



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)

<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>



Polimer Esaslı Nanokompozitler ve Tekstil Uygulamaları

Polymeric Nanocomposites and Their Textile Applications

Ayşin DURAL EREM, Gülay ÖZCAN
İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Teknolojileri ve Tasarım Fakültesi, İstanbul

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 01 Nisan 2013 (01 April 2013)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Ayşin DURAL EREM, Gülay ÖZCAN (2013): Polimer Esaslı Nanokompozitler ve Tekstil Uygulamaları, Tekstil ve Mühendis, 20: 89, 36-47.

For online version of the article: <http://dx.doi.org/10.7216/130075992013208905>



Derleme Makale / Review Article

POLİMER ESASLI NANOKOMPOZİTLER VE TEKSTİL UYGULAMALARI

Ayşin DURAL EREM*
Gülay ÖZCAN

İstanbul Teknik Üniversitesi
Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul

Gönderilme Tarihi / Received: 31.07.2012
Kabul Tarihi / Accepted: 20.02.2013

ÖZET: Nanoteknolojinin gelişmesi ile nanokompozitlerin üretimi ve kullanımı artmıştır. Nanokompozitlerin en yaygın kullanılanlarının başında polimer nanokompozitler gelmektedir. Polimer nanokompozitler, polimer matrislere eriyikten lif çekimi esnasında, tanecik, tüp ya da lif formundaki nano boyutlu dolgu maddelerinin karıştırılması ile elde edilmektedir. Polimer nanokompozitlerin kullanımı sayesinde daha mukavemetli, daha dayanıklı ve fonksiyonel ürünler üretmek mümkün olmaktadır. Nanokompozitlerin tekstil sektöründe kullanımı ile antimikrobiyal, UV dayanımlı, yüksek mukavemetli, elektrik iletken ve kir tutmaz özelliğe sahip tekstil ürünleri üretmek mümkün olmuştur. Bu çalışmada, polimer nanokompozitlerin üretiminde kullanılan nano malzemeler hakkında bilgi verilerek son yapıya kattıkları özellikler açıklanmaktadır. Ayrıca nanokompozitlerin farklı üretim teknikleri karşılaştırılarak üretim yönteminin nanokompozitlerin kullanım alanlarını nasıl değiştirdiği incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, nanokompozitler, nanotanecekler, nanolifler

POLYMERIC NANOCOMPOSITES AND THEIR TEXTILE APPLICATIONS

ABSTRACT: Production and use of nanocomposites increased with the development of nanotechnology. Polymer nanocomposites are the most widely used nanocomposite types. They are obtained by mixing polymer melt and nano fillers such as fibers particles and tubes. With the use of polymer nanocomposites, it is possible to produce more strong, durable and functional products. With the use of nanocomposites in the textile industry, textile products with antimicrobial, UV-resistant, high-strength, electrically conductive, dirt-resistant properties has been able to produce. In this study, nano materials used in the production of nanocomposite will be introduced and their effects on the nanocomposites will be discussed. Also by comparing the production methods of nanocomposites, the production methods will be explained how to alter application areas of nanocomposites.

Keywords: Nanotechnology, nanocomposites, nanoparticles, nanofibers

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: dural@itu.edu.tr

DOI: 10.7216/130075992013208905, www.tekstilvemuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji nano boyuttaki yani metrenin milyarda biri mertebesindeki yapılar ve işlemlerle ilgilenen bir teknolojidir. Daha geniş bir anlatımla maddenin atomik moleküler boyutta yani nano boyutta mühendisliği yapılarak yeni ve farklı özelliklerinin açığa çıkartılması ve nano boyutundaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılabilir ve kontrollü üretimi için, işlevsel malzemelerin ve sistemlerin geliştirilmesidir [1].

Boyutları nano mertebesine inen malzemelerin kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinde belirgin farklar görülmektedir. Malzemelerin makro boyutta gözlenemeyen özellikleri ortaya çıkmaktadır [2]. Nano malzemelerin yüzey davranışları makro boyutlu malzemelerin davranışlarına göre farklılık göstermektedir.

Malzemeleri nano boyuta indirmek için yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı olarak bilinen iki temel strateji kullanılmaktadır. Yukarıdan aşağı stratejisinde temelde fiziksel yöntemler kullanılmakta ve malzemeler mikro yapılardan başlayıp nano boyutlara küçültülmektedir.

Malzemelerin boyutları küçültülürken tanecikler birbirlerinden ayrılmakta ve yüzeyleri genişlemektedir. Bu durum sistemin serbest enerjisini artırarak sistemin kararlılığını düşürmektedir. Aşağıdan yukarı stratejisinde ise atom veya moleküler haldeki bileşenlerden nano boyutlu karmaşık yapılar oluşturulmaktadır. Bu strateji elde edilen nano yapılar daha kararlı olduğu için nanoteknoloji ile ilgilenen kimya ve biyoloji dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Nano boyutlu malzemeler, makro boyutlu hallerine göre toplam hacim açısından çok yüksek oranda yüzey alanına sahip oldukları tespit edilmiştir.

Yüzey alanlarının genişlemesi ile nanotaneciklerin birbiriyle olan etkileşimleri farklılaşmaktadır. Bu nedenle nano taneciklerin kullanıldığı malzemelerin ağırlığı, sertliği, kimyasal ve ısıl özellikleri değişebilmektedir [4]. Malzemelere kazandırdığı iyi ve yeni özellikler nedeniyle nanoteknoloji kompozit uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

2. NANOKOMPOZİTLERİN TANIMI VE ÖNEMİ

Nanokompozitler, fazlarından birinin en az bir boyutu 100 nm' nin altında olan çok fazlı malzemelerdir [5].

Nanokompozitler tanecik, tabaka ve lif takviyeli olarak üretilebilmektedir. Yüksek alan/hacim oranlarından dolayı nanokompozitlerde, matris malzemeleri ile takvi-

ye malzemelerinin birbirine temas ettikleri noktadaki ara yüzey alanları geleneksel kompozitlerden çok daha fazla olduğundan daha iyi özelliklere sahiptirler. Ayrıca özellikleri sayesinde matrislere eklenen takviye malzemeleri matrislerin özelliklerini belirgin şekilde geliştirmektedir [5].

Kompozit malzemelerin üretiminde polimer, metal, seramik ve türevleri matris olarak kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan matris malzemelerinin başında termoplastik yapıdaki polimerler gelmektedir. Bunun başlıca nedeni polimerlerin işleme kolaylıkları, mekanik özellikleri, esnek yapıları ve düşük yoğunluklarıdır [6].

Polimer nanokompozitlerin, içerdikleri polimer ve dolgu malzemelerinin kimyasal özelliklerine, kullanılan polimerin kristalin oranlarına ve polimer zincirlerin düzenine bağlı olarak farklı özellikler gösterdikleri saptanmıştır [5].

3. NANOKOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ

Nanokompozitler, dolgu ve matris olarak adlandırılan iki temel bileşenden oluşmaktadır.

Söz konusu dolgu maddeleri genelde nano boyutlu tanecik, lif ya da tüp formlarındaki bileşenlerdir. Matrisler ise dolguların yerleştiği tutunduğu yapılardır. Polimer nanokompozitlerin üretiminde aşağıda sıralanan yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır [7, 8].

- Eriyikten harmanlama
- Çözücü metodu
- Yerinde polimerizasyon

3.1. Eriyikten Harmanlama

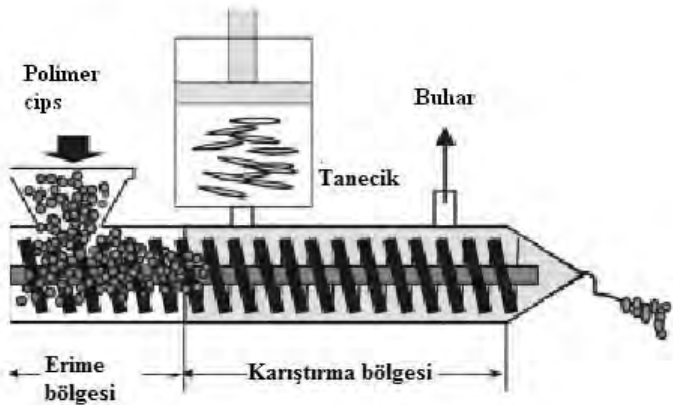
Eriyikten harmanlama işlemi genellikle çift vidalı ekstrüder kullanılarak yapılmaktadır. Polimer granüller ekstrüderde eritilerek, nano malzemeler (nanotanecikler, nanotüpler, nanolifler) ile karıştırılmakta ve nanokompozitler üretilmektedir. Polimer nanokompozitler şerit, lif veya film formunda üretilebilmektedirler (Şekil 1).

Polimer nanokompozitlerin üretiminde en önemli nokta homojen yapılar elde etmektir. Ancak homojen yapıdaki nanokompozitlerin istenen malzeme özelliklerini, kullanım performanslarını sergileyebildikleri saptanmıştır.

Homojen yapıların üretilebilmesi için nano boyutlu malzemelerinin polimer matrisler içinde mümkün olduğunca az kümelenerek, eşit yoğunlukta dağılması gerekmektedir.

Nano malzemelerin düzgün dağılması için karıştırma işlemi oldukça önemlidir. Karıştırma işlemi sırasında yüksek kesme kuvvetleri yaratılmalıdır. İstenen kesme kuvvetlerin yaratılması için yüksek karıştırma hızlarına çıkılması gerekmektedir. Ancak karıştırma süreleri de çok önemlidir ve doğru belirlenmez. Eğer karıştırma süreleri gereğinden kısa tutulursa istenen homojenlikte yapılar elde edilemez, ancak gereğinden uzun tutulursa da polimerlerin uzun süre ısıya maruz kalarak bozunmasına sebep olmaktadır.

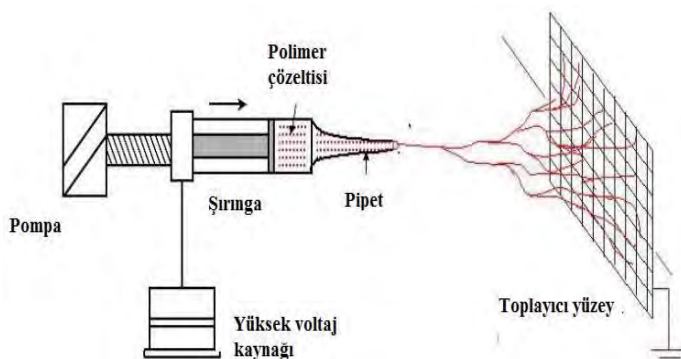
Erdem, Erdoğan ve Akşit yaptıkları çalışmada PP matrisli C, SiO₂ ve TiO₂ nanotanecek katkılı nanokompozitleri eriyikten harmanlama yöntemine göre üretmiş ve performans özelliklerini karşılaştırmışlardır [9].



Şekil 1. Eriyikten harmanlama yöntemi [10]

3.2. Çözücü Metodu

Polimerler tiplerine göre farklı çözücüler kullanılarak çözülmekte ve elde edilen polimer çözeltileri ile dolgu malzemeleri karıştırılmaktadır. Dolgu malzemelerini içeren bu polimer çözeltiler kullanılarak nanokompozitler üretilmektedir [7, 8].



Şekil 2. Elektro çekim yöntemi [11]

Kim ve arkadaşları poli (laktik asit)/hidroksiapatit nanokompozitler üretmişlerdir. Nanokompozitleri çözelti formunda karıştırıp Şekil 2' de görülen elektro çekim yöntemi ile lif haline getirmişlerdir [12].

3.3. Yerinde Polimerizasyon

Bu yöntemde nano boyutlu dolgu maddeleri polimerizasyon esnasında sıvı haldeki polimer monomerlerine direkt olarak eklenmekte ve polimerizasyon işlemi dolgu maddeleri ile birlikte gerçekleştirilmektedir. Böylece dolgu maddelerinin polimerleri üreten monomerler ile bağlanmaları sağlanır [7, 8]. Young ve arkadaşları yerinde polimerizasyon yöntemi ile poliamid ile silisyum dioksitin nanokompozitlerini üretmişlerdir [13].

4. NANOKOMPOZİTLERİN ÜRETİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER

Nanokompozit üretiminde kullanılan nanotanecekler, nanotüpler ve nanolifler başlıca dolgu malzemeleridir.

4.1. Dolgu malzemeleri

4.1.1. Nanotanecekler

Nanotanecekler, boyutları 100 nm ve altındaki taneceklerle verilen genel addır. Şekil 3'de SEM mikrografisi görülen nanotaneceklerin üretimleri esnasında katı haldeki makromoleküllerin boyutları küçültülürken, makromoleküllerin atom ve molekülleri durumdan etkilenmekte ve makro hallerine göre farklı davranışlar sergilemektedirler. Boyutları küçüldükçe tanecekleri oluşturan atom ve moleküller arasındaki bağlar farklılaşmakta ve taneceklerin yüzeylerindeki atom ve molekül sayıları artmaktadır [14].

Nanotaneceklerin özellikleri başlangıç malzemelerinden etkilenmesine rağmen başlangıç malzemelerinden daha üstün özelliklere sahiptirler. Nanotanecekler boyutları sayesinde daha kolay emildiklerinden dolayı daha üstün difüzyon ve hapsolme özelliklerine sahip olmalarının yanında daha üstün yapısal, ısı, elektromanyetik, optik ve mekanik özelliklere sahiptirler [14].

Ayrıca nanotaneceklerin yüzey alanları arttığı için çözünürlükleri ve reaktiflikleri artarken erime sıcaklıkları düşmektedir [15].

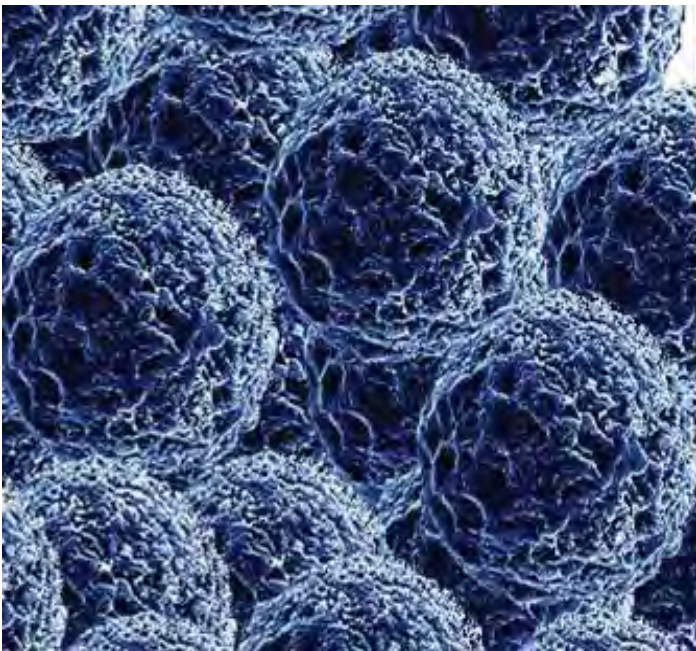
Kristalin malzemelerin sertliği yapıyı oluşturan kristallerin boyutları küçüldükçe artmaktadır. Bu nedenle nanotaneceklerin mukavemeti tanecek boyutu küçüldükçe artmaktadır [16].

Nanotaneçikler kendine özgü özellikleri sebebiyle yüzey aktif maddeler, aşınma karşıtı katkıları, süper iletkenler, yüksek katalizörler, özel teknolojiye sahip optik malzemeler, ilaç taşıyıcı sistemler ve özel teşhis aletleri gibi birçok farmakolojik ve teknolojik ürünlerin üretiminde kullanılmaktadırlar [17, 18].

Nanotaneçiklerin üretimi önceden de belirtildiği gibi aşağıdan yukarı ve yukarıdan aşağı yaklaşımlarına göre yapılmaktadır [3].

Yukarıdan aşağı yaklaşımında genel olarak hacimsel malzemelere dışarıdan mekaniksel işlemler ile enerji verilerek malzemelerin nano boyuta indirildiği yöntemleri içermektedir. Bu yöntemlerin bazıları mekanik öğütme ve aşındırma [19-21]. Mekanik aşındırma yönteminde, kaba taneli katı maddeler mekanik enerji kullanılarak nanotaneçik haline getirilmektedir. Katı maddeye uygulanan mekanik enerji maddenin atom ve molekülleri arasındaki bağları kırarak malzemenin nanotaneçik haline gelmesi sağlanmaktadır. Bu yöntem hem doğal hem de sentetik (organik veya inorganik) malzemelere uygulanabilmektedir. Bu uygulamalarda farklı yapılardaki bilyeli öğütücüler kullanılmaktadır [19, 22].

Nanotaneçik üretiminde kullanılan bir diğer yaklaşımda aşağıdan yukarı yaklaşımdır. Bu yaklaşımda atomik ve moleküler boyuttaki yapılar kimyasal reaksiyonlar ile büyütülerek nanotaneçik haline getirilmektedir [22].



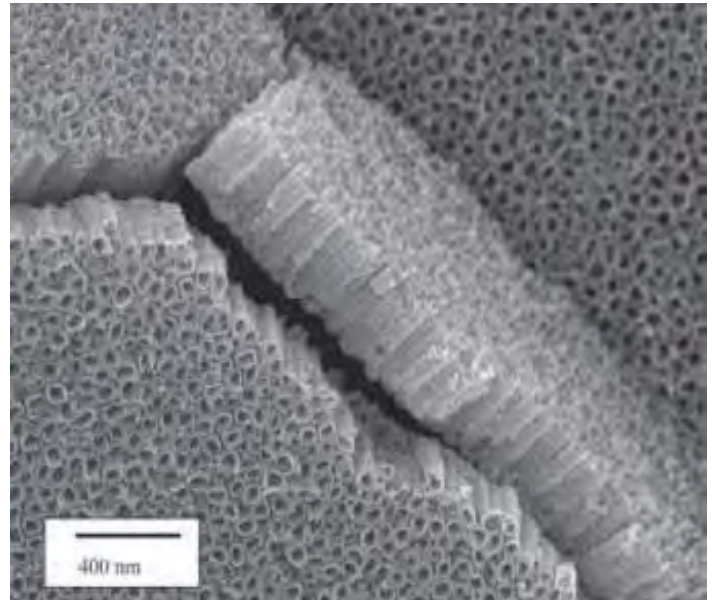
Şekil 3. Gümüş nanotaneçiklerin SEM görüntüsü [23]

Nanotaneçik üretiminde en yaygın kullanılan yöntemler; asal gaz yoğunlaştırma, kimyasal buhar kaplama, kimyasal buhar yoğunlaştırma, sol jel ve sprej piroliz yöntemleridir [22].

4.1.2. Nanotüpler

Nanotüp çapları nanometre mertebesinde olan çok ince tüp formundaki yapılara verilen genel isimdir (Şekil 4). Nanotüp uygulamaları denilince akla ilk gelen karbon nanotüplerdir. Karbon nanotüpler çapları 1-100 nm arasında değişen uzunluklarında milimetre mertebesindeki tüplerdir. İlk olarak ark boşaltma yöntemi ile çok çeperli üretilmişler arkasından üretim sisteminin gelişmesi ile tek çeperli karbon nanotüpler üretilmiştir [24]. Karbon nanotüpler iyi mekanik özelliklere ve ısı iletkenliğe sahiptirler. Bu yüzden karbon nanotüpler mukavemet gerektiren uygulamalarda ve yüksek elektrik iletkenliklerinden dolayı iletken malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır [25, 26].

Bir diğer nanotüp uygulaması da aluminosilikat kilerinden oluşan içi boş kil nanotüplerdir. Bu nanotüpler içleri boş olması ve biyo-uyumlu olmaları sebebiyle, kontrollü ilaç salınımı uygulamalarında, kemik implantlarında ve koruyucu kaplamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar [27].

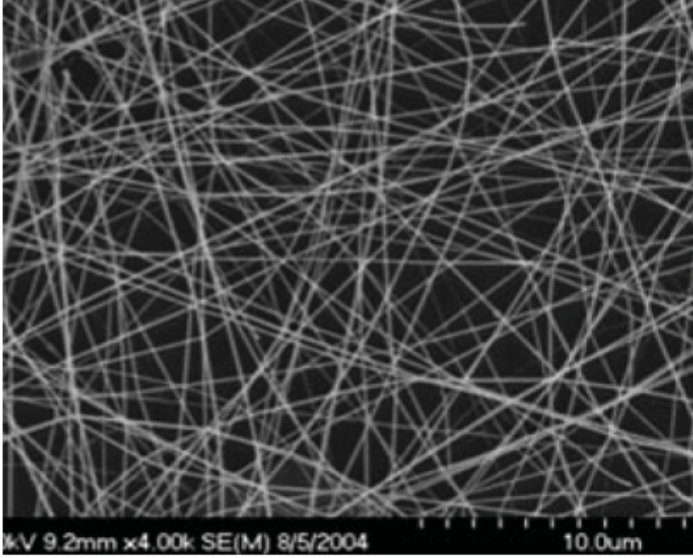


Şekil 4. Nanotüplerin FESEM görüntüsü [28]

4.1.3. Nanolifler

Nanolif, çapları nano boyuttaki liflere verilen genel adıdır (Şekil 5). Genellikle lif çapları 0,5 mikronun altındaki

lifler nanolif olarak kabul edilmektedir [29]. Boyları çok uzun olmayan nano liflerin molekül oryantasyonları ve mekanik özellikleri oldukça iyidir. Ayrıca küçük olan çaplarından dolayı yüzey/hacim ve yüzey/kütle oranları yüksektir [1].



Şekil 5. Nanoliflerin SEM görüntüsü [30]

Nanoliflerin üretiminde elektro çekim (electrospinning), fibrilasyon, eriterek serme (melt blowing) ve bikomponent lif üretim teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerin içinde en güvenilir olan yöntem elektro çekim yöntemidir. Bu lif çekim yönteminde lif çekilecek polimer uygun bir çözücü kullanılarak çözülür ya da ısı yardımıyla eritilir [31].

Hazırlanan çekim çözeltileri ya da eriyikleri bir şırınga yardımıyla toplama yüzeyine püskürtülür. Bu işlem sırasında şırıngadan çıkan liflerin toplanma yüzeyinde biriktirebilmesi için bu yüzeyde yüksek gerilim (50kV) oluşturmak gerekmektedir. Bu gerilim sayesinde toplama yüzeyinde oluşturulan lif tülbendi incelendiğinde 30nm'den başlayıp mikron mertebesine çıkan nanolifler içerdiği görülmektedir. Poliamid, polilaktit, selüloz türevleri, polietilenoksit, polimer karışımlar ya da katı nanopartiküller içeren polimerler bu yöntem ile üretilmektedir [32].

Nanolif üretiminde kullanılan bir diğer yöntem eritilerek dökme (melt blowing) yöntemidir. Bu yöntemde, üretilen liflerin çapları (1 mikron ve üzerinde) kalındır ve liflerin uzunluğu boyunca çok değişkendir. Bu yüzden elde edilen liflerin mukavemetleri düşüktür. Eritilerek

dökme yönteminde polimer eritilmekte, süzülükten sonra pompa yardımıyla lif çekim başlıklarına gönderilmektedir. Bu başlıklardan toplayıcı bantta püskürtülürken bir yandan da lifler üzerine gönderilen hava ile lifler inceltilmektedir. Bu işlemin verimi genel olarak birim saatte birim düze deliğinden geçen gram cinsinden polimer miktarı ile ölçülmektedir [33].

Bikomponent yönteminde, nanolif üretmek için polipropilen, poliamid 6 gibi asıl nanolif üretilecek polimer ile sonradan çözülerek ortamdaki uzaklaştırılabilir polimer geleneksel çekim yöntemleri kullanılarak beraber lif haline getirilmektedir. Çözülebilir polimer ortamdaki uzaklaştırılarak nanolifler elde edilmektedir. Ama liflerin incelikleri ve enine kesitleri üniform olmamaktadır [31, 33].

4.2. Nanokompozit Üretiminde Kullanılan Polimer Matrisler

Dolgu taneciklerinin nm boyutunda olması sebebiyle nanokompozitler yüksek alan/hacim oranlarına sahiptir. Polimer matrisler içine eklenen çok düşük yoğunluktaki nanotaneçikler bile polimerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinde ciddi artışlara sebep olmaktadır. Polimerler işleme kolaylıkları, mekanik davranışları, esnek yapıları ve düşük yoğunlukları nedeniyle nanokompozit üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Nanokompozit üretimde en yaygın kullanılan termoplastik polimerlerin başında polivinilklorür, poliüretan, politetrafloroetilen, polivinil alkol polipropilen, polietilen, poliamid ve poliester türleri gelmektedir.

5. TEKSTİL SEKTÖRÜNDEKİ UYGULAMALARI

Tekstil ürünleri onlara değişik özellikler kazandıran nanoteknoloji sayesinde fonksiyonel hale gelmektedir. Nanoteknolojinin tekstil sektöründe ilk kullanılmaya başlaması nanotaneçiklerin bitim işlemleri sırasında tekstil malzemelerine aplikasyonu ile olmuştur. Ancak tekstil malzemelerine bitim işlemleri sırasında uygulanan nanotaneçiklerin kalıcılığının çok düşük olduğu ve kullanım sırasında sıkıntılara yol açtığı görülmüştür. Bu durumun nanotaneçiklerin tekstil yüzeyleri ile yeterli bağ oluşturulmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Polimer matrislere hapsedilerek yani nanokompozit formunda tekstil malzemelerine üretimine başlanmıştır. Polimer nanokompozitlerin tekstil sektöründe çeşitli amaçları vardır. [34].

Bu amaçlar;

- UV koruma
- Su, yağ ve kir iticilik
- Antimikrobiyal etkinlik
- Biyo katalizörlük
- Biyo uyumluluk
- Elektrik iletkenliği
- Güç tutuşurluk
- Antistatik özellik kazandırma
- Aşınma dayanımı kazandırma
- Nem alımını düzenleme olarak özetlenmektedir.

5.1. Kir İtici Polimer Nanokompozit

Nanoteknolojinin tekstilde ilk ve en yaygın kullanım amacı, kendi kendini temizleyen yüzeyler olarak da bilinen su ve kir itici tekstil malzemeleri üretilmesidir.

Tekstil malzemeleri ile sıvılar arasındaki temas yüzeyleri değiştirilerek tekstil yüzeylerinin hidrofilik ve hidrofobik özellikler göstermesi sağlanmaktadır. Temas açısı 120° üzerindeki malzemeler süper hidrofob olarak adlandırılmaktadır. Süper hidrofob malzemelerin kullanımı ile kir itici tekstillerin üretimi gündeme gelmiştir. Kir itici tekstillerin üretimi nanoteknoloji ile hız kazanmıştır. Kir itici yüzeylerin üretiminde organik silikon ve organik florin içeren kimyasallar kullanılmaktadır. Ming ve arkadaşları, superhidrofob fimler üretmek için kendi kendini temizleyen yaprakları taklit ederek bir metot geliştirmişlerdir. Bu metotta silika bazlı tanecikler kovalent bağlar ile epoksi esaslı polimer matrislere bağlanmıştır [35]. Hoefnagels ve arkadaşları, polimer nanokompozitler kullanarak pamuklu süper hidrofob malzemeler üretmişlerdir [36, 37].

5.2. Nem Alımını Düzenleyen Polimer Nanokompozitler

Sentetik tekstil ürünleri polimer nanokompozitler sayesinde hidrofilik hale getirilebilmektedir. Bu yöntemle hidrofilik hale getirilen tekstil malzemeleri giyim sektöründe rahatlıkla kullanılabilir. Bu yöntemle hidrofilik hale getirilen tekstil malzemeleri giyim sektöründe rahatlıkla kullanılabilir.

Qufu ve arkadaşları, PP liflerine TiO_2 ekleyerek onların hidrofilik özellik kazanmasını sağlamışlardır [38].

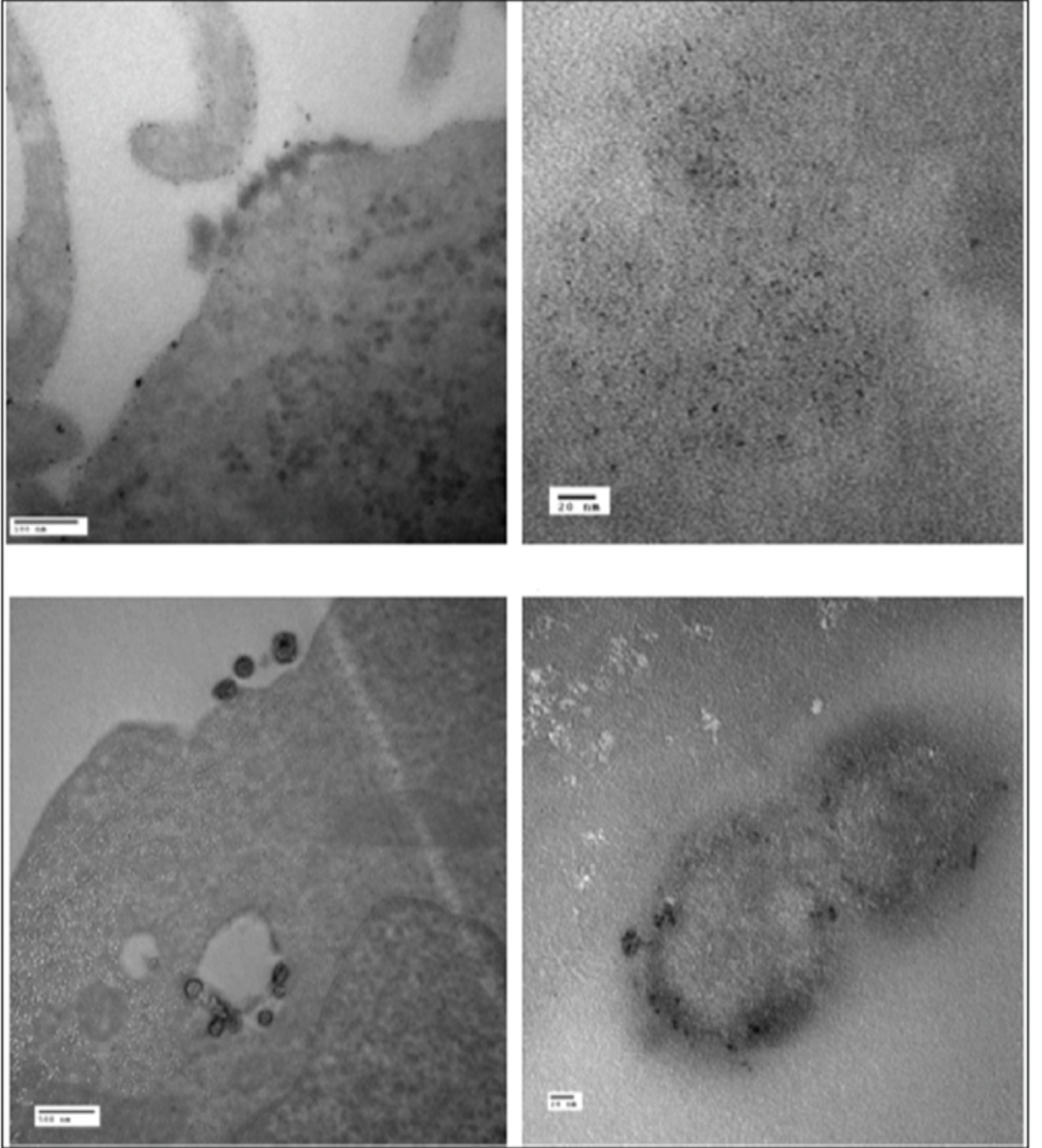
5.3. Antimikrobiyal Nanokompozitler

Ağır metaller, genellikle zehirlidir ve proteinlere karşı afiniteleri yüksektir. Mikroorganizmalarla karşılaştıklarında, onların protein moleküllerine bağlanıp etkisiz hale getirmektedirler [39]. Nano boyutlu metal ve metal oksitler özellikle gümüş (Ag), titanyum dioksit (TiO_2), çinko oksit (ZnO) ve Bakır II oksit (CuO_2) yeni nesil biyositlerin başında gelmektedir [40-42]. Nanotaneciklerin boyutları küçüldükçe spesifik yüzey alanları artmaktadır. Spesifik yüzey alanı artan taneciklerin mikroorganizmalarla temas yüzeyleri arttığı için antimikrobiyal etkinlikleri artmaktadır [43].

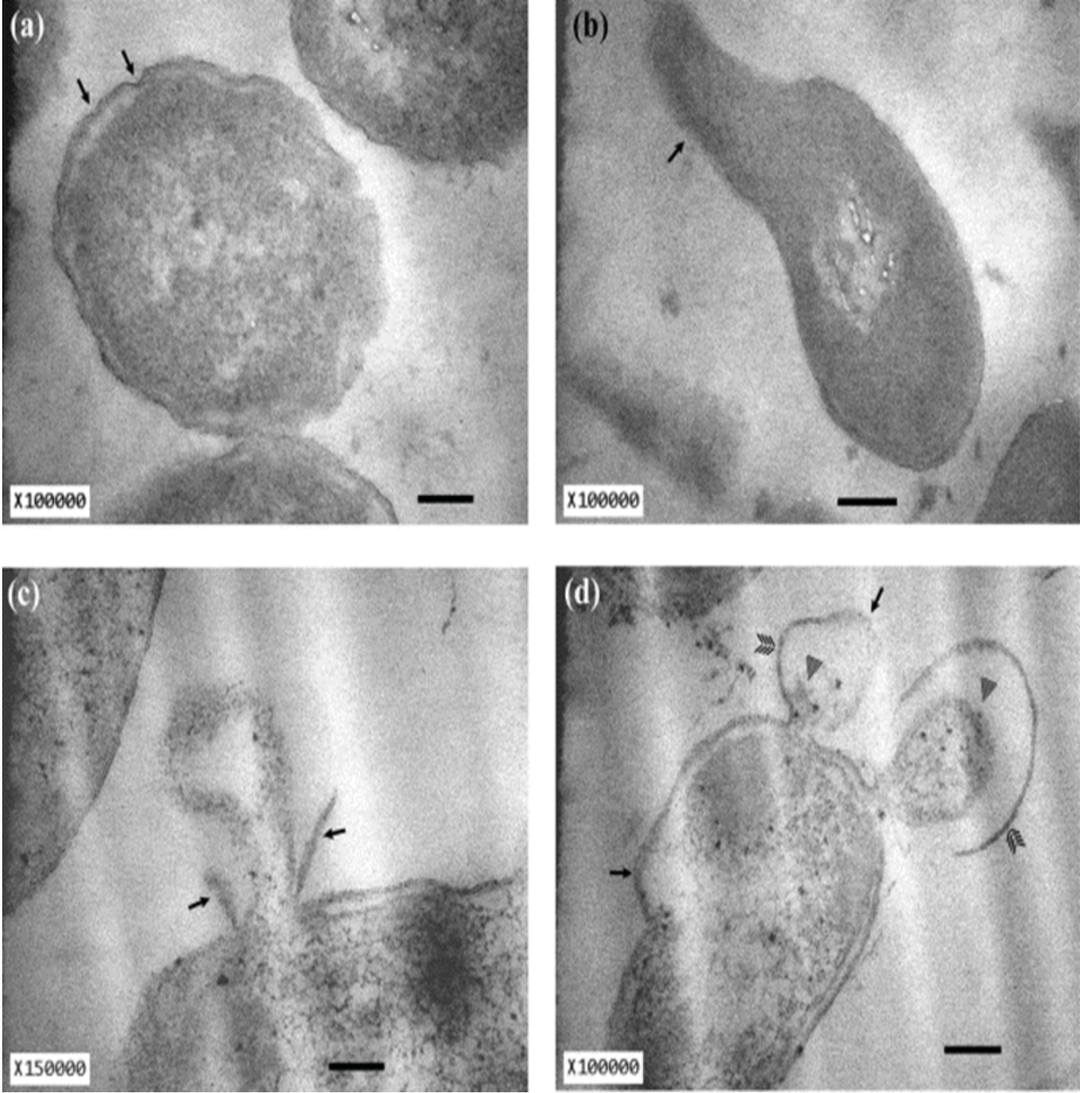
Gümüş (Ag) bileşikleri ve nano boyutlu gümüş tanecikleri bakteri, mantar ve virüslere karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliğe sahip olmaları, toksin olmamaları nedeniyle tıbbi uygulamalarda ve tıbbi implantlarda kullanılmaktadır [44]. Başlangıçta gümüşten salınan Ag^+ iyonları ile negatif yüklü bakteri hücresi arasında oluşan elektriksel çekim sonucunda Ag^+ iyonlarının hücre duvarına yaklaşıp, hücre duvarı üzerinde delikler açtığı ve bu delikler sonucu hücre geçirgenliğinin kontrolsüz olarak artmasından hücrelerin öldüğü düşünülüyordu (Şekil 6). Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar, gümüşün hücrel enzimlere ve DNA'ya etki ederek bunları etkisiz hale getirdiğini göstermiştir [45, 46].

Ag^+ iyonlarının, mikroorganizmalardaki enzimlerin ve DNA'ların yapılarında bulunan tioller, karboksilatlar, amidler ve imidazoller gibi elektron taşıyan bileşiklere bağlanarak etkisiz hale getirdikleri saptanmıştır [45, 46].

Titanyumdioksit (TiO_2) nanotaneciklerin Şekil 7'de görülen antimikrobiyal etkinliği redoks tepkimeleri sonucu oluşan hidroksil radikallerinden kaynaklanmaktadır. TiO_2 nanotanecikler uygun dalga boyundaki (UV) ışığa maruz kaldıklarında bu ışınlarını emerek elektron (e^-) ve delik (h^+) çifti oluşturmaktadır. Bu e^- ve h^+ çiftleri taneciklerin yüzeyine difüzlenererek ortamdaki su ve oksijen gibi reaktiflerle redoks tepkimesi başlatarak hidroksil radikallerinin oluşmasını sağlamaktadır. Oluşan hidroksil radikalleri bakterilerin yapısında bulunan organik bileşiklere oksitleyerek bakterileri etkisiz hale getirmektedir [48]. Yarı iletken metal oksitler içinde bant boşluğu görünür ışığa en yakın olan TiO_2 kolay bulunması, toksin özellik göstermemesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır [49].



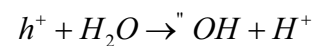
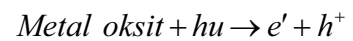
Şekil 6. Ag iyonlarının bakteri hücresine yaklaşması ve öldürmesi [47]



Şekil 7. TiO₂ nanotaneceklerin bakteri hücrelerini etkisiz hale getirmesi [50]

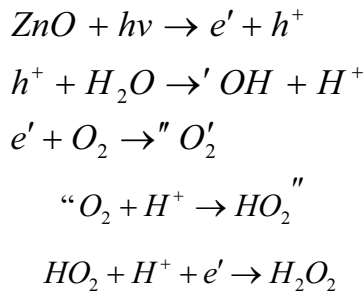
İletken metal oksit yüzeylerde fotonların soğurulması bir fotokatalitik tepkime sisteminin ilk adımı olup, uygun enerjiye sahip, genellikle UV dalga boyundaki iletken malzemelerin (MO) valens bandındaki elektronları, iletim bandına geçerek elektron/boşluk (e^-/h^+) çiftlerini oluşturmaktadır [51, 52].

Oluşan bu elektronlar (e^-) ve boşluklar (h^+) sahip oldukları yüklerle uyumlu olarak tepkimeler gerçekleştirirler [51, 53].



Fotokatalitik işlemler sonucu ortaya çıkan O_2 , HO_2 ve özellikle OH radikalleri mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedir. Bu radikaller mikroorganizmaların yapısında bulunan organik bileşiklerini oksitleyerek ölmesini sağlar [54].

Çinko oksit (ZnO) nanotaneçiklerin antimikrobiyal etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Araştırmacılar iki olası etki mekanizması üzerinde durmaktadır. Bu varsayımlardan ilkinde göre; ZnO nanotaneçiklerinin yüzey pürüzlülüğüne dayandırılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü yüksek olan taneçiklerinin bakteri hücrelerinin zararını mekanik olarak bozduğu ileri sürülmektedir [55-57]. İkinci varsayım ise ZnO nanotaneçikler, UV ya da görünür ışığa maruz kaldığında elektron çiftleri yaymaktadır. Elektron çiftlerinin etkisiyle reaksiyonlar gerçekleşmekte ve hidrojen peroksit üretilmektedir. Ortaya çıkan hidrojen peroksit bakteri ve mantar hücrelerine nüfuz ederek olanları öldürmektedir [55-57].



5.4. Su İtici Nanokompozitler

Su itici (süper hidrofob) yüzeyler üzerine gelen su damlaları yüzey üzerinde kaymamakta yuvarlanarak ilerlemekte ve bu sırada su damlası ile birlikte ortamda bulunan kirleri de uzaklaşmaktadır. Bu tür süper hidrofob yüzeyler üretmek için hidrofob nanotaneçikler ve polimerler kullanılmaktadır [58].

Tekstil üretiminde mamullerin su veya kir iticilik kazanması, kumaşı sıvı ile ıslanma özellikleri önemli olmaktadır. "Sıvı-kumaş" yüzey etkileşiminin temel prensipleri ve teorik altyapısı Schrauth tarafından açıklanmıştır. Tekstil mamullerinin mikro ve nano boyutta yüzey özelliklerinin değiştirilmesi ile ıslanma özelliklerinde daha yüksek bir kontrol sağlanabileceğini bir kontrol sağlanabileceğini göstermişlerdir.

Tekstil mamullerine uygulanan su iticilik işlemleriyle ilgili çeşitli uygulamalar mevcuttur. Silika jel nano parçacıklı, perfloro oksilat içeren süper hidrofobik karışımların ve yine flor içermeyen dayanıklı nano silan karışımlarının pamuklu kumaşlarda su iticilik özelliklerine etkileri incelenmiştir [53].

Ayrıca gümüş ve silika nano parçacıklı su iticilik malzemeleri ile pamuklu dokuma kumaşlara ultra hidrofobik özellik kazandırılmasına yönelik bir çalışma da mevcuttur [59].

5.5. UV Koruyucu Nanokompozitler

Tekstil malzemelerine UV koruma özelliği kazandırmak amacı ile de tekstil yüzeyleri polimer nanokompozit yapılara yönelinmiştir. UV koruma için yaygın kullanılan nanotaneçikler çinko oksit, titanyum dioksit, silikon dioksit ve alüminyum oksit' dir. Bu nanotaneçikler zararlı UV ışınlarını emerek ya da yansıtarak koruma sağlanmaktadır. UV koruyucu nanokompozitler özellikle perdelerde, dış mekan mobilyalarında, tente, çadırlarda, dış mekan boyalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [60].

5.6. İletken Nanokompozitler

İletken tekstil malzemeleri üretmek için iletken nanokompozitler kaplama ya da lif olarak kullanılmaktadır.

Grafit, karbon, gümüş, nikel ve altın gibi iletken nanotaneçikler iletken poliester, poliamid ve akrilik polimer matrisler ile karıştırılarak iletken nanokompozitler üretilmektedir [60].

5.7. Yüksek Dayanımlı Nanokompozitler

Yüksek mukavemetli nanokompozitlerin üretiminde genellikle karbon nanotüpler kullanılmaktadır. Bu karbon nanotüpler kullanılarak üretilen tekstil lifleri aynı kalınlıktaki çelik tellerden 2 kat daha mukavemetli olduğu saptanmıştır. Bu tip dayanıklı malzemeler patlamaya dayanıklı battaniyelerde, güvenlik amacıyla kullanılan tekstillerde ve elektromagnetik kalkanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [23].

5.8. Güç Tutuşur Nanokompozitler

Benzer yöntemle güç tutuşur tekstiller elde etmek mümkündür. Güç tutuşur nanokompozitler üretmek için kil nanotaneçikler, karbon nanotüpler ve karbon nanolifler

kullanılmaktadır [61]. Bunlara ek olarak TiO_2 , Sb_2O_3 ve boroksiloksans gibi birçok nano bileşimin güç tutuşurluk özelliklerini geliştirdikleri saptanmıştır [62].

6. SONUÇLAR

Nanoteknoloji, metrenin milyarda biri mertebesindeki yapılar ve işlemlerle ilgilenen bir teknolojidir. Boyutları nano mertebesine inen malzemelerin makro boyutta gözlenemeyen yeni özellikleri ortaya çıkmaktadır. Malzemeleri nano boyuta indirmek için yukarıdan aşağı ve aşağıdan yukarı olarak bilinen iki temel strateji kullanılmaktadır.

Yukarıdan aşağı stratejisinde fiziksel yöntemler kullanılırken, aşağıdan yukarı stratejisinde ise kimyasal yöntemler kullanılmaktadır.

Malzemelere kazandırdığı önemli özellikler nedeniyle nanoteknoloji kompozit uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve nanokompozitlerin üretimi hız kazanmıştır.

Nanokompozitler, dolgu ve matris malzemeleri olacak şekilde iki bileşenden oluşmaktadır.

Dolgu malzemeleri nano boyutlu tanecik, tüp ve lifler iken matris malzemeleri ise polimer, metal, seramik ve türevleridir. En yaygın kullanılan matris malzemesi termoplastik polimer matrislerdir. Bunun başlıca nedenleri polimerlerin işleme kolaylıkları, mekanik özellikleri, esnek yapıları ve düşük yoğunluklarıdır. Polimer nanokompozitlerin üretiminde eriyikten harmanlama, çözücü metodu ve yerinde polimerizasyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Nanokompozitlerin üretim yöntemleri seçilirken, kullanım alanları dikkate alınmaktadır. Çünkü nanokompozitlerin performans özellikleri büyük oranda üretim yöntemlerine bağlı olarak farklılaşmaktadır. Dayanım gerektiren uygulamalarda eriyikten harmanlama ya da yerinde polimerizasyon yöntemlerinin kullanımı daha uygundur.

Tekstil ürünleri onlara değişik özellikler kazandıran nanoteknoloji sayesinde fonksiyonel hale gelmektedir. Özellikle nanokompozitlerin tekstil sektöründe kullanımı ile antimikrobiyal etkinliğe sahip, UV dayanımlı, yüksek mukavemetli, iletken, kir itici tekstiller üretilmeye başlamıştır. İstenen fonksiyonel özellikleri elde et-

mek için uygun dolgu malzemelerin seçilmesi önemlidir.

Karbon nanotancıklar ve nanotüpler yüksek dayanımlı malzemelerin üretiminde kullanılırken, metal ve metal oksit nanotancıklar antimikrobiyal malzemelerde kullanılmaktadır. UV dayanımı içinse genellikle metal oksit nanotancıklar tercih edilmektedir. İletken malzemeler ise genellikle kil ve karbon esaslı nano yapılardan üretilir.

Bu çalışma araştırmacılara ve teknik tekstil üreticilerine nanokompozitlerin üretim teknikleri, kullanılan dolgu ve polimer malzemeleri konusunda ışık tutarak, nanokompozitlerin farklı uygulama alanlarında kullanılmasını artıracak ve yeni fonksiyonel tekstil tasarımları yapma fırsatı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Kut, D. ve Güneşoğlu, C. (2005). *Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları*, Tekstil & Teknik Dergisi, Şubat, 224-230.
2. Özdoğan, E., Demir, A. Seventekin, N. (2006). *Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamaları*, Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 159-168.
3. Kathirvelu, S., D'Souza, L. ve Dhurai, B. (2008). *Nanotechnology Applications in Textile*, Indian Journal of Science and Technology, 1 (5), 1-10.
4. Temirel, A. ve Palamutçu, S. (2011). *Fonksiyonel Tekstiller III: Tekstil Yüzeylerinde Fotokatalitik Etki ve Kendi Kendini Temizleme*, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5 (2), 35-50.
5. Ajayan, P.M., Schadler, L.S. Braun, P.V. (2003). *Nanocomposite Science and Technology*, Wiley, Newyork, USA.
6. Şen, F., Palancıoğlu, H. Aldaş, K. (2010). *Polimerik Nanokompozitler ve Kullanım Alanları*, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(1), 111-118.
7. Chen, B. (2004). *Polymer-Clay Nanocomposites: an Overview with Emphasis on Interaction Mechanisms*, British Ceramic Transactions, 103 (6), 241-249.
8. Brody, A.L. (2003). *Nano, Food Packaging Technology*, Food Technology, 57 (12), 52-54.
9. Erdem, N., Erdoğan U. H. ve Akşit, A. 2008. Nanokompozit polipropilen filamentlerin üretimi ve özellikleri, *Tekstil ve Mühendis*, 15(96), 14-22.
10. Mai, W. Y. ve Yu Z. Z. (2006). *Polymer Nanocomposites*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.
11. <http://www.che.vt.edu/Wilkes/electrospinning.htm>, alındığı tarih: 06.04.2012.
12. Kim, H.W., Lee, H.H. Knowles, J.C. (2006). Electrospinning biomedical nanocomposite fibers of hydroxylapatite/ poly (lactic acid) for bone regeneration, *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 79A (3), 643-649.

13. Yang, F., Ou, Y., Yu, Z. (1998). Polyamide 6/silica nanocomposites prepared by *in situ* polymerization *Journal of Applied Polymer Science*, 69(2), 355-361.
14. Maeda, H. (1992). *The Tumor Blood Vessel as an Ideal Target for Macromolecular Anticancer Agents*, *Journal of Controlled Release*, 19, 315-324.
15. Matsui, I. (2005). *Nanoparticles for electronic device applicatios: a brief review*, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 38 (8), 535-546.
16. Nihara, K. (1991). *New Design Concept of Structural Ceramic-Ceramic Nanocomposites*, *Journal of Ceramic Society of Japan*, 99 (10), 974-982.
17. Goldstain, A. (1997). *Handbook of Nanophase Materials*, Marcel Dekker Inc, Newyork, USA.
18. Miller, J.C., Serrato, R., Represas-Cardenas, J. M. ve Kundahl, G. (2004). *The Handbook of Nanotechnology*, John Wiley&Sons Inc., New Jersey, USA.
19. Gonsalves, K.E., Rangarajan, S.P., Wang, J. (2002). *Chemical Synthesis of Nanostructured Metals*, Ed: Nalwa, H.S. *Metal Alloys and Semiconductors in Nanostructured Materials and Nanotechnology*, Academic Press, USA.
20. Sergeev, B.E.(2006). *Nanochemistry*, Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands.
21. <http://www.azonano.com/details.asp?ArticleID=1079>. Alındığı tarih: 15.04.2011.
22. Gürmen, S. ve Ebin B. (2008). *Nanopartiküller ve Üretim Yöntemleri -1*, *Metalurji Dergisi*, 150,31-38, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası.
23. Coleman, J.N., Khan, U., Blau, W.J. ve Gun'ko, Y. K. (2006). *Small but Strong: A Review of the Mechanical Properties of Carbon Nanotube-Polymer Composites*, *Carbon*, 44 (9), 1624-1652.
24. Zhao, X., Ohkohchi, M., Wang, M., Lijima, S., Ichihashi, T. ve Ando, Y. (1997). *Preparation of high-grade carbon nanotubes by hydrogen arc discharge*, *Carbon*, 35 (6), 775-781.
25. Rochefort, A., Avouris, P., Lesage, F. Salahub, D. R. (1999). *Electrical and Mechanical Properties of Distorted Carbon Nanotubes*, *Physical Review B*, 60 (19), 13824-13830.
26. Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G. (1996). *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*, Academic Press, San Diego, USA.
27. Vergaro, V., Abdullayev, E., Lvov, Y.M., Zeitoun, A., Cingolani, R., Rinaldi, R., ve Leporatti, S. (2010). *Ctocompatibility of Uptake of Halloysite Clay Nanotubes*, *Biomacromolecules*, 11, 820-826.
28. <http://phys.org/news10244.html>
29. Cireli, A., Kutlu, B., Onar, N., Erkan, G. (2006), *Tekstil İleri Teknolojiler*, *Tekstil ve Mühendis*, 13 (61), 7-20.
30. http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=3292087_sensors-09-07866f11&query=the&fields=all&favor=none&it=none&sub=none&uniq=0&sp=none&req=4&simCollection=2667610_kjr-7-243-g001&npos=8&prrt=3.
31. Demir, A., ve Oruç, F., (2004). *Polimer Esaslı Nanoliflerin Üretimi*, *Tekstil Araştırma Dergisi*, (2), 28-30.
32. Hagewood, J. (2004). *Polimerik Nanoelyaf Üretimi*, *Tekstil Maraton Dergisi*, 4, 18-20.
33. Süpüren, G., Çay, A., Kanat, E., Kırıcı, T., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I., (2007). *Nano Lifler (Bölüm 2)*, *Tekstil ve Konfeksiyon*, (2), 83-89.
34. Gowri, S., Almeida, L., Amorim, T., Carnerio, N., Souto, A.P. Esteves, M.F.(2010). *Polymer Nanocomposite for Multifunctional Finishing of Textiles – a Review*, *Textile Research Journal*, 80 (13), 1290-1306.
35. Ming, W., Wu, D., Van Benthem, R., Dewith,G.,(2005). *Superhydrophobic Films from Raspberry Like Particles*, *Nano Lett.* 5, 2298-2301
36. Hoefnagels, H. F., Wu, D., Dewith, G., Ming, W., (2007). *Biomimetic Superhydrophobic and Highly Oleophobic Cotton Textiles*, *Langmuir*. 23, 13158-13163
37. Chao, H.X., Shun, T.J., Jing, Z. L., Hong, Z. C., Mang, W., (2008). *Preparation of Superhydrophobic Surfaces on Cotton Textiles*, *Sci. Technol. Adv. Mater.* 9, 035001-035008 .
38. Qufu, W., Wangyan, Y., Robert, R., Mather, X.W. (2007). *Preparation and Characterization of Titanium Dioxide Nanocomposite Fibers*, *J. Mater. Sci.* 42, 8001-8005
39. Dickson, D. P. E. (1999). *Nano structured Magnetism in Living Systems*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 203 (1), 46-49.
40. Dahl, J.A., Maddux, B.L., ve Hutchison, J.E. (2007). *Towards Greener Nanosynthesis*, *Chemical Reviews*, 107, 2228-2269.
41. Sharma, V.K., Ygard, R.A. Lin, Y. (2009). *Silver Nanoparticles: Green Synthesis and Their Antimicrobial Activities*, *Advances in Colloid and Interface Science*, 145, 83-96.
42. Ramirez, M.I. Bashir, S., Luo, Z., Liu, J.L. (2009). *Green Synthesis and Characterization of Polymer-Stabilized Silver Nanoparticles*, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73, 185-191.
43. Morones, J.R., Elechiguerra, J.L., Camacho, A., Holt, K., Kouri, J.B., Ramirez, J.T., Yacaman, M.J. (2005). *The Bacteriosidal Effect of Silver Nanoparticles*, *Nanotechnology*, 16, 2346-2353.
44. Russell, A.D. ve Hugo, W.B. (1994). *Antimicrobial Activity and Action of Silver*, *Progress in Medicinal Chemistry*, 31, 351-370.
45. Dastjerdi R., Mojtahedi, M. R.M., Shoshtari, A.M., Khosroshahi, A., ve Moayed, A.J. (2009). *Fiber to Fabric Processability of Silver / Zinc Loaded Nanocomposite Yarns*, *Textile Research Journal*, 79 (12), 1099-1107.
46. Kvitek, L., Panacek, A., Soukupova, J., Kolar, M., Vecerova, R., Prucek, R., Holecova, M. ve Zboril, R. (2008). *Effect of Surfactants and Polymer on Stability and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles*, *The Journal of Physical Chemistry C*, 112, 5825-5834.

47. Dallas, P., Sharma, V.K. and Zboril, R. (2011). *Silver polymeric nanocomposites as advanced antimicrobial agents: Classification, synthetic paths, applications, and perspectives*, Advances in Colloid and Interface Science, 166 (1-2), 119–135.
48. Rawat J., Rana S., Srivastava R., Devesh R., ve Misra K. (2007). *Antimicrobial activity of composite nanoparticles consisting of titania photocatalytic shell and nickel ferrite magnetic core*, Material Science & Engineering C, 27, 540-545.
49. Pascual J., Camassel J., ve Mathieu H. (1978). *Fine Structure in the Intrinsic Absorption Edge of TiO₂*, Physical Review B, 18 (10), 5606-5614.
50. Amezaga - Madrid, P., Silveyra-Morales, R., Cordoba-Fierro, L., Nevarez Moorillón, G.V., Miki-Yoshida, M. M., Orrantia-Borunda E. ve Solís, F. J. (2003). *TEM evidence of ultrastructural alteration on Pseudomonas aeruginosa by photo catalytic TiO₂ thin films*, Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 70 (1), 45-50.
51. Prairie M. R., Evans L. R., Stange B. M., Martinez S. L. (1993). *An investigation of TiO₂ photocatalysis for the treatment of water contaminated with metals and organic chemicals*, Environmental Science and Technology, 27 (9), 1776-1782.
52. Jaeger, C. D. ve Bard, A. J. (1979). Spin trapping and electron spin resonance detection of radical intermediates in the photodecomposition of water at titanium dioxide particulate systems, *The Journal of Physical Chemistry*, 83 (24), 3146-3152.
53. Carp, O., Huisman C. L., Reller A. (2004). Photoinduced Reactivity of Titanium Dioxide, *Progress in Solid State Chemistry*, 32 (1), 33-177.
54. Rana, S., ve Misra, R. D. K. (2005). *The Antimicrobial Activity of Titania-Nickel Ferrite Composite Nanoparticles*, Journal of the Minerals, metals, and Materials Society, 57, 65-69.