



ÇAĞIN MALZEMESİ KOMPOZİTLER

Hasan YEŞİLYURT

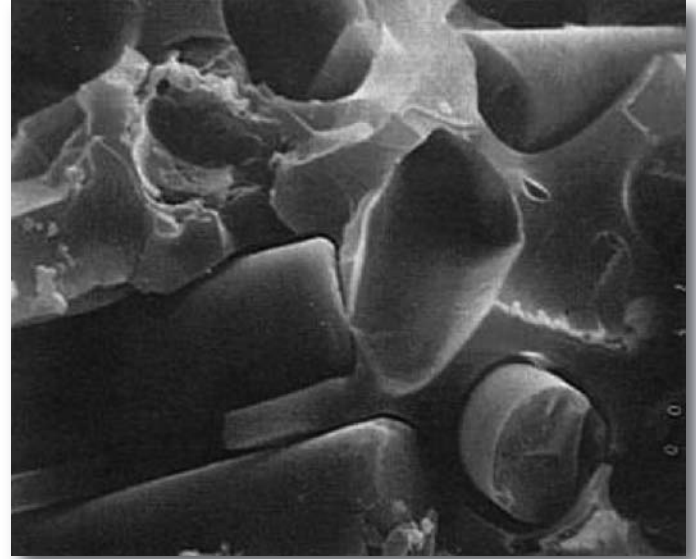
Fırat Üniversitesi Öğrencisi

Kompozit malzemeler "İngilizce: composit materials" ya da kompozitler, makroskobik olarak birbirinden ayrı iki veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesi ile imal edilen malzeme türüdür. Kompozit yapısı kendi içerisinde matris (seramik, metal ve polimer) ve takviye elemanı (cam, karbon, boron, alüminyum oksit, silisyum karbür ve organik moleküller) olarak iki kısım teşkil etmektedir. Yapı içinde bu malzemelerin birbirinden farklı özelliklerinden yararlanılarak kullanılacak alan doğrultusunda farklı özelliklere sahip yeni bir malzeme eldesi söz konusudur. Temel anlamda takviye elemanları taşıyıcı görev üstlenir ve matris faz ise takviye elemanlarını bir arada tutmayı ve desteklemeyi üstlenir.

Kompozit malzemelerin kullanımı ise M.Ö. 10000'li yıllara kadar dayanan bir tarihi gelişim süreci içinde süregelmiştir. İlk kompozit yapı herkesin aşına olduğu, hala ülkemizin ücra köşelerinde evlerin inşasında kullanılan saman-çamur karışımıdır. Tarihin ilerleyen dönemlerinde ise M.Ö. 2000'lerde kontrplak, 1940'larda cam fiber takviyeli polimerler, 1960'larda karbon fiber takviyeli polimerler, 1971'lerde kevlar ve metal matrisli kompozitler, 1976'larda seramik matrisli kompozitlerin keşfi ile sürekli gelişmekte olan bir sürece girmiştir. İçinde bulunduğumuz çağın malzemesi olarak görmekte olduğumuz kompozit malzemeler sürekli gelişim göstererek günümüzde; havacılık uygulamaları, uzay uygulamaları, otomotiv uygulamaları, spor eşyalarındaki uygulamalar, denizcilik uygulamaları ve alt yapı uygulamaları gibi birçok alanda gelişim göstermektedir ve göstermeye de devam edecek gibi görünmektedir.

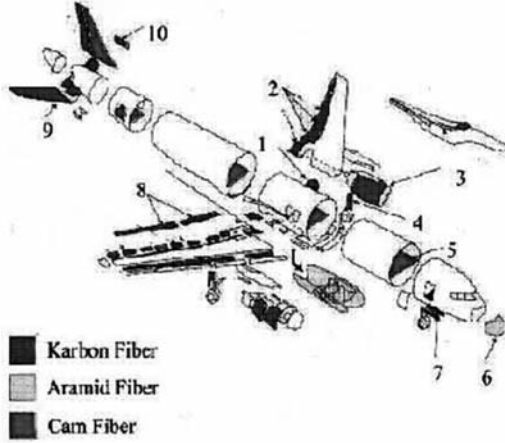
Çağın malzemesi havacılık uygulamalarında, uçak kapıları, burun kısmı, flaplar, motorlar, iniş takımları, yer panelleri, kapılar, iç hava frenleri, yatay kuyruk ve dikey kuyruk v.s; denizcilik uygulamalarında, yelkenli gövdeleri, yat-tekne arkası

platformları, basamaklar ve yelken direkleri; spor eşyaları uygulamalarında, tenis raketleri, golf sopaları, bisiklet çerçeveleri, kayak sopalarında, sörf tahtası ve daha birçok spor malzemeleri; otomotiv sektörü uygulamalarında, cam sileceği, fren kutusu, pedallar, dikiz aynası, far gövdesi, otomobil gösterge paneli, otomobil yan gövde iskeleti, otomobil kaportası; yapı uygulamalarında, köprü tabanı, tırabzan, yürüme yolları, taşıyıcı konstrüksiyon, küvet, lavabo, sokak lambası, vs. imalinde ve daha birçok uygulamada karşımıza çıkmaktadır.



Kompozit Malzeme Örneği

Kompozit malzemelerin diğer malzemelere göre önem kazanması tabii ki uygulama alanı doğrultusunda çeşitli avantajlar sağlamasıdır. Ayrıca sağlanan bu avantajların yanı sıra göze çarpan bazı dezavantajları da vardır. Çağın malzemesinin göze çarpan avantaj ve dezavantajları ise şu şekildedir:



Avantajları

- Metal matris yüksek dayanım ve tokluk sağlar.
- Yüksek sıcaklık özellikleri ve ısıl kararlılıkları çok daha iyidir.
- Birçok ortamda korozyon kararlılıkları iyidir.
- Biçimlendirilebilme özellikleri iyidir. Kaynak veya diğer yöntemlerle kolaylıkla birleştirilebilirler.
- Metallerin süneklik ve tokluk, seramiklerin yüksek mukavemet ve yüksek modül özelliklerini birleştirirler.
- Tekrar üretilebilir mikro yapı ve özelliklere sahiptirler. Düşük yoğunluk değerleri verirler.
- Sıcaklık değişikliklerine karşı veya termal şoka karşı düşük hassasiyet gösterirler.
- Partikül takviyeli kompozitlerde, partiküllerin çatlakları iyi absorbe etmelerinden dolayı kırılma tokluğu değeri daha yüksektir

Dezavantajları

- Üretimlerinin zor ve maliyetlerinin yüksek olması
- Partikül takviyeli kompozitler hariç, kırılma tokluklarının düşük olması

- Bazı türlerinin geri dönüşümünün olmaması fabrikasyonu konusunda yaşanan problemler olması.

Takviye Elemanları

A. Cam:

Cam elyafın esasını; silis kumu (SiO_2) meydana getirmektedir. Ayrıca belirli oranlarda sodyum, kalsiyum, alüminyum, bor ve demir gibi elementlerin oksitlerinden oluşur. Polimer esaslı kompozitlerde yaygın olarak kullanılan malzemedir. Bunun sebebi ise cam elyafın, başarılı sonuçlar vermesi, fiyatı ve istenen özellikleri sağlamadaki mükemmel sonuçlarıdır.

Kullanılan en yaygın tipi E-cam alkali olmayan boron silikat iyi elektrik yalıtım özellikleri için geliştirilmiştir, S-cam maliyetli ancak yüksek modüle sahip magnezyum ve alüminyum silikat ihtiva etmektedir, C-Cam ise yüksek korozyon direncine sahiptir ancak mekanik özellikleri düşüktür. Bu elyaflardan iyi verim alabilmek için, yüksek saflıktaki malzemelerin homojen olacak şekilde ergimiş olması, yüksek sıcaklıkta çekilmesi ve akabinde koruyucu kaplama uygulanması gerekir.

Cam elyaflar, camların elektrik fırınlarında ergitilip, çok yüksek hızlarda, çok sayıda delik içeren platin alaşımli bakır potadan geçirilip hemen soğutulması şeklinde üretilir. Oluşan lifler dayanıklı ve esnektirler ancak tabii ki çok aşırı yüklemelere karşı dayanımı da beklenmemelidir.

B. Karbon:

Yüksek çekme dayanımı ve yüksek elastik modüle sahip olan karbon elyaflar hammadde olarak poliakronitril (PAN), selüloz ve ziftin kullanılmasıyla elde edilmektedir. Kullanılan hammadde ve uygulanan yöntem doğrultusunda ise farklı çeşitleri ile karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde endüstriyel alanda karbon elyaf üretimi metotları; termal oksidasyon ve organik precursor kullanılarak grafitleme yöntemleridir.

Karbon elyaflar, üç aşamalı bir karbonlaştırma işlemi gerçekleştirilmesi sonucu elde edilirler. Bu aşamalar; çekme altında ön oksitleme aşaması,



inert ortamda karbürleme aşaması ve grafitleme aşaması şeklindedir. Grafitleme aşaması 2500 °C de yapılırsa yüksek modüllü karbon elyaf, 1500 °C de yapılırsa yüksek dayanımlı elyaf eldesi söz konusudur.

C. Boron:

Boron, hafifliği ile ön plana çıkan elyaflardan biri olmakla birlikte, yüksek basma kuvvetinin gerekli olduğu yerlerde yararlanılmaktadır. Fakat üretim metodu klasik tekniklerin biraz dışındadır. Bor, hidrojen ve bortriklorürün reaksiyonuyla elektriksel olarak yaklaşık 1300 °C sıcaklığa kadar, ısıtılmış tungsten (W) veya karbon (C) tel üzerine çökeltilmesi sonucu elde edilir. Boron elyaf, pahalı bir üretime sahip olmasına rağmen özellikle uzay uygulamalarında önemli bir yere sahip olmayı başarmıştır.

D. Alüminyum Oksit:

Alüminyum oksit "alümina", prensip olarak metal matrisli kompozit malzemeler için kullanılır. Alüminyumun allotropileri doğrultusunda iki tipi mevcuttur. Bunlar; Du Pont tarafından üretilen FP ticari ada sahip % 99 saf alümina içeren ve 900–1000 °C elyaflar ile whisker olarak bilinen elyaflardır. Diğer bir türü ise ticari adı RF olarak ifade edilen, genellikle kırılmış formda üretilen elyaflardır. Ve bu yapıların ısı dayanımı yaklaşık 1700–1800 °C civarındadır.

E . Silisyum Karbür:

Silisyum karbür elyaflarlar, boron elyafların metal matrisli kompozitlerde yüksek sıcaklıklarda istenen özelliklerini koruyamadığından dolayı yapılan yeni arayışlar sonucu kompozitlerde kullanım yeri bulmuştur. Yüksek dayanım sağlayan (E modülü 410 MPa) silisyum karbür elyaflar 1600 °C ye kadar bu dayanımı muhafaza ederler. Ayrıca elyafın oksidasyon direnci de göze çarpan önemli özelliklerindedir.

Silisyum karbür elyafların üretimine değinmek gerekirse, mevcut iki yöntem söz konusudur. Birinci yöntemde, elyafın kimyasal buhar fazında yoğunlaştırılması ile eldesi; ikinci yöntemde ise SiC den direkt fiber çekilerek eldesi söz konusudur.

F. Organik Moleküller:

Kevlar gibi aramid elyaflar, büyük bir sükse ile kompozit malzeme alanında pazara yayılmıştır. Aramid, CO-NH grupları ile aromatik karbon halkaları zincirlerinden oluşur. Elyafı oluşturmak için, polimerden kuvvetli mineral asit, oleum yağı veya klor sülfonik ile konsantre halde ergiyik hazırlanır. Ergiyik süzgeçten geçirilir ve nötralize edilmiş banyodan iplik olarak çıkarılır. İplik çekildikten sonra yıkanır, durulanır ve çekme altında 550 °C de azot içinde ısıtılır ve son ürün elde edilir.

Kevların göze çarpan iki versiyonu vardır; kevlar 29, genel anlamda örme veya dokuma veya çaprazlanmış tipiyle kurşun geçirmez. Koruyucu yelek, halat, kablo ve otomobil lastiklerinde kullanılır. Kevlar 49, sağladığı yüksek modül nedeniyle, takviye elemanlarında yorulma ve kimyasal etkilere karşı özelliği iyi olup daha iyi özellikler sağlamak için cam ve karbon elyaflarla beraber kullanılır.

Matris

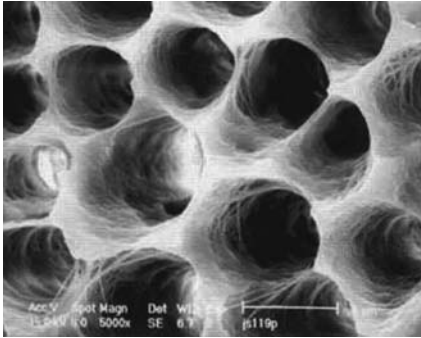
Matris, kompozit yapısında elyafları bir arada tutma, kuvvetleri elyaflara iletme, elyafları çevresel etkilerden koruma ve olası çatlakların durdurulmasında aktif görev yapma gibi fonksiyonlara sahip birleşendir. Bir nevi insan vücudundaki kas dokuya eş değer bir özellikte olan matris verimliliğin saptanmasında en önemli etkidir ve bazı kriterleri sağlamak zorundadır. Matris malzemesi; elyaflar arasında emdirilme, elyafları ıslatabilme, kimyasal veya fiziksel şartlarda elyafa yapışma için bağ oluşturma ve mümkün olan düşük basınç ve sıcaklıkta hızlı bir şekilde katılma gibi kriterler matrisin seçiminde birebir etkidir.

Kompozit yapılarına bakıldığında aranan mekanik ve fiziksel özellikler doğrultusunda, metal, seramik ve polimer(plastik) matrislerle karşılaşmaktadır. Ayrıca kullanılan matris türlerine göre; malzeme seramik kompozitler, metalik kompozitler ve plastik kompozitler olarak da adlandırılmaktadır.

A. Plastik Kompozitler:

Fiber olarak da kullanılan plastik, yük taşıyıcı bir özelliğe sahip iken, matris olarak kullanılan plastik, esneklik verici, darbe emici ya da istenen amaca göre kullanılan plastiğin özelliğine sahip olmaktadır.

Kullanılabilecek plastik türleri de iki ayrı sınıfta incelenebilir. Termoplastikler, bu tür plastikler, ısıtıldığında yumuşar ve şekillendirildikten sonra soğutulduğunda sertleşir. Bu işlem sırasında plastiğin mikro yapısında herhangi bir değişiklik söz konusu değildir. Genellikle 5–500 °C arasındaki sıcaklıklarda kullanılabilirler. Bu gruba giren plastikler olarak; naylon, polietilen, karbon florür, akrilikler, selülozikler, viniller sayılabilir. Termoset Plastikler, bu tip plastiklerde ise ısıtılıp şekillendirildikten sonra soğutulduklarında artık mikro yapıda oluşan değişim nedeniyle eski yapıya dönü-



Doğal Bir Kompozit olan Diş'in Yapısı

şüm mümkün olmamaktadır. Bu grubun belli başlı plastikleri ise; polyesterler, epoksiler, alkiller, aminler olarak verilebilir.

Plastik metal fiber kompozitler, endüstride çok kullanılan bir tür olan metal fiber takviyeli plastikten oluşan kompozitler oldukça mukavemetli ve hafif bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kompozitler, metal fiberlerin (bakır, bronz, alüminyum, çelik vs.) polietilen ve polipropilen plastiklerini takviyelendirilmesi amacıyla elde edilmekte ve kullanılmaktadır. Özellikle deformasyon yönünden takviyelendirilme yaygın olarak kullanılmakta ve iyi bir verim alınmaktadır.

Plastik cam fiber kompozitler, isteğe göre termo plastikler veya termoset plastikten oluşan matris

ve cam fiberlerin uygun kompozisyonlarından üretilmektedir. Mekanik ve fiziksel özellikleri nedeniyle cam fiberler birçok durumda metal, asbest, sentetik fiber ve pamuk ipliği gibi fiberlere tercih edilebilirler. Ancak cam fiberli kompozitler, büyük kuvvetleri iletmelerine rağmen camın kırılğan olmasından dolayı çok az dirençlidirler. Bu tür malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kullanılan plastik reçineler uygun seçilerek, arzu edilen şekle sokulabilir. Plastik reçineler de, daha önce belirtildiği gibi termoplastik ve termoset türünde olmaktadır. Termoset plastikler, fiberlerin de düzgün oryantasyonu ile yüksek mukavemete ulaşabilirler. Cam fiber takviyeleri ile en çok kullanılan plastik reçineler, polyesterlerdir.

Plastik köpük kompozitler, bu tür kompozitlerde plastik, fiber olarak görev yapmakta, köpük ise matris konumunda olmaktadır. Köpükler, hücreli yapıya sahip, düşük yoğunlukta, gözenekli ve doğal halde bulunduğu gibi, büyük bir kısmı sentetik olarak imal edilmiş hafif maddelerdir. Köpük hücre yapısına göre sert, kırılğan, yumuşak ya da elastik olabilmektedir.

B. Metalik Kompozitler:

Metallerin ve metal alaşımlarının birçoğu, yüksek sıcaklıkta bazı özellikleri sağlamalarına rağmen kırılğan olmaktadır. Fakat metalik fiberler ile takviye edilmiş metal matrisli kompozitler, her iki fazın uyumlu çalışması ile yüksek sıcaklıkta da yüksek mukavemet özelliklerini vermektedirler. bakır ve alüminyum matrisli, volfram veya molibden fiberli kompozitler ve Al-Cu kompoziti, bize bu kompozisyonu veren en iyi örneklerdir. Bu tip kompozitler, matrisin özelliklerini iyileştirdiği gibi bu özelliklere daha ekonomik olarak ulaşılmasını sağlamaktadır.

Metal matris, kompozit malzemelerin tokluğunun ve kullanım sıcaklığının yükselmesini sağlar. Ancak matrisin metal olduğu kompozit malzemelerin üretimi güçtür ve bunlar her fiber ile birlikte kullanılamazlar. Metal matris içinde en kolay kullanılabilen fiber en nadir ve pahalı fiber türü olan bor ve borsik (yüzeyi silisyum karbür kaplı bor) fiberdir. Yaygın olarak kullanılan metal matrislere



örnek olarak 6061 ve 2024 alüminyum alaşımları ile 1010 saf alüminyum gösterilebilir. Burada kompozit malzeme 450–550 °C sıcaklıkta sıcak presleme ile üretilebilir. Böyle bir karma malzeme 300°C 'ye kadar, oda sıcaklığındaki özelliklerini korur. Titanyum alaşımları da yayınma bağı yoluyla borik ve SiC fiberle birleştirilerek matris olarak kullanılabilir. Bu tür bir kompozit malzemenin kullanım sıcaklığı 420–520 °C' çıkar. Karbon fiber de alüminyum alaşımı içine gömülebilir, ancak karbon ile alüminyum arasındaki galvanik korozyonun önlenmesi için önce yüzeyinin nikel veya gümüşle kaplanması gerekir.

C. Seramik Matrisli Kompozitler:

Metal veya metal olmayan malzemelerin birleştirilmelerinden oluşan seramik kompozitler, yüksek sıcaklıklara karşı çok iyi dayanım göstermekle birlikte, rijit ve gevrek bir yapıya sahiptirler. Ayrıca elektriksel olarak çok iyi bir yalıtkanlık özelliği de gösterirler.

Seramik matrisli kompozitlerin geliştirilip kullanılmasındaki amaç, enerji darboğazında olan dünyada, daha hafif ama bir o kadar mukavemetli malzemelere ihtiyaç duyulmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca seramiklerin vazgeçilmez özelliği olan yüksek sıcaklıkta çalışma, seramik matrisli kompozitlerin geliştirilip kullanılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özet olarak seramik matris, yüksek sıcaklıkta çalışma, korozyon direnci, sertlik, aşınma dayanımı, düşük yoğunluk gibi özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır. Takviyelerinin amacı da malzemeye yüksek tokluk ve malzemenin kullanım ömrünün uzatma gibi özellikler katmak için kullanılmaktadır. Seramik malzemeler iki başlık altında toplanmaktadır. İlki monolitik seramik malzeme, diğeri ise seramik kompozit malzemelerdir. Monolitik seramikler kompozit seramiklere göre çok daha kırılabilir olmaktadır. Seramik kompozitlerde ise takviye fazlarının katkısıyla yüksek tokluk değerlerine ulaşılabilmektedir.

Seramiklerin matris olarak kullanılması halinde kompozit malzemeler 1300 °C'ye kadar kullanılabilme şansına sahip olur. Bu tür kompozit malzemelerin en gelişmişlerine örnek olarak SiC veya Al₂O₃ fiber ile takviye edilmiş, SiC ve SiN₄ sera-

mikleri gösterilebilir. Karbon fiberinde kullanılabilirdiği bu tür matrislerde (cam, seramik, mullit, MgO, alümina, SiC) fiberlerin rolü farklıdır. Mekanik özellikleri bakımından matristen çok farklı olmayan fiberin buradaki görevi daha çok malzemenin tokluğunu arttırmaktır.

Karbon matris içine gömülü karbon fiberinden oluşmuş kompozitlerin 4000°C'ye kadar dayanma şansı vardır. Burada matris bir organik matrisin poligonizasyonu veya buhar çökeltme ile elde edilir. Bu kompozitler yüksek sıcaklıklarda olağanüstü ısı ve mekanik özelliklere sahiptirler.

Kompozitlerin bu denli bir kullanım alanı bulması ve sürekli üzerinde akademik çalışmaların yapılması, artık kompozit malzemelerin geleceğin değil, çağın malzemesi olduğunun apaçık göstergesidir. Ülkemizde kompozitlerin üretilmeyişi ve Türkiye'nin etkin alanının demir-çelik olarak anılması, çağın malzemesi olarak kompozitleri gölgelese de çağın malzemesi kompozit malzemelerdir.

Kaynaklar:

Kompozit Malzemelere Giriş-Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN

www.metalurjik.com

Fırat Üniv. Metalurji ve Malzeme Müh.-Kompozit Malz. Giriş Dersi ders notları