



**POLYESTER DOKUMANIN ÇOK KATMANLI NANOKOMPOZİT
SÜPERHİDROFOBİK YÜZEY İLE KAPLANMASI VE ISLANMAZLIK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Semahat DİREK TAŞBAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2014

Semahat DİREK TAŞBAŞ tarafından hazırlanan "POLYESTER DOKUMANIN ÇOK KATMANLI NANOKOMPOZİT SÜPERHİDROFOBİK YÜZEY İLE KAPLANMASI VE ISLANMAZLIK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ahmet BİÇER

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan : Prof. Dr. Ali Yavuz BİLGESU

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye : Prof. Dr. İbrahim TÜKENMEZ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 25/06/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Semahat DİREK TAŞBAŞ

25/06/2014

POLYESTER DOKUMANIN ÇOK KATMANLI NANOKOMPOZİT SÜPERHİDROFOBİK YÜZEY İLE KAPLANMASI VE ISLANMAZLIK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Semahat DİREK TAŞBAŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2014

ÖZET

Nano, teknik bir ölçü birimidir ve bir nanometre metrenin milyarda birini ifade eder. Nanoteknoloji, nanoölçekte şekil ve boyutun kontrolü ile; yapı, alet ve sistemlerin tasarımı, karakterizasyonu, üretimi ve bunların özelliklerinin geliştirilmesiyle ilgilenir. Nanoteknoloji sayesinde; kendi kendini temizleyen boyalar, mikrop barındırmayan buzdolapları, elmas kadar sert kaplamalar elde edebilmekteyiz. Nanoteknolojinin bir uygulaması da suyu seven (hidrofilik) ve suyu iten (hidrofobik) yüzeyler hazırlamaktır. Yapılan çalışmada süperhidrofobik özelliğe sahip olan alt mikro ve nanoboyutta iki kat pürüzlendirilmiş polyester kumaş yüzeylerin hazırlanması üzerinde çalışıldı. Yüzeyi ıslanma özelliğine sahip polyester kumaş üzerine değişik tetraetil ortosilikat miktarı (TEOS-silika kaynağı olarak) ve kurutma sıcaklıklarında ilk kat pürüzlendirme yapıldı. Daha sonra ilk kat pürüzlendirilmiş yüzey üzerine farklı konstrasyonlarda karbon nanotüp kaplaması yapılarak ikinci kat pürüzlendirme elde edildi. DSA100 cihazı kullanılarak yüzey üzerindeki temas açısı ölçüldü. EDS (Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy) analizi ile fonksiyonel gruplar, SEM (Scanning Electron Microscope) analizleri ile yüzeyin morfolofik özellikleri incelendi. XPS (X-Ray Photoelectron Spectroscopy) analizi sonucunda yüzey üzerine SiO₂ ve karbonların yerleştiği görülmüştür. Yapılan çalışmada ilk kat pürüzlendirmede, 120°C kurutma sıcaklığında hazırlanan, 3 ml tetraetil ortosilikat (TEOS-silika kaynağı), 3 ml amonyum hidroksitin (NH₄OH-katalizör olarak) en iyi sonuçları verdiği belirlendi. İkinci kat pürüzlendirme işleminde ise 1 molar karbon nanotüp çözeltisi kaplamasıyla en iyi sonuçlar elde edilmiştir. İlk kat pürüzlendirme işleminden sonra temas açısı 152,7°, ikinci kat pürüzlendirme işleminden sonra temas açısı 173,9° olarak bulundu.

Bilim Kodu : 912.1.092
Anahtar Kelimeler : Süperhidrofobik, temas açısı, pürüzlülük, polyester kumaş, silika, kaplama
Sayfa Adedi : 85
Danışman : Prof. Dr. Ahmet BİÇER

COATING OF POLYESTER FABRICS WITH MULTILAYER SUPERHYDROFOBIC
NANOCOMPOSITE MATERIALS AND EVALUATING ITS HYDROFOBICITY

(M. Sc. Thesis)

Semahat DİREK TAŞBAŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2014

ABSTRACT

Nano, is a unit of measurement techniques and a nanometer is one billionth of a meter refers to. Nanotechnology, by control of shapes and sizes in the nanoscale; structures, instruments and systems design, characterization, production and development is concerned with. Through nanotechnology; self-cleaning paints, germ-free refrigerators, are able to obtain as hard as diamond coatings. an application of nanotechnology in the water-loving (hydrophilic) and water repel (hydrophobic) surfaces to prepare. In the studies having superhydrophobic properties of twice sub-micron and nanoscale roughened surfaces were run on polyester fabrics. On polyester fabrics with surface wetting properties of different amounts of tetraethyl orthosilicate (TEOS-as a source of silica) and drying temperature was roughening the first floor. Then roughened surfaces on the first floor, a second floor covering different's concentration in the carbon nanotube was obtained roughening. DSA100 device was measured using a contact angle on the surface. EDS analysis with the functional groups of the surface, by SEM analysis morphological characteristics were examined. As a result of XPS analysis was found to settle on the surface of SiO₂ and carbon. In studies conducted in the first floor roughness, prepared at a drying temperature of 120⁰C, 3 ml of tetraethyl orthosilicate (TEOS-silica source), 3 ml of ammonium hydroxide (NH₄OH as catalyst) was determined to give the best results. In the second floor roughening 1 molar solution of carbon nanotubes, the best results were obtained with coating. Roughening the contact angle after the first layer 152,7⁰ second layer after roughening the contact angle was found to be 173,5⁰.

Science Code : 912.1.092

Key Words : Superhydrophobic, contact angle, roughness, polyester fabric, silica, coating

Page Number : 85

Supervisor : Prof. Dr. Ahmet BİÇER

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından 06/2011-26 kod numaralı “Tekstil Ürünlerinde Süperhidrofobik Yüzey Sentezi ve Karakterizasyonu” konulu proje kapsamında sağlanan destekle gerçekleştirilmiştir. Tüm çalışma boyunca katkılarını esirgemeyen BAP Komisyonuna ve deneysel çalışmalarım sırasında gerekli olan madde ve malzemelerin tedarikinde titizlik ve gayret gösteren tüm BAP Birimi çalışanlarına; Karşılaştığım problemlere çözüm getiren ve çalışmama sürekli destek sağlayan değerli danışmanım Prof. Dr. Ahmet BİÇER’e;

SEM ve EDS analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof.Dr. Süleyman TEKELİ ve arkadaşım Zemzem ALTUNOK’a;

Manevi desteğiyle her zaman yanımda olan eşim Mustafa Başar TAŞBAŞ’a, tüm yaşamım ve okul hayatım boyunca her konuda beni destekleyen, hiçbir zaman yalnız bırakmayan annem Nebahat DİREK’e, babam Mehmet DİREK’e ve ağabeyim Tamer DİREK’e sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMA	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURUMSAL TEMELLER	5
2.1. Nanoteknoloji Nedir?	5
2.1.1. Nanoyapılı malzemelerin sınıflandırılması	6
2.1.2. Nanoyapılı malzemelerin üretim yöntemleri.....	7
2.1.3. Nanokompozitler.....	8
2.1.4. Nanoteknolojinin uygulama alanları.....	8
2.2. Tekstilde Nanoteknoloji	11
2.3. Hidrofobik ve Hidrofilik Yüzeyler	13
2.4. Doğal Hidrofobik Yüzeyler	14
2.5. Temas Açısı.....	15
2.5.1. İdeal yüzeylerde temas açısı	16
2.5.2. Gerçek (pürüzlü ve heterojen) yüzeylerde temas açısı.....	17
2.5.3. Wenzel teorisi	18
2.5.4. Cassie-Baxter teorisi.....	19

	Sayfa
3. POLYESTER KUMAŞ (POLYESTER LİFİ)	21
3.1. Polyester Liflerinin Özellikleri.....	21
3.2. Polyester Liflerinin Fiziksel Özellikleri.....	22
3.3. Polyester Liflerinin Kimyasal Özellikleri	22
3.4. Polyester Liflerinin Tekstilde Kullanım Alanları.....	23
4. KARBON NANOTÜPLER	25
5. İNCE FİLM OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN KAPLAMA TEKNİKLERİ.....	29
5.1. Daldırarak Kaplama (Dip-Coating) Tekniği	29
5.2. Döndürerek Kaplama (Spin Coating) Tekniği	29
5.3. Püskürterek Kaplama Tekniği.....	30
5.4. Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) Tekniği	30
5.5. Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD)Tekniği.....	31
6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	33
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	41
7.1. Kullanılan Maddeler.....	41
7.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar.....	42
7.3. Deneysel Yöntem	44
8. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
8.1. Temas Açısı Ölçümleri.....	50
8.2. SEM Analizleri	53
8.3. EDS Analizleri.....	59
8.4. XPS Analizleri.....	60
9. SONUÇ VE ÖNERİLER	63

	Sayfa
KAYNAKLAR.....	65
EKLER.....	69
EK-1. Temas açđ ölçüm sonuçları.....	70
EK-2. Kurutma sıcaklığına bağlı olarak kumaş yüzeyindeki bazı damla şekilleri.....	83
ÖZGEÇMİŞ	84
DİZİN	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 8.1. Oda sıcaklığında kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri.....	47
Çizelge 8.2. 90 ⁰ C'ta kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri.....	47
Çizelge 8.3. 120 ⁰ C'ta kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri.....	48
Çizelge 8.4. 150 ⁰ C'ta kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri.....	48
Çizelge 8.5. 120 ⁰ C'ta kurutma ve 3 ml TEOS'la yapılan ilk kat pürüzlendirmenin ardından değişen karbon nanotüp miktarına bağlı olarak yapılan ikinci kat pürüzlendirmeye bağlı temas açısı değerleri.....	48
Çizelge 8.6. 3 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH ile hazırlanan çözelti ve 120 ⁰ C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açısı ölçümü.....	50
Çizelge 8.7. 1 M karbon nanotüp karışımıyla ikinci kat kaplanan kumaş yüzeyindeki temas açısı ölçümü	52
Çizelge 8.8. İşleme tabi tutulmamış polyester kumaşa ait elementlerin dağılımı	59
Çizelge 8.9. 1M karbon nanotüp kaplaması	59
Çizelge 8.10. 120 ⁰ C kurutma sıcaklığında 3 ml TEOS×3 ml katalizörle kaplamasında elementlerin dağılımları	60
Çizelge 8.11. 1 M karbon nanotüp kaplaması	61
Çizelge 8.12. 1,5 M karbon nanotüp kaplaması	61

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Hidrofobik ve hidrofilik yüzeyler	13
Şekil 2.2. Atomlara uygulanan çekme kuvveti	14
Şekil 2.3. Nilüfer çiçeği yaprağı	15
Şekil 2.4. Hidrofobik özellikteki kelebek kanadı	15
Şekil 2.5. Temas açısının ölçümünde etkili olan 3 faz	16
Şekil 2.6. Sıvı damlasının düzgün katı bir yüzeyde yüzey gerilimi bileşenleri (temas açısının değeri θ_0).....	17
Şekil 2.7. Wenzel modeline göre pürüzlü yüzeydeki sıvı damlası.....	18
Şekil 2.8. Cassie-Baxter modeline göre pürüzlü yüzeydeki sıvı damlası (A), katı-hava-sıvı kompozit ara yüzeyi (B).....	19
Şekil 4.1. Karbon tüpün atom yapısı.....	25
Şekil 4.2. Fullerenin kafes yapısı.....	27
Şekil 8.1. Farklı kurutma sıcaklıklarında temas açısı-TEOS miktarı ilişkisi.....	49
Şekil 8.2. Farklı molaritelerde karbon nanotüp kaplama-temas açısı ilişkisi...	49
Şekil 8.3. 1:1 TEOS/NH ₄ OH ve farklı kurutma sıcaklıkları-temas açısı ilişkisi	50

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tehlikeyi önceden hisseden ve askeri yönlendiren üniformalar.....	12
Resim 7.1. DSA(Drop Shape Analysis) 100 cihazı.....	42
Resim 7.2. SEM (JEOL JSM-6360LV taramalı elektron mikroskobu) cihazı	43
Resim 7.3. X-ışın fotoelektron spektroskopisi (XPS)	44
Resim 8.1. 3 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH ile hazırlanan çözelti ve 120 ⁰ C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki damla şekli.....	51
Resim 8.2. 1 M karbon nanotüp karışımıyla ikinci kat kaplanan kumaş yüzeyindeki damla şekli	52
Resim 8.3. ×200 büyütülmüş polyester kumaşa ait SEM görüntüsü.....	53
Resim 8.4. 120 ⁰ kurutma sıcaklığında 2 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH kaplamasına ait ×500 büyütülmüş SEM görüntüsü.....	54
Resim 8.5. 120 ⁰ kurutma sıcaklığında 2,5 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH kaplamasına ait ×1000 büyütülmüş SEM görüntüsü.....	54
Resim 8.6. 120 ⁰ kurutma sıcaklığında 3 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH kaplamasına ait ×1000 büyütülmüş SEM görüntüsü.....	55
Resim 8.7. 120 ⁰ kurutma sıcaklığında 3,5 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH kaplamasına ait ×200 büyütülmüş SEM görüntüsü.....	55
Resim 8.8. 120 ⁰ kurutma sıcaklığında 4 ml TEOS×3 ml NH ₄ OH kaplamasına ait ×200 büyütülmüş SEM görüntüsü.....	56
Resim 8.9. İkinci kat olarak 0,25 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü(×500 büyütülmüş)	57
Resim 8.10. İkinci kat olarak 0,5 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü (×200 büyütülmüş)	57
Resim 8.11. İkinci kat olarak 1 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü (×200 büyütülmüş)	58
Resim 8.12. İkinci kat olarak 1,5 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü (×200 büyütülmüş)	58

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

nm

nanometre

°C

Derece Celcius

γ

Yüzey Gerilimi

θ

Temas açısı

M

Molarite

D

Boyut

R

Pürüzlülük faktörü

Kısaltmalar

Açıklamalar

CVD

Kimyasal Buhar Biriktirme Tekniği

DSA

Drop shape analysis system

EDS

Enerji dağılımlı X ışını spektroskopisi

NH₄OH

Amonyum hidroksit

PVD

Fiziksel Buhar Biriktirme Tekniği

SEM

Taramalı elektron mikroskobu

SiO₂

Silisyum dioksit

TEOS

Tetraetilortosilikat

XPS

X-ışını fotoelektron spektroskopisi

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, nanometre ölçeğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması kontrolü ve üretim amacıyla, fonksiyonel materyallerin, cihazların ve sistemlerin geliştirilmesidir; genel bir ifadeyle çeşitli araçların, malzemelerin ve yapıların moleküler düzeyde işlenmesi, oluşturulması ve manipule edilmesi olarak tanımlanmaktadır.

Diğer yandan nanometre ölçeklerinde malzemelerin sahip oldukları üstün fiziksel özellikleri kullanarak çeşitli alanlarda da (bilişim ve iletişim, elektronik, biyoteknoloji, farmakoloji, tıp, savunma, makine ve inşaat sanayileri vb) teknolojik devrim niteliğinde yeni ürünler elde edilebilmektedir ve bu ürünlerden ciddi gelirler elde edilmektedir. Kendi kendini temizleyen boyalar, kirlenmeyen kumaşlar, elmas kadar sert kaplamalar, kanserli hücrelerin vücuda zarar vermeden öldürülmesi, günlerce etkisini kaybetmeyen kremler, tek şarbon mikrobunu bile algılayabilen sensörler, bakterileri öldürdüğünden dolayı kokmayan çoraplara ve mikrop barındırmayan buzdolaplarına kadar hayatımıza girmeye başlayan nanoteknoloji yeni bir teknoloji devrimi olarak algılanmaktadır.

Nanoteknoloji uygulamaları, tekstil endüstrisinde büyük bir potansiyele sahiptir. Tekstil ürünleri, onlara değişik özellikler kazandıran nanoteknoloji sayesinde çok fonksiyonlu hale gelmektedir; örnek olarak nanoteknoloji ile tekstil ürünleri su itici, antibakteriyel ve antifungisit olabilir, ısı yalıtımı ve mekanik rezilyans performansları geliştirilebilir, kamuflaj amaçlı sensörler olarak kullanılabilir. Nanoteknolojinin bir başka araştırma sahası, teknik tekstil ürünlerinin performanslarının geliştirilmesidir. Bir kumaşın mukavemet ve sertlik değerlerini arttırmak amacıyla kumaştaki liflerin moleküler düzeyde karbon molekülleriyle takviyelendirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Nanoteknoloji ve nanomalzemeleri uygun koşul ve miktarlarda kullanarak tekstil ve hazır giyim ürünlerine; su geçirmezlik, leke tutmazlık, buruşmazlık, antimikrobiyalite, anti statiklik, UV koruyuculuk, yanmazlık veya güç tutuşurluk ve daha iyi boyanabilirlik gibi özellikler kazandıran nanoteknoloji tabanlı ürünler

geliştirilmiştir ve bu ürünlerin kullanımları yaygınlaşmaya başlamış bulunmaktadır. Doğada, lotus çiçeğinin yapraklarının su tutmazlık özelliği gösterdiği bilinmektedir. Lotus yaprağından ilham alınarak, doğal hidrofobikliğin fiziksel ve kimyasal mekanizmalarını keşfetmek üzere araştırmalar yapılmış ve katı malzemelerin ıslanabilirliğinin temel olarak yüzeyin kimyasal kompozisyonuna ve geometrik yapısına bağlı olduğu keşfedilmiştir.

Islanabilirlik; herhangi bir katı yüzeyin, herhangi bir sıvı ile temas ettiğinde sıvıyı adsorplama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Katı bir yüzeye bir damla bırakıldığı zaman, damla ya aynen kalmakta, ya da kısmen veya tamamen dağılmaktadır. Eğer katı-sıvı ara yüzeyinde sıvı molekülleri arasında bulunan kohesif kuvvetleri katı-sıvı arasında bulunan adhesif kuvvetlerden daha zayıf ise, sıvı katı yüzeyde damla halinde yayılmadan kalacak, daha güçlü ise yayılma eğilimi gösterecektir. Su damlası bir yüzeyde küresel bir şekilde durma eğilimi gösteriyorsa, bu yüzey hidrofobik yüzey olarak adlandırılmaktadır. Burada "hydro" su ve "phobos" korku anlamına gelmektedir; yani hidrofobik kelimesi suyu sevmeyen anlamını taşımaktadır. Bir katının sıvı tarafından ıslatılma miktarı temas açısı ile ölçülür. Temas açısı 90° küçük ise yüzey ıslanabilir, büyük ise yüzey ıslanamaz denir. Yüzey ıslanamazlık özelliğini çok fazla gösteriyorsa, yani temas açısı 180° yaklaşıyorsa veya 150° den büyükse, buna süperhidrofobik yüzey denir.

Süperhidrofobik yüzeyler kimyasal buhar çökeltme yöntemi, sol jel yöntemi, kimyasal aşınma yöntemi, layer by layer yöntemi, plazma yöntemi gibi pek çok yöntem kullanılarak hazırlanmaktadır [1].

Süperhidrofobik özellikte leke tutmayan ve ıslanmayan mobilya döşemeleri, silecek gerektirmeyen otomobil camları, yosun ve deniz hayvanlarının yapışmadığı gemi dış yüzeyi, buğulanmayan banyo aynaları gibi pek çok yüzey hazırlanabilmektedir. Uçak ve arabalar için de süperhidrofobik kaplamalar nemli havayla olan sürtünmeyi azaltmak için kullanılabilir. Bunun dışında yağlara karşı çok yüksek değme açısına sahip yüzeyler geliştirilip makine ve motorlarda sürtünmeden kaybedilen enerjiden tasarruf sağlanabilir.

Bu çalışmada, süperhidrofobik yüzeylerin tasarlanmasında hızla gelişen dallardan biri olan su tutmaz kumaşların oluşturulması amaçlanmaktadır. Su tutmazlık; çadır bezi, iş kıyafetleri, şemsiyeler gibi ürünlerde kullanılan kumaşlardan cerrahi personel kıyafetlerine kadar çeşitli alanlarda kullanılabilirliği açısından oldukça önemlidir. Polyester kumaşların süperhidrofobik hale getirilerek bu kumaşlara kendi kendini temizleme özelliği kazandırılması istenmektedir. Bu amaç doğrultusunda; kumaş yüzeyleri, farklı miktarlarda hazırlanan TEOS çözeltileriyle ilk kat kaplama işlemine tabi tutulup, farklı kurutma sıcaklıklarında mikro boyutta pürüzlendirilecektir. Hidrofobik özelliği en fazla gösteren ilk kat pürüzlendirilmiş kumaş yüzeylerine farklı molaritelerdeki karbon nanotüp süspansiyonlarıyla ikinci kat kaplama işlemi yapılacak olup kumaş yüzeyinde ikinci kat nanoboyutta pürüzlendirme sağlanacaktır. Elde edilen ürünler, temas açısı ölçülerek, SEM (Taramalı elektron mikroskopisi) ve XPS (X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi) ile karakterize edilecektir.

2. KURUMSAL TEMELLER

2.1. Nanoteknoloji Nedir?

Nano, teknik bir ölçü birimidir ve bir nanometre metrenin milyarda birini ifade etmektedir ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$). Nanoteknoloji, atomik ve moleküler boyutlardaki yapıların ticari bir amaca hizmet edebilecek şekilde düzenlenmesidir. Örneğin; insan saç teli çapının yaklaşık 100.000 nanometre olduğu düşünülürse ne kadar küçük bir ölçekten bahsedildiği daha rahat anlaşılacaktır. Nanoteknoloji, atomlarla oynayan bir teknolojidir. Atom ve molekülleri tek tek manüple ederek istenilen yapının oluşturulması ilkesine dayanır. Atomlar ayrı ayrı işleme tabii tutulur. Yaklaşık 100-1000 atom bir araya gelerek nano ölçeklerde bir nesneyi oluşturmaktadır. Nanoteknoloji de bu bağlamda “çok küçük maddelerin teknolojisi” olmaktadır [2].

Nanoteknoloji, öncelikle malzeme ve biyoteknoloji alanlarında gelişmektedir. Nanomalzemelerin olağanüstü özellikleri, hemen hemen her alanda; savunma sanayinde, tekstilde, otomotiv sanayinde, inşaatta, yeni tedavi yöntemlerinde ve ilaç sanayinde devrim yaratacaktır. Sürtünmesiz yüzeyler sayesinde, taşıtlarda, motor yağı değiştirme sorunu ortadan kalkabilecektir. Kir tutmayan kumaşlar, belki çamaşır makinelerini ortadan kaldıracaktır. Binalardaki betonarme kolonların kesitleri, küçülüp elastik özellikler kazanacaktır. Bu sayede de depremler, binaları daha az tahrip edecektir.

Nano ölçekli malzemeler diğer malzemelere göre daha farklı ve üstün nitelikli mekanik, elektrik, ısı, optik ve kimyasal özelliklere sahip olduklarından son yılların en dikkat çekici çalışma alanlarını oluşturmaktadırlar. Nano-yapıların özelliklerini şöyle sıralayabiliriz [3].

- Hacme göre yüksek yüzey-hacim oranına sahiptir. (geniş ölçüde yüzey atomlarına sahiptir).
- Yapı atomsal düzeye indirildiğinden klasik fizik yerine kuantum etkiler işin içine girmektedir.

- Kuantum kuyusu gibi davranan nano-yapıların bant aralığı yapısı da değişmektedir. Külçe halinde oda sıcaklığında tepkimeye girmeyen altın 3-5 nm boyutlarında pek çok tepkimeyi tetikleyebilmektedir.
- Daha düşük maliyetle elde edilirler.
- Taşımada büyük yakıt ve enerji kazanımı sağlarlar.
- Yüksek gerilme modülü ve boyut stabilitesi gibi mekanik özellikler gösterirler.
- Nanokompozit yapıda su ve hidrokarbonlar, gaz geçirgenliği azalır.
- Termal stabiliteyi artırır ve ısıl bozulma sıcaklığını yükseltir.
- Yanma dayanımı daha fazladır.
- Kimyasal etkenlere dayanıklılığı yüksektir.
- Elektrik iletkenlik daha fazladır.
- Konvansiyonel dolgulu polimerlerle kıyaslandığında optik geçirgenlik özellikleri daha iyidir.

2.1.1. Nanoyapılı malzemelerin sınıflandırılması

Nanoyapılı malzemeleri ve sistemleri sınıflandırmada kullanılan yöntemlerden biri nanometre aralığında yer alan boyutların sayısına dayanmaktadır. Malzemelerin boyutları buldukları serbest elektronların hareket serbestliği ile ilgilidir. Hareket serbestliğinden elektron akımının olabileceği anlaşılır. Eğer serbest elektronlar üç yönde de hareket edebiliyorsa o zaman malzeme 3D (üç boyutlu) yapı olarak adlandırılır. En sık rastlanan nanoyapılar, nanoyapılı kristallerdir ve bütün kristal yapılar üç boyutlu yapı sınıfına girer. Eğer serbest elektronlar sadece iki yönde hareket edebiliyorsa o zaman malzeme 2D (iki boyutlu) yapıya sahip demektir. Hemen hemen bütün katmanlı yapılar bu sınıfta yer almaktadır. Katmanlı yapılarda bir kat bir cins atomdan oluşurken başka bir kat da başka bir cins atomdan oluşmaktadır. Serbest elektronları tek yönde hareket kabiliyetine sahip olan malzemeler ise 1D (bir boyutlu) yapılar olarak adlandırılır. Nanotel, nanotüp gibi yapılar bu grupta yer almaktadır. Ayrıca serbest elektronların bulunduğu, ancak yapının üç boyutta sınırlı olması nedeni ile hareket kabiliyeti olmayan yapılar bulunmaktadır. Bu yapılar 0D (sıfır boyutlu) yapılar grubunu oluşturur. Nanotop, kuantum nokta ve topaklar bu sınıfta yer almaktadır [4].

2.1.2. Nanoyapılı malzemelerin üretim yöntemleri

Nanoboyutlu malzeme olarak tanımlanan yapılar; nanokristaller, nanopartiküller, nanotüpler, nanoteller, nanoçubuklar veya nano ince filmler gibi farklı sınıflara ayrılmaktadır. Boyutları 100 nm ve altında kalan tozlar olarak tanımlanan nano partiküller, nanoboyutlu malzemelerin dolayısıyla nanoteknolojinin temelini oluşturmaktadır. Bu partiküller diğer ticari malzemelerden genellikle farklı ve üstün kabul edilen özellikler göstermektedir. Nanoteknolojik malzemelerin çıkış noktasını oluşturan nano partiküller geniş bir kimyasal aralık ve morfolojide üretilebilirler. Nano partiküllerin üretiminde kullanılan yöntemler; aşağıdan yukarı (bottom-up) ve yukarıdan aşağı (top-down) olarak adlandırılan iki temel yaklaşım altında incelenebilir.

Yukarıdan aşağıya yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilen yöntemlerde hacimsel malzemeye dışarıdan mekanik veya kimyasal işlemlerle enerji verilmesi sonucunda malzemenin nanoboyuta kadar inebilecek küçük parçacıklara inmesi esas alınmaktadır. Bu yöntemlere verilebilecek en genel örnekler mekanik öğütme ve aşındırmadır.

Aşağıdan yukarıya yaklaşımı adı altında sıralanan yöntemlerde ise, atomik veya moleküler boyutlardaki yapılar kimyasal reaksiyonlar ile büyütülerek partikül oluşumunun gerçekleştirilmesi sağlanır. Gaz yoğunlaştırma, kimyasal buhar kaplama, kimyasal buhar yoğunlaştırma, sol-jel ve sprej piroliz yöntemleri bu yaklaşım adı altında verilebilecek örneklerdendir.

Partikül üretiminde kullanılan yöntemlerin bu iki temel yaklaşım dışında fiziksel veya kimyasal temelli olarak da sınıflandırılması mümkündür. Mekanik enerjinin kullanıldığı gibi fiziksel özelliklerin ön plana çıktığı yöntemler fiziksel, kimyasal reaksiyonların gerçekleştiği yöntemler ise kimyasal temelli olarak kabul edilmektedir [5].

2.1.3. Nanokompozitler

Bir kompozit, iki veya daha fazla bileşenin yani; seçilen dolgu malzemesi, güçlendirici ajan ve uyumlu bir matris bağlayıcının birleşmesinden oluşan malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşenlerin birleşmesi ile spesifik karakteristikleri ve özellikleri olan yeni bir malzeme oluşmaktadır. Bileşenlerin sentetik toplanması bir dağılmayla olmaz; fakat birbirleriyle uyumlu şekilde bulunurlar. Ayrıca tüm bileşenler tek bir malzeme gibi birlikte hareket etmektedirler. Hem bileşenler hem de aralarındaki ara yüzey fiziksel olarak tanımlanabilmektedir. Genel olarak, kompozitin özellikleri ve davranışı bileşenlerin ara yüzeyi ile kontrol edilmektedir. Kompozit yeni ve spesifik özelliklere sahip tamamen farklı bir malzeme olduğundan, bu özellikleri hiçbir bileşen tek başına sergileyemez.

Nanomalzemeler ve nanokompozitler doğada sürekli var olmuşlar ve yüzyıllardır kullanılmışlardır. Fakat son zamanlarda nano ölçekte karakterizasyon ve yapı kontrolü yoğun ilgi çekerek malzeme biliminde yeni ve ilgi çekici alanlarda yer almıştır. Bir nanokompozit; bileşenlerinden en az birinin nanometre boyutunda olduğu malzeme olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle, yapısını oluşturan nanometre ölçekli yapıların tekrarlanan aralıklarla bulunduğu yapılardır [6].

2.1.4. Nanoteknolojinin uygulama alanları

Nanometre ölçeklerindeki malzemelerin sahip oldukları üstün fiziksel özellikleri kullanarak çeşitli alanlarda (bilişim ve iletişim, elektronik, biyoteknoloji, tıp, savunma, tekstil, inşaat, makine vb. gibi) teknolojik devrim niteliğinde yeni ürünler elde edilebilmektedir. Nanoteknolojinin uygulama alanları oldukça geniş olmakla birlikte bazı alanlardaki etkisinin ve öneminin daha fazla olması beklenmektedir.

Nanoelektronik ve bilgisayar teknolojisi

Nano ölçekte elektronik devre elemanlarının üretilmesiyle bilgisayar mimari tasarımında yeni gelişmeler beklenmektedir. Nano ölçekte elektronik devre elemanları daha az enerji ile işlevlerini yerine getirebildiğinden nano teknoloji

ürünü bilgisayarların günümüz teknolojisi ile üretilen bilgisayarlara kıyasla ebat olarak daha küçük, hız ve kapasite olarak daha büyük, harcadığı enerji bakımından daha ekonomik olacağı tahmin edilmektedir. Bu sahadaki gelişme, bilişim teknolojilerinin gelişmesini de sağlayacaktır.

Havacılık ve uzay çalışmaları

Havacılık ve uzay araçları çok maliyetli teknolojilerdir. Bu araçların imalatı sırasında kullanılan malzemelerin ağırlığı, maliyetlerin artışında çok önemli bir yer tutmaktadır. Uzay yolculuğunda gerekli olan yakıt hem ağırlık bakımından hem de hacim bakımından günümüz teknolojileri ile sınırlı miktarda alınabilmektedir.

Nanoteknoloji ürünü malzemeler ve aygıtların kullanılması bu alandaki zorluklara da çözüm getirecektir. Nanoyapılı malzemeler daha hafif, daha sağlam, sıcaklığa karşı daha dayanıklı olmaları sebebiyle roket ve uzay istasyonlarının yapımında önemli olmaktadır.

Tıp ve sağlık

Canlıların yapıtaşı olan hücreler nanometre ölçekteki moleküllerden oluşmaktadır. Günümüzde gen çalışmalarının zorluğunun nano ölçekteki aygıtlarla giderilebileceği görüşü yaygındır. Bu alandaki gelişmelerin hem teşhiste hem de tedavide yeni yöntemlerin geliştirilmesini sağlayacağı düşünülmektedir. Nano teknolojinin tıp ve sağlık alanında uygulanmasıyla aşağıdaki şekilde sıralanabilecek pek çok gelişme beklenmektedir.

- Daha hızlı gen çalışmalarının yapılması ile teşhis ve tedavide yeni gelişmelerin olması,
- Vücut içerisine yerleştirilebilen muhtelif ölçüm cihazları ile daha hassas ve ekonomik ölçümlerin yapılabilmesi,
- İlaçların vücut içerisinde sadece gerekli olan bölgede kullanılarak olası yan etkilerin yok edilmesi,
- Vücut tarafından reddedilmeye dayanıklı suni doku ve organ malzemesi üretilmesi,
- Duyma ve görme işlevlerinde yeni gelişmelerin sağlanması.

Yakın vadede beklenen en önemli katkı ise nano ölçekte malzemelerin nasıl kendi kendini ürettiğinin anlaşılmasıyla, proteinlerin ve çeşitli organik maddelerin üretim şeklinin kopyalanabilmesidir.

Biyoteknoloji ve tarım

Tıp ve sağlık sektöründe uygulanabilecek teknolojilerin genişletilmesi ile biyo teknoloji, ilaç ve tarım sektörlerinin de ürünlerinde nano teknolojik yöntemleri kullanması mümkün olacaktır. Biyolojik yapıtaşlarının suni malzemelerin ve aygıtların içine yerleştirilmesiyle biyolojik işlev ve başka istenilen özelliklere sahip malzemeler üretilebilir. Tarımsal alanda ise bitkileri böceklere karşı korumak için moleküler seviyede kimyasalların geliştirilmesi mümkün olabilir.

Savunma sektörü

Nano teknolojinin savunma sanayi ve askeri alanda geniş uygulama potansiyeli mevcuttur. Daha hafif ve daha emniyetli silah sistemlerinin geliştirilmesi, askeri alanda akıllı üniformaların kullanılması, nükleer savunma sistemlerinin kontrol edilmesi, haberleşme yöntemlerinin geliştirilmesi, robot sistemlerinin etkin kullanımıyla daha az insan gücü kullanımının sağlanması nano teknolojinin bu sektörde sağlayabileceği önemli gelişmeler arasında sayılabilir [7].

Malzeme ve imalat sektörü

Nano teknoloji gelecekte yapılması düşünülen malzeme ve aygıt üretim yöntemlerinin değişmesini; nano ölçekte işlevi olan malzeme ve aygıtların makroskobik boyutlardaki malzeme içine yerleştirilmesini ve bunların çok miktarda hatasız üretilmesi için yeni yöntemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Nano ölçekteki malzemelerin daha hafif, daha sağlam, programlanabilir malzemeler olması, daha az malzeme kullanımı, üretim safhasında daha az enerji gereksinimi, artık malzeme üretmemesi gibi özellikler nano imalatta önemli avantajlardır.

Malzemelerin atomik ve moleküler boyutlardan başlayarak inşa edilmesi, konvansiyonel metotlar ile elde edilen malzemelere oranla daha sağlam ve daha hafif maddelerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Malzemelerin sürtünme, yapışma, suyu sevme ya da sevmeme, biyolojik etkileşim ve benzeri yüzey özellikleri tamamen nanometre boyutundaki en üst katmanların kimyasal kompozisyonu ve morfolojisi tarafından belirlenmektedir [8].

Nanoteknolojinin bir uygulaması da suyu seven (hidrofilik) ve suyu iten (hidrofobik) yüzeyler hazırlamaktır. Bu yüzeylere damlatılan su damlalarının yüzeyle yaptığı açıya bağlı olarak yüzeyin hidrofilik yada hidrofobik olduğu tespit edilir. Damlanın yüzeyle yaptığı açı 90^0 den küçükse hidrofilik, sıfır dereceye doğru süperhidrofilikliğe yaklaşır. Damlanın yüzeyle yaptığı açı 90^0 - 149^0 arasındaysa hidrofobik, 150^0 den büyükse süperhidrofobik yüzey olarak adlandırılır.

2.2. Tekstilde Nanoteknoloji

Tekstil endüstrisi, nanoteknoloji devrimiyle birlikte yeni bir döneme girmektedir. Nano malzemeler kullanılarak, daha önce hayal bile edemediğimiz, çok çeşitli fonksiyonlara sahip kumaşlar elde edilmektedir. Üzerine, bir bardak meyve suyu dökülen pantolonumuzun, suyu itme özelliği, kirlenmesine engel olmaktadır.

Tekstil ve hazır giyim ürünlerine, su geçirmezlik, leke tutmazlık, buruşmazlık, antimikrobiyalite, değişebilirlik, UV-ışınlarından koruyuculuk, yanmazlık veya güç tutuşurluk ve daha iyi boyanabilirlik gibi özellikler kazandıran nano teknoloji tabanlı ürünler, geliştirilmiş ve kullanımları yaygınlaşmaya başlamıştır [9]. Bunların dışında geliştirilen ısı, ışık, basınç ve kimyasal etkilerle renk değiştiren ürünler, dekoratif amaçlı kullanılabilir. Nabız, sıcaklık, tansiyon gibi vücut fonksiyonlarındaki değişimleri belirleyip, kullanıcıyı uyarmaya yönelik uygulamaları söz konusu olabilmektedir.

Elektronik tekstil alanında da yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Yakın bir gelecekte, kendi kendini temizleyebilen ve asla kırılmayan giysiler kullanıma sunulacaktır. Bunun yanında tekstil ürünleri, bilgisayar, yol bilgisayarı, müzik çalar,

cep telefonu ve internet bağlantı elemanı gibi fonksiyonlara da sahip olabilecektir. Bugün vücut fonksiyonlarımızı kontrol edebilen; gerektiğinde ilaç veren, mikroorganizmalardan ve zehirli gazlardan koruyan, güzel koku veren, yaraları tedavi etmeye yarayan tekstil ürünleri şimdiden piyasaya sürülmektedir.

Bu teknoloji, akıllı askeri üniformaların tasarımında, kullanılmaya başlanmıştır. Yeni üniformaların sahip olması arzu edilen özellikleri arasında kamuflajı desteklemek üzere renk değiştirme, faz değiştiren malzemeler ile kırık durumda destek vazifesi göreceğ biçimde sıkılaşıma ve yapay kas geliştirme yer almaktadır. Nanosensör iliştilmiş kumaşlar, askerin vücut sinyallerini tıp merkezine iletecek, kumaştaki entegre iletişim ve dolaşım ekipmanları ile yaralı askerin sağlık bilgileri ve konumunu merkeze bildirerek müdahale hızını arttıracaktır. Nanoteknoloji ile üretilmiş üniformalar günümüzde kullanılanlardan yüzde 80 daha hafif olacak, ortamdaki biyolojik ve kimyasal tehlike durumuna moleküler düzeyde adapte olarak geçirgenliğini kaybedecek şekilde tasarlanmaktadır. Yaralanan askere ait bütün bilgileri, kablosuz hatla merkeze bildirebilecektir. Aynı zamanda, kısa süre içerisinde, gerekli müdahalenin yapılmasına olanak sağlayacaktır. Üniforma, gerektiğinde çok sert bir zırha dönüşebileceği gibi, askerin gereksinim duyacağı enerjiyi de Güneş'ten sağlayabilecektir. Bu araştırmalar, bugün nanoteknoloji sayesinde uygulamaya dönüşmektedir. Akıllı askeri üniformalar şekil 5'de gösterilmiştir [10].



Resim 2.1. Tehlikeyi önceden hisseden ve askeri yönlendiren üniformalar

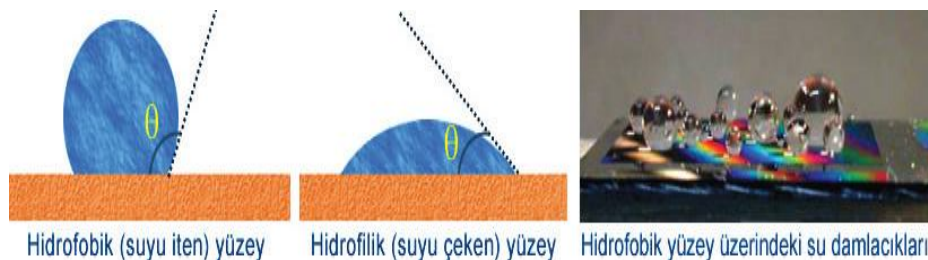
Türkiye tekstil sanayisinde nanoteknolojinin kullanımı bilhassa bitim/terbiye aşamasında yaygınlaşmaktadır. Önemli markalara üretim yapan firmalar, nano-bitim işlemi görmüş koleksiyonlar hazırlamaktadırlar.

Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde (UNAM) kirlenmeyen, kırıışmayan, su geçirmeyen, renk değiştiren ya da renk tutan kumaşlar başta olmak üzere tekstilin her alanında çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin; kumaşın mukavemet ve sertlik değerlerini arttırmak amacıyla kumaştaki liflerin moleküler düzeyde karbon moleküleriyle takviyelendirilmelerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Karbin, karbonun sphibritlenmesiyle elde edilen lineer allotrobudur ve yapısında sırayla tek ve üç bağ yapan karbon atomları bulunur. Karbinin uzun molekül zincirli formda elde edilmesi ve yüksek elastikiyet sergilemesi nedeniyle lif takviyelendirmesinde kullanılması mümkün olmuştur [11].

2.3. Hidrofobik ve Hidrofilik Yüzeyler

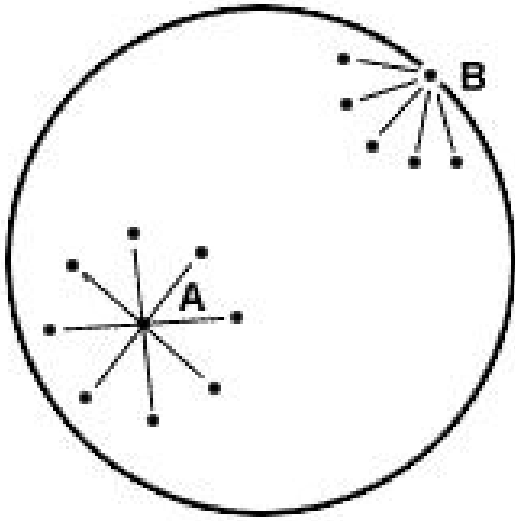
Yunancada "hydro" 'su', "phobos" 'korku', "philia" ise 'arkadaşlık' anlamına gelir. Bunları sırası ile birleştirirsek hidrofobik sudan korkan, yani suyu sevmeyen; hidrofilik ise suyla arkadaş yani suyu seven anlamına geliyor. Süperhidrofobik ve süperhidrofilik ise sudan nefret eden ve suyu çok seven demektir. Bu yüzeyler suyla yaptıkları temas açısına göre adlandırılırlar.

Temas açısı bir katının bir sıvı tarafından ıslatılma miktarının nicel ölçümüdür. Temas açısı, 90° den küçükse sıvı yüzeyi ıslatıyor, 90° den büyükse ıslatmıyor denir. Su damlası yüzeyde yayılma eğilimi gösteriyorsa buna hidrofilik yüzey; damla yayılmak yerine küresel bir şekilde durma eğilimi gösteriyorsa hidrofobik yüzey adı verilir. Eğer yüzeyler bu eğilimleri çok fazla gösteriyorsa, yani su damlası tamamen yayılıyorsa ve yüzeyle yaptığı açı 5° den küçükse (0° ye yaklaşıyorsa) buna süperhidrofilik; damla nerdeyse küresel bir şekilde duruyorsa ve yüzeyle yaptığı açı 150° den büyükse (180° ye yaklaşıyorsa) süperhidrofobik yüzeyler denir.



Şekil 2.1. Hidrofobik ve hidrofilik yüzeyler

Temas açısını etkileyen en önemli faktörler; katının yüzey enerjisi ve pürüzlülüğüdür. Yüzey enerjisi, yüzey gerilimi sonucu ortaya çıkar. Bir kristal yapısını düşünürsek, bu kristalin içindeki bir atom her yönden çekme kuvvetine maruz kaldığı için kararlı bir şekilde yerini koruyabilir. Yüzey atomları için aynı durum söz konusu değildir. Yüzey atomu, içerideki bir atoma uygulanan çekme kuvvetinin yarısını hisseder ve bu yüzden yüzeyden kopma eğilimi gösterir bu da yüzey gerilimi yaratır. Yüzey gerilimi düştükçe temas açısı da düşer.



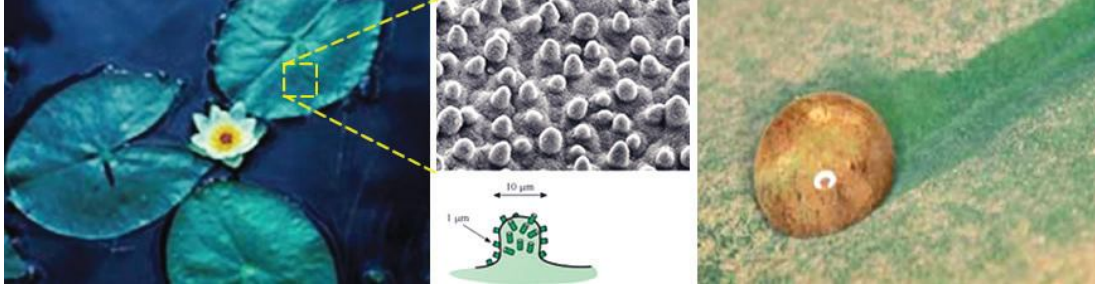
Şekil 2.2. Atomlara uygulanan çekme kuvveti

Yüzey pürüzlülüğünün artması ise hem hidrofilik hem hidrofobik özelliklerin artmasına neden olur. Hatta pürüzlülük olmadan ulaşılabilecek maksimum değme açısı hidrofobik bir yüzey için 120° geçemez. Pürüzlülük yüzeyle su damlası arasında hava sıkışmasını sağladığı için aradaki etkileşme miktarını da düşürür, dolayısıyla değme açısı hidrofobik yüzeylerde artar.

2.4. Doğal Hidrofobik Yüzeyler

Doğadan süperhidrofobik yüzeylere verebileceğimiz en bilinen örneklerden biri, nilüfer çiçeği (Şekil 2.3.). Nilüfer çiçeğinin yaprakları her zaman temizdir, üzerinde toz barındırmaz. Bu yapraklar, birbirinden 10-15 mikrometre uzaklıkta bulunan ve 5-10 mikrometre çapında olan küçük yumrucuklarla kaplı olurlar. Bunların yanı sıra bütün yüzey 1 nanometre çapındaki hidrofobik tabaka ile örtülüdür. Yüzeyde bulunan bu pürüzler "Lotus Etkisi" olarak adlandırılmaktadır. Su damlaları

yaprak yüzeyine temas ettiğinde, hem hidrofobik kaplamadan, hem de yüzey pürüzlülüğünden dolayı 170° yakın bir değme açısı oluştururlar [12].



Şekil 2.3. Nilüfer çiçeği yaprağı

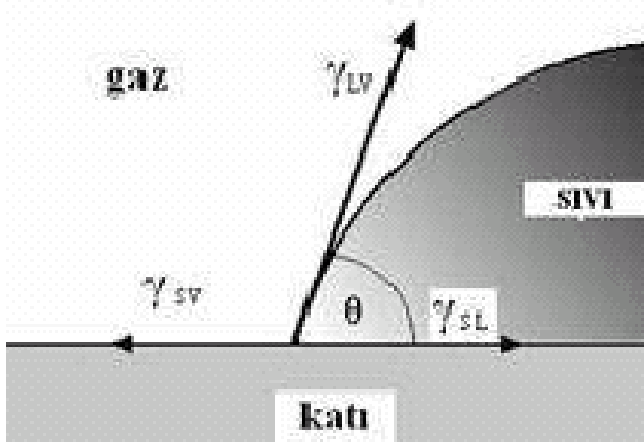
Süperhidrofobik yüzeyler kanatlı birçok hayvanda da mevcuttur. Bazı kelebeklerin kanatları suyu iten nanoyapılara sahip olmanın yanında, üzerine düşen ışığı yansıtan veya saçtıran nanofotonik örgülere sahip olurlar (Şekil 2.4.). Bu düzenli örgüler (nanofotonikkristal) sayesinde, kelebeğin kanadı rengarenk görünür.



Şekil 2.4. Hidrofobik özellikteki kelebek kanadı

2.5. Temas Açısı

Yüzeyin ıslanabilirliğinin belirlenmesi için kullanılan en etkin yöntem temas açısı ölçümüdür. Temas açısı, katı, sıvı ve gaz olarak adlandırılan maddenin üç fazının da bulunduğu noktadan damlaya teğet çizilen doğrunun eğimidir (Şekil 2.5.). Temas açısının küçük olması, ıslanabilirliğin iyi; büyük olması ise yetersiz olduğunu göstermektedir. Temas açısı 0° olduğunda sıvı katı yüzeye tamamen yayılmakta; 180° olduğunda hiç yayılmamaktadır. Açı 90° nin üzerinde olduğunda, katı yüzey hidrofob; açı 90° nin altında olduğunda hidrofил olmaktadır. Yüzey gerilimi, sıvının viskozitesi, sıvının katı yüzeyi ıslatma hızı, sıvının sıcaklığı gibi faktörler temas açısını etkilemektedir.

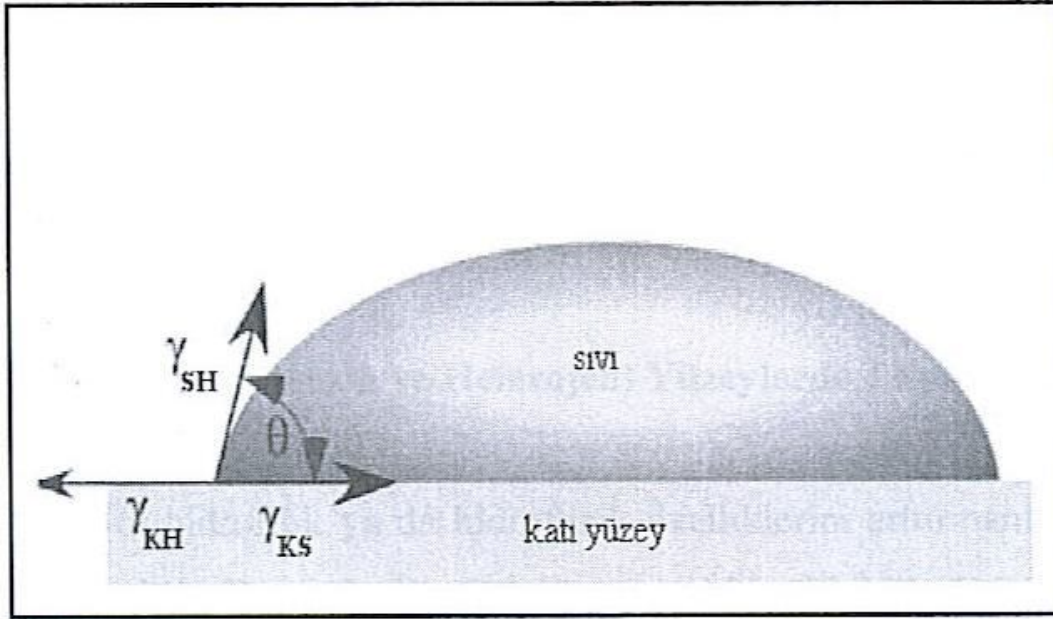


Şekil 2.5. Temas açısının ölçümünde etkili olan 3 faz

Temas açısı, materyalin üzerine her hangi bir sıvıdan bir damla bırakılarak, çeşitli optik sistemlerin yardımıyla belli bir süre sonra damlanın boyutlarına bakılarak belirlenebilmektedir. Temas açısının belirlenmesinde farklı teknikler kullanılmakta ve kullanılan donanımın özelliğine göre tekniğin hassasiyeti değişmektedir. Çekilen fotoğraftan temas açısı manuel olarak da belirlenebilmektedir. Kullanılan sıvının kritik yüzey geriliminden ve meydana gelen temas açısından yola çıkılarak malzemenin yüzey enerjisi de hesaplanabilmektedir [13].

2.5.1 İdeal yüzeylerde temas açısı

İdeal bir yüzeyde denge temas açısı Young açısına eşittir. Young denklemi (Bkz. Eş. 2.1), katı, sıvı ve buhar (hava) durumunda oluşan üçlü temas çizgisindeki ara yüzey gerilimleri arasındaki kuvvet dengesi tarafından belirlenir. Katı bir yüzey üzerine bir sıvı damlası yerleştirildiğinde statik temas açısı (θ_0) altında katı-hava (solid-air), sıvı-hava (liquid-air) ve katı-sıvı (solid-liquid) ara yüzeyleri bir araya gelir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Sıvı damlasının düzgün katı bir yüzeyde yüzey gerilimi bileşenleri (temas açısının değeri θ_0)

$$\gamma_{SH} \cos \theta_0 = \gamma_{KH} - \gamma_{KS} \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1'e göre θ_0 young temas açısı γ_{SH} , γ_{KH} ve γ_{KS} sıvı-katı, katı-hava ve katı-sıvı ara yüzeylerindeki yüzey gerilimidir. Yüzey gerilimi, yüzey alanındaki her birim artış için yüzey alanını da arttırmada gerekli olan enerjidir.

Eş. 2.1'e göre katı-hava ara yüzey gerilimi, katı-sıvı yüzey geriliminden büyük olduğunda $\cos\theta$ pozitif olur. Bu durum temas açısının $0-90^\circ$ arasında olduğunu ve yüzeyin hidrofilik yapıda olduğunu gösterir ve sıvı yüzeyi ıslatır. Eğer katı-sıvı ara yüzey gerilimi, katı-hava yüzey geriliminden büyük olursa $\cos\theta$ negatif olur ve temas açısı $90^\circ-180^\circ$ arasındadır ve sıvı yüzeyi ıslatmaz.

İdeal bir yüzeyde (düzgün, homojen) tek bir temas açısı ölçülür. Gerçek yüzeylerde (heterojen, pürüzlü) ise damla temas eden hatlar boyunca farklı temas açıları verebileceğinden tam anlamıyla Young değerinde değildir fakat onun civarında belirli bir aralıkta değişir.

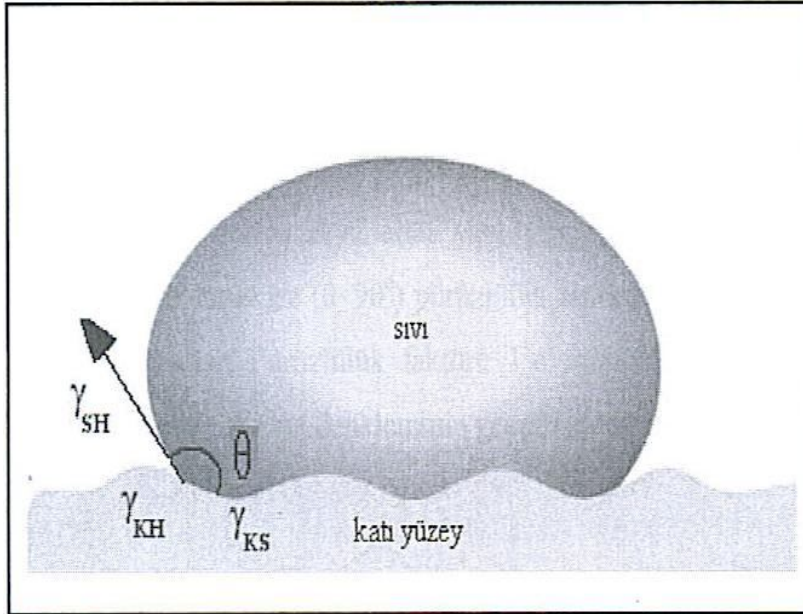
2.5.2 Gerçek (pürüzlü ve heterojen) yüzeylerde temas açısı

Yüzey pürüzlülüğüne yönelik ilk çalışmalar Wenzel ve Cassie-Baxter tarafından geliştirilmiştir. Wenzel pürüzlü yüzeydeki temas açısının düzgün, homojen

yüzeydekinden farklı olduğunu bulmuştur. Cassie-Baxter, homojen katı-sıvı ara yüzeyinden farklı olarak pürüzlü yüzeydeki çukurların içine hapsedilmiş hava (yada gaz) ceplerinin kompozit katı-sıvı-hava ara yüzeyi oluşturduğunu göstermiştir.

2.5.3 Wenzel teorisi

Wenzel, pürüzlü yüzeyler için Young eşitliğini iyileştirerek temas açısını ifade eden teorik bir model geliştirmiştir (Bkz. Eş. 2.2). Şekil 2.7'de gösterildiği gibi sıvının pürüzlü yüzeyin boşluklarını tamamen doldurduğu düşünülür.



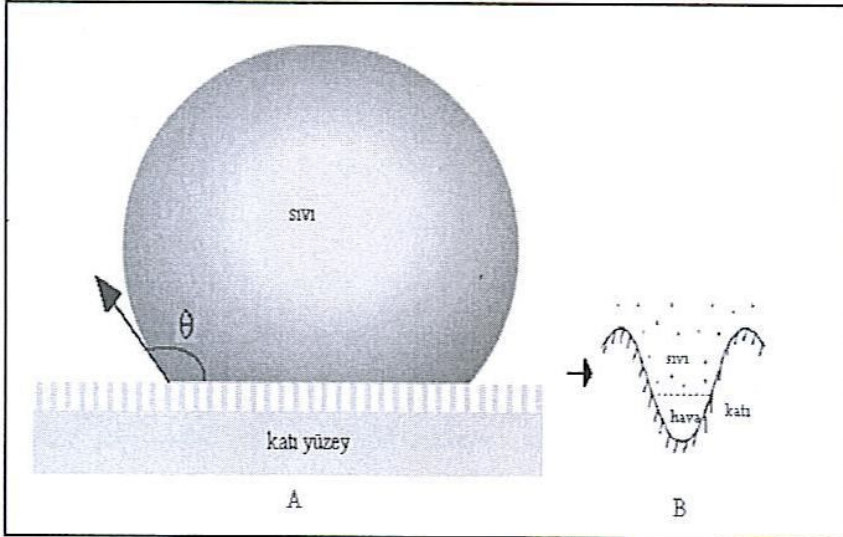
Şekil 2.7. Wenzel modeline göre pürüzlü yüzeydeki sıvı damlası

$$\cos \theta' = r \cos \theta \quad (2.2)$$

Burada θ' ; pürüzlü yüzeydeki temas açısı, θ ; düzgün yüzeydeki temas açısı (Young temas açısı), r ; pürüzlülük faktörüdür. Pürüzlük faktörü, pürüzlü yüzeyin gerçek alanının (katı-sıvı alanı) düz düzlem üzerindeki tahmini (görünür) geometrik alana oranıdır. Bu eşitlik ile pürüzlülüğün temas açısı ile ilişkili olduğu görülmektedir.

2.5.4 Cassie-Baxter teorisi

Cassie-Baxter Teorisi, Wenzel teorisinin geliştirilmiş halidir. Bu teoriye göre sıvı pürüzlü yüzeyin boşluklarını doldurmaz. Yüzey üzerindeki çukurlar tamamen hava ile dolu olup hava paketleri sıvıyı yukarı doğru iterler ve şekilde gösterildiği gibi kompozit katı-hava-sıvı ara yüzey oluşmuş olur.



Şekil 2.8. Cassie-Baxter modeline göre pürüzlü yüzeydeki sıvı damlası (A), katı-hava-sıvı kompozit ara yüzeyi (B).

Wenzel eşitliği ıslak yüzey bölüm alanını ve hava paketleri ile bölüm alanının ($\theta=180^\circ$) katılımlarıyla iyileştirilmiştir. Bu modele göre yüzey, temas açısı Cassie-Baxter eşitliği ile ifade edilir (Bkz. Eş. 2.3).

$$\cos \theta^* = \phi_1 \cos \theta - \phi_2 \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte θ^* pürüzlü yüzeyde gözlenen temas açısı, θ pürüzsüz yüzeyde gözlemlenen temas açısıdır. Şekil 2.8'e göre katı-sıvı ara yüzey geometrik alanın kesrini ϕ_1 , damla altındaki, mikro ölçekli pürüzde, sıvı-hava ara yüzey alanının kesrini ϕ_2 ($=1-\phi_1$) içerir.

Çok katmanlı pürüzlü yüzeyler için Cassie-Baxter eşitliği yeniden yazılırsa;

$$\cos \theta^* = \phi_1 \cos \theta - \phi_2 - \phi_3$$

$\phi_3 (=1-\phi_1-\phi_2)$, alt mikro ve nano ölçekli pürüzlükte sıvı-hava ara yüzey alan kesridir [14].

3. POLYESTER KUMAŞ (POLYESTER LİFİ)

Polyester, polimerlerin bir kategorisi veya daha özel olarak ana bağları içinde ester fonksiyonel grupları içeren yoğunlaşma polimerleridir Polyester kelimesinin yaygın kullanımı polyester liften gelen kumaşı belirtir. Polyester giysiler, doğal liflerle karşılaştırıldığında, daha az doğal hissedilir. Polyester lifler sıklıkla pamuk lifleri ile beraber, daha iyi özelliklere sahip giysiler üretmekte kullanılır.

Polyester lifleri, yaşam tarzı göz önüne alındığında temizlik kolaylığı, yüksek mukavemet, yüksek yıpranma dayanımı, mükemmel ısı dayanımı, çabuk kurumaması, kırılmaması ve estetik özellikleri gibi çağdaş gereksinimlere cevap verebilecek niteliklere sahiptir.

Polyester lifinin eldesi: Kimyasal olarak, polietilen tereftalatı elde etmenin en basit yolu tereftalik asit ile monoetilenglikolün direk reaksiyonu ve bunu takiben monomer (beta hidroksietil tereftalat)'ın polikondenzasyonudur. Kondenzasyon, her iki komponentin kendileri ile reaksiyon vermeyen bir çözücü ortamında, klorlu suyun katalizörlüğü altında ısıtılması ile meydana gelir.

3.1. Polyester Liflerinin Özellikleri

Polyester, ısı ile şekil almaya çok müsait, deformasyondan sonra eski halini alabilen bir lifdir. Ayrıca polyester liflerinin yüzeyi pürüzsüz olup mukavemetleri üretim şekillerine göre değişir. Standart filament liflerde uzama % 15-30, stapel liflerde ise % 30-50 arasında değişir. İnital modülleri oldukça yüksektir. Germeye karşı da direnç gösterirler. Polyester liflerinin aşınma özellikleri de yüksektir. Bu yüzden doğal liflerle karıştırılınca mamüllerin aşınma yetenekleri artırılır. Bu lifler az miktarda su absorbe ederler ve rutubet, liflerin mukavemetine ve uzamalarına etki etmez. Kaynayan suda veya sıcak buharda tutulursa, polimer hidrolize olmaya başlayacağından fiziksel özelliklerinde yavaş yavaş bozulma gösterir. Ancak sıcaklığın etkisi uzun süre devam ettiğinde diğer birçok kimyasal ve bazı doğal liflere nazaran daha az etkilendiği görülür [15].

Polyester yumuşama noktası 260°C olup, 180°C de normal şartlarda ki mukavemetinin yarısına sahiptir. Genellikle güç tutuşur. Life tatbik edilen alev, erimesine sebep olur ve yumuşak bir alevle yanar, sert bir madde haline dönüşür. Polyester gün ışığına karşı da dayanıklıdır.

Yoğun asitlere (oksitleyici olmadıkça), seyreltik alkalilere (soğuk), hidrokarbonlara ve adi organik solventlere karşı nisbeten duyarsızdır.

Diğer özellikleri:

-Yumuşaktır.

-Güçlüdür, çekme ve aşınmaya karşı dirençlidir.

- Yıkanabilir, kuru temizlenebilir.

- Çabuk kurur.

- Kırışmaya karşı dirençlidir, ısı uygulandığında kıvrılma özelliği vardır.

- Statik ve tüylenme problemi olabilir.

- Düşük emiliminden dolayı pas çıkarma problem olabilir.

3.2. Polyester Liflerinin Fiziksel Özellikleri

- Kolay kopmaz. Kopma dayanımı 4,5-5,5 g/denye dir.

- Kopma anındaki uzama yüzdesi %15-25'tir.

- Özgül ağırlığı 1,38 g/cm³ tür.

- Normal şartlarda nem oranı %0,4 tür.

- Enine kesitleri genellikle yuvaraktır. Özel amaçlarla üretilen bazı liflerin kesitleri değişik olabilir.

- Merserizasyon işlemi yapıldığında bir miktar çekme ve mukavemetinde çok az azalma görülür.

3.3. Polyester Liflerinin Kimyasal Özellikleri

Asitlere karşı dayanıklı, bazlara karşı dayanıksızdır. Yükseltgen ve indirgen maddelere karşı dayanıklıdır. Birçok çözücü içerisinde çözünmemekle beraber, fenol ve türevleri, benzilalkol, m-kresol gibi bazı çözümler içerisinde kolaylıkla çözünmektedir. Elektriği iletme özellikleri iyidir. Az rutubet absorbe etmesi sayesinde elektrik iletkenliği düşüktür. Güve ve zararlı böceklerden etkilenmez.

Aynı şekilde küf ve mantar gibi mikroorganizmalardan da zarar görmez. Gün ışığından fazla etkilenmez.

3.4. Polyester Liflerinin Tekstilde Kullanım Alanları

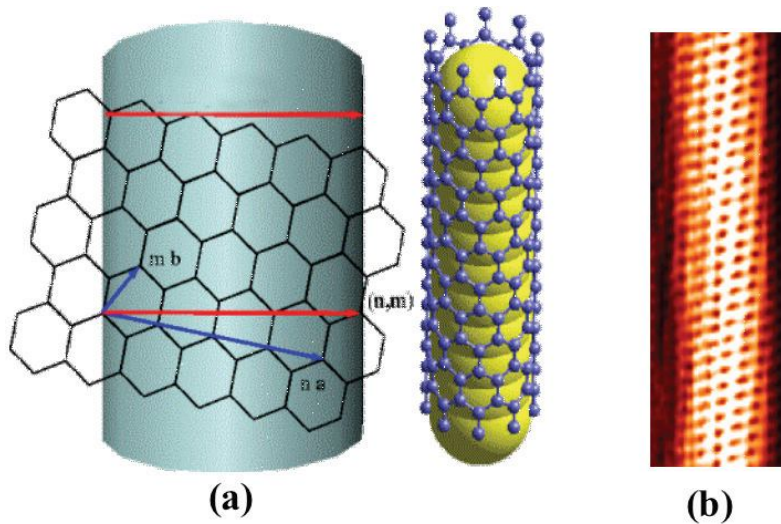
Polyesterin tekstilde yaygın ve geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Bunların bazıları; halı, hazır giyim/ bluz, elbise, ceket, spor kıyafetleri takım elbise, gömlek, pantolon, yağmurluk, çocuk giyimi, ev tekstili/ perde, serilebilir kumaş, yer kaplaması, nevresim, vb. alanlarda kullanılmaktadır.

Polyester yüksek mukavemet/ağırlık oranına sahiptir ve ticari kullanımda en başarılı yapay elyaftır. Örtü, ev tekstili (yatak takımları, çarşaflar, yastık, perde, mobilya döşemeleri, halılar), lastik, çorap ve kemerlerde destekleyici elyaf olarak kullanılırlar. Ayrıca oldukça sık tekrar kullanılabilen bir elyaftır. Yeni yalıtılan polyester elyaf dolgu ürünleri, 'Everest Dağı' nda dağcılar tarafından test edilmiştir. Tırmanma elbiseleri, uyku tulumları, parkalar ve diğer yüksek performanslı açık hava giyiminde kullanılırlar. Polyester polar hatları, kış rüzgar sörfüne izin verecek şekilde elbiseleri kurutur [15].

4. KARBON NANOTÜPLER

Tekstil endüstrisinde kullanılan nano tüpler dendiğinde akla ilk olarak karbon nanotüpler gelmektedir.

Karbon nanotüpler 1991 yılında karbon nanotüplerin sentezlenmesiyle bazı nanoyapıların ne kadar farklı davranabilecekleri ve bu farklılıklardan çok değişik işlevlerin elde edilebileceği anlaşıldı. Karbon nanotüp, grafitin bal peteğini andıran atom düzleminin bir silindir üzerine hiç bir kusur oluşturmadan kesiksiz olarak sarılmış bir şekli olarak düşünülebilir.



Şekil 4.1. Karbon tütün atom yapısı. (a) Grafitin bal peteği görünümünde atom tabakası. Karbon atomları altıgenlerin köşelerinde yer alıyor. Karbon nanotüp, bu tabakanın bir silindir üzerine sürekli bir şekilde sarılmasıyla elde edilir. Kırmızı renkle gösterilen sarmal vektörü C , onun uzunluğunu ya da tütün çevresini ve sarmal açısını belirleyen (n,m) ikilisiyle tanımlanmakta. (b) Bir karbon nanotütün TTM görüntüsü

Karbon nanotüplerin yapısı grafitte benzerdir. İdeal durumda, bir karbon nanotüp tek katmandan oluşabileceği gibi çok katmanlı silindirik grafit tabakasından da oluşabilmektedir. Çok katmanlı karbon nanotüplerde katmanlar arasındaki mesafe 0.34-0.36 nm civarındadır. Karbon-karbon bağları 0.14 nm uzunluğunda olup bunlar elmastaki bağlardan daha kısadır. Bu durum, nanotütün elmadan daha güçlü bir materyal olduğunu göstermektedir. Hiçbir katkı maddesi olmaksızın, nanotütün geometrik parametrelerinin (çap, tüp yüzeyinin yönü vs.) değiştirilmesi

yoluyla elektronik özelliklerinin de değiştirilebilir olması, tüplere elektronik uygulamalarda önemli bir yer vermektedir [16].

Karbon nanotüplerin özellikleri:

- Dügüm yapılabilecek kadar esnek malzemelerdir.
- Isıl iletkenlikleri, en iyi ısıl iletken olan elmasın 2 katıdır.
- En iyi yüksek mukavemetli çelik alaşımından 30 kat daha güçlüdür.
- Bakır telden 1000 kat daha fazla elektrik taşıyabilir.
- Yoğunluğu, en hafif malzemelerden olan alüminyumun yarısı kadardır.

Karbon nanotüpler; elektrospinning yöntemi, kaplama veya nano-gözenekli membranlar kullanılarak tekstil materyalleri ile birleştirilirler. Çok katmanlı karbon nanotüpler kullanılarak, iplik prosesinde büküm esnasında belirgin mukavemete sahip çok katlı iplik oluşturulabilmektedir. Karbon nanotüpler diğer doğal ve sentetik liflere göre daha sert yapıda olup gerilme dayanımı örümcek ağıyla eşdeğerdedir. Karbon nanotüp içeren kumaşlar; sensörler, elektronik iç bağlantılar, elektromanyetik dalgaları engelleyiciler, antenler ve elektrik depolayan baterileri içeren elektronik tekstil uygulamalarında kullanılırlar [16].

Karbon nanotüplerin tekstilde başarılı uygulama sahalarından birisi polivinil alkol lifinin koagüle bazlı çekim prosesi ile mikrometre mertebesinde lif çapı verecek biçimde üretilmesidir. Bu kompozit lifin, mukavemet ve rijitlik değerlerinin aynı ağırlık ve uzunluktaki çelikten 20, kevlerden 17 kat daha büyük olduğu bulunmuştur. Bu yüzden bu lif, savunma amaçlı tekstil yüzeylerinin (koruyucu zırh ve elektromanyetik koruyucuların) üretiminde önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Karbon nanotüplerin uygulama alanları; kompozitler, tıbbi tekstiller, balistik amaçlı tekstiller, filtrasyon materyalleri, kendi kendini temizleyen kaplamalar, nanoaygıt ve transistörlerden bütünleşik devre, kalıcı bilgisayar belleği, karbon nanotüp düz ekran televizyonlar, ortamda bulunan zehirli gazları algılayabilen gaz detektörü, hidrojen depolama ve yakıt hücresi, nanomiknatis, yüksek yoğunluklu bilgi depolayan küçük ölçekli sabit disk ve deformasyon ölçmeye yönelik ölçü aletleri vb şeklinedirler.

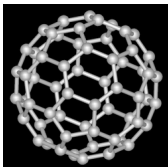
Nanotüplerin özellikleri, elektrostatik olarak yayıcı (dissipative) maddeler; havacılık ve uzay ve spor malları için katılık, mukavemet ve etkiyi birleştiren maddeler; kompozit aynalar; elektrostatik boyama gerektiren otomobil parçaları ve güçlendirilmiş mekanik özellikleri olan otomotiv parçaları gibi çok çeşitli uygulama alanlarında avantaj sağlamaktadırlar [17]. Karbon nanotüplerin 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. Karbon nanotüpler, polimer kompozit sistemlerde dolgu maddesi olarak kullanılarak, güçlü elektrik, termal ve optik karakteristikleri olan ultra-hafif yapıları maddeleri elde etmek için ilgi uyandırmışlardır [18].

Kompozit malzeme içine gömülü nanotüpler, büyük bir esneklik ve gerilme kuvvetine sahip olduklarından zıplayan arabaların, ya da depremde çökmek yerine ileri geri sallanan binaların yapımında kullanılabilirler.

Karbon nanotüpler; elektrospinning yöntemi, kaplama veya nano-gözenekli membranlar kullanılarak tekstil materyalleri ile birleştirilirler. Çok katmanlı karbon nanotüpler kullanılarak, iplik prosesinde büküm esnasında belirgin mukavemete sahip çok katlı iplik oluşturulabilir. Karbon nanotüpler diğer doğal ve sentetik liflere göre daha sert yapıda olup gerilme dayanımı örümcek ağıyla eşdeğerdedir. Karbon nanotüp içeren kumaşlar; sensörler, elektronik iç bağlantılar, elektromanyetik dalgaları engelleyiciler, antenler ve elektrik depolayan baterileri içeren elektronik tekstil uygulamalarında kullanılırlar [19].

Fulleren

Fulleren veya Buckminster fulleren tamamen karbon atomlarından meydana gelmiş, kapalı kafes yapılı bir tür moleküldür. Küre, silindir veya elipsoit şekillerinde bulunabilir.



Şekil 4.2. Fullerenin kafes yapısı

Fullerenler ilk olarak grafitin lazerle buharlaştırılması ile oluşan karbon buharının yoğunlaşmasından oluşturulmuştur. Üretilen fullerenlerden çoğu C60 ya da C70 moleküllerinden oluşmaktadır. Diğer fulleren yapılar ise kolay elde edilememektedir. En çok elde edilen, özellikleri en iyi bilinen ve en kararlı yapıya sahip olan C60 fullereni şu özelliklere sahiptir; 12 beşgenden ve 20 altıgenden oluşur. Her atom arasında oluşan bağlardan biri çifttir. C60 basınca karşı dayanıklıdır ve katı C60 yalıtkan özellik gösterir [20].

5. İNCE FİLM OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN KAPLAMA TEKNİKLERİ

Farklı kullanım özelliklerine uygun olarak kullanılan birçok kaplama tekniği mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılanlar;

- Daldırarak Kaplama (Dip-Coating) Tekniği
- Döndürerek Kaplama (Spin Coating) Tekniği
- Püskürterek Kaplama Tekniği
- Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) Tekniği
- Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD)Tekniği

5.1. Daldırma ile Kaplama (Dip-Coating) Tekniği

Daldırma tekniği ile kaplama, kaplama malzemesi olarak kullanılacak bir solün bulunduğu kap içerisine, kaplanacak olan malzemenin sabit sıcaklık ve atmosferik koşullarda, uygun bir hızda daldırılıp tekrar uygun bir hızda yukarı doğru çekilmesi esasına dayanır.

Herhangi bir yüzeyin bu teknikle kaplanmasında, arzu edilen kalınlıkta kaplamaların elde edilmesi, daldırma ve çekme hızlarının yanı sıra, kaplama çözeltisinin yoğunluğu ve viskozitesi ile de ilişkilidir. Kaplama çözeltisi ne kadar viskoz ise kaplama kalınlığı da o oranda artmaktadır. Kaplanmış yüzeyler oda sıcaklığında bir süre bekletilerek fazla olan çözücü moleküllerinin buharlaşması sağlanır. Daha sonra kontrollü ısıtma işlemleri ile kaplama uygun sertliğe getirilir. Ardından uygulanan ışınlama işlemleri ile yüzeye aktiflik kazandırılır. Yüzeyi kaplanacak olan malzemenin, kaplama çözeltisine daldırılıp tekrar çekilmesinde kullanılan kaplama kabinlerinin titreşimsiz olması, kaliteli kaplamanın yapılabilmesi için çok önemlidir.

5.2. Döndürerek Kaplama (Spin-Coating) Tekniği

Kaplama çözeltisinin, küçük bir gölet oluşturacak şekilde, kaplanacak malzemenin ortasına damlatılması ve daha sonra substratın yüksek hızla döndürülmesi

temeline dayanır. Merkezci hızlandırma, kaplama çözeltilisinin tamamının substrat üzerinde yayılmasını ve yüzeyde ince bir film oluşmasını sağlar. Film kalınlığı ve diğer özellikler kaplama çözeltilisinin özelliğine (viskozite, yüzey gerilimi v.b) bağlıdır ve kaplama işlemindeki parametreler kaplama çözeltilisinin özelliğine göre seçilir. Son döndürme hızı, hızlandırma, döndürme süresi ve buhar çıkışının bitmesi (uçucu malzemeler için) gibi faktörler filmin özelliklerini ve kalitesini belirler. Döndürme ile kaplamada en önemli faktörlerden birisi tekrarlanabilirliktir. Parametrelerdeki küçük bir değişiklik kaplamada çok fazla değişikliğe neden olabilir. Döndürme ile kaplamanın işlem sırası temel olarak, substrat yüzeyinde kaplama çözeltilisinin dağıtılması, sıvının ince bir şekilde yayılması için yüksek hızla döndürme ve film üzerinden çözeltilinin fazlasının uzaklaştırılması için kurutma basamaklarını içerir.

5.3. Püskürterek Kaplama (Spray Coating) Tekniği

Bu teknikte kaplama çözeltilisinin kaplanacak yüzeye, spreylenmesiyle kaplama yapılır. Özellikle, daldırma ve döndürme gibi kaplama teknikleri ile kaplanamayacak kadar düzgün olmayan yüzeylerin kaplanmasında bu yöntemle kaplama tercih edilmektedir. Kaplama kalınlığının yüzeyin her tarafında aynı olmaması ve kaplanan yüzeylerde pürüzlülüğe neden olmasından dolayı her yüzeye (amaca bağlı olarak) uygulanamamaktadır.

5.4. Kimyasal Buhar Biriktirme (CVD) Tekniği

CVD, yüksek saflıkta ve yüksek performansta katı malzemeler üretmek için, çok yüksek sıcaklıkta gerçekleşen kimyasal bir yöntemdir. Basit bir şekilde, CVD tekniğinde işlem basamakları aşağıdaki gibidir;

1. Önceden belirlenen reaktif gaz karışımları ve seyreltici inert gazlar sabit bir akış hızıyla reaksiyon ortamına verilir,
2. Gazlar substrat üzerine taşınarak adsorplanır,
3. Reaktantlar, film oluşturmak için substrat ile kimyasal reaksiyona girerler,
4. Reaksiyonda yan ürün olarak oluşan gazlar desorbe olur ve reaksiyon ünitesinden vakum yardımıyla uzaklaştırılır.

CVD tekniğinde reaktant gazlar sadece substrat materyal ile değil, aynı zamanda reaktör atmosferindeki gazlarla da reaksiyona girerler. Substrat yüzeyinde gerçekleşen reaksiyon heterojen, gaz fazında gerçekleşen reaksiyon ise homojendir. Homojen reaksiyon sırasında filmde bozukluklar olabildiğinden, Heterojen reaksiyon daha fazla tercih edilmektedir.

5.5. Fiziksel Buhar Biriktirme (PVD) Tekniği

PVD, temel olarak, buharlaştırılarak uygulanan kaplama yöntemidir ve mekanizmasının temelinde atom vardır. Atom katı fazdan gaz fazına transfer olur ve daha sonra tekrar katı faza döner. Dereceli olarak kaplanacak yüzey üzerinde film oluşturur. Etkili bir birikmenin olması için, biriktirilecek materyalin, gaz fazında biriktirilecek yardımcı materyal ile etkileşmesi gerekmektedir.

PVD tekniğinde üç temel yöntem uygulanmaktadır. Bunlar, iyon kaplama, buharlaştırma ve saçılmadır. Her bir PVD teknolojisi, farklı amaçlarda kullanılacak malzemelerin depolanmasında kullanılabilir. Bunlar üç temel basamak içerirler:

1. Kaplama malzemesinden buhar fazı oluşturulur,
2. Buhar kaynaktan substrat üzerine transfer edilir,
3. Substrat üzerinde biriktirme ve film oluşturma gerçekleştirilir.

Kaplamada istenilen özelliklere göre, bu basamaklar birbirinden bağımsız olabildiği gibi birbiriyle çok fazla ilişkili de olabilir [21].

6. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Zhang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada su temas açısı 146° den büyük saydam süperhidrofobik film üretmek için kendi kendine toplanmış silika nano-tanecikler ve heptadekaflorodesiltrimetoksilan (HFTS) bazlı basit bir yöntem kullanmışlardır. Deneysel aşamada tetraetil orthosilicate (TEOS) ve ethanol. NH_4OH ile karıştırılarak alkol bazlı silika sol hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti TEM ile karakterize edilerek silika partiküllerinin varlığı gözlenmiştir. Filmlerin hazırlanması aşamasında, elde edilen silika çözelti cam yüzeylere daldırma yöntemiyle (dip-coating) kaplanmıştır. Filmlerin kalınlığı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Hazırlanan film, 200 nm civarında düzenli bir kalınlığa ve 20 nm civarında yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Serbest yüzey enerjisinin düşürülmesi ve yüzey pürüzlülüğünün artırılması yüzey hidrofobikliğini arttırdığı vurgulanmıştır [22].

Hsieh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada mikro ölçeklendirilmiş karbon fiber parçalarının üzerine silika nano-tanecikleri kaplanarak hidrofobik kaplama hazırlanmış ve nano/mikro yapıları kompozitlerin süperhidrofobik davranışları araştırılmıştır. İki katlı kompozit yüzeyler, ortalama boyutu 300-500 nm olan SiO_2 nano-tanecikleriyle hazırlanmış farklı konsantrasyondaki çözeltilerin kimyasal-ıslatma emdirme (chemical-wet impregnation) yöntemiyle karbon fiberlerin (8-10 μm çaplı) kaplanmasıyla oluşturulmuştur. İki sıralı (mikro-nano) pürüzlülüğünden oluşmuş kompozitlerin sonrasında düşük-yüzey-enerji için hiçbir işlem gerekmeden suyla $162,5^{\circ}$ lik temas açısı vererek süperhidrofobik yapıda oldukları görülmüştür. Silika nano tanecikleri ikincil yüzey pürüzlülüğü için kullanılırken mikro-ölçekli fiberler birincil yüzey pürüzlülüğü için kullanılmıştır. SiO_2 karbon fiber kompozitler taramalı elektron mikroskobu ile karakterize edilmiş, Fourier dönüşüm kızılötesi spektroskobu (FTIR) ile yüzey kimyasına bakılmış ve SiO_2 -karbon fiber kompozitlerin kalan fonksiyonel grupları saptanmıştır. Optik temas açısı ölçer ile su damlacığının yüzeydeki temas açısı ölçülmüştür. Çalışmada karbon fiberler üzerindeki silika yoğunluğundaki artışın statik temas açısının yükselişini, temas açısı histerisinin azalışını ve süperhidrofobik kararlılığını önemli derecede etkilediği görülmüştür [23].

Hsieh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada mikro ölçekli karbon liflerin yaklaşık mikro ölçekli silika (SiO_2) küreleri ve karbon nanotüplerle (CNTs) kaplanması ile histerik düşük temas alanlı kararlı süperhidrofobik yüzey elde edilmiştir. Herhangi bir işlem olmadan, mikro ölçekli su damlası, üç katman pürüzlü yüzeyde asılı kalabilen ve damlanın altından hava filmi şeklinde ayrılabilen süperhidrofobik etki sağlanmıştır. Cassie-Baxter'ın geliştirilmiş modeli ile, silika (SiO_2) kürelerin ve karbon nanotüplerin (CNTs) birleşmiş etkisi, hava ile temas halindeki suyun alanını değiştirerek süperhidrofobik etki sağladığı gözlemlenmiştir [24].

Ma ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada süperhidrofobik yüzeylerin yapım yöntemleri ile yüzey morfolojisi ve ıslanabilirlik arasındaki ilişkisi teorik olarak açıklanmıştır. Polimer ve sol jel kimyası kullanılarak oluşturulan ıslanmayan katı yüzeyleri yapma teknikleri ile ilgili geniş bilgiler verilmiştir. Mikrometre ve nanometre pürüzlülük ölçeğinin birleşimi ile düşük yüzey enerjili malzemelerde kullanıldığında temas açısının 150° den büyük olduğu ve bu tip yüzeylere de süperhidrofobik yüzeyler denildiği vurgulanmıştır [25].

Hou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada basit bir yöntemle SiO_2 ve polistiren kullanılarak nanokompozit yüzeyler hazırlanmıştır. Hazırlanan kompozit yüzeylerin ıslanma davranışları incelenmiştir. Çalışma sonunda sadece kurutma sıcaklığını ve SiO_2 oranını kontrol ederek hazırlanan kompozit yüzeylerin hidrofilik yapıdan süperhidrofobik yapıya değişebildiği gözlemlenmiştir [26].

Lee ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada layer by layer yöntemi kullanılarak süperhidrofobik özellikte kaplama yapılmıştır. Kullanılan yöntemde pozitif yüklü parçacık olarak TiO_2 ve negatif yüklü parçacık olarak SiO_2 kullanılmıştır. Hazırlanan çözeltiler cam yada silikon substrat üzerine uygulanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ nano-parçacık kaplamasının hidrofobik ve kendi kendini temizleme özelliklerinde kullanılabilir olduğu ortaya koyulmuştur [27].

Park ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada TiO_2 nano-tanecikleri amorf SiO_2 ile kaplanmıştır. Kaplama sol-jel prosesi ile hazırlanmıştır. HR-TEM ve EDS sonuçları TiO_2 taneciklerinin yüzey üzerinde SiO_2 'in eşit olarak kaplandığı ve Ti, O, Si arasında kimyasal bağ oluştuğunu göstermiştir. Silika kaplanmış TiO_2

taneciklerinin ortalama çapı 20-50 nm ve silika tabakası kalınlığı 10-15 nm civarında bulunmuştur [28].

Tadanaga ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada geometrik (mikroyapısı) ve kimyasal yaklaşımların kombinasyonu ile cam levha üzerine sol-gel metodu ile alüminanın saydam, süper-su itici kaplama filmleri hazırlanmıştır. Çalışmada katı yüzeylerin ıslanabilirliği yüzeylerin kimyasal özellikleri ve yüzeylerin geometrileri ile ilgili olduğu ve su itici özelliğin iyi bir pürüzlülük ile arttığı belirtilmektedir. Cam, metal, seramik ve polimer gibi çeşitli substratların üzerine sol-gel metodu kullanılarak oksit ince filmlerin hazırlanmasıyla su-itici kaplamalar elde edildiği ayrıca kaplama filminin mikro gözenek yapısının kontrolü ile su itme özelliğinin artırılabilirdiği düşünülmektedir [29].

Ağırhan ve arkadaşlarının çalışmasında nanopartiküllü su iticilik maddeleriyle işlem görmüş pamuk ve polyester kumaşlar karşılaştırılarak performansları değerlendirilmiştir. Üç farklı kumaş üzerine dört farklı ticari su iticilik maddesi uygulanmış, su iticilik sprey testi ile su tutmazlıkları ölçülmüştür. Sonuç olarak uygulanan maddelerin genel olarak su iticilik özelliğini geliştirdiği; ancak pamuk kumaşların diğerlerine göre daha kötü sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Yıkama sonrası kimyasallar uzaklaştığından performansın düştüğü anlaşılmıştır. Su itici madde konsantrasyonu arttıkça, su iticiliğin de arttığı gözlenmiştir [30].

Kohsuke ve arkadaşları sol-jel metoduyla Ti-Cr içerikli mezogözenekli silika ince filmleri hazırlayıp UV altında hidrofilik özelliklerini incelemiştir. Hazırlanan ince filmlerin karakterizasyonu; temas açısı ölçümü DSA, SEM, UV-visible, XRD ve XAFS ölçümleri ile analiz edilmiştir. TMS ince filmin; mezogözenekli silika ve TiO₂ ince filmleriyle karşılaştırıldığında UV ışınlama öncesinde bile güçlü bir hidrofilik özellik sergilendiği kanıtlanmıştır. UV ışınlama sonucunda TMS ince filmlerinin temas açılarının düştüğü süperhidrofilik özelliği göstermediği görülmüştür. Cr içeren mezogözenekli silika (CMS) ince filmlerin de UV altında süper hidrofilik ve CrO₂'in tetrahedral yapı özellik gösterdiği görülmüştür. SEM ölçümleri; Ti ve Cr ile kaplanan ince filmlerin neredeyse kuvars plakanın şeffaflığı kadar transparan özellik gösterdiği görülmüştür. XRD ölçümleri karşılaştırıldığında; TMS ince

filmlerin MS ince filmlere göre daha geniş gözenekli yapılar oluşturduğu bunun nedeninin de Ti atomlarının geçişinin olduğu görülmüştür [31].

Yan ve arkadaşları silika nanopartikülleriyle kaplanmış ince filmlerin transparan süperhidrofilik ve süperhidrofobik yüzey özelliklerini incelemiştir. Sulu elektrostatik tabaka- tabaka katmanlı proses yöntemi ve polielektrolit kullanılarak SiO_2 nanopartiküllerin cam yüzeyler üzerine yapışması sağlanmış olup ince filmler üretmek için kullanılmıştır. Farklı büyüklükteki silika nanoparçacıklarının farklı hacimsel oranında kaplanmış ince filmlerin görünür ışık bölge, yüzey ıslanabilirlik ve geçirgenliği üzerine etkileri sistematik olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar optik şeffaflık ve süperhidrofilik/süperhidrofobik tabaka birikimi için üretim süreci içinde hem silansız hem de farklı büyüklükte silika nano parçacıkların uygun hacim oranları kullanılarak ince film üzerinde elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Üretilen ince filmlerin; yüzey ıslanabilirliği DSA, yüzey karakterizasyonu SEM ve AFM, transparanlığı da UV-visible ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak; farklı hacimsel ve boyuttaki silikaların (7nm-22nm) 550°C de 4 saat kalsine işleminden sonra temas açısının düştüğü yüzeyin süperhidrofillik özellik kazandığı, ve elde edilen süperhidrofobik/süperhidrofilik yüzey üzerinde aynı optik transparanlık gözlenmiştir [32].

Xiao-Dong Wang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada eş boyut dağılımlı silika parçacıklarını yüksek konsantrasyonda TEOS (Tetra-etil-ortosilikat) kullanarak sentezlemiştir. 0,22-1,24M aralığında TEOS kullanarak, katalizör olarak kullanılan amonyak ve su miktarları $[\text{NH}_3] = 0,81[\text{TEOS}]$, $[\text{H}_2\text{O}] = 6,25[\text{TEOS}]$ olacak şekilde sabit tutulmuştur. Çözücü olarak kullanılan izopropil alkol içine amonyak ve deiyonize su eklenerek bir süre karıştırıldıktan sonra içine damla damla TEOS eklenmiş ve 5 saat karıştırıldıktan santrifüj ile silika parçacıkları süspansiyondan ayrılarak fırında kurutulmuş ve karakterize edilmiştir. Karakterizasyon için boyut ve morfolojinin anlaşılması amacıyla FESEM, parçacık boyut dağılımının anlaşılması için DLS ve parçacıkların kompozisyonunun anlaşılması amacıyla FTIR çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda amonyak, su ve TEOS miktarlarının oluşan parçacıklara etkisi tartışılarak, amonyak ve su miktarındaki artışın daha büyük parçacık oluşumuna katkısı olduğu sonucuna varılmıştır. Parçacık boyut dağılımı analizi sonucunda en

büyük parçacıkların (873 nm) 0,76 M NH_3 ve 4,7 M H_2O kullanılarak elde edilebildiği gözlenmiştir. FTIR analizi sonucunda oldukça yoğun bir silika networku olduğu ve elde edilen numunelerde belirgin yapısal farklar olmadığı anlaşılmıştır. Sonuç olarak yüksek konsantrasyondaki TEOS ile sentez başarılı bir şekilde elde edilmiş ve karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda 30-1000 nm arasındaki parçacıkların sistemin optimizasyonu sonucunda elde edilebileceği gösterilmiştir [33].

Zhu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, ZnO nanoçubuklarıyla elde edilen değişken bağlama özelliğine sahip akıllı süperhidrofobik yüzeyler elde etmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla, ZnCl_2 çözeltisi içine amonyak ekleyerek pH 10'a ayarlanmış, içine kaplanacak yüzey olarak bakır bir çubuk da konarak, otoklava yerleştirilmiştir. Hazırlanan malzemeye, yüzey modifikasyonu uygulanarak, hidrofilik bölgeler sağlamak amacıyla UV ışığa tutulmuştur. Böylece yüzeydeki hidrofilik bölgelerin etrafını sardığı hidrofilik noktalar oluşturulmuştur. Morfolojinin anlaşılması için SEM, XPS, XRD ve floresent mikroskopi yapılmıştır. Bağlayıcılığı az olan bir yüzey hazırlanmış; ancak UV ile ışınlanarak aktifleştirildiğinde, bu yüzey, yüksek yapışkanlık sağlamıştır. Aktifleştirilmiş yüzeyde, su damlası asılı kalabilmiştir. ZnO'nin yapıda uniform bir dağılım gösterdiği, wurtzite kristal yapının olduğu analizler sonucunda anlaşılmıştır. Su ile temas açısı ölçümü sonucunda yeni sentezlenen yüzey 90° 'nin altında bir temas açısıyla hidrofilik özellik sergilerken, UV ile ışınlanan yüzey 159° 'lik bir temas açısıyla süperhidrofobik özellik sergilenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda değişken yapışma özelliği gösterebilen ZnO nanoçubuklarıyla kaplanmış yüzey elde edilmiştir [34].

Cerne ve arkadaşlarının çalışmasında, homojen, pürüzsüz bir yüzey modeli olarak cam; heterojen, pürüzlü ve ideal olmayan bir yüzey modeli olarak da pamuk kumaşlar üzerine uygulanan kimyasal bitim işlemlerinin etkisinin anlaşılması amaçlanmıştır. %100 pamuk kumaşlar, florokarbon polimerleri (FCP), zirkonyum tuzlarıyla parafin mumları (PWZ), metilolmelamin türevleri (MMD), alkildimetilamonyum grupları içeren polisloksanlar (PSAAC) ve aminofonksiyonel polisioksanlar (AFPS) ile kaplanmıştır. Farklı sıvılarla yapılan temas açısı ölçümlerinden kaplanmış cam yüzeylerin yüzey enerjileri hesaplanmıştır. Kullanılan teorik hesaplama yöntemi ile farklı sıvılara göre değişim göstermekle

beraber, bütün kaplamaların yüzey serbest enerjisini düşürdüğü gözlenmiştir. Kaplanmış pamuk kumaşların temas açıları, kaplanmış camlardan daha düşük çıkmıştır. Su tutmayan FCP, PWZ ve MMD kaplamalar, cam ve selülozun yüzey fonksiyonel gruplarını maskeleyerek, katı yüzeyi polardan kuvvetli apolar özellik göstermeye itmiştir. PSAAC ve AFPS ise monopolar karakterlerine bağlı olarak diğer üç kaplama gibi yüzey enerjisini düşürmemiştir [35].

Yu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, pamuk kumaşlar üzerine silika nanoparçacıkları ve perflorooktilenmiş quaternary amonyum silan couplin ajanı (PFSC) bazlı kompleks bir süperhidrofobik kaplama üretmişlerdir. Kompleks ince film, pamuk kumaşlar bir substrat olarak kullanılarak sol jel yöntemiyle hazırlanmıştır. Kaplama içindeki silika nanoparçacıkları, kumaş yüzeyini daha pürüzlü hale getirmiştir ve kaplamanın en üst yüzeyini oluşturan PFSC de yüzey enerjisini düşürmüştür. Kaplanmış kumaşlar, çok iyi bir su tutmazlık özelliği göstermişlerdir ve su ile temas açısı yalnızca PFSC ile kaplanıp silika solü içine batırılmayan kumaşlarda 133° den 145° ye çıkmıştır. Yağ tutmama özelliği de gelişmiştir ve CH_2I_2 damlatılan kumaş yüzeylerinde temas açısı 131° olarak ölçülmüştür. Yalnızca PFSC ile kaplanan yüzeyde bu açı 125° olarak ölçülmüştür [36].

Li ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, su camını başlangıç malzemesi olarak kullanıp sol jel yöntemiyle süperhidrofobik yüzeyleri başarıyla sentezlemişlerdir. Önce, su camının hidroliz ve kondenzasyonu ile elde edilen hidrosollerine içine pamuk kumaşlar daldırılarak kaplanmışlardır. Sonra, silika kaplamanın yüzeyi flor içermeyen bir bileşikle, hekzedesiltrimetoksisilan (HDTMS), 151° den daha büyük bir açıyla süperhidrofobiklik elde etmek amacıyla modifiye edilmiştir. Morfoloji ve yüzey pürüzlülüğü SEM ve AFM ile karakterize edilmiştir [37].

Xiu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada cam üzerinde süperhidrofobik ve transparan ince silika filmler hazırlamak için ötektik bir sıvı (kolin klorit ve üre) (erime noktası 12°C) sol-jel şablonlama ajanı olarak kullanılmıştır. Ötektik kombinasyonlar, erime sıcaklığı düşük yapılardır. Erime sıcaklığının düşük olması buhar basıncının çok düşük olması ve ortam koşullarında film içinde kalması anlamına gelir. Ötektik sıvı ekstraksiyonu ile gözenekli yüzey elde edilmiştir. SEM,

temas açısı ölçümleri, AFM ve UV-Vis spektroskopisi analizler için kullanılmıştır. Temas açısı $\sim 170^\circ$ olan süperhidrofobik malzemeler elde edilmiştir [38].

Lee ve Jeong, tekstil kumaşlarının antibakteriyel muamelesi için ajan olarak kullanılan bakteriyostaz ve cilde zararsız nanoboyuttaki gümüş koloidal çözelti ile ilgili araştırma yapmışlardır. Nanoboyutta gümüş koloidal çözeltileri ve aynı çözeltilerle muamele edilmiş tekstil kumaşları mikrop içeren agar plakalara yerleştirilmiş ve tekstil kumaşları ve koloidal çözeltilerdeki nanogümüşün antibakteriyel etkinliğini değerlendirmek için belirli temas süreleri sonrasında bakteriyel azalma (redüksiyon) hesaplanmıştır. Tekstil kumaşlarının antibakteriyel muamelesi, nanoboyutta gümüş koloidal çözelti kullanarak kolaylıkla gerçekleştirilmiştir. Nanogümüş koloidal çözeltinin cilt-tahriş testinin sonucu, hayvanlara karşı nanogümüşün cilde-zararsızlığını göstermiştir. Gümüş nanopartiküllerin TEM gözlemi, onların şekil ve boyut dağılımını göstermiştir. Muamele edilmiş kumaşın SEM görüntüsü, gümüş nanopartiküllerin kumaş yüzeyinde iyi dağıtılmış olduklarını göstermiştir [39].

Cireli ve ark çalışmalarında; son yıllarda tekstil alanındaki uygulamalarıyla ilgili yoğun araştırmalar yapılan, konvansiyonel işlemlerde oluşan olumsuzlukların olmadığı ve onlarla elde edilmeyen özelliklerin elde edilebildiği yöntemler olan yeni/ileri teknolojiler (nanoteknoloji, plazma teknolojisi, sol-jel teknolojisi ve mikrokapsülasyon) hakkında bilgi vermişlerdir [40].

7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

7.1. Kullanılan Maddeler

1. Polyester kumaş

Atkı¹ sıklığı cm'de 80-92 arasındadır.

Ağırlıkça 0,024 g/cm².

Yüzeyi hidrofilik özelliğe sahiptir.

2. Tetraetil ortosilikat

Kısaltması: TEOS

Molekül formülü → Si(OC₂H₅)₄

Molekül ağırlığı: 208,33 g/mol

Yoğunluk ve faz: 0,932 g/cm³ (20⁰ C) , sıvı

Erime noktası: -77 °C

Kaynama noktası: 166-169 °C

1 litresinin ağırlığı: 0,94 kg

3. Amonyum hidroksit (%25'lik)

Molekül formülü → NH₄OH

Molekül Ağırlığı: 35,05 g/mol

4. Mutlak ethanol (%99,5)

Molekül formülü → C₂H₆O

Molekül ağırlığı: 46,068 g/mol

Yoğunluk ve faz: 0,789 g/cm³ , sıvı

Ergime noktası: -114,3 °C (158.8 K)

Kaynama noktası: 78,4 °C (351.6 K)

¹Atkı: Dokuma enince geçirilen, dokumanın iki ana elemanından biri olan ve yatay yönde geçen ipliktir.

5. Karbon nanotüp

Çeşidi: Çok duvarlı karbon nanotüp

Karbon nanotüpün dış çapı: 10-20 nm

Uzunluğu: 30 µm / mm

Spesifik yüzey alanı > 200 m²/g

Safılık > 95 wt %

Kül < 1.5 wt %

7.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Temas açısı ölçer

Nanokompozit yüzeylerin temas açısının ölçülmesi için “ Drop Shape Analysis System DSA 100” cihazı kullanılmıştır. DSA 100 cihazı, malzemeye damlatılan sıvıların yüzeyle yaptığı açığı ölçer.

Yapılan çalışmada hazırlanan polyester kumaşlar üzerine 10 µl miktarındaki saf su enjektör ile damlatılarak software tarafından damlanın şekline bağlı olarak statik temas açısı ölçülmüştür. Her örnek için kaplama yüzeyinin farklı bölgelerinden olmak üzere beş ölçüm alınmıştır. DSA 100 cihazının resmi Resim 7.1’de verilmiştir.



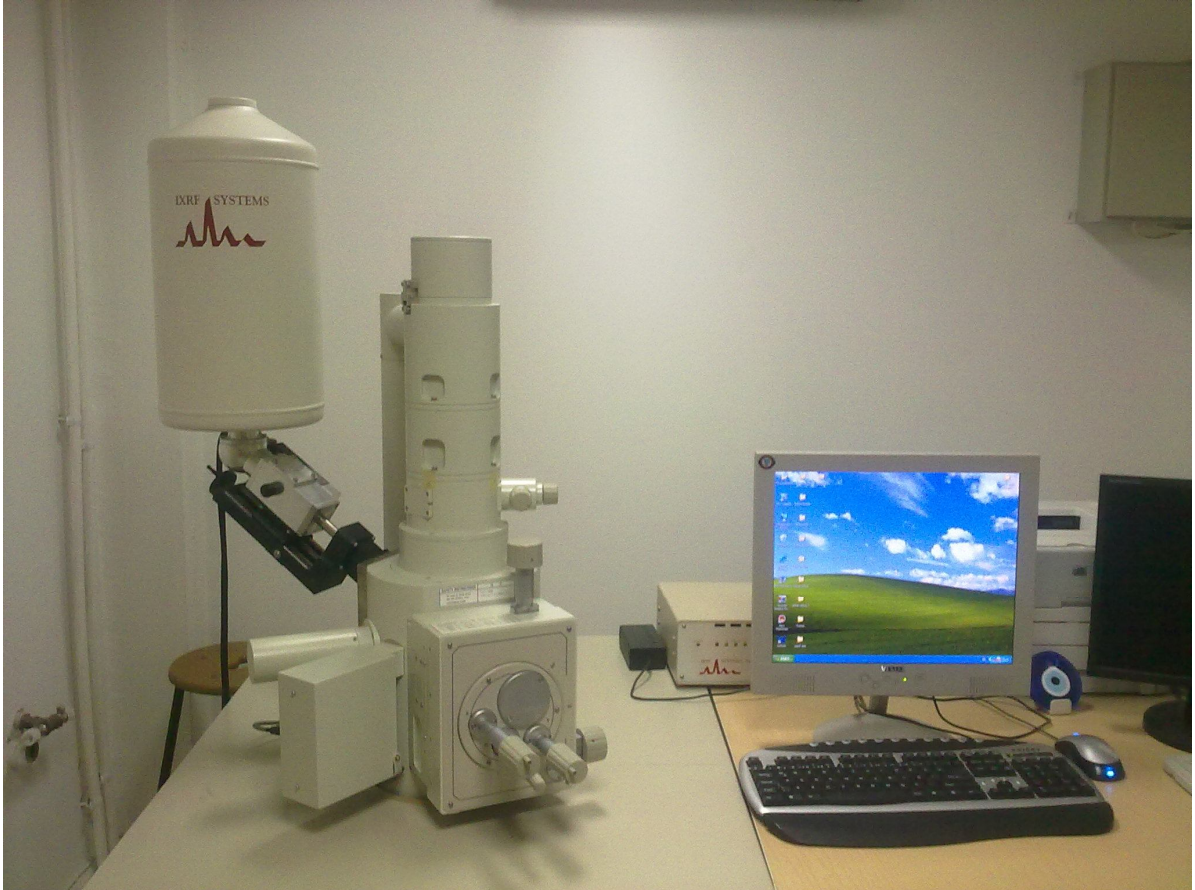
Resim 7.1. DSA(Drop Shape Analysis) 100 cihazı

Taramalı elektron mikroskobu

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle çalışır. Taramalı elektron mikroskobu, katı yüzeyler hakkında morfolojik ve yüzeysel bilgi sağlar.

SEM görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ne numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir. Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir.

Kaplamaların mikro-yapısının incelenmesi için JEOL JSM-6360LV Taramalı Elektron Mikroskobu (Bkz. Resim 7.2.) kullanılarak, çeşitli büyütme oranlarında (x200-x1000) SEM görüntüleri çekilmiştir.



Resim 7.2. SEM (JEOL JSM-6360LV Taramalı Elektron Mikroskobu) cihazı

Elektron spektroskopisi (ESCA)

Kimyasal analiz için elektron spektroskopisi (ESCA), katı materyallerin yüzeyleri hakkında kimyasal bilgi elde etmek için kullanılmaktadır. Metot, katı örnekleri uyararak bir X-ışın demeti kullanarak fotoelektronların saçılmasını sağlar. Hazırlanan kaplamalara X-ışın fotoelektron spektroskopisi (XPS) (Bkz. Resim 7.3.) yapılarak kimyasal içerikleri araştırılmıştır. Kaplamaların XPS analizleri METU merkez laboratuvar AR-GE eğitim ve ölçme merkezinde yapılmıştır.



Resim 7.3. X-ışın fotoelektron spektroskopisi (XPS)

ESCA cihazı örnek yüzeyinin derinlik profilinin elde edilmesini sağlayan argon iyon tabancasıyla da donatılmıştır. Ayrıca, yük nötralizasyonu için elektron tabancası ünitesi de bulunmaktadır. X-ışın fotoelektron spektroskopisi (XPS), dar alan XPS (SSXPS), Monokromatize-XPS, İyon saçılım spektroskopisi (ISS) yapılabilmektedir.

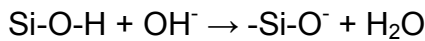
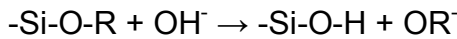
7.3. Deneysel Yöntem

İlk olarak $5 \times 5 \text{ cm}^2$ lik polyester kumaş üzerine, 120°C kurutma sıcaklığında değişen TEOS miktarlarına göre yapılan ilk kat kaplamaların temas açısı ölçülmüştür. Sonrada değişen kurutma sıcaklığıyla birlikte değişen TEOS miktarına göre temas açıları ölçülmüştür. En iyi süperhidrofobik yüzey özelliği elde ettiğimiz kurutma sıcaklığı ve TEOS miktarını kullanarak değişik molaritelerde karbon nanotüp kaplaması yapılarak temas açısı değerleri tekrar ölçülmüştür.

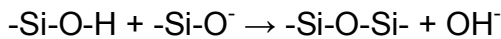
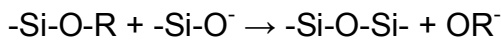
- 1) 5×5 cm² lik polyester kumaşlar hazırlanmıştır.
- 2) Sonra 50 ml ethanol ile 3 ml NH₄ ultrasonik banyoda oda sıcaklığında erlen meyerde ağzı kapalı olarak yarım saat karıştırılmıştır.
- 3) Yarım saat sonrasında silika kaynağı olarak kullanılan TEOS farklı miktarlarda (sırasıyla 2 ml, 2,5 ml, 3 ml, 3,5 ml, 4 ml) damla damla çözeltiliye ilave edilmiştir.
- 4) 1,5 saat 60⁰ C'de ultrasonik banyoda karışma devam etmiş ve silika partikülleri sol-jel metoduyla çözeltide oluşmuştur.
- 5) Daldırma metoduyla 15 dakika 5×5 cm² lik polyester kumaş yüzeyine silika partikülleri kaplanmıştır.

Sol-jel metodunda; alkil gruplarının hidroliz ve kondenzasyon reaksiyonu şöyledir:

Hidroliz reaksiyonu;



Kondenzasyon reaksiyonu;



- 6) Polyester kumaş yarım saat farklı sıcaklıklarda (oda sıcaklığı, 90⁰C, 120⁰C, 150⁰C) kurutulup, Krüss DSA-100 cihazıyla temas açısı ölçülmüştür.
- 7) Farklı konstrasyonlarda karbon nanotüp karışımının hazırlanışı;
 - Karbon nanotüp balon jöjeye koyulup üzerine ethanol yavaş yavaş eklenerek balon jöjenin ağzı kapatılır.
 - Hazırlanan karışım 2 gün, oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıyla karıştırılarak çözelti elde edilir.
- 8) İlk kat kaplama işlemi gerçekleşmiş polyester kumaş yüzeylerine, farklı konsantrasyondaki karbon nanotüp karışımları kullanılarak, dip-coating metoduyla ikinci kat kaplama işlemi gerçekleştirilir.
- 9) İkinci kat kaplamanın ardından polyester kumaşlara, 80⁰ C'de vakumlu etüvde, 30 dakika kurutma işlemi yapılır.

10) İkinci kat kaplama işlemi tamamlanmış olan kumaşların temas açısı ölçümleri tekrarlanır.

Hazırlanan nanokompozit kumaş yüzeylerin temas açısı ölçümleri DSA 100 cihazı ile yapılmıştır. Kaplanmış polyester kumaşların yüzeyinde 5 farklı bölgeye 10 µl miktarlarında saf su enjektör ile damlatılmış ve temas açıları ölçülmüştür. Ayrıca numunelere SEM, EDS ve XPS analizleri yapılmıştır.

8. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yaptığımız çalışmada daha güçlü süperhidrofobik özellik gösteren çok katmanlı nanokompozit yüzey sentezlemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda hidrofobikliği arttırıcı bir etmen olan pürüzlülük, hava boşluğu yaratarak yüzey alanını arttırmak istenilmiştir.

Hidrofobikliğin bir ölçütü olan temas açısı; tek katmanlı pürüzlü yüzeylerde en fazla 150° iken çok katmanlı pürüzlü yüzeylerde 170° den fazla olması beklenmektedir. Bu açı, literatürde yer alan çok katmanlı pürüzlü yüzeyler için geliştirilmiş Cassie-Baxter teorisiyle hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada süperhidrofobik yüzey eldesi polyester kumaş üzerinde denenmiştir. Yüzey pürüzlülüğünü sağlamak için silika kaynağı olarak TEOS (tetraetilortosilikat) kullanılmıştır ve silika küreciklerinin eldesi sol-jel metoduna göre gerçekleştirilirken çözücü olarak etanol kullanılmıştır. Değişen TEOS miktarları ve kurutma sıcaklıklarında yüzey temas açıları ölçülmüştür.

Çizelge 8.1. Oda sıcaklığında kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri

Oda Sıcaklığında Kurutma		
<i>TEOS Miktarı (ml)</i>	<i>TEOS (ml) / NH₄OH (ml)</i>	<i>Temas Açısı (°)</i>
2 ml	2 / 3	107,2°
2,5 ml	2,5 / 3	111,1°
3 ml	3 / 3	133,2°
3,5 ml	3,5 / 3	127,2°
4 ml	4 / 3	121,2°

Çizelge 8.2. 90° C'ta kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri

90° C'ta Kurutma		
<i>TEOS Miktarı (ml)</i>	<i>TEOS (ml) / NH₄OH (ml)</i>	<i>Temas Açısı (°)</i>
2 ml	2 / 3	114,4°
2,5 ml	2,5 / 3	130,5°
3 ml	3 / 3	142,2°
3,5 ml	3,5 / 3	143,2°
4 ml	4 / 3	135,9°

Çizelge 8.3. 120⁰ C'ta kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri

120⁰ C'ta Kurutma		
<i>TEOS Miktarı (ml)</i>	<i>TEOS (ml) / NH₄OH (ml)</i>	<i>Temas Açı (°)</i>
2 ml	2 / 3	121,9°
2,5 ml	2,5 / 3	131,4°
3 ml	3 / 3	152,7°
3,5 ml	3,5 / 3	147,5°
4 ml	4 / 3	132,2°

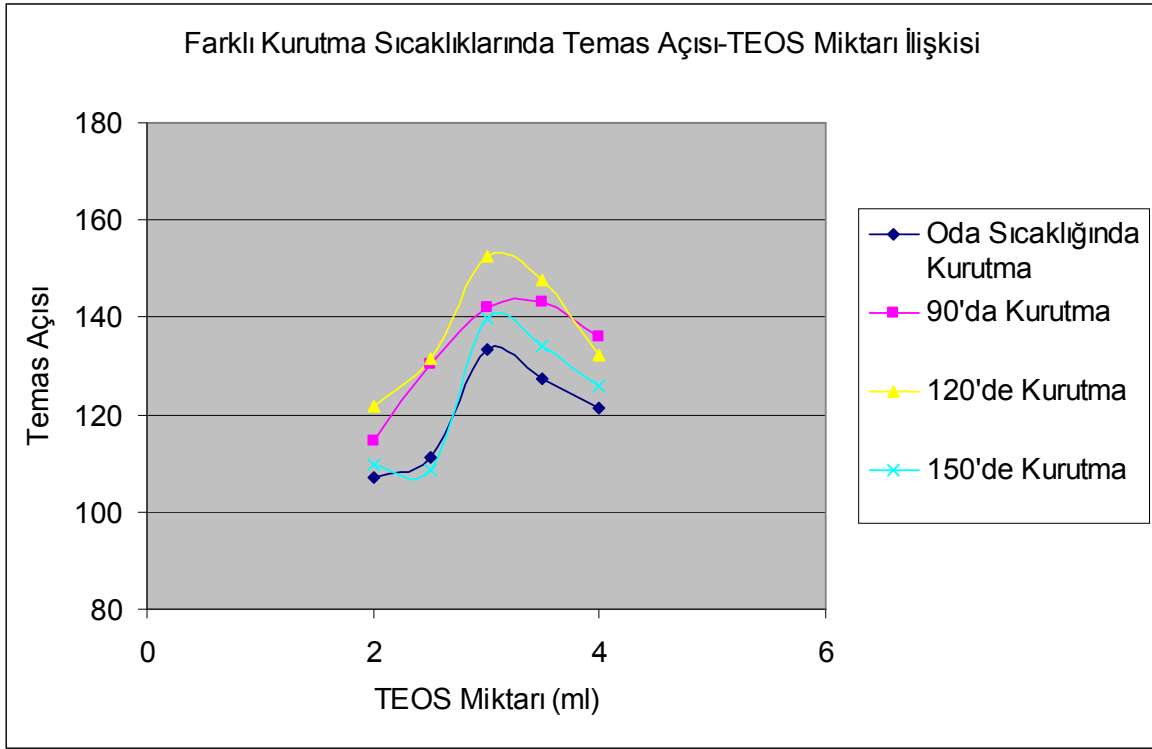
Çizelge 8.4. 150⁰ C'ta kurutma yapılarak değişen TEOS miktarlarına bağlı temas açısı değerleri

150⁰ C'ta Kurutma		
<i>TEOS Miktarı (ml)</i>	<i>TEOS (ml) / NH₄OH (ml)</i>	<i>Temas Açı (°)</i>
2 ml	2 / 3	109,7°
2,5 ml	2,5 / 3	108,5°
3 ml	3 / 3	139,7°
,3,5 ml	3,5 / 3	134,0°
4 ml	4 / 3	125,7°

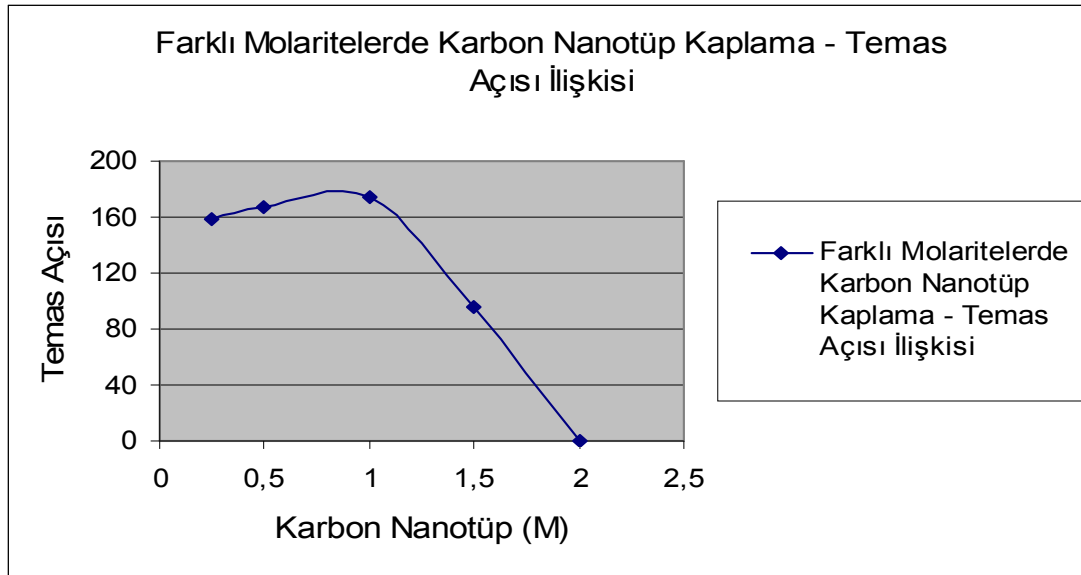
En iyi sonucun gözlemlendiği (3 ml TEOS/3 ml NH₄OH, 120⁰C kurutma sıcaklığı) ilk kat kumaş kaplamalarına farklı molaritelerde karbon nanotüple ikinci kat kaplama yapılmıştır.

Çizelge 8.5. 120⁰ C'ta kurutma ve 3 ml TEOS'la yapılan ilk kat pürüzlendirmenin ardından değişen karbon nanotüp miktarına bağlı olarak yapılan ikinci kat pürüzlendirmeye bağlı temas açısı değerleri

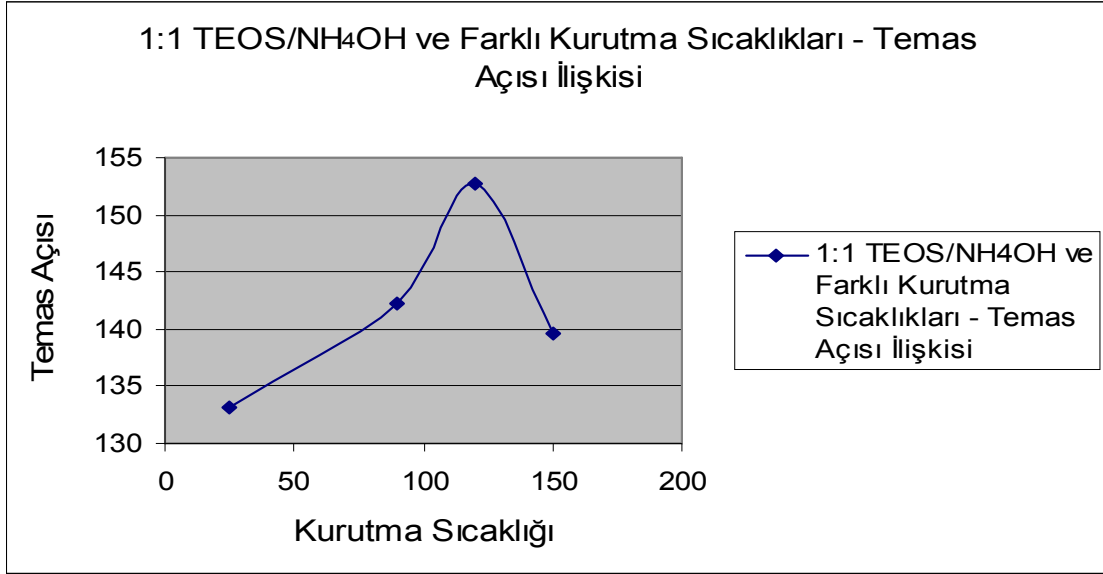
	<i>Karbon Nanotüp (M)</i>	<i>Temas Açı (°)</i>
1. Numune	0,25 M	158,2°
2. Numune	0,5 M	167,7°
3. Numune	1 M	173,9°
4. Numune	1,5 M	95,1°
5. Numune	2 M	Hidrofilik yüzey



Şekil 8.1. Farklı kurutma sıcaklıklarında temas açısı-TEOS miktarı ilişkisi



Şekil 8.2. Farklı molaritelerde karbon nanotüp kaplama-temas açısı ilişkisi



Şekil 8.3. 1:1 TEOS/NH₄OH ve farklı kurutma sıcaklıkları- temas açısı ilişkisi

8.1. Temas Açı Ölçümleri

Temas açıölçerle incelenen polyester kumaş yüzeyine yapılan ilk kat kaplamalar sonrası en yüksek hidrofobik yüzey özelliğine 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120⁰C kurutma işlemi sonrası ulaşılmıştır. Temas açıölçer cihazıyla yapılan ölçüm sonucu aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 8.6. 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120⁰C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açı ölçümü

Report of Measurement

Workspace : son semahat

Project : New MT

Measurement : SDM - 0

Substance : water

DB-File : C:\Documents and Settings\Owner\Belgelerim\meltem\NewDSARDB.mdb

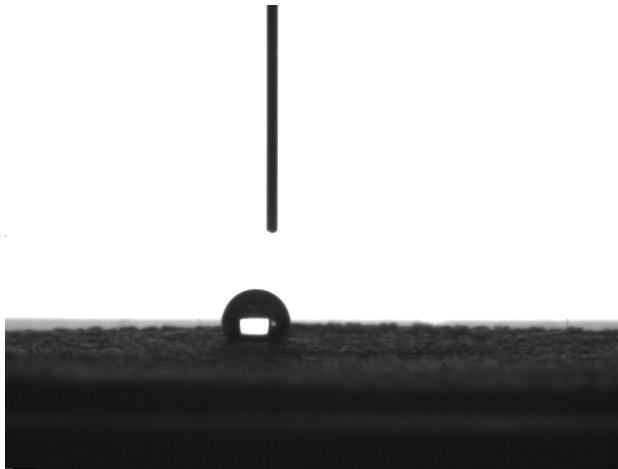
Measured by : Owner

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,235	133,3	134,8	131,8	0,162	1,249	0,540
5,243	126,8	128,9	124,7	0,168	1,256	0,591
5,296	133,2	134,7	131,7	0,162	1,249	0,541
5,305	130,8	132,3	129,3	0,164	1,251	0,560
5,313	133,3	134,8	131,8	0,162	1,249	0,541

Çizelge 8.6. (devam) 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120°C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açısı ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,330	133,1	134,7	131,6	0,162	1,250	0,542
5,339	133,1	134,7	131,6	0,162	1,250	0,542
5,347	126,4	127,9	125,0	0,167	1,251	0,591
5,356	134,2	135,7	132,7	0,161	1,249	0,533
5,364	113,4	114,7	112,0	0,178	1,263	0,679
5,373	133,9	135,3	132,4	0,161	1,249	0,536
5,381	133,5	135,0	131,9	0,162	1,250	0,539
5,389	133,5	135,0	131,9	0,162	1,250	0,539
5,398	120,7	122,3	119,1	0,172	1,255	0,631
5,406	152,4	153,2	151,6	0,147	1,257	0,369
5,415	133,4	135,0	131,9	0,162	1,249	0,539
5,423	113,9	115,2	112,6	0,177	1,262	0,675
5,432	152,6	153,4	151,8	0,147	1,257	0,367
5,440	152,6	153,4	151,8	0,147	1,257	0,367
5,449	116,3	116,4	116,1	0,173	1,250	0,654
5,457	133,9	135,4	132,4	0,161	1,249	0,536
5,466	133,9	135,4	132,4	0,161	1,249	0,536
5,475	133,2	134,8	131,7	0,162	1,249	0,541
5,484	133,8	135,3	132,2	0,162	1,249	0,537
5,492	133,8	135,3	132,2	0,162	1,249	0,537
5,500	126,7	128,1	125,2	0,167	1,251	0,589
5,509	133,6	135,2	132,1	0,162	1,249	0,538
5,517	137,6	139,6	135,6	0,160	1,258	0,510
5,526	152,7	153,5	151,9	0,147	1,257	0,366

N - Run Number; t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) - Contact Angle (Right) (in degree); Vol - Drop Volume (in microliters); SA - Surface/interface area (in square millimeter); BD - Drop Base Diameter (in millimeter);



Resim 8.1. 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120°C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki damla şekli

Kumaş yüzeyine yapılan ikinci kat kaplamalar sonrası en yüksek hidrofobik yüzey özelliğine 1 M karbon nanotüp karışımıyla kaplanan kumaş yüzeyindeki ölçüm sonucunda gözlemlenmiştir. Sonuç aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 8.7. 1 M karbon nanotüp karışımıyla ikinci kat kaplanan kumaş yüzeyindeki temas açısı ölçümü

Report of Measurement

Workspace : son semahat

Project : New MT

Measurement : SDM - 0

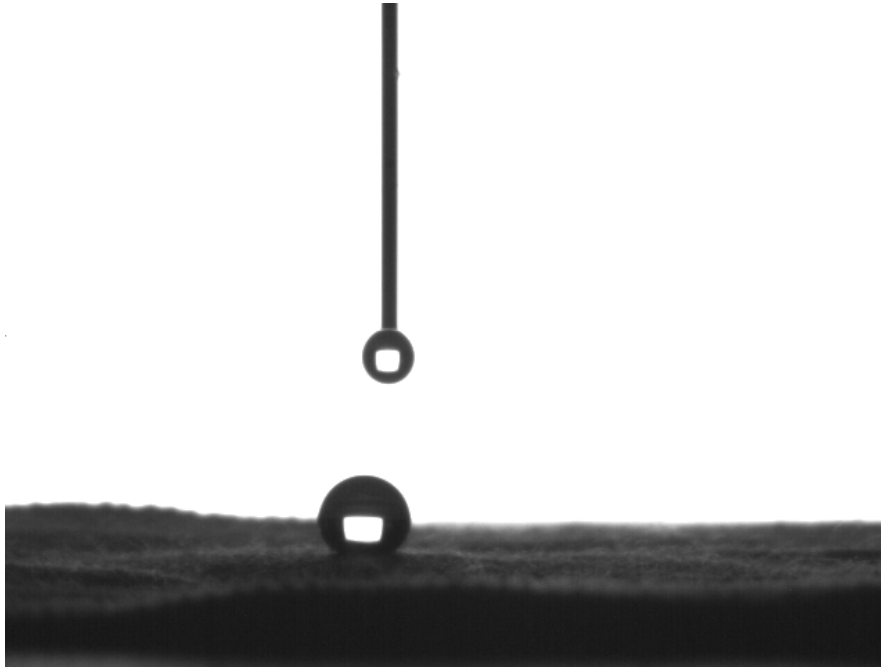
Substance : water

DB-File : C:\Documents and Settings\Owner\Belgelerim\meltem\NewDSARDB.mdb

Measured by : Owner

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,892	173,0	173,1	172,9	0,141	1,315	0,102
4,902	172,8	172,8	172,7	0,141	1,314	0,106
4,912	154,9	155,7	154,1	0,152	1,301	0,335
4,922	173,9	173,9	173,8	0,141	1,315	0,090

N - Run Number; t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) - Contact Angle (Right) (in degree); Vol - Drop Volume (in microliters); SA - Surface/interface area (in square millimeter); BD - Drop Base Diameter (in millimeter);

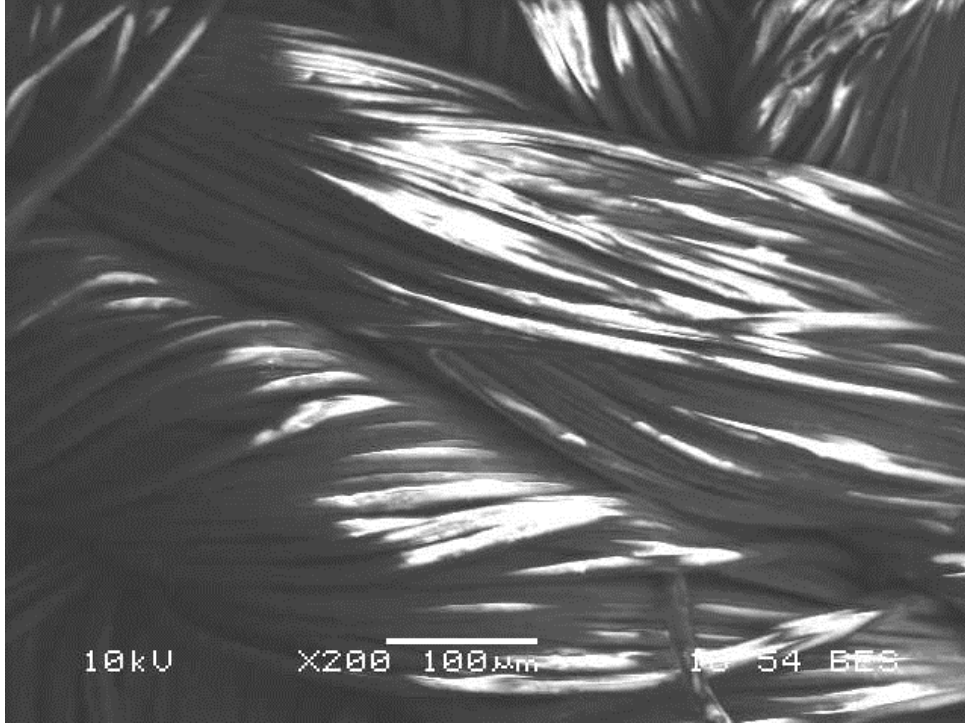


Resim 8.2. 1 M karbon nanotüp karışımıyla ikinci kat kaplanan kumaş yüzeyindeki damla şekli

Diğer temas açısı ölçüm sonuçları ve damla şekilleri ekler kısmında yer almaktadır.

8.2. SEM Analizleri

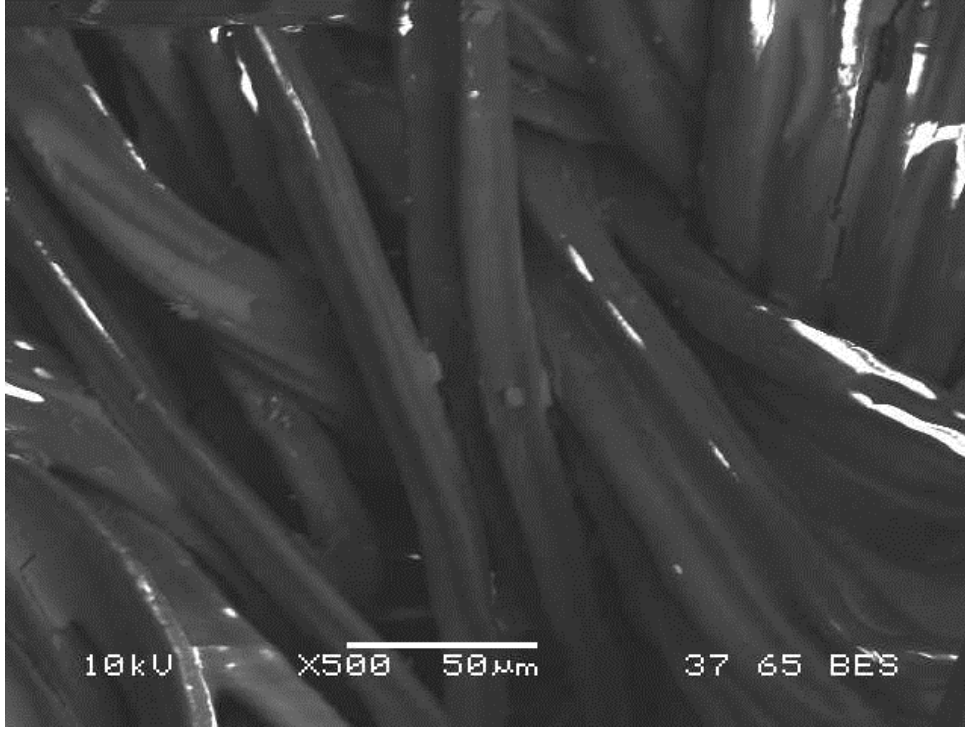
Herhangi bir işleme tabi tutulmayan polyester kumaşa ait SEM görüntüsü aşağıdaki şekilde yer almaktadır.



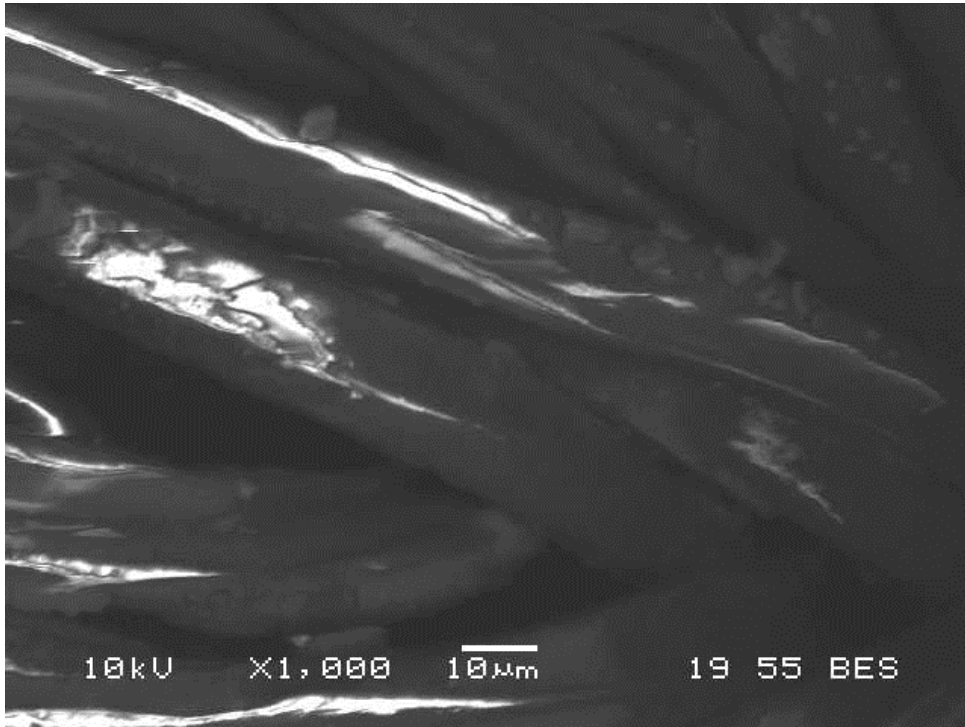
Resim 8.3. $\times 200$ büyütülmüş polyester kumaşa ait SEM görüntüsü

En yüksek hidrofobik özelliği 120° sıcaklıkla kurutma işleminde elde edilmiştir. Bu sıcaklıktaki farklı TEOS miktarlarına ait SEM görüntüleri aşağıdaki şekillerde yer almaktadır.

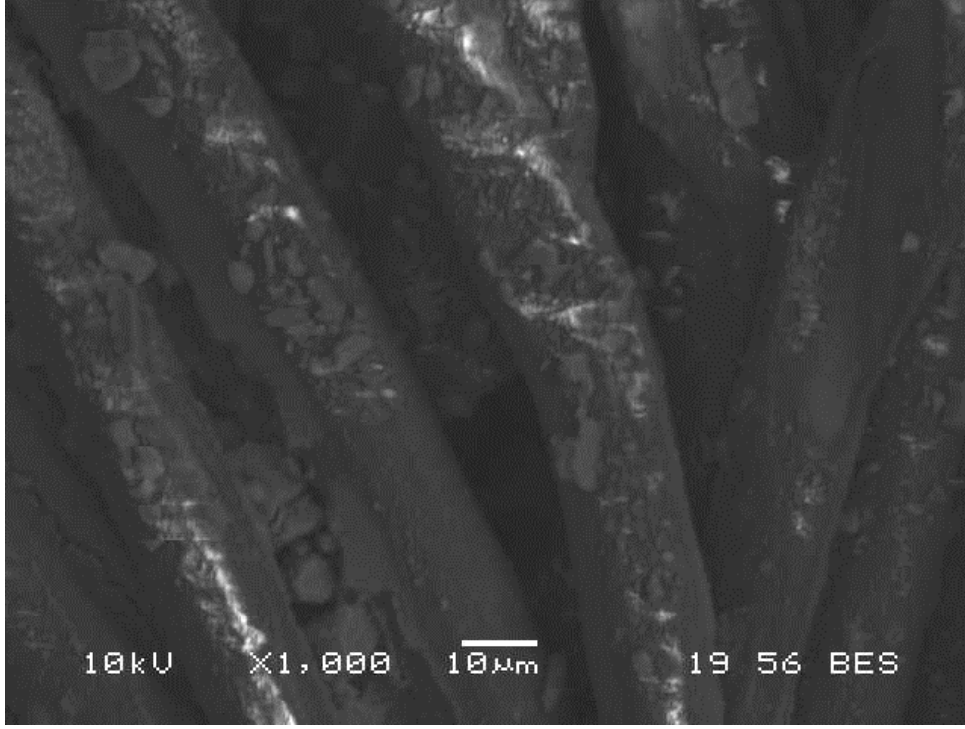
SEM görüntüleri incelendiğinde ilk kat kaplama işlemi sonrası literatürdeki çalışmalara benzer şekilde polyester kumaş liflerinin üzerinde ilk kat yüzey pürüzlülüğü sağlayan mikro boyutlu SiO_2 parçacıklarının bulunduğu görülmektedir.



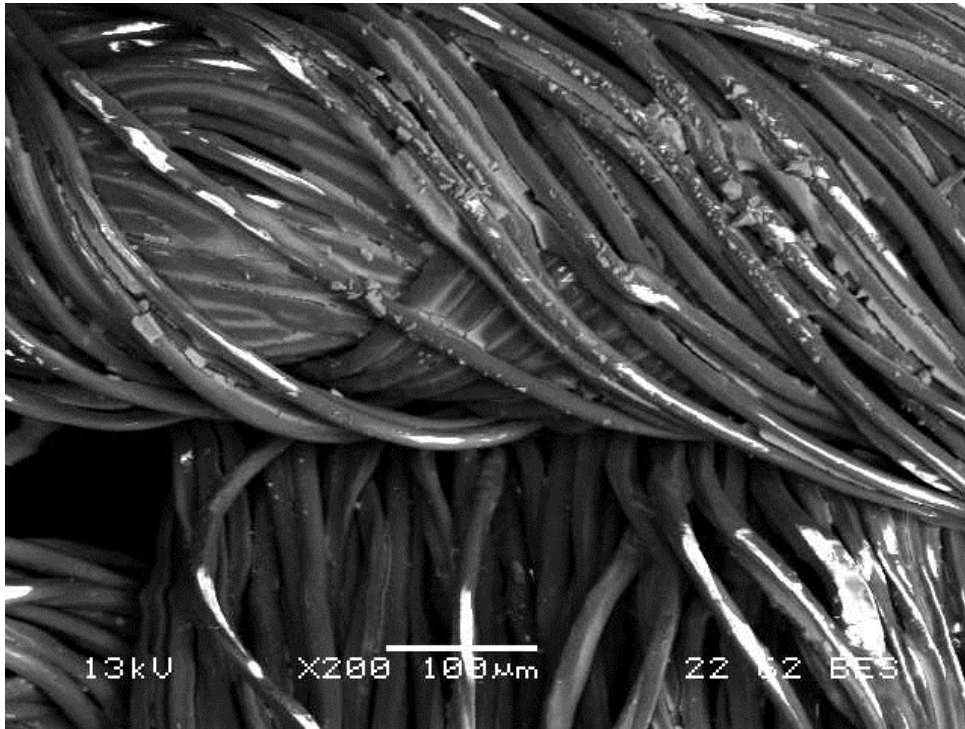
Resim 8.4. 120⁰ kurutma sıcaklığında 2 ml TEOS×3 ml NH₄OH kaplamasına ait ×500 büyütülmüş SEM görüntüsü



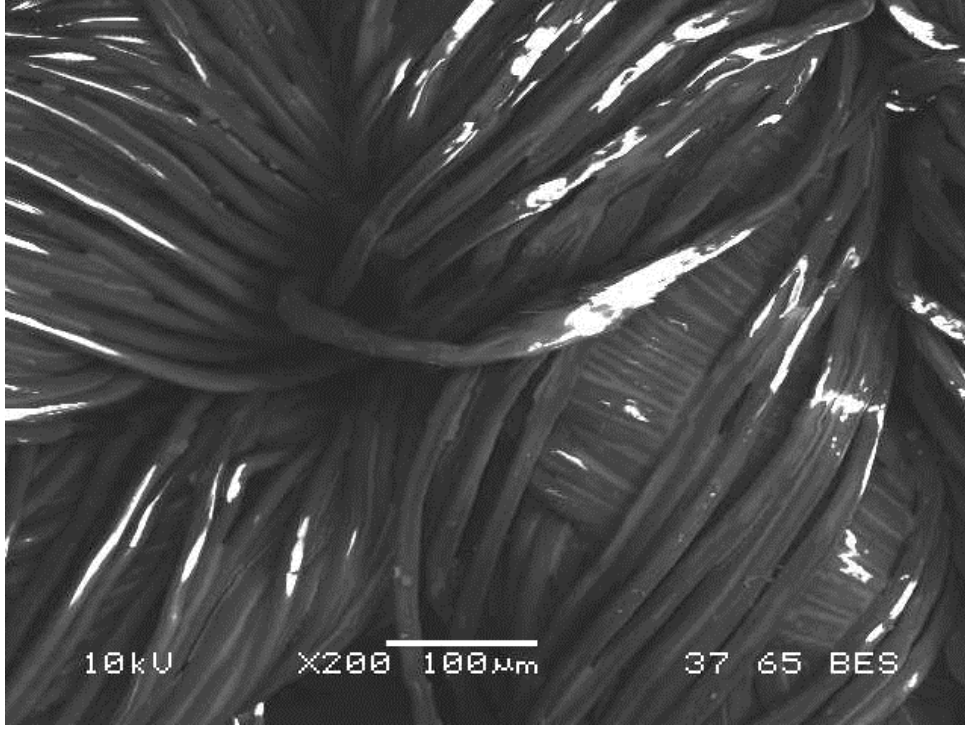
Resim 8.5. 120⁰ kurutma sıcaklığında 2,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH kaplamasına ait ×1000 büyütülmüş SEM görüntüsü



Resim 8.6. 120⁰ kurutma sıcaklığında 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH kaplamasına ait ×1000 büyütülmüş SEM görüntüsü



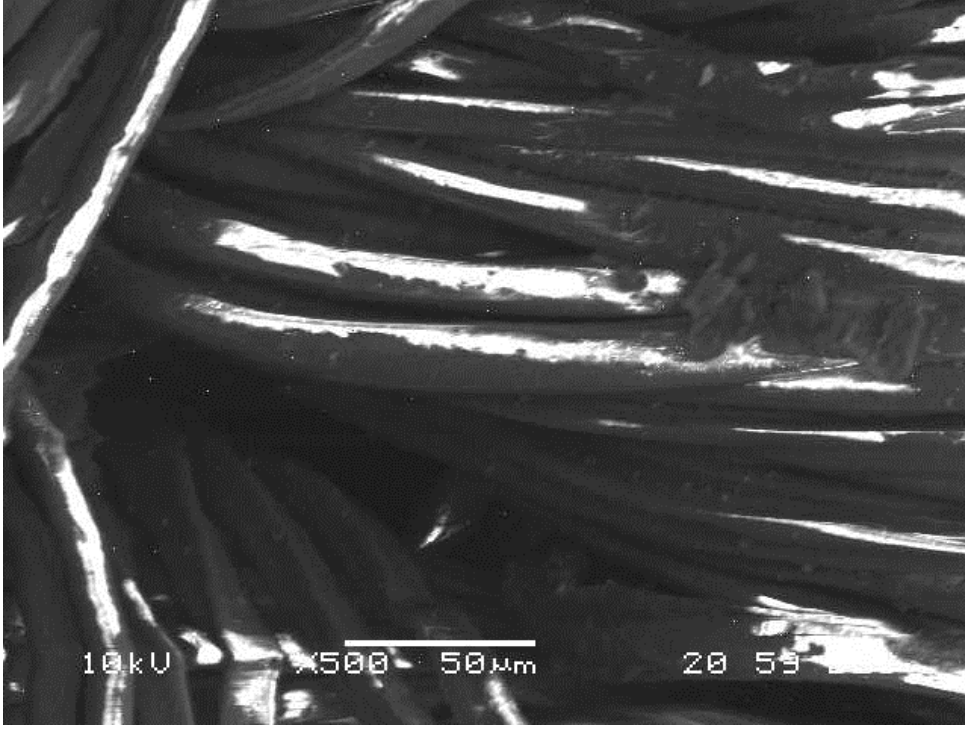
Resim 8.7. 120⁰ kurutma sıcaklığında 3,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH kaplamasına ait ×200 büyütülmüş SEM görüntüsü



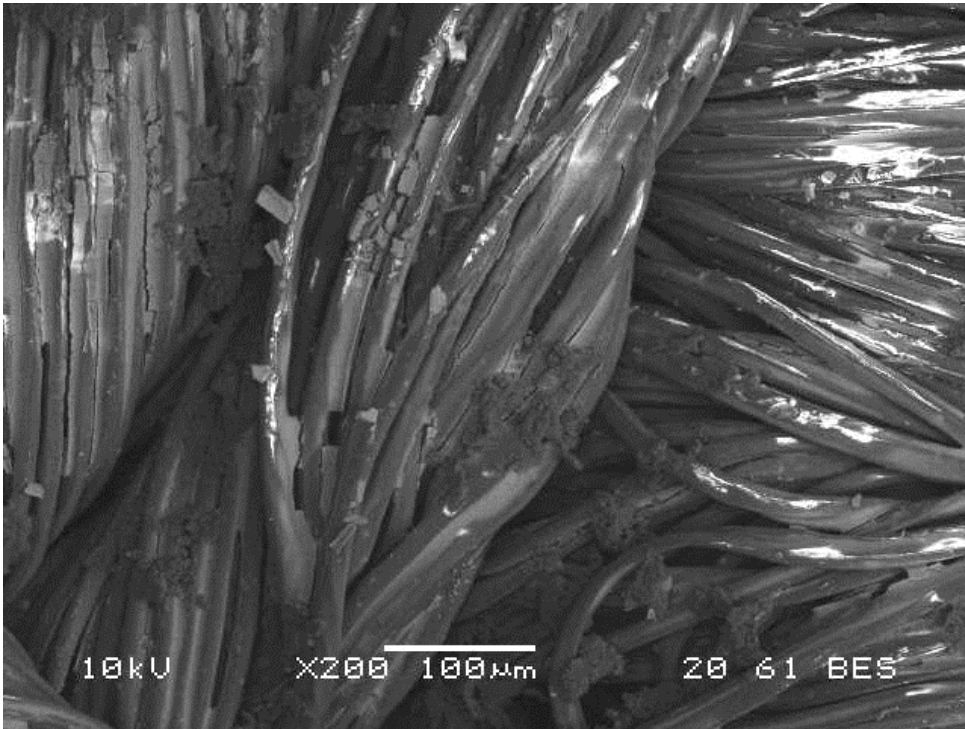
Resim 8.8. 120⁰ kurutma sıcaklığında 4 ml TEOS×3 ml NH₄OH kaplamasına ait ×200 büyütülmüş SEM görüntüsü

Kumaş yüzeyine 3 ml TEOS-3 ml katalizör 120⁰C sıcaklıkta yapılan ilk kat kaplama sonrası farklı molaritelerde karbon nanotüple yapılan ikinci kat kaplama sonrası elde edilen SEM görüntüleri aşağıda yer almaktadır.

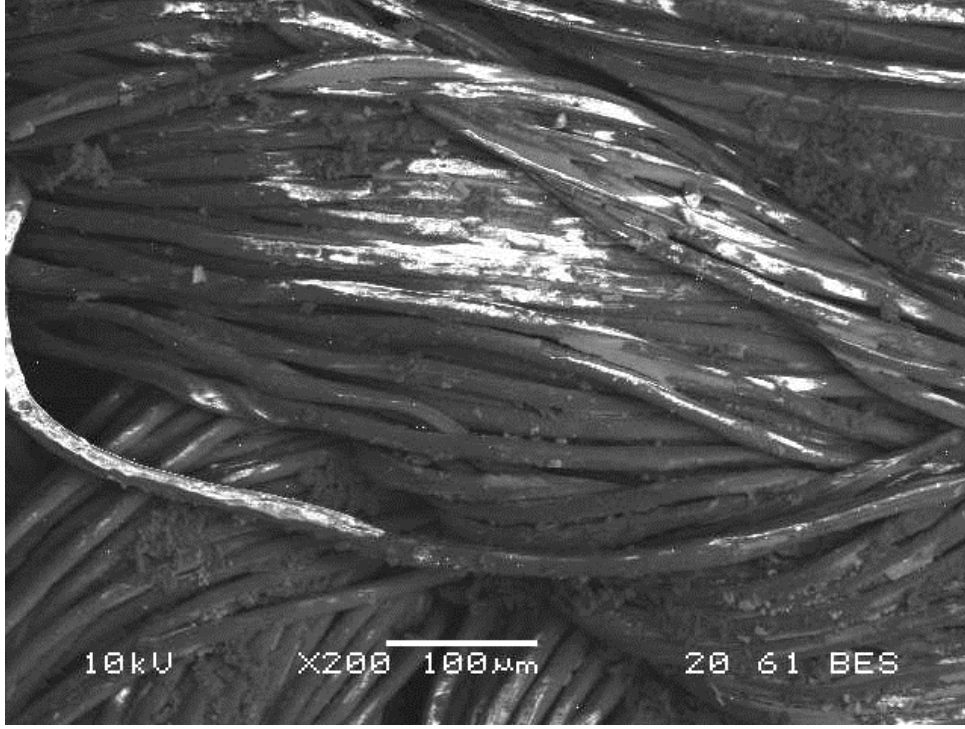
SEM görüntülerinden ilk kat kaplama sonrası polyester kumaş lifleri üzerine tutunan SiO₂ parçacıkları ve ikinci kat kaplama işlemi sonrası polyester kumaş liflerinin üzerinde ikinci kat yüzey pürüzlülüğünü sağlayan nano boyutlu karbon nanotüp parçacıklarının da bulunduğu görülmektedir.



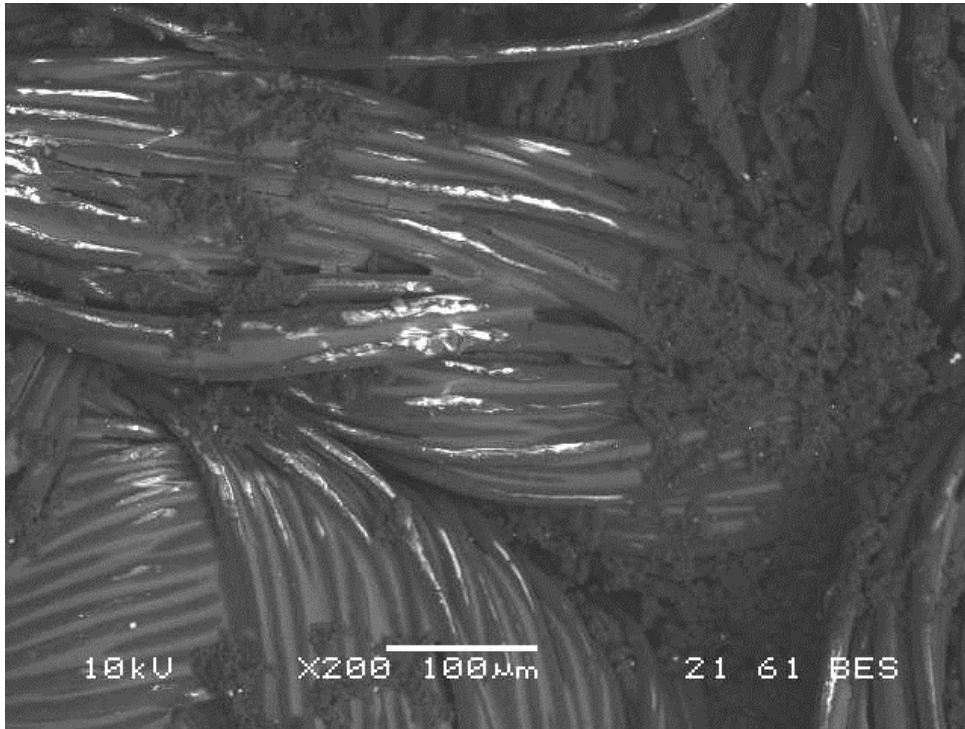
Resim 8.9. İkinci kat olarak 0,25 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü($\times 500$ büyütülmüş)



Resim 8.10. İkinci kat olarak 0,5 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü ($\times 200$ büyütülmüş)



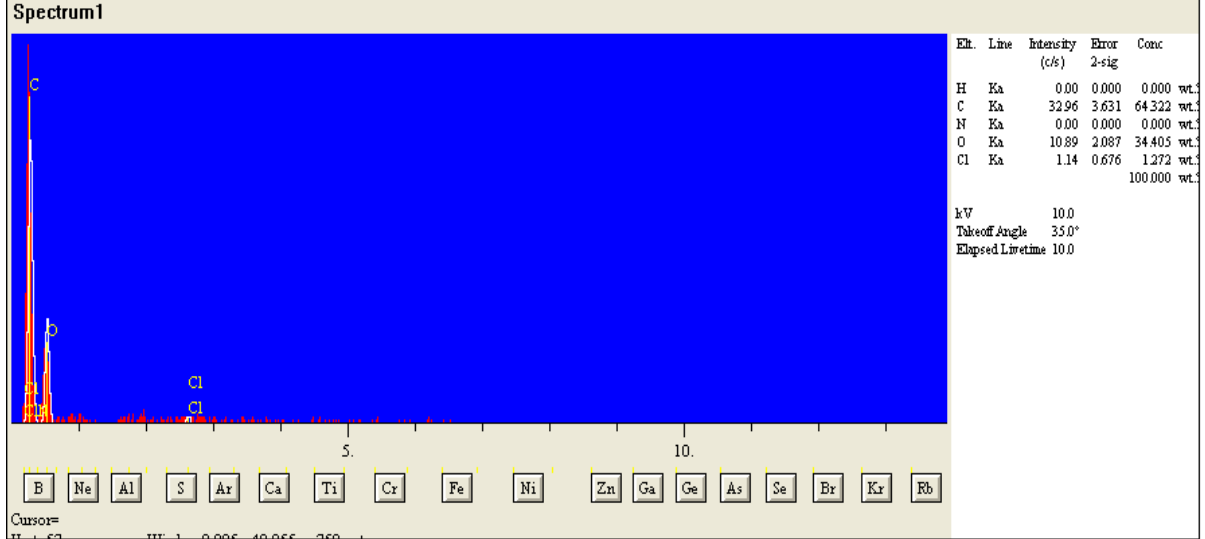
Resim 8.11. İkinci kat olarak 1 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü ($\times 200$ büyütülmüş)



Resim 8.12. İkinci kat olarak 1,5 M karbon nanotüp kaplaması SEM görüntüsü ($\times 200$ büyütülmüş)

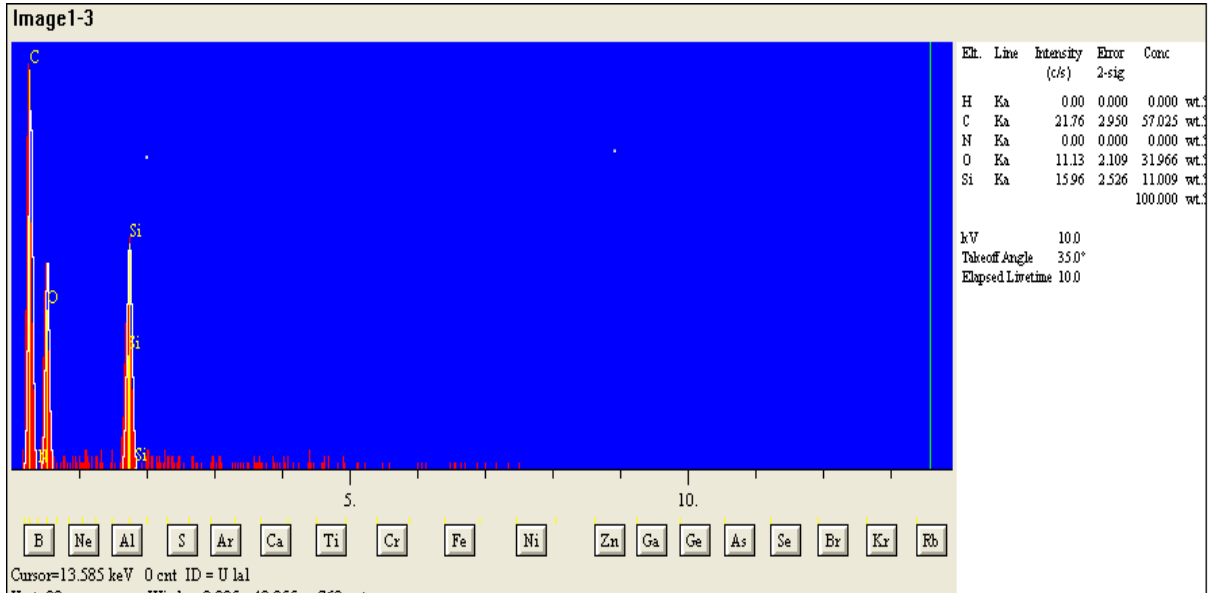
8.3. EDS Analizleri

Çizelge 8.8. İşleme tabi tutulmamış polyester kumaşa ait elementlerin dağılımı



Aşağıda yer alan EDS analizinde elde edilen piklerin Si, O ve C atomlarına ait olması kumaş yüzeyinin SiO_2 ve karbon nanotüp ile kaplandığını göstermektedir.

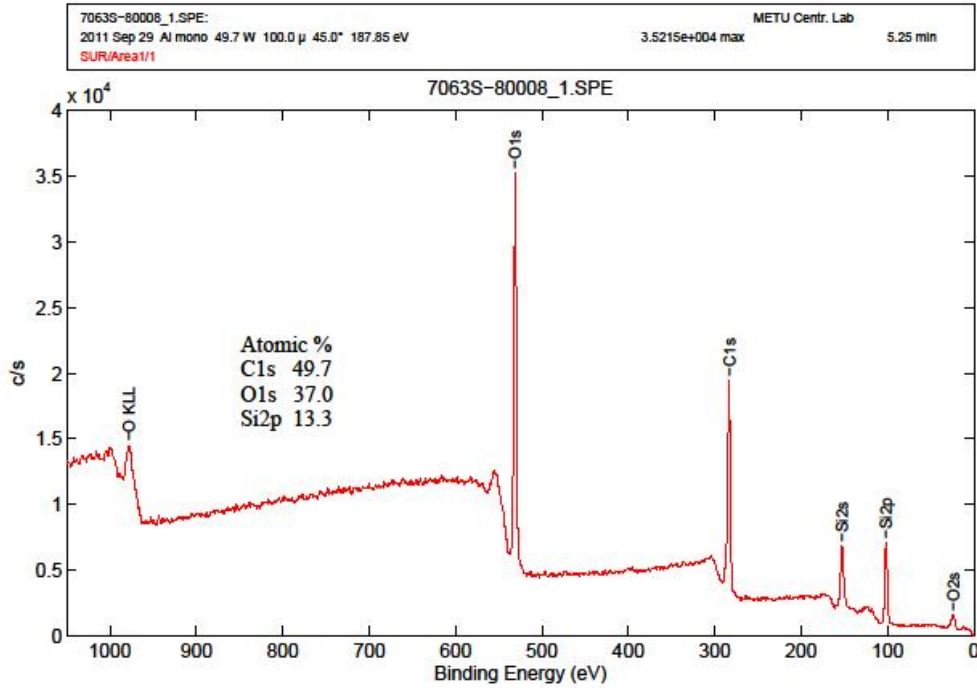
Çizelge 8.9. 1M karbon nanotüp kaplaması



8.4. XPS Analizleri

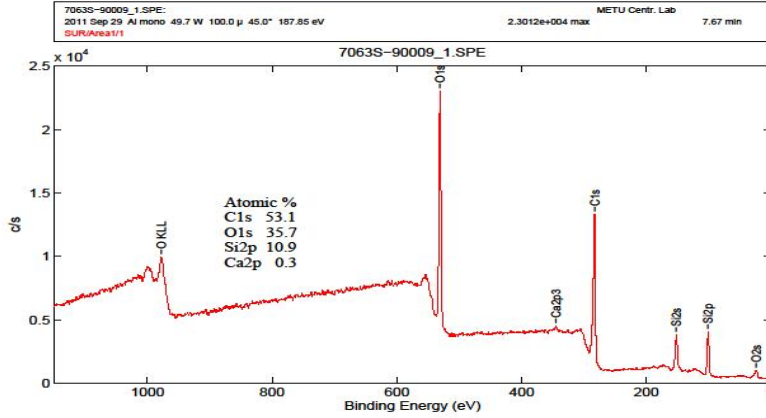
Elde edilen piklerin Si, O ve C atomlarına ait olması yüzeylerin SiO_2 ve yüzeyde kaplanan kimyasalı bir arada içerdiğini göstermektedir.

Çizelge 8.10. 120°C kurutma sıcaklığında 3 ml TEOS×3 ml katalizörle kaplamasında elementlerin dağılımları



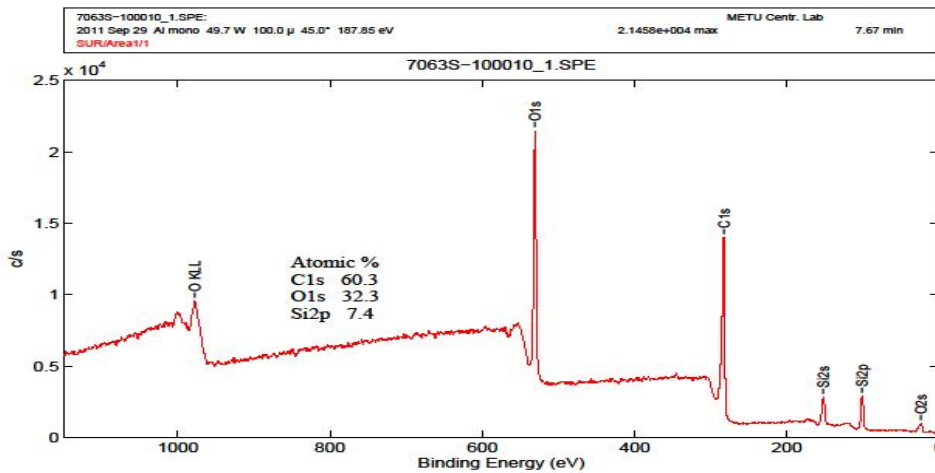
120°C kurutma sıcaklığında 3 ml TEOS×3 ml katalizörle kaplaması sonrasında %49,7 karbon elementi, %37 oksijen ve %13.3 silisyumun bulunduğu XPS analizinden gözlemlenmiştir. Kaplama işlemine tabi tutulmayan polyester kumaşa silikanın yer almadığı, kaplama işlemi sonrasında polyester liflerine silikanın tutunduğu bilgisi elde edilmektedir.

Çizelge 8.11. 1 M karbon nanotüp kaplaması



120⁰C kurutma sıcaklığında 3 ml TEOS×3 ml katalizörle kaplama sonrası 1 M karbon nanotüp karışımıyla ikinci kat yüzey pürüzlendirmesi yapılan kumaşlarda ilk kat kaplama işlemi sonrası %49,7 karbon yüzdesinin % 53'e çıktığı diğer elementlerin miktarının karbon yüzdesinin artmasına bağlı olarak oksijenin % 37'den %35,7'ye, silisyum miktarının %13,3'den %10,9'a düştüğü XPS analizi sonucunda gözlenmiştir.

Çizelge 8.12. 1,5 M karbon nanotüp kaplaması



1,5 M karbon nanotüp karışımıyla ikinci kat yüzey pürüzlendirmesi yapılan kumaşlarda ilk kat kaplama işlemi sonrası %49,7 karbon yüzdesinin % 60,3'e

çıkıldığı diğer elementlerin miktarının karbon yüzdesinin artmasına bağlı olarak oksijenin % 37'den %32,3'e, silisyum miktarının %13,3'den %7,4'e düşmüştür.

Farklı dokumalardaki %50 polyester-karbon fabrik kumaşlarda denenen 3ml katalizör-3ml TEOS çözeltisiyle kaplayıp 120⁰C'de kurutulması işlemiyle hidrofobik yüzey elde edilememiştir bu ise kumaşın dokumasının da dikkate alınması gerektiğini göstermiştir. %100 polyester bir kumaşın 3ml katalizör-3ml TEOS sol-jel metoduna göre hazırlanan çözeltiyle kaplanıp, 120⁰C'de kurutulmasıyla süperhidrofobik yüzey elde edilebileceği gözlemlenmiştir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

TEOS (silika kaynağı) miktarının yüzey temas açısı üzerine etkisini gözlemlemek için katalizör görevi gören NH_4OH (amonyum hidroksit) 3 ml'de sabit tutularak farklı TEOS miktarlarıyla hazırlanan çözeltiler farklı sıcaklıklarda kurutulmuşlardır. Polyester kumaş yüzeyine yapılan ilk kat kaplama işlemi sonrası en yüksek temas açısı değeri 3 ml TEOS/3 ml NH_4OH çözeltisi ve 120°C 'de kurutulan kumaşlarda elde edilmiş olup, yüzey temas açısı $152,7$ olarak ölçülmüştür. 3 ml TEOS miktarının artmasıyla yüzey temas açısında azalma görülmektedir. Bunun sebebi çok aşırı pürüzlendirme sonucunda SiO_2 pürüzlülükten pürüzsüz bir yüzeye dönüşmüş olmasıdır. Ayrıca kurutma sıcaklığı arttıkça yüzey temas açısının 120°C 'den sonra düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin ise buharlaşma etkisiyle çözücünün yüzeyi hızla terk etmesinden dolayı silika küreciklerinin dağılımında homojenliğin sağlanamadığı söylenebilir. Aynı şekilde düşük sıcaklıklardaki kurutmada da açının düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin ise, çözücünün tam uzaklaşmadığı için silika küreciklerinin üzerinde film tabakası oluşturup yüzey pürüzlülüğünün bozulduğunu söyleyebiliriz.

En iyi sonucun gözlemlendiği ilk kat kumaş kaplamalarına (3 ml TEOS-3 ml NH_4OH , 120°C 'de kurutma) farklı molaritelerde karbon nanotüple ikinci kat kaplama yapılmıştır. En iyi süperhidrofobiklik 1 M karbon nanotüp kaplaması sonucunda elde edilmiş ve temas açısı $173,9^\circ$ olarak ölçülmüştür. Daha yüksek molariteli karbon nanotüp kaplamalarında aşırı kaplanmasına bağlı olarak pürüzlülükten pürüzsüz bir yüzeye dönüşüm olduğu ve polyester kumaş kaplamasının süperhidrofobik özelliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. 2 molar karbon nanotüp karışımıyla kaplanan kumaşlarda ise yüzey tamamen ıslanmıştır.

Katalizör çeşidi ve miktarı değiştirilerek katalizörün etkisi farklı bir çalışma olarak incelenebilir. Farklı sıklıkta dokunmuş polyester kumaşlar kullanılarak aynı değerlendirmeler yapılabilir. Ayrıca polyester kumaş yerine farklı kumaş türleriyle süperhidrofobikliğin etkisi gözlenebilir. Deneyde kullandığımız etanol yerine farklı alkol türevleriyle deneyler yapılarak sonuçları kıyaslayabiliriz. Değişik sıcaklıklarda kaplanan kumaş kurutulmuş olup temas açısı ölçümleri alınmıştır. Sıcaklık

değişikliğini 1,5 saat ultrasonik banyoda karıştırma işlemine tabi tutulan TEOS-NH₄OH (katalizör) içinde yapıp ölçüm sonuçlarını değerlendirilebilir.

Deneysel çalışmalarda yüzeylerin kaplanması amacıyla daldırma yöntemi kullanılmıştır. Daldırma yöntemiyle hazırlanan yüzeylerde kaplama kalınlığının her noktada homojen olarak sağlanması oldukça güçtür. Bu nedenle yüzeyin daha homojen kaplanmasını sağlayacak başka kaplama yöntemlerinin kullanılması da mümkün olabilir. Ayrıca işleme tabi tutulmadan ağırlıkları ölçülen kumaş numunelerine yüzey kaplamaları yapıldıktan sonrada ağırlıkları ölçülerek yüzde ne kadar yüzeylerinin kaplandığı hesaplanabilir.

Kumaş, cam, seramik yüzeylere uygulanacak olan yarı iletken kaplamaların yüzeye tam yapışması sağlanmalı ve yüzeyden soyulma, dökülme, erozyon etkileri, sürtünme mukavemeti gibi özellikleri optimize edilmelidir.

Farklı bir çalışma için DSA cihazıyla su tutmama özelliği incelenen kaplanmış kumaşların yağ tutmama, vb. özelliklerinde incelenebilip sonuçları değerlendirilebilir. Ayrıca TEM analizleriyle kaplamaların polyester kumaşın içyapısını ne kadar etkilediği, deneysel olarak yaptığımız kumaş kaplamaların insan cildine zarar verip vermediği ayrıca çamaşır makinesinde kaplama işlemlerine tabi kumaşların özelliklerinin bozulup/bozulmadığı araştırılabilir.

Yapılan deneysel çalışmada kaplama alt malzemesi olarak kumaş kullanılmıştır ancak bu kaplama prosesi cam, boya, metal, seramik gibi farklı malzemelere de uygulanarak da denenebilir.

KAYNAKLAR

1. Schindler, W. D., Hauser, P. J. (2004). *Chapter 1 Introduction to Chemical Finish* (First Edition). Chemical Finishing of Textiles,17-109.
2. Çıracı, S., Süzer, Ş., Erdemir, A., Dağ, Ö., Bengü, E., Bayındır, M., İlday, Ö., Senger, T., Dana, A., Aydınli, A., Gemici, Z., Yılgör, İ., Özgür, H., Yeşilyurt, Ö., Durgun, E., Kocabaş, A., Köylü, Ö., Gürsen, İ. (2006). *Türkiye'de Nanoteknoloji, Yeni Ufuklara*, 5-8.
3. Çıracı, S. (Nanoteknoloji Strateji Grubu) (2004). Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri. *TÜBİTAK Vizyon 2023 Projesi*.
4. Erkoç, Ş., Ebin, B. (2008). *Nanopartiküller ve üretim yöntemleri* (3.Baskı). Ankara: ODTÜ Yayıncılık, 3-29.
5. Gürmen, S., Ebin, B. (2010). *Nanopartiküller ve üretim yöntemleri*. Metalurji Mühendisleri Odası, 31-38.
6. Celep, Ş. (2007). *Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 120-123.
7. Üreyen, M.E. (2006, Mayıs-Ağustos). Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamaları. *Gemsan Teknik Bülten*, 2-7.
8. Başaran, E. (2002). *Nanoteknoloji* (A. AYHAN editör), *Dünden Bugüne Türkiye'de Bilim-Teknoloji ve Geleceğin Teknolojileri*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 379-388.
9. Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N. (2006). Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamaları. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 159-167.
10. Bayındır, M. (2006, Aralık). Akıllı Kumaşlar Hayatımızda. *Bilim ve Teknik*, 1-6.
11. Kut, D., Güneşoğlu, C. (2005, Şubat). Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları. *Tekstil&Teknik*, 224-230.
12. Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N. (2006). Lotus Etkili Yüzeyler. *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 16(1), 287-290.
13. Nosonovsky, M., Bhushan, B. (2008). Lotus-effect and water-repellent surfaces in nature. *Multiscale Dissipative Mechanisms and Hierarchical Surfaces*, Part III, Springer Berlin Heidelberg, USA, 181-197.
14. Whyman, G., Bormashenko, E., Stein, T. (2008). The rigorous derivation of young, cassie-baxter and wenzel equations and the analysis of the contact angle hysteresis phenomeno. *Chemical Physics Letters*, 450, 355-359.

15. Demiröz, G. A., Demircan, B., Şevkan, A. (2011). Mikroliflerin Üretim Yöntemleri, Özellikleri ve Kullanım Alanları. *The Journal of Textiles and Engineers*, 38-46.
16. Doğan, G., Şenol, F., Tayyar, A.E., Yaman, N., (2005). Karbon Nanotüpler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 15(3), 135-138.
17. Akbaş, İ. (2006). *Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulamaları*. Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Projesi, Adana, 54-56.
18. Breuer, O., Sundararaj, U. (2004). Big Returns from Small Fibers: A Review of Polymer/Carbon Nanotube Composites. *Polymer Composites*, 25(6), 630-645.
19. Erkan, G., Erdoğan, Ü.H., Kayacan, O. (2005). *Tekstil Sektöründe Nano-Teknoloji Uygulamaları*. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, Gaziantep, 19-24.
20. Buseck, P.R., Tsipursky, S.J., Hettich, R. (1992). Fullerenes from the Geological Environment. *Science*, 257(5067), 215–7.
21. Aknar, S. (2013). *Transparan Süperhidrofilik Yüzeylerin Sentezi ve Özelliklerinin Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
22. Gu, G., Dang, H., Zhang, Z., Wu, Z. (2006). Fabrication and characterization of transparent superhydrophobic thin films based on silica nanoparticles. *Appl. Phys. A.*, 83, 131-132.
23. Hsieh, C.T., Wu, F.L., Yang, S.Y. (2008). Superhydrophobicity from composite nano/microstructures: Carbon fabrics coated with silica nanoparticles. *Surface Coating Technology*, 202, 6103-6108.
24. Hsieh, C.T., Wu, F.L., Yang, S.Y. (2009). Superhydrophobicity of a three-tier roughened texture of microscale carbon fabrics decorated with silica spheres and carbon nanotubes. *Surface Coating Technology*, Taiwan.
25. Ma, M., Hill, R. M. (2006). Superhydrophobic surfaces. *Current Opinion in Colloid Interface Science*, 11, 193-202.
26. Hou, W., Wang, O. (2007). Wetting behavior of SiO₂-polystyrene nanocomposite surface. *Journal of Colloid and Interface Science*, 316, 206-209.
27. Lee, D., Rubner, M. F., Cohen, R. E. (2006). All-nanoparticle thin film coatings. *Nanoletter*, 6, 2305-2312.
28. Park, O. K., Kang, Y. S. (2005). Preparation and characterization of silica-coated TiO₂ nanoparticle. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 257, 261-265.

29. Tadanaga, K., Katata, N., Minami, T. (1997). Super-water repellent Al₂O₃ coating films with high transparency. *J. Am. Ceram. Soc.*, 80(4), 1040-42.
30. Ağırhan, A. Ö., Kanat, Z. E., Özek, H., Z. (2009). Nano Partiküllü Su İticilik Maddeleriyle İşlem Görmüş Pamuk Ve Polyester Dokuma Kumaşların Karşılaştırması. *The Journal Of Textiles and Engineers*, Year 15, No 69.
31. Mori, K., Imaoka, S., Nishio, S., Nishiyama, Y., Nishiyama, N., Yamashita, H. (2007, April). Investigation of local structures and photo-induced surfaceproperties on transparent Me(Ti, Cr)-containing mesoporous silica thin films. *Microporous and Mesoporous Materials*, 101(1-2), 288-295.
32. Lin, Y. H., Su K. L., Tsai P. S., Chuang F. L., Yang, Y. M. (2011, June). Fabrication and characterization of transparent superhydrophilic /superhydrophobic silica nanoparticulate thin films. *Thin Solid Films*, 519(16), 5450-5455.
33. Wang, X. D., Shen, Z. X., Sang, T., Cheng, X. B., Li, M. F., Chen, L. Y., Wang, Z. S. (2010, January). Preparation of Spherical Silica Particles by Stöber Process with High Concentration of Tetra-ethyl-orthosilicate. *Journal of Colloid and Interface Science*, 341(1), 23-29.
34. Zhu, X., Zhang, Z., Men, X., Yang, J., Xu, X. (2010). Rapid Formation of Superhydrophobic Surfaces with Fast Response Wettability Transition. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2(12), 3636–3641.
35. Cerne, L., Simoncic, B., Zeljko, M. (2008, August). The influence of repellent coatings on surface free energy of glass plate and cotton fabric. *Applied Surface Science*, 254(20), 6467-6477.
36. Yu, M., Gu, G., Meng, W. D., Qing, F. L. (2007, January). Superhydrophobic cotton fabric coating based on a complex layer of silica nanoparticles and perfluorooctylated quaternary ammonium silane coupling agent. *Applied Surface Science*, 253(7), 3669-3673.
37. Li, Z., Xing, Y., Dai, J. (2008, January). Superhydrophobic surfaces prepared from water glass and non-fluorinated alkylsilane on cotton substrates. *Applied Surface Science*, 254(7-30), 2131-2135.
38. Xiu, Y., Xiao, F., Hess, D. W., Wong, C.P. (2009). Superhydrophobic optically transparent silica films formed with eutectic liquid. *Thin Solid Films*, 517, 1610-1615.
39. Lee, H.J., Jeong, S.H. (2005). Bacteriostasis and Skin Innoxiousness of Nanosize Silver Colloids on Textile Fabrics. *Textile Research Journal*, 75(7), 551-556.
40. Cireli, A., Kutlu, B., Onar, N., Erkan, G. (2006). Tekstilde İleri Teknolojiler. *Tekstil ve Mühendis*, 13(61), 7-20.

EKLER

EK-1. Temas açısı ölçüm sonuçları

Çizelge 1.1. 2 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve oda sıcaklığında kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açısı ölçümü

Report of Measurement

Workspace : son semahat

Project : New MT

Measurement : SDM - 0

Substance : water

DB-File : C:\Documents and Settings\Owner\Belgelerim\meltem\NewDSARDB.mdb

Measured by : Owner

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
6,276	107,3	107,3	107,3	0,133	1,021	0,676
6,279	107,3	107,3	107,3	0,133	1,021	0,676
6,283	107,3	107,3	107,3	0,133	1,021	0,676
6,328	106,2	106,2	106,2	0,136	1,034	0,689
6,331	106,2	106,2	106,2	0,136	1,034	0,689
6,334	106,2	106,2	106,2	0,136	1,034	0,689
6,382	107,3	107,3	107,3	0,133	1,022	0,676
6,385	107,3	107,3	107,3	0,133	1,022	0,676
6,388	162,3	162,2	162,4	0,108	1,064	0,269
6,397	162,3	162,2	162,4	0,108	1,064	0,269
6,430	154,2	156,0	152,4	0,114	1,066	0,366
6,438	154,2	156,0	152,4	0,114	1,066	0,366
6,503	107,2	107,2	107,2	0,134	1,024	0,678
6,506	107,2	107,2	107,2	0,134	1,024	0,678
6,510	107,2	107,2	107,2	0,134	1,024	0,678

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

Çizelge 1.2. 2,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve oda sıcaklığında kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açısı ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,482	111,0	109,8	112,2	0,126	0,996	0,630
4,491	111,0	109,8	112,2	0,126	0,996	0,630
4,499	110,5	109,4	111,7	0,126	0,996	0,632
4,508	111,1	110,5	111,8	0,125	0,991	0,627

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.3. 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve oda sıcaklığında kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,448	122,0	117,5	126,6	0,152	1,147	0,650
4,456	175,3	175,2	175,4	0,125	1,245	0,088
4,465	138,3	136,0	140,7	0,142	1,142	0,538
4,474	138,3	136,0	140,7	0,142	1,142	0,538
4,482	130,8	128,4	133,1	0,147	1,140	0,593
4,491	133,1	130,8	135,5	0,145	1,141	0,576
4,500	132,9	130,5	135,3	0,145	1,141	0,578
4,508	101,7	101,7	101,7	0,166	1,172	0,772
4,512	101,7	101,7	101,7	0,166	1,172	0,772
4,515	101,7	101,7	101,7	0,166	1,172	0,772
4,519	133,6	130,4	136,7	0,148	1,157	0,582
4,527	133,2	130,8	135,6	0,145	1,142	0,577

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

Çizelge 1.4. 3,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve oda sıcaklığında kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,391	120,5	117,8	123,2	0,128	1,020	0,603
5,400	121,1	118,5	123,6	0,128	1,020	0,600
5,409	133,9	133,0	134,9	0,128	1,051	0,541
5,417	136,7	136,3	137,2	0,126	1,051	0,521
5,426	136,7	136,3	137,2	0,126	1,051	0,521
5,434	120,0	117,2	122,8	0,128	1,020	0,606
5,443	120,8	117,2	124,3	0,131	1,037	0,612
5,452	118,6	115,1	122,1	0,130	1,027	0,619
5,460	134,2	133,3	135,1	0,128	1,051	0,539
5,469	119,8	116,6	123,0	0,130	1,026	0,611
5,477	119,8	116,6	123,0	0,130	1,026	0,611
5,486	118,5	114,8	122,1	0,130	1,028	0,619
5,495	135,6	134,5	136,7	0,129	1,061	0,536
5,503	117,4	112,4	122,5	0,134	1,043	0,634
5,512	127,2	128,6	125,9	0,137	1,077	0,603

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.5. 4 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve oda sıcaklığında kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
3,898	121,5	120,4	122,6	0,142	1,103	0,597
3,907	122,2	121,8	122,5	0,140	1,094	0,587
3,916	121,0	119,9	122,1	0,142	1,103	0,600
3,925	117,9	116,7	119,2	0,142	1,097	0,613
3,934	117,9	116,7	119,2	0,142	1,097	0,613
3,942	121,0	119,9	122,0	0,142	1,103	0,600
3,951	121,3	120,2	122,4	0,142	1,105	0,598
3,960	117,9	116,7	119,2	0,142	1,097	0,613
3,968	118,6	117,2	120,0	0,143	1,101	0,611
3,977	121,9	120,8	123,0	0,142	1,105	0,595
3,986	121,3	120,2	122,4	0,142	1,104	0,599
3,994	121,3	120,2	122,4	0,142	1,104	0,599
4,003	125,2	123,3	127,1	0,144	1,123	0,586
4,011	121,4	121,1	121,6	0,140	1,094	0,592
4,020	117,8	116,6	119,1	0,142	1,097	0,614
4,073	118,7	117,3	120,1	0,142	1,100	0,610
4,081	118,5	117,2	119,8	0,142	1,097	0,610
4,090	120,1	118,4	121,7	0,143	1,103	0,605
4,099	120,1	118,4	121,7	0,143	1,103	0,605
4,107	151,3	151,2	151,5	0,148	1,246	0,435
4,116	120,9	119,8	122,0	0,142	1,104	0,600
4,124	122,3	121,2	123,4	0,142	1,104	0,592
4,133	118,5	117,2	119,8	0,142	1,097	0,610
4,142	123,4	121,6	125,3	0,144	1,119	0,595
4,150	119,9	119,0	120,8	0,143	1,103	0,606
4,159	119,9	119,0	120,8	0,143	1,103	0,606
4,167	124,9	123,0	126,8	0,144	1,122	0,587
4,176	122,4	120,7	124,2	0,145	1,118	0,601
4,185	121,3	120,2	122,4	0,142	1,103	0,598
4,193	121,7	120,6	122,8	0,142	1,105	0,596
4,202	121,2	120,2	122,3	0,142	1,103	0,598

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.6. 2 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 90⁰C kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
7,026	114,4	114,4	114,4	0,141	1,081	0,636
7,032	114,3	114,3	114,3	0,141	1,082	0,636
7,038	114,3	114,3	114,3	0,141	1,082	0,636
7,044	114,3	114,3	114,3	0,141	1,082	0,637
7,050	114,3	114,3	114,3	0,141	1,082	0,637
7,056	114,4	114,4	114,4	0,141	1,081	0,636
7,062	114,4	114,4	114,4	0,141	1,081	0,636
7,068	114,9	114,9	114,9	0,139	1,075	0,629
7,075	114,9	114,9	114,9	0,140	1,075	0,630
7,081	114,9	114,9	114,9	0,140	1,075	0,630
7,087	114,3	114,3	114,3	0,141	1,082	0,637
7,093	114,3	114,3	114,3	0,141	1,082	0,637
7,099	115,0	115,0	115,0	0,139	1,075	0,629
7,105	114,7	114,7	114,7	0,140	1,077	0,632
7,111	114,7	114,7	114,7	0,140	1,077	0,632
7,117	114,4	114,4	114,4	0,141	1,081	0,636

Çizelge 1.7. 2,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 90⁰C kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,306	130,1	132,1	128,1	0,131	1,066	0,538
5,316	130,7	132,0	129,4	0,128	1,056	0,528
5,327	129,6	131,2	128,1	0,129	1,055	0,534
5,337	128,9	130,8	127,0	0,130	1,062	0,542
5,347	130,1	131,5	128,6	0,129	1,056	0,532
5,358	129,8	130,3	129,3	0,125	1,037	0,521
5,368	129,0	131,3	126,8	0,132	1,068	0,546
5,378	128,7	131,0	126,5	0,132	1,067	0,547
5,388	130,3	132,3	128,4	0,131	1,066	0,536
5,399	130,2	132,2	128,3	0,131	1,066	0,537
5,409	128,9	131,1	126,6	0,132	1,067	0,546
5,420	129,0	131,2	126,7	0,132	1,068	0,546
5,430	130,5	132,9	128,0	0,133	1,078	0,542

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.8. 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 90⁰C kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,716	154,2	154,1	154,3	0,117	1,073	0,402
4,725	141,2	142,3	140,2	0,122	1,036	0,514
4,734	137,5	136,3	138,7	0,119	1,008	0,526
4,743	137,5	136,3	138,7	0,119	1,008	0,526
4,752	145,8	145,2	146,3	0,118	1,037	0,472
4,761	145,7	146,3	145,2	0,119	1,041	0,476
4,770	144,8	145,3	144,2	0,119	1,039	0,484
4,779	152,1	152,7	151,4	0,117	1,065	0,424
4,788	161,2	161,6	160,7	0,114	1,099	0,321
4,797	145,5	146,0	144,9	0,119	1,040	0,478
4,806	161,7	162,0	161,4	0,114	1,101	0,315
4,815	161,7	162,0	161,4	0,114	1,101	0,315
4,824	142,2	141,4	143,1	0,118	1,022	0,496

Çizelge 1.9. 3,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 90⁰C kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,329	140,4	145,2	135,6	0,111	0,989	0,469
4,383	129,0	134,7	123,4	0,108	0,940	0,519
4,392	139,5	144,4	134,7	0,111	0,987	0,475
4,401	150,3	153,9	146,7	0,108	1,023	0,395
4,410	124,2	130,4	118,0	0,113	0,953	0,556
4,419	125,4	131,2	119,5	0,110	0,941	0,542
4,428	127,3	134,6	120,1	0,113	0,966	0,542
4,437	139,0	143,9	134,1	0,111	0,986	0,478
4,446	139,0	143,9	134,1	0,111	0,986	0,478
4,455	146,4	151,2	141,6	0,113	1,038	0,438
4,464	151,4	155,0	147,9	0,105	1,008	0,375
4,473	140,5	145,3	135,7	0,111	0,992	0,469
4,482	125,3	132,4	118,2	0,114	0,965	0,556
4,491	123,5	131,9	115,1	0,116	0,976	0,570
4,500	123,8	129,4	118,1	0,112	0,950	0,558
4,509	143,2	147,8	138,6	0,109	0,993	0,447

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.10. 4 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 90⁰C kurutma işlemleri sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,911	136,1	136,7	135,4	0,112	0,969	0,501
5,921	136,4	137,1	135,6	0,112	0,969	0,498
5,931	135,9	136,6	135,3	0,112	0,969	0,502
5,941	135,9	136,6	135,2	0,112	0,969	0,502
5,951	136,0	136,7	135,3	0,112	0,969	0,501
5,962	136,0	136,6	135,3	0,112	0,969	0,501
5,972	136,0	136,6	135,3	0,112	0,969	0,502
5,982	135,9	136,6	135,3	0,112	0,969	0,502
5,992	135,9	136,6	135,2	0,112	0,969	0,502
6,003	135,9	136,6	135,2	0,112	0,969	0,502
6,013	135,8	136,5	135,1	0,112	0,969	0,503
6,024	135,8	136,5	135,1	0,112	0,969	0,503
6,034	135,9	136,5	135,2	0,112	0,969	0,502
6,045	136,1	136,9	135,4	0,112	0,968	0,500
6,055	135,9	136,6	135,2	0,112	0,969	0,502
6,066	136,0	136,6	135,3	0,112	0,969	0,502
6,076	135,9	136,6	135,2	0,112	0,969	0,502
6,087	136,1	136,7	135,4	0,112	0,969	0,501
6,097	135,9	136,6	135,2	0,112	0,969	0,502

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.11. 2 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120⁰C kurutma işlemleri sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,381	118,3	118,3	118,3	0,180	1,288	0,657
4,385	118,3	118,3	118,3	0,180	1,288	0,657
4,390	118,3	118,3	118,3	0,180	1,289	0,657
4,394	118,3	118,3	118,3	0,180	1,289	0,657
4,399	119,6	119,6	119,6	0,176	1,274	0,640
4,403	119,6	119,6	119,6	0,176	1,274	0,640
4,408	119,6	119,6	119,6	0,176	1,274	0,640
4,412	121,9	121,9	121,9	0,169	1,251	0,613
4,417	121,9	121,9	121,9	0,169	1,251	0,613

Çizelge 1.12. 2,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120⁰C kurutma işlemleri sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,241	122,6	122,6	122,6	0,180	1,305	0,619
5,246	122,4	122,4	122,4	0,180	1,307	0,622
5,250	122,4	122,4	122,4	0,180	1,307	0,622
5,255	122,4	122,4	122,4	0,180	1,307	0,622
5,259	122,6	122,6	122,6	0,180	1,305	0,619
5,264	122,6	122,6	122,6	0,180	1,305	0,619
5,268	168,4	168,4	168,4	0,154	1,378	0,182
5,279	122,6	122,6	122,6	0,180	1,305	0,619
5,283	122,6	122,6	122,6	0,180	1,305	0,619
5,288	122,9	122,9	122,9	0,179	1,302	0,616
5,292	122,9	122,9	122,9	0,179	1,302	0,616
5,297	122,8	122,8	122,8	0,179	1,302	0,616
5,301	122,8	122,8	122,8	0,179	1,302	0,616
5,305	122,8	122,8	122,8	0,179	1,302	0,616
5,310	130,6	131,8	129,3	0,169	1,282	0,551
5,320	122,6	122,6	122,6	0,180	1,304	0,619
5,325	122,6	122,6	122,6	0,180	1,304	0,619
5,329	131,4	132,7	130,0	0,169	1,286	0,547

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas açı ölçüm sonuçları

Çizelge 1.13. 3,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120⁰C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açı ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,557	147,9	147,0	148,7	0,122	1,084	0,401
4,565	126,4	123,8	128,9	0,131	1,060	0,551
4,574	126,6	124,1	129,2	0,131	1,058	0,550
4,582	126,1	123,5	128,7	0,131	1,058	0,553
4,591	147,6	146,7	148,4	0,122	1,084	0,404
4,599	126,8	124,2	129,4	0,130	1,058	0,549
4,608	126,8	124,2	129,4	0,130	1,058	0,549
4,616	126,3	123,7	128,9	0,131	1,058	0,552
4,624	114,6	114,6	114,6	0,141	1,083	0,634
4,628	114,6	114,6	114,6	0,141	1,083	0,634
4,631	126,9	124,3	129,4	0,130	1,060	0,548
4,640	126,3	123,7	128,9	0,131	1,060	0,552
4,648	126,3	123,7	128,9	0,131	1,060	0,552
4,657	147,6	146,7	148,4	0,122	1,084	0,404
4,666	126,5	123,9	129,1	0,131	1,060	0,551
4,674	126,4	123,8	128,9	0,131	1,058	0,552
4,683	147,5	146,7	148,4	0,122	1,084	0,405

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

Çizelge 1.14. 4 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 120⁰C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açı ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,750	130,7	131,6	129,7	0,161	1,240	0,540
4,759	127,7	126,9	128,5	0,162	1,236	0,558
4,768	127,7	126,9	128,5	0,162	1,236	0,558
4,777	132,6	133,2	132,0	0,158	1,234	0,523
4,786	133,6	133,8	133,5	0,160	1,249	0,522
4,795	119,1	123,3	115,0	0,179	1,293	0,644
4,804	132,2	132,5	131,9	0,162	1,250	0,535

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.15. 2 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 150⁰C kurutma işlemleri sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,478	111,8	112,5	111,1	0,131	1,031	0,618
4,492	111,3	112,1	110,5	0,131	1,031	0,620
4,500	111,3	112,1	110,5	0,131	1,031	0,620
4,768	110,0	110,8	109,3	0,133	1,036	0,630
4,776	110,0	110,8	109,3	0,133	1,036	0,630
4,803	146,1	147,9	144,3	0,128	1,111	0,433
4,930	109,7	110,7	108,6	0,132	1,033	0,629

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

Çizelge 1.16. 2,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 150⁰C kurutma işlemleri sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,339	108,5	108,5	108,5	0,165	1,184	0,717
5,362	109,6	109,6	109,6	0,162	1,172	0,705
5,367	109,6	109,6	109,6	0,162	1,172	0,705
5,371	157,1	157,8	156,4	0,138	1,223	0,353
5,381	157,1	157,8	156,4	0,138	1,223	0,353
5,397	108,3	108,3	108,3	0,166	1,187	0,720
5,413	55,5	6,5	104,5	21,259	71,209	8,851
5,417	55,5	6,5	104,5	21,259	71,209	8,851
5,421	55,5	6,5	104,5	21,259	71,209	8,851
5,433	128,5	130,7	126,4	0,151	1,163	0,589
5,443	55,2	7,5	103,0	15,992	54,503	7,675
5,447	55,2	7,5	103,0	15,992	54,503	7,675
5,451	55,2	7,5	103,0	15,992	54,503	7,675
5,455	108,1	108,1	108,1	0,167	1,188	0,722
5,459	108,1	108,1	108,1	0,167	1,188	0,722
5,464	156,7	157,4	156,0	0,139	1,228	0,359
5,473	156,7	157,4	156,0	0,139	1,228	0,359
5,483	61,0	13,1	108,9	3,580	15,411	3,788
5,495	108,5	108,5	108,5	0,165	1,184	0,718

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

Çizelge 1.17. 3 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 150°C kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,074	116,8	116,8	116,8	0,138	1,074	0,613
5,077	112,4	114,2	110,7	0,136	1,059	0,626
5,085	112,4	114,2	110,7	0,136	1,059	0,626
5,093	115,5	115,5	115,5	0,141	1,086	0,627
5,096	114,7	117,0	112,5	0,136	1,060	0,615
5,105	114,7	117,0	112,5	0,136	1,060	0,615
5,113	137,2	137,7	136,7	0,126	1,066	0,479
5,121	140,2	140,4	140,0	0,125	1,071	0,458
5,130	117,6	119,6	115,6	0,135	1,060	0,599
5,139	159,6	159,6	159,7	0,116	1,106	0,280
5,147	120,5	122,7	118,2	0,132	1,053	0,578
5,155	120,5	122,7	118,2	0,132	1,053	0,578
5,164	114,0	116,0	112,0	0,135	1,055	0,615
5,172	143,0	141,4	144,7	0,119	1,054	0,423
5,180	139,7	139,9	139,4	0,125	1,071	0,462

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

Çizelge 1.18. 3,5 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 150°C kurutma işleminin sonrası kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,249	135,1	132,2	138,0	0,129	1,079	0,506
5,257	123,7	120,4	126,9	0,137	1,081	0,584
5,266	127,4	127,2	127,7	0,142	1,115	0,584
5,275	174,6	174,6	174,7	0,116	1,166	0,088
5,284	139,0	137,5	140,6	0,132	1,102	0,491
5,292	110,1	110,1	110,1	0,152	1,122	0,685
5,295	110,1	110,1	110,1	0,152	1,122	0,685
5,298	110,1	110,1	110,1	0,152	1,122	0,685
5,301	110,1	110,1	110,1	0,152	1,122	0,685
5,305	109,1	109,1	109,1	0,155	1,133	0,697
5,307	109,1	109,1	109,1	0,155	1,133	0,697
5,310	109,1	109,1	109,1	0,155	1,133	0,697
5,313	134,0	131,4	136,7	0,133	1,092	0,523
5,322	134,0	131,4	136,7	0,133	1,092	0,523

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas açı ölçüm sonuçları

Çizelge 1.19. 4 ml TEOS×3 ml NH₄OH ile hazırlanan çözelti ve 150°C kurutma işlemi sonrası kumaş yüzeyindeki temas açı ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
5,538	164,2	165,6	162,9	0,077	0,876	0,245
5,547	165,9	166,9	164,8	0,076	0,882	0,225
5,556	165,1	166,3	163,9	0,076	0,879	0,234
5,565	94,6	95,6	93,6	0,092	0,785	0,659
5,614	93,8	94,9	92,7	0,092	0,786	0,663
5,622	93,8	94,9	92,7	0,092	0,786	0,663
5,631	165,3	166,4	164,1	0,076	0,880	0,232
5,640	165,2	166,4	164,0	0,076	0,879	0,233
5,649	164,9	166,1	163,7	0,077	0,879	0,237
5,657	164,5	165,8	163,2	0,077	0,877	0,241
5,666	165,3	166,5	164,1	0,076	0,876	0,231
5,675	94,6	95,5	93,6	0,092	0,783	0,659
5,683	96,8	96,8	96,8	0,098	0,817	0,677
5,687	96,8	96,8	96,8	0,098	0,817	0,677
5,690	96,8	96,8	96,8	0,098	0,817	0,677
5,694	96,8	96,8	96,8	0,098	0,817	0,677
5,697	165,3	166,4	164,1	0,076	0,877	0,232
5,706	164,6	165,9	163,3	0,077	0,878	0,241
5,714	164,6	165,9	163,3	0,077	0,878	0,241
5,723	165,3	166,5	164,2	0,076	0,877	0,231
5,732	96,2	97,9	94,4	0,091	0,779	0,649
5,741	166,7	167,7	165,7	0,076	0,884	0,214
5,749	165,8	166,9	164,7	0,076	0,878	0,226
5,758	125,7	131,8	119,6	0,086	0,789	0,532

t - Drop Age (in second); CA(M) - Contact Angle Mean (in degree); CA(L) - Contact Angle (Left) (in degree); CA(R) -

EK-1.(devam) Temas aç ölçm sonuçları

Çizelge 1.20. 0,25 M karbon nanotüp karımıyla ikinci kat kaplanan kuma yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,539	150,7	151,1	150,2	0,132	1,162	0,366
4,548	146,1	146,9	145,2	0,133	1,149	0,403
4,556	146,1	146,9	145,2	0,133	1,149	0,403
4,564	140,9	141,4	140,3	0,136	1,146	0,448
4,572	150,7	151,1	150,2	0,132	1,162	0,366
4,580	150,9	151,3	150,4	0,132	1,162	0,364
4,589	147,1	148,0	146,2	0,132	1,150	0,394
4,597	147,1	148,0	146,2	0,132	1,150	0,394
4,605	139,6	140,3	138,9	0,136	1,141	0,455
4,613	138,3	139,1	137,6	0,137	1,142	0,465
4,621	141,1	141,6	140,5	0,136	1,146	0,446
4,630	141,1	141,7	140,5	0,136	1,146	0,446
4,638	141,1	141,7	140,5	0,136	1,146	0,446
4,646	145,9	146,8	145,1	0,133	1,149	0,404
4,654	150,3	150,8	149,8	0,132	1,163	0,369
4,662	157,7	157,8	157,6	0,131	1,188	0,300
4,671	177,1	177,1	177,1	0,124	1,215	0,043
4,679	177,1	177,1	177,1	0,124	1,215	0,043
4,687	158,2	158,2	158,2	0,131	1,193	0,296

Çizelge: 0,5 M karbon nanotüp karımıyla ikinci kat kaplanan kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

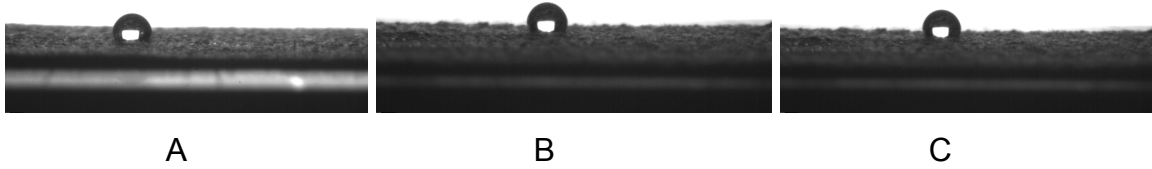
t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,612	166,8	166,6	166,9	0,131	1,231	0,202
4,620	118,0	120,3	115,8	0,158	1,179	0,632
4,629	113,0	113,0	113,0	0,171	1,225	0,690
4,632	113,0	113,0	113,0	0,171	1,225	0,690
4,635	163,5	164,1	162,9	0,142	1,289	0,264
4,643	163,5	164,1	162,9	0,142	1,289	0,264
4,652	170,4	170,3	170,5	0,130	1,241	0,150
4,660	167,2	167,1	167,3	0,131	1,231	0,196
4,668	115,7	115,7	115,7	0,163	1,195	0,656
4,671	115,7	115,7	115,7	0,163	1,195	0,656
4,674	115,7	115,7	115,7	0,163	1,195	0,656
4,677	167,2	167,1	167,3	0,131	1,231	0,195
4,686	167,7	167,6	167,8	0,131	1,232	0,189

EK-1.(devam) Temas aç ölçüm sonuçları

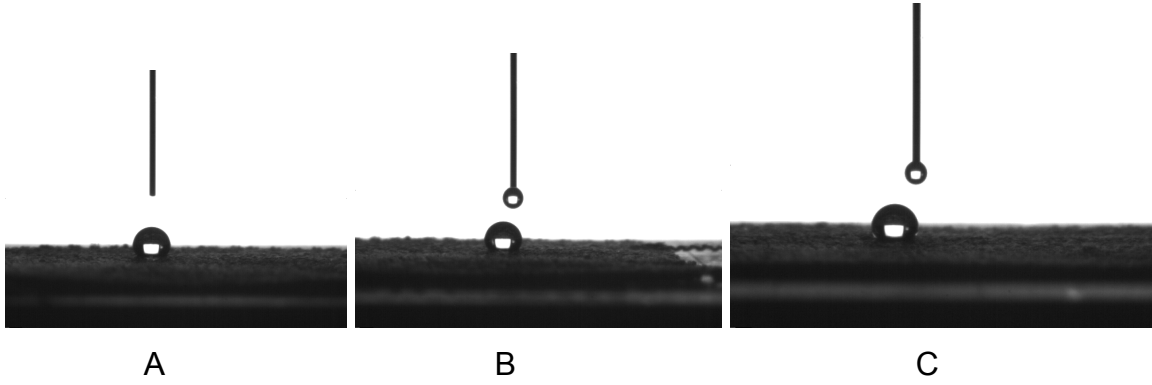
Çizelge 1.21. 1,5 M karbon nanotüp karımıyla ikinci kat kaplanan kumaş yüzeyindeki temas aç ölçümü

t [sec]	CA(M) [deg.]	CA(L) [deg.]	CA(R) [deg.]	Vol [ul]	SA [sq mm]	BD [mm]
4,399	117,6	121,0	114,3	0,113	0,923	0,615
4,408	117,6	120,9	114,2	0,113	0,923	0,615
4,417	101,9	100,7	103,1	0,112	0,899	0,666
4,427	101,9	100,7	103,1	0,112	0,899	0,666
4,436	107,8	111,3	104,3	0,115	0,923	0,658
4,445	106,8	106,0	107,6	0,111	0,898	0,646
4,454	107,9	106,2	109,6	0,109	0,892	0,637
4,464	117,4	120,7	114,1	0,113	0,923	0,616
4,473	117,3	120,7	114,0	0,113	0,923	0,616
4,482	129,3	132,2	126,4	0,110	0,932	0,557
4,492	129,0	132,0	126,0	0,110	0,932	0,559
4,502	103,7	102,3	105,1	0,111	0,897	0,657
4,511	103,7	102,3	105,1	0,111	0,897	0,657
4,520	107,5	111,0	104,0	0,115	0,922	0,659
4,529	127,6	130,6	124,6	0,110	0,930	0,566
4,539	108,1	106,5	109,8	0,109	0,893	0,636
4,548	117,4	120,8	114,1	0,113	0,923	0,616
4,557	92,4	95,7	89,1	0,115	0,916	0,711
4,566	129,1	132,0	126,2	0,110	0,932	0,558
4,575	103,4	102,0	104,9	0,111	0,897	0,658
4,585	95,9	95,2	96,7	0,110	0,887	0,679
4,594	95,9	95,2	96,7	0,110	0,887	0,679
4,602	128,9	131,9	126,0	0,110	0,932	0,559
4,612	105,6	104,1	107,2	0,110	0,895	0,648
4,621	131,1	135,5	126,6	0,108	0,930	0,541
4,630	107,9	111,5	104,2	0,111	0,902	0,644
4,640	96,6	95,7	97,4	0,109	0,886	0,676
4,649	88,5	91,5	85,6	0,116	0,919	0,727
4,658	107,8	111,2	104,3	0,115	0,922	0,658
4,668	96,7	95,9	97,6	0,110	0,886	0,676
4,677	101,8	100,7	102,9	0,112	0,900	0,667
4,686	101,8	100,7	102,9	0,112	0,900	0,667
4,695	90,1	89,8	90,4	0,112	0,898	0,708
4,705	103,8	102,4	105,2	0,111	0,897	0,657
4,714	117,3	120,6	113,9	0,113	0,923	0,617
4,724	129,3	132,2	126,5	0,109	0,933	0,557
4,733	101,9	100,8	102,9	0,112	0,900	0,667
4,742	95,1	94,3	95,8	0,110	0,889	0,684

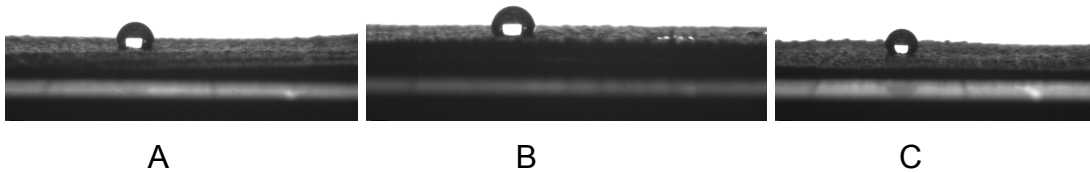
EK-2. Kurutma sıcaklığına bağlı olarak kumaş yüzeyindeki bazı damla şekilleri



Resim 2.1. Farklı silika miktarlarında kaplanan ve oda sıcaklığında kurutulmuş kumaşın yüzeyindeki damlanın şekli A) 2 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH , B) 2,5 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH ve C) 3 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH



Resim 2.2. Farklı silika miktarlarında kaplanan ve 90°C'de kurutulmuş kumaşın yüzeyindeki damlanın şekli A) 2 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH , B) 2,5 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH ve C) 3 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH



Resim 2.3. Farklı silika miktarlarında kaplanan ve 150°C'de kurutulmuş kumaşın yüzeyindeki damlanın şekli A) 2 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH , B) 2,5 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH ve C) 3 ml TEOS \times 3 ml NH_4OH

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Soyadı, Adı : DİREK TAŞBAŞ, Semahat
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 20.02.1984, Ankara
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0(506)7256612
E-Mail : semahatd@yahoo.com

**Eğitim**

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kimya Müh.Böl.	2008
Lise	Mamak Anadolu Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-.....	5'inci Ana Bakım Merkezi Komutanlığı	Proje Müh.

Yabancı Diller

İngilizce

DİZİN

A

adhesif kuvvet · 2
amonyum hidroksit · 41, 63
antibakteriyal · 39
apolar · 38
ara yüzey · 2, 8, 16, 17, 18,
19, 20
atki · 41

B

biyoteknoloji · 1, 5, 8, 10

C

Cassie-Baxter Teorisi · 18, 19,
34, 47, 65

Ç

çekme kuvveti · 14
çizelge · 47, 48, 50, 51, 52,
59, 60, 61
çözeltili · 3, 29, 30, 33, 34, 37,
39, 45, 50, 51, 62, 63

D

daldırarak kaplama · 29
döndürerek kaplama · 29

E

EDS Analizi · 34, 46, 59
eşitlik · 17, 18, 19
ethanol · 33, 41, 45

F

fotoelektron spektroskopisi · 3,
44
fulleren · 27, 28,

G

Giriş · 1

H

hidrofilik · 11, 13, 14, 17, 34,
35, 36, 37, 41, 48
hidroliz · 21, 38, 45
hidrofobik · 2, 3, 11, 13, 14,
15, 33, 34, 47, 50, 52, 62

K

kaplama · 1, 2, 7, 15, 23, 26,
27, 29, 30, 31, 33, 34, 35,
38, 42, 44, 45, 50, 54, 55,
56, 60, 61, 63, 64
karbon · 1, 25, 33, 61, 62
karbon nanotüp · 3, 25, 26,
27, 34, 42, 44, 45, 61, 63
katalizör · 56, 60, 61, 62, 63
kohesif kuvvet · 2
kondenzasyon · 21, 38, 45
konsantrasyon · 33, 36, 37, 45

L

literatür · 33, 47, 53
lotus etkisi · 2, 14

M

mikro · 3, 14, 19, 20, 43, 53
molarite · 3, 44, 48, 49, 56, 63

N

nanokompozit · 6, 8, 34, 42, 47
nanometre · 1, 5, 6, 8, 9, 11
nanoteknoloji · 1, 5, 7, 8, 9, 11
nilüfer çiçeği · 14, 15

Ö

Özgeçmiş · 84

P

polyester kumaş · 3, 21, 41,
42, 44, 45, 46, 63, 64
pürüzlülük · 14, 18, 33, 34, 35

R

resim · 12, 42, 43, 44, 51, 52,
53, 54, 55, 56, 57, 58

S

SEM Analizleri · 53
silika · 33, 34, 35, 36, 38, 63
silisyum · 60, 61, 62
sol-jel metodu · 2, 34, 38
sonuç ve öneriler · 63
su itici · 1, 35
süperhidrofilik · 11, 13, 35, 36

Ş

şekil · 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19, 25, 27, 49, 50

T

temas açısı · 2, 3, 13, 14, 15,
16, 17, 18, 19, 33, 36, 42,
44, 45, 46, 47, 48, 49, 63
TEOS · 3, 33, 41, 44, 47, 49,
50, 51, 55, 56, 60, 62, 63

V

viskozite · 15, 29, 30

Y

young açısı · 16, 17, 18
yüzey gerilimi · 14, 15, 16, 17



GAZİ GELECEKTİR..