



T.C.

KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ

SİMAV TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

**S-CAM ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİT
MALZEMELERİN KANAL AÇMA ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

**BİTİRME PROJESİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

ÖZKAN SERTKAYA 201822112801

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi MURAT KOYUNBAKAN**

KÜTAHYA, 2022



T.C.

KÜTAHYA DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ

SİMAV TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

**S-CAM ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİT MALZEMLERİN KANAL
AÇMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

ÖZKAN SERTKAYA tarafından hazırlanan proje çalışması 07.06.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümünde Lisans **BİTİRME PROJESİ** olarak kabul edilmiştir.

Proje Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi MURAT KOYUNBAKAN

Dumlupınar Üniversitesi

Jüri Üyeleri

.....

.....

.....

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
ABSTRACT	x
TEŞEKKÜRLER	xii

BÖLÜM 1

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2

KOMPOZİT	3
2.1 Kompozit malzemelerin Ana Yapısı	3
2.1.1 Matris Malzemesinden İstenilen Özellikler	4
2.1.2 Matris Malzemenin Görevleri;	5
2.1.3 Takviye Edici Malzemeye Göre Kompozit Malzemeler	6
2.2 Kompozit Ürünlerin Avantajları	6
2.3 Kompozit Ürünlerin Dejavantajları	7
2.4 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	8
2.4.1 Matris Yapılarına Göre Kompozitler;	8
Takviye Elemanlarına Göre Kompozitler;	8
2.4.1.1 Metal Matrisli Kompozitler	9
2.4.1.2 Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler	10
2.4.1.3 Polimer Matrisli Kompozitler	11
2.4.1.3.1 Termoset matrisler;	11
2.4.1.3.2 Termoplastik matrisler;	11
2.4.2 Takviye Elemanlarına Göre Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	12
2.4.2.1 Parçacık Takviyeli Kompozitler	12
2.4.2.2 Tabakalı Kompozitler	12
2.4.2.3 Karma Kompozitler	13
Kompozit Malzemelerin Mühendislik Malzemeleriyle Karıştırılması	13
2.6 Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri	14

2.7 Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları	15
2.8 Polimerler	16
2.8.1 Polimerlerin Özellikleri.....	16
2.8.2 Polimer Çeşitleri	17
2.8.2.1 Termoplastikler	17
2.8.2.2 Termosetler.....	18
2.8.2.3 Elastomerler (Kauçuklar)	18
2.8.3 Polimerler Elde Edilmesi	19
2.8.4 Polimerlerin kullanım alanları	19
2.9 Cam Elyaf Tarihçesi	19
2.9.1 Cam Elyaf Sınıfları	20
2.9.2 Cam Elyafı (Lifi) Üretilirken Kullanılan Ham Maddeler	20
2.9.3 Cam Elyaf Türleri	21
2.9.3.1 A-Cam Elyafı (Lifi veya Fiberi).....	21
2.9.3.2 C-Cam Elyafı.....	21
2.9.3.3 D-Cam Elyafı	21
2.9.3.4 Advantex	22
2.9.3.5 S Camı Elyafı	22
 BÖLÜM 3	
MALZEME VE YÖNTEM.....	23
3.1 S Cam Elyaf Epoksi Kompozit Plakanın Üretilmesi.....	23
3.2 Kanal Açma Deneyleri	27
 BÖLÜM 4	
BULGULAR VE TARTIŞMA	30
 BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER	33
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ.....	36

TABLO LİSTESİ

sayfa

Tablo 3.1 Kullanılan reçine ve sertleştiricinin özellikleri.....	26
Tablo 3.2 Deney tasarımı.....	28
Tablo 4.1 Ölçülen Deformasyon Faktörleri.....	30
Tablo 4.2 Tüm yönler için üst yüzeyde hesaplanan deformasyon faktörleri.....	31
Tablo 4.3 Tüm yönler için üst yüzeyde heplanan deformasyon faktörleri.....	32

ŞEKİL LİSTESİ

sayfa

Şekil 2.1 Kompozit malzemenin iç yapısı.....	3
Şekil 2.2 Kompozit Malzeme.....	4
Şekil 2.3 Kompozit malzeme örneği.....	9
Şekil 2.4 Seramik malzeme mikroskop altındaki görünüşü.....	10
Şekil 2.5 Termoset matris.....	11
Şekil 2.6 Tabakalı kompozit oluşumu.....	13
Şekil 2.7 Kompozit malzemelerin mühendislik malzemeleriyle karıştırılması.....	13
Şekil 2.8 Kompozit malzeme üretim yöntemleri.....	14
Şekil 2.9 Kompozit malzemenin kullanıldığı yerler.....	15
Şekil 2.10 Polimer malzeme ve atomik yapısı.....	16
Şekil 2.11 Termoplastik örnekleri.....	17
Şekil 2.12 Termoset örnekleri.....	18
Şekil 2.13 Elastomer örnekleri.....	18
Şekil 2.14 Polimer ürünler.....	19
Şekil 2.15 S Cam elyaf.....	22
Şekil 3.1 Vakum destekli reçine transfer yöntemi.....	24
Şekil 3.2 Vakum destekli reçine transfer yöntemi ile kompozit plaka üretimi.....	24
Şekil 3.3 Deney numunesi üretim aşamaları.....	26
Şekil 3.4 CNC takım tezgahı ve bağlama düzeneği.....	27
Şekil 3.5 Deney Numunesi.....	27
Şekil 3.6 Kanal etrafında oluşan deformasyonun belirlenmesi.....	28

Şekil 3.7 İnsıza ISMP-PM 200SD optik mikroskop.....	29
Şekil 3.8. Kesici takım.....	29

S-CAM ELYAF TAKVİYELİ EPOKSİ KOMPOZİT MALZEMELERİN KANAL AÇMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZKAN SERTKAYA

İmalat Mühendisliği Bölümü

Bitirme Projesi

Proje Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi MURAT KOYUNBAKAN

Polimer kompozit malzemeler sahip oldukları üstün özellikleri nedeni ile pek çok endüstri tarafından kullanılan mühendislik malzemeleridir. Hafiflik, rijitlik ve mekanik özellikleri sayesinde S cam elyaflar, denizcilikten, havacılığa, enerji sektöründen taşımacılık sektörüne kadar yüksek dayanım gerektiren kompozit uygulamalarında tercih edilmektedirler. Polimer kompozit malzemeler son şekli verilerek üretilmelerin rağmen bu malzemeler genellikle mekanik olarak birleştirilmektedirler. Bu nedenle delme ve frezeleme işlemleri kompozit malzemeler için en çok uygulanan talaşlı imalat işlemleridir. Birleştirme işlemlerinde kullanılan cıvata ve perçinler için kaliteli delik ve kanallara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada yaklaşık 2 mm kalınlığında vakum infuzyon yöntemi ile üretilmiş S cam elyaf takviyeli epoksi polimer kompozit malzemeler üzerinde farklı kesme parametreleri kullanılarak ve farklı yönlerde kanal açılmıştır. Açılan kanallar sonrası numune parçanın alt ve üst yüzeylerinde oluşan hasarlar optik mikroskopla incelenmiş ve deformasyon faktörleri hesaplanmıştır. İlerlemenin az olması deformasyon faktörünü alt ve üst yüzeylerde azaltmıştır. İşlenebilirlik deneylerinden elde edilen sonuçlara göre kanal açma işlemlerinde alt ve üst yüzeylerde oluşan ve hesaplanan deformasyon faktörleri 45° açılı yönde daha az elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: S cam, Kompozit, Kanal açma, Deformasyon faktörü,

INVESTIGATION OF THE GROOVING PROPERTIES OF S-GLASS FIBER REINFORCED EPOXY COMPOSITE MATERIALS

ÖZKAN SERTKAYA

Department of Manufacturing Engineering

Graduation project

Project consultant

Dr. Öğr. Üyesi MURAT KOYUNBAKAN

Polymer composite materials are engineering materials used by many industries due to their superior properties. Thanks to their lightness, rigidity and mechanical properties, S glass fibers are preferred in composite applications that require high strength from maritime to aviation, from the energy sector to the transportation sector. Although polymer composite materials are produced by giving their final shape, these materials are usually combined mechanically. For this reason, drilling and milling operations are the most applied machining operations for composite materials. Quality holes and channels are needed for bolts and rivets used in joining processes. In this study, channels were opened in different directions using different cutting parameters on S glass fiber reinforced epoxy polymer composite materials produced by vacuum infusion method with a thickness of about 2 mm. The damages on the lower and upper surfaces of the sample piece after the opened channels were examined with an optical microscope and the deformation factors were calculated. The low feed rate reduced the deformation factor on the lower and upper surfaces. According to the results obtained from the machinability tests, the deformation factors formed and calculated on the lower and upper surfaces in the grooving processes were obtained in the 45° angled direction.

Keywords: S glass, Composite, Deformation factor, Grooving

TEŞEKKÜRLER

Projenin hazırlanması sırasında yardımları ve bilgilerini esirgemen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat KOYUNBAKAN ‘ a malzeme teymini ve bilgi aktarımı konusunda yardımcı olan Sayın Öğr. Gör.Dr. Zafer KAYA ve son olarak atölye çalışmaları konusunda bilgi aktarımı yapan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Vedat TAŞDEMİR’ e ve Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YEŞİL’ e teşekkür ediyorum.

Bugüne kadar her konuda yanımda olan aileme de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

GİRİŞ

İlk olarak kompozitin ne anlama geldiğini tanımlarsak, en yaygın tanımıyla, farklı özelliklere sahip olan iki veya daha fazla fiziksel ve kimyasal malzemenin birleştirilmesiyle ortaya yeni ve daha güçlü malzeme çıkarılmasına **kompozit** denilmektedir. Ortaya çıkan ürüne ise kompozit malzeme denilmektedir.

Kompozit malzemenin tarihle olan ilişkisine bakıldığında, sandığımızdan çok daha öncesine, eski çağlara kadar dayanmaktadır. İlk çağlarda insanlar hayvansal ve bitkisel lifleri kırılkan ve dayanıksız malzemelerle birleştirmiştir. Böylelikle daha göçlü ve dayanıklı malzemeler elde etmişlerdir. Kompoziti kullanan ilk uygarlıklar Mezopotamyalılar ve Mısırlılardır. Mezopotamyalılar ahşap şeritleri doğal reçinelerle değişik açılarda birleştirerek yonga levha (sunta) yapmışlardır. M.Ö 'lü yıllarda yaşayan insanlar çamurun için saman katarak evlerinin sağlamlığını arttırmışlardır. [1]

Bugünüme kadar tarihte birçok örnekleri olan kompozit malzemeler gelişerek ve büyüyerek şuan önemli ve daha da gelişmeye açık bir şekilde faaliyetler sürdürülmektedir.

Kompozit Malzemelerde sanayiye bakıldığı zaman tasarımların en büyük sorunlarından biri malzeme seçimleridir 20.yüzyılın başına kadar metal malzemeler birçok endüstri alanında insanlığın bu sorununa çözüm olmuştur. Fakat gelişen teknoloji birlikte özellikle savunma sanayi ve ulaşım sektöründe kullanılan yapılarda ağırlığa oranla yüksek mukavemet talep edilen bir durum oluşmuştur. Fakat rekabetçi piyasa şartları, malzemelerin tüketimindeki artış, teknik özelliklerin yanında algısal özellikleri de ön plana çıkarmıştır. Malzeme seçiminde ürünün görünüşü, dokusu gibi algısal yönlerinin yanında, korozyon dayanımı, mukavemet, iletkenlik gibi teknik özellikleri de büyük önem taşımaktadır. Dünyada ileri malzemeler alanında yapılan tasarımlar ve deneysel çalışmalar kompozit malzemelerin bu alanda kullanıcının isteklerini karşıladığı gözlemlenmiştir. Günümüzde kompozit üzerine yapılan çalışmalar kompozit malzemelerin gelişimini sağlamıştır. Yaygın olarak mühendislik yapı ve uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. [2]

Genel itibari ile kompozit malzemeler dayanım ve yük taşıma işlevini gören takviye ve takviye yapıyı bir arada tutmakta ve dış etkilere koruyabilmektedir. Kompozit malzemelerde gerek matris reçine özellikleri takviye malzemesinin türü ve yerleştirme biçimi, kompozit malzemenin mekanik. Kimyasal ısı özelliklerini geliştirdiğinden dolayı, diğer

imalat malzemelerine oranla kompozit malzemeler çok farklı boyuta taşımaktadır. Konvansiyonel malzemelerle imalat yapılırken yalnızca malzemeye şekil vermekle yetinilirken, kompozit ürün imalatında şekil verilirken, aynı zamanda malzemenin kendisi de üretilmektedir. Konvansiyonel malzemelere kıyasla kompozit malzemeler sahip oldukları yüksek mukavemet, yüksek ısı direnç, üstün korozyon dayanımı ve hafiflik gibi özelliklere sahip olmasından dolayı kara, deniz ve havacılık sanayi, inşaat ve medikal gibi birçok endüstri alanında kullanılmaktadır.[2]

Daha önceden yapılan çalışmalarda elyaf ve reçine malzemesinin birlikte uyumlu bir birleşen olarak mühendislik alanında kullanılmaya başlanmıştır. Elyaf takviyeli kompozitler ilave edilen lif, yönlendirme ve lif miktarı gibi takviyenin olması malzemenin mekanik özelliklerin gelişine büyük katkı sağlamaktadır. Bunların yanı sıra takviye elemanı olarak karbon, bor, aramid ve cam gibi sentetik elyaflar ile bambu, pamuk, jüt ve kenaf gibi doğal elyaflar takviye elemanları olarak kullanılmaktadır. Reçine malzemeleri olarak da termoplastik ve termosetler kullanılmaktadır. Termoplastiklere göre termosetler kolay üretilme ve daha uygun fiyatlı olduğundan dolayı daha çok tercih edilmektedir.

Polyester, epoksi ve fenolik reçineler yaygın olarak kullanılan termosetlerdir. Epoksi reçineler kimyasal ve mekanik özellikleri, elektriksel iletkenlik ve aşınma direncine karşı başarılı bir ürün olsa da maliyet bakımında pahalıdır. Ancak cam elyaflar maliyet, elektriksel yalıtıcılık ve kimyasal dayanıklılık açısından polimer matrisli kompozitlerde ideal takviye elemanı olarak kullanılmaktadır.

Cam elyaf sektörünün gelişmiş olması nedeniyle ucuz ve kolayca bulunabilmektedir. Yüksek mukavemetlidir. Isıl dirençleri düşüktür. Ayrıca bir çok plastik ürün güçlendirici olarak kullanılmaktadır. Kimyasal malzemelere karşı dirençli ve nem soğurma özelliği yoktur. S tipi cam elyaflar yüksek performans sağlayan türlerindendir. Normal cam elyaf ürünlerinden daha çok miktarda silika seviyesi ile üretilmektedir. S tipi cam elyaflar tekstil ve kompozit endüstrisi için üretilmiştir. Yüksek sıcaklık ve darbe dayanımına sahiptir. Hafif olmasından dolayı otomotiv, havacılık, gıda, uzay teknolojisi, eğlence ve inşaat gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Son yıllarda çevre dostu ve geri dönüşüme uyumlu yeni nesil reçineler, biyolojik esaslı polimerler, ultra küçük moleküler yapılar ve nano polimerlerin, kompozit sektörünün yakın gelecekteki işlevlerini etkilemesi beklenmektedir.

KOMPOZİT

2.1 Kompozit malzemelerin Ana Yapısı

En fazla iki farklı malzemenin makro boyutlarda birleşerek oluşturduğu malzemeye kompozit denir. Kompozit üretimindeki amaç, tek başına uygun olmayan birbiri içerisinde çözünemeyen malzemeleri kullanım alanlarına uygun özellikleri verebilecek duruma getirmek için yeni özellikler katmaktır. Yeni özelliklerden kasıt ise dayanıklılık, hafiflik, esneklik ve maliyet gibi

Kompozit malzemeler ana yapısı iki bileşenden oluşmaktadır.

- 1) Takviye malzeme (Çelik, karbür, aramid, naylon vb.)
- 2) Matris Malzeme (Polimer, metal ve metal alaşımlı, seramik esaslı malzemeler)

Kompozit genelde dayanımlarını sert ve gevrek olan takviye malzemelerden alırlar. Matris malzemeler ise kompozite tokluk ve süneklik özelliği kazandırır. Malzemeleri bir arada tutma görevi de matris malzemedir.[3]

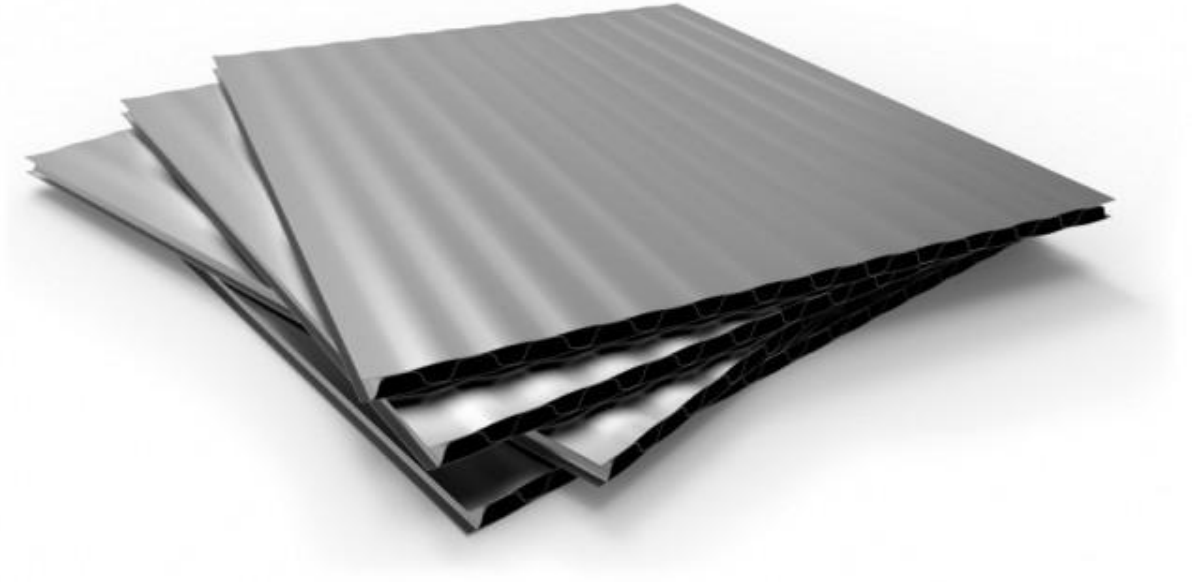
Kompozit malzemenin gösterdiği gerek yüksek mukavemet, gerekse hafiflik özelliğinden dolayı kullanım alanı geniştir.



Şekil 2.1 Kompozit malzemenin iç yapısı [4]

Amerika’ da 1930 yılında cam elyafın bulunması ile birlikte modern kompozitin üretimi başlamış ve cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler dünya pazarında yerini almıştır. 1990-2000’ li yıllarda ise 4. Nesil Kompozit çağı olarak adlandırılmaktadır. Kompozit malzemeler 1990’ ların başlarında ana üretim ve inşaatla yaygın hale geldi.

Kompozit malzeme maliyetlerinin mühendislik plastikleri ve metaller gibi geleneksel olan endüstriyel tasarımcılar, yapı, elektrik-elektronik, gıda gibi sektörlerde her geçen gün üretim oranı dahada artan kompozit ürünler tasarlama başladı. Kompozit malzemenin en önemli özelliği mikro düzeyde homojen olmasıdır.



Şekil 2.2 Kompozit Malzeme [5]

2.1.1 Matris Malzemesinden İstenilen Özellikler

Matris malzemelerinden istenen belli başlı özellikler vardır. Bunlar;

- ✓ Kaymaya karşı dayanımının yüksek olması
- ✓ Elastik uzama miktarının fazlam olması,
- ✓ Dayanım yüksekliği,

- ✓ Öz kütlesinin düşük olması,
- ✓ Raf ömrünün uzunluğu,
- ✓ Nem emme miktarının az olması,
- ✓ Zararlı kimyasalların etkilerine dayanıklılık, [6]

2.1.2 Matris Malzemenin Görevleri;

Matris malzemelerinin karşım içindeki görevleri aşağıdaki gibidir.

- ✓ Fiberleri bir arada tutar, böylece fiberlerin bireysel hareketlerine engel olur.
- ✓ Matris malzeme kompozit malzemeye yüklenen yükü fiberlere transfer eder.
- ✓ Matris malzeme kompozit malzemeye şekil verdiği gibi malzemenin katı durmasını sağlar.
- ✓ Matris malzemeleri çevresel faktörlerin vermiş olduğu kimyasal ve fiziksel zararlara karşı kompozit malzemeyi korur.
- ✓ Çatlak ilerlemesini önler ve kopma süresini geciktirir.
- ✓ Elyaf malzemelerde homojenlik sağlamaktadır. [6]

2.1.3 Takviye Edici Malzemeye Göre Kompozit Malzemeler

Kompozit malzemeler takviye elemanlarıyla elde edilmektedir. Bu takviye elemanları ise;

- ✓ Parçacık takviyeli kompozitler
- ✓ Elyaf takviyeli kompozitler
- ✓ Tabakalı kompozitler
- ✓ Kurma kompozitler olarak sınıflandırılmaktadır.
- ✓ Genel kullanım amaçları maliyeti düşürmektedir.

2.2 Kompozit Ürünlerin Avantajları

Kompozit malzemelerin diğer ürünlere göre avantajlara sahiptir.

- ✓ Çatlak ilerleme olayı minimize edilir.
- ✓ Titreşimleri absorbe etme özelliği sağlanmıştır.
- ✓ Yüksek mukavemet
- ✓ Kompozitlerden bazıları çok yüksek akma sınırı değerine sahiptir.
- ✓ Hafiflik, montaj ve sevkiyat kolaylığı
- ✓ Metale göre düşük maliyet
- ✓ Korozyon problemi yoktur.

- ✓ Yorulma dirençleri oldukça düşüktür.
- ✓ Tasarım esnekliği vardır.
- ✓ Çevre dostudur.
- ✓ Elektrik ve su yalıtım özelliğine sahiptir.
- ✓ Çalınma riski yoktur.
- ✓ Kalıplama kolaylığına sahiptir.
- ✓ Antibakteriyeldir.
- ✓ Sıcaklıktan ve soğuktan etkilenmemektedir.
- ✓ Metale göre düşük maliyetlidir. [7]

2.3 Kompozit Ürünlerin Dezavantajları

Kompozit ürünler avantajlarının yanında dezavantajları da vardır.

- ✓ Metallere yapışmazlar. Fırınlanmadan kullanılamazlar.
- ✓ Üretimi nispeten pahalıdır.
- ✓ Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerine bağlıdır. Standartlaşmış bir kalitesi yoktur.
- ✓ Değişik doğrultuda mekanik özelliklere sahiptir.
- ✓ Kompozitler kırılğan malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler.

- ✓ Aynı kompozit malzemeler için çekme, basma, kesme, eğilme mukavemet değerleri farklılık gösterebilir.
- ✓ Bazı kurutma teknikleri uzun süreler alabilmektedir.
- ✓ Delik delme ve kesme türü işlemler liflerde açılmaya yol açmaktadır.
- ✓ Bazı malzemelerin sınırlı raf ömürleri vardır. Saklama koşulları farklılık gösterebilmektedir. [7]

2.4 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeler mekanik dayanımı yerine getiren farklı geometrik parçalardan ve bu parçaları bir arada tutan polimerik, metal veya seramik malzemelerden oluşur. Yapısında pek çok malzeme barındıran kompozit malzemelerin sınıflandırılması çok değişik şekillerde yapılabilmektedir. Fakat en yaygın sınıflandırılma şekli, yapısında bulunan matris ve takviye malzemeye göre yapılmaktadır. [8]

2.4.1 Matris Yapılarına Göre Kompozitler;

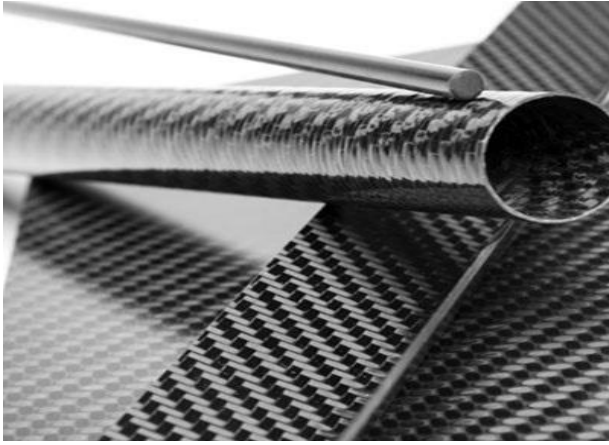
- ✓ Metal Matrisli Kompozitler
- ✓ Seramik Matrisli Kompozitler
- ✓ Polimer Matrisli Kompozitler
 - 1) Termoplastik Malzemeler
 - 2) Termoset Malzemeler
 - 3) Elastomer Malzemeler

Takviye Elemanlarına Göre Kompozitler;

- ✓ Elyaf Takviyeli Kompozitler
- ✓ Polimer Takviyeli Kompozitler
- ✓ Tabakalı Kompozitler
- ✓ Karma (hibrit) Kompozitler [10]

2.4.1.1 Metal Matrisli Kompozitler

Mevcut malzemelerin kullanım sıcaklığının üzerinde sıcaklıklarda kullanılabilecek ve daha yüksek spesifik mukavemet özelliğine sahip malzemelere duyulan ihtiyaç nedeniyle 1960' lı yılların başında metal matrisli kompozit (MMK) malzemeler geliştirilmiştir. Metal matrisli kompozitler, sıcak haddeleme, sıvı metal emdirmeye, tez metalürjisi ve buhar çökeltme metodları ile üretilmektedir. [3]



Avantajlarına bakıldığında ise;

- ✓ Yüksek tokluk ve darbe dayanımı,
- ✓ Neme karşı dayanım
- ✓ Düşük tokluk,
- ✓ Yanmazlık
- ✓ Tekrara üretilebilir içyapı özellikleri,
- ✓ Yüksek mukavemet oranı;
- ✓ Yüksek elektriksel ve ısı iletkenlik

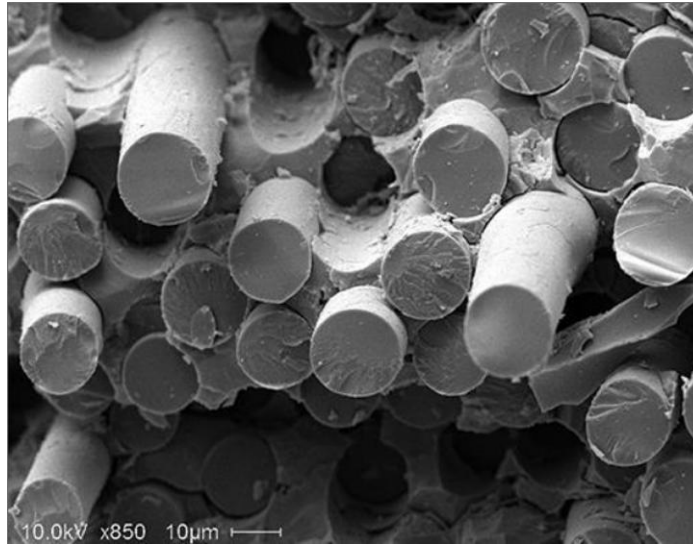
Şekil 2.3 Kompozit malzeme örneği [10]

Kompozit malzemeler geniş kullanım alanlarına sahiptir. Kullanım alanları ise;

- ✓ Spor aletlerin de ;
- ✓ Otomotiv endüstrisinde;
- ✓ Savunma sanayi;
- ✓ Uçakların iniş takımlarında;
- ✓ Haberleşme cihazlarında;
- ✓ Uzay ve havacılıkta platform taşıyıcı parçalarda sıkça kullanılmaktadır.

2.4.1.2 Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler

Yüksek sıcaklık uygulamaların da seramik malzemeler yüksek yoğunluğa sahip metallere alternatif olarak kullanılmaktadır. Seramik malzemeler hem düşük yoğunlukları nedeniyle daha hafif, hem de yüksek oksidasyon dirençleri sebebiyle yüksek sıcaklıklarda kullanılmaya oldukça elverişli malzemelerdir. Yekpare seramik malzemeler çatlaklara karşı çok hassastır. Eritilmiş matrisin sızdırılması ve sıcak preslenmesi, kimyasal kaplama ve sızdırma yöntemleri kullanılan üretim biçimleridir.



Şekil 2.4 Seramik malzeme mikroskop altındaki görünüşü [11]

Seramik malzemelerin özellikleri;

- ✓ Sert olmalarından dolayı zor işlenmekte,
- ✓ Kimyasal ve termal dayanımları,
- ✓ Düşük yoğunluk,
- ✓ Ergime noktası düşük olmasından kaynaklı yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir. [3]

2.4.1.3 Polimer Matrisli Kompozitler

Polimer matrisli kompozitler, çoğunlukla petrokimya esas ürünlerdir ve günümüzde en yaygın kullanıma alanı olan malzemelerdir. Polimerik kompozitler korozyona dirençli, uzun süre kullanıma uygun, işlenmesi kolay, şekillendirilebilir, birim kütle başına yük kapasitesi yüksek malzemelerdir. Plastikler polimer matrisli polimer malzeme grubundadır. Belli bir şekle getirilebilir veya kalıplanabilirler. Plastiklerin kullanım avantajlarına bakıldığında ise;

- ✓ İyi bir yalıtım özelliği gösterme
- ✓ Ekonomik,
- ✓ Hafif ve taşınması kolay malzemelerdir.

Polimer matrisli kompozitler, termoset ve termoplastik olarak ikiye ayrılmaktadır. [12]



2.4.1.3.1 Termoset matrisler;

- ✓ lif takviyeli kompozit yapımında daha fazla kullanılmaktadır.
- ✓ Sıvı halde bulurular,
- ✓ Katılaştırıcı ilavesi ile öne jel haline gelir ve sonra da katılaşır.
- ✓ Termoset reçineler izotropiktir.
- ✓ Lif takviyeli kompozit yapımında genellikle düşük viskozitede olmaları tercih edilir. [13]

Şekil 2.5 Termoset matris

2.4.1.3.2 Termoplastik matrisler;

- ✓ Genellikle sünek ve ısı ile eritilebilirler
- ✓ Soğutma ile katılaştırılırlar
- ✓ Tekrara şekil verilebilirler.
- ✓ Amorf veya yarı kristalin yapıda olabilirler.
- ✓ Amorf termoplastikler de moleküller gelişigüzel düzenlenmiş bir yapıdadır.
- ✓ Kristalin bölgede ise moleküller sıkı paketlenmiş düzenli bir yapıdadır.[14]

2.4.2 Takviye Elemanlarına Göre Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

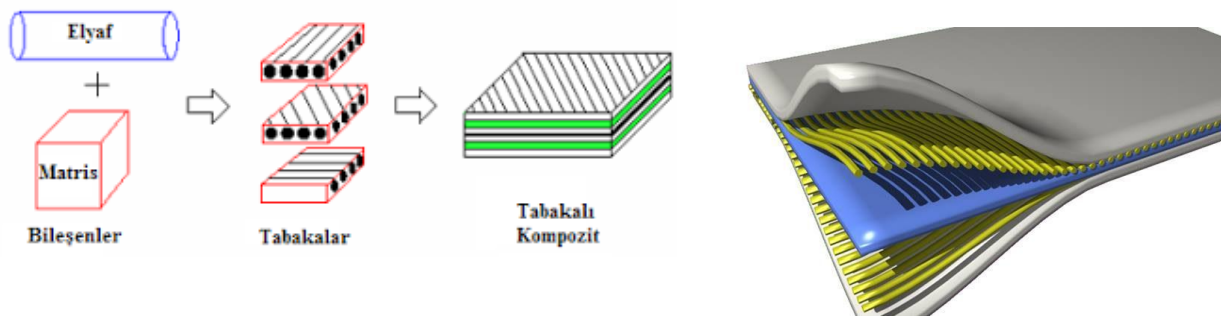
Kompozit malzemelerin en yaygın türü elyaf takviyeli kompozitlerdir. Elyaf takviyeli kompozitlerde takviye malzemesi olarak sırayı cam almıştır. Matris malzeme olarak plastik reçineler en fazla kullanılan tür olup bunlardan da polyester ucuzluğu sebebi ile ilk sırayı almıştır. Lif takviyeli kompozit malzemeler, moleküler boyutta bakımından birbirinde farklıdır ve mekanik olarak birbirlerinden ayrılabilirler. Matris termoset veya termoplastik olabilir. Takviye lifleri, uzun liflerden, dokuma kumaş, kısa kesilmiş lifler gibi değişik formatlarda olabilir. [15]

2.4.2.1 Parçacık Takviyeli Kompozitler

Takviye malzemesinin boyutları, takviye malzeme özelliklerinin, kompozit malzemeye olan katkısını belirlemektedir. Parçacıklar, çoğunlukla kompozitin sertliğini arttırmakta etkili fakat dayanımı arttırmakta fazla bir etkisi yoktur. Parçacık dolgular her ne kadar yaygın olarak fiziksel ve mekanik özellikleri artırmak için kullanılsa da birçok durumda sadece maliyeti düşürmek için kullanılmakta. Parçacık dolgulu malzemelerde performansı etkileyen çok değişik unsurlar vardır. Örnek olarak parça boyutlar boyut dağılımı, yüzey enerjileri, hacimsel oranlar, homojen dağılıp dağılmadığı gibi. [16]

2.4.2.2 Tabakalı Kompozitler

En eski ve en yaygın kullanılan bir yöntemdir. Farklı elyaf yönlendirmelerine sahip tabakaların birleşimi ile çok yüksek mukavemet değerleri elde edilebilir. Isı ve neme karşı dayanıklı yapılardır. Metallere göre hafiftirler. Pek çok katmanlı kompozit düşük maliyet, yüksek dayanım veya hafifliğini korurken, aşınma direnci, mükemmel ısıl genleşme özelliklerini kapsamaktadır.

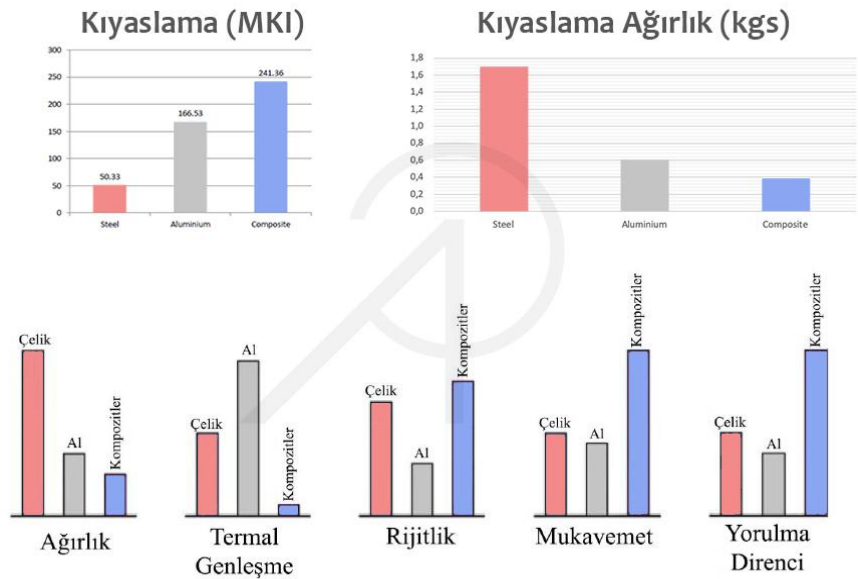


Şekil 2.6 Tabakalı kompozit oluşumu

2.4.2.3 Karma Kompozitler

Aynı kompozit yapıda iki ya da daha fazla takviye elemanı bulunması olasıdır. Bu tip kompozitlere “Hibrid Kompozitler” denir. Bu olan yeni tip kompozitlerin geliştirilmesi için uygundur. Örneğin, kevlar ucuz bir elyafdır ancak basma mukavemeti düşüktür. Grafir ise, düşük tokluğa sahip, pahalı ancak iyi basma mukavemeti olan bir elyafır. Bu iki elyaf kullanılarak tasarlanan hibrid kompozitin tokluğu grafit kompozitten iyi, maliyeti düşük ve basma mukavemetide kevlar elyafı kompozitten daha yüksektir.

Kompozit Malzemelerin Mühendislik Malzemeleriyle Karıştırılması



Şekil 2.7 Kompozit malzemelerin mühendislik malzemeleriyle karıştırılması [17]

2.6 Kompozit Malzemelerin Üretim Yöntemleri

✓ Elle Yatırma

✓ Hızlı Katılaştırma

✓ Plazma Püskürtme



✓ Yarı Katı Karıştırma

✓ Toz Metalürjisi

✓ Vakum İnfüzyon



✓ Otoklov İşleme

✓ Reçine Enjeksiyon Kalıplama Tekniği

✓ Sıvı Metal Emdirme

✓ Sıkıştırılmalı veya Sıvı Dövme Döküm

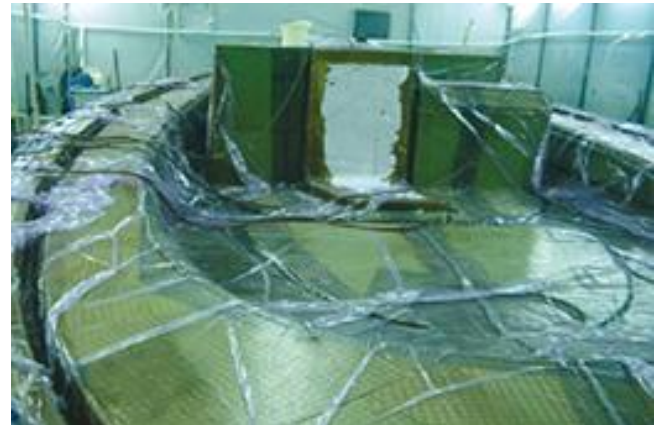


✓ Elyaf Sarma

✓ Basıncılı ve Basıncsız İnfiltrasyon

✓ Sıcak Presleme ve Sıcak İzostatik Presleme

✓ Sıvı Metal Karıştırması



✓ Difüzyon Bağlama ve Vakum Presleme

Şekil 2.8 Kompozit malzeme üretim yöntemleri
[17]

2.7 Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

Kompozit malzemeler geniş kullanım alanlarına sahiptir. Bunlar;

✓ Uzay Teknolojisi ve Havacılık Sektörü

✓ Savunma Sanayii

✓ İnşaat Sektörü

✓ Otomotiv Sektörü

✓ Ulaşım Sektörü

✓ Sağlık Sektörü

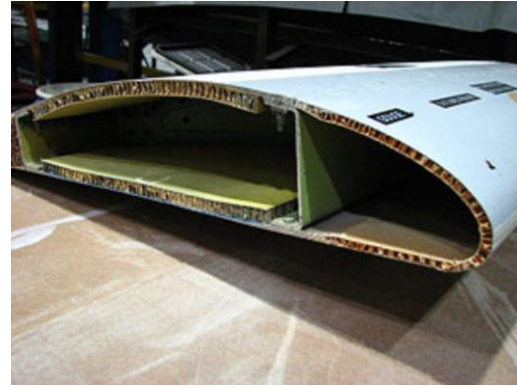
✓ Kimya Sanayii

✓ Robot Teknolojisi

✓ Elektrik-Elektronik Teknolojisi

✓ Gıda ve tarım Sektörü

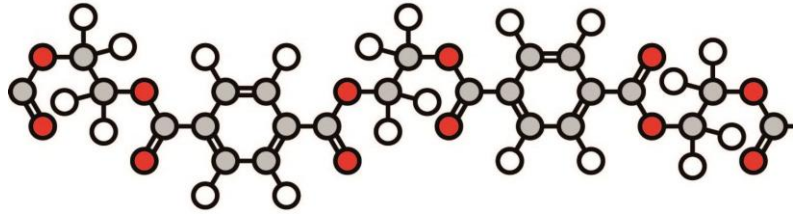
✓ Müzik Aletleri Endüstrisi



Şekil 2.9 Kompozit malzemenin kullanıldığı yerler [6]

2.8 Polimerler

Polimer terimi yunanca “polus” yani çok anlamına gelmektedir. Ve “meros” parça anlamına gelen kelimelerden türetilmiştir. Yapısı çok sayıda tekrar eden birimlerden oluşan molekülleri ifade etmektedir. Genel özellik yelpazesinden dolayı hem sentetik hem de doğal polimerler, günlük yaşamda temel ve her yerde bulunan bir rol oynarlar. Polimerler polistiren gibi bilinen sentetik plastiklerden biyolojik yapı ve işlev için temel olan DNA ve proteinler gibi doğal biyopolimerlere kadar çeşitlilik gösterirler. Yaygın olarak görülen polimerler hidrokarbon, karbon ve hidrojenden oluşurlar. Bu tür polimerlerde belirtilen uzun zincirler bulunur. Bu zincirler birbirlerine bağlıdır. Bazı polimerler ise karbon dışında elementler içeren omurgalara sahiptirler. [18]



Şekil 2.10 Polimer malzeme ve atomik yapısı [18]

2.8.1 Polimerlerin Özellikleri

Polimerler özellikleri bakımından önemli malzemelerdir.

- ✓ Saydamdırlar.
- ✓ Polimerler, büyük moleküller olduğu için moleküller arası Van Der Waals çekim kuvvetleri de büyüktür.
- ✓ Polimerlerin erime ve kaynama noktaları monomerlere göre oldukça yüksektir.
- ✓ Polimerler kimyasallara karşı dayanıklıdır.
- ✓ Polimerler oda sıcaklığında zaman bağlı olarak şekil değişimine uğrarlar.
- ✓ Yüksek sıcaklıklarda çalışılabilen ve yüksek mukavemet özellikleri kazandırılan kompozit polimerler de geliştirilmiştir.

- ✓ Polimerler hem elektrik hem de termal izolatörleri olabilir.(buzdolabı, tencere kupları, yalıtımlı bardaklar, soğutucular gibi.)
- ✓ Polimerler su alma eğilimine sahiptir.
- ✓ Polimerler çok kuvvetlidir ve önemli derece kuvvetlidir. (kurşun geçirmez yelek, oyuncak ve uzay istasyonlarının iskeletleri gibi.)
- ✓ Polimerler her zaman polimerlerden yapılmaz. Ham petrol, doğalgaz yada kömürden de elde edilebilir.

2.8.2 Polimer Çeşitleri

Binlerce farklı polimer sentezlenmiş durumda ve gelecekte muhakkak daha fazlası üretilcektir. Konvensiyel olarak incelersek, tüm polimerler proses özelliklerine veya polimerizasyon mekanizmasının çeşidine göre esasında üç grupta tayin edilebilir.

2.8.2.1 Termoplastikler

Plastikler, tıpkı halk dilindeki kelime anlamına karşılık gelir ve birçok kez ısıtılarak yeniden şekillendirilebilirler. Günümüzde kullanımı en yaygın gruptur. Çoğunlukla doğrusal zincirler içerir. Yaygın olarak kullanılan örnekleri; polistiren, polietilen (PE), poli-vinil klorür (PVC). [19]



Şekil 2.11 Termoplastik örnekleri [19]

2.8.2.2 Termosetler

Ağsı yapıya sahip amorf polimerlerdir. Şekillendirmek istediğimizde kalıcı sertleşirler ve ısı verdiğimizde yumuşamazlar ve hatta yüksek sıcaklıklara çıktığında zincir ve bağ yapıları kırılıp bozulabilirler. [20]



Şekil 2.12 Termoset örnekleri [20]

2.8.2.3 Elastomerler (Kauçuklar)

Elastisite özelliği yüksek ve aynı zamanda amorf yapıya sahiptirler. Viskoziteye sahip olan elastomerler bu sebeple viskoelastisite olarak bilinirler. [21]



Şekil 2.13 Elastomer örnekleri [21]

2.8.3 Polimerler Elde Edilmesi

Polimerler monomerlerin kimyasal reaksiyonu ile elde edilir. Doğada bu işlem doğal polimerlerin oluşumuyla sonuçlanırken, sentetik polimerler ise insan tarafından yapılmaktadır. Polimerler, en başından beri (örneğin selüloz, nişasta ve doğal kauçuk) çevremizde doğal olarak bulunmaktadır. İnsan yapımı polimerik malzemeler on dokuzuncu yüzyılın ortalarından beri incelenmekle birlikte günümüzde polimer endüstrisi hızla gelişmiştir. Öyle ki; bakır, çelik, alüminyum ve diğer bazı endüstrilerden daha büyük bir yere sahiptir. [18]

2.8.4 Polimerlerin kullanım alanları

Hem doğal hem de sentetik polimerler, insan hayatının rahatlığı ve kolaylaştırılmasında dikkate değer bir şekilde yer alır ve bilişim teknolojileri, ilaç, beslenme, iletişim, ulaşım, sulama, konteyner, giyim, binalar, otoyollar vb. alanlarda direkt olarak yaşamın kendisinden sorumludur.



Şekil 2.14 Polimer ürünler [22]

2.9 Cam Elyaf Tarihçesi

- ✓ Cam elyafın, ilk olarak hayatımıza girdiği dönemler olan Rönesans döneminde kadehler ve vazoların süslenmesinde kullanılmıştır. Bu süslerde cam teller ile yapılmıştır.
- ✓ Rastgele uzunluklardaki elyaf yığınının oluşması, 20. yüzyılın başında Avrupa'da, çubuklardan yatay olarak döner bir tambura liflerin çizilmesini içeren bir süreç kullanılarak üretildi. Bundan onlarca yıl sonra, bir eğirme işlemi geliştirildi ve patent alındı. Kısacası, cam elyaf I. Dünya Savaşı sırasında ilk kez Almanya'da üretildi.
- ✓ Cam elyafın ilk olarak endüstriyel üretimini 1930'lu yıllarda Amerika'da gerçekleştirdi.
- ✓ Owens-Illinois firmasında bir araştırmacı olarak görev yapan Russell Games Slayter'dı. 1932 yılında erimiş cam yığını üzerine basınçlı hava jetini yönlendirdiğinde, cam elyafının seri üretimi de keşfedilmiş oldu. [23]
- ✓ Kompozit materyal olarak havacılık endüstrisinde 1942 yılında uygulanmıştır.

- ✓ Havacılık endüstrisinden kullanımdan sonra S-2 tipi cam elyafı başta olmak üzere birçok ticari alanda kullanılmaya başlanmıştır.
- ✓ 1960' lı yıllardan sonra yüzey, çatı, cephe kaplamalarında, tekstil sektöründe, otomotiv sektöründe, uçak üretimi ve zırh yapında sıkça kullanılmaya başlanmıştır. [23]

2.9.1 Cam Elyaf Sınıfları

- ✓ İlk etapta cam elyafını sınıflandırmak gerekir ise genel ve özel olarak sınıflandırmak mümkündür. En bilinen formülü olan e-cam elyafı ticari anlamda “gene cam elyafı” olarak isimlendirilmektedir. Diğer tip cam lifleri ise özel tip olarak adlandırılmaktadır.
- ✓ Özel Amaçlı cam elyafı olarak S-cam, D-cam, A-cam, ECR-cam, ultra saf silika fiberler, içi boş elyaflar ve trilobal lifler vb. özel amaçlı cam elyaflarıdır. Bu tipler kendi içlerinde de birçok çeşide sahiptir.
- ✓ A, C, D, E, Advantex, ECR, AR, R, S-2, M, T, Z olarak adlandırılan cam elyaf tipleri en yoğun şekilde kompozit malzeme oluşturmak için kullanılan elyaf (lif veya fiber) türleridir. Bu Cam elyaflarının kullanılması ile oluşturulan kompozit malzemelere genel olarak fiberglass malzeme olarak isim verilmiştir.

2.9.2 Cam Elyafı (Lifi) Üretilirken Kullanılan Ham Maddeler

Cam elyafını oluşturan temel madde aslında bilinen camdır. Doğada bulunan camlardan farkı cam elyafı üretimine kullanılacak olanlar soda-kireç veya boraks silikatlarıdır.

Soda-kireç camı, kireç taşının (CaCO_3), soda (Na_2CO_3) ve kum (SiO_2) ile 1400-1500°C dolayında sıcaklıklarda eritilmesi ile üretilir.

Bu üretilen cama Alüminyum, Bor, Kalsiyum, Magnezyum, Çinko, Baryum, Lityum, Karışık

Alkaliler, Zirkonyum, Titanyum, demir içeren oksitler veya flor gibi elementler katılarak hem ticari cam elyafı üretimi sağlanmakta ve kullanım alanlarına göre de istenilen özellikler verilmek

2.9.3 Cam Elyaf Türleri

2.9.3.1 A-Cam Elyafı (Lifi veya Fiberi)

- ✓ Fiberglas için kullanılan ilk cam türüdür.
- ✓ A-cam elyafı, alkali-kireç veya soda kireç camı kırılmış ve kırılmaya hazır olan, cam kırığı olarak adlandırılan cam elyafıdır.
- ✓ Alkali kireç cam elyaflarıdır.
- ✓ Bor katkılı veya katkısız olabilirler.
- ✓ Bileşimlerinde yüzde 0,8'den az olmayacak şekilde alkali oksit bileşikler bulunur.
- ✓ E-tipi cam elyaflarından beklenen dayanıklılık, yapısal denge ve elektriksel dayanımların çok gerekli olmadığı durumlarda soda kireci silikat camlarının içeriğe katılması ile üretilir.

2.9.3.2 C-Cam Elyafı

- ✓ Korozyon yaratan ortamlarda yapısal denge sağlayan kalsiyum borosilikat içeren cam elyaf tipidir.
- ✓ Temas edilen kimyasalların pH değeri ister alkali ister asit değerlerinde olsun cam elyafı yüksek dayanım sağlar.

2.9.3.3 D-Cam Elyafı

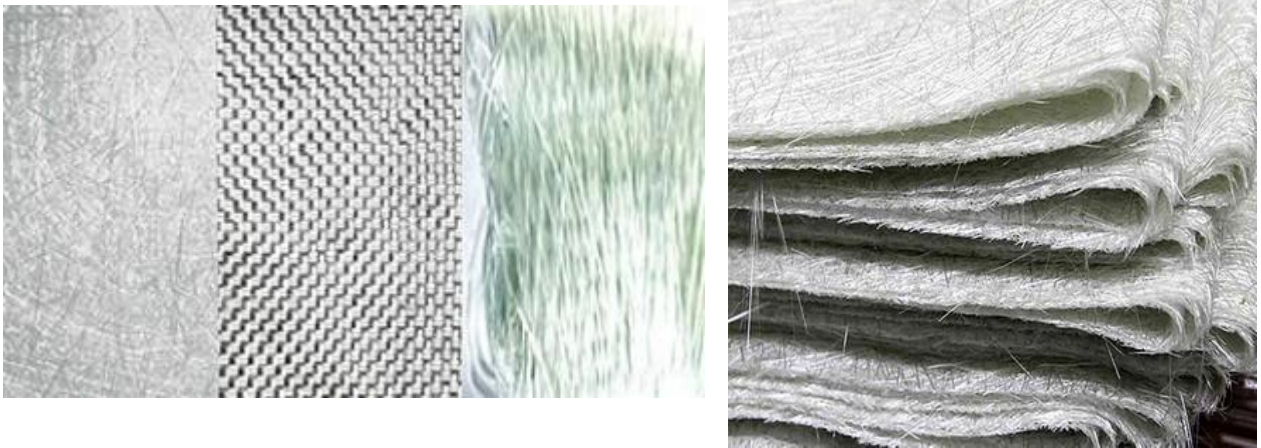
- ✓ Önemli bir cam elyaf türü de D-Tipi cam elyafıdır.
- ✓ Boron trioxide bileşimini yoğun olarak içerir.
- ✓ Boron trioxide cam ve emayeler için akıcı madde üretiminde, bor karbür gibi diğer bor bileşiklerinin sentezlenmesi için başlangıç materyali olarak ve ısı dayanımı ve termal şok dayanımı borosilikat camların üretiminde kullanılır
- ✓ Ayrıca boron trioxide'in en önemli kullanım alanlarından biride optik kablo yapımında kullanıma fiberlerin oluşturulmasında cam elyaf katkı maddesi olarak kullanılmasıdır.

2.9.3.4 Advantex

- ✓ 1976 yılında tanıtılmıştır.
- ✓ E-CR ismiyle de anılmaktadır.
- ✓ E camın bor içermeyen ikamesi olarak kullanılan alüminosilikat cam, güçlendirici özellikleri ile asit direnci gösteren bir cam türüdür.

2.9.3.5 S Camı Elyafı

- ✓ 1960' ların başlarında, Owens-Corning ve ABD Hava Kuvvetleri arasındaki ortak çalışmasıyla ilk yüksek mukavemetli cam elyafı olan S camı stratejik füzelerde ve diğer askeri ürünlerde kullanılmak üzere geliştirilmiştir.
- ✓ 1966-1968 yıllarında Owens-Corning S-2 cam adı ile ticari uygulamalar için piyasaya sürmüştür.
- ✓ S cam elyaflar, kompozit uygulamalarda, tekstil altlıklarında veya takviye malzemesi olarak üretilen magnezyum alümino-silikattır.
- ✓ Aşırı sıcaklık koşulları altında yüksek mukavemet ve elastisite modülü ile dayanıklılık gerektiren kompozit yapısal uygulamalarda kullanılan S camlar S-2 cam, U cam, T cam ve ZenTron isimleriyle piyasadan temin edilebilen ticari isimleri vardır. [24]



Şekil 2.15 S Cam elyaf

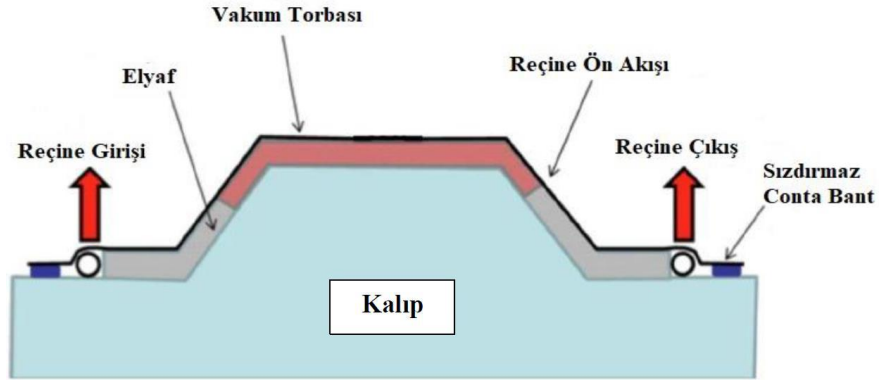
MALZEME VE YÖNTEM

Kompozit malzemeler en az iki ya da daha fazla farklı malzemenin birleştirilmesi ile meydana gelen mühendislik malzemelerdir. Kullanılan reçine türüne ve elyaf çeşit ve şekline bağlı olarak üretim yöntemleri değişmektedir. Üretim yöntemin belirlenmesinde parça sayısı ve geometrisi de önemli bir kriterdir. Bu bölümde S-cam elyaf takviye epoksi kompozit malzemelerin üretimi ve kanal açma işlemi deneysel çalışmaları açıklanacaktır.

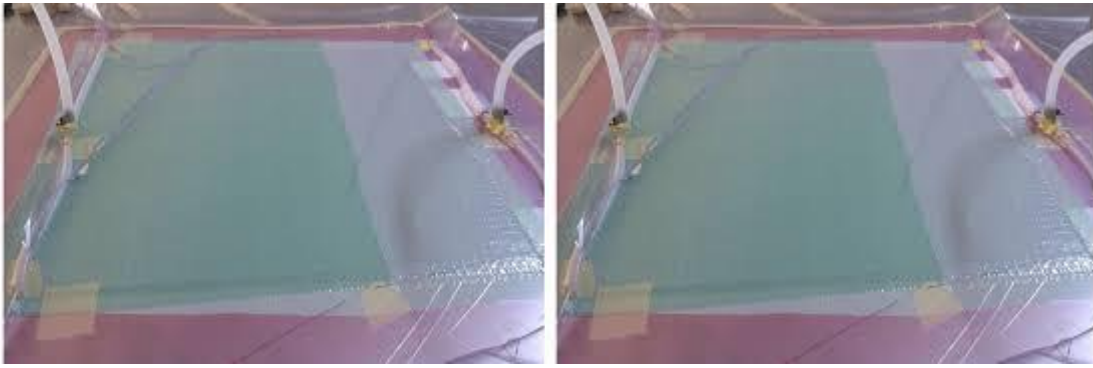
3.1 S Cam Elyaf Epoksi Kompozit Plakanın Üretilmesi

Takviye elamı olarak seçilen S cam elyaf kumaş Dost Kimya firmasından temin edilmiştir. Temin edilen kumaşın katalog bilgileri ağırlığı 190 g/m², kalınlığı 130 µm, çözgü/atki oranı 28,7/27,5 şeklindedir [25].

Sertleştirici olarak Hexion287 ve epoksi olarak da Hexion MGS L285 kullanılmış ve katalog bilgilerinden alınan öneri ile karışım 40/100 olarak uygulanmıştır. Üretim yöntemi olarak vakum destekli reçine transfer yöntemi (VARTM) kullanılarak, 8 tabakalı olarak ortalama kalınlıkları 1,79 mm olan kompozit plaka üretilmiştir. Vakum destekli reçine transfer kalıplama yönteminde fiberler kalıp üzerine yerleştirilerek vakum naylonu ve bantlarla hava ortamından izole edilir. Sistem içerisindeki hava uygun yerlere yerleştirilen akış hortumları ve vakum pompasıyla boşaltılır. Reçine vakum hattının diğer ucundan vakum altındaki sistemin içine emdirilir. Fiberler tamamen ıslanıncaya kadar vakum işlemine devam edilir. Son olarak oda şartlarında ya da ısı altında kütleme sağlanarak kompozitin üretimi tamamlanmış olur [25]. Vakum destekli reçine transfer yöntemi (VARTM) kullanılarak 8 tabaka olarak üretilen kompozit plakanın kalınlığı yaklaşık 1,79 mm'dir. Plakaya oda sıcaklığında 24 saat ön kütleme yapılmış daha sonra 80 °C sıcaklıkta post-kütleme yapılmıştır. **Şekil 3.1'** da VARTM yöntemi şematik olarak gösterilmiştir. **Şekil 3.2'**da ise kompozit malzemenin üretimi verilmiştir.



Şekil 3.1 Vakum destekli reçine transfer yöntemi [26]



Şekil 3.2 Vakum destekli reçine transfer yöntemi ile kompozit plaka üretimi

Vakum destekli reçine transfer yönteminin bazı avantajları v dezavantajları vardır.

Avantaj:

- ✓ Tek taraflı bir kalıba ihtiyaç vardır.
- ✓ Kalıbın yüksek mukavemetli bir malzemedan yapılmasına gerek yoktur.
- ✓ Büyük parçalar bu yöntem ile üretilebilir.
- ✓ El yatırma yönteminde kullanılan kalıplar bu yöntem için modifiye edilerek kullanılabilir.
- ✓ Temiz imalat, vakum naylonuyla üzeri kapatılmış olan elyaf katlarına reçine ilavesi naylonun altından boru yardımı ile yapıldığından, ürün yüzeyine ve çevreye reçine

genel bulaşması gerçekleşmez, reçinenin ve tepkime sonucunda ürün yüzeyinde oluşan gazların da etrafa yayılması engellenir.

- ✓ Tutarlı reçine kullanımı, infüzyon yönteminde harcanan reçine miktarı, aynı şartlar altında üretilen her üründe için aynıdır.

Dezavantaj:

- ✓ Diğer basit yöntemlere göre kullanılan ekipman sayısı fazla olduğundan daha yüksek iş gücü gerektirir ve bu sebeple de maliyet artar.
- ✓ Düşük vizkoziteye düşük reçine kullanımı mekanik özellikleri olumsuz etkileyebilir.
- ✓ Reçine ile ıslanmamış bölgeler kalabilir; bu da pahalı atık malzeme demektir.
- ✓ Zaman alıcıdır.
- ✓ Orta ve az sayılı kompozit üretimine uygundur.

İlk olarak 1930 yılında sentezlenmiş ve birçok endüstriyel uygulamalar için kullanılmış olan epoksi reçine uygulama alanları; yapı malzemeleri, kaplamalar, kompozit malzemeler, havacılık, laminantlar ve yapıştırıcılar olarak bilinmektedir. Temizlenmesi oldukça kolay olan epoksi reçineler ile yapılan kaplamalar oldukça hijyenik olmakla birlikte anti bakteriyel özellik göstermektedir. Uygulandıkları alanda toz tutma yapmayan, bu yüzden toz tutmanın istenmediği her ortamda kaplama olarak kullanılabilen epoksiler uygulandıkları yüzeylere estetik görünüş, parlaklık ve koruma ihtiva eder. Şeffaf epoksi reçineler ayrıca sanat ve hobi alanlarında kullanılmaktadır. Epoksi reçineleri endüstriyel kaplamalar, elyaf takviyeli plastikler, kaymaz kaplamalar, sert köpükler, genel amaçlı yapıştırıcılar, elektrik izolatörleri, elektronik ve elektrikli bileşenler, müzik aletleri üretimi, uzay ve havacılık sanayisi, otomotiv sanayisi, sanat ve hobi alanlarında kullanılır [27].

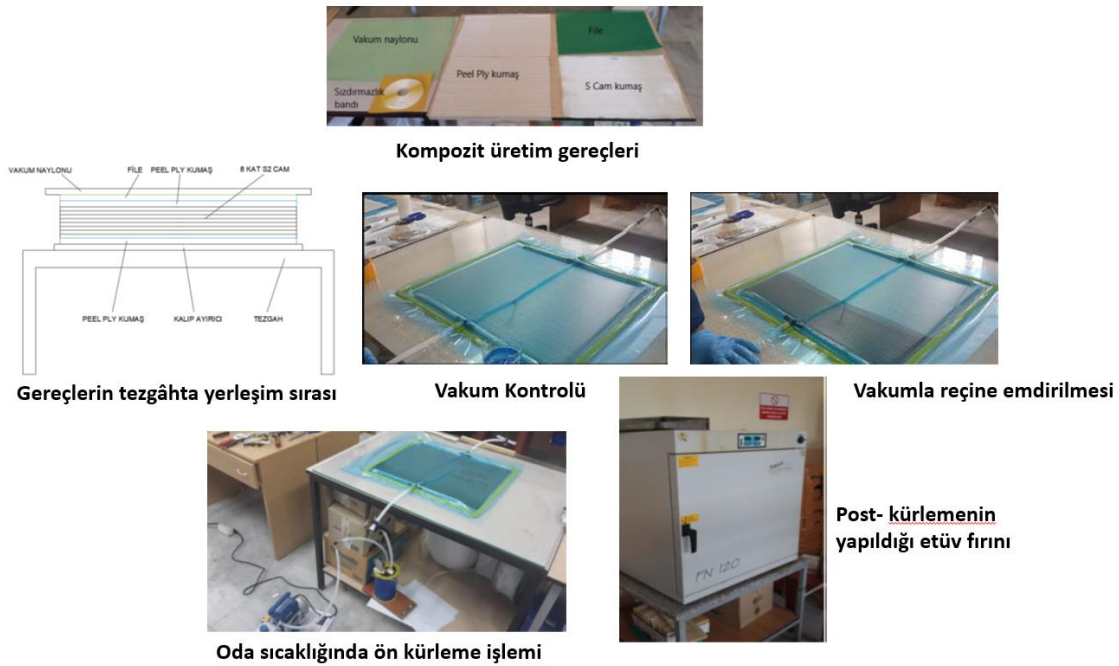
Kullanılan epoksi reçinenin üretici firma tarafından verilen özellikleri **Şekil 3.3**'da MGS L285 epoksinin genel özellikleri, karışım oranları, Laminasyon Reçinesi MGS L285 özellikleri ve sertleştirici özellikleri verilmiştir.

Sertifika	German Federal Aviation	Laminasyon Reçinesi L285 - Sertleştirici H285-H286-H287
Uygulama Alanı	Planör, motorlu planör, motorlu uçak, bot, gemi, spor aletleri, model uçaklar, kalıp ve genel uygulamalar	Ağırlıkça 100: 40+2/100: 40+2/100: 40+2
Çalışma Sıcaklığı	-60 °C / +50 °C ısı işlem uygulanmadan -60 °C / +80 °C ısı işlem uygulanarak	Hacimce 100: 50+2/100: 50+2/100: 50+2
Proses Sıcaklığı	+10 °C / +50 °C	Yoğunluk g/cm³ 1,18-1,23
Özellikleri	Çok üst düzey uyumluluk Çok iyi mekanik ve ısı özellikler 45 dak. dan 4 saate kadar çalışma süresi	Vizkosite mPas 600-900
Depolama	Açılmamış ambalajında 24ay	Epoksi eşdeğeri gr/eşdeğer 155-170
		Epoksi değeri eşdeğer/100gr 0,59-0,65
		Refraktör indeksi 1,525-1,530

	H285	H286	H287
Yoğunluk (gr/ cm³)	0,94-0,97	0,94-0,97	0,93-0,96
Vizkosite (mPas)	50-100	60-100	80-120
Amin değeri (mgr KOH/gr)	480-550	450-500	450-500
Refraktör indeksi	1,5020-1,5500	1,4995-1,5100	1,4950-1,4990

Tablo 3.1 Kullanılan reçine ve sertleştiricinin özellikleri

S cam elyaf takviyeli epoksi kompozit levhanın üretim aşamaları **Şekil 3.4**'da verilmiştir.



Şekil 3.3 Deney numunesi üretim aşamaları

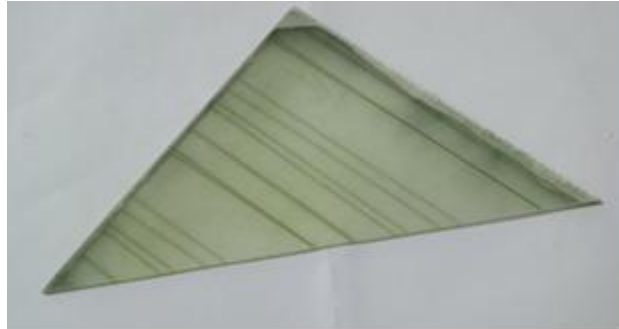
3.2 Kanal Açma Deneyleri

S cam elyaf takviyeli polimer kompozit malzemenin işlenebilirlik özelliklerinin belirlenmesinde 6 mm çapında Karcan cutting tools marka parmak freze kullanılarak farklı kesme parametreleri ile kanal açma deneyleri Simav Teknoloji Fakültesi' de bulunan maksimum 18000 devre sahip Skilled 2040 CNC takım tezgahında kuru ortamda gerçekleştirilmiştir. **Şekil 3.5**'da kullanılan takım tezgahı ve bağlama düzeni verilmiştir.



Şekil 3.4 CNC takım tezgahı ve bağlama düzeni

Kanal açma işlemleri için farklı kesme parametreleri kullanılarak deney numunesinin atkı, çözgü ve 45° açılı yönlerinde yapılmıştır. Deney numunesi **Şekil 3.6**'da ve deneysel tasarım **Şekil 3.7**'da verilmiştir.

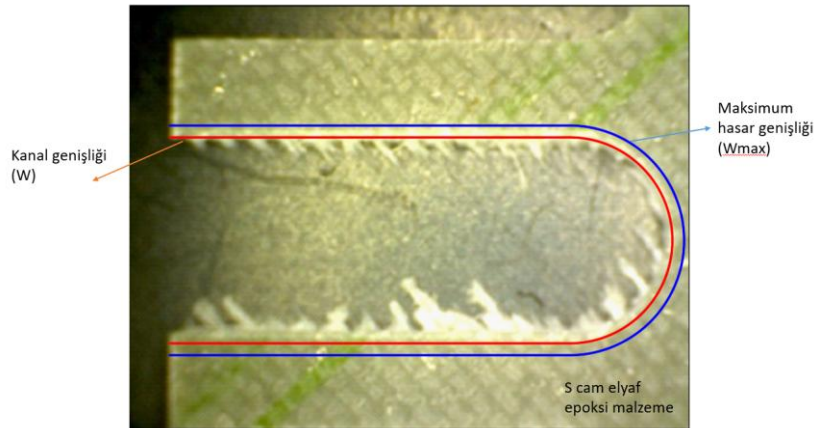


Şekil 3.5 Deney Numunesi

Devir Sayısı (Dev/dk)	Kesme Hızı (mm/dk)	Yön (Atkı yönü)	Yön (Çözü yönü)	Yön
1000	100	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
1000	300	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
1000	500	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
5000	100	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
5000	300	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
5000	500	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
10000	100	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
10000	300	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece
10000	500	Warp (x yönü)	Weft (y yönü)	45 derece

Tablo 3.2 Deney tasarımı

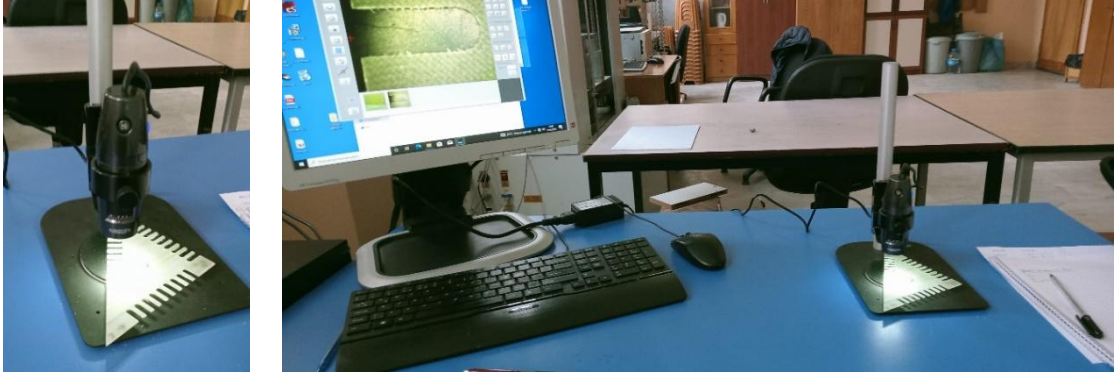
Deney tasarımına uygun olarak kanallar tek seferde açılmıştır. Kanal açma işlemi sonucunda kompozit plakanın alt ve üst yüzeylerinde deformasyonlar meydana gelmiştir. Kompozit malzemelerin delinmelerinde meydana gelen yüzey hasarlarını belirlemek için kullanılan eşitliğe benzer şekilde kanal açma işlemi sonucunda oluşan hasar tespit edilebilir. **Şekil 3.7**'de deformasyonun nasıl bulunduğu gösterilmiştir. Deney numunesinin giriş ve çıkış yüzeylerinde meydana gelen deformasyonun tespit edilmesi için **Şekil 3.8**'de verilen Insize ISMP-PM 200SD marka optik mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 3.6 Kanal etrafında oluşan deformasyonun belirlenmesi

Kanal etrafında oluşan hasarın belirlenmesi için deformasyon faktörünün bulunmasında Eřitlik 1 kullanılmıştır. Burada F_D : Deformasyon faktörü, W_{max} : maksimum hasar genişliği ve W kanal genişliğidir.

$$F_D = \frac{W_{max}}{W} \quad (1)$$



şekil 3.7 İnsıza ISMP-PM 200SD optik mikroskop

Kesici takım olarak Karcan Cutting Tools firmasına ait 6 mm çapında 4 kesme kenarlı HSS parmak freze kullanılmıştır. şekil 3.10’da kesici takım görünümü verilmiştir.



şekil 3.8.Kesici takım

BULGULAR VE TARTIŞMA

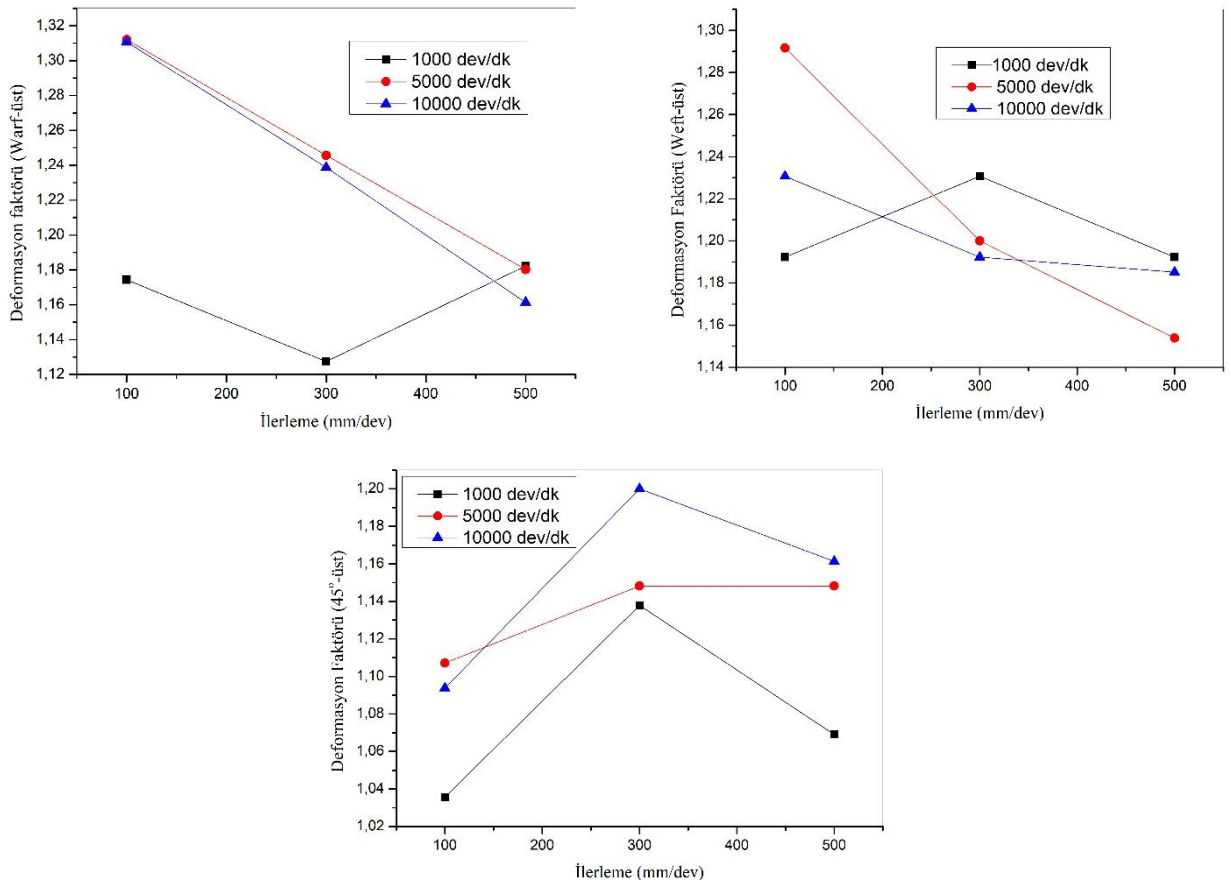
S cam elyaf takviyeli epoksi polimer kompozit numune üzerinde atkı, çözgü ve 45° yönlerinde açılan kanallar sonrası yüzeylerde meydana gelen hasarlar tespit edilmiştir. Bulunan tüm sonuçlar **Tablo 4.1**'da verilmiştir.

Deney No	Devir Sayısı (dev/dk)	İlerleme (mm/dev)	Deformasyon Faktörü (üst)			Deformasyon Faktörü (alt)		
			Warf	Weft	45°	Warf	Weft	45°
1	1000	100	1.1743421	1.19230769	1.0357142	1.1588785	1.1153846	1.1111111
2	1000	300	1.1273885	1.2307692	1.1379310	1.1932203	1.1111111	1.1538461
3	1000	500	1.182192	1.1923076	1.0689655	1.1174496	1.1153846	1.1111111
4	5000	100	1.3120567	1.2916666	1.1071428	1.1331269	1.1111111	1.0740740
5	5000	300	1.2457218	1.2	1.1481481	1.1808873	1.1538461	1.1153846
6	5000	500	1.1802721	1.1538461	1.1481481	1.1725239	1.1538461	1.0769230
7	10000	100	1.3107142	1.2307692	1.09375	1.1849315	1.2	1.1111111
8	10000	300	1.2387543	1.1923076	1.2	1.1887417	1.1153846	1.1481481
9	10000	500	1.1612903	1.1851851	1.1612903	1.2245134	1.1111111	1.16

Tablo 4.1 Ölçülen Deformasyon Faktörleri

Tüm yönler için yapılan deneyler sonucunda numunenin üst yüzeyinde meydana gelen ve hesaplanan deformasyon faktörleri Şekil 3.11'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde tüm yönler için kesme parametrelerinin etkisi için yüksek tutarlılık elde edilememiş olmakla birlikte anlaşılır sonuçlar elde edilmiştir. Benzer sonuçlar alt kısımda oluşan deformasyonlar içinde geçerlidir. Genel olarak devir sayısının ve ilerlemenin düşük olduğu deneylerde deformasyonun daha az olduğu gözlemlenmiştir. Üst kısımda warf yönünde en düşük deformasyon 1000 dev/dk ve 300 mm/dev ilerleme parametrelerinde 1,182192 deformasyon

faktörü ile elde edilmiştir. Weft yönünde ise en düşük deformasyon faktörü 5000 dev/dk ve 500 mm/dev parametrelerinde elde edilmiştir. 45° yönünde yapılan diğerlerine göre daha farklı olarak en az deformasyonların oluşmasına yol açmıştır. Devir sayısının ve ilerlemenin en düşük değerlerinde en az deformasyon meydana gelmiş ve 1.0357142 deformasyon faktörü hesaplanmıştır. Tüm sonuçlar açısından üst yüzeyde meydana gelen deformasyonlar için en iyi sonuçların 45° yönünde elde edildiği, weft yönünün warf yönüne göre daha az deformasyona yol açtığı söylenebilir.

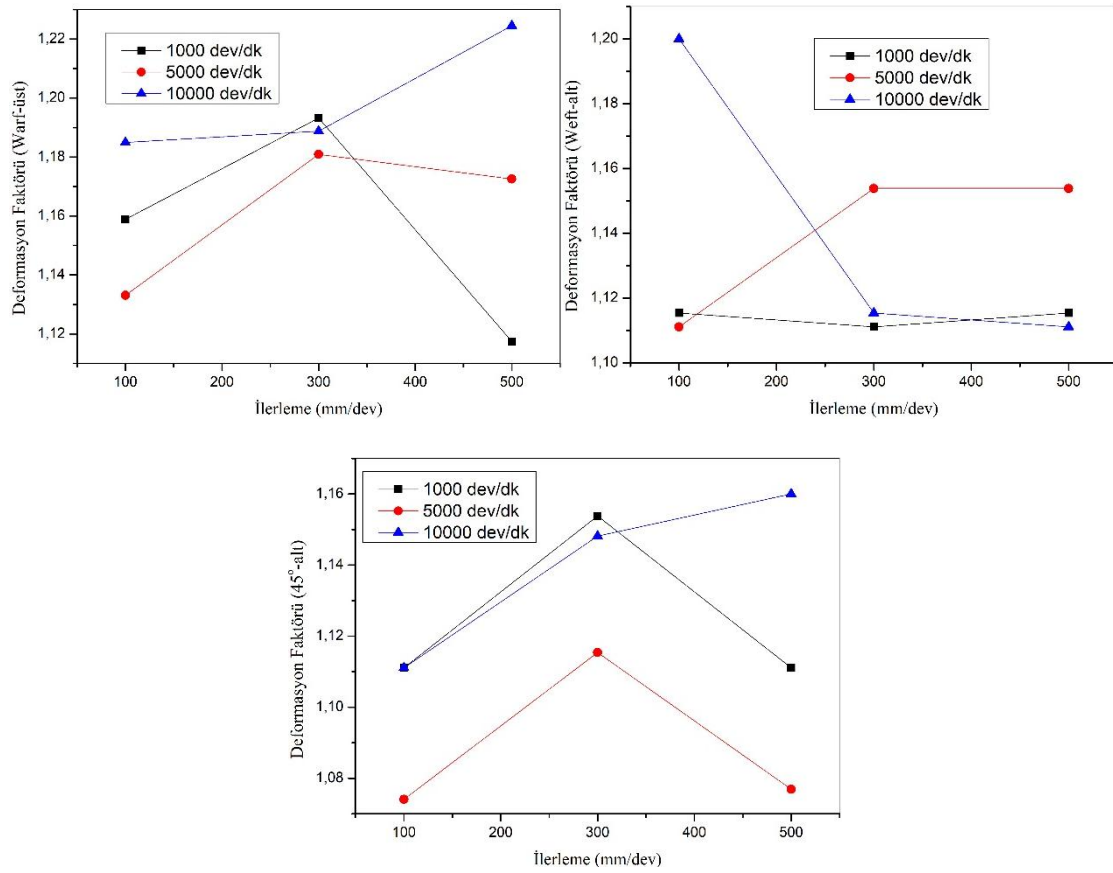


Tablo 4.2 Tüm yönler için üst yüzeyde hesaplanan deformasyon faktörleri

Tüm yönler için açılan kanalların alt yüzeylerinde meydana gelen ve hesaplanan deformasyon faktörleri Şekil 3.12’de verilmiştir. Şekil incelendiği zaman görüleceği üzere kompozit malzemenin anizotropik yapısından kaynaklandığı düşünülen nelerle yüksek tutarlılıkta sonuçlar alınamamış olmakla birlikte 5000 dev/dk kesme hızının tüm yönlerde daha az deformasyona yol açtığı söylenebilir. Yine benzer şekilde düşük ilerleme hızı ile tüm

yönler için daha az deformasyon faktörleri hesaplanmıştır. Alt yüzeyde de üst yüzeye benzer olarak 45° yönünde açılan kanallarda alt yüzeyde oluşan deformasyon daha az olmuş, 5000 dev/dk devir sayısı ve 100 mm/dev ilerleme ile en az deformasyon faktörü 1,0740740 olarak hesaplanmıştır. Üst yüzeye benzer olarak weft yönünde hesaplanan deformasyon faktörleri weft yönüne göre daha az olmuştur.

Yıldırım F. Ve ark. tarafından yapılan ve 3 boyutlu cam elyaf malzemeler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada bulunan sonuçlar tutarlık göstermekle birlikte bu çalışmada yapılan 45° yönünde deneyler o çalışmada yoktur. (28)



Tablo 4.3 Tüm yönler için üst yüzeyde hesaplanan deformasyon faktörleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında vakum infuzyon yöntemi ile epoksi reçine kullanarak 8 kat olarak tabakalı polimer kompozit malzeme üretilmiş ve daha sonra işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması için kanal açma deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- ✓ S cam elyaf kompozit malzemeler üzerinde kanal açma işlemleri farklı yönlerde yapılmış ve 45° yönünde açılan kanallar için üst ve alt yüzeyde daha az deformasyon faktörü hesaplanmıştır.
- ✓ Weft yönü warp yönüne göre deformasyon olumunu azaltmaktadır.
- ✓ En az deformasyon faktörü üst yüzeyde 45° yönünde, 1000 dev/dk devir sayısı ve 100 mm/dev ilerleme hızı ile elde edilmiştir.
- ✓ Alt yüzeyde en aza deformasyon faktörü yine aynı yönde 5000 dev/dk devir sayısı ve 100 mm/dev ilerleme ile elde edilmiştir.

S cam elyaf epoksi kompozit malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinin daha detaylı araştırılması için farklı kesme parametreleri ve kesici takım malzemeleri ve geometrileri kullanılarak deneyler yapılması ve kesme kuvvetlerinin ölçülmesi önerilmektedir.

- [1] <http://kompozithayalleri.com/kompozit-malzemeler-ve-kisa-tarihi>
- [2] Kaya, Zafer “S-CAM/EPOKSİ TABAKALI KOMPOZİTLERİN FARKLI SICAKLIKLAR VE DEFORMASYON HIZLARINDAKİ STATİK VE KIRILMA DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİ” Mart 2021 Uşak
- [3] <https://kompozitkimya.com.tr/kompozit-nedir/>
- [4] <https://malzemebilimi.net/kompozit-malzemenin-kullanim-alanlari.html>
- [5] elektrikde.com/kompozit-malzeme-nedir-kullanimi-ve-ornekleri
- [6] <https://kompozitkimya.com.tr/kompozit-nedir/>
- [7] <https://tolgakaranfil.webnode.com.tr/products/kompozit-malzemelerin-avantaj-ve-dezavantajlari/>
- [8] <https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/kompozitmalzemelersunu1giris.pdf>
- [9] <https://insapedia.com/kompozit-nedir-kompozit-malzemeler-ve-ozellikleri/>
- [10] <https://www.turkchem.net/kompozit-malzemelerin-birlestirilmesi.html>
- [11] <https://tr.pinterest.com/pin/669629038325335937/>
- [12] <https://insapedia.com/kompozit-nedir-kompozit-malzemeler-ve-ozellikleri/>
- [13] <https://firdavat.net/termoplastik-ile-termoset-arasindaki-temel-farklar-nelerdir/>
- [14] <https://www.fafvana.com.tr/elostomer-ve-termoplastikler/>
- [15] <https://insapedia.com/kompozit-nedir-kompozit-malzemeler-ve-ozellikleri/>
- [16] <https://blog.tekyaz.com/kompozit-malzemelerin-genel-ozellikleri-ve-kullanimi/>
- [17] https://www.boatbuilderturkiye.com/yayin/296/kompozit-uretiminde-vakum-infuzyon-yontemi_9113.html#.YjY_EO
- [18] <http://sirpolimer.com.tr/haber-ve-yayin/polimer-nedir>
- [19] <https://www.elektrikde.com/termoplastik-nedir-nerelerde-kullanilir/>
- [20] <https://firdavat.net/termoplastik-ile-termoset-arasindaki-temel-farklar-nelerdir/>

- [21] <https://www.fafvana.com.tr/elostomer-ve-termoplastikler/>
- [22] <https://malzemebilimi.net/polimer-nedir-polimer-cesitleri-nelerdir.html>
- [23] <https://malzemebilimi.net/cam-elyaf-nedir-nasil-uretilir.html>
- [24] <https://polser.com/tr/ctp/cam-elyaf>
- [25] Kaya,Zafer “S-CAM/EPOKSİ TABAKALI KOMPOZİTLERİN FARKLI SICAKLIKLAR VE Deformasyon Hızlarındaki Statik VE Kırılma Davranışlarının Belirlenmesi “ Doktor Tezi, Uşak Üniversitesi, 2021
- [26] Özdemir. Batuhan , “Polimer Matrisli Kompozit Malzeme İmalatı İçin Vakum Destekli Mekanizmaların Geliştirilmesi Ve Performanslarının İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2020
- [27] <https://kimyacibaba.com/epoksi-recine-nedir/>
- [28] F. YILDIRIM, M. KOYUNBAKAN, M.AYDIN, A.AVCI “ÜÇ BOYUTLU BOŞLUKLU POLİMER KOMPOZİTLERİN DELİNME VE FREZELENME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” 2-4 NOVEMBER 2017 8th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MACHINING

ÖZKAN SERTKAYA; 16.02.1992 Ankara’ da doğdu. İlköğrenimini Ahiller İlköğretim Okulu’nda, orta öğrenimini Eryaman Kooperatifler Birliği İlkokulda Okul’nda, liseyi Ufuk Arslan Anadolu Lisesi’ nde tamamladı. Daha sonra 2012 yılında Atılım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İmalat mühendisliğini kazandı.2018 yılında Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölüm’üne yatay geçiş yaptı. Halen bu bölümde son sınıf olarak öğrenimini sürdürmektedir.