

İSTANBUL TİCARET ODASI



KOMPOZİT SEKTÖR RAPORU

Hazırlayan: Ozan Arıcasoy

Aralık, 2006

İÇİNDEKİLER

BİRİNCİ BÖLÜM

Sayfa No

1. ÜRÜN TANIMI VE KAPSAMI	4
1.1 Kompozit Tarihçesi	4
1.2 Yoğun Olarak Kullanılan Matrisler ve Genel Özellikleri	6
1.3 Kompozit Malzemelerde Kullanılan Başlıca Elyaf Türleri	7
1.3.1. Cam Elyafı	7
1.3.2. Karbon Elyafı ve Üretim Süreci	9
Aramid Elyafı ve Dezavantajları	10
Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri	11
1.4.1. Elle Yatırma(hand lay-up)	11
1.4.2. Püskürtme(spray-up)	11
1.4.3. Elyaf Sarma (filament winding)	12
1.4.4. Reçine transfer kalıplama RTM / reçine enjeksiyonu	12
1.4.5. Profil çekme / pultrüzyon (pultrusion)	13
1.4.6. Hazır kalıplama / compression molding (SMC,BMC)	13
1.4.7. Hazır kalıplama pestili / SMC (sheet moulding composites)	14
1.4.8. Hazır kalıplama hamuru / BMC (bulk moulding composites)	14
1.4.9. Vakum bonding / vakum bagging	14
1.4.10. Otoklav / autoclave bonding	15
1.4.11. Preslenebilir takviyeli termoplastik/glass mat reinforced thermoplastics (GMT)	15
1.5. Kompozit Malzeme Kullanım Alanları	15
1.5.1. Havacılık Sanayi	16
1.5.2. Uçaklarda Kullanılan Kompozit Bileşenleri	16
1.5.2.1. Matris Malzemeleri	16
1.5.2.2. Epoksi Reçineleri	16
1.5.2.3. Polyesterler	17
1.5.2.4. Polyamidler –Naylonlar	17
1.5.2.5. Fiber Takviyeler	17
1.5.2.5.1. Cam Fiberler	17
1.5.2.5.2. Karbon Fiberler	17
1.5.2.5.3. Organik Fiberler	17
1.5.3. Denizcilik Sanayi	18
1.5.4. Spor Araçları	18
1.5.5. Korozyona Dayanıklı Ürünler	19
1.5.6. Sağlık	19
1.5.7. Ulaşım	19
1.5.8. Otomotiv	19
1.5.8.1. Formula 1 Arabaları	20
1.5.9. Müzik aletleri	20
1.5.10. Yapı sektörü	20
1.6. Kompozit Malzemelerin Avantajları ve Dezavantajları	21

İKİNCİ BÖLÜM

2. DÜNYA KOMPOZİT SEKTÖRÜ	25
2.1 Dünya Kompozit Sektörü İhracatı	25
2.2 Dünya Kompozit Sektörü İthalatı	26
2.3 İhracat ve İthalatta 2005 yılı Ülke Sıralaması	28

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. TÜRKİYE KOMPOZİT SEKTÖRÜ	29
3.1. Türkiye Kompozit Sektör İhracatı	29
3.2. Türkiye Kompozit Sektör İthalatı	29

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	30
4.1. Malzeme Teknolojilerinde Türkiye'nin 2023 Hedefleri	30
Kaynakça	34

TABLolar LİSTESİ

OTOMOTİV SANAYİİNE GENEL BAKIŞ

TABLO 1	: KOMPOZİT YAPISI	5
TABLO 2	: BELLİ BAŞLI TERMOPLASTİK REÇİNELERİ VE İŞLEM ISILARI(AZOM)	7
TABLO 3	: KARBON ELYAFI SINIFLARI	10
TABLO 4	: BELLİ BAŞLI ELYAFLARIN KARŞILAŞTIRILMASI	11
TABLO 5	: YÜKSEK MUKAVEMETLİ MÜHENDİSLİK MALZEMELERİ VE KOMPOZİTLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	23
TABLO 6	: E,S,C CAMLARININ KİMYASAL BİLEŞİMLERİ	24
TABLO 7	: KARBON, CAM VE KEVLAR 49 FİBERLERİNİN 20 °C DEKİ ÖZELLİKLERİ	24
TABLO 8	: DÜNYA KOMPOZİT SEKTÖR İHRACATI	25
TABLO 9	: DÜNYA KOMPOZİT İTHALATI	26
TABLO 10	: İHRACATTA ÜLKE SIRALAMASI (2005 YILI)	28
TABLO 11	: İTHALATTA ÜLKE SIRALAMASI (2005 YILI)	28
TABLO 12	: TÜRKİYE KOMPOZİT İHRACATI	29
TABLO 13	: TÜRKİYE KOMPOZİT İTHALATI	30
TABLO 14	: MALZEME TEKNOLOJİ VİZYONLARI	31

RESİMLER LİSTESİ

RESİM 1	: CAM ELYAFI ÜRETİMİ	8
RESİM 2	: PÜSKÜRTME YÖNTEM	12
RESİM 3	: ELYAF SARMA MAKİNESİ	12
RESİM 4	: RTM YÖNTEMİ	13
RESİM 5	: VAKUM BAGGING	15

1. ÜRÜN TANIMI VE KAPSAMI

1.1. Kompozit Tarihçesi

Malzeme sektörü, ekonomide tüm faaliyetlere girdi sağlayan temel, yayılgan (jenerik) alanlardan biridir. Bu niteliği açısından mikro-elektronik, biyoteknoloji ve nanoteknoloji ile birlikte sınıai üretimin karakterini dönüştürecek ana teknolojik alanlardan biri olarak kabul edilmektedir. Savunma, havacılık, mikro-elektronik, iletişim ve otomotiv sektörlerinde kullanılacak ileri malzemelerin ortaya çıkışı, malzeme biliminin bu gereksinimleri karşılayabilecek çok disiplinli, proses ağırlıklı bir alana dönüşmesiyle birlikte ilerlemektedir. Bu bağlamda polimerik ve kompozit malzemeler, akıllı ve işlevsel malzemeler, opto-elektronik malzemeler gibi önümüzdeki yıllarda önemli çekim alanları oluşturacak ileri malzeme alanları, ülkemiz için de önemli fırsat alanlarıdır.

Birbirine karışmayan iki veya daha fazla katının bileşimiyle oluşan katı malzemelere "kompozit malzeme" denir. Doğadaki malzemelerin çoğu "kompozit" olarak adlandırılan bileşik yapıli maddelerden oluşur. Bu karışımın özelliği, kendini oluşturan maddelerin özelliklerinden çok daha üstündür.

En tipik örnek, artık günümüzde gelenekselleşmeye başlayan ve "fiberglas" olarak bilinen polyester esaslı reçinelerin cam elyaf ile takviyesiyle üretilen malzemelerdir. Ancak bugün ileri kompozitler grubunda daha üstün fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere sahip elyaflar kullanılmaktadır. Bu malzemeler yüksek dayanım (çekme ve basma dayanımı),yüksek elastik modül ve yüksek tokluğa sahiptirler.

İlk modern sentetik plastiklerin 1900'lerin başında geliştirilmesinin ardından, 1930'ların sonunda plastik malzemelerin özellikleri diğer malzeme çeşitleri ile boy ölçüşür düzeyde gelişmeye başlamıştır. Kolay biçim verilebilir olması, metallere oranla düşük yoğunlukta olması, üstün yüzey kalitesi ve korozyona karşı dayanımı plastiğin yükselmesindeki en önemli özelliklerdir. Bir çok üstün özelliğinin yanı sıra sertlik ve dayanıklılık özelliklerin düşük olması plastik malzemelerin güçlendirilmesi için çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla 1950'lerde polimer esaslı kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Kompozitler, özellikle polimer kompozitler yüksek mukavemet, boyut ve termal kararlılık, sertlik, aşınmaya karşı dayanıklılık gibi özellikleriyle pek çok avantajlar sunarlar. Ayrıca kompozit malzemeler dayanıklılık ve sertlik yönünden metallerle yarışabilecek olmasının yanında çok da hafiftirler. Kompozit malzemelerin üç ana elemanı bulunmaktadır. Bunlar:

1. Matris: Termoset veya termoplastik polimer malzeme olarak sürekli fazı oluşturur. Termosetler grubunda ağırlıklı olarak poliyesterler kullanılır. Bunun yanı sıra vinil ester / bisfenol, epoksi reçine ve fenolik reçinelerin kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Termoplastik grubunda yaygın olarak poliamid ve polipropilen kullanımını görmekteyiz (yaklaşık % 68.3), bunların yanı sıra hibrid formda polietilen ve polibutilen tereftalat, polietereterketon ve polietersulfon kullanımı da dikkat çekmektedir.

2. Takviye: Aramid, karbon, grafit, boron, silisyum karbür (SiC), alümina, cam ve polietilen malzemelerin kısa veya uzun devamlı elyaf formunda kullanıldığı ve matrisi yaklaşık % 60 hacim oranında pekiştirici işlevi olan malzemelerdir.

3. Katkılar: Dolgular, kimyasallar ve diğer katkılar matris niteliklerine göre özelliklerin geliştirilmesi amacıyla ilave edilirler.

Bu gruptaki kompozit malzemeler uçak-uzay, savunma, yapı-inşaat, tüketim mallarında, korozyon dayanımı gerektiren uygulamalarda, elektrik-elektronik, denizcilik, kara

taşıtlarında ve özel amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe giderek artan ve % 6'ya yaklaşan bir uygulama artış hızı görülmektedir.

TABLO 1
KOMPOZİT YAPISI

Matris Malzemeleri	Takviye Elemanları	Kompozit Yapının Şekli
Polimerler	Lifler	Tabakalar
Metaller	Granül	Kaplamalar
Seramikler	Whiskers	Film-Folya
	Pudra	Honey-Combs (Bal peteği)
	Yonga	Filaman Sarılmış Yapılar

Kaynak: Ayhan Enşici, İTÜ Mimarlık Fakültesi

Günümüzde en çok kullanılan kompozitlerden biri betondur. Çimento ve kumdan meydana gelen malzeme matris çelik çubuklar ile desteklenir. Bir diğer tanınmış kompozit ise kerpiçtir. Çamur ve samanın karıştırılması ile oluşturulan bu malzeme oldukça eskiden beri bilinen belki de insanlık tarihinin en eski yapı malzemesidir ve halen Türkiye'de kırsal kesimde kullanılır. Bazı ülkelerde, (Örn;Yemen'de) bu yapı malzemesinden çok katlı yüksek yapılar inşa edilir. En çok kullanılan kompozit malzeme kombinasyonları; Cam elyafı+polyester, karbon elyafı+epoksi ve aramid elyafı+epoksi birleşimleridir. Kompozit malzemeler katlı tabakalar veya ince tabakalar halinde uygulanabilmektedir. 1940'ların sonlarında geliştirilen CTP (Cam Takviyeli Polyester-CTP/ Glassfiber Reinforced Polyester/GRP, FIBERGLASS) günümüzde en çok kullanılan ve ilk modern polimer esaslı kompozit malzemedir. Bugün üretilen tüm kompozit malzemelerin yaklaşık olarak % 85'i CTP'dir ve çoğunlukla tekne gövdeleri, spor araçları, paneller ve araba gövdelerinde kullanılmaktadır.

CTP ve diğer kompozit kombinasyonları günümüzde tercih edilmesinin ve kullanımlarındaki artışın mutlak sebepleri sağlamlıkları ve hafiflikleridir. Çeşitli plastik malzemelerin seramik, metal bazen de sert polimerlerin elyafları ile güçlendirilerek ileri derecede faydalar sağlayan malzemeler üretmek mümkündür. İçindeki plastik sayesinde kolaylıkla şekil verilebilen ve takviye elyaflar sayesinde son derece sağlam, sert ve hafif olan bu malzeme kombinasyonları, kompozitler her gün yepyeni uygulama alanlarında karşımıza çıkmaktadırlar. Ayrıca metallere kıyasla malzeme yorulması, malzeme üzerinde hasarların tolöre edilmesi ve korozyona dayanıklılık özellikleri bakımından avantaj sağlamaktadır. Tüm bu faydalarına rağmen kompozitlerin tamamıyla metalin yerine geçmemesinin dört ana sebebi vardır.

1. Titanyum ve çelik gibi metallerin bazı uygulamalarda ihtiyaç duyulan kritik düzeyde ısı, mekanik özellikleri günümüz kompozitleri karşılamamaktadır.
2. Yeni geliştirilen matris malzemelerle, elyafların tüm karakteristik özellikleri metaller kadar bilinmemektedir.
3. Bazı karmaşık biçimler düşük maliyetler çerçevesinde üretilmemektedir.

4. Kompozitler kg başına düşen üretim maliyeti rakamları metallere, özellikle alüminyum, daha yüksektir.

1.2. Yoğun Olarak Kullanılan Matrisler ve Genel Özellikleri

- **Polyester;** Özellikle denizcilik ve inşaat alanında en çok kullanılan termoset reçinedir. Kompozit malzemelerde kullanılan 2 tür polyester reçine vardır; daha ekonomik olan ortofталik ve suya dayanım gibi daha iyi özelliklere sahip olan isoftalik polyester. Polyester reçinelerini polimerizasyon süreçlerinin tamamlaması için katalizör ve hızlandırıcı olarak adlandırılan ek maddelere ihtiyaç duyarlar. Türkiye’de Cam Elyaf A.Ş.’ nin yanı sıra Boytek Reçine, Boya ve Kimya Sanayi Ticaret A.Ş. gibi firmalar da genel amaçlı kullanımlar için polyester üretmektedir. Reçinelerin avantajları;kolay kullanım ve çok düşük maliyetli olmasıdır(0.5 – 1 \$/kg) dezavantajları ise;sertleşme sırasında yüksek oranda çekme,zehirli sitiren gazı yayma,orta mekanik özellikler ve kısa raf ömrüdür.
- **Epoksiler;** havacılık, spor, ulaşım, askeri ve deniz araçları elemanları gibi geniş kullanım alanına sahiptirler.Avantajları iyi mekanik özellikler,suya dayanım,ıslakken 140°C, kuruyken 220°C ‘ye kadar ısı dayanımı ve sertleşme sırasında düşük oranda çekme;dezavantajları ise yüksek maliyet(5 – 25 \$/ kg) cilde aşırı zararlı ve doğru karışımın hayati bir önemi olmasıdır.
- **Vinil ester;** Son derece yüksek kimyasal ve çevresel dayanıma sahip ve polyesterden daha yüksek mekanik özelliklere sahip olmasına karşın aşırı sitiren içermesi,polyesterden daha pahalı olması(4-7\$/kg),iyi özellikler için ikincil kür işlemlerine ihtiyaç duyulması ve sertleşme sırasında yüksek oranda çekmesi gibi olumsuz özellikleri de vardır.
- **Bismaleimid (BMI);** Uçak motorlarında ve yüksek ısıya maruz kalan parçalarda kullanılır.Son derece yüksek ısı dayanımının yanı sıra (yaşken 230°C, kuru halde 250°C) çok yüksek maliyeti vardır(80 \$/kg)
- **Fenolikler;** Ateşe dayanım ihtiyacı olan yerlerde kullanılır. Kür işleminin buharlaşma özelliği hava boşlukların oluşmasına ve yüzey kalitesinin düşmesine neden olur. Uçakların iç bölümlerinde, deniz araçlarının motorlarında ve demiryollarında kullanılır.Avantajları Yüksek ateş dayanımı,düşük maliyet (4 – 8 \$/kg);dezavantajları ise yaş halde son derece zararlı olması.oldukça kırılgan ve düşük yüzey kalitesine sahip olmasıdır.
- **Silikon;** yüksek ateş dayanımı,yüksek ısılarda ürün özelliklerini koruyabilme ve düşük maliyete sahiptir (30 \$/kg’ dan az) Fakat kür işlemi için yüksek ısı gereklidir.
- **Cynate Ester;** Esas olarak uçak endüstrisinde kullanılır. Mükemmel yalıtkanlık özelliğine sahiptir. Yaş durumda 200°C’ ye kadar dayanımı vardır.
- **Poliimidler**
- **Poliüretan**

TABLO 2

BELLİ BAŞLI TERMOPLASTİK REÇİNELERİ VE İŞLEM ISILARI(AZOM)

Malzeme	Erime sıcaklık aralığı (°C)	Maksimum işlem sıcaklığı (°C)
PP	160-190	110
PA	220-270	170
PES- poli eter sülfon	-	180
PEI- polieterimid	-	170
PAI- poliamid imide	-	230
PPS- polfenilen sulfid	290-340	240
PEEK- polieter eter keton	350-390	250

Kaynak: www.fibersource.com

1.3. Kompozit malzemelerde kullanılan başlıca elyaf türleri;

- Cam elyafı
- Karbon (Graphite) elyafı, (PAN -polyacrylonitrile- ve zift kökenli)
- Aramid (Aromatic Polyamid) elyafı, (Ticari ismi; Kevlar-DuPont)
- Bor elyafı
- Oksit elyafı
- Yüksek yoğunluklu polyetilen elyafı
- Poliamid elyafı
- Polyester elyafı
- Doğal organik elyaflar

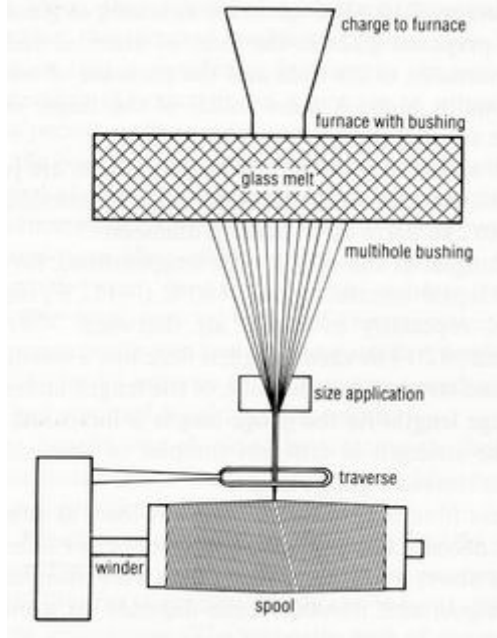
1.3.1. Cam elyafı

Cam elyafı silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda gibi cam üretim maddelerinden üretilmektedir. Cam elyafı, elyaf takviyeli kompozitler arasında en bilinen ve kullanılanıdır. Cam elyafı özel olarak tasarlanmış ve dibinde küçük deliklerin bulunduğu özel bir ocaktan eritilmiş camın itilmesiyle üretilir. Bu ince lifler soğutulduktan sonra makaralara sarılarak kompozit hammaddesi olarak nakliye edilir. Özellikle cam elyafı ile matris arası yapışma gücünü arttıran "silan" bazlı ve elyaf üzerinde ince film oluşturan kimyasalların sonra kullanım sahaları artmıştır.

Elyaf lar işlem sırasında dayanıklılıklarının %50'sini kaybetmelerine rağmen son derece sağlamdırlar. Cam elyafı halen aramid ve karbon elyaflarından daha yüksek dayanıklılık özelliğine sahiptir. Elyaf kumaşları genellikle sürekli cam elyafının lifleri ile üretilmektedir. İşlemler sırasında değişik kimyasalların eklenmesi ve bazı özel üretim yöntemleri ile farklı türde cam elyafı üretilebilmektedir:

RESİM 1

CAM ELYAFI ÜRETİMİ(PHILLIPS, 1989)



Kaynak: Cam Elyaf, Bülten Sayı 6

A Cam - Pencerelerde ve şişelerde en çok kullanılan cam çeşididir. Kompozitlerde çok fazla kullanılmaz.

C Cam - Yüksek kimyasal direnç gösterir. depolama tankları gibi yerlerde kullanılır. E Cam -Takviye elyaflarının üretiminde en çok kullanılan cam türüdür. Düşük maliyet, iyi yalıtım ve düşük su emiş oranı özelliklerine sahiptir.

Türkiye'de Şişecam Grubuna bağlı olan Cam Elyaf Sanayii A.Ş. tarafından E camı elyafı üretilmektedir. Hem yurtiçine, hem yurt içine satış yapan firmadan doğrudan veya bayileri aracılığıyla ürün satın almak mümkündür. 1976'dan beri faaliyet gösteren firma Avrupa'nın önemli elyaf üreticilerinden biridir.

S + R Cam - Yüksek maliyetli ve yüksek performanslı bir malzemedir. Yalnız uçak sanayisinde kullanılır. Elyaf içindeki tellerin çapları E Cam'ın yarısı kadardır, böylelikle elyaf sayısı fazlalaşır dolayısıyla birleşme özelliklerinin daha güçlü olması anlamına gelen daha sert yüzey elde edilebilmektedir.

Cam elyafının kullanım amacına bağlı olarak elyaf sarma biçimleri farklı olabilir. Elyaf çapı ve demetteki lif sayısı farklılaşabilir. Cam elyafı biçimlendirildikten sonra yıpranmaya dayanımın artması için kimyasallarla bir kaplama işlemi yapılır. Kaplama malzemesi olarak genellikle elyafın kompozit malzemeye uygulanmasından önce kolaylıkla kaldırılabilen ve suyla çözülebilen polimerler kullanılmaktadır. Elyaf ile reçinenin birbirine iyi yapışması çok önemlidir. İyi yapışmaktan dolayı birbirinden kayan takviye malzemesi ve matris, kompozit malzemenin sertliğini ve sağlamlık performansını düşürür. Bu durumun engellenmesi için elyaf kimyasallarla kaplanır.

1.3.2. Karbon Elyafı ve Üretim Süreci

Karbon lifi ilk defa karbonun çok iyi bir elektrik iletkeni olduğu bilinmesinden dolayı üretilmiştir. Cam elyafının metale göre sertliğinin çok düşük olmasından dolayı sertliğin 3-5 kat artırılması çok belirgin bir amaçtı. Karbon elyafları çok yüksek ısı işlem uygulandığında elyaflar tam anlamıyla karbonlaşırlar ve bu elyaflara grafit elyafı denir. Günümüzde ise bu fark ortadan kalkmaktadır. Artık karbon elyafı da grafit elyafı da aynı malzemeyi tanımlamaktadır. Karbon elyafı epoksi matrisler ile birleştirildiğinde olağanüstü dayanıklılık ve sertlik özellikleri gösterir. Karbon fiber üreticileri devamlı bir gelişim içerisinde çalışmalarından dolayı karbon elyaflarının çeşitleri sürekli değişmektedir. Karbon elyafının üretimi çok pahalı olduğu için ancak uçak sanayinde, spor gereçlerinde veya tıbbi malzemelerin yüksek değerli uygulamalarında kullanılmaktadır. Karbon elyafları piyasada 2 biçimde bulunmaktadır:

Sürekli Elyaflar: Dokuma, örgü, tel bobin uygulamalarında, tek yönlü bantlarda, ve prepreg' lar da kullanılmaktadır. Bütün reçinelerle kombine edilebilirler.

Kırılmış elyaf : genellikle enjeksiyon kalıplamada ve basınçlı kalıplarda makine parçaları ve kimyasal valf yapımında kullanılırlar. Elde edilen ürünler mükemmel korozyon ve yorgunluk dayanımının yanı sıra yüksek sağlamlık ve sertlik özelliklerine de sahiptirler.

Karbon elyafı çoğunlukla iki malzemeden elde edilir;

- Zift
- PAN (Poliakrilonitril)

Zift tabanlı karbon elyafları göreceli olarak daha düşük mekanik özelliklere sahiptir. Buna bağlı olarak yapısal uygulamalarda nadiren kullanılırlar. PAN tabanlı karbon elyafları kompozit malzemeleri daha sağlam ve daha hafif olmaları için sürekli geliştirilmektedir.

PAN'ın karbon elyafına birbirini takip eden dört aşamada dönüştürülmektedir;

1. Oksidasyon: Bu aşamada elyaflar hava ortamında 300 derecede ısıtılır. Bu işlem, elyaftan H'nin ayrılmasını daha uçucu olan O 'nin eklenmesini sağlar. Ardından karbonizasyon aşaması için elyaflar kesilerek graphite teknelerine konur. Polimer, merdiven yapısından kararlı bir halka yapısına dönüşür. Bu işlem sırasında elyafın rengi beyazdan kahverengiye, ardından siyah olur.

2. Karbonizasyon: Elyafların yanıcı olmayan atmosferde 3000° C'ye kadar ısıtılmasıyla liflerin 100% karbonlaşma sağlanması aşamasıdır. Karbonizasyon işleminde uygulanan sıcaklık üretilen elyafının sınıfını belirler.

3. Yüzey İyileştirme karbonun yüzeyinin temizlenmesi ve elyafın kompozit malzemenin reçinesine daha iyi yapışabilmesi için elektrolitik banyoya yatırılır.

4. Kaplama; Elyafı sonraki işlemlerden (prepreg gibi) korumak için yapılan nötr bir sonlandırma işlemidir. Elyaf reçine ile kaplanır. Genellikle bu kaplama işlemi için epoksi kullanılır. Kompozit malzemede kullanılacak olan reçine ile elyaf arasında bir arayüz görevi görür.

Karbon elyafının tüm diğer elyaflara göre en önemli avantajı yüksek modülüs özelliğidir. Karbon elyafı bilinen tüm malzemelerle eşit ağırlıklı olarak karşılaştırıldığında en sert malzemedir.

TABLO 3

KARBON ELYAFI SINIFLARI

Karbon Elyafı Sınıfları (Grades)				
Karbonizasyon Isisi (°C)	1000'e kadar	1000-1500	1500 - 2000	(Grafit) 2000 +
Karbon elyafı sınıfı	Düşük modülüs	Standart Modülüs	Orta modülüs	Yüksek modülüs
Elastic modülüs (GPa)	200'e kadar	200 - 250	250 - 325	325 +

Kaynak: www.turkcadcam.net/rapor/kompozit-malzemeler, Ayhan Enşici, İTÜ Mimarlık Fakültesi

1.3.3. Aramid Elyafı ve Dezavantajları

Aramid kelimesi bir çeşit naylon olan aromatik poliamid'den maddesinden gelmektedir. Aramid elyafı piyasada daha çok ticari isimleri Kevlar (DuPont) ve Twaron (Akzo Nobel) olarak bilinmektedir. Farklı uygulamaların ihtiyaçlarını karşılamak için birçok farklı özelliklerde aramid elyafı üretilmektedir.

Önemli özellikleri;

- Yüksek dayanıklılık
- Yüksek darbe dayanımı
- Yüksek aşınma dayanımı
- Yüksek yorulma dayanımı
- Yüksek kimyasal dayanımı
- Kevlar elyafı kompozitler Cam elyafı kompozitlere göre 35% daha hafiftir
- E Cam türü elyaflara yakın basınç dayanıklılığı
- Genellikle rengi sarıdır
- Düşük yoğunluktur.

Dezavantajlar şöyle sıralanabilir;

- Bazı tür aramid elyafı ultraviyole ışınlar maruz kaldığında bozulma göstermektedir. Sürekli karanlıkta saklanmaları gerekmektedir.
- Elyafar çok iyi birleşmeyebilirler. Bu durumda reçinede mikroskopik çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar malzeme yorulduğunda su emişine yol açmaktadır.

Genellikle polimer matrisler için takviye elemanı olarak kullanılan aramid elyafının bazı kullanım alanları;

- Balistik koruma uygulamaları; Askeri kasklar, kurşun geçirmez yelekler...
- Koruyucu giysiler; eldiven, motorsiklet koruma giysileri, avcılık giysi ve aksesuarları
- Yelkenliler ve yatlar için yelken direği
- Hava araçları gövde parçaları
- Tekne gövdesi
- Endüstri ve otomotiv uygulamaları için kemer ve hortum
- Fiberoptik ve elektromekanik kablolar
- Debriyajlarda bulunan sürtünme balatalarında ve fren kampanalarında
- Yüksek ısı ve basınçlarda kullanılan conta, salmastra vb.

En çok bilinen ve kullanılan aramid elyafı Dupont firmasının tescilli ismi olan Kevlar'dır. Kevlar 29, and Kevlar 49 olarak iki çeşidi bulunmaktadır. Kevlar 29 üstün darbe dayanımı özelliğine sahiptir ve bu nedenle çoğunlukla kurşun geçirmez yelek gibi uygulamalarda kullanılırlar.

TABLO 4

BELLİ BAŞLI ELYAFLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Çekme Dayanımı (MPa)	Modülüs (GPa)
E-Cam	2.55	2000	80
S-Cam	2.49	4750	89
Alüminyum	3.28	1950	297
Karbon	2.00	2900	525
Kevlar 29	1.44	2860	64
Kevlar 49	1.44	3750	136

Kaynak: Cam Elyaf, Bülten sayı 6

1.4. Kompozit malzeme üretim yöntemleri

İstenilen özelliklerde ve biçimde kompozit malzeme üretimi için bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden başlıcaları aşağıdadır.

1.4.1. Elle yatırma (hand lay-up)

Dokuma veya kırılmış elyafarla hazırlanmış takviye kumaşları hazırlanmış olan kalıp üzerine elle yatırılarak üzerine sıvı reçine elyaf katmanlarına emdirilir. Elyaf yatırılmadan önce kalıp temizlenerek jelkot sürülür. Jelkot sertleştikten sonra elyaf katları yatırılır. Reçine ise kompozit malzemenin hazır olması için en son sürülür Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin iyi nüfuz etmesi önemlidir. El yatırma tekniğinde en çok kullanılan poliyester ve

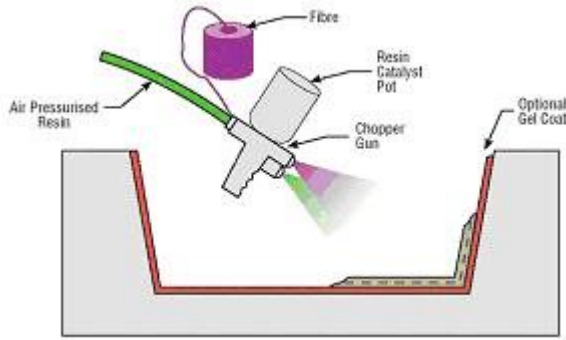
epoksi'nin yanısıra vinil ester ve fenolik reçineler de tercih edilmektedir. Elle yatırma yoğun işçilik gerektirmesine rağmen düşük sayıdaki üretimler için çok uygundur.

1.4.2. Püskürtme (spray-up)

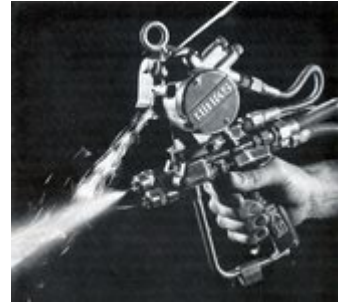
Püskürtme yöntemi elle yatırma yöntemini aletli şekli olarak kabul edilebilir. Kırpılmış elyaflar kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Püskürtülme işlemi sonrası yüzeyin bir rulo ile düzeltilmesiyle ürün hazırlanmış olur.

RESİM 2

PÜSKÜRTME YÖNTEMİ



Püskürtme Yöntemi



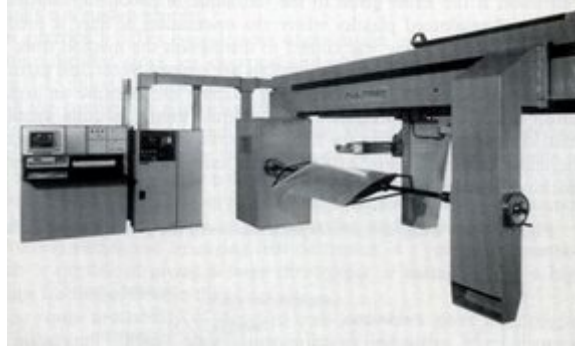
Püskürtme Tabancası

1.4.3. Elyaf sarma (filament winding)

Bu yöntem özel biçime sahip ürünlerin seri üretimine uygundur. Elyaf sarma yöntemi sürekli elyaf liflerinin reçine ile ıslatıldıktan sonra bir makaradan çekilerek dönen bir kalıp üzerine sarılmasıdır. Sürekli liflerin farklı açılarla kalıba sarılmasıyla farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Yeterli sayıda elyaf katının sarılmasından sonra ürün sertleşir. Ardından döner kalıp ayrılır. Bu yöntemle yapılan ürünler genellikle silindirik, borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri, dairesel basınç tanklarıdır.

RESİM 3

ELYAF SARMA MAKİNESİ



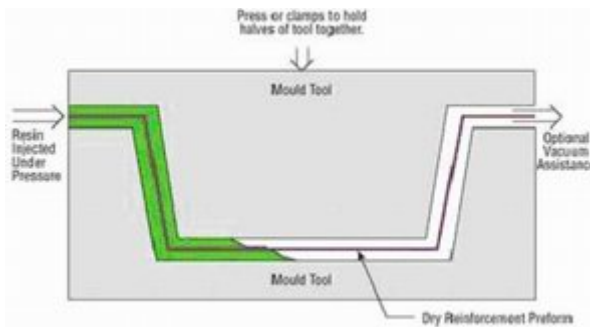
1.4.4. Reçine transfer kalıplama RTM / reçine enjeksiyonu

Bu kompozit üretim yönteminde elle yatırma sistemlere daha hızlı ve uzun ömürlü olmakla birlikte iki parçalı kalıp kullanmak gereklidir. Kalıbın kompozit malzemeyle yapılması çelik kalıp maliyetine göre daha düşük kalmasına neden olmaktadır. RTM yöntemi çoğunluk jelkotlu veya jelkotsuz her iki yüzeyinde düzgün olması istenen parçalarda kullanılır.

Takviye malzemesi kuru olarak keçe, kumaş veya ikisinin kombinasyonu kullanılır. Takviye malzemesi önceden kalıp boşluğu doldurulacak şekilde kalıba yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Elyaf matris içinde geç çözünen reçinelerle kaplanarak kalıp içerisinde sürüklenmesi önlenir. Reçine basınç altında kalıba pompalanır. Bu süreç daha fazla zaman ister. Matris enjeksiyonu soğuk, ılık veya en çok 80°C'ye kadar ısıtılmış kaplarda uygulanabilir. Bu yöntemde içerideki havanın dışarı çıkarılması ve reçinenin elyaf içine iyi işlemesi için vakum kullanılabilir. Elyafın kalıba yerleştirilmesini gerektirmesinden dolayı uzun sayılabilecek bir işçilik gerektirir. Kalıp kapalı olduğu için ise zararlı gazlar azalır ve gözeneksiz bir ürün elde edilebilir. Bu yöntemle karmaşık parçalar üretilir. Concorde uçaklarında, F1 arabalarında bazı parçalar bu yöntemle hazırlanmaktadır.

RESİM 4

RTM YÖNTEMİ



1.4.5. Profil çekme / pultruzyon (pultrusion)

Pultruzyon işlemi sürekli sabit kesitli kompozit profil ürünlerin üretilebildiği düşük maliyetli seri üretim yöntemidir. Pull ve Extrusion kelimelerinden türetilmiştir. Sisteme beslenen sürekli takviye malzemesi reçine banyosundan geçirildikten sonra 120-150 °C'ye ısıtılmış şekillendirme kalıbından geçilerek sertleşmesi sağlanır. Kalıplar genellikle krom

kaplanmış parlak çelikten yapılmaktadır. Sürekli elyaf kullanılmasından dolayı takviye yönünde çok yüksek mekanik mukavemet elde edilir. Enine yükleri karşılayabilmek için özel dokumalar kullanmak gerekmektedir.

1.4.6. Hazır kalıplama / compression molding (SMC,BMC)

Hazır kalıplama bünyesinde cam elyafı, reçine, katkı ve dolgu malzemeleri içeren kalıplamaya hazır, hazır kalıplama bileşimleri olarak adlandırılan kompozit malzemelerin (SMC,BMC) sıcak pres kalıplarla ürüne dönüştürülmesidir. Karmaşık şekillerin üretilmesi, metal parçaların bünye içine gömülebilmesi, farklı cidar kalınlıkları gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca ürünün iki yüzüde kalıp ile şekillenmektedir. Diğer kompozit malzeme üretim tekniklerinin olanak vermediği delik gibi komplike şekiller elde edilebilmektedir. Iskarta oranı düşüktür. Bu yöntemin dezavantajları kalıplama bileşimlerinin buzdolaplarında saklanması gerekliliği, kalıpların metal olmasından dolayı diğer kalıplardan daha maliyetli olması ve büyük parçaların üretimi için büyük ve pahalı preslere ihtiyaç olmasıdır.

Hazır kalıplama yönteminde kullanılan bileşimler içeriklerine göre çeşitlilik göstermekle beraber en çok iki tür hazır kalıplama bileşimi kullanılmaktadır.

1.4.7. Hazır kalıplama pestili / SMC (sheet moulding composites)

SMC takviye malzemesi olarak kırılmış lif ile dolgu malzemesi içeren bir reçinenin önceden birleştirilmesi ile oluşan pestil biçiminde malzemedir. Sürekli lifler, 25-50 mm kırılmış olarak ve kompozitin toplam ağırlığının %25-30 oranında kullanılır. Genellikle 1m genişliğinde ve 3mm. kalınlığında üretilir.

1.4.8. Hazır kalıplama hamuru / BMC (bulk moulding composites)

BMC takviye malzemesi olarak kırılmış lif ve dolgu malzemesi içeren bir reçinenin önceden birleştirilmesi ile oluşan hamur biçiminde malzemedir.

Hazır kalıplama bileşimlerinin avantajları;

- Çok geniş tasarım esnekliği
- Düzgün yüzey
- Kolayca laklanabilme, boyanabilme ve kalıp içinde yüzeyin kaplanabilmesi
- Geri dönüştürülebilme ve hazırlığında geri dönüşümlü malzeme kullanabilme
- Metal gömme parçaların yerleştirilmesi ile montaj kolaylığı
- Yüksek alev dayanımı
- Sıcaklık dayanımı
- Soğukta kırılma olmama, enjeksiyon kalıplama (injection moulding)

Bu yöntem RTM'ye benzer bir yöntemdir. Farklılığı reçine/elyaf karışımının kalıp dışarısında karışmış ve eritilerek basınç altında boş kalıp içine enjekte ediliyor olmasıdır. Sadece düşük viskoziteye sahip termoset reçineler bu yöntemde kullanılabilir. Diğer

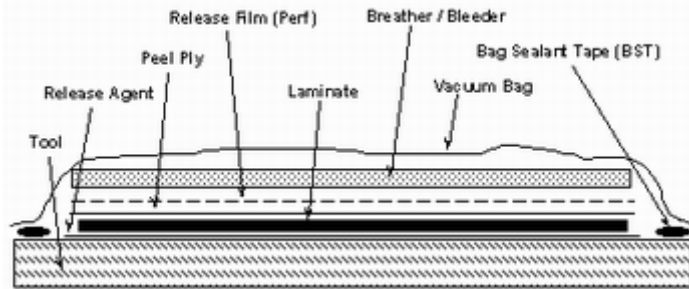
yöntemlere göre daha hızlıdır. Çocuk oyuncaklarından uçak parçalarına kadar bir çok ürün bu yöntemle üretilmektedir.

1.4.9. Vakum bonding / vakum bagging

Kompozit malzeme (genellikle geniş sandöviç yapılar) önce bir kalıba yerleştirilir, ardından bir vakum torbası en üst katman olarak yerleştirilir. İçerideki havanın emilmesiyle vakum torbası, yatırılan malzemenin üzerine 1 atmosferlik basınç uygulayarak aşağıya çekilir. Sonraki aşamada tüm bileşim bir fırına yerleştirilerek reçinenin kür işlemi için ısıtılır. Bu yöntem sıklıkla elyaf sarma ve yatırma teknikleri ile bağlantılı olarak uygulanır. Kompozit malzeme tamir işlemlerinde de vakum bagging yöntemi kullanılmaktadır.

RESİM 5

VAKUM BAGGING



1.4.10. Otoklav / autoclave bonding

Termoset kompozit malzemelerin performanslarını artırmak için elyaf/reçine oranını artırmak ve malzeme içinde oluşabilecek hava boşluklarını tamamen gidermek gerekmektedir. Bunun sağlanması için malzemeyi yüksek ısı ve basınca uygulayarak sağlanabilir. Vakum bagging yöntemindeki gibi sızdırmaz bir torba ile elyaf/reçine yatırmasına basınç uygulanabilir. Fakat 1 atmosferden fazla düzenli ve kontrol edilebilir bir basıncın uygulanabilmesi için dışsal basınca ihtiyaç duyulur. Bu uygulama için, otoklav yönteminde de uygulanan ve kompleks şekillerde en çok kontrol edilebilen metod, dışarıdan sıkıştırılmış gazın kompozit malzemenin içinde bulunduğu kaba verilmesidir.

Otoklav kesin basıncın, ısının ve emişin kontrol edilebildiği basınçlı bir kaptır. Vacuum bagging yöntemi ile benzerdir. Fırın yerine bir otoklav kullanılır. Böylece özel amaçlar için

yüksek kalitede kompozit üretebilmek için kür şartları tam olarak kontrol edilebilir. Bu yöntem diğerlerine oranla daha uzun sürede uygulanır ve daha pahalıdır.

1.4.11. Preslenebilir Takviyeli Termoplastik

Keçe türünde elyaf takviyesi içeren termoplastik reçine ile yapılmış plaka şeklinde preslenebilir kalıplamaya hazır özel amaçlı bir takviyeli termoplastik çeşidini tanımlamaktadır. GMT nin hazırlanması SMC ye benzemektedir. Ekstruderden çekilen bir termoplastik levha üzerine yumuşak haldeyken bir elyaf takviyesi yerleştirilir. Bu katmanların üzerine bir diğer termoplastik levhada yumuşakken yerleştirilerek soğuk hadde silindirlerinin arasından geçirilir. Sertleşen plakalar kesilerek preslenmeye hazır duruma getirilir.

1.5. Kompozit Malzeme Kullanım Alanları

Kompozit malzemeler artık gittikçe artan oranlarda ve yeni sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Uzun zaman uçak sanayisindeki ihtiyaçların yönlendirdiği kompozit malzeme gelişimleri son dönemde yeni bir çok sektörde birçok farklı amaç için kullanılmaktadır.

1.5.1. Havacılık Sanayi

Özellikle ileri kompozit malzemeler havacılık sanayinde çok geniş uygulama alanları bulmaktadır. Kompozit malzemelerinin hafifliklerine oranla üstün mekanik özellikleri uçaklarda ve helikopterlerde sadece içi mekan değil yapısal parçalarını da polimer esaslı kompozitlerle üretilmesine neden olmaktadır.

Uçaklar genellikle gövde ağırlık kontrolü uzun hizmet ömrü, sistem dizaynının ana hatları ve maliyet karakterlerinin yarısına belirli navlun, mesafe, seyir sürati irtifa gibi performans gereksinimlerini karşılayacak şekilde dizayn edilirler. Diğer tüm koşulların eşit olduğu durumlarda, ağırlığı en az tutulan dizayn kriteri en uygun olacaktır. Buna göre uygun özelliklere sahip hafif metaller en iyi verimi sağlayacaktır. Kompozit malzemeler bu amaçla kullanılacak uygun bir malzeme grubunu oluşturmaktadır.

Havacılık endüstrisinde, tasarımlar; emniyet, hız ve ekonomi kriterlerinin optimizasyonu ile gerçekleşir. Hava taşıtlarında, uzun hizmet ömrü, belirli navlun, mesafe seyir sürati, irtifa gibi performans değerlerini sağlayan malzemelerden en düşük ağırlığa sahip olanı en uygun dizaynı sağlayacaktır. Kompozitler bu amaçlar için uygun bir malzeme grubunu oluşturmaktadır. Özgül mukavemet ve özgül rijitlik değerleri esas alındığında; düşük yoğunluklarından dolayı kompozit malzemeler de bu değerler konvansiyonel malzemelere üstünlük sağlamaktadır. Bunlardan dolayı kompozit malzemelerin, hava taşıtlarındaki kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır.

1.5.2. Uçaklarda Kullanılan Kompozit Bileşenleri

1.5.2.1. Matris Malzemeleri

Uçak endüstrisinde kullanılan kompozitlerde matris görevi yapan polimer esaslı reçineler;

- epoksi reçineleri
 - Polyester reçineleri
 - Polyamidler –naylonlar-
- olarak sınıflandırılabilirler.

1.5.2.2. Epoksi Reçineleri

Epoksi reçineleri isimlerini lineer polimer uçlarındaki epoksil -C-C- gruplarından alırlar. Epoksi reçinelerinin; uzay ve havacılık endüstrisinde kullanılan kompozit malzemelerin üretilmesinde, çeşitli takviyelere –karbon, cam, bor vs.- matris malzemesi olarak seçilmesini sağlayan özellikleri şunlardır:

- Düşük ve yüksek sıcaklıklarda sertleşebilmesi
- Yüksek aşınma direnci
- Çeşitli yüzeylere iyi yapışabilme
- Yüksek kimyasal direnç

1.5.2.3. Polyesterler

Asit ve alkollerin kondensasyonu ile elde edilen polyester reçineleri; reaksiyona giren maddelerle farklı gruplara ayrılırlar. Polyesterlerin bir cinsi olan alkidler; kaplayıcı madde yapımında, doymuş polyesterler; tekstil, elektrik, fotoğraf film ve otomotiv endüstrisinde kullanılırlar. Uçakların iç panellerinde kullanımı oldukça yaygın olan polyester çeşidi ise doymamış polyesterlerdir.

1.5.2.4. Polyamidler –Naylonlar

Sert ve dayanıklı olan polyamidlerin birçok çeşidi vardır. Kompozit malzeme üretiminde kullanılan Naylon6 ve Naylon66 bu polyamidlerin en önemlileridir.

1.5.2.5. Fiber Takviyeler

1.5.2.5.1. Cam Fiberler

Fiber üretiminde camın birçok farklı bileşimi kullanılır. En çok kullanılanı; kalsiyum, bor, sodyum, demir ve alüminyum oksitlerini de içeren –SiO₂- silis camıdır.

Kompozit malzemelerde,cam fiber olarak en çok kullanılan üç değişik bileşim, Tablo 2 de verilmiştir.

E camı; yüksek mukavemet, sertlik, elektriksel direnç özelliklerine sahiptir. C camının korozyon direnci yüksektir. S camı; yüksek young modülü, yüksek sıcaklarda gösterdiği direnç nedeniyle, uçak endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

1.5.2.5.2. Karbon Fiberler

Karbon fiberler; hazırlandığı maddeye bağlı olarak iki gruba ayrılır. Petrol türevlerinden elde edilen, zift esaslı fiberler; büyük ölçüde dayanım dışı amaçlarla kullanılırlar. Takviye malzemesi olarak genellikle polyacrylonitrile den –PAN- üretilmiş fiberler kullanılır. Bu grup içinde yüksek dayanımlı, fiber türleri vardır. Karbon fiberlerin tasarım malzemesi olarak kullanılması, daha çok yüksek dayanımlı türü üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Karbon fiberler; grafit tabakalarındaki karbon atomları arasındaki güçlü kimyasal bağ nedeniyle yüksek elastisite modülü ve çekme dayanımına sahiptirler. Grafit tabakalarının, fiber eksenine paralel olarak yönlendirildiği durumlarda en yüksek dayanım değerlerine ulaşılır.

1.5.2.5.3. Organik Fiberler

Nispeten yeni ve geleceği parlak bir fiber türü olan organik fiberler; yüksek mukavemet ve rijitliğe sahip ve büyük oranda düzenli polimerlerdir. Organik fiberlerde karbon fiberler gibi anizotropik davranış gösterirler. Organik fiberlerin; Kevlar 29 ve Kevlar 49 gibi ticari isimleri olan çeşitleri vardır.

Cam karbon ve organik fiberlerin bazı fiziksel özellikleri, Tablo 3 de karşılaştırılmıştır.

Kullanım alanları;

- B2 bombardıman uçağı gövde panelleri; karbon fiber+epoksi
- A380 yolcu uçağı kanat panelleri ve flapler; karbon fiber+epoksi
- A380 yolcu uçağı burun bölümü (radome); CTP
- A380 yolcu uçağı dikey stabilizer; Aramid fiber+epoksi
- Airbus A320 uçaklarında kanatlarda, spaylerde, eleronlarda, kuyruk takımlarında, silindirik motor kılıflarında, karbon takviyeli kompozitler kullanılmıştır.
- Zemin Plakası; Airbus 300/600 uçaklarında kullanılan karbon takviyeli Polieterimid
- Uçak EAPS kapağı; (Karbon Elyafı+PEEK)
- F-14 uçaklarında, yatay dengeleyiciler, F-15 lerde ise yatay ve dikey dengeleyiciler, bor-epoksi komposit malzemesinden yapılmıştır.
- F-16 larda, yatay ve dikey dengeleyicilerin yanısıra kontrol yüzeyleri de karbon-epoksidir. F/A-18 uçaklarında kanat yüzeyleri, yatay ve dikey dengeleyiciler, hız frenleri ve kontrol yüzeyleri, AV-8B uçaklarında; kanatlar, yatay dengeleyiciler, ön gövde ve kontrol yüzeyleri karbon-epoksi olarak yapılmıştır. Boing 757 ve 767 lerde; kontrol yüzeyleri karbon-epoksi motor kaportaları karbon/avamid-epoksidir.

1.5.3. Denizcilik Sanayi

- Yelkenli Gövdesi; CTP, Balsa ve polimer köpük üstüne cam, aramid karbon dokumaları ile kaplanması
- Yat, Tekne Arkası Platform
- Basamaklar; CTP

- Yelken Direği; Kevlar+Epoksi

1.5.4. Spor Araçları

Kompozit malzemelerin popüler olduğu yeni sektörler arasında spor araç ve gereçleri her geçen gün daha da öne çıkmaktadır. Özellikle ağırlığın azalması, dolayısıyla hareket kabiliyetinin artması, ve dayanıklılığın artmasına neden olan cam ve karbon elyafı takviyeli kompozitler kullanılmaktadır.

Kompozitler kano, sörf ve yatlar için çok önemli olan malzeme yoğunluğu ve darbe dayanımı konusunda üstün özelliklere sahiptirler. Dağ bisikletleri en iyi katılık/ağırlık oranı ve en düşük ağırlık özellikleri kazanmak için karbon elyafı ile üretilmektedir. Korozyona dayanım, şok emme ve sağlamlık gibi üstün özellikler kazandırmaktadır. Ayrıca golf sopası, tenis raketi gibi spor ürünlerinde ağırlığı düşürmek için karbon elyafı takviyeli kompozit malzemelerden üretilmektedirler.

- Su kayađı; Termoplastik prepreg
- Kar kayağı; Ahşap üzerine sarılmış karbon, aramid, cam elyafı karışımı+epoksi Kano küreği; (%33 Cam+Poliftalamid)
- Su kaydırakları; CTP
- Sörf Tahtaları;; CTP
- Bisiklet; (Karbon+Poliamid 6), yaklaşık 1kg ağırlığında
- Reebok Spor Ayakkabı; termoplastik poliüretan, petek (honeycomb)
- Golf Sopası; Karbon Fiber+Epoksi
- Tenis Raketi; Aramid (Kevlar)+Epoksi
- Zıpkın Gövdesi; Karbon Fiber+Epoksi
- Palet; Karbon Fiber+Epoksi

1.5.5. Korozyona Dayanıklı Ürünler

- Su tankı; CTP
- Mazgal Olukları; CTP
- Yeraltı Boruları;
- Marketlerde Dondurulmuş Gıda Reyonu Kaplaması; CTP
- Rasathane Kubbesi; CTP
- Açık Saha Dolapları; CTP
- Çit; CTP
- İlan Panoları; CTP

1.5.6. Sağlık

- Tekerlekli sandalye; Cam veya Karbon Elyaf takviyeli Polyester
- Tıbbi Tetkik Cihazları Dış Muhafazaları; CTP

1.5.7. Ulaşım

- Traktör Kaporta
- Kabin
- Oturma Birimi; SMC
- Toplu Taşıma Araçları Oturma Birimi; SMC
- Konteynir Tabanı; GMT

- Otobüs Havalandırma Kanalları
- Port Bagaj Parçaları
- Gösterge Paneli; CTP
- Açık Alan Servis (Golf Arabası) araçları kaporta, tavan; CTP
- Teleferik; CTP, Maçka teleferiği
- Tren; Kompozit prepreg ve dokuma malzemeler türleri artan oranlarda tren konstrüksiyonunda maliyet ve ağırlık düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. İskelette ağırlığın düşürülmesi enerji tasarrufu sağlamakla beraber daha hızlı araçların geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca trenlerde malzemelerin yüksek katılığa sahip olmaları iskeletin desteklenmesine gerek olmaması anlamına gelmektedir ki böylece yolcu taşıma bölümü ayrılan mekan artırılabilir.

Tren konstrüksiyonunda kolay ve hızlı değişebilen genellikle prepreg levhalar kullanılır. Böylece tekil zarar gören paneller hızla değiştirilebilmektedir.

1.5.8. Otomotiv

Otomobil firması müşterilerinin ihtiyaçlarına karşılık vermek çevresel şartların baskısı altında daha hafif otomobiller üretmektedirler. Hafifi otomobiller daha çabuk hızlanabilen, daha çabuk durabilen ilerlemek için daha küçük bir motora ve daha az benzine ihtiyaç duyan araç anlamına gelmektedir.

- Cam Sileceği; %30 Cam+PBT
- Filtre Kutusu; Mercedes, %35 Cam+Poliamid 66
- Pedallar; %40 Cam+Poliamid 6
- Dikiz Aynası; %30 Cam+ABS
- Far Gövdesi; BMW, %30 Cam+PBT
- Hava Giriş Manifoldu; BMW, Ford, Mercedes, %30 Cam+Poliamid 6
- Otomobil Gösterge Paneli; GMT
- Otomobil Spoiler; CTP
- Otomobil Yan Gövde İskeleti; Ford, CTP
- Otomobil kaporta; Corvette, SMC CTP

1.5.8.1. Formula 1 Arabaları

Formula 1 arabalarının yapımına ait düzenlemeler çok özeldir ve titizlikle uygulanmaktadır. Arabanın tüm ağırlığı 605 kilogramı aşmamalıdır. Tasarım mühendisleri en az ağırlıkla en sağlam çözümü bulmak durumundadırlar. Daha önceleri yarış arabalarında hafif bir metal olan alüminyum kullanılmaktaydı artık kompozit malzemeler çok daha düşük ağırlıklarla serlik ikiye katlanabilmektedir. Ayrıca karmaşık parçaların kompozit malzemelerle üretilebilmesi F1 otomobillerin üretiminde gerekli parça sayısı azaltılabilmektedir. Alüminyumla 200'den fazla parçayla üretilen gövde ve şase beş parçaya düşürülmüştür. Kompozit malzemeler metal civatalar gibi bağlantı parçaları ile birleştirilmek yerine epoksi reçinesi ile birbirlerine bağlanmaktadır.

F1 arabalarında aşağıda belirtilenlerle beraber birçok parça kompozit malzeme kullanılmaktadır.

- Motor kaplaması
- Burun kapağı
- Ön ve arka kanatlar, spoiler

- Ana gövde. Mühendislik
- Elektrik dağıtım Panoları; CTP

1.5.9. Müzik aletleri

London College of Furniture ve diğer bazı yerlerde ileri kompozit malzemelerle müzikal enstrümanlar yapılması üzerine çalışmalar bulunmaktadır. İleri kompozit malzemelerle yapılan yaylı sazlarda boyun kısmının tellerin gerilmesinden dolayı deforme olması karşılaşılan temel sorunlardandır.

- Keman; Karbon Fiber+Epoksi
- Gitar; Karbon lamine tabakalar arası polimer köpük
- Akustik Gitar; Grafit-Epoksi
- Çello; Karbon + Epoksi

1.5.10. Yapı sektörü

- Köprü Tabanı;CTP
- Tırabzanı;CTP
- Yürüme yolları;CTP
- Taşıyıcı Konstrüksiyon;CTP
- Bina Balkon Korkuluğu;CTP
- Kapı;CTP
- Taşıyıcı Konstrüksiyon, Yüzme Havuzu, Kapı Saçağı, Yer karoları; SMC
- Bina Kaplama Panelleri: CTP
- Küvet; CTP
- Lavabo; CTP
- Sokak Lambası; CTP

1.6. Kompozit Malzemelerin Avantajları ve Dezavantajları

Kompozit malzemelerin birçok özelliklerinin metallerinkine göre çok farklılıklar göstermesinden dolayı, metal malzemelere göre önem kazanmışlardır. Kompozitlerin özgül ağırlıklarının düşük oluşu hafif konstrüksiyonlarda kullanımda büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında, fiber takviyeli kompozit malzemelerin korozyona dayanımları, ısı, ses ve elektrik izolasyonu sağlamaları da ilgili kullanım alanları için bir üstünlük sağlamaktadır.

Aşağıda bu malzemelerin avantajlı olan ve olmayan yanları kısaca ele alınmıştır. Kompozit malzemelerin dezavantajlı yanlarını ortadan kaldırmaya yönelik teorik çalışmalar yapılmakta olup, bu çalışmaların olumlu sonuçlanması halinde kompozit malzemeler metalik malzemelerin yarini alabilecektir.

- **Yüksek Mukavemet** : Kompozitlerin çekme ve eğilme mukavemeti birçok metalik malzemeye göre çok daha yüksektir. Ayrıca kalıplama özelliklerinden dolayı kompozitlere istenen yönde ve bölgede gerekli mukavemet verilebilir. Böylece malzemedeki tasarruf yapılarak, daha hafif ve ucuz ürünler elde edilir.
- **Kolay Şekillendirebilme** : Büyük ve kompleks parçalar tek işleme bir parça halinde kaplanabilir.Bu da malzeme ve işçilikten kazanç sağlar.

- **Elektriksel Özellikler** : Uygun malzemelerin seçilmesiyle çok üstün elektriksel özelliklere sahip kompozit ürünler elde edilebilir. Bugün büyük enerji nakil hatlarında kompozitler iyi bir iletken ve gerektiğinde de başka bir yapıda, iyi bir yalıtkan malzemesi olarak kullanılabilirler.
- **Korozyona ve Kimyasal Etkilere Karşı Mukavemet** : Kompozitler, hava etkilerinden, korozyondan ve çoğu kimyasal etkilere zarar görmezler. Bu özellikleri nedeniyle kompozit malzemeler kimyevi madde tankları, boru ve aspiratörler, tekne ve diğer deniz araçları yapımında güvenle kullanılmaktadır. Özellikle korozyona karşı mukavemetli olması, endüstride birçok alanda avantaj sağlamaktadır.
- **Isıya ve Ateşe Dayanıklılığı** : Isı iletim katsayısı düşük malzemelerden oluşabilen kompozitlerin ısıya dayanıklılık özelliği, yüksek ısı altında kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bazı özel katkı maddeleri ile kompozitlerin ısıya dayanımı artırılabilir.
- **Kalıcı Renklendirme** : Kompozit malzemeye, kalıplama esnasında reçineye ilave edilen pigmentler sayesinde istenen renk verilebilir. Bu işlem ek bir masraf ve işçilik gerektirmez.
- **Titreşim Sönümlendirme** : Kompozit malzemelerde süneklik nedeniyle doğal bir titreşim sönümlenme ve şok yutabilme özelliği vardır. Çatlak yürümesi olayı da böylece minimize edilmiştir.

Bütün bu olumlu yanların dışında kompozit malzemelerin uygun olmayan yanları da şu şekilde sıralanabilir:

- Kompozit malzemelerdeki hava zerrecikleri malzemenin yorulma özelliklerini olumsuz etkilemektedir.
- Kompozit malzemeler değişik doğrultularda değişik mekanik özellikler gösterirler.
- Aynı kompozit malzeme için çekme, basma, kesme ve eğilme mukavemet değerleri farklılıklar gösterir.
- Kompozit malzemelerin delik delme, kesme türü operasyonları liflerde açılmaya neden olduğundan, bu tür malzemelerde hassas imalattan söz edilemez.
- Hammaddenin pahalı olması; Uçaklarda kullanılacak kalitede karbon elyafının bir metrekairelik kumaşının maliyeti yaklaşık 50 \$ 'dır
- Lamine edilmiş kompozitlerin özellikleri her zaman ideal değildir, kalınlık yönünde düşük dayanıklılık ve katlar arası düşük kesime dayanıklılık özelliği bulunmaktadır
- Malzemenin kalitesi üretim yöntemlerinin kalitesine bağlıdır, standartlaşmış bir kalite yoktur.
- Kompozitler kırılğan (gevrek) malzeme olmalarından dolayı kolaylıkla zarar görürler, onarımları yeni problemler yaratabilir.

- Malzemelerin sınırlı raf ömürleri vardır. Bazı tür kompozitlerin soğutulmuş olarak saklanması gerekmektedir.
- Sıcak kurutma gerekmektedir.
- Kompozitler onarılmadan önce çok iyi olarak temizlenmeli ve kurutulmalıdır. Bazı durumlarda bu zor olabilir.
- Bazı kurutma teknikleri uzun zaman alabilmektedir.

Görüldüğü gibi kompozit malzemeler, bazı dezavantajlarına rağmen çelik ve alüminyuma göre birçok avantaja sahiptir. Bu özellikleri ile kompozitler otomobil gövde ve tamponlarından deniz teknelerine, bina cephe ve panolarından komple banyo ünitelerine, ev eşyalarından tarım araçlarına kadar bir çok sanayi kolunda problemleri çözümlenecek bir malzemedir.

TABLO 5
YÜKSEK MUKAVEMETLİ MÜHENDİSLİK MALZEMELERİ VE KOMPOZİTLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Is.Gen. Katsayısı $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	E/Y GN/m ²							
24	25,7	180	350					
Su verilmiş ve temerlenmiş düşük alaşımli çelik	7.85	207	2050 600	12-28	11	26,4	261-76	800
Minomic-90 Nikel esaslı alaşım	8.18	204	1200	26	16	24,9	147	1100
Naylon 66	1.14	2	70	60	90	1,8	61	150

Cam takviyeli naylon Vt 0,25	1.47	14	207	2.2	25	9,5	141	170
Fiberli tek yönlü sıralanmış karbon epaksi Vt 0,60 i-fiberlere paralel	1.62	220	1400	0.8	-0,2	135	865	260
ü-fiberlere dik	1.62	7	38	0.6	30			
Fiberleri tek yönlü sıralanmış cam-polyester Vt 0,50 i-fiberlere paralel	1.93	38	750	1.8			390	250
ü-fiberlere dik	1.93	10	22	0.2	11	19,7		
Fiberlere rastgele yönlendirilmiş cam-polyester	1.55	8.5	110	25	25	5,5	71	230

Kaynak: www.kimyamuhendisi.com

TABLO 6

E,S,C CAMLARININ KİMYASAL BİLEŞİMLERİ

CAM ÇEŞİDİ			
E camı	C camı	S camı	
SiO ₂	52,4	64,4	64,4
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	14,4	4,1	25,0
CaO	17,2	13,4	-
MgO	4,6	3,3	10,3
Na ₂ O, K ₂ O	0,8	9,6	0,3
Ba ₂ O ₃	10,6	4,7	-
BaO		0,9	-

Kaynak: www.kimyamuhendisi.com

TABLO 7

KARBON, CAM VE KEVLAR 49 FİBERLERİNİN 20 °C DEKİ ÖZELLİKLERİ

Karbon fiber (PAN esaslı)				
	Tip 2			
Tip 1				
Çap m	7.0-9.7		8-14	11.9
		7.6-8.6		
Yoğunluk 10³kg/m³	1.95	1.75	2.56	1.45
Young modülü GN/m³	390	250		
-0 eksene paralel	12	20	76	125
-1 -eksene dik			76	
Çekme dayanımı GN/m²	2.2	2.7	1.4-2.5	2.8-3.6
	0.5			
		1.0	1.8-3.2	2.2-2.8
Is.Genleşme Katsayısı 10⁻⁶/°C				
0-100	(0.5)-(-1.2)	(-0.1)-(0.5)	4.9	-2
-2 eksene paralel	7-12	7-12		59
-3 radyal				
ısı iletkenlik		24	1.04	0.04
-eksene paralel-	105			

Kaynak: www.kimyamuhendisi.com

2. DÜNYA KOMPOZİT SEKTÖRÜ

2.1.Dünya Kompozit Sektörü İhracatı

TABLE 8 DÜNYA KOMPOZİT SEKTÖR İHRACATI

İHRACAT (MİLYON \$)				
GTİP NO:390940	2001	2002	2003	2004
ALMANYA	125	134	157	183
ABD	106	110	111	142
JAPONYA	75	105	104	134
FRANSA	73	68	86	105
GTİP NO:854470				
JAPONYA	1177	149	114	150
ABD	599	209	194	220
ALMANYA	390	184	201	214
FRANSA	317	232	79	104
GTİP NO:391729				
ABD	130	110	128	144
ALMANYA	76	91	114	162
İNGİLTERE	48	55	82	102
FRANSA	26	32	45	80
GTİP NO:391723				
ABD	71	81	94	137
ALMANYA	80	70	70	73
KANADA	74	59	62	72
İNGİLTERE	47	46	60	78

DÜNYA KOMPOZİT SEKTÖR İHRACATI(DEVAMI)

GTİP NO:281810				
ÇİN	118	128	173	222
ALMANYA	44	44	46	62
ABD	27	32	35	43
JAPONYA	31	28	30	32
GTİP NO:701990				
DANİMARKA	115	172	132	252
ABD	135	120	147	165
ALMANYA	70	75	101	106
MEKSİKA	74	63	65	67
GTİP NO:690390				
ALMANYA	134	122	155	183
İNGİLTERE	49	34	41	45
ABD	45	47	40	39
JAPONYA	42	31	37	41
GTİP NO:392190				
ALMANYA	1016	1074	1291	1456
İTALYA	460	498	613	710
JAPONYA	362	423	641	857
ABD	437	458	428	531
GTİP NO:381511				
ABD	81	57	78	113
ALMANYA	53	50	62	86
HOLLANDA	50	47	46	61
FRANSA	28	39	51	68

Dünyadaki kompozit ihracatına gtıp numarası (381511, 392190, 690390, 701990, 281810, 391723, 391729, 390940, 854470) bazında bakıldığında; ilk 4 ülkenin ihracatı 7.2 milyar ABD Doları seviyesindedir. Dünya ihracat sıralamasında, ABD ve Almanya dörder ürün grubunda ilk sırada yer almaktadırlar.

2.2.Dünya Kompozit Sektörü İthalatı

TABLO 9 DÜNYA KOMPOZİT İTHALATI

İTHALAT (MİLYON \$)				
GTİP NO:390940	2001	2002	2003	2004
ÇİN	96	111	124	162
ABD	96	100	118	132
ALMANYA	59	61	70	107
FRANSA	46	50	56	63
GTİP NO:854470				
ABD	666	155	154	231
KANADA	228	84	68	80
ALMANYA	180	81	87	86
JAPONYA	122	148	112	61

DÜNYA KOMPOZİT İTHALATI(DEVAMI)

GTİP NO:391729				
ABD	33	38	38	49
ALMANYA	28	36	42	50
KANADA	32	27	36	38
MEKSİKA	34	24	29	38
GTİP NO:391723				
FRANSA	58	72	96	121
ABD	85	70	80	83
MEKSİKA	52	56	73	76
KANADA	30	28	33	38
GTİP NO:281810				
ABD	65	73	72	105
ALMANYA	72	64	67	90
JAPONYA	62	51	64	81
AVUSTURYA	37	31	39	55
GTİP NO:701990				
ABD	113	114	113	127
MEKSİKA	71	73	89	80
ALMANYA	43	90	81	79
ÇİN	46	51	59	98
GTİP NO:690390				
ABD	48	53	50	51
İTALYA	28	26	30	33
GÜNEY AFRİKA	18	23	40	38
ALMANYA	22	23	19	24

GTİP NO:392190				
ABD	424	485	578	723
ALMANYA	386	394	406	488
FRANSA	349	383	433	305
İNGİLTERE	335	371	359	453
GTİP NO:381511				
ABD	60	43	67	71
JAPONYA	46	43	36	48
KORE	18	24	22	15

Kaynak: PC/TAS International Trade Statistics

Dünyadaki kompozit ithalatına gtıp numarası (381511, 392190, 690390, 701990, 281810, 391723, 391729, 390940, 854470) bazında bakıldığında; ilk 4 ülkenin ithalatı 4,3 milyar ABD Doları seviyesindedir. Dünya ithalat sıralamasında ABD 7 ürün grubunda ilk sırada yer almaktadır.

2.3. İhracat ve İthalatta 2005 yılı Ülke Sıralaması

TABLO 10 İHRACATTA ÜLKE SIRALAMASI (2005 YILI)

İHRACAT 2005 YILI (\$)					
GTİP NO	ÜRÜN TANIMI	1	2	3	4
390940	FENOLİK REÇİNELER	ALMANYA	YUNANİSTAN	ESTONYA	ROMANYA
854470	FİBER OPTİK KABLOLAR	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA
391729	DİĞER PLASTİKLER	YUNANİSTAN	ROMANYA	ÖZBEKİSTAN	YUGOSLAVYA
391723	VİNİL KLORÜR	ALMANYA	YUNANİSTAN	ROMANYA	BULGARİSTAN
701990	CAM YÜNÜNDEN MAMULLER	İNGİLTERE	ROMANYA	RUSYA	GÜRCİSTAN
690390	DİĞER SERAMİK EŞYA	İTALYA	BULGARİSTAN	EGE SER. B.	YUNANİSTAN
392190	PLASTİKTEN DİĞER LEVHA VS.	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İNGİLTERE
381511	TAKVİYE KATALİZÖRLER	AVUSTURYA	AZERBAYCAN	B. A. E.	DANİMARKA
281810	SUNİ KORENDON	FRANSA	ÇEK CUM.	MOLDOVA	GÜRCİSTAN
28181090	SUNİ KORENDON DİĞERLERİ	AVUSTURYA	K. K. TÜRK CUMHURİYETİ	SURİYE	İRAN
28181010	SUNİ KORENDON (%97.5 AL2O3)	FRANSA	ÇEK CUM.	MOLDOVA	GÜRCİSTAN

Kaynak: PC/TAS International Trade Statistics

2005 yılı için değerlendirecek olursak Fransa' nın ilk sıralarda yer aldığı ürün sayısı daha çoktur. Fransa fiber optik kablo,suni korendon,%97.5 dialüminyum trioksit içeren suni

korendon ve plastikten diğ er levha vs gibi mamullerde en çok ihracat yaptığımız ülke olmuştur.

2005 yılı içerisinde sadece 3 ülkeye takviyeli katalizör ihracatı yapılmıştır. Bunlar ise; Avusturya, Azerbaycan ve B.A.E.'dir.

TABLO 11 İTHALATTA ÜLKE SIRALAMASI (2005 YILI)

İTHALAT (\$) 2005 YILI					
GTİP NO	ÜRÜN TANIMI	1	2	3	4
390940	FENOLİK REÇİNELER	FRANSA	ALMANYA	İTALYA	İNGİLTERE
854470	FİBER OPTİK KABLOLAR	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA
391729	DİĞER PLASTİKLER	DANİMARKA	ALMANYA	İTALYA	İNGİLTERE
391723	VİNİL KLORÜR	FRANSA	ALMANYA	İTALYA	İNGİLTERE
701990	CAM YÜNÜNDE N MAMULLER	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA
690390	DİĞER SERAMİK EŞYA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA	İNGİLTERE
392190	PLASTİKTEN DİĞER LEVHA VS.	ALMANYA	İTALYA	İNGİLTERE	AVUSTURYA
381511	TAKVİYE KATALİZÖRLER	HOLLANDA	ALMANYA	İNGİLTERE	DANİMARKA
281810	SUNİ KORENDON	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA
28181090	SUNİ KORENDON DİĞERLERİ	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA
28181010	SUNİ KORENDON (%97.5 AL2O3)	FRANSA	HOLLANDA	ALMANYA	İTALYA

Kaynak: PC/TAS International Trade Statistics

Türkiye' nin 2005 yılındaki ithalat rakamlarına bakılırsa, Fransa ithal edilen mamullerde de çoğunlukla ilk sıralarda görülmektedir.İkinci sırada ise Almanya ve Hollanda bulunmaktadır.

3. TÜRKİYE KOMPOZİT SEKTÖRÜ

3.1. Türkiye Kompozit Sektör İhracatı

TABLO 12 TÜRKİYE KOMPOZİT İHRACATI

İTHALAT İSTATİSTİK (\$) GTİP NO	2003	2004	2005	2005*	2006*	%Değişim
FENOLİK REÇİNELER 390940	15987,65	20039,177	25092,763	8902,458	8236,14	-8,0902
FİBER OPTİK KABLOLAR 854470	2925,881	5447,197	4209,971	1758,091	969,743	-81,295
DİĞER PLASTİKLER 391729	22489,812	20403,075	3541,054	1304,196	1141,328	-14,27
VİNİL KLORÜR 391723	802,499	773,18	1331,722	446,827	457,216	2,27223
CAM YÜNÜNDE N MAMULLER 701990	5302,112	6030,222	6388,308	1687,674	2545,313	33,6948
DİĞER SERAMİK EŞYA 690390	12957,654	14460,659	15211,333	4862,622	4544,677	-6,996
PLASTİKTEN DİĞER LEVHA VS. 392190	82084,153	107831,71	96413,702	29760,75	28957,15	-2,7751
TAKVİYE KATALİZÖRLER 381511	1164,866	2210,584	1544,699	425,926	2285,734	81,3659

SUNİ KORENDON 281810	11972,58	14728,596	15346,569	4241,954	4520,091	6,15335
SUNİ KORENDON DİĞERLERİ 28181090	3771,344	6539,318	5652,25		1860,608	100
SUNİ KORENDON (%97.5 AL2O3) 28181010	8201,236	8189,278	9694,319		2659,483	100
*:Ocak-Nisan						

Kaynak: PC/TAS International Trade Statistics

Yukarıdaki tabloda Türkiye'nin gtip numaraları bazında ithalatını görmekteyiz.Burada 2003,2004,2005,2005' in ilk dört ayı ve 2006' nın ilk dört ayı içersindeki ithalat rakamları mevcuttur. Fenolik reçine ithalatında 2006' ya kadar sürekli bir artış olmasına rağmen 2006' nın ilk dört ayında 2005' e oranla % 8' lik bir düşüş söz konusudur.Fiber optik kabloda ve diğer plastiklerde ise 2005'ten sonra ciddi bir düşüş görülmektedir.

Genel olarak takviyeli katalizörler,cam yününden mamuller ve suni korendonlar hariç ithalat rakamlarında yüzde olarak bir azalma söz konusudur.

3.2. Türkiye Kompozit Sektör İthalatı :

TABLO 13 TÜRKİYE KOMPOZİT İTHALATI

İHRACAT İSTATİSTİKLERİ (\$)						
GTİP NO	2003	2004	2005	2005*	2006*	% Değişim
FENOLİK REÇİNELER 390940	1282,541	2209,456	2926,9	984,77	907,079	-8,564965
FİBER OPTİK KABLolar 854470	20716,608	20029,595	23019,679	10098,457	7476,724	-35,06526
DİĞER PLASTİKLER 391729	29317,98	30460,964	41575,251	9130,739	11815,97	22,725458
VİNİL KLORÜR 391723	6501,464	23312,417	15768,52	3908,144	3038,455	-28,62274
CAM YÜNÜNDEN MAMULLER 701990	16789,166	23161,519	23038,703	7863,64	7596,494	-3,516701
DİĞER SERAMİK EŞYA 690390	603,61	465,049	1344,426	402,117	321,003	-25,26892
PLASTİKTEN DİĞER LEVHA VS. 392190	19012,24	37987,265	58544,201	15489,859	19800,74	21,771324
TAKVİYE KATALİZÖRLER 381511	172,317	97,905	162,317	131,003	92,838	-41,10924
SUNİ KORENDON 281810	15,413	60,132	39,423	0,247	10,682	97,687699
SUNİ KORENDON DİĞERLERİ 28181090	0,339	1,505	10,08		10,311	100
SUNİ KORENDON (%97.5 AL2O3) 28181010	15,074	58,627	29,343		0,371	100
* : Ocak-Nisan						

Kaynak: PC/TAS International Trade Statistics

Aynı şekilde gtip numaraları bazında Türkiye'nin ihracatına bakıldığında ithalatta olduğu gibi yüzde oranında düşüşler vardır.Örneğin; en büyük düşüş %41.1 ' le 2005 yılı hariç her yıl azalan takviye katalizörlerdir.

28181090 ve 28181010 gtip numaralı suni korendonların 2005 yılının ilk dört ayında ithalatı veya ihracatı mevcut değildir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

4.1. Malzeme Teknolojilerinde Türkiye'nin 2023 Hedefleri

- Ülkedeki sektörler yukarıda verilen şemada halen daha malzeme ve yarı mamul, mamul sınıfı içerisinde sıkışmış bulunmaktadır ancak Bu durumun hızla bütünleşmiş sistemler ve uygulamalara giden kapsam içerisinde hızla gelişmesi beklenmelidir.
- Farklılaşma ülke için de önemli gündem oluşturacaktır. Örneğin tekstil sektöründeki arayışlar buna güzel örnek teşkil etmekte ve güçlü tekstil kuruluşlarının teknik, işlevsel tekstil alanlarındaki arayışlarına kompozit teknolojileri de katılmış benzemektedir.
- Ülkedeki konut açığına dayalı olarak yapı-inşaat sektörü büyük fırsatlar arz etmekte, çimento üretim kapasitelerine paralel olarak bu alanlarda yeni ve işlevsel nitelikte malzemelere dönük fırsatlar ortaya çıkmaktadır; bunlar elyaf çimento, hafif ve dayanımlı çimento, yeni yapı malzemeleridir.
- Bor, Toryum ve mineral-kil zenginlikleri ürün esasına dönük olarak değerlendirilmelidir. Özellikle bor alanında önemli fırsat hidrojen kaynağı olarak kullanılmalıdır.
- Döküm alanındaki gelişim ve kazanılan bilgi, birikime dayalı olarak 20 yıllık süreçte önce Avrupa' da birincilik ve dünya pazarlarında liderlik mümkündür.
- Geleneksel seramiklerde öncelikle Avrupa'da liderlik konum ardından dünya liderliği hedeflenebilir, giderek bu alanda tasarım yeteneği ve üretim makinelerine dönük yatırımlarla güçlenmek olasıdır.
- Güçlü çelik sektöründe paslanmaz ve nitelikli çeliklerde önemli atılımlar mümkündür ve dünya liderliği hedeflenmelidir.
- Takı malzemeleri, süs malzemeler, ülke için son derece büyük imkanlar arz etmekte, bu alanda son 2-4 yılın gelişmeleri, de umut vericidir. Altın, gümüş, platin işlemciliği, kıymetli taş işlemciliği, porselen ve cam eşya, çini ve geleneksel süs eşyaları gibi konular turizm potansiyeli ile de entegre edilerek büyük bir zenginlik yaratabilirler.
- Son 2-3 yılın otomotiv sektöründeki sıçramaları sürdürülebilir olmalıdır ve bu alanda önemli fırsatlar tasarımdan malzemeye kadar uzanan yelpazede değerlendirilmelidir.
- Kompozitler, plastik ve mühendislik plastiklerinde büyük ölçekli bir sektör yaratılabilir ve dünya liderliğine soyunabilir.
- Savunma büyük bir itici güç olarak Ar-ge' den başlayan dinamikleriyle önemli açılımlara yol açacaktır.
- Yüzey kaplamalarda Avrupa'da ürün geliştirme liderliği hedeflenmelidir.
- Makine imalat sektörümüzün ve geleneksel anlamda teknisyenlik ve el becerisinin olduğu, tasarım yeteneği ile bütünleşmiş güçlü bir makine imalat dalı malzeme sektörlerinin de itici gücü ile 2023 vizyonunun köşe taşı olmalıdır.

TABLO 14 MALZEME TEKNOLOJİ VİZYONLARI

SEKTÖRLER	Kısa ve Orta Dönemde Malzeme Teknoloji Vizyonu	Uzun dönemli vizyon 2023
TEKSTİL	• teknik tekstilde uzmanlaşma ve AB liderliği	• karbon ve aramid elyaf teknolojisinde düşük maliyetli üretim teknikleri
	• kompozit elyaf örme teknolojisi	• bu elyafların tüm sektörlerde

		uygulanması ve
	• tekstil makineleri geliştirme	AB liderliği
	• deri ve teknik tekstil sinerjisi ile dünyada niş ürünlerde üstünlük	
KİMYA	• bor kimyasallarında dünya birinciliği	• sodyum bor hidrür ile enerji üretiminde dünya çapında devrimsel dönüşümde kilit rol
	ve işlenmiş bor ürünlerde dünya liderliği	• sektör biyoteknolojiye kayarak atılım yapabilir
	• sodyum bor hidrür geliştirme	• gıda ile sinerji ve biyoteknolojide özel alanlarda liderlik, pakmaya gibi önder firmalarla
	• tornada dünya liderliği	•GAP bölgesinde odaklanma.
	• özellikli kimyasallarda atılım ve sıçrama	
	• biyokimya sektörüne kimyasallarla destek	
	•deri kimyasalları	
DÖKÜM	•vasıflı demir ve çelikte AB liderliği ve teknoloji liderliği	• dünyada ilk beş liderliği
ÇELİK	• güçlü çelik üretimi ile dünyada ilk be°	• hafifleştirilmiş çelik saçlarda dünya liderliği
	• kaplamalı saçlar ve otomotiv için üstün kalite mamuller	• çelik yapı teknolojilerinde önderlik(deprem tehdidi)
		• raylı ulaştırma sistemlerine(süper hızlı trenler) uygun vasıflı çelikler

MALZEME TEKNOLOJİ VİZYONLARI(DEVAMI)

ALÜMİNYUM VE HAFİF ALAŞIMLAR	• alüminyum folyo teknolojisi dünya liderliği, gıda ve ambalaj sektörlerinde uygulama becerisi	Mg levha malzemelerin otomotiv sektörüne uygulanması
	• folyo teknolojisinde teknoloji yaratabilme yeteneği(Mg levha ve folyo)	
SERAMİK	• geleneksel seramiklerde AB liderliği ve pazar kontrolü	• bor esaslı teknik seramiklerde dünya çapında liderlik
	• işlevsel seramik ürünlerde marka yaratma	
YAPI-İNŞAAT	• çimento ve diğer yapı inşaat malzemelerinde hafif, dayanımlı yeni malzemelerin yaygın uygulanması ve AB liderliği	yeni kentleşme biçimleri, uydulaşma ve ulaştırma tekniklerinde gelişmelerle doğaya uyumlu, atık üretmeyen, kendi enerjisini kendi üreten, etkin yalıtımlı yerleşkelere uygun yapı malzeme türleri, hafif, atıksız, sağlam ve çok işlevli.
	• elyaflı çimento	
	• kompozit teknolojisi ile sinerji: yapı yenileme pazarı	
	• mimari camlarda akıllı kabuk uygulamaları; enerji sakınım ve üretim, ışık, ısı ve elektrik akımı ile değişen	

	cam	
	özellikleri	
OTOMOTİV VE		
ULAŞTIRMA	• tasarım, mühendislik ve arge'de AB	• bor teknolojisindeki üstünlükten dolayı yeni
	liderliği	enerji sistemlerini daha ucuza adapte ediyor
	• yeni malzeme mühendislik	• dünya yeni taşıt aracı teknolojisi için tasarım
	uygulamaları ve yaygınlaşması:Mg, Al,	ve üretim üssü
	kompozit ve diğer	• kent-içi ve kentler arası süper hızlı raylı sistem ve alt-sistemlerin yerli üretimi
	• 10-15 milyar dolar ihracat	
	• çok güçlü yan sanayii	
	• yan sanayii üretimi: 10 milyar dolar	
	• otobüste ve midibüste dünya liderliği	
	• süper hızlı raylı sistem uygulamaları	
	ve yerli komponent üretimi	
TURİZM	• takı ve mücevherat işlemeciliği ve	• takı ve mücevherat işlemede dünya liderliği
	satışları ile AB liderliği	• kıymetli taş işlemeciliğinde ve tasarımında
	• 5-8 milyar dolar ihracat ve satış	dünya çapında yetenek ve okullaşma
	• süs eşyasında AB liderliği:cam,	• tasarım ve mikro-işlemecilikte gelişim
	porcelen, kıymetli taş ve mücevherat	• mikro-teknolojide tasarım ve imalat yeteneği
	işlemeciliğinde liderlik	kazanımı

MALZEME TEKNOLOJİ VİZYONLARI(DEVAMI)

		• bölgesel odak teknolojiler:Gaziantep, Maraş
AMBALAJ	• Al folyo ile birlikte lamine ambalaj sistemleriyle AB liderliği ve gıda sektöründe dünya pazarlarında iddialı konum	İşlevsel ambalaj; uzun ömür, seçici koruma ve özellik katan yeni ambalaj teknolojilerinde üstünlük
MAKİNA İMALAT	• sayısal tezgahlarda AB liderliği	• nano-teknoloji üretim sistemlerinde önemli
	• metal şekil vermede AB liderliği	yer
	• savunma sanayiinde atılım	• süper hızlı tren teknolojisi için üretim alt sistemleri
	• zırhlı araç tasarım kabiliyeti	
	• ihracat 5-7 milyar dolar	
	• elektrikli makinelerde 5 milyar dolar ihracat	
PLASTİK	• hacim plastik malzemeler imalatında	• üstün performans plastik ürünlerde buluşa
	AB liderliği, büyük iç pazar avantajı	ve yaratıya dayanan teknolojik geliştirmeler.
	dönüştürülüyor	• yeni süper hızlı raylı sistemler için ,üstün
	• bölge pazar kontrolü	ses yalıtımlı, hafif , mukavim kompozit malzemeler
	• üstün performanslı plastik hammaddelerde atılım ve kapasite yaratma	

SAVUNMA	• sensör teknolojilerinde büyük aşama	• savunma platformlarında tasarım ve üretim
	• zırh teknolojisinin oluşması; bor	yeteneği
	karbürden dolayı dünya liderliği	• iletişim ve uydu haberleşmesinde başa
	• uzay – havacılık kurumu;Türk NASA'sı	oynuyor
	kuruluyor	• zırhlı araç teknolojisinde tasarım ve üretim
		yeteneği
ELEKTRONİK	• üretim 15 milyar dolar;	• yeni nesil tüketici elektroniğinde dünya
	• bölge ve AB de söz sahibi	çapında marka firmaları ile başa oynuyor.
	• yaratıcılık ve buluşlarla ön plana	• savunma sanayiinde en yüksek teknoloji
	çıkıyor	elektronik aksamı yerli üretiyor
	• ihracat 10 milyar dolar	
	• tüketici elektroniğinde yeni teknoloji	
	yaratıyor	
	• tüketim cihazlarında AB lideri	
	• askeri elektronikte sıçrama	
GEMİ İNŞA	• AB gemi inşa liderliği	
	• 5000 adetlik filo	
	• kompozit gövde teknolojisinde lider	
	• küçük ve orta boy tekne tasarım ve	
	üretiminde lider	

Kaynak: TUBİTAK

KAYNAKÇA

- Olcay Y., Akyol M., Gemci R., 2002, Polimer Esaslı Lif Takviyeli Kompozit Malzemelerin arabirim Mukavemeti Üzerine Farklı Kür Metodlarının Etkisinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık fakültesi, Cilt 7, Sayı 1, Bursa
- Philips N. L.,1989, Design with Advance Composite Materials, Springer-Verlag, The Design Council, Great Britain Younossi O., Kennedy M., Graser J. C I., 2001, Military Airframe Costs The Effects of Advanced Materials and Manufacturing Processes, Project Air Force, RAND, Pittsburg, USA
- Cam Elyaf, 1997, Bülten Sayı 6, Cam Elyaf Sanayi A.Ş.,
- www.science.org.au/nova/059/059key.htm > Putting it together – the science and technology of composite materials
- www.fibersource.com > FiberSource: The Manufactured Fiber Industry
- <http://plastics.about.com/library/weekly/aa060297.htm> > Composites / Plastics - What's a Composite?
- www.geocities.com/CapeCanaveral/1320 > Vince Kelly's Carbon Fiber Homepage
- TUBİTAK Yayınları
- www.fibreglast.com > Fiberglass, Carbon Fiber - Fibre Glast Developments Corp.
- www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2001/stef/img23.htm > Peel Joint: FE Model
- www.turkacadcam.net
- www.kimyamuhendisi.com
- PC/TAS International Trade Statistics
- Ayhan Enşici, İTÜ Mimarlık Fakültesi