

Endüstriyel Ar-Ge:

Türkiye Karbon Elyaf'ta Dünya ile Rekabette

Karbon elyaf ileri teknoloji ürünü bir malzeme. Türkiye'nin karbon elyaf temelli bir "kompozit merkezi" olması amaçlanıyor. Bu hedefe odaklanan ilk bilimsel-teknolojik adımlar, Yalova'da özel sektör tarafından atıldı bile...

Naylon, ortaya çıkarılan ilk sentetik madde. ABD'de 1930'da bulunduğu, Amerikalı, laboratuarda adı henüz konulmamış bu harika maddeye bakarak şöyle mırıldanıyor: "Now You Lost Old Nippon". Bu sözcüklerin baş harflerinden de "NYLON" adı doğu-

yor. Cümlelerin Türkçesi şöyle: "İşte şimdi kaybetmiş yaşlı Nippon". Nippon, Japonların kendilerine verdikleri ad.

Bugün bilinen en önemli sentetik elyaf türleri şöyle sıralanıyor: Naylon, polipropilen, polyester, akrilik elyaf ve selülozik elyaflar.



136

Karbon Elyaf Nedir?

Arapça “elyaf” sözcüğü, lif ya da ipliğin çoğulu. Karbon elyaf (ya da karbon fiber) ileri teknoloji ürünü, ipliksi bir tür plastik madde. Üretildiği hammadde karbonlaşmış akrilik elyaf, yani orlon. Bu karbon lifleri, dokunmuş kumaş ya da bobine sarılı iplik olarak pazarlanıyor. Bu noktadan itibaren ürüne “karbon elyaf” deniyor. Bu hammaddeden üretilen kullanımdaki malzemeler de karbon elyaf kompozit ürünler oluyor.

Karbon elyaf, bazı işlemlerden sonra çelikten 4,5 kat daha hafif ama 3 kat daha dayanıklı bir yapı kazanıyor. Bu nedenle karbon elyafa geleceğin malzemelerinden biri gözüyle bakılıyor.

Bir endüstri olan karbon elyafın üretimi büyük bir organizasyon gerektiriyor; çünkü çok karmaşık işlemler, yoğun bir bilgi birikimi ve epeyce bir sermaye gerekiyor. İlginç olansa dünyada karbon elyaf üretimi yapan yalnızca yedi ülkenin bulunması. Bunlar, Japonya, ABD, Almanya, Fransa, İngiltere, Macaristan ve Tayvan. Ülke adının burada pek bir önemi yok, çünkü toplamı yalnızca dokuz olan şirketlerin çoğu Japon ve ABD menşeli. Şirketler geliştirdikleri karbon elyafı ilgili teknolojik ve yönetsel bilgileri asla satmıyor ve paylaşmıyorlar; çünkü gelecekte tüm temel ürünler, karbon elyaf ve benzeri yapay (kompozit) malzemelerden üretilecek gibi görünüyor. Kom-

Bağlayıcı Epoksi Reçinelerin Kullanım Alanları

Reçineler günümüzde hemen her sektörde geniş bir kullanım alanına sahip.

Bunların belli başlılarını şöyle sıralamak mümkün:

- Uçakların çeşitli üretim aşamalarında
- Beton yüzey kaplamalarında yapıştırıcı olarak
- Dolgu bileşiği olarak gemi, otomotiv ve plastik onarımlarında
- Binalarda, otoyol yapımlarında, yarık ve çatlakların doldurulmasında, yüksek kimyasal direnç isteyen tüm alanlarda
- Elektrik ve elektronik aletlerde
- Uydu ve uzay teknolojisinde
- Epoksili çözeltiliyle kaplama, yüzey kaplaması ve çelik konstrüksiyon kaplamalarında dolgu ve yalıtım maddesi olarak
- Dekoratif döşeme uygulamalarında, spor salonu, döşeme vernikleri ve yer karolarında
- Dişçilik, ameliyat ve protez uygulamalarında
- Çeşitli alanlarda direnç sağlayan katkı maddesi olarak

Begimgil, M., Kocatürk, A. ve B. Ö. Gerçek, “Bağlayıcı Reçine Türleri, Epoksi Reçinesi, Temel Kullanım Alanları ve Uygulama Metodları,” Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi, İzmir, 23-25 Ekim 1997, sayfa 509-521.

pozitler giderek metallerin yerine geçiyor. Bu bakımdan karbon elyaf stratejik bir malzeme.

Türkiye ise karbon elyaf devlerinin bulunduğu bu gruba 8. ülke olarak katılmaya çalışıyor.

Karbon Elyaf Üretimi

Karbon elyaf, çoğunlukla iki ana maddeden elde ediliyor. Birincisi zift (katran), ikincisi de PAN, yani akrilik elyaf ya da poliakrilonitril.

Zift temelli karbon elyaf en çok Japonya’da üretiliyor. Japonya diğer çeşidi üretmeyi de ihmal etmiyor. Zift temelli karbon elyaf daha ucuz, ama PAN gibi gelişmeye açık bir yapıda değil.

Zift temelli karbon elyafın, dünya karbon elyaf üretimindeki toplam payı yüzde 6’yı ancak buluyor. Yani PAN temelli karbon elyaf üretimde büyük bir paya sahip. PAN temelli karbon elyaf üretimi dört ana aşamada gerçekleşiyor:



İrfan Unutmaz 1957’de İstanbul’da doğdu. 1984 yılında İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Felsefe Tarihi Bölümü’nü bitirdi. *Milliyet* gazetesinde, *Atlas* ve *Focus* dergilerinde çalıştı. Sipa-Press adına *The New York Times* için Türkiye ve bölgede, üç yıl süreyle fotoğraf çekti. Çevreyle ilgili çeşitli basın ödülleri bulunan Unutmaz’ın *Ayrıklı Serüven* adlı bir de kitabı var.



İrfan Unutmaz

Karbon elyaf elde edilmeden önce akrilik elyafın bobinlere sarılması ve hazırlanışı.

Oksidasyon aşamasında akrilik elyaflar 300 dereceye kadar ısıtılıyor. Elyafı ısıtma işlemi sırasında hidrojen ayrıştırılıyor ve oksijen ekleniyor, böylece malzeme yanmazlık kazanıyor. İşlem sırasında elyafın rengi beyazdan kahveye ve siyaha dönüşüyor.

Karbonizasyon aşamasında elyaf 3000 derece sıcaklığa kadar ısıtılıp liflerin yüzde 100 karbonlaşması sağlanıyor. Bu işlemde uygulanan sıcaklık üretilen elyafın sınıfını belirliyor.

Yüzey iyileştirme aşamasında elyaf, reçineye daha iyi yapışması için elektrolitik banyoya yatırılıyor.

Kaplama aşamasında ise elyaf, reçineyle kaplanıyor.

Ya Elyaf Çeşitleri?

Yukarıda elyafın da bir lif ya da ipliksi olduğunu belirttik. Esnek ve plastik yapıdaki sentetik elyaf, bazı elementlerin yine başka malzemelerle etkileşime sokulmasından elde ediliyor. Örneğin cam elyaf silisyum tabanlı bir malzeme ve basit bir şişe camından yüksek saflıktaki kuvars camına kadar pek

çok türde üretilebiliyor. Silis kumunun içine konulacak farklı katkı maddeleriyle farklı özellikte cam elyaflar elde edilebiliyor. Bu farklılıklarla, ayrıca aşınmaya dayanıklılık, kimyasallara karşı direnç, elektrik yalıtımı ve yüksek çekme kuvveti gibi özellikler kazanıyorlar.

Karbon temelli ve ikinci sıradaki **karbon elyaf**, cam elyaftan sonra geliştirildi. Bunlar da nemden etkilenmiyor, aşınma ve sürtünmeye karşı daha yüksek bir direnç gösteriyorlar.

Aramid elyaf ise, "aromatik polyamid" in kısaltılmış adı. Aramid'in moleküler yapısında altı karbon atomu birbirine hidrojen atomu ile bağlanıyor. Ticari olarak iki farklı tipte aramid elyaf var. Bunlar, Du Pont şirketi tarafından geliştirilen Kevlar 29 ve Kevlar 49 olarak biliniyor. Aramid elyafın maliyeti düşük ve darbe direnci yüksek.

Bor elyaflar ise, ince bir tungsten çekirdeğin üzerine bor kaplanarak üretiliyor. Bunlar da üstün mekanik özelliklere sahip ve özellikle uçak yapımı için geliştirilmişler. Silisyum karbür ya da bor karbürle kaplandıklarında bor elyafların özellikleri daha da arttırılıyor. Ancak maliyetleri şimdilik çok yüksek olduğu için, bor elyaflar araştırma aşamasını henüz geçmiş değil.

Silisyum karbür elyaflar da, tungsten çekirdek üzerine silisyum karbür kaplanmasıyla elde ediliyor. Genellikle jet motor parçaları gibi çok özel alanlarda titanyum, alüminyum ve vanadyum alaşımlı matrislerle kullanılıyorlar. Silisyum karbür elyaf, bor elyafa göre daha yüksek yoğunlukta. Ancak silisyum karbürün, karbon çekirdek üzerine kaplanmasıyla elde edilen elyafın yoğunluğu daha düşük.

Alümina elyaflara gelince, alümina, alüminyum oksit ve silisyum dioksit'in alümina çekirdek üzerine kaplanmasıyla elde edilir. Alümina elyaflar yüksek sıcaklığa dayanabilme özellikleri nedeniyle uçak motorlarında kullanılıyor.

Tüm elyafların, vurgulanması gereken ortak bir özelliği daha var. Bu da her birinin kendi içinde ayrıca "kompozit" bir yapıda olması. Yani onlar da bir karışım sonucunda elde edilmişler.

Kompozit ve Kompozit Malzemeler

Kompozit, Türkçede "karışmış, karma" demek. Kompozit malzeme ise, farklı fiziksel özellikteki malzemelerin bir araya getirilmesiyle üretilen, yeni "karma" malzemeler anlamına geliyor. Kompozitlerin yapısında kabaca iki farklı madde bulunuyor: Taşıyıcı (matris) ve destek (reinforcement) malzemeler.

Kompozitler için verilen en anlaşılır örnek “beton”. Beton, demir, çimento, kum ve suyun karıştırılmasıyla üretiliyor. Demir çubuklar taşıyıcı, diğerleri ise destek malzemeyi oluşturuyor.

Ancak günümüzde kompozit malzeme dendiğinde, daha çok sentetik elyafla güçlendirilmiş, halk arasında “plastik” denen malzemeler anlaşılıyor. Örneğin, büyük oranda karbon elyaf kullanılan Boeing’in devasa 787 Dreamliner uçağı, bu nedenle basında sık sık plastik olarak nitelendiriliyor.

Bir kompozit ürünün üretiminde, taşıyıcı ve destek malzemelerin önemi büyük. Örneğin karbon elyafın destek olarak kullanılacağı bir üründe, taşıyıcı malzemenin de epoksi reçine olması tercih ediliyor.

Türkiye ve Karbon Elyaf

Türkiye’nin yıllık karbon elyaf tüketiminin yaklaşık 100 ton kadar olduğu söyleniyor. Ülkemizde karbon elyaf, yat, motosiklet ve küçük çaplı askeri teknolojilerde kullanılıyor.

Karbon elyafın dünyadaki tüketimi ise şimdilik 38-40 bin ton kadar. Miktar şimdilik küçük, ama parasal karşılığı epey yüksek; yaklaşık 1,5 milyar dolar civarında. Bu nedenle gelişmiş ülkeler arasında karbon elyaf konusunda yoğun bir teknoloji rekabeti var.

Türkiye bu yarışta geri kalmamaya uğraşiyor. Tüm uzmanlar, karbon elyaf için yapılan tüm Ar-Ge çalışmalarının yalnızca yöntem geliştirme odaklı olduğu noktasında birleşiyorlar. Bu yöntemlerin en önemli yanı, elyafların reçineyle tam ıslanmasını sağlamak. Üretilen elyaftaki her bir iplikçiğin çapı 6-7 mikron kadar. Bir elyaf demetinde 12 bin tane iplikçik olduğu düşünüldüğünde, elyafların bir araya gelmesiyle sayının milyonları bulduğu açık.

Ar-Ge’nin hassas yanı tam da burada ortaya çıkıyor. Bu iplikçilerin birbirleriyle iyi tutunmaları için reçineyle çok iyi ıslanması gerekiyor. İşte teknik geliştirmeyle ilgili tüm çabalar, bu ıslanmayı daha iyi sağlamak için.. Yani iplikçiler reçineyi ne kadar iyi emerse o kadar kaliteli bir kompozit malzeme ortaya çıkıyor.

Ülkemizde tam da bu yapılmaya çalışılarak teknoloji yarışında öndekilere yetişmek hedefleniyor. Ar-Ge yoluyla yöntemler geliştirmenin önü açık. Örneğin NASA, bu konuda adeta geriden dolanıp farklı bir yöntemle özel epoksi reçineler üretiyor. Böylece uzay araçlarında kullanılacağı kompozitleri farklı reçine kullanım teknikleriyle de özgün hale getiriyor. Tabii bunun nasıl yapıldığını asla açıklamıyor. Her şey tam bir sır!



Boeing

Nerelerde Kullanılıyor?

Karbon elyaf kullanımı, ileri teknolojiden yararlanılan bütün sanayi dallarında giderek artıyor. Ancak henüz yeterince yaygın değil, çünkü biraz pahalı ve üretimi zahmetli bir malzeme. Yıllardır üzerinden geçtiğimiz, Asya ve Avrupa kıtalarını birleştiren 2. Boğaz Köprüsü’nün halatları karbon elyaftan ve Japonya’da üretilmiş.

Karbon elyafın kullanıldığı sektörlerin başında havacılık-uzay ve askeri sanayiler bulunuyor. Sonra yat ve tekne yapımı, ardından da spor aletleri ve otomotiv sanayileri geliyor. Müzik aletleri ve yapı-ınşaat sektöründe de karbon elyafı büyük bir gelecek bekliyor.

Bazı ilginç örnekler vermek gerekirse, ABD’nin son gözbebeği ve radara yakalanmayan Hayalet (Stealth) avcı uçağının gövdesinde karbon elyaf destekli kompozit malzemeler kullanıldı.

Yolcu uçaklarında ise ilk uçuşunu 1969’da yapan Boeing 747’nin yüzde 1’i kompozit malzemelerden oluşurken, 1994 tarihli ilk Boeing 777’de bu

Boeing 787 Dreamliner uçağının üretiminde kompozit malzeme kullanımı %50’nin üzerine çıkmış.

Karbon elyaf kullanılarak üretilmiş bir özel yat yarışta seyir esnasında

oran yüzde 11'e yükseldi. Eurofighter adı verilen savaş uçaklarında oran yüzde 50. Boeing'in ünlü 787 Dreamliner uçağında ise bu oran yüzde 50'nin üzerine çıkmış bulunuyor.

Karbon elyaf denizcilikte yatlar, yelkenli gövdeleri ve yelken direkleri gibi dayanıklılık gerektiren öğelerde kullanılıyor Spor aletlerinde, her çeşit bisiklet, su kayakları, sörf aletleri, golf sopaları, tenis raketleri, dalgıç paletleri, zıpkın gövdeleri, kanolar ve en önemlisi dalgıçların basınçlı oksijen tüplerinde, artan biçimde karbon elyaf tercih ediliyor.

Karbon elyaf ve benzeri kompozitlerin otomotivde en etkin kullanım alanı ise Formula 1 yarış otomobilleri. Her parçası ileri teknoloji ürünü bu harka araçlarda kullanılan kompozit malzemelerin sayısı da gelişen teknolojiye paralel olarak artıyor. Öyle ki pistlerdeki otomobillerin hız yarışı, neredeyse laboratuvarlardaki kompozit malzemelerin teknoloji yarışına dönüşmüş durumda.

Kompozit Malzeme Üretim Yöntemleri

Elle yatırma: Dokuma ve kırılmış elyaflarla hazırlanan destek kumaşlar, kalıp üzerine elle yatırılarak sıvı reçineye emdiriliyor. Bu yöntem miktarı az olan üretimler için uygun.

Reçine transfer kalıplama: Elle yatırma yöntemine göre hızlı ve uzun ömürlü olmasına karşın, iki parçalı kalıp kullanmayı gerektiriyor. Destek malzemesi olan elyaf kalıba yerleştiriliyor. Sonra reçine basınç altında bu kalıba pompalanıyor.

Elyaf sarma: Bu yöntem, elyaf liflerin reçineyle iletildikten sonra bir makaradan çekilip, dönen bir kalıp üzerine sarılması ilkesine dayanıyor. Bu yöntemle yat direkleri, silindirik borular, araba şaftları, uçak su tankları gibi ürünler üretiliyor.

Profil çekme (pultrusion): "Pultrusion" İngilizcedeki "pull" ve "extrusion" sözcüklerinden türetilmiş. Destek malzemesi elyafların, reçine banyosundan sonra 120-150 derecede şekillendirme kalıbından geçirilip, sertleşmesi sağlanıyor. Düşük maliyetli ve seri üretim için uygun olan bu yöntemle yüksek mekanik direnç elde ediliyor.

Karışım kalıplama: Belli boyutlarda kesilmiş elyaflar, reçineyle bir arada karıştırıldıktan sonra kalıba dökülüyor.

Püskürtme: Kırılmış elyaflar ile reçine karıştırılıp püskürtme tabancasıyla kalıp yüzeyine püskürtülüyor.

Bant sargı: Lif iplikçiklerin sarılması ilkesine dayanıyor. Büyük bantların, örneğin bir uçak kanadının, yan yana karbon fiber iplikçikleri ile sarılması şeklinde uygulanıyor.

Otoklav kalıplama: Uçak parçalarının yapımında kullanıyor. Otoklav, içinde ısı ve reçinenin kontrol edilebildiği basınçlı özel kaplara deniyor. Yüksek kalitede kompozit malzeme üretilemek için tam kontrollü bu otoklav kaplar kullanılıyor.

İnfüzyon (ya da Vakum infüzyon) tekniği: Gelişmiş bir yöntem. Kalıba elyaflar yerleştiriliyor, ayrı bir kaptan da reçine veriliyor. Sonra pompayla vakum uygulanıyor. Bu vakumun etkisiyle reçine daha iyi emiliyor.

İTÖ, Kompozit Sektör Raporu, hazırlayan: Ozan Arıcaşoy, Aralık 2006.

Türkiye İçin Geleceğin Stratejik Ürünü

Karbon elyafın ileri teknoloji ürünlerinde kullanılması, onu önemli ve stratejik bir malzeme yapıyor. Askeri açıdan da stratejik bir ürün karbon elyaf. Örneğin bazı özel karbon elyaf uygulamaları, miğfer ve benzeri malzemelerde kurşungeçirmez madde olarak kullanılıyor. Ayrıca personel taşıyıcı ve tanklarda koruyucu zırh olanağı için denemeler yapılıyor.



İTÜ Kimya Mühendisliği'nden Prof. Dr. Ferhat Yardım laboratuvarında ürettikleri iki ayrı tipteki karbon elyaf liflerini gösteriyor.

Karbon elyaf nükleer santrallerde de önemli bir kullanım alanı buluyor. Örneğin uranyum zenginleştirmede kullanılan modern santrifüjler karbon elyafla kaplanıyor. Daha açık bir deyişle, ana reaktörün düzgün çalışması için karbon elyafla kusursuz biçimde sarılıp çalıştırılması gerekiyor. Çernobil gibi ilk kuşak ana reaktörlerin üstü kapalı değildi. Böylece bir kaza sırasında nükleer serpinçler çevreye kolayca yayılıyordu. Çernobil deneyinden sonra üreticiler, bir patlama olasılığına karşı, radyasyonun içeride kalıp kontrol edilmesi için artık karbon elyaf kullanmaya başladılar.

Uzay araçlarının gövde, fren diski ve burun kısımlarında bile, aşınmaya karşı çok dirençli olduğu için yine karbon elyaf kullanılıyor. Karbon elyafın geleceğin enerjilerinden sayılan rüzgâr enerjisinde de kullanım alanı var. Türkiye bu konuda da adım atmaya çalışıyor. Örneğin Türkiye'nin yeni enerji programına göre, rüzgâr enerjisine dayalı elektrik üretiminin 20 bin megavat olması öngörülmüyor. Yapılan hesapla-

malara göre bu miktarda bir üretim için ortalama 7 bin rüzgâr direği dikmek gerekiyor. Uzmanlar, direk başına yaklaşık 100 ton kadar karbon elyaf gerekeceğini belirtiyorlar. Bu da onu rüzgâr enerjisi açısından da stratejik bir malzeme yapıyor.

Karbon elyafın Türkiye için stratejik ürün olmasının bir başka boyutu daha var. Ülkenin "kompozit" ürünler alanında "üretim merkezi" olabilecek bir yeteneği olması. Çünkü gerek akrilik elyaf-

ta dünya lideri olmak gerekse akrilonitril hammaddesini üreten olmak Türkiye'ye bu konuda önemli bir avantaj sağlıyor.

Karbon elyaf gibi ileri teknoloji ürünü bir kompozit malzemenin Türkiye'de üretilmesi, kuşkusuz önemli bir Ar-Ge başarısı. Ancak bu başarının asıl önemli yönü, hem endüstriyel alanda hem de bilimsel kurumlarda yeni teknolojik buluş ve açılımları teşvik edecek olması.

Bir Başarı Öyküsü: AKSA

Türkiye 2009 yılı içinde Yalova'daki AKSA Akrilik Kimya Sanayii tesislerinde ilk karbon elyaf deneme üretimini gerçekleştirerek, dünyadaki karbon elyaf teknoloji yarışına katılmış bulunuyor.

Bu sürpriz üretimin arka planını şirket Genel Müdürü Mustafa Yılmaz şöyle açıklıyor: "Yıllık 308 bin ton akrilik elyaf üretimiyle, dünyada yüzde 12,5'lük bir pazar payına sahibiz. Bu oran, bizi dünyanın en büyük akrilik elyaf üreticisi yapıyor."

Daha açık bir deyişle şirket, karbon elyafın hammaddesi olan akrilik elyaf üretiminde dünya lideri olunca, geleceğin malzemesi sayılan karbon elyafın üretimine de girmeye karar vermiş. Bu amaçla Yalova'daki fabrikada, 30 kişilik bir Ar-Ge kadrosu, bir laboratuvar ve 6000 m²'lik kapalı alanı olan pilot üretim tesisleri kurmuşlar. Projenin yaklaşık bütçesi ise 85 milyon dolar...

Firma karbon elyaf üretimi için hiçbir yerden lisans ya da bilgi satın almamış. İşe önce karbon elyafı araştırarak başlamışlar. Çünkü tüm dünyada karbon elyafın üretimine ilgili her tür bilgi sır gibi saklandığı için, her şeye sıfırdan başlamak zorunda kalmışlar. Öyle ki pilot tesisler için özel bir fırın gerekince, yurtdışındaki hiçbir karbon elyaf üreticisi şirket, bu fırını ve bilgisini vermemiş. Bunun üzerine AKSA, Ankara'daki bir üreticiyle anlaşmış ve baş başa verip bu özel fırını birlikte üretmişler. PETKİM'e bağlı Akrilonitril Fabrikası'nın yıllık 90 bin ton kapasiteyle akrilik elyafın hammadde-

si olan Akrilonitril üretmesi de AKSA'yı cesaretlendiren bir diğer etmen olmuş. "PETKİM ülkemizde olduğu sürece hammadde sorunumuz yok," diyor Mustafa Yılmaz.

Şirket, özel hedefleri olduğu, karbon elyaf lar da son kullanım alanlarında çeşitlilik gösterdiği için, A-35 ve A-40 adında ve karbon elyafa özel iki yeni polimer geliştirmiş. Böylece ürettikleri akrilik elyafın mekanik özelliklerini daha ileri bir düzeye taşımışlar. Bu iki yeni polimer dışında, şirketin özellikle basınçlı kaplar için üzerinde çalıştığı ve A-48 adında bir başka yeni polimeri daha bulunuyor.

Mustafa Yılmaz, "Dünya pazarlarında karbon elyaf ta rekabet için bu yeni özel ürünleri ortaya çıkardık" diyor. "Bu bile bizim için daha başlangıçta dünya çapında bir başarı..."

Çünkü şirket karbon elyaf üretiminde ana hedef olarak "basınçlı kapları" seçmiş ve üretim kalitesini de buna göre dengeliyor. Basınçlı kaplar denince, dalgıçların kullandığı tüplerden benzin depolarına, uçak yakıt tanklarından doğal gaz depolarına ve hidrojen depolayan uzay araçlarına kadar uzanan çok geniş bir ürün yelpazesi söz konusu.

Öyle ki, hidrojen depolamaya uygun olduğu düşünülen "karbon nanotüpler" bile var. Örneğin bir kurşun kalemin yarısı eninde ki bir karbon nanotüpün 40 bin kg'dan fazla yük taşıyabileceği öngörülüyor. Prof. Dr. Ferhat Yardım'ın verdiği bir örneğe çok ilginç: "Öyle karbonlar var ki 1 gramının yüzeyinde 5 bin m²'lik alan bulunuyor."



AKSA Genel Müdürü Mustafa Yılmaz Karbon elyaf konusu üzerinde yaptıklarını ve yapacaklarını heyecanla anlatıyor.

Şirket bütün araştırmalarında üniversite desteği de alıyor. İTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü ve Prof. Dr. Ferhat Yardım bu desteği verenlerden... Şirket ölçümler konusunda da İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü ile çalışıyor.

Kaynaklar

İstanbul Ticaret Odası, "Kompozit Sektör Raporu," Aralık 2006.
Yard. Doç. Dr. Salim Şahin, "Malzeme Seçimi/ Uzay Aracı Dış Malzemeleri," Celal Bayar Üniv. Müh. Fak. Makine Müh. Böl.
Prof. Dr. Oğuz Okay, "Polimerik Malzemelerin Bugünü ve Yarını" İTÜ Fen-Ed. Fak., Kimya Bölümü.

Ayhan Enişçi (Araştırma Görevlisi):
"Polimer Esaslı Kompozit Malzemeler ve Ürün Tasarımında Kullanılmaları," İTÜ Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü.
Akova, G, "Polimerik İleri Malzemeler," Metalürji Müh. Odası Yayını, Cilt 20, Sayı 32 (Ekim 1996).
www.aksa.com