110-112.
- Kanchanomai C, Rattananon S, Soni M, 2005, Effects of loading rate on fracture behavior and mechanism of thermoset epoxy resin, Polymer Testing, 24, 886–892.
- Isık F, 2005, Nanocomposites Based On Blends of Polyethylene. Degree of Master of Science, The Graduate School of Natural and Applied Sciences Of Middle East Technical University, Ankara.
- İlhan R, Feyzullahoğlu E, 2011, Cam Elyaf Takviyeli Polyester (CTP) Kompozit Malzemelerde Kullanılan Doğal Elyaf lar ve Dolgu Maddeleri El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 6, No: 2, 355-381.
- Sathishkumar T P, Naveen J, 2014, Glass fiber reinforced polymer composites review, Journal of Reinforced Plastic and Composites, 1071-1075

İnternet Kaynakları

- 1- https://tr.wikipedia.org/wiki/Cam_elyafi, 03.12.2020
- 2- <https://www.nanolinker.com.tr/cihazlar/contact-angle-measurement/>, 14.10.2020