



# ***CTP TEKNOLOJİSİ***



***Yaşamın her alanında...***



*Bu kitabın hazırlanmasında, çevirisinden dolayı Sn. Çağrı Yurddaş'a, teknik katkılarından dolayı da Sn. Engin Afşar'a teşekkür ederiz.*

- Şirketimizin teknik danışmanlığını üstlenmediği son ürün yapımında, uygulamalardan doğabilecek sorunlardan, belirlenen teknik değerler nedeniyle şirketimiz sorumlu tutulamaz.
- Ürün nitelikleri, yapılan gelişmelere bağlı olarak değişebilir.
- Cam Elyaf Sanayii A.Ş. hediyesidir. Para ile satılamaz.

*Kaynaklar:*

- 1- Introduction to Composites - Fourth Edition
- 2- Cam Elyaf Sanayii Yayınları - CTP El Kitapçığı, CTP Atölye Bilgileri
- 3- R. Plastic Magazine

**Cam Elyaf Sanayii A.Ş.**

Çayırova 41401 Gebze - Kocaeli

Tel: 0262. 678 15 83 / 3 hat

Faks: 0262. 678 15 95

camelyaf@sisecam.com.tr

www.camelyaf.com.tr

## Önsöz

*Cam Elyaf Sanayii A.Ş.*

*kuruluşundan itibaren Türkiye CTP sektörüne*

*hammadde tedarikçisi olmanın yanı sıra,*

*sektörün gelişmesine katkıda bulunmaya yönelik bir misyon da üstlenmiştir.*

*Bu anlayışımız çerçevesinde, geçtiğimiz yıllarda*

*“CTP Teknolojisi” adı ile bir kitap yayımlayarak kompozit sektörüne yönelik*

*bilgi birikimimizi sizlerle paylaşma fırsatı elde etmiştik.*

*Aradan geçen zaman içerisinde, günümüz CTP sektöründe gelişen teknolojiler ve uygulama alanları, genişletilmiş yeni bir referans kitabı ihtiyacı doğurmuştur.*

*Şu anda elinize ulaşan bu kitap, Türkiye CTP sanayine katkıda bulunacağı ve sizlere yeni ufuklar açacağı umuduyla, Cam Elyaf Sanayii A.Ş. tarafından*

*Türkiye CTP sektörünün kullanımına sunulmuştur.*

*Türkiye CTP sektörüne hizmet veren tüm kişi ve kuruluşların başarılarının devamını dilerim.*

**Dr. T. Ateş Kut**

Cam Elyaf Sanayii A.Ş.  
Yönetim Kurulu Başkanı

# İÇİNDEKİLER

Önsöz 3

## BÖLÜM 1

### KOMPOZİTLERE GİRİŞ

Polimerlerin Hayatımızdaki Yeri	8
Çözüm Yolu Plastikler	8
Kompozitler	8
Termoplastik ve Termoset Farkı	9
Kompozit Bilgisini Geliştirmek	9
Pazar Görünümü ve Uygulamalar	10
(Havacılık - Uzay - Savunma / Ev aletleri ve İş Ekipmanları / Yapı Sektörü / Tüketim malları ve Spor - Eğlence / Korozyon Dayanımlı Ürünler / Elektrik - Elektronik / Denizcilik / Taşımacılık ve Otomotiv / Askeri Uygulamalar / Tarım - Gıda sektörü)	
Kompozitler Niye Tercih Edilmektedir?	12
(Yüksek Mukavemet / Hafiflik / Tasarım Esnekliği / Boyutsal Stabilite / Yüksek Dielektrik Direnimi / Korozyon Dayanımı / Kompozit Parçaların İmalatı / Yüzey Uygulamaları / Düşük Araç - Gereç Maliyeti / Geçmişteki Başarılı Uygulamalar)	
ABD ve Türkiye Takviyeli Plastik Pazarlarından Kısa Bir Kesit	13

## BÖLÜM 2

### KOMPOZİT MALZEMELERİ TANIMLAMA

Giriş	14
Reçineler	14
Polimerlerin Esasları	14
Termoset - Termoplastik	15
Termoset Reçineler	15
Polyester Reçineler	15
(Glikoller / Doymamış Asitler / Doymuş Asitler / Monomerler / İnhibitörler)	
Genel Amaçlı Polyesterler	18
Özel Amaçlı Polyesterler	19
(Alev Geciktirici Reçineler / Stiren Buharlaşması Az Olan Reçineler / Düşük Çekmeli Reçineler / Esnek Reçineler / Hazır Kalıplama Bileşimleri İçin Reçineler / Işıklı Sertleşen Reçineler / Döküm Reçineleri / Köpük Polyester Reçineleri)	
Jelkotlar	21
(Reçine Tipi / Pigment Seçimi / Tikotropi Sağlayıcılar / Hızlandırıcılar ve İnhibitörler / Monomer ve Dolgular / Diğer Katkılar)	
Epoksi Reçine (Seyreltilmiş)	22
Vinil Ester	24
Poliüretanlar	24
Fenolikler	25
Melamin ve Üreomaldehid Reçineleri	25
Silikon Reçineler	26
Friedel - Crafts Reçineleri	26

Polimer Reçineleri	26
Özet	27
Termoplastik Reçineler	27
Kompozitlerde Kullanılan Termoplastikler	27
(Naylon(PA) / Polifenilen Sülfür (PPS) / Sıvı Kristal Polimerler (LCP) / Polyetheretherketone (PEEK) / Polipropilen (PP) / Polietilen (PE) / Polyetherimid (PEI) / Fluoropolimerler)	
Diğer Polimerler	28
<b>Takviye Malzemeleri</b>	
Birçok Malzeme Takviye Özelliğine Sahiptir	28
Takviye Malzemelerinin Gelişmesi	28
Cam Elyafı - Kompozit Endüstrisinin Öncü Takviye Malzemesi	28
Cam Elyafı Takviye Malzemelerinin Terminolojisi	29
Çok Uçlu ve Tek Uçlu Fıtlar	29
Keçe ve Kumaşlar	29
(Dokunmuş Kumaşlar / Dikilmiş Kumaşlar / Towsheets / Keçeler, Cam Tülleri)	
Kırılmış Demetler	31
(Kırılmış Demetler / Öğütülmüş Lifler)	
<b>Yüksek Teknoloji Ürünü Lifler ve Diğer Elyaf Çeşitleri</b>	
Aramid Elyafı	31
Bor Elyafı	31
Karbon & Grafit Lifleri	31
Diğer Organik Lifler	32
Ekzotik Takviyeler	32
Takviye Türlerinin Karşılaştırması	32
Kompozitlerde Ara (Core) Malzeme kullanımı	32
(Köpükler / Sentaktik Köpükler / Bal Peteği Görünümlü Ara Malzemeler / Ağaç Malzeme)	
Sandviç Yapının Faydaları	34
Özet	35
<b>Dolgu Maddeleri</b>	
Dolgu Maddeleri Çeşitleri	35
(Kalsiyum Karbonat / Alüminyum Silikat ve Killer / Alüminyum Trihidrat / Kalsiyum Sülfat / Diğerleri)	
Kompozit Ürünlerde Dolgu Malzemelerinin Kullanımı	36
Dolgu Malzemelerini Seçmek.	36
Dolgu Malzemelerinin Prensipleri	36
Yüze İşlemleri Bazı Dolgu Maddelerinin Gelişmesini Sağlamaktadır	36
Özet	36
<b>Katkı Malzemeleri ve Modifiye Ediciler</b>	
Reçinelerdeki Başlıca Girdi Malzemeleri	37
Katalizörler, Hızlandırıcılar (Promotörler), İnhibitörler	37
Renklendiriciler	38
Kalıp Ayırıcılar	38
(Vakı Kalıp Ayırıcılar / Silikon Kalıp Ayırıcılar / Diğer Başlıca Kalıp Ayırıcılar)	
Katkı Malzemelerinin İşlevleri	38
(Düşük Çekme - Hassas Profil / Alev Dayanımı / Hava Kabarcığı Gidericiler / Emisyon Kontrolü / Viskosite Kontrolü / Elektriksel İletkenlik / Dayanıklılık / Antioksidantlar / Antistatik Katkılar / Köpürtücüler / Plastikyanlar / Kaydırıcılar ve Blok Oluşturucular)	
Termoplastikler İçin Katkılar	40
(Isı Stabilizatörü / Ultraviyole Stabilizatörü)	
Özet	40
Malzeme Sistemleri Olarak Kompozitler	40
İşlevsel / Gereksinimleri Anlamak	40

**BÖLÜM 3****KOMPOZİT KALIPLAMA  
YÖNTEMLERİNE GİRİŞ**

El Yatırması ve Püskürtme Yöntemleri (İki Prosesin Genel Tanımı)	42	GMT Uygulamaları	52
<b>El Yatırması Yöntemi</b>		GMT'nin Geleceği	52
Reçineler	43	Basıncı Kalıplama Çeşitleri	53
Takviye Malzemeleri	43	(Transfer Kalıplama / TMC Kalıplama Bileşimi)	
El Yatırması Yönteminin Avantajları	43	<b>Takviyeli Reaksiyonlu Enjeksiyon Kalıplama (RRIM)</b>	
El Yatırması Yönteminin Dezavantajları	44	Prosesin Genel Tanımı	53
El Yatırması Uygulamaları	44	Reçineler ve Takviye Malzemeleri	54
<b>Püskürtme Yöntemi</b>		RRIM Çeşitleri	54
Prosesin Genel Tanımı	44	RRIM Kalıplamanın Avantajları ve Uygulamaları	54
Reçineler	44	<b>Reçine Enjeksiyon Kalıplama (RTM)</b>	
Takviye Malzemeleri	44	Prosesin Genel Tanımı	54
Ekipman	45	Reçineler	55
Kalıplar	45	Takviye Malzemeleri	55
Püskürtme Yöntemi Avantajları	45	Kalıplar ve Ekipman	55
Püskürtme Yöntemi Dezavantajları	45	RTM Kalıplamanın Avantajları	55
Püskürtme Yöntemi Uygulamaları	45	RTM Kalıplamanın Dezavantajları	56
El yatırması ve Püskürtme Yöntemlerinin Geleceği	46	RTM Uygulamaları	56
<b>Pres Kalıplama</b>		RTM'nin Geleceği	56
Yüksek Hacimli Prosesler	46	<b>Pultruzyon</b>	
SMC Hazır Kalıplama Bileşimi (Prosesin Genel Tanımı)	46	Prosesin Genel Tanımı	56
SMC Hazır Kalıplama Bileşimi Üretimi	46	Reçineler	56
SMC Kıvamının Ayarlanması	47	Katkılar ve Dolgu Malzemeleri	56
SMC Çeşitleri	47	Takviyeler	57
SMC'nin Kalıplanması	47	Ekipman	57
SMC Kalıplama Yönteminin Avantajları	47	Pultruzyon Kalıplamanın Avantajları	57
SMC Kalıplama Yönteminin Dezavantajları	48	Pultruzyon Kalıplamanın Dezavantajları	57
SMC Kalıplama Yöntemi Uygulamaları	48	Pultruzyon Uygulamaları	58
SMC: Sadece Otomotiv İçin Değil	48	Pultruzyon Kalıplama Yönteminin Geleceği	58
SMC'nin Geleceği	49	<b>Elyaf Sarma</b>	
<b>BMC Hazır Kalıplama Bileşimi</b>		Prosesin Genel Tanımı	58
Prosesin Genel Tanımı	49	Reçineler	59
Reçine	49	(Genel Amaçlı Polyesterler / Bisfenol A / Vinil Esterler / Epoksiler / Furanlar)	
Takviye Malzemeleri	49	Termoplastik Esaslı Elyaf Sarma	59
BMC Kalıplamanın Avantajları	49	Takviye Malzemeleri	59
BMC Kalıplamanın Dezavantajları	50	Kullanılan Ekipman	59
BMC Uygulamaları	50	(Sürekli sarıcı / Kutupsal Sarma / Kontinü Sarma / Örgü Sarıcı / Kırpma Çemberi)	
<b>Islak Sistem Pres Kalıplama</b>		Ekipman ve Kalıplar	60
Prosesin Genel Tanımı	50	Elyaf Sarma Yönteminin Avantajları	60
Reçineler	50	Elyaf Sarma Yönteminin Dezavantajları	60
Takviye Malzemeleri	50	Elyaf Sarma Uygulamaları	60
(Preformlar - Ön şekillendirilmiş takviyeler / Kırpılmış Demetten Keçe / Kontinü Demetten Keçe)		Elyaf Sarma Yönteminin Geleceği	60
Ekipmanlar	51	<b>Enjeksiyon Kalıplama</b>	
Islak Sistem Kalıplamanın Avantaj ve Dezavantajları	51	Prosesin Genel Tanımı	60
Islak Sistem Pres Kalıplama Uygulamaları	51	Reçineler ve Takviye Malzemeleri	61
Islak Sistem Kalıplama'nın Geleceği	51	Ekipman	61
<b>Takviyeli Termoplastik Levha Pres Kalıplama (GMT)</b>		Enjeksiyon Kalıplama Termosetleri	61
Prosesin Genel Tanımı	51	Enjeksiyon Kalıplama Yönteminin Geleceği	62
Reçineler	52	<b>Diğer Prosesler</b>	
Takviyeler	52	Otomatik Şerit Yerleştirme (ATP)	62
Ekipman	52	Santrifüj Kalıplama	62
GMT Kalıplama Yönteminin Avantajları	52	Devamlı Levha	62
GMT Kalıplama Yönteminin Dezavantajları	52	Ekstrüzyon	63
		Prepreg Kalıplama	63
		Rotasyon Kalıplama	63
		Rijileştirilmiş Termoplastik Levha	64
		(Vakum Torba Kalıplama / Basıncı Torba Kalıplama / Otoklav Kalıplama)	

Vakum Destekli Reçine Enjeksiyon Kalıplama (VARTM)	64
İkincil İşlemler	65
(Çapak Alma / Delik Açma / Yapıştırma / Boyama)	
Kompozit Proseslerinin Karşılaştırması	65

## BÖLÜM 4

### KOMPOZİTLERİN TASARIMI, MALİYETİ VE GELECEĞİ

#### Kompozitlerde Tasarım

Tasarım Yaklaşımı	66
Biraz Felsefe	66
(Hedeflerin Tanınlanması / Ön Hazırlık Olarak Kavramsal	
Tasarım / Kavramsal Tasarımın Geliştirilmesi / Ayrıntılı Tasarım /	
Prototip (İlk örnek) ve Değerlendirme / Ticarileştirme)	

Kompozit Malzemelerin Maliyeti	69
İkame Malzeme Olarak Kompozitler	69
Bazen Kurallar Değişmelidir	70
Maliyet Yeniden Tanımlanırsa	70
Maliyeti Tanımlamak	71
Tanımlama ve Ölçüm Yolları	71
Veritabanı Gelişimi	71
Bilgisayarlı Modelleme	71
Sonuç	71
Takviyeler	72
Polimerler	72
<b>Proses Geliştirme</b>	
Verimlilik	73
Tekrarlanabilirlik	73
Spesifik Ürünler Yönelim ( uzmanlaşma)	74
<b>Kompozit uygulamalarının geliştirilmesi</b>	
Uygulamaların Gelişmesine Yeniden Bakılırsa	74
Geleceğe Bakış	75

## BÖLÜM 5

### ATÖLYE BİLGİLERİ

#### Atölye Bilgileri: 1

##### CTP Üretim Tekniğinin Anlaşılması

Temel polyeşter Reçine Kimyası	78
Polyeşter Reçineler Nasıl Sertleştirilir ?	78
Reçine Katkıları	79
(İnhibitörler / Promotörler (Hızlandırıcılar) / Katalizörler )	
Cam Elyaf Takviyeleri	80
Bağlayıcı (Sizing)	80
CTP Kalıplama Genel Tekniği	80
Kalıplama El aletleri	80
Reçine-Cam Oranı	81
(Reçine Zenginliği / Reçine Zenginliğinin Etkileri / Reçine Azlığı	
(Yetersiz Reçine) / Reçine Azlığının Etkileri)	
Kalıplama (Yatırma) Prensipleri	81
(Püskürtme / El Yatırması – Kırılmış Cam Elyafından Keçe ile /	
El Yatırması – Keçe- Dokuma Kombinasyonu, Fitol Dokuma,	
İğnelenmiş Dokuma, İğnelenmiş Takviye Malzemesi vb ile	
/ Bindirmeler)	

Kalite Kontrolü	81
Kalite Kontrol Prosesi İçin Varsayımlar	82
Uygulama Sırasında Jelkot Kalite Kontrolü	82
Uygulama Sırasında Laminat Kalite Kontrolü	82
Uygulama Sırasında Yama/Tamir Kalite Kontrolü	82

#### Atölye Bilgileri: 2

##### Kalıplar

Giriş	82
Alçı Kalıp	82
Ahşap Kalıp	83
CTP Kalıp	83
(Tek Parçalı kalıp / Parçalı Kalıplar / Çift Kalıp / Kalıp Bakımı)	
Diğer Kalıplar	84

#### Atölye Bilgileri: 3

##### Püskürtme Metodu İle Jelkot Uygulama Tekniği

Giriş	85
Jelkot Uygulamadan Önce Yapılması Gerekenlerin Listesi.	85
Jelkot Uygulama Genel Prensipleri	85
Püskürtme Genel Tekniği	85
(Düz Alanlar / Köşeler / Eğriler veya Geniş Radyuslar / Kanallar	
veya Oluklar / Derin ve Dar Kanallar / Küçük Parçalar)	
Kalite Kontrolü	86

#### Atölye Bilgileri: 4

##### Püskürtme (Spray-Up ) İle CTP Kalıplama Tekniği

Giriş	86
Püskürtme İşleminde Önce Yapılması Gereken Kontrollerin Listesi	86
Püskürtme Genel Prensipleri	86
Islak Halde Püskürtme Kalınlıkları	87
Püskürtme Metodu Hataları ve Çözümleri	87
(Kuru Kırpma / Islak Kırpma / Püskürtülen Elyafın Dik	
Yüzeyde Kayması / Elyaf Kırılmıyor / Fitol Sık Sık Kendini	
Burakıyor veya Boşalıyor / Kırılmış Cam Elyafı Reçine	
Huzmesinin İçine Düşmüyor / Kırıcı Normalden Daha Çok	
Havaya Gerek Duyuyor)	
Püskürtme Makinesinin Ayarlanması ve Bakımı	87
Temel Fonksiyon	87
(Havasız (Airless) Sistemler / Hava ile Atomize Olan Sistemler /	
Atölyedeki Hava Sistemi)	
Püskürtme Makinesinin Topraklanması	88
Optimal Basınç Ayarlanması	88
Ekipman Genel Prensipleri	88
Reçine-Cam Oranının Ayarlanması	89
Kırıcı Prensipleri	89
Ekipman Bakımı	89
Örnek Bakım Cetveli	89
Katalizör Tankı	90
Tankdaki Katalizör Seviyesi	90
Ayarlama İşlemleri	90
Ayarlama Yöntemleri	90
(Jelleşme Süresi Yöntemi / Ağırlık Ayarlaması /	
Reçine-Cam Oranı Ayarlaması)	

Kalite Kontrolü	91
Kalite Kontrol Prosesi İçin Varsayımlar	91
Uygulama Sırasında Jelkot Kalite Kontrolü	91
Uygulama Sırasında Laminat Kalite Kontrolü	91

Uygulama Sırasında Yama-Tamir Kalite Kontrolü	91	Sıkışması / Ürünün Bükülmüş Olması)	
<b>Atölye Bilgileri: 5</b>		Reçine Enjeksiyon Yönteminde Rastlanabilecek Hatalar	106
<b>Sandviç Yapılı CTP Kalıplama Tekniği</b>		(Cam Elyafının Yerinden Kaçması / Hava Kaçakları /	
Giriş		Yetersiz Islanma / Et Kalınlığında Değişmeler)	
İlk Laminatı İnceleyin	91	Elyaf sarma yönteminde Rastlanabilecek Hatalar	107
Sandviç Malzemesi Yerleştirme Metodu	92	(Yürüşme / Kuru Bölgeler / Borunun İç Kısmında ve	
Sandviç Malzemesi Yerleştirme Genel Prensipleri	92	Islanmamış Yüzey Bulunması / Pamuklanma / Elyaf Kopması /	
Kontrplak Yerleştirilmesi Konusunda Özel Not	92	Düşük Cam Elyafı Oranı)	
Uygulama Sırasında Sandviç Malzemesi Yerleştirilmesinin Kalite Kontrolü	92	Savurma Döküm Yönteminde Rastlanabilecek Hatalar	107
	93	(Buruşma / Kuru Bölgeler / Borunun İç Kısmında	
		Çatlaklar Olması / Yapışkan Yüzeyler / Boru Çarpıklığı /	
		Borunun Eğilmesi )	
<b>Atölye Bilgileri: 6</b>		<b>Atölye Bilgileri: 9</b>	
<b>Hangi Amaçlı , Hangi Tür Cam Elyafı Kullanılmalıdır?</b>		<b>CTP Yapıların Bakım ve Tamiri</b>	
Giriş	93	Giriş	108
İlk Cam Elyafı	93	Bakım	108
Günümüzde Cam Elyafı	93	CTP'nin Tamiri	108
Cam Elyafı Cinsleri	94	(Yüzey Hasarları / Küçük Darbelere Oluşan Kırılmalar /	
Cam Elyafı Nasıl Takviye Sağlar	94	Delikler / CTP Ürünün Arka Yüzüne Ulaşamadığı Hallerde	
Cam Elyafı Tipleri	94	Deliklerin Tamiratu / Boruların Tamiri )	
Cam Elyafı Çeşitleri	95	<b>Atölye Bilgileri: 10</b>	
(Fitol / Dokunmuş Fitol / Cam Elyafı İplik / Kumaş /		<b>Güvenlik Önlemleri</b>	
Dokunmamış (non-woven) Fitol / Devamlı Demetli Keçe /		Giriş	110
Kırpılmış Demetler / Kırpılmış Demetten Keçeler /		Genel Önlemler	110
Öğütülmüş Lifler)		(Tedavi Önlemleri)	
Kalıplama Metodları ve Kullanılan Cam Elyafı Çeşitleri	96	Sertleştiriciler	111
Kompozitleri Özellikleri	96	(Alifatik Aminler / Aromatik Aminler / Siklo Alifatik Aminler /	
		Polimid Serleştiriciler / Anhidrid Serleştiriciler /	
		Diğer Serleştiriciler)	
<b>Atölye Bilgileri: 7</b>		Polyester Reçineler	112
<b>Kalıplamada Kullanılan Araç Gereçler</b>		Peroksit Katalizörler	112
Giriş	97	Dolgu malzemeleri ve Pigmentler	113
Genel Gereçler	97		
(Rulolar / Fırçalar/ Katalizör Ölçme Aygıtları / Karıştırma ve			
Ölçme Makineleri / Döküm makineleri / Karıştırıcılar)			
Polyester Reçine Sistemleri için Püskürtme Gereçleri	98		
(Katalizör Enjeksiyonu / Katalizör Püskürtme / Çift Kap Sistemi /			
Dolgu Maddesi Püskürtme Gereçleri / Flok Tabancalar / Fitol Kırpıcılar)			
Cam Keçe İslatma Gereçleri	100		
Jelkot Uygulama Gereçleri	100		
Reçine Enjeksiyon Gereçleri	101		
<b>Atölye Bilgileri: 8</b>		<b>BÖLÜM 6</b>	
<b>CTP Kalıplamasında Rastlanan Başlıca Hatalar</b>		<b>TERİMLER SÖZLÜĞÜ</b>	
Giriş	101	(Alfabetik sıraya göre düzenlenmiştir.)	114-126
Polyesterde Rastlanabilecek Başlıca Hatalar	101		
(Buruşma-Fil Derisi / Küçük Delikçikler / Yüzeyde Matlık /		<b>EKLER</b>	127
Jelkot'un Kabuk gibi Kalkması / Yöresel Kuru Bölgeler /			
Tabakaların Ayrılması / Beneklenme / Renk Değişimleri /		<b>ŞEKİLLER VE TABLOLAR</b>	128
Elyaf Görünümü / Balık Gözü ve Delikçikler / Kabarcıklar /			
Beyazlanmalar ve Çatlamlar / Yıldız Çatlama / Sararma /			
Reçine Erimesi / Mekanik Mukavemette Azalma)			
Püskürtme Hataları	105		
(Yetersiz Sertleşme / Takviye Miktarında değişiklik )			
Işık Geçirgen Levha Üretiminde Rastlanabilecek Hatalar	105		
Presli Kalıplamada Rastlanabilecek Hatalar	106		
(Gözenekli Yüzey / Yüzeyde Kabarcıklar Oluşması / Benekli Yüzey			
Mat Yüzey / Kalıplama Malzemesinin Kalıba Yapışması veya			





### POLİMERLERİN HAYATIMIZDAKİ YERİ

Yaşadığımız dünya polimerlerin hayatımızı nasıl değiştirdiğine ilişkin birçok örnekle doludur. Polimerler kategorisi içerisinde yer alan en geniş kapsamlı gruplardan biri “plastikler”dir. Kompozit konusuna yakın olanlarca genel olarak “reçineler” olarak ifade edilmektedirler.

Hergün daha fazla üretici ve tüketici yüksek kalite, dayanıklılık, düşük maliyet sebebiyle plastik ürünleri tercih etmektedir. Kayak tahtalarından bisikletlere, otoyollardaki köprü platformlarına ve araç gövde panellerine kadar birçok uygulama bu ürünler hakkında ayrıntılı fikir sahibi olmamıza yardımcı olmaktadır.

Plastiklerin büyük çoğunluğu, insan becerisinin ve süregelen teknolojik ilerlemelerin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Plastiklerin çok farklı çeşitleri vardır. Örneğin; naylon, polyester ve polietilen gibi bazı reçine türlerinin kullanımları oldukça yaygındır. Bunun yanı sıra epoksiler, fenolikler, bisfenoller veya silikonlar gibi reçineler daha az tanınmaktadır. Bazı plastikler sadece katkısız reçine içerirken, bazıları takviye malzemeleri, katkı malzemeleri ve diğer girdilerin karışımından oluşan karmaşık bir yapıya sahip olabilirler. Bununla birlikte temel plastik reçinelerin herbiri plastik ailesinin işlevsel bir üyesidir.

### ÇÖZÜM YOLU PLASTİKLER

Bugün birçok iş alanında artan bir rekabet ortamı yaşanmakta-

## BÖLÜM 1

# KOMPOZİTLERE GİRİŞ

dır. Teknolojideki hızlı değişimler ve pazarlardaki gelişmeler bir silsile halinde tüm endüstri dallarını geçiştirte olduğundan daha fazla etkilemektedir. Artan iç rekabet, çevresel ve sosyal sorunlar da alınan ticari kararları etkilemektedir.

Oldukça dinamik bir yapıya sahip ve sürekli değişim içinde olan kompozit/plastik malzemeler; maliyetlerin düşürülmesi, verimliliğin artırılması veya ürüne ilişkin sorunlara çözüm getirilmesi sayesinde çok çeşitli iş alanlarında artan bir kullanıma sahip olmaktadır. Kompozit malzemeler sağladıkları avantajlarla taşımacılık, tüketim malları, inşaat, iş aletleri ve malzemeleri, uzay/savunma gibi sektörlerdeki gelişmeler açısından yaratıcı bir fırsat oluşturmaktadır.

### KOMPOZİTLER

Kompozitler; termoset veya termoplastik yapıda, tek ya da çok yönde takviye özelliği sağlayacak şekilde, cam elyafı ve/veya diğer takviye malzemelerinden yeterli miktarda (uzunluk ve ağırlıkça) katılmış bir polimer matriksidir. Bütün plastikler kompozit değildir. Günümüzde plastik malzemelerin büyük çoğunluğu saf plastik reçineler kullanılarak kalıplanmaktadır.

Oyuncaklar, dekoratif amaçlı ürünler, ev eşyaları ve benzeri birçok plastik son ürün uygulamasında ürünlerin işlevselliği için saf haldeki plastik reçinenin mukavemeti yeterli olmaktadır. Mühendislik termoplastikleri, maliyetleri saf reçinelere göre daha fazla olmakla bera-

Köprü platform uygulamaları



ber daha yüksek “Yük Altında Deformasyon” sıcaklığı (HDT) gibi üstün performans değerlerini sağlayabilirler. İlav e bir mukavemet değeri ne gerek duyulduğunda, plastikler genel olarak lif haline getirilmiş takviye malzemeleriyle istenilen mukavemet değerini karşılayacak şekilde takviye edilirler.

### ***Herhangi bir termoset veya termoplastik reçine takviye edildiği zaman kompozit olarak adlandırılmaktadır.***

“Cam Elyafı Takviyeli Plastikler” (CTP) terimi geçen yıllar içerisinde “Cam Elyafı Takviyeli Polyester” ifadesi ile eş anlamlı hale gelmiştir. “Fiberglass Reinforced Plastics” (FRP) veya “Glassfiber Reinforced Plastics” (GRP) şeklindeki İngilizce ifadelerde de bu eş anlamlı kullanım geçerlidir. Bu kitapta, “Kompozit” kavramını ister termoset, ister termoplastik yapıda olsun; ister elyaf ile, ister diğer takviye malzemeleri ile performansı yükseltilmiş olsun tüm takviye edilmiş plastik malzemeleri tanımlamak amacı ile kullanılmıştır. (Uluslararası bir kuruluş olan “SPI Composite Institute” da bu tanım lamayı kabul ve tavsiye etmektedir.)

## **TERMOPLASTİK VE TERMOSET FARKI**

Plastiklerin büyük bir çoğunluğu ve hemen hemen takviyesiz plastiklerin tamamı termoplastiktir.

Termoplastik malzemeler ısıtıldığında yumuşar ve yarı akışkan haldeyken yeniden şekillendirilebilir. Plastik malzeme soğuduğunda ise yeni kalıplanmış şekil elde edilir. Daha sonra y eniden farklı bir ürün elde etmek istenirse, termoplastik malzemenin yeniden ısıtılması ve kalıplanması mümkündür. Termoplastiklerin kalıplama özellikleri mumun özelliklerine benzetilebilir. Öyle ki, mum yarı akışkan hale gelecek kadar ısıtıldıktan sonra bir kalıp içerisine dökülecek olursa, kalıbın şeklini alacaktır. Bu şekilde kalıplanmış olan mum tekrar ısıtılıp bir başka kalıp içine dökülürse bu kez de yeni kalıbın şeklini alacaktır. Termoplastiklerin ısıtılma ve soğuma özellikleri genelde birbirine benzerdir.

Takviyeli plastiklerin büyük bir çoğunluğu termosettir. Termoset reçineler genellikle sıvı halindedir. Bazı özel termoset reçinelerin düşük ergime derecelerinde katı halde buldukları da bilinmektedir. Kalıplama sırasında meydana gelen kimyasal ve egzotermik (ısı çıkartan) reaksiyonlar sonucunda termoset reçineler sertleşmektedirler. Genellikle termoset reaksiyonlar geri dönüşümlü değildir. Bu özelliği ile ter-

moset reçineler yumurtaya benzemektedir. Bir başka deyişle, bir kere pişirildiğinde katı hale gelen yumurtayı sıvı haldeki ilk şekline döndürmek veya kabuğunun içine yerleştirmek mümkün değildir. Değişim kalıcıdır.

Termoset reçineler uygun malzemelerle takviye edildiğinde ağırlıklarına oranla teknolojinin geliştirdiği en dayanıklı malzemeler arasında yer almaktadırlar. Bunun yanı sıra takviyeli termoplastiklere duyulan ilgi de her geçen gün artmaktadır. Birkaç yıl öncesine kadar, yalnızca takviyeli termoset reçinelerle karşılanabilen birçok performans özelliği, artık geliştirilmiş takviyeli termoplastiklerle de sağlanabilmektedir.

## **KOMPOZİT BİLGİSİNİ GELİŞTİRMEK**

Kompozitlerin tanıtımını amaçlayan bu kitap, ortak bir kompozit literatürünün oluşturulması, daha bilinçli ve temel kompozit bilgisine sahip olunması açısından önemlidir. Kitap içeriği mühendisler, tasarımcılar, üreticiler, pazarlamacılar ve kompozitler hakkında yeterli düzeyde bilgisi olmayan diğer meslek gruplarına yönelik olarak hazırlanmıştır.

**1. Bölüm;** Kompozit endüstrisinde önemli bir ticari paya sahip son ürün uygulamalarını yakından tanıtmayı amaçlamaktadır.

**2.Bölüm;** Kompozitleri oluşturan ana malzemeleri kapsamaktadır.

- Polimerler (Genel)
- Termoset Reçineler
- Termoplastik Reçineler
- Takviye Malzemeleri
- Katkı Malzemeleri
- Dolgu Malzemeleri
- Malzemelerin Etkileşimi ve Uygulamada Sistemin Önemi

**3. Bölüm;** Bu bölümde kompozit kalıplama yöntemleri üzerinde durulmaktadır. Yaygın kalıplama yöntemlerinin başlıcaları tanımlanmış ve karşılaştırılmıştır. Herbir kalıplama yönteminin avantaj ve dezavantajları ele alınarak uygun kalıplama yönteminin seçilmesine ve anlaşılmasına yardımcı olacak yöntemler ayrıntılı şekilde irdelenmiştir.

**4. Bölüm;** Kompozit tasarımına ilişkin kanıtlanmış etkin yaklaşımların sunulduğu bölümdür. Ekonomik öngörüler ve endüstrinin gelecekteki yönü konuları yine bu bölümün kapsamı içindedir.

**5. Bölüm;** Atölye bilgilerine yer verilmiştir. Kitabın son bölümünde, kompozit endüstrisinde kullanılan terimlerin yer aldığı bir sözlük bulunmaktadır.

**PAZAR GÖRÜNÜMÜ VE UYGULAMALAR**

Kompozitler yaygın olarak birçok farklı uygulama alanında kullanılmaktadır. Kompozit/CTP endüstrisine ilişkin on farklı sektörden ürün örnekleri aşağıda verilmiştir.

Havacılık/ Uzay/ Savunma	Ev Aletleri ve İş Ekipmanları (İmalat Sanayi)	Yapı Sektörü	Tüketim Malları ve Spor/Eğlence	Korozyon Dayanımlı Ürünler
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kargo konteynerleri</li> <li>• Kanatlar</li> <li>• Pervaneler</li> <li>• Kontrol panelleri</li> <li>• Radar koruyucusu</li> <li>• Pencere çerçeveleri</li> <li>• Tuvalet birimleri</li> <li>• Oturma elemanları</li> <li>• Antenler</li> <li>• Planörler</li> <li>• Uçak ve helikopter gövdeleri</li> <li>• Isı kalkanı</li> <li>• Roket motoru kaplama panelleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buzdolapları</li> <li>• Dondurucular</li> <li>• Mikro dalga fırınlar</li> <li>• Küçük ev aletleri</li> <li>• Motorlu aletler</li> <li>• Fırınlı ocaklar</li> <li>• Dikiş makinesi parçaları</li> <li>• Hesap makineleri</li> <li>• Bilgisayarlar</li> <li>• Fotokopi makineleri</li> <li>• Masa lambaları</li> <li>• Servis tepsipleri</li> <li>• Abajurlar</li> <li>• Depolama tankları ve çöp konteynerleri</li> <li>• Mobilya ev eşyaları (Oturma koltukları, yataklar, dolaplar)</li> <li>• Emniyet baretleri</li> <li>• Paletler</li> <li>• Profiller</li> <li>• Elektrikli-Elektronik cihaz gövde ve kapakları</li> <li>• Mutfak tezgahları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saniter malzemeler (banyo küvetleri , duş tekneleri, lavabolar, banyo ve mutfak tezgahları v.s)</li> <li>• Yağmur suyu taşıma sistemleri (Yağmur oluğu, su indirme boruları, baca dibi v.s)</li> <li>• Yüzme havuzları</li> <li>• Soğutma kule komponentleri</li> <li>• Beton kalıpları</li> <li>• Sera panelleri</li> <li>• Temel kazıklar</li> <li>• Dış ve iç cepheler de ve duvarlarda giydirmeye cephe panelleri</li> <li>• Prefabrik binalar</li> <li>• Modüler kabinler</li> <li>• Çatı ve cephe kaplama levhaları</li> <li>• Taşıyıcı profiller</li> <li>• Köprü platformu ve ayakları</li> <li>• Otoyol korkulukları ve işaret levhaları</li> <li>• Borular</li> <li>• Dekoratif elemanlar</li> <li>• Çatı, teras, cami ve muhtelif amaçlı izolasyon işleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yüzme havuzları</li> <li>• Yüzme havuzu aksesuarları ve ekipmanları</li> <li>• Fiskiyeli süs havuzları</li> <li>• Su kaydırakları</li> <li>• Olta kamışları</li> <li>• Kayaklar</li> <li>• Snowboardlar</li> <li>• Golf sopaları</li> <li>• Tenis raketleri</li> <li>• Kasklar</li> <li>• Motorlu kızaklar</li> <li>• Bowling aletleri</li> <li>• Bisikletler</li> <li>• Eksesiz aletleri</li> <li>• Karavanlar</li> <li>• Tribün oturma elemanları</li> <li>• Lunapark gereçleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boru ve bağlantı parçaları</li> <li>• Endüstriyel tanklar</li> <li>• Silolar</li> <li>• Pompa gövdeleri</li> <li>• Kanallar</li> <li>• Fan kanatları (Pervaneler)</li> <li>• Konteynerler</li> <li>• Anıtma tesisleri</li> <li>• Yer ızgaraları</li> <li>• Kimyasal proses tankları</li> <li>• Su ve su atık boruları</li> <li>• Baca antıma cihazları</li> </ul>



**Elektrik/Elektronik**

- İzolatörler
- Antenler
- Baskılı devre panelleri
- Devre kesiciler
- Sigorta - Panel kutuları
- Aydınlatma gövdeleri
- Yalıtkan platformlar
- Elektrik ve aydınlatma direkleri
- Elektrik direk bazaları
- Devre kesici kutular
- Rüzgar jeneratörleri
- Kablo taşıyıcıları
- Kablo kanalları
- Doğal gaz kutuları
- Sokak lamba gövdeleri
- Sayaç panoları
- Merdivenler
- Balast
- Kofralar
- Projektörler

**Denizcilik**

- Yelkenli ve motorlu tekneler
- Can flikaları
- Motor kapakları
- Şamandralar
- Can kurtaran simitleri
- Kanolar
- Su kayakları
- Dubalar - İskeleler
- Sörf tahtaları
- Deniz motorsikleti
- Sallar
- Kanolar

**Taşımacılık ve Otomotiv**

- Karayolu işaretleri
- Tampon ve çamurluklar
- Kaporta parçaları
- Frigorifik kamyon kasaları
- Makaslar
- Şaftlar
- Kamyonet kabinleri
- Rüzgar deflektörü
- Treyler gövde panelleri
- Araç kapıları ve gövde panelleri
- Traktör parçaları
- Motosiklet parçaları
- Banliyö trenleri araç koltukları ve tutamakları
- Fren ve debriyaj balataları

**Askeri Uygulamalar**

- Miğferler
- Balistik koruyucu paneller
- Konteynerler
- Taşıt araç parçaları
- İstihkam malzemeleri
- Silah ve roket parçaları
- Mayın avlama gemileri
- Sahil koruma botları
- Planörler
- Çıkartma gemileri
- Helikopter kaportaları
- Pervaneler
- Barnaklar

**Tarım / Gıda Sektörü**

- Silolar
- Sulama boruları
- Yem tesisi gereçleri
- Gıda depolama tankları
- Salamura tankları
- Balık çiftlikleri
- Çiftlik ekipmanı
- Taşıma kapları
- Pulvarizatör



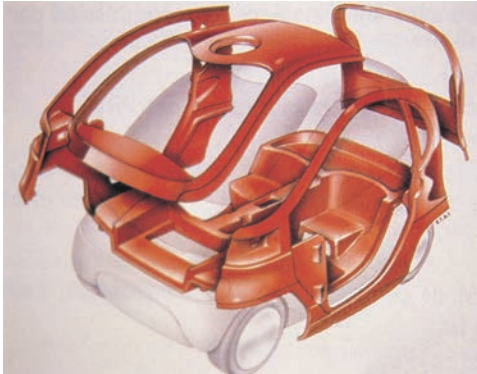
## KOMPOZİTLER NİYE TERCİH EDİLMEKTEDİR?

Kompozit ürünlerin günümüzde mühendisler, tasarımcılar, üreticiler ve yöneticiler tarafından yaygın olarak kabul görmesindeki en önemli etken sunduğu değişik performans avantajlarıdır. Kompozit malzemeler tüketiciler ve üreticilerin kullanımında çeşitli faydalar sağlamaktadır. Kompozitlerin sağlayacağı bu faydaların daha iyi anlaşılması sonucunda, tasarımcılar, mühendisler ve tasarımlarını son ürüne dönüştüren ilgili diğer meslek grupları, işlerini daha kolay ve etkin şekilde yapabilirler. Kompozit uygulamalarının üstün yanlarını şu başlıklar altında özetleyebiliriz;

**1. Yüksek Mukavemet :** Kompozitler yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemeler arasında en etkin olanlardan birisidir. Çekme, eğilme, darbe ve basınç dayanımı gibi mekanik değerlerin sağlanmasına yönelik tasarlanabilmektedirler. Geleneksel malzemelerin aksine kompozitler, bir uygulamadaki özel tasarım beklentilerine uygun mukavemet değerlerini sağlayabilmektedirler.

**2. Hafiflik :** Kompozitler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadır. Ürüne sağladığı yüksek mukavemet/hafiflik özelliği etkin bir şekilde kullanılabildiği en önemli nedenlerden biridir.

**3. Tasarım Esnekliği :** Kompozitler bir tasarımcının aklına gelebilecek her türlü karmaşık, basit, geniş, küçük, yapısal, estetik, dekoratif ya da fonksiyonel şekle sokulabilirler. Maliyet düşürme çalışmalarının yanı sıra, kompozit ürün tasarımcıları prototip üründen seri üretime geçme yönünde yeni yaklaşımları denemektedirler.



**4. Boyutsal Stabilite :** Çeşitli mekanik, çevresel baskılar altında termoset kompozit ürünler şekillerini ve işlevselliklerini korumaktadırlar. Kompozitler takviyesiz termoplastiklerin viskoelastik ve büzüşme özelliklerini sergilemezler. Isıl genleşme katsayıları daha düşüktür. Kompozitlerin sünme noktası genel olarak kırılma noktasına eşdeğerdir.

**5. Yüksek Dielektrik Direnimi :** Kompozitlerin göze çarpan elektrik yalıtım özellikleri, birçok komponent'in üretimi konusunda açık bir tercih nedenidir. Ayrıca uygulama gereği, uygun modifiye edicilerin ve katkı malzemelerinin kullanılması durumunda kompozit ürüne elektriksel iletkenlik niteliği katmak da mümkündür.

**6. Korozyon Dayanımı :** Kompozitler paslanmaz ve aşınmaz. Çeşitli kimyasal ve ısıl ortamlara dayanım sağlamak amacı ile geliştirilmiş birçok reçine sistemi mevcuttur. Uygun tasarlandığında kompozit ürünlerin en az bakımla, uzun süreli hizmet ömrüne sahip olmaları sağlanabilir.

**7. Kompozit Parçaların İmalatı :** Kompozit ürünler çelik türündeki geleneksel malzemelerde karşılaşılan "birçok parçanın birleştirilmesi ve sonradan monte edilmesi" işlemini "tek parçada kalıplama" olanağı ile ortadan kaldırırlar. Böylece üretim maliyetinin daha düşük olması ve montaj sırasında karşılaşılabilecek sorunların azaltılması sağlanmaktadır.

**8. Yüzey Uygulamaları :** Kompozit uygulamalarının çoğunda renk kalıplama sırasında ürüne kazandırılabilen ve uzun süre bakım gerektirmeden kullanılabilir. Düzgün yüzey (A sınıfı) ve düşük çekme özelliklerine sahip reçine sistemleri metalik boyama uygulamalarına uyumludur. Kalıpların uygun tasarımı ve uygun malzeme seçimi trim atıkları, zımpara ve kenar firelerinin azaltılabilmesini sağlayabilmektedir.

**9. Düşük Araç/Gereç Maliyeti :** Genel bir kural olarak seçilen kalıplama yöntemi ne olursa olsun kompozit üretimi için seçilen araç ve gereçlerin maliyeti çelik, alüminyum ve metal alaşımli geleneksel malzemelere göre daha ucuzdur.

**10. Geçmişteki Başarılı Uygulamalar :** Geçen kırkbeş yıl içinde, ellibinin üzerinde başarılı kompozit uygulaması bu ilginç malzemenin değerini ortaya koymaktadır. Daha düne kadar kompozit endüstrisinin öncüleri, kompozit malzemelerin kabul görmesini için çalışırken bugünün mühendisleri, tasarımcıları, pazarlama uzmanları son kullanım ve uygulamalarda, kompozit malzemelerin artan başarısı nedeniyle bu





tür malzemelere karşı duydukları güveni vurgulamaktadırlar. Bu uygulamalar kompozitlerin maliyet ve performans değerlerini kanıtlamaktadır.

Kompozitler ayrıca; sınırsız kalıplama boyutları, çok sayıda üretim tekniği, diğer malzemelerle uyuşma özelliği (takviye amacı ile köpük kullanımı), kendinden renklendirilme olanağı, isteğe bağlı olarak, ışık geçirgen özellikte üretilibilme olanağı gibi avantajlara da sahiptir.

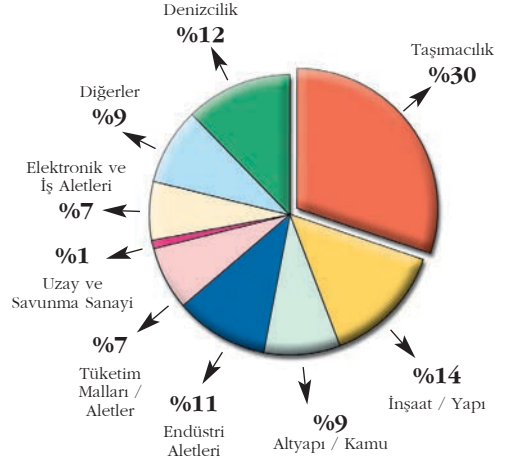
### ABD VE TÜRKİYE TAKVİYELİ PLASTİK PAZARLARINDAN KISA BİR KESİT

A.B.D dünya takviyeli kompozit tüketiminin (talebinin) yaklaşık yarısına yakın bir pazar görünümündedir. 1960 yılında 113 milyon kg olan ABD takviyeli plastik endüstrisi, 2003 yılında 2.3 milyar kg.'lık bir rakam'a ulaşmıştır. Önümüzdeki beş yıllık dönemde yıllık %4-5 arasında bir büyüme göstermesi beklenmektedir. 13.000 üretici firma sayısı ve istihdam edilen 236.000 çalışanı ile Amerikan ekonomisine 24 milyar \$'lık bir katkı sağlamaktadır. Takviyeli kompozit ürünlerin yaklaşık %90'ı cam elyafı ile takviye edilmektedir. Yine üretimin yaklaşık %75'lik bir kısmında matriks malzeme olarak doymamış polyeşter veya diğer termoset reçineler ağırlık kazanmaktadır. Poliamid, polipropilen ve PBT gibi diğer termoplastik reçineler geride kalan %25'lik kısmı oluşturmaktadır.

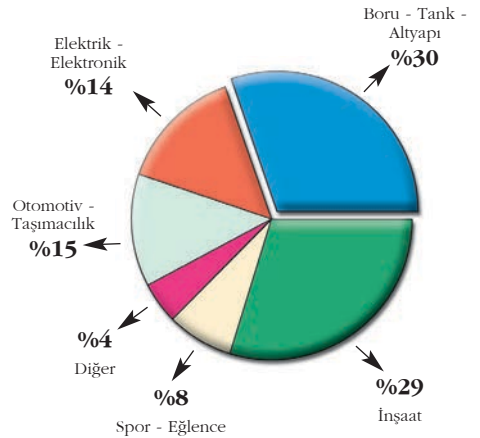
Sektörlere göre A.B.D takviyeli kompozit pazarına 693 Milyon kg. ile taşımacılık sektörünün hakim olduğunu, taşımacılık sektörünün ardından köprü ve diğer köprü bileşenleri uygulamaları ile yapı sektörünün 323.4 milyon kg ile ikinci en önemli sektör konumunda olduğunu görmekteyiz. Enerji sektörü ise, kompozit rüzgar tribünü kanatları uygulamaları ile gelecek açısından umut vericidir. Otomotiv sektörü ise 2003 yılında bir önceki yıla göre %11'lik bir büyüme göstererek, 156 milyon kg.'dan 174 milyon kg.'a ulaşmıştır. Otomotiv sektöründe takviyeli termoset tüketiminin 2005 yılında 227 milyon kg.'a ulaşması beklenmektedir ve bu büyüme trendi içerisinde SMC üretimi önem taşımaktadır.

Yurtiçi pazarı büyüme trendindedir. Dünya CTP pazarındaki gelişmelere ve ekonomik konjoktüre bağlı olarak yıllık %10-12 bir büyüme göstermektedir. Dünyada ve Avrupada

### 2003 YILI K. AMERİKA CTP PAZARI SEKTÖREL DAĞILIM



### 2003 YILI CAM TAKVİYELİ PLASTİKLERİN TÜRKİYE SEKTÖREL DAĞILIM



uygulanan çevre standartları ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak daha yüksek performansta ürünlere ihtiyaç artmakta olup, artık CTP üretimi açık kalıplamadan, makine üretimine kaymaktadır.



## GİRİŞ

Kompozit malzemeler\* pazara veya kendi iş sahanıza yeni ürünlerin tanıtımını kolaylaştıran, verimliliği arttıran, sorunlara çözüm getiren, değerli ve çok amaçlı, nadir bulunan malzemelerdir. Bununla birlikte yeni veya varolan bir ürüne, kompozit teknolojisini uygulamak ve anlamak konusunda bazı hususları bilmek gerekmektedir. Öğrenilecek yeni kavramlar zor değil, ancak önemlidir. Her yeni malzemede olduğu gibi, kompozit malzemelerle de çalışmak için, kompozit malzemelerle ilişkin temel bir bilgiye sahip olmamız gerekmektedir.

İkinci bölüm içinde reçineler, takviye malzemeleri, dolgu malzemeleri ve katkı malzemelerini kapsayan malzeme teknolojileri üzerinde durulmaktadır. Bu bölümün son kısmında ise, kompozit malzemelerin kalıplama yöntemleri ve son ürünlerin işlevsel gereksinimleri arasındaki karşılıklı ilişkiden ve bunun öneminden söz edilmektedir.

Çelik levha, alüminyum kütük veya magnezyum döküm ile yapılan kalıplamalarda ürünün şekillendirilmesi malzemenin temel özelliklerini değiştirmez. Bu durum kompozit malzemeler için mutlak değildir. Kompozit malzemelerin özellikleri ve yapısı ürün şekillendirilirken “ürüne özel” olarak belirlenebilir. Bu yönüyle kompozitler, metallere daha çok “beton” a benzemektedirler. Beton malzeme sistemleri, betonu oluşturan girdilerin ka-

## BÖLÜM 2

# KOMPOZİT MALZEMELERİ TANIYALIM

rıştırılması, sonraki aşamada katılaşması ve prizlenmesi ile elde edilmektedir.

Kompozit malzemeler çok yönlü ürün seçenekleriyle büyük faydalar sağlayan malzemelerdir. İlk tasarım ve test aşamalarına gereken özen gösterilmezse, uygun proses, malzeme seçimi ve kalite kontrol metodları üretim sırasında doğru kullanılmıyorsa, bir takım sorunların yaşanması olasıdır. Ancak bu söylediklerimizle kompozitlerin sağlayacağı faydaları daha verimli bir hale getirebilme garantisini verebilmek, uygulama-geliştirme aşamalarının değerlendirilmesi ve malzeme/proses tasarımı bilgisine sahip olmayı gerektirir. Kompozit malzemelerin ve prosesin yanlış seçilmesi maliyet/performans dezavantajı sonucunu da doğurabilir.

## REÇİNELER

Kompozitlerde kullanılan reçineler, CTP uygulamasının başarılı olması için gerekli olan önemli bir girdidir. Her bir reçine performans özellikleri, işlenebilirlik ve maliyet faktörleri dikkate alınarak üretilmekte ve pazara sunulmaktadır. Değişik reçineler arasındaki ilişkiyi anlamak, kullanıcılara kompozitlerin problem çözme, verimliliği yükseltme ya da yeni uygulamalar yaratma gücünü kullanma olanağı sağlayacaktır.

## POLİMERLERİN ESASLARI

Polimer terimi çok anlamına gelen “poli” ve bir birimi tanımlayan “mer” kelimelerinden oluşur. Monomerler birleşerek polimerleri

\* Bu kitapta, tavsiye edilen Cam Elyaf Sanayi A.Ş ürünleri ile ilgili bilgileri kitabın Ek’ler kısmında bulabilirsiniz.

oluşturan ayrı yapı taşlarıdır. Genellikle kompozitlerde kullanılan bütün polimerler karmaşık kimyasal proseslerden elde edilir. Polimerlerin dünyasına girmeden önce içerdiği kimya hakkında bilgi sahibi olmak yararlıdır. Bu malzemeleri anlayabilmek için kimyagerler gibi bir uzmanlık bilgisine sahip olmamıza gerek yoktur. Kimyagerler çeşitli kimyasal elementler için kısa işaretlemeler kullanırlar. Burada tartışacağımız plastiklerin çoğunun oluşturan önemli elementler şunlardır:

C= karbon  
H= hidrojen  
O= oksijen

Örneğin; bu kısa işaretlemeler kullanılarak, tipik bir polyester reçine şu şekilde ifade edilebilir:

H- (OOC-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-COO-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>n</sub>-OH

Böyle bir durumda parantezler içindeki yapı "n" sayısı ile gösterildiği üzere, kendini çok kez tekrar eder. Bir polimer için bu uzun bir zincir anlamındadır.

"n" değeri yüz'den büyük olabilir.

Aynı kısa işaretleme kullanılarak stiren şu şekilde gösterilebilir;

C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-CH=CH<sub>2</sub>

### TERMOSET-TERMOPLASTİK

Bölüm 1'de gördüğümüz gibi reçineler veya plastikler, termoset ve termoplastik olarak bilinen iki büyük gruba ayrılırlar. Termoplastik reçineler ısıtıldıklarında yumuşarlar ve ısıtılmış yarı sıvı haldeyken şekillendirilebilir veya kalıplanabilirler. Termoset reçineler bunun aksine ilk hallerinde genelde sıvıdır veya düşük ergime noktasındaki katılardır. Son ürüne yönelik olarak kullanıldığında termoset reçineler bir katalizörün, ısının ya da her ikisinin yardımıyla sertleşme aşamasına geçerler. Sertleşme tamamlandıktan sonra katı termoset reçineler orijinal sıvı hallerine döndürülemezler.

Termoplastik reçinelerin aksine, sertleşme reaksiyonuna giren termosetler ısıtıldıklarında ergimeyecek ve akmayacaklardır. Bir kez şekillendiğinde bir daha, yeniden şekillendirilemezler. Kompozit endüstrisi öncelikle üretim proseslerindeki farklı gereksinimler nedeniyle, termoset ve termoplastik grupları olarak ikiye ayrılmıştır. Her iki plastik türü de takviye edilebilir niteliktedir. Kompozitlerin ilk gelişmesi

termosetler alanında olmuştur. (Öncelikli cam elyafı takviyeli doymamış polyester reçineler olarak) Bununla birlikte, son zamanlarda takviyeli termoplastiklerin kullanımında da hızlı bir büyüme yaşanmaktadır. Termoplastiklerin özellikleri ve maliyet koşullarındaki olumlu gelişmelere paralel olarak bu gelişme trendinin devam etmesi beklenmektedir. Bu yüzden, kompozitlerin kullanımını tasarlayan kişilerin hem termoset hem de termoplastik polimerler konusunda tecrübeli olmaları da git-tikçe önem kazanmaktadır.

### TERMOSET REÇİNELER

Kompozit endüstrisinde kullanılan en yaygın termoset reçineler; doymamış polyesterler, epoksiler, vinilesterler, poliüretanlar ve fenoliklerdir. Bu reçineler arasında, spesifik bir uygulamaya yönelik olarak uygun malzemenin seçimi konusunda kavranması gereken bazı farklılıklar vardır.

### POLYESTER REÇİNELER

Doymamış polyester reçineler kompozit endüstrisinin lokomotif konumunda olup, kullanılan reçinelerin yaklaşık %75'ni temsil ederler. Kavramlarda meydana gelebilecek herhangi bir karışıklığı önlemek için tekstil ve giyim sanayinde de polyester elyafı olarak bilinen bir termoplastik ailesinin bulunduğu da bilinmelidir. Bu reçineler kompozit ve kompozit dışı parçaların enjeksiyon ile kalıplanmasında farklı grade'lerde kullanılmaktadır. Polyesterler, dikarboksilik asitler ve polihidrik alkollerin (glikoller) kondensasyon polimerizasyonu sonucu oluşurlar. Buna ek olarak, doymamış polyesterler dikarboksilik asit bileşeni olarak maleik anhidrit veya fumarik asit gibi doymamış bir madde içerirler. Ürün olarak alınan polimer, şebeke yapısı oluşturabilmek ve düşük vizkozitede bir sıvı elde edebilmek amacıyla stiren gibi reaktif bir monomer içinde çözülür. Bu reçine sertleştiğinde, monomer polimer üzerindeki doymamış uçlar ile reaksiyona girer ve onu bir katı termoset yapıya çevirir.

Kısaca bakılacak olursa, polyester üretimi için gerekli olan maddeler;

- (i) Bir glikol
- (ii) Bir doymamış dibazik asit
- (iii) Bir doymuş dibazik asit
- (iv) Bir reaktif monomer'dir.



Ancak polyester üretiminde bunlara ek olarak bir madde daha kullanılmak gereklidir. Bu madde **inhibitördür** ve stoklama sırasında polyesterin kendi kendine jelleşmesini önlemek için polyester üretiminden sonra ambalajlama sırasında kullanılır.

Bu maddeleri birer birer inceleyebiliriz;

### Glikoller

Genel olarak glikol seçimi, aranan özelliği sağlayacak en ucuz hammadde olarak yapılır. Glikollerin en basiti etilen glikoldür. Polyester üretiminde kullanılabilir, ancak kristalleşmeye meyil eden bir polyester ürünü verir ve stiren monomerle bağdaşmaz. Bu nedenle ya diğer glikollerle birlikte kullanılır ya da reçine içinde asetil veya propionil grubu bulunması sağlanır.

### Doymamış Asitler

Polyester içindeki **doymamış asit** polyesterin cross-link yapmasını sağlar. Kullanım oranı ne kadar yüksek ise cross-link derecesi o kadar yükselir. Ayrıca bu oranın artması yük altında deformasyon sıcaklığı (HDT)ni yükseltir. Ancak çekme dayanımı ve kırılmada uzama miktarında azalmaya neden olur. Bu oran bir de reçinenin reaktivesini etkiler, ne kadar yüksek olursa o kadar reaktif polyester elde edilir. Reaktivite ve sertleşmiş polyester özellikleri doymamış dibazik asit ile doymuş dibazik asiti belirli oranlarda karıştırarak elde edilir. Nitekim, bu yöntem tüm polyester üreticilerince kullanılmaktadır.

En çok kullanılan doymamış asit maleik asittir. (e.n.132-140°C) Genellikle düşük erime noktası nedeniyle anhidrit halinde kullanılır. (e.n.60°C) Bir diğer asit, fumarik asittir. Maleik asitin trans izomeridir. Her ne kadar polimerizasyon sırasında maleik asit belli bir miktarda fumarik asit haline dönüşüyorsa da doğrudan doğruya fumarik asit ile yapılan polyesterlerin kristalleşme eğilimi gösterdikleri, ancak daha yüksek yumaşma noktasına sahip olduğu görülmüştür.

Kloromaleik asit, itakonik asit ve sitrakonik asit gibi diğer doymamış asitler hem pahalıdır, hem de polyester üretiminde yaygın kullanımı yoktur. Ayrıca, bu tür asitlerde özellikle itakonik asitte stabilize sorunlarıyla karşılaşmıştır. Keza, kloromaleik asit %267 klor içermesine

rağmen, alev geciktiricilik için bu miktar yeterli değildir.

### Doymuş Asitler

Dibazik asit veya anhidritler için **“doymuş”** ifadesi, peroksit katalistler ile reaksiyona girecek serbest çifte bağ bulunmaması anlamını taşımaktadır. Ancak, molekül içinde aromatik halka bulunabilir. Doymamış polyester üretiminde ortoftalik anhidrit önceleri kristallenme problemlerini gidermek amacı ile kullanılmıştır. Ortoftalik anhidrit (veya diğer izomerleri anhidrit olmadığı için genellikle söylenen adıyla ftalik anhidrit) ile yapılan polyesterler berrak olmakta ve stiren monomeri ile mükemmel bir şekilde bağdaşabilmektedir. Ayrıca, ucuz ve kolay bulunabilir olması da en çok kullanılan anhidrit haline getirmiştir.

Yine çok kullanılan bir doymamış asit, izoftalik asittir. Sertleşmiş reçineye su dayanımı sağlar. Kimyasal maddelere karşı dayanım aranan polyester üretiminde kullanılır.

Diğer izomer şekli, teraftalik asittir ve polyester üretiminde kullanılır. Diğer iki izomere benzer özellikler arz eder.

Alev geciktiricilik özelliğinin polyesterlere verilebilmesi için klorlu veya bromlu asitler kullanılır. Bunların başlıcaları tetrakloroftalik anhidrit ve HET anhidrid'dir. (Hegzokloro-endo-metilen-tetrahidro ftalik anhidrid veya diğer adıyla, Klorendik anhidrid) Yanmazlık konusunda HET anhidrid yüksek klor oranı nedeniyle daha faydalıdır.

Polyesterde esneklik özelliği, doymuş dibazik asiti tamamen veya kısmen bir alifatik dibazik asit ile değiştirme ile sağlanır. Bu asitlere örnek olarak, adipik asit ve sebazik asiti gösterebiliriz. Bu tür esnek reçineler genellikle es-

#### Glikoller

Propilen glikol  
Etilen glikol  
Dipropilen glikol  
Dietilen glikol  
Neopentil glikol

Propoksile Bisfenol

#### Katkıları

Suya ve kimyasallara dayanım sağlamak  
Düşük maliyet, rijitlik sağlamak  
Esneklik, sertlik sağlamak  
Esneklik, sertlik sağlamak  
Ultraviyole ışınlarla, suya ve kimyasallara dayanım sağlamak  
Suya ve kimyasallara dayanım sağlamak

#### Asitler

Ftalik anhidrit  
Maleik anhidrit  
Adipik asit  
İzoftalik asit  
Teraftalik asit

#### Katkıları

Düşük maliyet, stirenle uygunluk sağlamak  
Doymamışlık sağlamak  
Esneklik,sertlik sağlamak  
Yüksek ısı, eğilme sıcaklığı, suya ve kimyasallara yüksek dayanım sağlamak  
Yüksek ısı, eğilme noktası sıcaklığı, suya ve kimyasallara yüksek dayanım sağlamak

neklik sağlamak amacıyla konvansiyonel reçinelerle katılırlar. Tek başına bu tür reçinelerin kullanımı çok sınırlıdır.

Polyester reçinelerin üretiminde kullanılan çeşitli asitler ve glikoller mevcuttur. Yaygın olanlarından bazıları ve kullanım amaçları sayfa 16'daki tabloda belirtilmiştir.

### Monomerler

Monomerler iki amaçla kullanılır:

- (i) Reçinenin viskozitesini düşürecek şekilde bir çözücü fonksiyon göstermesi.
- (ii) Polyester zincirlerinin cross-link ile birbirine bağlanmasını sağlaması.

Bu amaçla düşük viskozitesi, düşük fiyatı ve kolay bulunabilirliği nedeniyle en çok kullanılan monomer, stiren'dir. Bir diğer monomer, daha berrak ve ultraviyole stabilitesi aranan reçinelerde kullanılan metil metakrilat ve n-bütül metakrilat'dır. Bu tür reçineler ışık geçiren levha üretiminde ve çatı ışıklığı üretiminde "E" camı ile aynı kırılma indisine sahip oldukları için kullanılır.

Diğer bazı monomerler ve kullanım amaçlarını şöyle sıralayabiliriz;

Diallil ftalat, özellikle sıcak pres üretiminde kullanılacak polyeesterlerde kullanılır; oda sıcaklığında sertleşme yapmaz.

Bünyesinde metil stiren bulunan reçineler hem daha esnek, hem de düşük çekmeli olmaktadır.

Bünyesinde dikloro stiren veya dibromo stiren gibi halojinli monomerler bulunan reçineler, belli oranda alev geciktirici özellik gösterirler; ancak bu monomerler çok pahalıdır.

Yanmazlık özelliğini en iyi sağlayan monomer, diallil benzen sülfonat'dır. Ayrıca polyeesterin diğer özelliklerini de etkilemez. Fiyatının çok yüksek olması kullanımını sınırlamaktadır. Isıya dayanıklı polyeester üretiminde triallil siyanürat da kullanılabilir.

### İnhibitörler

Polyester polimeri monomer içinde çözüldüğü zaman, oda sıcaklığında katalizör olmaksızın jelleşmeye başlar. Bu sakıncaçı gidermek ve polyeestere makul bir ömür kazandırmak amacıyla bir inhibitör katılır. Bu işlem normal koşullarda polikondensasyon reaksiyonundan sonra ve monomer içinde çözülmeden önce yapılır.

İnhibitörler genellikle redükleyici kimyasal maddelerdir ve serbest radikalleri hidrojen atomu vererek absorblarlar, böylece reçinenin

polimerizasyonunu önlerler. Ancak devreye girecek yeni serbest radikaller reçinenin jelleşmesini başlatabilir.

Hızlandırıcısı katılmış bir polyeestere peroksit katalizör katıldığı zaman meydana gelen olay, ilk önce inhibitörün nötralize edilmesidir. Jelleşme süresini geciktirmek için kullanılan bu yöntemle belli bir süre reçinenin aktif olması önlenir. Ancak nötralizasyon tamamlandıktan sonra polimerizasyon başlar. Bazı hallerde oldukça uzun bir jelleşme süresi, ancak kısa bir sertleşme süresi arzu edilebilir. Bu gibi durumlarda ayrıca başka bir inhibitör kullanılması mümkündür.

Kullanılan başlıca inhibitörler hidrokinon, t-bütül katekol ve sübtitüe benzokinonlardır. Kullanım mertebeleri % 0.01- 0.03'dür. Ancak bu merete reçinenin cinsine veya tropikal iklimde kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişir. Uygulamada optimum stabiliteyi ve optimum reaktiviteyi sağlayacak miktarda inhibitör kullanılır.

Ayrıca inhibitör kullanılması istendiğinde, seyreltik çözeltiler kullanılmalıdır. Örneğin %1'lik inhibitör çözeltilisinden %1 oranında katılırsa, %0.01'lik mertebeye ulaşılır ve böyle bir ilave sonucu jelleşme süresi 18 dakikadan 50 dakikaya yükseltilebilir.

*Polyester reçineleri meydana getiren bu katkılara 5. Bölüm / Atölye bilgileri / CTP Üretim Tekniğinin Anlaşılması başlığı altında da değinilmiştir.*

Polyester reçineler istenilen spesifikasyonların elde edilmesi ve hangi kalıplama yöntemiyle uyumlu olması isteniyorsa ona göre formüle edilirler. Polyeesterler çok yönlü oldukları için ve polimer zincirlerinin oluşumu sırasında modifiye edilebilme ve biçimlendirilebilme olanağı sayesinde kompozit endüstrisinin hemen hemen bütün bölümlerinde sınırsız kullanım alanına sahip olduğu görülmektedir. Bu tür reçinelerin en büyük avantajı mekanik, kimyasal ve elektriksel özellikler, boyutsal stabilite, maliyet ve kullanım kolaylığı gibi özellikleri arasındaki gedenen ileri gelmektedir. Doymamış polyeesterler temel yapı taşlarındaki özelliklere göre sınıflara ayrılırlar. Örneğin; Ortoftalik ("orto"), izoftalik ("izo"), disiklopentadiyen ("DCPD") ve bisfenolik (Bisfenol A) reçineler gibi. Buna ek olarak polyeester reçineler genel amaçlı ya da özellikli polyeesterler adı altında kullanım amacına göre de sınıflandırılırlar.

**GENEL AMAÇLI POLYESTERLER (GA)**

“Genel amaçlı” terimi belirli bir polyester reçi-ne sınıflaması belirtmez. Onun yerine nispe-ten düşük maliyetli, yeterli mekanik ve elekt-rik performansı sunan ürünler ve gayet iyi bi-linen proses/imalat karakteristikleri, GA pol-yesterleri tanımlamaktadır. Hemen hemen büt-ün ortoftalik ve DCPD reçineleri ile bazı izof-talik reçineler bu GA grubuna girerler.

Genellikle GA polyesterler orta ya da düşük vizkoziteli olarak üretilirler ve sadece katalist ve hızlandırıcı eklenmesine gereksinim duyar-lar. GA polyesterler, dolgu ve katkı malzeme-

leriyle birlikte kullanılarak işlenebilir bir reçi-ne sistemini tamamlamaktadır. Yüksek mali-yetli, üstün performans beklenmeyen uygula-malar hariç GA polyesterler; tekneler, kamyon parçaları, mobilyalar, küvet ve duş teknelerini kapsayan geniş bir yelpazede açık kalıplama yöntemi ile (el yatırması/püskürtme v.b) üre-tilen son ürünlerde kullanılmaktadır. Aşağı-daki tablo, polyester reçinelerin farklı çeşitle-rini karşılaştırmamıza yardımcı olmaktadır. Ayrıca reçineler bölümünde Cam Elyaf Sanayi A.Ş.’nin kullanımını tavsiye ettiği ürünlere ait ürün kodları parentez içerisinde belirtilmiştir.

Sertleşmiş Reçine Özellikleri

Polyester türü	Performans özellikleri	Son kullanım alanları
Hassas Profil	Düzensiz yüzey görünümü	Dış otomotiv parçaları
Kimyasal dayanım	Mükemmel asit dayanımı	Boru, tanklar, kanal yardımcı malzemeleri
Alev dayanımı	Alevin çabuk sönmesi / Düşük duman çıkışı	İnşaat levhaları, elektrik ürünleri, duş tekneleri
Elektriksel	Yüksek dielektrik direnci, yüksek ısı dayanımı	Elektrik kutuları, elektrik direkleri,kablo taşıyıcılar, çubuklar
Yük altında deformasyon	Yüksek ısılarda düşük sapma	Pultrüzyon, çubuklar, mikrodalga fırınlar için tabaklar
Hava koşullarına ve ışığa dayanım	İyi kararlılık ve UV dayanımı	Işık geçirgen paneller, mimari parçalar
Düşük Çekme	Kalın cidarlarda boyutsal stabilite	Karmaşık şekilli parçalar
Esneklik/Yarı rijitlik	Daha yüksek darbe direnci	Spor ürünleri, hasar görebilecek ürünler
Genel amaçlı	Düşük maliyet, yeterli performans	Tekneler, koltuklar, genel ürünler, makine kapakları

Proses Karakteristikleri

Tiktotropik	Dik yüzeylerde akmayı veya süzülme-yi önler	Tekneler,havuzlar,banyo küveti, duş teknesi
Hava teması ile kuruma	Oda sıcaklığında sertleşme	Açık kalıp ürünleri, havuzlar, banyo küvetleri v.s
Ekolojik	Monomer buharlaşmasını / uçmasını azaltmaktadır.	Tesisat bağlantıları, Tekneler, kamyon ön paneli
Hızlı sertleşme	Çatlama olmaksızın hızlı sertleşme	Otomotiv, elektrik
Isı dayanımı	Ürünler sıcakken kalıptan kolayca çıkartılabilir.	Konteynerler, motor / makine kapakları, tablalar
Düşük ekzoterm	Kabarcık oluşturmama, sertleşirken düşük ısı çıkışı, kalın cidarlı parça üretimi	Elektronik, balistik ve döküm parçalar
Uzatılmış raf ömrü	Homojen dağılım	Geniş yüzeyli karmaşık kalıplama
Düşük vizkosite	İyi penetrasyon	RTM parçaları
Vizkositesi yükseltilebilen	SMC / BMC içindeki kimyasal vizkosite arttırıcılar ile reaksiyona girer	Pres ve enjeksiyon tekniği ile kalıplanmış parçalar

Tablo 2.1: Farklı Polyester türleri karşılaştırması

Not: Polyester reçinelerin, monomerlerin ve reçine bileşenlerinin (dolgu ve katkıları) çeşitliliği sayesinde, özel amaçlara uygun olarak seçilen bir kombinasyon oluşturulabilir.

## ÖZEL AMAÇLI POLYESTERLER

Polyesterler, geniş bir yelpazedeki uygulamaların gereklerini karşılamak üzere kimyasal bir proses ile üretilmekte olduğu için, özel amaçlı uygulamalara uygun özel polyester çeşitleri bulunmaktadır.

Özel amaçlı polyesterlere\* örnek şunlardır :

- Esneklik Kazandıran Polyesterler (Cam Elyaf San. A.Ş CE 511 ürünü)
- Kimyasal Dayanımlı Polyesterler (Cam Elyaf San. A.Ş CE 266 N 12)
- Isı Altında Yük Dirençli Polyesterler (Cam Elyaf San. A.Ş CE 266 N 12 , CE 67 HV 4 ürünleri)
- Alev Geciktirici Polyesterler (Cam Elyaf San. A.Ş CE 501 ürünleri)
- Işık Geçirgen Levha Polyesterleri (Cam Elyaf San. A.Ş CE 53 N 4, CE 55, ürünleri)
- SMC/BMC için Düşük Çekmeli Hassas Profil Polyesteri (Cam Elyaf San. A.Ş CE 227 ürünleri)

Özel amaçlı polyesterler, genellikle polimerin kimyasal yapısından dolayı yüksek performans değerlerine ulaşmaktadırlar. Dolgu malzemelerinin veya katkıların uygun kullanımı da alev dayanımı, yorulma dayanımı veya kimyasallara karşı dayanıklılık gibi özellikleri arttırabilir. Özel amaçlı polyesterlere ait parametreler, karşılıklı etkileşim içerisindeyler. Kimyasal dayanım gibi bir parametrede meydana gelen artış, ısı dayanımı gibi bir başka parametreyi de arttırabilir. Örneğin, Bisfenol A, daha geniş bir kimyasal dayanım sağlamak ve daha yüksek sıcaklıklara dayanım sağlamak amacı ile CTP üretiminde kullanılmaktadır.

Stiren katkı polyester reçineler kullanımı kolaylığı ve sertleşme mekanizması açısından önem taşımaktadır. Sertleşme, polyester içindeki doymamış uç ile stiren monomer arasındaki bir kopolimerizasyon reaksiyonundan ibarettir. Bu reaksiyon polyester zincirlerinin stiren monomer ile bir şebeke bağ yapmasıyla sonuçlanır.

Polyester reçinelerin sertleşme mekanizması epoksi, üretan veya fenolik reçinelerin sertleşme mekanizmasından tamamen farklıdır. Çoğu epoksinin ve ürethanın katalizör sistemi katıldığı anda vizkozitesi yükselmeye başlar ve

sertleşme tamamlanana kadar yükselmeye devam eder.

Polyester reçineler, önce çok düşük bir vizkozite artışı ve sıcaklık değişikliği göstererek spesifik bir çalışma süresi (jelleşme süresi) sağlarlar. Jelleşme, ilk baştaki doymamış uçların %5'inden daha azının reaksiyona girmesiyle başlar ve tam sertleşme bundan kısa süre sonra gerçekleşir.

Polyester reçine seçimi için Tablo 2.1 verilmiştir. Polyester reçineler üzerine daha fazla bilgi edinmek için literatüre veya Cam Elyaf Sanayi A.Ş ürün kataloğuna başvurabilirsiniz. Polyester üreticileri, spesifik son ürün uygulamalarının ihtiyaçlarına cevap verebilecek, gerekli özelliklere sahip reçineleri sağlamakta istekli ve yetenekli olduklarını kanıtlamışlardır. Bu reçineler, istenilen özellikleri sağlayacak ve prosese uygun olabilecek şekilde formüle edilerek üretilebilirler.

Ticari amaçlı üretilen özel amaçlı polyesterlerin bazılarında değinecek olursak;

### Alev Geciktirici Reçineler

Yangın ihtimalinin bulunduğu birçok inşaat ve nakliye uygulamaları için alev geciktirici polyester reçineler kullanılmaktadır. Polyester reçinelerin alev geciktiriciliği değişik değerlerde olduğu için bu konuda, ilerdeki bölümlerde değineceğimiz birçok standart ve spesifikasyon geliştirilmiştir.

Alev geciktirici polyester üretimi için değişik maddeler kullanılabilir;

- a) Klorlu veya bromlu bir monomer
- b) Kromlu veya bromlu bir glikol
- c) Klorlu veya bromlu bir asit  
(Doymuş, doymamış veya karışımı)
- d) Diğer alev geciktirici monomerler

Alev geciktirici özellik katmak için ayrıca, klorlu hidrokarbonlar, trikloro etil fosfat veya brom içeren bileşikler de polyester molekülüne katılabilir. Bütün bu maddelerin vermiş olduğu alev geciktiricilik özelliği birbirinden farklıdır. Kullanım özelliğine ve aranan yanmazlık derecesine bağlı olarak reçine seçimi yapılmalıdır.

Alev geciktiricilik özelliğini yükseltmek amacıyla, holojen içeren polyesterlere antimon trioksit ilave edilebilir. Ancak bu durumda, polyester şeffaflığını kaybeder. Aynı şekilde alüminyum hidroksit ve çinko borat da kullanılabilir.

CTP laminatlarda reçine/cam

\* Belirtilen Cam Elyaf Sanayi A.Ş ürünleri birden fazla özelliğe sahip olmakla birlikte, daha önem kazanan özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.

oranı yanıcılığı etkileyen bir faktördür. Cam oranı ne kadar yüksek olursa, yanıcılık da o kadar azalmaktadır.

### **Stiren Buharlaşması Az Olan Reçineler**

Dünyada birçok ülkede çalışanların sağlığının korunması açısından, atölyelerde stiren buharının belirli sınırlar içerisinde kalması zorunluluğu konmuş bulunmaktadır. Bu sınır genellikle 100 ppm (420 mg/m<sup>3</sup>) mertebesindedir. Bu sınırlamalar sonucu stiren buharlaşması az olan reçinelere rağbet artmıştır.

Böyle bir polyeşterin sağlanması üç yoldan mümkündür;

- (i) Daha az uçucu monomerler kullanmak,
- (ii) Polyester içindeki stiren oranını azaltmak,
- (iii) Film oluşturan veya polyeşterle bağdaşmayan diğer katkıların kullanılması.

Değişik bir monomer kullanılması gerçekçi bir çözüm olamamaktadır. Çünkü, monomerler içinde en ucuzu stiren'dir ve çoğu monomer buharları en az stiren kadar zararlıdır.

Polyester içindeki stiren oranının %42'den %35'e düşürülmesi halinde, buharlaşma oranında büyük bir azalma olduğu, deneyler sonucu görülmüştür. Bu durumda viskozite büyük ölçüde artış göstermektedir. Bu sakıncayı önlemek için polyeşter molekülleri küçük tutulabilir ancak, böyle bir polyeşterin de mekanik özelliklerinde düşüş görülür. Tüm bu avantaj ve dezavantajlar dikkate alınarak optimum bir mertebeye varılmalıdır.

Stiren buharlaşmasını önlemek için en çok kullanılan yöntem, reçine içine film oluşturan bir madde katmaktır. Bu madde reçine ile bağdaşmaz ve sertleşme sırasında dışa atılarak, laminat yüzeyinde film tabakası oluşur. Böylece stiren buharlaşması önlenmiş olur.

Vaks türü katkı maddeleri bu tür bir uygulama-

da sonuç vermekle birlikte, özellikle kalın laminat uygulamalarında, tabakalar arasında ayırıcı oluşturma tehlikesini de getirmekte ancak, bir darbe sonucu tabakaların ayrılmasından sonra bu sakınca belirgin hale gelmektedir. Bu sakıncayı önleyici katkı maddeleri de geliştirilmiştir. Her türlü el yatırması ve püskürtme uygulamalarında havalandırma ihmal edilmemelidir.

### **Düşük Çekmeli Reçineler**

Son 15 yıldan bu yana düşük çekmeli polyeşterler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Normal olarak bünyesinde %35 stiren içeren doymamış polyester reçinelerde, %8'e varan bir çekme görülmektedir. Bu çekme sonucu istenmeyen yüzey bozuklukları görülmektedir. Çekme miktarını azaltmak için stiren yerine vinil toluen veya t-butil stiren kullanılması halinde viskozite yükselmekte ve bazı bağdaşmazlıklar görülmektedir.

Çekme sorununu çözümlenmek amacıyla, genellikle termoplastik ilavesi kullanılmaktadır. Bu konuda, 39 firmaya ait 116 patentin var olduğunu söylemek, konunun geniş boyutunu ve henüz tam çözüme ulaşamamış olduğunu göstermektedir.

Düşük çekme konusunda en çok kullanılan ilave maddeler şöyle sıralanabilir; Polivinil asetat homopolimer ve kopolimerleri, Polikaprolaktam selüloz asetat bütirat ve akrilik polimerler.

Düşük çekme mekanizması ile ilgili bir teori, termoplastik moleküllerin doymamış polyeşterin sertleşmesi sırasında yarattığı boşlukları, küçük kürecikler halinde doldurduğunu ileri sürmektedir.

Bir diğer teori, bu



boşlukların termoplastik moleküllerin sıcaklıkta genişlemesi sonucu oluştuğunu ve soğuma sırasında boşlukların dolu olarak kaldığını ileri sürmektedir.

Teori ne olursa olsun, polyester içine katılan bu maddeler, çoğunlukla tam bağdaşma meydana getirmedikleri için, kullanım oranı %10-20 mertebesinde aşmamaktadır.

Ayrıca, renklendirilememe, boya tutmama, yüzeyde boşluklar olması gibi birçok problemleri olan bu tür reçineler oda sıcaklığında çalışmaya uygun değildir; ancak, sıcak pres çalışmalarında kullanılabilir.

### Esnek Reçineler

Esnek reçineler sertleşme süresi tamamlandıktan sonra bile, yumuşak, lastik gibi olan reçinelerdir. Doymuş asit yerine adipik veya sebasik asit gibi, dibazik alifatik asit kullanılarak üretilir. Bu tür reçinelerde kimyasal dayanım büyük ölçüde düşer ve su absorpsiyonu çok miktarda artar.

Başlıca kullanım alanı, esnekliği ve darbe dayanımını arttırmak üzere diğer elyaf tipi reçinelere ve döküm tipi reçinelere katılmasıdır.

### Hazır Kalıplama Bileşimleri İçin Reçineler

HKB üretimi için değişik tür reçineler kullanılabilir. Önemli olan husus çok miktarda dolgu kabul edebilmesi, bu dolgu miktarına rağmen cam elyafını ıslatabilmesi, katalist ile birlikte uzun süre reaksiyona girmeden kalabilmesi, yüksek ısıda çabuk sertleşebilmesidir. Bu amaçla kullanılan reçinelerde genellikle düşük çekme sağlayan katkı maddeleri bulunur. HKB hamurunun yapılması için her şeyden önce az uçan monomer kullanılmalıdır. Bu monomer genellikle diallil ftalat'dır. Cam elyafı, aseton içinde çözülmüş reçine ile ıslatılır, asetonun uçması beklenir ve hamur elde edilmiş olur.

### İşıklı Sertleşen Reçineler

Doymamış polyester içerisine özel bir katalizör katılarak, yalnızca ışık altında sertleşmesi sağlanabilmektedir. Genellikle ışık geçirgen levha üretiminde kullanılan bu tür reçineler %0.5 oranını geçmemek kaydıyla pigment de katılabilir. Bu tür reçinelerin avantajları şöyle sıralanabilir;

- (i) Kullanıcı tarafından ayrıca katalizör ilave edilmesi gerekmediğinden, karıştırma ve ölçme hataları olmaz.
- (ii) Reçine fırça üzerinde donmaz, dolayısı ile temizlik kolaydır.

- (iii) Özellikle kuvvetli ışık kaynağına tutulmadıkça sertleşme olmayacağından istenilen yerlere fazladan reçine uygulama olanağını verir.

### Döküm Reçineleri

Polyester reçineler düğme üretiminde büyük ölçüde kullanılır. Kabartma desenli düğmeler için silikon kauçuğu veya esnek PVC kalıplar kullanılır. Sonradan işlenecek düğmeler için ise, savurma döküm tekniği ile polyester levha dökülür ve tam sertleşmeden özel kesme bıçaklarıyla kesilir.

Döküm için ayrıca şeffaf, renksiz polyesterler kullanılır. Bu amaçla kullanılan reçinelerin düşük viskoziteli ve hava kabarcığı bırakmayan türden olması istenir. Döküm parçalar içine küçük süs eşyaları gömülmek istenirse, bu parçaların rutubetsiz olması gereklidir. Aksi takdirde döküm polyester içinde bulanıklık oluşturur. Ayrıca, bu parçaların 5-10 dakika aseton içerisine daldırıldıktan sonra polyester banyosundan geçirilmesi ve ondan sonra gömülmesi tavsiye edilir.

Sunî mermerlerin yapımında da döküm tipi polyester kullanılmaktadır.

### Köpük Polyester Reçineler

Son zamanlarda geliştirilen bir yöntemle, elde edilen polyester köpük diğer köpük maddelerin gösterdiği özelliklere sahip olmakla birlikte, üretimi diğerleri kadar kolay değildir. Köpük polyester üretim prosesinde, reçine sistemi içine bir özel hızlandırıcı ve organik karbonik asit türevi katılarak karbondioksit çıkışı sağlanır. Katalizör olarak ve sertleşme reaksiyonları ayrı ayrı yürür. Jelleşmeden önce 3 mm. yüksekliğe kadar kontrol edilebilir. Köpürme süresi 30 saniye ile 15 dakika arasında kontrol altında tutulabilir.

Açık hücre yapısı sayesinde su buharı geçirgenliği vardır. Dolgu ve cam takviyesi kabul eder. Hafif sandviç panel üretiminde, ısı ve ses izolasyonunda kullanılabilir. Mekanik özellikleri yoğunluğuna ve cam takviyesi oranına bağlı olarak değişmektedir.

## JELKOTLAR

Jelkotlar bir kompozit parçaya estetik açıdan güzel bir görünüm sağlamak ve dış etkenlerden korumak amacıyla kalıp içinde uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Geniş bir yelpazedeki ürün ihtiyaçlarına cevap vermek üzere tasarlanmıştır. Çizilmeye ve hava koşullarına



dayanım sağlamak, ozmoz etkisini azaltmak gibi dış etkenlere karşı direnç sağlanması öngörülerek geliştirilmiştir. Jelkot uygulaması yapılmış kompozit parçalarının son kullanım alanları denizcilik sektöründen, hijyenik amaçlı uygulamalara kadar uzanan değişik bir yelpazeyi kapsamaktadır.

Kalıp yüzeyinde bir tabaka oluşturacak şekilde uygulanan jelkotun, sertleşmeye başladığı anda (ancak tam sertleşme tamamlanmadan önce) cam elyafı ve polyeester reçineden oluşan bir laminat jelkot tabakası üzerine takviye amaçlı olarak uygulanmaktadır.

Jelkotların hava koşullarına dayanımları ve sağlamlıkları onları denizcilik uygulamaları için ideal kılmaktadır. (CE İzo NPG Fırça jelkot, CE İzo NPG Fırça jelkot-UV, CE İzo NPG Püskürtme jelkot, CE Ortaftalık Fırça jelkot)

Jelkotlar termoset reçine sistemlerinin çeşitliliği içinde, şeffaf ve pigmentli formülasyonlar halinde satılmaktadır. Renk belirleme, renk kalite kontrolü artık spektrofotometreler ve renk tespit eden bilgisayar programları ile yapılmaktadır. Jelkot üreticileri kompozit parça üreticisinin beklentileriyle en iyi uyuşacak jelkot tipini seçerek üretirler.

Jelkotlar sekiz temel kimyasal bileşen grubunun bir araya getirilmesi ile üretilirler. Seçilen reçineye ek olarak jelkotlar aynı zamanda pigmentler, hızlandırıcılar, tiksotropik ve plastifiyan maddeler, dolgu malzemeleri, inhibitörler, monomerler ve muhtelif katkı malzemeleri içerirler.

### Reçine Tipi

Bir jelkot formülü için seçilen reçine çeşidi, kompozit parçanın kullanım amacına bağlıdır. Kompozit endüstrisinde genel olarak izoftalik (İzo) (CE 266 N12, CE 66 N4) ve izo/neopentil glikol (CE 67 HV 4) ve ortoftalik (CE 92 N8, CE 188 N8, CE BV 8)



reçineleri kullanılmaktadır. Esnek tip, alev geciktirici tip, kalıp tipi, kimyasal dayanımlı tip, vinil ester ve başka özel amaçlı reçinelerden de jelkot üretiminde yararlanılmaktadır.

### Pigment Seçimi

Pigment seçimi jelkot üretiminde önemli bir girdidir. Doğru pigment seçimi opaklığa, hava koşullarına ve ufalanma etkisine karşı en uygun dayanımın elde edilmesi açısından önemlidir. Jelkot üreticileri jelkot üretimlerini

resmi standartlarla uyandırmak ve daha fazla çevre dostu olabilmek için kurşun ve krom-bazlı pigment kullanımından kaçınılmaktadırlar.

### Tiksotropi Sağlayıcılar

Tiksotropik maddeler düşük ağırlıktaki katkılarıdır. (genellikle silika ve organik killer) Tiksotropik maddeler jelkotun püskürtülmesi sırasında akmasını ve daha sonra sertleşme sırasında da kalıp dik yüzeylerinden sarkmasını engeller.

### Hızlandırıcılar ve İnhibitörler

İnhibitörler ve hızlandırıcılar jelkotların jelleşme ve sertleşme süresini etkiler. Jelkot üreticisi böylece el yatırma prosesi için öngörülen gerekli çalışma süresini ayarlama olanağına sahip olur.

### Monomer ve Dolgular

Stiren monomer vizkositeyi ayarlamak ve sistemi kolay çalışılabilir hale getirmek için çoğu jelkot formülasyonu içinde yer alan öncelikli maddelerden biridir. Dolgular, tiksotropik maddeler ve dispersiyon oluşturuucu maddelerle birlikte çalışan minerallerdir. Jelkot vizkositesini ve formüldeki pigment oranını (suspension) kontrol etmeye, opaklığı geliştirmeye, hidrolik stabiliteyi arttırmaya yardımcı olmaktadır.

### Diğer Katkılar

Spesifik performans özelliklerini elde etmek için jelkotlarda kullanılan daha bir çok katkı maddesi vardır. Seçilen pigmentlerin performansını arttırmak için ıslatıcılar kullanılır. UV ışımalarının jelkot tabakası üzerindeki zararlı etkilerini geciktirmek üzere ultra viole (UV) emiciler kullanılmaktadır. Yüzey gerilimi sorunlarının üstesinden gelmek ve jelkot tabakası sertleşirken hava çıkışını düzenlemek üzere başka katkılar seçilebilir. Kendinden renkli ürünler talep edildiğinde jelkot uygulanmış kompozit parçalar tercih edilmektedir. Denizcilik, sıhhi tesisat, döküm endüstrileri, jelkot uygulanmış kompozit parçalarının yaygın olarak kullanıldığı ve kabul gördüğü alanlara üç örnektir.

## EPOKSİ REÇİNE

Epoksi reçineler geniş bir yelpazedeki kompozit parçaların üretiminde en yaygın kullanıma sahip reçinelerden biridir. Farklı performans düzeylerine sahip bir dizi ürün elde et-

mek için reçinenin yapısı geliştirilebilir. Epoksi reçineler, spesifik performans özellikleri sağlamak üzere değişik şekillerde formüle edilebilirler veya diğer epoksi reçinelerle karıştırılabilirler. Epoksi reçineleri, her molekülde iki veya daha fazla epoksi grubunu

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} - \text{C} \end{array}$  - veya daha genel tanımlamada glisidil gruplarını

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} - \text{CH} - \text{CH}_2 \end{array}$  ihtiva eden maddelerdir.

Aynı terimler sertleşmiş maddelerin tanımlanmasında da kullanılır.

Proses gereklerini yerine getirmek için uygun sertleştirici ve/veya sertleştirici sistemi seçilerek sertleşme hızları kontrol altında tutulabilir. Genellikle epoksi reçineler, bir anhidrit veya bir amin sertleştirici eklendiğinde sertleşme reaksiyonuna girer. Her sertleştirici farklı bir sertleşme profili gösterir ve son ürün'e farklı özellikler katar. Tipik sertleşme maddeleri birinci ve ikinci derece aminler, poliaminler ve organik anhidritlerdir. Bu maddeler reçineye stokiometrik oranlarda eklenir ve sertleşme için ısı gerektirir. Kullanılan diğer sertleşme maddeleri arasında bor triflorid kompleksleri gibi katalitik sertleşme maddeleri de bulunur. Bu maddeler katalitik miktarlarda kullanılır, az bir ısıya veya ısı sertleşmesine ihtiyaç gösterirler.

Sertleşme sırasında hiçbir yan ürün meydana gelmez. Sonuçta çıkan sertleşmiş reçine genellikle mükemmel kimyasal, mekanik ve elektrik özellikleri olan sert termoset maddelerdir.

Epoksi reçineler öncelikle üstün mekanik özellikleri, koroziv sıvılara ve ortamlara dayanımı, üstün elektriksel özellikleri, yüksek ısı derecelerine dayanım veya bu değerlerin bir kombinasyonu olarak yüksek performanslı kompozit ürünlerinin üretimi amacı ile kullanılmaktadır. Epoksi reçineler laminat ve döküm uygulamalarında kaplama, yer döşemesi ve yapıstırıcı olarak kullanılır.

Birçok uygulamada doğrudan reçine ile sertleştirici maddenin kullanımı hemen kullanılabilir uygun ürün verir. Diğer uygulamalar için esas formülasyonda işleme, mekanik ve sertleşme özelliklerini geliştirmek için bazı modifikasyonlar yapmak gerekebilir. Bu modifikasyonlar seyrelticiler, pigmentler, dolgu ve katkı maddeleri, alev geciktiriciler ve hızlandırıcıların eklenmesiyle elde edilir.

Epoksi reçineler genellikle üstün performanslı fakat daha yüksek maliyetteki reçine sistemlerinin kullanımını öngören kritik uygulamalarda tercih edilmektedir. Epoksi reçineler de-

nizcilik, otomotiv, elektrik/elektronik ve diğer çeşitli sektörlerdeki kompozit parçalarının üretiminde performans faktörünün maliyet faktöründen daha önemli olduğu uygulamalarda kullanılmaktadır. Ancak, epoksi reçinenin vizkozitesinin çoğu polyster reçineninkinden yüksek olması ve üstün mekanik özellikler elde etmek için post kür gerektirmesi nedeniyle epoksilerin kullanımı zordur.

Epoksi reçinelerin diğer polysterlere göre sağladığı yararların başında sertleşme sırasındaki düşük çekme özelliği gelir. Bu genelde %1-2'dir. Fakat dolgu maddeleri ile sınırlanabilir. Epoksi reçineler, epoksi ekvalant ağırlıkları veya epoksi moleküler kütleyle (EMM) sınıflandırılır. Bu bir epoksi grubunu ihtiva eden reçinenin gram cinsinden ekvalant ağırlığıdır.

Alternatif olarak bu epoksi miktarı olarak belirtilebilir. Her kilogram başına reçinenin ekvalant sayısı olarak. Epoksi ekvalantı veya 500 EMM aynı olup, 2.0 epoksi miktarına tekabül eder. Epoksi ekvalantı reçinenin uygun solventle direkt titrasyonu ile elde edilir. Bu titrasyon uygun solventle hidrobromik asit veya perklorik asitle yapılar, indikatör olarak da kristal metil viyole kullanılır.

Laminat uygulamaları için kullanılan reçineler iki sınıfa ayrılır;

- Sıvı reçineler-ıslak yatarma ve yan uygulamalarda kullanılır.
- Düşük molekül ağırlıklı katı reçineler-"prepreg" yapımında solüsyon olarak kullanılır.

Modifiye edilmemiş bisfenol A reçineleri (bisfenol A'nın diglisidil eteri-DGEBA) genellikle ıslak yatarma sistemlerinde ısıyla sertleştirmek için kullanılır.

Bunlar aminle sertleştirildiklerinde, diamindifenilmetan (DDM) gibi, 150°C'nin üstünde ısı defleksiyonu ısıyla mükemmel mekanik ve elektriksel özelliklere sahip olurlar. Kimyasal dayanımları da çok iyidir. Uygulamalarda bazik reçinenin vizkozitesi çok yüksek olduğundan viskoziteyi düşürmek için seyrelticiler eklenir. Bu ayrıca sertleşme ısını etkileyip, sistemin akışkanlığını artırır.

Isıyla sertleşen epoksi reçine sistemlerinin çoğunun ısı defleksiyon derecesi 50°C'nin üstündedir. Bu ısı, "post cure" de yükseltilebilir. Genelde laminat uygulanırken yapılır. Elektrik laminatları için kullanılan reçineler kullanılan tekniğe (ıslak yatarma, prepreg tekniği) göre sıvı veya katı haldedir. "Prepreg" üretimi için sıvı reçine, EMM 190-



250 veya düşük molekül ağırlıklı katı reçine, EMM 450-900 kullanılır. Bunlar prepreglere yapışkan olmayan yüzeyler sağlar. Alev geciktirici laminatlar, genelde bromlu reçineden hazırlanır.

Epoksi reçineler cam, karbon ve aramid olmak üzere çeşitli elyaf takviye malzemeleriyle birlikte kullanılmaktadırlar. Bor, tugsten, çelik, bor karbür, silikon karbür, grafit ve kuartz gibi özel takviye malzemeleri için matris reçine olarak da kullanılmaktadır. Bu son grup küçük ölçeklidir. Nispeten yüksek maliyetlidir. Genellikle yüksek mukavemet ve/veya yüksek sertlik gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Epoksi reçineler özellikle "vakum torba", otoklav, basınçlı torba, pres, elyaf sarma ve el yatırması gibi kompozit üretim tekniklerinde kullanımda elverişlidir.

Epoksi Reçineler altı sınıfa ayrılır. Bisfenol A bazlı reçineler, glisidil esterler, glisidil aminler, novolaklar, bromlu reçineler, sikloalifatik ve diğer reçineler.

### **Seyrelticiler**

Seyrelticiler epoksi reçinelere viskoziteyi düşürmek ve işlemeyi kolaylaştırmak için eklenir. Bunlar reçinenin sertleşmiş özelliklerini de modifiye ederler.

Genelde reçineye eklenen seyreltici miktarı ne kadar yüksek olursa viskozite, mekanik özellikler ve kimyasal dayanım o kadar düşük olur. Özelliklerin bozulma düzeyleri seyreltici cinsine göre değişir. Seyrelticilerin %10-15'e kadar ilave edilmesi sonucunda genellikle çok az bir bozulma görülür.

Seyrelticiler iki sınıfa ayrılır;

- Monoglisidil esterler gibi reaktif seyrelticiler
- Reaktif olmayan seyrelticiler

Reaktif seyrelticiler daha çok kullanılır. Nedeni, bunların sertleşmiş yapının bir parçası haline gelip, ayrıştırılmamasıdır.

Son kullanım ihtiyaçlarına göre reçine üreticileri değişik oranda seyreltilmiş reçineler hazırlarlar.

Seyreltici konsantrasyonları % 0-20 aralığındadır.

### **VİNİL ESTER**

Vinil ester reçineler, epoksi reçinelerin avantajları ile doymamış polyester reçinelere özgü "kolay işleme"/"hızlı sertleşme" gibi özellikleri birleştirmek üzere geliştirilmiştir. Epoksi reçine ile akrilik ya da meta akrilik asidin reaksiyona sokulması sonucu elde edilmektedirler. Bu reaksiyon, maleik anhidrit kullanıldığında



Vinil esterler bu tür yapıda genel olarak kullanılan reçinelerden biridir.

polyester reçinelerde olduğu gibi doymamış bir uç üzerinde meydana gelmektedir. Polyester reçinede olduğu gibi benzer bir sıvı elde etmek için üretilen polimer, stiren içinde çözülür. Vinil esterler polyester reçinelerle kullanılan geleneksel organik peroksitlerle de sertleştirilebilir.

Vinil esterler mekanik dayanım ve mükemmel korozyon dayanımı sağlarlar. Bu üstün özellikleri sayesinde epoksi reçinelerdeki gibi karmaşık proses veya özel kullanım becerisi gerektirmezler.

### **POLİÜRETANLAR**

Poliüretan bir organik diizosiyanat veya polizosiyanat'ın bir polioli (birden fazla hidroksil içeren bir alkol) ile oluşturduğu ekzotermik reaksiyon sonucu elde edilen ve çok fazla sayıda özellik içeren, büyük bir polimer ailesidir. Birkaç temel diizosiyanat ve farklı molekül ağırlıklarında farklı fonksiyonellikte bir diizi polioli kullanılarak, bütün poliüretan çeşitleri elde edilmektedir. Poliüretan kimyasının çok yönlülüğü poliüretan kimyagerine, istenilen özelliğe sahip poliüretanı geliştirebilme olanağı sağlar.

Poliüretanlar çok çeşitli biçimlerde ortaya çıkmakta ve bu çeşitlilik devamlı olarak artmaktadır. Poliüretan malzeme hemen her yerde, günlük hayatımızın çoğu evresinde, belki de başka hiçbir polimerde rastlanamayacak kadar önemli roller üstlenerek karşımıza çıkmaktadır.

Diğer bazı plastik malzemelerden farklı olarak poliüretanlar, uygulamacılara son ürünün özelliklerini kontrol etme imkanı vermektedir. Şöyle ki; çoğu poliüretan reçineler kalıplama sırasında reaksiyona sokulur. Reaksiyona girecek poliüretan kimyasalları özel bir makine

inde karıştırılmakta ve polimer genellikle son şekline bu polimerizasyon reaksiyonu sırasında kavuşmaktadır.

Kompozit endüstrisinde önemli poliüretanların başında "elyaf takviyeli termoset poliüretan RIM (reaction injection molding) malzemeler gelmektedir. Takviyeli RIM (RRIM) malzemeleri, birçok otomotiv sektörü uygulamalarında aşağıdaki ihtiyaçları karşılamak için kullanılmaktadır.

- A sınıfı otomotiv yüzey uygulamaları
- Fırın boyama işlemi sırasında yüzey düzgünlüğünü koruma performansı
- Geniş sıcaklık aralıklarında iyi darbe dayanımı
- Standard gövde boya ile boyanabilirliği
- Isıl genişleme katsayısı bakımından metal gövde kasaları ile bir arada kullanıma uygunluğu

Takviyeli RIM ayrıca, yüksek darbe dayanımının önemli olduğu uygulamalarda da kullanılmaktadır.

### FENOLİKLER

Fenolikler; çoğunlukla fenol (karbolik asit) ve formaldehit'e dayanan bir reçine topluluğudur. Fenolikler, kondensasyon reaksiyonu sırasında sertleşen termoset reçinelerdir. Bu reaksiyonda, işlem sırasında ortamdan uzaklaştırılması gereken su oluşur.

Asidik veya bazik ortamlarda istenen reçine tipine göre, fenol veya kresol, iksilenol ve formaldehid'den hazırlanırlar.

Sertleşmeyi gerçekleştirmek için ısıya, laminat ve kalıplamalar için de basınca ihtiyaç vardır. Alkalimli ortamlarda fenol'ün formaldehid'le reaksiyonu sonucunda resol'ler üretilir.

Eriyebilir olan bu maddeler, laminat ve kalıplama kompozisyonlarında kullanılır.

Sadece ısıtmakla, şebeke yapısı sağlanabilir. Asidik ortamlarda formaldehid'in fenol'le reaksiyon sonucunda novaklar oluşur. Şebeke yapısını etkileyen faktörler, ısı ve heksametilentetramin (heksamin)dir. Bu reçineler kalıplama bileşimlerinin hazırlanmasında kullanılır.

Fenolik kompozitler ışık ve oksijen'e maruz bırakıldıklarında mekanik bütünlüklerini korudukları halde, renklerinden kaybederler. Dolayısıyla pigmentli uygulamalar kırmızı, kahverengi veya siyah ile sınırlıdır. Oysa ki, melamin formaldehit ve üre formaldehit açık renklidir.

Fenolik kompozitler yüksek sıcaklık dayanımı, yük altında boyutsal stabilite ve ses geçirmezlik özellikleri, korozyon dayanımı (kimyasal dayanım) ve mükemmel alev dayanımı / az duman

çıkarma / zehirsiz duman özellikleri gibi birçok özgül performans niteliklerine sahiptir.

Fenolikler ahşap, fren ve debriyaj balataları, cila ve izolasyon endüstrilerinde yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Fenolik enjeksiyon ve basınçlı hazır kalıplama bileşimleri, otomotiv ve elektrik uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunun için, sertleşme sırasında oluşan suyun buhar olarak çıkışını sağlamak amacı ile kalıplama sırasında özel bir işleme gerek duyulur. Uçak endüstrisinde kullanılan fenolik prepregler, reçinenin ileri derecede polimerizasyon reaksiyonu ile hazırlanır, solusyon içinde çözülür, cam veya karbon takviye malzemesi ile doyurulur, daha sonra solusyondan arındırılır. Yüksek sıcaklıkta ve basınçta kalıplanır. Bununla beraber, yakın geçmişte geliştirilen düşük vizkositeli, oda sıcaklığında sertleşen fenolikler, daha sık kullanılan teknikler ile işlenir. Bu teknikler, el yatırması / püskürtme, elyaf sarma, SCRIMP (Seman Composite Resin Infusion Molding Process) ve pultruziyondur. Önceleri, pratik olmadığı gerekçesi ile pek kullanılmayan fenolik kompozitler için bu durum yeni uygulamaların kapısını açmıştır.



### MELAMİN VE ÜRE-FORMALDEHİD REÇİNELERİ

Bu reçineler, asidik ortamlarda melamin veya ürenin formaldehidle reaksiyonu sonucunda hazırlanır.

Melamin-formaldehid reçinenin şebeke yapısını oluşturmaya için, ısı yeterlidir. Oysa üre-formaldehid (U-F) reçinelerinde, asid kataliste ihtiyaç vardır.

Üre-formaldehid reçineleri, a-selüloz dolgu maddesi ile açık renkli kalıplama bileşimlerinde kullanılır.

Bu dolgu maddesi yüksek mukavemet ve kalıplanabilme özelliği sağlar.

Düşük frekansta iyi elektrik özellikleri, sertleştiklerinde ise yapışmaya karşı dayanımları mevcuttur.

Fenolik reçinelerine göre daha iyi ark dayanımları olup, karbonize olmazlar. Fenolik reçinelerine göre, suya karşı dayanımları daha azdır. Sıcak suyla temas ettirilmemelidir. Asitlere veya kuvvetli alkaliye karşı dayanıklı değildir. Üre-formaldehid reçineleri ışıklandırmada (ışık dağıtıcı gibi) kullanılır.

a-selüloz kullanıldığında yarı şeffaf süt beyaz ürün elde edilir. Takviye maddesi olarak kraft kağıdı kullanıldığında, dış yüzey dekoratif laminatı (formika çeşidi) olarak kullanılır.

Laminatın esasını kraft kağıdı ile takviye edilmiş fenolik reçine oluşturur.

Melamin-formaldehid reçineleri renksiz olup renksiz, yarı şeffaf kalıplamalar ve laminatlar da kullanılır.

a-selüloz ile doldurulduğunda, kalıplar üretilenlere göre sertlikleri ısı ve kimyasal dayanımları daha fazladır. Düşük su emişleri vardır. Üretilen formaldehid reçinelerinin tersine, asbest dolgu kullanılarak ısı dayanımı olan kompozitler üretilir.

Melamin-formaldehid yüzeyli laminatlar U-F reçineleri ile üretilenlere göre daha sert olduklarından, aşınmayan yüzeyler elde etmek istendiğinde (masa üstü ve diğer dekoratif uygulamalarda)



kullanılır. Sıcak suya karşı mükemmel dayanımları olduğundan, mutfak aletlerinde de (tabak-bar-dak) kullanılır.



### **SİLİKON REÇİNELER**

Silikon reçineleri veya poliorganosilolan'ların diğer reçinelerden farkı, yapısında karbon yerine inorganik bazlı silikonların olmasıdır.

Bunlar zincir yapısına metil (-CH<sub>3</sub>) ve fenil (-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>) gruplarının eklenmesiyle elde edilen siliko (SiO<sub>2</sub>) türevleridir. Şebeke yapısı kobalt naftanat, çinko oktonat, trietanolamin veya morfolin gibi ortamda bulunan katalistlerle beraber ısıtılmasıyla elde edilir. Silikon reçineler genelde, toluen veya iksilen gibi solüsyonların içinde bulunur.

Cam veya asbestos keçeleri gibi takviyelerle

“prepreg”lerin hazırlanmasında kullanılırlar. “Prepreg” hazırlanması, epoksi reçine sistemlerinde kullanılan benzer yapıdadır.

Solvent buharlaştıktan sonra “prepreg” katlarına sıcak pres uygulanıp, sertleştirilir. Sertleştirilen silikon /cam bez laminatlarının ısıl stabilitesi mevcuttur.

250°C'ye kadar ısıtılmasıyla mekanik ve elektrik özelliklerinde çok az bir değişme olur.

Buhar ve kuvvetli alkalilerden etkilendirler. Diğer laminatlarla mukayese edildiğinde, silikon bazlı reçinelerin mekanik mukavemetlerinin daha az olduğu görülür. Bu faktör ve yüksek maliyetinden dolayı, silikon bazlı laminatların kullanımı yaygın değildir.

### **FRIEDEL – CRAFTS REÇİNELERİ**

Friedel Crafts reçineleri denmesinin sebebi, hazırlanmaları sırasında, Friedel Crafts reaksiyonunun kullanılmasıdır. Diğer bir deyişle katalist yardımıyla alkil veya açıl grupların aromatik halkaya eklenmesidir. Bu reaksiyon 1885'den beri kullanılmaktadır.

Ticari ismi ise, fenol-aralkil reçinedir. 1950 sonlarında, polyester, epoksi ve diğer reçine sistemleri havacılıkla ilgili endüstriyel istekleri karşılayabiliyordu. Zamanla, 200°C'nin üstünde ısıya dayanıklı maddeler için istek artmıştır. Aromatik veya heterosiklik halkalar ihtiva eden polimerlerin yüksek ısılarda stabil oldukları da bilindiğinden, bu tip reçine üretimi ve sertleşme mekanizması için çalışmalar yapılmıştır.

İlk üretilen polimerler çok korrozif olduğundan, sertleşme esnasında ortama hidrojen klorid verilmekte idi. Bu yüzden, bu maddenin kullanımı kabul edilmemiştir.

Daha sonra, aralkil eterlerin fenolik bileşimleriyle reaksiyon sonucunda üretilen polimer üretilmiştir. Bu polimer değişik yollarla sertleştirilebilmektedir.

### **POLİMİD REÇİNELERİ**

Organik reçineler arasında en fazla ısıl stabilite polimid reçinelerinde mevcuttur. Diamin ve dianhidrid'in reaksiyonu sonucunda oluşan reçine erimez ve çözünmez özelliklere sahiptir. Bu nedenle, poliamik asid'den üretilen kompozitlerle iki kademeli reaksiyon gereklidir. Bu ara prosede üretilen polimer dengeli olmadığından, polar çözücü içinde kuru soğuk yerlerde depolanmalıdır.

Mükemmel ısı stabilitesi elde etmek için, ka-

İplama 300°C'de, post cure ise 400°C'de yapılır. Sertleşme esnasında su ortamından uzaklaştırılmalıdır. Aksi takdirde, kalıplama prosesi karmaşık hale gelir. Su emişi yüksek olmasına rağmen, ısı stabilitesi mükemmeldir.

## ÖZET

Termoset kompozit reçineler, çok önemli proses karakteristiklerine sahiptir. Kompozitlerin gelişmiş tasarım güçlerinden biri reçinelerin çok seçenekli olmalarıdır. Bu seçeneklerin verimli kullanılabilmesi için tasarımcıların, kompozit reçinenin özellikleri, avantajları ve kısıtları hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir.

## TERMOPLASTİK REÇİNELER

Kompozit ürünlerde, termoplastik reçineler özellikle elyaf takviye edildiğinde eşsiz ve avantajlı özellikler sunmaktadır. Tasarımcılar ürün performansını arttırmak ve üretim harcamalarını düşürmek için, giderek termoplastik kompozitlerin özellikleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Termoset reçineler, tipik olarak



sert ve parlak olarak nitelendirilmelerine karşın, termoplastik reçineler yapısal olarak sağlam ve darbeye karşı olağanüstü dayanıklılık gösterir. Ayrıca, termoplastik reçinelerde, termosetlerdeki gibi bir sertleştirme işlemi yoktur; soğuyunca kendi sertliğine ulaşır. Bu özelliklerinden dolayı üretim, artan üretkenliğe ve düşük parça maliyetine dönüşmektedir. Önemli bir gelişme de, termoplastik reçinelerden yapılan kompozit ürünler, özellikle otomotiv piyasasında çevresel gereksinimlere cevap verebilecek bir biçimde, kolayca geri dönüştürülebilirler. İlaveten, bu tür reçineler en kuvvetli kimyasallara, petrol ürünlerine ve çevresel elementlere karşı dayanıklıdır.

Sonuç olarak, termoplastik reçine çeşitleri geliştikçe ve değiştikçe, son uygulamaya uygun, istenen özelliklere sahip bir reçine sunumu da artmaktadır.

## KOMPOZİTLERDE KULLANILAN TERMOPLASTİKLER

Kompozit üretiminde kullanılan en bilinen termoplastik reçinelerin listesi ilgili özellikleriyle birlikte verilmiştir.

**Naylon (PA) :** Yüksek sertlik ve darbeye dayanıklılık, makul sıcaklık stabilitesi özelliklerine sahip olup, eğlence alanındaki ürünlerde popülerlik kazanmaktadır.

**Polifinilen Sülfür (PPS) :** Mukavemette mükemmel denge, yüksek ısı derecelerinde kullanım ve maliyet / kimyasal dayanım dengesi özelliklerine sahip olup, otomotiv sektöründe kaput altı uygulamalarında artan önem göstermektedir.

**Sıvı Kristal Polimerler (LCP) :** Olağanüstü elektriksel özellikler, yüksek ısı ve kimyasal dayanıklılık, mükemmel mukavemet özellikleri olup daha yaygın olarak elektrik bağlantı kutuları ve prizlerde kullanılmaktadır.

**Polyetheretherketone (PEEK) :** Kimyasal dayanım, yüksek ısı dayanımı, düşük duman çıkışı, yangın dayanımı gibi özelliklerin arandığı uygulamalar için elverişlidir.

**Polipropilen (PP) :** Yüksek spesifik mukavemet, düşük maliyet, çok iyi kimyasal dayanım ve esneklik özelliklerine sahip olup, petrokimya ve boru ürünlerinde kullanılmaktadır.

**Polietilen (PE) :** Özellikleri bakımından biraz polipropilene benzer, kolay işlenebilir ve çok dayanıklı olup, çeşitli moleküler ağırlıklarda mevcuttur.

**Polyetherimid (PEI) :** Yüksek sıcaklıklarda mükemmel mukavemet ve sertlik, alev dayanımı, boyutsal değişmezlik özelliklerine sahip olup, uçak iç parçalarında, sterilize edilen tıbbi aletlerde kullanılmaktadır.

**Fluoropolimerler :** Çok iyi kimyasal dayanım, kuvvetli elektriksel özellikler ve düşük sürtünme katsayısı özelliklerine sahip bir reçine türüdür.

## DiĞER POLİMERLER

Kompozit endüstrisinde çoğunlukla kullanılan diğ er polimerler; PPO (polifenilen oksit), SAN (stiren akrilonitril) ve diğ erlerini kapsamaktadır.

Termoplastik reçinelerin çeşitliliğ i kompozit uygulamalarının gelişimi açısından büyük bir avantajdır. Aynı zamanda bu çeşitlilik, bir mühendis veya tasarımcıya, özel uygulamalar için doğru malzeme seçiminde, malzeme özellikleri, malzeme uyumu, maliyet / performans ilişkisi gibi konuların arasındaki bağını doğru kurma olanağ ını da sağlamaktadır. Bu kitap boyunca bulabileceğ iniz yararlı teknikler, malzeme karşılaşt ırmaları, sizi başarılı bir uygulamanın gelişiminde gerekli olan baş lıca basamaklara ve kararlara yönlendirecektir. Baş arılı kompozit uygulamalarının gelişimine destek sağlamak amacıyla termoplastik reçinelerin ve hazır bileş im tedarikçilerinin iyi bir donanıma sahip olması gerekmektedir.

Büyük kuruluş lar, her yıl malzeme ve teç hizat tedarikçileri konusunda anlaş ılabilir bir kılavuz yayınlamaktadır. SPI'n "Membership Directory and Buyer's guide" yayını, endüstride önde gelen kaynaklardan biri olup, gerekli olan bilgiye sahip olma açısından oldukça yararlıdır.

## TAKVİYE MALZEMELERİ

### BİRÇOK MALZEME TAKVİYE ÖZELLİĞ İNE SAHIPTİR

Birçok malzeme polimerlerin takviyesinde kullanılmaktadır. Bazı takviye malzemeleri ağ açtaki selüloz gibi, kendiliğ inden doğ ada var olan, ham, iş lenmemiş ürünlerdir. Bununla birlikte, birçok ticari amaçlı takviye malzemesi endüstriyel olarak üretilmektedir. Bu takviye malzemeleri içinde, tüketim ve satış miktarları açısından, en geniş ölçüde kullanılan takviye malzemesi cam elyafıdır. Diğ er kompozit takviye malzemeleri ise, karbon elyafı, aramid, polietilen, polyester ve naylondur. Karbon elyafı, grafit elyafı olarak tanımlanmaktadır.

Yüksek mukavemet ve ısı dayanımı için daha gelişmiş (özel amaçlar için geliştirilmiş) (metal ve metal oksitler gibi) takviye malzemeleri kullanılmaktadır.

Malzeme ne olursa olsun, takviye malzemele-

ri, son ürün gereksinimleri ve proses özellikleri açısından çok sayıda alternatifle hizmet sunmaktadır. Baş lıca takviye türleri fitil, öğütülmüş lifler, kırılmış lifler, kontinü keçe, kırılmış demetten keçe veya ısı ile şek il verilebilen keçeleri kapsamaktadır.

Çok Yönlü Takviye Malzemeleri, kontinü elyafın dokunarak, örülerek veya dikilerek kumaş veya levha şek line getirilmiş diğ er türlerinden oluşmaktadır.

Tek Yönlü Takviyeler; şeritleri, demetleri, tek yönlü kumaşları, tek veya çok uç lu fitilleri kapsamaktadır.

## TAKVİYE MALZEMELERİNİN GELİŞMESİ

Kompozitlerin gelişmeye başladığı ilk dönemlerde, sadece geleneksel tekstil ve kumaşlardan oluş an takviye malzemeleri bulunmaktaydı. Cam elyafı takviye malzemesi olarak kullanılmaya baş landığında, polimer ile takviye malzemesi arasında kimyasal bir bağ oluşturma gereğ i duyulmuş ve bu amaçla, elyaf üretim prosesi sırasında elyaf yüzeyine "bağ layıcı" uygulanmaya baş lanmıştır. Daha sonra, özellikle ıslak ortamlarda, polimerlerin elyafa yapış masını kolaylaşt ırmak üzere, bağ layıcı içinde bir girdi olarak, yüzey kaplama malzemelerine (coupling agent) yer verilir. Bu amaçla krom kompleksleri, orgono sikon gibi kimyasal bağ layıcılar kullanılmaya baş lanmış tır. Bu amaçla yakın geçmiş te orgono titanyum bileş imlerinin kullanımını da ticari hale getirilmiştir.

Gerek termoset gerekse termoplastik reçinelerin takviye edildiğ i elyaf ürünlerine, elyaf üretimi esnasında veya sonraki aşamalarda yüzey kaplayıcıları uygulanır.

Elyaf üretimi aşamasında, proses sırasında oluşabilecek aşınma nedeniyle, elyafın zarar görmesini önlemek amacıyla, kaydırıcılar ve film oluşturuçular da (polimer emülsiyonlar) elyaf yüzeyine uygulanmaktadır.

## CAM ELYAFI -KOMPOZİT ENDÜSTRİSİNİN ÖNCÜ TAKVİYE MALZEMESİ

Alümina-kireç-borosilikat gibi, ana malzemelerden üretilen "E"camından cam elyafı yüksek elektriksel yalıtım özellikleri, neme karşı direnç ve yüksek mekanik özellikleri sayesinde, polimer matris kompozitleri içinde en çok kullanılan takviye malzemesi durumundadır.

Diğ er bir ticari cam kompozisyonu olan "S" camı; hem daha yüksek mukavemet, ısı dayanımı ve eğ ilme modülü, hem de geliştirilmiş



kimyasal dayanım özellikleri ile daha spesifik cam elyafı takviye malzemesi olma özelliğine sahiptir.

Kompozitlerin takviyesi için kullanılan cam elyafı genellikle 9 ile 23 mikron arasındadır. Lifler; elektrikle ısıtılan platin rodyum alışımlı, üzerinde yüzlerce küçük delik bulunan kovanlardan (buşing), yüksek hızlarla (20-25 m/s.) çekilmektedir. Kovanlar, cam liflerinin serbest bir akış ile aktığı, sayısı 4000'ni aşabilen delik sayısına sahiptirler. Serbest bir halde akan cam filamentlerinin bir araya getirilmesiyle demet elde edilir. Buşingler'den akan filamentlerin ısı değeri su ve hava ile soğutulurak düşürülmektedir. Daha sonra, cam filamentlerinin korunması ve kompozit laminat özelliklerinin artırılması amacıyla kimyasal bir bağlayıcı ile kaplanmaktadır. Bağlayıcı; cam elyafının kalıplama özelliklerini ve elyaf - matriks bileşimini de belirlemektedir.

## CAM ELYAFI TAKVİYE MALZEMELERİNİN TERMİNOLOJİSİ

Cam elyafı üreticileri ürün tanımlarında evrensel bir terminoloji kullanmaktadır. Yield veya yarda demek; tek veya çok uçlu fitillerde, birim ağırlık başına düşen uzunluğu yarda birimi ile ifade etmektedir. Teks ve iplik ölçü birimi olan "denye" ise; bir ürünün, bir birim uzunluktaki ağırlığını ifade etmek için kullanılmaktadır. "Kızdırma kaybı" ise cam elyafının üzerindeki organik bağlayıcıların kaldırılması amacıyla ısıtılması sonucunda cam elyafının üzerinde kalan bağlayıcı miktarının yüzde olarak ağırlığındaki azalmayı ifade etmektedir.

### ÇOK UÇLU VE TEK UÇLU FİTİLLER

Fitiller; esasen termoset bileşimlerde kullanılmakla birlikte, termoplastiklerde de kullanılmaktadır. Çok uçlu fitiller yada bileşik fitil olarakta ifade edilmekte olup daha az sayıda delik içeren kovanlardan üretilen cam elyafı demetlerinin birbirine paralel olarak bükülme-



Çok Uçlu Fitiller



Tek uçlu Fitiller

den sarılması ile üretilmektedir. SMC, (SMC 3) ön kalıplama (preform) ve püskürtme (KCR 2, SU 1) kalıplama yöntemlerinde, çok uçlu fitiller kullanılmaktadır. Çok uçlu fitiller, bazı hallerde elyaf sarma ve profil çekme (pultrüzyon) uygulamalarında da kullanılabilir. Tek uçlu fitiller çok sayıda cam liflerinin doğrudan sarılmasıyla elde edilmektedir.

Tek uçlu fitiller; (WR 3) elyaf sarma, pultrüzyon gibi uygulamalarda tek yönlü takviye malzemesi olarak kullanılmaktadır.

### KEÇE VE KUMAŞLAR

Keçeler; genellikle birim alan ağırlığı ile ifade edilmektedir. Örneğin; 300-450 gr./m<sup>2</sup> kırılmış demetten keçenin birim alan ağırlığı 300-450 gr. olacaktır.

Diğer farklılıklar; keçeyi bir arada tutan bağlayıcının miktarı ve türüne göre ifade edilmektedir. El yatırması gibi bazı kalıplama metodlarında, bağlayıcının çözülmesi gereklidir. Diğer proseslerde; özellikle pres kalıplamada, bağlayıcı, hidrolik kuvvetlere ve kalıplama sırasında, matriks reçinenin çözme etkisine karşı direnç göstermelidir. Bu yüzden keçeler, çözülebilen ve çözülmeyen olarak bilinen iki kategori içerisinde üretilmektedir. Çok sayıda bükümlü ve bükümsüz iplikler kullanılarak üretilen dokunmuş cam kumaşlar da mevcuttur. Bu kumaşların farklı dokuma çeşitleri olup, kalınlıkları 0,026 mm. ile 10,16 mm. arasında değişmektedir. Kumaşlar yönlendirilmiş mukavemet ve yüksek elyaf oranı özellikleri sunmaktadır. Bu özellikler, yüksek teknoloji ile kompozit uygulamalarında aranan özelliklerdir.

"Kumaş" ifadesi; bütün düz tabakaları, rulolanabilen ürünleri, tam olarak kumaş olsun veya olmasın, kapsamaktadır.

Kumaş'ın herhangi bir elyaf türü ile üretilmesi mümkündür. En yaygın olanları cam elyafı, karbon ve aramid'dir.

Reçinelerin takviye edilerek, kompozit ürün haline getirilmesinde dört yaygın kumaş türü mevcuttur. Bu kumaş ürünlerinin genel özellikleri, düz tabaka ürünler halinde 25 ile 275 metre uzunluğunda ve 7 cm. ile 3 m. genişliğinde üretilmesidir. Tabaka şeklindeki ürünler elle işlenebilmeye, kesilebilmeye ve kalıba taşınabilmeye uygun olmalı, aynı zamanda kalıp şekline ve dönüşlerine uyacak biçimde, yeterince esnek olmalıdır. Uygun şekilde tasarlanmış olan kumaş ürünlerin kumaşın reçine tarafından ısıtılması ve reçinenin lifler arasına nüfuz etmesi, kısa sürede

gerçekleşir. Ayrıca, reçine uygulandığında kumaş kalıp içinde sürüklenmez, yerinde sabit olarak kalır. Kumaşlar hem elyaf oranı olarak, hem de takviyenin yerleşimi bakımından gerekli ürün özelliklerini karşılamaktadır.

Bu beklentileri öğütülmüş lifler veya kırılmış elyaf ile karşılamak mümkün değildir. Ancak, nispeten pahalı bir ekipman kullanılarak kontinü demetlerin kalıba yerleştirilmesi ile benzer mukavemet değerlerine ulaşılabilir. Birçok kumaşta, elyafın devamlılık özelliği sayesinde mukavemet/ağırlık oranı, kesilmiş ve kırılmış elyaf türlerine oranla daha yüksektir. Dikişli keçe adı altında bilinen kumaş türlerinde, kumaşın yapısı içerisinde, elyafın farklı yönlerde yerleştirilebilme özelliği bulunmaktadır. Bu özellik, “kesme” ve “burkulma” yüklerine karşı dayanım açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır.

**1. Dokunmuş Kumaşlar :** Bu çeşit takviye ürünleri yaklaşık elli yıldan beri kompozit endüstrisinde kullanılmaktadır. Dokunmuş kumaşlar sıkı örülmüş cam elyafından bir plaka oluşturur. Cam fitillerinin bükümsüz olarak dokunmasıyla veya bobin üzerine sarılmadan önce tekstil bağlayıcı devamlı cam elyafının



bükümlü hale getirilmesi ile elde edilen tekstil ipliklerinin dokunması ile elde edilen ürünlerdir. Cam lifleri kalıp üzerine yerleştirildikten sonra veya önce de reçine

emdirilebilir. Dokunmuş kumaşlar dokuma tipine göre farklı isimlerde tanımlanabilir. Genellikle bir kumaşın, mekanik özellikleri, dokuma tarzından büyük ölçüde etkilenmektedir. Örneğin düz dokuma kumaşlar çok sayıda atkı ve çözgüye sahip olup, daha düşük mekanik özelliklere (kalıba yatkınlık, kalıplama metoduna uygun ürün) sahiptir.

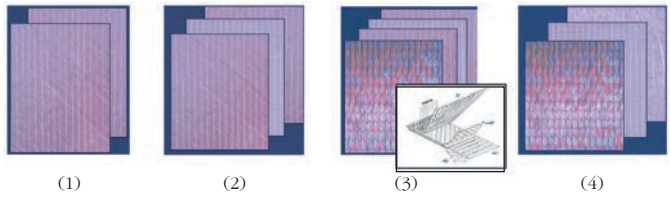
**2. Dikilmiş Kumaşlar :** Takviye ürünleri alanına yeni katılan bir üründür. Bu tür kumaşlar “dokunmamış” (nonwoven) olarak adlandırılır. Takviye için kırılan elyaflar, takviye performansına katkıda bulunmayan çok ince polyester iplik ile dikilerek birleştirilir veya elyaf tabakalarının ikinci bir matris tarafından nispeten,

kıvrımsız bir pozisyonda bir arada tutulmasıyla elde edilen ürünler olarak da ifade edilebilir. Bu tür kumaşlar, eşit ağırlıktaki dokunmuş kumaşlarla karşılaştırıldığında daha yüksek performans ve mekanik değerlere sahiptir.

**3. Towsheets :** İnce bir tabaka üzerine bir cam demetinin yayılması, sonra mekanik olarak veya yapıştırılarak birleştirilmesi ile “towsheet” elde edilir. Elyaf takviye çeşitleri arasında kabaca birbirine paralel bir şekilde sıraya dizilmeleri (aynı hizada olmaları) ve kıvrımsız olmaları nedeniyle en yüksek mekanik değerlere sahip ürünlerdir. Towsheets en pahalı elyaf türüdür. Plaka halindeki bu ürünler yapısal uygulamaların çoğunluğu için gerekli duyulan çift katlı olma özelliğine sahiptirler. Towsheets’lerin birleştirilmesi, yani tabakalar halinde ve istenilen açılarda olması, homojen elyaf takviyesi özelliğinin elde edilmesini sağlar.

**4. Keçeler, Cam Tülleri :** Kumaş ailesinin en düşük mekanik değerlere sahip takviye ürünleridir. Genel olarak, bu tür takviyelerin yoğunluğu, diğerlerinden çok daha düşüktür. Hareket eden bir konveyör bandı üzerine, kırılmış (kesikli) veya kontinü elyaf demetlerinin rastgele bir şekilde yerleştirildiği, bir üretim yöntemi olması nedeniyle düşük yoğunluğa sahip ürünlerdir. Lifler daha sonra, rulolanaabilen bir ürün haline getirebilmek amacıyla, yapıştırılarak birleştirilmekte veya mekanik bir uygulamayla dikilmektedir.

Takviyenin rastgele bir şekilde yığılmış olması, sıkı sarılmış bir ambalaj yapılmasına olanak vermez, lifler arasında hava kalır. Uygun yapıda bir kompozit oluşturulmasını sağlamak amacıyla, lifler arasındaki havanın reçine ile yer değiştirmesi sağlanır. Kompozitlerin en zayıf bileşeni reçine olduğundan, kompozit ürünlerde birim hacim başına daha fazla reçine düşmekte, bu da daha düşük mekanik özellikler elde edilmesine neden olmaktadır. Keçe grubu içerisindeki elyaf ürünlerinin rastgele ve genellikle kontinü olmayan yapısı da



(1)

(2)

(3)

(4)

Tek yönlü fitil kumaş çeşitleri

(1- İki açılı 2- Üç açılı 3- Dört açılı 4- İki açılı ve keçe)

mekanik değerlerin düşük olmasına neden olmaktadır. Ayrıca uygun reçine seçimi de kompozit ürünün kalitesini etkileyen, takviye malzemesinin tamamlayıcısı konumundaki bir girdidir.

### KIRPILMIŞ DEMETLER



Kırpılmış Demetler

**Kırpılmış Demetler :** BMC (BMC1,BMC3) hazır kalıplama bileşimi ve termoplastik bileşimlerinde kullanılan, belirli uzunluklarda kırılan ve ambalajlanan liflerdir.



Öğütülmüş Lifler

**Öğütülmüş Lifler :** Cam filamentlerinin, öğütülmesi ile elde edilmektedir. Öğütülmüş lifler hazır bileşimlerde (macunda) ve boyalarda darbe direncini arttırmak,

boyutsal stabiliteyi geliştirmek ve kalıplanan ürünlerdeki, yüzey düzensizliğini en düşük düzeye indirmek amacıyla kullanılabilir.

### YÜKSEK TEKNOLOJİ ÜRÜNÜ LİFLER VE DİĞER ELYAF ÇEŞİTLERİ

Tartışmasız olarak kompozit üretiminde en çok kullanılan takviye türü cam elyafı olsa da birçok uygulama için, 70-80.000 MPa değerinden daha yüksek bir elastikiyet modülüne gerek duyulabilir. Bu yüksek modül değerlerini karşılayabilmek üzere daha yeni yüksek teknoloji ürünleri geliştirilmiştir.

### ARAMİD ELYAFI

Geçen yirmi yıl boyunca, yüksek teknoloji ürünleri olarak bilinen aramid elyafı önemli bir mesafe katetmiş olup uzay, denizcilik, spor ürünleri, eğlence, otomotiv ve silah endüstrisi gibi klasik kompozit pazarlarına hitap etmiştir. Yüksek düzeyde yönlendirilmiş olan bu polimer, düşük yoğunluk ile yüksek modül ve yüksek düzeyde yapışma özelliği ile yüksek mukavemet/ağırlık oranını üründe bir araya getirmektedir. Mukavemet ve modül değerleri yanı sıra, liflerin kolaylıkla ıslatılabilmesi ve üründe darbe dayanımı özellikleri dolayısıyla yaygın olarak kullanılan reçinelerin ço-

ğunluğu ile kullanılabilir. Aramid elyafının negatif ısıl genleşme katsayısından dolayı, ısıl yayılmanın önem taşıdığı ortamlarda fayda sağlamaktadır. Aramid elyafı, fiyat/performans değerlerini sağlamak üzere tasarlanmış cam ve karbon elyafının kombinasyonu şeklinde olan hibrid ürünler halinde de mevcuttur. Yalnızca yapısından kaynaklanan sınırlamalar kompozit tasarımında dikkate alınmalıdır. Aramid ürünleri iplik, fitil, kırpılmış elyaf şeklinde mevcuttur.

Aramid elyafı iplik olarak farklı desenlerde dokunmuş kumaş şeklinde, fitil olarak da elyaf sarma veya şerit şeklinde kullanılmaktadır. Kırpılmış lifler ise hazır kalıplama bileşimlerinin içine karıştırılmaktadır.

### BOR ELYAFI

Bor elyafı, ticari amaçlı olarak mevcut yüksek teknoloji ürünleri arasında piyasaya çıkan ilk üründür. Bor elyafı; bor'un kimyasal buharının çok ince bir tungsten teli üzerinde yoğunlaştırılması ile üretilmektedir. Çok sağlam ve dayanıklı bir takviye malzemesi olup, yüksek yoğunluğu ve yüksek maliyeti kullanımını sınırlandırmaktadır. Piyasada yalnızca şerit halinde bulunmaktadır.

### KARBON/GRAFİT LİFLERİ

Yüksek teknoloji ürünü olarak kompozit pazarının geniş bir kısmı, karbon veya grafit elyaf ürünlerinden yararlanmaktadır. Karbon elyafı üretiminde birçok yöntem vardır. İlk ticari amaçlı karbon elyafı piroliz (yanma) ve ısıl işleme tabi tutulan sentetik liflerin karbon ve grafit elyafına dönüştürülmesi suretiyle üretilmiştir. Sentetik esaslı elyafların çoğunluğu, girdi malzeme olarak polikronitril (PAN) kullanılarak elde edilmektedir. Bu liflerin modülleri ve dayanımları, proses sırasındaki gerilim ve sıcaklık koşullarının değiştirilmesi ile kontrol altında tutulmaktadır.

Diğer karbon /grafit elyafı üretim prosesi, öncelikli olarak zift kullanımını esas almaktadır. Bu zift, sıvı kristal "mesophase" zift haline dönüştürülmekte ve sıvı haldeki kristal zift, piroliz işlemine tabi tutulmakta yüksek modüllü takviye özelliği ve yüksek mukavemet değerlerine sahip ürün elde edilmesi amacıyla ısı uygulanmakta ve elyafa dönüştürülmektedir. Zift esaslı ürünler çok yüksek modüllere sahiptir ve kopmada uzaması düşüktür. Karbon elyafının diğer takviye liflerine göre



daha farklı avantajları vardır. Nispeten düşük elyaf yoğunluğu, yüksek mukavemet ve yüksek modül özelliklerini bir araya getirirerek üstün bir kombinasyon özelliği sunmaktadır. Aynı zamanda yüksek ısılarda özelliğini koruma ve yorulma dayanımı özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte karbon elyafının kendi yapısal özelliklerinden kaynaklanan bazı olumsuz yanları da mevcuttur. Liflerin sınırlı uzama özellikleri bazı darbe sorunlarına neden olmaktadır. Bu açığı kapatmak amacıyla daha yüksek uzama olanaklı elyaf ürünleri geliştirilmektedir. Karbon elyafının elektrik iletkenliği de bazı kullanım alanlarında engel olabilmektedir. Karbon elyafı demet, şerit ve kumaş halinde üretilmektedir. Daha çok termoplastik ve termoset hazırlanmış bileşimlerinde katkı malzemesi olarak kullanılmak üzere, kırılmış veya öğütülmüş bir şekilde satılmaktadır. Grafit halinde, çok yüksek ısıl iletkenliğe sahiptir. Bakıra göre dörtte bir ağırlıkta olan Grafit/Karbon elyafının termal iletkenliği bakırın üç, dört katıdır. Bu özellik yeni uygulama alanlarını da beraberinde getirmektedir.

**DİĞER ORGANİK LİFLER**

Termoplastik polyester ve naylon lifler, kompozit pazarında yeni kullanım alanları bulmaktadırlar. Takviyelerin her iki çeşidi de, hem darbe dayanımı hem de kimyasal ortamlarla karşılaşıldığında yüksek performans özelliklerini ürüne katmaktadırlar. Ancak diğer elyaf çeşitleriyle karşılaştırıldığında, hem daha düşük sertlik hem de daha düşük ısı kullanımı gibi kısıtlamalar bulunmaktadır. Jel spinning prosesiyle üretilen yüksek moleküler ağırlıklı polietilen lifler, düşük yoğunlukta yüksek modül özelliğine sahiptirler. Yine düşük ısı kullanımlı olmaları, yaygın kullanımlarını engellemektedir. Organik lifler yüzey keçeleri veya tülleri üretiminde de kullanılmaktadırlar. Bu özel ürünler kimyasal dayanım ve dış yüzey görünümünün önem kazandığı uygulamalarda kullanılmaktadır. Cam tülünün kılcal yapısı nedeniyle oluşan reçine zengin yüzey, yüksek kimya-

sal dayanım ve daha iyi bir dış görünüm sağlamaktadır.

**EKZOTİK TAKVİYELER**

Geliştirilmekte olan diğer inorganik liflerin polimer kompozit uygulamalarında yer bulması mümkün gözükmemekle birlikte, seramik veya metal alaşımlarda kullanılabilir. Ekzotik takviyeler alüminyum oksit, silikon karbür, alumina, silikon nitrit ve kuartzları kapsamaktadır.

**TAKVİYE TÜRLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI**

Yaygın kullanımı olan kompozit takviye türleri arasındaki bazı temel farklılıkları belirtmek amacıyla aşağıdaki tablo düzenlenmiştir.

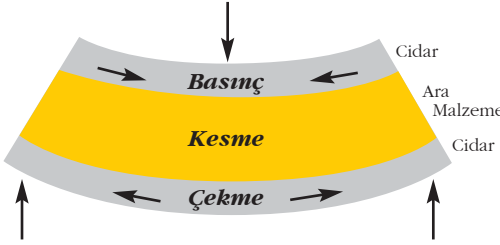
Takviye Türleri	Gerilme Dayanımı (MPa)	Gerilme Modülü (GPa)	Özgül Ağırlık	Özellikler
Cam	3000 - 5000	72 - 82	2.48-2.60	Yüksek mukavemet, İyi kalıplama özellikleri, Düşük maliyet
Karbon/ Grafit	2500 - 3000	200 - 700	1.75-1.96	Yüksek modül, Elektriksel iletkenlik, Yüksek maliyet
Aramid	2750 - 3000	82 - 124	1.44	İyi spesifik özellikler, Orta maliyet
Boron	3500	400	2.55	Yüksek modül, Yüksek maliyet
Polyester	1000	9	1.38	İyi darbe dayanımı ve kimyasal özellikler
Naylon	950	5	1.16	İyi darbe dayanımı ve Alkali dayanımı
Polietilen	1200 - 1500	40 - 60	0.97	Düşük yoğunluk, İyi darbe dayanımı, Düşük derece

Tablo 2.2: Takviye türlerinin karşılaştırması

**KOMPOZİTLERDE ARA (CORE) MALZEME KULLANIMI**

Sandviç konstrüksiyonlu ürünler, geçen kırkbeş yıl içinde kompozit pazarının temel bileşeni haline gelmiştir. Ağırlıkça hafif ve kalın ara malzemelerin ince cidarlara yapılandırılması sonucunda güçlü, hafif ve oldukça dayanıklı malzemelerin elde edilmesi, büyük bir pratiklik sağlamıştır. Sandviç konstrüksiyon kullanılarak, yüzde 3 oranında bir ağırlık artışı ile eğilme dayanımının 3,5 kat, rijitliğin 7 kat artırılabilmesi sağlanabilmektedir. Sandviç yapılu ürünlerde, ara malzeme, yüksek mukavemetli iki cidar arasına yapılandırılmaktadır. Sandviç konstrüksiyon yapısını I kirişi yapısına benzetebiliriz. I kirişi yapısındaki sandviç

ürünlerde, cidarlardan birine yük uygulandığında, yük I kirişini oluşturan ara malzeme içinden kesme gerilmesi aracılığıyla geçerek, üst ve alt cidarlar arasında bağlantı oluşturmaktadır. I kirişinin görevi eğilme dayanımı sayesinde ağırlıktan kaynaklanan yükü hafifletmektir. Cidarlarda artan yük kapasitesine bağlı olarak, ara malzemenin flanşlarla olan bağlantısının daha dar olması gerekmektedir. Ancak genel görünümde ara malzeme, cidarlarla aynı genişlik ve yükseklik boyutlarındadır. Bu durumda önce kesme gerilmesi ile karşılaşılan ara malzeme daha az yük taşıyabilecektir.



Şekil 2.1: Sandviç Konstrüksiyon Uygulaması

Kesme yükünün ara malzeme ve yapıştırıcının dayanım değerini aşmadığından emin olmak, tasarımı dikkate alınması gereken bir husustur.

Cidarlar herhangi bir malzeme olabilir. Kompozit pazarında en yaygın olanları cam, karbon, alüminyum, kontraplak veya yüksek basınçlı laminatlardır. Ara malzeme dört temel kategoriye ayrılmıştır.

1. Köpükler
2. Sentaktik Köpükler
3. Bal Peteği
4. Tahta / Balsa Ağacı

Çeşit, ağırlık, yapı gibi faktörleri gözönüne aldığımızda bu dört ana kategoriye çok daha geniş bir liste haline getirmemiz mümkündür. Bu ürünlerin genel niteliklerini kısaca tanıtırsak;

**1. Köpükler :** Köpük haline getirilmiş ısı izolasyon malzemeleri; açık hücreli, kapalı hücreli, rijit yapıda veya lineer molekül yapısında olabilirler. Üretan, fenolik, polieter, polistiren, PVC, polyester, köpük yapımında yaygın olarak kullanılan malzemeleridir. Kompozitlerde

en çok kullanılan köpük cinsleri, üretan ve PVC köpüklerdir. Üretan köpükler yalıtım, flotasyon, sörf tahtaları ve rüzgar sörfünde kullanılmaktadır. PVC daha büyük yapısal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. PVC'ler rijit ve lineer olmak üzere iki temel şekilde mevcuttur. Rijit tür PVC köpükler iç bünyede bir cross link (şebeke yapısı) oluşturmakta ve termoset reçinelere benzemektedir. Lineer tür PVC köpükler zincirler arasında cross link oluşturmazlar. Bu durumuyla daha çok termoplastiklere benzerler. Lineer köpükler daha esnekler. Isı ile nispeten basit küreleşme ve kıvrılmalar halinde şekil verilebilmektedir. Bu özellik ısı distorsiyonuna maruz kalan, lineer köpüklerden elde edilen, çift komponentli ısı izolasyon malzemelerini meydana getirmektedir.

Rijit Köpükler aşındırma veya yüzey işleme araçları kullanılarak şekillendirilmektedir. Fenolik Köpükler yüksek derecede alev dayanımının gerektiği ortamlarda kullanılmaktadır. Fenolik reçineler gibi bu köpükler de alev dayanıklıdır. Yüksek CROSS LINK şebeke yapısı nedeniyle PVC'ler gibi kırılğan değildirler. Kompozit endüstrisinde kullanılan köpüklerin çoğunluğu kapalı hücre yapısındadır. Köpükleri oluşturan hücrelerin birbirleriyle bağlantısı yoktur. Bu durum köpüğün nem penetrasyonunu etkilemekte ve laminasyon sırasında köpük tarafından emilecek reçine miktarını sınırlamaktadır.



Snowboardların çoğunda köpük malzemeler kullanılmaktadır.

Köpükler cidarla ara malzeme arasında, kompozit üreticisine iyi bir bağın oluşturulabilmesi için yeterli, geniş ve düzgün bir yüzey sunmaktadır.

Genellikle köpüklerin metre küp yoğunluğu 1-8 kg. arasındadır. Daha hafif köpükler flotasyon ve yalıtım için uygundur. Daha ağır köpükler ise, ağır hizmet alanlarında kullanılmaktadır. Bu tür köpükler genellikle denizcilik, taşımacılık, tank yapımı ve işaretleme uygulamalarında kullanılmaktadır.

**2. Sentaktik Köpükler :** Bu köpükler delikli partiküller ve reçinelerin karışımıyla elde edilmektedir. Partiküller mikro veya makro cam kürecikleri, seramik, plastik veya bazı delikli volkanik camlar halinde olabilir.

İçi Boş Dolgular, malzemenin tamamının yoğunluğunu azaltır. Bu nedenle, ürünün ağırlığını düşürdüğü için tercih edilmektedir. Sentaktik köpükler çift komponentli ısı izolasyon malzemelerine göre daha yüksek bir basınç direncine ve genel olarak daha üstün mekanik özelliklere sahiptir.

Sentaktik köpükler çift komponentli ısı izolasyon malzemelerine göre oldukça ağırdır. Birim alan ağırlıkları, 13,5–27 kg. arasında değişmektedir. Çift komponentli ısı izolasyon malzemelerinde olduğu gibi sentaktikler geniş ve nispeten düz yüzey alanları nedeniyle kolayca diğer malzemelere yapıştırılabilmektedir.

Sentaktikler genellikle hafifliğin arandığı ürünler için kullanılmakla birlikte, reçine özelliklerinin maksimum düzeyde korunmasını sağladığı için tercih edilmektedir. Esas kullanım alanı yüksek kesme yükü ile karşılaşan uygulamalardır.

**3. Bal Peteği Görünümlü Ara Malzemeler :** Kraft kağıdı, alüminyum, çelik, aramid, karbon, üretan, polyester, polietilen, polipropilen ve seramik gibi malzemelerden elde edilmektedir. Bal peteği ismi hücre yapısının altgen şeklinde olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu malzemeler tasarımcıya en hafif, yapısal olarak kusursuz bir sandviç konstrüksiyon panelin üretilmesi olanakını verir. Buna ek olarak girdi malzemeleri, çok düşük toleranslarla üretildiğinden bal peteği, şu an pazardaki mevcut ara malzemeler arasında ağırlık farklılığı en az olan üründür. Yoğunluğu ise 16 – 240 kg./m<sup>3</sup> arasındadır. Bal peteği kullanılarak üretilen sandviç paneller sertlik/ağırlık oranının önem kazandığı kritik uygulamalarda kullanılmaktadır. Örneğin uçaklar, yüksek performanslı yarış tekneleri, inşaat alt yapı ürünleri ve uzay sanayi ürünleri vb. Ayrıca spor ayakkabıları ve inşaat sektöründe perde duvar panelleri uygulama-

malarında da bal peteği kullanılmaktadır.

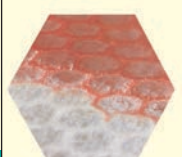
Bal peteği ile üretilen sandviç panellerin yapımı sırasında, cidarlarla temas eden yüzeyin küçük olması, yapıştırırmada zorluk yaratabilir. Bu nedenle, yapıştırıcının doğru seçimi önem kazanmaktadır. Sandviç yapıdaki ürünlerde, bal peteği görünümlü ara malzeme kullanıldığında, vakum veya otoklav kalıplama yöntemleri daha fazla tercih edilmektedir.

**4. Ağaç Malzeme :** Bu gruptaki ara malzeme ürünleri içerisinde en yaygın kullanımı olan ürün balsa ağacıdır. Balsa ağacının yoğunluğu 80-176 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup, 96-144 kg arasındaki yoğunluk daha çok kullanılır. Bazı eğlence (gezinti) teknesi uygulamalarında, kontraplak veya sunta gibi diğer ağaç malzemeler de kullanılmaktadır. Bu ürünlerin tercih nedeni, hem ucuz olması hem de küçük parçaların kullanılabilir olmasıdır. Bu tür malzemelerde yaşanan sorun, ağaç içine suyun sızmasından kaynaklanmaktadır. Sızan su, ara malzemenin çürütmesine ve cidarlardan ayrılarak, boşluk oluşmasına neden olmaktadır. Balsa Ağacı ise, liflerin, cidarlara dikey doğrultuda yönlendirilmiş olması nedeniyle diğer ağaç malzemelerde yaşanan sorunları yaratmayan özellikte bir malzeme olup, suyun cidardan sızmasından itibaren giriş bölgesinde oluşan nemi burada tutsak ederek, yayılmasını engellemektedir.

Balsa ağacının kullanım alanları oldukça fazla sayıdadır. Düşük “maliyet/ürün özellikleri” nedeniyle en yaygın olarak kullanılan ara malzemedir. Kesme yükü ve basınç yükü dayanımı yüksektir. Ancak su dayanımı diğer köpük malzemelere oranla daha düşüktür.

#### SANDVIÇ YAPININ FAYDALARI

Cidar ve ara malzeme gibi iki komponentin farklı yük kaldırma özelliği, dikkatli bir sandviç konstrüksiyon işçiliği ile her birinin tek başına sağlayacağı performansdan çok daha yüksek bir performans elde edilmesine hizmet edebilir. Tıpkı, 2+2=5 ifadesinde olduğu gibi. Yani ara malzeme ve cidarların birleştirilmesi sonucunda oluşan sandviç yapıdaki panel ürün, düşük maliyet, hafif malzeme, artan ürün performansı, geniş uygulama alanı ve bunun gibi daha birçok avantajı da gerek üreticije gerekse nihai kullanıcıya sunmak suretiyle tek başlarına sahip oldukları etkinin üzerinde bir etki yaratmaktadır. Sandviç konstrüksiyonlu yapılarda cidarlardan birinin karşı-



laşacağı yük, aradaki malzeme aracılığı ile diğer cidara aktarılmakta, yükün cidarlar ve ara malzeme tarafından paylaşılması sonucunda ürünün mukavemeti artmaktadır.

Ara malzeme kesme ve nokta yük basıncını taşıırken, cidarlar eğilme yüklerine karşı direnç göstermekte, karşılaşacağı çekme ve basınç yüklerini içinde bulundurmaktadır.

## ÖZET

Bugünün daha karmaşık beklentileri, yorulma performans değerleri ile ifade edilmektedir. Bu konuya ilişkin çalışmalar üniversiteler bünyesinde gerçekleştirilmektedir. Taşımacılık ve inşaat sektörünün büyüyen görünümü sistem yaklaşım mühendislerini bu işin içine daha fazla çekmektedir. Sandviç yapıdaki ürünler, sistem yaklaşım mühendislerine tasarım etkinliği ve verimliliğinin karşılanması konusunda beklenenden daha fazlasını sunmaktadır.

## DOLGU MADDELERİ

Kompozit ürünlerde inorganik dolguların kullanımı artmaktadır. Dolgu maddeleri sadece inorganik ürün maliyetini düşürmekle kalmayıp, takviye ve reçine girdileriyle elde edilmesi mümkün olmayan ürün performans artışlarını da sağlamaktadır. Dolgular kompozit laminat içindeki organik madde içeriğini azaltarak, alev dayanımı ve duman çıkışı performansını arttırabilir. Ayrıca dolgulu reçinelerin dolgusuz reçinelere göre çekme oranı daha düşüktür. Buna paralel olarak kalıplanan parçaların boyutsal stabilitesi artmaktadır. Su direnci, hava etkisiyle meydana gelen değişimler, yüzey düzgünlüğü, sertlik, boyutsal stabilite ve ısı dayanımı gibi önemli özellikler dolgu maddelerinin kullanımı ile arttırılabilmektedir.

Termoset reçineleri kullanan kompozit sektörde, dolgu maddeleri, uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Son zamanlarda, termoplastik endüstrisinde de inorganik dolguların kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Dolgu maddeleri üzerinde yapılan kimyasal işlemler, daha yüksek oranda dolgu kullanılmasına, dolayısı ile ürtünde daha yüksek performans sağlanmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, dolgu malzemesi kullanımındaki trend pozitif yönde gelişmektedir. Dolgu malzemeleri, özelliklerindeki gelişmeler sayesinde kompozit ürün uygulamalarında eskiye oranla daha yüksek miktarda kullanılmaktadır.

## DOLGU MADDELERİ ÇEŞİTLERİ

Kompozit uygulamalarında kullanılan başlıca dolgu maddeleri şunlardır.

**Kalsiyum Karbonat :** En yaygın kullanımı olan inorganik dolgu malzemesidir. Kalsiyum karbonat dolgu malzemesinin büyük bir çoğunluğu kireçtaşı veya mermerden elde edilmektedir.

**Alüminyum Silikat ve Killer :** İkinci en yaygın kullanımı olan dolgudur. Kompozit endüstrisinde daha yaygın bir ifadeyle kil olarak bilinmektedir. Maden killeri, hava flotasyonu veya gayri safiyetin kaldırılması için su ile yıkanarak işleme tabi tutulmaktadır. Çok farklı partikül boyutlarında piyasada bulunmaktadır. Bu bölüm kaoleni, bentonit'i, arduvaz'ı, Mika'yı ve sünger taşı içerir.

**Alüminyum Trihidrat :** Yüksek alev dayanımı/az duman çıkışı gerekli olduğu uygulamalarda dolgu malzemesi olarak sıkça başvurulmaktadır. Bu tür dolgu malzemeleri yüksek ısılarla karşılaştığında bünyesindeki su molekülünü açığa çıkartmaktadır. Böylece alev yayılması ve dumanın oluşmasını azaltmaktadır. Alüminyum trihidrat, boru tesisatı uygulamalarında (banyo küvetleri, duş kabinleri ve ilgili diğer ürünlerde) kullanılmaktadır.

**Kalsiyum Sülfat :** Alev/duman geciktirici dolgu malzemesi olarak, banyo küveti ve duş teknelerinde kullanılmaktadır. Molekülünde az miktarda su bulunan bu dolgu maddesi kullanıldığında daha düşük sıcaklıkta su açığa çıkmaktadır. Düşük maliyetli alev/duman geciktirici dolgu malzemesi olarak tercih edilmektedir.

**Diğerleri :** Yaygın olarak kullanılan bu dolgu maddelerini ve diğer çeşitlerini ana ürün grupları altında belirtelim.

**Karbonatlar :** Magnezyum Karbonat

**Silika ve Silikatlar :** Kum ve Toz Silikatlar, Talk, Kalsiyum Silikat, Kieselguhr, Zirkan

**Alüminyum Silikatlar ve Killer:** Kaolen, Bentonit, Arduvaz, Mika, Kalsiyum, Vermikülit, Sünger Taşı

**Cam Dolgu Maddeleri :** Katı Cam Kürecik, Boş Cam Kürecikler, Pul Camlar

**Metal Oksit Dolgu Maddeleri :** Alüminyum, Alüminyum Hidroksit, Antimon Trioksit, Demir Oksit, Kurşun Oksit, Magnezyum Oksit, Titanyum Dioksit, Çinko Oksit, Zirkanyum Oksit

**Metallik Toz Dolgu Maddeleri :**

Alüminyum, Bronz, Bakır, Demir, Kurşun, Gümüş, Paslanmaz Çelik, Çinko

**Alev Geciktirici Dolgu Maddeleri :**

Antimon Trioksit, Alüminyum Hidroksit

**Diğer Dolgu Maddeleri :** Baryum Sülfat, Baryum Titanat, Karbon Siyahı, Grafit, İçi Boş Karbon Kürecikleri, Fenolik Kürecikler, Feldspat, Vollastonit, Ögütülmüş Cam Elyafı

### KOMPOZİT ÜRÜNLERDE DOLGU MALZEMELERİNİN KULLANIMI

Kalıplanmış; kompozit laminat ürünün, genelde ağırlıkça %40-65'ni inorganik dolgular oluşturmaktadır. Reçineler ve takviyeler ile karşılaştırıldığında, temel girdiler içinde en az maliyetli olan ürünlerdir. Bununla birlikte dolgu malzemeleri bir ürünün arzu edilen performans değerlerini elde edilmesinde aşağıdaki sebeplerden dolayı önemlidir:

- Dolgular, laminat içeriğindeki yanabilir hidrokarbon miktarını düşürerek, bileşim ürünlerinin alev dayanımını arttırmaktadır.
- Dolgular, reçineleri seyrelterek ve gerekli takviye miktarını azaltarak bileşim maliyetini düşürmektedir.
- Dolgulu reçinelerin mekanik direnci daha yüksek olma eğilimindedir.
- Dolgular, reçine ve takviye malzemeleri gibi laminatı oluşturan ana yapısal komponentler arasındaki yük dağılımına hizmet ederek, CTP'nin mekanik ve fiziksel performansını arttırmaktadır.
- Laminat üzerindeki her bir noktanın aynı özellikleri taşıması dolgu malzemelerinin verimli kullanılması suretiyle arttırılabilir.
- Reçinenin çatlama dayanımı ve çatlama önlenmesi özellikleri dolgu kullanılarak arttırılabilir.
- Dolgu malzemelerinin farklı partikül boyutlarında kombinasyonu, yüksek ısı ve basınç ortamında hazır bileşimin daha homojen olmasını sağlamaktadır.
- Ağırlıkça hafif dolgu malzemeleri, genellikle denizcilikte kullanılan yapılandırma macunlarında ve taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır. Bu tür dolgu malzemeleri, ürtünde ağırlık artışı olmaksızın performansı yükselten en düşük maliyeti sağlamaktadır.

### DOLGU MALZEMELERİNİ SEÇMEK

Dolgu malzemeleri genellikle kalıplanan par-

çaların performans ve maliyet unsurları dikkate alınarak seçilmektedir. Bir dolgu malzemesinin seçiminde kimyasal bileşenler, partikül hacmi ve seçilmesi olası malzemelerin hacmi gibi faktörler önem kazanmaktadır. Aynı şekilde kompozit ürünün bulunacağı ortam da dikkate alınması gereken bir husustur. Örneğin; son ürün mineral asite maruz kalacaksa, kalsiyum karbonat gibi asitlerden etkilenecek olan dolgu malzemeleri kullanılmamalıdır. Eğer son ürünün alev dayanımlı veya ark dayanımlı özelliklere sahip olması gerekiyorsa, dolgu malzemesi seçimi kil veya kalsiyum karbonat ile hidrit alüminyum oksit'in karışımı olması gerekir. Yüksek yüzey alanı özellikleri nedeniyle, düzgün yüzey görünümü vermek amacıyla kil sıkça kullanılan bir malzemedir.

### DOLGU MALZEMELERİNİN PRENSİPLERİ

Dolgulu reçine sistemlerinde verimliliğin en yüksek düzeyde sağlanabilmesi için dolgu malzemelerinin kombinasyonu sıklıkla tercih edilmektedir. Teoride kil gibi daha küçük hacimli malzemeler, daha büyük hacimli dolgu malzemeleri (hidrit alüminyum oksit, kalsiyum karbonat v.s.) arasındaki boşluklara girer. Geri kalan hacmi polyester reçine dolgu malzemelerini bağlayarak doldurur. Son olarak ise kompozit haldeki bu karışım yapısal olarak elyaf ile takviye edilmektedir. Bu durum daha geniş taşların ve çakılların arasına daha küçük hacimdeki kum tanelerinin yerleştirildiği sıkıştırılmış dolgu uygulamalarının olduğu beton malzeme sistemine benzerlik göstermektedir. Kum tanecikleri arasındaki boşluklar daha sonra bağlayıcı çimento ile doldurulmaktadır.

### YÜZEY İŞLEMLERİ BAZI DOLGU MADDELERİNİN GELİŞMESİNİ SAĞLAMAKTADIR

Bir bağlayıcı (coupling agent) aracılığıyla partiküllerin yüzey alanına yapılan işlemlerle dolgu maddeleri kimyasal olarak modifiye edilmektedir. Bu tür bağlayıcılar reçine ile dolgu maddeleri arasındaki kimyasal bağın artmasını sağlayarak reçine tüketimini azaltmaktadır.

### ÖZET

Kompozit ürünlerde dolgu malzemelerinin etkin kullanımı ürün performansını yükseltmekte, üretim maliyetini azaltmaktadır. Kompozit

ürünler için gereken birçok özelliği bir arada sağlayabilen dolgu sistemleri mevcuttur. Alevlenme, duman yayma, çekme kontrolü, ağırlık dağılımı ve fiziksel özellikler özel ve yaygın amaçlı kullanımı olan dolguların karışımı olan bir dolgu paketi ile kullanılarak modifiye edilebilir. Malzeme, proses, tasarım ve maliyeti etkileyen bu çok önemli kompozit girdileri ile ilgili olan ürün teknik bilgileri üretici firmalardan sağlanabilmektedir.

## KATKI MALZEMELERİ VE MODİFİYE EDİCİLER

### REÇİNELERDEKİ BAŞLICA GİRDİ MALZEMELERİ

Çok çeşitli katkı malzemeleri laminatı istenilen performans düzeyine getirmek ve malzeme özelliklerini modifiye etmek amacıyla kompozit ürünlerde kullanılmaktadır. Bu tür malzemeler reçineler, takviyeler ve dolgu malzemeleri gibi ürün içinde önemli bir işlevselliğe sahip olan malzemelerle karşılaştırıldığında düşük miktarlarda kullanılmaktadırlar.

### KATALİZÖRLER, HIZLANDIRICILAR (PROMOTÖRLER) , İNHİBİTÖRLER

#### Katalizörler

Polyesterdeki en önemli katkı malzemesi katalizörlerdir. Oda sıcaklığında sertleşmenin sağlanabilmesi için en yaygın olarak, metil etil keton peroksit (MEKP) gibi bir organik peroksit kullanılmaktadır. Ayrıca benzoil peroksit reçinenin sıcak kalıpta sertleştirilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Katalizörler kimyasal reaksiyonun bir parçası olmamakla birlikte polimerizasyon prosesinin başlaması için gerekli enerjiyi sağlamaktadır.

Doymamış polyester reçinelerin sertleştirilmesinde kullanılan peroksitler; hidroperoksitler, alkilperoksitler, peresterler, açılperoksitler, ketalperoksitler ve ketonperoksitler olmak üzere 6 ana gruba ayrılır.

Bütün peroksitler bir nevi hidrojen peroksit türevidirler. Polyesteri sertleştirmek için kullanılan organik peroksitler katı, sıvı veya pasta halinde piyasaya sürülürler. Organik peroksitler stabilitelelerinin az oluşları yüzünden genellikle inert maddelerle flegmatize edilirler. Flegmatize maddesi ya mineral dol-

gu veya ftalat cinsi maddelerdir. Böylece piyasadaki ticari peroksitlerin konsantrasyonu genellikle %50 civarındadır.

Organik peroksitler darbe veya ısı etkisi ile parçalanabilirler. Peroksitin miktarına göre bu parçalanma patlama şeklinde olabilir. Bu yüzden peroksitler kullanılırken çok özen göstermeli, darbeden ve ısıdan uzak tutulmalıdır.

#### Hızlandırıcılar (Promotörler)

Isıtıldığında veya kobalt naftanat gibi bir hızlandırıcı ile birleşerek kullanıldığında, peroksitler reaktif hale dönüşerek, doymamış polyesterin reaksiyona girmesini (polyester moleküllerinin cross link adı verilen bir şebeke yapısı oluşturmaya) ve sertleşmesini sağlar. Başlıca hızlandırıcılar kobalt naftanat, kobalt oktoat, dimetil anilin (DMA) ve dietilen anilindir (DEA).

Doymamış Polyesterleri sertleştirmede kullanılan hızlandırıcılar Kobalt ve Vanadyum metallerinin birleşikleri ile Azotlu bileşiklerdir. Bu yüzden hızlandırıcılar Kobalt hızlandırıcısı, Vanadyum Hızlandırıcısı ve Amin Hızlandırıcısı diye adlandırılır.

a)Kobalt hızlandırıcısı; organik kobalt tuzlarıdır. Genellikle ya Kobalt oktoat veya Kobalt Naftanat şeklindedirler. Yumuşatıcılarda (ftalat) veya stiren içerisinde çözülmüşlerdir

Dozajı ayarlamak bakımından Kobalt hızlandırıcılar %1, %6 veya %10 metal ihtiva eden çözeltiler şeklinde piyasaya sürülürler. Reçineye %0,1 ile %3 arasında ilave edilirler. Kobalt hızlandırıcılar Ketonperoksitlerle (6. grup katalistler) oda sıcaklığında, Hidroperoksitlerle biraz daha yüksek sıcaklıklarda, Peresterlerle 70°C'nin üstündeki sıcaklıklarda sertleşme verirler.

Ketonperoksit ve Kobalt hızlandırıcı miktarları değiştirilerek işleme süresi sınırları içinde ayarlanabilir. Kalıptan çıkarma süresi genellikle aminli hızlandırıcılara nazaran daha uzundur. Buna karşılık CTP malzemenin ışığa mukavemeti ve dış etkenlere mukavemeti daha yüksek olur.

Kobalt yüzeyde kurutucu etki yapar ve havanın inhibitör etkisine karşı koyar. Bu yüzden Kobalt hızlandırıcı ile ince tabakalarda bile yapışkan olmayan yüzey elde edilebilir.

b)Vanadyum'lu hızlandırıcılar da oktoat veya naftanat şeklinde piyasaya sürülürler. Vanadyum daha etkili bir hızlandırıcıdır. Ancak stabilitesi düşüktür, yani zamanla bozu-



nur. Bu yüzden kullanımı pek yaygınlaşmamıştır. Vanadyum'lu hızlandırıcılar yalnız ke-tonperoksitlerle değil, aynı zamanda hidro-peroksitlerle, perketallerle, peresterlerle (yani daha az aktif peroksitlerle) de birlikte kullanılabilirler.

Vanadyum'lu hızlandırıcılar Kobalt'a nazaran daha iyi sertleşme ve kimyasal dayanımı daha yüksek CTP parçalar verirler. Sadece Vanadyum'lu hızlandırıcının depolama ömrü daha kısadır.

ç)Amin hızlandırıcılar da %10'luk çözelti halinde stiren içinde veya ftalat'lı yumuşatıcılar içinde piyasaya sürülürler. En çok kullanılanlar Dimetilparatoluidin, Dietilanilin ve Dimetilanilin cinsleridir.

Amin hızlandırıcılar genellikle Benzoilperoksit'le beraber kullanılırlar. Normal jelleşme süresine karşılık süratli bir sertleşme verirler. Polyestere hafif sarımtırak bir renk verirler. En etkin olanı Dimetilparatoluidin'dir. Onu sırasıyla Dimetilanilin (en çok kullanılan) ve Dietilanilin takip ederler.

### **İnhibitörler**

TBC (Tersiyer bütıl katekol ) reaksiyon hızını yavaşlatmak için kullanılır. Bu tür katkılara "inhibitor" denmektedir. En yaygın olanları; hidrokinon ve tersiyer bütıl katekoldür (TBC), Monotersiyerbutilhidrokinon, Para-Benzokinon, Bakır ve Bakır Tuzları, Kuaterner amonyum tuzlarını verebiliriz.

## **RENKLENDİRİCİLER**

Renklendiriciler kompozit ürünün tamamının kendinden renklendirilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu tür katkıların reçinenin bir parçası olarak veya kalıplama prosesinin (jelkot gibi) bir parçası olarak uygulanmaktadır. Boya gibi bir çok kaplama malzemesi kalıplama sonrasında da uygulanabilmektedir.

## **KALIP AYIRICILAR**

Ayırıcılar, CTP parçaların kalıptan çıkarılmasını sağlayan malzemelerdir. Bu ürünler reçineye katılarak kalıba uygulanmakta veya hem reçineye katılmakta hem de kalıba sürülmektedir. Çinko sterat reçineye katılan pres kalıplama için geliştirilmiş popüler bir kalıp ayırıcıdır. Vakslar, silikonlar ve teflon gibi diğer kalıp ayırıcılar, kalıp yüzeyine doğrudan uygulanabilmektedir.

### **Vaks Kalıp Ayırıcılar**

Vaks kalıp ayırıcılar çoğunlukla vaks cilâ şeklinde kullanılır. Yüksek oranda Carnuba vaksından yapılmışlardır ve silikon katkı içermezler. Carnuba vaks esaslı özel vaks pasta cilâlar sunan çeşitli üreticiler vardır. Sert, orta sert ve yumuşak kıvamda bulunabilirler.

Kalıp yüzeyinde vaks birikmesine mani olmak ve kalıp yüzeyinin bir defada kaplanıp temizlenebilmesi için sıvı kalıp ayırıcılar da mevcuttur.

Vaks cilalar parlak son yüzeyler vermek için parlatılarak da kullanılırlar. Normal olarak ince birçok kat olarak uygulanır ve her uygulamada aynı işlem tekrarlanır. Uygun kalınlığa ulaşılan kadar yaklaşık altı kat vaks, her katı ayrı ayrı parlatarak sürmek gerekebilir. Her tabakanın kalınlığını arttırarak tabaka adedini azaltma yoluna gidilmemelidir. Böyle bir uygulama istenilen nitelikte bir ayırıcı tabakası elde edilememesine neden olur.

### **Silikon Kalıp Ayırıcılar**

Silikon kalıp ayırıcılar epoksi reçine sistemleri için uygundur. Ancak polyester reçine sistemleri ile silikon kalıp ayırıcıların karışma olasılığı çok yüksek olduğundan, sıcak pres kalıplama dışında polyester reçine sistemiyle kullanılamazlar. Aynı şekilde poliüretan reçinelerin köpürmesini önlediklerinden bu uygulamalar için de tavsiye edilmezler. Spray, emülsiyon, solüsyon ve yağ şeklinde birçok silikon kalıp ayırıcı ticari olarak bulunmaktadır.

### **Diğer Başlıca Kalıp Ayırıcılar**

Polivinil Alkol (PVA), Spray Kalıp Ayırıcılar, Film Kalıp Ayırıcılar, Selüloz Asetat, Nitro Selülüz ve Şellak'dır.

## **KATKI MALZEMELERİNİN İŞLEVLERİ**

Katkı malzemelerinin başlıca işlevleri şunlardır;

**Düşük Çekme/Hassas Profil:** Düzgün yüzeyin arzulandığı kompozit parçalarda reçine çekmesini azaltan özel bir termoplastik reçine, termoset reçineye eklenebilir. Pigment katkılı SMC/BMC için kullanılan düşük çekmeli termoplastik reçineler, anti seperasyon katkılarıyla stabilize edilebilirler.

**Alev Dayanımı:** Yanma dayanımı uygun reçinenin seçimi, dolgu malzemelerinin veya

alev geciktirici katkı malzemelerinin kullanımı ile artırılabilir. Bu kategorinin içinde yer alan malzemeler organik brom, klor, borat veya fosfor bileşenlerini kapsamaktadır.

**Hava Kabarcığı Gidericiler:** Kompozit üretiminde kullanılan reçinelerin büyük bir çoğunluğu, jelkotlar ve diğer polye ester reçineler, proses ve uygulama sırasında hava kabarcıkları oluşturma eğilimindedirler. Hava kabarcıkları, hava boşluklarına ve elyafıta ısınma sorunlarına neden olmaktadır. Hava kabarcıklarını gideren katkı malzemeleri reçine üreticileri, jelkot üreticileri ve kalıpcılar tarafından elyafın ısınma özelliklerinin iyileştirilmesi ve kabarcıkların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır.

**Emisyon Kontrolü:** Açık kalıplama CTP uygulamalarında, çevre sağlığı açısından stiren emisyonunun azaltılması yönünde kısıtlayıcı tedbirler alınmaktadır. Alınan tedbirler ile daha düşük stiren katkılı üretim gerçekleştirilmektedir.

**Vizkosite Kontrolü:** Birçok kompozit ürün uygulamasında örneğin; hazır kalıplama bileşimi (SMC) veya yüksek dolgulu CTP uygulamalarında, üretim esnasında düşük düzeyde bir vizkosite sağlamak önemlidir. Dalgulu sistemlerdeki bu düşük vizkosite genellikle ısılatıcı veya dağıtıcı katkıların kullanılmasıyla elde edilmektedir. Bu katkı malzemeleri daha düşük vizkosite sağlayarak, dolguların dağılmasını ve ısınmasını kolaylaştırmaktadır. Şu da ilave edilmelidir ki; ısılatıcı ve dağıtıcı katkıları, pigmentin reçine içinde daha kolay dağılmasını da sağlamaktadır.

SMC ürünlerin kalıplanmasında, takviyelerin ve dolguların kalıp içerisinde üniform bir şekilde (kalıbın tamamına) dağılım gösterebilmesi için vizkosenin yeterince yüksek düzeyde olması önemlidir. Bileşim üretiminde uygun kalıp vizkosesinin sağlanabilmesi için özel "kalınlaştırıcılar" eklenmektedir. Yaygın olarak kullanılan kalınlaştırıcılar magnezyum hidroksit veya kalsiyum hidroksittir. El yatırması ve püskürtme gibi diğer bazı uygulamalarda tiksotropik maddeler/pastalar kullanılabilir. Hareketsiz bir durumda tiksotropik maddeler içeren reçineler yüksek bir vizkositeye sahiptir. Bu durum sıvı reçinelerin dik yüzeylerden akma veya süzülme eğilimini azaltmaktadır. Reçineler çalkalandığında (hareketli bir haldeyken) vizkosite düşer

ve reçineler kalıba püskürtülebilir veya fırçayla uygulanabilirler. Kurutulmuş silika ve bazı killer yaygın tiksotropik maddeler olarak kullanılmaktadır.

**Elektriksel İletkenlik :** Kompozitlerin çoğunluğu elektriği iletmezler. Elektriksel iletkenlik metal, karbon partikülleri veya iletken liflerin eklenmesiyle elde edilebilir. Elektromanyetik girişim maskelenme işlemi (electromagnetic interference shielding), kalıplama sırasında, bileşim içerisinde iletken malzemelerin katılması ile sağlanmaktadır.

**Dayanıklılık :** Takviye malzemelerinin katkısıyla sağlanmaktadır. Kauçuk veya diğer elastomer malzemeler gibi özel katkıların kullanılması da dayanıklılığı arttırmaktadır.

**Antioksidantlar:** Plastikler, bazen polimer oksitlenmesini önleyen veya geciktiren antioksidantlar ile modifiye edilmektedir. Bunun sonucunda, bazı özelliklerin yitirme riski vardır.

**Antistatik Katkılar:** Polimerlere eklenen bu malzemeler, polimerlerin elektrik yükü çekme eğilimini azaltmaktadır. Statik elektrik kontrolü, nihai ürünlerde olduğu kadar, bazı plastiklerin işlenmesinde ve kullanımında da önemlidir. Plastiklerdeki statik yükler; elektrik şoku oluşturabilir, yangın tehlikesi ve toz toplama riski oluşturabilir. Örneğin bilgisayar/ bilgi işlem uygulamalarında, özellikle statik yükün etkisi zararlıdır.

**Köpürtücüler :** Polimerler içine, proses sırasında, reçineyi küçük hücrelere bölmek amacıyla katılan kimyasallardır. Köpük plastikler, düşük yoğunluklu olup, malzeme maliyetini düşürürler, elektrik ve ısı yalıtımı sağlarlar, birim ağırlık başına mukavemet değerini yükseltirler ve reçinenin çekmesini azaltarak, parçanın deformasyonunu engellerler.

**Plastifiyanlar:** Bileşiklere işlenebilirlik özelliklerinin artırılabilmesi, fiziksel ve mekanik özelliklerin daha geniş bir sahada sunulabilmesi için eklenmektedir.

**Kaydırıcılar ve Blok Oluşturucular:** Yüzeyin kayganlaşmasını sağlamaktadır. Bu sayede kompozit parça yüzeylerinde sürtünme katsayısı azalmakta ve kompozit parçanın kalıptan kolayca ayrılması sağlanmaktadır.



## TERMOPLASTİK İÇİN KATKILAR

Termosetlerde olduğu gibi termoplastiklerde de katkılar daha gelişmiş ürün özelliklerinin işlenebilirliğinin ve dış görünümünün sağlanabilmesi için malzeme sistemini değiştirebilir ve modifiye edebilirler. Renklendiriciler, alev geciktiriciler ve kalıp ayırıcılar termosetlerde olduğu gibi termoplastiklerde de benzer bir rol oynamaktadırlar.

**Isı Stabilizatörü :** Isının açığa çıkması sonucunda, polimerin bozulmasını önlemek amacıyla termoplastik sistemlerde kullanılmaktadırlar.

**Ultraviyole Stabilizatörü :** Termoset ve termoplastik kompozitlerin her iki grubu için de parlaklık, çatlama, ufalanma etkisi ve renk kaybının önlenmesi, elektriksel karakteristiklerin korunması, gevrekleşme ve ultraviyole ışınları nedeniyle dağılma gibi sorunlara karşı eklenen bazı özel malzemeler kullanılabilir. UV ışınlarını emerek kompozitleri koruyan katkılar, ultraviyole absorblayıcıları olarak adlandırılmaktadır. Daha karmaşık bir biçimde polimerleri koruyan malzemeler ultraviyole stabilizatörü olarak bilinmektedir.

## ÖZET

Katkı malzemeleri ve modifiye edici girdiler, polimerlerin sağladığı faydayı ve ürün işlenebilirliğini artırmakta veya ürün dayanıklılığını artırmaktadır. Katkılar ve modifiye ediciler temel malzeme sistemlerinin maliyetlerini genellikle artırırken, bu malzemeler maliyet/performans özelliklerinin ve verimliliğin artmasına veya daha pahalı polimerlerin kullanılmasını gerektirebilecek uygulamalarda daha ucuz maliyetli polimerlerin kullanımına olanak sağlamaktadır.

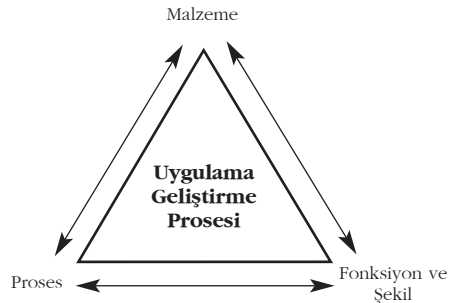
## MALZEME SİSTEMLERİ OLARAK KOMPOZİTLER

Yeni bir kompozit ürünü başarılı bir şekilde geliştirmek veya varolan ürünler için gelecekteki malzemelerin yerine kompozit malzemelerin kullanılmasını sağlamak, çok çeşitli faktörlerin aynı anda düşünülmesini gerektirir. Endüstriyel tasarımcılar “şekil işlevselliği takip eder” derler. Gerçekte ürünün “şekil”i kompozit parçaların üretilmesinde kullanılan

proses ve seçilen malzemelerin nitelik ve özelliklerinden de etkilenmektedir. Kompozitler için bu yaklaşım daha gerçekçidir. Bu yüzden kompozit ürün uygulama geliştirme sürecini, uygulamanın bütün işlevsel gereksinimlerini, malzeme performansı ve işlenebilirlik seçeneğini, malzeme adres gösteren bir sistem olarak düşünmek gerekir. Yeni bir türünde parçanın işlevsel gereksinimleri dikkatli bir şekilde tanımlanmalıdır. Bu tanımlama ürünün sadece son ürün işlevlerinin değil, ürünün son hedefine ve kullanım haline ulaşmadan önce geçirdiği evreleri dikkate almaktadır. Montaj ve nakliye ihtiyaçları bazı durumlarda, ürünün üretimi için gerekenden daha büyük bir organizasyon gerektirebilir. İyi bir şekilde ifade edilen işlev ve şekil ilişkisi ile kullanım şansı olabilecek malzemeler, ürün kalıplama yöntemleri birbirini etkileyen bir sistemin parçası haline getirilebilir.

## İŞLEVSEL GEREKSİNİMLERİ ANLAMAK

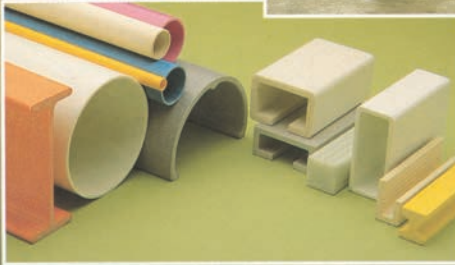
Kompozitleri diğer malzemelerin yerine geçen bir malzeme olarak düşündüğümüzde, işlevsel gereksinimler tanımlanamaz ya da hatırlanamaz. Uygulamada kullanılan malzemenin spesifikasyonları gerçek işlevsel sınırları veya bütün önemli performans parametrelerini açıklayamaz. Bir örnek olarak, çelik parçalar, malzemenin yüksek ısı dayanımı nedeniyle kullanım ısı sınırları tanımlanamamaktadır. Öte yandan kompozit kısımlara yer verilmesi, malzemelerin uygun bir kombinasyonunun seçimini ve uygulama fizibilitesinin analizine ilişkin bilgileri gerektirir.



Şekil 2.2: Uygulama Geliştirme Prosesi

Kompozit malzemeler, kendi başlarına bir bileşimi meydana getiren malzemeler olarak "tercih-karşılıklı etkileşim" içindedirler. Bu durumda tercih edilen reçineye uygun takviye malzemesinin ve dolgunun belirlenmesi gerekmekte, hatta ürün kalıplama seçenekleri bile kısıtlı kalabilmektedir. Aynı düşünce içerisinde uygulamanın yapısal zorunlulukları, bilinen takviye malzemelerini en uygun reçine ve kalıplama yönteminin seçimi konusunda zorlayabilir. Kalıplama yöntemine endeksli kararlar en uygun malzemelerin seçilmesini gerektirir. Bir bütün

olarak kompozit malzemelerin işlev ve şekil açısından kullanılabilirliğinin devamlı bir biçimde farkında olmak, son kullanım gereksinimlerinin verimli bir şekilde karşılanması açısından esas teşkil etmektedir. Malzeme ve kalıplama yöntemi seçimiyle ilgili düşüncelere bu kılavuz kitabı içerisinde yer verilmekte ve halihazırda kompozit malzemelerin değerlendirmesinin ilk aşaması aracılığıyla uygulama geliştirmecilerine yardımcı olmak için sanayi araştırmalarından elde edilen bilgilere yer verilmektedir.





Bölüm 2 boyunca, son ürünün özelliklerine, biçimine uygun olan kompozit malzemelerin seçimi konusu tartışılmıştır.

Seçilen kompozit malzeme ile son ürünün fonksiyonelliği ve şekli arasındaki ilişkinin yanı sıra, uygun kalıplama yönteminin seçimi de son ürünü etkilemektedir.

Uygulama geliştirmesinde, seçilen malzeme ve üretim yöntemi arasındaki ilişki, kompozitlerin sağladığı avantajları ve elde edilen son ürünün sınırlarını geleneksel malzemelerde olduğundan daha fazla etkilemektedir. Kompozitlerin tasarım avantajlarından birisi de, son ürünün mekanik ve fiziksel gereksinimlerinin karşılanmasında istenilen takviye türünün ve miktarının seçilebilmesidir. Buna rağmen, takviye malzemesi uygulamada kalıplama yönteminin sınırları içerisinde, pratik ya da uygun maliyet açısından optimum şekilde kullanılmıyorsa, uygulamadaki tüm tasarım avantajları kullanışsız veya erişilemez bir boyuttadır. Örneğin, hedeflenen tasarım mukavemetini sağlamak için yaklaşık %60 kontinü cam elyafı kullanılması gereken yapısal bir parçayı ele alalım. Bu ürün, BMC hazır kalıplama bileşiminde olduğu gibi kırpmaya dayalı bir yöntemle üretilmeye uygun değildir. Ancak, "Pultruzyon" veya "Elyaf sarma" gibi kontinü elyaf prosesleriyle kolaylıkla üretilebilir.

Kompozitlerin üretiminde beklenen çeşitli ihtiyaçları karşılayabilmek için bir düzineden fazla bağımsız üretim yöntemi ve çok sayıda hibrid prosesi geliştirilmiştir. Bu proseslerin herbirinin kompozit üretiminde kullanılabilecek çeşitli avantajları ve spesifik faydaları bulunmaktadır. Tüm temel proseslerin özelliklerini anlamak ve

## BÖLÜM 3

# KOMPOZİT KALIPLAMA YÖNTEMLERİNE GİRİŞ

düşünülen uygulama alanı için gereken en verimli kompozit üretim yönteminin nasıl seçileceğini bilmek, Kompozitlerin Üretim Yöntemlerine Giriş bölümünün konusunu oluşturmaktadır.

### EL YATIRMASI VE PÜSKÜRTME YÖNTEMLERİ (İKİ PROSESİN GENEL TANIMI)

CTP kalıplama yöntemleri içerisinde en yaygın kullanımı olan ve bir çok avantaj sağlayan iki temel kalıplama yöntemidir.

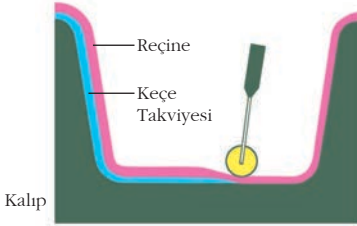
El yatırması ve püskürtme yöntemlerinin her ikisi de, aslında takviye malzemesinin kalıba yatırılması ve açık kalıp üzerine sıvı reçine uygulanması temel prensibine dayanır. Kalıp yapımında da, tıpkı üretilen olduğu gibi kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Proses isimlerinden de anlaşıldığı gibi, "El yatırması"nda reçine ve takviye malzemesi ilavesi elle, "püskürtme"de ise reçine ve takviye malzemesi ilavesi işlemleri, kalıba bir püskürtme cihazı ile yapılmaktadır.

İki yöntemin de kolay işlenebilirlik, proses kolaylığı ve düşük maliyet gibi bir çok avantajı vardır. Bu üretim yöntemleri karmaşık ve yüksek düzeyde üretim gerçekleştirilen, kompozit üretim yöntemlerine göre, daha basittir. El yatırması ve püskürtme yöntemleri genellikle, denizcilikte tekne dış yüzeyleri gibi büyük, karmaşık şekilli parçaların üretiminde kullanılmaktadır. İki yöntemin de ortak avantajı daha düşük hacimli parçaların üretiminde de rahatlıkla kullanılabilesidir.

Her iki prosesi de daha detaylı olarak inceleyerek;

## EL YATIRMASI YÖNTEMİ

Düşük üretim düzeylerinde yaygın kullanımı olan bu kalıplama yöntemi, ilk zamanlardan beri endüstride sürekli gelişime açık olan ve üzerinde çalışılan üretim yöntemlerinden biri olmuştur. Bir çok uygulama alanı vardır ve özellikle yüksek mukavemet gerektiren oldukça büyük parçaların üretiminde rahatlıkla kullanılabilir. Kompozit endüstrisi kalıplama yöntemleri arasında temel ve evrensel olarak en uygulanabilir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu proseste sıvı reçine (CE 92 N8, CE 188 N8) takviye malzemesi ile (genellikle keçe -MAT 1(M) MAT 8, MAT 9 dokuma (CE) beraberce açık kalıba uygulanır. Reçine meydana gelen kimyasal reaksiyonlar malzemeyi yüksek dayanımlı ve hafif ürünler elde edilebilecek şekilde sertleştirir. Beton matris içinde çelik çubukların takviye malzemesi görevi görmesi gibi, reçine, elyaf takviyele-ri için matris görevindedir.



Şekil 3.1: El Yatırması Kalıplama Yöntemi

Üretimin başlangıç aşamasında, pigment katkılı jelkotlar (CE) kalıp yüzeyine sprey tabancası veya fırça ile uygulanır. Jelkot yeterli dercede sertleştiğinde, takviye malzemesi tabakaları jelkot'un üzerine yerleştirilir ve reçine elle kalıba uygulanır. Takviye malzemesi üzerine tatbik edilen reçine sertleşene kadar rulolama işlemine tabi tutulur. Rulolama sayesinde laminat tabakaları arasında kalan hava kabarcıkları giderilir. Bu rulolama işlemi, aralıklı olarak her kat takviye malzemesi uygulamasının ardından tekrarlanmaktadır. Takviye malzemesinin kalınlığı ve çeşidi için tasarımda belirlenen değerler kullanılır. Ayrıca katalizörler, hızlandırıcılar ve parçanın kullanımı için gerekli olan malzemeler reçineye ilave edilebilir. Böylece kompozit laminatlar, dışarıdan ısı kaynağına ihtiyaç duyulmadan oda sıcaklığında sertleştirilebilir. CTP kompozit par-

çaları, bal peteği görünümlü malzemeler, köpükler ve üç boyutlu cam elyafı gibi ara malzemelerle güçlendirilebilirler. Bu tür ara malzeme olarak kullanılan kompozitler, çoğunlukla "sandviç yapıdaki kompozit malzemeler" olarak adlandırılır. Genel olarak el yatırması yönteminde, bir kerde tek bir parça (parçanın jekot uygulaması yapılmış kısmı) elde edilir. Görünmeyen yüzeyin kumlama ya da selofan levha gibi yumuşak bir yüzey kullanımıyla düzgün hale getirilmesi de mümkündür. Ayrıca, laminatın arka yüzeyinin kalitesini arttırmak için, tekne yüzeylerinde olduğu gibi sağlam kumaşlar ve reçineler kullanmak da mümkündür.

## REÇİNELER

Bir çok el yatırması uygulamasında, genel amaçlı veya DCDP polyester reçineler ağırlık kazanmaktadır. Ayrıca izoftalik polyesterler, vinil esterler ve epoksi reçineler gibi diğer termoset esaslı reçineler de kullanılmaktadır.

## TAKVİYE MALZEMELERİ

Bu kalıplama yönteminin bir çok uygulamasında, kompozit malzemenin ağırlıkça %25-35'ini oluşturacak şekilde keçe kullanılmaktadır. Dokuma daha yüksek oranda bir takviye yüklemesi ve bunun sonucunda daha yüksek mukavemet değerleri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Dokuma bazı uygulamalarda CTP laminatın %50'sini oluşturabilmektedir.

## EL YATIRMASI YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

El yatırması kalıplama yönteminin başlıca avantajları şunlardır:

- Düşük üretim maliyeti
- Üretilen parçaların boyutlarında teorik olarak kısıtlama olmaması
- Tasarımda gerektiğinde değişikliklerin kolaylıkla yapılabilmesi
- Diğer yöntemler arasında en düşük yatırım maliyetine sahip olması
- Çeşitli renklerde dekoratif yüzey elde edilebilmesi
- Yerde kalıplama olanağı
- Prototip üretimine ve büyütme uygun olması
- Maksimum tasarım esnekliği belirli bölgelerin daha mukavim yapılabilme olanağı, özel eklemelerin yapılabilme olanağı

- Montaj kolaylığı
- Reçinede çekme sorunu nedeniyle özel tasarım yapılabilmektedir.

### EL YATIRMASI YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

Bu kalıplama yöntemindeki başlıca kısıtlamalar şunlardır:

- Tek yüzü düzgün ürün elde edilebilmesi
- İşgücü yoğun bir proses olması
- Üretim kalitesinin işçi yeteneklerine bağlı olması
- Takviye malzemelerinden istenilen şekillerde ürün alınabilmesi, kalıp özellikleriyle sınırlı kalması
- Reçine sistemi içindeki kimyasalların uçuculuğu (Stirenin açığa çıkması)

### EL YATIRMASI UYGULAMALARI

El yatırması yöntemiyle üretilen parçaların tipik son ürün uygulamaları tekne gövdeleri, otomobil ve kamyon gövde panelleri, yüzme havuzları, depolama tankları, korozyon dayanımlı ürünler, mobilya ve aksesuarlar, elektrikli ev aletleri, havalandırma kanalları gibi ürünleri içerir.

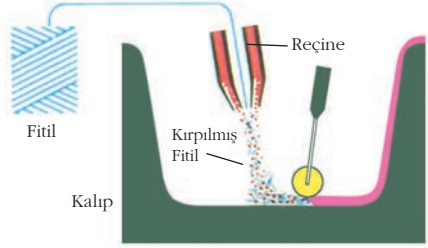
## PÜSKÜRTME YÖNTEMİ

### PROSESİN GENEL TANIMI

Bir çok yönden, bu yöntem el yatırması yöntemiyle benzerlik gösterir. Püskürtme, düşük ve orta üretim düzeylerindeki CTP ürünlerinin üretimi için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde cam elyafı takviye malzemeleri (KCR 2, SU 1) ve katalizlenmiş reçineler (CE 25), özel bir püskürtme tabancasıyla kalıp yüzeyine uygulanır. Bu tabanca, aynı zamanda uygun uzunluklarda kontinü elyaf takviye malzemelerini (KCR 2, SU 1) kırıpmakta ve püskürtmeyle uygulanan reçineye katalizör karıştırma işlemini de yapmaktadır. Malzeme kalıp yüzeyine püskürtüldükten sonra, laminatın tamamen islanabilmesi ve reçinede kalan hava kabarcıklarının çıkartılabilmesi için rulolama işlemi yapılmalıdır. Kırılmış cam elyafı tabakalarının yanısıra, gerektiğinde dokuma (CE 300-450-600-800 gr./m<sup>2</sup>) veya kumaş gibi takviye malzemeleri de el yatırması tekniği kullanılarak laminat yapısına eklenebilir.

Kalsiyum karbonat ve alüminyum trihidrat gibi dolgu malzemeleri, püskürtme reçinesi içi-

ne üründen beklenen özellikleri geliştirmek, maliyeti düşürmek ve yangın/duman performansını artırmak üzere ilave edilebilir.



Şekil 3.2: Püskürtme Yöntemi

## REÇİNELER

Püskürtme uygulamalarında genellikle, genel amaçlı ya da DCDP polyester reçineler kullanılmaktadır. (CE 25) İstenildiği takdirde izofталik polyesterler ve vinil esterler de kullanılabilir. Püskürtme yöntemiyle üretilmiş parçalar, genellikle oda sıcaklığında sertleştirilir. Buna rağmen bazı durumlarda, hafif derecede dıştan ısıtma sertleşme sürecini hızlandırmak amacıyla kullanılır. Tipik bir el yatırması/püskürtme formülasyonu şöyledir;

Polyester Reçine (CE 25)	100 kısım,
Hızlandırıcı (%6 kobalt naftanat)	0,25-0,5 kısım
Katalizör (%9 aktif MEK peroksit)	1,5-2 kısım
Kullanılabilirlik Süresi 24°C ta	10-15 dakika

## TAKVİYE MALZEMELERİ

Püskürtme yönteminde takviye malzemesi olarak, genelde 1,3 ile 2,5 cm. uzunluğunda kırılmış cam elyafı (KCR 2, SU 1) kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi kullanılmamış sistemlerde, cam elyafı takviyesi oranı ağırlıkça %20-35 arasındadır. Dolgu malzemesi kullanılan sistemlerde, dolgu malzemesi kısmen takviye malzemelerinin yerini alır ve böylece son üründen kullanılmış elyaf takviye miktarı oranı ağırlıkça %10-20 arasında gerçekleşir. Püskürtme yönteminde uygulama beklentilerine göre farklı takviye malzemeleri kullanılabilir. Başlıca kullanılan takviye malzemeleri keçe, fitil dokuma, şerit, kumaş ve istenildiği şekilde elle yerleştirilebilen diğer malzemelerdir. Bunlara ek olarak el yatırmasına benzer şekilde, PVC ya da poliüretan köpük, kontrplak,



oluklu paneller veya diğer yapı malzemeleri gibi ara malzemeler kullanılarak, sandviç konstrüksiyonlu laminatlar üretilebilir.

## EKİPMAN

Temel olarak, iki çeşit püskürtme tabancası vardır. Katalizör enjeksiyon tabancaları (Tabanca içinde veya dışında hızlandırıcısı katılmış reçine ve katalizör karışımını sağlamaktadır.) ve çift kap sistemleri. Günümüzde en çok tercih edilen katalizör enjeksiyon tabancalarında, daha önceden hızlandırıcısı katılmış reçineye özel bir enjektör aracılığıyla katalizör ilave edilmektedir. Bu enjektör katalizörü ağırlıkça %0,5-2 oranında hassas olarak ölçebilmektedir. Çift kap sisteminde ise reçine iki kısma bölünür. Birinci kısımda polyestere katalizör katılırken, İkinci kısımda polyestere hızlandırıcı katılmaktadır. İki kısım aynı anda beraberce püskürtüldüğünde tabanca dışında birleşir ve kalıp üzerinde sertleşme reaksiyonu başlar.

Püskürtme tabancaları ayrıca çalışma prensiplerine göre de ikiye de ayrılır. Havasız (basıncsız) ve hava püskürtmeli. Son zamanlarda en çok kullanılan tip havasız tabancalardır. Bu sistemler daha kontrollü püskürtme sağladığı ve uçucu organik bileşiklerin emisyonunu düşürdüğü için yaygınlaşmaktadır. Hidrolik basınçla özel nozullardan verilen reçine takviye malzemesini doyumluk noktasına getirecek şekilde, küçük damlacıklar halinde püskürtülmektedir. Hava püskürtmeli tabancalarda, tabanca içindeki reçineyi püskürtmek için basınçlı hava kullanılmaktadır. Her iki püskürtme tabancasında da, hava kontrollü motorlar aracılığıyla çalışan kirpıcılar, sürekli "döndürülerek alınan" fitil takviye malzemelerini istenilen uzunlukta kırpmaktadır.

Bazı ticari püskürtme cihazları dakikada 11,3-13,6 kg. laminat işleme kapasitesine sahiptir.

## KALIPLAR

El yatırması ve püskürtme gibi açık kalıplama yöntemlerinde kullanılacak olan kalıpların uygun tasarımı, CTP ürünün performansı, kullanım ömrü ve daha az yüzey işlem gereksinimi maliyetini düşürmesi açısından önemlidir. Kalıp yapım teknikleri el yatırması ve püskürtme yöntemleri için de genellikle aynıdır. Kalıp yapımında en çok kullanılan malzeme, cam elyafı takviyeli plastiklerdir. Öncelikle model yüzeyine uygulanan kalıp ayırıcı ve jelkot ar-

dından bu kompozit malzemeleri destekleyici nitelikte cam tülü ve keçe şeklinde cam elyafı takviyeleri uygun et kalınlığına ulaşılan kadar tabakalar halinde kat kat uygulanmaktadır. Cam elyafı tabakalarının işlenmesi esnasında, reçinenin jelleşmesi ve sertleşmesi için gerekli olan zamana dikkat etmek, özellikle dört veya beş kattan sonraki uygulamalarda, egzotermik reaksiyon ile açığa çıkan ısının kalıbı deforme etmemesi açısından önem taşımaktadır. Bazı uygulamalarda çelik levha veya alüminyum kalıplar da kullanılmaktadır.

## PÜSKÜRTME YÖNTEMİ AVANTAJLARI

- Püskürtme yöntemi, çok çeşitli CTP ürünlerin üretiminde verimli olarak kullanılacak bir yöntemdir.
- El yatırması yönteminde olduğu gibi püskürtme yöntemi de, düşük maliyetli ve basit bir uygulamadır.
- Kompleks parça üretimine de elverişlidir. Püskürtme yöntemiyle üretilen parçaların boyutlarında sınırlama yoktur.
- El yatırmasına göre daha makine ağırlıklı bir üretim şeklidir. Bu da, açık kalıp üretiminin işçilik giderlerini düşürmektedir.

## PÜSKÜRTME YÖNTEMİ DEZAVANTAJLARI

- Tek yüzü düzgün ürün. Arka yüzey, elyafın görüldüğü kısım olup, pürüzlüdür.
- Ürünün kalitesi ve boyutsal toleranslarının doğru yapılabilmesi operatör becerisine dayanmaktadır.
- Reçine sisteminde uçucu kimyasal madde emisyonu (sağlığa zararlı gaz çıkışı) söz konusudur.
- Reçinenin meydana getireceği çekme, özel tasarım gerektirebilir.
- Birim ürün başına işgücü el yatırması yöntemine oranla daha düşük olmakla birlikte, diğer yöntemlere oranla daha yüksek kalmaktadır.

## PÜSKÜRTME YÖNTEMİ UYGULAMALARI

Bu yöntemle üretilen tipik ürünler tekne gövdeleri, otomobil ve kamyon gövde panelleri, yüze havuzları, korozyon dayanımlı ürünler, elektrikli ev aletleri, havalandırma kanallarıdır.





## EL YATIRMASI VE PÜSKÜRTME YÖNTEMLERİNİN GELECEĞİ

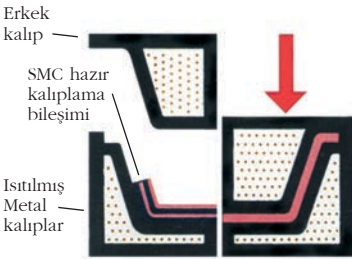
CTP kalıplama yöntemleri, içinde önemli ve yaygın kullanımı olan yöntemler olmaya devam edeceklerdir. Yüksek düzeylerde üretilen parçaların prototipleri, bu yöntemlerle yapılabilir ve test edilebilir. Geniş parça hacmi ve kalıplama esnekliğinin önemli olduğu uygulamalarda, düşük-orta hacimli üretim düzeylerinde, püskürtme yöntemi tercih edilmektedir. Birçok üretici tarafından düşük stiren emisyonlu yeni malzeme sistemleri geliştirilerek, açık kalıplama yöntemleri çevre koşulları ve işçi sağlığına uyumlu bir hale getirilmektedir. Yeni hava işleme ve temizleme teknikleri, yerel çevre uyum standartlarına uyulabilmesinde üreticilere yardımcı olmaktadır.

### PRES KALIPLAMA

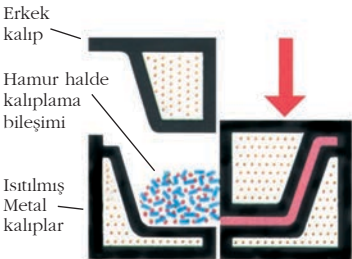
#### YÜKSEK HACİMLİ PROSELER

Pres kalıplama, CTP ürünlerin, yüksek hacimli üretimlerde geldiği son noktadır. Dört adet temel pres kalıplama yöntemi mevcuttur.

- SMC Hazır Kalıplama Bileşimi
- BMC Hazır Kalıplama Bileşimi
- Islak sistemli preform ve keçeleri presleme
- Takviyeli termoplastik levha presleme



Şekil 3.3: SMC Pres Kalıplama



Şekil 3.4: BMC Pres Kalıplama

Bu proses ısıtılmış metal kalıplarda, kompozit malzemenin istenilen şekilde, reçine sistemi sertleşene kadar 170–200 bar hidrolik basınç altında sıkıştırılması işlemidir. En fazla ticari kullanım alanına sahip SMC sisteminde başlayarak pres kalıplama malzemelerini inceleyelim:

### SMC HAZIR KALIPLAMA BİLEŞİMİ (PROSESİN GENEL TANIMI)

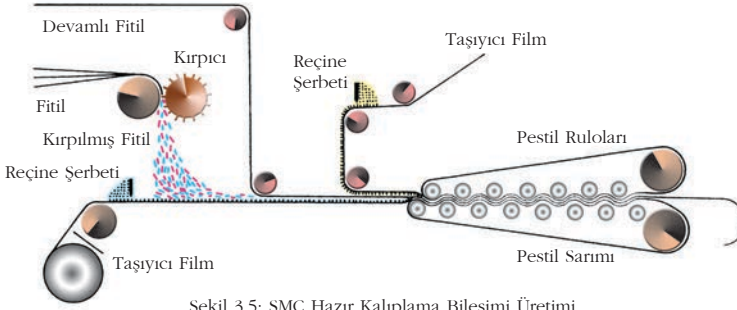
SMC takviye malzemeleri (SMC 3), reçine, (CE 227, CE 222) dolgu malzemeleri, kimyasal kalınlaştırıcılar, katalizörler, kalıp ayırıcılar ve raf ömrünün uzamasını sağlayan diğer katkıların birleştirildiği, tamamen bütünleştirilmiş, kolaylıkla pestil haline getirilebilen hazır kalıplama bileşimidir. SMC bileşimi, ayrıca pigmentleri ve çekmeyi kontrol eden girdileri de içerebilir. Kavramsal olarak SMC bileşimi, levha halindeki çeliğin kompozit olarak karşılığıdır. (Bir başka deyişle SMC, karmaşık şekilli olarak kalıplanmadan önce bir süre bekletilebilir.) SMC'nin çelikte karşılaştırılmasında önemli olan tek fark, SMC'nin şekillendirilmesinde tek kalıp yeterli olurken, çelikler için takım halinde, bir dizi metal kalıp gerekmektedir. SMC üstün performans özelliklerini nedeniyle, yüksek hacimli üretime elverişlidir. Otomotiv, elektrik/elektronik ve ev aletleri sektörlerindeki uygulamalarda ağırlık kazanmaktadır.



SMC Hazır Kalıplama Bileşimi

### SMC HAZIR KALIPLAMA BİLEŞİMİ ÜRETİMİ

Cam elyafı takviyesi dışında sıvı ve toz halindeki tüm SMC girdileri, devamlı veya kesikli olarak, mikserlerde karıştırılır. Elde edilen bileşim genellikle 40.000-100.000 centipoise viskozitede, kıvamlı bir sıvı veya diğer bir deyişle, bir macundur. Bu macun halindeki malzeme, üzerine kırılan belirli miktardaki cam elyafı ile birlikte, üstten ve alttan gelen, genellikle naylon ve polietilen plastik malzemedan yapılmış taşıyıcı filmler tarafından kapatılarak, sandviç yapıda bir bileşim haline gelir. Sandviç yapıdaki bu görünüm, konveyör band üzerinde ilerleyerek, sıkıştırma ruloları arasından geçirilip pestil haline getirilmektedir. Daha sonra pestil halindeki hazır kalıplama bile-



Şekil 3.5: SMC Hazır Kalıplama Bileşimi Üretimi

şimi, uygun uzunluklarda rulo haline getirilip, reçinenin uçuculuğunu önlemek üzere naylon ambalajda paketlenerek, sıcaklık kontrollü bir ortamda depolanır. Malzeme daha sonra, uygun kalıplama vizkositesine ulaşılan kadar olgunlaştırılır.

### SMC KIVAMININ AYARLANMASI

Magnezyum oksit, magnezyum hidroksit gibi SMC formülasyonundaki kimyasal katkıları reçineyi kıvamlı hale getirir. Bu da reçinenin düşük vizkosite değerlerinden çok yüksek vizkosite değerlerine çıkmasını sağlar. SMC bileşimi arzu edilen kalıplama vizkositesine ulaştığında, bileşim uygun şekilde kesilir ve tartılır. Kalıplanmak üzere taşıyıcı filmler kaldırılarak, önceden kesim ve tartım işlemleri yapılmış malzeme, hidrolik pres üzerine bağlanmıştır, uygun sıcaklığa getirilmiş kalıpa içine yerleştirilir ve preslenir.

#### Pigmentli SMC Formülasyonu

Cam elyafı(SMC 3)	28 %
SMC macunu	72 %

**Toplam 100 %**

<b>MACUN:</b>		
Reçine (CE 227)	35.0 %	
Kalsiyum karbonat (Dolgu)	59.5 %	
Çinko streat	1.5 %	
TBPB	0.5 %	
Pigment	2.5 %	
Kalınlaştırıcı	1.0 %	
<b>Toplam</b>	<b>100.0 %</b>	

### SMC ÇEŞİTLERİ

Kullanılan reçine veya takviye türlerine bağlı olarak çeşitli SMC tipleri tanımlanmaktadır. Reçine bazlı SMC'ler, soğuk kalıplama elde edilen son ürünün çekme özelliklerine göre adlandırılırlar. Bu tip SMC lerin her biri için çekme oranları yanda tanımlandığı gibidir.

Genel amaçlı	%0,3-1,0
Düşük çekme	%0,1-0,3
Düşük profil	Pozitif genişlemede %0,1'den az

Takviye ürünlerine göre yapılan SMC sınıflandırılması şöyledir.

SMC-R; rastgele bir elyaf dağılımı vardır. 1,25 cm. ile istenilen herhangi bir uzunlukta kırılmış lifler, iki boyutlu düzende tesadüfi şekilde sıralanmıştır. SMC-R çeşitli kesitlerdeki kalıplama parçaları için uygundur. Son ürün özellikleri

leri tüm yönlerde homojendir. Akış yönüne, elyaf oryantasyonuna ve kalıplama sırasında akış mesefesine bağlı olarak özelliklerinde farklılıklar görülebilir.

SMC-C tek yönlü bir oryantasyona sahip, kontinü cam elyafından oluşur. Kalıplanmış SMC-C takviye malzemesinin yerleştirildiği yönde düşük mukavemet gösterir. Presleme sırasında akışkanlığı yavaştır. SMC-C-R gelişmiş kırılmış elyaf ve tek yönlü kontinü lifleri biraraya getirmektedir. Mukavemet öncelikli olarak, kontinü elyafın olduğu yönde yüksektir. Tesadüfi dağılımlı lifler çapraz yönde mukavemet sağlar. Rastgele dizilmiş elyafın ilave edilmesi sınırlı kalıplamaların yapılmasına olanak tanır ve şarj özelliklerinde belirli bir derecede esneklik sağlar. SMC-D' de tek yönlü fakat kontinü olmayan uzun lifler kullanılmaktadır. Bu tür lifler, genellikle 10 cm. ya da 10 cm.'den daha uzundur ve tek yönlü düzende geniş bir şekilde dağıtılırlar. Takviye malzemelerinin bu şekilde düzenlenmesi, elyaf yönünde daha iyi bir akış sağlar. Ancak SMC-C ile karşılaştırıldığında mukavemette bir azalma görülmektedir. SMC-D, SMC-R ile birleştirilebilir. Elde edilen malzeme genellikle SMC-D-R olarak isimlendirilir.

### SMC'NİN KALIPLANMASI

SMC hazır kalıplama bileşimi, basınçlı preslere monte edilen ısıtılmış metal kalıplar içinde kalıplanır. Kalıp sıcaklık aralığı 120-170°C arasındadır. Kalıp basıncı ise 140-170 bar arasındadır. Kalıplama süresi normal koşullarda parçanın kalınlığı, kalıp sıcaklığı ve kullanılan katalizör miktarına bağlı olarak 1-4 dakika arasındadır. Yüksek kalitede

Yüzey özellikleri gerektiren otomobil dış gövde panelleri gibi uygulamalarda, genellikle kalıplama süresi içinde, kalıp içinde kaplama (In-Mold Coatings (IMC)) uygulanır. Bu uygulama bütün kalıplama süresini etkileyebilir. Sertleşmeden sonra kalıplanmış parçalar kalıptan çıkartılır. İkincil işlemler son ürün bakiyetlerine ve parça kompleksine bağlı olarak tercih edilir. Kalıplanmış parçalar delme, bağlama, vidalama gibi ikincil işlemlerden geçirilebilir.

### SMC KALIPLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

SMC hazır kalıplama bileşiminin, çelik, alüminyum ve diğer çinko metal döküm gibi malzemelere göre toplam maliyet/performans getirisinde sağladığı avantajlar, tasarımcılar ve mühendisler tarafından sıkça ifade edilmektedir. Tek bir kalıpta birçok parça birleştirilebilir. SMC ürünler hafiftir ve yüksek sertlik ve dayanım özelliklerine sahiptir. SMC kalıplama, metal kalıplamada gereken birden fazla ekipmanın aksine tek bir ekipman ile işlenebildiğinden, genellikle metal kalıplama prosedinden daha ucuzdur. Ayrıca SMC kalıplama ekipmanının yapımı da daha kısa sürede gerçekleşir. Tüm bu avantajların toplamı SMC kompozit ürünlerini özellikle otomobil üreticileri için cazip hale getirmektedir. Günümüzün otomobil pazarlarında firmalar, seri üretim ve daha hızlı tasarım/üretim programları ile otomobil ve kamyon modellerinde ekonomik farklılıklar yaratacak yollar aramaktadır. SMC bu avantajlara bağlı olarak etkileyici bir performans geliştirmektedir.

### SMC KALIPLAMA YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

SMC üretimi ve kalıplanması için gereken sermaye yatırımı metallerle karşılaştırıldığında oldukça düşük olmasına rağmen, diğer kompozit proseslerine göre önemli ölçüde yüksektir. Bu yüzden, SMC parçaların üretiminin tüm harcamaların ekonomik seyrine, üretim hacmine, son ürünün ve ikincil işlemlerin maliyetine bağlı olarak yapılması kritik bir noktadır. SMC ürünlerin pazarda geleneksel malzemelerden yapılmış parçaların yerini almaya başlaması nedeniyle, rakip malzemelerin performans ve ekonomik analizlerinin doğru ve kesin bir şekilde yapılması önem kazanmıştır. Yatırım riskleri SMC'ler için oldukça yüksektir.

Bu nedenle, rekabeti gerçek değerinin altında görmenin bedeli de yüksek olacaktır.

### SMC KALIPLAMA YÖNTEMİ UYGULAMALARI

SMC kalıplama yöntemi öncelikli olarak otomotiv, elektrik/elektronik ve yapı sektörlerindeki yüksek hacimli uygulamalarda kullanılmaktadır. Düşük çekmeli ve hassas profilli reçine sistemlerinin 1960'ların sonlarında pazara tanıtılmasıyla, SMC uygulamaları otomobil radyatör panelleri üretiminde ilk örneklerini vermiştir. Bu ön paneller, A sınıfı otomobil gövde panellerinde büyük hacimde hassas profilli SMC'nin ticari kullanımına öncülük etmiştir. Otomobil radyatör panelleri gibi başarılı uygulamalar bir çok araba, kamyon gövde panellerinde de SMC kullanımını başlatmış ve SMC uygulamalarının sektördeki kullanımını yaygınlaştırmıştır.



### SMC: SADECE OTOMOTİV İÇİN DEĞİL

Ev aletleri endüstrisinde de SMC uygulamalarına olan talep artmaktadır. Örneğin, bir bulaşık makinesi iç kapağının SMC'den üretimi geleneksel olarak çelik kapı tasarımı ile karşılaştırıldığında, tek aşamada kalıplama ile birkaç farklı parçayı bir araya getirmektedir.

SMC bulaşık makinesi kapağı uygulaması, SMC'nin kimyasal bir ortama maruz kalan bir üründen göstermiş olduğu üstün performans nedeniyle birçok açıdan kullanılabilirliğini kanıtlamaktadır. Diğer SMC ev aletleri uygulamaları klimalar, buzdolapları, kızartma makineleri, bilgisayar ve büro malzemelerini kapsamaktadır.

SMC uygulamaları ayrıca, Japonya ve A.B.D yapı endüstrisinde, duş tekneleri ve küvet gibi uygulamalarla da kendini göstermektedir. SMC'nin bir çok amaçla kullanılması malzeme mühendislerine ve ürün tasarımcılarına, levha halindeki bileşim için özel, büyük hacimli, üstün kalitede ve düşük maliyet getiren performans ve üretim talepleri hazırlayabilme olanağı tanımaktadır.

## SMC'NİN GELECEĞİ

Endüstride yapılan tahminlere göre, başından beri aynı kalitede devam eden SMC büyüme potansiyeli 2002 yılı boyunca yılda %2-5 arasındadır. SMC geleneksel malzemelerle karşılaştırıldığında, çok yönlü tasarım imkanları ve maliyet/performans etkisi nedeniyle pazarda kendine yeni uygulama alanları yaratmakta, ayrıca ikame ürün pazarlarından da pay alma-ya devam edeceği öngörülmektedir. Getirdiği üstün yapısal performans sayesinde SMC uygulamalarının pazarda daha çok kabul gö-re-rek, pazar payını önümüzdeki dönemlerde artırması beklenmektedir.

## BMC HAZIR KALIPLAMA BİLEŞİMİ

### PROSESİN GENEL TANIMI

BMC, polyester hazır kalıplama kompozit malzemesidir. Polyester BMC nin ilk uygulamaları 1940'ların ortalarında başlamıştır. Hamur şeklindeki kalıplama bileşimi; reçine (CE BV 8), katalizör veya katalizörler, toz halindeki dolgu malzemeleri, kırılmış fitil (BMC1, BMC3), pigment, kaydırıcı (Lubrikant) ve diğer performans artırıcı malzemelerin harmanlanması ile oluşur. Malzeme yüksek ısı dayanımı, boyutsal stabilite, elektriksel özel-

likler, mukavemet ve rijitlik özellikleri ile tanımlanabilir. BMC, ayrıca yüksek sıcaklıklarda renk değişimi meydana gelmeyecek, korozyona, yanmaya ve UV etkisine dayanıklılık gösterecek şekilde formüle edilebilir. Malzemeler; enjeksiyon, basınç veya transfer kalıplama ile uygulanabilir. BMC lerdeki en önemli nokta, CTP uygulamasındaki taleplere uyacak en uygun maliyetle en iyi performansı sağlayabilecek özelliklerin ayarlanabilmesidir.



Hamur hazır kalıplama bileşimi

### REÇİNE

BMC hazır kalıplama bileşiminin özelliklerini öncelikli olarak belirleyen seçilen reçine türüdür. Reçine seçimi aşağıdaki özellikler dikkate alınarak yapılabilir :

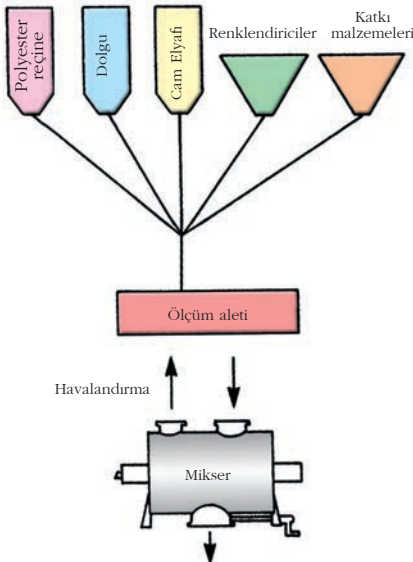
- Elektriksel özellikler
- Düşük duman emisyonu
- Çekme
- Yüzey profili
- Korozyon dayanımı
- Darbe dayanımı

### TAKVİYE MALZEMELERİ

BMC bileşimi içinde kullanılan kırılmış cam elyafı en önemli takviye malzemesidir. Diğer tip takviye malzemeleri özel amaçlara yönelik olarak kullanılabilir.

### BMC KALIPLAMANIN AVANTAJLARI

- Yüksek oranda dolgu maddesi ilavesi ile üstün sertlik ve alev dayanımı sağlanabilir.
- Çok karmaşık şekilli parçalar kalıplanabilir.
- Çok yüksek oranda dolgu malzemesi ve düşük oranda takviye malzemesi kombinasyonunda hem de kalıplanan üründe, düşük maliyet ve yüksek malzeme performansı sağlar.
- Boyut toleransının hassas olduğu ürünler kalıplanabilir ürün içerisine metal parçalar gömülebilir.
- Enjeksiyonla kalıplama yapıldığında, kapalı kalıba malzeme transferi yapılırken, basınçlı kalıplamada genellikle mümkün olmayan ikincil takviye malzemelerinin kullanımı mümkündür.



Şekil 3.6: BMC hazır kalıplama bileşimi üretimi

### BMC KALIPLAMANIN DEZAVANTAJLARI

En önemli dezavantaj 1,8 mm.'nin altında bir cidar kalınlığı sağlanamamasıdır. Ayrıca termoset malzemeler dış açılmasına, ultrasonik kaynak yapılmasına, esnek bağlantı yapılmasına uygun değildir. Keza, hızlı prototip üretimi de sınırlıdır.

### BMC UYGULAMALARI



BMC ler, metal dö-kümler ve mühendislik termoplastikleri ile öncelikli olarak reka-bet halindedir. Başlı-ca uygulama alanları:

- Büyük veya küçük boyutlu ev aletleri parçaları
- Otomobil farları
- Otomobil supap kapakları
- Devre kesiciler
- Vites kutuları ve fırça sapları
- Pompa muhafazaları
- Elektrik izolatörleri

### ISLAK SİSTEMLER PRES KALIPLAMA

#### PROSESİN GENEL TANIMI

Sıvı reçine, prese bağlanmış ve ısıtılmış uygun metal kalıplar içindeki kuru takviye malzemesi üzerine dökülür veya pompalanır. 17-70 bar arasında uygulanan hidrolik basınç sıvı reçinenin takviye malzemeleri arasında akmasını ve sertleşme tamamlanana kadar malzemenin kalıp içinde sabit tutulmasını sağlar. Sertleşme sıcaklığı ortalama 96-177°C arasında değişir. Islak sistem kalıplama yöntemi 1940'ların başlarında kullanılmaya başlanan ilk basınçlı kalıplama yöntemidir.

#### REÇİNELER

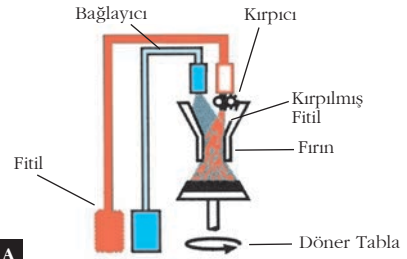
Islak sistem pres kalıplama reçineleri genellikle termoset polyesterlerdir. Bununla birlikte vinil ester, epoksi ve diğer reçineler de kullanılabilir. Genellikle sertleşme için dışarıdan sadece ısı uygulaması gerektiren bir sıvı uygulama sistemi oluşturmak üzere pigment ve katalizör kullanılması yanı sıra kil, kalsiyum karbonat ve alümina gibi inert malzemelerin de katılabildiği reçinelerdir. Reçine ve katalizörler sıcak kalıbın tamamına yayılmadan

sertleşmeyecek şekilde seçilmelidir. Düşük çekme oranına sahip reçineler en yaygın kullanılanlardır. Buna rağmen reçineler aşınmaya dayanıklılık, yüksek elektriksel dayanım, alev dayanımı, yüksek fiziksel dayanım veya tüm bu özelliklerin kombinasyonuna sahip parçalar üretmek amacıyla modifiye edilebilirler.

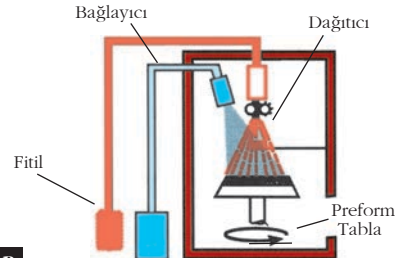
### TAKVİYE MALZEMELERİ

Genellikle yaş sistemlerde kullanılan başlıca takviye malzemeleri şunlardır:

**Preformlar (Ön şekillendirilmiş takviyeler):** Önceden belirlenen uzunluklarda kırılan takviye malzemeleri ve genellikle vakum tablası üzerinde bu takviyelerin kalıplanacak parçanın boyutuna yakın olacak şekilde, önceden şekillendirilmesi esasına dayanan bir prosestir. Preform üretimi için Şekil A'da görülen "Yönlendirilmiş elyaf yöntemi" ve Şekil B'de görülen "Plenum odası yöntemi" kullanılmaktadır. Her iki proses, eksenli etrafında dönen bir tabla üzerine kırılan lifleri dağılmadan ve yere düşmeden bir arada tutabilmek için vakum uygulama ilkesine dayanmaktadır. Preform üretiminde kırılan elyafı birarada tutmak için bağlayıcı reçine kırılmış cam elyafı üzerine püskürtülmekte ve bir fırında kurutulmaktadır. Böylece hazırlanan preformun taşınabilirliği sağlanmaktadır.



Şekil A



Şekil B

Şekil 3.7: Preformlar (Yönlendirilmiş Elyaf Yöntemi ve Plenum Odası Yöntemi)



**Kırpılmış demetten keçe :** Kırpılmış demetten keçe şablonuna uygun olarak kesilir ve sıvı reçine uygulama öncesinde kalıp yüzeyine yerleştirilir.

**Kontinü demetten keçe :** Bir kaç sebepten dolayı ıslak sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sebepler taşımaya daha dayanıklı olması, kalıp içerisinde takviye malzemesinin homojen bir dağılım göstermesi, preformlar ve kırpılmış demetten keçelerle karşılaştırıldığında karmaşık şekillerin kalıplanmasına daha elverişli olmasıdır. Kontinü demetten keçe üzerinde kullanılan bağlayıcılar genellikle ısı ile şekillendirilme özelliğine sahip olduklarından, bu tür keçeler kalıp yüzey şekillerine daha kolay uyum sağlamaktadır.



Kırpılmış demetten Keçe

Devamlı Demetli  
(Kontinü) Keçe

## EKİPMANLAR

Hidrolik presler ve uygun metal kalıpları içeren ıslak sistem kalıplama ekipmanları temel olarak SMC ve BMC ile benzer niteliktedir. Ancak, ıslak sistemin daha düşük kalıplama basınçlarında çalışması nedeniyle daha basit bir ekipman kullanılabilir. Preform kullanılması halinde ekipman maliyeti biraz daha yüksek olacaktır.

## ISLAK SİSTEM KALIPLAMANIN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Islak kalıplama sistemi her iki yüzü düzgün ürün elde edilebilme, kapalı kalıp toleransı içinde boyutsal stabilite ve kalıp yüzey görünümünü aynen aktarabilme özellikleriyle SMC ve BMC kalıplama yöntemlerinin sağladığı bir çok avantaja sahiptir. Takviye oranının yükseltilebilme olanağı ve elyaf boyunun daha uzun tutulabilmesi sayesinde daha yüksek mekanik mukavemet değerleri sağlanabilmektedir.

Islak kalıplama sisteminin dezavantajları başında, parçalarda ters dönüş ve farklı kalınlıkta takviye setlerinin yapılamaması gelmektedir. Islak kalıplama sistemi SMC ve BMC yöntemlerine kıyasla, daha emek yoğunudur ve proses firişi daha yüksektir.

## ISLAK SİSTEM PRES KALIPLAMA UYGULAMALARI

Islak sistem uygulamaları, aşağıda belirtildiği gibi büyük pazarlarda, geliştirilmeye devam etmektedir.

- Otomotiv
- Ev aletleri ve ekipmanları
- İnşaat
- Elektrik
- Tarım
- Tüketim malları /eğlence
- Korozyona dayanıklı hizmet sektörü

## ISLAK SİSTEM KALIPLAMA'NIN GELECEĞİ

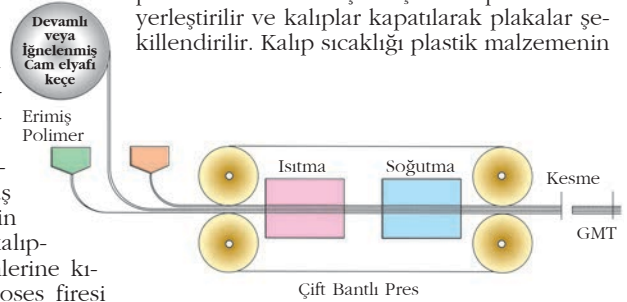
Islak kalıplama sistemi kompozitlerin üretiminde yüksek hacimli bir üretim yöntemi olmaya devam edecektir. Otomotiv, ev aletleri, ekipman ve elektrik gibi endüstrilerde, düşük maliyetli ve yüksek performanslı ürünlere olan talebin devam etmesi nedeniyle, ıslak kalıplama sistemi uygun maliyet esasına dayanan bir kalıplama tekniği olarak birçok fayda sağlamaktadır.

## TAKVİYELİ TERMOPLASTİK LEVHA PRES KALIPLAMA (GMT)

### PROSESİN GENEL TANIMI

Takviyeli termoplastik kompozit levha preslemesi, yüksek darbe mukavemeti ile sertliği bir arada sağlayan özel bir teknolojidir. Proseste termoplastik reçine ve cam elyafı takviyesinin önceden birleştirilmesiyle elde edilen levha kullanılmaktadır.

Önceden belirlenen sıcaklıkta ısıtılmış bu levhalar, kalıp boyutuna uygun olarak plakalar halinde kesilir, uygun sıcaklığa gelen plakalar prese monte edilmiş maçalı kalıplar arasına yerleştirilir ve kalıplar kapatılarak plakaların şekillendirilir. Kalıp sıcaklığı plastik malzemenin



Şekil 3.8: GMT Kalıplama



sertleşebileceği fakat kalıptan kolaylıkla çıkarılabileceği bir sıcaklıkta tutulmaktadır. Kullanılan preslerde bazı modifikasyonların yapılması gerekse de günümüzde takviyeli termoplastiklerin büyük bir çoğunluğu bu teknik kullanılarak, yüksek hızlı preslerde işlenmektedir. Basınç aralığı 100-200 bar mertebesinde olup, kalıplama süresi parçanın kalınlığına bağlı olarak genellikle 30-90 saniye sürmektedir. Ortalama olarak, 42.500-105.500 kg./cm<sup>2</sup> arasında değişen bir eğilme modülü aralığı elde edilmektedir.

### REÇİNELER

Reçine olarak öncelikle polipropilen kullanılmakla birlikte, PET, PBT ve PC (polikarbonat) gibi termoplastik reçine türleri de kullanılmaktadır.

### TAKVİYELER

Termoplastik reçine kullanılarak üretilen kompozit levha ürünleri %22-50 arasında cam elyafı içeren geniş bir çeşitlilik arz etmektedir. Takviye türleri kırılmış cam lifleri, iğnelenmiş kontinü keçeler ve tek yönlü keçeleri içerir. Kırpma ürünleri, karmaşık şekilli parçaların üretiminde kontinü keçeler, yüksek mukavemet gerektiren ürünlerde kullanılmakta, tek yönlü takviyeler çok yüksek eğilme modülü veya sertlik değerleri sağlamaktadır.

### EKİPMAN

Prosesin temeli, kızılötesi veya sıcak hava fırınında önceden ısıtılan kompozit plakaların preslenmesine dayanır. Polipropilen için plakaların ısıtılma sıcaklığı 200-215°C mertebesinde olup, ısıtılan plakalar yüksek hızda çalışan prese yerleştirilir. Bu şekilde kalıplanan termoplastik kompozit plakalar, doğal haliyle treyler iç parçalarında, duvarlarda beton taşıyıcı kalkan olarak, ya da beton şekiller dökme üzere kullanılabilir.

### GMT KALIPLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

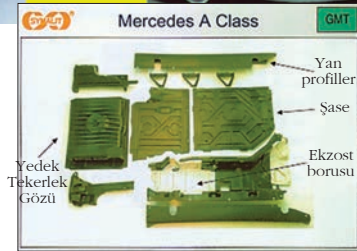
- Yüksek mukavemet, yüksek darbe dayanımı
- Çok amaçlı kullanılabilirlik
- Yüksek verimlilik
- Düşük spesifik ağırlık
- Geri dönüştürülebilirlik
- Uygun maliyet
- İyi kimyasal dayanım

### GMT KALIPLAMA YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

- Yatırım harcamaları SMC de olduğu gibi yüksektir ve benzer kısıtlamaları vardır.
- Kullanıcı sayısının az olması sonucu olarak, rakip malzemelere göre fiyat performansı düşük kalmaktadır.
- Isı dayanımları termoset reçinelerin kullanıldığı proseslerde olduğu kadar yüksek değildir.

### GMT UYGULAMALARI

- Tampon bağlantıları
  - Araç panel taşıyıcıları
  - Koltuk şaseleri
  - Motor gürültü kalkanları
  - Pil yatakları
  - Ön modüller
  - Büyük hacimli malzeme taşıyan gemi konteynerleri
  - Römork hatları
  - Havalandırma şaseleri
- İç kapı panelleri ve tavan kaplamaları gelecekteki uygulama alanlarının başında gelmektedir.



### GMT'İN GELECEĞİ

Takviyeli termoplastik levha pres kalıplama prosesi, büyük bir büyüme potansiyeline sahiptir. Yüksek performans kabiliyeti ve geri dönüştürülebilirlik özelliklerine sahip olan malzeme sistemi ile düşük işçilik ve yüksek verimlilik özelliklerini birleştirmektedir. Bu kalıplama yönteminin kullanımını daha cazip

hale getirmek için yeni polimer ve polimer karışımları üzerinde çalışılmaktadır. Başka malzeme tedarikçilerinin de katılımı ile ekonomik açıdan rekabet ortamı oluşması beklenmektedir.

### BASINÇLI KALIPLAMA ÇEŞİTLERİ

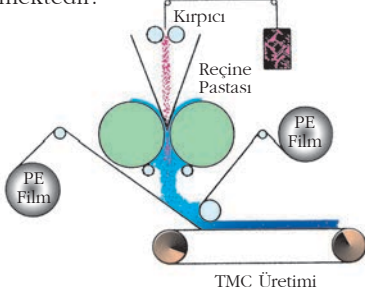
Daha önce sözü edilen prosesler geliştirilerek kullanıma sunulan başka basınçlı kalıplama üretim yöntemleri de bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıda verilmiştir:

#### Transfer Kalıplama

Transfer kalıplama sırasında daha önceden belirlenmiş, genellikle termoset reçine ve kırılmış elyaf takviyesi olan şarj malzemesi, prese bağlanmış uygun bir metal kalıptan ayrı bir havuz içine konulur. Hidrolik basınç uygulanarak, yolluk adı verilen kanallar aracılığı ile havuzdan kapalı kalıp boşluğuna aktarılır. Transfer kalıplama prosesi modern termoset enjeksiyon kalıplamanın öncüsüdür. Tipik uygulamaları, elektrikli parçalar ve ev aletleridir.

#### TMC Kalıplama Bileşimi

TMC, SMC ve BMC proses teknolojilerinin karışımı olarak tanımlanabilir. TMC de yüksek miktarda dolgulu reçine, takviye malzemesi ve diğer girdiler emdirici merdaneler arasında sıkıştırılarak bir araya getirilir ve istenilen kalınlıkta, plastik taşıyıcı film tabakaları arasında sarılır. Elyaf uzunluğu, uygulamanın gerektirdiği nitelikler doğrultusunda değişiklik gösterebilir. TMC basınçlı kalıplama, transfer kalıplamada ve özellikle enjeksiyon kalıplamada kullanılmaktadır. Homojen yapısı ve kalınlığı nedeniyle, ürün yüzeyinin tüm kısımlarında aynı mekanik değerleri sağlamak ve birleşme hatlarının görünümünü minimize ederek daha homojen bir akış göstermektedir.

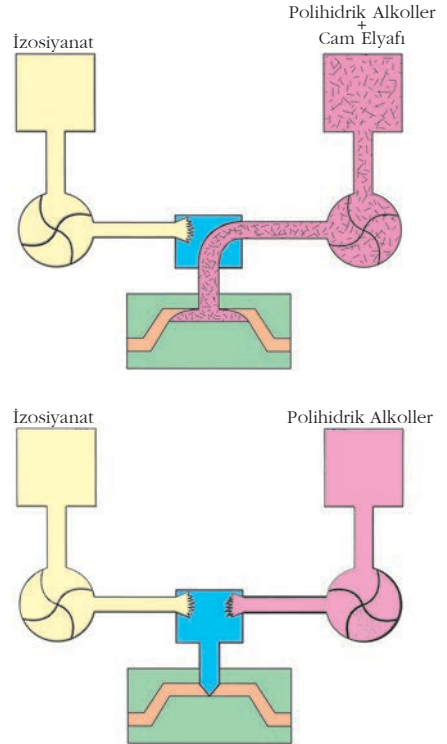


Şekil 3.9: TMC Temel Üretim Sistemi

### TAKVİYELİ REAKSİYONLU ENJEKSİYON KALIPLAMA (RRIM)

#### PROSESİN GENEL TANIMI

RRIM prosesinde iki ya da daha fazla reaktif reçine tartılıp, yüksek basınç altında karıştırılarak, termoset bir polimer oluşturmak üzere kalıp içine enjekte edilir ve kalıp içinde sertleşme sağlanır. RRIM kalıplama yönteminde reçinenin özelliklerini geliştirmek üzere takviye malzemeleri kullanılır. Takviye malzemesi kullanımıyla polimerizasyon reaksiyonundan kaynaklanan çekme ve termal genişleme düşürülür. Yüksek sıcaklıklarda kompozitte görülen deformasyon (eğilme) minimum düzeye indirgenir ve sertlik, çekme mukavemeti ve çekme uzaması gibi diğer önemli özellikler artırılır. Takviye malzemesi olarak kullanılan öğütülmüş lifler karıştırma işleminden önce doğrudan doğruya reçine içerisine ilave edilebilir.



Şekil 3.10: R-RIM Prosesi

Ölçüm işlemleri yüksek basınçlı pompalar veya enjeksiyon silindirleri sayesinde tamamlanır. Genellikle küçük bir "karıştırma odası" kullanılır. İki farklı reçine akışı, yüksek basınç altında ve birbirine ters yönden karıştırma odasına alınır. Karıştırma, bu iki reçine akışının karşılaşmasıyla oluşan yüksek enerji sayesinde gerçekleşir. Reçine bileşenlerinin çok yüksek basınç altında karıştırılmasına rağmen, karışım olarak çok düşük viskoziteli bir sıvı elde edilir.

Düşük viskoziteli reçine karışımı, nispeten düşük basınçla (3,5 bar) kalıba enjekte edilir. Polimerizasyon, kalıp boşluğunda hızlı bir şekilde, dışarıdan ayrıca ısı gerektirmeden gerçekleşir.

### **REÇİNELER VE TAKVİYE MALZEMELERİ**

RRIM prosesi, özel reçine ve takviye malzemeleri kullanılmasını gerektirir. Epoksi, poliyester, naylon ve poliüretan gibi bazı reçineler RRIM prosesinde kullanılmak üzere geliştirilmektedir. Günümüzde RRIM yönteminde en çok kullanılan reçineler poliüretanlardır. Kullanılan üretanların çoğu elastomerdir ve eğilme modülleri 140 Mpa ile 3,5 GPa arasındadır. RRIM yönteminde kullanılan başlıca takviye malzemeleri kırılmış ya da öğütülmüş cam elyafıdır.

### **RRIM ÇEŞİTLERİ**

RRIM kalıplama yöntemi RIM ve SRIM yöntemlerini içerir. Bu kalıplama yöntemlerinde önceden hazırlanmış kırılmış lifler veya keçeler kalıp boşluğuna yerleştirilir. Kalıp sıkıştırılır ve reçine enjekte edilerek kalıp boşluğuna verilir. Kalıp içerisinde reaksiyona giren reçine, kalıp boşluğunu tamamen doldurarak takviye malzemelerine tamamen nüfuz etmesine yetecek kadar uzun bir süre sıvı halde kaldıktan sonra hızlı bir şekilde sertleşir.

### **RRIM KALIPLAMANIN AVANTAJLARI VE UYGULAMALARI**

RRIM kompozitleri hızlı üretim devri, düşük işçilik, düşük kalıp basıncı ve düşük atık oranı gibi çeşitli üretim avantajları sunar. Başlıca avantajları;

- Düşük enerji gereksinimi
- Kalıp ve pres ağırlıkları, metal levha ve termoplastik enjeksiyon kalıplamada kullanılan ekipmanlara göre daha düşüktür.

- Prototip çalışmaları pahalı değildir.
  - Büyük ve karmaşık parçalarda, iç gerilmeler engellenebilir.
  - İç takviye riblerinin, yüzeyde çekmeden dolayı bıraktığı izler bir çok RIM uygulamasında önemli boyutlarda değildir.
  - Yüksek oranda takviye malzemesi kullanılan RIM parçalarda tasarım ile veya yüzey modifikasyonları kullanılarak, yüzeydeki çekme izleri minimuma indirilebilir.
  - Özellikle karmaşık parçalarda farklı noktalardan enjekte edilen reçineler, ürün üzerinde bir akış izi bırakmaz.
- Termoplastik enjeksiyon kalıplama uygulamalarındaki aksine, RIM ve RRIM proseslerinde reçine akımlarının birleşme hattı mukavemet kaybıyla sonuçlanmaz herhangi bir zayıf nokta oluşturmaz.

Günümüzde, taşımacılık, RRIM ürünlerinin kullanıldığı en önemli pazardır. Otomotiv ve kamyon uygulamalarında kullanılan RRIM parçaların başında A sınıfı yüzeye sahip gövde panelleri, ön paneller, tampon bağlantıları, stepne yuvaları ve benzeri ürünler gelmektedir.

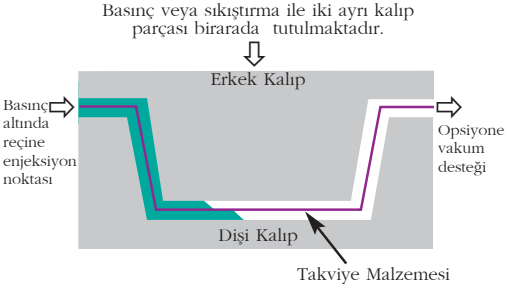
Poliüre/amid gibi reaktifliği kontrol edilebilir reçinelerin kullanımı daha büyük makineleri, daha geniş parçaları, gündeme getirmiştir. Nitekim, RRIM yöntemi kullanılarak, 45 kg.'dan daha ağır olan, geniş yüzeyli parçalar üretilmektedir. 1988'de, 55 kg. ağırlığında, SRIM yöntemi ile kalıplanmış treyler yatağı, kompozit pazarına tanıtılmıştır. Daha gelişmiş uygulamalar, gelecekte RRIM ürünlerin, pazarda daha çok yer alacağına işaret etmektedir.

### **REÇİNE ENJEKSİYON KALIPLAMA (RTM)**

#### **PROSESİN GENEL TANIMI**

Önceden kesilmiş veya önceden şekillendirilmiş takviye malzemelerinin, erkek ve dişi kalıp arasına yerleştirilerek kapatıldığı bir kapalı kalıplama yöntemidir. Reçine, enjeksiyon kanallarından, basınç altında kalıp içerisine pompalanır. Genellikle enjeksiyon basıncı 2,75–3,5 bar'dır. Kalıp çevresine yerleştirilen bir conta sistemi ile sızdırmazlık sağlanmakta ayrıca, contaya yakın bir yerden hava çıkışını sağlayacak ve reçine firesini azaltacak hava vanaları yerleştirilmektedir. Kalıp yapımında kalıbın karşılaşacağı basınç dikkate alınmalıdır. RTM orta düzeyde üretim hacmine sahip bir kalıplama yöntemidir. Bir çok uygulama alanında ve çeşitli boyutlarda kullanımını cazip hale getiren özel nitelikleri vardır. Kalıp yüzeylerin-

den birine veya ikisine birden jelkot uygulanabilir. Korozyon dayanımı ve/veya dış yüzey görünümünün daha iyi olması istenen durumlarda tül veya yüzey keçesi kullanılabilir. Sandviç konstrüksiyon ara malzemeleri mekanik ekleme parçaları ve somun civata gibi metal parçalar kalıplama sırasında bünye içerisinde gömülerek birlikte kalıplanabilir.



Şekil 3.11: RTM Kalıplama Yöntemi

## REÇİNELER

RTM kalıplama yönteminde ortoftalik ve izoftalik polyeesterler, vinil ester reçineler kullanılmaktadır. Ayrıca, daha iyi bir yüzey görünümü sağlamak üzere özel olarak RTM için üretilmiş düşük çekmeli ve hassas profilili polyeester reçineler de geliştirilmiştir. Bunların dışında, epoksiler, ürethanlar, bismaleimidler (BMD), akrilik/polyeester hibridleri ve fenolik reçineler de RTM de kullanılmaktadır. Bu tür yeni reçinelerin kullanımı için enjeksiyon ekipmanında ölçüm ve reçine şartlarında özelliklerine göre bazı değişiklikler yapılması gerekebilir. Bu sistemler RTM prosesi için yepyeni maliyet ve performans ufukları açmaktadır.

## TAKVİYE MALZEMELERİ

RTM'de genellikle kontinü keçe ve kırılmış demetten ön şekillendirilmiş takviye malzemeleri (Preform) yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, termoplastik bağlayıcı kullanılarak yapılmış özel keçeler, termoforming (Isı ile şekillendirme) işlemi ile kalıp şekline tam uyan ön şekillendirilmiş takviye malzemesi olarak kullanılabilir. Farklı dokunmuş ve dokunmamış cam elyafı ürünleri, iki ve üç yönlü keçeler, RTM prosesi için geliştirilmiştir. Karbon

elyafı ve aramid gibi yüksek performanslı diğer takviye türleri de RTM kullanılarak yapılan kompozit parçalarda tek başına veya hibrid takviye biçiminde kullanılabilirler.

## KALIPLAR VE EKİPMAN

Tipik bir RTM kalıbı, kalıp ömrünü ve proses kontrolünü arttırmak üzere sabit sıcaklıklarda üretimin gerçekleşmesini sağlayan ısıtma ve soğutma sistemlerini içerecek şekilde tasarlanmaktadır. RTM yöntemiyle kalıplanan ürünler özel reçine takviyelerinin, kalıpların ve üretim koşullarının bileşkesi sonucu olarak, A sınıfı bir yüzey kalitesine ulaşabilmektedir.

RTM basınç altında reçine ile çalışan kapalı bir kalıplama sistemi olduğundan, kalıbın her iki yarısının da tam olarak kapanabilmesini sağlamak üzere bir dizi mekanik kilit sistemini gerektirmektedir.

RTM'de doğru ve güvenilir bir reçine enjeksiyonu yapılması gerekmektedir. Pompalama cihazı, reçinenin doğru bir şekilde sertleşmesini sağlayacak miktarda katalizörü ölçer. Genel olarak proseste, reçine ve katalizörü karıştırmak için hareketsiz ya da mekanik olmayan karıştırıcılar kullanılır. Karıştırıcıların temizlenmesi için ayrıca bir solvent püskürtme sistemi de ekipman içinde yer almaktadır.

## RTM KALIPLAMANIN AVANTAJLARI

RTM parçaları proses ve tasarım koşullarına bağlı olarak kalıp başına saatte çok sayıda parçanın kalıplanmasına olanak tanımaktadır. RTM kapalı bir kalıp sistemi olması sebebiyle, çalışma ortamına açık kalıplardan daha az uçucu organik madde açığa çıkarılır. Kalıp devir süreleri ile yatırması ve püskürtme yöntemlerine göre daha kısadır.

RTM kalıplamanın maliyeti diğer kapalı kalıplama yöntemlerinde kullanılan kalıplara oranla daha ucuzdur. Kalıplanmış parçaların her iki yüzeyide düzgündür. Girinti, çıkıntı ve ribler gibi ikincil takviyeler kolaylıkla bünye içine katılabilir. Daha iyi bir yüzey performansı için reçinenin çekmesini kontrol altında tutabilecek sistemler kullanılabilir. Dolgu sistemleri maliyeti düşürmekte, alevlenmeme ve duman yaymama özellikleri, daha iyi yüzey görünümü ve daha yüksek kırılma dayanımı gibi performans özellikleri katmaktadır.

Bu kalıplama yöntemi pazar değerlendirmesi için prototip yapımında da kullanılabilir. SMC kalıplaması için büyük bir yatırım yapılmadan

önce tasarım özelliklerini ve kabul kriterlerini değerlendirmek üzere RTM kalıplama metodu ile prototip üretim yapılarak ürün ve pazar performansı ölçülebilir. Bu durumda, RTM'in kısa üretim süresi ve nispeten düşük maliyetli plastik kalıpları gerçek avantajlar olarak karşınıza çıkmaktadır.

### **RTM KALIPLAMANIN DEZAVANTAJLARI**

Kalıp ve ekipman maliyetleri, el yatırması ve püskürtme yöntemlerine göre yüksektir. RTM, orta ölçekli üretim hacmine sahip bir üretim yöntemi değildir. Enjeksiyon basıncının ayarlanması, kalıp tasarımı ve üretimi, kilit ve conta sistemi ele alındığında proses daha karmaşıktır.

### **RTM UYGULAMALARI**

Başlıca RTM uygulamaları; kamyon gövde parçaları, otomobil gövde panelleri, otobüs panelleri, spoiler, gösterge panelleri, tıbbi cihazlar, depolama tankları, araç koltukları, kimyasal pompalar, küçük tekneler gibi denizcilik parçaları, rüzgar enerjisi tribün kanatları, uçak parçaları, mermi gövdeleri, bisiklet gövdeleri ve kapılardır.

### **RTM'İN GELECEĞİ**

Bir çok takviyeli kompozit uygulamasında RTM kalıplama yöntemi kullanılabilir. Reçine ve kalıplardaki gelişmeler, pazar olanaklarını genişletecek, kalıp ve ekipman üreticisi firmaları, kalıplama yöntemini daha fazla tercih edeceği ve pazar fırsatlarının genişleyeceği beklenmektedir. Birçok takviye malzemesinin kullanımına olanak vermesi ve yüksek yüzey performansı sebebiyle RTM, otomotiv ve birçok değişik alanda taşıyıcı parçaların üretiminde kullanılmakta olup farklı kalıplama yöntemlerine rakip olacak bir kalıplama yöntemi haline gelmiştir. Potansiyel yeni uygulamaların başında otomotiv ve uçaklarda kullanılan yapısal parçalar gelmektedir. Kompozit kalıplama yöntemlerinde yeni çevre düzenleme ve kısıtlamaları sonucunda açık kalıplama sistemlerinde değişiklikler yapılması ve önlemler alınması zorunluluğu, RTM'i bu endüstride pratik bir alternatif haline getirmektedir. Uzmanlar bu çok yönlü kompozit kalıplama yönteminin ileride daha önemli bir konuma geleceğine inanmaktadırlar.

## **PULTRUZYON**

### **PROSESİN GENEL TANIMI**

1940'ların sonundan itibaren "Pultruzyon" prosesi başlıca iki tür ürün elde etmek üzere kullanılmıştır: Rijit çubuk ve lamalar; boru, kanal, giriş gibi endüstriyel profil şekilleri. "Pultruzyon" yöntemi, malzemenin kalıp boyunca çekilerek üretilmesi dışında, alüminyum ve termoplastikler için kullanılmakta olan ekstrüzyon prosesine benzemektedir. "Pultruzyon" da cam elyafı takviyesi olarak kullanılan devamlı fitil (WR3) dokunmuş fitil, keçe veya bunların kombinasyonlarından bir veya birkaçı tercih edilerek, önce termoset reçine banyosundan, sonra da bir dizi şekillendirme kılavuzundan geçirilir. Isıtılmış çelik kalıp içinden geçirilerek, belirlenen kesitte sertleşmesi sağlanır. Şekillendirme kılavuzları, reçinenin cam takviye malzemesine en yüksek düzeyde penetrasyonunu sağlamak amacı ile kullanılır. Kalıptan çıkan ürün kesme aparatları aracılığıyla istenilen uzunluklarda kesilir. Pultruzyon yöntemi, düşük işgücü gerektirmektedir. Üretim hızı genel olarak dakikada 0.6 m.-1.2 m. olup, çekilen parçanın uygun yapıya sahip olması halinde 3 m. hıza kadar yükselebilen otomatik bir prostestir.

### **REÇİNELER**

Kullanılan reçinelerin %90'ı polyster (CE 266 N 12, CE 67 HV 4) ve vinil reçinelerdir. Epoksiler ve son zamanlarda fenolik reçineler spesifik performans özellikleri aranan ürünlerin kalıplanmasında kullanılmaktadır. Fenolik reçineler, "pultruzyon" yöntemiyle üretilen ürünlere yanmazlık ve düşük duman yayma özellikleri kazandırırken, epoksiler yüksek mukavemet, daha yüksek ısı dayanımı ve elektriksel özelliklerde yüksek performans sağlarlar. Mühendislikte kullanılan termoplastiklerin bu yöntemde bir kaç uygulaması olmasına rağmen, günlük uygulamalar için kullanılan termoplastiklerin geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

### **KATKILAR VE DOLGU MALZEMELERİ**

Katkılar ve dolgu malzemeleri, spesifik özellikler elde etmek, üretim karakteristiklerini geliştirmek ve maliyeti düşürmek amacıyla "Pultruzyon" yönteminde kullanılmaktadır. Başlıca kullanılan üç adet dolgu malzemesi şöyledir:

**Kalsiyum karbonat;** maliyeti düşürür.

**Kil;** korozyon dayanımı istenen uygulamalarda kullanılır.

**Alüminyum trihidrat;** elektriksel izolasyonu sağlar.

Daha yakın geçmişte, hem geri dönüştürülmüş SMC hem de külden elde edilen dolgu malzemeleri bazı pultruzyon profillerinde ara malzeme oluşturacak şekilde kullanılmıştır. Bu teknik, profilin rijitlik özelliklerini arttırdığı gibi maliyeti de olumlu etkileyen sandviç bir yapı sağlamıştır. Katkılar; kalıp ayırıcılar, hassas profil sağlayıcı katkılar ve ısı çekmeyi engelleyici kimyasallardan oluşmaktadır.

## TAKVİYELER

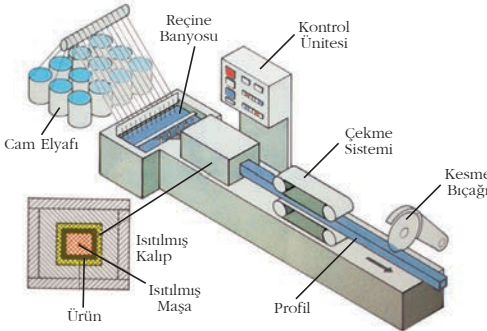
Bir çok tipte takviye malzemesi kullanılır:

- Tek uçlu veya çok uçlu fitiller ve karbon elyafı
- Bükümlü veya tekstürize fitiller
- Kontinü keçeler
- Yüzey keçeleri, cam ve karbon elyafından tüller
- Örgü kumaşlar ve dikişli veya dokunmuş ürünler

## EKİPMAN

Ticari olarak kullanılabilir bir pultruzyon prosesinde ekipman şöyledir:

- Takviye malzemelerinin depolanması ve dağıtımı için keçe ve fitil sehpaları.
- Takviye malzemelerinin ıslanmasını sağlayan reçine banyoları. (Bazı uygulamalar için ayrıca bir reçine enjeksiyon birimi de gerekli olmaktadır.)



Şekil 3.12: Pultruzyon Kalıplama Yöntemi

- Takviye malzemesini kalıbın şekline göre ön şekillendirmeye tabi tutan ve reçinenin fazlasını ayıran şekillendirme kılavuzları.
- Operatörün kalıp sıcaklıkları, çekme hızı, çekme biçimi (devamlı veya kesikli), kesme uzunlukları gibi tüm makine fonksiyonlarını kontrol edebileceği kontrol paneli.
- Çekilen takviye malzemelerini istenilen uzunlukta kesmek için kesme bıçakları ve kesim sırasında oluşan tozları otomatik olarak toplayacak bir aspiratör sistemi.

NOT: Ürün özelliklerine göre sertleşmeyi artırmak ve yapısal malzemeler kullanarak sandviç konstrüksiyonlu profil çekebilmek amacıyla sisteme RF'li (radyo frekansı) ön ısıtma ekipmanı, çevresel sarma ekipmanı ve diğer özel ekipmanlar ilave edilebilir.

## PULTRUZYON KALIPLAMANIN AVANTAJLARI

Pultruzyon, yönlendirilmiş elyaf kullanılan bir prosedir. Elyafın büyük kısmı optimum çekme dayanımı elde edecek yönde boyuna yerleştirilirken, bir kısım elyaf da istenen ürün özelliklerini sağlayacak şekilde

farklı yönde düzenlenebilir. Düşük işçilik gerektiren büyük ölçüde otomatikleştirilmiş bir prosedir. İşçilik maliyeti satış fiyatının %5-10'u arasındadır. Pultruzyon yönteminde ekipman yatırım masraflarının diğer yüksek hacimde üretim yapılan yöntemlerle kıyaslandığında düşük olduğu görülmektedir. Tüm bu unsurlar, orta-yüksek hacimli uygulamalar için pultruzyon yöntemini ekonomik kılmaktadır.

## PULTRUZYON KALIPLAMANIN DEZAVANTAJLARI

Pultruzyon prosesinde elyafın büyük bölümü çekme dayanımı sağlayacak yönde yerleştirildiğinden, genellikle çapraz yönde mukavemet düşüktür. Genel olarak çapraz yönlerde elde edilen özellikler, gerçek çekme dayanımının %10-25'idir. Buna rağmen örgü, dikişli ve dokunmuş kumaşların artan kullanımı, pultruzyon yöntemini bazı yapısal uygulamalarda izotropik (özelliklerin her yönde aynı) özellikler sağlayabilecek hale getirmiştir. Pultruzyon ürünleri genellikle rekabet halinde ol-



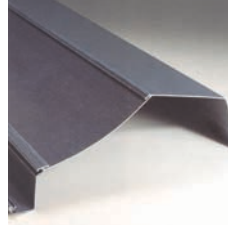
dukları malzemelerle aynı rijitlik değerlerine sahip değildir. Bu durum rakip malzemelerin rijitlik değerlerine ulaşmak için kesitte ya da et kalınlığında tasarım değişikliklerinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

### PULTRUZYON UYGULAMALARI

Ekonomik olması ve bir çok pazar tarafından kullanılması sayesinde, en hızlı ilerleme gösteren kompozit üretim yöntemidir. Önceleri elektrik ve eğlence sektörlerinde daha yaygın olmasına rağmen korozyon, inşaat, otomotiv ve havacılık pazarlarında da kullanımı yaygınlaşmıştır. Alt yapı uygulamalarında da kullanımı artmaktadır. En hızlı gelişim gösteren pazarlardan bir tanesi korozyon uygulamalarıdır. Bu sektörde, hafiflik ve kimyasal dayanım özelliklerine sahip profiller; su ve atık su temizleme tesisleri; kimyasal üretim tesisleri; ve diğer bazı endüstriyel uygulamalarda da olduğu gibi, yapısal bütünlük sağlamaktadır.

Tasarım mühendisleri 100'ün üstünde standart yapısal şekil kullanarak, örneğin; merdiven, trabzan, parmaklık, kablo döşeme sistemleri ve geleneksel malzemelerden yapılan diğer profilleri kullanarak yapabildikleri tasarımları bu kalıplama yöntemi ile üretilmiş profillerle tasarlayabilmektedirler.

Kapı ve pencerelerin pultruzyon yöntemiyle üretilmesiyle inşaat pazarı hareketlilik kazanmıştır. Mükemmel ısı yalıtımı ve düşük ısı genleşme katsayısıyla kompozit malzemelerden yapılmış pencereler büyük ısı değişimlerinde ahşap malzemeyle kıyaslandığında, hava ve su sızdırmazlıkta son derece yüksek performans göstermektedir. Ahşap malzeme kullanım maliyetinin bu açıdan yüksek olması, pultruzyon yöntemiyle üretilen CTP ürünlerin bu sektörde yer almasını kolaylaştırmaktadır. Altyapı sektörü pultruzyon yöntemiyle üretilen profiller için, her geçen gün daha çok gelişme eğilimi göstermektedir. Profillerin yoğun eksenel takviye yüklemesi sonucunda, yüksek sertlik değerine ulaşması ve büyük boyutlu şekillerdeki ürünlerin yapılabilir olması köprü gövdelerinde pultruzyon yöntemini tercih edilir hale getirmiştir. Ayrıca, yaya üstgeçitlerinde ve taşıt köprü platformlarında da sağladığı avantajlar nedeniyle ürün tasarımlarında pultruzyon yöntemi kullanılmaktadır. Pultruzyon yöntemi altyapı onarımındaki artan ihtiyaca paralel olarak, bazı yüksek hacimli uygulamalar için daha uygun bir kalıplama yöntemi haline gelmiştir.



Şehir otobüslerinde ısı kanalı uygulaması-

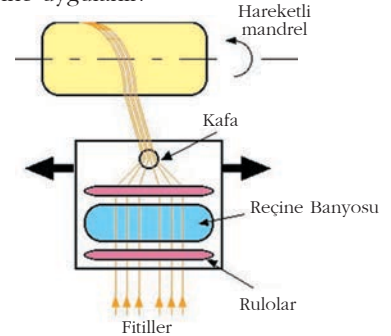
### PULTRUZYON KALIPLAMA YÖNTEMİNİN GELECEĞİ

Yenilikler bir pazarın veya teknolojinin gelişimi açısından çok önemlidir. Pultruzyon yönteminin hızlı gelişimi ile birlikte hammadde tedarikçileri, kalıpcılar, ekipman tedarikçileri ve akademik topluluklar da yeni malzemeler, üretim yöntemleri, test prosedürleri ve modelleme tekniklerini araştırarak, pultruzyon teknolojisinin nitel ve nicel olarak tanımlanması ve geliştirilmesi konusunda çalışmaktadırlar. Pultruzyon ürünlerindeki gelişmeler bir çok pazarda kabul edilmekle birlikte, bu kalıplama tekniği gelecek için parlak bir görünüm sergilemektedir.

### ELYAF SARMA

#### PROSESİN GENEL TANIMI

Elyaf sarma yöntemi üstün kalitede yüzeye sahip ürünlerin üretimi açısından bir devrim niteliği taşımaktadır. Takviye malzemesi lifler (WR 3) ve (CE 66, CE 98, CE 92, CE 99, CE 266) reçineler, dönen bir kalıp yüzeyine veya makine kontrollü geometrik yapıya sahip mandreller üzerine uygulanır.



Şekil 3.13: Elyaf Sarma Yöntemi

## REÇİNELER

Termoset reçinelerin bir kısmı bu proseste kullanılabilir. En çok kullanılan reçineler :

**Genel amaçlı polyesterler:** En büyük ticari hacmi olan ve en düşük maliyetle elde edilen reçinedir. İzofalikalik polyesterler daha iyi kimyasal dayanımın istendiği durumlarda, genel amaçlı polyesterler yerine kullanılabilir.

**Bisfenol A :** Bir çok kimyasala, yüksek sıcaklığa karşı dayanım ve daha yüksek korozyon direnci sağlar.

**Vinil Esterler:** Kimyasal dayanım, sertlik ve yapısal avantaj sağlayan bir reçine türüdür.

**Epoksiler:** Mükemmel mekanik ve kimyasal dayanım özelliklerine sahiptir. Düşük çekme ve iyi yapışma özellikleri, epoksi reçinelerin yüksek yapısal performans istenilen uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanımına imkan verir.

**Furanlar:** Özellikle organik solventlere karşı üstün kimyasal dayanım gösterirler. Ancak özel üretim teknikleri kullanılmasını gerektirirler.

Elyaf sarma yönteminde genel olarak, mandrel üzerine sarma işlemine başlamadan önce takviye malzemesi reçine havuzundan geçirilir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda, (örneğin kırılmış demetler için) reçine eş zamanlı olarak püskürtülür veya takviye malzemesinin uygulandığı mandrel yüzeyine dökülür. Bazı yüksek performans uygulamalarında reçine, ön iletme olarak adlandırılan ayrı bir prosesle elyafa uygulanabilir. Elde edilen ürün "prepreg" veya önceden reçine emdirilmiş ürün olarak adlandırılır. (Detaylı bilgi için prepreg ile ilgili bölüme bakınız). Bu yaklaşım daha yüksek maliyetli olmasına rağmen, reçinenin daha sağlıklı bir şekilde kontrol edilebilmesini sağlar ve karmaşık şekilli ürünlerde elyaf yerleşim esnekliğinin elde edilmesine imkan tanır.

## TERMOPLASTİK ESASLI ELYAF SARMA

Termoplastiklerin bu yöntemde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Takviye malzemeleri ve reçineler, mandrele sarılabilecek bir şerit oluşturmak amacıyla çeşitli tekniklerle önceden birleştirilir. Bu malzemenin mandrelin bantla temasını sağlandığı noktada ısıtılması integral (bütün) bir yapı elde edilmesini sağlar. Termoplastiklerin bu proseste ekonomik olarak kullanımının mümkün olması için geliştirilmesi gerekmektedir.

## TAKVİYE MALZEMELERİ

Her çeşit takviye malzemesi kullanılabilir. Bunlar kontinü demetler, dokunmuş ve tek yönlü şeritler, kırılmış elyaf, kontinü veya kırılmış demetten keçeler gibi pek çok farklı yapıdaki takviye malzemesi olabilir. Direk sarma fitilleri en sık kullanılan çeşittir. Hassas yapısal analiz teknikleriyle ürünlerin gerçek kullanım sırasında karşılaşacakları kritik gerilmelerin miktarı ve yönü tanımlanabilmektedir. Takviye malzemelerinin tür, şekil, miktar ve yönlendirme özellikleri değiştirilerek sarılmış filament yapılarının dayanımı belirli bir yönde mukavemet sağlanacak şekilde dizayn edilebilir. Farklı elyaf türlerinden oluşan hibrid takviye sistemlerinin "elyaf sarma" prosesinde kullanımı artmaktadır. Farklı cam elyafı kombinasyonları optimum maliyet ve performans için daha düşük maliyetli liflerin kullanımına imkan tanırken, ihtiyaç duyulduğunda yüksek maliyetli ve yüksek performanslı elyafın kullanımına da olanak sağlamaktadır.

## KULLANILAN EKİPMAN

Bu yöntemde üretilen ürüne bağlı olarak bir çok ekipman kullanabilme seçeneği vardır. En basit şekliyle, torna tezgahı olarak tanımlanabilir. Genel prensibi, takviye malzemesinin dönen bir mandrel üzerine belli açılarda sarılması şeklindedir. Belli açılarda hareket eden takviye malzemesi, doğrusal olarak mandreli boydan boya tarar. Değişik açılarda ve çok katlı olarak sarılan cam elyafı takviyeli plastik parça sertleştikten sonra kalıptan çıkartılır. Sarma işlemi, mekanik ve bilgisayar kontrollü olarak yapılabilir. Aşağıda verilen "elyaf sarma" ekipmanın kullanımını da mümkündür:

**Sürekli sarıcı:** Dönmeyen (sabit) mandreller bir sarma istasyonu arasında hareket eder.

**Kutupsal sarma:** Mandreller kapalı silindirik veya daire oluşturacak şekilde iki eksen üzerinde döner.

**Kontinü Sarma:** Takviye malzemesi ve reçine kesintisiz boru üretebilen, sonsuz hareket kabiliyetli bir kalıp sistemi üzerine uygulanır.

**Örgü sarıcı:** Bu yapıyı sağlayan bir çemberden geçirilir.

**Kırpma Çemberi:** Adından da anlaşıldığı gibi bu bir hibrid prosestir. Büyük boyutlu yapısal uygulamalar için, "püskürtme yöntemi"nin dağılma özellikleri ile "elyaf sarma" yöntemindeki devamlı elyafın özellikleri harman-

lanır. Kırpma çemberi, pahalı kumaş kullanımı veya mukavemet sağlamak için kullanılan diğer pahalı yöntemlere gerek duyulmadan, istenilen özelliklerde laminat üretimini daha verimli hale getirir.

### EKİPMAN VE KALIPLAR

Otomotiv sektöründe kullanılan makas yayları gibi yüksek teknoloji ürünlerinin elyaf sarma metodu ile üretilmesi için özel makineler geliştirilmiştir. Elyaf sarma yönteminde kullanılan mandrellerin üretiminde çok farklı malzeme ve teknikler kullanılmaktadır. Seri üretimde kullanılacak mandreller çelik levha kullanılarak yapılırken, düşük hacimli üretimler ve prototip parçalar için kontrplak, alüminyum levha gibi malzemeler kullanılmaktadır. Basınçlı tank gibi kapalı ürünler için esnek malzemedan yapılmış ve şişirilebilir mandreller kullanılmaktadır. Bu tür mandreller kalıplama sonunda, söndürülerek parça içinden çıkartılmakta veya ince bir layner olarak ürün bünyesi içinde bırakılmaktadır. Kapalı ürünler ayrıca düşük ısılarda eriyebilen malzemedan dökülmüş mandreller kullanılarak da kalıplana bilmektedir. Kalıplama işlemi tamamlandıktan sonra, ürün ısıtılarak, içindeki mandrel eritilmekte ve dışarıya boşaltılmaktadır. Mandrelin özel olarak ürün içinde bırakıldığı uygulamalar da vardır. Bu tür uygulamalara örnek olarak, otomotiv sektöründe kullanılan şaftlar gösterilebilir. Bu üretimde, lifler bir alüminyum tüp üzerine sarılmakta, tübün ucundaki metalik bağlantı elemanları sayesinde konvansiyonel bağlantılar yapılabilmektedir.

### ELYAF SARMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

- Özelliklerin tam kontrol altında tutulabilmesi.
- Çeşitli mukavemet değerlerinin elde edilebilir olması.
- İşçilik oranının düşük olması.
- Çok sayıda takviye malzemesi ve reçine seçeneği bulunması.
- Prosesin çok yüksek düzeyde otomasyona uyandırılabilmesi.
- Termoset ve termoplastik kullanımına imkan vermesi.

### ELYAF SARMA YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI

- Yalnızca eksenel ürünler için kullanılabilmesi.

- Tesis yatırımı gerektirmesi.
- Uçucu organiklerin emisyonu nedeniyle mekanik kontrolleri gerektirmesi.

### ELYAF SARMA UYGULAMALARI

Bu yöntemle elde edilen ürünler, bütün büyük pazar sektörlerinde kullanılabilir. Başlıca uygulamalar:

- Petrol ve gaz için tank ve boru ürünleri, kimyasal üretim endüstrisi ve su/atık su arıtması için kullanılan boru ve tanklar
- Tank ve borular için parçalar
- Hava ve gaz basınç hatları
- Uçak yakıt tankları
- Roket motor ve kovan kaplamaları
- Silah ve top namluları
- Gemi/yat direkleri
- Tenis raket çerçeveleri
- Tren vagonları (taşımacılık)



### ELYAF SARMA YÖNTEMİNİN GELECEĞİ

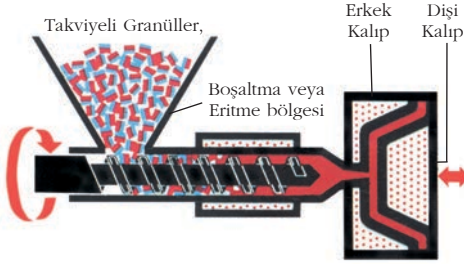
Bu yöntem, "elyaf/polimer teknolojisi"nin maksimum fayda ile kullanımını sağlayan bir kompozit üretim yöntemidir. Makine kontrolü ve düşük işçilik özellikleri sayesinde yöntem, yapısal ürünlerin yüksek üretim kapasitesiyle üretimini gerektiren uygulamalarda tercih edilir durumdadır. Gelecekte bu yöntemin tamamen bilgisayar kontrollü olacağı öngörülmektedir. Termoplastik reçinelerin elyaf sarma prosesine adaptasyonu üretilen ürün miktarının ve ürün çeşidinin artmasına neden olacaktır. Hibrid takviye sistemleri, üstün yapısal özellikler ve düşük maliyetli yeni uygulama alanları sağlayacaktır. Spesifik, yüksek hacimli uygulamalar için özel olarak üretilmiş makineler bu yöntemin rekabet şansını yükseltecektir. Gerilim sensörleri ve hasarsız test teknikleri sayesinde yüksek yapısal özellikli uygulamaların gerçekleştirilebileceği beklenmektedir.

### ENJEKSİYON KALIPLAMA

### PROSESİN GENEL TANIMI

Yüksek boyutsal stabiliteli ve karmaşık şekilli ürünlerin kalıplanmasında yaygın olarak kullanılan bir üretim yöntemidir. Yüksek hacimli üretimler için uygundur. Bazı durumlarda, üretim hızı makina başına saatte binlerce adet parçaya çıkabilir. Bu yöntemde elde edi-

len ürünlerin çoğu takviyesiz termoplastiklerdir. Takviyeli termoplastiklerin kalıplanması için, ekipman ve kalıplama tekniğinde çok küçük değişiklikler yapılması yeterli olmakta hatta bazen hiçbir değişikliğe gerek duyulmamaktadır. Yöntemin temel prensibi, termoplastiklerin ısıtıldığında yumuşamasına ve soğutulduğunda sertleşmesine dayalıdır. Bir çok enjeksiyon kalıplamasında granül halindeki termoplastik reçine bir huniden, ısıtılmış metal silindirin bir ucuna beslenir. Silindir içinde enjeksiyon burğu yivleri dönmeye başlar ve reçine sıcak silindir içine alınır. Isıtma süresince reçine yarı akışkan bir duruma gelecek, kalıp içine enjekte edilir.



Şekil 3.14: Enjeksiyon kalıplama

Enjeksiyon kalıplama yivleri dönerken aynı zamanda silindiri de eksenü üzerinde ileri ve geri hareket ettirir. Bu hareketin iki önemli fonksiyonu vardır. Kalıbın dolması için gerekli ergimiş reçine hacminin ölçümü ve ölçülen miktarda reçinenin kalıba transferi. Reçinenin şekillendirilmesine ve ergimiş reçine miktarının ölçümüne ek olarak enjeksiyon makinesinin bir diğer fonksiyonu enjeksiyon sırasında kapalı kalıbı basınç altında tutmak ve soğutma sonrasında parçanın kalıptan çıkartılmasını sağlamaktır. Kalıp boşluğu üretilecek parçanın tam şeklini sağlayacak konumdadır. Kalıplar genellikle ergimiş plastiğin işlenebileceği sıcaklıktan daha düşük olan bir sıcaklıkta ısıtılır. Yarı akışkan reçine daha düşük sıcaklıkta olan kalıba alındığında reçine kalıp boşluğunun şeklini alarak katılaşacaktır. Enjeksiyon kalıplama yönteminin önemli bileşenleri:

- Termoplastik reçinenin ergimesi veya "plastifikasyon"
- Ergimiş reçinenin ölçümü ve kalıba transferi
- Kalıplama süresine uygun olarak kalıbın açılması ve kapanmasını ve parçanın kalıptan alınmasını sağlayan kilit sistemleri

- Üretim süreci içinde reçinenin doğru sıcaklıkta, doğru süre ile kalıplanmasını kontrol altında tutabilecek kumanda düzeneği.

## REÇİNELER VE TAKVİYE MALZEMELERİ

Enjeksiyon yönteminde termoplastik reçine olarak genellikle naylon (PA), PVC, asetal, polietilen, polipropilen, ABS, SAN ve polikarbonat kullanılırken, termoset reçine olarak polyeater, epoksi, fenolik ve üretan reçineleri kullanılmaktadır. Takviye malzemesi olarak ise genellikle 5-40 mm. uzunluğunda, kırılmış cam elyafı kullanılmaktadır. Elyaf takviyesi ağırlıkça %5-40 arasında değişmektedir.



Granüller

## EKİPMAN

Aşağıdaki parametrelere göre tanımlanır.

- Reçinenin plastifikasyon oranı, ısıtılarak akışkan hale getirilen reçinenin bir saat süre içindeki kilogram miktarı olarak ifade edilir.
  - Kalıp sıkıştırma kuvveti, ton olarak ifade edilir.
  - Makinenin, bir defada enjekte edebileceği malzeme miktarı, kalıp içerisine her kalıplama için gönderilen malzeme miktarını gram cinsinden ifade eder.
- Enjeksiyon kalıplama makinelerinin enjekte edebileceği malzeme kapasitesi aralığı, gram-kilogram aralığında, sıkıştırma kapasitesi 1 -5000 ton arasındadır.

## ENJEKSİYON KALIPLAMA TERMOSETLERİ

Günümüzde, yüksek hacimli termoset parça üretiminde enjeksiyon kalıplama önemli bir yer tutmaktadır. Termoset enjeksiyon kalıplamada polimer, düşük viskozite sağlamak amacı ile, 35-120°C sıcaklığa kadar ısıtılan hazne boyunca, bir vida veya piston kullanılarak, 150-200°C sıcaklığa ısıtılmış, kalıp içine enjekte edilir. Malzeme kalıp boşluğunu doldurduğunda basınç uygulanır.

Reaksiyon tamamlandıktan sonra, parça sertleşir ve kalıptan alınır. Bu yöntemde, basınçlı kalıplama ve transfer kalıplamaya göre üretim

süreci daha kısadır. Ayrıca, işçiliği düşürmek üzere, otomatik besleme ve kalıptan çıkartma sistemleri kullanılabilir.

### **ENJEKSİYON KALIPLAMA YÖNTEMİNİN GELECEĞİ**

İki komponentli enjeksiyon kalıplama, enjeksiyon/pres kalıplama makineleri ve kalıp üretimi/üretim teknikleri gibi süregelen araştırmalar, cam elyafının bütünlüğünü sağlamayı amaçlamaktadır ve enjeksiyon kalıplama için termoset uygulamaları büyümeye devam edecektir.

### **DİĞER PROSESLER**

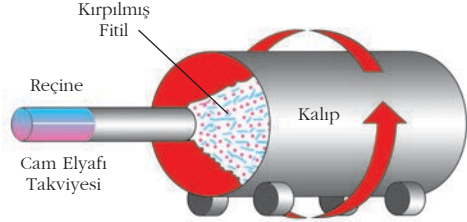
Makine üreticileri tarafından CTP ürünlerin üretimi için geliştirilen bir çok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu kalıplama yöntemlerinin bazıları, çok geniş bir alanda yaygın olarak uygulanabilen yöntemlerdir. Diğerleri ise, yalnızca özel ürünler için geliştirilmiş, sınırlı uygulama alanı olan özgül yöntemlerdir.

### **OTOMATİK ŞERİT YERLEŞTİRME (ATP)**

Otoklav prosesinde (bkz.vakum torba kalıplama, basınçlı torba kalıplama, otoklav kalıplama bölümü) malzemenin uygulanmasında otomasyon, otomatik şerit yerleştirme (ATP) yöntemiyle sağlanmaktadır. Otomatik şerit yerleştirme, yüksek teknoloji yapısal kompozit üretimi için kullanılan bir yöntemdir. Reçineye emdirilmiş cam elyafı takviyeleri (Prepreg) işlemeyi kolaylaştırmak amacıyla, katlar arasında kağıt ya da film kullanılarak bant şeklinde biçimlendirilir. Prepreg şeritler, çeşitli genişliklerde otomatik olarak kalıp yüzeyine döşenir. Modern bilgisayar ekipmanları bu şeritlerin kontrollü olarak, kalıp yüzeyine çok hassas bir şekilde döşemesini sağlayabilir. Düz ve karmaşık yüzey geometrileri bu yöntemle üretilebilir. ATP prosesinin, takviye malzemeleri ve reçinelerin hizalanması ve kalıp üzerine yerleştirilmesi konusunda çok hassas bir sistem olması nedeniyle, havacılık, uzay sanayi ve askeri araç gereç üretiminde kullanılan, yüksek teknoloji kompozit uygulamalarının artmasını sağlaması beklenmektedir. Bu uygulamalara örnek olarak; uçak kanatları, flaplar gibi yüksek dayanım, maksimum sertlik, hafiflik istenen uygulama alanları gösterilebilir.

### **SANTRİFÜJ KALIPLAMA**

Santrifüj kalıplamada takviye malzemeleri ve reçineler yüksek bir çevresel hızla dönmekte olan kalıp iç yüzeyine uygulanır. Bu kalıplama yöntemi sayesinde her iki yüzü düzgün, rijit, borsal parçaların üretimi mümkündür. Santrifüj (Merkezkaç) kuvveti, reçine (CE 88, CE 89) ile temas eden takviye liflerinin (KCR 6) islanmasını sağlamaktadır. Bu yöntemle üretilen parçanın kalıbın iç yüzeyine temas eden dış kısmı, ürünün düzgün yüzünü temsil eder.



Şekil 3.15: Santrifüj Kalıplama

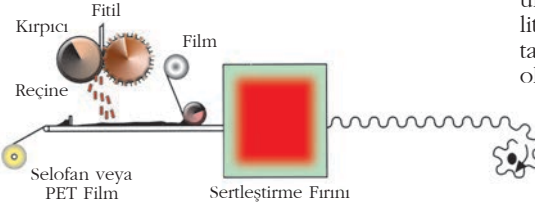
Santrifüj kalıplama yöntemi ile üretilen parçalarının iç yüzeyine ince bir yüzey oluşturacak şekilde saf reçine püskürtülerek, kompozit parçanın kimyasal dayanımı artırılabilir. Yüzey daha düzgün hale getirilebilir. Büyük çaplı kompozit borular ve tanklar ticari olarak santrifüj kalıplama yöntemiyle üretilmektedir. Santrifüj kalıplamanın avantajları, düzgün dış yüzeylerin elde edilmesi ve uçuş organik gazların proses sırasında kontrol edilebilmesidir. Başlıca dezavantajı ise, büyük boyuttaki kalıpların döndürülebilme sorunu ve iç yüzeye tül uygulamasının zorluğudur.

### **DEVAMLI LEVHA**

Devamlı levha prosesi; opak veya şeffaf görünümü düz paneller, kamyon teyler panelleri, buzdolabı kaplamaları, saniter malzemeler, yol işaretleri v.s gibi bir çok farklı uygulama alanında kullanılan bir yöntemdir. Genellikle 3 metreye kadar genişliği olan ve yüksek kapasitede üretim yapabilen makinelerde, takviye malzemeleri ve reçineler, proses boyunca çekilen bir plastik film üzerinde bir araya getirilmektedir. İkinci bir plastik film takviye malzemesi (KCR 1, KCR 7, KCR 5) ve reçine (CE 53, CE 55) üzerine yayılmakta, hemen sonrasında ise genellikle rulolarla karışımın homojen hale getirilmesi ve hava kabarcıklarının atılması sağlanmaktadır. Sertleşme, fırın



içerisinde gerçekleştirilir. Levhalar otomatik olarak, eni boyunca trimlenir, istenilen uzunluklarda otomatik olarak kesilir. Özel yüzey efektleri elde etmek amacıyla daha sonra kaldırılan şeffaf koruyucu film tabakaları kullanılır. Keçe ve kırılmış fitil şeklindeki cam elyafı takviye malzemelerinin her ikisi de bu proseste kullanılmaktadır. Polyester ve su dayanımını arttırmak amacıyla kullanılan modifiye akrilik polyesterler, devamlı levha prosesinde en çok kullanılan reçinelerdir.



Şekil 3.16: Devamlı Levha

## EKSTRÜZYON

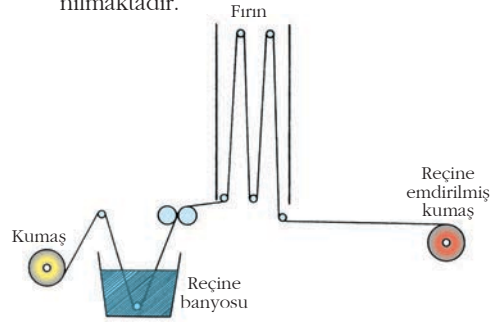
Takviyeli ve takviyesiz termoplastiklerden kompozit ürün elde etmeye yönelik bir prosedir. Bu proses üç temel aşamadan oluşur. Viskoziteyi düşürmek üzere malzemenin ısıtılması, şekillendirilmek üzere malzemenin metal kalıba aktarılması ve parçanın soğumasıyla istenilen profilin elde edilmesi. Ekstrüzyonla üretilen parçalar, genellikle parça boyunca aynı kesite sahiptir.

Bir çok termoplastik malzeme bu yöntemde kullanılabilir. Takviyeli termoplastiklerin ekstrüzyonu, takviyesiz termoplastiklerin ekstrüzyonu kadar yaygın değildir. Takviyeli parçalar, takviyesiz olanlara oranla daha yüksek sertlik ve mukavemet özellikleri sağlamaktadır. Uzun elyaf ile takviye edilmiş termoplastiklerin ekstrüzyonuyla üretilen parçalar, konvansiyonel olarak takviye edilmiş termoplastik ürünlerdeki yüksek rijitlik ve mukavemet özelliklerine ek olarak, darbe dayanımı da kazanmaktadır. Bir çok farklı malzeme tek bir profilde kullanılabilir. Çok bileşenli malzemelerin ko-ekstrüzyonu parçanın farklı bölgelerinde farklı malzemeler kullanılabilmesine imkan tanır. Örnek olarak yumuşak kenarlı, sert parçalar.

## PREPREG KALIPLAMA (KALIPLAMA ÖNCESİ REÇİNE EMDİRİLMİŞ TAKVİYE ÜRÜNLERİ)

Yüksek teknolojiye kompozit uygulamalarında,

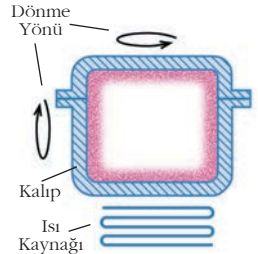
prepreg malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kolay işlenebilir bir kalıplama malzemesi elde etmek üzere, reçine ve takviye malzemesinin birleştirilmesi yöntemidir. Elyafın çok doğru bir biçimde yerleştirilmesinin gerekli olduğu uygulamalarda otomatik şerit yerleştirme (ATP) tekniği kullanıldığında veya kalıp yüzeyine el yatırması işleminin özenle yapılması gerektiğinde kullanılan bir yöntemdir. Prepreg malzemede, takviye/reçine oranının çok hassas bir şekilde kontrol edilmesi, son ürünün elde edilmesinden önce, malzeme kalite kontrol testlerinin yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Prepregde takviye malzemesi olarak devamlı lifler, keçeler, düz dokumalar ve kumaşlar kullanılmaktadır. Reçine olarak polyester, epoksi ve fenolik reçineler yanı sıra, polyester, polietereketon (PEEK) ve polifenilensulfür (PPS) gibi termoplastiklerin bir kısmı da prepreg üretiminde kullanılmaktadır.



Şekil 3.17: Prepreg üretimi

## ROTASYON KALIPLAMA

Rotasyon kalıplama, içi boş ve eksiz olması gereken, basınçlı su, su arıtma tankları, filtreler gibi ürünlerin kalıplanmasında kullanılmaktadır. Bu yöntemde, takviye malzemesi ve reçine kapalı bir kalıp içine yerleştirilmektedir. Kalıplar eşzamanlı olarak iki yönde dönerek, hem kalıp içindeki malzemenin karışmasını, hem de kalıp iç yüzeyinin malzeme ile kaplanmasını sağlar. Kalıplama süreci; ısıtma, soğutma, kalıptan alma ve yeniden yükleme olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.



Şekil 3.18: Rotasyon Kalıplama



Yakın zamana kadar bu yöntemde termoplastik reçineler tercih edilmekteydi. Günümüzde ise, şebeke yapısı (cross-link) oluşturabilen polietilenler ve bazı termoset reçineler kullanılabilmektedir. Bu yöntemin avantajları ise, düşük sermaye yatırımı, karmaşık şekilli parçaların kalıplanabilmesi, minimum fire ve kontrol edilebilir gaz emisyonudur.

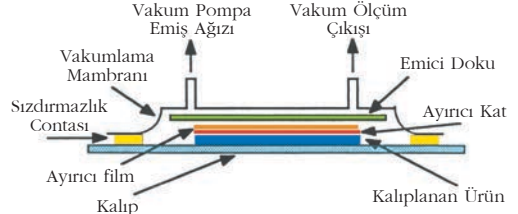
**RİJİTLEŞTİRİLMİŞ TERMOPLASTİK LEVHA**

Termoform ile şekillendirilen termoplastik levhaların arka yüzeyinin takviye edilerek rijitleştirilmesi yöntemidir. Bu yöntemde, akrilik veya ABS gibi takviyesiz termoplastik plaka yumuşama noktasına kadar ısıtılır ve vakum ya da basınçla ürüne son şekli verilir. Şekillendirilen plakalar soğutulduktan sonra, plaka arka yüzeyi, el yatırması veya püskürtme gibi açık kalıplama yöntemleriyle polyeater reçine ve cam elyafı takviyesi uygulanarak rijit hale getirilir. Kamyon kabinlerindeki yolcu yatağı, port bagaj, tesisat boruları ve bazı denizcilik uygulamaları gibi büyük parçaların yanı sıra, küvet ve duş tekneleri, lavabolar da bu kalıplama yöntemiyle üretilmektedir.

**Vakum Torba Kalıplama / Basınç Torba Kalıplama / Otoklav Kalıplama**

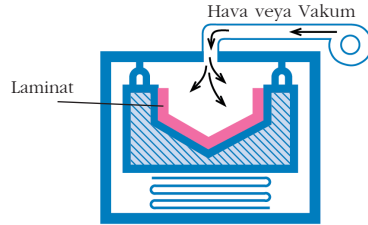
Uçak ve uzay endüstrisi ve talep edilen birçok son ürün alanında high-tech kompozit malzemelerinin kullanımı, özel kompozit kalıplama yöntemlerinin gelişmesini sağlamıştır. Bu prosesler, ticari amaçla üretilen kompozit malzemelerin kullanımı açısından küçük bir tonaja sahip olmasına rağmen, özel ya da performansın kritik olduğu uygulamalarda kullanılır. El yatırmasıyla benzerlik göstermektedir. Belirgin olan fark ise, sertleşme işlemi sırasında basınç uygulanmasıdır. Bu kalıplama yöntemlerinin her birinde malzeme uygulama aşamasında, ıslak sistemler ve prepregler kullanılır. ıslak sistemlerde keçe veya dokunmuş fitil takviyeleri kalıba yerleştirilir. Sıvı reçine, takviye malzemesi yüzeyine uygulanır. Kolay şekillenebilir plastik bir film (torba diye de adlandırılır), reçine emdirilmiş takviye malzemesinin üzerine yerleştirilerek, parçanın çevresinde kalıba yapıştırılır. ıslak sistem yerine prepreg kullanıldığında, levhalar ve şeritler kalıp yüzeyine el ile ya da ATP yöntemiyle yerleştirildikten sonra, plastik film kaplanır. Vakum torba kalıplamada, kalıp yüzeyi ile plastik film (torba) arasındaki hava vakumlanır. ıslak sistem kullanıldığında, önce reçine takviye malzemesine emdirilir. Daha sonra, sertleşme tamamlanana kadar vakum uygulanarak, plastik filmin atmosferik basınç altında

kalması sağlanır. Sertleşme süreci, ayrıca ısı uygulanarak da hızlandırılabilir. Basınç torba kalıplama, atmosferik basınçtan daha yüksek basınçların kullanılması gereken uygulamalarda kullanılır. Bu yöntemde prepreg veya yaş sistem malzemeleri kullanılabilir. Esnek plastik film reçine emdirilmiş takviye malzemesi üzerine yerleştirildikten sonra, yaklaşık 3,5 bar'lık basınç sertleşme tamamlanana kadar plastik film yüzeyine uygulanır.



Şekil 3.19: Vakum Torba Kalıplama

Otoklav kalıplamayla vakum ve basınçlı torba kalıplama yöntemleri kombine edilmiştir. Prepreg veya ıslak sistemlerin her ikisi de kullanılır. Kalıp ve kompozit parça üzerine önce vakum uygulanır, daha sonra sertleşme reaksiyonu için otoklava yerleştirilir. Bu arada vakum uygulamasına devam edilir. ısı ve dış basınç yüksek basınçlı buhar kullanılarak sağlanır. Günümüzde bir çok yüksek performanslı kompozit uçak parçası, bu yöntemle üretilmektedir.



Şekil 3.20: Basınç Torba Kalıplama

**VAKUM DESTEKLİ REÇİNE ENJEKSİYON KALIPLAMA (VARTM)**

SCRIMP (Seeman Composites Resin Infusion Molding Process) firması tarafından patenti alınan bir enfüzyon yöntemidir. Geleneksel vakum torba kalıplamadan farklı olarak, kuru malzeme bir kalıp içine yerleştirilir ve reçine vakum altında, kuru malzeme arasından süzdürülür. Kalıp tamamen doldurulduktan sonra, çevresinde esnek bir film yayılarak vakum uygulanır. Kuru malzeme sıkıştırılarak hava dışarı atılır. Patentli kılcal borular, vakum al-

tında reçinenin dağılımı için kullanılır. Reçine sertleştirme reaksiyonu istendiği takdirde ısı uygulanarak hızlandırılabilir. Genellikle, SCRIMP (VARTM) yöntemiyle ağırlıkça %70 elyaf içeren, boşluksuz laminat üretimi sağlanabilir.

Bu proses ile hafif, uzay sektörü ve yüksek teknoloji ürünleri sektörü için üstün nitelikli laminatlar elde edilir.

## İKİNCİL İŞLEMLER

Çapak alma, cıvata ve perçin deliği açma, yapıştırma ve boyama işlemlerini kapsamaktadır.

**Çapak alma:** Bir çok sertleşmiş parçada, proses ve kalıp toleranslarına bağlı olarak fazlalıklar bulunur. Bu fazlalıklar elle veya aletle giderilir.

**Delik açma:** Kalıpcı ve tasarımcının önerisine göre matkap veya zimba gibi aletler kullanılmaktadır.

**Yapıştırma:** Kompozitlerin yapıştırmasında üç farklı yapışkan kullanılır. Doymamış polyesterler, epoksiler ve poliüretanlar. Bir çok durumda, üretici bu parçaları kompozit yapımında kullanılan aynı reçine ile yapıştırır. Epoksi yapıştırıcılar, yüksek sıcaklıkla karşılaşılan durumlarda

kullanılır. Poliüretanlar, tasarımın gereklerine göre belirlenen tek ve çift komponentli sistemlerin her ikisinde de tercih edilebilir. Yapıştırıcının cinsi, kullanımı üretici ve tasarımcı tarafından beraberce tespit edilmelidir.

**Boyama:** Kompozit parçalar estetik ve teknik amaçlı olarak boyanabilir. Parçaların boyanması, yapıdaki diğer bileşenlerle renk uyumu elde edilmesini sağlar. Bir süre sonra UV ışığı (güneş ışığı) ile yüzeyler bozulabilir. Boyama ayrıca liflerin dış etkilerden korunmasına da yardımcı olur. Bir çok reçine üreticisi reçineye uygun olan boyayı da beraber pazarlamaktadır.

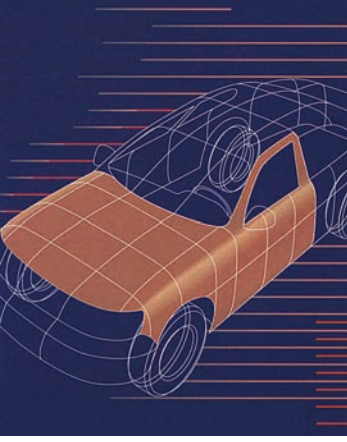
## KOMPOZİT PROSESLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

Kompozit malzemeler ve kalıplama yöntemleri arasındaki ilişki bir çok açıdan değerlendirilebilir. Aşağıda verilen kullanımı kolay tablo kullanılacak kalıplama yöntemine uygun malzemenin seçimi için, tasarımcılara yardımcı olabilecek bilgiler içermektedir.

Herhangi bir prosesin veya malzemenin karakteristikleri, yapılması düşünülen uygulamadan beklenen özelliklere bağlı olarak dikkatli bir şekilde tanımlanmalıdır.

	Termosetler					Termoplastikler										
	Polyester reçine	Vinilester	Epoksi	Poliüretan	Fenolik	ABS	Akrilik	Naylon	Polikarbonat	Polietilfen	Polipropilen	Polistiren	PPS	PVC	Termoplastik polyester	Yüksek performans (LCP, PEEK v.s)
El yatırması	•	•	•		•											
Püskürtme	•	•		•												
Pres kalıplama	•	•	•		•											
Takviyeli Termoplastik Levha kalıplama								•	•		•		•			
RRIM (Reinforced Reaction Injection Molding)				•				•								
RTM	•	•	•	•	•											
Pultrüzyon	•	•	•													
Elyaf sarma	•	•	•		•											
Otomatik Şerit Yerleştirme	•	•	•													
Santrifüj kalıplama	•	•	•													
Devamlı Levha	•	•						•							•	•
Ekstrüzyon	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Enjeksiyon kalıplama	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Rijitleştirilmiş TP levha	•					•	•	•		•			•			
Rotasyonel kalıplama	•	•							•	•			•			
Vakum kalıplama	•	•	•													
Basınçlı Torba Kalıplama	•	•	•													
Otoklav	•	•	•													

Tablo 3.1: Reçine ve Kalıplama yöntemi uyumu



### TASARIM YAKLAŞIMI

Bu bölümde anlatılan tasarım yaklaşımı, genel olarak bütün kompozit malzemeleri kapsamaktadır. Bununla birlikte, kompozit malzemeler ve prosesler hakkında bir fikir sahibi olmak, tasarım yapmak için yeterli olmasa da kompozitlerden en yüksek düzeyde faydalanılmasını ve maliyeti düşürecek şekilde, bir tasarım yolu belirlenmesini sağlayacaktır. Geleneksel malzemelerin yerine, kompozit malzeme kullanımı ya da tamamen yeni bir ürün için kompozit ürün geliştirilmesi sırasında fonksiyon/biçim, kullanılacak malzeme cinsi, proses ve bunların birbirleri ile ilişkisi mutlaka dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.1: Tasarım Yaklaşımı

Bir sistemi tanımlama konusunda en büyük sorumluluğu tasarımcı taşımaktadır ve tüm elementler hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Bu bölümün amacı, 2 ile 3'üncü bölümlerde anlatılan malzeme ve üretim bilgilerinin tamamlayarak, bir kompozit ürün elde etmek için gerekli olan adımları daha iyi anlatacak, sistematik bir tasarım yaklaşımını ortaya koymaktır.

### BÖLÜM 4

## KOMPOZİTLERİN TASARIMI, MALİYETİ VE GELECEĞİ

### BİRAZ FELSEFE

Başarılı bir ürün geliştirme çalışması, aynı zamanda birbirleriyle bağlantılı olan üç ortamın dikkatli bir şekilde, göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Birinci ortam, bu bölümde öncelikli olarak anlatılan ürünün kullanılacağı ortamdır. İkinci ortam, ürünün imal edileceği ve satılacağı organizasyon yapısıyla ilgilidir. Üçüncü ortam ise ürünün satın alınacağı pazardır. Başarılı ürünler bu üç ortamın gereklilerini yerine getirmelidir. Genellikle, pazar verilerinin yeterince değerlendirilememesi ürünün başarısız olmasına neden olur. Ayrıca, pazardaki bir ürünün başarısız olmasının bir başka nedeni de teknik fonksiyonların yerine getirilememesidir. Pazar araştırma ve analizleri tasarım hedeflerinin saptanmasından önce tamamlanmalıdır. Tasarım işlemi sırasında, pazar taleplerinin karşılanılmaya devam edildiğinden emin olmak için de periyodik olarak gözden geçirilmelidir.

Tasarım işlemi ayrıntılı olarak da açıklanan, altı ardışık adımdan oluşmaktadır.

- 1. Adım:** Hedeflerin tanımlanması.
- 2. Adım:** Ön hazırlık olarak kavramsal tasarım.
- 3. Adım:** Kavramsal tasarımın geliştirilmesi.
- 4. Adım:** Ayrıntılı tasarım.
- 5. Adım:** Prototip (ilk örnek) ve değerlendirme.
- 6. Adım:** Ticari hale getirmek.

Tasarım prosesi dinamikdir ve sonuçlar gerektirirse, herhangi bir adımdan sonra durdurulabilir. Adımlar ileride yenileme ya da tasarım değişiklikleri gerektiği takdirde, tekrarlanabilir.

### 1. Adım : Hedeflerin Tanımlanması

*Bu adımda, pazar araştırmalarının yapıldığı ve firmanın bir ürün için kompozit malzeme kullanımını öngördüğü, varsayılır.* Kompozit üretim tesisi varsa (üretim firma bünyesinde yapılabilecekse), kompozit malzemeyi ürüne dönüştürmek üzere bir tasarım ekibi oluşturulur. Eğer, dışarıdan bir üretim kaynağı kullanılacaksa, başlangıç bağlantıları kurulmalıdır. Böylece, potansiyel üretimi tasarım prosesine, erken bir adımda alınmış olur. Yeni bir kompozit ürün geliştirme işlemine yardımcı olabilecek, bir çok imalatçı bulunabilir. Kompozitlerin doğrudan ve dolaylı olarak sağladığı olanakların, yeniden gözden geçirilmesi faydalı olacaktır. (Bazı kompozit ürün uygulamalarının sağladığı avantajlar Tablo 4.1'de tanımlanmaktadır.)

#### *Kompozitlerin temel özellikleri*

- Büyük parça boyutu
- Kompleks parça şekli
  - Tasarım esnekliği
  - Parçaların birleştirilmesi
- Yüzey şeklinin birden fazla bileşimle elde edilebilmesi
- Üstün yapısal özellikler
  - Mukavemet dayanımı
  - Mukavemetin yönlendirilebilmesi

#### *Kompozitlerin temel faydaları*

- Hafiflik
- Korozyon dayanımı
- Yüksek dielektrik dayanımı
- Düşük termal iletkenlik
- Boyutsal stabilite
- Yatırıma oranla düşük kalıp maliyeti
- Yüzey işlemi gerektirmemesi

*Bu adım, ürün geliştirme ekibi tarafından "hedeflerin tanımlanması" aşaması ile sona erer.* Ürün hedefleri, ürün fonksiyonları, üretim hacmi, maliyet hedefleri, istenen mekanik ve fiziksel özellikler, kurallar, talimatlar ve diğer gerekli olabilecek bilgileri içerir. Ürün geliştirme dinamik bir süreçtir. Tanımlanan ürün hedeflerine ulaşmaya yardımcı olacak parametrelerin gözden geçirilmesini ve gerektiğinde hedeflerin güncellenmesini öngörür.

### 2. Adım : Ön hazırlık olarak kavramsal tasarım

Bu adım, geliştirilen bilginin değerlendirilmesini ve elenmesi gereken tasarım fikirlerini içerir. Kullanılacak malzeme ile kullanılacak prosesin, henüz seçilmemiş ya da kesinlik kazanmamış olmasına rağmen ürün boyutu, şekli ve üretim gereksiniminin, kesinlikle göz önünde bulundurulması gereken bir adımdır. Bu adımda farklı prosesler, alternatif tasarım kavramlarını aklı getirebilir. Ayrıca pazar kesimi ile iletişim kurmak ya da potansiyel müşterileri temsil eden gruplara odaklanmak, tasarım fikirlerinin ayrıntılı olarak belirlenmesine yardımcı olacaktır.

### 3. Adım: Kavramsal Tasarımın Geliştirilmesi

*Tasarım fikirleri bu aşamada, malzeme ve proses seçiminin yapılabileceği ölçüde ayrıntılı olarak tespit edilir ve detaylı tasarım başlayabilir.*

Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design-CAD), tasarımın çabuk bir şekilde modifiye edilebilmesi, tamamlanmış çözümlerde üç boyutlu dönüşümü sağlayabilmesi ve modelleme ekipmanlarına nümerik kontrollü veri sağlayabilmesi nedeniyle kompozit tasarım için vazgeçilmez hale gelmiştir.

Her processte, başarılı bir üretimi garanti etmek üzere ürün geometrisinin belirlenmesinde, tasarımcı tarafından dikkate alınması gereken özellikler vardır.

Ayrıca, ön maliyet tahmini de bu aşamada yapılacaktır. Gerekli malzeme miktarı, işçilik, sermaye ve genel giderlerin değerlendirilmesi bu araştırmalar sırasında yapılmalıdır.

Ön hazırlık olarak performans değerlendirilmesi yapılır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ile oluşturulmuş bir ürün yüzeyi; üzerinde ürünün tüm parçalarının numaralandırılarak ayrı ayrı belirtildiği, "grid modelin" kolaylıkla yapılmasını sağlayan Sınırlı Element Analizleri (Finite Element Analysis-FEA) kullanımını ile giderek yaygınlaşmaktadır. CAD/ FEA'nın kombinasyonu ardarda yapılan tasarımın daha hızlı analiz edilmesine imkan verir.

Geleneksel gerilim ve deformasyon hesaplamaları da kullanılabilir. Tablo 4.3'de kompozitler için genel olarak kabul edilmiş test metodlarını bulabilirsiniz. Termoset reçineli kompozitler için tipik özellikler, yine Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

### 4. Adım : Ayrıntılı Tasarım

*Bu noktada tasarım fikri seçilmiş, malzeme ve proses hakkında karar verilmiştir.*

Tasarım çalışmasının detaylı son hali, bu adımda başlamıştır.

Mühendislik çizimleri, tasarım ekibinin ortak kararları, prototip ve kalıp üretimi özelliklerine bağlı olarak hazırlanır ve analiz edilir. CAD ve Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacture-CAM) bu adımları tamamlayabilir ve tasarımın son aşamasını, kalıplama aşamasına geçirmek için gerekli olan zamanı büyük ölçüde azaltabilir.

Tasarımın son halinin dikkatle yapılması gereken yapısal analizleri, bu adımda tamamlanacaktır. FEA teknikleri özellikle faydalıdır. Bu teknikler, malzemenin hızlı gelişimini ya da ürünün performansını arttırabilecek veya maliyetini düşürebilecek şekilsel değişikliklere olanak vermektedir.

Detaylı maliyet analizleri bu adımda yapılır. Rekabet ortamındaki sabit fiyatların ya da üretim maliyetinin belirlenmesi için baskılar sözü olabilir.

Tasarımın son halinin çizimleri, pazarlama birimi ile ya da tasarımın hedeflendiği şekilde ilerlediğini doğrulayabilecek bir grupla çalışılarak, tekrar gözden geçirilir. Üç boyutlu modeller, karmaşık şekilli parçaların algılanabilmesinde ve -dokun ve hisset- değerlendirmesinde faydalı olur.

### **5. Adım : Prototip (İlk örnek) ve Değerlendirme**

*Prototipin amacına ve ürünün kalıplanmasında öngörülen prosese bağlı olarak, bir çok farklı prototip üretim yöntemi mevcuttur.* Parçanın dekoratif görünüşünün de yansıtılması isteniyorsa, prototipler kullanışlı ve uygun herhangi bir malzemeden yapılabilirler. Kil, alçı, karton, ağaç ve plastik levhalar üç boyutlu tasarımı örnekleyen prototiplerin yapımında kullanılmaktadır. Bu örnekler, parçanın üretiminden aylarca önce ürün tanıtımında kullanılabilir.

Otomotiv endüstrisi bu tekniği yaygın olarak kullanmaktadır. Yapısal kontrol amaçlı kullanılan prototipler, üretimi en kritik olanlardır. Bu modeller, şekil ve malzeme özellikleri açısından son ürünle aynı olmalıdır. İdeal olan, prototiplerin gerçek üretim hattında yapılmasıdır. Pres ve enjeksiyon kalıplamada olduğu gibi, yüksek maliyetli üretimlerde, uzun kontrol süreli kalıp kullanılması istenir ancak, bu pratik olmadığı gibi ekonomik de değildir ve alternatif tekniklerin kullanılması gerekir. Kalıpların üretimi için alüminyum döküm, alçı döküm, bronz döküm, metal püskürtme/epoksi kompozit kullanımını içeren bir çok

malzeme kullanılabilir. Bu malzemeler pahalı olmasına rağmen, üretim kalıplarında tasarım değişikliklerinin finansal yükümlülüğü göz önünde bulundurularak, denenmiş malzemelerdir.

El yatırması, spray up ve diğer açık kalıplama yöntemleri ile üretilen prototiplerde, tek aşamada istenilen şekilde yüzey elde etmek, diğer yöntemlere göre nispeten kolaydır. Alçı bir kalıp, birden fazla prototipin üretimi için uygundur ve direkt bir modelden yararlanılarak yapılabilir. Bu teknikle istenen parça kalınlığında ve üretimde kullanılacağı kesin olan malzemelerin uygulandığı bir prototip elde etmek mümkündür. Kompozit son ürün üreticileri, prototip üretiminde birçok püf noktası geliştirmişlerdir. Bunların tasarım aşamasında dikkate alınmasıyla, ürünü tam istenildiği şekilde temsil edebilen prototiplerin yapılabilmesi sağlanacaktır.

### **Değerlendirme**

Bir prototipin yapısal olarak değerlendirilmesi, tasarım aşamasının kritik bir adımıdır ve hizmet koşullarının önceden bilinmesini, uygun bir şekilde prototip parçaya uygulanmış olmasını gerektirir. Son üründe kullanılacak malzeme yerine başka bir malzemenin kullanıldığı durumlarda, gerçek performans değerleri bilinemeyebilir. Bu durum, metal levha kullanılarak yapılan prototipler için özellikle geçerlidir. Bu tür tasarımlarda geleneksel tasarım kriterleri ve mevcut levha kalınlıkları sınırlayıcı bir etken oluşturmaktadır. Böyle bir durumda mevcut ürünün test edilmesi gerekir. Performans değerleri, karşılaştırmalı değerlendirmeler sonucunda bulunabilir.

Bu testler gerilim ölçümlerini, defleksiyon ölçümlerini, gerilim yüklemelerini, periyodik yük bindirilmesini ve hava koşulları altında bırakma testlerini kapsayabilir. Sonuçların anlamlı ve kullanılabilir olması için değerlendirme yöntemi, prototipin doğru yapılması olmasına da bağlı olarak, tutarlı olmalıdır.

Analiz sonuçlarında tüm performans beklentileri karşılanamadıysa, parça kalınlığı, malzeme modifikasyonu veya şekil verilerinde düzeltme yapılması gerekmektedir. Kritik uygulamalarda analizlerin tekrar edilmesi gereklidir.

### **6. Adım Ticarileştirme**

Tasarım ve istenen değerlendirmeler başarıyla tamamlandığında, ticari olan kısım başlar. Bu adımda, zamanlama kullanılacak üretim yöntemine bağlıdır. Basınçlı kalıplama ya da enjeksiyon kalıplama yöntemleri kullanıldığında

en uzun süreyi, üretim kalıplarının yapımı almaktadır. Ürünün gelişme sürecini kısaltmak amacı ile tasarım aşamasında öncül bir kalıp yapımı, sık başvurulan bir uygulamadır. Tasarım, kalıp yapımı, üretim ve pazarlama fonksiyonları arasında sıkı bir koordinasyon sınırsız bir başlangıç yapılmasını sağlayacaktır. Pilot üretim parçalarının, tüm ürün gereklilerini karşıladığından emin olmak için dikkatle kontrolü yapılmalıdır. Kalıp imalatının, son aşamasında herhangi bir değişiklik yapılmış olması veya herhangi parçalarda herhangi bir uyumsuzluk görülürse, üretilen ilk ürünlerin tekrar, tam olarak değerlendirilmesi gerekir. Tasarım işlemi ürünün müşteriye ulaşması ve müşteri tarafından kabul görmesiyle sona erer. Ürün geliştirme, üretim kapasitesinin yükseltilmesi ve bunlara bağlı olarak yapılan diğer faaliyetler, pazar alanını genişletecek ve rekabet ortamında fayda sağlayacaktır. Üründen beklenen özelliklerin tamamının doğru anlaşılabilmesi, ürün geliştirme çalışmaları sırasında ayrıntılara dikkat edilmesi ve bir parça şans ürünün başarıya ulaşmasını sağlayacaktır.

### **KOMPOZİT MALZEMELERİN MALİYETİ**

Kompozit malzemeler başarılı bir şekilde uygulandığı takdirde, hem teknik hem de ticari açıdan kazanç sağlamaktadır. Maalesef, başarılı ürün uygulamaları her zaman gerçekleşmez. Amerika'daki Ulusal Bilim Vakfı tarafından yapılan istatistikler, 100 ürün önerisinden sadece birinin geliştirilebildiğini göstermektedir. Geliştirme aşamasında başarılı olan ürünler bile, sonraki aşamada yetersiz kalabilmektedir. Beş yeni ürünün dördü, pazarda başarısız olmaktadır.

Tecrübeler, başarısızlığa uğrayan ürünlerin çoğunun, ürün geliştirme sırasında belirlenen tüm teknik ve üretim hedeflerini karşıladığını da göstermektedir. Bu ürünler, müşterilerin ihtiyaçlarına cevap vermemeleri, ürün fiyatının rekabet düzeyinde olmaması ya da bu iki sorunun birden yaşanması durumunda başarısızlığa uğramaktadırlar. Hayati bir hata ile karşılaşmamak için, geliştirme çalışmalarının uygulanması sırasında tasarımın, müşteri ihtiyaçlarının ve fonksiyonel analizlerin dikkatle incelenmesinde yarar görülmektedir.

***Buna rağmen geliştirme sürecinin her aşamasında belirlenmesi gereken en önemli nokta, maliyet besapları ve ürün performansıdır.***

### **İKAME MALZEME OLARAK KOMPOZİTLER**

Genellikle kompozit malzemeler, geleneksel malzemelerin yerini almaktadır. Kullanılan mevcut malzemeden memnun olunmadığı ve kompozitlerin bu malzemelerin yerine geliştirildiği anlamına kesinlikle gelmez. Kompozit uygulamaları bir çok pazarda, özellikle havacılıkta, malzeme biliminin ve ürün performansının sınırlarını, bilinenin de ötesinde zorlar. Ama bu tarz ilerlemeler, genelde yüksek maliyet gerektiren uygulamalarda yaşanır ve yüksek maliyetli uygulamalar da, ticari kural-lar açısından bir istisnadır.

#### ***Kompozitlerin Başka Malzemeler Yerine Kullanımı***

- Kompozitler diğer malzemelerin yerine geçebilir.
- Uygulamada gereksinimleri tanımlayın.
- Tüm fonksiyonları ve maliyetleri karşılaştırın.

Çoğu kompozit uygulamasının geliştirme çalışmalarında, ürün performansı standartlaştırılmış ekonomik değeri ve endüstride kullanım şekilleri bilinen rakip bir malzeme ile karşılaştırılır. Kompozit uygulamaları, proste ve maliyette yeni tanımlamalar yapmak amacıyla rekabet ortamına katılmalıdır.

#### ***Kompozitlerin Mevcut Malzemelerin Yerine Kullanılmasının Sebepleri***

- Mevcut üründeki yetersizlikler.
- Parça sayısının azaltılabilmesi.
- Tasarım esnekliği.
- Hafiflik.
- Üretim hacmine göre yapılacak yatırım.
- Korozyon dayanımı.
- Düşük bakım giderleri.

Diğer geleneksel malzemelerin yerine, kompozit malzemelerin geliştirilmesiyle sağlanan bir kaç özel (sadece kompozitlerin getirdiği) avantaj vardır. Öncelikle, maliyet giderleri ve ürünün performansı, kesin ve doğru bir şekilde ölçülebilir. Bu da başlangıç noktasının belirlenmesine yardımcı olur. Böylece mevcut ürünlerin avantaj ve dezavantajları açıkça belirlenebilir. Rekabet edilen ürün hakkında doğru ve kesin bilgilerin elde edilmesiyle, seçilebilecek kompozit malzeme ile prosesin geniş bir aralıkta olması dolayısıyla kompozit bir malzeme, geleneksel bir malzeme yerine rahatlıkla kullanım şansına sahip olur. Oto-





Radyatör Panelleri

motiv endüstrisinde kullanılan üniteler, geleneksel malzemeler yerine kompozit kullanımına mükemmel bir örnek oluşturur. 10-15 yardımcı bileşen kullanılarak elde edilen ürün yerine, kompozit malzeme kullanılarak tek parçalı ürün elde edilmesi mümkündür.

Endüstride öncü kişilerden biri olan Harold Boeschstein, kompozit malzeme kullanımının başarılı olmasını sağlayan formülü geliştirerek şu şekilde özetlemiştir.

“Kompozit malzemeler, kullanımda diğer malzemelere göre daha yüksek verim sağlamak ya da aynı maliyetle elde edilmesi durumunda, rakip malzemelere göre mutlaka daha iyi performans göstermekte, diğer malzemelerle sağlanamayacak şekilde üreticiye üstün ürün özellikleri sağlayarak, kazanç getirmektedir.”

Kompozit uygulamalarının geliştirilmesi ve kompozit malzemelerin, geleneksel malzemelerin yerini alması yönündeki çalışmaların temel prensipleri, bundan 50 yıl önce belirlenmeye başlamış ve düşünce olarak kabul görmüştür.

### **BAZEN KURALLAR DEĞİŞMELİDİR**

Başarılı bir kompozit uygulama örneği olarak, CTP yeraltı depolama tanklarının geliştirilmesi gösterilebilir, 1960'lara kadar depolama tankları yalnızca bir tek malzemedan üretilmekteydi: çelik. Çelik tankların, ağır olmaları, korozyon dayanımı ve sızdırmazlık özelliklerinin düşük olması, periyodik olarak bakım gerektirmesi ve belirli bir süre sonunda ömrünü doldurması gibi dezavantajları söz konusu-

du. Kompozit tankların geliştirilmesiyle, o tarihe kadar çeliğe göre daha pratik olan alternatif bir malzeme ile tanışmamış olan üreticilerin bu sayede, başta korozyon dayanımı olmak üzere birçok konudaki kaygıları giderilmiştir.

Cam elyafı takviyeli yeraltı depolama tankları, çelik tanklarla karşılaştırıldığında bir çok yönden avantaj sağlamaktadır. Kullanılan malzeme korozyona uğramaz, sızdırmazlık özelliği vardır ve sızma olmadığından yeraltı sularını kirletmez. Cam elyafı takviyeli yeraltı depolama tankları, uygulamadan beklenen nitelikleri karşılaması açısından ideal gözükmektedir.

### **MALİYET YENİDEN TANIMLANIRSA**

Kompozit tankların taşıdıkları avantajlara rağmen, çelik pazarından hızlı bir şekilde pay alamamasının nedeni, yaşanan maliyet sorunlarına dayanmaktadır. Müşterilerin bir son ürünü satın alırken dikkat ettikleri ilk unsur fiyattır. Başka alternatif malzemelerden yapılmış ürünlerin olmadığı dönemlerde, tüketiciler üründe korozyon dayanımı, kullanım ömrü, kullanım sırasında doğabilecek sorunlar gibi gizli giderleri bilmedikleri için dikkate almamışlardır. Kompozit yeraltı benzin tanklarının satın alma maliyeti, bugün olduğu gibi geçmişte de yüksekti. Ancak petrol endüstrisinde ürünün kullanım ömrü açısından, yüksek korozyon dayanımı, sızdırmazlık, bakım maliyetinin düşük olması gibi faktörler göz önüne alındığında ilk anda kompozit ürünün, ikame edilen ürüne göre pahalı gözükmesine rağmen oldukça ekonomik olduğu anlaşılmakta ve düşünce olarak da bilinçli son ürün tüketicileri tarafından kabul görmektedir.

Kullanım ömrü, satın alma, yenileme, sızdırmazlık, iş gücü dahil olmak üzere, ürünle ilgili her şeyin toplamı, ürünün gerçek maliyeti olarak belirlenir. Ayrıca, ürünün kesin maliyetini tanımlamak için zaman/para fonksiyonu da kullanılabilir. Bu şekilde hesaplama yapıldığında, kompozit yeraltı benzin tanklarının maliyeti kesinlikle daha düşük olmakta, çelik malzemeye göre daha iyi bir yatırım gibi görünürken kompozit tank kullanımına dönüşüm yaygınlaşmaktadır. Ancak ilk zamanlarda kompozit endüstrisi, ürünlerin uzun süreli kullanım ömrüne sahip olduğu konusunda etkin bir bakış açısı potansiyel müşterilere kanıtlamak için uzun bir zaman ve çaba harcamıştır.

## MALİYETİ TANIMLAMAK

Kurslar, kitaplar ve seminerlerin tamamı sayesinde, ürün/uygulama ekonomisi ve çeşitli maliyet iyileştirme çalışmaları arasındaki karmaşık ilişkinin açıklanması sağlanabilir. Bu durumdan daha iyi bir evrensel maliyet çıkartma işlemi bulunmamaktadır. Her organizasyon, kendi maliyet yaklaşımını geliştirmeye çalışmaktadır. Ancak ürünün temel bileşenlerinin maliyetleri karmaşık olmadığından, örnek bir yaklaşım faydalı olabilir. Geleneksel malzemeler için geçerli olan ekonomik tanımlamalar ve bu tanımlamaları değerlendirecek işlemler, kompozit malzemeler için de kullanılabilir. En büyük fark, geçen üç bölümde açıklanan fonksiyon/şekil, malzeme ve proses gibi teknik faktörler arasındaki dinamik ilişkilerin kaba rakamlarla da olsa, belirlenmesindedir. Uygulamaya teknik açıdan yaklaşıldığında geliştirme çalışması, genellikle bir tasarım bileşenine veya bir anahtar özelliğe bağlı performans beklentilerine dayanmaktadır. Veri olmadan maliyet tahmini yapmak, geliştirme çalışmasının maliyetini de etkilemektedir.

## TANIMLAMA VE ÖLÇÜM YOLLARI

Ürün geliştirme ve üretimin maliyetlerine ek olarak, ürünün performansını da etkileyen üretim organizasyonunun verimliliği, uygulamanın çalışan ve yatırımcılar için ticari açıdan çekiciliği gibi toplam maliyeti etkileyen en direkt maliyet parametreleri vardır. Maliyet kalemlerinin bazılarını ya da çoğunu içeren çeşitli harcama modelleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda gördüğümüz gibi, mevcut geleneksel harcama modelleri, ürün tasarımı, proses ve kompozit üretimi için kullanılan malzemelerin seçimi gibi parametrelerin irdelenmesini gerektirir.

Başlangıçtaki maliyet faktörü, öncelikli olarak ürün performansına bağlıdır. Başlangıç aşamasında dikkatlice yapılan maliyet analizlerinde, en iyi tahminlerin yapılması gerekir.

Uygulamanın gelişimi, prototiplendirme ve pilot üretime doğru ilerledikçe, varsayım aşaması başlar. Miktarın belirlenmesiyle, kesin verilerin elde edilmesi yönünde devam eder. Üretim verimliliği belirlenir, malzeme miktarı teyit edilir ve üretim teknikleri geliştirilir. Fiziksel testler ürün modifikasyonu için çalışma alanlarını tanımlayabilir. Elde edilen son ürünün montaj maliyetlerini ve birçok parçayı

kapsayan geleneksel üretim yöntemlerinin aksine, kompozitler daha basit yöntemlerle üretilebilirler.

## VERİTABANI GELİŞİMİ

Bu kitapta, geliştirme uygulaması, pazar, makine, proses, kalıp, malzemeler ve ölçülebilir nitelikler gibi kavramlar açısından tanımlanmıştır. Bu faktörlerden bir veya bir kaçında oluşacak değişiklikler, diğerlerini de etkileyebilir. Herhangi bir geliştirme programının başında, seçimler bazı sınırlamalar içinde yapılır ki; en genel olan sınırlamalar para ve zaman kısıtlamasıdır. Seçeneklerin sayısı fazla değildir ve ilk seçimler çoğu zaman gereksinim dışı yapılır. Bir çok uygulama gelişimi bu noktadan öteye gidemez. Buna rağmen, başlangıçta tercih edilen seçimlerin çoğu sonradan değişse de bu seçimler ile aralarındaki ilişkileri anlamak ve kabul etmek önemlidir.

Geliştirme uygulaması prosesinde, sürekli olarak en az iki nedenden dolayı ilerleme sağlanmalıdır;

- Her geçen gün yeni malzemeler geliştirilmektedir.
- Sürekli değişim yapmama ilkesini seçerseniz bile, öncülük ettiğiniz pazarda sizi takip eden şirketlerle rekabet etmek durumundasınız. (Tahmin ettiğinizden daha çabuk gelişen ve çoğu zaman kompozitlerle yer değiştirdiğiniz geleneksel bir malzemenin kaynaklanabileceği rekabet ortamına hazırlıklı olmak gerekir.)

## BİLGİSAYARLI MODELLEME

Maliyetlerin bilgisayar kullanarak modellenmesi, bir çok kişisel bilgisayarda bulunan programlarla yapılabilir. Spesifik yerçekimi ve maliyet gibi hesaplamalar, aynı sayfa içinde yapılabilir. Maliyet ve pazarlama gibi diğer önemli unsurlar tanımlanabilir, tahminlerde bulunulabilir ve sürekliliği sağlanarak yüksek kalitede veri bankası elde edilebilir.

## SONUÇ

Kompozit ürün maliyetinin başarılı bir şekilde ortaya koyulabilmesi için, malzemenin temel bileşenleri, işçilik, ekipman maliyetleri ile genel giderler gibi parametrelerden daha fazlasının belirlenmesi gerekir. Kompozitler, kendilerini oluşturan bileşenlerin tek başına verebileceği performanstan daha fazlasını vererek,

endirekt maliyetlerin sağladığı avantajlar konusunda sürekli inceleme ve irdeleme gerektirir. Kompozit ürün geliştirme çalışmalarına şekil veren de genellikle bu etkilendirir.

### **TAKVİYELER**

Cam elyafı, maliyet/performans özellikleri son ürün uygulama ve proses tecrübesine bağlı olarak, yaygın şekilde kullanılan bir takviye türüdür. Geliştirilen yeni elyaf takviye türleri ve takviye malzemelerinin geometrik yapısı, yeni ürün uygulamalarının geliştirilmesinde kolaylık sağlar. Bir üretici firma tarafından pazara sunulan geniş hacimli fitiller, "Pultruzyon Prosesi" ile üretilen ürünlerin kullanım perfor-

mansını artırma ve maliyet düşürme konusunda umut verici sonuçlar vermiştir. Kendine özgü geometrik biçimi sayesinde bir çok pratik uygulamaya imkan veren, trilobal cam filament malzemenin geliştirilmeside, endüstride rekabet ortamı oluşturmaktadır. Lifli yapıda işlem görmüş cam elyaf ürünleri, üç boyutlu örülmüş (3 boyutlu ağ yapısına sahip), dokunmuş, dikilmiş, iğnelenmiş yapıda ürünler, kullanım performansını arttırmak ve maliyeti düşürmek amacıyla geliştirilmektedir. Metallerle oranla, kullanım performansını arttırmak üzere, daha yüksek modüllü cam elyaf türleri geliştirilmektedir. Aramid ve yüksek modüllü polietilen gibi organik lifler, yüksek performans gerektiren birçok yeni uygulamaya öncülük etmektedir.

Polimerlerin sıvı kristal şeklinde olanları ile diğer kristal yapıya polimerlerin katı halde lif haline getirilmiş olanları, mekanik ve fiziksel özellikleri geliştirilmiş yeni elyaf türlerinin elde edilmesini sağlayacaktır. Matriks reçineyle kuvvetli bir bağ oluşturmasını sağlamak, sürtünme, yorulma, ısı ve kimyasal dayanım özelliklerinin geliştirilmesi, bu tip liflerin sahip olması gereken özellikler olarak araştırma ve geliştirme safhasında üzerinde çalışılmaktadır. Her biri önemli olan bu konularda yapılacak buluşlar, çok sayıda geliştirme aşamasında yeni çalışma alanları oluşturacaktır.

Yüksek modül ve düşük yoğunluk özellikleri, düşük ağırlıkta yüksek mukavemete sahip malzeme seçiminin önemli olduğu havacılık ve uzay endüstrisinde, karbon elyafı kullanımını cazip kılmaktadır. Yeni gelişmeler, karbon elyafı maliyetini düşürecek ve bu malzemelerin kullanım alanını genişletecektir.

Ucuz takviye malzemeleriyle biraraya getirilerek hibrid sistemi oluşturan, yüksek performans gösteren, farklı elyaf türleri artan bir kullanım alanı kazanarak, kompozit ürün özelliklerinin, beklenenden daha üstün olacağı ürünler elde edilmesini sağlayacaktır. Aynı tür takviye malzemelerinin tek başına kullanıldığı ve beklenen mukavemeti sağlayamadığı uygulamalarda, kompozit kullanımı, hibrid takviye malzemeleri ile sağlanabilmektedir.

Nitekim, kompozit otomobil şaftı, hibrid yapıdaki cam ve karbon elyafı kullanılarak üretilmektedir.

Günümüzde, kumaş kullanılan bir çok kompozit prosesi için, spesifik yük koşullarına dayanacak şekilde yönlendirilmiş lif ile dokunmuş takviye malzemeleri geliştirilmiştir. Kompozit yapılarında geleneksel kumaşların yerine hibrid kumaşların kullanımı giderek daha çok kabul görmektedir.

Günümüzün yüksek teknoloji kompozit malzemeleri, geleceğin genel amaçlı malzemeleri haline gelecektir. Karbon matriks - Karbon elyafı bileşimindeki kompozitlerin, uzay mekikleri gibi, yüksek çalışma sıcaklığı (1400°C) gerektiren uygulamalarda kullanılması, önümüzdeki yıllarda, yüksek sıcaklıktaki ortamlarda çalışması gereken kompozitlerin endüstriyel ve ticari açıdan uygun olarak kullanımını sağlayacaktır

Yüksek düzeyde üretim ve üstün performans beklenen uygulamalar için, değişik yeni tip polimerler geliştirilmekte ve bu sayede polimer kullanımı artmaktadır. Bir kaynağa göre, her hafta piyasaya sürülen altı yeni reçine ile birlikte piyasada 60,000'den fazla plastik reçine rekabet halindedir.

### **POLİMERLER**

Hurda plastiklerin geri dönüşümü sağlanarak,



tamamen yeni bir polimer kaynağı oluşturulması gündemdedir. Yurt çapında, kullanılmış plastiklerin toplanıp ayrıştırılarak (çeşitlerine göre ayrılması), yeniden prosese sokularak geri kazanılması, polimerlerin yeni hammadde kullanılarak üretilmesine göre daha ekonomik ve çevre açısından da olumlu olması nedeniyle ilgi çekmektedir. Kısaca, yeniden dönüşüm işlemi sayesinde, plastikler, doğada kendi kendine çözünmemekte bu sayede, kullanımda az tercih edilen bir malzeme olmaktan çıkmaktadır.

Termoset polimer atıklarının, piroliz ve özel kül yakma teknikleri sonucu işlenebilmesi (en aza indirilebilmesi), termoset kompozitleri, çevre dostu bir ürün haline getirerek kullanımını arttırmaktadır.

Kompozitlerde, termoset reçineler yüksek performans ve yüksek sıcaklık dayanımı özelliklerinin geliştirilmesiyle, 1990'lı yıllardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeni polyester ve epoksi sistemler, yüksek dayanım, geliştirilmiş yüzey görünümlü, daha hızlı üretim ve uçucu emisyonunun azaltılması gibi özellikler sağlamaktadır.

Özellikle otomotivde "Sınıf-A" yüzey sağlamak üzere formüle edilerek, RTM prosesi (Resin Transfer Molding- Reçine Transfer Kalıplama) ile kullanılan polyesterler, bu prosenin orta ölçekli kamyon ve eğlence araçları piyasasında yaygın kullanımına imkan vermektedir.

Termoset reçinelerin yapılan ayarlamalar sonucunda, daha yüksek oranda dolgu kabul eder hale gelmesi, daha yüksek yüzey sertliği sağlaması, daha iyi renklendirilebilme özelliği kazanması sayesinde termosetler, kompozit ürün uygulamalarının en önemli bileşeni haline gelmiştir.

Alev dayanımı, yanma sırasında zehirli gaz oluşumu gibi sorunlar, yeni organik polimerlerin geliştirilmesinde, başlıca hedef ve fırsatları oluşturmaktadır. Modifiye edilmiş fenolik sistemler, daha düşük maliyetle, daha yüksek yanma performansı ve kolay uygulanabilirlik olanağını getirmektedir.

Basıncı Kalıplama, Pultruzyon, "Elyaf Sarma" ve Reaksiyon Enjeksiyon Yöntemi (Reaction Injection Molding - RIM) gibi üretim yöntemlerinde kullanılmak üzere termoplastik polimerler de geliştirilmektedir. Termoplastiklerin geniş bir aralıkta sunduğu hızlı üretim ve geri dönüşürülebilme gibi özellikleri, bu sektörün büyümesi için zorlayıcı bir etkidir. Isı dayanımı, boyutsal stabilite, su ve kimyasal maddelere dayanım, mukavemet gibi tüm mekanik özelliklerdeki gelişmeler termoplastikleri Otomotiv /

Taşımacılık ve diğer endüstriyel uygulamalarda kullanımını arttırmaktadır.

Polimer modifikasyonu, farklı polimerleri birlikte kullanma ve yeni polimer alaşım teknikleri sunarak, GMT baskı işlemleri ya da basınçlı kalıplamada kullanılabilecek levha haline getirilmiş, elyaf takviyeli yeni polimer çeşitlerinin elde edilmesini sağlamıştır.

Sıvı kristal polimerler, takviyeli veya takviyesiz olarak pazarlanmaktadır. Polimer alaşım teknikleri ve hazır bileşim üretim teknolojileri geliştirildikçe, bu polimerlerin ticari kullanımının ve dolayısıyla pazarda rekabet düzeyinin artması beklenmektedir.

## PROSES GELİŞTİRME

1990'lardan bu yana, kompozit üretimi üç genel alanda sürekli gelişim göstermiştir. Bu alanlar; verimlilik, yeniden üretilebilirlik ve spesifik ürünlere yönelimdir.

## VERİMLİLİK

Üretimin verimliliği, malzeme ve ekipmanlardaki gelişmelere bağlıdır. Hızlı sertleşebilen polimerler, ısı kaynaklarının verimli kullanılmasını ve önceden takviye edilmiş polimer sistemleri, termoset kompozitlerin üretim sürecini kısaltmaktadır. Termoplastik polimerler, "Pultruzyon" ve "Elyaf sarma" yöntemlerine uyarlanmaktadır.

Takviyeli termoplastik levhalar maliyet ve yüzey özelliklerindeki gelişmeler sayesinde, basınçlı kalıplama yönteminde geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Mercedes-Benz C Class otomobillerin arka koltuk şasesinde, termoplastik kompozit malzeme kullanılmaktadır. Bu da, daha önce şase yapımında kullanılan çelik malzemeye oranla, otomobil ağırlığında 4 kilogramlık bir hafifleme sağlamaktadır. Cam elyafı ve karbon elyafı ile takviye edilmiş termoplastik levhalar bu tür ürünlerin üretiminde kolaylıklar sunmaktadır. Bu malzemeleri hızlı ve hassas bir şekilde kalıp üzerine yerleştirebilen otomatik bant makineleri, geniş yüzeyli endüstriyel parçaların üretiminde kullanılan el işçiliğinin, yerini alacaktır.

## TEKRARLANABİLİRLİK

Daha çok yapısal kompozit parça üretme eğilimi devam etmektedir. Bilgisayar destekli proses kontrolleri, otomatik malzeme yerleştirme sistemleri ve hasarsız olarak hat üye-

rinde muayene tekniklerinin gelişmesi sayesinde, ürünün tekrarlanabilirliği konusunda da gelişme kaydedilmiştir. Reçine/elyaf oranlarının kontrol altında tutulması ve ölçülebilir özelliklerin imalattan önce yapılabilmesi, prepreglerin performansın kritik olduğu ürünlerde daha yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Üretim, bir monitör üzerinden sürekli izleme olanağı sağlayan yeni kontrol teknikleri geliştirilmektedir. Sıcaklık ve basınç sensörleri, di-elektrik sertleşme göstergeleri ve optik tarama teknikleri, malzeme gelişimini tamamlayıcı unsurları oluşturmaktadır. Ultrasonik ve akustik emisyon testi tekniklerinin her ikisi de kompozitlerin değerlendirilmesi konusunda, başarılı bir şekilde kullanılmaktadır ve bu sayede yapısal özelliğin kritik olduğu ürünlerde %100 hasarsız testler yapılabilmektedir.

### **SPEŞİFİK ÜRÜNLERE YÖNELİM (UZMANLAŞMA)**

Kompozit üretim teknikleri, dünden bugüne çok farklı ürünlerin üretiminde esnekliğe sahip teknikler olarak gözükmektedir. Bir çok durumda, kompozit prosesi, verimlilik, ekipman maliyeti ve parça kalitesi açısından dahi tavizler verilerek de olsa, bir çok alanda çok değişik ürünlerin üretilmesi konusunda yeterli olmuştur. Gelecekteki uygulamalarda ise, daha yüksek performans ve daha ekonomik üretim talepleri doğacaktır. Böylece, özel talepleri karşılamak için proseste özel tekniklerin geliştirilmesi gerekecektir. Bu duruma örnek olarak VARTM yöntemi verilebilir. Büyük tekne ve demiryolu vagonlarının üretiminde kullanılan bu yöntemle, kompozit laminat içinde oluşan hava kabarcığı miktarı, sıfıra yakın bir mertebeye düşürülmüştür.

### **KOMPOZİT UYGULAMALARININ GELİŞTİRİLMESİ**

#### **UYGULAMALARIN GELİŞMESİNE YENİDEN BAKILIRSA**

Takviyeli kompozitler / Cam elyafı takviyeli plastikler endüstrisindeki, büyümenin geçmişi, büyük ölçüde malzeme ikamesinin gelişimine bağlıdır. Takviyeli kompozit/CTP uygulamalarının dönemsel olarak farklı sektörlerde önem kazandığını görmekteyiz. 1950'lerde otomotiv ve denizcilik endüstrisinin uygulamaları pazara hakim konumdaydı. 1960'lı yıl-

larda, korozyona dayanımlı ürünler ve elektrikli ev aletleri pazarında, geniş bir kullanım potansiyeli yaşanmıştır. 1970'lerde ise inşaat sektöründeki uygulamalar değer kazanmıştır. 1980' lere gelindiğinde endüstrideki büyüme nedeniyle, takviyeli kompozit/CTP uygulamalarının, geleneksel olarak ayrıldığı sekiz son ürün sektörü arasında, neredeyse eşit olarak dağıldığını görmekteyiz.

1990'lı yıllara gelindiğinde de, kompozit endüstrisindeki son ürün uygulamalarının gelişimi, rekabetçi ve işbirliğine dayanan yeni yaklaşımların oluşumu ile hızlanmıştır.

Kompozit endüstrisinde, bu yaklaşım ilk kez, 1990'da kurulan özel bir geliştirme komitesinin çalışmalarında görülmüştür. Komite, geniş bir pazar payına sahip olan, inşaat sektöründeki, kompozit son ürün uygulamalarına odaklanmıştır. Nihai kullanıcı ve kompozit son ürün üreticilerinin önerilerini dikkate alarak, inşaat endüstrisinde, uygun alanlarda kullanılmak üzere, geliştirilmesi malzeme teknolojilerinin son ürün gereksinimlerini ne ölçüde karşıladığına ilişkin, tanımlamalar yapmıştır. Komite ve kompozit son ürün üreticileri arasında, işbirliği içinde yürütülen bu çalışmalar sonucunda, kompozit malzemelerin, geleneksel malzemelere oranla üstün yanları tespit edilmiştir. Kompozit malzemeler; ağaç, çelik, beton gibi geleneksel malzemelerle karşılaştırıldığında, kalıplanan ürünün hafifliği ve karmaşık şekilli parçalarda, istenilen yönde mukavemet sağlanabilmesi gibi çok önemli bir avantaja sahip olduğu saptanmıştır. Bu avantaj, inşaat sektöründeki uygulamalarda kompozit malzemelerin daha yaygın olarak kullanılması gereğini ortaya koymuştur.

Kompozit malzemelerin deniz kenarında, su ile etkileşimin olduğu korozyon dayanımı amaçlı uygulamalar için, mükemmel fırsatlar sağladığı görülmüştür. İskele ya da marinalarda kullanılan istinat direkleri ve iskele korkulukları gibi birkaç önemli ve yeni kompozit son ürün uygulaması geliştirilmiş, tanıtılmış ve kompozit malzemelerin bu ürünlerin üretiminde kullanımı onaylanmıştır.

Birincil ve ikincil yapı profillerinin (kolonlar, kemerler, çıkmalar gibi) optimizasyonu, kompozit köprüler ve köprü korkulukları gibi yapıların inşaat ve onarımında mukavemeti arttırmak için kullanılan kompozit sistemleri, beton otoyollarda onarım için kullanılan kompozit çiviler, sandviç konstrüksiyon görünümü, içine işlenmiş ağaç gömülmüş, CTP kirişler kullanılarak, duvar yapılarını sağlamlaştırmak,



son zamanlarda üzerinde çalışılan diğer alanların başlıcaları olmuştur. Aynı zamanda, bireysel üreticiler ve malzeme tedarikçileri, tasarım, üretim teknolojilerinin gelişimi ve yeni ürün tanıtımı konularında çaba harcamaya devam etmektedir. Elektrik nakil kuleleri ve telekomünikasyon sistemleri, bireysel organizasyon çabaları sonucu geliştirilen yeni uygulamalara, örnek oluşturmaktadır. Ancak, uygulamaların geliştirilmesi inşaat mühendisliği ve inşaat sektörü ile sınırlı değildir. Otomotiv pazarı, kompozit malzemelerin kullanımında büyük bir sektör olma yolundadır. Üç büyük Amerikan otomobil firması, karşılıklı bilgi alışverişini ve rekabet ortamlarında araştırma konusu olan polimer bazlı yapı kompozitleri konusunda, teknik açıdan işbirliğini amaçlayan Otomotiv Kompozitleri Konsorsiyum'una (Automobile Composites Consortium) katılmıştır.

Otomotiv endüstrisine kompozit malzeme sağlayan firmalar, Kompozit Enstitüsü (CEI)'nin denetimi ve liderliğinde kurulan SMC Otomotiv Birliği (Automotive Alliance) çatısı altında birleşmiştir. Bu grubun amacı, otomobil endüstrisinde basınçlı kalıp yöntemiyle üretilen SMC kompozitlerin avantajlarını kullanarak, elde edilen başarıları ileriye götürmektir. Birlik tarafından SMC tasarımı ile ilgili kullanım kılavuzları bastırılmıştır.

Görsel olarak, neredeyse tamamı kompozit malzemeden yapılmış olan Dodge Viper'in da Corvette'e katılmasıyla, hem otomobillerin hem de kamyonların, görünen yapısal kısımlarında kompozit kullanımı artış göstermiştir. Kompozit malzemelerin, ayrıca bu araçların motor kısmının ateşleme hattında da kullanılması düşünülmektedir. Takviyeli fenolik polimerler, kasnaklarda ve motor ağızında bulunan diğer parçalarda metallerin yerini alacaktır. Bir adım sonrası ise, gelecekte kompozit bir otomobil motoru yapımı olacaktır. İlk nesil motor prototipleri, motor bloklarında kompozit kullanımının mümkün olabileceğini göstermiş ve otomobil iç kısmında kullanılan ilk ürün olmuştur. Seramik ve kompozit teknolojisinin bir arada kullanımıyla hafif, yüksek verimli motor yapımı uzak olmayan bir gelecekte karşılaştığımız bir üretim gerçeğidir. Termoset ve termoplastik kompozitlerin bir arada kullanımıyla yüksek sıcaklık uygulamalarına zemin hazırlanmaktadır.

Kenworth T2000 kamyonlarında 450 kg, Ford Aeromax kamyonlarında ise 250 kg. SMC mal-

zeme kullanılmaktadır.

## GELECEĞE BAKIŞ

Geçen son kırk yıllık dönemde, kompozit endüstrisinin büyüme eğilimine sanayiinin öncü firmaları ile kompozitlerdeki potansiyeli fark eden devlet kuruluşları, bu malzemeler konusunda araştırma-geliştirme çalışmalarında bulunan kişiler, destek vermiştir. 1980'li yıllarda, daha çok ekonomiyeye odaklanıldığından, uzun dönemde araştırma - geliştirme çalışmalarında düşüş görülmüştür. Ancak Ar-Ge çalışmalarının ekonomik nedenlerden dolayı yavaşlatılmasına karşı, kompozit endüstrisinin gösterdiği tepki, olumlu ve verimli olmuştur. Yapısal uygulamalarda kompozit malzeme kullanımına yönelik fırsatların oluşturulması ve bunun yapı sektöründe bir avantaj haline dönüştürülebilmesi için yeni kalıplama yöntemleri, tasarım fikirleri geliştirilmiş, sektöre yönelik pazar araştırma çalışmalarına ağırlık verilmiştir. 1990'ların başında gerçekleşmesi bile düşüncülemeyen CTP kompozit yapılar, kompozit teknolojisindeki gelişmelerin sonucunda pazardaki yerini almıştır. Örneğin; Otoyol köprüleri, beton yapılar için katkı maddeleri, (dübel, kirişler, onarım sistemleri).

CTP kompozit ürünleri sismik onarım ve otoyol köprü korkuluklarının değiştirilmesinde ve kolonların desteklenmesinde de kullanılmaktadır. Tasarımda ve mukavemette tasarımcılarla mühendislerin arzuladıkları sonuçlara ulaşması, kompozit malzemelerin inşaat sektöründe kullanımını arttırmıştır. Tüm bu geliştirme çalışmalarını çevresel ve düzenleyici faktörler desteklemektedir. Yönetmelikler, endüstrinin daha düşük maliyetle daha iyi performansla sahip ürünler üretmesini talep etmektedir. Otomobil endüstrisi son ürün pazarında, kamyon üstü şoför yatakları gibi hafif yapıların üretilmesi için, araştırma-geliştirme çalışmalarına büyük yatırımlar yapmaktadır. Bu malzeme, ürün ağırlığını düşürecek, enerji tasarrufu sağlayacak, emisyonu azaltacak ve otomobil üreticilerinin yeni endüstriyel şartnamelerin getirdiği kurallara





uyum sağlayabilmesine yardımcı olacaktır.

Ticari olarak kullanılabilir olacak elektrikli otomobil üretimindeki yarış, kompozit tasarımı çerçevesini, yeni otomobil panelleri ve otomobil karkasları için yapısal parçaların üretimi konusunda zorlamaktadır. İnşaat endüstrisinde, çevre baskıları sonucu, geleneksel malzemelerin kullanımında kısıtlamaya gidilmesi, (kum püskürtme ile yüzey temizleme, kurşun bazlı astar boyalar, solvent bazlı boyalar, ahşap koruyucuları vb.) kompozitler için yeni ve düşünülmemeyecek fırsatlar yaratmaktadır.

Son ürün pazarının düşük maliyetli, dayanıklı ve yaratıcı malzeme üretimi için kompozit malzeme üreticileri üzerinde devam eden baskısı, yeni ürün konseptlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Müşterilerin ve son kullanıcıların da alternatif malzemeleri göz önünde



bulundurmak yolunda istekli olduklarını gösteren belirtiler bulunmaktadır. Kompozit endüstrisinde yer alan kuruluşların, kompozit pazarı büyümesini etkileyecek sorunlara işaret eden forumlar düzenleyerek, kompozit malzemelerin geliştirilmesinde önemli

roller üstlenmeside beklenmektedir.

Geçen beş yıl boyunca, CTP / kompozit endüstrisi, hazır, istekli ve önünde bulunan rekabeti karşılayabilecek durumda olduğunu kanıtlamıştır. 1990'ların sonlarında, CTP/kompozitler için yeni bir çağın başladığı ve yapısal uygulamalarda yeni bir jenerasyonu gördüğü görülmektedir. Bu yapısal uygulamalar, kompozit endüstrisini 21. yüzyıla taşıyacak teknik üstünlüğe ve ticari uygulanabilirliğe sahip yeni pazar alanlarının yaratılmasında olduğu kadar, tüm pazar alanlarında da önemli ve yeni büyüme fırsatları yaratacaktır.

Uygulamalar	Temel Özellikler				Diğer Faydalar						
	Geniş parça hacmi	Parçanın grifliliği	Bileşim yüzeyi	Yapısal talepler	Hafiflik	Korozyon dayanımı	Yüksek dielektrik direnci	Düşük termal iletkenlik	Boyutsal stabilite	Düşük alet/sermaye maliyeti	Yüzey uygulamaları
Geniş Tekne	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•
Benzin Depolama Tankı	•	•		•	•	•					
Helikopter Kanadı	•	•	•	•	•				•		
Kanat Yakıt Tankı	•	•	•	•	•	•					
Otomobil Yayları		•		•	•	•					•
Oto Radyatör Paneli		•	•	•	•	•			•		
Havalandırma		•		•	•	•	•		•		

Tablo 4.1: Kompozit ürün yararlılıkları kontrol listesi

## Termoset Reçinelerin genel özellikleri

Proses	Elyaf takviyesi % ağırlığı	Eğilme dayanımı (103 psi)	Eğilme modülü (106 psi)	Çekme dayanımı (103 psi)	Spesifik Ağırlık	Sıkıştırma dayanımı (103 psi)	Çekmede uzama (%)
<b>El yatırması - Polyester</b>							
• Keçe	25-35	23-32	0,7-1,2	10-16	1,3-1,4	22	1,3
• Dokunmuş fitil	30-60	35-55	1,5-2,4	25-50	1,5-1,7	27	1,6
<b>Püskürtme - Polyester</b>							
• Dolgunsuz	25-35	23-32	0,7-1,2	10-16	1,3-1,4	22	1,3
• Dolgulu	18	17	1,2	8	1,7	29	1,2
<b>Pres</b>							
• Polyester SMC-R	15-65	16-45	1,4-2,0	5,3-23	1,75-2,0	23-24	1,4-1,7
• Polyester BMC	20-25	12,5-12,8	1,4-1,6	4,8-6,0	1,8	20,0	1,5
<b>Diğer</b>							
• Epoksi Elyaf sarma	50-80	100-270	5,0-7,0	80-250	1,7-2,2	30-70	1,6-2,8
• Polyester Pultruzyon							
Makina yönü	40-60	30-45	1,3-1,6	20-30	1,6-1,7	20-30	----
Yanal Yön	40-60	10-13	0,6-0,9	5-10	1,6-1,7	10-24	----
• Poliüretan RRIM	13-23	----	0,4-15	2,8-4,4	1,2-1,4	----	39-140

Tablo 4.2: Termoset Reçinelerin genel özellikleri

## Kompozitler için uygun test yöntemleri

Mekanik/Fiziksel özellikler	ASTM 1
Eğilme dayanımı	D7 90
Eğilme modülü	D7 90
Çekme dayanımı	D 638/D3039
Çekme modülü	D 638/D3039
Sıkıştırma dayanımı	D695/D3410
Çekmede kopma	D638/D3039
İzod darbe testi	D256
Isı iletkenliği	C177
Yanabilirlik	
Rockwell sertliği	D785
Dielektrik sabiti	D150
Dielektrik dayanımı	D149
Spesifik ağırlık	D792
Yoğunluk	D792
Isı yayılma derecesi	D648
Isı yayılma katsayısı	D696
Reçine korozyon dayanımı	C581

Tablo 4.3: Kompozitler için uygun test yöntemleri



## Atölye Bilgileri: 1

### CTP ÜRETİM TEKNİĞİNİN ANLAŞILMASI

#### TEMEL POLYESTER REÇİNE KİMYASI

Polyester kelimesi bileşik bir kelime olup, çok anlamındaki "POLY" ve organik bir tuz ifade eden kimyasal bir terim olan "ESTER" den oluşur. Polyester ifadesini "ÇOK SAYIDA ORGANİK TUZ" olarak da ifade edebiliriz. Ayrıca, ester molekülleri zincirini POLİMER olarak da tanımlayabiliriz.

Kimyasal bir tuz, bir asit ve bir baz (alkali) ın reaksiyonu ile oluşturulur. Sofra tuzu yapma formülü, Hidroklorik asit (HCl) ile sudkistik olarak da bilinen Sodyum hidroksit (NaCl) in reaksiyona sokulmasıdır. Reaksiyon şöyle yürür.

Hidroklorik asit + Kostik soda: ..... Sofra tuzu + Su  
 $\text{NaCl} + \text{NaOH}$ : .....  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   
 (Asit) + (Baz): ..... (Ürün) + (Yan Ürün)

Bu reaksiyonun sonucu sodyum klorür (sofra tuzu) ve sudur. Polyester kimyası da çok farklı değil, sadece daha karmaşıktır. Doymamış polyester reçine üretiminin temelinde genel olarak iki tip organik asit kullanılır. Esnek reçineler için maleik anhidrid ve sert reçineler için ftalik anhidrid. "Baz" olarak veya alkol olarak değişik tip "glükol"ler kullanılır. Daha çok antifriz olarak bilinen Etilen glükol, pol-

## BÖLÜM 5

# ATÖLYE BİLGİLERİ

yester formülasyonlarında kullanılan alkol tiplerinden biridir. Polyester reçinelerinin temel yapı malzemesinin bazıları aşağıdadır.

Organik Asitler	Glikoller / Organik Alkoller
Ftalik anhidrid	Propilen glükol
Maleik anhidrid	Dietilen glükol
İzofталik asid	Etilen glükol
Adipik asid	Dipropilen glükol
Fümarik asid	Neopentil glükol

Kaynakları	Kaynakları
Kömür/Benzen	Doğal gaz
Naftalin/Bütan	
Petrol Türevleri	

"Saf" doymamış polyester kullanım için çok kalındır (yüksek viskoziteli). Bu nedenle, bir monomer ile inceltilir. Bu inceltme, boyadaki çözücünün kururken buharlaşması gibi değildir ve reaksiyonun bir bileşeni olarak polyester ile şebeke yapısı oluşturur. Doymamış polyesterlerde kullanılan başlıca monomerler aşağıdadır.

Monomerler	Kaynakları
Stiren	Benzen
Vinil Toluen	Doğal gaz
Alfa Metil Stiren	Kömür
Metil Metakrilat	

### POLYESTER REÇİNELER NASIL SERTLEŞTİRİLİR?

Polyester reçineler iki ana grupta toplanır. Birinci grup doymamış polyesterler olarak adlandırılır. Bu malzemelerde reaksiyon doymuş ve dengelidir. Diğer bir deyişle, molekülleri

başka moleküllerle bağlanma eğiliminde değildir. Doymuş polyesterlere (PET) örnek olarak, polyester kumaşlar ve plastik meşrubat şişeleri gösterilebilir.

Doymamış polyester reçinelerde moleküller, kimyasal dengesizlik nedeni ile tam doymamıştır. Karbon molekülleri devamlı olarak bağ kurabileceği bir element arayışı içindedir. Bu tip reçineler, kimyasal dengesizliği tamamlama eğiliminde oldukları için dengesiz veya "reaktif" reçinelerdir. Bu moleküllerin birbirine bağlanma reaksiyonuna POLİMERİZASYON adı verilir. Moleküllerin "CROSS LINK" adı verilen şebeke yapısı oluşturması sonucu, üç boyutlu bir matris oluşur ve reçineyi sıvı halden katı hale dönüştürür. Polyester reçinenin reaktörden çıkışından, kullanımına kadar geçen süreçte polimerizasyon reaksiyonu kendi kendine devam eder ancak bu reaksiyon, katkı maddeleri kullanılarak kontrol altına alınır.

Bu reaksiyonun başlatılması için iki sistem mevcuttur.

#### a) Sıcak sertleştirme

Polyester reçine + Sertleştirici + 70°C'nin üstünde sıcaklık

#### b) Soğuk Sertleştirme

Polyester Reçine + Sertleştirici + Hızlandırıcı + (belki promotör) + 30°C'ye kadar çevre sıcaklığı

Sıcak sertleşmede jelleşme ve sertleşme süreleri şu faktörlerden etkilenir; Reçine cinsi, sertleştirici cinsi ve miktarı, çalışma sıcaklığı, ortama sıcaklığın iletiliş şekli, kalıbın ısı iletkenliği.

**Jelleşme süresi** aynı zamanda reçinenin işlenme süresidir. Yani en geç bu sürenin sonunda polyester reçine kalıp üzerinde alacağı en son şekle getirilmiş olmalıdır.

**Kalıptan çıkarma** süresi sertleşen CTP'nin kalıptan zarar görmeden çıkarılabileceği en erken süreye denir. Kalıptan çıkarma süresi daima DIN 16945 ile tanımlanan sertleşme süresinden uzundur.

Soğuk sertleşmede jelleşme süresi reçinenin cinsine, hızlandırıcının cinsine ve miktarına, sertleştiricinin cinsine ve miktarına, başlangıç sıcaklığına bağlıdır. Sertleşme süresinde bu sayılanlara bağlı olmakla beraber, bunların haricinde ayrıca ısı iletme durumuna, laminatın kalınlığına bağlıdır. Soğuk sertleşmede maksimum sıcaklığa ulaşıldığında sertleşme bitmiş değildir. Buradan itibaren başlayan nihai sertleşme oda sıcaklığında çok uzun sürebilir ve hatta tamamlanamayabilir. Bu yüzden, soğuk

sertleşmesi yapılan CTP ürünler yüksek sıcaklıklarda sertleşme sonrası ameliyesine tabi tutulurlar.

Soğuk sertleşme ile imal edilen cam takviyeli polyester ürünlerde optimum (en iyi) özellikleri elde etmek için 100°C sıcaklıkta iki saat süre ile sertleşme sonrası ameliyesine tabi tutulmalıdır.

Polyester sertleştirilirken imal edilen parçalar kalın ise sertleştirici miktarı azaltılmalı, ince tabakalarda ise sertleştirici miktarı çoğaltılmalıdır.

Polyester işlenirken katalist sistemleri yeterince tanımlarsa jelleşme ve sertleşme süreleri istenildiği gibi ayarlanabilir. Bu bir bakıma hem ekonomiklik yönünden hemde işin doğru yapılması yönünden gereklidir.

CTP ürünün kalitesi diğer etkenlerin yanında kullanılan katalist sistemine de bağlıdır.

## REÇİNE KATKILARI

**İnhibitörler:** Bu gruptaki katkılar, polyester reçinelerin kullanımından önce polimerize olmasını önlemek amacı ile polyesterin reaktivitesini yavaşlatmak için kullanılır. En çok kullanılan inhibitörler, hidrokinin ve tersiyer bütil katekol (TBC) dür. İnhibitör, genellikle reçineye oranla milyonda bir mertebesinde kullanılır ve reçinenin sertleşmesini tamamen engellememesi için çok dikkatli bir şekilde dengelenmelidir. Genellikle reçine üreticisinin görüşü alınmadan, ilave inhibitör kullanılmamalıdır.

**Promotörler (Hızlandırıcılar):** Bu katkı maddeleri katalizör ile reaksiyona girerek, polimerizasyon reaksiyonunu hızlandırır. İnhibitörler reçineye belirli bir raf ömrü kazandırırken, promoterler (hızlandırıcılar), katalizörün ilave edilmesinden itibaren sertleşmeyi çabuklaştırır. Promoter (hızlandırıcı) ve inhibitör arasındaki denge çok hassastır ve herhangi bir katkının fazla konması dengeyi altüst edebilir. Başlıca promoterler (hızlandırıcılar), kobalt naftanat, kobalt oktoat, dimetil anilin (DMA) ve dietil anilin (DEA) dir.

**Katalizörler:** Katalizör (daha doğru deyişle başlatıcı), kimyasal reaksiyonun bir parçası olmamakla beraber prosesin başlaması için gerekli enerjiyi sağlar.

Katalizörün ilave edilmesi ile promoter ve inhibitör arasındaki denge bozulur ve reaksiyon mertebesinin kontrolü katalizöre geçer. Katalizör oksijeni serbest bırakır (veya serbest radikalli moleküller oluşturur) ve polimeriz-

yon prosesi için yakıt gibi görülebilir. Katalizör ilavesi ile başlatılan reaksiyon "EGZOTER-MİK"tir, yani şebeke yapısı oluşturulurken ısı açığa çıkar.

## CAM ELYAFI TAKVİYELERİ

Cam üretim prosesi, özel bir formülasyona sahip erimiş cam ile başlar. Erimiş cam, küçük kalibre edilmiş platin alaşımli kovanlardan (Bushing) aşağı akar. Çabucak soğuyan cam lif şeklini alır ve silindirik şeklinde sarılır. Sarma hızı, sıcaklık ve kovan boyutu, elyaf çapını belirler. Özel amaçlara uygun olmak üzere "E" ve "S" cam elyafının yanı sıra, bir çok cam elyafı formülasyonu mevcuttur.

Cam tipi	Özellikleri
A-camı	Yüksek alkali oranı-düşük maliyet
C-camı	Kimyasal dayanım (Yüzey tülleri)
E- camı	Elektriksel özellikler
L-camı	Radyasyona karşı kurşun içerir
M- camı	Yüksek elastik modül
S-2 camı	Yüksek çekme dayanımı
W-2 camı	Paneller için yarı şeffaf
AR-camı	Alkali dayanım
R-camı	Yüksek çekme dayanımı

Cam elyafı üreticilerinin çoğunluğu E-camını kullanırlar. Bunun nedeni, E camı elyafının polyester ve epoksi reçinelerle birlikte iyi mekanik dayanım değerleri sağlamasıdır. Tipik bir E camı formülasyonu şöyledir:

Silika kumu %54, Alüminyum oksit %15, Kal-siyum oksit %17, Baryum oksit %8 ve Sodyum oksit %6

Tipik bir A camı formülasyonunda daha yüksek sodyum bulunurken, S2 camı formülasyonunda, E-camına oranla daha saf malzeme kullanılır.

## BAĞLAYICI (SIZING)

Cam elyafını işleyebilmek, reçineyi, cam elyafıyla ve kimyasal bağla bağlayabilmek için, ham cam elyafı üzerine bir bağlayıcı kaplanır. Bu bağlayıcının içeriği; bir kaydırıcı (Lubricant), bir bağlayıcı (Coupling agent), bir film oluşturucu ve sudan oluşur. Bu bileşenlerden her birinin ayrı işlevi vardır.

Kaydırıcı, cam elyafının pamuklanmasını, liflerin kırılmasını azaltmak ve liflerin aşınma dayanımını arttırmak amacı ile kullanılır. Bağlayıcı (Coupling agent), cam elyafının reçine ile bağlanmasını sağlar. Polyester reçine ile kullanılan cam elyafında tipik uygulama krom veya silan bağlayıcı kullanımıdır. Film oluştu-

rucu, işleme ve dokuma sırasında demet bütünlüğünü korumak için kullanılan bir reçine türüdür.

Cam takviye malzemelerinde her ne kadar genellikle silan esaslı bağlayıcılar kullanılıyorsa da, bazen krom esaslı bağlayıcılar da kullanılmaktadır. Başlıca silan bağlayıcı türleri şöyle sıralanabilir:

- Vinil trietoksi silan
- Metil trietoksi silan
- Metil trimetoksi silan
- Vinil tris (2-metoksi etoksi) silan
- Metakrilaksi propil trimetoksi silan
- Amino propil trietoksi silan

Bu silan bağlayıcı türleri dışında da birçok silan esaslı bağlayıcı mevcuttur.

Dolgu maddesinin yapışmasını arttırmak amacıyla reçine matrisine ilave edilebilen uygun diğer bağlayıcı türleri de organo-titanyum bileşikleridir. Bunlar dolgu oranına göre %0,5-1 oranında kullanılırlar ve dolgu maddesinin daha fazla ilave edilebilmesini sağlarlar. Özellikle kil dolgu maddeleriyle daha etkili sonuç verilerse de, inorganik dolgu maddeleriyle de benzer sonuç verebilirler. Polyester reçineler için bu amaçla kullanılan organo titanyum bileşiklerinin en önemlisi, izopropil tridodesil benzen sülfanil titanat'dır.

## CTP KALIPLAMA GENEL TEKNİĞİ

Kalıplanmış bir parçanın bütünlüğü, laminat kalitesine bağlıdır. İyi uygulanmış bir kalıplama (yatırma) metodu, bu kalitenin temelidir. Ayrıca, yapısal bütünlüğün sağlanması ve dış görünümün daha iyi olması için gerekli olan kaliteli kalıplama aynı zamanda pahalı tamir işlemlerini de en aza indirir.

## KALIPLAMA EL ALETLERİ\*

**1) CTP rulosu:** 6 ila 25 mm. arasındaki çaplarda genel rulolama işlemi için kullanılır.

**2) Fırça rulo:** Yalnızca elyaf püskürtme metodu uygulandığında, özellikle iç cidar katlarında kullanılır.

**3) Boya fırçası:** Genellikle tüm kalıplama (yatırma) işlemlerinde kullanılır. Fazla reçineyi alır ve hava çıkışını sağlar.

**FIRÇA RULOYU VEYA CTP RULOSUNU FIRÇASIZ KULLANMAYIN.**

**4) Sıyırıcı:** Dokuma ve iğnelenmiş dokuma için kullanılır.

\* Kalıplama El Aletleri, Atölye Bilgileri:7 kısmında daha ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

## REÇİNE/CAM ORANI

Uygun olmayan reçine/cam oranı, bir çok sorunun kaynağıdır. Örneğin:

### Reçine zenginliği (Çok fazla reçine):

Cam üzerinde parlak bir reçine yüzeyi şeklinde kendini gösterir.

### Reçine zenginliğinin etkileri:

- Zayıf parçalar
- Çatlama
- Isı ile bozulma
- İz bırakma
- Sertleşmeden kalıptan ayrılma
- Aşırı reçine tüketimi
- Ağır parçalar
- Havaya daha çok stiren yayılması
- İtinatsız işçilik görünümü

### Reçine azlığı (Yetersiz reçine):

• Kuru laminat; hava boşlukları, katlar arası bağlanmanın zayıflığı şeklinde kendini gösterir.

### Reçine azlığının etkileri:

- Zayıf parçalar
- Eksik sertleşme
- Parçanın çatlaması
- Katlara ayrılma (delaminasyon)
- Yapısal zayıflık
- Fazladan yama işçiliği
- İtinatsız işçilik görünümü

Kırpılmış cam elyafından keçelerde tipik reçine/cam oranı, ağırlıkça %25-35 arasında olmalıdır. Dokuma ve iğnelenmiş dokuma kullanılarak yapılan kalıplamalarda cam oranı ağırlıkça %40-50 mertebesinde dir. Belli bir ağırlıktaki bir kalıplamada ne kadar çok cam elyafı takviyesi kullanılırsa, laminat o kadar sağlam (mukavim) olur. Laminata reçine ilavesi belli ağırlıktaki ürünün mukavemetini düşürür.

## KALIPLAMA (YATIRMA) PRENSİPLERİ

### Püskürtme;

1. Elyaf püskürtmeden önce, kalıp yüzeyini daima polyester ile ıslatın.
2. Püskürtme sırasında, ikinci şeridi, birinci şeridin yarısını kaplayacak şekilde püskürtün.
3. Birbirine dik açılı en az iki şerit püskürtün.
4. Son katın rulolanmasında mutlaka fırça rulo kullanın.
5. Düzenli olarak kalınlık kontrolü yapın.
6. Kırpılmış elyaf arasında hava kalmaması

için, henüz yaşken kontrol edin.

7. Reçine fazlasını almak için "fırça" veya boya rulosu kullanın.

8. Reçine jelleşmeden önce bütün hataları düzeltin.

### El yatırması - Kırpılmış cam elyafından keçe ile;

1. 600 gr./m<sup>2</sup>lik keçe kullanıyorsanız, önce kalıp yüzeyini polyester ile ıslatın.
2. Cam elyafını polyester ile ıslatın. Önce az polyester ile keçeyi ıslatın sonra, küçük miktarlarda polyesteri gerektikçe ilave edin.
3. Tüm hava kabarcıklarını giderene kadar rulolayın.
4. Reçine fazlasını bir fırça ile veya boya rulosu ile giderin.

### El yatırması - Keçe - Dokuma kombinasyonu, Fıtl dokuma, İğnelenmiş Takviye Malzemesi vb ile;

1. Kalıp yüzeyini veya takviye malzemesinin arka yüzeyini reçine ile ıslatın.
2. Cam elyafı takviyesini kalıba, kalıp şeklini alacak biçimde yatırın.
3. Gerekli miktarda reçineyi üstten ilave edin. Takviye malzemesi ıslandığında, bir süre reçinenin emilmesini bekleyin, gerektikçe reçine ilave edin.
4. Cam elyafı takviyesini bastırmak, reçine /katalizör karışımını sağlamak ve reçineyi yüzeye dağıtmak amacı ile boya rulosu ile rulolayın.
5. CTP rulosu ile rulolayın.
6. Reçine fazlasını sıyrıcı ile sıyrın, ancak laminat arasına hava sızmasını engelleyin.
7. Yüzeyi boya rulosu ile düzeltin.
8. Görünüşün önemli olduğu alanlarda, en üst katı, kırpılmış cam elyafından keçe ile işleyin.

### Bindirmeler

1. Yapısal parçalarda, tüm bindirmelerde en az 5-10 cm.'lik bindirme payı verin.
2. Bindirmelerde aşırı kalınlık ve aşırı ısı çıkışını engellemek için, bindirme yerlerini şaşırtmalı olarak yapın.

## KALİTE KONTROLÜ

Doğru kalite kontrolü, proses sırasında yapılan bir gözlem metodudur. Bu metodla, henüz düzeltme olanağı varken, üretim sırasında oluşan problemler belirlenir.

Genel olarak, kalite kontrolü, üretim sonrasında yapılan bir muayenedir. Ancak, bu noktada kalite üzerinde, bir kontrolden ziyade, sorunların düzeltilmesi işlemi anlaşılmaktadır.



CTP prosesinin ve CTP atölye işletmesinin yapısı gereği ilk kademeye yöneticilerin kalite kontrol muayenelerinden sorumlu olmaları gerekir. Bu muayeneler, günlük üretim faaliyetleri sırasında yapılmalıdır. Değer yargısı "kabul edilebilir" hata olarak saptanmalıdır. Bu konuda üst yöneticilerden, hat operatörlerine kadar bilinen birçok genel endüstri standartları bulunmaktadır.

*İlk kademe yöneticisinin en önemli fonksiyonu kalite kontrolüdür. Çalışan bir ustabaşı, atölyede çalıştığı sürenin çoğunu, gözlem yapmak, hataları düzeltmek ve öğretmekle geçirmelidir. Atölye içi yönetim görevleri, delege edilmelidir.*

### **KALİTE KONTROL PROSESİ İÇİN VARSAYIMLAR**

1. Spesifikasyona uygunluğu doğrulanmış hammadde kullanıldığı;
2. Bütün araç gerecin düzgün çalıştığı;
3. Kalıpların iyi durumda olduğu varsayılmaktadır.

### **UYGULAMA SIRASINDA JELKOT KALİTE KONTROLÜ**

- Aşağıdaki kontrolleri yapın;
1. Film kalınlığının uygunluğu,
  2. Akma veya sarkma olmadığı,
  3. Sertleşme süresinin uygunluğu,
  4. Sertleşme mekanizmasının sabitliği,
  5. Buruşma olup olmadığı,
  6. Kalıptan ayrışma olup olmadığı,
  7. Gözeneklilik, küçük delikler ve balık gözü hatalarının olup olmadığı.

### **UYGULAMA SIRASINDA LAMİNAT KALİTE KONTROLÜ**

- Aşağıdaki kontrolleri yapın;
1. Hava boşlukları,
  2. Buruşmalar,
  3. Uygun cidar kalınlığı,
  4. Reçine zenginliği,
  5. Reçine eksikliği,
  6. Laminat içinde kir veya artık bulunmaması,
  7. Reçine akması, reçine birikmesi,
  8. Bindirme ve ek yerlerinin uygunluğu.

### **UYGULAMA SIRASINDA YAMA/TAMİR KALİTE KONTROLÜ**

Aşağıdaki kontrolleri yapın;

1. Hatanın doğru tespit edilmiş olması,
2. Malzemenin doğru uygulanmış olması,
3. Doğru katalizör oranı kullanılmış olması,
4. Zımparalama ve malzeme hazırlamanın doğru yapılması,
5. Görünüm kalitesi.

## **Atölye Bilgileri: 2**

### **KALIPLAR**

#### **GİRİŞ**

Hangi üretim yöntemi kullanılırsa kullanılsın, mutlak surette uygun bir kalıp kullanılması gerekir. Ürünün kalitesini ve üretim kolaylığını kalıbın cinsi ve niteliği etkiler.

Kalıp malzemesi olarak kullanılabilecek malzeme sayısı çoktur. Başlıcaları alçı, beton, epoksi veya polyester reçine, demir dışı metaller, çelik veya bunların bileşimleridir. En çok kullanılan kalıp malzemesi cam takviyeli plastiktir.

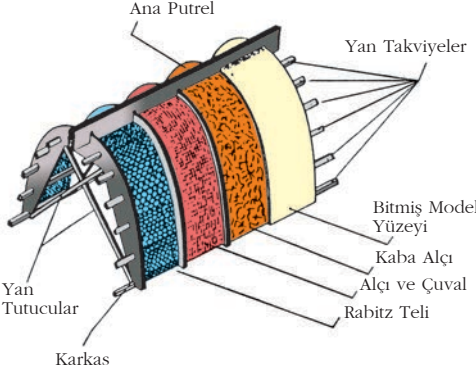
Kalıp malzemesinin seçiminde en önemli etken, kalıp boyutları, kalıplama sayısı, ürün yüzey düzgünlüğü konularıdır. Çok uzun süre ile kullanılması istenen kalıpların kapalı metal kalıp olması gerekirken, çok az sayıda yapılacak ürünler için alçı veya ahşap kalıp yeterlidir.

#### **ALÇI KALIP**

CTP kalıplamasında kullanılacak alçı kalıplar boyutlarına göre değişik yöntemlerle hazırlanır. Küçük kalıplar için masif blok dökülebilir. Ancak, büyük boyutlu kalıplar için tahtadan bir karkas sistemi hazırlamak gereklidir. Bu karkas üzerine rabitz teli yerleştirilir. Bu tel üzerine alçı emdirilmiş çuval gerilir. İstenilen kalınlık kabaca elde edilinceye kadar alçı gelişigüzel dökülür. En son kat alçı, tahta karkas tamamen kapanıncaya kadar dikkatlice dökülür ve kalıp şekline göre perdelanır. Kalıp yüzeyinin mümkün olan en düzgün hale getirilmesi gereklidir. Kalıbın tamamlanmasından sonra, 24 saat boyunca beklenir ve kalıp 60-80°C sıcaklıkta bir fırına konur. Bu sı-

çaklıkta iki saat beklendikten sonra kalıp boyutları yeniden kontrol edilir. Herhangi bir fazlalık olması halinde, hafifçe taşlanarak fazlalıklar giderilir.

Alçı kalıp yüzeyi vakslandıktan sonra parlatılmadan önce şellak, selüloz asetat, nitroselüloz veya polivinil alkol çözeltisi ile gözeneklerinin kapatılması amacı ile kaplanmalıdır. Yüzeyin gözeneklilik durumuna göre kalıp ayırıcı birkaç kat olarak uygulanır. Böylece kalıp CTP ürün almaya elverişli hale getirilmiş olur.



Şekil 5.1: Alçı kalıp yapımı

## AHŞAP KALIP

CTP kalıplamasında kullanılacak kalıplar ahşaptan da yapılabilir. Ahşap kalıplar masif olabileceği gibi, sıkıştırılmış levhalar kullanılarak da yapılabilir. Masif uygulamalar için en ideal ağaç cinsi ıhlamur'dur.

Ahşap model veya kalıplarda yüzey çok düzgün hale getirilinceye kadar zımparalanmalıdır. Bu yüzey üzerine şellak, selüloz asetat, polyester veya epoksi reçine sürülmeli ve kurumması beklenmelidir. Bunun üzerine silikonsuz vaks birkaç kat uygulanmalı ve son kat iyice parlatılmalıdır.

## CTP KALIP

CTP kalıplamasında el yatırması yöntemi veya püskürtme yöntemi ile yapılmış CTP kalıp kullanımı en yaygın olanıdır. Özellikle CTP üreticisi, elinde bulunan malzeme ile kendi kalıbını üretme olanağına sahip olmaktadır.

CTP kalıbın hazırlanması sırasında dikkat edilmesi gereken konulardan biri de sertleşme sırasında CTP'de görünen çekmedir. Polyester

reçinenin çekme özelliklerine göre model hazırlanmalı ve CTP kalıp alınmaya başlanmadan önce modele en az beş altı kez silikonsuz vaks uygulanmalı ve parlatıldıktan sonra polivinil alkol çözeltisi sürülmelidir.

Kalıp kenarları özel olarak takviye edilirse, yaş kesim yapılması halinde kalıbın hasar görmesi önenebilir.

## Tek Parçalı Kalıp

Tek Parçalı CTP kalıplarda, model üzerine kalıp ayırıcı uygulandıktan sonra, yaklaşık 0.6 mm. kalınlığında jelkot uygulaması ve bu kalınlığın üç ayrı renkli tabakalar halinde kullanılması tavsiye edilir. Kalıp rengi olarak üretilen kullanılacak rengin kontrastı olacak bir renk seçilmelidir.

Jelkot'un hafif yapışkan hale gelinceye kadar sertleşmesinden sonra önce yüzey tülü, arkasından 300 gr./m<sup>2</sup>'lik keçe ve diğer takviye katları iyice rulolanarak, hava kabarcığı vb. kalmayacak şekilde uygulanmalıdır.

Uygulanan her cam elyafı tabakasından sonra, reçinenin jelleşmesini beklemek, egzotermik reaksiyonla oluşan ısının kalıbı deforme etmemesi açısından gereklidir.

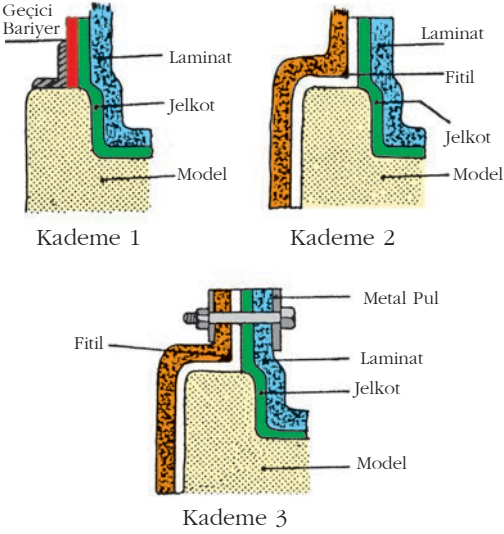
Kalıp et kalınlığı genellikle yapılacak ürünün et kalınlığının iki katı olarak yapılmalıdır.

Kalıp ömrünü uzatmak amacı ile ısıya dayanıklı reçine kullanılması yararlıdır. Tüm kalıp üretimi bittikten sonra, model üzerinde kalıbın en aşağı iki hafta süre ile sertleşmeye bırakılması gereklidir. Ayrıca 65-70°C'de birkaç saat "post cure" işlemine tabi tutulmalıdır.

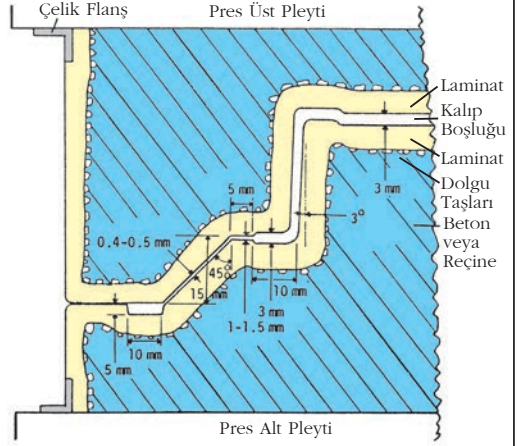
Büyük boyutlu kalıplarda mutlaka takviye elemanları kullanılmalıdır. Takviye elemanı olarak plastik, köpük, metal veya ahşap malzeme kullanılabilir. Takviyelerin, bütün kalıp kalınlığı elde edildikten sonra yerleştirilmesi, kalıp yüzeyinde deformasyon olmaması için gereklidir. Ayrıca ahşabın CTP bünyesi içerisinde çalışması da bazı daformasyonlara neden olabilir. Ayrıca takviye edilmiş kalıbın bir karkas içerisinde sabitlenmesi, kalıp işleme sırasında kolaylık sağlaması nedeniyle tavsiye edilir.

## Parçalı Kalıplar

Tek parçalı kalıptan çıkarılamayacak şekiller üretmek istenir ise, kalıbın parçalı olarak üretilmesi gerekir. Parçalı kalıp üretiminde



Şekil 5.2: Parçalı kalıp üretim yöntemi



Şekil 5.3: Soğuk pres için kalıp kenar detayı

dikkat edilmesi gereken konular şöyle sıralanabilir.

Model üzerinde geçici bir set oluşturulur ve kalıbın bir parçasının flanşlı olarak elde edilmesi sağlanır. Bu parçanın sertleşmesinden sonra set kaldırılır ve ikinci parça elde edilir. Her iki parçanın bitiminden sonra 150 mm. ara ile delik açılır ve somun civata ile kalıp parçaları birleştirilir. Flanş kalınlıklarının kalıp kalınlığının 1,5 katı olması - kalıp dayanıklılığı açısından gerekli görülmektedir.

Kalıp yüzeyindeki düzgün olmayan kısımların düzeltilmesi için çok ince su zımparası kullanılır ve zımparadan sonra pasta cila ile parlatılır. Kullanımdan önce ayrıca silikonsuz kalıp ayırıcı vaks kullanılmalı ve iyice parlatılmalıdır.

### Çift Kalıp

Reçine enjeksiyonu ve soğuk pres yöntemleri kullanıldığı zaman çift kalıp kullanılması gereklidir. Böyle bir kalıp sistemi için kalıbın her iki parçasının birbirine tam uyuşması gereklidir. Ayrıca, enjeksiyon deliği ve hava çıkış deliklerinin kalıp bünyesine alınması gereklidir.

Böyle bir kalıbın CTP'den yapılması mümkündür. Kalıbın formu parçalı kalıpta olduğu gibi elde edilir ve boş kalan kısım, beton ile veya

dolgulu reçine ile doldurulur. Çift kalıp için uygun ölçüler Şekil 5.3'de görülmektedir.

### Kalıp Bakımı

CTP Kalıp yüzeylerindeki hatalar 600'lük zımpara ile düzeltildikten sonra, pasta cila ile cilalanarak parlatılır. Kullanılmadığı sürece kalıbın toz ve nem'den uzak bir ortamda tutulması gereklidir. Ayrıca keskin aletler kalıp yüzeyine değdirilmemelidir.

Herhangi bir şekilde hasar gören kalıp yüzeyi, çelik macun ile tamir edildikten sonra yüzey düzeltme ve parlatma işlemleri tekrarlanmalıdır.

Kalıp bakımı ne kadar özenle yapılırsa, kalıbın kullanım ömrünün o kadar uzun olacağı unutulmamalıdır.

### Diğer Kalıplar

Alçı, ahşap ve CTP kalıp dışında epoksi reçine ile, alüminyum ile kalıp yapmak mümkündür. Bazı hallerde şişebilen plastik kalıplar da kullanılmaktadır. Kalıp malzemesi ve şekli tamamen üretim yöntemine ve ürün niteliğine bağlıdır.

## Atölye Bilgileri: 3

### PÜSKÜRTME METODU İLE JELKOT UYGULAMA TEKNIĞİ

#### GİRİŞ

Jelkot, kalıplanmış parçanın düzgün dış yüzeyini oluşturur ve parçanın görünümünü ve uzun dönem kalitesini belirler. Kaliteli bir yüzey sağlamak ve günden güne değişimleri önlemek amacı ile jelkot uygulama tekniği çok iyi kontrol edilmelidir. Uygun olmayan tekniklerin ve zararsız gibi görünen kestirme işlerin yapılmasını önlemek amacı ile periyodik olarak düzenlenmiş taze bilgilerle, işçilerin eğitilmesi gereklidir.

#### JELKOT UYGULAMADAN ÖNCE YAPILMASI GEREKENLERİN LİSTESİ

- Ürünün üretim kod ve tarihini kontrol edin.
  - Malzeme spesifikasyonunu kontrol edin.
  - Jelkotun, katalizörün ve kalıbın oda sıcaklığına getirildiğini kontrol edin.
  - Jelkotun 24 saat içinde mükemmel bir şekilde karıştırılmış olduğunu kontrol edin.
1. Düşük devirli, kanatlı bir varil karıştırıcısı ile 20-30 dakika süre ile karıştırılmalı,
  2. Karıştırma işleminden sonra, jelkotu püskürtmeden önce 30 dakika kadar dinlendirmeli.

**NOT: Karıştırma amacı ile jelkot içine hava püskürtmeyin.**

- Hava hattındaki su kapanlarında biriken suyu boşaltın.
- Basınç kabını ve sevk hortumunu kontrol edin ve temizleyin.
- Basınç kabını, pompayı, hortumları ve tabancayı kontrol edin, tüm bağlantıların yapıldığından ve sızdırma olmadığından emin olun.
- Nozul boyutunun spesifikasyona uygunluğunu kontrol edin.
- Püskürtme makinesini yükleyin, basınç ayarlarını kontrol edin.
- Test püskürtmesi yaparak püskürme huzmesini ve akışkanlığı kontrol edin.

**NOT: Özellikle katalizörün püskürmesine dikkat edin, püskürme düzgün değilse püskürtme memesini değiştirin veya makinenin başka bir yerinde herhangi bir problem olup olmadığını kontrol edin. Püskürme buzmesi düzgün olmalı ve buzmede herhangi bir ayrışma olmamalıdır. Düzgün dağılımlı buzme, oval görünümde olmalıdır.**

- Akış şeklini kontrol edin, spesifikasyona karşılaştırın.
- Jelleşme süresini kontrol edin; 100 gram numune tartın ve spesifikasyona uygunluğunu test edin.
- Mümkün olan en düzgün şekilde kalıp yüzeyine püskürtün. Daima filtreli hava hattı kullanarak su ve yağ kaçaklarının kalıp yüzeyine gelmesini engelleyin.

#### JELKOT UYGULAMA GENEL PRENSİPLERİ

1. Katalizör oranı, ortalama %1.5 olmak üzere %1.2 ile %3 arasında olmalıdır.
2. Püskürtme huzmesinin hızı, düzgün akışı sağlamakla birlikte mümkün olduğunca düşük olmalıdır.
3. Püskürtme işlemine, kalıbın size en yakın olan tarafından merkeze doğru başlayın. Böylece, herhangi bir katalizör fazlasının, açık kalıp yüzeyine damlamasını, engellemiş olursunuz.
4. Püskürtme huzmesinin kalıp yüzeyine mümkün olduğu kadar dik açıyla gelmesine dikkat edin.
5. Püskürtme sırasında her biri 0.15-0.18 mm. kalınlık oluşturacak şekilde, üç geçişte toplam 0.45-0.5 mm. kalınlık elde edecek şekilde püskürtün.
6. Sık sık kalınlık ölçümü yapın. Doğru kalınlığı tecrübeye dayanarak hissederek, elde edebileceğinizi ASLA DÜŞÜNMEYİN. Film kalınlığını etkileyen ve göz veya "his" ile saptanamayacak bir çok etken bulunmaktadır.
7. Düzgün kaplamayı sağlamak için, kalıbın zor bölümlerinde, spot püskürtme yöntemini kullanın.
8. Düzgün kaplamayı sağlamak için, kalıbın çok zor bölümlerinde fırça kullanın.

#### PÜSKÜRTME GENEL TEKNIĞİ

Püskürtme tekniği, her kalıp için, boyutuna, şekline ve dönüşlerine göre değişir. Bu ne-

denle, devamlılığı sağlamak amacı ile her kalıp için püskürtme huzmesi şekli saptanmalı ve korunmalıdır. Değişik alan ve şekiller için genel püskürtme metodları aşağıda verilmiştir.

**1. Düz alanlar:** Size en yakın olan kenardan başlayarak, kalıp merkezine doğru, birbiri üzerine gelecek paralel seritler halinde püskürtün. Düzgün kaplama sağlamak amacı ile diğer geçişlerde bir önekinde dik açıda veya diyagonal olarak püskürtün.

**2. Köşeler:** Köşenin her iki tarafına birer kez jelkot püskürtün, daha sonra yaklaşık 30'ar cm.'lik bölgelere spot püskürtme yapın. Köşenin tam ortasına püskürtmekten ve kenarlara aşırı jelkot biriktirmekten kaçının.

**3. Eğriler veya geniş radyuslar:** Tabancayı kalıp yüzeyine dik olarak tutun ve püskürtme huzmesinin yay oluşturmaya dikkat edin. Açılı püskürtmekten kaçının.

**4. Kanallar veya oluklar:** Jelkotu önce kanal veya oluk kenarlarına püskürtün ve püskürtme fazlasının kanal diplerine akmasını engellemeyin. Gerekli ise, zor bölgelerde fırça kullanın.

**5. Derin ve dar kanallar:** Püskürtme işlemini uzaktan, elinizi kanal boyunca hareket ettirerek hızlı ve kısa spotlar halinde yapın. Önce kanal kenarındaki, düz bölgelere püskürtün ve püskürtme fazlasının, kanal diplerini kaplamasını sağlayın. Püskürtme huzmesini kanal boyunca kanala paralel olarak yönetmekten kaçının, çünkü kanal kenarlarında fazla jelkot birikmesine neden olur. Gerekli ise, zor bölgelerde fırça kullanın.

**6. Küçük parçalar:** Püskürtmeyi uzak mesafeden, kısa ve çabuk spotlar halinde yapın. Tek defada çok jelkot püskürtmeyin, azar azar birkaç geçiş ile gerekli kalınlığı elde edin.

### KALİTE KONTROLÜ

Doğru kalite kontrolü, proses sırasında yapılan bir gözlem metodudur. Bu metodla, hata düzeltme olanağı varken, üretim sırasında oluşan problemler belirlenir.

Araç gerecin düzgün çalıştığı varsayılarak uygulama sırasında jelkotun kalite kontrolü için aşağıdaki kontrolleri yapın;

1. Film kalınlığının uygunluğu,
2. Akma veya sarkma olmadığı,
3. Sertleşme süresinin uygunluğu,
4. Sertleşme mekanizmasının sabitliği,
5. Buruşma olup olmadığı,

6. Kalıptan ayrışma olup olmadığı,
7. Gözeneklilik, küçük delikler ve balık gözü hatalarının olup olmadığı.

## Atölye Bilgileri: 4

### PÜSKÜRTME (SPRAY-UP) İLE CTP KALIPLAMA TEKNİĞİ

#### GİRİŞ

Püskürtme metodunda karşılaşılan sorunların çoğu, kullanılan araç gereçlerle bağlantılıdır. Sabit kaliteli üretim için, makinenin doğru ayarlanmış olması ve bakımlı olması esastır. Ancak, kaliteli bir püskürtme uygulamasında en önemli etken operatördür. Püskürtme tabancasını kullanan her operatör iyi eğitilmiş olmalı ve işleme, makinaya, işin güvenliğine aşina olmalıdır.

#### PÜSKÜRTME İŞLEMİNDEN ÖNCE YAPILMASI GEREKEN KONTROLLERİN LİSTESİ

- Reçine, cam elyafı ve katalizör için üretici firma ürün kodlarını kontrol edin.
- Reçine ve katalizörün oda sıcaklığına getirilmiş olduğunu kontrol edin.
- Reçinenin en az 20 dakika süre ile kanatlı bir mikser kullanarak karıştırıldığını kontrol edin. KARIŞTIRMA AMACI İLE REÇİNE İÇİNE HAVA ENJEKTE ETMEYİN.
- Katalizör bölmesinde yeterli miktarda katalizör bulunduğunu kontrol edin.
- Reçine emme süzgecini kontrol edin.
- Hava hattı filtrelerini, kontrol edin ve birikintileri boşaltın.
- Reçine pompasını, katalizör tankını, boru hattı ve bağlantılarını kontrol edin.
- Test amacı ile kalıp dışına kısa bir püskürtme yapın ve
  - Katalizör/reçine karışımının düzgün dağılımı olduğunu görün
  - Cam/reçine karışımının düzgün dağılımı olduğunu görün.
  - Püskürtülen cam elyafını inceleyin çok ıslak veya çok kuru olmadığını görün.

#### PÜSKÜRTME GENEL PRENSİPLERİ

1. Cam elyafını püskürtmeden önce, kalıp

- yüzeyini daima reçine ile ıslatın. Bu işlem sırasında, reçinenin akacağı kadar çok reçine püskürtmemeye dikkat edin.
- Püskürtme şeritlerini yarısına kadar, diğer şerit üzerine bindirin.
  - Püskürtme hızının mümkün olduğu kadar kalıp yüzeyine dik açı ile gelmesine dikkat edin.
  - Her şerit geçişinde, sabit hızı koruyun.
  - İkinci kat püskürtmesi sırasında, şeritleri ilk kata oranla dik açı oluşturacak şekilde püskürtün.
  - Öncelikle köşe ve zor bölgelere, sonra düz alanlara püskürtün.
  - Kalınlık kontrolü çok iyi bir kalite kontrol yöntemidir ve sıkça uygulanmalıdır. (Kalınlık kontrolünü ölçerek yapın; tecrübeye dayanarak, ölçmeden kalınlığa karar VERMEYİN).
  - Mümkünse katalizör dağılımını kontrol etmek amacı ile kırmızı renkli katalizör kullanın. Kırmızı çizgili püskürtme fitili kullanılması da et kalınlığını ifade eden görsel bir işarettir.
  - Yüksek kaliteli seramik fitil kılavuzu kullanılması, statik elektrik birikimini, pamuklanmayı ve elyaf uçuşmasını azaltmaktadır.

## ISLAK HALDE PÜSKÜRTME KALINLIKLARI

Gr/m <sup>2</sup>	mm
300	0.8
450	1.2
900	2.3
1350	3.6
1800	4.7
2250	5.5
2700	6.5

## PÜSKÜRTME METODU HATALARI VE ÇÖZÜMLERİ

- Kuru kırpma:** Cam elyafı miktarının çok fazla, reçine miktarının çok az olması: Püskürtme tabancanızı kalibre edin-reçine basıncını arttırın, kırpıcı hızını azaltın. Cam elyafı dağılımını gözleyin.
- Islak kırpma:** Cam elyafı miktarının çok az/reçine miktarının çok fazla olması: Püskürtme tabancanızı kalibre edin-reçine basıncını azaltın, kırpıcı hızını arttırın. Cam elyafı dağılımını gözleyin.
- Püskürtülen elyafın dik yüzeyde kayması:** Reçine fazlalığı olması-Makineyi kalibre

edin. Reçine viskozitesini ve tiks endeksini kontrol edin.

**4. Elyaf kırılmıyorsa:** Bıçakları ve destek lastiğini kontrol edin.

**5. Fitil sık sık kendini bırakıyor veya boşalıyor:** Kılavuzlar uygun değildir veya fitil konumu yanlıştır.

**6. Kırpılmış cam elyafı reçine huzmesinin içine düşmüyor:** Kırpıcı yönü uygun değildir-düzeltilin.

**7. Kırpıcı normalden daha çok havaya gerek duyuyor:** Bıçaklar körleşmiştir-değiştirin. Hava motorunu yağlayın-günde 2-3 damla. Lastik takozu değiştirin. Lastik takoz gerilimini ayarlayın. Hava motorunu değiştirin.

## PÜSKÜRTME MAKİNESİNİN AYARLANMASI VE BAKIMI

Püskürtme ekipmanı, CTP birimlerin kalıplanmasında en önemli rolü oynar. Bu birimin bakımı ve çalıştırılması, laminatın yapısal ve estetik özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Bu ekipman, bir yatırım kalemidir ve sabit üretim kalitesinin sağlanması; meydana gelebilecek bir çok üretim problemlerinin giderilmesi için, düzenli bakım yapılması gerekir. Koruyucu bakım programının yapılması, üretimin kesintiye uğraması olasılığını, büyük ölçüde azaltır.

## TEMEL FONKSİYON

### Havasız (Airless) Sistemler

Havasız püskürtme birimlerinde reçine veya jelkot, basınçlı hava ile doğrudan temas etmez. Yüksek basınçlı bir pompa, malzemeyi küçük bir delikten çıkmaya zorlar. Ani basınç düşmesi sonucu malzeme püskürtme memesinde atomize olur. Bu tip birimlerde havalı sistemlere oranla daha yüksek verim sağlanır ve aşırı püskürtme olasılığı daha azdır.

### Hava ile atomize olan sistemler

Bu sistemle çalışan birimlerde akışkan akımı, hava akımı ile temas ettirilerek atomize edilir. Bu hava akımı, püskürtme hızını şekillendirir ve yönlendirir. Bu sistemde atomizasyon ve huzme kontrolü iyidir ancak fazla reçine püskürtme olasılığı yüksektir.

### Atölyedeki hava sistemi

Sabit kaliteli üretim yapmak için temiz ve kuru hava ESASTIR. Kirli hava sistemi CTP atölyesinde bir çok soruna neden olabilir. Jelkot ve yüksek performanslı reçineler çok küçük miktardaki yağ ile su miktarlarına karşı bile hassastırlar.



Kompresörler, yağ kaçaklarına karşı düzenli olarak kontrol edilmelidir. İçine yağ karışmış bir hava sisteminin temizlenmesi, normal çalışma düzeninde aylar sürebilir. Soğutulmuş bir hava kurutucu sistemi, hava sisteminin bir temel birimidir ve her zaman tam kapasite ile çalıştırılmalıdır.

Su kapanı, bütün hava hatlarında bulunmalı ve her gün kontrol edilerek, biriken su boşaltılmalıdır. Bir CTP atölyesinde, hava hattını kirleteceği kesin olan, otomatik hava hattı yağlayıcılarını KULLANMAYINIZ.

Jelkot püskürtme makinelerinde kullanılan hava hatlarında ve kalıp yüzeyine jelkot öncesi hava püskürtmede kullanılan hatlarda, yüksek nitelikli filtre sistemi kullanılmalıdır.

Hava hatları, aşırı basınç düşüşünü ve hava kaçaklarını önlemek amacı ile mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Hava kaçakları, kompresörün aşırı yüklenmesini önlemek amacı ile giderilmelidir.

### **PÜSKÜRTME MAKİNESİNİN TOPRAKLANMASI**

Püskürtme makinesinin ve solvent varillerinin topraklanması genellikle gözden kaçırılan bir önlemdir. %50'nin altındaki düşük bağıl nem koşullarında püskürtme memesinde veya varil vanasında statik elektrik birikmesi mümkündür. Statik elektrik boşalması sonucu, püsküren huzmenin alev aldığı bir çok belgeli vaka vardır. Tüm püskürtme ekipmanı ve solvent kapları çalışma sırasında devamlı olarak topraklanmalıdır.

### **OPTİMAL BASINÇ AYARLAMASI**

*Mümkün olan  
en düşük basınçta püskürtmek,  
genellikle bir avantajdır.*

Mümkün olan en düşük basınç kullanıldığında:

- Fazladan püskürtme (püskürtme firesi) en aza iner. Kalıp üzerine daha çok malzeme püskürtülürken, kalıp dışına kaçan malzeme azalır.
- Daha iyi çalışma ortamı yaratılır.
- Reçine tüketimi azalır.
- Jelkot gözenekleri azalır
- Katalizörün daha iyi karışmasını sağlar.

- Kırılma sırasında cam elyafının daha iyi dağılmasını sağlar.
- Pompa aşınmasını azaltır.
- Yüksek basınç kazalarını azaltır.
- Statik elektrik oluşumunu azaltır.

*En yüksek  
performans için  
en düşük basınç!*

### **EKİPMAN GENEL PRENSİPLERİ**

1. Jelkot püskürtme memeleri, içinde bulunan dolgular nedeniyle reçine püskürtme memelerinden daha çabuk aşınır. Bütün püskürtme memeleri düzenli aralıklarla değiştirilmelidir.
2. Katalizör tankı ölçüm göstergeleri yaklaşık değerler verir ve bazı koşullar altında büyük değişimler gösterir KATALİZÖR ORANI TESBİTİNDE BU GÖSTERGELERİ KULLANMAYIN.
3. Katalizör sıcaklığı ölçüm borusu üzerinde, okunan değerleri önemli ölçüde etkiler.
4. Ekipmanın topraklama hattı, tabancadan pompaya ve toprağa kadar hat kontrol edilerek onaylanmalıdır.
5. Kırpıcı motoruna her gün 1-2 damla (daha fazla değil) motor yağı damlatın.
6. Hava hattında su bulunması halinde derhal harekete geçin.
7. Katalizör ve yüksek basınçlı akışkan hattında herhangi bir delinme çok tehlikeli olabilir. Kaza olasılığını azaltmak için, hatları düzenli aralıklarla değiştirin.
8. Sızıntı görülen hatlarda müdahale edilirken makinedeki basıncı DAİMA boşaltın.
9. Salmastra çok sıkı ise akışı zorlaştırır ve çabuk aşınır.
10. İş bitiminde, makineyi kapatırken pistonu daima aşağı konumda bırakın. Böylece, sertleşmiş malzemenin piston kolu ile sürüklenmesi ve salmastranın hasar görmesi engellenir.
11. Püskürtme tabancası tetiğine daima tamamen basınız. Tetiğin kısmen çekilmesi karışım oranını bozar.
12. Püskürtme ekipmanı için vazelin iyi bir yağlayıcıdır. HİÇBİR ZAMAN silikonlu veya diğer sentetik maddeleri içeren greş kullanmayın.

## **REÇİNE/CAM ORANININ AYARLANMASI**

1. Kırpıcıyı kapatın. 15 saniye süre ile bir kap içine reçine püskürterek tartın.
2. Reçine, katalizör ve havayı kapatın.
3. Tabanca kırpıcısının ucuna plastik bir torba bağlayın ve 15 saniye süreyle cam elyafını kırparak tartın.
4. Tartım kayıtlarını hesaplayarak, reçine/cam oranını bulun.

## **KIRPICI PRENSİLERİ**

1. Uygun fitil kılavuzlarının kullanılması, her türlü kırpıcı tabancanın performansını yükseltir.Tavsiye edilen seramik kılavuzların kullanımı sonucunda, şu avantajlar sağlanır:
  - Daha az pamuklanma ve elyaf uçuşması,
  - Daha temiz atölye ortamı,
  - Hava motorunda daha düşük gerilim,
  - Tehlikeli statik elektrik yükünün azalması,
  - Cam elyafının daha az kırılması ve düğümlemesi,
  - Cam elyafının, laminat üzerinden düşmesi problemlerinin azalması,
  - Daha düşük reçine basıncı ile daha iyi cam elyafı dağılımı.
2. Bıçakların ve lastik takozun, uzun kırpma başlar başlamaz değiştirilmesi gerekir.
3. Düzgün bir kırpma elde etmek için bıçak mili ve destek takozu arasındaki gerilimin ayarlanması çok önemlidir.

## **EKİPMAN BAKIMI**

Koruyucu bakım, gözle görünür biçimde ekipmanı devre dışı kalmaktan korur. Üretim sırasında bir arıza meydana gelmesi, bakım programının uygun olmadığına işaret eder. Ayrıca, düzenli bakım sayesinde imalatta bir çok kalite kontrol probleminin de önüne geçilebilir. İyi bir bakım programı, CTP atölye yatırımının üretim dışında geri dönüşü konusunda belki de en iyi yoldur.

## **ÖRNEK BAKIM CETVELİ**

### **GÜNLÜK**

- **Temizleyin ve kontrol edin.**
- Tüm basınç ayarlarını kontrol edin.
- Reçine ve katalizör'ün püskürme huzmesini kontrol edin.
- Püskürme memesi aşınmasını kontrol edin.

- Sızdıran veya bozulmuş bir bağlantı olup olmadığını kontrol edin.
- Tabancayı, pompayı ve katalizör tankını temizleyin.
- Bıçakları ve bıçak milini kontrol edin.
- Takoz basıncını kontrol edin.
- Filtreleri temizleyin, su kapanında biriken suyu boşaltın.

### **HAFTALIK**

- **Ayarlama ve Kontrol**
- Reçine/katalizör oranını ayarlayın (kalibre edin.)
- Reçine/cam oranını ayarlayın.
- Salmastranın sızdırmazlığını kontrol edin.
- Hava motoru ve pompanın çalışmasını kontrol edin.
- Kırpıcı yönünü düzeltin.
- Akışkan hatlarını kontrol edin.
- Akışkan memelerini kontrol edin.
- Filtreleri temizleyin/değiştirin.

### **4 AYDA BİR**

- **Küçük tamirler ve bakım**
- Akışkan tabancası tetik iğnesini değiştirin.
- Katalizör tankını yıkayarak temizleyin.
- Bütün salmastraları düzeltin veya değiştirin,
- Bütün göstergeleri kalibre edin.
- Makinenin çalışmasını kontrol edin.

### **YILDA BİR**

- **Büyük bakım**
- Akışkan pompasının bakımını yapın.
- Kırpıcının hava motorunun bakımını yapın.
- Göstergeleri kalibre edin.
- Bütün donanımı temizleyin.

### **1-2 YILDA BİR**

- **Büyük bakım**
- Hava motorunun bakımını yapın.
- Akışkan hattını değiştirin.
- Reçine ve katalizörün baştan sona devamlılığını kontrol edin.
- Regülatörlerin bakımını yapın, gerekiyorsa değiştirin.
- Fitil kılavuzlarını değiştirin.
- Katalizör tankının bakımını yapın.
- Tabancanın bakımını yapın.

## KATALİZÖR TANKI

1. KATALİZÖR KULLANIMI TEHLİKELİDİR.  
Katalizör tankı yalnızca görevli personel tarafından doldurulmalıdır. DÖKÜLEN katalizör derhal temizlenmelidir. Katalizör sızdıran bir ekipman, derhal durdurularak temizlenmelidir.
2. Ustabaşı, her gün katalizör tankının çalışmasını gözlemelidir.
3. Kullanılmayan katalizör bidonları depolama alanına geri götürülmelidir.
4. Katalizör çıkış vanası her zaman tamamen açık konumda tutulmalıdır. Katalizör akışını bir vana ile kontrola çalışmak, sabit olmayan katalizör akışına neden olur.

## TANKDAKİ KATALİZÖR SEVİYESİ

Katalizör tankında çalışma seviyesi 3/4 ile 1/4 arasındadır. Katalizör deposunu hiçbir zaman 3/4 seviyesinden fazla doldurmayın - katalizör, taşma borusundan taşarak tehlikeli bir durum yaratabilir. Katalizör deposundaki seviyeyi hiçbir zaman 1/4 seviyesinin altına düşürmeyin - katalizör hattına hava karışabilir ve katalizör akışını bozabilir.

## AYARLAMA İŞLEMLERİ

*Püskürtme makinelerinin düzenli olarak kalibre edilmesi kesinlikle temel işlemdir. Her birim en az haftada bir kez kalibre edilmeli; hava koşullarının değişiklik gösterdiği dönemlerde, kalibrasyon işlemi daha sık aralıklarla yapılmalıdır.*

Katalizör deposu ölçüm göstergeleri kaba göstergelerdir ve o andaki katalizör akışını gösterir. Katalizörün viskozitesi, sıcaklık değişimlerinden büyük ölçüde etkilenir, bu da akış göstergesi okumalarında farklılıklar gösterir. Reçine/Katalizör oranı aşağıdaki değişkenler nedeni ile değişebilir:

- Reçine ve katalizörün viskoziteleri,
- Çevre koşulları,
- Makinenin yıpranması,
- Atölyedeki hava basıncı,
- Regülatörlerin doğruluğu,
- Göstergenin doğruluğu.

## AYARLAMA YÖNTEMLERİ

### Jelleşme Süresi Yöntemi :

Bütün ayarlama yöntemlerinin temeli jelleşme süresidir. Her türlü püskürtme makinesi bu yöntemle kalibre edilebilir.

1. Kontrol numunesini hazırlayın.
  - Sıcaklığı ayarlanmış reçineden 100 gram tartın.
  - İstedığınız oranda katalizör ilave edin (%1.25-2.25)
  - Numuneyi, jelleşme süresi ölçme aletine yerleştirin
  - Jelleşme süresini okuyun ve kaydedin.
2. Test numunesini hazırlayın.
  - Reçine/Katalizör numunesini bir kağıda püskürtün.
  - Bu karışımı bir kaba dökerek laboratuara götürün.
  - 100 gram numune tartın.
  - Numuneyi jelleşme süresi ölçme aletine yerleştirin.
  - Jelleşme süresini okuyun ve kaydedin.
  - Kontrol numunesi sonucu ile test sonucunu karşılaştırın.

### Ağırlık Ayarlaması :

Bu ayarlama yöntemi yalnızca bazı dışarıdan karıştırmalı püskürtme makinelerinde uygulanabilir.

1. Reçine ve katalizör için uygun boyutlu meme kullanıldığını, püskürme huzmesinin düzgünlüğünü ve şartlarını kontrol edin.
2. Katalizör ve hava basıncını kesin. Katalizör hattındaki basıncı kaldırın.
3. Pompa basıncını düşürün; düzgün dağılımlı bir püskürtme huzmesi sağlayana kadar, yavaş yavaş pompa basıncını arttırın.

*Bu noktaya eriştikten sonra basıncı daha fazla arttırmayın.*

4. Yönlendirici bir boruyu püskürtme memesine dayanarak 400 ml.'lik bir beherglasa 15 saniye süre ile reçine akıtın. İşlemi 3 veya 4 kez tekrarlayın. Net reçine ağırlığını tartın ve kaydedin.
5. Reçine pompasını durdurun ve reçine hattını boşaltın.
6. Katalizör deposu seviyesinin uygun olduğunu ve çıkış vanasının tamamen açık

- olduğunu kontrol edin.
- Katalizör ve hava basınç ayarlarını kontrol edin.
  - Yönlendirici boruyu katalizör memesi/lerine yaslayarak, 100 ml.'lik bir beherglasa 15 saniye süre ile katalizör akıtın. İşlemi 3 veya 4 kez tekrarlayın. Net katalizör ağırlığını tartın ve kaydedin.
  - Katalizör yüzdesini hesaplayın.

### Reçine/Cam Oranı Ayarlaması :

- Kırpıcıyı durdurun-15 saniye süre ile reçine püskürterek numune alın ve standart yöntemlerle tartın.
- Tabancaya reçine, katalizör ve hava beslemesini kesin.
- Kırpıcı ucuna plastik bir torba bağlayın ve 15 saniye süre ile cam elyafı kırıpın.

### KALİTE KONTROLU

Doğru kalite kontrolü, proses sırasında yapılan bir gözlem metodudur. Bu metotla, henüz düzeltilme olanağı varken, üretim sırasında oluşan problemler belirlenir.

Genel olarak, kalite kontrolü, üretim sonrasında yapılan bir muayenedir. Ancak, bu noktada, kalite üzerinde bir "kontrol"dan ziyade, sorunların düzeltilmesi işlemi anlaşılmaktadır. CTP prosesinin ve CTP atölye işletmesinin yapısı gereği ilk kademe yöneticilerin kalite kontrol muayenelerinden sorumlu olmaları gerekir. Bu muayeneler günlük üretim faaliyetleri sırasında yapılmalıdır. Değer yargısı, "Kabul Edilebilir Hata" olarak saptanmalıdır. Bu konuda üst yöneticilerden hat operatörlerine kadar bilinen birçok genel endüstri standartları bulunmaktadır.

*İlk kademe yöneticinin en önemli fonksiyonu kalite kontrolüdür. Çalışan bir ustabaşı, atölyede çalıştığı sürenin çoğunu gözlem yapmak, hataları düzeltmek ve öğretmekle geçirmelidir. Atölye içi yönetim görevleri delege edilmelidir.*

### KALİTE KONTROL PROSESİ İÇİN VARSAYIMLAR

- Spesifikasyona uygunluğu doğrulanmış hammaddede kullanıldığı,

- Bütün araç gerecin düzgün çalıştığı,
- Kalıpların iyi durumda olduğu varsayılmaktadır.

### UYGULAMA SIRASINDA JELKOT KALİTE KONTROLÜ

Aşağıdaki kontrolleri yapın;

- Film kalınlığının uygunluğu,
- Akma ve sarkma olmadığı,
- Sertleşme süresinin uygunluğu,
- Sertleşme mekanizmasının sabitliği,
- Buruşma olup olmadığı,
- Kalıptan ayrışma olup olmadığı,
- Gözeneklilik, küçük delikler ve balık gözü hatalarının olup olmadığı.

### UYGULAMA SIRASINDA LAMİNAT KALİTE KONTROLÜ

Aşağıdaki kontrolleri yapın;

- Hava boşlukları,
- Buruşmalar,
- Uygun cidar kalınlığı
- Reçine zenginliği,
- Reçine eksikliği,
- Laminat içindeki kir ve artık bulunmaması,
- Reçine akması, reçine birikmesi,
- Bindirme ve ek yerlerinin uygunluğu.

### UYGULAMA SIRASINDA YAMA/TAMİR KALİTE KONTROLÜ

Aşağıdaki kontrolleri yapın;

- Hatanın doğru tesbit edilmiş olması,
- Malzemenin doğru uygulanmış olması,
- Doğru katalizör oranı kullanılmış olması,
- Zımparalama ve malzeme hazırlamanın doğru yapıldığı,
- Görünüm kalitesi.

## Atölye Bilgileri: 5

### SANDVIÇ YAPILI CTP KALIPLAMA TEKNİĞİ

#### GİRİŞ

Arasında yapısal bir çekirdek malzeme (sandviç malzemesi) bulunan laminat imal edildiğinde, dış cidarlar ile ara malzeme ne kadar iyi yapıştırsa, laminat mukavemeti de o kadar yüksek olur. Böyle bir sandviç yapının kalitesi aşağıda tanımlanan metod ile garanti edilebilir.

## İLK LAMİNATI İNCELEYİN

1. Uygun sertleşme: Tamamlanmış bir sertleşme, düzgün yapışma şansını azaltır.
2. Reçine birikintileri veya tümsekler, iyi yapılmamış bir laminatta boşluklara neden olur.
3. Hava boşlukları (özellikle radyuslarda), laminatta zayıf bölgeler oluşturur.

## SANDVIÇ MALZEMESİ YERLEŞTİRME METODU

1. Tam yapışmanın sağlanabilmesi için, alt yapıştırma katının en az 1.2 mm. kalınlıkta olması gerekir. Daha kalın bir yapıştırma katı, fazla reçine çıkışına neden olur.
2. Laminat hafifçe reçine zengin olmalıdır. Yani, standart laminatta, %65-70 reçine oranı olurken, bu laminatta, %75-80 reçine oranı bulunmalıdır.
3. Yapıştırma katını tamamen rulolayın, tüm hava boşluklarını giderin. Bu husus, iyi bir yapışmanın sağlanması ve reçine sertleşme problemlerinin giderilmesi bakımından önemlidir.
4. Sandviç malzemesinin arka yüzünü reçine ile ıslatın; reçineyi bir boya rulosu ile iyice yüzeye dağıtın.
5. Sandviç malzemesini, ıslak laminat üzerine bastırın ve rulolayın; her parça üzerine ağırlık yerleştirin.
6. Sandviç malzemesi ve laminat arasındaki reçine köprüsünü kenarlardan gözleyin. Ayrıca, 19 mm.'den ince malzeme kullanıldığında, sandviç malzemesinin reçine emmesini gözleyin.

## SANDVIÇ MALZEMESİ YERLEŞTİRME GENEL PRENSİPLERİ

1. Katalizör oranının %1.25 oranının altına HİÇ BİR ZAMAN düşürmeyin. Hava sıcaklığı yüksek olduğunda da %1.25 oranının altına inmeyin. Jelleşme süresi çok kısaldığı için, reçine sistemini ayarlayın. Her türlü sandviç malzemesi; özellikle Balsa ağacı, reçine sertleşmesini yavaşlatma eğilimi gösterir. Bu nedenle, tam sertleşmeyi sağlayabilecek en düşük katalizör oranının korunması önem taşır. Yavaş sertleşme sonucu "Post cure" nedeni ile yüzeyde iz görülebilir. Sandviç malzemesi olarak PVC köpük kullanıldığında, ıslak reçine üzerinde uzun

süre kalan köpüğün, stirenden etkilenmesi söz konusudur. Bu nedenle çok uzun jelleşme sürelerinden ve düşük katalizör oranlarından kaçınınız.

2. Sandviç malzemesi üzerine aşırı basınç uygulamaktan kaçının. Yapıştırma tabakası kayabilir ve sandviç malzemesi altında boşluklar oluşabilir. 1.20 x 2.4 m.'den büyük olmayan laminatlarda eşitliği sağlamak için, tek defada yapıştırma işlemini tamamlayın.
3. Sandviç malzemesi olarak Balsa kullandığınızda, iç cidarı işlemeyen önce laminatın sertleşmesini bekleyin.
4. Kalite kontrol deneyi olarak, yapışma katı sertleştikten sonra tül kaplı yüzeye bir miktar reçine sürülebilir ve tül çekilerek yapışma kontrol edilebilir.
5. Laminat sertleştikten sonra, bütün yüzey sert bir cisimle vurularak, ses kontrolü yapılmalıdır. Ses farklılıkları, hava boşluğu kaldığını ifade eder.
6. Sandviç malzemeleri temiz ve kuru ortamlarda depolanmalıdır. Sandviç malzemesi olarak Balsa kullanılıyor ise, rutubetin yoğun olduğu yaz aylarında özel önlemler alınmalıdır.
7. Kullanmadığımız malzemeyi yeniden ambalajlayıp, belirtilen depolama koşullarında saklamaya devam edin.
8. Belirli aralıklarla, bir nem ölçer kullanarak Balsa çekirdek malzemenin rutubetini ölçün. Normal rutubet miktarı %7-12 arasındadır. Rutubet %15 oranını geçerse, bu malzemeyi kullanmayın, reçinenin sertleşmesini engelleyebilir.

## KONTRPLAK YERLEŞTİRİLMESİ KONUSUNDA ÖZEL NOT

Kontrplak, polyester reçine ile çok iyi yapışmaz. Bu nedenle, kontrplak bloklarına yapıştırmadan önce, kontrplak levhaların arkalarını

*Araya gömülen kontrplak parça kenarları, mutlaka CTP laminat ile kaplanmalıdır. Bu kaplamada delik ve boşluk bulunmamalıdır. Böyle bir bata sonucu, kontrplak laminattan ayrılabilir veya çürüyebilir.*

reçine ile iyice ıslatın ve laminat üzerine yatırın. Böylece ayrışma olasılığını azaltırsınız.

### UYGULAMA SIRASINDA SANDVIÇ MALZEMESİ YERLEŞTİRİLMESİNİN KALİTE KONTROLU

Aşağıdaki kontrolleri yapın;

1. Yapıştırma katı kalınlığının kontrolü,
2. Yapıştırma katı rulolama işçiliği,
3. Reçine/Cam oranı,
4. Sandviç malzemesi üst yüzeyine reçine penetrasyonu (19 mm.'den ince),
5. Sandviç malzemesi kenarında reçine köprüsü,
6. Sertleşme süresi,
7. Boşluk saptamak amacı ile yüzeye vurma testi.

## Atölye Bilgileri: 6

### HANGİ AMAÇLI, HANGİ TÜR CAM ELYAFI KULLANILMALIDIR?

#### GİRİŞ

1940'lı yıllardan bu yana, değişik cam elyafı tipleri plastiklerin takviyesinde kullanılmaktadır. Bu şekilde, plastiklerin çekme ve eğilme dayanımları, rijitlik ve darbe dayanımları gibi fiziksel özellikleri artırılabilir.

mektedir. Piyasadaki cam elyafı takviye malzemeleri çeşitleri ile günümüzde takviyeli plastik kalıplıycılara geniş bir seçenek yelpazesi sağlamaktadır.

#### İLK CAM ELYAFI

Tarihte cam elyafının ilk kez Fenikel ve Mısırlı sanatçılar tarafından kullanıldığı bilinmektedir. O zamanlarda lifler, cam çubukların ısıtılması sonucunda yumuşatılarak akıtılması şeklinde elde ediliyordu. Kullanım yeri ise yine takviye amacına yönelikti ve çanak, çömlek, amfor gibi ürünlerin sağlamlaştırılmasını sağlıyordu.

Bugün bildiğimiz devamlı cam elyafının geliştirilmesi, 1930'lu yılların sonlarına doğru yapılabildi.

#### GÜNÜMÜZDE CAM ELYAFI

Günümüzde cam elyafı üretimi gerekli hammaddelerin (Kum, Kaolen, Kireç Taşı, Kolemanit) birlikte karıştırılarak bir fırına beslenmesi ile başlar. Bu fırınlar, gaz veya elektrik enerjisi ile yaklaşık 1600°C'ye ısıtılır. Bu sıcaklıkta fırın içinde eriyen hammaddeler camlaşarak cam eriyiğini meydana getirir. Bu aşamada, cam eriyiği, akıtılmak üzere kanallara yönlendirilir. Bu kanalların ucunda bulunan ve elektrik enerjisi ile ısıtılan kovanlar, cam liflerini akıtmak için kullanılır. Her kovanın 10-24 mikron çapında binlerce lif üretilebilir.





Kovan deliklerinden serbest akış ile akan cam eriyiği, mekanik olarak, yüksek hızda dönen bir mandrel üzerine sarılarak, sabit çaplı cam elyafı olarak üretilir. Lifler ayrıca, demetler halinde bir arada tutulabilmesi ve proses sırasında oluşabilecek aşınmalardan korunabilmesi için, bağlayıcı adı verilen bir kimyasal madde ile kaplanır. Bu bağlayıcı, cam elyafının daha sonraki proses işlemleri için gerekli olan temel özellikleri de sağlar. Bu şekilde üretilen ıslak cam lifleri, prosese sokulmadan önce 120-130°C sıcaklıkta, 10-15 saat süre ile hava fırınında kurutulur.

### CAM ELYAFI CİNSLERİ

Kompozisyonlarına bağlı olarak, değişik cam elyafı cinsleri vardır. Bunlar içinde “E” camı elyafının en başta geldiği görülmektedir. Elektrik ve mekanik özellikleri ile maliyetinin iyi bir denge oluşturması sonucu, bu kalsiyum alüminosilikat bileşiminin, kullanılan toplam cam elyafı takviye malzemeleri içinde %90 pazar payına sahip olduğu görülmektedir.

“E-CR”camı, “E” camının modifiye edilmiş şekli olup, asitlere karşı dayanım sağlamak amacı ile kompozisyonunda bor içermemektedir. “E-CR” camı elyafı, genellikle kimyasal dayanım istenen tank ve boru imalatında kullanılmaktadır.

Yüksek mekanik dayanım aranan ürünler için kullanılan cam elyafı cinsleri Amerika’da “S” CAMI; Avrupa’da “R” camı olarak nitelenmektedir. Kompozitin mukavemetini ve rijitliğini arttıran bu cins cam elyafı havaçılık, uzay ve askeri alanlarda, yüksek teknik performans gereksinimi nedeni ile kullanılmaktadır. Ayrıca, nakliye, spor ve dinlenme alanlarında da bazı ürünler için kullanıldığı görülmektedir.

Bunların dışında, mükemmel dielektrik özellikler taşıyan ve elektronik endüstrisinde sıkça kullanılan, “D” camı elyafı ve özellikle yüzey tüllerinde kullanılan kimyasal dayanımlı “C” camı elyafı da bulunmaktadır.

Başlıca cam elyafı cinslerinin kompozisyonları (% olarak) yandaki tabloda görülmektedir.

	A	C	E	R	S
SiO <sub>2</sub>	72.0	64.6	52.4	60.0	64.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.5	4.1	14.4	25.0	25.0
CaO	10.0	13.4	17.2	9.0	---
MgO	2.5	3.3	4.6	6.0	10.3
Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O	14.2	9.6	0.8	---	0.3
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	---	4.7	10.6	---	---
BaO	---	0.9	---	---	---

Tablo 5.1: Cam Elyafı cinsleri

### CAM ELYAFI NASIL “TAKVİYE” SAĞLAR

Polimer matrisin mekanik dayanımı, cam elyafının mekanik dayanımına oranla daha düşüktür. Takviye olayı, uygulanan yük altında, zayıf olan polimer matrisin, gerilmeleri çok daha güçlü cam lifleri üzerine aktarması sonucu oluşur.

İyi bir kompozitte, gerilim altında bulunduğu sürece, lif uzaması, matrisin uzamasından daha az; lif rijitliği, matris rijitliğinden daha yüksek olmalıdır.

Elyaf-matris arasında gerilim aktarımı, değişik etmenlere bağlıdır.

1. Cam lifleri üzerine kaplanan, bağlayıcının matris ile uyumu,
2. Cam elyafı takviye miktarı,
3. Cam elyafı takviye malzemesinin yönlendirilmesi,
4. Cam elyafı takviyesinin elyaf çapı.

Cam elyafı üzerine kaplanan bağlayıcının fonksiyonlarından biri de, elyaf-matris arasında kimyasal bir bağ oluşturmaktır. Matris ile uyumlu olan bağlayıcı elyaf ile matris arasında daha kuvvetli bir kimyasal bağ oluşturduğundan, matris üzerine uygulanan gerilimin lifler üzerine daha kolay ve verimli aktarılması mümkün olur.

Diğer taraftan, genel olarak, mukavemet matris içindeki cam elyafı takviyesi miktarı ile doğru orantılı olarak yüksektir. Yani, matrisin aktaracağı gerilim daha fazla cam elyafı takviyesi tarafından karşılanır.

Cam elyafı takviyesinin belirlenmiş bir yönde yerleştirilmiş olması halinde, belirlenmiş bu yönde gerilim aktarımının devamlılığı sağlanmaktadır. Dolayısı ile en iyi yük taşıyıcılık için liflerin yoğun olarak yönlendiği doğrultunun, etkili yük ile aynı doğrultuda olması gerekir.

Gerilim aktarımının yükseltilmesinde elyaf çapının da rolü vardır. Elyaf çapının küçük olması, birim ağırlık başına gerilim aktarılan elyafın temas yüzeyini arttırmakta, dolayısı ile gerilim aktarımı daha yüksek olabilmektedir.

### CAM ELYAFI TİPLERİ

Cam elyafı takviye malzemeleri, devamlı ve kesikli olarak iki tipte üretilmektedir.

Devamlı cam elyafı tipleri: Fitol, dokunmuş fitil, iplik, kumaş, çok katlı dokunmamış fitil ve devamlı demetli keçedir. Kesikli cam elyafı tipleri; kırılmış demetler, kırılmış demetten keçeler ve öğütülmüş liflerdir.

## CAM ELYAFI ÇEŞİTLERİ

**a) Fitol:** Devamlı yapıya sahip bir cam elyafı takviye malzemesidir. Çok sayıda delik içeren kovanlardan akan cam liflerinin doğrudan doğruya sarılması ile "Direkt Sarma Fitol veya Tek Uçlu Fitol" olarak üretilebildiği gibi, daha az sayıda delik içeren kovanlardan üretilen cam elyafı demetlerin birbirine paralel olarak bükülmeden sarılması ile, "Bileşik Fitol veya Çok Uçlu Fitol" olarak da üretilebilir.

Fitol ürünleri, 10-24 mikron çapında liflerden oluşur ve genellikle 1000 metre uzunluğu 600, 1200, 2400 ve 4800 gram ağırlığında olacak şekilde üretilir. Kullanım yeri ve prosesine bağlı olarak, sertlik, lifler arasında eş gerilim, kayganlık ve kolay kırılabilme gibi farklı özellikler fitillere kazandırılabilir.

Özel olarak üretilen ve "Spun Rovıng" adı verilen düğümlü fitilde ana doğrultuya dik yönde takviye sağlayan, ilmekler bulunmaktadır. Bunun amacı; tek yönlü takviye edilmiş pultruzyon ürünleri gibi kompozitlerde, yanal mukavemeti arttırmaktır.

Fitol çeşitleri ve kullanım alanları şöyle sıralanabilir:

Tek Uçlu Fitiller	Elyaf sarma ve pultruzyon metodu Dokuma Amaçlı
Çok Uçlu Fitiller (Kırpma Fitilleri)	Püskürtme metodu Hazır kalıplama pestili üretimi Devamlı levha üretimi PA Termoplastik Takviyesi için Fitol
Düğümlü Fitiller	Pultruzyon metodu Santrifuj Kalıplama Uygulamaları için

Genellikle "R" camı elyafından yapılmış fitillere en yaygın olarak epoksi reçine emdirilerek yapılan "Stratipreg veya Prepreg" ismi verilen bir diğer cam elyafı takviye malzemesi de elyaf sarma metodu ile yüksek mekanik dayanım aranan depo ve borularda otoklavda kalıplanmak üzere kullanılmaktadır.

**b) Dokunmuş Fitol:** Dokuma amacı ile üretilmiş fitillerin belirli bir düzen içinde dokunması ile yapılan cam elyafı takviye malzemesidir. El yatırması metodu ile yapılan kalıplamalarda da-

ha yüksek mekanik dayanım sağlamak amacı ile kullanılır. Ayrıca, özel dokuma tipleri ile, fenolik reçine emdirilerek kesme taşlarının üretiminde de kullanılır.

**c) Cam Elyafı İplik:** Cam elyafı demetlerinin bükümlü hale getirilmesi ile elde edilen takviye çeşididir. Genellikle dokunmuş kumaş olarak, plastiklerin takviyesinde kullanılır.

**d) Kumaş:** Cam elyafı ipliklerinden dokunmuş kumaşlardır. Genellikle epoksi reçine takviyesinde kullanılır. Başlıca uygulamaları, baskılı devre üretimi, devre kesici tüpleri üretimi gibi elektrik araç gereç üretimidir.

**e) Dokunmamış (non-woven) Fitol:** Belirli yön/lerde mukavemet sağlamak amacı ile tek kat veya çok kat olarak dokunmadan bir arada tutturulmuş takviye ürünleridir. Özellikle yüksek mekanik dayanım ve hassasiyet aranan havacılık ve uzay sektöründe kullanılır.

**f) Devamlı Demetli Keçe:** Kovandan akan liflerin, düzgün dağılımlı tabakalar oluşturacak şekilde yayılmasından oluşan cam elyafı takviye çeşididir. Bu şekilde yayılan lifler, ikinci bir bağlayıcı kullanılarak bir arada tutulur. Bağlayıcı cinsi ve miktarı, öngörülen uygulama alanına bağlıdır. Başlıca kullanım alanları; önceden şekillendirilerek (preform) veya baskılı devre plakası üretimleridir Ayrıca köpük takviyesinde de kullanılır.

**g) Kırılmış Demetler:** Cam elyafı demetlerinin 3-12 mm. uzunluğunda kırılmış şeklidir. Termoplastik reçineler ve termoset reçinelerin takviyelerinde kullanılır. Kullanım alanı ve takviye edilen reçine özelliklerine bağlı olarak, demet bütünlüğü, akma ve reçine uyum özelliklerine sahiptir.

**h) Kırılmış Demetten Keçeler:** Bu cam elyafı takviye çeşidi, 50 mm. uzunluğunda kırılmış cam elyafı demetlerinin, stirende çözünür bir bağlayıcı ile bir arada tutulmasından oluşmaktadır. Kullanılan bağlayıcı miktarı, proses gereklilerine ve bitmiş ürün özelliklerine bağlı olarak %3-10 arasında değişmektedir. Kırılmış demetten keçeler,

açık kalıplama metodu ile yapılan kalıplamalarda ve çift film arasında devamlı veya kesikli levha kalıplamasında kullanılır.

**i) Öğütülmüş Lifler:** Öğütme işlemi sonucunda, uzunlukları 0.1-0.2 mm.'ye düşürülmüş cam elyafı takviye malzemesidir. Bu liflerin çapları, 10-17 mikron arasında değişir. Öğütülmüş liflerin başlıca kullanım alanı, termoplastik reçinelerin ve poliüretan reçinenin takviyesidir.(RRIM). Kompozit'in, rijitlik, boyut stabilitesi ve darbe dayanımı gibi özelliklerini yükseltmek için öğü-

tülmüş lif boyu çok kısa olduğundan, bu takviye malzemesi, diğer kompozitlerin takviyesinde genellikle kullanılmaz.

Kompozitlerin takviyesinde ayrıca, devamlı veya kırılmış demetten keçe gibi dokunmamış türünlerle, dokunmuş kumaşların bir araya getirilmesiyle oluşturulan çok katlı takviye malzemeleri de, dikilerek, iğnelenerek veya üç boyutlu preformlar halinde, özellikle reçine enjeksiyonu gibi kapalı kalıplama metodlarında kullanılmaktadır.

### **KALIPLAMA METODLARI VE KULLANILAN CAM ELYAFI ÇEŞİTLERİ**

Piyasada bulunan çok sayıda cam elyafı takviye çeşidi, kalıplayıcılar için geniş bir seçenek sağlamaktadır.

Açık kalıplama ile yatırma yönteminde, keçeler dokumalar ve "non woven"lar sıvı reçine ile ıslatılarak, el ile rulolamanın, vakum veya basınçlı torba ile kalıplamanın yeterli olduğu düşük basınç altında birlikte sertleştirilir.

Püskürtme metodunda, devamlı fitil, kırılarak, reçine ile birlikte kalıp yüzeyine püskürtülür. Rulolama, bu metotta normal olarak yapılır, ancak yeni çıkan özel reçineler, bu işlemi ortadan kaldırmaktadır.

Düşük basınçta kapalı kalıplamada, özellikle reçine enjeksiyonu; RRIM ve SRIM metodlarında cam elyafı takviyesi (keçe, preform ve bunların kombinasyonu), kalıp kapatılmadan önce belirlenmiş şekilde yerleştirilir veya cam elyafı RRIM metodunda, kalıp reçine ile doldurulmadan önce reçineye karıştırılır. Preformlar genellikle, kırılmış fitil ve bağlayıcının bir mastar üzerine birlikte püskürtülmesiyle veya, keçenin veya cam elyafı takviyesinin termoform ile şekillendirilmesiyle hazırlanır. Maçalı kalıplarda basınç ile, enjeksiyon ile veya otoklavda yapılan kapalı yüksek basınç kalıplamalarında genellikle önceden kombine edilmiş takviye ve reçine kullanılarak maliyet avantajı sağlanır.

Cam elyafı, kırılmış demetler halinde termoset reçinelerle bir mikser ile karıştırıldığında BMC hazır kalıplama hamuru olarak; termoplastik reçinelerle ekstrüzyon bileşim makinelerinde granüle bileşim olarak hazırlanır. Uzun lifli termoplastik bileşimler ise, devamlı cam elyafının reçine emdirilerek, ekstrüzyon makinesinden çekilmesiyle hazırlanır.

Hazır Kalıplama Pestili (SMC) ve Keçe Takviyeli Termoplastik (GMT), tesadüfi yönlendirilmiş kırılmış demetlerin veya devamlı demetlerin,

devamlı olarak reçine ile ısıtılması ile hazırlanır. Bazı hallerde; mukavemet değerlerinin yükseltilmesi amacıyla, makine doğrultusu boyunca, devamlı fitil de ilave edilmektedir. Prepreg şeritler, devamlı fitillerin ve iki yönlü dokunmuş kumaşların reçine ile ıslatılması ve bazı termosetlerde kısmen sertleştirilmesi ile ve termoplastiklerde oda sıcaklığına soğutulması ile hazırlanır. Bu malzemelerin her iki türü de otoklav kalıplamada olduğu gibi, ısı ve basınç uygulanarak, son ürün şekli verilmeden önce, makine yardımıyla önceden şekillendirilmektedir.

Düz ve oluklu levhalar, boru ve tanklar ile devamlı çubuk ve profiller sırası ile; devamlı levha kalıplama, pres kalıplama, elyaf sarma ve pultrüzyon metodları ile yapılabilir.

### **KOMPOZİTLERİN ÖZELLİKLERİ**

Kompozitlerin, parça bütünlüğü, hafiflik, yüksek mekanik mukavemet, darbe dayanımı ve uzun kullanım ömrü gibi özellikleri, çok geniş kullanım alanlarında avantaj sağlamaktadır.

Çok fazla bilinmemekle birlikte, cam elyafı elastik bir malzeme değildir. Yani, yük altında düzgün olarak kopma noktasına kadar uzayan cam elyafı, çekme yükünün kalkması sonucunda herhangi bir akma özelliği göstermeden başlangıç boyutuna döner.

Diğer metallerde ve organik liflerde bulunmayan, bu elastik özellik ve yüksek mukavemet özellikleri, cam elyafına büyük miktarda enerjiyi, kayıpsız olarak depolama ve bırakma olanağını sağlamaktadır. Bu özellikle birlikte dinamik yorulma dayanımı, aşınmaya karşı korunması koşulu ile otomobil, kamyon amortisör yayları ve mobilya yayları gibi ürünlerin, cam elyafı takviyeli plastik malzemeden yapılabilmesini sağlamaktadır.

Cam elyafı takviyeli plastiklerde mukavemeti etkileyen bir diğer etmen, cam elyafı takviyesinin yönüdür ve yönlendirme, cam elyafının reçine ile kaplanabilirliğini de etkiler. Dolayısıyla, cam elyafı takviye miktarının artışı ile birlikte mukavemeti de yükseltir.

Örnek olarak, belli bir hacimde tek yönlü takviye ile %80-85 cam elyafı kaplanabilirken, tesadüfi yönlendirilmiş takviye kullanıldığında, aynı hacimde en çok, %65 oranında takviye sağlanabilmektedir.

Bu üstün özelliklere rağmen, kompozitlerin yük taşıma kabiliyetinde zamanla azalma görülmektedir. Bu nedenle, tasarım yapılırken uygun bir emniyet faktörü öngörülerek, ani

kırılmaların önüne geçilmesi gereklidir. Zamanla bağlı olarak mukavemetin azalması, çekme dayanımının başlangıç değerinin 2/3'üne çok kısa sürede düşmesi ve 1/2'sine 50 yıl gibi bir sürede düşmesi şeklinde görülmektedir.

## Atölye Bilgileri: 7

### KALIPLAMADA KULLANILAN ARAÇ GEREÇLER

#### GİRİŞ

Mevcut kalıplama proseslerinin çokluğuna paralel olarak birçok üretim gereçleri gereklidir. Bu bölümde el yatırması ve püskürtme yöntemleri ile reçine enjeksiyonu, transfer kalıplama ve bunlara bağlı proseslerde kullanılan gereçler tanıtılmaktadır. Sıcak pres kalıplama, çekme, elyaf sarma, enjeksiyon veya transfer kalıplama ve devamlı laminat proseslerinde kullanılan daha özel gereçler bu bölüm kapsamında tutulmuştur. Püskürtme gereçleri en çok polyester reçine sistemleriyle kullanılmak için tasarlanmıştır. Ancak epoksi reçine sistemleri için özel olarak tasarlanmış gereçler de mevcuttur. Bu tür gereçlerde farklı ölçüm aygıtları ve çeşitli viskozitede reçineler kullanılmaktadır.

Püskürtme gereçleri yalnızca jelkot püskürtmek için veya kırılmış elyaf ve katalizlenmiş reçine sisteminin birlikte püskürtülmesi için kullanılabilirler.

#### GENEL GEREÇLER

##### Rulolar

Rulolar el yatırması ve püskürtme yöntemlerinde kullanılan gereçlerin en önemli bölümünü teşkil eder. İslatma ruloları ve yatırma ruloları olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

İslatma Ruloları:

İslatma ruloları, genellikle yünden yapılmışlardır. Hem kalıp

yüzeyine hem laminata reçine sürülmesi için kullanılırlar. Değişik çap ve genişlikte olabilirler. Bu değişik boyutlar kullanıcının gereksinimlerini karşılamak amacı ile yapılmaktadır.

Yatırma Ruloları:

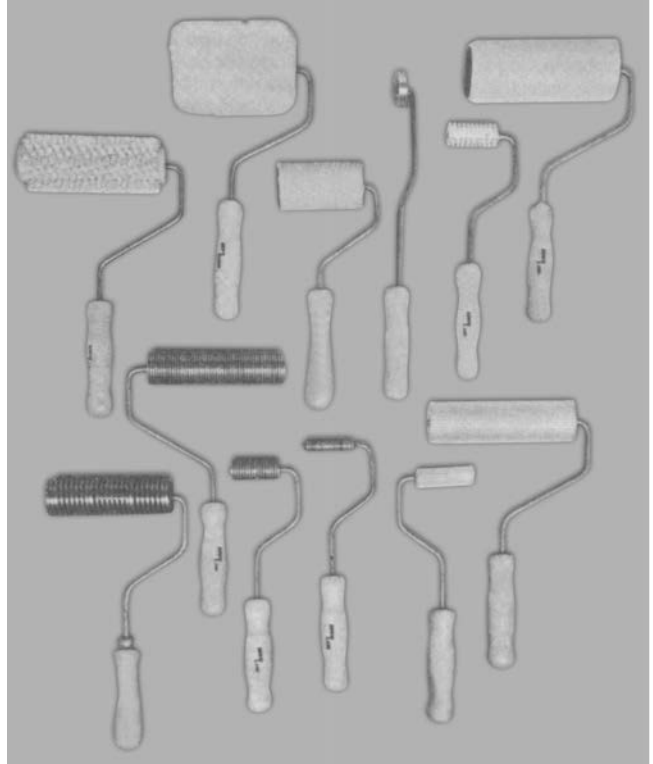
Yatırma ruloları laminatın sıkıştırılması ve yatırma sırasında laminat katları arasında kalan hava kabarcıklarını çıkarmak için kullanılırlar. Her türlü kalıplama için gerekli, farklı tipleri bulunmaktadır. Aşağıda bunlar anlatılmaktadır:

a) Kıl ruloları:

Polipropilen veya tahta üzerine tutturulmuş naylon kıllardan meydana gelmişlerdir. Laminat katları arasında kalan hava kabarcıklarının, kılların nüfuz ederek çıkarılması amacı ile kullanılırlar.

b) Oluklu Rulolar

Bunlar, oluklu bir dokuma ile kaplanmış rulolardır. Laminatı sıkıştırmak veya hava kabarcıklarını çıkartmak için kullanılır.



CTP üretiminde kullanılan rulo örnekleri

## c) Islatıcı Rulolar:

Metal veya plastikten yapılmış geniş veya dar ıslatıcılardan meydana gelirler. Plastikten yapılmış geniş veya dar ıslatıcılar tek parçalıdır. Laminatın köşelerde ve kenar kısımlarında yatırılması için kullanılan tek, iki ve üç ıslatıcı rulolar mevcuttur.

## d) Dikey Dişli Rulolar:

Islatıcı rulolara benzer çeşitli dikey dişli rulolar mevcuttur. Bunlar blok sert malzemenin yapılar ve dikey ve çevresel biçimde dişlere sahiptir. Teflon veya polietilen kaplı alüminyumdan yapılmış olanları mevcuttur.

## e) Yatay Dişli Rulolar: Bunlar ruloların uzunluğu boyunca uzanan çıkıntılar taşıyan alüminyumdan yapılmış rulolardır, çabuk ıslanma, iyi hava çıkışı sağlarlar ve geniş uygulama alanları vardır.

## f) Yaylı Rulolar:

Çelik yaylardan oluşurlar. Bu nedenle her yönde esneme özelliğine sahiptir. Kavisli yüzeylerde laminatı yatırmak için kullanılırlar. Sertleşmiş reçine uygun solvent kullanılarak temizlenebilir. Temizlik amacı ile rulolar yakılmamalıdır. Çünkü bu işlem çelik yayların niteliğini bozabilir. Tüm bu rulolar değişik boy ve çaplarda mevcuttur. Ayrıca uzun ve kısa saplı olanları da vardır.

**Fırçalar**

Fırçalar jelkot sürülmesi ve reçinenin özellikle kenar ve köşelerde takviye malzemesine emdirilmesi için kullanılır. Açık renkli CTP üretimi sırasında, açık renk fırçalar kullanılması uygundur. Böylelikle sertleşmiş reçine sistemi üzerinde fırçadan düşen kılınların görünmesi engellenir. Jelkot uygulamalarında, fırça izlerini ve çizgilerini engellemek için uzun kılı geniş fırçaların kullanılması uygundur.

**Katalizör Ölçme Aygıtları**

El yatırması ve diğer proseslerde katalizörün düzenli ve ölçülü şekilde katılması gerekir. Karışım hatalarını ortadan kaldırmak amacı ile katalizör ölçme aygıtları kullanılır. Değişik tür ve nitelikte aygıtlar mevcuttur. En basit tipi sıkılabilen plastik şişedir. Bu aygıtta, plastik bir şişe içerisinde, sıkdıkça dışarıya katalizör püskürttürebilen bir tüp çıkar ve bir ölçeği doldurur. Şişe sıkdıkça ölçek içerisine dolan katalizör istenen miktara ulaştınca, ölçek kısmın-

dan reçineye boşaltılır. Bu tür ölçme aygıtlarının basit ve karmaşık şekilde çalışan değişik tipleri vardır.

**Karıştırma ve Ölçme Makineleri**

El yatırması yöntemlerinde kullanılan reçinenin gerekli miktarlarda olması ve karışım hatası olmaması amacı ile değişik firmalar ölçme ve karıştırma makineleri üretmişlerdir. Karıştırıcılar reçineye katılan katalizörün kap içerisinde dağılmasını sağlarlar. Önceden hızlandırıcı katılmış reçine ve katalizör karışımından basit bir pompa ile gerekli miktarda çekilir ve kaba aktarılır. Bu tür basit makineler tartım işlemini ve karıştırma cihazlarının kullanımını gereksiz kılar.

Ayrıca levha üretimi ve elyaf sarma gibi mekanik proseslerde, önceden belirlenen miktarda hızlandırıcısı katılmış reçinenin ve katalizörün küçük karışım bölgelerinde karışmasını sağlayacak basit makineler de vardır. Bu tür makinelere, istenildiği takdirde solventle temizleme üniteleri de ilave edilebilir.

**Döküm Makineleri**

Bunlar standart ölçme ve karıştırma makinelerine benzer basit ünitelerdir. Tek farkı, dolgu reçine sistemleriyle kullanılabilme özelliğine sahip olmalarıdır.

**Karıştırıcılar**

Katalizörün, hızlandırıcısının, pigmentlerin ve dolgu maddelerinin reçine içinde karışmasını sağlamak için çeşitli karıştırıcılar gerekebilir. Bunlar havayla veya elektrik motorlarıyla çalıştırılabilirler.

Polyester reçineler gibi kolayca alev alabilen malzemelerin karıştırılmasında havayla çalışan karıştırıcılar kullanılır. Böylelikle elektrik motorunda çıkabilecek kıvılcımdan malzemenin alev alması önlenir. Dolgu maddeler karıştırılacağı zaman, yavaş dönen veya Z-bıçaklı karıştırıcılar gerekir. Benzer karıştırıcılar hamur hazır kalıplama bileşimlerinin hazırlanmasında da kullanılır.

**POLYESTER REÇİNE SİSTEMLERİ İÇİN PÜSKÜRTME GEREÇLERİ**

Polyester reçine sistemlerinde kullanılan püskürtme gereçleri katalizör enjeksiyon, katalizör püskürtme ve çift kap sistemi ile çalışan üç tipe ayrılabilir. Bu sistemlerin her birinde cam elyafı kırıcı ünitesi bulunan bir püskürtme tabancası vardır.

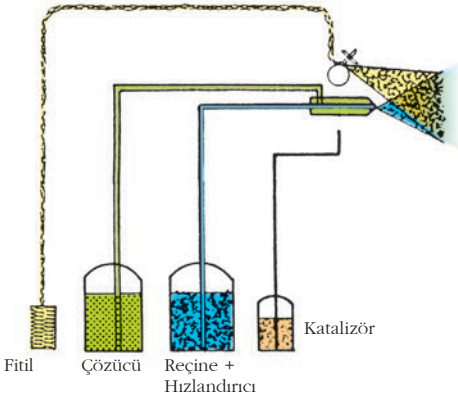
Kırpıcılar cam elyafını 12-63 mm. arasında değiştirebilen boyutlarda kırabilmektedir.

Ölçme gereçleri ve reçine / katalizör kapları makine üzerinde veya duvara asılı olabilir.

Ayrıca cam elyafını ve makinenin hortumlarını taşımak için özel bir sistem bulunur. Makine çıkış gücü, seçilen ünitenin cinsine ve boyutuna göre değişir. Ve üretimin gerektirdiği şekilde ayarlanabilir. Reçine sistemi içerisine basınçlı hava sokulmaması , hava kabarcıklarını önlemesi ve aşırı miktarda püskürtme olanağı tanınaması nedeni ile genellikle havasız püskürtme sistemleri tercih edilir.

### Katalizör Enjeksiyonu

Katalizör enjeksiyonu sisteminde, katalizör ve reçine, püskürtme tabancasına bir pompa vasıtasıyla veya bir basınçlı kaptan basınç ile çekilir. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4: Katalizör Enjeksiyonu Sistemi

Pompa sisteminde, sıvı katalizör, katalizör pompası ile püskürtücü tabancanın karışma kısmına çekilir ve burada önceden hızlandırıcı katılmış reçineyle karışır ve pompalanarak püskürtme kafasına gelir. Reçine ve katalizör pompaları kombine olarak çalışır. Bu nedenle reçinenin veya katalizörün viskozitesinden bağımsız olarak gerçek oranlama yapılabilir. Katalizör miktarının %0,5-%5 arasında değişmesi ayarlanabilir. Püskürtücü kafada polyester ile katalizörün karışması statik veya mekanik olarak sağlanabilir. Kullanılan katalizör kendi kabından çekilebilir. Böylece katalizör içinde yabancı madde bulunma olasılığı ortadan kaldırılır. Reçine ise çelik veya plastik varilden veya bir başka depodan sağlanabilir. Basınçlı kaptan basınçlı çekme sisteminde, katalizör püskürtme kafasına içinde bulunduğu kaptaki düşük

basınç aralığı ile gönderilir ve reçine içerisine enjekte edilir. Karışma püskürtme memesinin önündeki karışma haznesinde olur.

Tek veya iki püskürtme memeli püskürtme tabancaları mevcuttur. Tek memeli tabancalar, kalıbın girift kısımları için veya düşük çıkış gücü istendiğinde tercih edilir. Tek memeli tabancalarda kırpıcı ünite püskürtme memesinin üzerinde bulunur ve kırılmış cam elyafının reçine akımının içerisine düşmesini sağlayacak şekilde ayarlanır. İki memeli tabancalarda, kesici ünite, kırılmış elyafı, iki püskürtme memesi arasında püskürtür. Bu nedenle kırılmış elyaflar kalıba değmeden veya püskürtülen reçine üzerinde reçine ile tamamen ıslanır. Her iki memeden de aynı nitelikte reçine karışımı püskürtülür.

Kullanımdan sonra karışma haznesinin ve püskürtme memelerini temizlenmesi için bütün tabancalarda solvent püskürtme sistemi de mevcuttur. Tabancalar ve kesici üniteler pnömatik motorlarla çalışırlar.

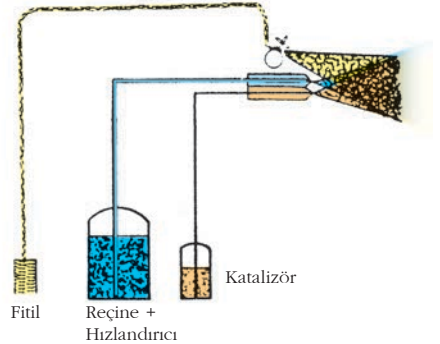
### Katalizör Püskürtme

Katalizör enjeksiyonunda kullanılan gereçlere benzer gereçler kullanılır. (Şekil 5.5)

Aradaki fark reçinenin katalizörle karışımının püskürtme memesi içinde değil, dışında olmasıdır. Bu da katalizörün reçineden ayrı bir püskürtme memesinden püskürtülmesiyle sağlanır. Böylece tabanca memesinin devamlı olarak asetonla temizlenme gereksinmesi ortadan kaldırılmış olur. Ayrıca, aseton kullanımı olmasından dolayı yangın riski de azalır.

### Çift Kap Sistemi

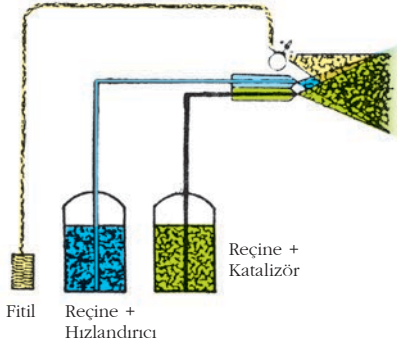
Çift kap sisteminde genellikle iki basınçlı kap kullanılır. Biri reçine artı katalizör karışımını, diğeri reçine artı hızlandırıcı karışımını içerir. Bu iki bileşim doğrudan doğruya püskürtme



Şekil 5.5: Katalizör Püskürtme Sistemi



memesi hortumlarına çekilir. İki bileşimin karışımı ya püskürtme memesinde sağlanır ve bir memeden doğrudan doğruya püskürtülür veya iki ayrı memeden doğrudan doğruya püskürtülerek iki bileşimin karışımı tabanca memesi dışında sağlanır. Kırpıcı yerleşimi püskürtülen cam elyafının polyester reçine ile en iyi şekilde ıslanmasını sağlayacak şekilde yapılır. Basıncı kaplarla veya basıncsız kap kullanılan kombine pompalarla uyum sağlayan ölçüm gereçleri püskürtme makinesine takılabilir. (Şekil 5.6)



Şekil 5.6: Çift Kap Sistemi

### Dolgu Maddesi Püskürtme Gereçleri

Reçine ve kırılmış cam elyafı ile birlikte kurutulmuş dolgu maddelerini püskürtebilen tabancalar da vardır. Bu tabancalar reçine içine karışmış hafif dolgu malzemelerini püskürtmek amacıyla kullanılırlar. Böyle bir tabanca ilavesi ile dış yüzeylerde polyester / cam elyafı bileşimi dolgunsuz olarak; iç kısımda ise dolgu polyester cam elyafı veya cam elyafsız olarak sandviç konstrüksiyon üretimi mümkün olur. Piyasada bulunan püskürtme tabancalarının büyük bir çoğunlukla püskürtme memelerinin değiştirilmesi ile dolgu sistemleri püskürtebilir hale getirilebilirler. Dolgu sistem kullanılması halinde, tabancada ve borularda aşırı aşınmalara mani olmak için mümkün olduğu kadar aşındırıcı olmayan dolgu malzemeleri kullanmaya dikkat edilmelidir.

### Flok Tabancalar

Piyasada, fitili 3 mm. boyunda kırıp jelkot üzerine püskürtmek için tasarlanmış özel kırpıcı tabancalar mevcuttur. Jelkot yüzeyini düzgün pürüzsüz hale getirmek ve laminatın daha iyi yapışmasını sağlamak için kullanılır. Bu yöntem jelkot tabakası ile laminat arasında kalma olasılığını da ortadan kaldırdığı için yarar-

lıdır. Elyafı 12, 17 ve 35 mm boyunda kırpan diğer kırpıcılar da aynı tabancaya yerleştirilebilir.

### Fital Kırpıcılar

Püskürtme tabancalarıyla kullanılmak üzere tasarlanan bu tür kırpıcılardan başka bağımsız uygulamalar için de daha büyük boyutlu kırpıcılar bulunmaktadır. Bunlar elyaf sarma makineleriyle birlikte fitillerin arasına kırılmış cam elyafı yerleştirmek için; devamlı levha üretiminde veya levha hazır kalıplama bileşimi üretiminde kullanılabilir.

### CAM KEÇE ISLATMA GEREÇLERİ

Fital dokuma veya keçe kullanıldığında veya bir diğer deyişle üretici el yatırması yöntemini tercih ettiğinde, otomatik karıştırma ile el yatırması yöntemini bağdaştıran gereçler de mevcuttur. Bu gereçlerin kullanımı, tekne, inşaat panelleri gibi geniş kalıplama yüzeyleri olan üretimler için uygundur. Bu mevcut gereçler katalizör enjeksiyon prensibi ile içeride karışım sağlar. Bu katalizörlü karışım yün rulolarla veya solvante dayanıklı boya fırçaları üzerine pompalanır. Bu yöntemle, ayrı bir karıştırma kabı kullanmadan reçine gereken yerlere, gereken miktarda uygulanabilir. Karışma haznesini ruloları veya fırçaları temizlemek için ayrı bir temizleme mekanizması vardır. Temizleme yalnız başına solvent veya hava/solvent karışımı ile yapılabilir.

### JELKOT UYGULAMA GEREÇLERİ

Jelkot; fırça, rulo yardımıyla, elle sürülebileceği gibi, püskürtülerek de uygulanabilir. Püskürtme ile jelkot uygulamalarında çoğunluğu havasız püskürtme sistemiyle çalışan değişik püskürtme tabancaları kullanılır. Bunlar katalizör enjeksiyon veya çift kap sisteminde çalışabilirler. Karıştırma, homojen bir karışma elde etmek amacıyla elle püskürtme memesinde, veya karışımın kalıp yüzeyine değmeden sağlanması şartı ile dışarıda yapılabilir. Jelkot yüzeyinde pütürlülüğü önlemek amacıyla, ayrıca ısıtma tertibatları da bulunmaktadır. Özenli bir tasarım ile püskürtme kafalarından hava taşınması ve stiren çıkışı minimumda tutulabilir. Jelkot; fırça, rulo yardımıyla, elle sürülebildiği gibi, püskürtülerek de uygulanabilir. Püskürtme ile jelkot uygulamalarında çoğunluğu havasız püskürtme sistemiyle çalışan değişik püskürtme tabancaları kullanılır. Bunlar katalizör enjeksiyon veya çift kap sisteminde çalış-

şabilirler. Karıştırma, homojen bir karışma elde etmek amacı ile püskürtme memesinde, veya karışımın kalıp yüzeyine değmeden sağlanması şartı ile, dışarıda yapılabilir. Jelkot yüzeyinde pütürlüğü önlemek amacı ile, ayrıca ısıtma tertibatları da bulunmaktadır. Özenli bir tasarım ile püskürtme kafalarından hava taşınması ve stiren çıkışı minimumda tutulabilir.

Basınçlı kap sisteminde reçine ve katalizörün her ikisi de, basınçlı kaplarda bulunur ve püskürtme tabancasına basınç altında verilir. Reçine bir boru vasıtasıyla çekilirken, katalizör atomize hava içine enjekte edilir. Püskürtme memesinde meydana gelen karışım beraberce dışarı püskürtülür. Yer çekimi ile çalışan tek kaplı püskürtme tabancaları da mevcuttur. Bu tür tabancalar kullanıldığında, reçine önceden karıştırılmalı ve oldukça uzun jelleşme sürecine sahip olmalıdır.

### REÇİNE ENJEKSİYON GEREÇLERİ

Çeşitli üreticiler reçine enjeksiyon veya reçine transfer kalıplama prosesleri için tasarlanmış gereçler üretmektedir. Bu gibi gereçler katalizör enjeksiyonu prensibinde çalışır. Çekilen malzeme miktarının ölçümü sağlanabilir. Karışım içte meydana gelir. Karıştırıcılar karışım ve pompalama sırasında hava kabarcığı oluşmasını önleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bazı gereçlerde sabit miktarda reçine kullanımı kontrol edilebilir. Bütün gereçler, karışım memelerinin ve karışım borularının temizlenmesi için solvent püskürtme tertibatına sahiptir.

## Atölye Bilgileri: 8

### CTP KALIPLAMASINDA RASTLANAN BAŞLICA HATALAR

#### GİRİŞ

Bu bölümde CTP üretimi sırasında rastlanabilecek belli başlı hatalar tarif edilecek ve bunların sebepleri ile hatalara karşı alınacak önlemler anlatılacaktır. Hatalar önce genel olarak anlatılacak, daha sonra spesifik proseslere ilişkin hatalar belirtilecektir.

### POLYESTERDE RASTLANABİLECEK BAŞLICA HATALAR

Bu kısımda el yatırması ve püskürtme yöntemleri ile CTP üretimi sırasında rastlanan hatalardan söz edilecektir. Püskürtme yöntemi-ne has hatalar ileriki kısımlarda ayrıca irdelenecektir.

#### Buruşma (Fil Derisi)

Jelkot uygulaması sırasında belirebilecek hataların en çok rastlananıdır. Sebebi, jelkot reçinenin yeterince sertleşmesi beklenmeden cam elyafı işlenmesine başlanmasıdır. Cam elyafı işlenirken kullanılan polyesterdeki stiren monomeri jelkot'un bir kısmına karşı çözücü etki gösterebilir ve buruşmaya neden olur.

Bir diğer buruşma sebebi, jelkot'un gereğinden fazla kalın kullanılmış olması veya üzerinden sıcak hava cereyanı geçirilmesidir. Her iki halde de yüzeyde kısmi bir sertleşme görülmesine rağmen, tamamı sertleşmeden işleme devam edilmesi olasıdır.

Bu hatanın görülmemesi için alınacak önlemler şöyle sıralanabilir;

1. Jelkot kalınlığını kontrol edin.  
(0.3-0.5 mm. / 400-500 gr./m<sup>2</sup>).
2. Jelkot için kullandığımız katalist formülasyonunu kontrol edin.
3. Katalist sisteminin jelkot'a iyice karışıp karışmadığını kontrol edin.
4. Jelkot'a kattığımız renk pastasının sertleşme süresine etkisini kontrol edin.
5. Atölye sıcaklığının 18-20°C'nin altına düşmemesini sağlayın.
6. Jelkot'un yeterince sertleşmesini bekledikten cam elyafı uygulamasına başlamayın.



Buruşma (Fil Derisi)

### Küçük Delikcikler

Küçük delikcikler jelkot'un jelleşmesinden önce içinde küçük hava kabarcıkları (habbecikler) kalmasından kaynaklanır. Ayrıca, çalışmaya başlamadan önce kalıp yüzeyinde toz bulunması da küçük delikciklerin oluşması sebebidir.

Bu hatanın görülmemesi için alınacak önlemler şöyle sıralanabilir;

1. Kalıp yüzeyinde toz olmamasına dikkat edilmelidir.
2. Jelkot viskozitesi kontrol edilmeli ve gerekirse az miktarda stiren ile seyreltilmelidir. Stiren bulunmadığı taktirde, %50 oranında polyester ilave edilebilir.
3. Katalist sistemini ve renk pastasını jelkote ilave edip karıştırırken, hava kabarcığı bırakmamaya dikkat edilmelidir.



Küçük Delikcikler

4. Kötü kaliteli kalıp ayırıcı kullanılması halinde küçük delikcikler oluşabilir. Bu sebeple kalıp ayırıcı kalitesi iyi denetlenmelidir.
5. Jelkot püskürtülerek kullanılıyorsa, püskürtme hızı kontrol edilmelidir. Püskürtme çok hızlı yapılırsa yüzeyde küçük delikcikler oluşabilir.
6. Püskürtme basıncı kontrol edilmelidir. Yüksek olması halinde bu hata görülebilir.
7. Jelkot'a katılan katalist miktarı kontrol edilmelidir. Fazla katalist hava kabarcığı oluşmasına neden olur.
8. Katalizör olarak Metil Etil Keton Peroksit kullanılması halinde, katalist cinsine dikkat edilmelidir. Bazı MEK peroksitler hava kabarcığı oluşturabilirler.

### Yüzeyde Matlık

Yüzeyin yer yer veya tamamen mat olması ürünün kalıptan erken çıkarılmasından veya kalıp ayırıcı vaks'ın jelkot'a karışmasından kaynaklanır. Alınabilecek önlemler şöyle sıralanabilir;

1. Kalıp yüzeyine gereğinden fazla vaks sürmeyin ve jelkot uygulamasından önce mutlaka kalıbı parlatın.
2. Ürün yeterince sertleşmeden kalıptan çıkartmayın. Ürünün yeterince sertleşmesi en iyi şekilde Barcol sertlik ölçme cihazı ile kontrol edilebilir. Kalıptan alma sertliği 40-50 Barcol'dur.

### Jelkot'un Kabuk Gibi Kalkması

Cam elyafı ve polyesterin jelkot'a yeterince yapışmamasından kaynaklanır. Özellikle kalıptan zorlamalı olarak çıkartılırken belirir. Değişik nedenleri vardır;



Jelkot'un Kabuk Gibi Kalkması

1. Kalıp yeterince parlatılmamış ise, jelkot kalıba yapışabilir.
2. Kötü kaliteli yumuşak vaks kullanılması halinde, jelkot vaksı karışabilir. Bu durumda vaksınızı değiştirin.
3. Jelkot yüzeyi, cam elyafı işlenmesinden önce kirlenmiş olabilir ve laminatın jelkote yapışmasını engelleyebilir.
4. Jelkot, cam elyafı işlenmesinden önce çok fazla sertleşmiş olabilir.
5. Cam elyafı gerektiği gibi rulolanmamış olabilir.

### Yöresel Kuru Bölgeler

Cam elyafının yeterince ıslanmamasından kaynaklanır. Değişik nedenleri vardır;

1. Cam elyafı işlenirken yeterince rulolanmamış olması.
2. Cam elyafının yeterince ıslatılmamış olması.
3. Birkaç kat cam elyafının aynı anda işlenmiş olması.
4. Kullanılan polyester viskozitesinin çok

yüksek olması nedeniyle cam elyafını yeterince ıslatamaması.

5. Jelleşme süresinin çok kısa olması. Bu durumda hızlandırıcı miktarını azaltın, gerekiyorsa katalizör cinsini değiştirin, jelleşme süresini uzatacak inhibitör kullanın.



Yöresel Kuru Bölgeler

### Tabakaların Ayrılması

Takviye tabakalarının sertleşme sırasında veya sonrasında ayrılmasıdır. Özellikle iki tabaka cam elyafı dokuma arasında cam keçe kullanılmadığı hallerde görülür. Bu hatanın görülmesinde başlıca etkenler şöyle sıralanabilir;

1. Cam elyafına yeterince polyester işlenmemiş olması.
2. Cam elyafının yeterince ıslanmaması. Bu durumda viskozitesi düşük polyester kullanın.
3. Uygulanan cam elyafı tabakaları arasında yapışmayı engelleyici kir bulunması. Bu durum genellikle, ikinci tabaka işlenmeden önce uzun süre beklenirse görülür.
4. Alt tabakanın aşırı sertleşmiş olması. Bu durumda ya iki tabakanın işlenmesi arasında geçen süreyi kısaltın, ya da ikinci tabakayı işlemeden önce birinci tabakayı zımparalayın.
5. Her zaman için cam dokumanın iki kat keçe arasında bulunmasına dikkat edin.

### Beneklenme

Bütün jelkot yüzeyinde küçük benekler görülebilir. Nedeni, katılan renk pastasının, dolgu maddelerinin, tiksotropi maddesinin yeterince karıştırılmamış olması veya kalıp yüzeyinde toz bulunmasıdır. Bu hatanın görülmemesi için;

1. Jelkot uygulamasına geçilmeden önce kalıp yüzeyinin temiz ve parlatılmış olmasına dikkat edin.
2. Karıştırma işleminin çok iyi yapılmış

olmasına dikkat edin.

3. Renk pastasının mükemmel dağılımını sağlamak üzere yüksek devirli, pervaneli karıştırıcı kullanın.

### Renk Değişimleri

CTP yüzeyinde şerit halinde veya küme halinde renk değişiklikleri olabilir. Değişik nedenleri vardır;

1. Renk pastası yeterince dağılmamış olabilir.
2. Püskürtme basıncı gereğinden yüksek olabilir.
3. Püskürtme tabancası kalıp yüzeyine çok yakın tutulmuş olabilir.
4. Dik yüzeye uygulanan jelkot akıntı ve birikim yapabilir. Tiksotropi özelliği veren maddelerin artırılması ile bu sorun giderilebilir.
5. Jelkot her yerde aynı kalınlıkta uygulanmamış olabilir.

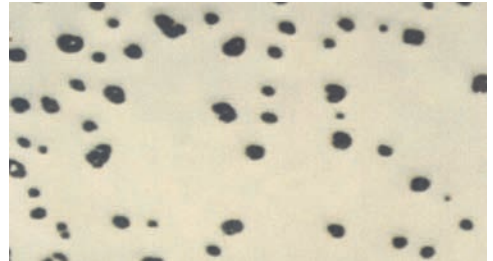
### Elyaf Görünümü

Kalıptan çıkarıldıktan sonra jelkot üzerinde elyaf görüntüsü belirebilir. Nedenleri şöyle sıralanabilir;

1. Jelkot gereğinden ince sürülmüş olabilir. Bu durumda jelkot'un en az 0.4 mm. kalınlıkta sürülüp sürülmediğini kontrol edin ve bu kalınlıkta jelkot uygulanmış ise, tabakaları işlemeye başlamadan önce yüzey tülü kullanın.
2. Cam elyafı uygulamasına jelkot yeterince sertleşmeden başlamış olabilir.
3. Kalıptan erken çıkarılmış olabilir.
4. CTP tabakalarında ısı yükselmesi fazla olabilir.
  - Katalizör/hızlandırıcı oranlarını düşürün.
  - Katalizör sisteminizi değiştirin.
  - Her defasında ince tabakalar halinde uygulayın.

### Balık Gözü ve Delikçikler

Jelkot yüzeyinde beliren kabarcıklar ve küçük delikçiklerdir. Genellikle silikonlu vaks kulla-



Balık Gözü ve Delikçikler

nıldığında belirir; kalıp yüzeyinin jelkot ile düzensiz örtülmesinden kaynaklanır. Kalıp ayırıcı olarak PVA kullanılması halinde genellikle rastlanmaz.

### Kabarcıklar

Kabarcıklar bölgesel olarak veya tüm yüzeyde belirebilir. Kalıptan çıkarıldıktan sonra "post cure" işlemi sırasında belirebilir. Bazı hallerde kalıptan çıktıktan aylar sonra da belirebilir. Jelkot tabakası ile cam elyafı tabakası arasında hava kabarcığı veya solvent kalmış olmasından kaynaklanır. Ayrıca yanlış reçine ve takviye malzemesi seçiminden de kaynaklanabilir.

1. Uygulama sırasında cam elyafı yeterince ıslanmamış olabilir.
2. Özellikle jelkot yüzeyi su veya temizleme solventi ile kirlenmiş olabilir. Bu nedenle fırça kullanımdan önce kurutulmalıdır.
3. Kullanılan katalizöre göre "post cure" işlemi çok yüksek sıcaklıkta gerçekleşmiş olabilir.
4. Yüksek kullanım sıcaklığı, rutubet veya kimyasal etkiler nedeni ile olabilir. Bu durumda reçine cinsini değiştirin.



Kabarcıklar

### Beyazlanmalar ve Çatlamalar

Sertleşmeden hemen sonra olabileceği gibi, aylar sonra da belirebilir. Değişik nedenleri vardır:

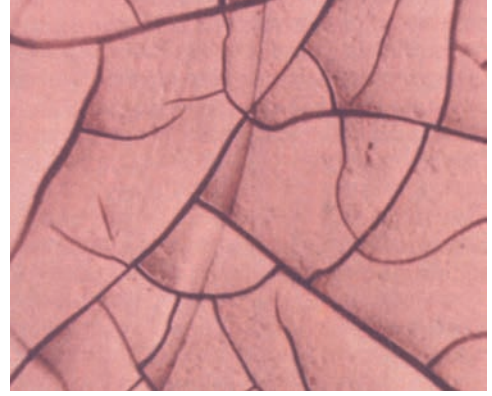
1. Jelkot gereğinden kalın olarak sürülmüş olabilir.
2. Kullanılan reçine uygun olmayabilir.
3. Katalizör oranı yanlış olabilir.
4. Jelkota çok fazla stiren ilave edilmiş olabilir.
5. Reçine sistemi tam sertleşmemiş olabilir.

6. Çok fazla katkı katılmış olabilir.
7. Kalıplama hatası sonucu aşırı gerilmeler olabilir.
8. Darbe söz konusu olabilir.

### Yıldız Çatlama

Yıldız şeklinde çatlaklardır. Jelkot yüzeyinde görülür. Nedeni, ters yönden gelen darbelerdir.

1. Daha esnek polyester kullanın.
2. Jelkot kalınlığını düşürün.



Yıldız Çatlama

### Sararma

Jelkotun sararması, uzun süre ışık altında kaldıktan sonra görülebilir. Nedenleri;

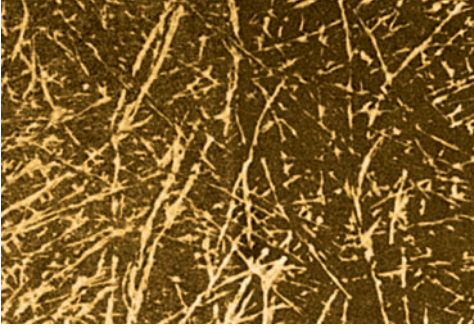
1. Kalıplama sırasında rutubet olması; kullanılan her malzemenin kuru olmasına ve rutubetsiz bir ortamda çalışmaya dikkat edin.
2. Yanlış reçine seçimi; Ultra Viyole stabilizörü katılmış reçine kullanın.
3. Benzoil Peroksit/Dimetil Anilin sisteminin kullanılması; katalist sistemini değiştirin.
4. Laminat yeterince sertleşmemiş olabilir.

### Reçine Erimesi

Bazı hallerde, yüzeydeki reçine yok olup elyaf açığa çıkabilir. Bu durum genellikle, hava koşullarından veya temas eden bir sıvıdan etkilenme sonucu belirir. Birçok olası nedeni vardır;

1. Kırpıcıyı kontrol edin. Serbest olarak dönmesi ve eşit dağılımlı olarak cam elyafını kırpması gerekir.
2. Kalıp üzerine cam elyafı ve polyesterin orantılı olarak püskürdüğünü kontrol edin. Kontrollerinizi sıklaştırın.





Reçine Erimesi

3. Rulolama sırasında püskürmüş cam elyafını kaldırmamaya çalışın.

### Mekanik Mukavemette Azalma

Cam elyafı çok kısa kırılabilir ise, rulolama yeterince yapılmaz ise veya yeterli miktarda cam elyafı takviyesi yapılmaz ise mekanik mukavemet düşer.

1. Kalıplama sırasında rulolama işlemini çok iyi yapın.
2. Ortalama cam elyafı boyunun 35-60 mm. olmasına dikkat edin.
3. Doğru cam elyafı/reçine orantısını kullanıp kullanmadığınızı kontrol edin.

## PÜSKÜRTME HATALARI

Sralanan bu hatalar dışında püskürtme yönteminde ayrıca aşağıdaki sorunlarla karşılaşılabilir;

### Yetersiz Sertleşme

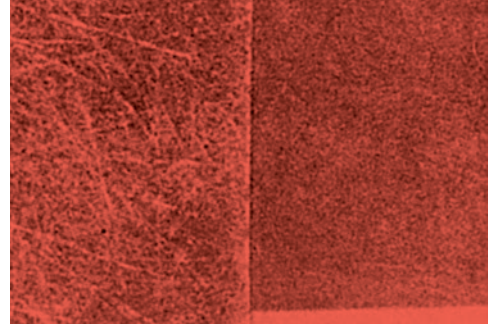
Genellikle, püskürtme tabancası çıkışındaki değişkenliklerden kaynaklanır. Bu değişkenlikler hortumların veya memelerin tıkanmış veya kirlenmiş olmasına bağlıdır.

1. Makinenizin bakımını periyodik olarak yaptırın.
2. Hortumları kontrol edin.
3. Meme çıkışlarını kontrol edin ve temizleyin.
4. Doğru oranlarda katalizör ve hızlandırıcı kullanıp kullanmadığınızı kontrol edin.
5. Püskürtme kafasından doğru oranlarda püskürtme olup olmadığını kontrol edin.

### Takviye Miktarında Değişkenlik

Tamamen dengesiz uygulama sonucudur. Polyester ve cam elyafının farklı yönde püskürmesinden kaynaklanabilir.

Değişik sebepleri olabilir;

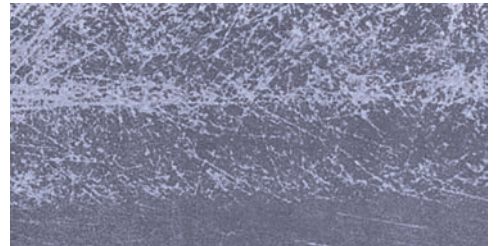


Yetersiz Islatılmış Laminat (Solda)  
İyi Islatılmış Laminat (Sağda)

1. Yetersiz rulolama
2. Jelleşme süresi kısa olan polyester kullanılması. Hızlandırıcı miktarını azaltın, katalizörünüzü değiştirin veya jelleşme süresini uzatmak için inhibitör katın.
3. Yanlış reçine seçimi. Kullanmış olduğunuz reçinenin sertleşmiş haldeki kırılma indisinin, "E" camının kırılma indisi ile eşdeğerli olup olmadığını kontrol edin.
4. Yanlış cam elyafı seçimi. Bağlayıcının geç çözünmesi üründe görünüm bozukluğu oluşturur.

## IŞIK GEÇİRGEN LEVHA ÜRETİMİNDE RASTLANABİLECEK HATALAR

Işık geçirgen levhalarda rastlanabilecek hatalar, elyaf görüntüsü şeklinde ve yetersiz ışık geçirgenlik olarak görülür.

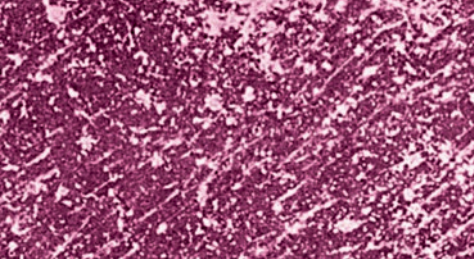


Işık Geçirgen Levha Üretiminde Rastlanabilecek Hatalar

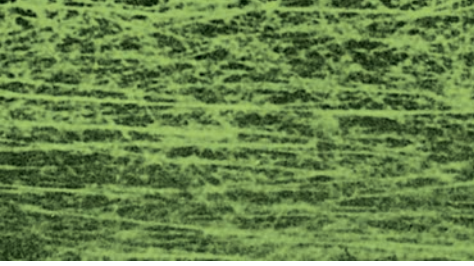
1. Reçine yeterince sertleşmemiş olabilir. Ürünün tam sertleştiğinden emin olun, ayrıca "post cure" uygulayın.
2. Amaca uygun reçine kullanılmamış olması. Hava koşullarına veya kimyasal maddelere dayanıklı polyester kullanın.



3. Kullanım ısısı, uygulanan polyester için yüksek olabilir. Sıcaklığa dayanıklı polyester kullanın.



Bağlayıcı Çözülmemesi



Beneklenme

## PRESLİ KALIPLAMADA RASTLANABİLECEK HATALAR

### Gözenekli Yüzey

Çok değişik nedenleri olabilir;

1. Kalıplanacak malzeme kalıba göre az olabilir.
  - Miktarı arttırın.
2. Kalıplama malzemesi çok akıcı olabilir.
  - Kalınlaştırıcı dolgu malzemesi kullanın.
  - Basınç uygulamayı geciktirin.
  - Kalıp tasarımını değiştirin.
3. Kalıplama malzemesi çok kalın olabilir.
  - Malzeme akışkanlığını kontrol edin.
  - Basıncı daha erken uygulayın.
  - Presleme basıncını arttırın.
  - Kalıp tasarımını değiştirin.
4. Kalıp sıcaklığının çok yüksek olması nedeni ile bazı kısımların önceden sertleşmesi.
  - Kalıp sıcaklığını azaltın.
  - Basıncı daha erken uygulayın.
  - Basıncı arttırın.
5. Hava kabarcığı.
  - Kalıp tasarımının doğru yapıldığından emin olun.

### Yüzeyde Kabarcıklar Oluşması

1. Kalıp yer yer soğuk olabilir.
  - Homojen ısıtmayı sağlayın.
2. Hava kaçakları olabilir.
  - Kalıplardaki hava çıkışlarını kontrol edin.
3. Kalıplama malzemesi rutubetli olabilir.
  - Malzemeyi kuru yerde saklayın.

### Benekli Yüzey

1. Kalıp çok sıcak olabilir.
  - Kalıp sıcaklığını düşürün.
2. Aşırı ısınmadan dolayı pigment dekompoze olabilir.
  - Sertleşme sıcaklığını düşürün.
3. Kalıplama malzemesi bozulmuş olabilir.

### Mat Yüzey

1. Kalıp yüzeyi yeterince parlatılmamış olabilir.
2. Kalıp ayırıcı eleman fazla konulmuş olabilir.
  - Fazlasını silin.
3. Kalıplama malzemesi rutubetlenmiş olabilir.
  - Kuru yerde saklayın veya kullanmadan önce kurutun.
4. Kalıp yüzeyi soğuk olabilir.
  - Isıyı yükseltin.
5. Ürün yeterince sertleşmemiş olabilir.
  - Kalıplama süresini uzatın veya sertleştirme sıcaklığını arttırın.

### Kalıplama Malzemesinin Kalıba Yapışması veya Sıkışması

1. Kalıplama malzemesi çok yumuşak veya çok rutubetli olabilir.
  - Kurutun ve önceden ısıtın.
2. Düşük çekme.
  - Kalıp tasarımını eğimleri arttıracak şekilde değiştirin.
3. İtici sayısı az olabilir.
  - İticilerin sayısını arttırın.
4. Ters eğim olabilir.
  - Kalıp tasarımını değiştirin veya uygun şekilde yapılmış parçalı kalıp kullanın.

### Ürünün Bükülmüş Olması

1. Kalıp sıcaklığı homojen olmayabilir.
  - Tüm kalıp yüzeyinde sıcaklık dağılımının eşit olmasına dikkat edin. Yüzeydeki sıcaklık farkı 2-5°C'den daha çok olmamalıdır.
2. Aşırı ısı çıkışı olabilir.
  - Sertleşme sıcaklığını düşürün.
  - Kalıplama malzemesini değiştirin.
  - Kalınlığı azaltın.

## REÇİNE ENJEKSİYONU YÖNTEMİNDE RASTLANABİLECEK HATALAR

### Cam Elyafının Yerinden Kaçması

Bu durum cam elyafında kullanılan bağlayıcının, polyester reçinede çabuk çözünmesinden kaynaklanır. Kullandığımız cam elyafında bağlayıcı cinsinin geç çözüdür nitelikte olmasına dikkat edin.

### Hava Kaçakları

1. Enjeksiyon basıncı çok yüksek olabilir. Basıncı düşürün.
2. Enjekte edilen reçine az olabilir. Miktarı arttırın.
3. Hava çıkış kanalları yanlış yerleştirilmiş olabilir. Hava çıkış kanallarını kalıbın en yüksek noktalarına yerleştirin.
4. Kalıptan reçine sızması olabilir. Sızıntıları önleyin.

### Yetersiz Islanma

1. Reçine viskozitesi çok yüksek olabilir.
  - Düşük viskoziteli polyester kullanın.
  - Polyester sıcaklığını arttırın.
2. Akış yolu çok uzun veya çok dar olabilir.
  - Kalıp tasarımını değiştirin.
  - Besleme kanalını değiştirin.
  - Besleme kanallarının sayısını arttırın.

### Et Kalınlığında Değişmeler

Ürünün et kalınlığında meydana gelebilecek değişiklikler, reçine enjeksiyonu sırasında kalıptaki deformasyonlardan kaynaklanır.

1. Kalıbın et kalınlığını arttırın.
2. Kalıba yeterli takviye elemanları yerleştirin.
3. Enjeksiyon basıncını düşürün.

## ELYAF SARMA YÖNTEMİNDE RASTLANABİLECEK HATALAR

### Yetersiz Islanma

1. Reçine viskozitesi çok yüksek olabilir.
  - Viskoziteyi düşürün veya sistemde değişiklik yapın.
2. Uygun olmayan cam elyafı fitil kullanılmış olabilir.
  - Uygun cam elyafı kullanın.
3. Islatma zamanı çok kısa olabilir.
  - Sarma hızını düşürün veya reçine banyosunu uzatın.

### Hava Kalması

1. Yetersiz ıslanmadan olabilir. Reçine

2. banyosunu uzatın veya sarma hızını azaltın.
2. Polyester çok çabuk sertleşiyor olabilir.
  - Hızlandırıcı miktarını azaltın.
  - Başka cins polyester kullanın.

### Üründe Beyaz veya Islanmamış Elyaf Bulunması

1. Elyafın gerilimi fazla olduğu için reçine işlemeyebilir.
  - Elyafın gerilimini düşürün.
2. Reçine viskozitesi çok düşük olabilir.
  - Tikotropik madde katın.
3. Sıkma ruloları çok sıkı olabilir.
  - Ruloları gevşetin.

### Pamuklanma

1. Elyafa uygulanan gerilim çok fazla olabilir.
  - Gerilimi azaltın.
2. Elyafın geçtiği delikler kötü olabilir.
  - Elyafı düzgün yüzeyli halkalardan geçirin.

### Elyaf Kopması

Sarma sırasında elyaf kopuyorsa;

1. Çok yüksek gerilim olabilir.
  - Gerilimi azaltın.
2. Kötü kaliteli elyaf geçme delikleri olabilir.
  - Kaliteli halkalar kullanın.
3. Uygun olmayan fitil kullanılmış olabilir.
  - Uygun cam elyafı kullanın.

### Düşük Cam Elyafı Oranı (Fazla Reçine Emme)

1. Elyaf gerilimini arttırın.
2. Sıkma rulolarını sıkıştırın.

## SAVURMA DÖKÜM YÖNTEMİNDE RASTLANABİLECEK HATALAR

### Buruşma

1. Takviye malzemesinin yeterince sıkı olmasından kaynaklanır.
  - Cam elyafını yerleştirirken dikkatli olun.

### Kuru Bölge

1. Reçine çok az uygulanmış olabilir.
  - Reçine/cam oranını kontrol edin.
2. Dönme hızı çok az olabilir.
  - Hızı yükseltin.

### Borunun İç Kısmında Çatlaklar Olması

1. Çok fazla reçine kullanılmış olabilir.
  - Reçinenin miktarını azaltın.
2. Çok çabuk sertleşme olabilir.
  - Hızlandırıcı miktarını azaltın veya

- sertleşme sıcaklığını düşürün.  
3. Polyester kırılğan olabilir.  
• Esnek polyester kullanın.

### **Yapışkan Yüzeyler**

1. Havanın inhibitör etkisinden kaynaklanır.  
• Yüzeyi uygun bir kaplama malzemesi ile kaplayın.  
• Parafinli polyester kullanın.  
• Sertleştirme sıcaklığını yükseltin.

### **Boru Çarpıklığı**

1. Cam elyafı dağılımının simetrik yapılmamasından kaynaklanır.  
• Elyaf yatırma işlemini özenli yapın.

### **Borunun Eğrilmesi**

1. Boru kalıptan, reçine henüz sertleşmeden çıkarılmış olabilir.  
2. Reçine çok esnek olabilir.  
• Esnek olmayan polyester kullanın.

## **Atölye Bilgileri: 9**

### **CTP YAPILARIN BAKIM VE TAMİRİ**

#### **GİRİŞ**

Cam Takviyeli Plastik ürünler sağlamlıklarına rağmen, kullanım sırasında hasara uğrayabilirler. Çoğunlukla hasarlar tamir edilebilecek niteliktedir. Ayrıca düzenli bakım, bu hasarların meydana gelmesini de önleyebilir.

#### **BAKIM**

Genelde, CTP ürünler için periyodik bakım gerekli değildir. Bu nedenle CTP cephe kaplama paneli olarak, tekne ve kimyasal madde depolama üniteleri olarak büyük kullanım alanına sahip olmuştur. Ancak, CTP ürünlerde özellikle jelkoto koruyucu bakım, ürünün ömrünü uzatmaktadır.

Genellikle yapılması gereken bakım, CTP ürünün yılda bir veya iki kez ılık su ve deterjan ile yıkanmasıdır. Boya çözücüler jelkoto da zarar vereceğinden kesinlikle kullanılmamalıdır. Yüzey iyice temizlenip kurutulduktan sonra, yüzeye parlatma vakısı sürüp parlatmalıdır.

Bakım işleri yapıldığı sırada yüzey incelenmeli ve çatlak olup olmadığı görülmelidir. Bu tür hatalar kolaylıkla tamir edilebilir.

#### **CTP'NİN TAMİRİ**

CTP bir ürün hasar gördüğü zaman, tamir işlemine başlamadan önce hasarın büyüklüğüne ve ürünün yapısına dikkat etmek gerekir. Önemli olan, ürünün tamir edildikten sonra, hasar görmeden önceki fonksiyonunu tekrar yerine getirebilmesidir. Bu husus göz önüne alındıktan sonra, tamir işlemine başlanabilir.

Aşağıda göreceğiniz tamir yöntemleri el yatırması veya püskürtme yöntemleri ile yapılmış CTP ürünleri için ve el yatırması ile tamiratında sakınca olmayan ürünler için geçerlidir. Sıcak pres yöntemi ile yapılan ürünlerin tamir edilmesi tavsiye edilmez. Dikkatli yapıldığı takdirde tamir yeri genellikle belli olmaz.

#### **Yüzey Hasarları**

Bu tür hasarlar jelkot tabakasında veya ilk kat cam elyafı tabakasında görülebilir. Bu durumda hasarlı bölge önce temizlenir ve kurutulur. Sonra,kazınır ve zımparalanır. İyi yapışma sağlanması amacı ile hasarlı bölgenin dışına da bir miktar taşılır. Hasarlı bölge ve zımparalanmış alana tiksotropik özellik taşıyan polyester özenli bir şekilde ve gerektiğinden bir miktar fazla olarak sürülür. Fazlalığın amacı, çekme ve zımparalama işlemi için pay bırakmaktır. Sürülen reçine selofan veya polyester film ile kapatılarak düzgün yüzey elde edilmesi ve reçinenin akmaması sağlanır.

Tamir reçinesi sertleştikten sonra, önce 400'lük su zımparası, daha sonra 600'lük su zımparası ile yüzey işlenir. Zımparalama sırasında sağlam bölgeye taşmamak için özen gösterilmelidir. Yüzey düzgünlüğü sağlandıktan sonra parlatma vakısı ile parlatılır.

#### **Küçük Darbelerden Oluşan Kırılmalar**

Bu tür hasarlar genellikle çatlaklar halinde olur. Tamir için yapılacak işlem,hasarlı bölgenin kesilmesi ve çıkarılması ile başlar. Kesim iç kısma doğru genişleyen "V" şeklinde yapılmalıdır. Öyle ki kesilen parça iç kısımdan çıkarılabilsin.

CTP ürünün arka kısmı kesim yerinden 75 mm. kadar zımparalanmalıdır. Bu işlemten sonra bütün toz temizlenmelidir. Temizlenen alanı

kaplamak üzere dört kat 450 gr./m<sup>2</sup>'lik keçe kesilir. Birinci kat açılan deliğin her tarafından 25'er mm. daha geniş, diğerleri ise bir öncekinden daha küçük ve en küçüğü delik kenarlarından 12'şer mm. daha geniş olmak üzere kesilir. Kullanılacak polyester miktarı, cam elyafı ağırlığının 2,5-3 katı kadardır. Zımparalanan CTP laminat üzerine polyester sürülür. Cam elyafı üzerine ayrı bir yerde polyester sürülüp havası alındıktan sonra büyük boyutludan küçük boyutlu doğru sıra ile Şekil 5.7'de görüldüğü gibi açılan delik kapatılır. Uygun boyutlu bir rulo ile hava kabarcıkları giderilir. En az 15C°'lik bir sıcaklıkta, en az 24 saat sertleşmesi beklenir. Bundan sonra, delik boyutlarında kesilmiş cam elyafı delik içerisinde Şekil 5.8'de görüldüğü gibi polyester ile işlenerek yerleştirilir. Hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilir. Bu işleme delik dolduruluncaya kadar devam edilir ve sertleşmeye bırakılır. Son olarak, yüzeye pigmentli, tiksotropik dolgulu reçine uygulanır. Eski jelkot düzeyinden bir miktar daha dışarıya taşılır ve üzeri selofan film ile kaplanır. Sertleşmesi tamamlandıktan sonra Şekil 5.9.1.'deki işlem uygulanır. (Şekil 5.9)

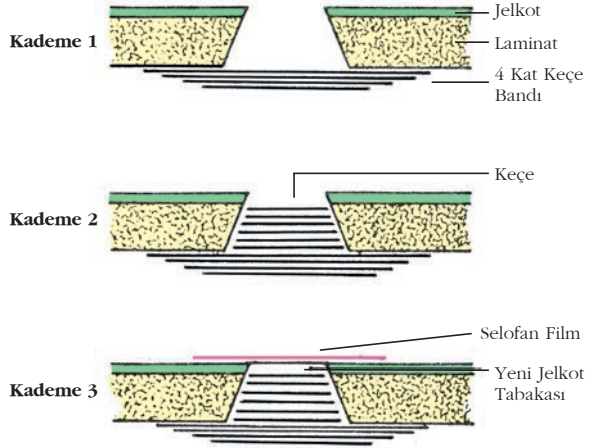
### Delikler

Bu tamir tekniği, CTP ürün geniş ölçüde hasar gördüğü ve ürünün her iki yüzünde ulaşabildiği haller için geçerlidir.

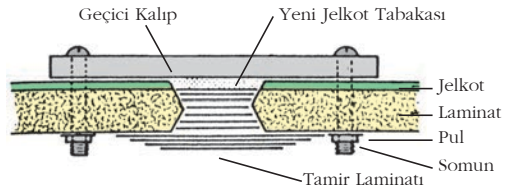
Hasarlı bölgenin civarı düzgün bir şekilde genişletilir. Kesim yerinde kenarların Şekil 5.8'de görüldüğü gibi kesilmesi gerekir. Kesim yapıldıktan sonra ürünün arka yüzü delik kenarlarından 75 mm. taşacak şekilde zımparalanır ve temizlenir.

Büyük deliklerin tamirinde ürünün şekline uygun geçici kalıp kullanılması gerekir.

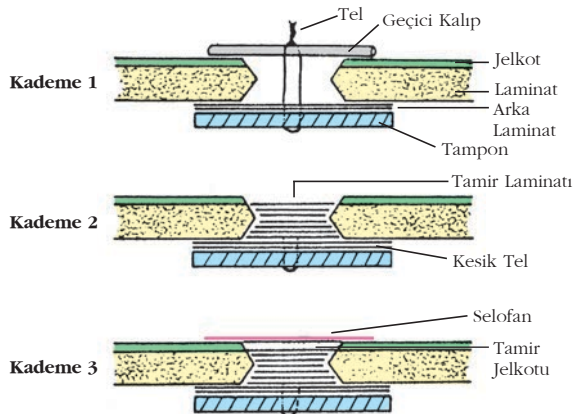
Geçici kalıp delikten biraz daha uzağa açılan küçük deliklere tutturulan somun-cıvata ile sabitlenir. Geçici kalıp üzerine kalıp ayırıcı sürülür. Jelkot uygulamasından sonra cam elyafı



Şekil 5.7: Küçük Kırıkların Tamiri



Şekil 5.8: Hasar Gören Laminatın İki Yüzüne de Ulaşıldığında Uygulanan Tamir Tekniği



Şekil 5.9: Tamir Edilecek Parçanın Arka Yüzüne Ulaşma Olanığı Olmadığı Zaman Uygulanacak Tamir Tekniği

işlenir. Delik tamamen kapatıldıktan sonra zımparalanmış arka yüzey de en az dört kat cam elyafı ile kaplanmalıdır.

Tamir edilen bölge sertleştikten sonra geçici kalıp çıkartılır, kalıbı tutturmak için açılan küçük delikler dolgulu polyester ile doldurulur ve yüzey düzeltme işlemi daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi yapılır. Delik büyüklüğüne göre tamir izi belli olabilir.

### **CTP Ürünün Arka Yüzeyine Ulaşılamadığı Hallerde Deliklerin Tamirata**

Bazı durumlarda hasarlı bölgenin arka yüzüne ulaşmak mümkün olmayabilir. Bu durumda yapılacak iş hasarlı bölgeyi tamamen içerecek boyutlarda bir delik açmaktır. Açılan delik tercihen dairesel olmamalıdır. Kesim kenarları Şekil 5.9'da görüldüğü gibi hazırlanmalı ve her türlü toz birikintilerinden temizlenmelidir.

Daha sonra, delik boyutlarında daha büyük bir kontraplak parçası kesilmeli ve ortasından tel geçirilerek diğer yüz üzerinden bir çubukla sıkıştırılabilecek şekilde hazırlanmalıdır. (Şekil 5.9) Hazırlanmış olan kontraplak parçası üzerine iki kat cam elyafı kaplanır ve henüz yaşken deliğin arka yüzüne kontraplak ve üzerine yatırılmış cam elyafı yapıştırılır. Tel ve çubuk yardımı ile plakanın sıkıştırılması sağlanır ve CTP'nin sertleşmesi beklenir.

Bundan sonra Şekil 5.9.1'deki gibi tamirat yapılır.

### **Boruların Tamiri**

Hasar görmüş borular da aynı yöntemlerle tamir edilebilir. Ancak dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

1. Akışkanın akışını engellemek için iç yüzeyin parlak olması gereklidir. Tamir sırasında bu hususa dikkat edilmelidir.
2. Tamirat için kullanılacak cam elyafı dokunmuş fitil ve/veya devamlı fitil sargı olmalıdır. Bu sargıya, yeterli kalınlığa ulaşıncaya kadar devam edilmelidir.
3. Bu tip sargılar boru rijiditesinde değişikliğe neden olur. Öyle ki, küçük bir alanda sargı kalınlığını boru kalınlığının iki katına çıkartmakla rijidite artar, bükülebilme özelliği düşer. Tamirat sırasında bu hususa dikkat edilmelidir.

4. Tamirat sırasında kullanılacak polyester cinsi, boru üretiminde kullanılmış polyester ile aynı veya kimyasal dayanımı daha yüksek bir polyester olmalıdır.

Aksi takdirde bazı çatlaklar oluşabilir.

5. Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus polyester dışına taşmış serbest cam elyafı bulunmamasıdır. Aksi takdirde kılcal sızıntılar olabilir ve daha büyük hasarlara yol açılabilir.

## **Atölye Bilgileri: 10**

### **GÜVENLİK ÖNLEMLERİ**

#### **GİRİŞ**

Reçineler, katalizörlerle çözücüler ve diğer katkı malzemeleri, endüstride uzun zamandan beri emniyetle kullanılmaktadır. Bu nedenle tüm kimyasal maddeler gibi, bu malzemelerin de meydana gelebilecek kazaların önlenmesi amacıyla özel itina ile kullanılması gereklidir. Malzeme üreticileri kullanım ve stoklama konusunda devamlı tavsiyelerde bulunmaktadır. Kaza olasılığını en aza indirmek için, bu tavsiyelere kesinlikle uyulmalıdır.

Bu bölümde çeşitli malzeme üreticileri tarafından yapılan kullanım tavsiyeleri özetlenmektedir. Zaman zaman bu tavsiyeler özel malzemeler için değişebilmektedir. Ancak, aşağıda verilen tavsiyeler genel kılavuz olarak kabul edilebilir. Bunun dışında üretici firmalardan ayrıca tavsiyeleri elde edilebilir.

#### **GENEL ÖNLEMLER**

Bütün sentetik reçinelerle, katalizörlerle, sertleştiricilerle ve çözücülerle çalışılırken, karıştırma ve uygulama esnasında deriyle temasını ve buhar çıkışını en az düzeye indiren bir yöntem bulmak gerekir.

Deri teması, koruyucu krem ve koruyucu eldiven kullanılarak en az düzeye indirilebilir. Kimyasal maddelerin göz ile temas etmesi uygun gözlük ve yüz koruyucular kullanılarak önenebilir. Duman veya buhar çıkaran malzemelerle çalışıldığında, çalışılan ortam ancak uygun havalandırma tertibatı ile çalışılabilir hale getirilebilir. Havalandırmanın, duman veya buharın çalışan işçinin bulunduğu yönün



aksi yönde dışarıya atılacak şekilde düzenlenmesi gereklidir.

Fırın veya sıcak presleme ile çalışıldığında, dumanın çalışma sahası dışına atılması için devamlı havalandırma gereklidir. Deri tahrişlerini önlemek amacı ile, personel sağlık düzeyini yüksek tutmak gerekir. Bazı personelin özel malzemelere karşı cildi hassas ise, doktor müsaadesi alınmaksızın deri tahrişlerine sebep olan malzeme ile uzun süre çalışmasına müsaade etmemek gerekir. Sigara içmek, yemek yemek, su içmek,veya tuvalet amacıyla çalışmaya ara verildiğinde, bütün çalışanların ellerini özel temizleyiciyle veya su ve sabunla-ki bu yöntem daha etkilidir-yıkamalıdır. Eğer eldeki malzeme vücudun iyi örtülmemiş bir kısmına temas ederse, deri tahrişleri bu yerlerde de ortaya çıkabilir. Ayrıca elde kalan malzemelerin bir kısmı ağız ile temas ederse, zehirleyici etki gösterebilir.

Açık yaralar, sıynıklar ve tahriş olmuş deri hiçbir zaman reçine, sertleştirici ve çözücülerle temas etmemelidir. Kullanımdan sonra eldivenlerin yıkanarak reçine artıklarından temizlenmesi, bu artıkların eldivenin içinde deriyle temas etmesini önlemek açısından gereklidir. İçine polyester bulaşmış eldivenlerin kullanılması hiçbir yarar sağlamaz. Atölyelerin ve çalışma alanının iyi donatılması ve temiz tutulması ile kazaların azaltılması mümkündür.

### **Tedavi Önlemleri**

Kazara malzemenin göze veya deriye temas etmesi durumunda, derhal müdahale edilmesi tedaviyi kolaylaştırmaktadır.

**Gözler:** Malzemenin kazara gözle temas etmesi durumunda yapılacak ilk yardım,gözü derhal en az 10-15 dakika süre ile devamlı bol suyla yıkamaktır. Bazı özel kimyasal maddelerin bulaşması durumunda eğer başka tedavi yöntemi öneriliyorsa, bu önerilerin atölyedeki ilk yardım talimatlarında açıkça belirtilmesi ve temizleyici malzemelerin kolayca ulaşılacak yerde bulunması gerekir. İlk yardımdan sonra kazaya uğrayan şahsın, derhal doktora gönderilmesi gereklidir.

**Deri:** Kazara veya kaçınılmayan deri temaslarında, etkilenen yerler temizleyici krem sürüldükten sonra su ve sabunla iyice yıkanarak temizlenebilir. Bu yıkama etkili olmazsa aseton,metil etil keton veya uygun bir çözücü ile etkilenen yerler temizlenebilir. Açık yaralar çevresinde çözücü hiçbir zaman kullanılmı-

maldır. Bu gibi tüm çözücülerin deri üzerindeki kullanımını en az düzeyde tutulmalıdır ve temizleyici krem sürülmüş olan yerler iyice yıkanmalıdır. Daha önce polyester bulaşmış çözücüler, hiçbir zaman temizlik amacı ile kullanılmamalıdır. Deri tahrişi veya yanık gibi bir kaza meydana geldiğinde, hiç gecikmeden doktora başvurmak gereklidir.

**Solumun Yolu Teması:** Nefes boruları tahriş olduğunda, kazaya uğrayan şahıs, solumun bozuklukları ortadan kalkana kadar açık havaya çıkarılmalı ve temiz hava ortamında nefes düzeline kadar dinlendirilmelidir. Kazaya uğrayan şahıs normale dönene kadar yalnız bırakılmamalıdır. Bazı izosiyanatlar gibi çok zehirli buhar çıkaran malzemeler kullanıldığında, tedavi önlemleri alınmalıdır. Bu önlemler kapsamı içine derhal doktora başvurmak da girer. Bazı durumlarda solumun zorlukları belirtileri çabuk kaybolmazsa derhal doktora başvurulmalıdır.

**Sindirim Yolu Teması:** Büyük miktarda reçine yutulması halinde, ağız bol suyla yıkanmalı ve çok miktarda su içilmelidir. Bunun dışında, hemen doktor müdahalesi gerekebilir. Diğer malzemelerin yutulmasında bu malzemeler için verilen özel tavsiyelere uyulmalı ve hemen doktor müdahalesi sağlanmalıdır.

**Dökülme:** Reçine veya sertleştiricilerin büyük miktarda dökülmesi halinde, dökülen yer üzerine kum, hızar talaşı veya emme özelliği olan başka malzeme dökülmeli ve süpürülerek özel atık bidonuna konulmalıdır. Bu durumda dikkat edilmesi gereken husus, yüksek ısı çıkışından dolayı bidonun yanmamasıdır. Aksi takdirde, yangın tehlikesi doğurabilir. Yere peroksit dökülmesi halinde, yanıcı olmayan bir absorblayıcı maddeye emdirilmeli ve emdirme işleminden sonra dökülen yer bol suyla yıkanmalıdır. Peroksit emdirilmiş absorblayıcılar kesinlikle kapalı kaplara konulmamalı ve en kısa yoldan imha edilmelidir. Bu tür kazalarda temizleme işlemi sırasında mutlaka koruyucu elbiseler giyilmelidir.

### **SERTLEŞTİRİCİLER**

Sertleştiriciler çeşitli değişik sınıflara ayrılabilirler. Kullanılırken, her zaman koruyucu bir elbise giyilmesi tavsiye edilir. Ayrıca temiz hava akımı olan bir alanda kullanılmalıdır. Bu malzemeler yıllardır endüstride kullanılmış ve



etkin tedbirler alınarak kazalara meydan verilmemiştir.

Gözle teması şiddetli tahrişe neden olur; bu yüzden sertleştiriciler kullanıldığında, gözlük takılmalıdır.

### **Alifatik aminler**

Bunlar, dietilen triamin ve trietilen tetramin gibi maddeleri kapsar. Bunlar düşük molekül ağırlıklı, uçucu, tahriş etme gücü yüksek maddelerdir. Saf halde alkali özelliğe sahiptir ve deri dokusunda, mukozada, gözlerde şiddetli yanmaya ve tahrişe neden olur. Buharları da gözlerde, yüzde, mukozada ve nefes yollarında tahribat yapar.

Bu tür maddeler kullanılırken her türlü temastan kaçınılmalıdır. İstenmeden temas edildiğinde gözler ve deri temiz ve bol suyla derhal yıkanmalı, dumanlı yerden temiz havalı yere çıkılmalıdır. Deride herhangi bir tahribat olmuşsa veya olduğundan şüphe ediliyorsa, derhal doktora başvurulmalıdır.

### **Aromatik Aminler**

DDM gibi katı aromatik aminler, alifatik aminlerden daha az kostik, daha az tahriş edici ve daha az hissedilebilir. Çözelti halinde bulunması halinde, bu özellikler daha da az hissedilir.

DDM kimyada zehirli olarak bilinir ve insan hayatı için tehlikelidir. Deri içine absorbe olabilir. Bu yüzden kesinlikle temas edilmemelidir. Normal kullanma tedbirleri burada da uygulanmalıdır.

### **Siklo Alifatik Aminler**

Bunların derideki tahriş ve hissedilebilirlik etkileri tiplerine ve molekül ağırlıklarına bağlı olarak çeşitlidir. Bazıları, alifatik aminler gibi etkileme özelliğine sahipken, bazıları aromatik aminlere benzer şekilde etki gösterebilirler. Gözler için son derece tahriş edicidirler. Bütün normal temaslardan kaçınılmalıdır. Herhangi bir kaza sonucu deri ile temas etmesi halinde, derhal bol temiz suyla yıkanmalıdır.

### **Poliimid Sertleştiriciler**

Bu malzemeler, deri tahriş edicidirler. Bütün normal temaslardan önlenmelidir. Deri için tahriş edici özelliği cinsine göre değişebilir. Genellikle deri tarafından hissedilemezler. Gözler için son derece tahriş edicidirler. Genel koruma önlemleri yerine getirilmelidir.

### **Anhidrit Sertleştiriciler**

Bunlar deri, gözler, mukoz ve solunum yolları için tahriş edicidirler ve yanıklara neden olabilirler. Ftalik anhidrid gibi bazıları deri tarafından hissedilebilirler. Tozundan ve buharından, özellikle sıcak sertleşme esnasında çıkan buharından sakınılmalıdır. Genel güvenlik önlemleri geçerlidir.

### **Diğer Sertleştiriciler**

Oldukça değişik etkileri vardır. Özel bilgiler üretici firmalardan elde edilebilir.

## **POLYESTER REÇİNELER**

Polyester reçinelerin, katalizörlerin ve hızlandırıcıların izlenmesi önerilen genel güvenlik önlemleri uygulanması halinde herhangi bir tehlike doğurması söz konusu değildir.

Polyester deri için orta derecede tahriş edicidir. Deri üzerindeki etkisi fazla değildir. Ancak cildi hassas kişilerde allerjik reaksiyon yapabilir. Gözle temas ettiğinde göz için son derece tahriş edicidir. Bunun için bütün kullanımlarda gözlük takılması gereklidir.

Polyester reçineler stiren veya metil metakrilat gibi düşük alevlenme noktasına sahip çözücüler ihtiva ederler. Bu nedenle kolayca alev alan maddelerden sayılırlar ve kullanım sırasında havalandırma gerektirirler. Sertleşmiş polyester ve laminatların işlenmesi sırasında ortamda bulunması gereken miktar 10 mg./m<sup>3</sup> civarında olmalıdır. Bundan fazla miktarlarda maske takılması sağlık yönünden gereklidir. Malzeme dökülmesi yangın tehlikesini artırır. Kuru inert emici malzemelerin dökülen reçineyi emmesi sağlanarak, yangın ihtimali ortadan kaldırılmalıdır. Emici malzemenin yanıcı olması da yangın tehlikesi yaratır.

## **PEROKSİT KATALİZÖRLER**

Peroksit katalizörler kuvvetli oksitleyici maddelerdir ve dikkatli kullanılmaları gerekir. Kullanımları sırasında koruyucu eldiven, önlük ve gözlük kullanılmalıdır. Kullanım alanı devamlı havalandırılmalı ve buharların tenefüs edilmesi önlenmelidir. Temizliğe her zaman dikkat edilmeli ve katalizör bulaşmış kaplar, hiçbir zaman kullanılmamalıdır. Katalizör fazlası hiçbir şekilde tekrar kendi kabına dökülmemelidir. Peroksitlerin kullanıldığı veya stoklandığı alanlarda kesinlikle sigara içilmemelidir.

Katalizörün gözle teması kesinlikle önlenmeli-

dir. Bütün önlemlere rağmen gözle temas meydana gelirse, derhal bol suyla yıkanmalı ve doktor müdahalesine başvurulmalıdır.

Deriye temas etmesi durumunda, deri derhal suyla yıkanmalı ve temizlendikten sonra yağlı krem sürülmelidir. Peroksit yutulduğunda, çok miktarda su içilmeli ve kusma sağlanmalı ve derhal doktor müdahalesine başvurulmalıdır.

Yere dökülmesi durumunda, inorganik maddeler, dökülmüş katalizör üzerine atılmalıdır. İnorganik madde dökülen katalizörü emdikten sonra derhal dışarı atılmalıdır. Paçavra, kağıt ve talaş yanabilecekleri için kesinlikle kullanılmamalıdır. Keza yangına neden olabilecekleri için çok miktarda peroksit bulaşmış paçavralar ortalıkta bırakılmamalıdır. Organik peroksitler çok alevli yanarlar ve hemen patlayabilirler. Küçük yangınlar, su püskürtülerek söndürülebilir. Büyük yangınlarda yangın barikatı kurulmalı ve derhal yangın türü belirtilerek itfaiyeye haber verilmelidir.

Peroksitler eşit miktarda hızar talaşı ile karıştırılarak dışarı atılırlar ve 1-2 kg'lık kümeler halinde açık arazide yakılırlar. Yığınlar üzerine yanık paçavralar atılarak yakılır. Bu işlemin kontrollü bir şekilde yapılması gereklidir.

Peroksit katalizörler orijinal kaplarında, serin sağlam zeminli depolarda, diğer malzemelerden uzak olarak stoklanmalıdırlar. Direkt güneş ışınlarına maruz ve sıcak yerlerde ve hızlandırıcıların yanında hiçbir zaman stoklanmamalıdır.

## DOLGU MALZEMELERİ VE PİGMENTLER

Dolgu malzemeleri ve pigmentler ortamda toz halinde bulunabilirler. Bunlardan bazıları özellikle silikat içeren malzemelerin tenefüs edilmesi, sağlık açısından problem yaratabilir. Bu nedenle kullanım sırasında uygun önlemlerin alınması gereklidir. Kompozit malzemelerin mekanik olarak işlenmesi sıra-

sında çıkan toz nedeniyle toz ekstraktörleri ve maskeler kullanılmalıdır. Bu tozlar sağlığa zararlılık açısından aşağıda sıralanan 4 gruba ayrılabilir:

**Grup 1**

- Çok Tehlikeli
- İstulan silikatlar
- Crocidolite veya mavi asbest

**Grup 2**

- Tehlikeli
- Silkatlar kuartz vb.
- Crocidolit'ten başka asbestler

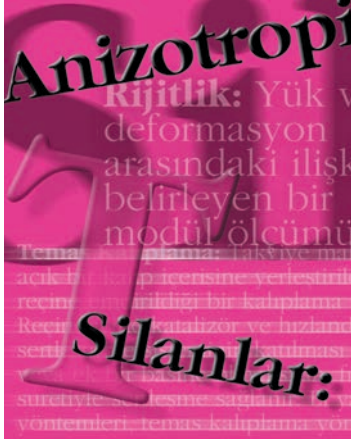
**Grup 3**

- Orta Derece Tehlikeli
- Asbestine
- Talk
- Mika
- Kaolin
- Pamuk tozu
- Grafit
- Diğer bazı tozlar

**Grup 4**

- Alümina
- Barit
- Carborundum
- Çimento
- Cam ve cam elyafı
- Demiroksit
- Kireç taşı
- Magnezyum oksit
- Şimdiye kadar bahsedil memiş silikatlar
- Titanyum dioksit
- Çinko oksit
- Zirkonyum oksit ve silikatlar
- Diğer bazı tozlar





## A

**A Safhası:** Bazı termoset reçinelerin (özellikle fenolikler), takviye üzerine uygulanmasından sonra, malzemenin bazı sıvılar içinde çözülebilir ve eritilebilir olduğu, polimerizasyon reaksiyonunun erken bir safhasıdır. B ve C safhalarına da bakınız.

**Açılı Sarım:** Elyaf sarma yöntemiyle üretilen CTP ürünlerde, liflerin yaklaşık 0° helisel açı ile sarılmasıdır.

**Agregalar:** Kompozit kalıplamasında kullanılan, genellikle mineral kökenli işlenmemiş, katı malzemelerdir. Yer döşemesi üretiminde ve yüzey sertleştirme işlemlerinde kullanılmaktadır.

**Akış:** Bir kalıbın bütün boşluklarını doldurmak üzere, reçinenin basınç altındaki hareketidir.

**Akış Hattı:** Kalıplama sırasında iki noktadan enjekte edilen reçinenin, kalıp içerisinde karşılaştıkları hat üzerinde beliren izdir. "Birleşme noktası" veya "kaynak hattı" olarak da ifade edilmektedir.

**Akış İzleri:** Termoplastik reçine ile kalıplanan bir ürünün dalgali yüzey görünümünü ifade eder. Reçinenin kalıp içinde düzgün akmamış olmasından kaynaklanmaktadır.

**Akma Dayanımı:** Akma noktasındaki gerilimdir. Malzeme üzerindeki gerilimin, gerilim/gerilme (Stress/Strain) oranına göre sapma gösterdiği anı ifade eder.

**Akma Noktası:** Gerilim altındaki bir malzeme- de, kalıcı deformasyonun başladığı noktadır. Yalnızca akma özelliği gösteren malzemelerde "Akma Noktası" bulunur.

**Akrilik:** Akrilik asit esterinin ve türevlerinin polimerizasyonu ile üretilen bir termoplastik polimerdir.

## BÖLÜM 6

TERİMLER  
SÖZLÜĞÜ

**Akustik Emisyon / Ses yayılımı:** Bir malzemeye gerilim altında uygulanan bir test metodudur. Ses dalgası yayılımı ile, tanımlanan malzemenin bütünlüğünü koruyup koruyamadığı, herhangi bir çatlak olup olmadığı ölçülür.

**Alaşım:** Plastiklerde, polimer veya kopolimerin, diğer polimerler veya elastomerlerle seçilmiş koşullar altında harmanlanmasıdır.

**Alev Geciktiriciler:** Reçinenin yanma eğilimini azaltmak amacıyla kullanılan kimyasal katkı maddeleridir.

**Ambalaj:** İplik, fitil v.b ürünlerin çözülebilmese, taşınabilmesi, depolanabilmesi, satılabilmesi ve kullanılabilmesi için uygun paketlenme birimidir.

**Anisotropik Laminat:** Farklı yönlerde, farklı özellik gösteren laminattır.

**Anisotropik:** Farklı yönlerdeki eksenler boyunca, test edildiğinde farklı özellikler gösterme özelliğidir.

**Antioksidan:** Oksitleyici etkiler sonucunda, bozunmayı engellemek amacı ile küçük miktarlarda reçineye katılan katkı maddesidir.

**Antistatik Maddeler:** Bu tür malzemeler, bir kalıplama malzemesine veya kalıplanmış bir ürünün yüzeyine uygulandığında, onu daha iletken yapan malzemelerdir. Böylece, toz birikimini veya elektrik yükü birikimini engellerler.

**Ara Dayanım:** Tam sertliğe ulaşmadan önce, bir laminatın herhangi bir kalıcı bozulma olmaksızın, kalıptan çıkartılabilme ve işlenebilme kabiliyetidir.

**Ara Duruş:** Bir kalıptaki ısı veya basınç uygulamasının kısa bir süre ile durdurularak, kalıp tam olarak kapatılmadan önce, kalıplama malzemesinden gaz çıkışının sağlanmasıdır.

**Ara Malzeme:** Sandviç yapıdaki ürünlerde, ge-

nellikle köpük veya bal peteği şeklinde, iki cidar arasında yapıştırılmış olarak yer alan malzemedir. **Arakesit:** İki değişik, fiziksel olarak ayırt edilebilir ortam arasındaki sınır veya yüzeydir. Laminate , takviye ve reçine arasındaki temas yüzeyini ifade eder.

**Aramid:** Poliamid'den türeyen, yüksek oranda yönlendirilmiş bir organik malzeme türüdür. Fakat aromatik halka yapısını içermektedir. Öncelikli olarak yüksek mukavemetli, yüksek modülülü takviye elyafı olarak kullanılmaktadır. Kevlar ve Nomex birer aramid elyafı örneğidir.

**Ark Dayanımı:** Yüksek voltajda elektrik yüküne dayanabilme özelliğidir. Aralıklarla meydana gelen kesintili bir ark, saniyelerle ifade edilen toplam zaman içindeki yüzey iletkenliğini kaybetmeksizin, plastik bir yüzeyde hareket edebilir.

**Aspect Ratio:** Elyaf çapının, elyaf uzunluğuna oranıdır.

**Atkı:** Dokunmuş bir kumaşa, çözgüye göre dik açıda yönlendirilen cam elyafıdır.

**Ayırıcı Film:** Sertleşme esnasında reçineye temas eden, yapışmayan su geçirmez bir film tabakasıdır.

## B

**B Safhası:** Bazı termoset reçinelerin reaksiyonunda bir ara düzeyi ifade etmektedir. Bu safhada, malzeme ısıtıldığında yumuşar ve plastiktir. Eritilebilir bir özellik gösterir ancak tamamen çözülemez veya erimez. Premix veya sertleşmemiş prepreg içindeki reçine genelde bu düzeydedir.

**2. Bağlayıcı (Binder):** Keçe veya preform şeklindeki takviye malzemelerinde, imalattan kalıplamaya kadar geçen süre içinde, liflerin birarada tutulmasını sağlayan kimyasal bileşiktir.

**1. Bağlayıcı (Finish):** Cam elyafı ve diğer liflere uygulanmak üzere, karışım halinde hazırlanmış bir kaplama malzemesidir. Reçinenin elyafa daha kolay ve sağlam olarak bağlanmasını sağlayan kimyasal bileşenleri içerir.

**Bal Peteği:** Reçine emdirilmiş levha malzeme (kağıt, cam kumaş v.s) veya metal folyo gibi malzemelerin, eşkenar altgen şekilli hücreler şeklinde getirilmesiyle üretilen sandviç konstrüksiyon ara malzemeleridir.

**Balık Gözü:** Laminat yüzeyinde beliren kabarcıklar ve küçük delikçiklerdir. Yüzeyin kirli olması veya reçine üstüne düşen yabancı maddeler gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır.

**Bant Genişliği:** Elyaf sarma prosesinde, takviye malzemesi şeridinin mandrele uygulandığı sıradaki genişliğidir.

**Barcol Sertliği:** Yay yükü altında, keskin bir çelik noktanın, penetrasyona dayanımının ölçül-

mesiyle elde edilen bir sertlik değeridir. "Barcol Impressor" olarak tanımlanan aygıt, 0 ile 100 skalaları arasında "direkt okuma" vermektedir. Sertlik değeri bir plastiğin sertleşme değerinin ölçülmesinde kullanılmaktadır.

**Basıncılı Kalıplama:** Açılan kalıp içine malzemenin yerleştirildiği, kalıp kapatıldıktan sonra uygulanan basınç ve sıcaklık etkisiyle malzemenin şekillendirildiği bir kalıplama yöntemidir.

**Basıncılı Karbon Emdirme:** Karbon-karbon kompozitler için, yüksek ısı ve izostatik basınç koşulları altında karbonizasyon ve zift emdirmeye işlemlerini kapsayan bir yoğunlaştırma prosesidir.

**Basıncılı Torba Kalıplama:** Basıncılı torba kalıplama yöntemi, atmosferik basınçtan daha yüksek basınçların gerektiği uygulamalarda kullanılır. Esnek bir film, takviye malzemesi ve reçine üzerine yerleştirilerek, kalıp kenarına yapıştırılır. Esnek film üzerine uygulanan 3,5 bar değerinde basınç, sertleşme tamamlanana kadar uygulanır.

**Başlangıç Modülü:** Yük-uzama veya yük-gerilme eğrisinin başlangıç gerilme kısmında görülen eğimdir.

**Başlatıcı:** Serbest radikallerin kaynağı olarak peroksitler kullanılmaktadır. Serbest radikal polimerizasyonunda termoset reçinelerin sertleşmesinde, elastomerler ve polietilen için cross link oluşturucu kimyasal olarak ve keza polimer modifikasyonunda kullanılmaktadır.

**Bileşim:** Bir polimere dolgu, yumuşatıcı, plasti fiyan, takviye, katalizör, pigment veya boya gibi girdilerin eklenmesiyle ve homojen bir şekilde karıştırılmasıyla elde edilen üründür. Termoplastik bir bileşim; pigmentler, köpürtücüler v.b bazı maddelerin sonradan eklenmesini gerektirirken, termoset bir bileşim; son ürün için gerekli tüm girdileri içerir.

**Bismaleimide:** Kondensasyon reaksiyonu yerine, ekleme reaksiyonu ile gerçekleştirilen bir polimide reçine türüdür. Böylece, sertleşme sırasında uçuşu organiklerin oluşması engellenmektedir.

**BMC (Hazır Kalıplama Bileşimi):** Termoset reçineler; kuru olmuş elyaf takviyesi, dolgu malzemesi v.b. gibi malzemelerin karışımı ile elde edilen, pres ve enjeksiyon kalıplama teknikleriyle kalıplanan, hazır hamur haldeki vizkoz bileşimlerdir.

**Bor Elyafı:** Mukavemet ve rijitlik veren, genellikle tungsten filament üzerinde, saf bor elementinin yoğunlaştırılması şeklinde üretilen bir elyaf türüdür.

**Boşluk:** Bir laminat içinde hapis olan hava veya gaz habbesidir. Gözeneklilik, bu küçük boşlukların bir bütünüdür.

**Boyutsal Stabilite:** Kalıplandıktan sonra plastik bir ürünün son şeklini koruyabilmesidir.

**Breathing:** Kalıplama sürecinin başlangıcında,

kalıbın açılıp kapanırken gaz çıkışına izin vermesidir. Zehirli gazların atılması, (degassing) olarak da tanımlanabilir.

**Bundle:** Bobin çözülmesi esnasında, birden fazla lifin aynı anda gelmesidir.

**Burkulma:** Bükülme gerilimidir.

**Burkulma Gerilimi:** Burkulma işlemi sırasında kesit alanında oluşan kesme gerilimidir.

**Buruşma / Fil derisi:** Jelkotlu dış yüzeyde, buruşma veya katlanma şeklinde görülen bir kalıplama hatasıdır. Bu sorun, vakum torba kalıplamada, plastik filmin düzgün yerleştirilmemesinden de kaynaklanabilir.

**Bükülme:** Yapısal element üzerinde, basınç etkisi sonucunda istikrarsız yanıl defleksiyon olarak nitelendirilen hasar durumudur.

**Büküm:** Bir iplik veya diğer tekstil elyafında, birim uzunluk başına eksenel yönde yapılan dönüş sayıdır.

## C-Ç

**C Safhası:** Bazı termoset reçinelerin reaksiyonunda çözülemez ve erimez bir hal aldığı son düzeydir.

**Cam Elyafı:** Erimiş camın çekilmesiyle elde edilen bağımsız filamentlerdir. Kontinü filamentler belirsiz uzunlukta veya büyüklükteki tek uçlu cam elyafıdır. Kısa elyaf ise, boyu 430 mm'den daha kısa olan cam elyafı türüdür. Elyaf uzunluğu kullanılan üretim prosesiyle ilişkilidir.

**Cam Elyafı Takviyeli Plastikler:** Keçe, demet ve diğer şekillerdeki elyaf çeşitleri ile takviye edilmiş kompozitler için kullanılan genel bir terimdir.

**Cam Elyafı takviyesi:** Plastiklerin takviyesinde en çok kullanılan malzemedir. Keçe, fitil, kumaş v.b. halinde satılır. Gerek termoset, gerekse termoplastiklerin takviyesinde kullanılmaktadır.

**Camsılaşma:** Amorf haldeki bir polimerin viskoz ve elastik halden, katı ve kırılğan hale geçiş değişimidir.

**Camsılaşma Sıcaklığı:** Camsılaşma geçişinin meydana geldiği, uygun ortam sıcaklığıdır.

**Çapraz Kumaş:** Atkı ve çözüde yer alan liflerin, kumaşın uzunluğuyla belli bir açıda dokunmuş olmasındır.

**Çatlak:** Plastik malzeme veya reçine yüzeyinin altında ya da üstünde, bir ağ yapısında beliren ve geniş bir yüzey bölgesine yayılabilen bölgesel çatlaklardır. Genellikle, elyaf sarma yöntemi ile üretilmiş basınçlı kapların yüzeyinde görülür.

**Çekme:** Kalıplanan ürünün soğuk kalıpta ölçülen boyutu ile kalıptan alındıktan 24 saat sonra ölçülen boyutu arasındaki boyutların, nispi değişimidir.

**Çekme Dayanımı:** Numunede birim kesit alanı üzerine etkiyen yük veya kuvvettir. Numuneyi kırmaya yetecek çekme gerilimini ifade eder.

**Çekmede Uzama:** Numunenin yük altında kopması sırasında gösterdiği uzamadır. İlk uzunluğun yüzde oranı olarak ifade edilir.

**Çember Gerilimi:** İç veya dış başnçla karşılaşan silindirik şekilli malzemedeki çevresel gerilimdir.

**Çentik Hassasiyeti:** Bir malzeme yüzeyinde bulunan çentik gibi yüzey homojenliğini bozan bir etmen, parçayı kırmaya karşı daha hassas hale getirmektedir.

**Çevre:** Bir maddenin performansını etkileyen vibrasyon, çok, manyetik ve elektrik alanları, radyasyon, nem, ısı ve kirlilik gibi dış faktörlerin tümüdür.

**Çift Eksenli Yük:** Laminat yüzeyine uygulanan yükün iki farklı yönde uygulanmasıdır.

**Çok Uçlu Fitol:** Cam elyafı demetlerinin birbirine paralel olarak bükülmeden sarılması ile elde edilen fitillerdir.

**Çözęü:** Dokuma uzunluğu boyunca, birbirine paralel olarak dizilmiş ipliklerdir.

**Çukur Bölge:** Kompozit malzemedeki iç gerilmeler sonucu, belirli bölgelerde oluşan çukur ve yüzeyde çökme görüntüsüdür.

## D

**Darbe Dayanımı:** Ani bir darbeye karşı malzemenin dayanabilme yeteneğidir.

**Darbe Kökenli Çatlaklar:** Yüzeyde görünen malzemedeki meydana gelen ayrılmalardır. Darbe çatlakları belirli bir bölgede, elyaf takviyesinin yetersiz kaldığı veya reçinenin yüksek konsantrasyonlu olduğu bir bölgede olmaktadır.

**Darbe Testi:** Ani bir darbe ile malzemenin kırılabilmesi için gerekli enerjinin ölçülmesi şeklinde yapılan testtir.

**Dayanıklılık:** Malzemenin, içi absorblama özelliğidir. Bir diğer tanımla, malzemenin birim hacmi veya kütesi başına, malzemeyi kırabilecek içi olarak ifade edilebilir. Dayanıklılık, yük-uzama eğrisinin, orijin ile kırılma noktası arasındaki bölgenin altında kalan alanla orantılıdır.

**Deformasyon (Akma) Oranı:** Belirli bir zamanda, deformasyon-zaman eğrisi üzerindeki eğimin değeridir. Verilmiş bir statik yük altında zaman içinde oluşan defleksiyonu belirler.

**Deformasyon (Akma):** Başlangıçta, aniden oluşan elastik deformasyonu kapsamayan, geniş bir zaman dilimi içinde, aşırı yük altında kalan malzemedeki görülen boyutsal değişimdir.

**Demet:** Belli sayıdaki devamlı lifin, bükümlendirilmeden bir araya getirilmesi ile oluşturulan



bir bütündür.

**Dengeli Konstrüksiyon:** Kumaşta atkı ve çözümlerin eşit yoğunlukta kullanılması halidir. Çekme ve sıkıştırma yükleri, konstrüksiyonda uzama ve basınç deformasyonu ile sonuçlanırken, eğilme yükleri aksenal ve lateral yönlerde eşit büyüklükte dağılmaktadır.

**Denye:** 9000 m uzunluğundaki iplik veya filamentin, gram cinsinden ağırlığını belirten bir kodlama sistemidir.

**Depolama Ömrü:** Spesifik ısı koşulları altında, sıvı reçinenin depolanabilme ve kullanılabilir durumda kalma süresidir.

**Devamlı Demetli Keçe:** Kovandan akan liflerin, düzgün dağılımlı tabakalar oluşturacak şekilde, bir düzlem üzerine yayılmasından oluşan cam elyafı takviye malzemesidir. Bu şekilde yayılan lifler, ikinci bir bağlayıcı kullanılarak birarada tutulur.

**Dielektrik:** Elektrik yalıtkanlığıdır. Bir malzemenin, elektrik akımının akışına dayanabilmesidir.

**Dielektrik Dayanımı:** Elektrik yüküne dayanım sağlayan, izolasyon özelliğidir. Birim kalınlık başına, dielektrik özelliğın bozulma potansiyelinin ortalama değeri olarak ifade edilir.

**Dielektrik Isınma:** Yüksek frekanslı elektrostatik alanda, dielektrik kayıpla ilgili malzemelerin ısınmasıdır.

**Dielektrik Sabiti:** Bir elektrod çiftinin, yalıtkan malzeme içindeki sığa değeri, aynı elektrod çiftinin hava içindeki sığa değeri oranıdır.

**Disiklopentadien ile modifiye edilmiş polysterler:** Polyester reçinenin, hammaddelerinden biri olarak DCPD'nin kullanıldığı bir polyester reçine sınıfıdır. Diels-Alder eklemesi tekniğı ile üretilebilirler. Fakat daha tipik olarak, maleik asitin, disiklopentadien çift bağlarına eklenmesi ile elde edilirler.

**Dokuma:** Fital veya ipliklerin, birbirleri arasından geçerek, birbirlerini sıkıştırması sonucunda, ağ şeklinde oluşturulan kumaşa verilen genel addır.

**Dokunmamış Fital:** Belirli yönlerde mukavemet sağlamak amacıyla tek katlı veya çok katlı olarak, dokunmadan bir arada tutulmuş takviye malzemeleridir. Özellikle yüksek mekanik dayanım ve hassasiyet aranan havacılık ve uzay sektöründe kullanılmaktadır.

**Dokunmamış Kumaş:** Çeşitli elyaf türlerinin gevşek bir şekilde presleme ile bir arada tutulduğu, düzlemsel bir tekstil yapısını ifade etmektedir.

**Dokunmuş Fital:** Fitalin dokunması ile elde edilen cam kumaştır.

**Dokunmuş Kumaş:** Cam elyafı ipliklerinden basit, twill, saten, tek yönlü modellerde dokun-

muş kumaşlardır. Genellikle epoksi reçine takviyesinde kullanılır. Başlıca uygulamaları baskılı devre üretimi, devre kesici tüpleri üretimi gibi elektrikli araç gereç üretimidir.

**Dolgu (Filler):** Eklendiğı malzemenin fiziksel, mekanik, temel, elektriksel ve diğeri özelliklerini değiştiren veya maliyeti düşüren bünyeye katılan inert bir malzemedir. Bazen dolgu terimi, partikül boyutundaki katkıları ifade etmek için de kullanılmaktadır.

**Dolgu Malzemeleri:** Yüksek maliyetli reçinelerin özgül özellikleri azaltılmaksızın, dolgu katmak amacıyla kullanılan, düşük maliyetli malzemelerdir.

**Düz dokuma:** Atkı ve çözgü elyafının birbiri ardına geldiğı, basit bir dokuma tekniğıdir.

## E

**E Camı Elyafı :** Maksimum alkali içeriğı %2.0 olan ve kalsiyum alüminyum borosilikat içeren bir cam türüdür. Genel amaçlı elyaf, yüksek dayanım özelliğı nedeniyle, elektrik uygulamalarında kullanılacak laminatlar için uygundur. Plastiklerin takviyesinde çok sık olarak kullanılmaktadır.

**Eğilme Dayanımı:** Bir kırışteki elyaf yüzeyinde oluşabilecek en yüksek eğilme gerilimidir. Eğilme dayanımı en büyük yüke karşı, kırılmadan önce numune parçanın gösterdiği birim direnç olarak da tanımlanabilir. Birim alana etkileyen kuvvet olarak ifade edilir.

**Eğilme Modülü:** Elastik limitler içinde bir test parçasına uygulanan eğilme geriliminin, en uzak noktadaki lif üzerine etkileyen gerilme değeri oranı olarak tarif edilir.

**Eğilme Modülü:** Bir malzemede meydana gelen, gerilme veya deformasyon ile buna neden olan yük veya baskı arasındaki orandır.

**Eğim:** Kalıplanmış parçaların kalıptan çıkarılmasını kolaylaştırmak üzere tasarlanan kalıbın, dikey yüzeylerinin eğimli olması veya gittikçe inceltilesidir.

**Eğim Açısı:** Kalıplanmış ürünün çıkarılmasını kolaylaştıran, bir kalıp veya mandrel üzerinde verilmiş eğimin açısıdır.

**Ekzoterm:** Bir plastik ürünün sertleşme reaksiyonu sırasında, açığa çıkan ısının serbest kalması ve yayılmasıdır.

**El Yatırması:** Takviye malzemesinin kalıba el ile yatırıldığı, reçine ile ıslatılabilen takviye malzemesinin rulolama işlemine tabi tutulduğu emek yoğun bir kalıplama yöntemidir.

**Elastikiyet:** Deformasyona neden olan faktörlerin kaldırılmasından sonra, malzemenin orijinal boyutunu ve şeklini yeniden kazanması, koruması özelliğıdir.



**Elastikiyet Katsayısı:** Gerilme testi sırasındaki Young modülünün karşılığıdır.

**Elastomer:** Deformasyona neden olan faktörün kaldırılmasından sonra oda sıcaklığında orijinal boyutunu ve şeklini yeniden kazanan malzemedir.

**Elyaf:** Filament yapıdaki malzemeler için kullanılan genel bir terimdir. Genellikle, elyaf kelimesi filament kelimesiyle eş anlamlı olarak kullanılmaktadır.

**Elyaf Çapı:** Her bir filamentin çapının ölçülmesidir.

**Elyaf İzi Görünümü:** Son ürün yüzeyinde görülen elyaflardır.

**Elyaf Oranı:** Kompozit üründeki elyaf miktarıdır. Elyaf oranı, kompozit ürünün bütününe oranla, ağırlıkça ve hacimce yüzde olarak ifade edilmektedir.

**Elyaf Sarma:** Önceden veya sarım sırasında, reçine emdirildikten sonra cam liflerinin dönen bir mandrelle sarılması şeklinde uygulanan, kompozit yapıdaki ürünlerin üretimi için kullanılan bir kalıplama yöntemidir. Farklı açılarda sarım yapılabilen mandrel üzerindeki takviye tabakaları, istenen kalınlığa ulaştığında, kalıp üzerine sarılmış olan ürün, kalıp üzerinde sertleştirildikten sonra kalıptan çıkarılır.

**Elyaf Yönü:** Belirtilen eksene göre, elyafın boylamsal olarak belirlenmiş bir açıda yönlendirilmesi veya dizilmesidir.

**Enjeksiyon Kalıplama:** Isı ile yumuşatılan termoplastik polimerin basınç altında soğuk bir boşluğa doğru aktarılması veya bir termoset polimerin ısıtılmış kalıba aktarılması ile plastiğin istenen şekilde elde edilmesi yöntemidir.

**Epoksi:** Meraptanlar, asit anhidrit, karbolik asitler, fenoller, alkoller ve aminlerle reaksiyona sokularak sertleştirilebilen, bir veya birden fazla epoksi grubu içeren, polimerize edilebilen termoset polimerlerdir. Kompozitler ve yapısal yapıştırıcılar için önemli bir matris reçinedir.

**Esnek Kalıplar:** Plastiklerin dökümü için kullanılan kauçuk veya elastomer plastiklerden yapılan kalıplardır. Ters açılı parçaların kalıplanmasını olanak tanırlar.

**Esneklik Sınırı:** Bir malzemenin, kalıcı bir deformasyona uğramadan dayanabileceği en büyük yük değeridir.

**Eş Gerilme:** Bir fitil bobininde, fitili oluşturan demet uçlarının herbirinin aynı gerilim altında tutulması işlemidir.

## F

**Fenolik:** Bir aldehit ile aromatik alkol, özellikle formaldehit ile fenol'ün kondensasyonu ile üretilen bir termoset reçinedir.

**Filament:** Kovan deliklerinden akan her bir cam lifine filament denir. Ürün tipine göre değişik kalınlıklarda olabilir. Filament çapı birimi mikron dur.

**Fitil Bobini:** Belirli bir dış çap ölçüsünü oluşturacak şekilde, fitilin bir bobin halinde sarılması ile elde edilen birim ambalajdır.

## G

**Geçirgenlik:** Fiziksel veya kimyasal olarak etkilenemeyen bir tutucu ortam içinden, katı, sıvı, gaz veya buhar geçişi veya yayılmasıdır.

**Geçiş Sıcaklığı:** Bir malzemenin özelliklerinin değiştiği sıcaklıktır. Malzeme cinsine bağlı olarak, geçiş değişimi tersine olabilir.

**Gerilim:** Bir gövdenin şekilsel veya hacimsel değişimlere direnç göstermesini sağlayan iç kuvvettir. Birim alan başına kuvvet olarak ifade edilmektedir.

**Gerilme:** Gerilimin neden olduğu elastik deformasyondur. Verilen bir yönde, birim uzunluk başına, uzunluktaki değişim, yüzde veya mm/mm olarak ifade edilmektedir.

**Gerilim Korozyonu:** Korozif bir ortamda, gerilim altındaki bölgelerin, gerilim altında olmaması halinde korozyona uğramayacağı halde, korozyona uğraması halidir.

**Gerilim Yoğunlaşması:** Makromekanik bir düzeyde, uygulanan gerilimin, çentik, boşluk, delik v.s bölgelerinde yoğunlaşmasıdır.

**Gerilim-Gerilme Eğrisi:** Yük ve deformasyonu, gerilim ve gerilmeye çevirerek yapılan simultene okumalar, bir koordinat sistemine kaydedildiğinde, gerilim-gerilme diagramı elde edilir.

**Gerilme Ölçme Aygıtı:** Elektriksel dayanımdaki değişim esas alınarak yük altındaki bir malzeme üzerindeki gerilmeyi ölçen aygıttır.

**Gömme:** Plastik kalıplama sırasında, plastik malzemenin içinde mantazam biçimde gömülü durumda yer alan metal parçadır.

**Gözeneklilik:** Katı bir madde içinde vakum, gaz, hava boşluklarının oluşması durumudur. Genellikle boşluk hacminin, toplam hacime oranı olarak ifade edilir.

**Grafit Elyafı:** Bir taşıyıcı üzerinde oksidasyon, karbonizasyon ve grafitleşme ile üretilen bir elyaftır.

## H

**Hacim Oranı:** Bileşen hacminin, tüm karışım hacmine oranıdır.

**Hasarsız İnceleme (NDI):** Bir malzemenin özelliklerini ve yapısını değiştirmeksizin, ultrasonik veya radyografik yoklamalarla malzemenin

niteliklerinin veya kalitesinin belirlenmesi için bir prosedür ya da prosetir.

**Hasarsız Test (NDT):** NDI ile eşanlı olarak kullanılmaktadır.

**Haşıl (Size):** Elyafın niteliklerini kontrol altında tutmak, üretim ve işleme proseslerine yardımcı olmak, ürünün şekillenmesi sırasında yüzeyi korumak için, elyaf veya ipliğe uygulanan jelatin, yağ, vaks, nişasta ve diğer bileşenleri kapsayan girdilerdir.

**Hava Çıkış Deliği / Hava Memesi:** Kalıp üzerine yerleştirilen ve kalıplama sırasında kalıp içinde oluşan gazların çıkışını sağlayan küçük delik ya da yoldur. Hava çıkışından sonra kapatılabilir.

**Hava Kabarcığı:** CTP kalıplaması sırasında takviye tabakaları arasında veya birleştirme bölgelelerinde sıkışarak kalan hava boşluklarıdır.

**Hava Kabarcığı Miktarı:** Kompozit bünyesinde hava kabarcıklarının kalması sonucu oluşan boşlukların, kompozitin tüm hacmine oranıdır. Özellikle sertleşmiş kompozitlerde %1'den daha azdır.

**Hava Kanalı:** Kalıplama malzemesi girdiği süreçte, gaz veya hava çıkışını sağlayan, kalıp içine yerleştirilmiş küçük bir delik veya ince bir kanaldır.

**Hava Koşullarına Dayanım:** Plastiklerin dış ortamda hava koşullarına dayanıklılığı veya hava koşulları sonucunda malzemede oluşan değişim anlamında kullanılır.

**Helisel Sarım:** Sarma kafası, kalıp döndükçe ileri geri hareket etmektedir. Cam elyafı bantları, dairesel sarımdan farklı olarak yan yana yerleşmekte ve bir hatve görünümü oluşturmaktadır. Silindirik sarımların dışında, sarım açılına farklı olabilmektedir.

**Hızlandırıcı (Promoter):** Bu katkı maddeleri, katalizör ile reaksiyona girerek polimerizasyon reaksiyonunu hızlandırır. Hızlandırıcılar (promoterler), katalizöre ilave edilmesinden itibaren sertleşmeyi çabuklaştırır.

**Hızlandırıcı (Accelerator):** Katalizör veya bir reçine ile karıştırıldığında, katalizör ile reçine arasındaki kimyasal reaksiyonu hızlandıracak olan bir malzemedir. Hareket verici (Promoter) olarak da tanımlanır.

**Hızlandırılmış Test:** Hizmet ömrü boyunca, bir ürünün karşılaşabileceği tahrip etkilerini, kısa sürede eşdeğer bir sonuç elde edecek şekilde, test etme yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasıdır.

**Hibrid:** İki veya daha fazla bileşen içeren, kompozitlerde kullanılmak üzere üretilmiş takviye malzemesi çeşididir. "Karbon ve cam" veya "karbon ve aramid" gibi farklı elyaf türlerinin kombinasyonudur.

**Hidrolik Pres:** Kalıplama işlemi için gerekli basınç, bir akışkan kullanılarak sağlandığı pres çeşididir.

**Homojenlik:** Bir malzemenin, ürünün her tarafında aynı kompozisyonda olduğunu tanımlayan bir terimdir.

## I-İ

**Isı Dayanımı:** Plastiklerin veya elastomerlerin artan ısının, olumsuz etkilerine karşı dayanabilme kabiliyeti veya özelliğidir.

**Isı İletkenliği:** Bir malzemenin ısıyı iletme kabiliyetidir. İki cidarın ısı farkı 1 derece olduğunda, bir maddenin birim küp hacminden birim zamanda geçen ısı miktarı için fiziksel sabittir.

**Isıl Genleşme Katsayısı (CTE):** 1 derecelik ısı artışı ile birim uzunluk veya hacimdeki değişimin matematiksel ifadesidir.

**Islak Yatırma:** Takviye malzemesinin kalıp üzerine yerleştirilmesinden sonra, reçine sisteminin sıvı halde uygulanması tekniği ile takviyeli bir ürünün elde edildiği üretim yöntemidir.

**Islaklık Direnci:** Matriks reçine, absorbe ettiği nem ile doygun hale geldiğinde veya absoblanan nemin yüzdesi doygunluk düzeyinden daha az olduğunda organik matriksin mukavemetidir.

**Islanma:** Demet ve cam lifleri arasındaki boşlukların reçine ile doldurulduğu fitil ve ipliklerin ıslatılması durumudur.

**Islatma:** Takviyeli plastiklerde, takviye malzemesinin reçine ile doyurulmasıdır.

**İğne Deliği:** Sertleştirilmiş parça yüzeyinde görülen küçük boşluklardır. Kalıp yüzeyine, kalıplamadan önce toz birikmesi sonucu oluşmaktadır.

**İğnelenmiş Keçe:** Kısa boyda kırılan demetler, bir düzleme yayılmakta daha sonra iğneleme işlemi ile bir keçe haline getirilmektedir. Bu tür takviye malzemesine iğnelenmiş keçe adı verilmektedir.

**İki Açılı Sarma:** Elyaf sarma prosesinde bir sarma çeşididir.

**İki Yönlü Laminat:** Takviyeli bir plastik laminat'ın kendi düzleminde, takviye liflerinin iki farklı yönde yerleştirilme halidir.

**İletkenlik:** Herhangi bir malzemenin birim hacimdeki elektriksel ve ısı iletkenliğidir.

**İnhibitor:** Kimyasal reaksiyonu geciktiren bir maddedir. Ayrıca, reçinelerin ve monomerlerin raf ömürlerini uzatmak amacı ile kullanılır.

**İnorganik Pigmentler:** Plastiklere ısı ve ışık stabilitesi, hava koşullarına dayanım ve renk veren, doğal veya sentetik metalik oksitler, sülfiter ve diğer tuzlardır.

**İzod Darbe Testi:** Çentik açılmış bir test numunesi üzerine darbe indirerek test numunesinin

kırıldığı ve absorblanan enerjinin ölçüldüğü bir test metodudur.

**İzopolyester:** İzofthalik asit kullanılan , bir dizi doymamış polyester reçinelerdir. Hava koşullarına, darbe ve kimyasal etkilere daha yüksek dayanım özellikleri ile nitelendirilen reçinelerdir.

**İzosiyanat Esaslı Plastikler:** Diğer bileşenler ile organik izosiyanatların reaksiyonu ile elde edilen reçine esasına dayanan plastiklerdir.

**İzotropik:** Bir malzemenin bütün yönlerde homojen özelliklere sahip olması niteliğidir.

## J

**Jel:** Sıvı reçinenin değişimi sırasında, katı faza geçmeden önceki (katılaşmanın başlangıç aşaması); yarı sıvı halde bulunan şebeke yapısı sistemidir.

**Jelkot:** Kalıp yüzeyine uygulanan ve keçenin kalıp üzerine yatırılmasından önce jelleşen bir reçinedir. Kalıplanan ürünle bir bütün oluşturan bu reçine, özellikle düzgün bir ürün yüzeyi istendiğinde uygulanır.

**Jelleşme:** Reçine vizkositesinin, sertleşme reaksiyonu sırasında belirli bir noktaya kadar yükselmesi halidir. Bir çubuk sokularak test edildiğinde, reçinenin pelte kıvamına ulaştığı gözlenebilir.

**Jelleşme Noktası:** Sıvı haldeki reçinenin psödo-elastik özellikler göstermeye başladığı düzeydir. Bu düzey, vizkosite-zaman grafiği üzerindeki büktülme noktasından açıkça gözlemlenebilir.

## K

**Kabarcıklar:** Bölgesel olarak veya tüm yüzeyde beliren uygulama hatalarıdır. Hızlı sertleşme sonucunda, reçine, dolgu veya cam elyafının içinde rutubet bulunması gibi etkenlerden kaynaklanabilir.

**Kabuklanma:** Kabuğu soyulmuş portakal görüntüsünde bir yüzey hatasıdır.

**Kalıcı Gerilim:** Dış yüklere maruz kalmayan ve üniform bir ısıda, dengede, hareketsiz bir vaziyette, gövdede varolan gerilimdir.

**Kalıp:** Plastik bileşimin yerleştirildiği ve şekillendirildiği boşluktur.

**Kalıp Ayırıcılar:** Kalıplanan parçanın, kalıba yapışmasını engellemek için kullanılan bir kaydırıcı sıvı, silikon yağlar ve vaks türü malzemelerdir.

**Kalıp Basıncı:** Kalıp boşluğunun tamamının reçine ile doldurulabilmesi, yumuşatılmış plastiğin itilebilmesi için ekipman tarafından uygulanan basınçtır.

**Kalıp Boşluğu:** Reçine veya kalıplama bileşiğinin döküldüğü veya enjekte edildiği bir kalıbın

iki parçası arasında kalan boşluktur.

**Kalıp Çekmesi:** Kalıplanan bir parçanın kalıptan çıkarılıp, oda sıcaklığında soğutulduğu sırada oluşan, ani gelen çekmedir.

**Kalıp Yüzeyi:** Otoklav veya hidrokav içindeki sertleşme sırasında, kalıpla temas eden laminatın yüzeyidir.

**Kalıp Yüzü:** Kompozit parçanın, sertleşirken kalıp veya mandrel yüzeyine temas ettiği yüzeydir.

**Kalıplama:** Bir polimer veya kompozitin, istenilen hacim ve şekilde katı bir cisim halinde şekillendirilmesidir.

**Kaplama:** Bir malzemenin plastik madde ile kaplanmasıdır. Baskılı devrelerin ve kondansatörlerin üretiminde kullanılır.

**Karbon:** Bütün organik polimerlerin belkemiğini oluşturan elementtir. Grafit, karbonun daha düzenli şeklidir. Elmas; karbon'un yoğun kristal halidir.

**Karbon Elyafı:** Rayon, poliakrilonitril (PAN), zift (pitch), gibi organik liflerin inert bir ortamda pirolize edilmesi ile elde edilen takviye lifleridir.

**Karbon-Karbon:** Karbon veya grafit matriks içinde karbon veya grafit elyafı içeren kompozit bir malzemedir.

**Kat:** Bir veya daha fazla tabakayı (laminat v.s.) kapsayan kumaşlar veya dokumalardır. Tabakalar bir yığını oluşturmaktadırlar.

**Katalizör:** Bu endüstride başlatıcı ile anlamdaş olarak kullanılmaktadır. "Başlatıcı", "hızlandırıcı", "sertleştirici" (Hardener) ve "destekleyici" (Promoter) a bakınız.

**Katkı:** Herhangi bir madde içine, özelliklerini modifiye etmek amacı ile katılan plastifiyen, ışık absorblayıcılar ve alev geçiktiriciler gibi maddelerdir.

**Kaydırıcı:** Tekstil ipliklerinin işleme ve kalıplama özelliklerinin artırılabilmesi için, bağlayıcıların çoğuna eklenen kimyasal bir malzemedir.

**Keçe:** Tesadüfi bir dağılımla, bir bant üzerine kırıplan cam liflerinden oluşan ve bir bağlayıcı aracılığı ile bir arada tutularak kumaş haline getirilmiş takviye malzemesidir.

**Kesme Dayanımı:** Bir malzemenin taşıyabileceği maksimum kesme gerilimidir.

**Kesme Kenarı:** Kalıplanan ürünün sertleşmesinden sonra, kalıptan taşan kısımların kesilmesi için kalıp kenarında bırakılan flanşı tarif eder.

**Kesme Kuvveti:** Birbirine temas halinde olan iki parçayı, aynı düzlemde birbirine paralel olarak kaydırmak üzere uygulanan kuvvet tarafından, uygulanan gerilimdir.

**Kırılma:** Bir gövdenin ayrılmasıdır. Tamamen ayrılma kavramı yanı sıra, tam ayrılma olmadan, yalnız yüzeyde görülen bir kırığı da ifade etmektedir.

**Kırılma Gerilimi:** Kırılmanın başlangıç anında minimum kesit alanı üzerine, dik olarak uygulanan yükür.

**Kırılmaya Dayanıklılık:** Başlangıç durumundaki bozukluklar veya çatlaklar görülen bir malzemenin, kırılmadan ne kadar kullanılabilceğinin ölçümüdür. Özellikle, uçak üretiminde, yapısal tasarımların ve analizlerin yapılması sırasında kullanılır.

**Kırpılmış Demetler:** Cam elyafı demetlerinin 3-12 mm uzunluğunda kırılmış şeklidir.

**Kızdırma Kaybı:** Yakma işleminden önceki ve sonraki ağırlık farkıdır. Cam elyafında, 1. bağlayıcının (size) ve 2. bağlayıcının (binder) yakılmasıdır.

**Kilitleme Basıncı:** Enjeksiyon ve Transfer kalıplamada, reçinenin takviye malzemesi arasından akışı sırasında oluşan basıncı, kalıp kenarlarındaki kilitleme ekipmanı karşılar. Bu basınca, kilitleme basıncı adı verilir.

**Kohezyon:** Tek bir maddenin birbirine yapışma eğilimidir. Moleküler partiküllerinin karşılıklı çekim kuvvetidir. Ayırmaya karşı bir direnç olup, maddeleri bir arada tutan güçtür.

**Kompozit Malzeme:** Takviye malzemeleri, dolgu ve reçineler gibi, iki veya daha fazla malzemenin birleştirilmiş şekli, makro düzeyde, bireysel özelliklerinden farklı özellikler göstermektedir. Bileşenlerin daha farklı özellikler sağladığı bileşkelere, kompozit malzeme adı verilmektedir.

**Kondensasyon Polimerizasyonu:** İki veya daha fazla molekülün birleştiği kimyasal bir reaksiyon sırasında, ürün ile birlikte su moleküllerinin açığa çıktığı bir kimyasal reaksiyondur.

**Kontrplak:** Lif yönüne göre tabakaların birbirine dik yönde yerleştirilerek birleştirildiği tabakalardır.

**Kopolimer:** İki veya daha fazla birbirine benzemeyen monomerin, bir arada reaksiyona sokularak polimerize edilmesi ile elde edilen üründür.

**Kordon:** Liflerin düz kumaş yerine, boru şeklinde dokunmasıdır. Grafit elyafı takviyeli golf sopalarında bu tür takviye malzemeleri kullanılmaktadır.

**Korozyon Dayanımı:** Bir malzemenin özelliklerinde herhangi bir değişim veya azalma olmaksızın, etrafını çevreleyen ortamdaki kimyasal etkilere karşı gösterdiği dayanımdır. Korozyon olayı, metaller için karıncalanma veya paslanma, organik malzemeler için çatlak oluşumu şeklinde olabilir.

**Köprülenme:** Kalıplama esnasında köşe ve radyuslara yatmayan, bu nedenle boşluk ve boyutsal hatalarla sonuçlanan durumdur.

**Krater:** Bir plastiğin yüzeyindeki küçük düzen-

li veya düzensiz, çapı ve derinliği aşağı yukarı eşit boyutta olan kraterlerdir.

**Kullanılabilirlik Süresi:** Proses sırasında kullanılmak üzere katalize edilmiş reçinenin, jelleşmeye başlamadan, kullanılabilir durumda kalabildiği süreyi ifade eder.

**Kuvvet:** Erkek kalıbın boşluk üzerine kapatılmasıyla, reçine üzerine uygulanan basınç reçinenin akmasına neden olur.

**Kül Oranı:** Bir takviye malzemesi yakıldıktan sonra geriye kalan katı artıkların başlangıç ağırlığına oranıdır.

## L

**Laminat:** Genellikle basınç ve ısı altında, tabakaları bir bağlayıcı malzeme ile birleştirmek. Aynı zamanda birleştirilerek bir araya getirilen tabakaların oluşturduğu bir malzeme (örneğin bir kompozit) kavramını tanımlayan terimdir.

**Laminat Arası:** Kompozitlerde, iki laminat arasında tarif eden genel terimdir. Arada kalan boşluk, arada oluşan kesme gerilimi gibi fiziksel oluşumlar, bu terim ile anılır.

**Laminat Arası Kesme Gerilmesi:** Bir laminatta, iki tabaka arasındaki ara kesit yüzeyi doğrultusunda, nispi bir yer değiştirme oluşturan kesme kuvvetidir.

## M

**Maçalı Kalıplama:** Zamana bağlı olarak, basınç ve ısıyla kompozit parçanın kalıplanmasını sağlayan dişi ve erkek metal kalıpların birleştirilmesi sonucu elde edilen (Pres kalıplama olarak da ifade edilebilir) takviyeli plastik kalıplama yöntemidir.

**Mandrel:** Reçineye emdirilen fitil, keçe, kumaş gibi takviye malzemelerinin şekillendirilmek için üzerine sarıldığı metal kalıplardır. İçi boş, silindirik boru ve tank gövdeleri üretiminde kullanılır.

**Matriks:** Bir kompoziti oluşturan elyaf sistemi içerisinde yer alan homojen reçine veya polimer malzemedir. Termoplastik ve termoset reçineler kullanılabileceği gibi metal, seramik, cam da kullanılabilir.

**Mekanik Özellikler:** Bir kuvvet uygulandığında, elastik ve inelastik reaksiyonlarla bağlantılı olan modüller, gerilme ve basınç direnci gibi malzeme özellikleridir.

**Metalik Elyaf:** Metal ile kaplı elyaf, plastik kaplı metal veya tamamen metalle kaplanan taşıyıcı olarak üretilen elyaf türleridir.

**Mikro Çatlak:** Isıl gerilmelerin yerel olarak, matriks direncini aşması halinde kompozitlerde oluşan kılcal çatlaklardır.

**Mil:** Cam elyaf filamentlerinin çapını ölçmek için kullanılan bir uzunluk birimidir. (1 mil=0.001in.)

**Moleküler Ağırlık:** Bir molekül içindeki bütün atomların atomik ağırlıklarının toplamıdır. Polimer oluşumunu izlemek amacı ile moleküllerin zincir uzunluğu ölçümü yapılmaktadır.

**Monomer:** Bir polimeri temsil eden en küçük birimdir. Polimerleri oluşturmak üzere reaksiyona giren molekül olarak da ifade edilir.

**Morfoloji:** Kristal özelliği, moleküler ağırlık, dallanma gibi bir polimerin yapısında görülen özelliklerin tümüdür.

## N

**Nem Oranı:** Bir malzemenin içindeki nem miktarı, nemli ürünün hacminin (kütlesinin) yüzdesi olarak yani, kuru haldeki madde artı nem olarak ifade edilmektedir.

**NOL Halkası:** Elyafın birbirine paralel olarak sarılması ile elde edilen bir halkanın bütünü üzerinde veya bu halkadan alınan segmentler üzerinde, çekme ve sıkıştırma testlerinin yapılması için "Naval Ordinance Laboratory" tarafından geliştirilmiş bir test yöntemidir.

**Novolak:** Bir termoset fenolik elde etmek için reaksiyona sokulan, tek başına sertleştirilemeyen, lineer termoplastik, B düzeyi fenolik reçinedir.

## O-Ö

**Organik:** Bitkisel ve hayvansal yaşamdan kaynaklanan maddeler ile, doğal veya sentetik olarak üretilen hidrokarbon kaynaklı maddelerdir.

**Ortam:** Basınç, ısı veya nispi nem gibi etrafımızı saran çevresel koşullardır.

**Otoklav:** Kimyasal bir reaksiyonu iletirmek ve tamamlamak için veya ısı ve basınç altında herhangi bir işlem için kullanılan kapalı bir kaptır.

**Otoklav Kalıplama:** Yatırma veya sarma işleminden bütün kalıp, ısıtılmış otoklavın içine yerleştirilmektedir. Kullanılan basınç genellikle 3,5-7 bar arasındadır. Daha fazla basınç uygulanması, ürün yoğunluğunun daha yüksek olmasını sağlar ve reçinedeki uçucu gazların giderilmesini kolaylaştırır.

**Öğütülmüş Lifler:** Kontinü cam liflerinin çekiçli değirmende, çok kısa cam lifleri halinde öğütülmesidir.

**Ön Karışım:** Kalıplama için gerekli tüm bileşenleri içeren, kalıplama işleminden önce hazırlanan kalıplama bileşimidir. Ön karışımı oluşturan bileşenler; reçine, takviye, dolgu, katalist, kalıp ayırıcı ve diğer girdileri içerir.

**Ön Şekillendirme:** Önceden belirlenen uzun-

luklarda kırılan takviye malzemelerinin bir vakum tablası üzerinde, kalıplanacak parçanın boyutuna yakın olacak şekilde, ön şekillendirme (Preform) yapılmasını içeren bir prosestir.

## P

**Parti:** Bir malzemenin, aynı proseste veya bir kontinü proseste şekillendirilen ve proses boyunca aynı özellikleri taşıyan belirli bir miktarıdır.

**Plastik Hafıza:** Isı altında gerdirilen bir termoplastik malzemenin, tekrar ısıtılana kadar, gerdirilmiş eski boyutuna dönmesi eğilimidir.

**Plastifiyan:** Plastiğin içine eklenerek, plastiğin esnekliğini, gerilme özelliklerini ve çalışabilirliğini artıran bir malzemedir.

**Plastik:** Ana girdisi, büyük molekül ağırlıklı organik polimerler olan, sertleştirici, dolgu, takviye gibi katkıları içeren, bitmiş hali katı olan ve üretiminin bazı safhalarında ya da bitmiş ürüne yönelik işlenebilirliği olan, akışkan ve şekillendirilebilen bir malzemedir.

**Plastik Deformasyon:** Yük altındaki bir nesnenin, elastik deformasyonunun tersine, yük kaldırdığı zaman, yeniden eski özelliklerini kazanamayan, kalıcı boyutsal değişimdir.

**Poisson Oranı:** Eksen boyunca uygulanan çekme veya gerilme nedeniyle kesit alanında oluşan değişimin aksenal uzunluktaki değişime oranıdır.

**Polar Sarım:** Kalıp yerine, elyaf sarma kafası hareketlidir. Lifler belirlenmiş bir açıda kalıp yüzeyine aksenal yönde yerleştirildikçe, kalıp kendi ekseninde bir adım dönmektedir. Polar sarıcılar, elyaf yerleştirme kolunun rahat hareket edebilmesi amacıyla genellikle dikey konumda çalışmaktadır.

**Polimer:** Yüksek molekül ağırlıklı organik bileşimleri, doğal veya sentetik ürünleri kapsar.

**Polimerizasyon:** Monomer moleküllerinin birleşerek, kendi molekül ağırlığının katları mertebesinde bir molekül ağırlığı oluşturması şeklinde yürüten bir kimyasal reaksiyondur. İki veya daha fazla monomerin katıldığı polimerizasyon reaksiyonuna, kopolimerizasyon adı verilmektedir.

**Poliüretan:** Diizosiyanatlar ile polyoller, poliamidler, alkid polimerler ve polieterlerin, polimerizasyon reaksiyonu ile hazırlanan bir termoset reçinedir.

**Postcure:** Kalıplama sırasında oluşan uçucu gazların, yüzdesinin azalması veya sertleşme işleminin tamamlanması ve/veya son ürün özelliklerinin artırılması amacı ile genellikle basınç olmaksızın, bir fırınlama işlemi uygulanmaktadır.

**Postforming:** Esneklik kazandırmak için ısıtılan termoplastik laminat üzerinde veya tam serleşti-

rılmış C düzeyindeki termoset laminatlar üzerinde form verme, eğme ve şekillendirme işlemlerini yapılmasıdır.

**Preform Bağlayıcısı:** Preform (ön şekillendirme) üretmek üzere kırılpan demetlerin üzerine, genellikle şekillendirme sırasında, preform şeklini korumak ve taşınabilirliği sağlamak amacıyla püskürtülen bir reçinedir

**Prepreg:** Tek yönlü elyaf, keçe, kumaş veya reçine emdirilmiş kağıt şeklinde olabileceği gibi, fitil halinde sarılmaya hazır veya levha şeklinde de olabilen hazır kalıplama malzemesidir.

**Prepolimer:** Moleküler ağırlığı, monomer veya monomerler ve nihai polimer ya da reçine arasında olan kimyasal bir ara maddedir.

**Pres Stroku:** Hidrolik presin, pres açık konumdayken, hareketli ve sabit tablaları arasında kalan mesafedir. Kalıp stroğu, kalıplanmış parçanın kalıptan çıkarılabimesi için gerekli boşluğu sağlar.

**Proliz:** İnert bir atmosfer içinde, zift, polyakrilonitril (PAN) ve rayon gibi organik öncü elyaf malzemelerinin, ısı hareketi ile karbon elyafına kimyasal olarak dönüştürüldüğü temel bir prosestir.

**Prototip:** Malzeme işlenebilirliği, tasarım, performans ve şekil açısından tam değerlendirme yapılarak, seri üretim için uygun modelin ortaya konması işlemidir.

**Pultruzyon:** Şekilli bir kesite sahip olan kompozitlerin üretimi için kullanılan, devamlı bir prosestir. Pultruzyon, elyaf takviye malzemesinin reçine banyosundan geçirilmesi ve ısıtılmış çelik bir kalıp içinden çekilerek, sertleştirilmesi prosesidir.

**Püskürtme:** Püskürtme tabancasının, bir uygulama ekipmanı olarak kullanıldığı bir tekniktir. Takviyeli plastiklerde, örneğin cam elyafı ve reçine aynı anda bir kalıp yüzeyine uygulanabilir.

## R

**Raf Ömrü:** Bir malzemenin, maddenin veya ürünün uygun çevre koşulları altında depolanabilme ve fonksiyonları için gerekli nitelikleri koruyabilme süresidir.

**Reaktif Enjeksiyon Kalıplama (RIM):** Poliüretan, epoksi ve diğer sıvı kimyasal sistemlerin kalıplanmasında kullanılan bir prosestir. Uygun kimyasal oran içinde iki veya daha fazla bileşenin karışımı, yüksek basınçla çalışan karıştırıcı kafa içinde yapılmaktadır.

**Reçine:** Basınç altında, akma eğilimi gösteren, genellikle yüksek molekül ağırlıklı, katı veya yarı katı organik bir malzemedir.

**Reçine Havuzu:** Laminat yüzeyinin belli bir böl-

gesinde, reçine fazlası birikiminin yarattığı görünümdür.

**Reçine Oranı:** Laminat içindeki reçine miktarının, toplam ağırlığa veya toplam hacme oranı olarak ifade edilmektedir.

**Reçine Transfer Kalıplama (RTM):** Cam elyafı takviyesinin yer aldığı, kapalı bir kalıba katalizlenmiş reçinenin enjekte veya transfer edildiği bir prosestir.

**Reçine Zengin Bölge:** Takviye miktarının az, reçine miktarının çok olduğu bölgedir.

**Reinforced Reaction Injection Molding (RRIM):** Bir takviye malzemesinin eklendiği, reaktif enjeksiyon kalıplama (RIM) prosesidir.

**Renkli Elyaf:** Dokunmuş malzemelerde atkı elyafının, çözgü elyafından ayırdedilebilmesi; elyaf hizalamasının düzgün yapılabilmesi amacı ile takviye malzemesi üzerine yerleştirilen farklı renkte tek bir demet veya ipliklidir.

**Reoloji:** Malzemelerin plastik akma ve deformasyonu konularıyla ilgilenen bir bilim dalıdır.

**Rezol:** Isıtıldığında, sertleşmesi için gerekli olan tüm maddeleri içeren, bir termoset reçinenin sertleşmemiş halidir.

**Rib:** Plastik parçalarda, dikey ve yatay konumda, dairesel veya diğer formlarda yapısal mekanik takviyeleri sağlamak için tasarıma katılan bir takviye unsurudur.

**Rijitlik:** Yük ve deformasyon arasındaki ilişkiyi belirleyen bir modül ölçümüdür.

**Rockwell Sertliği:** Bir delici üzerine etkileyen yükün artması ile delinen delik derinliğinin artması ilkesine dayanan bir yüzey sertliği ölçüm değeridir.

## S-Ş

**Sandviç Konstrüksiyon:** İki ince CTP laminat arasına bal peteği veya köpük türü bir ara malzemenin yapıştırılmasıyla elde edilen, yüksek eğilme dayanımlı panellerdir.

**Santrifüj Kalıplama:** Boru gibi, silindirik şekilli kompozitlerin kalıplanmasında kullanılan üretim tekniğidir. İçi boş, silindirik bir mandrel içine reçine ve takviye malzemeleri yerleştirilerek mandrel döndürülmekte, mandrelin ısıtılması ile reçinenin sertleştirilmesi sağlanmaktadır.

**S-Camı:** Çok yüksek gerilme dayanımlı cam liflerinin elde edilebilmesi için tasarlanmış bir magnezyum alümina silikat bileşenidir.

**Sarım Açısı:** Sarılan filamentlerin aksı ile referans olarak alınan aks arasındaki açının derece cinsinden ölçüsüdür

**Sehpa:** Gereken sayıda fitil bobinlerini bir arada tutabilmek ve düzenli bir biçimde bobinlerin çözülmesini sağlamak amacıyla kullanılan bir ekipmandır.



**Sertleşme:** Kondensasyon, halka kapatma veya ekleme reaksiyonları ile termoset reçine özelliklerinin, geri dönüşü olmayacak şekilde değiştirilmesidir.

**Sertleşme Süreci:** Bir termoset reçine sistemi veya prepeg ürünün sertleşmesini sağlamak için, belirli bir zaman sürecinde kullanılan ısı ve basınç değerlerinin tümünü ifade eder.

**Sertleştirici:** Plastik bileşime eklenerek, sertleşmeyi kontrol eden veya hızlandıran, reaksiyon içinde yer alan bir kimyasal maddedir.

**Sertlik:** Sivri uçlu bir çubuğun, yüzeye batırılması ve yüzeyden laminat içine dalma derinliğinin ölçülmesi şeklinde ifade edilen, çentiklere karşı dayanım özelliğidir.

**Sıkıştırma:** Laminat içinde kalan havanın çıkartılması amacıyla geçici bir süre ile "vakum torba" tekniği kullanılarak "vakum" uygulamasıdır. Aynı zamanda, SMC pestil üretiminde de pestil rulosu arasında kalan havanın, rulolar aracılığı ile sıkıştırılmasıyla giderilmesini de ifade etmektedir.

**Sıkıştırma Dayanımı:** Malzemenin kendisini kırma veya bükme eğilimindeki bir güce karşı gösterdiği dayanımdır.

**Sıkıştırma Modülü:** Orantı limiti içinde sıkıştırma yükünün, sıkıştırma gerilimine oranıdır. Teorik olarak, çekme tesleri ile belirlenen Young modülüne eşittir.

**Sıvı Kristal Polimer:** Eritilerek işlenebilen ve kalıp içinde yüksek oryantasyon sağlayan, çekme dayanımı ve yüksek sıcaklık dayanımı özellikleri olan, yeni geliştirilmiş termoplastik bir polimerdir.

**Sıyırma Bıçağı:** Reçinenin, ince bir film şeklinde düzgün yayılmasını sağlayan, düz bir parçadır.

**Sızma:** Yüzeyde su görülmesi şeklinde rastlanan hafif bir sızdırma hatasıdır.

**Sılanlar:** Kompozit malzemelerde, takviye malzemesi ve reçine matrisi ara kesitinde, bir kimyasal bağ oluşturmak üzere tasarlanmış herhangi bir kimyasal maddedir.

**Silikon Karbür:** Alüminyumla eşit yoğunluk, modül ve yüksek direnç göstermesi nedeniyle metal matris takviyesi olarak, uygulanmaktadır.

**SMC (Hazır Kalıplama Bileşimi):** Genellikle polyester olan sıvı bir termoset reçine, pigmentler, dolgular ve diğer katkıların önceden bir araya getirildiği ve kalıplama sırasında, işleme kolaylığı sağlama için pestil haline getirilmiş hazır kalıplama bileşimidir.

**Soğuk Akım:** Bir faz değişimi veya kimyasal değişim olmaksızın, çalışma sıcaklığında, devamlı yük altında olan malzemede görülen bozulmadır.

**Soğutma Şablonu:** Ürün ile aynı boyut ve şekilde, hatası yüzeye sahip olan metal plakalardır. Üretilen ürünün, fırında sertleştirilmesi tamam-

landıktan sonra, ortam sıcaklık ve basıncında üzerine konularak soğutulmasında kullanılır.

**Spesifik Ağırlık:** Bir malzemenin birim kütesinin, birim hacmine bölünmesi sonucunda bulunan yoğunluk değerinin, sabit bir sıcaklıkta, sıyın yoğunluğuna bölünmesi ile bulunan değerdir.

**Spesifik Özellikler:** Malzeme özelliklerinin, malzeme yoğunluğuna bölünmesi sonucu elde edilen değerlerdir.

**Standart Sapma:** Ortalama veri dağılımının, ortalama değerden ne kadar saptığının ölçülmesidir.

**Stforming:** Esneklik kazandırmak için ısıtılan termoplastik laminat üzerinde veya tam serleştirilmiş C düzeyindeki termoset laminatlar üzerinde form verme, eğme ve şekillendirme işlemlerinin yapılmasıdır.

**Stoper:** Kalıbın iki parçası arasına yerleştirilen sınırlayıcı metal parçalarıdır. Basıncı kalıplama sırasında, kalıplanan parçalarının kalınlık kontrolünde kullanılmaktadır.

**Su absorpsiyonu:** Bir malzeme tarafından emilen su ağırlığının kuru malzeme ağırlığına oranıdır.

**Şerit:** Tek yönlü karbon elyafından yapıldığında 305 mm.'ye kadar, bor elyafından yapıldığında 75mm.'ye kadar genişlikte hazırlanan şerit şeklinde prepreglerdir.

## T

**Tabakalara Ayrılma:** Kompozit laminatı oluşturan tabakaların, bölgesel olarak veya geniş bir bölgede birbirinden ayrılmasıdır. Sertleşme sırasında oluşabileceği gibi daha sonra, kullanım ömrü sırasında da oluşabilir.

**Takviye:** Matris malzemenin, mekanik özelliklerinin artırılması için, matrisle bağlanan dayanıklı bir malzemedir.

**Takviyeli Plastikler:** İçine kumaş, keçe, şerit v.s gibi takviye malzemelerinin katılmasından sonra, çeşitli yöntemlerle şekillendirilen termoset veya termoplastik reçinelerden yapılmış ürünleri ifade eder.

**Tamamen Bozulma:** Mekanik, termal veya elektriksel sorunlardan kaynaklanan beklenmedik başarısızlıkların tamamıdır.

**Taşma:** Kalıplama sırasında, kalıp boşluğundan taşan malzeme fazlasıdır. Kalıp birleşme hattı boyunca, boşluğa sızabilen ve parça kalıptan çıktıktan sonra trimlenmesi gereken plastik malzeme fazlasıdır.

**Teğet Modülü:** Birim alan başına, birim gerilme cinsinden ifade edilen statik gerilim-gerilme eğrisi üstünde, önceden belirlenmiş bir noktada çizilen teğet doğrunun eğimidir.

**Tek uçlu Fital:** Çok sayıda delik içeren kovanlardan akan cam liflerinin doğrudan sarılması ile

elde edilen fitildir.

**Tek Yönlü Laminat:** Bütün liflerin aynı istikamete yönlendirildiği takviyeli plastik laminattır.

**Tekstil İplikleri:** Cam liflerinin bükümlü hale getirilmesiyle elde edilen takviye malzemesidir.

**Temas Kalıplama:** Takviye malzemesinin açık bir kalıp içerisine yerleştirildiği ve reçine emdirildiği bir kalıplama prosesesidir. Reçine içine katalizör ve hızlandırıcıdan oluşan bir sertleştirme sisteminin katılması ile oda sıcaklığında veya ek bir basınç olmaksızın, fırın içerisinde ısıtılmak suretiyle sertleşme sağlanır. El yutması ve püskürtme yöntemleri, temas kalıplama yöntemleridir.

**Termoforming:** Elyaf takviyesini çatlatmadan veya kırmadan, termoplastik malzemenin yeterince yumuşak bir hal alacağı noktaya kadar ısıtıldıktan sonra şekillendirilmesidir.

**Termoplastik:** Isının arttırılmasıyla yumuşayan, düşmesiyle sertleşen, tekrarlanabilir özellik gösteren plastik grubudur.

**Termoplastik Polyesterler:** Kendini tekrar eden grupların, birbirine ester grupları ile bağlanmış olduğu termoplastik polimer sınıfıdır.

**Termoset:** Isı veya kimyasal bir madde ilavesiyle sertleştirildikten sonra, eritilemez ve çözülemez bir madde haline dönüşen plastik sınıfıdır.

**Termoset Polyester:** Genellikle lineer yapıda, doymamış alkid reçinelerin, stiren, metil stiren gibi vinil esaslı aktif monomerlerin içinde veya diallil ftalat içinde çözülmesi şeklinde üretilen reçine sınıfıdır.

**Terpolimer:** Bünyesinde üç monomerik birim içeren polimerik sistemdir.

**Ters Dönüş:** Rijit bir kalıptan, kalıplanmış bir parçanın çıkartılabilmesini engelleyen bir çentik veya tümsektir.

**Tesadüfi Dağılım:** Sabit bir şablona dayanmadan yapılan sarma işlemidir.

**Tikotropik:** Hareketsiz haldeyken jel gibi fakat çalkalandığında akışkan halde olan malzemelerdir.

**Tolerans:** Standart bir ortamda, bir bileşenin spesifik olarak belirlenmiş karakteristik özelliklerinden, en çok sapabileceği değerdir.

**Torba Kalıplama:** Kalıp içine yatırılan takviyeli reçinenin, sıkıştırma ve sertleştirme işleminin esnek bir membran altında gaz veya sıvı basıncının uygulanmasıyla sağlandığı bir prosestir.

**Torbalama:** Su ve hava geçirmez bir film tabakasının, henüz daha sertleşmemiş parça üzerine kapatılması ve parçanın vakum uygulamaya hazır hale getirilmesidir.

**Tow:** Kontinü filamentlerin bükümsüz demetleridir. Genellikle karbon ve grafitler için kullanılmakla birlikte, cam ve aramid için de kullanılmaktadır. 140 K olarak tanımlanan tow'da 140.000 adet lif bulunmaktadır.

**Transfer Kalıplama:** Bir aktarım odası içinde ısı ile yumuşatılan, termoplastik reçinenin daha sonra, uygun bir kanal aracılığıyla son şeklini almak ve sertleşmek üzere kapalı kalıba aktarılması şeklinde bir kalıplama yöntemidir.

**Trimleme:** Plastik kalıplamasında, taşan fazlalıkların giderilmesi işlemidir.

**Tuşe:** Dokunarak ifade edilebilen kumaş yumuşaklığıdır.

**Tül:** Cam elyafı veya organik liflerden oluşan, yüzey keçesine benzer çok ince bir keçedir.

## U-Ü

**Uç:** Belirli sayıdaki cam filamentlerinin bir arada tutulduğu bütünü ifade eder. Bükmeden kullanıldığında "demet" olarak, bükülerek kullanıldığında "iplik" olarak adlandırılır.

**Uç Sayısı:** Bir fitil bobini sarılırken bir araya getirilen demetlerin "uç" sayısıdır.

**Uçucu Gazlar:** Bir malzeme formülasyonu içinde yer alan alkol, su, aseton, stiren gibi maddelerin, sıcaklık yükselmesi ile veya oda sıcaklığında, buhar halinde ortama yayılmasıdır.

**Uyumluluk:** Plastik malzemelerin özelliklerinde homojen bir yapı elde edilebilmesi için, iki veya daha fazla maddenin bir arada kullanılabilme özelliğidir. Örneğin; belli bir bağlayıcının, son kullanım alanlarına göre, belli bir reçine türünde kullanılması gibi.

**Üretan Plastikleri:** Organik izosiyanatların, hidrokسيل gruplarını içeren reçineler ve bileşimlerle reaksiyona sokulması sonucu üretilen reçinelerle kalıplanan plastiklerdir.

## V

**Vakum Torba Kalıplama:** Kalıp üzerine el yutması veya püskürtme yöntemi ile ürün işlendikten sonra, esnek şeffaf bir film, havalandırma kumaşı ve ayrıca filmden oluşan kombinasyon, sertleşmemiş haldeki ürün üzerine yerleştirilir, kalıp kenarlarına yapıştırılır. Vakum, kompozit ürün ile üçlü plastik film tabakası arasında uygulanmaktadır.

**Vinil Ester:** Çoğunlukla epoksi reçineden yapılan, akrilik ester ve/veya meta akrilik asitleri içeren bir termoset reçine sınıfıdır.

**Vizkosite:** Bir malzemenin akışa direnme eğilimidir.

## X

**X-Ekseni:** Kompozit laminatlarda, laminat düzlemi üzerinde 0° referans açısı olarak kabul edilen eksendir.

## Y

**Yanabilirlik:** Bir malzemenin alev alma ve yanma derecesinin ölçümüdür.

**Yapışkanlık:** Bir yapıştırıcının veya prepreg malzemenin, üzerine dokunulduğunda verdiği, yapışkanlık duygusudur.

**Yapışma Dayanımı:** Yapıştırılmış yüzeyler arasındaki yapışma derecesinin ifadesidir. Yapışma alanı başına, yüzeyleri birbirinden ayırmak için gerekli yük miktarının ölçülmesi esasına dayanır.

**Yapıştırıcı:** Yüzeyde bağ sağlayarak, iki malzemenin bir arada tutulmasını sağlayan maddedir. Film, sıvı veya pasta şeklinde kullanılabilir.

**Yapıştırma:** Sertleşmiş iki veya daha fazla kompozit parçanın, yapıştırıcı bir bileşenle bir araya getirilmesidir.

**Yatırma:** Takviye malzemesini kalıp içine yerleştirme ve işleme prosesidir.

**Y-Eksen:** İki yönlü kompozit laminatlarda, laminat düzlemi üzerinde, x eksenine dik yönde olan eksen.

**Yetersiz Sertleşme:** Kalıplanmış ürünün, sertleşmesi için gerekli ısı veya zaman beklenmeden kalıptan çıkartılması halinde karşılaşılan durumdur.

**Yıpranma:** Bir zaman dilimi içerisinde, çevresel faktörlerin malzemeler üzerinde yarattığı etkidir.

**Yolluk:** Kalıplama bileşiminin, kalıp boşluğuna direkt olarak enjekte edildiği kanaldır.

**Yorulma:** Tekrarlanan yük uygulamalarının ardından, mekanik özelliklerin azalması veya tamamen ortadan kalkması durumudur. Yorulma testi, tekrarlanan uygulamaların sonucunda yaşanan olumsuzluklar hakkında örneğin; bir malzemenin çatlama dayanımının geliştirilmesi yönünde bilgi sunan bir testtir.

**Yorulma Dayanımı:** Belirli bir sayıda periyodik yük bindirimi sonucunda, malzemedeki herhangi bir bozulma olmadan malzemenin, kaldırabileceği en yüksek gerilim mertebesidir. Her türlü yorulmadan sonra, geriye kalan mukavemet değeri kavramını da ifade eder.

**Yorulma Ömrü:** Deformasyon oluşana kadar geçen süreyi ifade eder.

**Yorulma Sınırı:** Hiçbir bozulma olmadan, bir malzeme üzerine sonsuz kez yüklenebilecek maksimum periyodik gerilim sürecidir.

**Young Modülü:** Normal gerilimin (stress), çekme ve sıkıştırma gerilmesine (strain) oranı olarak ifade edilir.

**Yönlendirme:** Yüksek derecede hizalandırılmış bir yapının üretilebilmesi amacıyla, polimerik malzemelerin içindeki kristal yapının da hizalandırılması gerekir.

**Yöresel Kuru Bölgeler:** Genellikle laminat ke-

narlarında oluşan, reçine tarafından ıslatılmadan kalmış bölgelerdir.

**Yük Altında Deformasyon Sıcaklığı:** Belirli bir yük altında, belirtilen standart test çubuğunun defleksiyona uğradığı sıcaklıktır.

**Yük Altında Eğilme Eğrisi:** Y ekseninde artan çekme, basınç, bükülme yüklerinin, X ekseninde ise bu yüklerin sebep olduğu eğilmelerin çizildiği eğridir.

**Yük Gerilimi:** Kilogram cinsinden uygulanan yükün, yükü taşıyan alana bölünmesi ile elde edilen gerilim değeridir. Maksimum yük gerilimi, taşıma alanı tarafından taşınabilecek maksimum yüküdür.

**Yük Taşıma Dayanımı:** Karşılanabilecek maksimum yük gerilimidir.

**Yüksek Basınç Altında Yapılan Laminatlar:** En az 6.9 Mpa ve daha yaygın olarak 8.3 ile 13.9 MPa arasındaki basınç değerlerinde kalıplanan ve sertleştirilen laminatlardır.

## Z

**Zincir Polimerizasyonu:** Yan ürün elde edilmeksizin, uzun zincir moleküllerinin (polimerler) elde edilmesi amacıyla, basit moleküllerin (monomerler) birbirine eklendiği / katıldığı kimyasal bir reaksiyondur.

# EKLER

## CAM ELYAF SANAYİ ÜRÜNLERİ LİSTESİ

### AÇIK KALIPLAMALAR

- El yandırması için genel amaçlı keçeler MAT 1 (M)  
MAT 8  
MAT 9
- Püskürtme için fitiller SU 1 (M)  
KCR 2 (M)
- Sandviç kamyon panelleri için keçeler MAT 5 (M)  
MAT 7

### DEVAMLILIK LEVHA ÜRETİMİ

- Renkli levha için fitil KCR 1 (M)
- Renkli levha için keçe MAT 1 (M)
- Işık geçirgen levhalar için fitil KCR 7

### SMC / BMC HAZIR KALIPLAMA BİLEŞİMLERİ

- SMC için fitil SMC 3
- BMC için kırılmış demetler BMC 1  
BMC 3

### TERMOPLASTİK KALIPLAMA BİLEŞİMLERİ

- PA Kalıplama bileşimleri (Kırılmış Demet, Fitil) PA 1  
PA 2
- PP Kalıplama bileşimleri (Kırılmış Demet) PP 1
- PBT ve PET Kalıplama bileşimleri (Kırılmış Demet) PBT 2

### ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI

- Pultrüzyon ve boru için tek uçlu fitiller WR 3
- Fenolik balata üretimi için kırılmış demet PH 2
- Otomobil tavanı için kırılabilir fitil KCR 4
- Su bazlı dispersiyon uygulamaları için kırılmış demet DE 1
- Boru uygulamaları için çok uçlu kırılabilir fitil KCR 5
- Savurma döküm için kırılabilir fitil KCR 6

## CAM ELYAF SANAYİ POLYESTER ÜRÜNLERİ LİSTESİ

Genel Amaçlı Tip	CE 92 N8 CE 96 N8 CE 188 N8	Ortoftalık Ortoftalık Ortoftalık
Döküm Tipi	CE 70 N4 CE 74 N4	Ortoftalık Ortoftalık
Levha Tipi	CE 53 BV5 CE 55 DV5	Ortoftalık Ortoftalık
SMC / BMC	CE 227 CE 222 CE BV 8	Ortoftalık Ortoftalık Ortoftalık
Akrilik Arkası	CE 25 TA7	Ortoftalık
Boru Tipi	CE 99 N4 CE 98 N5 CE 88 BV4 CE 89 BV5 CE 66 N4	Ortoftalık Ortoftalık Ortoftalık Ortoftalık İzoftalık
Düğme Tipi	CE 100 D3	Ortoftalık
Pultrüzyon	CE 67 HV 4	İzoftalık NPG
Kimyasal Dirençli	CE 266	İzoftalık
Plastifiyan	CE 511	Ortoftalık
Jelkotlar		Ortoftalık İzoftalık İzo NPG TIX Pasta

# ŞEKİLLER VE TABLOLAR

Tablo 2.1 : Farklı Polyester Türleri Karşılaştırması .....	18
Tablo 2.2 : Takviye Türlerinin Karşılaştırması .....	32
Şekil 2.1 : Sandviç Konstrüksiyon Uygulaması .....	33
Şekil 2.2 : Uygulama Geliştirme Prosesi .....	40
Şekil 3.1 : El Yatırması Kalıplama Yöntemi .....	43
Şekil 3.2 : Püskürtme Yöntemi .....	44
Şekil 3.3 : SMC Pres Kalıplama .....	46
Şekil 3.4 : BMC Pres Kalıplama .....	46
Şekil 3.5 : SMC Hazır Kalıplama Bileşimi Üretimi .....	47
Şekil 3.6 : BMC Hazır Kalıplama Bileşimi Üretimi .....	49
Şekil 3.7 : Preformlar (Yönlendirilmiş Elyaf Yöntemi ve Plenum Odası Yöntemi) .....	50
Şekil 3.8 : GMT Kalıplama .....	51
Şekil 3.9 : TMC Temel Üretim Sistemi .....	53
Şekil 3.10 : R-RIM Prosesi .....	53
Şekil 3.11 : RTM Kalıplama Yöntemi .....	55
Şekil 3.12 : Pultrüzyon Kalıplama Yöntemi .....	57
Şekil 3.13 : Elyaf Sarma Yöntemi .....	58
Şekil 3.14 : Enjeksiyon Kalıplama .....	61
Şekil 3.15 : Santrifüj Kalıplama .....	62
Şekil 3.16 : Devamlı Levha .....	63
Şekil 3.17 : Prepreg Üretimi .....	63
Şekil 3.18 : Rotasyonel Kalıplama .....	63
Şekil 3.19 : Vakum Torba Kalıplama .....	64
Şekil 3.20 : Basınç Torba Kalıplama .....	64
Tablo 3.1 : Reçine ve Kalıplama Yöntemi Uyumu .....	65
Şekil 4.1 : Tasarım Yaklaşımı .....	66
Tablo 4.1 : Kompozit Ürün Yararlılıkları Kontrol Listesi .....	76
Tablo 4.2 : Termoset Reçinelerin Genel Özellikleri .....	77
Tablo 4.3 : Kompozitler İçin Uygun Test Yöntemleri .....	77
Şekil 5.1 : Alçı Kalıp Yapımı .....	83
Şekil 5.2 : Parçalı Kalıp Üretim Yöntemi .....	84
Şekil 5.3 : Soğuk Pres İçin Kalıp Kenar Detayı .....	84
Tablo 5.1 : Cam Elyafı Cinsleri .....	94
Şekil 5.4 : Katalizör Enjeksiyonu Sistemi .....	99
Şekil 5.5 : Katalizör Püskürtme Sistemi .....	99
Şekil 5.6 : Çift Kap Sistemi .....	100
Şekil 5.7 : Küçük Kırkların Tamiri .....	109
Şekil 5.8 : Hasar Gören Laminatın İki Yüzüne de Ulaşıldığında Uygulanan Tamir Tekniği ..	109
Şekil 5.9 : Tamir Edilecek Parçanın Arka Yüzüne Ulaşma Olanığı Olmadığı Zaman Uygulanacak Tamir Tekniği .....	109

***Cumhuriyet Kuşaklarının  
Ortak Gururu...***

TÜRKİYE  BANKASI

**CAMELYAF**  
GLASS FIBER

  
ŞİŞECAM