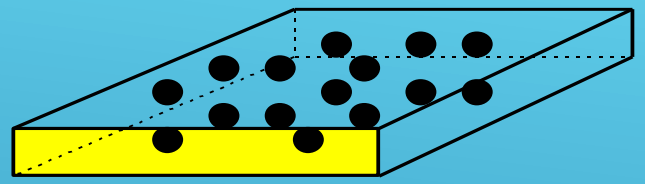
KOMPOZİT MALZEMELER VE YAPILAR

POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER

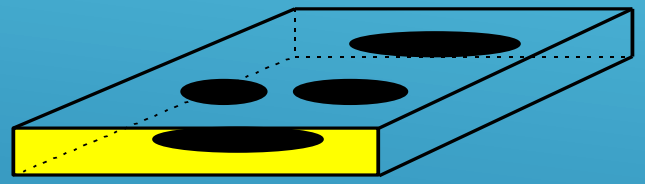
Doç. Dr. İbrahim Fadıl SOYKÖK

SINIFLANDIRMA



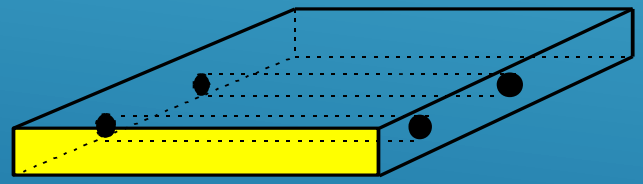
Particulate Composites

- BETON: Çakıl, kum ve çimento



Flake Composites

- TEZGAH: Boya ve alüminyum pullar



Fiber Composites

- GRAPHITE/EPOXY Epoksi matriste grafit lifler

POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER

- En yaygın kullanılan kompozitler nelerdir?
  - Graphite/Epoxy
  - Kevlar/Epoxy
  - Boron/Epoxy

POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER

- Polimer matrisli kompozitlerin dezavantajları nelerdir?
  - Düşük çalışma sıcaklıkları
  - Yüksek CTE ve CME'ler
  - Belirli yönlerde düşük elastik özellikler

KARBON VE GRAFİT AYNI MI?

- Hayır

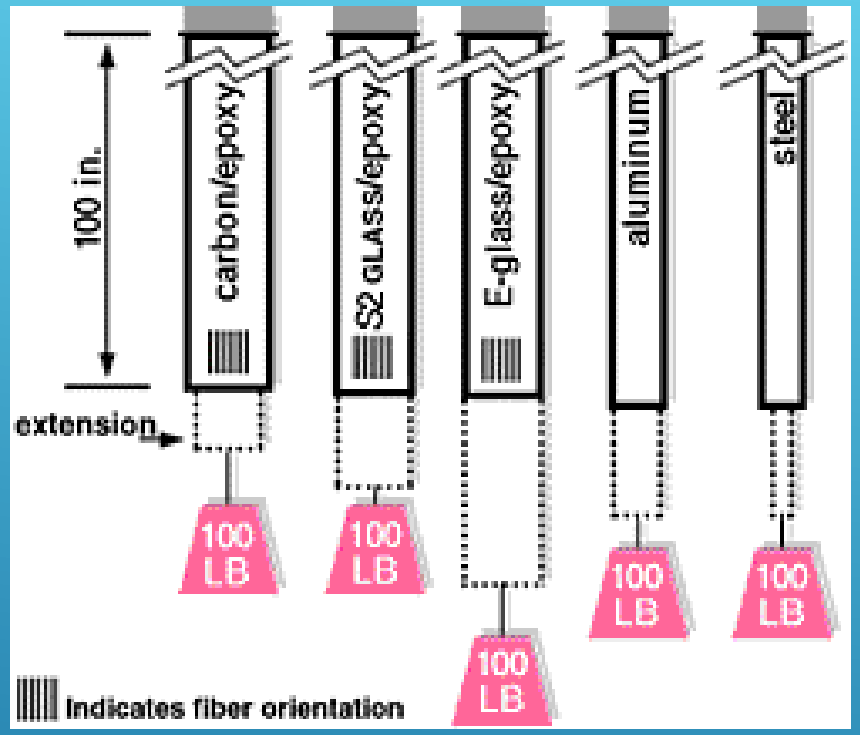
  - Karbon fiberler %93-95 karbon içeriğine sahiptir iken grafit >%99 karbon içeriğine sahiptir.

  - Karbon fiberler 1316 ° C'de üretilirken, grafit fiberler 1871 ° C'de üretilir.

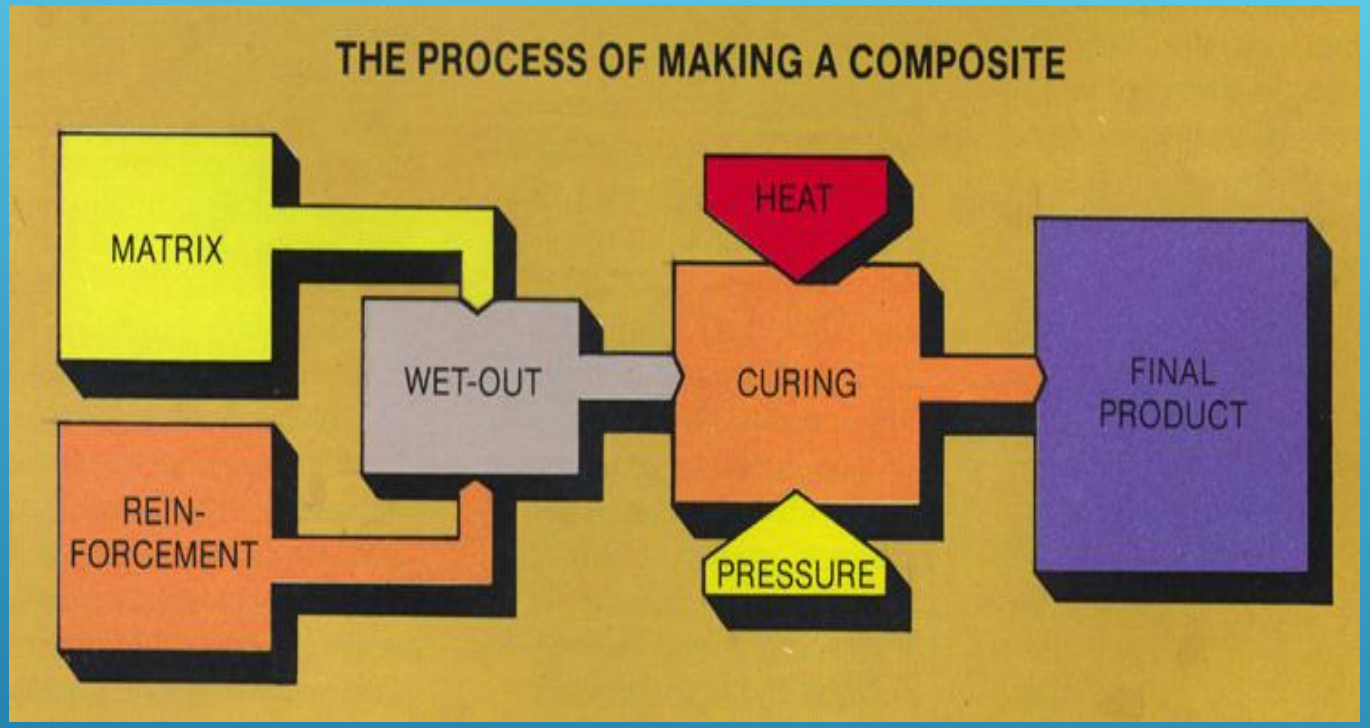
Property	Units	Graphite /Epoxy	Glass/ Epoxy	Steel	Aluminum
Specific Gravity	_____	1.6	1.8	7.8	2.6
Young's modulus	Msi	26.25	5.598	30.0	10.0
Ultimate Tensile Strength	Ksi	217.6	154.0	94.0	40.0
Coefficient of Thermal Expansion	μin/in/°F	0.01111	4.778	6.5	12.8

1 ksi (Kilopounds/Sq. Inch) = 6.89 Mpa (MegaPascal)
1 msi (Megapounds/Sq. Inch) = 6.89 GPa (GigaPascal)

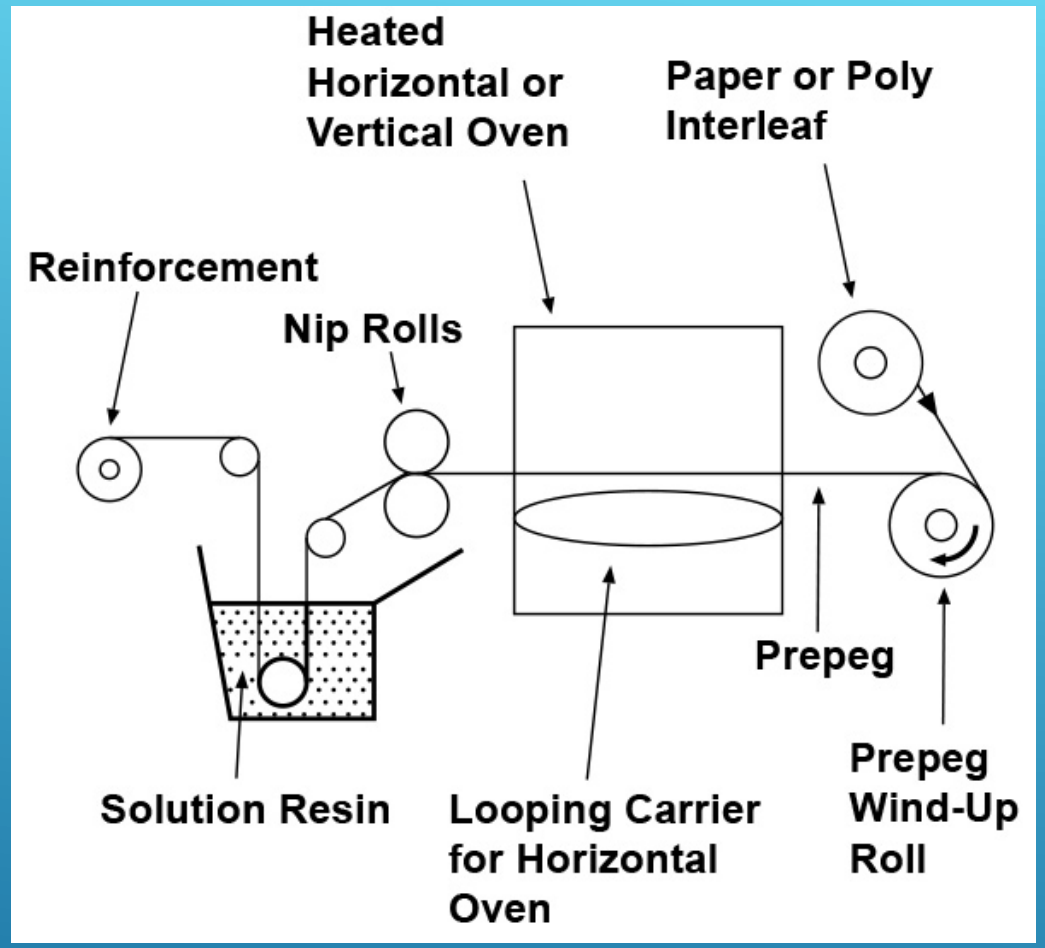
POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN VE MONOLİTİK MALZEMELERİN TİPİK MEKANİK ÖZELLİKLERİ



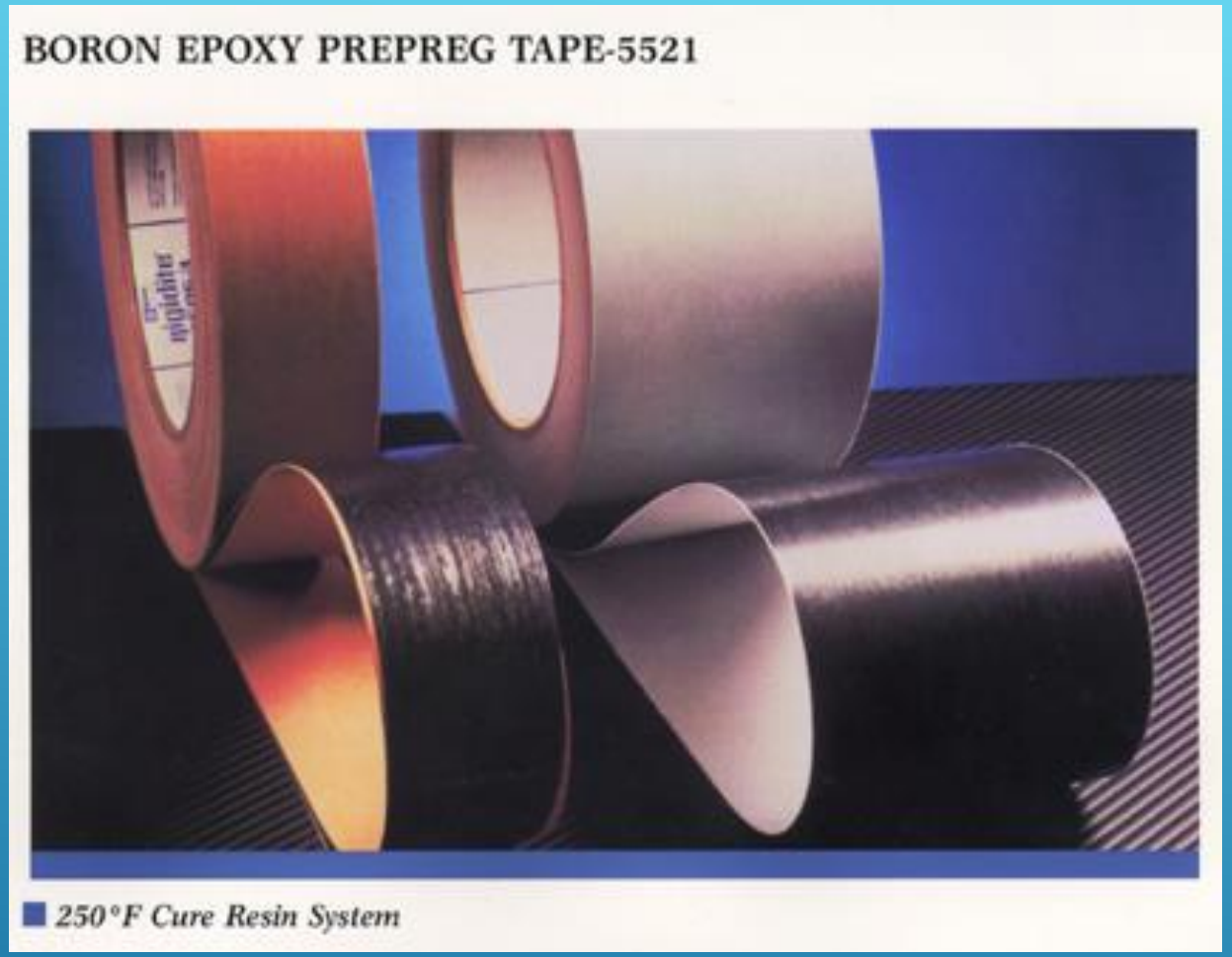
PMC'LERİN VE METALLERİN KARŞILAŞTIRMALI RİJİTLİKLERİ



PMC NASIL YAPILIR



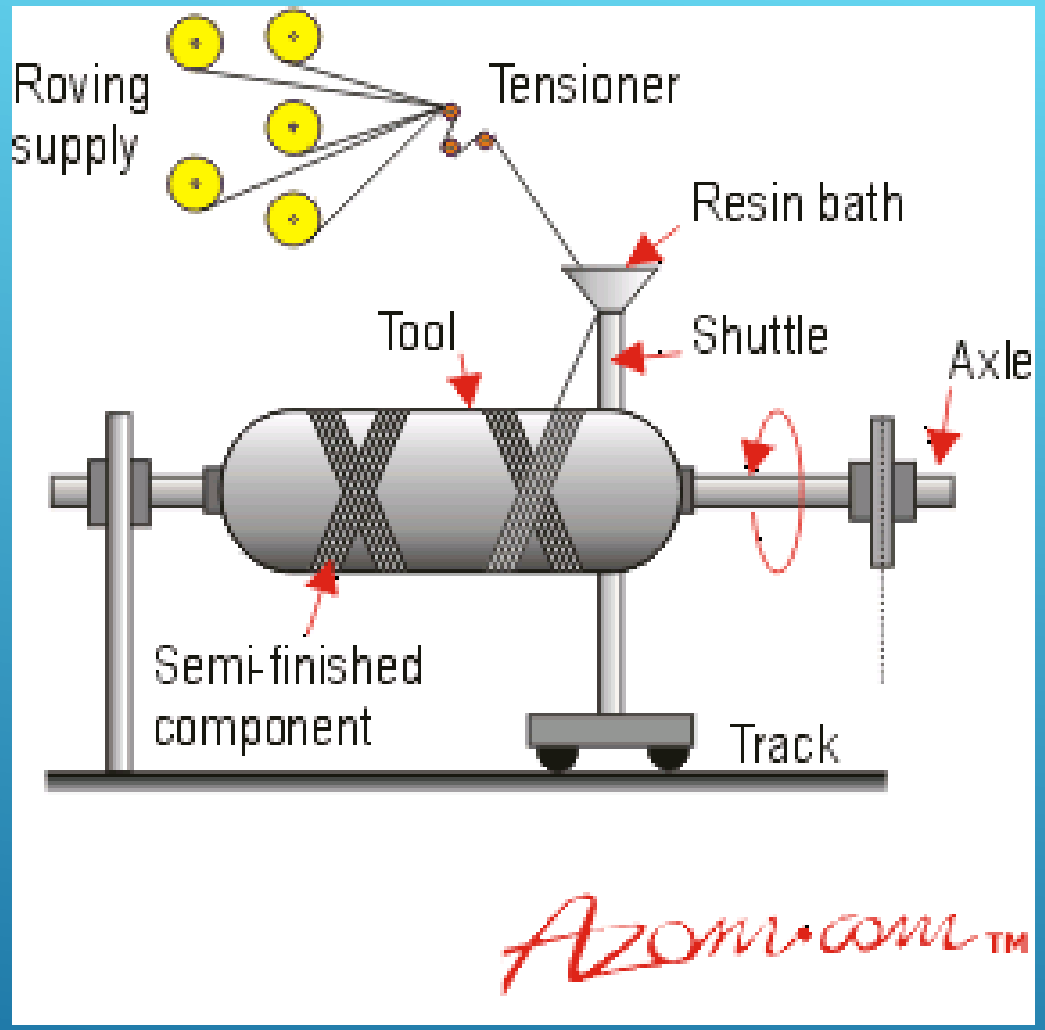
PREPREG İMALATININ ŞEMASI



PREPREG BORON/EPOXY

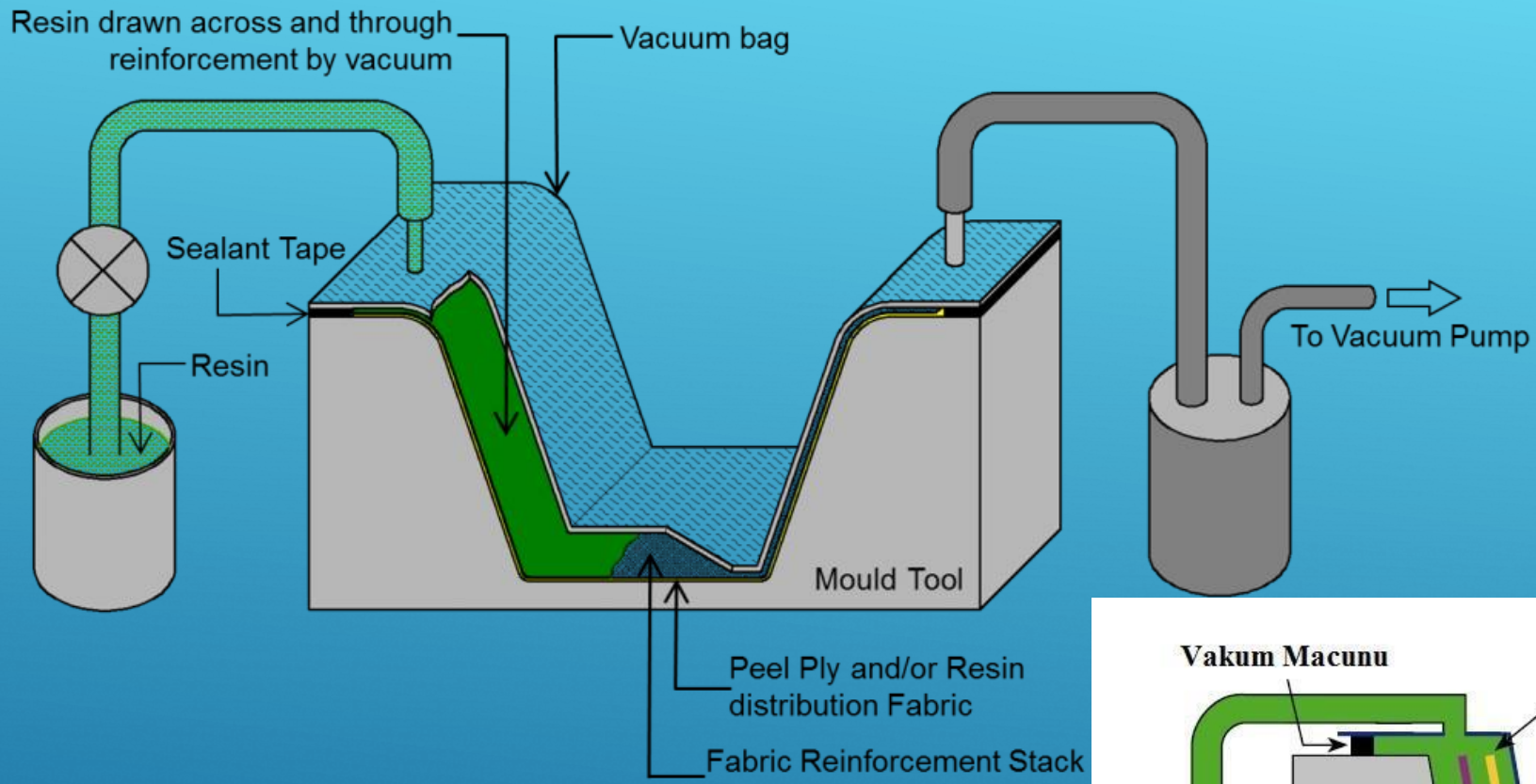


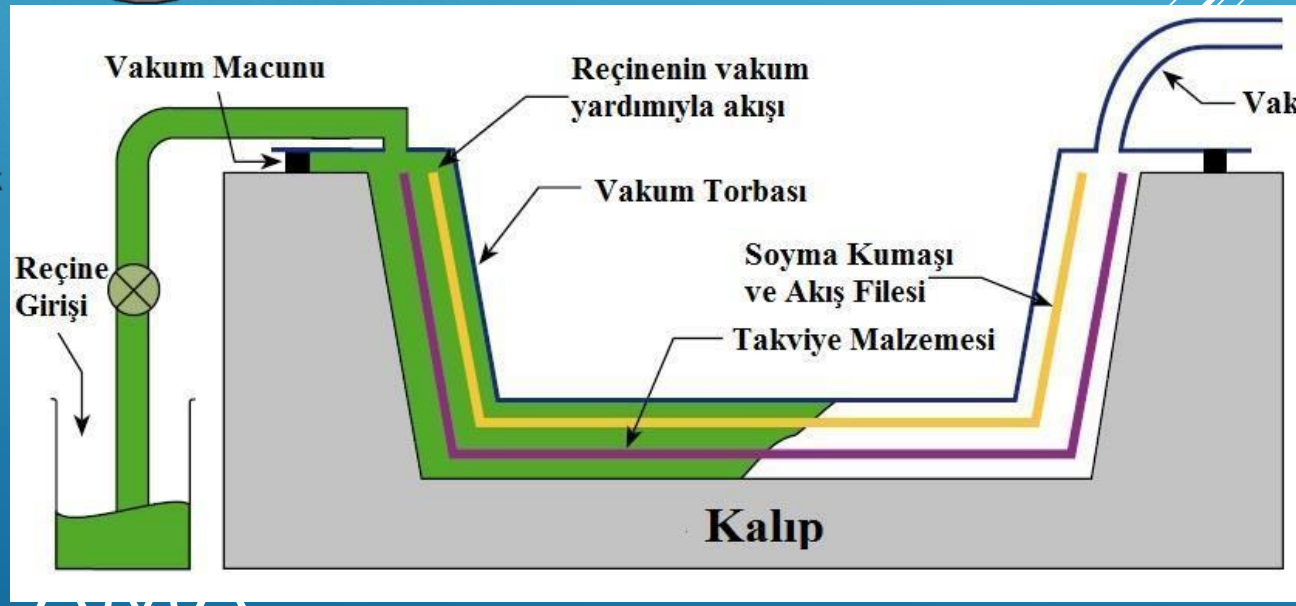
OTOKLAV LAMİNASYON





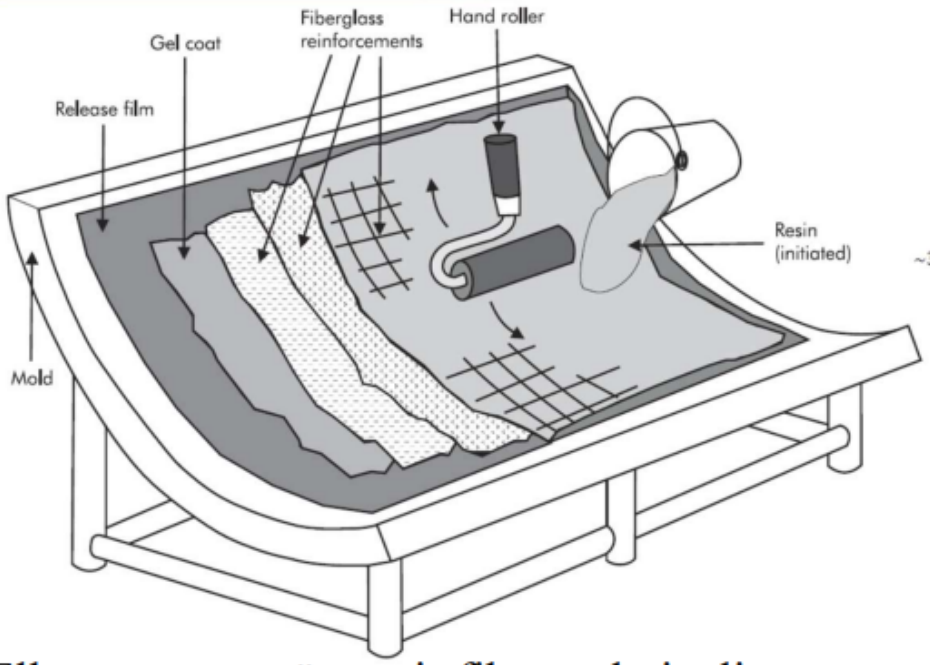
FILAMENT SARGISI

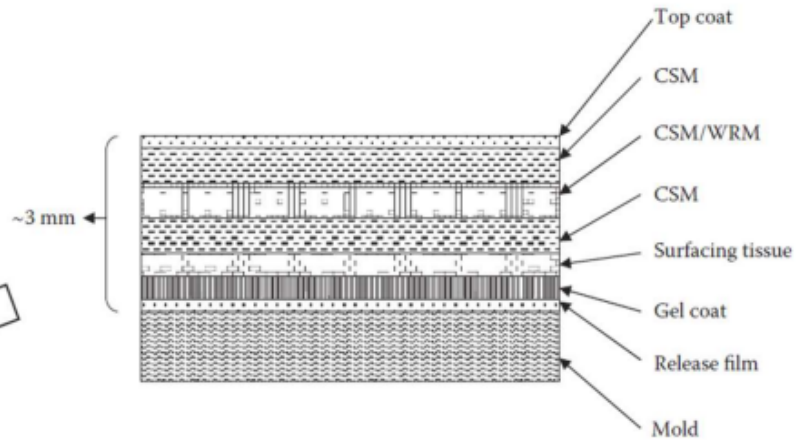




REÇİNE TRANSFER KALIPLAMA

Elle yatırma (hand lay-up) yöntemi





Elle yatırma yöntemi fiber takviyeli termoset kompozitleri bir kalıp içinde veya üzerinde el ile ya da elle kullanılan aletler ile üretmeye verilen addır. Parça üzerine yatırıldığı kalıbın şeklini aldığı için temas kalıplaması da denilmektedir.

Her tipte fiber takviyesi için kullanılabilse de genellikle cam fiber takviyeli kompozitlerin üretiminde kullanılır.

Oda sıcaklığının altında sıvı olan bütün termoset reçineler ile kullanılabilir. Polyesterler, epoksiler, bazı fenolikler, furanlar, silikonlar ve poliimidler bu koşulu sağlamaktadır.

Yalnızca kalıpla temas halinde olan yüzey pürüzsüz olarak üretilebilmektedir. Dolayısıyla pürüzsüz olması istenen yüzeye göre kalıp tasarlanmalıdır.

Elle yatırma (hand lay-up) yöntemi

Kalıplar

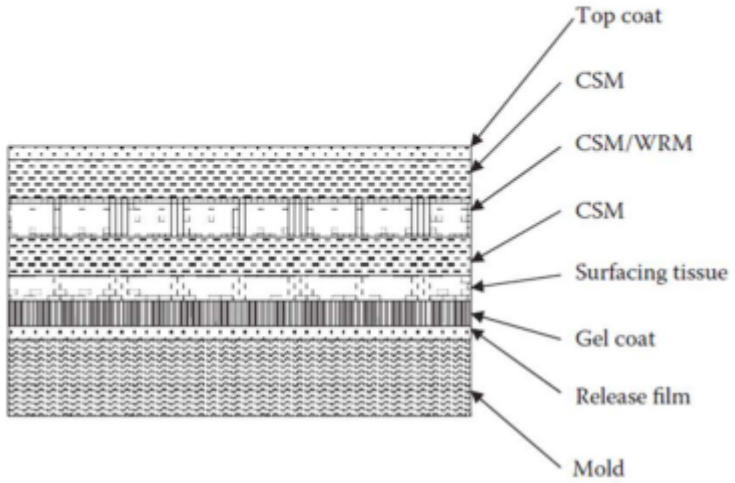
Alçı, ağaç, FRP ya da metal olabilir.

Kolaylıkla kırılabildiği için az sayıda üretim yapılacaksa alçı kalıplar tercih edilebilir.

Ağaç kalıplarda her işlem sonrası yüzey işlemi yapılmalıdır.

FRP ya da döküm ile üretilmiş epoksi kalıplar karmaşık şekilli parçaların üretimi için idealdir.

Eğer yüksek sıcaklık/basınç uygulamak gerekirse, metal kalıplar tercih edilmelidir.



Ayırıcı film/katman

Üretilen parçayı kalıptan kolayca ayırmak için kalıp ile parça arasına yerleştirilir. Düzgün yüzeyler ya da basit şekilli parçalar için ince bir polyester film (Mylar) kullanılabilir. Karmaşık parçalar için vaks ve polivinil alkol (PVA) kullanımı önerilmektedir. PVA suda çözünür ve %15 PVA içeren solüsyon sünger ile sürülerek uygulanır. Su buharlaştıktan sonra kalıp yüzeyi PVA ile kaplanmış olur.

Elle yatırma (hand lay-up) yöntemi

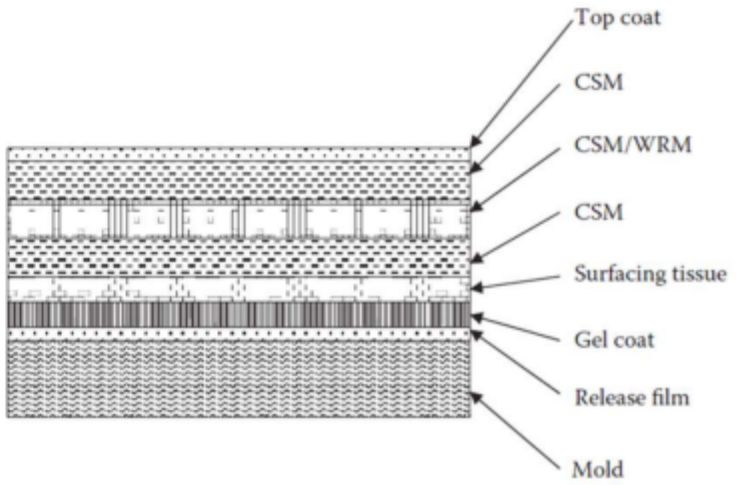
Jel kaplama

Yaklaşık 0.5 mm kalınlığında reçine katmanıdır. İyi yüzey özellikleri sağlar. Jel kaplama:

i. Renk, parlaklık ve/veya desen gibi yüzey özellikleri için,

ii. Fiber katmanını perdelemek için,

iii. Reçine oranı yüksek bir katman olması nedeniyle fiberleri su ve kimyasallarla etkileşimden korur.



Jel kaplamanın kalınlığını iyi kontrol etmek önemlidir. Eğer jel kaplama ince ise, fiberler görünebilir, eğer çok kalın ise gizli çatlak oluşabilir.

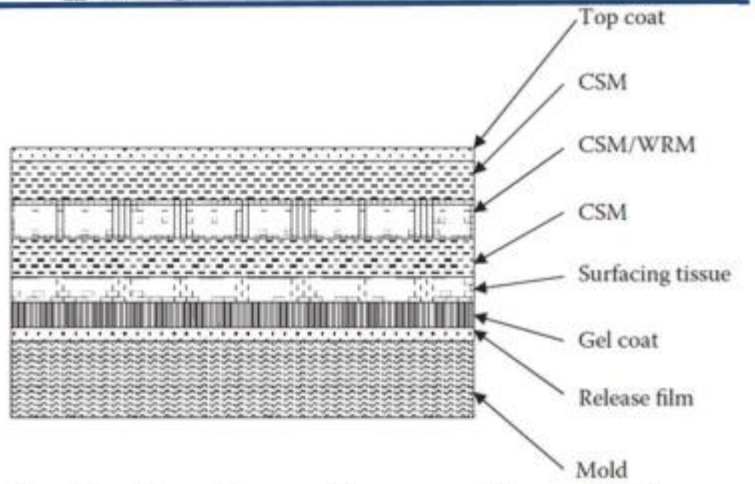
Yüzey keçe katmanı

Eğer kimyasal direnç vb ekstra özellik sağlamak için kalın reçine katmanı gerekiyorsa, jel kaplamadan sonra yüzey keçe katmanı uygulanır. Bu katmanda, çok ince fiberler keçe içerisinde bağlanmıştır. Keçe, reçinece zengin katmana çatlak direnci ve darbe dayanımı kazandırır.

Elle yatırma (hand lay-up) yöntemi

Katmanlar

Reçine ile ıslatılmış fiberlerin oluşturduğu ve parçaya gerekli kalınlığı veren parçalara katman (lamine) adı verilir. Genellikle kısa kesilmiş cam keçe (CSM) fiberler kullanılır. Bu katmanlar arasında tekstil şeklinde örülmüş fiber katmanları dayanımı arttırmak amacıyla yerleştirilebilir.



Laminenin ilk katmanı her zaman CSM'dir ve aşağıda belirtilen koşulları sağlamalıdır:

i. Fiberler homojen olarak dağılmalıdır ve kalıp yüzeyindeki girintilere tam olarak yerleşebilmelidir.
ii. Yatırma işlemi sırasında fiberler zarar görmemelidir.
iii. Fiber-reçine oranı bu aşamada hassasiyetle ayarlanmalıdır.

Bu katman uygulandıktan sonra, hava kabarcığı oluşmamasına dikkat edilerek hazırlanmış reçine yüzeye dökülür ve bir rulo yardımıyla yüzey kaplanır. Bu aşamada fiber-reçine oranının parçanın her yerinde aynı olmasına özen gösterilmelidir. Diğer katmanlar da benzeri şekilde yerleştirilebilir ancak pratikte 4 katmandan fazla olursa kürleme sırasındaki ekzotermik reaksiyonlar sonucu açığa çıkan ısının jel kaplamada çatlaklara yol açabileceği, katmanları ayrıştırabileceği ya da renk değişimlerine neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Elle yatırma (hand lay-up) yöntemi

Avantajları

Basitliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pahalı ekipmanlara ihtiyaç duyulmamaktadır.

Pratik olarak ürün boyutunda herhangi bir limit yoktur. Bütün şekilleri üretmek mümkündür.

Depoları, kanalları, tekneleri üretmekte ve büyük yapıları tamir etmekte yaygın olarak kullanılmaktadır.

Limitleri

Emek yoğun bir işlemdir ve ürünlerin kalitesi üretimi yapan kişinin yeteneklerine bağlıdır.

Her iki yüzeyi de düzgün yüzeyler üretmekte kullanılamaz.

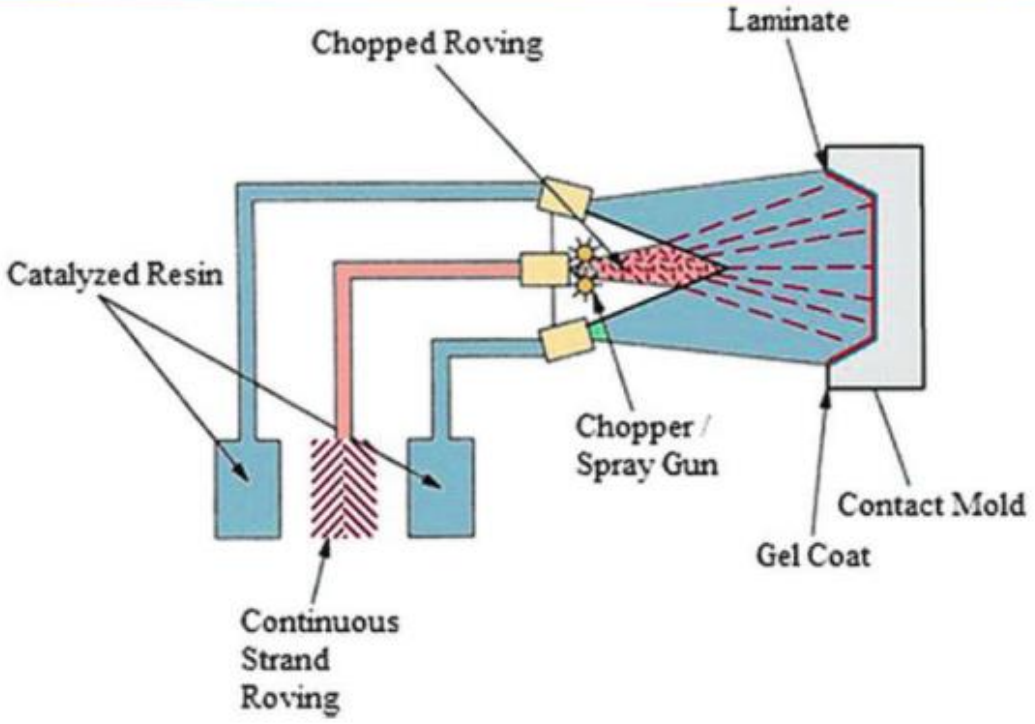
Küçük parçaların yüksek sayıda üretilmesi için basınçlı kalıplama gibi yöntemlerle rekabet edemez.

Kalınlık kontrolü hassas değildir.

Fiber-reçine oranını ayarlamak oldukça zordur.



Püskürtme yöntemi



Elle yatırma yönteminin kısmen makineleşmiş halidir.
Kesilmiş fiberlerin ve reçinelerin açık kalıba aynı ayna uygulandığı bu yöntemde elle yatırma yöntemine göre daha karmaşık şekiller üretmek mümkündür.
Püskürtme yapıldıktan sonra hava kabarcıklarını gidermek ve fiberleri sıkılaştırmak amacı ile rulo kullanılarak manuel olarak işlem yapılır.

Bu yöntemde de nihai ürün özellikleri üreten kişinin yeteneklerine bağlıdır. Katman kompozisyonu ve kalınlığı fiber-reçine oranına göre değişmektedir. Maksimum %35 fiber içeren kompozit yapılar üretilebilmektedir.

Elle yatırma yönteminin büyük/karmaşık şekillerde düşük maliyetle üretim gibi avantajlarına ek olarak, püskürtme yönteminin bir avantajı da makineleşme sayesinde işçi maliyetlerinin düşmesi ve işçilerin polyester reçinede yer alan zehirli stiren gazından daha iyi korunmasıdır.

YAYGIN PMC ELYAFLARI VE MATRİSLERİ

- Elyaflar
  - Grafit, Karbon
  - Cam
  - Kevlar
- Matrisler
  - Epoksi
  - Fenolik reçine
  - Polyester



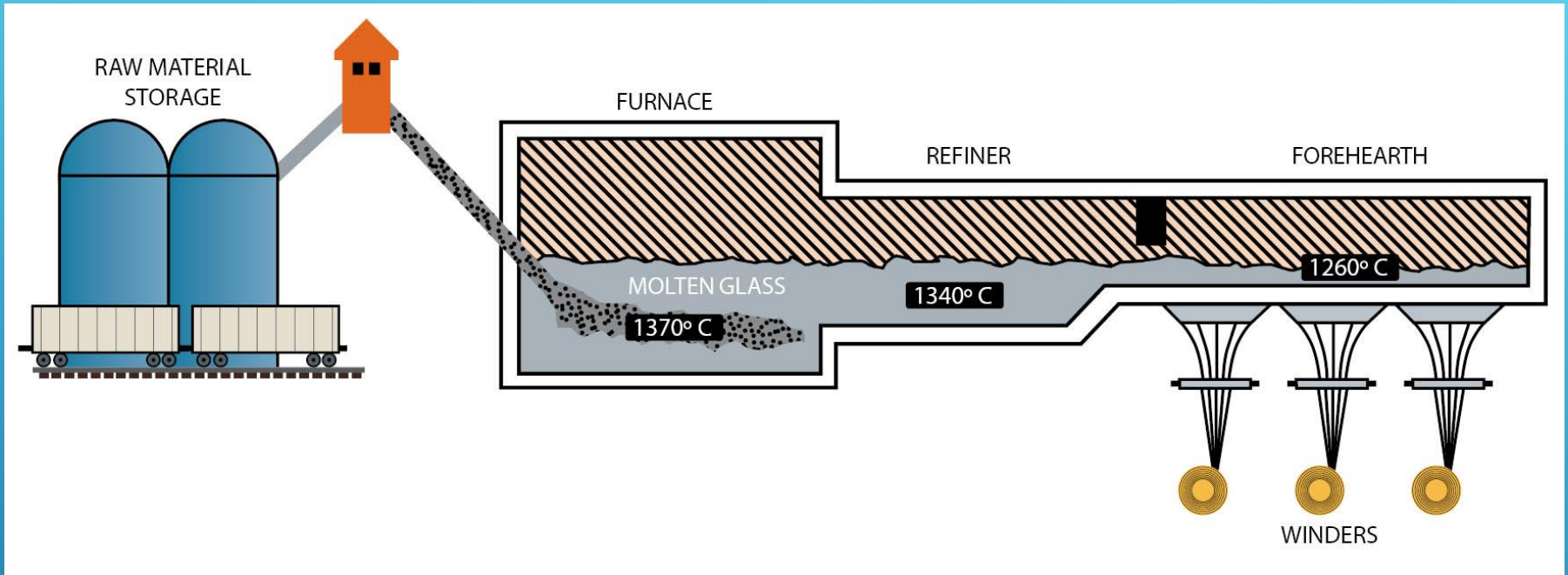
Property	Units	Graphite	Aramid	Glass	Steel	Aluminum
Specific Gravity		18.	1.4	2.5	7.8	2.6
Young's modulus	Msi	33.35	17.98	12.33	30	10
Ultimate Tensile Strength	Ksi	299.8	200.0	224.8	94	40
Axial Coefficient of Thermal Expansion	µin/in/°F	-0.722	-2.778	2.778	6.5	12.8

1 ksi (Kilopounds/Sq. Inch) = 6.89 Mpa (MegaPascal)
1 msi (Megapounds/Sq. Inch) = 6.89 GPa (GigaPascal)

POLIMER MATRISLI KOMPOZITLERDE KULLANILAN LIFLERIN TIPIK MEKANIK ÖZELLIKLERI

Type of fiber	Cost ($ per pound)
A-glass	0.65 - .90
C-glass	0.75 - 1.00
E-glass	0.75 - 1.00
S-2 Glass	6.00 - 8.00
Heavy Tow	9.00 - 12.00
Medium Tow	15.00 -20.00
Low Tow	40.00 -70.00+
Kev29	12.00 -14.00
Kev149	25.00 -30.00

PMC LİFLERİNİN MALİYET KARŞILAŞTIRMASI



CAM ELYAF İMALATI

CAM ELYAF ÇEŞİTLERİ

- E-glass (fiberglass) - Elektrik uygulamaları
- S-glass – Mukavemet gerektiği durumlarda
- C-glass - Korozyona dayanıklı
- D-glass – Düşük yalıtkanlık uygulamaları
- A-glass – Görünüm estetik
- AR-glass - Alkali direnci yüksek

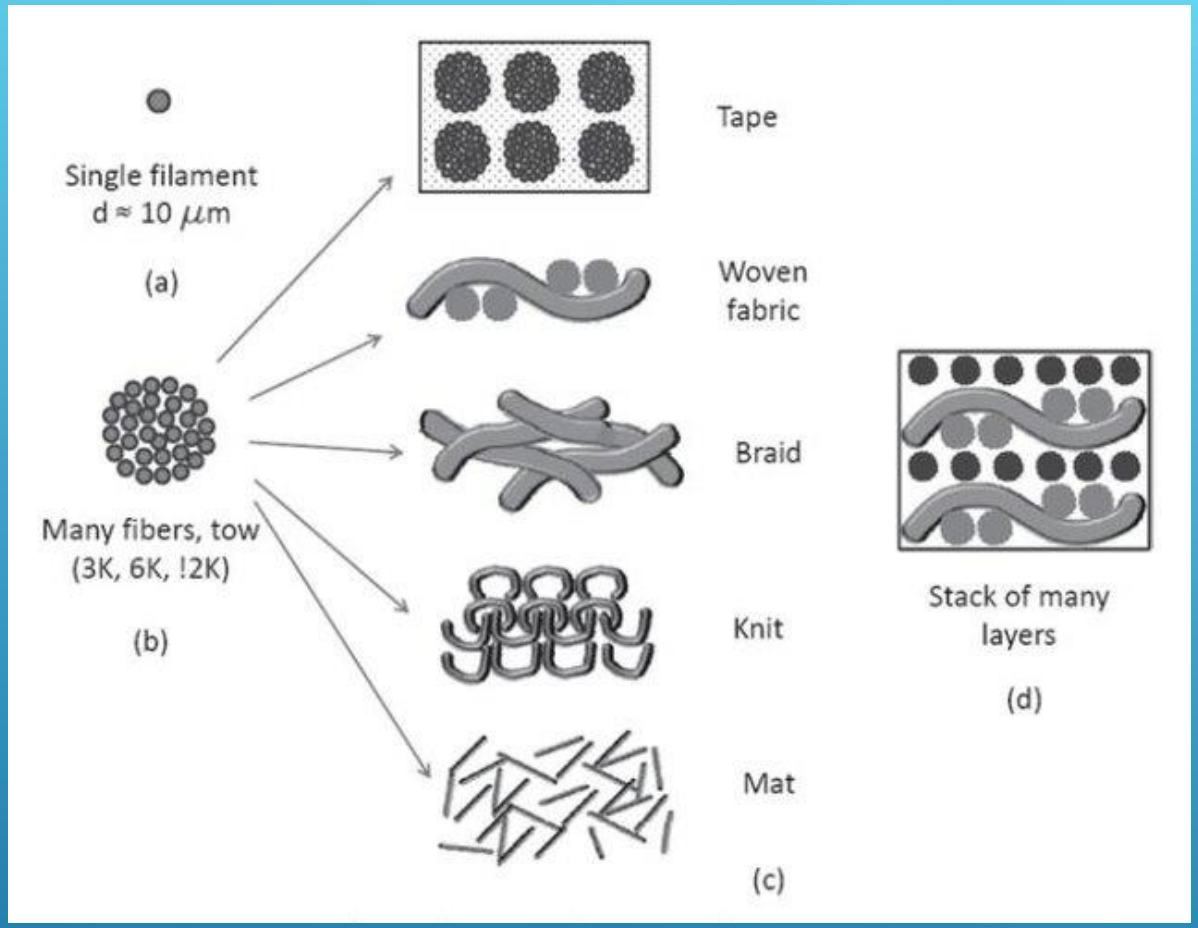
E-CAM VE S-CAM ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

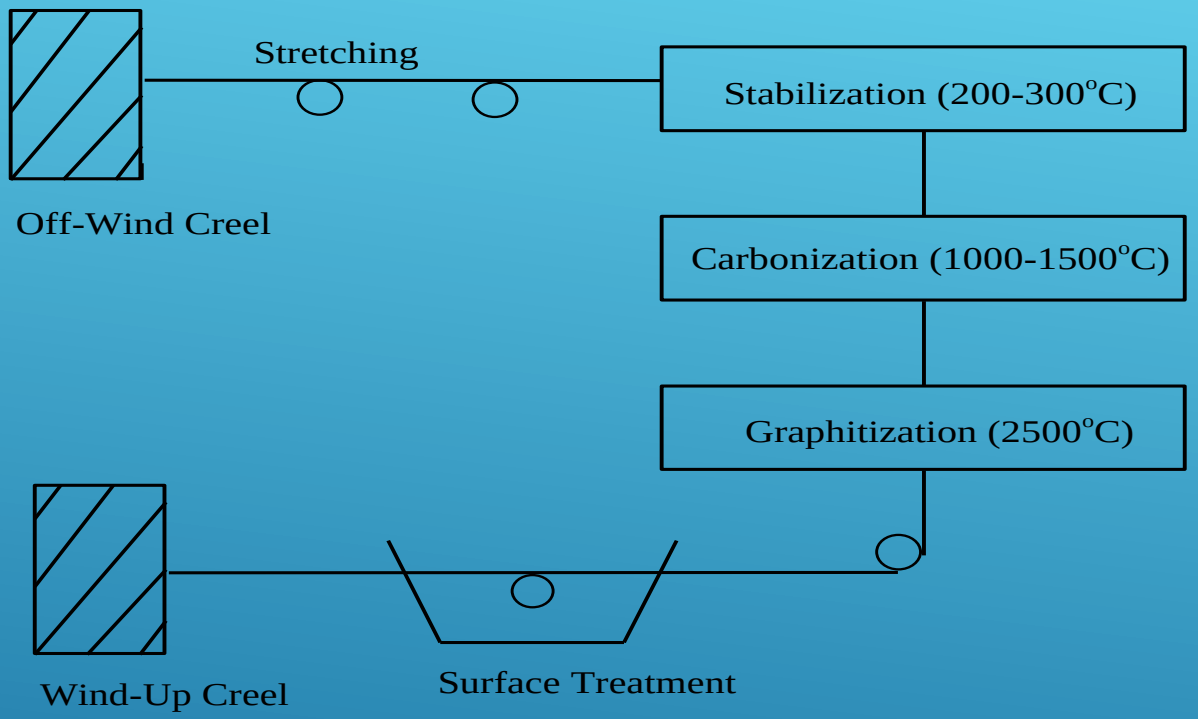
Property	Units	E-glass	S-glass
Specific Gravity		2.54	2.49
Young's modulus	Msi	10.5	12.4
Ultimate Tensile Strength	Ksi	500	665
Coefficient of Thermal Expansion	µin/in/°F	2.8	3.1

E-CAM VE S-CAM ELYAFLARIN KIMYASAL BILEŞIMI

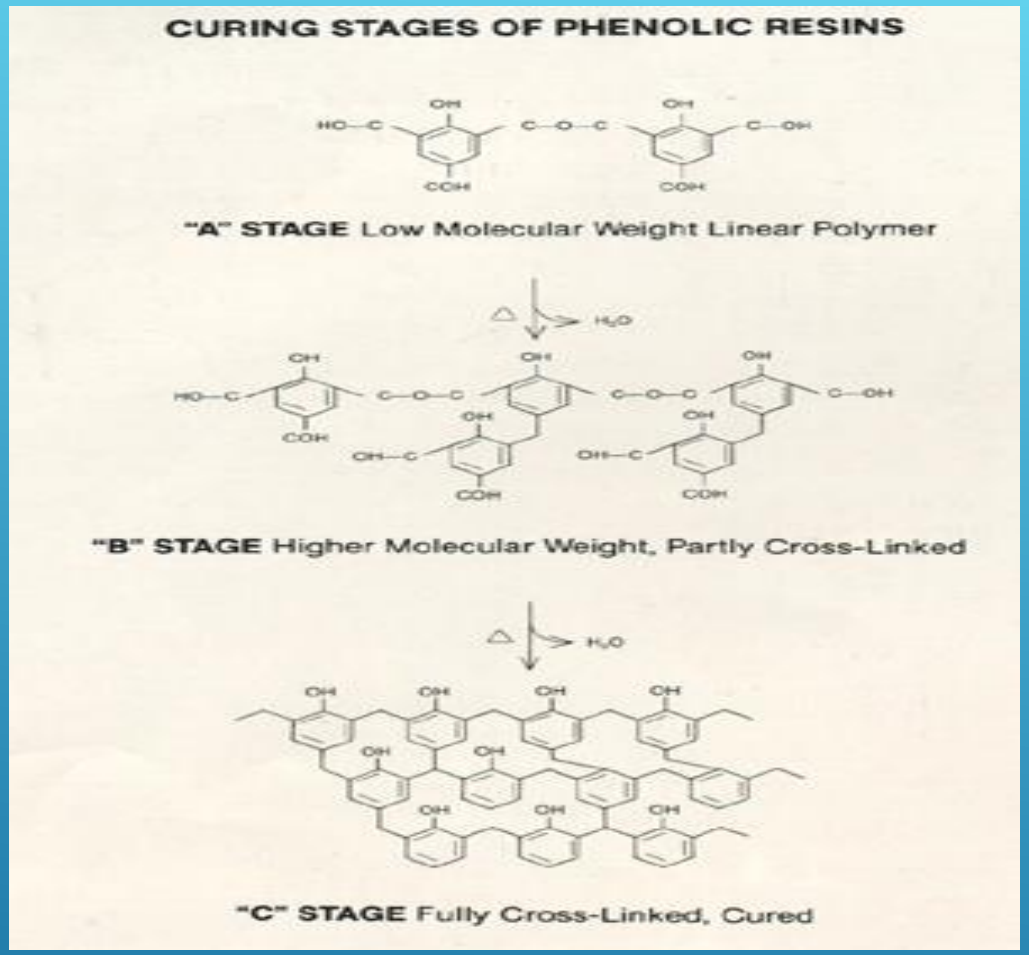
	% Weight	
Material	E-glass	S-glass
Silicon Oxide	54	64
Aluminum Oxide	15	25
Calcium Oxide	17	0.01
Magnesium Oxide	4.5	10
Boron Oxide	8	0.01
Others	1.5	.8

LİF FORMLARI

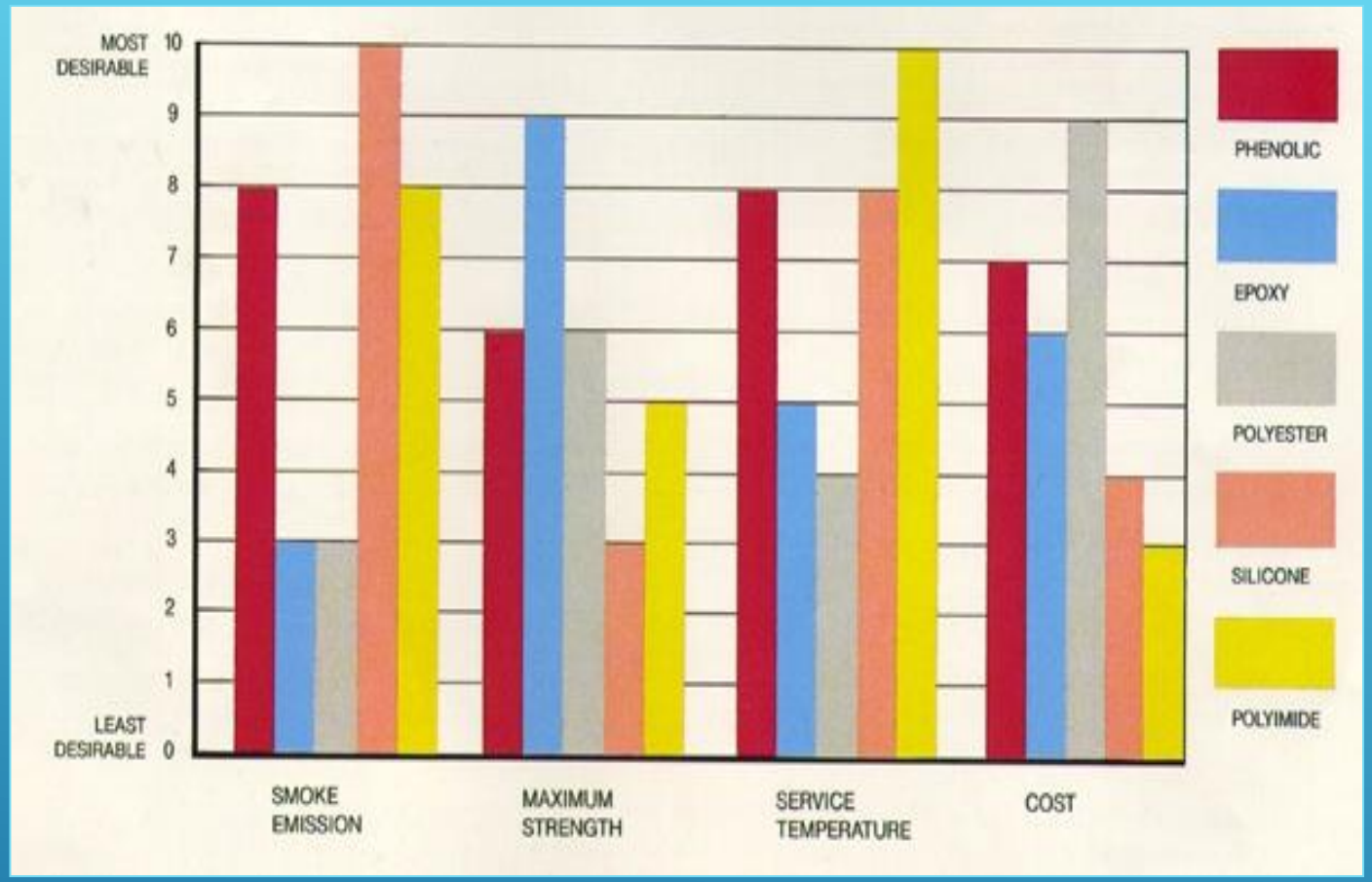




GRAFİT ELYAF ÜRETİMİ



EPOKSİ KÜRLENME AŞAMALARI



REÇİNELERİN KARŞILAŞTIRILMASI

TERMOSETLER VE TERMOPLASTİKLER ARASINDAKİ FARKLAR

- Termoplastikler ve Termosetler, sıcak ortamdaki davranışlarına göre farklılaşan iki ayrı polimer sınıfıdır. İkisi arasındaki temel hammadde farkı; termosetler sertleştiğinde kalıcı olarak katı halde kalırken, termoplastiklerin yeniden eritilebilmesidir. Bu fiziksel özelliklerin bir sonucu olarak, termoplastik malzemeler düşük erime noktalarına sahipken, termosetler şekilsel ve mekanik özelliklerde kayıplar olmadan yüksek sıcaklıklara dayanabilir.
- Termoplastik polimerlerin örnekleri arasında; PE, PVC, ABS, SAN, TPU, PP vb. bulunur.
- Termoset polimerlerin örnekleri arasında epoksiler, poliüretanlar, fenolikler, silikonlar ve polyesterler bulunur.

Termoplastiklerin Avantajları:

- Yüksek oranda geri dönüştürülebilir
- Yüksek darbe dayanımı
- Yeniden şekillendirme yetenekleri
- Kimyasallara dayanıklı
- Estetik açıdan üstün yüzeyler
- Sert kristal şeffaf veya lastiksi hammadde seçenekleri

Termoplastiklerin Dezavantajları:

- Üretim için ilk yatırım ve kalıp maliyetlerinin pahalı olması
- Düşük ısılarda yumuşaması ve hatta erimesi

TERMOSETLER VE TERMOPLASTİKLER ARASINDAKİ FARKLAR

TERMOSETLER VE TERMOPLASTİKLER ARASINDAKİ FARKLAR

Termosetlerin Avantajları:

- Yüksek sıcaklıklara daha dayanıklı
- Son derece esnek tasarım
- İnce veya kalın cidarlı parça üretimine olanak vermesi
- Yüksek boyutsal kararlılık seviyeleri
- İlk yatırım maliyetlerinin daha uygun olması

Termosetlerin Dezavantajları:

- Geri dönüştürülemez
- Yüzeyin boyanması daha zor
- Yeniden şekillendirilemez veya şekilsel deformasyona uğrarlarsa düzeltilemez