

TEKSTİLDE İLERİ TEKNOLOJİLER

Aysun CİRELİ

Bengi KUTLU

Nurhan ONAR

Gökhan ERKAN

Dokuz Eylül Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi

Tekstil Mühendisliği Bölümü

Bornova-İzmir

ÖZET

Bu yazımızda son yıllarda tekstil alanındaki uygulamalarıyla ilgili yoğun araştırmalar yapılan yeni/ileri teknolojiler hakkında bilgi verilmiştir. Bunlar nanoteknoloji, plazma teknolojisi, sol-jel teknolojisi ve mikrokapsülasyondur. Bu yeni/ileri teknolojiler konvansiyonel işlemlerde oluşan olumsuzlukların olmadığı ve onlarla elde edilemeyen özelliklerin elde edilebildiği yöntemlerdir.

Anahtar Sözcükler: Nanoteknoloji, plazma teknolojisi, sol-jel teknolojisi, mikrokapsülasyon

ADVANCED TECHNOLOGIES IN TEXTILES

ABSTRACT

In this paper, information about new/advanced technologies, whose applications in the textile field are under intensively investigation recently, was given. These are nanotechnology, plasma technology, sol-gel technology and microencapsulation. These new/advanced technologies are the methods, by which it is possible to obtain properties that cannot be obtained by the conventional processes and also it is possible to eliminate the undesirable side-effects which are generally the fact with conventional methods.

Keywords: Nanotechnology, plasma technology, sol-gel technology, microencapsulation

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinin geleceği için yüksek kaliteli ürünlerin yanında çevre dostu ve ekonomik üretim yöntemleri de önem kazanmıştır. Bu amaçla çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılmaya başlanmıştır.

- enzimlerin kullanımı,
- ultra-ses dalgalarının kullanımı,
- plazma ile yüzey modifikasyonu,
- sol-jel teknolojisi,
- mikrokapsülasyon ve
- nanoteknoloji uygulamaları bu yöntemler arasında sayılmaktadır.

Tekstilde kullanılan ileri teknolojiler ile tekstil materyallerine çeşitli özellikler kazandırmak mümkündür. Bu özellikler, mekanik, kimyasal, fotokimyasal ve termal dayanım; su, yağ ve kir iticilik; antistatik özellik, mikro-elektronik uygulamalar, elektromanyetik koruma; enzimlerin, kozmetikler ve ilaçların immobilizasyon ve salınımı; renk, UV-koruma, sıcaklıkla renk değiştirme ve kamuflajdır.

2. NANOTEKNOLOJİ VE TEKSTİL UYGULAMALARI

Nano, Yunanca'da cüce anlamına gelen Nanos sözcüğünden türemiştir. Nano, saniye, metre, litre gibi ana birimlerin başına eklenen bir ön ektir ve başına geldiği birimin milyarda birini ifade etmektedir. (örneğin, nanometre, metrenin milyarda biridir) [www.wtec.org, 2006].

		
-Nanometreden küçük -Bir tek atomun çapı, birkaç angstrom yani nanometrenin yaklaşık onda biri kadardır.	-Nanometre 10 adet bitişik olarak yan yana duran hidrojen atomu (mavi küreler) 1 nanometredir. -DNA molekülleri yaklaşık 2,5 nanometre genişliğindedir.	-Birkaç bin Nanometre -Kırmızı kan hücreleri gibi biyolojik hücrelerin çapları, birkaç 1000 nanometre boyutundadır.
		
-1 Milyon Nanometre -Bu parmak üzerindeki bir toplu iğne başı büyüklüğündeki siyah leke 1.000.000 nanometre çapındadır.	-Birkaç Milyar Nanometre -2 metre boyundaki bir insan 2 milyar nanometre boyundadır.	

Şekil 1. Nanometre boyutunu anlatan örnekler [www.wtec.org, 2006]

Nanoteknoloji; nanometre ölçekli yapıların analizi, imalatı ve nano hassasiyette cihazların geliştirilmesi olarak özetlenebilir. Nano-teknoloji kapsamına giren malzemeler 1 ile 100 nanometre arasındaki herhangi bir büyüklük (uzunluk, genişlik veya kalınlık) ile ifade edilen malzemelerdir. Tekstil

malzemelerinde nano-teknoloji uygulamaları temelde iki başlıkta incelenebilir [Erkan, et al.; 2005].

2.1. Farklı Fonksiyonlara Sahip Nano Boyutlarda Yeni Tekstil Malzemeleri Üretmek

Bu ürünler, nano-lifler, nano-tüpler ve nano-kompozitlerdir.

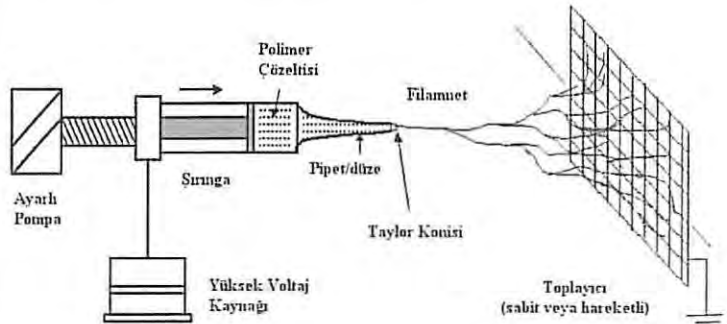
2.1.a. Nano-lifler

Nano-lifler, basit olarak incelikleri nanometre boyutlarında olan liflerdir. Kimyasal lif üreticilerinin daha ince lifler üretmek için yaptıkları çalışmalar mikro ve Nano incelikteki liflerin geliştirilmesini sağlamıştır.

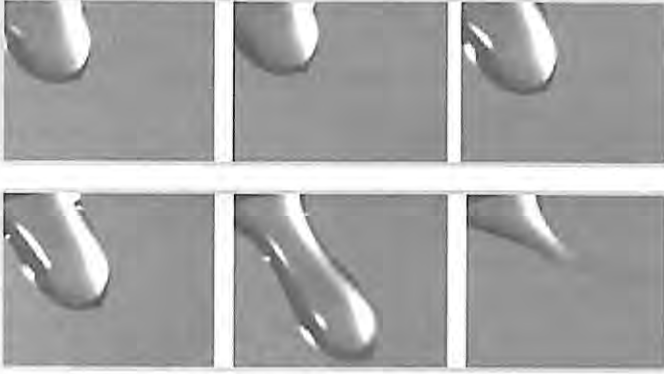
Mikro-lifler, incelikleri Mikron (10^{-6} m) ile ifade edilen liflerdir. 1 denye incelikte bir poliestere filamentinin çapı yaklaşık olarak 10 mikrondur ve 0,3 denyeden daha ince lifler mikro lifler olarak tanımlanmaktadır. Nano- lif terimi ise çapları 0,5 mikrondan daha küçük olan lifler için kullanılmaktadır. Üretilen tipik nano-lifler 50 ile 500 nanometre arasında çapa sahiptirler. Bu boyutlar gözle görülemeyecek kadar küçüktür. Nano-lifler diğer liflerden farklı olarak elektrik alan ile lif çekim (Elektro-spinning) yöntemiyle üretilirler [Grafe & Graham, 2002; Fong & Reneker, 2001].

Elektrik Alan ile Lif Çekimi

Sistemde şırınga benzeri düzeneğe sabit basınç sağlayan ve sıvının pipet ucundaki düzeye akmasını ayarlayan bir pompa vardır. Şırınganın ucundaki damlacığın filament haline gelmesi elektriksel alan ile sağlanan çekim kuvvetleri sayesinde gerçekleştirilir. Polimer madde çözeltisi/eriyesi ve toplayıcı elektriksel olarak zıt yüklerle yüklenir, böylece toplayıcı polimer maddeyi kendine doğru çeker. Lif çekim hızını genellikle sıvın akış hızı ve elektriksel alanın büyüklüğü etkiler [http://www.umassd.edu, 2006].



Şekil 2. Elektrik alan ile lif çekim düzeni ve lifin oluşumu [Grafe & Graham, 2002]



Şekil 3. Polimer eriyiğinin elektrik alan tarafından çekilmeye başladığı andan lif çekimine kadarki görüntüsü



Şekil 4. Elektriksel alan ile lif çekim yönteminde oluşan liflerin görüntüsü [<http://fluid.ippt.gov.pl>, Mayıs 2006]

Elektriksel alan ile lif çekim yöntemini etkileyen işlem parametreleri aşağıdaki gibidir:

-Polimer madde özellikleri: Moleküler ağırlık, moleküler ağırlık dağılımı, polimerin dallanmış veya düzgün yapıda olması,

-Çözelti Özellikleri: Viskozite, yüzey gerilimi, iletkenlik ve di-elektrik katsayısı

-Elektrik alan potansiyeli ve akı oranı

-Düze ve Toplayıcı arasındaki mesafe

-Çevresel faktörler: sıcaklık, nem, ve hava akımı

-Toplayıcı plakanın hareketi

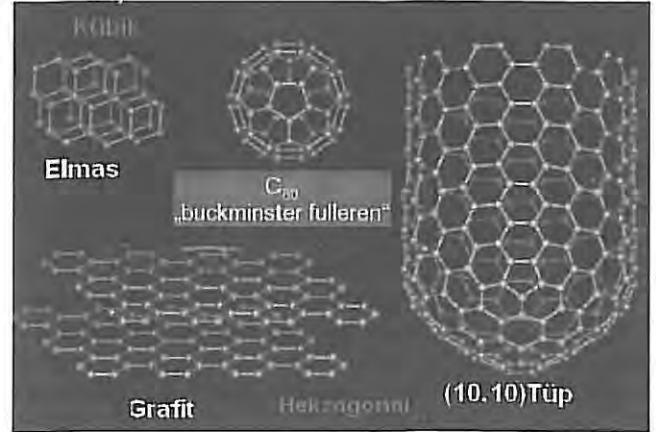
Elektriksel alan ile lif çekim yönteminde, diğer yöntemlerle elde edilemeyecek kadar küçük çaplarda (0,05µm (=50nm)-10 µm) lifler üretilebilmektedir. Çaplar çok küçük olduğundan, bu liflerden elde edilen tekstil materyalinde yüzey alanı çok büyük olur ve böylece ürünün sıvı emme kapasitesi çok yüksek olmaktadır. Bu lif çekim yönteminde ekipmanlar basittir ve çok küçük miktarda polimer yeterli

olmaktadır. Hem çözültiden hem de eriyikten lif çekimi yapılabildiği için çok çeşitli polimerler ile çalışılabilmektedir. Bu sayılan avantajlar dışında işlemdeki verimin düşük olması, liflerin yetersiz oryantasyonu, düzgünsüz çap dağılımı ve zayıf mekanik özellikler de yöntemin sakıncaları arasında sayılabilmektedir.

Nano-lifler, bio-medikal uygulamalarda (Sargı bezleri, ilaç iletim sistemleri, sentetik kan damarları, yapay organlar ve koruyucu giysiler), uzayda kurulan güneş ve ışık panellerinde, gübrelerin bitkilere zamanla salınmasını sağlayan kumaşlarda, temizlik bezlerinde, kişisel bakım için kullanılan tekstillerde, yüksek sıcaklık ve yüksek modül gereken yerlerde kullanılan seramik ve karbon nano- liflerde, koruyucu giysilerde, elektronik aletlerde, filtrasyonda (nano- lifler ile elde edilen kumaş yapısı 100 nm den daha küçük parçacıkları veya damlacıkları sıvıdan veya gazlardan uzaklaştırılabilir. Bu da nano-liflerin filtrasyon amaçlı kullanımını sağla), kompozit malzemelerde vb. kullanılmaktadır [Grafe & Graham, 2002; Grafe & Graham, 2003].

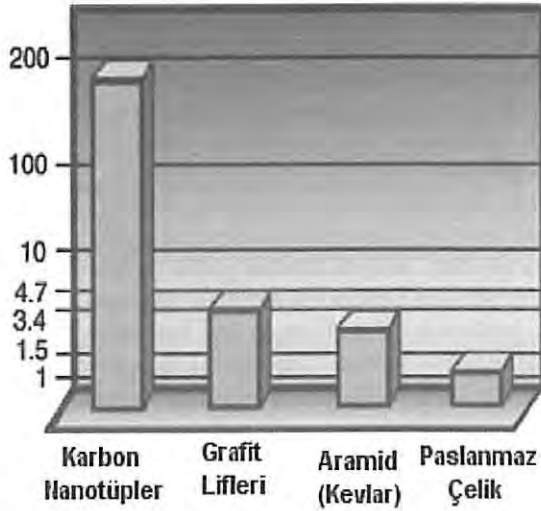
2.1.b. Nano-tüpler

Karbon elementi, doğada farklı biçimlerde (Şekil 5) bulunmaktadır.



Şekil 5. Karbon elementinin doğada bulunuş biçimleri

Karbon nano-tüpler, tek duvarlı (single-walled, SWNT) ve çok duvarlı (multi-walled, MWNT) olarak sınıflandırılırlar. Tek-duvarlı karbon nanotüpler (CNT), tek grafit tabakasının sarılarak iki kenarının birleştirilmesi ile ve fullerene benzer başlığı ile dar ve uzun bir tüp olarak üretilen karbonun yeni bir formudur. Uzunluğunun çapına oranı çok yüksektir. Karbon nano-tüplerin fiziksel özellikleri yüksek mukavemet, yüksek elektriksel iletkenlik, yaklaşık tek boyutlu yapı ve yüksek ısı iletkenliktir. Şekil 6'da karbon nano-tüpün mukavemetinin, grafit lifleri, kevlar ve paslanmaz çelik ile karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 6. Karbon nano-tüpün mukavemetinin grafit lifleri, kevlar ve paslanmaz çelik ile karşılaştırılması

Karbon nano-tüpler karbon-ark deşarj, karbonun lazer aşındırması (ablation) ve kimyasal buhar biriktirme yöntemleri ile üretilmektedirler. Bu ürünlerin potansiyel kullanım alanları olarak, iletken ve yüksek mukavemette kompozit lifleri, enerji depolama ve enerji dönüşüm araçlarını, sensörleri, alan emisyon göstergelerini (field emission displays) ve moleküler elektronikleri saymak mümkündür.

2.1.c. Nano-kompozitler

En başarılı karbon nano-tüp (CNT) kompozit lif örneği; koagülasyon banyosundan çekim yöntemi kullanarak mikrometre boyutunda lif çapında üretilen SWNT-polivinil alkol lifidir. Bu lif aynı ağırlık ve uzunlukta çelik telden 2 kat daha fazla mukavemet ve 20 kat daha yüksek peklik değerine sahiptir. Bu lifler patlamaya dayanıklı battaniyelerde, güvenlik amaçlı olarak ve elektromagnetik korumada kullanım potansiyeline sahiptir. Polimetilmetakrilat, poliakrilonitril gibi farklı polimer matriksleri içeren karbon nano-tüp liflerinin araştırmaları devam etmektedir. Bu araştırmalarda yaş çekim, eriyikten çekim ve elektro-çekim yöntemleri kullanılmaktadır.

2.2. Tekstil Materyallerinin Var Olan Fonksiyonları ile Performanslarını Nano-Teknoloji Yardımı ile Geliştirmek

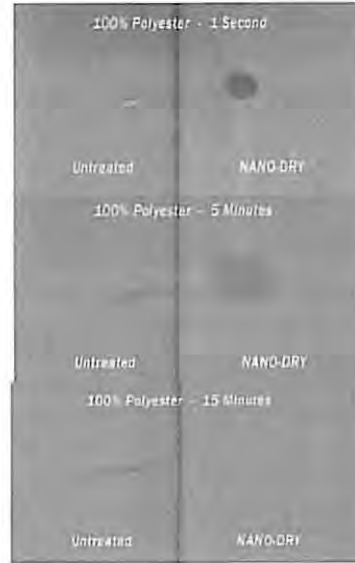
Bu uygulamalar da nano-boyutta partikülden üretilmiş kimyasal maddelerle işlem yaparak ya da nanometre boyutunda işlem yapmayı sağlayan teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

2.2.a. Lif, iplik veya kumaş yüzeyine farklı özellikler kazandıran nano-partiküller, nano-kapsüller vb. eklemek.

Nano partikül ya da nano-kapsül içeren kimyasal maddeler kullanılarak tekstil materyallerine daha etkili fonksiyonel özellikler kazandırmak mümkündür.

Nano-pel, Nano-care ve Nano-dry isimli ticari ürünlerle tekstil materyallerine sırasıyla doğal ve sentetik liflerde elde

edilen kalıcı su ve yağ iticilik özelliği, buruşmazlık, çekmezlik ve kir iticilik özellikleri ve sentetik lifler için hidrofilitik ve kolay kuruma özelliği kazandırılmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. (a) Nano-Dry maddesiyle işlem görmüş bir poliester lifinin, işlem görmemiş poliester lifi ile karşılaştırılması; (b) Nano-Pel maddesiyle işlem görmüş kumaşın özellikleri

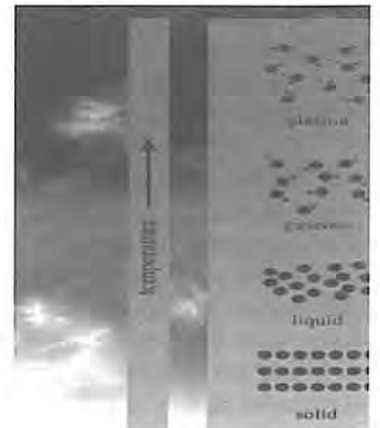
2.2.b. Atom ve moleküllerin yerleri ile oynayarak, ileri teknolojilerle (plazma, sol-jel vb.) ile kaplama yaparak yeni/fonksiyonel yüzey tabakaları elde etmek

Yeni/ileri teknolojiler kullanılarak nano boyuttaki işlemlerle tekstil materyallerine fonksiyonellik kazandırmak mümkündür. Bu amaçla kullanılan plazma teknolojisi ve sol-jel teknolojisi hakkında geniş bilgi aşağıda verilmiştir.

3. PLAZMA İLE YÜZEY MODİFİKASYONU VE TEKSTİLDE KULLANIMI

3.1. Plazma Nedir?

Plazma kısaca maddenin dördüncü halidir. Plazmanın ne olduğunu anlamak için maddenin hallerini gözden geçirmek gerekir (Şekil 8).



Şekil 8. Maddenin halleri [http://www.dowcorning.com, 2006]

Bir parça madde düşünülürken, eğer madde soğuksa, atom ve molekülleri rijid bir biçimde, düzgün bir kafes oluşturacak biçimde bir diğerine bağlı olarak yerlerinde kilitlenmişse, o zaman bu madde katı haldedir. Maddeye enerji verilirse, örneğin ısıtılırsa ya da yoğun ışık radyasyonuna maruz bırakılırsa, maddenin sıcaklığı yükselir ve atomları kafes yapıdaki kendi yerlerinde titreşerek hareketlenmeye başlar. Enerjinin artırılmasıyla atomların hareketliliği çok artar, böylece kafes yapı içinde serbest kalırlar ve çevrede rastgele, ancak hala diğer atomlara yakın kalarak, hareket etmeye başlarlar. Bu durumda elimizdeki katı madde erimştir ve sıvı haline geçmiştir. Verilen enerjinin daha da artırılması, atomların birbirlerinden iyice uzaklaşarak ancak hala rastgele hareket etmesine neden olur. Bu durumda sıvı, kaynayıp buharlaşarak gaz haline geçmiştir. Tüm bu üç halde de, atomlar ve moleküller elektriksel olarak nötrdürler [www.plasmas.org, 2006].

(Atomların Proton sayısı = Atomların Elektron sayısı)

Eğer sisteme enerji verme sürdürülürse, belirli bir başlangıç zamanında, madde aniden ışımaya başlar. Bu noktada artık madde gaz halinde değildir. Plazma haline geçmiştir (Şekil 9) [www.plasmas.org, 2006].



Şekil 9. Azot plazması [www.utdallas.edu, 2006; <http://rclsg.eng.ohio-state.edu>, 2006]

Plazma, iyonlar, elektronlar, serbest radikaller, fotonlar, uyarılmış atomlar/moleküller ve nötr atomlar/moleküllerden oluşur. Plazma içerisinde dissosyasyon, iyonlaşma ve bu olayların tersi olan rekombinasyon olayları dinamik bir denge halinde sürekli meydana gelir. Plazma, çok reaktif ve materyallerin yüzey modifikasyonları için uygun bir ortamdır [Verschuren & Kiekens, 2001].

Plazma elde etmek için gazlara enerji (iyonlaşma enerjisi) vermenin en yaygın yolu elektrik deşarjıdır. Plazma, düşük basınçta ya da atmosfer basıncında, bir elektrot çifti üzerinden doğru akım, mikrodalga, düşük frekans ve radyo frekansı voltajı geçirilerek oluşturulabilir.

3.2. Plazmanın Sınıflandırılması

Sıcak plazma ve soğuk plazma olmak üzere iki çeşit plazma bulunmaktadır. Doğal olarak oluşan sıcak plazmaya şimşek iyi bir örnektir. Sıcak plazmalar yapay olarak da yüksek sıcaklık arkı, yüksek voltaj kullanılarak oluşturulabilmektedir. Metalleri buharlaştırmak ve birikmelerini sağlamak için kullanılan korona deşarjı işlemi ve plazma torçu bu plazma türlerindedir. Yüzey modifikasyonlarında ve organik temizlemede kullanılan soğuk plazmalar ise 0,1-0,2 torr basınç aralığında oluşturulmaktadır. Bu tür plazmalar genellikle atmosferik gazlardan ya da kimyasal maddelerin buharlarından, bir vakum odacığında oluşturulmaktadır. Düşük basınç, hızlanmış elektron ve iyonlara daha uzun serbest yol uzunluğu sağlamaktadır. Elektron dışındaki parçacıklar ortam sıcaklığında oldukları için ve yüksek sıcaklıktaki (ya da yüksek elektron volt düzeyindeki) elektronların uzun serbest yol uzunluğu nedeniyle bu basınçta diğer moleküllerle çarpışmaları çok az olduğu için reaksiyon düşük sıcaklıkta kalmaktadır. Enerjisi yüksek elektronların plazma ortamındaki hareketi, yüzeyde ya da yüzeye yakın yerlerde kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesine neden olmaktadır. Böylece en kararlı kimyasal yapılarda bile modifikasyon gerçekleşmektedir

[http://www.astp.com/plasma/pl_examples.html, 2006].

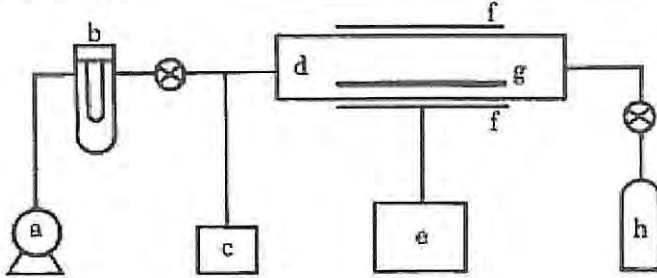
Plazma işleminin avantajı, plazmanın yüzeyde en çok 100Å'a kadar etki etmesidir. Böylece materyalin yüzey özellikleri dışındaki hiçbir özelliği işlemde etkilenmemektedir. Plazma teknolojisi kullanılarak materyaller üzerinde çok farklı etkilerde işlemler yapmak mümkündür [Arefi, et al., 1992; Kutlu & Cireli, 2004; Luo, 2002; Nouredine & Hequet, 2004].:

1. Materyallerin substrat üzerinde birikmesini sağlayan polimerizasyon: eğer gaz, metan, etan ve etanol gazları ile organo-silikon ve organo-metal buharları gibi çok miktarda C ve H atomları içeriyorsa gerçekleşmektedir.
2. Materyallerin substrat üzerinden uzaklaşmasını sağlayan aşındırma: eğer plazma inert gaz ya da kimyasal olarak reaktif ancak saf gaz plazmalarında polimerik birikme göstermeyen inorganik ve organik moleküller gazlardan oluşturulmuşsa gerçekleşmektedir.
3. Substratın sonraki işlemlerine hazırlık için yüzeyinin aktivasyonu: Yüzeyde oluşan radikaller sonraki işlemlerde kullanılacak kimyasalların tutunmasını artırmaktadırlar.
4. Kirliliklerin temizlenmesi: Yüzeyde birikmiş olan kirlilik iyon bombardımanı ile fiziksel olarak ve kimyasal olarak uzaklaştırılabilmektedir.

3.3. Plazma Polimerizasyonu

Plazma odacığına hidrokarbon, florokarbon gazları, azot içeren monomerler ya da silikon monomerleri beslenir, ardından bunlar elektronik olarak indirgenerek reaktif türler haline dönüşürler. Plazma polimerizasyonu, plazma içerisindeki reaktif türlerin birbirleri ve substrat ile etkileşimleri sonucunda substrat yüzeyine birikmeleri ile gerçekleşmektedir. Plazma polimerizasyonu işleminin son

ürünlerini belirlemede etkili olan çeşitli parametreler bulunmaktadır. Bunlar, birikme oranı, plazma sisteminin konfigürasyonu, monomerin reaktifliği, gazın ya da monomer gazı/buharının akış hızı, plazma basıncı, güç ve plazma işleminin süresidir. Şekil 10'da bir plazma sisteminin şematik görüntüsü görülmektedir [Cireli et al., 2005; Hwang, 2003; Luo, 2002].

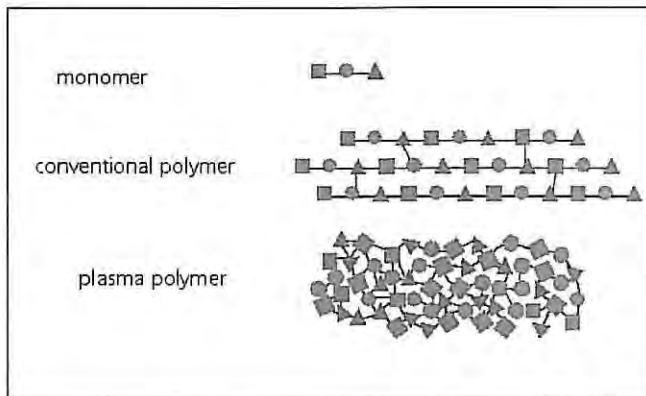


- a. Vakum Pompası
b. Soğutucu
c. Basınç Ölçer
d. Plazma Odacığı
e. RF jeneratörü
f. Elektrodlar
g. Örnek (kumaş)
h. Monomer tankı ya da gaz tüpü

Şekil 10. Bir plazma sisteminin şematik görüntüsü

3.3.1. Plazma Polimerizasyonunun Avantajları:

Plazma polimerizasyonu, çok farklı organik ve organo-metalik başlangıç materyallerinden ultra ince polimer filmler ($< 1 \mu\text{m}$) üretmek için tek yöntemdir. Oluşan filmler ayrıca, hiç boşluksuz, yüksek derecede çapraz bağlı (Şekil 11) ve dolayısıyla kimyasal reaksiyon vermeyen, çözünmeye, ısıya ve mekanik etkilere dayanıklı filmlerdir. Plazmada her türlü substrat (polimer, seramik, metal) kullanılabilir ve substrat ve kaplanan film arasında iyi bir yapışma kolaylıkla elde edilebilir. Plazma polimerizasyonunda, konvansiyonel polimerizasyon yöntemleriyle polimerleştirilemeyen doymuş hidrokarbon ve florokarbon gazları bile polimer film oluşturmak için kullanılabilirler [Arefi et al., 1992; Hwang, 2003].



Şekil 11. Plazma polimerizasyonu sonucunda oluşan polimerlerin konvansiyonel polimerlerden farklı hiç boşluksuz yapısı

3.4. Plazma Polimerizasyon Teknolojisinin Tekstil Bitim İşlemlerinde Kullanımı

Konvansiyonel işlemlerde, tekstil materyali bitim işlem maddesi içeren bir flottede alınan flotte oranı %70-80 olacak şekilde emdirilmektedir. Ardından 110-150°C'de kurutulmakta ve 150-175°C'de kondenzasyona tabi tutulmaktadır. Örneğin, etkili bir güç tutuşurluk işlemi için kullanılan kimyasal konsantrasyonu 300-500g/l kadar olabilmektedir. Plazma polimerizasyonunun endüstriyel işlemlerdeki en avantajlı yanı, kimyasal atıkların önlenmesidir. Diğer avantajları: düşük maliyet, hızlı reaksiyon süreleri, kimyasal miktarının düşük olması ve suyun kullanılmamasıdır. Plazma işlemi kumaşa, ıslatma ve kurutma gibi ek işlemler gerektirmemektedir. Plazma polimerizasyonu, kumaşlara su-, kir-iticilik, ıslanabilirlik, güç tutuşurluk gibi fonksiyonel özellikler vermek için tekstillerin birçok bitim işleminde kullanılmaktadır [Allan, et al., 2002; Cireli et al., 2005; Kutlu & Cireli, 2004; Zhang, 2003].

3.4.1. Su ve Kir İticilik Bitim İşlemleri

Pamuk lifini plazma polimerizasyonu ile hidrofob yapmak için tetrametilsiklotetrasiloksan (TMCTS), octametilsiklotetrasiloksan (OMCTS) ve florokarbon sıvı başlatıcılar ile belirli florokarbon gazları kullanılabilir. Plazma polimerizasyonundan sonra tekstil materyali üzerine ince bir film tabakası kaplanır ve işlem görmemiş pamuk hızla ıslanırken siloksanlar ile plazma işlemi görmüş olan tekstil materyali oldukça yüksek bir temas açısına $>135^\circ$ sahip olur. Florokarbon bileşikleri için, işlem sonucunda kumaş 164°'lik bir temas açısına sahip olur [Herbert, 2003; McCord et al., 2003; Zhang, 2003].

Poliakrilonitril tekstil materyallerinin plazma polimerizasyonu tekniği ile su iticiliği, 1,1,2,2-tetrahidroflorodesil akrilat (AC8) monomeri, florokarbon ve hidrokarbon içeren gazlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Monomerle yapılan işlem sonucunda 320 mm su sütunu, gazlarla yapılan işlem sonucu ise 370 mm su sütunu su iticilik değerleri elde edilmiştir [Hochart et al., 2003; Pane et al., 2001].

3.4.2. Yağ İticilik Bitim İşlemleri

Florokarbon bileşikleri, plazma polimerizasyonunda perfloralken başlatıcıların kullanımı ile tekstil materyallerine yağ iticilik özelliği de kazandırmaktadırlar. Yağ itici özellik kazandırmak için polipropilen film üzerine poli(heptadekaflorodesen), heptadekaflorodesen (HDFD) başlatıcı kullanılarak kaplanmaktadır. İşlem görmemiş polipropilenin yağ iticilik değeri (AATCC) 1 iken, işlem görmüş filmin yağ iticilik değeri (AATCC) 3'e yükselmiştir [Herbert, 2003].

3.4.3. Tekstil Materyallerinin Islanabilirliği

2-hidroksietil metakrilat (HEMA), akrilamid (AAm), N-isopropil akrilamid (NiPAAm), akrilik asit (AA), 2-metoksietilakrilat (MEA) ve 2-hidroksietil akrilatın (HEA),

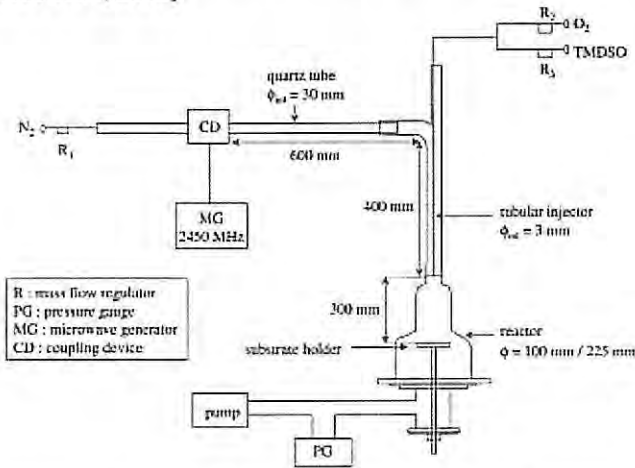
pamuk, selüloz asetat, rayon ve bakır ipeği üzerinde plazma polimerizasyonları gerçekleştirilmiştir. HEMA monomerinin pamuk lifinin ıslanabilirliğini artırmak için etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca HEMA'nın plazma polimerizasyonu, ipliklerin kopma mukavemetini artırmaktadır. Bunun nedeni, fibrillerin aşırı polimerleri ile birbirlerine bağlanmalarıdır [Zubaidi, 1996].

Olefin liflerinin hidrofiliği için, oksidatif plazma ortamında tetrametilsiklotetrasiloksan (TMCTS) ve oktametilsiklotetrasiloksan (OMTCS) ve oksidatif olmayan ortamda akrilik asit kullanılabilir. Plazma ile poli(akrilik asit) kaplaması polipropilene -COOH bakımından zengin bir yüzey kazandırır [Herbert, 2003].

Poliester kumaşların, heksametil disilan (HMDS) ve tris(trimetilsiloksi)vinilsilan (TTMSVS) monomerleri kullanılarak atmosfer basıncında plazma polimerizasyon işlemi, kumaşların renk yoğunluğunu artırmıştır [Kang & Sarmadi, 2004].

3.4.4. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemleri

Poliamid 6 plakaların güç tutuşurluk özellikleri, oksijenle karıştırılmış 1,1,3,3-tetrametildisiloksanın (TMDSO) soğuk-uzak azot plazması (CRNP) polimerizasyonu ile geliştirilmektedir. Bu işlem için kullanılan reaktörün konfigürasyonu diğerlerinden farklıdır (Şekil 12). Plazma polimerizasyonundan sonra, sınırlayıcı oksijen indeksi (LOI) %130 artış, ısı açığa çıkarma oranı %41 ve açığa çıkan toplam ısı miktarı %33 azalma göstermişlerdir [Quede et al., 2004; Quede et al., 2002].



Şekil 12. Soğuk-uzak azot plazması (CRNP) reaktörünün şematik gösterimi

Poliakrilonitril liflerinin güç tutuşurluğu için Akovali & Gündoğan, etildiklorofosfat (EDCP), heksametildisiloksan (HMDSO) ve tris(butoksietil)fosfat (TBEP) monomerlerinin plazma polimerizasyonu üzerine çalışmışlardır. TBEP'in kaynama noktası çok yüksek olduğu için, püskürtme yöntemi ile kimyasal madde uygulanmış ardından plazma işlemi yapılmıştır. En başarılı sonuçlar bu şekilde işlem yapılmış TBEP ile elde edilmiştir. EDCP'nin plazma polimerizasyonunun ardından da, sınırlayıcı oksijen indeksi

(LOI), işlem görmemiş kumaşlarda 25 iken, işlem görmüş kumaşlarda 27'ye yükselmiştir [Akovali & Gündoğan, 1990].

Akovali & Takrouri, poliester liflerinin güç tutuşurluğu için HMDSO, 1,1,2-trikloreten, trikloretilen, tetrakloretilen ve alilamin monomerleri ile çalışmışlardır [Akovali & Takrouri, 1991].

3.4.5. Liflerin Nem İçeriği ve Yüzeylerin Elektrik Dirençleri

Sentetik liflerin hidrofob karakterlerinden kaynaklanan statik elektriklenme, istenmeyen bir özelliktir. Bağlı nem ve dolayısıyla lifin nem içeriği, lifin elektriksel direnci üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Bu istenmeyen özelliği kontrol etmek için pamuk ve poliester liflerine, akrilonitril ve akrilamid plazma ile aşılanmıştır. Pamuk için, nem içeriği yalnızca %70 bağlı nem içeren ortamda artmıştır ve özellikle poliakrilamidin plazma ile aşılanması ile yüzey direnci belirgin bir şekilde düşmüştür. Poliesterin ise poliakrilamid aşılanması sonucunda nem içeriği %3 artmıştır ve plazma polimerizasyonu ile poliakrilonitril kaplanmasının ardından da nem içeriği yaklaşık % 2 yükselmiştir [Bhat & Benjamin, 1999].

3.4.6. Yün Lifinin Keçeleşmezliğinin Sağlanması

Yün lifinin yüzeyini kaplayan pulcuk tabakası, yünün terbiyesinde lifin içerilerine difüzyonu engelleyen ve keçeleşmesine neden olan bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tabakanın gerekli yüzey değişimi normalde klorlamayla, reçine uygulanmasıyla, enzimlerle sağlanmaktadır. Alternatif olarak bu işlem plazma ile yapılmaktadır.

Oksijen plazması kullanılarak yün lifine difüzyonu önleyen hidrofob tabaka uzaklaştırılmıştır. Aşındırma sonucunda, lifin banyodan boyarmadde alımı artmaktadır. Lifte boyamanın daha hızlı ve daha düzgün olduğu bulunmuştur. Buna bağlı olarak da atık sudaki zararlı madde yükü azalmaktadır. Ayrıca keçeleşmezlik özellikleri de gelişmiş olmaktadır. "Superwash" bir ürün eldesi için plazma işlemi ardından bir reçine işlemi yapılmaktadır. Örme ve dokuma kumaşlar için, bu işlemde kullanılan reçine miktarı yarı yarıya azaltılabilmektedir. Bunlar yanında bir dezavantaj olarak, plazma işlemi sonrasında sert bir tutum ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni de lif yüzeyinde kovalent bağlanmış yağ asitlerinin bir kısmının parçalanmasıdır. Ancak bu kötü etki tekstil materyalinin silikon esaslı bir yumuşatıcı ile muamele edilmesiyle ortadan kaldırılabilmektedir (Kan et al., 2001, Kim & Kang, 2002).

3.4.7. Keten Liflerinin Plazma İle Modifikasyonu

Yüzeyde bulunan fibriller, oksijen plazması ile 40 dakikada, argon plazması ile de 60 dakikada uzaklaşmaktadır. Keten liflerinin yüzeyinde plazma uygulanmasıyla mikro büyüklükte yarıklar oluşmaktadır. Lif yüzeyinde, oksijen plazması ile oksijen içeren grupların artırılması sonucunda (-OH, C=O, -COOH) hidrofiliği artmaktadır. Keten mamullerinin

derecede artmaktadır. Daha uzun süreli işlem liflerin zarar görmesine neden olabilmektedir [Wong, et al., 2000; Wong et al., 2001].

4. SOL-JEL TEKNOLOJİSİ VE TEKSTİL UYGULAMALARI

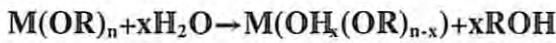
Bir sıvı ile kolloidal katı partiküllerin stabil bir süspansiyonuna sol denir. 3-boyutlu olarak birbirine bağlanmış network yapısı ise jeli oluşturur. Jel, sıvı ile katı arasında bir formdur. Polimerik yapıda veya sol partikülleri ile kolloidal yapıda jel üretmek mümkündür. Sol hazırlama reçetesini başlatıcı madde (metal alkoksit veya metal tuzu), solvent ve şelatlama maddesi oluşturmaktadır.

Sol-jel işleminde kullanılan başlatıcılar iki ana gruba ayrılabilir; metal tuzları (MX, M: metal, X: anyonik grup, $AlCl_3$) ve metal alkoksitler (M(OR), OR: oksit grubu, $Al(OC_2H_5)_3$).

Sol-jel işleminde sulu ve susuz solventler kullanılabilir. Yüksek relatif dielektrik katsayısı ($\epsilon_r > 40$) ve düşük dipol momentine sahip solventler, iyi iyonizasyon ve ıslatabilirlik özellikler nedeniyle tercih edilir ve ince film oluşturabilirler. Organik solventler (etanol, metanol, isopropanol, vb); su ile alkoksit başlatıcılarının reaksiyonunun kontrolüne izin vermesi ve sol-jel ürünlerini daha esnek bir yapıya yönlendirmesi nedeniyle sol-jel proseslerinde tercih edilirler.

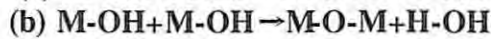
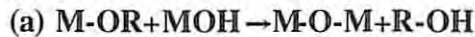
Sol-jel işleminde şelatlama maddeleri katalizör görevi görürler, metal atomuna birkaç bağla bağlanabilirler. Örneğin asetil asetonat, etilen diamin, 2,2-bipiridin gibi.

Sol-jel proseslerinde saydam solüsyonun hazırlanması hidroliz reaksiyonu;



(Hidroliz Reaksiyonu)

ve kondenzasyon reaksiyonları ile gerçekleştirilmektedir [Pierre, 1998].



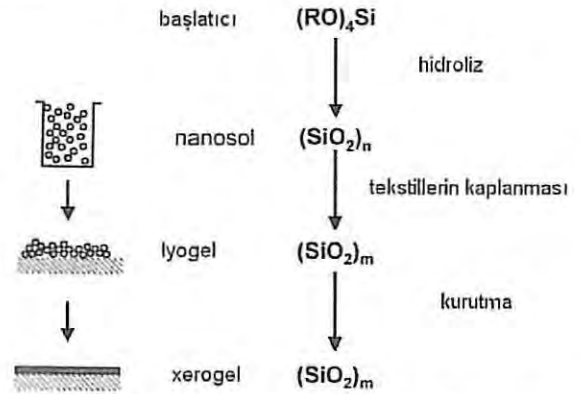
(Kondenzasyon Reaksiyonları)

Hidroliz reaksiyonları boyunca alkoksit grupları (-OR); hidroksi (-OH) veya okso (-O-) ile yer değiştirir. Hidroliz ve kondenzasyon reaksiyonlarını etkileyen çeşitli parametreler, alkil grubunun yapısı, solventin yapısı, solventteki her bir türün konsantrasyonu, suyun alkoksit molar oranı ($r_w = [H_2O]/[alkoksit]$), ve sıcaklıktır.

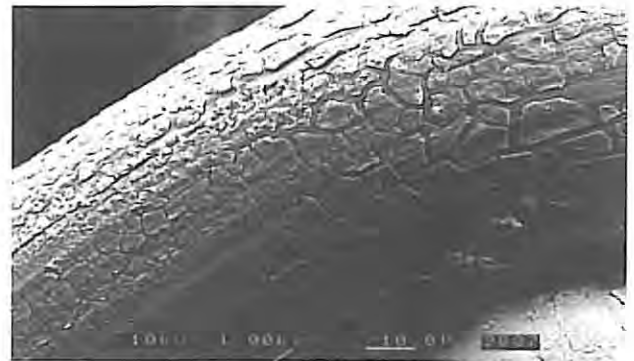
Sol-jel işlem adımları, saydam solüsyon hazırlanması, jelleşme, kurutma, ısıtma işlemi veya oksidasyon ve katılaşma (sintering) veya tavlama (annealing) prosesidir. Jelleşme bir solüsyonun jele dönüşmesi prosesidir. Sol-jel proseslerinde saydam solüsyon hazırlandıktan sonra kondenzasyon

reaksiyonu ile polimerizasyon derecesi kritik bir değere ulaştığında sol partikülleri ile kolloidal yapıda jel oluşturulur. Jelleşme noktasında malzeme ansızın viskoz sıvıdan elastik özelliklerde bir materyale dönüşür. Jel, sıvı ile katı arasında bir formdur. Bir malzemenin jelleşme noktası viskozimetre ile ölçülebilir. Jelleşme sonrasında kurutma ile toz olarak veya ince film olarak üretilecek malzemenin yapısındaki solvent uzaklaştırılır. Yüksek sıcaklıkta ise oksidasyon ile homojen ve saf bir malzeme üretmek için yapıdaki organik içerikler yakılarak uzaklaştırılır. Böylelikle atomik boyutta karışmış oksit filmi veya tozu üretilmiş olur. Katılaşma işlemi ile ise istenilen yüzey alanı, gözeneklilik ve kristal yapısında malzemeler üretmek mümkündür.

Tekstil endüstrisinde sol-jel teknolojisi ile kaplamalar yapılarak tekstil materyallerine çok farklı özellikler kazandırmak mümkündür. Bu amaçla son yıllarda geniş çaplı araştırmalar yapılmaktadır. Sol-jel teknolojisinin tekstilde kullanım alanları, su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, UV ışınlarından koruma, kokuların kontrollü salınımı, antimikrobiyel özellikler, biyokatalitik özellikler, biyoyuymululuk özellikleri, elektrik iletkenliği, boyama ve aşınmaya dayanımdır [Mahltig, 2005]. Silisyum esaslı bir inorganik nanosolün hazırlanması ve tekstil üzerine kaplanması işlemi Şekil 13'de, titanyum oksit (TiO_2) nanosolü ile kaplanmış polipropilen lifinin tarama elektron mikroskobu ile resmi Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 13. Silisyum esaslı bir inorganik nanosolün hazırlanması ve tekstil üzerine kaplanması işlem akışı [Textor, 1999]

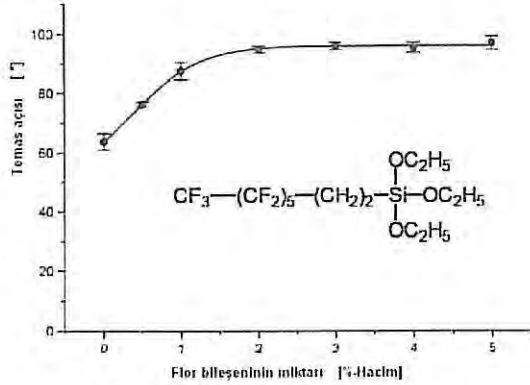


Şekil 14. TiO_2 nanosolü ile kaplanmış polipropilen lifinin tarama elektron mikroskobu ile çekilmiş resmi [Textor, 1999]

4.1. Sol-Gel Teknolojisinin Tekstilde Kullanımı

Satoh ve ark. (2004); sol-jel prosesi ile naylon 6 halılarına, poli(metakrilik asit) (PMMA), tetraetoksi silan (TEOS) ve perfloroalkiltrioksosilan kullanarak su iticilik, kir iticilik, leke dayanımı ve güç tutuşurluk özellikleri kazandırmışlardır.

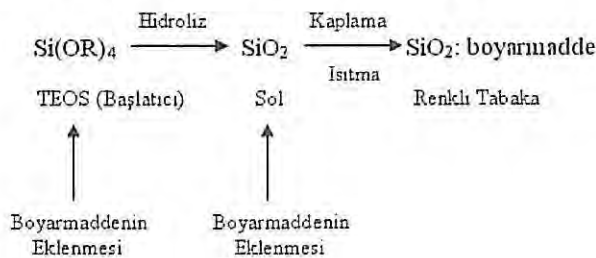
Mahltig ve ark. (2003) silika sollar ile flor içeren silanları kullanarak yüksek yıkama haslılığı gösteren su itici poliamid ve pamuk/poliester kumaşlar elde etmişlerdir (Şekil 15).



Şekil 15. Flor içeren silanlar ile flor bileşeninin miktarına bağlı olarak temas açısının değeri [Textor, 1999]

Schramm ve ark. (2004); buruşmazlık bitim maddesi olarak butantetrakarboksilik asit gibi bir polikarboksilik asit (BTCA), katalizör olarak sodyum hipofosfit (SHP), modifiye edici madde olarak TEOS (tetraetoksi silan)/glisidilpropiloksitrimetoksi silan (GPTMS) (farklı miktarlarda) içeren formülasyonlar ile pamuklu kumaşı muamele etmişlerdir. Bu proses ile pamuklu kumaşın kuru buruşmazlık açısının orta derecede geliştiği ve aşınma dayanımının önemli miktarda arttığı bulunmuştur.

Mahltig ve ark. (2004); poliester, poliamid, pamuk kumaşları 3-glisidiloksipropiltrioksosilan (GLYEO) ve alumina ile ve tek başına silika solüne karıştırılan pozitif yüklü (bazik), negatif yüklü (asit mordant) ve yüksüz bir boyarmadde ile boyamışlardır. Asidik ve bazik boyarmaddenin yıkama haslıkları sol-jel prosesi ile artırılabilmiş, fakat yalnızca bazik boyarmadde ile iyi akma stabilitesi elde edilmiştir. Asit boyarmaddelerde sol-jel matriksine alumina ilavesi ile akma özellikleri yeterince azaltılabilmektedir. GLYEO'nun az miktarda ilavesi ile haslıklarda gelişme sağlanabildiği bulunmuştur.



Şekil 16. Silika matrikse boyarmadde ilavesinin şematik gösterimi [Mahltig, 2004]

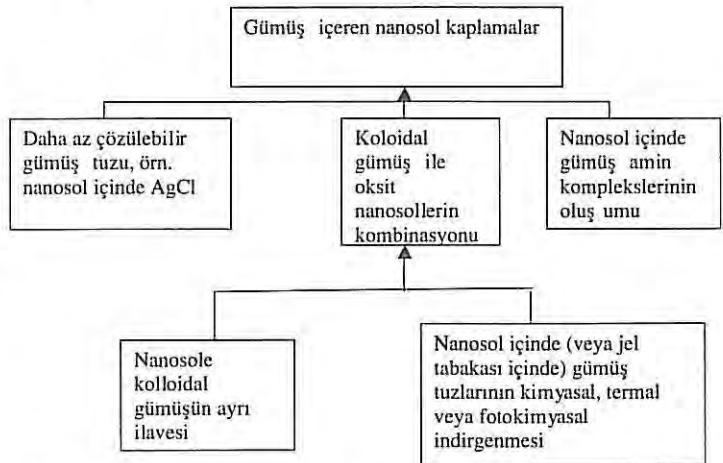
Kulpinski, 2005; N-metilmorfolin-N-oksiti (NMMO) içinde çözülen selüloz çözeltisi içine silika nanopartikülleri karıştırılmıştır. Selülozun transparent bir solüsyonu elde edilmiş ve yaş çekim yöntemine göre lifler çekilmiştir. Nanopartikül konsantrasyonu arttıkça elde edilen liflerin mukavemeti azalmıştır. Life silikon dioksit partiküllerinin girişli lifin fibrilasyon özelliğini azaltmıştır.

White, 2004; 4-Metilmorfolin-N-oksiti (MMNO) içinde çözülen selüloz çözeltisi içinde montmorillonite killeri karıştırılmıştır. MMNO ile elde edilen nanokompozit materyalin degradasyon sıcaklığı 45°C artmış ve kömür (char) oluşumunda önemli artış gözlenmiştir.

Keranen et al., 2004; polikarbonat materyalinin (PC) balistik dayanımını artırmak için laminasyon prosesinde kullanılan bir yapıştırıcı sentezlenmiştir. Bu yapıştırıcı, 3-aminopropiltrimetoksosilan (APTES), 3-glisidiloksipropiltrimetoksi silan (GPTS), Metakriloksipropiltrimetoksosilan (MPTS)'den sentezlenmiştir. Yapıştırıcı, PC materyale sprey kaplama yöntemi ile kaplanmış ve iki PC materyali lamine edilmiştir. Balistik koruma özelliğinin lamine edilmemiş PC'ye göre %5,7 daha iyi bulunmuştur. Bu yapıştırıcı materyalin mükemmel ıslanabilirlik ve çevresel stabiliteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Silika sol matriksi ile cam lifi için aşınmaya dayanıklı kaplama yapılabilir. Silika sol ile kaplanmış örnek 10.000 tura dayanım gösterirken, kaplanmamış örneğin 100 tur sonrasında aşındığı görülmüştür [Textor, 1999].

Ayrıca sol-jel tekniği, silika matriksi içinde gümüş ve gümüş bileşenlerinin tutuklanması ile antimikrobiyal etkinin kontrollü serbest bırakılmasını sağlayabilir. Bu işlemin Şekil 17'de gösterilen farklı varyasyonları mümkündür.



Şekil 17. Gümüş serbest bırakan kaplamalar için nanosollerin hazırlanması [Mahltig, 2005]

Sonuç olarak, sol-jel teknolojisinin tekstil endüstrisinde; fotokromik, elektrokromik ve termokromik tekstiller üretiminde, haslıkların geliştirilmesinde, bariyer özelliklerinin modifikasyonunda, filtrasyon, adsorpsiyon ve seçici geçirgenlik özelliklerinin modifikasyonunda, aşınma dayanım

özelliklerinin iyileştirilmesinde, buruşmazlık özelliklerinin iyileştirilmesinde, UV-koruyucu özelliklerinin iyileştirilmesinde, güç tutuşurluk özelliklerinin iyileştirilmesinde, süperhidrofob (kendi kendini temizleyen) kumaşların üretiminde, antimikrobiyel kumaşların üretiminde kullanım potansiyeli bulunmaktadır.

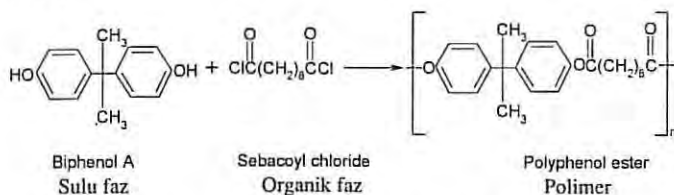
5. MİKROKAPSÜLASYONUN TEKSTİL UYGULAMALARI

Tekstil piyasasında fonksiyonel bitim işlemlerinin önemi, rekabet, artı değer kazandırmak ve piyasadaki payını arttırmak için hızla artmaktadır. Tüketicinin isteklerini sadece estetik özellikler değil aynı zamanda fonksiyonel özellikler de belirlemektedir. Mikrokapsülasyon fonksiyonel bitim işlemlerinde alternatif bir yol olarak gözükmektedir.

Mikrokapsülasyon, bir veya birden fazla ilaç, protein, boya veya kozmetikler gibi sıvı veya katı maddelerin çok küçük ölçeklerde bir polimer madde veya zar ile hapsedilmesidir. Hapsedilen maddelere kabuk materyali denir. Bu sayede kabuk materyali reaktif, korozif ve zararlı çevreden korunur ve ayrıca salınışı kontrol altında tutulur.

Belli başlı mikrokapsülasyon teknikleri: ara yüzey polimerizasyonu, sprey kurutma, sıcak eriyik mikrokapsülasyonu ve faz ayrımı metodudur. Arayüzey Polimerizasyonu: Arayüzey polimerizasyonu iki faz arasındaki yüzeyde meydana gelir. Bu işlemde monomerlerden biri ve kabuk materyali bir çözgen içerisinde çözülür. Diğer monomer de ikinci bir çözgen içerisinde çözülür. Karıştırma ile birinci ve ikinci çözgen emülsiyon haline getirilir. Emülsiyon stabilize olduktan sonra ortam bir başlatıcı ilave edilerek polimerizasyon reaksiyonu başlatılır. Karıştırma hızı mikrokapsüllerin çaplarını belirlemede en önemli etmendir [Holme, 2003; Lykke et al., 2001].

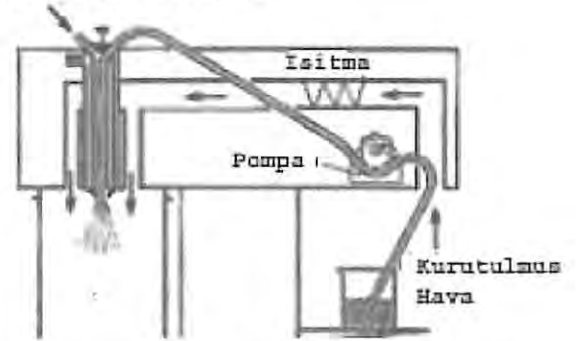
Ara yüzey polimerizasyonu birbiri ile karışmayan iki sıvı fazın ara yüzeyinde çeşitli monomerlerin birbiri ile reaksiyona girerek dispers fazı hapsedecek şekilde film oluşturmasıdır. Genellikle iki reaktif monomer bulunur. Bunlardan biri çekirdek materyalin çözeltisini veya dispersiyonunu içeren sulu fazda çözülmüş, diğeri ise emülsifiye adımından sonra sulu olmayan fazda çözülür. Su-yağ (w/o) emülsiyonun oluşması için uygun bir emülgatörün stabilizatör olarak ilavesi gerekmektedir. Monomerler birlikte difüze olup ara yüzeyde ince bir kaplama oluşturacak şekilde polimerleşirler. Ortalama polimerizasyon derecesi monomerlerin reaktivliğine, konsantrasyonlarına, fazları oluşturanlara ve ortam sıcaklığına bağlıdır. Reaksiyon monomerler tükenince biter [Deasy, 1984].



Şekil 18. Arayüzey polimerizasyonuna bir örnek [Deasy, 1984]

Sprey kurutmada 1-10 mikron büyüklüğünde, çekirdek materyali mikro kürecikler halinde polimer çözeltisi içerisinde hapsedilir. Bu çözelti çok ince memeciklerden sıkıştırılmış hava ile içinde sıcak hava bulunan bir kabine aerosol halinde fırlatılır. Çözgen uzaklaştırılır. Çekirdek-kabuk materyali oranı, viskozite, konsantrasyon ve başlangıç çözeltisinin sıcaklığı mikrokapsüllerin özelliklerini etkiler [Mathiowitz, 2000; Aggarwal et al., 1998].

soğutulan hava



Şekil 19. Sprey kurutma cihazının şematik gösterimi [Durant, 2002]



Şekil 20. Sprey kurutma için örnek bir çalışma [Durant, 2002]

Sıcak eriyik mikrokapsülasyonu, çekirdek materyalinin eriyik halindeki polimerin içerisine karıştırılmasıyla oluşur. Eriyik polimer cam sıcaklığının altında soğumaya başlayarak kabuk materyalini oluşturur. Bu tip mikrokapsülasyonda şu hususlara dikkat edilmelidir: a) kullanılan polimer göreceli olarak düşük erime noktasına sahip olmalı; b) camlaşma noktası oda sıcaklığının üstünde olmalı; c) çekirdek materyali termo-stabil olmalı [Mathiowitz, 2000].

Faz ayrımı metodunda çekirdek materyali polimer çözeltisi içerisinde dispers haline getirilir. Polimer çözeltisinin çözülebilirliği karıştırılırken sıcaklığın düşürülmesi, pH'nın değiştirilmesi, iyon gradiyentinin yaratılması v.b. yöntemlerle faz ayrımı gerçekleştirilerek kabuk materyali oluşturulur. Bir çok doğal polimer bu metoda uygundur (örnek olarak alginat Ca⁺ iyonlarına karşı hassastır) [Holme, 2003; Aggarwal et al., 1998].

Çeşitli Duvar (Kabuk) tipleri kullanılmaktadır. Kullanılacak olan kabuk malzemesi uygulanacak olan prosese, istenilen etkilere ve çekirdek maddenin polarizasyonuna, iyon durumuna, reaksiyona girme eğilimine ve parçalanma sıcaklığına göre değişebilmektedir. Bu amaçla birçok kabuk malzemesi kullanılabilir:

- 1) Sentetik polimerler: polivinil alkol v.b.
- 2) Çeşitli monomerler: akrilik asit, hekza etilen diamin v.b.
- 3) Doğal polimerler: alginat v.b.

4) Hazır kapsüller: siklodekstrinler v.b.

5.1. Tekstildeki Uygulamaları

Tekstildeki mikrokapsülasyon uygulamaları şu şekilde özetlenebilir:

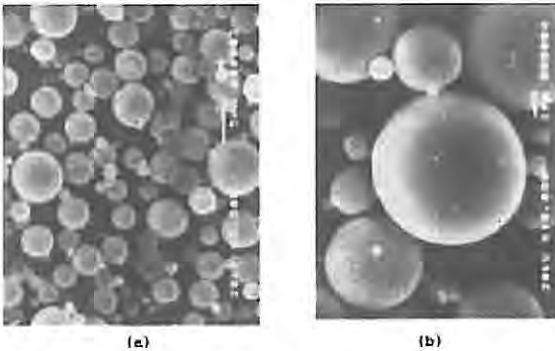
- Koku aplikasyonu
- Kozmetik aplikasyonu (nemlendirici v.b.)
- Böcek kovucu maddelerin aplikasyonu
- Güç tutuşurluk maddelerin aplikasyonu
- Vitamin ve ilaç aplikasyonlarında
- Antimikrobiyel maddelerin uygulanmasında
- Boyamalarda
- Faz Değiştiren Materyallerin uygulanmasında

A) Koku ve Kozmetikler

Tüketicinin seçiminde koku da önemli bir etkidir. Bundan dolayı giysi üreticileri, karlarını ve piyasadaki paylarını arttırmak için tekstillerin içerisine kokuları ilave etmektedirler. Kumaşa direk koku ilavesi kısa ömürlü olmaktadır. Fakat mikrokapsüllenmiş koku ilave edildiğinde kokunun kalıcılığı arttırılmış olmaktadır. Birçok firma (Welbeck Fabrics, RT Dodge, Celesence International, The Matsui Shikiso Chemical Co., LJ Specialities, Eldorado Int. Co., Speciality Textile Products Ltd. (STP), Harko-Werke GmbH ve Euracli) bu amaçla koku hapsedilmiş mikrokapsül içeren kumaşları piyasaya sürmüştür [Carpio, 2000; Nelson, 2002; www.packline-fance.com/euracli/uk/d01.htm].

Uygun mikrokapsül hazırlandıktan sonra binder kullanılarak kumaş yüzeyine basılır veya kaplanır. Bu amaçla akrilik veya poliüretan binderler kullanılır [Hong ve Park, 1999a].

Hong ve Park (1999a), melamin-formaldehit reçinesi ile Migrin yağını mikrokapsüllemişlerdir. Akrilik binder kullanarak pamuklu kumaş yüzeyine yapıştırmışlardır. (Şekil 21). Hong ve Park, başka bir çalışmada poly(L-laktit) mikrokapsülleri oluşturarak lif yüzeyine akrilik binder aracılığı ile yapıştırmışlardır [Hong ve Park, 2000].



Şekil 21. Migrin yağı içeren melamin reçinesi mikrokapsüllerinin SEM görüntüleri a) X 3500, b) X 10 000 [Hong ve Park 1999a]

Poliüretan, poliüre ve poly(1-laktit)/poly(bütülen sukkinat) gibi çeşitli kabuk materyalleri ile migrin yağı kapsüllenmiştir [Hong ve Park, 1999b, 1999c, 2002].

Hak ve arkadaşları (2000), β -çiklodekstrinin kabuk

materyal olarak kullanılması olanaklarını araştırmışlardır. β -çiklodekstrini selüloz liflerinin üstüne N-metilol-akrilamid kullanarak aşılamaşlardır. Bu çalışmada benzoik asidi anti antibakteriyel ajan ve vanilin de koku olarak kapsüle edilmiştir. Antibakteriyel özelliğin 10 yıkama sonrasında da korunduğunu belirtmişlerdir.

Chao-Xia ve Shui-Lin (2003), β -çiklodekstrin kullanarak kokulu kumaşların yapımında alternatif bir prosedür önermişlerdir. Koku içeren β -çiklodekstrin selüloz lifine heterobifonksiyonel reaktif boya kullanılarak fiksajı sağlanmıştır.

Son yıllarda nemlendirici, antiselülit, antiageing maddeleri gibi kozmetik ürünleri içeren tekstiller piyasada görünmeye başlamışlardır. Specialty Textile Products Ltd. A, D, E vitaminleri ve Aloe Vera içeren Biocap ticari markalı mikrokapsülleri sunmaktadır [Holme, 2003]. Cognis firması çeşitli kozmetik maddeler içeren SkinTex serisi ile pazarda yer almaktadır. SkinTex'in kabuk materyali çitosandan oluşmaktadır [Achwal, 2003; <http://www.cognis.com/textiles/pdfs/Skintex-English.pdf>].

Nelson ve arkadaşları (1991), maya hücrelerinin (*Saccharomyces cerevisiae*) (Şekil 22) içini doldurarak mikrokapsülasyonu gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra çekirdek materyali içeren hücreler çapraz bağlayıcı maddeler ve binderler kullanılarak selüloz ve yün lifine bağlanmıştır.



Şekil 22. Sage yağı içeren Maya hücreleri [Nelson ve arkadaşları 1991]

B) Güç Tutuşurluk Uygulamaları

Fosfat'ın suda çözünürlüğü nedeniyle güç tutuşurluk bitim işlemi kalıcı olmaktadır. Giraud ve arkadaşları (2002), Di-amonyum hidrojen fosfatı (DAHP) poliüretan (PUR) kabuk içerisine mikrokapsülleme yapmışlardır. DAHP içeren mikrokapsüllerin termal parçalanma davranışlarını incelemişlerdir. Poliüretan ile mikrokapsüllenmiş fosfatın önemli güç tutuşurluk etkisi gösterdiğini belirtmişlerdir.

C) Boya, Baskı ve Ağartma Uygulamaları

Son yıllarda fotokromik ve termokromik boyalar içeren mikrokapsüller kullanılmaya başlanmıştır.

Lipozomlar fosfolipid yapıdaki maddelerdir. Seçici geçirgen ve esnek bir zar özelliği gösterirler. Hem hidrofilik hem de lipofilik maddeler için taşıyıcı görevi üstlenirler. Marti

1998, yün terbiyesinde lipozomları carrier olarak kullanmıştır. Gerek yünün asit, 1:2 metal kompleks ve dispers boyalarla boyanmasında gerekse klorlama (ağartma) işlemlerinde kullanılmıştır [La Maza et. al., 1995, 1991, 1993].

Marti ve arkadaşları (1998), lipozomların Yün/PES karışımlarının boyanmasında carrier olarak kullanılmasının olanaklarını araştırmışlardır.

Soane ve arkadaşları (2003), selüloz liflerinin reaktif boyanmasında mikrokapsüller kullanılarak reaktif olmayan boyaların kullanılabilmesini önermişlerdir. Leyko indigo ve indigo boyarmaddelerinin, maleik anhidrit veya stiren-maleik anhidrit ve polietilenimin kombinasyonlarıyla mikrokapsüle edilerek kumaşa aktırabileceğini belirtmişlerdir. Fazla miktardaki maleik anhidrit grupların reaktif grup işlevi göyerek selülozdaki -OH grupları ile reaksiyona girmektedir.

Tekstil mamullerinin ink-jet baskısı son yıllarda geniş uygulama alanı bulmaktadır. İnk-jet baskı sistemlerinde, mikrokapsüllemiş boyalar da kullanılmaktadır.

D) Faz Değiştiren Materyaller

Faz değiştiren materyaller, ısının absorblanmasında ve gerektiğinde absorblanan ısının açığa çıkarılmasında kullanılır. Faz değiştiren materyal olarak birçok maddeden faydalanabilir. Fakat tekstil uygulamalarında faz değişim sıcaklığının vücut sıcaklığı civarında olan maddeler tercih edilirler. Tekstilde kullanılan en çok kullanılan faz değiştiren materyaller polietilenglikol ve parafinlerdir. Literatürde inorganik tuzlar kullanılarak yapılan çalışmalarda mevcuttur. Polietilenglikol'ün moleküler ağırlığı ve parafinin karbon sayısı faz değiştiren sıcaklığını etkilemektedir [Zhang, 2001; Erkan, 2003].

Faz değiştiren materyalli tekstil üretimi için ilk yol lif içerisine hapsetmektir (Şekil 23) (Outlast lifleri) [www.outlast.com].

İkinci yol ise faz değiştiren materyal PUR içerisine mikrokapsüllemeye, tekstil yüzeyine kaplanır [Zhang, 2001; Erkan, 2003].

Faz değiştiren materyal çapraz bağlayıcı matris arasında tutuklanarak hem mikrokapsülasyonu hem de tekstil yüzeyine fiksajı gerçekleştirilir [Zhang, 2001; Erkan, 2003].



Şekil 23. Faz değiştiren materyal içeren mikrokapsüllerin lif içerisinde tekstil materyaline uygulanması [www.outlast.com]

E) Diğer Uygulamalar

Fransa'da gliserol seterat ve ipek protein nemlendiricileri kumaş içerisinde hapsedilmiştir [Nelson, 2002].

Mitsubishi Firması, temizleme çözgeni olarak mikrokapsüllü parafin, tunç yağı ve oktan içeren polipropilen dokusuz yüzeyden oluşan temizleme bezi üretmiştir [Nelson, 2002].

Böcekler ve toz miteleri ile mücadele için akar ve böcek ilaçlarının mikrokapsülasyon tekniği ile tekstillere uygulanması araştırılmıştır (Holme, 2003). Mikrokapsülasyon sayesinde zararlı kimyasalların kullanıcıya zarar vermeyecek dozlarda ve uzun süre zarfında ortama kontrollü bir şekilde salınması hedeflenmiştir. Soane ve arkadaşları (2003), 3-(trimetoksilil)-propiloktadesildimetil, gümüş nitrat ve 2-bromo-2-nitropropan-1,3-diol gibi antifungal ve antibakteriyel maddelerin mikrokapsülenebileceğini belirtmişlerdir. Thor Chemicals firması permethrini mikrokapsülleyerek böcek kovucu uygulamalar yapmıştır. Speciality Textile Products Ltd., Silver Cap olarak isimlendirdiği mikrokapsülün duvarına gümüş nano partiküller yerleştirmiştir. Bu sayede etkili antimikrobiyal etki sağlanmıştır. Silver Cap 650 farklı virüse karşı etkilidir [Holme, 2003].

Koruyucu giysiler için mikrokapsüllemiş biyosensörler ve kimyasal sensörler içeren uygulamalar bulunmaktadır [Aggarwal et. al., 1998].

Soane ve arkadaşları (2003), manyetik parçacıklar içeren nanopartiküllü tekstillerin; giysilerin çalınmasını önleyeceğini, günümüzde kullanılan kartuşların yerini alacağını iddia etmektedir.

Gundjian ve Kuruvilla (2000), Giysi-marka taklitçiliğinin önlenmesinde mikrokapsülasyon teknolojisinden faydalanabileceğini belirtmiş ve bununla ilgili olarak patent geliştirmişlerdir. Bu patentte mikrokapsüllemiş boyarmaddeler tekstil yüzeyine marka veya firma ismi olarak aplike edilir. Daha sonra aktivatör sayesinde mikrokapsüller parçalanarak boyarmaddelerin ya UV ışık altında ya da görünen bölgede belirginleşmesi sağlanır.

KAYNAKLAR

- Aggarwal A.K., Dayal A., Kumar N., (1998), Microencapsulation processes and applications in textile processing, Colourage, August, pp.15-24.
- Achwal W.B., (2003), Textiles with cosmetics substances, Colourage, March, pp.41-42.
- Akovali, G. & Gundogan, G. (1990). Journal of Applied Polymer Science, Vol.41, pp.2011-2019
- Akovali, G. & Takroui, F. (1991). Journal of Applied Polymer Science, Vol.42, pp.2717-2725
- Allan, G. et al. (2002). AUTEK Research Journal, Vol.2, No.2, pp.64-68
- Arefi, F. et al. (1992). Pure and Applied Chemistry, Vol.64, No.5, pp.715-723

- Ashraf, F.A., (2002). "Carbon nano-tube reinforced carbon nano-composite fibrils by electrospinning", PhD Thesis, Drexel University,
- Baumgarten P K. (1971). *Journal of Colloid and Interface Science*, 36, No. 1, 71-79.
- Bhat, N.V. & Benjamin, Y.N. (1999). *Textile Research Journal*, 69(1), pp.38-42
- Carpio L., (2000), *Fragrant frocks, Soap, Perfumery, and Cosmetics*, February, 73 (2), pp.40-42.
- Chao-Xia W., Shui-Lin C., (2003), *Alternative route to fragrant fabrics*, *International Dyer*, August, pp.14-19.
- Cireli, A., Mutlu, M. & Kutlu, B. (2005). "Plasma Polymerization Technology to Overcome Possible Problems in Textile Industry", II. International Technical Textiles Congress, 13-15 Temmuz 2005, İstanbul
- De la Maza A., Manich A.M., Coderch L., Parra J.L., (1995), *Multilamellar liposomes including cholesterol as carriers of azobenzene disperse dyes in wool dyeing*, *Textile Research Journal*, 65 (3), pp.163-170.
- De la Maza A., Coderch L.; Manich A.M.; Parra J.L., (1997), *Multilamellar liposomes including cholesterol as carriers of a 1:2 metal complex dye in wool dyeing*, *Textile Research Journal*, 67 (5), pp.325-333.
- De la Maza A., Coderch L.; Manich A.M.; Marti M., Parra J.L., (1998), *Optimizing a wool dyeing process with an azoic 1:2 metal complex dye using commercially available liposomes*, *Textile Research Journal*, 68 (9), pp.635-642.
- De La Maza, A., Parra, J.L., Bosch, P., (1991), *Using liposomes in wool chlorination. Stability of chlorine liposomes and their application on wool fibers* *Textile Research Journal*, 61 (6), pp.357-362.
- De La Maza A., Parra J.L., (1993), *Unilamellar lipid bilayers including cholesterol in wool chlorination. Stability of chlorine liposomes and application on wool*, *Textile Research Journal*, 63 (1), pp.44-50.
- Durant Y. G., (2002), *Microcapsule Morphology in Microencapsulation Processes*, *Fundamental Chemical Differences*, <http://www.unh.edu/apl/communications/CRS02.pdf>
- Erkan, G., Erdoğan, Ü.H. & Kayacan, O. (2005). *Tekstil Sektöründe Nano-Teknoloji Uygulamaları, Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, 11-12 Kasım 2005, Gaziantep
- Erkan G., (2003), *Phase change materials usages in textiles*, *Proceedings in: 5th International Conference TEXSCI 2003*, June, Liberec, Czech Republic.
- Fong, H., Reneker, D.H.. (2001) "Electrospinning and The Formation of Nano-Fibers", *Structure Formation in Polymeric Fibers*.
- Forrest D.R., "The Future Impact of molecular Nano-Technology on Textile Technology and on the Textile Industry" http://www.salsgiver.com/people/forrest/IFAI_text.html
- Giraud S., Bourbigot S., Rochery M., Vroman I., Tighertz L., Delobel R., (2002), *Microencapsulation of phosphate: application to flame retarded coated cotton*, *Polymer Degradation and Stability*, 77 (2), pp.285-297.
- Grafe, T.H. & Graham, K.M. (2002). *Polymeric Nanofibers and Nanofiber Webs: A New Class of Nonwovens*, *INTC 2002: International Nonwovens Technical Conference (Joint INDA - TAPPI Conference)*, Atlanta, Georgia, September 24-26, 2002, (www.donaldson.com/en/filtermedia/support/datalibrary/003317.pdf, Mayıs 2006)
- Grafe, T.H. & Graham, K.M. (2003). *Nanofiber Webs from Electrospinning*, *Nonwovens in Filtration - Fifth International Conference*, Stuttgart, Germany, March 2003, (www.donaldson.com/en/filtermedia/support/datalibrary/003321.pdf, Mayıs 2006)
- Gundjian A., Kuruvilla A., (2000), USP 6,086,966.
- Hak L.M., Jong Y.K., Sohk-Won K., (2000), *Grafting onto cotton fiber with acrylamidomethylated β -cyclodextrin and its application*, *Journal of Applied Polymer Science*, 78 (11), pp.1986-1991
- Herbert, T. et al. (2003). "Plasma Polymerization of Liquid Precursors - A New Route to High Performance Textile Coatings", *12th International Techtexil Symposium for Technical Textiles, Nonwovens & Textile Reinforced Materials*, 7-10 April.
- Hochart, F. et al. (2003). *Surface and Coating Technology*, 165, pp.201-210
- Holme I., (2003), *Versatile technology comes of age*, *International Dyer*, August, pp.9-13
- Hong K., Park S., (1999a), *Melamine resine microcapsules containing fragrant oil: synthesis and characterization*, *Materials Chemistry and Physics*, 58 (2), pp.128-131.
- Hong K., Park S., (1999b), *Preparation of polyurethane microcapsules with different soft segments and their characteristics*, *Reactive and Functional Polymers*, 42 (3), pp. 193-200.
- Hong K., Park S., (1999c), *Preparation of polyurea microcapsules with different composition ratios: structures and thermal properties*, *Materials Science and Engineering A: Structural Materials: Properties, Microstructure and Processing*, 272 (2), pp. 418-421.
- Hong K., Park S., (2002), *Effects of protective colloids on the preparation of poly(L-lactide)/poly(butylene succinate) microcapsules*, *European Polymer Journal*, 38 (2), pp 305-311.
- Hong K., Park S., (2000), *Preparation of poly(L-lactide) microcapsules for fragrant fiber and their characteristics*, *Polymer*, 41 (12), pp.4567-4572.
- <http://fluid.ippt.gov.pl/sblonski/nanofibres.html>, Mayıs 2006
- <http://relsg.eng.ohio-state.edu/~adamovic/net/RF%20nitrogen%20plasma.jpg>
- Hwang, Y.J. (2003). *Characterization of Atmospheric Pressure Plasma Interactions With Textile / Polymer Substrates*, *Doctoral Thesis*, North Caroline State University
- Kang, J. & Sarmadi, M. (2004). *AATCC Review*,

November 2004, pp.29-33

- Kan, C.W., Chan, K. & Yuen, C.W.M. (2001). Development of Low Temperature Plasma Technology on Wool, The 6th Asian Textile Conference, Innovation & Globalization, Proceedings, August 22-24, 2001, Hong Kong
- Keranen, M., Gnyba, M., Raerinne, P., Kololuoma, T., Maaninen, A., Rantala, J. T., 2004, *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, 31, 369-372
- Kim, M.S. & Kang, T.J. (2002). *Textile Research Journal* 72(2), 113-120
- Kulpinski, P. , 2005, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 98, 1822-1859
- Kutlu, B. & Cireli, A. (2004). "Plasma Technology in Textile Processing", 3rd Indo-Czech Textile Research Conference, 14-16 June 2004, Liberec, Czech Republic.
- Larrondo L et al. (1981). *Journal of Polymer Science*, 19, 909-920.
- Lykke M., Mistry K.K., Simonsen O., Symes K.C., (2001), *USP* 6,225,372
- Luo, S. (2002). Surface Modification of Textile Fibers and Cords by Plasma Polymerization for Improvement of Adhesion to Polymeric Matrices, Doctoral Thesis, University of Cincinnati
- Mahltig, B., Böttcher, H., (2003), *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 27,43-52
- Mahltig B., Knittel, D., Schollmeyer, E., Böttcher, H., (2004), *Textile Research Journal*, 74(6), 521-527
- Mahltig, B., Haufe, H. & Böttcher, H. (2005). *Journal of Material Chemistry*, 15, 4385-4398
- Marti M., Coderch L., De la Maza A., Manich A.M.; Parra J.L., (1998), Phosphatidilcholine liposomes as vehicles for disperse dyes for dyeing polyester/wool blends, *Textile Research Journal*, 68 (3), pp.209-218.
- Mathiowitz E., Chickering D., Jong Y.S., Jacop J.S., (2000), *USP* 6,143,211.
- McCord, M.G. et al. (2003). *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.88, pp.2038-2047
- Nelson G., Wales D.S., Sagar B.S., (1991), EP0511 258 B1.
- Nelson G., (2002), Application of microencapsulation in textiles, *International Journal of Pharmaceutics*, 242 (1-2), pp.55-62.
- Noureddine, A. & Hequet, E. (2004). *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.93, pp.145-154
- Pane, S. et al. (2001). *Journal of Industrial Textiles*, Vol.31, No.2, pp.135-145
- Pierre, C.A., 1998, "Introduction to Sol-gel Processing", Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, p. 251-257, 72-73
- Rathapol, R., (2002). *Electrospinning Process of Polymer Melts*, PhD Thesis, University of Akron,
- Quede, A. et al. (2002). *Journal of Materials Science*, 37, pp.1395-1399
- Quede, A. et al. (2004). *Surface and Coating Technology*, 180-181, pp.265-270
- Satoh, K., Nakazumi, H., (2004), *Textile Research Journal*, 74 (12), 1079-1084
- Schramm, C., Rinderer, B., Binder, W.H., Tessadri, R., Duelli, H., 2005, *Journal of Materials Science*, 40, 1883-1891
- Soane D.S., Offord D.A., Linford M.R., Millward D.B., Ware W.Jr., Erksine L., Gren E., Lau R., (2003), *USP* 6,607,994 B2.
- Textor, T., Fouda, M., Altenschmidt, S., Knittel, D., Bahners,, T., Schollmeyer, E. (1999) *Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e.V.*
- Verschuren, J. & Kiekens, P. (2001). *Plasma Technology for Textiles: Where Are We?*, International Textile and Apparel Symposium, April 2001, Çeşme-Izmir, Turkey.
- White, L.A. , 2004; *J. Applied Polymer Science*, Vol. 92, 2125-2131
- Wong, K.K. et al. (2000). Topographical Study of Low Temperature Plasma Treated Flax Fibers. *Textile research Journal*, 70(10), 886-893
- Wong, K.K. et al. (2001). Wicking Properties of Linen with Low Temperature Plasma. *Textile research Journal*, 71(1), 49-56
- www.astp.com/plasma/pl_examples.html, Mayıs 2006
- www.cognis.com/textiles/pdfs/Skintex-English.pdf.
- www.dowcorning.com/content/publishedlit/WhatisPlasma_newversion.pdf, Mayıs 2006
- www.outlast.com
- www.packline-fance.com/euracli/uk/d01.htm
- www.plasmas.org, Mayıs 2006
- www.umassd.edu/engineering/textiles/research/electrospinning/website-electrospinning.html, Mayıs 2006
- www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Public.Brochure/IWGN.Nanotechnology_brochure.pdf, Mayıs, 2006
- Zhang, X., (2001), Heat-storage and thermo-regulated textiles and clothing, X. Tao, Ed., *Smart fibers, fabrics and clothing*, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, pp. 34-58.
- Zhang, J., et al. (2003). *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.88, pp.1473-1481
- Zubaidi & Hirotsu, T. (1996). *Journal of Applied Polymer Science*, Vol.61, pp.1579-1584