

Tekstil Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları

Applications of Nanotechnology in Textile Industry

Araş. Gör. İnkilem Göcek, Araş. Gör. Senem Kurşun, Gözde Küçük İstanbul Teknik Üniversitesi

İnkilem Göcek, Senem Kurşun, Gözde Küçük Istanbul Technical University

Özet

Nanoteknoloji son günlerin en popüler araştırma konusu olmakla birlikte diğer endüstri alanlarında olduğu gibi tekstil endüstrisinde de geniş uygulama alanlarına sahiptir.

Bu çalışmada; yüksek teknoloji lifleri (high-tech fibers), kir itici tekstiller, antibakteriyel ve antistatik tekstiller, renk değiştirebilen, UV ışınlarından koruyucu, alev itici, insan bedenini tedavi edici ve besleyici tekstiller gibi nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki uygulama alanlarının gelişimi incelenmiştir.

Nanoteknoloji bu kullanım alanlarıyla birlikte, tekstil endüstrisinin geleceğini şekillendirecek iyi bir fırsattır.

1. Giriş

Her bir atomun yerleşimini (atomlar arası uzaklık~0,1-100nm) dik-kate olarak, nanometre ölçekteki atom, molekül, fonksiyonel malzeme, araç ve sistemlerin kontrol edilmesiyle çalışan nanoteknoloji mükemmel özelliklere sahip yapılar yaratmaktadır (1 nanometre=10⁻⁹metre).Nanoteknoloji; kimya, tıp, otomobil, gıda, ilaç, tekstil, çevre ve biyoteknoloji gibi endüstri alanlarında yeni ürün ve uygulamaları geliştirmek için bugüne kadar kullanılmamış fonksiyon ve özellikleri ortaya çıkarmıştır.

Nanoteknoloji; malzeme bilimi, mekanik, elektronik, optik, tıp, plastik, enerji, uzay, tekstil, optik kaplamalar, fotovoltaiik, antibakteriyel kimyasallar, fizik ve biyolojide çok fazla uygulama alanı bulan disiplinlerarası bir bilim dalıdır.

Yapısal ve kavramsal olarak çok karmaşık görünmesine rağmen gündelik yaşamımızda geniş bir yer kaplamaktadır. Kullandığımız bir çok ürün nanoteknoloji yardımıyla modifiye edilip geliştirilebilir.

2. Nanotekstiller

Nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki günümüzdeki uygulamaları elyaf, iplik, kumaş, dokusuz yüzey, boyama ve kaplama gibi terbiye işlemleri, elektronik tekstiller, elyaf modifikasyonu ve katma değerli ürünlerdir. Düşük kimyasal kullanımı; düşük enerji maliyetleri; tutum, mukavemet, hava geçirgenliği, ıslanma gibi fiziksel ve mekanik özellik kaybının az olması nanoteknolojinin tekstil ve giysi uygula-

Abstract

Nowadays; nanotechnology is the most popular research area. Like the other industries, nanotechnology generates many additional benefits for the textile industry.

In this paper, the improvements on the application areas of nanotechnology in textile industry such as hightechfibres, stay clean textiles , antibacterial textiles, antistatic textiles, textiles that can change color, textiles protecting UV radiation, flame reterdant textiles, textiles healing and nourishing human body are mentioned.

Nano technology is an opportunity for the textile industry that will shape its future.

1. Introduction

Nano technology creates structures that have excellent properties by controlling atoms and molecules, functional materials, devices and systems on the nanometer scale by involving precise placement of individual atoms (around 0.1-100 nm, one nanometer isone millionth of a meter). Nanotechnology brings new functions and properties to develop new products and applications in the industrial fields such as chemistry, medical technology, automobile, food industry, pharmacy, textile industry, environmental industry and biotechnology where nanoscale is so important. Nano technology is an interdisciplinary science branch which takes role in the material science, mechanics, electronics, optics, medicine, plastics, energy,aerospace, textiles, optical coatings, photovoltaics, antibacterial agents, physics, biology. Although the meaning and the structure of the nanotechnology is very complex, it takes great part in our daily life. Because lots of the products that are used in our everyday life can be developed by nanotechnology.

2. Applications of nanotechnology in textiles

As in the other fields, nanotechnology has a great role in textile industry. In this paper, the applications of nanotechnology in textile industry are researched. Current applications of the nanotechnology in the textile industry take place in fibers, yarns, fabrics, nonwovens; finishing like dyeing and coating; electronic textiles, fiber modification and value added applications. The purposes of using nanotechnology in

malarında kullanılmasının sebebidir [1,2,3].

Geleneksel tekstil yöntemleri kumaş özelliklerini geçici olarak şekillendirmekte şekillendirmekte; kullanım sırasında bu özellikler zamanla azalmakta veya kaybolmaktadır.

Nanoteknoloji ile kumaşlara kazandırılan özellikler daha kalıcı olmaktadır. Bu da nanopartiküllerin yüzey alan/hacim oranının ve yüzey enerjilerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [4].

2.1. Lifte nanoteknoloji

Nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki uygulamalarından bir tanesi; PP (Polipropilen), PA (Poliamide), PES (Polyester) gibi geleneksel liflerin nano boyutta üretilmesidir.

Nefes alabilen lamineler ve geniş gözenekli yapı sağlanarak üretilen yüksek emiciliğe sahip lifler gibi elyafın son kullanım alanlarını genişletmek amacıyla, lifin elektriksel, ısı, mekanik ve kimyasal özellikleri nanoteknoloji sayesinde geliştirilir. Tıbbi tekstillerde yüksek specific surface area gereklidir.

Polimer nanolifler, nanoboyuttaki çapları ve uzun lif boyları sayesinde tıbbi tekstillerin vazgeçilmez malzemelerdir. Şöyle ki; çaptaki düşüş lifleri daha çok birbirine yaklaştıracığından, temas alanı artar ve son ürün yüksek ıslanma özelliğine sahip olur [5].

Bununla birlikte, düşük ağırlıklı liflere nanoteknoloji sayesinde fenomenal ekstra mukavemet kazandırılır [6].

Ek olarak, multi-walled carbon nano-tubeler kullanılarak, iplik prosesinde büküm esnasında belirgin mukavemete sahip çok katlı iplik oluşturulabilir. CNT(Carbon Nanotube)'ler diğer doğal ve sentetik liflere göre daha sert yapıda olup gerilme dayanımı örümcek ağıyla eşdeğerdedir.

CNT içeren kumaşlar ; sensörler, elektronik iç bağlantılar, electromanyetik shields (elektromanyetik dalgaları engelleyiciler) antenler ve elektrik depolayan baterileri içeren elektronik tekstil uygulamalarında kullanılır.

Bununla beraber elektrospinning tekniğiyle üretilen polimer nanolifleri içeren yeni nonwovenlar fonksiyonel son kullanım ürünlerine olanak sağlamaktadır. Örneğin yüksek çevre standartlarını karşılayan yüksek performanslı filtreler üretilmektedir [7,8,9].

Nanotube içerikli kompozit malzemeler, iplik eğirme işlemini ve son ürünü geliştirir.

Örneğin çok yaygın geleneksel bir polimer olan polipropilene karbon nanotubeler eklenmesiyle, elektrospinning esnasında kılcal tüpten çıkan polimerin düzensiz bir şekilde ayrılması olarak bilinen "die swell effect" in elimine edildiği kanıtlanmıştır. Bu gelişme liflerin yüksek gerilime karşı; kılcal tüp ile toplayıcı arasında kaldıkları andaki dayanıklılığını artırmıştır. Böylece kompozit polimerler yüksek hızlarda çekilebilir[10].

textile and apparel applications are low chemical usage; low energy costs and less change in physical and mechanical properties such as hand, strength, air permeability, wetting [1,2,3]. In textile industry; the conventional methods that are used to give the fabrics different properties lead to temporary effect as a result after laundering or wearing these properties are lost. In contrast, the properties that are given by nanotechnology to the fabrics show stability. This is caused by both surface area to volume ratio and high surface energy of the nanoparticles. Thus nanotechnology is today's most preferred solution [4].

2.1 Applications in fibers:

One of the applications of nanotechnology in textile industry is in polymeric materials for producing conventional fibers such as PES (Polyester), PA (Polyamide), PP (Polypropylene) etc in nano scale. By nanotechnology; electrical, thermal, mechanical and chemical properties of the fibers can be improved to enlarge the application fields of the fibers in the final use such as "breathable" laminates and super absorbency of fibers provided by the process of creating open-pore-structure in a variety of polymers. In medical textiles, high specific surface areas are required mostly. Polymer nano-fibers are the potential right materials with nano-scaled diameters and long lengths. For example, decreasing diameter releases the contact angle between fibers, so on the last product have an excellent wetting behaviour [5]. In addition to these the light weight fibers which are produced by nanotechnology gain phenomenal strength [6]. Additionally in the spinning process during twisting, multi-walled carbon nanotubes can be used to make multi-ply torque-stabilized yarns that have remarkable strengths. Carbon nanotubes are tougher than any natural or synthetic fiber and they match spider silk for tensile strength. Also these nanotubes are spun into cloth. By the help of nanotubes, the cloths that are used in electronic textile applications including sensors, electronic inter connects, electromagnetic shields, antennas and batteries store electricity . What's more the new nonwoven technologies meeting with nano fibers from polymers that are produced by electrospinning techniques give functional end use products; such as new high performance filters for air filtration where high environmental standards are required to be met. Nanofibres have multifunctional properties like high surface area, a small fiber diameter, good filtration properties, thin layers and high permeability [7,8,9]. Moreover; nanotube compound in composite improved the spinning process and the outcomes. It's proven that the addition of carbon nanotubes to a common commercial polymer, polypropylene, leads to eliminate "die swell" effect, causes in swelling of polymers when passing through the capillary tube in electro-spinning process. This improvement enhances the strenght of the fibres against the high voltage between capillary tube and the collector. So, this com-

2.2 Dokuma ve örme kumaşlarda nanoteknoloji

Omuz ve by-pass ameliyatlarında yararlanılan dokuma ve örme damar dokuların gibi tıbbi tekstil araçlarında nanoteknoloji kullanılabilmektedir.

Yara iyileştirici tekstil yüzeyleri kronik yaralar, savaş yaralanmalarını, trafik kazalarında oluşan yaralar gibi durumlarda en gerekli tedavi ürünleridir [11].

2.3 Boyama işleminde nanoteknoloji

Nanoteknoloji boyama işleminde de önemli bir uygulama alanına sahiptir. Nano parçacıklar çok küçük boyutlarda ve yüksek yüzey alanına sahip olduklarından dolayı nanoclay, montmorillonite ve bazı modifiye edilmiş nanoclayler; anyonik, katyonik ve nötr boyalar için emici madde olarak kullanılmaktadır.

Boya emilimini geliştirmek için emici madde, kompozit oluşturması için polimer matrisine fiziksel olarak eklenir.

Nanoclayden yapılmış emici maddenin boya emme yeteneğinden dolayı bu kompozitten yapılmış olan tekstil yüzeyleri çok iyi bir boyanabilme, renk haslığı, boyamada daha az maliyet ve atık su arıtılmasında daha az problem gibi özelliklere sahiptir.

Ayrıca nanoclay, tekstil malzemelerinin dayanım modülü, UV geçirgenliğini ve alev iticiliğini geliştirici fonksiyonlara sahiptir. Isı yardımıyla erime ve çözünme işlemi esnasında organik sorbent ve/veya mekanik olarak karıştırılmış nanoclayler, polipropilen matrisine eklenerek polimer yapının ısı ve kimyasal stabilitesini sağlarlar [12,13].

2.4 Terbiye işleminde nanoteknoloji

Bu çalışmada bahsedilen nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki diğer bir uygulama alanı da tekstil terbiye işlemidir. Nano parçacıklarının tekstil yüzeylerine uygulamanın en yaygın yolu kaplama yöntemidir. Tekstil yüzeyini modifiye eden nano parçacıklar, yüzey aktif madde, bileşen ve taşıyıcı ortam kaplamanın yapıtaşlarıdır.

Kumaş yüzeyi kaplamada kullanılan spreyleme, transfer baskı, yıkama, çalkalama, emdirme gibi tekniklerin yanında nanoteknoloji yardımıyla da tekstil yüzeylerine su-leke iticilik, kırışma dayanımı, antibakteriyel, antistatik, alev iticilik, UV koruyuculuk, renk değiştirilebilirlik, ısı yalıtıcılık gibi özellikler kazandırılır [4].

Kumaşta ıslanmayı etkileyen faktörler; yüzey düzgünlüğü, iplik bükümü, kumaş sıklığı, lif inceliği ve statik elektriklenmedir.

Bu faktörlere bağlı olarak yüzey işlemlerinde kullanılan malzemeler yüzey boşluklarına ve gözeneklere yani iplik ve lifler arası boşluklara tutunurlar. Olağanüstü su geçirmezlik özelliğine sahip doğadaki bitki yüzeylerine benzer şekilde kumaş yüzeyinde pürüzlülüğü sağlayan nanoteknoloji, su ve kir iticilik için en iyi çözümdür.

Su ve leke itici bir yüzey elde etmek için film yüzeyi gibi kir itici bir bitim maddesi kullanmak gereklidir.

posite polymer can be spun at high speed in production [10].

2.2 Applications in woven and knitted fabrics

Another application of nanotechnology takes place in medical textile devices such as woven and knitted vascular grafts which are used for replacing human arteries in by-pass surgery and in "scaffolding"-machine embroidered implants- for connecting nerves during reconstructive shoulder surgery. In living century, dressings for wound healings are the most necessary care products for chronic wounds, warfare conflicts, traffic accidents etc. Nanotechnology also releases new developments of innovative dressing materials for wound healing. This new technology introduced a new attitude to the healing. It facilitates the wound healing apart from covering the wounds from environmental infections [11].

2.3 Applications in dying process

Also nanotechnology has an important application area in dying process. The nanoclay, montmorillonite, and some modified nanoclays can be used as sorbent for nonionic, anionic, cationic dyes because nanoparticles have small sizes that provide large surface area. To improve dye sorption, the sorbent can be added physically into the polymer matrix for making a composite. Because of good dye sorption ability of the sorbent made from nanoclay, textiles made from that composite will have good dye ability, good color fastness, less cost in dying and less problems in waste water treatment. Also they have functionality to improve the properties of the textile material such as strength, modulus, UV absorbance and fire resistance. Furthermore; nanoclays used to create dye sites into PP fibers with modified quaternary ammonium salt lower the cost of dyeing in apparel fibers. In a melting or dissolving process by using heat, organic sorbent and/or mechanical blending nanoclays can be added to the polypropylene matrix. This gives the polymer structure thermal and chemical stability and good mechanical properties [12,13].

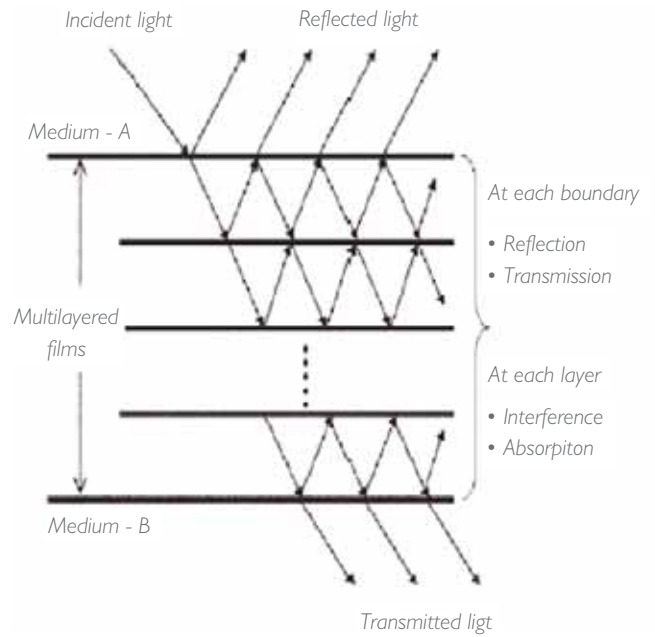
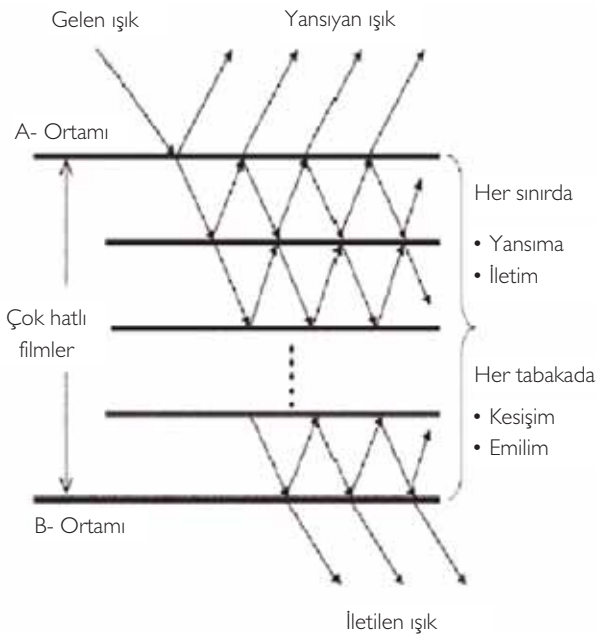
2.4 Applications in finishing process

The last application area of nanotechnology in textile industry that is studied on this paper is finishing process of textiles. The common technique for applying nanoparticles onto textiles is the coating. Nanoparticles, surfactant, ingredient and a carrier medium that modify the surface of textile are the coating compositions. There are lots of techniques like spraying, transfer printing, washing, rinsing and padding that are used for applying the coating onto fabrics. With the help of nanotechnology make the textiles can gain many properties like water-stain repellence, wrinkle resistance, antibacterial, antistatic, flame retardant, UV protection, color change, thermal insulation [4]. The factors that influence wetting in fabrics are surface smoothness, yarn twist, density of fabric, fiber fineness and static electrification. Depending on these

Bu konuyla ilgili araştırmalar sonucu Nano-Tex, kumaşın su iticiliğini geliştirmek amacıyla "nano-whiskers" yapısını geliştirdi. Nano-whiskers; kumaşa, pamuğun dayanımını dūřürmeden şeftali yūzeyi etkisi veren hidrokarbonlardır.

Nano-whiskers arası bořluklar su molekūllerinden daha būyūk olmalarına raęmen kumař yūzeyinde su damlasından daha kūçūk olan bořluklara neden olurlar.

factors substances take hold on the surface interstices and pores, the fiber spaces or in the yarn holes. The best solution for water- soil repellency is nanotechnology which is known as very small particles' combination on fabric surfaces that ensures roughness on fabric surface like the plant's surfaces in the nature which have interesting water proof ability. In order to obtain water and soil repellent surface it is necessary to use antisoiling finishes as a film layer. There are some researches on



Bu sayede su damlarını whiskers üzerinde yani kumaş yūzeyinde kalır. Su ve kir iticilik üzerine yapılmış bir diğer çalışma ise 3 boyutlu yūzey yapısını iğeren Schoeller'in "nanosphere"dir. Su iticilikte diğer bir teknik ise, pamuklu kumaşı ince "nanoparticulated" plazma film ile kaplamaktır.

Bu teknikte nano-particulate hidrofobik filmi stabilize etmek için florokarbon kimyasalları kullanılmaktadır.

Bunun sonucu olarak, pamuklu kumaşın yumuşaklık ve aşınma dayanımını negatif olarak etkilemeyen yūksək su iticilik elde edilmiş olur [14,15,3,4,16,17,18].

Kumařa kırışma dayanımı kazandırırken, seluloz molekūlü ile karboksilik asit arası çapraz baę reaksiyonunu katalize etmek ięin nano-titanyumdioksit katalizör olarak kullanılır.

Buna ek olarak ipeğin kırışma dayanımını artırmak için ise "nano-silica ve maleicanhydride" katalizör olarak uygulanır [4,15].

Sentetik liflerin dūřük antistatik özellięini geliřtirmek amacıyla nano boyuttaki titanyumdioksit,

this subjects; for example Nano-Tex created nano-whiskers that improve the water repellent of fabric. Nano-whiskers are hydrocarbons that give the fabric a peach fuzz effect without reducing the strength of cotton. The whiskers create spaces between each other on the fabric surface that are smaller than the drop of water; however they are larger than water molecules. So water stays both at the top of the whiskers and above the surface of the fabric. The other research on water-soil repellency is Schoeller's nanosphere including three dimensional surface structure like the plant surface in the nature which have an interesting water proof ability. Another technique for water repellency is coating a cotton fabric with a thin nanoparticulate plasma film. In this technique fluorocarbon chemicals are widely used to stabilize nanoparticulate hydrophobic films. As a result of this super hydrophobicity that does not affect the softness and abrasion resistance of cotton fabric can be obtained [14,15,3,4,16,17,18]. While imparting wrinkle resistance to fabric, nano-titanium dioxide is used with carboxylic acid as a catalyst to catalyze the cross linking reaction between the cellulose molecule and the acid. In addition to

Boya kullanılmadan renklendirilmiř yūzey, Coloured surface without dyestuff



zinkoksit whiskers, nanoantimony-doped titanium dioksit (ATO) ve silane nanosol gibi kimyasal maddeler kullanılır.

Bu gelişmiş malzemeler, kötü hava şartlarına ve iş giysilerinde elektrostatik yük boşalmalarına karşı koruyucu giysi olarak kullanılır [4,18].

Ultraviyole ışınlarından korunma amacıyla nano boyutta titanyum dioksit ve zinkoksit çok tercih edilen kimyasallardır.

Bilindiği üzere birim kütle ve hacim başına düşen yüzey alanı ne kadar büyük olursa UV ışınlarını bloke etme verimliliği de o kadar yüksek olur [3,4].

Kumaşa antibakteriyel özellik kazandırmanın bir yolu nano boyutta ki gümüş titanyum dioksit ve zinkoksit kullanmaktır.

Su ve havadaki oksijen ile etkileşen metal iyonları ve metal bileşikleriyle sayesinde sterilizasyon sağlanır.

Şöyle ki; çözülmüş organik madde, oksijenin aktif hale gelmesiyle sterilizasyon etkisi yaratır.

Nanogümüş partiküllerinin proteinlerle birlikte yüksek reaktivite göstermesi, bakteri ve mantarların hücresel metabolizmalarını ve gelişimlerini etkiler.

Antibakteriyel özellikler sağlayan bu nanogümüş parçacıklarının uygulama alanları; çoraplar, kişisel bakım ürünleri, yanık kaplama ürünleri gibi bakteri üremesine açık olan durumlardır.

Kötü kokulara neden olan mikroorganizmaların kontrol edilmesindeki önemli yöntemlerden bir diğeri ise antimikrobiyal maddeler içeren mikrokapsüllerde bulunan nanotaşıyıcılardır [4,3,19,18].

Bunlara ek olarak, inorganik-organik hibrit (IOH) nanoparçacıklar, ateşlendiğinde kendini söndürebilme yeteneğine sahip, alev oluşumunu sınırlayan, düşük duman ve toxic gaz emisyonları sağlayan alev itici polimerlerin gelişmesine olanak sağlamıştır [7].

Nanoteknoloji; tekstil yüzeylerinin boya kullanılmaksızın, farklı yansıma indisleri yardımıyla renklendirilmesine de öncülük etmiştir (bkz.resim 1) [3].

Sonuç olarak, diğer endüstrilerde olduğu gibi tekstil endüstrisinde de nanoteknoloji, insanlığın geleceği için yeni kapılar açmaktadır. Bu disiplinlerarası teknolojinin tekstildeki kullanım alanı; yüksek teknoloji lifleri, kir itici, antibakteriyel, antistatik, renk değiştirebilen, UV ışınlarından koruyucu, alev itici, insan bedenini tedavi edici ve besleyici tekstiller gibi oldukça geniş bir aralığı kapsamaktadır.

Nanoteknoloji, tekstil endüstrisinin geleceğine yön verebilecek en önemli çıkış noktasıdır.

Kaynaklar

1. Carfagna,C.,2005, "Nanomaterials in fibers and textiles", NanoItalTex: Nanotechnology for the Italian Textile, Milano,Italy, July 12th, 2005
2. Cientifica: Nanotechnologies and Textiles, 2006

this; nanosilica with maleicanhydride can be applied as a catalyst to improve the wrinkle resistance of silk [4,15]. To improve the poor antistatic properties of synthetic fibers, unlike the cellulose fibers which have higher moisture content to carry away static charges, nanotechnology is used as a technique that includes nanosized titanium dioxide, zinc oxide whiskers, nano antimony-doped titanium dioxide (ATO) and silane nanosol. Because of being electrically conductive materials, they can easily dissipate the static charge accumulated on the fabric. As an example of this; W.L.Gore&Associates used DuPont's Teflon with nanotechnology to produce an antistatic membrane for protective clothing against bad weather and electrostatic discharges in work wear [4,18]. For UV protection, inorganic UV blockers that are semiconductor oxides such as TiO2, ZnO, SiO2 and Al2O3 are used. Because of the absorbency and scattering of UV radiation, the nanosized titanium dioxide and zinc oxide are more preferable. As mentioned before, the larger the surface area per unit mass and volume than the conventional materials, the larger effectiveness of blocking UV radiation [3,4]. The first method to gain antibacterial property, nanosized silver titanium dioxide and zinc oxide are used. Sterilizing effect is provided by metallic ions and metallic compounds which have a contact with oxygen in the air or water. Dissolved organic substance can create a sterilized effect by the help of the oxygen that is turned to active oxygen. Because of being very reactive with proteins, the nano silver affects cellular metabolism and cell growth of bacteria and fungus. This concludes with inhibition of multiplication and growth of bacteria and fungi that cause infection, odour, itchiness and sores. The application areas of nano silver particles that have antibacterial properties are socks, healthcare products such as dressing of burns, scald, skin donor and recipient sites. Another approach for controlling odour generating microorganisms is CIBA specialty chemicals' development: Their odour mechanism works with the nano container in the microcapsules that release antimicrobial agents [4,3,19,18]. Also by the help of nanotechnology, inorganic-organic hybrid (IOH) nanoparticles improve the flame retardant polymers by resisting combustion through self extinguishment when ignited, limiting flame propagation, generating low smoke and low toxic gas emissions [7]. Furthermore without using dyes, textiles can be colored by nanotechnology. To achieve this natural color by micro-nano-structure; multilayered iridescent film which is a thin film composed of a plurality of generally parallel layers of transparent polymeric material with different refractive index is used [3]. In conclusion the science of manipulating atoms and molecules which is called as nanotechnology, offers wide range of functionality for many industries to improve materials that are more versatile and that have chemically, mechanically, physically and thermally better performance characteristics. Not only in other industries but also in textile industry as mentioned in this paper, nanotechnology opens a new door to the humanity for the future. To sum

www.cientifica.com/www/summaries/Nano_Textile.pdf

3. Xin , J.H., 2006, Nanotechnology for Textiles and Apparel, "IFT_R&D_centre_Conference,2006 June
4. Wong, Y. W. H. , Yuen, C. W. M. , Leung, M. Y. S., Ku, S. K. A., Lam, H. L. I, 2006, Selected Applications Of Nanotechnology In Textiles, Autex Research Journal, Vol. 6, No 1, March 2006
- 5.Huang, Z.M., Recent developpment of polymer nanofibers for biomedical and biotechnological applicants, Journal of Materials Science: Materials in Medicine 16, 933-946, 2005
6. Aitex_interest paper, 2005
www.nanospain.org/files/papers/aitex%20interest.pdf
7. Casey, P., Turney, T., 2006, Nanotechnology: Competitive Edge Technology, Chemistry in Australia, April2006, pp.16-19
8. Nanotechnology Foudaion of Texas Newsletter: June, 2003
http://www.nanotechfoundation.org/download/Update_June_2003.pdf
9. Nyati, V., 2005, Innovative Textiles with Nanotechnology, Technobrief, March 2005, pp.6
10. www.azom.com
11. "Extreme Textiles: Designing for High Performance", Release pp.3
http://www.squid-labs.com/projects/tensegrity/ExTexRls_Web.pdf
- 12.Yang, Y., Han, S., Fan, Q., Ugbolue, S.C.,2005, "Nanoclay and Modified Nanoclay as Sorbent for Anionic, Cationic and Nonionic Dyes" Textile Research Journal, Vol.75, Issue 8, pp.622-627
13. FanQ., Ugbolue,S.C., Wilson,A.R., Dar,Y.S., Yang, Y., 2002, "Dyeable Polypropylene via Nanotechnology", National Textile Center Research Briefs - Chemistry Competency: June 2002
- 14.Sabatini, D.,Witthayapanyanon,A., Do, L., 2005, "Nanostructured Microemulsions as Alternative Solvents to VOCs in Cleaning Technologies and Vegetable Oil Extraction", Proc. of EPA, Octobr, 2005
- 15.Nanotech Report: JULY 2003, VOLUME 2, NUMBER 7
www.forbesinc.com/newsletters/nanotech/public/samples/nano_productguid_july_2003.pdf
- 16.Özcan, G., Kursun, S., "Effect Of Anti-Soiling Finishes On Woven Fabric Properties" 3rd International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World Of Textiles October 08th To 11th 2006, DUBROVNIK, CROATIA
- 17.Jordan, C., 2004, "Wearing Nanotechnology, Textiles and Apparel Newsletter, Vol.20, No.5, pp.2, November 2004
- 18.Nanotechnology in Textiles: Technical Textiles Today, Issue 10
<http://www.emcat.org.uk/resourcefs/116.pdf>
19. Nanotecnology Centro de Tecnologia Textil:
<http://www.fumec.org.mx/ingles/programs/newopp/8.2.Cydsa.pdf>

up; applications in textiles range between high-tech fibres, stay clean textiles, antibacterial textiles, antistatic textiles, textiles that can change color, textiles protecting UV radiation, flame retardant textiles, textiles healing and nourishing human body. Nanotechnology is an opportunity for the textile industry that will shape its future.

References

1. Carfagna,C.,2005, "Nanomaterials in fibers and textiles", NanoltaTex: Nanotechnology for the Italian Textile, Milano,Italy, July 12th, 2005
2. Cientifica: Nanotechnologies and Textiles, 2006
www.cientifica.com/www/summaries/Nano_Textile.pdf
3. Xin , J.H., 2006, Nanotechnology for Textiles and Apparel, "IFT_R&D_centre_Conference,2006 June
4. Wong, Y. W. H. , Yuen, C. W. M. , Leung, M. Y. S., Ku, S. K. A., Lam, H. L. I, 2006, Selected Applications Of Nanotechnology In Textiles, Autex Research Journal, Vol. 6, No 1, March 2006
- 5.Huang, Z.M., Recent developpment of polymer nanofibers for biomedical and biotechnological applicants, Journal of Materials Science: Materials in Medicine 16, 933-946, 2005
6. Aitex_interest paper, 2005
www.nanospain.org/files/papers/aitex%20interest.pdf
7. Casey, P., Turney, T., 2006, Nanotechnology: Competitive Edge Technology, Chemistry in Australia, April2006, pp.16-19
8. Nanotechnology Foudaion of Texas Newsletter: June, 2003
http://www.nanotechfoundation.org/download/Update_June_2003.pdf
9. Nyati, V., 2005, Innovative Textiles with Nanotechnology, Technobrief, March 2005, pp.6
10. www.azom.com
11. "Extreme Textiles: Designing for High Performance", Release pp.3
http://www.squid-labs.com/projects/tensegrity/ExTexRls_Web.pdf
- 12.Yang, Y., Han, S., Fan, Q., Ugbolue, S.C.,2005, "Nanoclay and Modified Nanoclay as Sorbent for Anionic, Cationic and Nonionic Dyes" Textile Research Journal, Vol.75, Issue 8, pp.622-627
13. FanQ., Ugbolue,S.C., Wilson,A.R., Dar,Y.S., Yang, Y., 2002, "Dyeable Polypropylene via Nanotechnology", National Textile Center Research Briefs - Chemistry Competency: June 2002
- 14.Sabatini, D.,Witthayapanyanon,A., Do, L., 2005, "Nanostructured Microemulsions as Alternative Solvents to VOCs in Cleaning Technologies and Vegetable Oil Extraction", Proc. of EPA, Octobr, 2005
- 15.Nanotech Report: JULY 2003, VOLUME 2, NUMBER 7
www.forbesinc.com/newsletters/nanotech/public/samples/nano_productguid_july_2003.pdf
- 16.Özcan, G., Kursun, S., "Effect Of Anti-Soiling Finishes On Woven Fabric Properties" 3rd International Textile, Clothing & Design Conference - Magic World Of Textiles October 08th To 11th 2006, DUBROVNIK, CROATIA
- 17.Jordan, C., 2004, "Wearing Nanotechnology, Textiles and Apparel Newsletter, Vol.20, No.5, pp.2, November 2004
- 18.Nanotechnology in Textiles: Technical Textiles Today, Issue 10
<http://www.emcat.org.uk/resourcefs/116.pdf>
19. Nanotecnology Centro de Tecnologia Textil:
<http://www.fumec.org.mx/ingles/programs/newopp/8.2.Cydsa.pdf>