

FONKSİYONEL ÖZELLİK KAZANDIRILMIŞ TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERİN HAVACILIKTA KULLANIMI

Zelal Yavuz¹

Dr. Yahya Öz²

Remzi Ecmel Ece³

Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara

ÖZET

Kompozit malzemelerin yüksek mukavemet / ağırlık oranı, termal dayanımı, korozyon direnci ve hasar toleransının yüksek olması sebebiyle havacılık sektöründe giderek artan bir şekilde metal malzemelerin yerini almaktadır. Kompozit malzemelerde yükü taşıyan (takviye edici unsur) ve ileten (matris) fazları olmak üzere iki ana unsur bulunmaktadır. Yükü taşıyan takviye unsurlarının (elyaf) işlevlerini yerine getirebilmeleri açısından matris malzemesinin mekanik özelliklerinin önemi büyüktür. Matris yapı ile takviye edilen elyaf lar arasında bağlantı görevi yapan ara yüzey, malzemenin elastisite modülünü etkileyen en kritik unsurdur. Bu sebeple kompozit malzemenin dayanıklılığı, ara yüzeyin istenilen özellikleri sağlayacak şekilde dizayn edilmesine bağlıdır. Çalışmamızın amacı, matris ve elyaf arasındaki etkileşimi artırarak ara yüzey bağını güçlendirmektir. Bunun için polimerik sentez ve nano katkılandırma yöntemleri kullanılarak fonksiyonel özellikler kazanılması ardından matris ile elyaf arasındaki yapışma özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Gerçekleştirilen modifikasyonların karakterizasyon aşamasında ise mikroskopik (Taramalı Elektron Mikroskobu, SEM) ve spektroskopik (X-ışınlı Fotoelektron Spektroskopisi, XPS) teknikler yer almaktadır.

GİRİŞ

Son zamanlarda havacılık sektörü ile ilgili çalışmalarda polimer matrisli kompozit (PMK) malzemeler üzerine yapılan araştırmalarının diğer malzemeler ile ilgili araştırmaların önüne geçtiği görülmektedir. Uçaklarda mukavemet / ağırlık oranının malzeme seçiminde en öncelikli kriter olması dolayısıyla Starke ve Staley'in 1996 yılında işaret ettiği gibi kompozit malzemelerin kullanımı büyük bir önem arz etmektedir. Hava aracı yapısalalarının dayanım açısından hem birincil hem de ikincil önemdeki parçalarında PMK kullanımı artmaktadır. Teknolojinin geline duru munda, 2006 yılından itibaren Boeing B787 uçağının % 51'i ve 2010 yılından itibaren Airbus A350 uçağının %50' si kompozittir. PMK malzemeler, birtakım üstün mekanik özelliklere sahip olmasına rağmen halen gelişmeye açıktır. Gelişen nanoteknoloji uygulamaları ile mevcut kompozit malzemelerin özelliklerinin iyileştirilmesi önemli bir araştırma konusudur. Benzer şekilde üstün hasar toleransı, oda sıcaklığında daha uzun ömürlü olması ve geri dönüştürülebilmesi gibi özelliklerinden dolayı termoplastik polimerli kompozitlerin havacılık sektöründe önümüzdeki yıllarda özellikle yapısal parçalarda kendine yer bulacağı öngörülmektedir. Havacılıkta kullanılan kompozitlerin fizikokimyasal ve mekanik özellikleri konusunda havacılık şirketleri genellikle içsel Ar-Ge çalışmaları yapmakta olup, bu nedenle bilgi paylaşımının çok kısıtlı kaldığı değerlendirilmektedir. Örneğin, kompozit malzemelerin ağırlıklarını daha da düşürmek amacıyla nano malzemelerin kompozitlere katkılandırılmasının havacılıkta yoğun olarak araştırıldığı bilinmektedir. Airbus ve Boeing gibi firmaların grafen konusunda çok sayıda patenti olmasına rağmen, uygulama örneği bilgisi kısıtlıdır. Bu sebeple, hem kompozit üretiminde yerli ve milli üretime geçilmesi, hem de

¹ Zelal YAVUZ, İnovasyon Böl., E-posta: zelal.yavuz@tai.com.tr

² Dr. Yahya ÖZ, İnovasyon Böl., E-posta: yahya.oz@tai.com.tr

³ Remzi Ecmel ECE., E-posta: reece@tai.com.tr

nanoteknoloji konusunda literatürde var olan gelişmelerin kompozit teknolojisine aktararak bilgi birikimi oluşturulması, önem arz etmektedir.

Güncel olarak devam eden nanokompozit çalışmalarının amaçları incelendiğinde, mekanik özelliklerin iyileştirilmesinin yanında hava araçlarına farklı fonksiyonlar kazandırmak da bulunmaktadır. Örneğin, elektriksel özellikleri oldukça iyi olan karbon nano malzemeler, yıldırım çarpması durumunda hava aracını koruma amaçlı kullanılabilir. Özellikle karbon fiber takviyeli polimer kompozitler (carbon fiber reinforced polymers [CFRP]) askerî uçaklarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Mallick, 1993; Huda ve Edi, 2013).

Yüksek sertlik ve mekanik özellikleri nedeniyle polimerlerde dolgu malzemesi olarak grafen kullanılmaktadır. Elastik modülü çok yüksektir (1 TPa), gerilme mukavemeti 130 GPa'dır, kendi elektriksel iletkenliği 10^8 S/m mertebesinde ve içsel termal iletkenliği 3080-5150 W/mK arasındadır. Grafen, matris ile geniş bir arayüz görevi görebilecek geniş yüzey alanına sahiptir. Bu, daha yüksek bir yük transfer kapasitesi ve kompozit mukavemeti anlamına gelmektedir. Konjuge çift bağlar ağı, serbest radikallerle oldukça basit bir şekilde reaksiyona girme özelliği ile büyük bir elektron verici-alıcı kapasitesi sağlar. Ek olarak, grafenin iki boyutlu yapısı, yüksek performanslı bir katı yağlayıcı olarak ya da sıvı yağlayıcılarda bir katkı maddesi ve kayan bir kaplama tabakası olarak kullanılabilir. Grafen katkılandırması poliakrilonitril, poli (vinil klorür), poliimid, politetrafluoretilen (PTFE) ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen gibi polimerlerin tribolojik ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Buna karşılık, sadece birkaç çalışma yakın zamanda grafen / poli eter eter keton (PEEK) kompozitlerini incelemektedir. Tipik olarak grafen oksit (GO) ve grafen nanotozlar (GNP'ler) kullanılmaktadır. Ayrıca düşük sıcaklıkta sinterleme yöntemleri gibi endüstriyel olarak olağandışı imalat işlemleri de incelenmiştir. Ek olarak PEEK, kısa karbon elyaflar (SCF) ve PTFE içeren kompleks hibrit kompozitler araştırılmıştır.

Nanokompozitler ile ilgili çalışmalar giderek yaygınlaşmakta ve teknolojinin geline son durumunda çalışmalar yıllık % 25 artış göstermektedir [Bu da ref.ister.] Bu görüşün ana nedenleri çok fonksiyonlu özellikleridir. Korozyon direnci, düşük ağırlık, mukavemet, tokluk, yorulma ömrü, darbe direnci, çizilme direnci, güneş ışığı absorblaması, radyasyon direnci, yüksek termal emisyon ve elektrik iletkenliği özellikle ilgi çekicidir. Ayrıca, hizmet ömründen sonra malzemelerin işlenmesi ile birlikte biyolojik olarak bozunabilir özellikler gösterebilmektedir.

Buna ek olarak, havacılıkta düşük ağırlığa sahip olmanın yanı sıra nanokompozitler iniş takımı kapısı, kaburgalar, braketler, bağlayıcılar, zemin panelleri, ekipman kutuları, uçak iç mekanları, kaplamalar, kokpit, ısı boruları, uzay şartlarına dayanıklı aynalar, kutular, örtüler ve nozullar gibi farklı önem derecesine sahip geniş bir alanda kullanımı açısından önem arz etmektedirler.

Bu çalışmada belirtilen nanokompozitler, bu yapısal parçalar için olası adaylardır, çünkü termoplastiklerin olağan avantajlarına ek olarak, kompozitlerin üç ana sorununa bir çözüm sunmaktadırlar: Elektriksel ve termal iletkenlikler birkaç büyüklük derecesinde artırılır. Ayrıca, geliştirilmiş mekanik özellikler nedeniyle, nanokompozitler, saf polimerlere kıyasla darbelere karşı daha dayanıklıdır ve ayrıca biyolojik olarak uyumludurlar.

YÖNTEM

Nano katkılandırma işleminde karıştırma yöntemleri aşağıda sıralandığı şekildedir:

- 1- Islak kimya yöntemi: Süspansiyon şeklinde karıştırma
- 2- Kuru karıştırma yöntemi: Elektrik uygulaması ile toz karıştırma
- 3- Ekstruder: Ekstrüzyon yöntemiyle eriyik malzemeye katkılandırma işlemi

Çalışmamızda ilk aşama olarak mekanik karıştırma yöntemiyle deneyler gerçekleştirilmiş olup, farklı konsantrasyonlar denenerek optimum fiziksel ve mekanik özelliklerin sağlanması hedeflenmiştir.

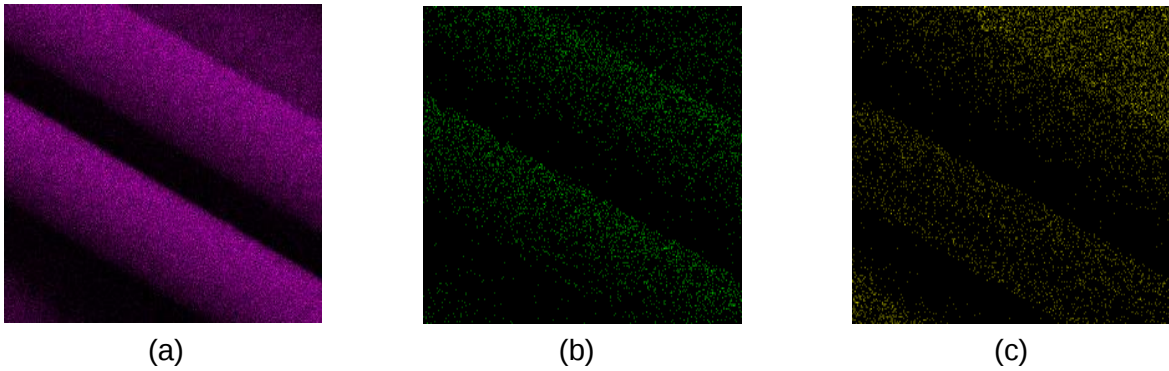
UYGULAMALAR

Kompozitler hava araçlarında birçok farklı parçada kullanılmaktadır. Tasarımsal hafiflik sağlamanın ötesinde, kullanılan polimerik kompozit malzemelerin özgül mukavemet değerlerinin avantaj

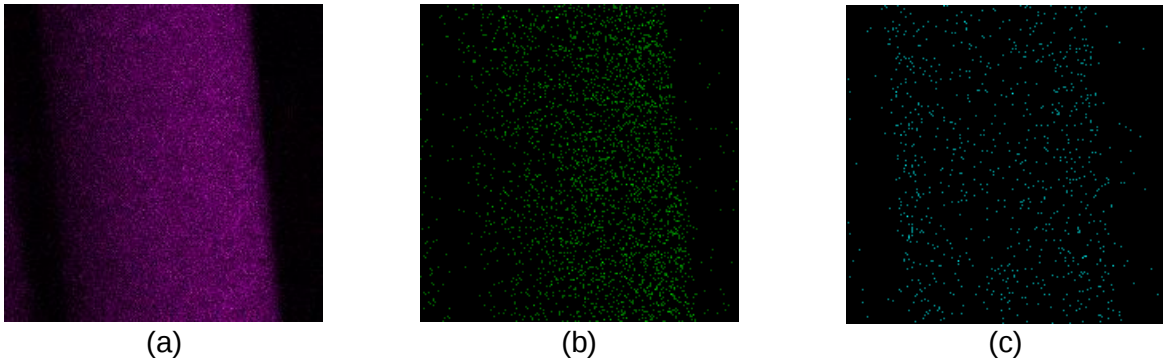
sağlaması dolayısıyla özellikle askeriyede insansız hava araçlarında (İHA) kullanımı önemlidir. Kullanım alanları arasında braket, zemin paneli, dümenler, rotor gövdeleri vb. bileşenler mevcuttur. Havacılıkta kullanılan mekanik isterlerin sağlanması için konvansiyonel termoplastiklerin mekanik performansı artırılması gerekmektedir. Bunun için kompozit üretme prosesi olarak laboratuvar ortamında ıslak kimya metodu ve mekanik karıştırma kullanılmaktadır.

SONUÇ

Elde edilen nanokompozitlerin gerilim-gerinim grafikleri incelendiğinde farklı proseslerin farklı sonuçlar verdiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca özellikle mekanik performansın artması için düşük miktarda nanomalzeme kullanılması gerekmektedir. Bu şekilde üretilen kompozitlerin mekanik performansı konvansiyonel malzemelere göre % 10 artış göstermektedir. Bununla beraber, malzemenin yapısı incelendiğinde prosese göre nanomalzemelerin dağılımı değişmektedir. Bu nedenle, mikroyapıda aglomerasyon görüldüğünde mekanik performansta ciddi düşüş beklenmektedir.



Şekil 1. Karbon fiberlerin elementel analizi. İşlem görmemiş karbon fiberlerde karbon (a), nitrojen (b), ve oksijen oranları (c).



Şekil 2. Karbon fiberlerin elementel analizi. Termal uçurma işleminden sonra karbon fiberlerde karbon (a), nitrojen (b), ve oksijen oranları (c).

Şekil 1 ve Şekil 2’de görüldüğü üzere fiberlerin kaplama malzemesinde uygulanan termal işlem sonrasında kimyasal değişimler gözlenmiştir. Bu değişimlerin fiziksel ve mekanik özelliklere yansması çalışmanın başlıca araştırma konusudur. Bu yöntemle kompozit malzemelerin mukavemet değerlerinde minimum %10’luk bir artış hedeflenmektedir.

Karıştırma aşamasında, nano parçacıkların topaklanması en büyük risk faktörüdür. Oluşabilecek potansiyel aglomerasyonlar malzemenin mekanik özelliklerini zayıflatacağı için karıştırma işleminde homojen dağılımı sağlamak büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple, ultrasonik dalgalar kullanılarak nano parçacıkların homojen dispersiyonu sağlanacaktır. Bu işlemlerin sonunda malzeme mekanik testlere tabi tutularak, mukavemet değerindeki değişim ve

nano parçacık konsantrasyonu arasındaki korelasyon incelenecektir. Karakterizasyon aşamasında, malzemenin kristal yapısı X-ışınlı Saçtırma (XRD) yöntemiyle analiz edilecektir. Nano katkı malzemenin kimyasal yapısı Raman Spektroskopi ile, sertliği ise Dinamik Mekanik Analiz (DMA) yöntemi kullanılarak tayin edilmektedir. Ayrıca, DMA ile polimerik malzemenin zincir yapısı ile visko-elastik özelliklerindeki değişim analiz edilecektir. Malzeme yüzeyinin oda koşullarındaki kimyasal stabilitesini ortaya koyabilmek için XPS tekniğinden faydalanılarak yüzeyde elementel analiz gerçekleştirilmektedir.

Kaynaklar

Chen B., Berretta S., Evans K., Smith K., and Ghita O. R., Applied Surface Science 428, 1018, 2018.

Kalaitzidou K., Fukushima H., Miyagawa H., and Drzal L. T., Polymer Engineering and Science 47, 1796, 2007.

Kalin M., Zalaznik M., and Novak S., Wear 332-333, 855, 2015.

King J. A., Tomasi J. M., Klimek-McDonald D. R., Miskioglu I., Odegard G. M., King T. R., and Sutherland J. W., Polymer Composites 39, E807, 2016.

Öz Y., and Evis Z., *A review on graphene based fillers in Poly(ether ether ketone)*. Under review.

Papageorgiou D. G., Liu M., Li Z., Valles C., Young R. J., and Kinloch I. A., Composites Science and Technology 175, 60, 2019.

Puertolas J. A. , Castro M. , Morris J. A., R__os R., and Ans_on-Casaos A., Carbon 141, 107, 2019.
Zare Y., Rhee K. Y., and Park S. J., Journal of Applied Polymer Science 134, 44869, 2017.

Raimondo M. *et al*, 2018. *Composites part B: Engineering*, 140, 2018.

Song H. J., Li N., Li Y., Min C., and Wang Z., Journal of Materials Science 47, 6436, 2012.

Tewatia A., Hendrix J., Dong Z., Taghon M., Tse S., Chiu G., Mayo W. E., Kear B., Nosker T., and Lynch J., Materials Science and Engineering: B 216, 41, 2017.

Yunli Guo, Yongzheng Xu, Qinglin Wang, Qi Dong, Xiaosu Yi, Yuxi Jia. *Eliminating lightning strike damage to carbon fiber composite structures in Zone 2 of aircraft by Ni-coated carbon fiber nonwoven veils*. Composites Science and Technology 169 (2019) 95-102.