

Karbon Nanotüp Kompozitlerinin Dünü, Bugünü ve Yarını

İnsanlık tarafından keşfedilmiş her malzemenin kendine has ve özgün mekanik özellikleri vardır. Bazıları güçlü bazıları zayıfken, bazıları yumuşak bazıları serttir. Kimisi hayli dayanıklı iken kimisi hiç değildir. Bazen mühendislikte iki ya da daha fazla malzeme birlikte kullanılarak "kompozit" denilen malzeme türü elde edilir. Kompozit malzemeler genelde kendilerini oluşturan farklı malzemelerin iyi özelliklerini aynı anda taşır ve kompozitler birbirinin eksiklerini tamamlayan malzemelerden oluşur.

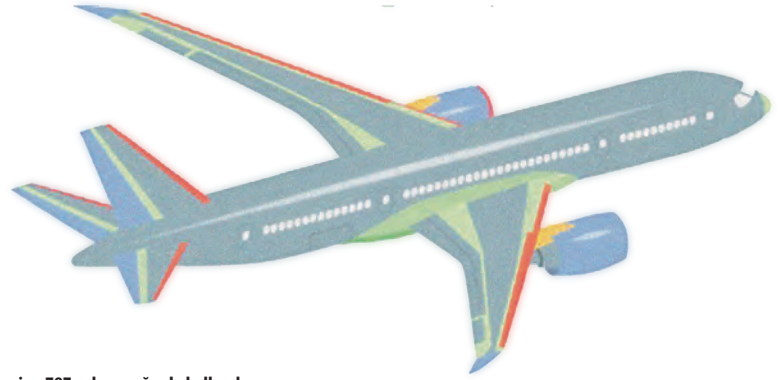
Kompozitlerin keşfi ve kullanımı insanlığın teknolojik gelişimine ve ilerlemesine müt-hişkatkılar sağladı. MÖ 1200'lü yıllarda Me-zopotamyalılar bugün bizim kerpiç olarak bildiğimiz malzemeyi keşfetti. Saman ve çamur karıştırılarak yapılan kerpiç ikisinin de mekanik özelliklerini taşır.

Saman çekme kuvvetine dayanıklılık gösterirken, kuruyan çamur hem yapıyı bir arada tutar hem de basınca karşı dayanıklılık gösterir. Kerpiç sayesinde yapıların ömrü uzamış ve uygarlığın teknoloji seviyesi ve yapılaşma düzeyi hayli ilerlemiştir.

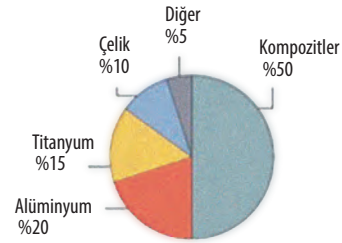


Çok iyi tanınan ancak kompozit olduğu genellikle bilinmeyen başka bir malzeme de betondur. Dünyada en çok kullanılan kompozit malzeme olan beton, yapı endüstrisinde çığır açmış, yüzlerce metrelik gökdelenler, kıtalararası köprüler ve modern barajlar beton kullanımı sayesinde mümkün hale gelmiştir.

Boeing 787 yolcu uçağında kullanılan malzemelerin yaklaşık %50'si kompozitlerden oluşur.



Boeing 787 yolcu uçağında kullanılan malzemelerin yüzdesi



Geçirimli elektron mikroskobu ile çekilen üç karbon nanotüp fotoğrafı (20.000 kat büyütülmüştür).

Bugünlerde dünyada ileri kompozitler denilen yeni nesil kompozitler üzerinde çalışılıyor. İleri kompozitler çok ince fiberlerin hemen hemen türdeş olan polimerlerin (bir çeşit plastik) içine gömülmesiyle elde edilir. Bu malzemelerde polimerin temel görevi malzemeyi bir arada tutmak ve yükleri fiberlere iletmektir. Fiberlerin görevi ise yüksek dayanıklılık özellikleri sayesinde bu ağır yükleri taşımaktır. Üretimi hayli pahalı olan ileri kompozitler çoğunlukla uçak, spor otomobil ve rüzgâr türbini gibi karmaşık ve üstün teknoloji içeren ürünlerde kullanılıyor. Cam fiber ve karbon fiber ile güçlendirilmiş polimer kompozitleri, ileri kompozitlerin en yaygın örneklerindedir. Bazı karbon fiber kompozitler kendileriyle aynı kalınlıkta olan çelik malzemenin üç kat kadar daha güçlü ve bu çeliğin dörtte biri ağırlıkta olabiliyor. Bunlar da havacılık endüstrisi gibi güçlü ve hafif malzemelerin kullanılması gereken, ileri teknoloji içeren sektörlerde en çok aranan özellikler.

Karbon nanotüp kompozitlerinden üretilmiş bazı ürünler



20. yüzyılın sonlarına doğru kompozit ve malzeme teknolojisinde büyük bir devrim oldu. 1991'de Sumio İijima isimli bir Japon bilim adamı çapı yaklaşık 10 nanometre (bir milimetrenin yüzbinde biri) olan, karbon atomlarından oluşan tüp biçimli, içi boş moleküller keşfetti. Bu moleküller daha sonra karbon nanotüp olarak isimlendirildi. Karbon nanotüpler insanoğlunun şu ana kadar keşfettiği en güçlü malzemelerden biridir. Polimerlere gömülerek karbon nanotüp kompozitler elde edilir.

Bazı karbon nanotüp örnekleri çelikten 5 kat güçlü ve 6 kat hafif, alüminyumdan ise 14 kat güçlü ve 2 kat daha hafiftir. Ayrıca karbon nanotüpleri ve kompozitleri hayli esnektir. Hiç esnemedi ya da çok az esneyerek aniden kırılan karbon fiber kompozitlerin aksine karbon nanotüp kompozitler ağır yükler altında kırılmadan önce çok esner. Bu çok faydalı bir özelliktir çünkü bu sayede bilim adamları ve mühendisler karbon nanotüp kompozit malzemenin ne zaman bozulacağını ya da kırılacağını öngörebilir.

ABD Hava Kuvvetleri personeli için gelecekte üretilmesi planlanan karbon nanotüp kompozitlerden yapay kol





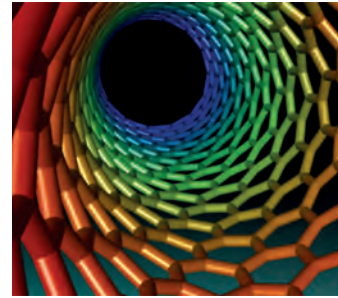
Şu an itibari ile sayılı karbon nanotüp üretim yöntemi var ve bunların hiçbirisi üretim hızının düşük olması sebebiyle yüksek ölçekli üretim için uygun değil. Düşük üretim hızı karbon nanotüplerin üretim maliyetlerini de yükseltiyor. Bir örnek vermek gerekirse, kilo başına üretim maliyeti alüminyumda 4,5 TL, çelikte 15 kuruş iken düzgün üretilen karbon nanotüplerde kilo maliyeti 1500 TL ile 7,5 milyon TL arasında değişiyor. Her ne kadar karbon nanotüp kompozitlerin sadece %0,05 civarı gerçekten karbon nanotüplerden oluşsa da bu kadar düşük bir miktarın maliyeti bile diğer kompozitler karşısında karbon nanotüp kompozitlerin tercih edilmemesine sebep oluyor.

Karbon nanotüplerin yaygın olarak kullanılmasını engelleyen başka bir sorun da polimerlerin içinde türdeş dağılım ve saçılım sağlanmasının zor olması. Karbon nanotüpler birbirlerine yapışarak ya da polimerin içinde türdeş dağılmayarak malzemenin mekanik özelliklerini de kötü etkiliyor. Bu durumu değiştirebilecek yeni teknoloji ve yöntemlere ihtiyaç var.

Karbon nanotüplerden yapılmış planlanan bazı ürünler (solda)

Her ne kadar karbon nanotüpler çok kısa bir süre önce keşfedilmiş olsa da endüstride çok geniş kullanım alanı buldular. Kanada'da bulunan Nanoledge isimli bir şirket karbon nanotüp kullanarak daha güçlü ve hafif tenis raketleri üretti. BMC Switzerland isimli bir şirket ise dünyanın ilk karbon nanotüplü bisikletini üretti ve bu bisiklet 2006 yılında düzenlenen Tour De France bisiklet yarışlarında kullanıldı. İlginç olan, bisikletin iskelet ağırlığının yalnızca 1 kg olmasıydı.

Karbon nanotüpler farklı yapılar da elektrik iletebilir, yarı iletkenlik özellikleri gösterebilir, ışıkla etkileşebilir. Bu sebeple karbon nanotüplerin farklı alanlarda ve projelerde kullanılması düşünülüyor. Protezler, akıllı telefonlar, bilgisayar ve telefon ekranları, tıbbi cihazlar, yüksek kapasiteli hafif piller, yüksek verimli güneş pili hücreleri ayrıca modern uçaklar, otomobiller, uydular, rüzgâr türbinleri ve helikopterler bunlardan bazıları. Karbon nanotüpler her ne kadar bu tip ürünlere yenilik getirecek olsa da, bunun gerçekleşebilmesi için çok çalışmaya ve araştırmaya ihtiyaç var.



Karbon nanotüplerin özellikleri henüz tam olarak bilinmediğinden henüz kritik sistemlerde ve ürünlerde örneğin uçaklarda kullanılmıyorlar. Bu tip sistemlerde kullanılabilmeleri için bir çok deney yapılması ve karbon nanotüplerin özelliklerinin daha iyi tespit edilmesi gerekiyor. Ancak maalesef bu konuda çalışan bilim adamı ve mühendis sayısı henüz yeterli değil gibi görünüyor.

Kaynaklar

- Halpin, J. C., *Primer on Composite Materials Analysis*, Technomic Publishing Company, Inc., 1992.
- Baker, A., Dutton, S. ve Kelly, D., *Composite Materials for Aircraft Structures*, 2. Basım, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2004.
- Loos, M., *Carbon Nanotube Reinforced Composites*, 1. Basım, 3. Cilt, William Andrew, 2015.
- Iijima, S., "Helical microtubules of graphitic carbon," *Nature*, Cilt 354, s. 56-58, 1991.
- Loos, M. ve Schulte, K., "Is It Worth the Effort to Reinforce Polymers With Carbon Nanotubes?," *Macromolecular Theory Simulations*, Cilt 20, Sayı 5, s. 350-362, 2011.
- Cutri, D., "Swing Your Racket," *Nanooze*, 2013. [Online]. <http://www.azonano.com/article.aspx?articleid=1298>. [Accessed: 24-Mar-2016].
- AZoNano, "BMC Unveil Carbon Nanotube Bike to Take on Tour de France - New Product," *AzoNano*, 2005. [Online]. <http://www.azonano.com/article.aspx?articleid=1298>. [Accessed: 24-Mar-2016].
- Soutis, C. A., "Fibre reinforced composites in aircraft construction," *Progress in Aerospace Sciences*, Cilt 41, s.143-151, 2005.
- Friedrich, K., Fakirov, S. ve Zhang, Z., *Polymer Composites from Nano- to Macro-Scale*, Springer Science+Business Media, Inc., 2005.

Karbon nanotüplerin mikroskopla çekilmiş bir görüntüsü

