

NANOTEKNOLOJİ VE TEKSTİLDE UYGULAMA ALANLARI*

Nanotechnology and Its Application Areas in Textile

Şeyda CELEP
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Erdem KOÇ
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma kapsamında; nanoteknoloji hakkında bilgi verilmiştir ve nanoteknolojinin tekstildeki uygulamaları incelenmiştir. Bu kapsamda; nanoteknoloji ile üretilen tekstil ürünlerine örnekler verilmiş ve tekstilde nanoteknoloji kullanarak yapılmakta olan bazı çalışmalar açıklanmıştır. Çalışmanın son kısmında; tekstil ürünlerinin nanoteknoloji sayesinde kazanmış oldukları özelliklerine nanolif, nanotüp gibi nano boyuttaki bazı malzemelerin ve nano ölçekli yüzey oluşturmak için kullanılan teknolojilerin sebep olduklarından bahsedilmiştir. Ayrıca bu malzeme ve teknolojilerin tekstil ürünlerine ne gibi özellikler kazandırdıkları üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, Nanoteknoloji, Nanolif, Nanotüp

ABSTRACT

In this study; the information about nanotechnology is given and the applications of nanotechnology in textile are investigated. In this scope; the examples about the textile products fabricated with nanotechnology are given and some of the studies are explained which are being done with using nanotechnology in textile. In the last part of study; it is mentioned that the properties obtained by nanotechnology of textile products were caused by some of nanosize materials as nanofiber, nanotube and the technologies used for forming nanoscale surface. It is also emphasized that what kind of properties are obtained to textile products by this materials and technologies.

Key Words: Textile, Nanotechnology, Nanofiber, Nanotube

Giriş

“Nanoteknoloji” kavramı; nano ve teknoloji kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Teknoloji, yararlı ürünler üretmeye ve yeni ürünler tasarlamaya yarayan bilgiler bütünüdür (Ayhan, 2002). Nano, Yunanca “cüce” demektir. Nano ile tanımlanan ifadeler, herhangi bir ölçünün milyarda birini gösterir. Örneğin; nanometre, metrenin milyarda birini ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) ifade etmektedir. Nanoyapılar uzunluk olarak bakıldığında yaklaşık 10-100 atomluk sistemlere (10^{-9} metre) karşılık gelmektedirler (Özdoğan ve ark, 2006a). Nanoteknoloji kapsamına giren malzemeler için 100 ile 1 nanometre (nm) (1/10 milyon metre ile 1/1 milyar metre) arasındaki herhangi bir büyüklük (uzunluk, genişlik veya kalınlık) ifade edilmektedir (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

* Yüksek Lisans Tezi-MSc. Thesis

Bir malzemenin sahip olduğu özellikler, malzemenin bir ya da daha fazla doğrultudaki büyüklüğü nanometre düzeyinde küçültüldüğünde değişmektedir. Örneğin, normalde kırılkan bir malzeme olan seramik, tanecik büyüklüğü nanometre değerine indirildiğinde kolaylıkla deforme olup şekillendirilebilmektedir. 1 nm büyüklüğündeki altın tanesi kırmızı renk göstermektedir. Nano büyüklükteki tozlarla takviyelendirilen kompozit malzemeler çok daha yüksek performans değerlerine ulaşmaktadırlar.

Nanoteknoloji, maddenin atomik-moleküler boyutta mühendisliğinin yapılarak yepyeni özelliklerinin açığa çıkarılması; nanometre ölçeğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması, kontrolü ve üretimi amacıyla, fonksiyonel materyallerin, cihazların ve sistemlerin geliştirilmesidir. Bir başka ifade ile araçların, malzemelerin ve yapıların moleküler düzeyde işlenmesi, oluşturulması ve manipüle edilmesi olarak tanımlanmaktadır (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Bilim adamları 20. yüzyılın sonunda nanometre ölçülerinde bilime yönelmişlerdir. Atomların doğrudan görüntülerini veren taramalı tünelleme mikroskopunun ve bundan türetilen atomik kuvvet mikroskopunun keşfi, nanometre boyutlarında fiziğe ve kimyaya çok güçlü bir göz kazandırmıştır. Bu mikroskoplarla nanometre aleminde çeşitli süreçleri, etkileşimleri, kimyasal reaksiyonları gözlemek ve atomları teker teker kontrollü bir şekilde istenen yerlere taşıyıp yapay malzemeler oluşturmak mümkündür. Bilimde elde edilen gelişmeler ve varılan bu sonuç nanometre boyutlarında malzemelerin teknolojiye ne kadar büyük olanaklar kazandırabileceğini göstermiştir. Otomotiv ve benzeri imalat sanayilerinde kar marjının düşmüş olduğu ABD’de iktisatçılar bu olanakları herkesten önce görüp Başkan Clinton’ı etkileyerek nanoteknolojiyi öncelikli alan olarak ilan ettirmişlerdir. Bundan sonra, 1997’den itibaren konu bütün dünyada hızla gelişmiştir. Şimdi nanoteknoloji bilgisayar devrimini izleyen ve 21. yüzyıla damgasını vuracak bir teknoloji devrimi olarak değerlendirilmektedir (Çıracı, 2007a).

Nanoteknolojinin sağlamış olduğu üstün özelliklerden yararlanarak çeşitli alanlarda (tıp, elektronik, savunma, tekstil vb.) yeni ürünler elde edilebilmektedir. Hızlı bir şekilde gelişen nanoteknoloji pazarının 2015 yılında 1 trilyon dolarlık bir ciroya ulaşacağı tahmin edilmektedir. Nanoteknoloji malzemelerinin pazar büyüklüğünün 340 milyar doları aşacağı, elektronikteki nanoteknolojik ürünlerin ise 300 milyar doları bulacağı belirtilmektedir (Ersan, 2007).

Yeni yüzyılda kritik bir teknoloji devrimi olarak görülen nanoteknoloji hala kuluçka dönemindedir. Bu kritik teknolojinin 2025 yılına kadar gelişmesini tamamlaması ve hayatın her alanına girmesi beklenmektedir (Bayındır, 2007a).

Türkiye bugüne kadar teknoloji tüketen bir ülke olmuştur ve teknoloji üretmemenin cezasını teknoloji üreten ülkelere çok büyük miktarlarda para ödeyerek çekmiştir. Nanoteknoloji, gelişmekte olan yeni bir teknolojidir. Bu teknolojiyi kullanarak üstün niteliklere sahip malzemeler elde etmek mümkündür. Üretim sırasında harcanan para az olmakla beraber, bu teknolojiyi kullanarak üretim yapamayan ülkelere yapılan satışlar neticesinde çok fazla miktarda kar elde edilmektedir. Yani nanoteknoloji sayesinde katma değeri yüksek ürünleri elde etmek mümkün olmaktadır.

Nanoteknolojinin birçok uygulama alanından birisi tekstildir. Tekstil, Türkiye'nin ihracatta en fazla kazanç sağlamakta olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Fakat son yıllarda yaşanan ekonomik kriz, Uzakdoğu ülkelerinin pazara hakim olması vb. problemler yüzünden tekstil sektörü kan kaybetmiştir. Nanoteknoloji, Türk tekstil sektörünün canlanmasına katkıda bulunabilir. Türkiye'de bazı firmalar nanoteknolojiyi kullanarak tekstil ürünleri üretmiş ve piyasaya sürmüşlerdir. Fakat bu firmaların sayısının yetersiz olduğunu belirtmek önemlidir. Dolayısıyla Türkiye'nin nanoteknoloji ile ilgili alması gereken çok yol vardır. Bu çalışma kapsamında nanoteknolojinin tekstildeki uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Tekstil malzemelerinde nano-teknoloji uygulamaları temelde iki başlıkta incelenebilir (Cireli ve ark, 2006):

- Farklı fonksiyonlara sahip nano boyutlarda yeni tekstil malzemeleri üretmek: Bu ürünler; nanolifler, nanotüpler ve nanokompozitlerdir.
- Tekstil materyalinin var olan fonksiyonları ile performanslarını nanoteknoloji yardımı ile geliştirmek: Bu iki şekilde gerçekleştirilebilir:
 - Lif, iplik veya kumaş yüzeyine farklı özellikler kazandıran nanopartiküller, nanokompozitler vb. eklemek,
 - Atom ve moleküllerin yerleri ile oynayarak, ileri teknolojilerle (plazma, sol-jel vb.) ile kaplama yaparak yeni/fonksiyonel yüzey tabakaları elde etmek.

Tekstilde nanoteknoloji uygulamaları, nano-tekstiller olarak adlandırılabilir. Nano-tekstil tanımı, nanoteknoloji uygulamaları sonucu elde edilen tüm tekstil yüzeylerini ifade etmektedir. doğal ve sentetik tüm tekstil ürünlerinin yapıtaşları moleküllerdir. Bu moleküller, lif oluşturacak şekilde dizilirler, lifler de iplik eldesi için kullanılırlar. Bir kumaşın kullanım performansını geliştirmenin kalıcı yolu kumaşı meydana getiren liflerin, moleküler düzeyde takviyelendirilmeleriyle mümkündür (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Tutum, mukavemet, hava geçirgenliği, ıslanma gibi fiziksel ve mekanik özellik kaybının az olması, düşük kimyasal kullanımı ve düşük enerji maliyetleri nanoteknolojinin tekstil ve giysi uygulamalarında kullanılmasının sebepleridirler (Göcek ve ark, 2006).

Materyal ve Metot

Materyal

Nanoteknoloji; malzeme ve imalat sektörü, elektronik ve bilgisayar teknolojileri, tıp ve sağlık sektörü, havacılık ve uzay araştırmaları, çevre ve enerji, biyoteknoloji ve tarım, savunma sektörü, tekstil başta olmak üzere birçok uygulama alanına sahiptir. Bu çalışmada nanoteknolojinin tekstildeki uygulama alanları üzerinde durulduğu için tekstil materyalleri hakkında bilgi vermekte fayda görülmüştür. Tekstil materyallerinin temelini lifler oluşturmaktadır. Lifler; doğal ve sentetik olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Liflerden iplikler ve nonwoven kumaşlar elde edilir. Elde edilen ipliklerden de dokuma ve örme kumaşlar elde edilir.

Tekstil materyalinin var olan fonksiyonları ile performanslarını nanoteknoloji yardımıyla geliştirmek mümkün olduğu gibi ayrıca nanoteknoloji sayesinde farklı fonksiyonlara sahip nano boyutlarda yeni tekstil malzemeleri (nanolifler, nanotüpler ve nanokompozitler) üretmek de mümkün olmaktadır. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında materyal olarak; mevcut tekstil materyalleri ve nano boyutlarda üretilen yeni tekstil malzemeleri belirtilmiştir.

Metot

Bu çalışma kapsamında nanoteknoloji ve tekstildeki uygulamaları ile ilgili kaynak araştırması yapılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde elde edilen kaynakların detaylı bir şekilde incelenmesi sonucu elde edilen bilgiler sentezlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma Bulguları

Tekstil ve hazır giyim ürünlerine su geçirmezlik, leke tutmazlık, buruşmazlık, antimikrobiyal, anti statiklik, UV koruyuculuk, yanmazlık veya güç tutuşurluk ve daha iyi boyanabilirlik gibi özellikler kazandıran nanoteknoloji tabanlı ürünler geliştirilmiştir ve bu ürünlerin kullanımları yaygınlaşmaya başlamış bulunmaktadır (Üreyen, 2007). Şekil 1'de gösterilen tekstil ürünleri nanoteknoloji ile üretilmişlerdir.



Şekil 1. Nanoteknoloji ile üretilen tekstil ürünleri (Bayındır, 2007b)

Şekil 1'deki antimikrobiyal çorap; kötü kokmama, mantarları öldürme, içerisinde milyonlarca görünmez gümüş nanoparçacıklar bulundurma, antimikrobiyal etkisini 50 yıkama sonunda bile %99.9 oranında koruma özelliklerine sahiptir. Şort; hızlı kuruma, su tutmama, zararlı UV ışınlarını geçirmeme özelliklerine sahiptir. Pantolon ise; kir tutmama ve kırışmama özelliklerine sahiptir (Bayındır, 2007b).

Isı, ışık, basınç, kimyasal gibi çeşitli dış etkilerdeki değişmelerle renk değiştiren ürünler geliştirilmiştir. Bu ürünler dekoratif amaçlı kullanılabilirler. Ayrıca bu ürünler nabız, sıcaklık, tansiyon gibi vücut fonksiyonlarındaki değişmeleri belirleyip kullanıcıyı uyarmak amacıyla da kullanılabilirler (Üreyen, 2007).

Gerektiğinde ilaç veren, mikroorganizmalardan ve zehirli gazlardan koruyan, güzel koku veren, yaraları tedavi etmeye yarayan, aromaterapik ürünlerle insanların kendilerini daha iyi hissetmelerini sağlayan tekstil ürünleri şimdiden piyasaya sürülmeye başlanmıştır (Üreyen, 2007).

Özel polimerler sayesinde terin emilip vücudun kuru kalmasını sağlayan giysiler şimdiden geliştirilmiştir (Çıracı, 2007b). Yeni yapılan fiberlerin elbise içine dokunmasıyla lazerli silahla nişan alındığında anında haber veren elbiseler yapılabilmektedir. Ayrıca bu teknoloji ile gerektiğinde sertleşerek zırha dönüşen elbiseler üretilebilmiştir (Anonym, 2007a).

Greenyarn LLC isimli şirketin geliştirmiş olduğu Ecofabric, bambukarbon nanoparçacıklardan üretilmektedir. Bu dokuma malzemesi bakteri ve mantar tutmama gibi özelliklerinin yanı sıra, deodorant salgılamaktadır, kızılötesi radyasyonu emmektedir ve yaymaktadır, ısıyı düzenlemektedir ve statik elektrik birikimini engellemektedir. Ayrıca kan dolaşımını düzenlemektedir ve metabolizmanın doğru çalışmasını sağlamaktadır. Ecofabric'ten üretilen ürünler vücut ile temasta havlu hissi uyandırmaktadırlar ve teri çok hızlı bir şekilde dağıtmaktadırlar. Bu malzemeden üretilen dirsek koruyucu, tenis dirseği gibi kemik hastalıklarında dirseği koruyucu ve tedavi edici bir özelliğe sahiptir (Anonym, 2007b).

Goodweave Textiles Co. Ltd tarafından üretilen nanogümüş antibakteriyel ve deodorantlı ayakkabı tabanları, ayakları terleyen, aşırı koku çıkartan, mantar oluşumuna yatkın ayaklar için pratik bir çözüm getirmektedir. Gümüş parçacıkların bakteri ve mantar tutmama özelliklerinden yararlanılarak üretilen bu ayakkabı tabanlıkları, ayaktaki kan dolaşımını da düzenleyerek kaşıntı ve mantar oluşumu riskini de ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca içermiş olduğu deodorant, ayakkabı çıkartıldığında ayaktan hoş bir koku yayılmasını sağlamaktadır (Anonym, 2007b).

Japon Kanebo Spinning Corp Firması, normal poliesterden 30 kat daha fazla nem absorplama kapasitesine sahip poliester ipliği üretmiştir. İplik özellikle iç çamaşırları yapımında kullanılmaktadır. PES iplik toplam 20 katmandan oluşmakta olup, tabakaların toplam kalınlığı 50 nm civarındadır. Yine Japon firması Toray Industries Inc ultra tarafından üretilen nano incelikte naylon iplikleri de üstün nem absorplama özelliğine sahiptir (Özdoğan ve ark, 2006b).

Son 10 yılda nanoteknolojinin gelmiş olduğu nokta, tekstil teknolojisi alanındaki hızlı gelişmeyi desteklemiştir. Önümüzdeki 25 yıl içinde tekstil sektöründe nanoteknolojinin sebep olacağı öngörülen gelişmeler beklenmektedir. Bu gelişimlerin öncüsü askeri giysiler olacaktır. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) 21. yy'ın askerleri için nanoteknolojiyi kullanarak "süper üniformalar" geliştirmeye çalışmaktadır. Bu üniformalar, kamuflajı desteklemek üzere renk değiştirme, faz değiştiren malzemeler ile kırık durumunda destek vazifesi görecektir. Bu biçimde sıkışma hatta yapay kas geliştirme ve enerji depolayabilme gibi spesifik özelliklere sahip kumaşlardan (morph fabrics) oluşacaklardır. Bu kumaştaki lifler, ortam sıcaklığı veya hava sirkülasyonuna bağlı olarak daralacaklardır veya genişleyeceklerdir. Nanosensör geliştirilmiş kumaşlar, askerin vücut sinyallerini tıp merkezine ileteceklerdir, kumaştaki entegre iletişim ve dolaşım ekipmanları ile yaralı bir askerin sağlık bilgilerini ve konumunu merkeze bildirerek müdahale hızını arttıracaklardır. Nanoteknoloji ile üretilmiş üniformalar günümüzde kullanılanlardan %80 daha hafif olacaklardır (kağıt ağırlığında ancak hafif ve esnek), ortamdaki biyolojik veya kimyasal tehlike durumuna moleküler düzeyde adapte olarak

geçirgenliklerini kaybedeceklerdir. Bu üniformalar, ortamın sıcaklık, ışık, hava kalitesi vb. değişikliklerini kolayca fark edeceklerdir, nanokaplamayla geliştirilmiş özel lifler karanlıkta dahi ayırt edilebilir olacaklardır, böylece askerler birbirlerini kilometrelerce uzaktan seçebileceklerdir, karanlık ortamlarda düşmanı ayırt edebileceklerdir (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Gümüş iplikler ve kumaşlar ile antimikrobiyal özelliklerin artırılması, kuş gribi, koli basili gibi biyolojik zararlılara duyarlı renk değişimi, kendi kendini temizleyebilen tekstil uygulamaları, entegre ipod kontrolü yapabilen ceketler, elektro kardiyografi kaydı alabilen gömlekler, çok az kimyasal madde kullanılarak yapılabilen plazma uygulamaları halen üzerlerinde çalışılan projeler ve uygulamalardır. Tekstil materyallerinde tıbbi ve hijyenik uygulamalar için nano kaplamalar ile nano gözenekli fonksiyonel kaplamalar da üzerlerinde araştırmalar yapılan diğer nanoteknoloji konuları olarak görülmektedir.

Yüksek moda ürünü tekstillerde renklendirici olarak altın nanopartiküller kullanılması konusunda Yeni Zelanda'nın Victoria Üniversitesi'nde çalışmalar yapılmaktadır. Boyamada altın solüsyonunun oranının, partikül boyutunu ve dolayısıyla rengi etkilediği yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur. Rengin kalıcılığı liften 1000 defa daha küçük olan nano partikül boyutuna bağlı olarak değişmektedir, ki bu da altın ile renklendirilmiş, renkleri bozulmaz yeni moda kumaşlar ve tekstil materyalleri geliştirilmesine imkan verecektir (Türkant ve Akalın, 2007).

Japon Teijin Fibres Ltd parlak poliester üretimi için çalışmalarını sürdürmektedir. Poliester substratı farklı refraktif indekslere sahip yaklaşık 60 kat poliester ve naylon ile kaplanmıştır. Kalınlığı sadece 69 nm olan tabakalar, ışığı kırarak gözlemcinin bakış açısına ve ışığın kumaşa geliş açısına göre "mistik" bir yansıma oluşturmaktadırlar (Özdoğan ve ark, 2006b). Bir Japon lif üreticisi, patentli bir metot geliştirmiş olup, bununla polyester liflerine, süper ince merinos yününün vasıflarını verebilmektedir. Makine üretiminde de aşınmaya karşı dayanıklılık, korozyona karşı koruma yada ısı dayanıklılığı hususunda, nanoteknoloji ile satılma kaplama suretiyle, makinenin vasıfları daha da iyileştirilmektedir (Anonym, 2007c).

Bir kumaşın mukavemet ve sertlik değerlerini arttırmak amacıyla kumaştaki liflerin moleküler düzeyde karbon molekülleriyle takviyelendirilmelerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Karbin, karbonun sp-hibritlenmesiyle elde edilen lineer allotropudur ve yapısında sırayla tek ve üç bağ yapan karbon atomları bulunur. Karbinin uzun molekül zincirli formda elde edilmesi ve yüksek elastikiyet sergilemesi nedeniyle lif takviyelendirmesinde kullanılması mümkün olmuştur (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Yakın bir gelecekte tekstil ürünleri bilgisayar, yol bilgisayarı, müzikçalar, cep telefonu, internet bağlantı elemanı gibi işlevlere sahip olacaklardır (Üreyen, 2007). Nanoteknoloji tekstil için gerçekten uzak gibi görünen birçok projeyi gerçekleştirebilecek potansiyele sahip gözükmektedir. Örneğin yırtık, patlak vb. hasarları mikrosensörlerle fark edip programlanmış mikro makineler vasıtasıyla kendi kendini onaran kumaşlar üretilebilir. Büyük kumaş parçaları, mikroskobik mekanik tutucularla dikişsiz birleştirilebilirler. Ultraesnek, ultrince kumaşlar

astronotların uzayda daha kolay hareket etmelerini sağlamak için üretilebilirler. Başka bir fikir birbiriyle vidalar ile bağlanmış küçük hücresele birimlerden oluşan materyallerdir. Örneğin bu yapıdaki bir kumaş kullanan kişinin isteğine göre şekil değiştirebilir (Erkan ve ark, 2005; Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Tartışma ve Sonuçlar

Nanoteknoloji ile yapılan üretim ucuz ve temiz olmakla birlikte elde edilen ürünlerin finansal karşılığı oldukça yüksektir. Nano ürünler çok küçük boyutlarından ötürü beklenmeyen etkileşimlere neden olabilirler. Dolayısıyla sağlık açısından gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında tekstil sektöründe nanoteknoloji sayesinde üretilen ürünlere örnekler verilmiş ve tekstilde nanoteknoloji kullanarak yapılmakta olan çalışmalardan söz edilmiştir. Tekstil ürünlerinin nanoteknoloji sayesinde kazanmış oldukları özellikler yapılarındaki nano boyuttaki malzemelerden (nanolifler, nanotüpler, nanokompozitler vb.) ve nano ölçekli yüzey oluşturmak için kullanılan teknolojilerden kaynaklanmaktadır. Aşağıda bu malzemelerin ve teknolojilerin tekstil ürünlerine ne gibi özellikler kazandırabildiklerinden bahsedilmiştir: Nanolifler; su geçirmezlik, leke tutmazlık, kırışmazlık gibi kumaş performans özelliklerinde yüksek derecede artış sağlanmıştır (Demir ve ark, 2007).

Çok katmanlı karbon nanotüpler kullanılarak, iplik prosesinde büküm esnasında belirgin mukavemete sahip çok katlı iplik oluşturulabilir. Karbon nanotüpler diğer doğal ve sentetik liflere göre daha sert yapıda olup gerilme dayanımı örümcek ağıyla eşdeğerdir. Karbon nanotüp içeren kumaşlar; sensörler, elektronik iç bağlantılar, elektromanyetik dalgaları engelleyiciler, antenler ve elektrik depolayan batari içeren elektronik tekstil uygulamalarında kullanılırlar (Göcek ve ark, 2006). Karbon nanotüp ile polivinilalkol lifinin koagüle banyosunda çekim yöntemi ile, elde edilen kompozit lifin mukavemet ve rijitlik değerlerinin, aynı ağırlık ve uzunluktaki çelikten 20, kevlerden 17 kat daha büyük oldukları bulunmuştur. Böyle bir lif, savunma amaçlı tekstil yüzeylerinin üretiminde önemli bir potansiyel göstermektedir. Karbon nanotüplerin, polimetilakrilat ve poliakrilonitril gibi farklı liflerle kompozit lif eldelerine yönelik çalışmalar halen sürmektedir (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Nanokompozit lif yapıları ile lifler modifiye edilebilirler. Polimer matris veya kaplamaya katılan nanopartiküller, yüksek sürtünme dayanımı, kolay temizlenebilme, farklı optik performans kazandırabilirler, boya alma kapasitelerini arttırabilirler. Nanokompozit teknolojisi, yapılarına katılan çevreci nanoparçacıklarla polimerik malzemelerin yanma/tutuşma davranışını zorlaştırıcı yönde kullanılabilir. Polyester, naylon ve polietilen matrislerine, ağırlık oranı %5 ile %20 arasında karbon nanopartikül ekleyerek elde edilen kompozitlerin, adı geçen polimer matrislerin kimyasal dayanım ve elektrik iletkenliğini arttırdıkları bulunmuştur (Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Kil nanopartikülleri elektrik, ısı ve kimyasal dayanıma sahiptirler. Ayrıca UV ışığını bloke etme yeteneğine sahiptirler. Bu sayede içerisine kil nanopartikülleri yerleştirilmiş lifler güç tutuşurluk, anti UV ve anti korrozif davranışlar gösterirler

(Erkan ve ark, 2005). Nanokil, montmorillonite ve bazı modifiye edilmiş nanokiller; anyonik, katyonik ve nötr boyalar için emici madde olarak kullanılmaktadırlar. Boya emilimini geliştirmek için emici madde, kompozit oluşturması için polimer matrikse fiziksel olarak eklenir. Nanokilden yapılmış emici maddenin boya emme yeteneğinden dolayı bu kompozitten yapılmış olan tekstil yüzeyleri çok iyi bir boyanabilme, renk haslığı, boyamada daha az maliyet ve atık su arıtılmasında daha az problem gibi özelliklere sahiptirler (Göcek ve ark, 2006).

Kil nanopartiküllerin yanı sıra metaloksit nanopartiküller de tekstil uygulamalarında kullanılmaktadırlar. TiO_2 , Al_2O_3 , ZnO ve MgO gibi metal oksitler fotokatalitik, elektrik iletkenliği, UV absorpsiyonu ve fotooksidasyon özelliğine sahiptirler. ZnO içeren naylon lifleri UV koruma sağlarken aynı zamanda lifin statik elektriğinin azalmasını da sağlamaktadırlar. TiO_2/MgO nanopartikülleri içeren kompozit bir lif kendi kendine sterilizasyon fonksiyonunu sağlamaktadır. Fotokatalitik özelliği ile koruyucu giysi yapımında da aktif karbon uygulamalarının yerini almaya başlamışlardır (Erkan ve ark, 2005).

Tekstil malzemelerine entegre edilen faz değiştiren materyaller (PCM'ler) sadece birkaç mikrometrelik küreler (mikro-kapsüller) içine yerleştirilmişlerdir, PCM mikrokapsüller olarak adlandırılırlar. PCM'ler ısı düzenleme amaçlı olarak, yani ısının absorblanmasında ve gerektiğinde absorblanan ısının açığa çıkarılmasında kullanılırlar. Öncelikle giysi içerisine yerleştirilen PCM'ler vücuttan yayılan veya emilen ısı enerjisini aktif bir şekilde dengeleyerek dış ortam ile insan vücudu arasında yalıtkan bir tabaka oluştururlar (Erkan ve ark, 2005; Cireli ve ark, 2006). PCM'lerle sınırlı süre de olsa kendi kendini ısıtan ve soğutan tekstil ürünleri yapılmaktadır (İkiz, 2007).

Biçimsel hafızalı materyaller (SMM'ler), aşırı sıcak veya soğuk ortam şartları karşısında yalıtım ve koruma özelliğinin artırılması amacıyla kullanılmaktadırlar. Kromik malzemeler ise, aynı zamanda bukalemunsu liflerdir; yani çeşitli çevresel şartlar doğrultusunda renk değiştirebilme yeteneğine sahiptirler (Erkan ve ark, 2005).

Hali hazırda uygulanan bitim işlemlerinin etkilerini geliştirmek için nanoteknolojiden faydalanılmaktadır. Bitim maddeleri nano boyutlarda emülsifiye edilerek (nano-misellerle, nano-sollarla veya nano-kapsüllerle) böylece daha düzgün aplikasyon gerçekleştirilir. Bu işlem sonucunda; kalıcı buruşma dayanımı, su-kir-yağ itici, yüksek boyutsal stabilite, hidrofilik, hidrofobik, güç tutuşur, UV dayanımı, koku giderici, yüksek iletkenlik, bio-parçalanma vb. özellikleri kumaşlara kazandırılabilir. Nano ince kaplamalar, yüzeylerin optik özelliklerini değiştirerek kamuflaj yeteneğini arttırırlar (Erkan ve ark, 2005; Kut ve Güneşoğlu, 2005).

Nanoölçekli yüzey oluşturmak için kullanılan teknolojiler; plazma ile yüzey modifikasyonu, sol-jel teknolojisi ve mikrokapsülasyon uygulamasıdır. Plazma polimerizasyonu; kumaşlara su-kir iticilik, ıslanabilirlik, güç tutuşurluk gibi fonksiyonel özellikler vermek için tekstillerin birçok bitim işleminde kullanılmaktadır. Sol-jel teknolojisinin tekstilde kullanım alanları; su, yağ ve kir iticilik, kokuların kontrollü salınımı, biyokatalitik özellikler, biyoyumluluk özellikleri, elektrik iletkenliği, boyama dayanımı vb.'dir. Ayrıca, sol-jel teknolojisinin tekstil

endüstrisinde; fotokromik, elektrokromik ve termokromik tekstiller üretiminde, haslıkların geliştirilmesinde, bariyer özelliklerinin modifikasyonunda, tekstilin; filtrasyon, adsorpsiyon, seçici-geçirgenlik, buruşmazlık, UV-koruyucu ve güç tutuşurluk özelliklerinin iyileştirilmesinde, süper hidrofob (kendi kendini temizleyen) kumaşların üretiminde, antimikrobiyel kumaşların üretiminde kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Tekstilde mikrokapsülasyon uygulamaları; kokuların, kozmetiklerin (nemlendiricilerin vb.), böcek kovucu maddelerin, güç tutuşur maddelerin, vitaminlerin ve ilaçların aplikasyonları, antimikrobiyel maddelerin uygulanması, boyamalar ve faz değiştiren materyallerin uygulanması şeklinde özetlenebilir (Cireli ve ark, 2006).

Nanoteknoloji; ürüne, kullanım süreci içerisinde anlaşılabilir yeni özellikler katması ve her tip kumaşa uygulanabilmesi açısından tekstil firmalarına cazip gelmektedir. Ayrıca insanların nanoteknoloji kullanılan ürünlerin dayanıklılığını bilmeleri de pahalı olmasına rağmen bu ürünleri tercih etmelerini ve dolayısıyla üreticilerin ciddi bir kar marjına sahip olmalarını sağlamaktadır (Anonym, 2007d). Türkiye tekstil sanayisinde nanoteknolojinin kullanımını bilhassa bitim/terbiye aşamasında yaygınlaşmaktadır. Önemli markalara üretim yapan firmalar, nano-bitim işlemi görmüş koleksiyonlar hazırlamaktadırlar (Kut ve Güneşoğlu, 2005). Türk tekstil sanayisinin nanoteknolojiye daha fazla önem vermesi oldukça önemlidir. Bu sayede yüksek katma değerli tekstil ürünleri elde edilebilir. Dolayısıyla Türk tekstil sektörü gelişme kaydederek ciddi karlar elde edebilir.

Kaynaklar

- ANONYM, 2007a. Nanoteknoloji üssü kuruluyor. 24 Şubat 2007. <http://arsiv.sabah.com.tr/2005/08/12/eko95.html>
- ANONYM, 2007b. Nanoteknoloji. 24 Şubat 2007. http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=49514&tipi=&sube=0
- ANONYM, 2007c. Her alanda nano teknolojisi. *Tekstil&Teknik*. 23(264):138.
- ANONYM, 2007d. Nanoteknoloji-nanotekstil. 24 Şubat 2007. <http://www.yalindanismanlik.com/yazilar/nanoteknoloji.htm>
- AYHAN, A. 2002. Dünden Bugüne Türkiye’de Bilim-Teknoloji ve Geleceğin Teknolojileri. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.. İstanbul. 455s.
- BAYINDIR, M. 2007a. Türkiye’de nanoteknoloji. 24 Şubat 2007. http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/GuncelYazilar/Turkiyede_Nanoteknoloji.pdf
- _____. 2007b. Nanoteknoloji. 1 Mart 2007. http://nano.bilkent.edu.tr/docs/NanoTeknoloji_UNAM1.pdf
- CİRELİ, A., KUTLU, B., ONAR, N., ERKAN, G. 2006. Tekstilde ileri teknolojiler. *Tekstil ve Mühendis*. 13(61):7-20.
- ÇIRACI, S. 2007a. 21. Yüzyılda yeni bir sanayi devrimi: Nanoteknoloji. 1 Mart 2007. http://nano.bilkent.edu.tr/docs/Nanoteknoloji_Devrimi.pdf
- _____. 2007b. Metrenin bir milyarda birinde bilim ve teknoloji. 24 Şubat 2007. <http://www.nano.bilkent.edu.tr/docs/BT-Yeni-Ufuklar.pdf>

- DEMİR, A., KOZANOĞLU, G.S., DAŞDEMİR, M. 2007. Elektrospinning yöntemiyle nanolif üretim teknolojisi. 24 Şubat 2007. <http://www20.uludag.edu.tr/~tekstil/alidemir.pdf>
- ERKAN, G., ERDOĞAN, Ü.H., KAYACAN, O. 2005. Tekstil sektöründe nanoteknoloji uygulamaları. TMMOB Makina Mühendisleri Odası-TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, 11-12, Kasım, Gaziantep. 19-27.
- ERSAN, I. 2007. Sigorta sektörü nanoteknoloji devrimine hazır mı?. 1 Mart 2007. http://nano.bilkent.edu.tr/docs/Best_dergisi.pdf
- GÖCEK, İ., KURŞUN, S., KÜÇÜK, G. 2006. Tekstil endüstrisinde nanoteknoloji uygulamaları. 7 Aralık 2006. http://www.tekstilteknoloji.com.tr/KasimHaberler/Tekstil_Endustrisinde.pdf
- İKİZ, Y. 2007. Tekstilde nanoteknoloji. 24 Şubat 2007. <http://www.nano.bilkent.edu.tr/Basin/NanoTekstil.pdf>
- KUT, D., GÜNEŞOĞLU, C. 2005. Nanoteknoloji ve tekstil sektöründeki uygulamaları. Tekstil&Teknik. Şubat:224-230.
- ÖZDOĞAN, E., DEMİR, A., SEVENTEKİN, N. 2006a. Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları. Tekstil ve Konfeksiyon. 16(3):159-163.
- _____. 2006b. Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları (bölüm 2). Tekstil ve Konfeksiyon. 16(4):225-229.
- TÜRKANT, B., AKALIN, M. 2007. Sanayi ve moda için nanoteknolojiler ve akıllı tekstiller. 24 Şubat 2007. http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/NANOTEKNO_KONF_NOTU_RESIML I.WEBdoc.pdf
- ÜREYEN, M.E. 2007. Nanoteknoloji ve Türk tekstil ve hazır giyim sektörleri. 24 Şubat 2007. <http://www.nano.bilkent.edu.tr/Basin/ NanoTekstil.pdf>