

DERLEME MAKALE (Review Article)

Pınar Köymen Çağar¹,
Orcid: 0000-0001-7337-7931

¹Lecturer, Ph.D., Ege University, Aviation
Higher Vocational School, İzmir, Turkey

Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Pınar KÖYMEN ÇAĞAR
pinar.koymen.cagar@ege.edu.tr

Anahtar Kelimeler:

Polimer matrisli kompozitler, Malzeme seçimi, Endüstriyel tasarım

Keywords:

Polymer matrix composites, Material selection, Industrial design

Endüstriyel Ürünlerin Tasarımında Yaygın Yer Edinen Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Özellikleri

Properties of Polymer Matrix Composite Materials Widely Used in Design of Industrial Products

Alınış (Received): 28.05.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 29.06.2021

ÖZ

Tarihsel süreçte malzeme bilimi, tasarım, endüstriyel ürün ve üretim yöntemleri gelişerek çeşitlenmiş ve çeşitlenmeye devam etmektedir. Geldiğimiz noktada, gündelik hayatımızda kullandığımız eşyalardan, teknolojik gereç, cihaz, sistem, taşıtlara kadar aklımıza gelebilecek her alanda üretilen ürünlere "endüstriyel tasarım" bakış açısıyla bakılmaktadır. Malzeme biliminin ve yeni malzeme gruplarının geliştirilmesi, endüstrinin ihtiyaçları doğrultusunda yönlendirilerek ivmelenir. Bu doğrultuda geliştirilen yeni malzemeler; ilgili sektörde teknolojik anlamda ilerleme olanağını, ürün çeşitliliğini, endüstriyel ürünün kullanım koşullarına, işlevine yönelik malzeme seçebilme olanaklarını sağlar. Malzeme seçimi ve mekanik tasarım açısından bakıldığında bir ürünün üretimi için uygun koşulları sağlayabilecek farklı grupların önerilmesi mümkündür. Buna ek olarak seçilen malzeme grubuna farklı yüzey modifikasyonu yöntemleri uygulayarak amaca yönelik özellikler kazandırmak da mümkündür. Kompozit malzemelerin özellikleri, amaca yönelik olarak ve istenen doğrultuda kolaylıkla değiştirilebilir. Bu bağlamda kompozitlerin kullanımı mekanik tasarımcıya, sanatsal tasarımcıya ve üreticiye ucu açık, geniş bir çalışma yelpazesi sunar. Bu çalışmada endüstriyel ürünlerde hafiflik, mekanik dayanım, üretim ve şekillendirme kolaylığı, estetik görünüm gibi pek çok avantaj sağlayan polimerik matrisli kompozit malzemelerin genel özellikleri araştırılmış, sektörel ürün örnekleri incelenmiştir. Malzeme bilimi ve ürün tasarımının birbirini güdülediği ortaya konulmuştur.

ABSTRACT

In the historical process, materials science, design, industrial products and production methods have diversified. At this point, products produced in every field, from the items we use in our daily lives to technological equipment, devices, systems and vehicles, are viewed from an "industrial design" perspective. The development of materials science and new material groups is accelerated by being guided by the needs of the industry. New materials developed in this direction provide the opportunity to advance in the sector in terms of technology, product diversity, and the possibility of choosing materials for the usage conditions and function of the industrial product. In terms of material selection and mechanical design, it is possible to suggest different groups that can provide suitable conditions to produce a product. It is also possible to gain purposeful properties by applying different surface modification methods to the selected material group. The properties of composite materials can be easily changed for the purpose and in the desired direction. In this context, the use of composites offers a wide range of open-ended work to the mechanical designer, artistic designer and manufacturer. In this study, the general properties of polymeric matrix composite materials, which provide many advantages such as lightness, mechanical strength, ease of production and shaping, and aesthetic appearance in industrial products, were investigated and sectoral product examples were examined. It has been revealed that materials science and product design motivate each other.

Kaynak Gösterimi: Köymen Çağar, P., (2021). "Endüstriyel Ürünlerin Tasarımında Yaygın Yer Edinen Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Özellikleri", TJFDM, 2021, 3 (2): 79-88

How to cite: Koymen Cagar, P., (2021). "Properties of Polymer Matrix Composite Materials Widely Used in Design of Industrial Products", TJFDM, 2021, 3 (2): 79-88

1. GİRİŞ

Uygarlıkların gelişimi; insanoğlunun doğayı tanıması, çevresindeki malzemeleri keşfetmesi ve şekillendirerek kullanım alanlarını çeşitlendirmesi ile başlamıştır. Çağlar arasındaki geçiş ve bu çağların; Taş, Tunç, Demir çağı şeklinde adlandırılmasındaki temel etken, insanoğlunun o dönemde kullandığı malzemeler ve bunları işleme, şekillendirme özellikleridir (Acar, 2020). Talepler sonucunda endüstrinin ihtiyaçları belirlenir. Bu ihtiyaçlar da yeni malzeme gruplarının geliştirilmesini ve mevcut malzeme gruplarına yüzey işlemleri, alaşımlandırma, kaplama gibi yöntemler ile yeni özellikler kazandırılmasını güdüler. Endüstriyel tasarım; günlük hayatta kullandığımız gereçlerden, ileri teknolojik cihaz ve sistemlere kadar, ürün yelpazesinin çok geniş olduğu bir alandır. Öncelikle bir tasarım gerçekleştirilir. Ardından bu tasarımı hayata geçirmek ve rakiplerinden bir adım öne çıkan bir ürüne dönüştürmek için malzeme geliştirilir. Bu doğrultuda geliştirilen yeni malzemeler, ilgili sektörde teknolojik anlamda ilerlemeyi, ürün çeşitliliğini, ürünün kullanım koşullarına, işlevine yönelik malzeme seçebilme olanaklarını sağlar.

Endüstrinin talepleri teknolojik gelişmeleri en çok etkileyen kavramlardan biridir. Her teknolojik yenilik doğrudan endüstriyel alanda etkisini göstermekte ve üretim alanında hızlıca yayılmaktadır (Anonim, 2018). Endüstriyel ürünlerde, ürünün kullanım amacına yönelik malzeme geliştirilmesi, ürünün veriminin artırılması, maliyetin düşürülüp rekabet edilebilirliğin, özgünlüğün artırılması günümüzde önem kazanmıştır. Yeni malzemelerin sunduğu gelişmiş olanaklar tasarımlar üzerindeki kısıtlamaları azaltmaktadır (Ertaş, 2018). Endüstriyel bir ürün tasarlanırken, mekanik dayanım, hafiflik, maliyet, kullanım ömrü gibi performans ölçütlerini karşılamak için mutlaka amaca uygun, kolay üretilebilir, kolay tedarik edilebilir bir malzeme seçilmelidir.

Gördüğümüz ve dokunduğumuz her şeye özünü veren malzemedir (Asby ve Johnson, 2002). Malzeme grupları metalik, seramik, polimer, kompozit ve yarı iletken malzemeler olarak beş ana başlığa ayrılmaktadır. Kerpiç ve ok yayı örneklerine bakarak geleneksel kompozitlerin uzun zamandır günlük hayatımızda yer etmiş olduğu görülebilir. İleri teknolojik kompozitler ise günümüzde hâlen çalışılan, yenilikler katılan bir daldır ve endüstriyel uygulamalardaki kullanımı artarak devam etmektedir. Kompozitler; matris fazı ve takviye fazı olarak isimlendirilen en az iki farklı malzeme grubundan, kullanım amacına yönelik özelliklerin güçlendirilmesi için, uygun kombinasyonlarda, birbiri içinde çözünmeden bir araya getirilerek üretilen yeni bir malzeme grubudur (Callister D., Rethwisch,2007) (Yalkın vd.,2017) (Töre,2011). Kompozitleri matris türüne göre sınıflandırmak gerekirse; Polimer Matrisli, Metal Matrisli ve Seramik Matrisli olmak üzere üçe ayırmak mümkündür. Matrisin temel görevleri takviyeyi bir arada tutmak, çatlakları kendi üzerine absorbe edip takviyeye ulaşmasını önlemek, geciktirmektir. Takviyenin görevleri ise yükü taşımak, mekanik özellikleri iyileştirmek, beklenen diğer teknolojik özellikleri sağlamaktır. Kompozit içerisinde takviye fazı belli yönlerde yerleştirilirse yapı anizotropik davranır ve farklı yönlerdeki mekanik dayanımları değişiklik gösterir (Yalkın vd., 2017), (Vatangül, 2008).

Kompozitlerin metallere göre dayanım/ağırlık oranları diğer bir deyişle spesifik mukavemetleri yüksektir ki bu özellik havacılık, uzay ve savunma teknolojisi için büyük önem taşımaktadır. Spesifik mukavemeti yüksek olan malzeme güçlü ancak hafif malzemedir (Abrate,

1991), (Turan, 2007). Hafiflik ve sağlamlık özellikleri sayesinde kompozit malzemeler endüstride hızla yaygınlaşmakta ve metallerin yerini almaktadır (Köymen Çağar vd., 2016). Kompozit malzemeler artırılmış mekanik dayanımlarının yanı sıra elektriksel olarak iletken veya yalıtkan, ısı yalıtımlı, yangın yalıtımlı, ses yalıtımlı gibi pek çok performans özelliğine yönelik üretilebilirler.

2. POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİTLER

Üretim kolaylığı ve maliyetinin görece düşük olması sebepleriyle Polimer Matrisli Kompozitler (PMK) genel endüstride en yaygın kullanılan kompozit türleridir. Burada matris fazı olarak adlandırılan ana yapı polimerik reçine türevlerinden oluşmaktadır. Polimerik reçineler, sahip oldukları bağa göre termoplastik ve termoset gruplarına ayrılmaktadır. Termosetler çapraz bağa sahiptir, ısıtıldıklarında sert, rijit hal alırlar. Isıyla yalnızca bir kez şekillendirilmektedirler. Termoplastiklere göre daha gevrek özellik göstermektedirler. Kompozit endüstrisinde yaygın olarak epoksi, polyester, fenolik, melamin, üreformaldehit, silikon ve poliüretan gibi termoset matrisler kullanılmaktadır (Sönmez ve Şatır, 2009). Termoplastikler ise zayıf, düz zincir bağa ve ısıtılarak yeniden şekillendirilebilme özelliğine sahiptirler. Kompozit endüstrisinde yaygın olarak polietilen, polipropilen, polivinilklorür (PVC), AkrilonitrilBütadienStiren (ABS), Poliamid, Akrilik, Polikarbonat gibi termoplastik matrisler kullanılmaktadır (Sönmez ve Şatır, 2009). Ürün şekillendirme aşamasında, söz konusu reçineler çeşitli yöntemler ile takviye fazına emdirilmektedir. Pek çok kompozit ürün üretim tekniğinde reçine emdirme basamağı üretim / kalıplama esnasında yapılmaktadır. Buna ek olarak fiberlerden dokunarak kumaş haline getirilmiş takviyelere önceden reçine emdirme yöntemi de söz konusudur. Önceden reçine emdirilmiş kumaşlar “prepreg” veya “preimpregnated” adını almaktadır ve kalıplama/ şekillendirme öncesinde matris reçinenin sertleşip kürleşmesini önlemek için soğuk depolarda saklanmaktadır. Emdirilen bu reçineler genel olarak termoset reçinelerdir. Oda sıcaklığında bekleyen prepreglerin şekillendirilmesi için belli zaman sınırı vardır. Bu sürenin ardından prepreg emdirilmiş reçine kürleşmeye başlayacağı için prepreg tekrar şekillendirilemez hale gelmektedir (Töre, 2011).

Çizelge 1. Polimerik matris malzemelerinin karşılaştırmalı özellikleri (Sönmez ve Şatır, 2009)

Table 1. Comparative properties of polymeric matrix materials (Sönmez ve Şatır, 2009)

Uygulama	Özellik	Termoset Matris	Termoplastik Matris
Matris	Formülasyon	Karışık	Daha Basit
	Eriyik Akışkanlığı	Düşük	Daha Yüksek
	Maliyet	Düşük -Orta	Düşük -Yüksek
Prepreg	Raf Ömrü	Oldukça Düşük	Yüksek
Kompozit	Proses Çevrimi	Oldukça Uzun	Oldukça Kısa
	Ürün Boyutları	Çok Büyük Olabilir	Küçük – Orta
	Çözücülere Dayanım	İyi	Zayıf -İyi
	Hasar Toleransı	Zayıf- Mükemmel	Zayıf -İyi
	Üretim Kolaylığı	Emek Yoğun	Daha Az Emek Yoğun

Takviye olarak adlandırılan güçlendirici yapı ise; doğal veya sentetik malzemeler, metal, seramik veya polimerler gibi pek çok farklı malzeme gruplarından elde edilmektedir. Yukarıda kompozitlerin genel özelliklerinin anlatılmasında söz edildiği üzere yapıya mekanik dayanım, sertlik, elektriksel veya termal iletkenlik /yalıtkanlık, titreşim ve ses absorpsiyonu gibi özellikler kazandırmak takviyenin görevidir. Takviyenin matris içinde dağılımı; sürekli fiber takviyeli, süreksiz fiber takviyeli, partikül takviyeli, fiberlerden dokunmuş kumaşlardan oluşan tabakalı yapı ve farklı takviye gruplarının bir arada bulunduğu hibrit yapılar şeklinde sınıflandırılmaktadır (Bkz. Şekil 1.). Orta nüve kısmında bal peteği veya köpük gibi destek malzemeler içeren, hafifliği en önemli tercih sebebi olan sandviç kompozitler de hibrit kompozitler sınıfına girmektedir. Takviyenin matris içindeki dağılım biçimine bağlı olarak kompozit anizotropik veya izotropik (takviye doğrultusunda yönlenmiş veya her yönde yaklaşık eşit) özellik göstermektedir.



Şekil 1. Cam takviye yapının morfolojik örnekleri: öğütülmüş, kırılmış, fiber ve dokuma kumaş (soldan sağa) (Sönmez ve Şatır, 2009)

Figure 1. Morphological examples of glass reinforcement structure: ground, chopped, fiber and woven fabric (from left to right) (Sönmez ve Şatır, 2009)

Polimer Matrisli Kompozitler elle serme, püskürtme, filaman sarma, pultrüzyon, basınçlı kalıplama, reçine transfer kalıplama, otoklav fırınında kalıplama, vakum torbalama, infüzyon, enjeksiyon, savurma kalıplama gibi yöntemler ile üretilmektedir. Söz konusu üretim yöntemleri metal matrisli ve seramik matrisli kompozitlere göre daha kolay şekillendirme sağlayan ve üretim maliyeti daha düşük olan yöntemlerdir.

Günümüzde, geleneksel yöntemlere ek olarak yeni / alışılmamış üretim teknikleri ile de kompozit üretimi geliştirilmektedir. Eklemeli imalat adıyla bilinen üç boyutlu yazıcı tekniğiyle kompozit ürün basımı, yeni üretim tekniklerine örnek gösterilebilmektedir (Çelik ve Gür, 2021).

2.1. Sektörel Ürün İncelemesi

Polimerler kolay şekillendirilebilen, yapışkanlık özellikleri yüksek olan, ergime sıcaklıkları düşük olduğu için üretim sıcaklıkları da düşük olan dolayısıyla az miktarda enerji harcanarak üretilip maliyeti düşük olan, estetik, dekoratif yapılar olduğu için endüstriyel tasarım ürünlerinde metal ve seramik matrislilere kıyasla polimer matrisli kompozitler daha yaygın yer edinmişlerdir. Metal ve seramik matrisli kompozitler ise maliyetin göz ardı edilebileceği yüksek performans gerektiren mühendislik ürünleri, makine parçaları üretiminde kullanılmaktadırlar (Sönmez ve Şatır, 2009). Çizelge 2.'de, çeşitli takviyeler içeren polimer matrisli kompozitlerin bazı endüstriyel ürünlere kattığı özellikler görülmektedir.

Çizelge 2. Ürün örnekleri ve kompozit malzemelerin ürüne kattığı özellikler (Ertaş, 2018)

Table 2. Product samples and the properties that composite materials add to the product (Ertaş, 2018)

Endüstriyel Tasarım Örnekleri	Tasarımda Kullanılan Kompozit Malzeme	Malzemenin Tasarıma Kattığı Özellikler
Küvet	Fiberglas	Basma ve çekme dayanımı, hafiflik, sızdırmazlık
Bisiklet	Karbon fiber	Yüksek mukavemet, hafiflik, özgün form
Bank	Plastik ahşap kompozit	Suya dayanıklılık, hafiflik, doğal görünüm
Kano	Fiberglas	Basma ve çekme dayanımı, hafiflik, sızdırmazlık
Kar Kayağı	Fiberglas, ahşap, çelik, plastik	Esneklik, hafiflik, sağlamlık, incelik, yüzey kalitesi
Motosiklet Kaskı	Karbon, kevlar, fiberglas, termoplastik	Darbe emilimi, sağlamlık, hafiflik, şekillendirme kolaylığı
Atlama Sırığı	Fiberglas, karbon fiber	Esneklik, hafiflik, sağlamlık, enerji dönüşümü
Mutfak Ocağı	Cam seramiği	Isıya dayanım, camsı görünüm, yüzey kalitesi
Mutfak Lavabosu	Akrilik reçine, kuvars kumu kompoziti	Sızdırmazlık, şekillendirme kolaylığı, yüzey kalitesi

Polimer matrisli kompozitlerin kullanıldığı farklı sektörlerden bazı ürünler aşağıda incelenmiştir. İlk örnek temiz enerji üretiminde kullanılan rüzgâr türbini kanadıdır. Rüzgâr türbini kanatlarından en büyük beklenti; uzun süre dayanıklılığını koruması, aerodinamik olarak türbinin enerji verimliliğine ilave katkı sağlaması, tüm dış etkenlere karşı bütünlüğünü ve yüzey kalitesini kaybetmemesi gibi özelliklerdir. Bu özelliklerin sağlamak için de yapılan tüm çalışmalar ve denemeler sonucunda Rüzgâr türbinleri kanatlarının kompozit teknolojisi ile üretilmesinin en uygun yöntem olduğu görülmüştür (Bknz Şekil 2 ve Şekil 3) (Karabağ, 2011). Rüzgâr türbini kanatlarının yüzeylerinde (Emme ve Basınç Yüzeyleri), ve perde kesitinde (Omurga) sandviç yapı kullanılmaktadır (Şekil 4.) (Karabağ, 2011).

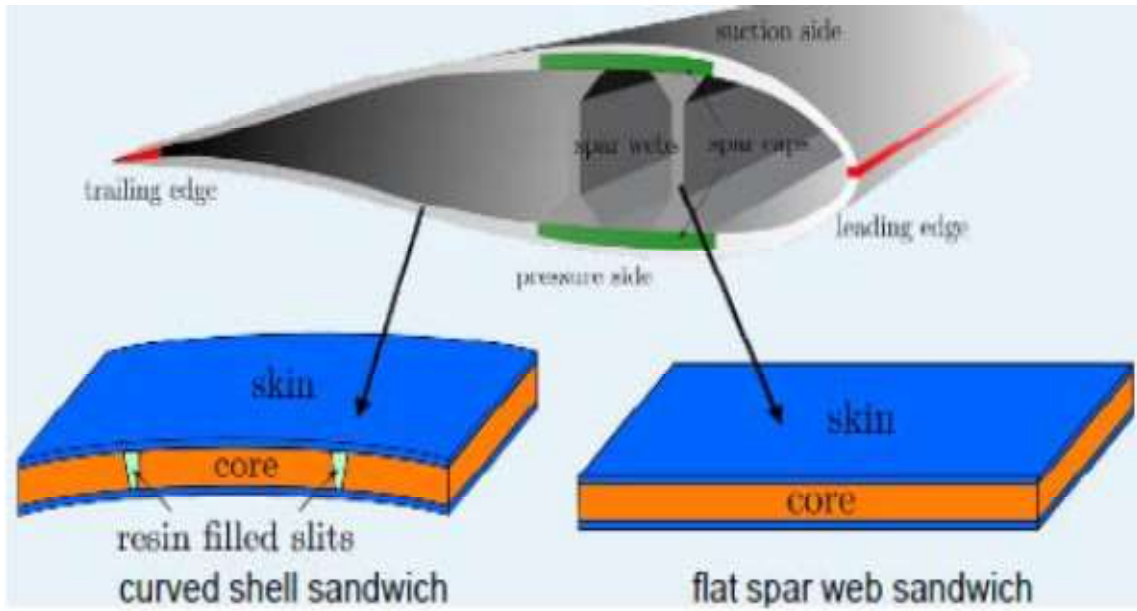


Şekil 2. Rüzgar türbinleri fotoğrafı (Anonim, 2017)

Figure 2. Photograph of wind turbines (Anonymous, 2017)

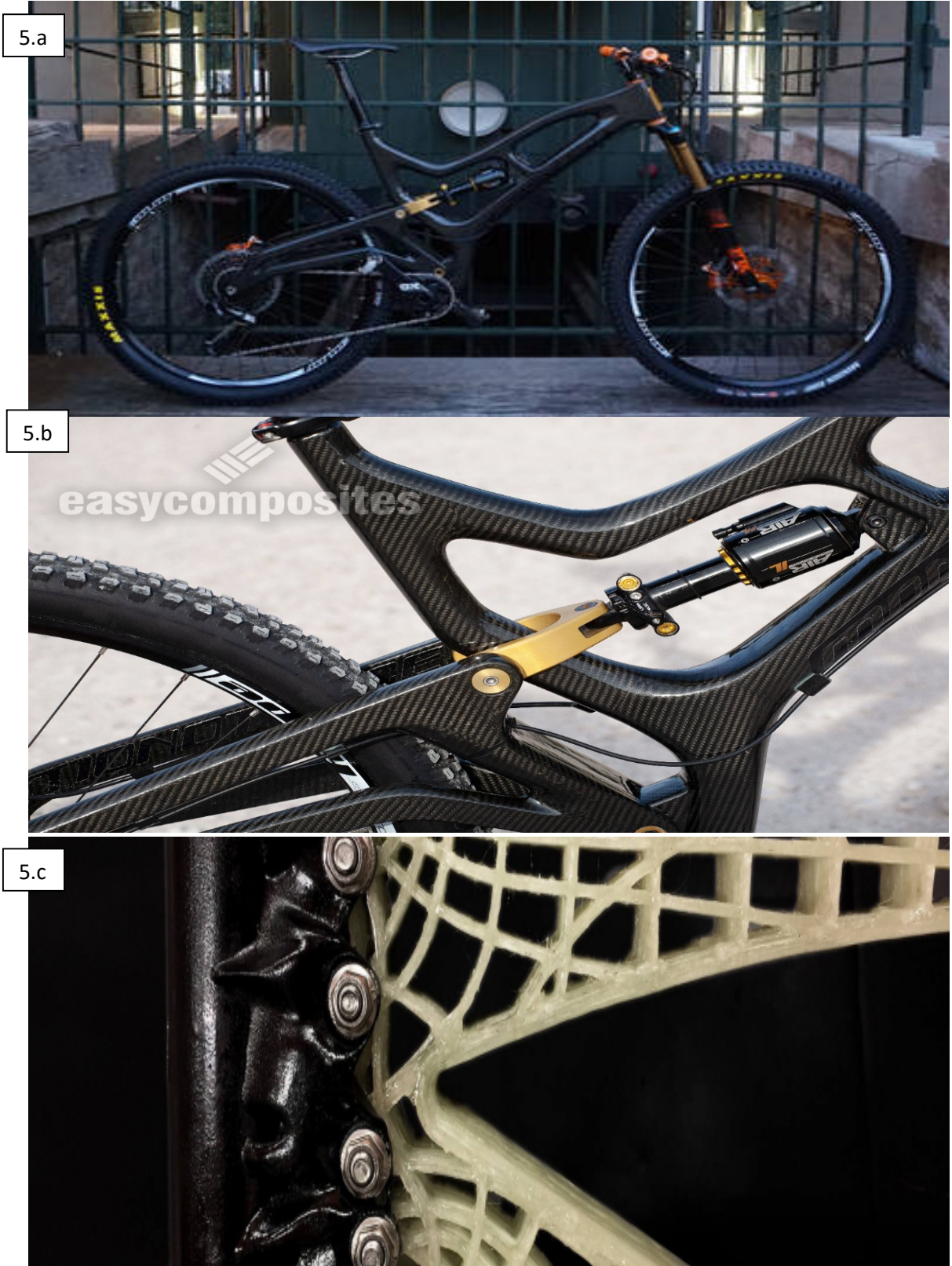


Şekil 3. İnfüzyon işlemi sonlanmış bir kanat görüntüsü (Karabağ, 2011).
Figure 3. Photograph of a wing after the infusion process (Karabağ, 2011).



Şekil 4. Rüzgar türbini kanat kesitinde sandviç kompozit yapıların görüntüsü (Karabağ, 2011)
Figure 4. Image of sandwich composite structures in wind turbine blade section (Karabağ, 2011)

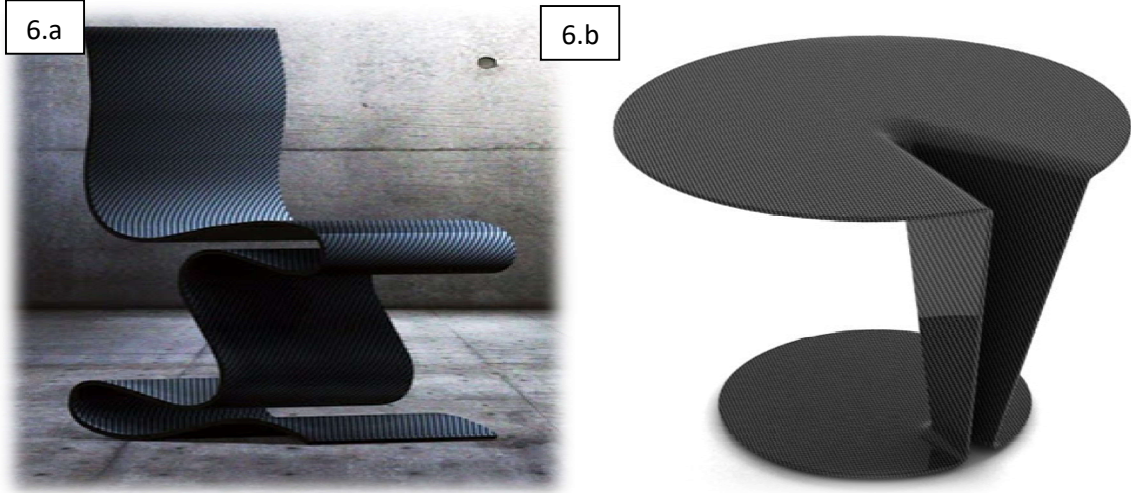
İkinci örnek olarak karbon fiber takviyeli bisiklet gövdesi ele alınmıştır. Gelişen teknoloji ile beraber bisiklet üretiminde de olumlu yönde değişimler olmuştur. Tarihsel süreçte bisiklet tasarımında çok ayırt edici değişimler olmasına rağmen asıl gelişim aktarma, vites sistemleri, aerodinamik ve malzeme yönünde olmuştur. Minimum güç ile maksimum fayda sağlamanın çok önemli bir amaç olduğu bisiklet sürüşünde hafiflik çok önemli bir parametre olmuştur. Bu amaçla kullanılan, Şekil 5.a ve Şekil 5.b’de de görülen karbon fiber takviyeli polimer matrisli kompozit malzemeler hafiflik sağlar iken mukavemetten ödün vermemektedir.



Şekil 5.a. ve 5.b. Gövdesi karbon fiber takviyeli polimerik kompozitten üretilmiş bisiklet fotoğrafı (Anonim, 2021), 5.c. Üç boyutlu yazıcı ile cam elyaf takviyeli polimerik kompozitten üretilmiş bisiklet gövdesi fotoğrafı (Anonim, 2019)

Figure 5.a., 5.b. Photograph of bicycle body made of polymeric composite reinforced with carbon fiber (Anonymous, 2021), 5.c. Photograph of bicycle body made of polymeric composite reinforced with glass fiber by 3D printer (Anonymous, 2019)

Üçüncü örnek olarak karbon fiber takviyeli polimer matrisli kompozitten üretilmiş olan sandalye ve sehpa örnekleri ele alınmıştır. Şekil 6.a ve Şekil 6.b’de görüldüğü gibi karbon fiber takviyeli polimer matrisli kompozit malzemenin sağladığı mekanik dayanım sayesinde farklı tasarımlı ürünler hayata geçirilebilmektedir. Normal şartlarda denge için arka tarafında da ayak olması gereken sandalye ve sehpa tasarımında kompozitin sağladığı avantaj ile hem ince yapılı hem hafif hem de arka kısmında ayağa gerek duyulmayan bir tasarım ürüne dönüştürülebilmektedir.



Şekil 6.a. Kompozit sandalye, 6.b. Kompozit sehpa. (Anonim, 2021)
Figure 6.a. Composite chair, 6.b. Composite table (Anonymous 2021)

Günlük hayatta kullandığımız kompozit ürünlere müzik enstrümanları, spor ekipmanları ve tekstili, yangınla mücadele kıyafetleri, meyve suyu, süt gibi hazır içeceklerin paketlenildiği kutular gibi daha pek çok sayıda örnek vermek mümkündür. Ayrıca günümüzde moda sektöründe geliştirilen farklı tasarımlar ile kompozit malzemelerden üretilmiş gözlükler, giysiler, ayakkabılar, çantalar vb ürünler hayatımıza girmektedir (Bkz. Şekil 7.).



Şekil 7. Alüminyum takviyeli yangınla mücadele tulumu, postür düzeltici kompozit medikal giysi, kompozit gözlük (Anonim, 2021)

Figure 7. Aluminum reinforced firefighting suit, posture corrector composite medical clothing, composite glasses (Anonymous 2021)

3. SONUÇ

Bu çalışmada, endüstriyel tasarımlarda yaygın bir kullanım alanı bulan polimer matrisli kompozitlerin genel özellikleri ele alınmıştır. Kompozit malzemeler hem günlük yaşantımızın tüm alanlarında hem de teknolojiye yön veren sektörlerde yer edinmiştir. Kompozitlerin farklı kombinasyonlar ile çeşitlendirebilme kolaylığı ve gelişime açık olması, endüstriyel tasarımda yaratıcılık ve özgürlüğü artırmaktadır.

Kompozit ürün tasarımında optimum ürünü elde etmek için; tasarım parametreleri, üretim yöntemi, test, muayene ve tamir prosesleri özenle çalışılmalıdır. Malzeme bilimi sayesinde yeni malzemeler geliştirmenin sınırı olmadığı gibi, endüstriyel tasarımın da sınırı yoktur. Bu iki olgu birbirini tetikleyecek gelişmeye devam edecektir.

KAYNAKÇA

- Abrate, 1991. Impact on laminated composite materials, “Appl Mech Rev”, 44(4):155–90
- Acar M. R., 2020., “Malzemenin Tarihsel Serüveni”, <https://malzemebilimi.net/malzemenin-tarihsel-seruveni.html>
Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim, 2017., “Rüzgar Türbini Ne İşe Yarar”., <http://www.ayetek.com/ruzgar-enerjisi-turbinleri-ne-ise-yarar/>
Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim, 2018., “Endüstri 4.0 nedir”, <https://www.stendustri.com.tr/endustri-40-uygulamalari/endustri-40-nedir-h95384.html> Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim, 2019., “3D Yazıcı İle Kompozit Üretimi”., <https://www.mikron3d.com/blog-detay/3d-yazici-ile-kompozit-malzeme-uretimi> Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim, 2021., “Carbon Fibre Mountain Bike” <https://www.easycomposites.co.uk/carbon-fibre-mountain-bike>
Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim, 2021., “Manufacturer Supplier CarbonFiber Chair” <https://www.china-composites.net/carbon-fiber-product/carbon-fiber-furniture/carbon-fiber-ball-chair.html> Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim, 2021., “Custom carbon fiber furniture” <https://www.cgprosports.com/wap/carbonfiberfurniture/222.html>
- Anonim, 2021., “Marine fire figher equipment/ aluminium foil composite fabric heat insulation fireman protective suit” <http://www.maritimesafetyequipment.com/sale-7591119-marine-fire-fighting-equipment-aluminum-foil-composite-fabric-heat-insulation-fireman-protective-sui.html> Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim 2021., “Uygun Tıbbi Postür düzeltici, Kompozit Kumaş Omuz Döşeme Postürü Brace” <http://turkish.waistsupportbrace.com/sale-10627123-convenient-medical-posture-corrector-composite-fabric-shouldersback-posture-brace.html> Erişim tarihi: 24.06.2021
- Anonim 2021., “Dior Composit 1.0 Sunglasses | Fashion Eyewear” <https://www.fashioneeyewear.com/dior-composit-1-0.html> Erişim tarihi: 24.06.2021
- Ashby, M.F., and Johnson, K., 2002: Materials and Design: The Art and Science of Material Selection in Product Design, Elsevier Science, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Callister D., Rethwisch D.G. 2007, Material Science and Engineering Calliester 577-619, Wiley Amerika
- Çelik S., Gür Y., Üç boyutlu yazıcı ile üretilen ABS ve karbon fiber takviyeli ABS kompozitlerde üretim parametrelerinin mekanik özelliklere etkisi DOI: 10.25092/baunfbed.847864 Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Ocak 2021

- Ertaş D.G., 2018. “Kompozit Malzemelerin Endüstri Ürünleri Tasarımındaki Yeri” 1 st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC’18) March 22-24, 2018 Karabük, Turkey 509
- Karabağ S., 2011. “Rüzgar Türbini Kanadı İmalatı” İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi / 23-24, İzmir, Türkiye
- Köymen Çağar P., Doğru A., Yalkın E., 2016. “Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Üretimi ve Ürünlerin Tahribatsız Muayenesi” VI. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, UHUK, 150, Kocaeli, Türkiye
- Sönmez M., Şatır S., 2009. Polimer Matrisli Kompozitlerin Endüstri Ürünleri Tasarımında Önemi ve Geleceği: Türkiye’den Dört Örnek Firma Üzerine Bir İnceleme, 502041960, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Töre C., 2011. Kompozit Malzeme Temelleri Polimer Matrisli., 1-4, 133 MMO/552 TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yay. Türkiye
- Turan, 2007. Tabakalı Kompozit Malzemelerde Yüksek Hızlı Darbe Hasarı, Mühendis ve Makina, Cilt 48, Sayı 575
- Vatangül, 2008. Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Ansys 10 Programı ile Isıl Gerilme Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
- Yalkın E., Köymen Çağar P., Doğru A., 2017. “Polimer Matrisli Sandviç Kompozit Malzemelerin Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Üretimi ve Mekanik Dayanımlarının Karşılaştırılması” Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi UHAT 2017, 326-334, İzmir Türkiye