

GRAFEN ve KARBON NANOTÜP TAKVİYELİ NANOKOMPOZİTLERİN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Mahide Betül KONCA¹
Türk Havacılık ve Uzay Sanayii, Ankara

Yahya ÖZ²
Türk Havacılık ve Uzay Sanayii, Ankara

ÖZET

Yapılan araştırmalar neticesinde grafen ve karbon nanotüp (KNT) takviyeli termoset kompozit malzemelerin havacılık sektöründe uygulanabilmesi amacı ile yapılan çalışmaların sayısının artması dikkat çekmektedir. Bu kapsamda yapılan araştırmalar sonucu havacılık sektöründe halihazırda kullanılmakta olan kompozit malzemeler yerine nanokatlı termoset kompozitlerin üretimi ile sertlik, mukavemet, tokluk, elektriksel iletkenlik, termal özelliklerin iyileştirilmesinin istenildiği noktalarda kullanılmasının büyük potansiyel içerdiği görülmektedir. Bu çalışmada karbon allotropları olan grafen ve KNT, havacılıkta en çok kullanılan reçineye katkılandırılarak nanokompozitlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Literatürden elde edilen katkılandırma oranlarına bakılarak deneyler düzenlenmiştir. Çalışmada kullanılan reçinenin viskoz olmasından dolayı öncelikle proses sıcaklığı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Proses optimize edildikten sonra nanotozların reçine karışımı 3'lü merdane sistemi (ing: three roll mill) ile yapılmıştır. Bu sayede homojen reçine karışımları elde edilerek vakumlu etüvde kürlendirilmiştir. Üretilen plakaların mikroyapı ve mekanik testleri yapılmaktadır.

GİRİŞ

Malzeme bilimi, malzemelerin özelliklerini, yapılarını ve davranışlarını inceleyen ve yeni malzeme türlerini araştıran, canlı ya da cansız kökenli doğal ya da yapay hammaddelerden, seramik, polimer benzeri ve metal mühendislik malzemelerinin üretimini, bu malzemelerin davranışlarını, yapı, özellik ve işlenebilirliğini inceleyen ve çeşitli sanayi dallarında kullanımlarını gerçekleştiren bilim dalıdır. Malzeme biliminin 21'inci yüzyılın başlarında tanıttığı en çok yankı uyandıran malzemelerden biri grafendir.

Manchester Üniversitesinin Rus kökenli bilim insanları Andre Geim ve Konstantin Novoselov'un 2004'te, grafit kristallerini oluşturan altıgen şeklinde dizilmiş karbon atomu katmanlarını sıradan bir yapışkan bant yardımıyla ayırarak elde ettiği grafen; yüksek iletkenliği, esnekliği ve sağlamlığı ile dikkatleri üzerinde toplamış ve kısa süre sonra "mucize malzeme" olarak anılmaya başlanmıştır. Bu duruma gelmenin en önemli nedenlerinden biri teorik fizikçi Philip Russell Wallace tarafından 1947 yayınladığı teorik çalışmalarıdır [Wallace,1947]. Bu yayın sayesinde ilk Grafen üretiminden önce Grafenin olağanüstü özelliklere sahip olacağı bilinmekteydi. Bununla beraber, bu tür teorik yayınlar halihazırda güncel literatürdede devam etmektedir [Hubbard, Klümper ve Öz,2019].

Geim ve Novoselov'a 2010'da Fizik dalında Nobel'i kazandıran grafenin üretiminin artırılması ve ticarileştirilmesi için ülkeler ve yatırımcılar yarışa girmiş, dünya çapında araştırmaların ilgi odağı olmuş ve böylece grafenin konu olduğu binlerce makale, patent ve yayınlar çıkarılmıştır.

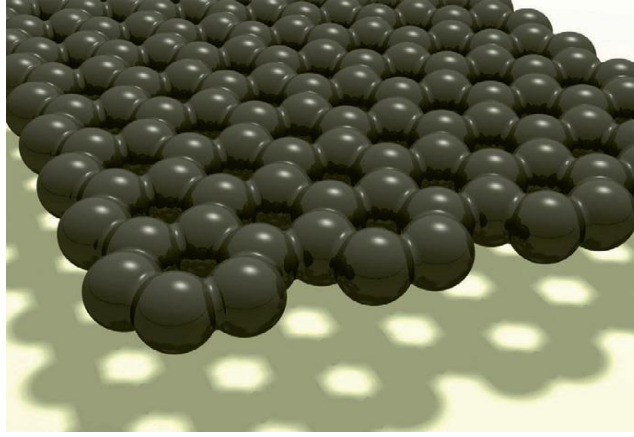
¹ B.Sc., İleri Malzeme, Proses ve Enerji Teknolojileri Merkezi, E-posta: betul.konca@tai.com.tr

² Dr., İleri Malzeme, Proses ve Enerji Teknolojileri Merkezi, E-posta: yahya.oz@tai.com.tr

Grafen

Grafitten elde edilen, en güçlü malzemenin başlığına sahip olan grafen, düzlemsel bir bal peteğinin kusursuzca dizilmesiyle oluşturduğu ile iki boyutlu (tek atom kalınlığında) ve üstün özelliklere sahip bir nano materyal olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1.). Karbon nanotüplerin ve büyük fullerenlerin temel yapı taşı olarak kabul edilir. Karbon nanotüplerin özellikleri, grafen tabakalarından kaynaklanmaktadır [Dubonos, Firsov, Geim, Grigorieva, Jiang, Morozov, Novoselov ve Zhang, 2004]

Oda sıcaklığında kuantum Hall Etkisi, ultra yüksek elektron hareketliliği ve balistik taşınım, uzun elektron ortalama serbest yollar, üstün termal iletkenlik, mükemmel mekanik dayanım ve dikkat çekici esneklik gözlemleri grafenin çarpıcı özellikleri arasındadır. İlginçtir ki, grafen levhalar helyum kadar küçük moleküller için bile geçirimsizdir [Dubonos, Firsov, Geim, Grigorieva, Jiang, Morozov, Novoselov ve Zhang, 2004].



Şekil 1: Balpeteği Örgüsünden Meydana Gelmiş Grafen Plaka

Karbon Nanotüp

KNT'ler, diğer tüm 1B nanomalzemeler içerisinde belki de en büyük öneme sahip olanlardır. KNT, en basit anlamda, nanometre çaplı, µm boyulu borusal yapılardır. Diğer bir ifade ile KNT'ler, yapısal açıdan bakıldığında, tek ya da daha çok grafen levhadan yapıli, içi boş bir silindir gibi hayal edilebilir. KNT'ler genelde kendisini oluşturan grafen duvar sayısına göre sınıflandırılır. Nihai nanotüp yapısı, grafen borusu biçimli tek duvarlı karbon nanotüplerdir (TDKNT) [Mutlay, 2014].

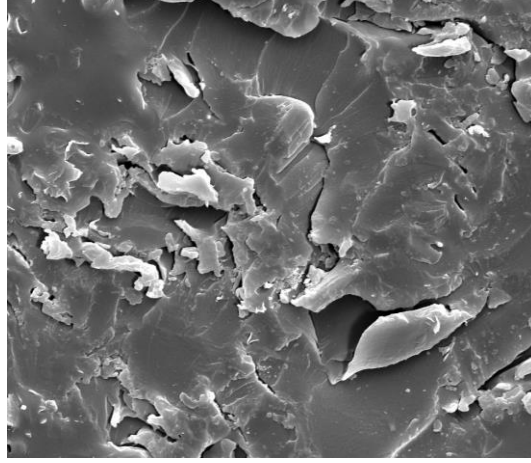
YÖNTEM

Yöntemin ilk başlangıç noktası olarak nanotoz ile reçinenin karıştırılması yer almaktadır. Reçineye grafen ve karbon nanotüp (tek duvarlı karbon nanotüp ve çok duvarlı karbon nanotüp) three roll mill cihazı (patent no: US20100009165A1) kullanılarak literatürden elde edilen katkılama oranlarına uygun deney planlamaları yapılmış ve sırasıyla reçine katkılanmıştır. Bu çalışmada kullanılan reçine, reçine transfer kalıplama (RTM) prosesleri ve havacılık ve uzay endüstrisinin gereksinimlerini karşılamak için özel olarak tasarlanmış gazdan arındırılmış, tek bileşenli bir reçinedir. Reçine oda sıcaklığında oldukça viskoz bir haldedir. Bu nedenle kullanımı oldukça zordur. Ayrıca termoset reçineler genellikle 120°C'de kürlenirken, bu süreçte kullanılan reçine 180°C'de kürlenmektedir. Reçinenin içerisine nanotoz karıştırıldıktan sonra proses sıcaklığı tüm aşamalarda sabit tutularak reçine kalıplara dökülmüş ve etüvde kürlenilerek plakalar üretilmiştir. Üretilen plakaların mikroyapı, mekanik ve elektriksel testleri tamamlanacaktır.

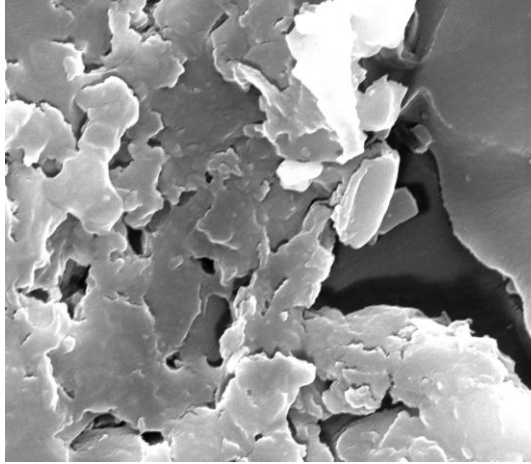
UYGULAMALAR

Fiziksel ve mekanik özelliklerin kıyaslamasını yapabilmek amacıyla da saf reçineden kupon boyutta numuneler üretilmiştir. Bu özellikler arasında saklama koşulları, işlenebilirliği, jelleşme zamanı, vakuma alma süresi ve kürlenme sıcaklığı gibi parametreler belirlenmiştir. Kupon örnekler ilk olarak genişliği 10x10 cm² boyutlarında olan teflon kalıpta kürlenmiştir. Daha sonra reçine davranışlarının daha iyi gözlemlenebilmesi için gerçek test standartlarına uygun boyutlarda katkısız

olarak 20x20 cm² boyutlarında teflon kalıplardan örnek çıkarılmıştır. Saf reçineye grafen ve karbon nanotüp three roll mill cihazı (patent no: US20100009165A1) kullanılarak literatürden elde edilen katkılama oranlarına uygun olarak deney planlamaları yapılmış ve sırasıyla reçine katkılanmıştır. Proses sıcaklığı tüm aşamalarda sabit tutularak reçine kalıplara dökülmüş ve etüvde kürlendirilerek plakalar üretilmiştir. Üretilen plakalara yapılan SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntülerinden örnekler aşağıda verilmiştir.



Şekil 2: Reçinenin SEM Görüntüsü



Şekil 3: Çok Duvarlı Karbon Nanotüp İle Katkılanmış Reçinenin SEM Görüntüsü

SONUÇ

Saf reçine ile üretilen kompozitlere göre nanokatılandırma yapılarak üretilen nanokompozitlerin mekanik testlerde elde edilen verileri kıyaslandığında daha üstün mikroyapı ve elektriksel iletkenliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- P. R. Wallace. *The Band Theory of Graphene*. *Physical Review* 71(9): 622-634, 1947.
- A Hubbard, A. Klümper ve Y. Öz model with integrable impurity. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 52(32): 325001, 2019.
- S. V. Dubonos, A. A. Firsov, A. K. Geim, I. V. Grigorieva, D. Jiang, S. V. Morozov, K. S. Novoselov ve Y. Zhang. *Science*, 306(5696): 666-669, 2004.
- Mutlay İ., “*Karbon Nanotüpler Özellikler ve Uygulamalar*”, Grafen Chemical Industries, 2014.