



Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan Kaya

Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Kompozit Malzemeler ve Özellikleri

1. Giriş

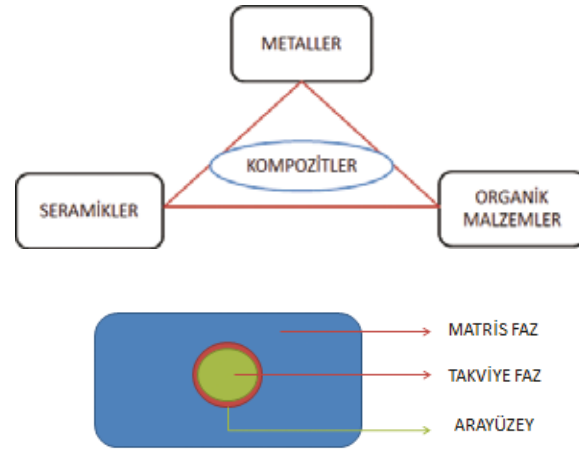
Kompozit kelime olarak, iki veya daha fazla parçadan oluşan bir malzeme anlamına gelmektedir. Kompozit malzemeler özet olarak 'makro ölçüde birbirinden farklı iki veya daha fazla bileşenin bir ara yüzey boyunca bir araya gelmesiyle oluşan malzemeler' şeklinde tanımlanabilir. Kompozit malzemeyi oluşturan bileşenler çoğunlukla özelliklerini korumaktadırlar (Rosato, 1997).

Tarihsel süreç içerisinde, kompozit malzemelerden daha binlerce yıl önce, evlerin yapımında saman takviyeli kerpiç bloklar şeklinde faydalanılmıştır. Günümüzde ise geleneksel malzemelerin yetersiz olduğu veya özelliklerinin geliştirilmesi gerektiği durumlar için özel malzeme olarak faydalanılmaktadır.

Amerika'da 1930'lu yıllarda cam elyafın bulunması ile modern kompozitin üretimi başlamış ve cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler dünya pazarında yerini almıştır. Kompozit malzemeler malzeme bilimi açısından değerlendirildiğinde nispeten yeni ve ileri teknoloji malzemeler olarak görülebilir. Kompozit malzemenin en önemli özelliği mikro düzeyde homojen olmasıdır.

2. Kompozit Malzemelerin Yapısı

Genel itibarıyla malzemeler; metal, seramik ve organik malzemeler olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bu üç sınıf malzemenin kendilerine göre bazı üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak, bu malzemelerden iki veya daha fazlasının üstün özelliklerini tek bir malzemedeki toplanması amacıyla makro düzeyde birleştirilerek üretilen yeni malzeme kompozit malzemedir (Şekil 1) (Kaya, 20015).



Şekil 1. Kompozit malzemeler

Kompozit malzemeler temel olarak geleneksel malzemelerin aşağıda kısaca açıklanan bazı özelliklerinin bir veya birkaçını iyileştirmek amacıyla yapılmaktadır. Bunlar;

- Mukavemet,
- Korozyon dayanımı,
- Termal dayanım,
- Elektrik iletkenliği,
- Akustik iletkenlik,
- Ağırlık,
- Estetik görünüm,
- Fiyat.

Yukarıda açıklandığı üzere kompozit malzeme matris ana fazı ve bunun içine dağılmış takviye elemanlardan oluşur (Hahn ve Tsai, 1980). Takviye ve ana malzeme olarak genellikle cam, seramik, plastik ve metaller kullanılmaktadır.

Matris yapı (faz) elemanı (malzeme) uygulanan bir kuvveti ara yüzey bağı vasıtasıyla takviye edici faza iletir ve dağıtır. Böylece takviye fazını planlanan şekilde tutarak tahribatı önler. Kompozit malzemelerde yükü taşıyan takviye elemanlarının fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri bakımından matris malzemelerinin mekanik özelliklerinin önemi büyüktür.

Takviye faz, üretim esnasında matris fazın tane büyüklüğünü kontrol eder ve iletilen yükleri paylaşarak karşı koyar. Matris yapı ile takviye elemanı arasında bağlayıcılık görevi yapan ara yüzey bağı ise, genellikle kırılma özelliği göstermesine rağmen oluşan herhangi bir kuvveti çözülmeye ve kırılmaya uğramadan takviye fazına iletir. Bu bölge malzemenin elastikiyet modülünü etkileyen en önemli bölgedir. Bu yüzden kompozit malzemenin dayanıklılığı ara yüzey bağının istenilen şekilde olmasına bağlıdır (Qu, 1993).

3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeler kısaca açıklandığı üzere, mekanik dayanımını yerine getiren farklı geometrik parçalardan (örneğin lif) ve bu parçaları bir arada tutan polimerik, metal veya seramik malzemelerden oluşur. Yapılarında pek çok malzeme barındıran kompozit malzemelerin sınıflandırılması çok değişik şekillerde yapılabilir. Fakat en yaygın sınıflandırma şekli, yapısında bulunan matris ve takviye malzemeye göre yapılmaktadır.

3.1. Matris malzemeye göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Matris malzemeler, kompozit malzemenin kullanım amacına ve üretim tekniğine göre metal, seramik veya polimer malzemelerden oluşabilir.

Metal matrisli kompozit malzemeler; ana malzemeleri çeşitli metal ve metal alaşımı olan kompozitlerdir. Bu kompozitlerde metal esaslı yapı içine gömülen ikinci faz (takviye), değişik geometrik şekilde olabilir. Metal esaslı malzemeler takviye edildikleri malzemelere göre üstün özelliklere sahiptir. Seramiklerin yüksek elastiklik modülü ile metallerin plastik şekil değiştirme özellikleri bir araya getirilerek aşınmaya dayanıklı ve gerilme mukavemeti yüksek malzemeler elde edilebilir.

Seramik matrisli kompozit malzemeler; seramik malzemeler, yüksek sıcaklığa dayanıklı ve hafif oldukları ($d = 1,5 - 3,0 \text{ gr/cm}^3$) için oldukça kullanışlıdır. Seramik esaslı kompozit malzemeler genellikle yüksek sıcaklıkta çalışması gereken parçalar için kullanılırlar. Sert ve kırılma özelliğinden çok düşük süneklik ve tokluğa sahiptirler ayrıca termal şoklara karşı dayanıksızdırlar. Bu nedenle çoğunlukla liflerle takviye edilirler. Buna karşılık çok yüksek elastiklik modülüne ve çok yüksek çalışma sıcaklıklarına sahiptirler. Seramik kompozitler, yüksek sıcaklıklara karşı çok iyi dayanım göstermekle birlikte rijit ve gevrek bir yapıya sahiptirler. Ayrıca elektriksel olarak çok iyi yalıtkan özelliği gösterirler (Seydibeyoğlu, 2012).

Polimer matrisli kompozit malzemeler; polimer matrisli kompozitler, çoğunlukla petrokimya esaslı ürünlerdir ve günümüzde en yaygın kullanım alanı olan malzemelerdir. Polimerik kompozitler korozyona dirençli, uzun süreli kullanıma uygun, işlenmesi kolay, şekillendirilebilen, birim kütle başına yük kapasitesi yüksek malzemelerdir (Vasiliev ve Morozov, 2001). Polimer matrisli kompozitler, termoset ve termoplastik matrisli kompozitler olmak üzere ikiye ayrılır.

A. Termoset matrisler; lif takviyeli kompozit yapımında daha fazla kullanılır ve sıvı halde bulunurlar, katılaştırıcı ilavesi ile önce jel haline gelir ve sonra da katılaşırlar. Termoset reçineler izotropiktirler. Lif takviyeli kompozit yapımında genellikle düşük viskozitede olmaları tercih edilir. Poliamidler, plastikler arasında olan, şekil verilebilen, ısı direnci en yüksek polimerlerdir (Itoh vd., 2002).

Termoplastik matrisler; genellikle sünek ve ısı ile eritilebilir, soğutma ile katılaştırılırlar. Bu da onlara tekrar şekil verilebilme kabiliyeti sağlar. Termoplastikler amorf veya yarı kristalin yapıda olabilirler. Amorf termoplastiklerde moleküller gelişigüzel düzenlenmiş bir yapıdadır. Kristalin bölgede ise moleküller sıkı paketlenmiş düzenli bir yapıdadır (Kaya, 2015).

3.2. Takviye ediciye göre kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Kompoziti oluşturan takviye edici malzemeye göre sınıflandırma Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Kompozit malzemenin takviye ediciye göre sınıflandırılması

Elyaf takviyeli kompozitler; kompozit malzemelerin en yaygın türü elyaf takviyeli kompozitlerdir. Elyaf takviyeli kompozitlerde takviye malzemesi olarak ilk sırayı cam almıştır. Matris malzeme olarak plastik reçineler en fazla kullanılan tür olup bunlardan da polyester ucuzluğu sebebiyle ilk sırayı almaktadır. Lif takviyeli kompozit malzemelerde bileşen malzemeler, moleküler boyutta birbirinden farklıdırlar ve mekanik olarak birbirinden ayrılabilirler. Matris (reçineler) termoset veya termoplastik olabilir. Takviye lifleri, uzun liflerden, dokuma kumaş, kısa kesilmiş lifler vb. değişik formlarda olabilirler. Her biçim ayrı özelliklerle sonuçlanır. Kompozit malzemenin özellikleri, liflerin kompozit içerisinde nasıl uzandığına bağlıdır (Vasiliev ve Morozov, 2001).

Parçacık takviyeli kompozitler; Takviye malzemesinin boyutları, takviye malzeme özelliklerinin, kompozit malzeme olan katkısını belirler. Parçacıklar, çoğunlukla kompozitin sertliğini artırmada etkili fakat dayanımı artırmada fazla bir etkiye sahip değildir. Parçacık dolgular, her ne kadar yaygın olarak fiziksel ve mekanik özellikleri artırmak için kullanılsa da birçok durumda sadece maliyeti azaltmak için kullanılırlar.

Parçacık dolgulu malzemede performansı etkileyen çok değişken unsurlar vardır. Bunların içinde, parçacık boyutları boyut dağılımları, yüzey enerjileri, hacimsel oranlar, homojen dağılıp dağılmadıkları, eksen oranı kompozit özelliklerini etkiler.

Tabakalı kompozitler; tabakalı kompozit yapı en eski ve en yaygın kullanım alanına sahip olan kompozit yapı tipidir. Farklı elyaf yönlenmelerine sahip tabakaların bileşimi ile çok yüksek mukavemet değerleri elde edilir. Isı ve neme karşı dayanıklı yapılardır. Metallerle göre hafif ve aynı zamanda mukavemetli olmaları nedeniyle tercih edilen malzemelerdir. Pek çok katmanlı kompozit düşük maliyet, yüksek dayanım veya hafifliğini korurken, aşınma direnci, gelişmiş görünüm ve mükemmel ısıl genleşme özelliklerini kapsamaktadır.

Karma kompozitler; aynı kompozit yapıda iki ya da daha fazla takviye elemanı çeşidinin bulunması olasıdır. Bu tip kompozitlere "hibrid kompozitler" denir. Bu alan yeni tip kompozitlerin geliştirilmesine uygun bir alandır. Örneğin, kevlar ucuz bir elyafdır ancak basma mukavemeti düşüktür. Grafit ise; düşük tokluğa sahip, pahalı ancak iyi basma mukavemeti olan bir elyaftır. Bu iki elyaf kullanılarak tasarlanan hibrid kompozitin tokluğu grafit kompozitten iyi, maliyeti düşük ve basma mukavemetide kevlar elyafı kompozitten daha yüksek olmaktadır.

4. Kompozit Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri

4.1. Kompozit malzemelerin yalıtım özellikleri

Yalıtım, günümüz mimari anlayışında, yaşamımıza, ekonomiye ve ekolojik sisteme sağladığı yararlar nedeni ile sektörün vazgeçilmez unsuru haline gelmiştir. Bina ve içindeki varlıkları ses (gürültü), yangın, soğuk ve sıcaklığın etkilerinden korumak için alınan önlemler yalıtım olarak adlandırılabilir. Uygun yalıtım teknikleri yapıyı kendi bünyesi ile içindeki eşya ve canlılara zarar verici etkilerden korumak, kullanılan mekâna sağlıklı koşullara uygun konforu sağlamaktır.

4.1.1. Isı yalıtımı

Isı yalıtımının amacı; yapı bileşenlerini dış etkenlerden korumak, değişen mevsim koşullarında, kullanım amacına uygun sağlık ve en ekonomik konfor koşullarını oluşturmakla birlikte, yapı bileşenleri üzerinden geçen ısı enerjisi miktarını sınırlandırmaktır. İnşaat teknolojilerindeki gelişmeler ve betonarmenin taşıyıcı iskelet olarak kullanımı, duvarların incelmeye neden olmuştur. Buna bağlı olarak ısı,

nem, ses ve yanma ile ilgili yapı fiziği sorunları gündeme gelmiştir. Binalardaki ısı kayıplarının (çok katlı binalarda) %40'ı, (tek katlı bina) %25'i duvarlar yoluyla olabilmektedir. Isı, farklı sıcaklıklara sahip ortamlarda daima sıcaktan soğuğa doğru geçerek bir denge oluşturma eğilimindedir. Bu geçiş, ortamdaki enerjinin niteliğini azaltan bir ısı transferidir. Yalıtım malzemeleri, söz konusu ısı geçişine, ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlı olarak bir direnç gösterirler. Bir başka ifadeyle, en genel anlamda ısı yalıtımı, ısı geçişini azaltan bir dirençtir. Bunu sağlayan malzemelere de "ısı yalıtım malzemesi" adı verilmektedir.

Isı yalıtım malzemelerinin istenilen performansı karşılayabilmeleri için boşluk oranı fazla, yoğunluğunun düşük, nem oranının az olması gerekir. Sadece ısı iletkenliği düşünülerek oluşturulan yalıtım malzemesi yeterli değildir. İdeal bir yalıtım malzemesi aynı zamanda ses ve yanma geciktiricilik işlevini de yerine getirebilmelidir. Isı yalıtım malzemeleri genel başlıklar altında Çizelge 1'de sınıflandırılmıştır (Vasiliev ve Morozov, 2001).

Çizelge 1. Isı yalıtım malzemelerinin sınıflandırılması

Isı Yalıtım Malzemeleri		
İnorganik Malzemeler	Organik Malzemeler	Metalik ve Yansıtıcı Malzemeler
Lifli malzemeler (cam yünü, taş yünü, curuf yünü)	Lifli malzemeler (selüloz, pamuk, şeker kamışı, jüt. vb.)	Hava, gaz ile şişirilmiş veya havası boşaltılmış içi boş formlar
Hüresel malzemeler (köpük, kauçuk, polistren, poliüretan, poliizosiyanürat ve diğer polimerler)	Hüresel malzemeler (mantar, seramik ürünler, geliştirilmiş perlit, vermikülit ve killi)	

İdeal yalıtım malzemesi temel olarak enerji tasarrufu sağlamalıdır. Bu durumun gerçekleşmesi için ise;

- Isı iletim katsayıları küçük,
- Buhar difüzyon direnci yüksek,
- Yanıcı olmamalı,
- Sağlıklı çevre şartını sağlamalı,
- Çürüme ve fermantasyona karşı dayanımlı olmalı,
- Nem tutmamalıdır.

Fakat bir yalıtım malzemesinde, istenen şartların bütünü'nün bir arada bulunması çok zordur. Bu nedenle, yalıtım malzemesi belirlenirken yalıtılacak ortamın özelliklerine göre uygun ve maksimum ortak şartları sağlayan malzemenin seçilmesi gerekir (Kaya, 2015; Vasiliev ve Morozov, 2001).

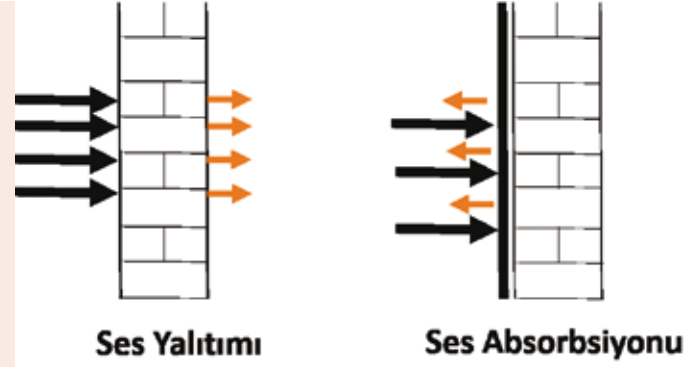
4.1.2. Ses yalıtımı

Ses, işitme duyusunun uyarıcı olarak, kulak tarafından algılanabilen, hava, su ya da benzeri elastik bir ortamdaki basınç değişimi şeklinde tanımlanabilir. İnsan kulağı 20 Hz

ile 20.000 Hz arasındaki sesleri işitebilir. Sesin işitebilmesi için, şiddetinin belli bir düzeye ulaşması gerekmektedir. Eğer ses dalgası düzensiz bir spektrumda yer alıyorsa bu durumda gürültü kavramından bahsedilir. Gürültü; hoş olmayan, istenmeyen sesler olarak ifade edilir.

Ses absorpsiyonu (emilmesi, yutulması) ve ses yalıtımı. Bu iki kavram çoğu kez birbirleriyle karıştırılır; ses absorpsiyonunda, hava parçacıkları, yalıtım malzemesi içinde sürtünerek sesin bir kısmını ısı enerjisine dönüştürürler; böylece sesin enerjisi azalır. Ancak bir ses yutucu ile iki odanın arasındaki ses yalıtımına etki edilemez. Ses absorpsiyonu deyimi, ses kaynağından çıkan sesin ne kadarının kaynağın bulunduğu odada yutulduğunu belirtir.

Eğer ses dalgaları, içinde yol aldıkları ortamdan farklı yoğunluk veya esneklikte bir engelle karşılaşırsa enerjinin bir bölümü yansıtılır, bir kısmı da ısı enerjisine dönüşerek soğurur. Kalan kısım da geçişini tamamlar. Bina dış kabuğunu oluşturan yalıtım malzemeleri de yapısı ve tasarımına bağlı olarak dış kaynaklı gürültünün içeri geçişini az veya çok derecede önleyen bu tür engellerdir (Kaya, 2015).



Şekil 3. Ses yalıtımı ve ses absorpsiyonu

Ses yalıtımı için kullanılacak malzeme lifli yapıda ya da açık gözenekli olması gerekir. Elyafli malzeme ile kaplanan yüzeylere çarpan ses, lifler arasındaki hava molekülleri sesin az ya da çok, bir bölümünün ısı enerjisine dönüşmesine yol açarlar. Ses yutum katsayısının büyüklüğü, titreşim hareketlerini olumlu yönde etkileyeceğinden liflerin ince ve sık olmasına bağlıdır. Çizelge 2’de bazı malzemelerin ses yutum katsayıları karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2. Bazı malzemelerin ses yutum katsayıları

Malzeme	Ses Yutum Katsayısı			
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Cam Yünü (50 mm)	0,45	0,65	0,75	0,80
Taş Yünü (50 mm)	0,29	0,52	0,83	0,91
Polistren Levha (50 mm)	0,22	0,42	0,78	0,65
Poliüretan Levha (50 mm)	0,30	0,68	0,89	0,79
Poliyeten Levha (50 mm)	0,25	1,00	0,40	0,70

Yoğun (gözeneksiz), tek plaklı, homojen yapıya sahip elemanlarında ses yalıtımı esas olarak birim alanın ağırlığı (kg/m^2) ile orantılıdır. Ses azaltma genellikle yoğunlukla ilgilidir. Yüksek yoğunluklu malzemeler daha iyi bir ses azaltma verimi gösterirler. Yapı elemanlarının kütleleri arttıkça titreşerek ses iletmeleri zorlaşır. Doğal elyaflar genellikle iyi ses emicilerdir. Doğal lifler içinde, her çeşit ses emici ihtiyacına uygun bir malzeme bulmak mümkündür. Pek çok geri dönüşüm malzemesi de gürültü kontrolü elemanı olarak kullanılmaktadır. Selüloz atıkları, kenaf, keten, kenevir, koyunyünü, bambu veya hindistan cevizi lifleri gibi birçok doğal malzemeler, iyi ses yutumu performansı gösterdikleri için oda akustiği ve gürültü bariyerleri için ses emici olarak kullanılabilirler (Vasiliev ve Morozov, 2001).

Enerji yoğunluğu sesin kat edeceği yol boyunca azalacaktır. Gözenekli malzemelerde ses emilimi, malzemenin yoğunluğu, kalınlığı, malzeme arkasındaki hava boşluğu ve yüzey yapısı ile ilgilidir. Kuru gevşek selüloz lifleri ses dalgalarının yüksek emilimi için uygundur. Mükemmel akustik duvar oluşturur. Dış etkenlerden gelen gürültülerin kontrol edilmesinde etkindir.

4.1.3. Yangın yalıtımı

Yangın yalıtımı yangının çıkabilmesi için gereken yanıcı madde, oksijen, tutuşma sıcaklığı üçgenidir. Yanma, fiziksel ve kimyasal bir reaksiyon olarak tanımlanabilir. Oksijen ile olan reaksiyon sonucu ışık ve ısı yayılımı olur. Ayrıca buna ek olarak düşük enerjili ürünler açığa çıkar (Su, Karbon dioksit ve Karbon monoksit). Malzemenin sıcaklık artışı; öz ısısına, yoğunluğuna, termal iletkenliğine, gizli ısısına ve buharlaşma ısısına bağlıdır.

Yangın geciktiricilerde amaç yanma kimyasının değiştirilmesidir. Böylece alev yayılımı olmadan kömürleşme gerçekleşecek yanıcı gazların ayrışması ve yanma ısısının yayılımı engellenecektir. Malzeme içindeki yanma geciktirici katkı oranı, kalınlık, yoğunluk ve alevlenebilirlik yanma dayanımını etkileyen faktörlerdir. Yapı ve yalıtım malzemelerinin yangın sırasındaki davranışlarını ölçmek için çeşitli deney metodları geliştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda malzemenin yanma davranışı ölçülür ve sınıflandırılır. Bu deneylerin ve sınıflandırmaların tarif edildiği Almanya’da DIN 4102, İngiltere’de BS 476 standartları esas alınmaktadır. Yalıtım malzemelerinin yanma ve alevlenme özellikleri Çizelge 3’te verilmiştir (Kaya, 2015).

Çizelge 3. Yapı malzemelerinde yanıcılık sınıfı

Yapı Malzeme Sınıfı	Yanıcılık Sınıfı	Yangında Gözlenen Davranış
Taş Yünü, Cam Yünü	A1	Alev almaz, yanmaz, kömürleşmez.
Taş Yünü, Cam Yünü, Borlu Selülozik İzolasyon Malzemesi	A2	Yanıcı kısımlar içerir, ancak kendileri yanmaz, ateşi iletmez, yangın yüküne katkısı olmaz.
Poliüretan, Talaşlı hafif yapı malzemeleri	B1	Zor alevlenir, alev kaynağı kalktıktan sonra da yanmayı sürdürür.
Poliüretan, Polistren Yapı Malzemeleri	B2	Normal alevlenicidir, yanıcı duman veya zehirli gaz oluşturur.
Kâğıt, saz, saman, talaş, pamuk, selüloz lifi, gevşek ve toz halinde her türlü yanıcı madde.	B3	Yukarıdaki sınıflara girmeyen malzemeler, yapılarda hiçbir şekilde kullanılamaz.

5. Sonuç ve Öneriler

Değişik hammaddelerden elde edilen kompozit malzemeler tek başlarına birçok alanda başarılı şekilde kullanılabilir. Fakat özellikle günümüzde enerji fiyatlarında görülen dalgalanmalar ve enerjinin daha dikkatli kullanılması üzerine toplumda bazı görüşler ortaya çıkmıştır. Bu bakımdan yeni kompozit malzemeler geliştirilerek yapı ve inşaat endüstrisinin kullanımına sunulabilir. Bu konuda özellikle gelişmiş ülkelerdeki uygulamalar bir model olarak alınabilir.

Kaynaklar

1. Kaya, A.İ. (1995). Atık Kâğıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora tezi), sparta, 239p.
2. Hahn, H. T., Tsai, S. W. (1980). Introduction to composite materials (Vol. 1): CRC Press.
3. Itoh, M., Inoue, K., Hirayama, N., Sugimoto, M., Seguchi, T. (2002). Fiber reinforced plastics using a new heat-resistant silicon based polymer. Journal of materials science, 37 (17), 3795-3801.
4. Mazumdar, S. (2001). Composites manufacturing: materials, product, and process engineering: Crc press.
5. Qu, J. (1993). The effect of slightly weakened interfaces on the overall elastic properties of composite materials. Mechanics of Materials, 14(4), 269-281.
6. Rosato, D. V. (1997). Designing with reinforced composites: Hanser Gardner Publications.
7. Vasiliev, V. V., Morozov, E. (2001). Mechanics and analysis of composite materials: Elsevier Publ.