

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİLTASYONDA KULLANILAN
MATERYALLERİN KULLANIM
ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Osman Engin KEÇECİ

Nisan, 2010

İZMİR

**FİLTRASYONDA KULLANILAN
MATERYALLERİN KULLANIM
ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Osman Engin KEÇECİ

Nisan, 2010

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

OSMAN ENGİN KEÇECİ, tarafından **PROF. DR. M. SEVİL YEŞİLPINAR** yönetiminde hazırlanan "**FİLTASYONDA KULLANILAN MATERYALLERİN KULLANIM ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. M. Sevil YEŞİLPINAR

Danışman

.....
Yrd. Doç. Dr. Aysun AKŞİT

Jüri Üyesi

.....
Doç. Dr. Lütfi ÖZYÜZER

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmam süresince benden ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen ve bana her konuda yardımcı olan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Sevil YEŞİLPINAR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarında ihtiyacım olan her an bana destek sağlayan Sayın Yrd. Doç. Dr. Aysun AKŞİT ve Sayın Araş. Gör. Dr. Bengi KUTLU' ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca elektriksel yüzey direnç ölçümleri ile ilgili desteklerini esirgemeyen başta Sayın Doç. Dr. Lütfi ÖZYÜZER olmak üzere Sayın Araş. Gör. Yasemin DEMİRHAN' a teşekkür ederim. Çalışmam için gerekli materyalleri sağlayan BWF Endüstri Filtreleri ve Teknik Keçe Ltd. Şti' ye ve BWF Envirotec' e teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince desteklerini hiç esirgemeyen ve her an yanımda olduklarını hissettiğim başta sevgili eşim Bilgen olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Osman Engin KEÇECİ

FİLTASYONDA KULLANILAN MATERYALLERİN KULLANIM ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZ

Günümüzde birçok endüstri baca gazlarının çok miktarda parçacık içermesi problemi ile karşı karşıyadır. Endüstriler emisyon oranlarını azaltmak için filtrasyon sistemleri de denilen parçacık kontrol cihazları kurmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan filtrasyon materyali toz toplama işlemini yerine getirirken, ortam koşulları nedeniyle üzerinde statik elektrik yükü oluşturmaktadır. Eğer bu statik elektrik sistemden uzaklaştırılmazsa sistemin tamamen yanması veya patlamalar gibi çeşitli tehlikelere sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmada poliesterden üretilmiş iğneli keçe filtre materyallerine anti-statik özellik kazandırılması hedeflenmiştir. Anti-statik özelliğin geliştirilmesi için poliester iğneli keçelere RF plazma tekniği ile farklı güç seviyeleri ve sürelerde, farklı gaz ve monomerler uygulanmıştır.

Araştırmada farklı güçler, farklı gaz / monomerlerle, farklı sürelerde, farklı akış oranlarında ve farklı plazma odacığı sıcaklıklarında yapılan RF plazma işlemlerinin poliester filtre kumaşlarına anti-statik özellik kazandırmak için yeterli olmadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler; filtrasyon, plazma, anti statik, iğneli keçe, poliester

IMPROVING THE APPLICATION CHARACTERISTICS OF FILTER MEDIA

ABSTRACT

Nowadays, many industries face the problem that their exhaust gas contains too many particles. In order to reduce their emission rates, industries use particulate control devices, which are also called as filtration systems. During the filtration process, static electricity accumulates on the filtration materials of these systems. If this static electricity can not be removed from the systems, it will cause problems like explosion or burning of the complete systems.

The aim of this study is to impart anti-static behaviour to the filtration materials manufactured from needle punched polyester nonwovens. With this aim, RF plasma treatments of different monomers and gases were applied to needle punched polyester nonwovens at different power levels with different durations.

In this study, it was observed that the RF plazma treatments of preferred monomers/gases, power levels, durations, precursor, flow rate and temperature were not sufficient to impart anti-static property to the filtration materials of polyester fibres.

Keywords; filtration, plasma, anti-static, needle felt, polyester

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Filtrasyonun Tanımı.....	2
1.2.1 Filtrasyon Mekanizmaları.....	3
1.2.2 Toz Toplama Sistemleri.....	6
1.2.3 Torbalı Toz Toplama Sistemleri.....	7
1.2.3.1 Torbalı Toz Toplama Sistemlerinde Kullanılan Yapılar.....	10
1.2.3.1.1 Dokuma Filtrasyon Materyalleri.....	10
1.2.3.1.2 Dokusuz Filtrasyon Materyalleri.....	13
1.2.3.2 Torbalı Toz Toplama Sistemlerinde Kullanılan Lifler.....	15
1.2.3.2.1 Rayon.....	15
1.2.3.2.2 Polietilen.....	16
1.2.3.2.3 Polipropilen.....	17
1.2.3.2.4 Akrilik.....	18
1.2.3.2.5 Polietilentetrefalat.....	20
1.2.3.2.6 Naylon.....	21
1.2.3.2.7 Poliaramid.....	22
1.2.3.2.8 Polifenilensülfür.....	24
1.2.3.2.9 Poliiimid.....	25
1.2.3.2.10 Politetrafloretilen.....	26
1.2.3.2.11 Polibenzimidazol.....	27
1.2.3.3 Torbalı Toz Toplam Sistemlerinde Filtrasyonda Önemli Özellikler.....	28

1.2.3.3.1 Kimyasal Dayanım.....	28
1.2.3.3.2 Termal Dayanım.....	28
1.2.3.3.3 Biyolojik Dayanım.....	28
1.2.3.3.4 Dinamik Dayanım.....	28
1.2.3.3.5 Adsorbsiyon Karakteristiği.....	29
1.2.3.3.6 Atılabilirlik.....	29
1.2.3.3.7 Tekrar Kullanıma Uygunluk.....	29
1.2.3.3.8 Maliyet	29
1.2.3.3.9 Sağlık ve Güvenlik.....	29
1.2.3.3.10 Elektrostatik zellik.....	30
1.3 Plazma Teknolojisi.....	30
1.4 nceki alışmalar.....	32
1.5 Çalışmanın Amacı.....	50
BÖLÜM İKİ - MATERYAL VE METOD.....	53
2.1 Materyal.....	53
2.2 Metod.....	53
2.2.1 Plazma İşlemi.....	53
2.2.1.1 Pirol ve İyot Plazması.....	55
2.2.1.2 Farklı Sıcaklık Dđerleri ve Farklı Akış Oranlarındaki Pirol ve İyot Plazması.....	55
2.2.1.3 Asetilen ve Asetilen + Zırnık Plazmaları.....	56
2.2.1.4 Çoklu Plazma İşlemi.....	57
2.2.2 Elektriksel Yüzey Direncinin llmesi.....	58
BÖLÜM  - ARAşTIRMA SONUÇLARI.....	59
3.1 Pirol ve İyot Plazmasının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar	59
3.2 Farklı Sıcaklık Değerleri ve Farklı Akış Oranlarındaki Pirol ve İyot Plazmasının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar.....	60

3.3 Asetilen ve Asetilen + Zırnık Plazmalarının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar.....	62
3.4 Çoklu Plazma İşleminin Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar.	64
BÖLÜM DÖRT - SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR.....	68

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

Küresel ısınmanın en büyük nedenlerinden birinin de son yıllarda yoğun sanayileşmenin olduğu bölgelerde ortaya çıkan hava kirliliğinin çevre dengesini tehdit etmesi olduğu bilinmektedir. İnsan ve çevresi üzerinde etkisi bulunan havanın insan faaliyetleri ve bazı doğal süreçler sonucunda niteliğinin değişmesi sonucu hava kirliliği ortaya çıkmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan hava kirleticilere örnek; endüstriyel birçok işlem sonunda ortaya çıkan toz, duman, metal buharı, buğu, buhar ve gaz şeklinde hava kirleticilerdir. Doğal kirleticilere örnek ise yanardağlar ve yer kabuğundaki çatlaklardan sızan zehirli gazlardır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) hava kirliliğini şu şekilde tanımlamaktadır: "İnsan, bitki, hayvan veya madde üzerine zarar verebilen veya rahat yaşam şeklini (konfor) ve maddeyi aşırı şekilde etkileyen kum, toz, uçucu kül, kurum, is, duman, buğu, tütsü, sis, pus, buhar, gaz veya koku gibi bileşenlerin miktar, karakteristik ve süre olarak çevre atmosferindeki varlığıdır."

Kirli havanın insanlarda solunum yolu hastalıklarının artmasına sebep olduğu bilinmektedir. Örneğin, kurşunun kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engellediği, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkilediği, karbon monoksitin ise, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte kükürtdioksitin, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca kükürt dioksit ve ozon bitkiler için zararlı olup; özellikle ozon, ürün kayıplarına sebep olmakta ve ormanlara zarar vermektedir (Hava kirliliğinin tanımı, bt.).

SO₂, O₃, PM₁₀ (10 mikrometre ve daha küçük boyuttaki parçacık) düzeylerindeki artışla astım, KOAH (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) ve kardiyovasküler

hastalıklara bağlı hastane başvurularındaki artış arasında anlamlı ilişki olduğu bildirilmiştir (Atkinson, Anderson, Sunyer ve ark., 2001; Le Tertre, Medina, Samoli ve ark., 2002; Fiflekçi, Özkurt, Bafler, 1999). SO₂, O₃, NO₂, PM10 düzeyleri ile ölüm oranları arasında ilişki olduğu gösterilmiştir (Touloumi, Katsouyanni, Zmirou ve ark., 1997; Katsouyanni, Touloumi, Samoli ve ark., 2001; Filleul, Le Tertre, Baldi, Tessier, 2004; Samet, Dominici, Curriero ve ark., 2000).

Siyah dumandaki % 70'lik azalma sonucu, travma dışı genel ölümlerde % 5.7, respiratuar (solunuma bağlı) ölümlerde % 15.5, kardiyovasküler ölümlerde % 10.3'lük azalma gözlenmiştir (Clancy, Goldman, Sinclair, Dockery, 2002).

Uzun dönemli çalışmalarda; PM10, NO₂ ve SO₂ düzeylerindeki artış ile akciğer fonksiyonlarında düşme ve bronşit şikayetlerinde artış arasında korelasyon saptanmıştır (Zemp, Elsasser, Schindler ve ark., 1999).

Havadaki parçacık düzeyindeki artış ile çocuklarda akciğer fonksiyonlarında gerileme arasında anlamlı ilişki bulunmuştur (Avol, Gauderman, Tan ve ark., 2001).

Günlük ihtiyaçlarımızın karşılanması, ekonominin kalkınması, iş sahalarının açılarak işsizliğin önlenmesi için fabrikaların çalışması ve üretimlerini yapması gereklidir. Ancak kalkınmayı sürdürürken çevresel problemler de göz ardı edilmemelidir.

Sanayi tesislerinin hava kirliliğini önlemek için bazı tedbirler alması gereklidir. Bu tedbirler arasında sanayi kuruluşlarının yer seçimine dikkat etmeleri, mutlaka filtre sistemleri kurmaları ve bunları çalışır vaziyette bulundurmaları sayılabilir.

1.2 Filtrasyonun Tanımı

INDA (Association of the Nonwoven Fabrics Industry), filtrasyonu; " Filtrasyon bir sıvı veya gaz solüsyonu içerisinde bulunan katı parçacıkların, bu süspansiyonun bir yapı içerisinde geçirilmesi sırasında bu yapı üzerinde veya içinde tutularak

ayrılmasıdır. Bu yapıya filtre materyali denilmektedir. Filtrasyon, bir sıvı veya katıdaki kirleticiyi uzaklaştırmakta veya bir operasyon sürecinde mineraller, kimyasallar veya gıda maddeleri gibi katma değeri olan maddeleri ayırmada kullanılabilir" olarak tanımlanmaktadır.

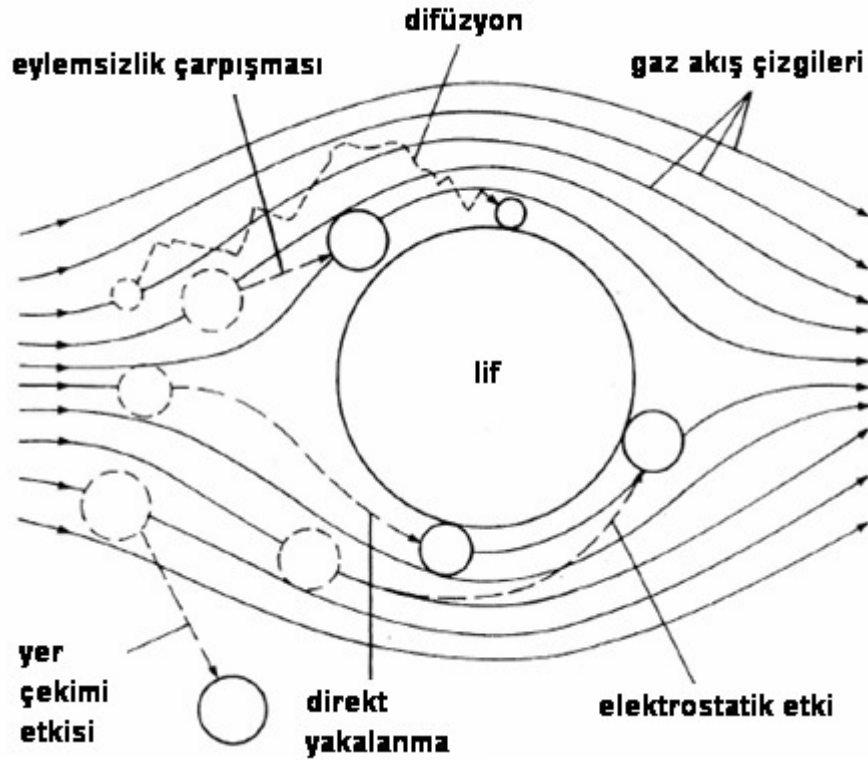
Wakemann (1985), Filtration Dictionary and Glossary adlı eserinde filtre materyalini; "Filtrasyonda kullanılan, üzerinde veya içinde katıların çökeldiği geçirgen bir materyal" olarak tanımlamıştır.

Sutherland ve Purchas (2002) ise " Filtre materyali filtrenin çalışma koşullarında, karışım, solüsyon veya süspansiyon içerisindeki bir veya daha fazla maddeye karşı geçirgen, diğerlerine karşı ise geçirmez özellikte olan maddedir." şeklinde ifade etmektedir.

1.2.1 Filtrasyon Mekanizmaları

Tüm diğer fiziksel varlıklar gibi parçacıklar da fizik yasalarına uygun davranmaktadırlar. Endüstriyel bir kaynaktan çıkan parçacıklar genellikle bir gaz bulutunun içinde yüzmektedir. Eğer onların yolu üzerine bir şey koyulursa onlar buna çarpmakta ve doğru şartlar altında orada kalmaktadırlar. Filtrenin tasarım amacı da budur. (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

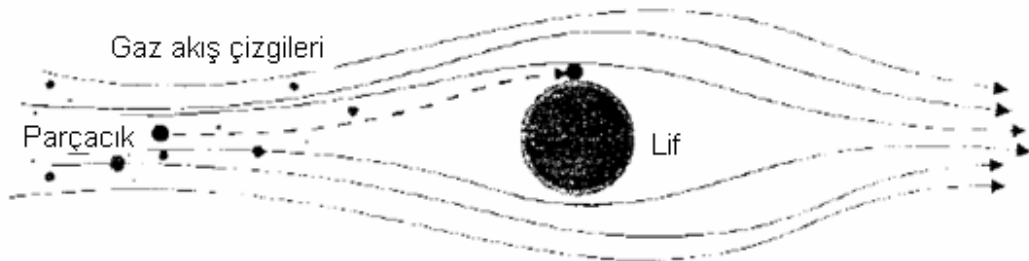
Filtreler gaz moleküllerinin içinden geçmesine izin verecek küçük gözeneklere sahiptirler. Bu moleküller filtredeki liflerin etrafında sürekli bir akıntı yaratmaktadır. Küçük parçacıklar bu gözeneklerin içinden gaz akıntısı ile kolayca taşınıp atmosfere çıkmaktadır. Fakat büyük parçacıkların böyle bir şansları yoktur. Büyük parçacıklar ataletleri nedeniyle lifin etrafından dolaşacak dönüşü yapamazlar. Bunun yerine lif yüzeyine çarpıncaya kadar düz gitmeyi sürdürürler. Bu davranış sonucunda çarpışma (impaction) olarak adlandırılan filtrasyon mekanizmalarından biri gerçekleşmiş olur (Şekil 1.1). (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)



Şekil 1.1 Filtrasyon mekanizmaları (Klingspor ve Vernon,1988)

Orta büyüklükteki parçacıklar ise daha küçük ataletle sahiptir. Gaz akıntısı ile birlikte lifin etrafından dolaşmaya çalışırlar fakat yapamazlar. Lifle direkt kafa kafaya çarpışmak yerine ona kenardan sürtünerek durur ve yakalanırlar. Bu da filtrasyon mekanizmalarından biridir ve direkt yakalanma olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1.2). (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

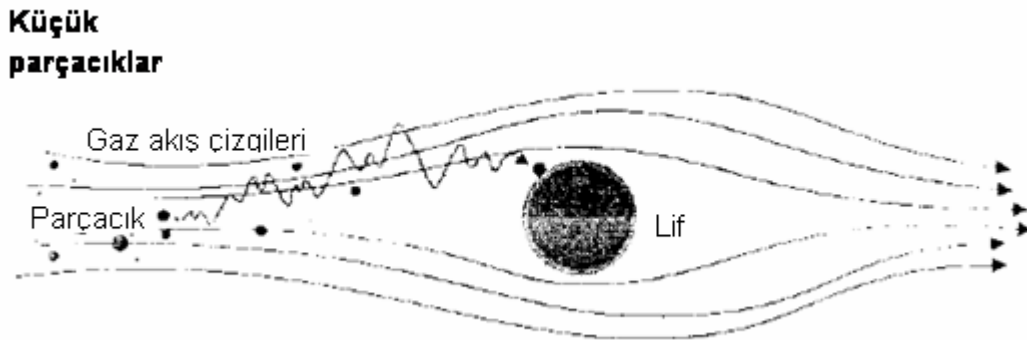
Orta büyüklükteki parçacıklar



Şekil 1.2 Direkt Yakalanma (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

Çarpışma ve direkt yakalanma kumaş filtre sisteminin aerodinamiği içinde bir mikrondan daha büyük çapa sahip olan parçacıkların % 99 unun toplanmasına neden olmaktadır (Bethea, 1978). Bu ölçüdeki parçacıklar için kumaş filtre sistemlerinin çok güzel bir hava kirliliği engelleme aracı olduğu görülmektedir.

Kumaş filtreler aerodinamik yasaları çerçevesinde bir mikrondan küçük çapa sahip parçacıkları da toplayabilmektedir. Bu boyuttaki parçacıkların gaz akıntısı içinde taşınabilecekleri düşünülebilir, fakat bunlar o kadar küçüktür ki gaz moleküllerine çarptıklarında sekerler ve yönleri değişir. Bu özgün ve gelişigüzel hareketler onların gaz içinde dağılmalarına sebep olmaktadır ve bu Brownian hareketi veya Brownian difüzyonu olarak bilinmektedir (Şekil 1.3). Parçacıklar gaz akıntısından farklı yoğunluklara sahip olabilmektedir ve bu da bir noktada lifle temasa geçmeleri ve toplanmaları anlamını taşımaktadır. (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)



Şekil 1.3 Brownian difüzyonu (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

Parçacıklar gaz akıntısının içindeki farklı özellikler nedeniyle de toplanabilmektedir. Rölatif olarak büyük parçacıklar yer çekiminin de etkisiyle toplama ünitelerine çökebilmektedir. Bu kuvvet, toz taşıyan gazın toz toplama ünitesine bir besleme hunisinden girip daha kumaş filtreye çarpmadan düşmesinde görülmektedir. Parçacıklar bir araya gelip yığılmak suretiyle boyutsal olarak büyüyerek lifler tarafından kolayca tutulabilmektedir. Bu büyük parçacıkları gaz akıntısı içinden filtre etmek daha kolaydır. (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

Bazı parçacıkların da küçük bir elektrostatik yükü olabilmekte ve karşı yükten bir materyal tarafından etkilenebilmektedir. Fakat lifin ve parçacığın yükü aynı ise bu elektrostatik etki tersine işleyebilmektedir. Bu durumda bu parçacıklar lif tarafından itilmekte ve toplanamamaktadır. Elektrostatik yükler parçacık boyutları bir mikrondan küçük ise toplamada işe yarayabilmektedir. Seçilen lif materyalinin kullanılışı veya özel bir kaplama da parçacık toplamada işe yaramaktadır (Frederick 1974). Farklı materyaller değişik miktar ve tipte elektrostatik yük oluşturabilmektedir.

1.2.2 Toz Toplama Sistemleri

Toz toplama sistemleri beş farklı tiptedir;

Kuru Mekanik Toz Filtreleri; Bu tip filtreler santrifüj esas alınarak tasarlanmışlardır. Yalnızca ön filtre olarak ve büyük boyutlu parçacıkların tutulması için kullanılabilirler. 15 mikron büyüklüğün üzerindeki parçacıkları % 70-80 randımanla tutabilirler.

Siklon ve Multi Siklonlar; Tozlu havanın silindirik gövdeye teğet şekilde verilmesi esas ile çalışmaktadırlar. Ağır parçacıklar aşağıya düşerken daha az tozlu hava yukarıya çıkmaktadır. Verimlilikleri silindir çapı ile orantılıdır. Siklonlar genelde parçacık büyüklüğü 10 - 100 mikron arasındaki parçacıkları tutmak için kullanılmaktadır. Siklonlar genelde toz arıtımı için birincil arıtma görevi üstlenmektedirler. Küçük boyutlu tozlar için verimlilik % 50 civarındadır. Birçok ufak siklon bir araya getirilerek multi siklonlar oluşturulmakta ve % 70'e varan toplama verimleri elde edilebilmektedir.

Elektrostatik Çöktürücüler (ESP); Elektrostatik bir alanda toz parçacıklarının elektrotlara yapışmasını esas alarak çalışmaktadırlar. Elektrostatik çöktürücüler özellikle ince tozların giderilmesinde ve özellikle bazı toksik metallerin emisyonlarının giderilmesinde oldukça verimlidirler. İyi tasarlanmış ve iyi işletilen sistemlerde % 99'a varan oranlarda ince tozları giderebilmektedirler. Yüksek

sıcaklıklara torba filtreler göre daha az hassastırlar ve düşük basınçlarda çalışırlar. Dezavantajları elektrik akımının frekans oynamalarına karşı hassas olmaları ve yüksek yatırım maliyetleridir (Yeni bir endüstriyel tesis için kapital maliyetinin % 12 si kadar).

Yaş Tip Toz Toplayıcılar; Akışkan gazdaki toz emisyonlarının sıvı spreylemek suretiyle tutulmasını temel almaktadırlar. Yüksek miktarda su tüketimine neden oldukları ve suyun kirlenmesiyle ilave bir çevre kirliliği yaratmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmazlar.

Torbalı Toz Toplama Sistemleri; Akışkan gaz içerisinde bulunan tozun, filtre torbası olarak kullanılan tekstil materyalinin kirli hava girişi tarafındaki yüzeyinde kalıp, istenilen toz yükü seviyesine getirilmiş olan havanın atmosfere salınması prensibine göre çalışmaktadırlar. Torba filtrelerde materyal seçimi gaz sıcaklığına ve ortam koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Torbalı toz toplama sistemleri % 99.9'a varan verimlerde çalışmaktadırlar.

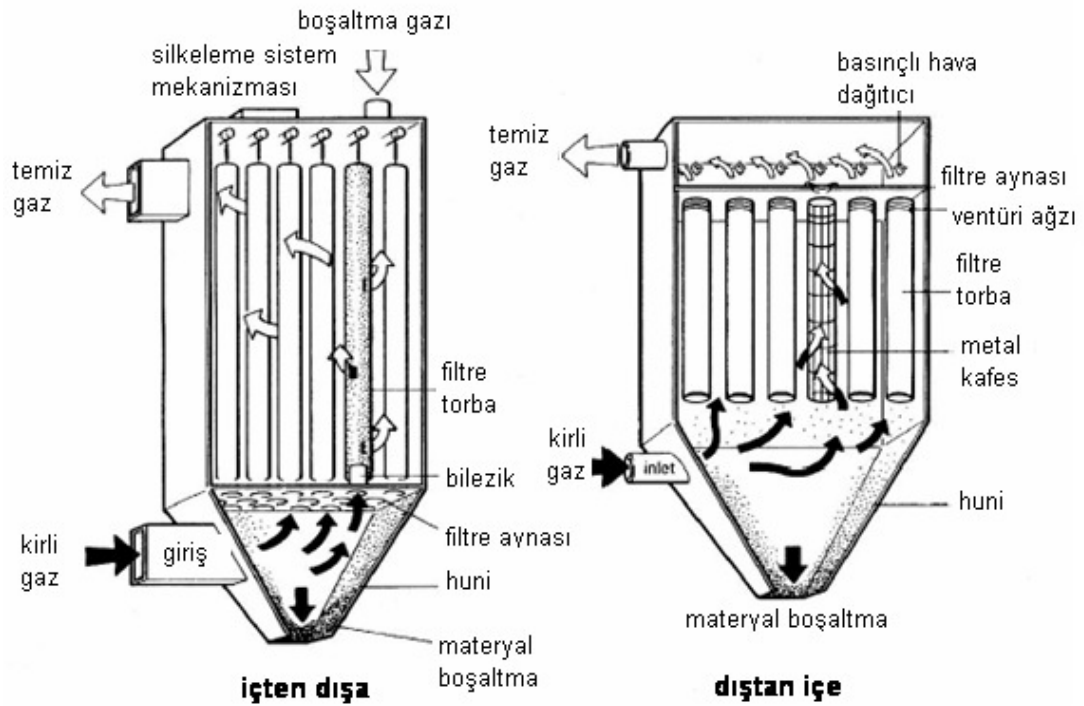
Torbalı toz toplama sistemleri, en verimli çalışan ve çevreyi kirletmeyen sistemler olması nedeniyle bu çalışmada torbalı toz toplama sistemleri incelenmiştir.

1.2.3 Torbalı Toz Toplama Sistemleri

Torbalı toz tutma sistemlerinde içten dışa ve dıştan içe olmak üzere iki olası çalışma prensibi vardır (Şekil 1.4). İçten dışa metotta kirli hava taşıyan baca gazı filtrenin içinden dışına doğru geçerken parçacıklar torbanın iç yüzeyinde kalırken temiz hava torbanın dış yüzeyinden çıkmaktadır. Dıştan içe metotta ise baca gazı torbanın dışından içine doğru hareket etmekte ve toz katmanı torbanın dış kısmında toplanmaktadır. Her iki sistemin avantaj ve dezavantajları filtre malzemesinin mekanik özelliklerine ve toz katmanın temizleme mekanizmasına bağlı olarak değişmektedir. (Zevenhoven, Kilpinen, 2001)

Torbanın üzerinde biriken bu toz katmanları farklı temizleme metotlarına göre uzaklaştırılmaktadır. Filtre temizleme metoduna göre üç farklı torba filtre sistemi kullanılmaktadır; ters hava akımlı sistemler, silkelemeli sistemler ve jet pulse sistemler. Bu sistemlerin çalışma prensipleri Şekil 1.5 de gösterilmiştir.

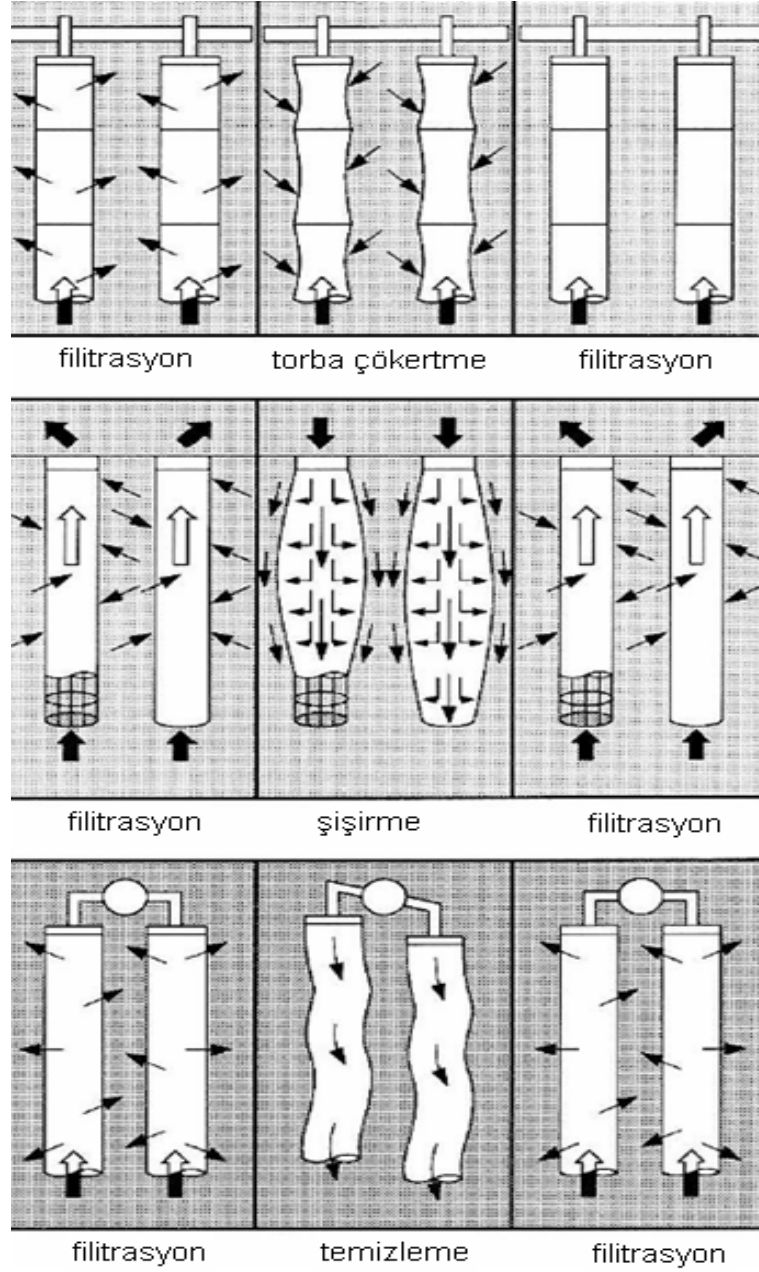
Ters hava akımı ve silkeleme prensibine göre çalışan sistemler çevrim dışı sistemler oldukları için temizleme sırasında kirli hava girişi geçici olarak engellenmeli veya bypass edilmelidir. Jet pulse sistemler ise online sistemlerdir, torbaların bir kısmı temizlenirken diğerleri filtrelemeye devam etmektedir. Günümüzde kullanılan sistemlerin büyük çoğunluğu jet pulse sistemlerdir. (Zevenhoven, Kilpinen, 2001)



Şekil 1.4 İçten dışa (sol) ve dıştan içe (sağ) filtrasyon sistemleri (Klingspor ve Vernon,1988)

Ters hava akımlı sistemler başka bir kaynaktan temiz hava kullanan içten dışa sistemlerdir. Ultrasonik ses dalgaları da toz katmanının filtreden ayrılmasında yardımcı eleman olarak kullanılabilir. Silkelemeli sistemler ters hava akımı sisteminin yanında mekanik bir sistem tarafından üretilen bir silkeleme gücü ile

çalışmaktadır. Silkeleme sistemlerinde toz katmanını filtreden ayırmaya yarayan güç atalet kuvvetidir, ters akımlı sistemlerde viskoz çekimdir, jet pulse sistemlerde de bu ikisinin kombinasyonudur. (Zevenhoven, Kilpinen, 2001)



Şekil 1.5 Filtre temizleme metoduna göre filtrasyon sistemleri; ters hava akımı (üst), jet pulse (orta), silkeleme (alt). (Soud, 1995)

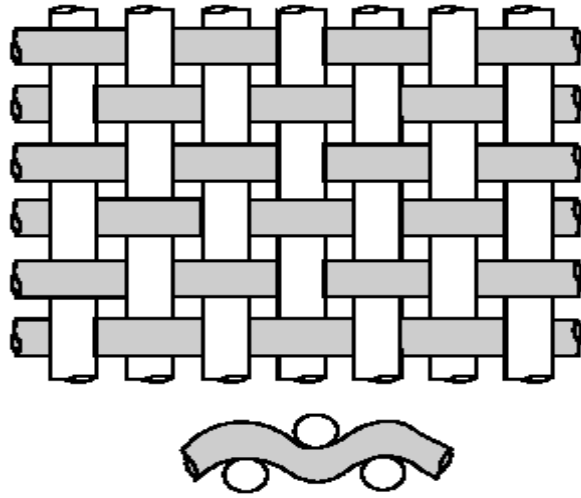
1.2.3.1 Torbalı Toz Toplama Sistemlerinde Kullanılan Yapılar

Torba filtreler dokuma veya dokusuz yüzey materyallerden yapılabilmektedir. Dokusuz yüzeyler de keçe veya membran olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birçok torba kısmen veya tamamen dokuma yapılardan oluşmaktadır; dokusuz kumaşlar da scrim denilen bir iç dokuma yapıya bağlanmaktadır. Dokuma filtreler sürekli tekrar eden bir yapıya (bezayağı, dimi ve saten gibi) sahiptirler. Keçe filtreler ise rasgele yerleşmiş liflerin bir tabaka halinde sıkıştırılması ve gevşek bir dokuma yüzeye tutturulmaları ile oluşmaktadır. Membran filtre ise ince, gözenekli bir membrandan (expanded polyfluorocarbon) oluşan özel bir film tabakasının gevşek bir dokuma yüzeye veya destek kumaşına bağlanması ile oluşmaktadır.

Dokuma filtreler genellikle silkeleme ve ters hava akımı metotları gibi düşük enerji tüketimli sistemlerde kullanılmaktadır. Dokusuz yüzeyden yapılan filtreler jet pulse sistemler gibi yüksek enerji tüketimi olan sistemlerde kullanılmaktadır. Membran filtreler ise yüksek nem ve yüksek basınç düşüşleri problemi bulunan ortamlarda yapışkanimsı gazdan yüksek verimlilikle parçacık filtrelemek için geliştirilmişlerdir.

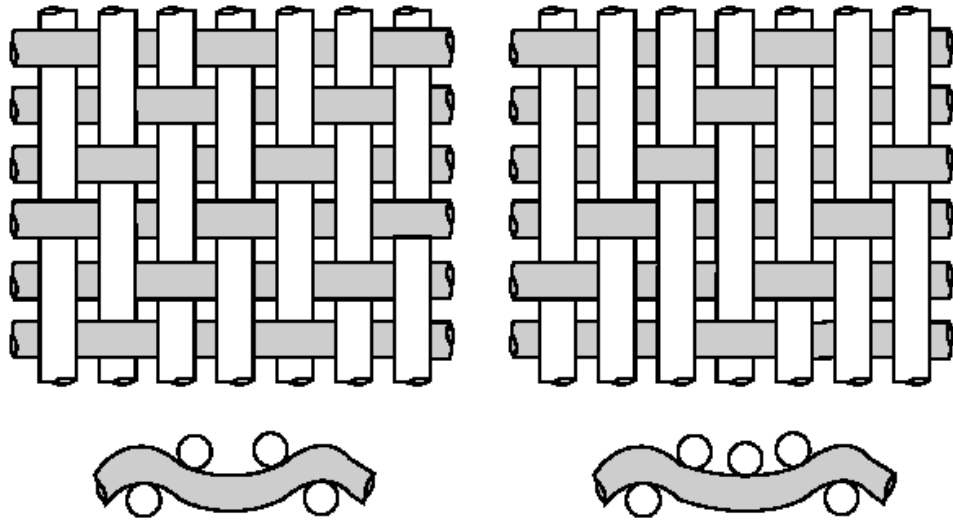
1.2.3.1.1 Dokuma Filtrasyon Materyalleri. Dokuma kumaşlar belirli bir düzene göre birbirinin alt ve üstünden geçen ipliklerden oluşmakta ve buna doku denilmektedir. Filtrede kullanılacak olan doku tipi filtrenin kullanım amacına bağlı olarak değişmektedir.

En basit yapı bezayağıdır. (Şekil 1.6) Bu yapı genellikle en sıkı ve kumaşta en küçük gözeneklere sahip dokuma şeklidir. Sonuç olarak parçacıkları hızlıca tutmaktadır. Fakat bu yapı filtre torbalarda toz katmanı oluşmadan da yüksek basınç düşüşlerine neden olması sebebiyle çok sık kullanılmamaktadır.



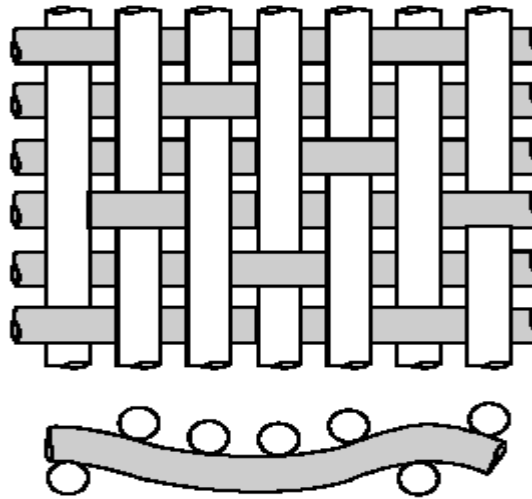
Şekil 1.6 Bezayağı dokuma (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

Kullanılan diğer bir dokuma yapı çeşidi de dimi yapılarıdır. Dimi yapıların karakteristik görünüşü diyagonaldir. Atkı ipliklerinin düzenli bir şekilde iki veya daha fazla çözgü ipliği üzerinden geçmesi ile oluşmuşlardır (Şekil 1.7). Takip eden atkı ipliği de bir iplik kayarak aynı deseni yapmaktadır. Dimi dokuma kumaşlar parçacıkları bezayağı kadar iyi tutamazlar, fakat onun kadar çabuk da gözenekleri dolmaz. Torbanın gözeneklerinin dolması tozun filtre içine gömülmesi ve torba temizleme prosesleri sonucunda torbadan ayrılmaması durumu olarak tanımlanmaktadır. Dimi dokumalardan yapılan filtre torbaların hava geçirgenlikleri iyidir ve aşınmaya karşı yüksek dayanımları vardır.



Şekil 1.7 Dimi yapıları (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

Saten dokumalarda kesişme noktaları arasındaki mesafeler artırılarak dimi dokumanın konseptinin ötesine geçilmiştir. (Şekil 1.8) Saten dokuma dimide olduğu gibi düzenli bir desene sahip değildir ve bunun sonucu olarak da düzensiz bir görünümü, daha pürüzsüz bir yüzeyi vardır. Saten dokumaya sahip kumaşlar diğer iki dokuma türüne göre daha esnektir. İplikler arasındaki serbestliğin artmasıyla parçacıkların yapıda tutulma olasılıkları azalmaktadır. Uzun yüzen atkılar daha çok çözgünün kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu da yüzey pürüzsüzlüğünü geliştirerek toz katmanı temizlenmesini kolaylaştırmaktadır. Fakat atkı ve çözgü iplikleri sıkı olarak dokunursa saten kumaşlar yüksek filtrasyon verimi göstermezler. Uzun iplik atlamaları aşındırıcı koşullardan kolay etkilenmektedir. Tablo 1.1' de dokuma kontrüksiyonun filtre kumaşı performansına etkisi görülmektedir.



Şekil 1.8 Saten dokuma (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

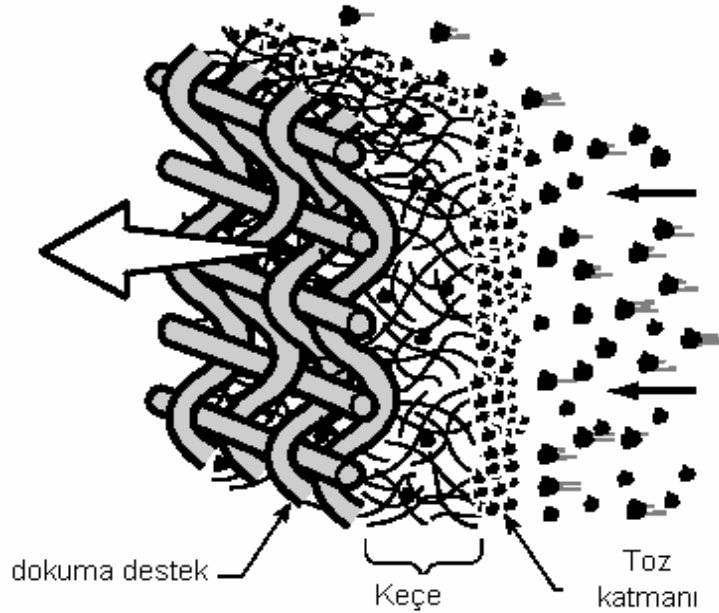
Tablo 1.1 Dokuma yapısının filtre kumaşı performansına etkisi (Purchas ve Sutherland, 2002)

Performans Kriteri	Seçim Sırası		
	1	2	3
Maksimum Filtrasyon	Bezayağı	Dimi	Saten
Akışa Minimum Direnç	Saten	Dimi	Bezayağı
Kolay Toz Katmanı Tabakası Deşarjı	Saten	Dimi	Bezayağı
Maksimum Kumaş Ömrü	Dimi	Bezayağı	Saten
Minimum Gözenek Dolma Eğilimi	Saten	Dimi	Bezayağı

1.2.3.1.2 Dokusuz Filtrasyon Materyalleri. EDANA' nın (European Disposables and Nonwoven Association), Index 99 fuarı için hazırladığı broşürde; sıvı ve kuru filtrasyon alanında kullanılan filtre materyallerinin % 90' ının dokusuz yüzeyler olduğu belirtilmiştir.

Keçe filtreler scrim denilen dokuma bir destek üzerine liflerin tutturulması ile üretilmektedir. Dokuma kumaşların tersine, lifler rastgele yerleşmişlerdir. Keçenin scrim denilen dokuma yapıya tutturulması kimyasal, ısıl, reçine veya iğneleme ile bağlama gibi metotlarla olmaktadır.

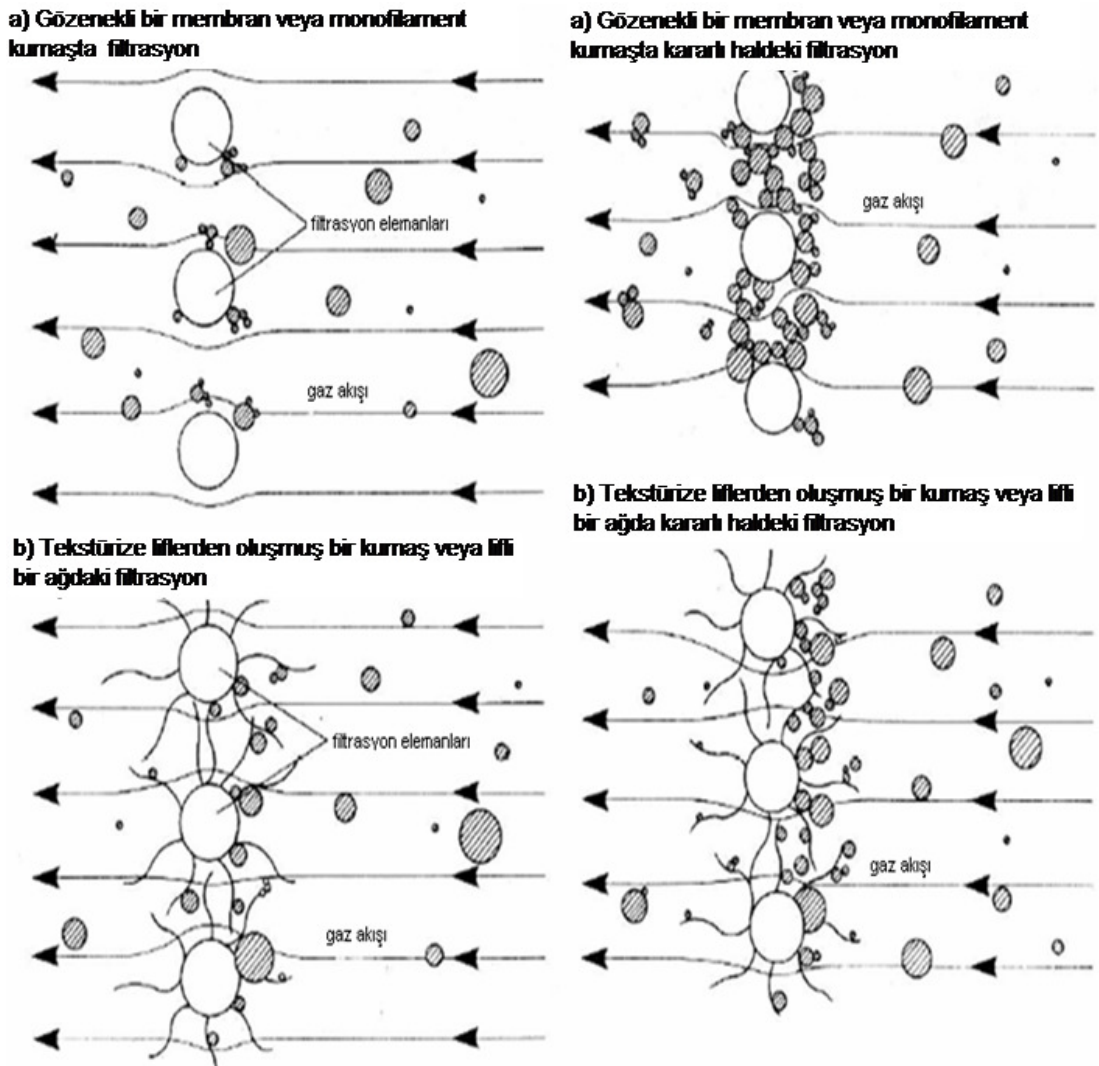
Küçük parçacıkları toplayabilmek için keçe filtreler dokuma filtrelerdekinden daha küçük gözeneklere sahiptirler. Genellikle keçe filtreler dokuma filtrelere göre 2-3 kat daha kalındırlar. Rastgele yerleşmiş her lif, çarpışma yoluyla parçacık tutmada işe yaramaktadır. Küçük parçacıklar filtrenin dış yüzeyinde toplanmaktadır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Örnek bir keçe filtre yapısı (Beachler, Joseph, Pompelia, 1995)

Keçe filtreler genellikle jet-pulse sistemlerde kullanılmaktadır. Jet pulse toz toplama sistemleri, silkeleme ve ters hava sistemlerine göre filtre yüzeyine oranla daha yüksek miktarda hava filtre etmektedirler.

Dokuma bir kumaşın ve iğneli keçenin gerçek filtreleme yüzeyi sadece torba değil, aynı zamanda torba üzerindeki toz katmanıdır. Torba tek başına büyük parçacıkların tutulabileceği bir yapı sağlamaktadır. Şekil 1.10'da da görülebileceği gibi toz katmanı oluşmuş bir filtredeki filtrasyon ile temiz veya toz katmanı yeni oluşmaya başlamış bir filtredeki filtrasyon süreci arasında fark vardır. Temiz veya toz katmanı yeni oluşmaya başlamış bir filtrede filtrasyon verimliliği en düşük seviyededir.

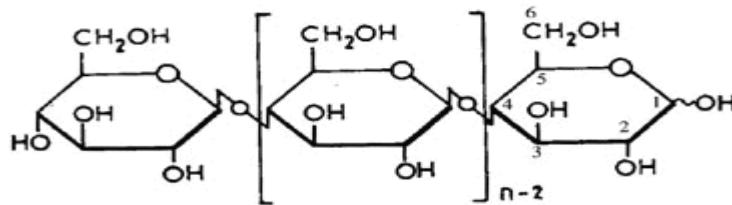


Şekil 1.10 Toz katmanı oluşmasının ilk aşamalarındaki (sol) ve oluşmuş toz katmanındaki (sağ) filtrasyon. (Klingspor ve Vernon 1988)

1.2.3.2 Torbalı Toz Toplama Sistemlerinde Kullanılan Lifler

Kumaş filtrelerde kullanılacak lifin tipi kontrol edilecek endüstriyel uygulamaya göre değişmektedir. Önceleri filtreler genellikle pamuk ve yün gibi doğal liflerden yapılmaktaydı. Bu lifler göreceli olarak ucuzdu. Fakat sıcaklık gibi bir kısıtlamaları vardı (100 °C) ve sadece ortalama bir aşınma dayanımına sahiptiler. Günümüzde kimyasal lifler doğal liflere göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü yüksek sıcaklıkta çalışabilmektedirler ve kimyasallara karşı daha iyi dayanımları vardır.

1.2.3.2.1 Rayon. Rayon, yumuşak, dökümlülüğü iyi olan ve kolay boyanabilen yüksek soğurganlığa sahip bir rejenere selüloz lifidir (Şekil 1.11). 149 °C ye kadar ısı dayanımı vardır. 175-200°C arasında karbonlaşarak bozulmaktadır. Düşük ıslak mukavemete sahiptirler. Kimyasal dayanımları ortalamadır. Statik elektrikle yüklenmezler. Biyolojik olarak dönüşebilir olması, kullanılıp atılabilme olanağı vermektedir. Güneş ışığı ve ortamdaki nem ile indirgenmektedir. Viskoz rayonunun tipik özellikleri Tablo 1.2 de verilmiştir(Huten,2007).



Şekil 1.11 Viskoz rayonu lifinin kimyasal yapısı

Tablo 1.2 Viskoz rayonu tipik özellikleri (Broughton, 1984)

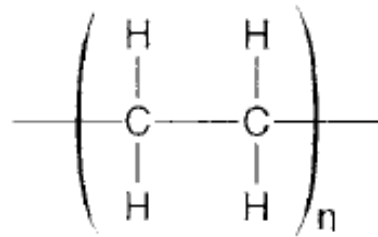
Özellik	
Erime noktası	>250 °C
Nem içeriği	% 6-8
Statik elektriklenme	Çok kuru ortam koşulları dışında elektriği depolamaz, iletir.
Boyanabilirlik	Farklı boyarmadde sınıfları ile mükemmel boyanabilirlik
Yoğunluk	1,5 g/cm ³
Mukavemet	3-5 g/denye

Tablo 1.2 Viskoz rayonu tipik özellikleri (Broughton, 1984) (Devamı)

Kopma uzaması	% 8 - 25
Modül	Orta
Aşınma dayanımı	İyi
Yanabilirlik	Kolay ve hızlıca yanar.
Asit / baz dayanımı	Mineral asitlerinden etkilenir, bazlara karşı dayanıklı
Oksidasyon /ışık	Güçlü oksidanlar ve UV ışığı ile degradasyona uğrar
Çözgenler	Cu ve Cd içeren amin kompleksleri

Filtre materyalleri nadiren % 100 rayondur. Genellikle poliester gibi liflerle bir karışım halinde kullanılmaktadırlar. Bu filtrenin hacimli olmasını sağlamaktadır. Poliester ile beraber kullanıldıklarında % 100 Poliesterin kuruluşunu ve statik elektriklenmesini dindirmek için bir miktar nem sağlamaktadır. Rayon içeren iğneli keçe yapılar genellikle hava filtrasyonunda kullanılmaktadırlar (Huten,2007).

1.2.3.2.2 Polietilen. Polietilen, etilen moleküllerinin polimerizasyonu ile üretilmektedir. Polietilen yalnızca karbon ve hidrojenden oluşmaktadır (Şekil 1.12). Tüm polimer yapılarının en basitidir. Uzun bir zincir boyunca düşük gözenekliliğe sahiptir. Polimer yüksek esnekliğe sahiptir. Düşük yoğunluklu, LDPE (Low Density Polietilen), ve yüksek yoğunluklu, HDPE (High Density Polietilen), tipleri vardır (Huten,2007).



Şekil 1.12 Polietilen lifinin kimyasal yapısı

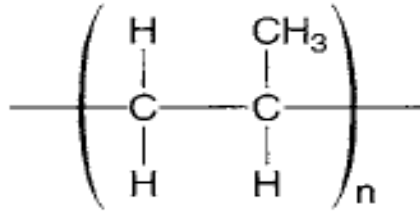
Polietilende hidrojen köprüsü oluşturacak gruplar yoktur, bu nedenle hidrofobiktir. Nem içeriği çok düşüktür. Diğer taraftan polimer lipofildir. Akışkan

içindeki sıvı hidrokarbonları ayırmada geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Lif, su absorbe etmemesi nedeniyle statik elektriklenmeye son derece duyarlıdır. Polimer yapısında kimyasal olarak aktif fonksiyonel gruplar bulunmaz. Bu nedenle kimyasallara karşı dayanımı iyidir. Polietilen yanmasına karşın alevle erimesi dolayısıyla alevlenmez. Polietilenin bazı önemli özellikleri Tablo 1.3 de verilmiştir (Huten,2007).

Tablo 1.3 Polietilen lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	110 °C LDPE - 130 °C HDPE
Camlaşma noktası	Yaklaşık 115°C
Nem içeriği	Standart koşullarda < % 0,1
Statik elektriklenme	Elektriği iletmez, depolar.
Boyanabilirlik	Boyanabilir
Yoğunluk	0,9 g/cm ³ LDPE, 0,95 g/cm ³ HDPE
Mukavemet	6 g/denye ye kadar, prosese bağlı
Kopma uzaması	% 50-600 (prosese bağlı olarak)
Modül	Oryantasyona bağlı olarak düşük -yüksek, yüksek gerginlikte deformasyon eğilimi
Aşınma dayanımı	Mükemmel
Yanabilirlik	Erir ve yanar, L.O.I. (Limit Oksijen indeksi) = 15
Asit / baz dayanımı	Mükemmel / İyi
Oksidasyon /ışık	Güçlü oksidanlar aşındırabilir, görece düşük ışık dayanımı
Çözgenler	Yüksek sıcaklıklardaki (>80 °C) hidrokarbonlar

1.2.3.2.3 Polipropilen. Polipropilen polietilenden polimer zincirine bağlanmış olan metil grubu ile ayrılmaktadır (Şekil 1.13). Metil grubunun yapısal engellemesi polipropilen polimerini polietilenden daha az esnek yapmaktadır. Ayrıca daha yüksek erime sıcaklığı ve camlaşma noktasına sahiptir. Alevle maruz bırakıldığında erir. Hava filtrasyonunda polipropilenin maksimum çalışma sıcaklığı 90-100 °C dir. Polipropilenin özellikleri Tablo1.4 de verilmiştir (Huten,2007).

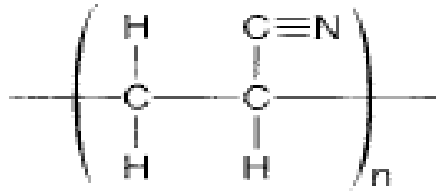


Şekil 1.13 Polipropilen lifinin kimyasal yapısı

Tablo 1.4 Polipropilen lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	165 °C
Camlaşma noktası	-15°C
Nem içeriği	Standart koşullarda > % 0,1
Statik elektriklenme	Elektriği iletmez, depolar.
Boyanabilirlik	Boyanabilir
Yoğunluk	0,9 g/cm ³
Mukavemet	7 g/denye ye kadar, prosese bağlı
Kopma uzaması	% 50-500 (prosese bağlı olarak)
Modül	Oryantasyona bağlı olarak düşük -yüksek, tipik olarak 20 -50 g/denye
Aşınma dayanımı	Mükemmel
Yanabilirlik	Erir ve yanar
Asit / baz dayanımı	Mükemmel / İyi
Oksidasyon /ışık	Güçlü oksidanlar aşındırabilir, görece düşük ışık dayanımı
Çözgenler	Hidrokarbonlarda, klorlu hidrokarbonlar

1.2.3.2.4 *Akrilik*. TAPPI TIP 1205-1 e göre Federal Ticaret Komisyonu akrilik liflerini ağırlıklarının % 85'ine varan oranda akrilonitril monomerleri içeren yapılar olarak tanımlamaktadır (Şekil 1.14). Yüksek akrilonitril içerdiklerinde polimer poliakrilonitril (PAN) olarak tanımlanmaktadır. Eğer akrilonitril içeriği % 35-85 arasında ise lif modakrilik olarak tanımlanmaktadır (Huten,2007).



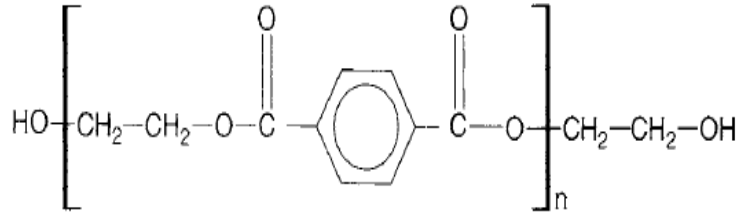
Şekil 1.14 Akrilik lifinin kimyasal yapısı

Akrilik lifleri polietilen ve polipropilen liflerine göre daha kırılkan ve daha az esnektir. Diğer taraftan daha iyi ısı dayanımı, iyi kimyasal dayanım ve güneşiği ve mikroorganizmalar gibi çevre bozucularına karşı kısmen daha iyi dayanım gibi özelliklere sahiptirler. Isı ve kimyasal dayanımı onu aşındırıcı filtre torba operasyonları için uygun yapmaktadır. Tablo 1.5 de akrilik liflerinin özellikleri özetlenmiştir (Huten, 2007).

Tablo 1.5 Akrilik lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	Ergime başlamadan kimyasal olarak bozuldukları için belirli bir erime noktaları yoktur
Camlaşma noktası	105°C
Nem içeriği	% 1-2
Statik elektriklenme	Elektriği iletmez, depolar.
Boyanabilirlik	Dispers ve katyonik boyalarla boyanabilir.
Yoğunluk	1,14-1,17 g/cm ³
Mukavemet	5 g/denye ye kadar, prosese bağlı
Kopma uzaması	% 10-50
Modül	Oryantasyona bağlı olarak düşük - orta, tipik olarak 5 - 10 g/denye
Aşınma dayanımı	Zayıf - ortalama
Yanabilirlik	Yavaşça yanar, eğer ortamda O ₂ yoksa siyanür gazı yayar.
Asit / baz dayanımı	Bir çok asit için mükemmel / Bazlara ortalama dayanım
Oksidasyon /ışık	Mükemmel
Çözgenler	Polar çözgenler ve yüksek sıcaklıklarda su

1.2.3.2.5 *Polietilentereftalat*. Poliester iki aromatik halkaya eklenmiş % 85 veya daha fazla oranda ester içeren yoğun bir polimerdir. Poliester üretmek için farklı kimyasal işlemler vardır. Fakat en sık kullanılanı tereftalik asit ile etilen glikolün reaksiyonu sonucu ortaya çıkar. Bu polimer polietilen tereftalattır (PET) (Şekil 1.15).



Şekil 1.15 Polietilentereftalat lifinin kimyasal yapısı

PET kısmen katı bir polimerdir ve ortalama bir gözenekliliğe sahiptir. 260 °C gibi kısmen yüksek bir erime noktasına sahiptir. Bu yüzden ısı dayanımı istenen yerlerde kullanılabilir. Çok az miktarda hidrojen köprüsü yapacak grubu vardır ve bunlar da tekrarlayan ünitelerde değil molekülün sonundadır. Polimerin neme karşı iyi bir dayanımı vardır ve çok az miktarda nem absorbe etmektedir. Düşük miktardaki nem polimerin statik elektrikle yüklenmesine neden olmaktadır. PET lifinin özellikleri ile maliyetindeki sürekli iyileşmeler onu dokusuz yüzey filtre pazarında çok popüler yapmaktadır (Huten,2007). PET liflerinin teknik özellikleri Tablo 1.6 da özetlenmiştir.

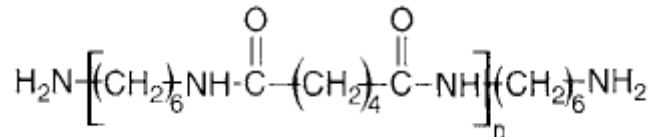
Tablo 1.6 PET lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	260 °C
Camlaşma noktası	85 °C
Nem içeriği	Standart koşullarda < % 1
Statik elektriklenme	Elektriği iletmez, depolar.
Boyanabilirlik	Dispers boyalar ile basınç ve yardımcı maddelerle boyanabilir
Yoğunluk	1,43 g/cm ³

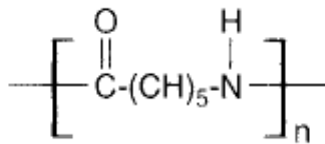
Tablo 1.6 PET lifinin özellikleri (Broughton, 1984) (Devamı)

Mukavemet	9 g/denye ye kadar
Kopma uzaması	% 15-500
Modül	Ortalama modülü 15 g/denye, endüstriyel lifler için 100 g/denye
Aşınma dayanımı	Mükemmel, bükülme dayanımı naylon ve olefin kadar iyi değil
Yanabilirlik	Yavaşça dumanlı yanar, L.O.I = 20
Asit / baz dayanımı	Asitlerden az etkilenir, sıcak seyreltik bazlar kolayca etkiler
Oksidasyon /ışık	Işık dayanımı oldukça iyi
Çözgenler	Trifloraktik asit, fenol/tetrakloroetilen karışımı ve derişik H ₂ SO ₄

1.2.3.2.6 *Naylon*. Naylon poliamid lifinin genel adıdır. Amerikan Federal Ticaret Komisyonuna göre naylon amid bağlarının % 85 den azı iki alifatik gruba (-CO-NH-) direkt olarak bağlı uzun zincirli bir sentetik poliamiddir (Huten,2007) (Şekil 1.16).



Nylon 6,6



Nylon 6

Şekil 1.16 Naylon 6 ve Naylon 6:6 liflerinin kimyasal yapısı

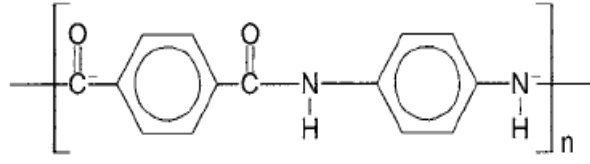
Naylon lifleri esnektir ve son derece mukavimdir. Her altı atomda bir olan hidrojen bağlayıcı kısımlar bir miktar nem soğurulmasını sağlamaktadır. Poliamidler

oksidanlara ve ultraviyole ışınlarına karşı dayanıklı değildir. Yağ ve birçok kimyasaldan meydana gelebilecek zararlara karşı ise dirençlidirler. Alkali çözeltilerinden etkilenirlerken zayıf asitlere karşı dirençlidirler. Naylon güçlü asitler içinde çözünmektedir. Poliamid lifine ait özellikler Tablo 1.7 de verilmiştir (Huten,2007).

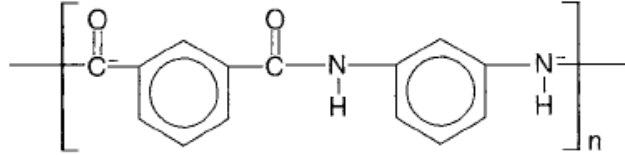
Tablo 1.7 Naylon lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	Naylon 6:6 260 °C, Naylon 6 220 °C
Camlaşma noktası	50 °C
Nem içeriği	Standart koşullarda % 4
Statik elektriklenme	Kuru ortamlarda elektriği iletmezler, nemli ortamlarda genellikle problem yoktur.
Boyanabilirlik	Direk, asit, dispers ve küp boyar maddelerle boyanabilirler.
Yoğunluk	1,12-1,15 g/cm ³
Mukavemet	10 g/denye den küçük
Kopma uzaması	% 20-500
Modül	Düşükten ortalamaya kadar.
Aşınma dayanımı	Mükemmel.
Yanabilirlik	Eridikten sonra yanar.
Asit / baz dayanımı	Bazlarda bozular, güçlü asitlerde çözülür.
Oksidasyon /ışık	UV ışıktaki ve oksidan çözümlerde bozular.
Çözümler	Güçlü mineral ve organik asitler ve diğer polar organikler

1.2.3.2.7 Poliaramid. Poliaramid liflerinin en iyi bilinen iki çeşidi; para-aramid (poliparafenilen tereftalamid) (Şekil 1.17) ve meta-aramiddir (polimetafenilen isoftalamid) (Şekil 1.18). Her iki polimer de naylona dayandığı için poliamid türevleridir. Farkları, naylonun amid yapısındaki karbon zinciri bağı ile oluşması, poliaramidlerin ise fenil bağlarından oluşmasıdır (Huten,2007).



Şekil 1.17 Para-aramid lifinin kimyasal yapısı



Şekil 1.18 Meta-aramid lifinin kimyasal yapısı

Tablo 1.8 Para-aramid lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	>500 °C
Camlaşma noktası	375 °C
Nem içeriği	% 1 - 4
Statik elektriklenme	Düşük statik birikim
Boyanabilirlik	Yüksek kristalin özellik nedeniyle düşük boyanabilirlik.
Yoğunluk	1,44 g/cm ³
Mukavemet	15 g/denye eğrilmiş olarak, gerilim altında tavlandığında 25 g/denye
Kopma uzaması	% 1-4
Modül	Çok yüksek
Aşınma dayanımı	Eriyikten çekilmiş liflere göre daha düşük, inorganik liflerden daha iyi.
Yanabilirlik	Tutuşmaz. L.O.I = 30.
Asit / baz dayanımı	Mükemmel
Oksidasyon /ışık	Ağartıcılar okside eder, uzun süre UV ye maruz kalırsa bozular.
Çözgenler	Derişik H ₂ SO ₄

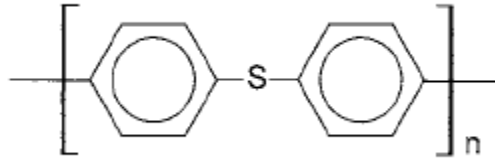
Her iki çeşit polimerden yapılan lif de ısıya karşı dayanıklıdır. Isı dayanımlı hava filtrelerinde uygulama alanı bulmaktadırlar. Para-aramid lifleri muazzam şekilde sağlamdır. Bir gerilim altında sertleştirildiklerinde mukavemetleri 25 g/denye kadar artmaktadır. Filtre materyali olarak kullanıldıklarında ise yalnızca statik elektrik birikmesini engelleyecek kadar nem absorbe etmektedirler. Para-aramid liflerinin özellikleri Tablo 1.8 de özetlenmiştir. Poliaramid polimerinin diğeri kadar güçlü olmayan fakat daha esnek olan meta-aramid formunun özellikleri Tablo1.9 da verilmiştir. Meta-aramid yüksek sıcaklık gerektiren torbalı filtre uygulamalarında iğneli keçe olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Zayıf asit ve zayıf alkalilere karşı aynı zamanda birçok hidrokarbona karşı dayanıklıdır. Daha yüksek ısı dayanımları vardır. İyi bir boyut stabiliteyi vardır, 218 °C ye kadar ısıtıldığında % 2'den fazla esneme veya çekme göstermezler(Huten,2007).

Tablo 1.9 Meta-aramid lifinin özellikleri (Broughton, 1984)

Özellik	
Erime noktası	390 °C
Camlaşma noktası	280-290 °C
Nem içeriği	% 4
Statik elektriklenme	Kuru ortamlarda statik yüklenme olasıdır.
Yoğunluk	1,38 g/cm ³
Mukavemet	2,6 - 2,9 g/denye
Kopma uzaması	% 19-22
Modül	8-14 N/tex
Aşınma dayanımı	Mükemmel
Yanabilirlik	Havada tutuşmaz, erir veya damlacıklaşır.
Asit / baz dayanımı	Güçlü asitlere karşı ortalama dayanım, alkali ve zayıf asitlere karşı iyi dayanım özellikleri.
Oksidasyon /ışık	Uzun süre UV ışığına maruz bırakıldığında sarılaşır.
Çözgenler	Sodyum hidroksit çözeltisi.

1.2.3.2.8 *Polifenilensülfür*. Polifenilen sülfür (PPS) (Şekil 1.19), yüksek sıcaklıktaki hava filtrasyon uygulamalarında kullanılan katı, termoplastik bir liftir.

200 °C nin altında lifi çözebilen hiçbir çözgen bilinmemektedir. 190 °C ye kadar sürekli sıcaklıkta çalışılan ortamlardaki filtre materyali için uygun bir liftir. Birçok aside, alkaliye, organik çözücüye ve okside ediciye karşı çok iyi bir kimyasal dayanımı vardır. Ayrıca gamma ve norton radyasyonlarına karşı da mükemmel dayanımı vardır. Güç tutuşur olmasından dolayı yüksek sıcaklık uygulamalarında çok tercih edilmektedir. PPS liflerinin bazı özellikleri Tablo 1.10 da gösterilmiştir (Huten,2007).



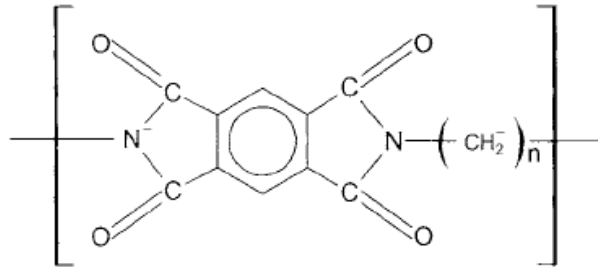
Şekil 1.19 Polifenilensülfür lifinin kimyasal yapısı

Tablo 1.10 PPS lifinin özellikleri (Huten, 2007)

Özellik	
Erime noktası	280 °C
Camlaşma noktası	90 °C
Nem içeriği	% 4
Yoğunluk	1,43 g/cm ³
Mukavemet	Çok yüksek
Kopma uzaması	% 5
Modül	Çok yüksek
Aşınma dayanımı	Mükemmel
Yanabilirlik	Tutuşmaz, L.O.I = 47
Asit / baz dayanımı	Güçlü asitlere karşı ortalama dayanım, alkali ve zayıf asitlere karşı iyi dayanım özellikleri.
Oksidasyon /ışık	Oksidasyona dayanıklı
Çözgenler	Yok

1.2.3.2.9 *Poliimid*. Poliimid lifleri genellikle ticari adı olan P-84 olarak bilinmektedir (Şekil 1.20). Lifin üç loblu bir kesit görünümü vardır. Bu filtrasyon

için yüzey alanını arttırmaktadır. Bu lif eşsiz bir ısı dayanım özelliği göstermektedir. 260 °C ye kadar sıcaklığa varan sürekli çalışma ortamlarında sorunsuz olarak kullanılabilir. Ayrıca iyi alev dayanımı vardır. Yüksek sıcaklıktaki hava ve duman uygulamalarında iğneli keçe olarak en iyi sonucu vermektedir. P-84 lifinin bazı tipik özellikleri Tablo 1.11 de gösterilmiştir (Huten,2007).



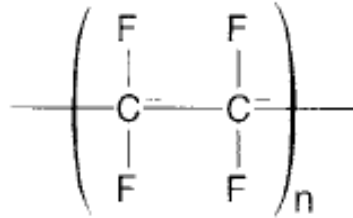
Şekil 1.20 Poliimid (P-84) lifinin kimyasal yapısı

Tablo 1.11 P-84 lifinin özellikleri (Huten, 2007)

Özellik	
Sürekli çalışma sıcaklığı	260 °C
Camlaşma noktası	315 °C
Yoğunluk	1,41 g/cm ³
Mukavemet	4,2 g/denye
Uzama	% 30
Yanabilirlik	Tutuşmaz. L.O.I. = 38
Boyutsal stabilite	250 °C de 10 dakika bekletildiğinde < %1
Kimyasal Dayanım	İyi

1.2.3.2.10 Politetrafloretilen (PTFE). PTFE, floropolimerlerin filtre uygulamalarında en çok kullanılan formudur (Şekil 1.21). Membran materyali, lif kaplaması veya lif olarak kullanılmaktadır. Lif, sıcak gaz filtrasyonu için iğneli keçe olarak ve sıvı filtrasyonu için de ıslak serimli dokusuz yüzey olarak üretilerek kullanılmaktadır. Membran filtre materyalleri PTFE nin önemli bir uygulama alanıdır. PTFE, hidrofobikliği, kimyasal dayanımı ve termal dayanım özelliklerinin

kombinasyonu ile eşsizdir. Tablo 1.12 de PTFE liflerinin bazı özellikleri listelenmiştir (Huten,2007).



Şekil 1.21 Politetrafloretilen lifinin kimyasal yapısı.

Tablo 1.12 PTFE lifinin özellikleri (Huten, 2007)

Özellik	
Erime noktası	327 °C
Sürekli çalışma sıcaklığı	260 °C
Nem içeriği	< % 0,1
Yoğunluk	2,13 - 2,22 g/cm ³
Mukavemet	2 g/denye
Kopma uzaması	% 25
Aşınma dayanımı	Mükemmel
Yanabilirlik	Alev uzaklaştığında söner L.O.I = 95.
Asit / baz dayanımı	Üstün
Hava koşullarına dayanımı	20 yıl etkilenmez
Çözgenler	Yok

1.2.3.2.11 Polibenzimidazol. Polibenzimidazol (PBI) eşsiz termal dayanımı olan bir liftir. Havada tutuşmaz ve erimez. Yüksek akkor kaybı özelliği, iyi kimyasal dayanımı ve iyi nem kazanım özellikleri bu lifi iğneli keçeler gibi alev almaz filtre materyali için iyi bir materyal yapmaktadır. Dayanım özellikleri kısmen az olmasına rağmen karbon ve poliaramid lifleri ile iyi şekilde harmanlanarak alev almaz iğneli keçelere yüksek performans sağlamak için kullanılmaktadır (Huten,2007). PBI ile ilgili Smith tarafından derlenen bilgiler Tablo 1.13 de sunulmuştur.

Tablo 1.13 PBI lifinin özellikleri (Smith, 2006)

Özellik	
Sürekli çalışma sıcaklığı	250 °C
Yanabilirlik	Tutuşmaz. L.O.I. = 41
Mukavemet	2,7 g/denye
Kopma uzaması	%29
Modul	32 g/denye
Kimyasal Dayanım	İyi- mükemmel

1.2.3.3 Torbalı Toz Toplama Sistemlerinde Filtrasyonda Önemli Özellikler

Aşağıda filtre materyallerinin filtrasyon sürecinde kısmen önemli olan özellikleri tanımlanmıştır.

1.2.3.3.1 Kimyasal Dayanım. Filtre materyalinin bir kimyasal ortama dayanımı, materyalin kimyasal yapısı bilindiğinden teknik bilgilerine bakılarak kontrol edilebilir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.2 Termal Dayanım. Kimyasal çevreye bağlı olarak materyalin çalışabileceği maksimum sıcaklık bilgisi teknik bilgilerden elde edilebilir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.3 Biyolojik Dayanım. Bu özellik sentetik materyallerden daha çok biyolojik bozulmaya dayanımı olmayan pamuk gibi doğal lifler için daha büyük öneme sahiptir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.4 Dinamik Dayanım. Liflerin dökülmesi veya filtre materyalinin parçacıklarının filtre içine migrasyonu temiz odadaki çevre kontrolünde veya elektronik endüstrisi için ultra temiz su üretimi gibi bazı kritik uygulamalarda üzerinde ciddiyetle durulması gereken bir konudur. Filtre malzemesi orijinal materyalin küçük parçacıklarını (ince lifler veya toz) ne kadar çok ihtiva ediyorsa, dökülme, saçılma potansiyeli de o kadar fazladır (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.5 Adsorbsiyon Karakteristiği. Adsorbsiyon mekanizması inter-moleküler çekim kuvvetleri ile ilgilidir (van der Waals gibi). Filtrasyon materyalinin yüzeyinde belirli tipte bir molekül veya iyon adsorbsiyonunun artması, filtre materyalinin gözeneklerinin dolmasına sebep olarak performansı etkilemektedir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.6 Atılabilirlik. Kullanılmış ve ıskartaya çıkarılmış filtre materyali bir fabrikanın atıklarını oluşturmaktadır ve çevre kirliliği oluşturmaması için gereken önem gösterilmelidir. Örneğin kaplama artıklarını lağıma atıp uzaklaştırmak mümkün değildir. Bunları toplayıp sudan uzaklaştıracak ikincil bir filtre gereklidir. Kullanılmış kumaş filtre ve kartuşların uzaklaştırılması için özel ayarlamalar gereklidir. Son günlerdeki eğilim mümkün olduğunca çok maddeyi geri dönüşüme tabi tutmaktır. Bu nedenle filtre materyalinin ve bunun kartuşunun geri dönüştürülebilir malzemedan yapılması önem arz etmektedir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.7 Tekrar Kullanıma Uygunluk. Bazı filtrasyon materyalleri sadece tek sefer kullanılabilmekte bazılarının ise sayısız bir ömrü olmaktadır. Bazılarının ise nasıl kullanıldıkları ve temizlendiklerine bağlı olarak arada bir ömrü olmaktadır. Bu büyük bir maliyet problemidir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.8 Maliyet. Farklı tip ve derecelerdeki binlerce çeşit filtre materyalinin metrekare fiyatları 10000 kat veya daha fazla değişmektedir. Materyalin tekrar kullanılabilirliği de önemlidir. Pratikte filtre materyalinin maliyeti yatırım maliyeti veya filtrasyon çalıştırma maliyetinin önemli bir kısmıdır (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.9 Sağlık ve Güvenlik. Potansiyel zararlardan bir tanesi toz filtrelerinde organik sıvıları filtre ederken farklı şartlar altında ortaya çıkabilen elektrostatik deşarj riskidir. Diğer zararlardan biri de filtre edilen tozların fiziksel veya kimyasal yapıları nedeniyle bunların solunması sonucu ortaya çıkabilmektedir. Kullanılmış

materyalin uzaklaştırılmasında, özellikle de zararlı materyaller içeriyorsa, işleme problemleri çıkabilmektedir (Purchas ve Sutherland, 2002).

1.2.3.3.10 Elektrostatik Özellik. Bazı filtre materyallerinde filtrasyon sürecinde oluşan statik elektriklenmenin zarar verici bir şekilde deşarjı söz konusu olmaktadır. Bu risk en belirgin olarak, baca gazından toz toplamada kullanılan kumaş torba filtrelerin uygulamalarında görülmektedir. Suyun ve sıvı çözeltilerin yüksek elektriksel iletkenliği nedeniyle bu risk sıvı filtrasyonunda yaygın değildir. Fakat organik çözücüler veya hidrokarbonlar gibi düşük iletkenliğe sahip materyaller ile eğer buna bir de düşük alevlenme noktası eklenmişse tutuşurma ihtimali olan bir deşarj riski vardır (Purchas ve Sutherland, 2002).

Hava/gaz filtrasyonu ile sıvı filtrasyonunda statik yüklenmenin yeri ile ilgili önemli bir fark vardır. Filtre materyalinden geçen temiz bir gaz yüklenemez fakat kirli gaz yüklenebilir. Gazda yüklenen gazın kendisi değil içerdiği parçacıklardır, bu yüklü parçacıklar da filtrenin yüklenmesine neden olmaktadır (Purchas ve Sutherland, 2002). Bu nedenle, yüksek elektrik iletkenliğe sahip anti-statik kumaşlar toz filtrelerindeki statik yüklenmeyi kontrol etmede kullanılmaktadır. Bu anti-statik kumaşların bazılarında kumaş yapısının içinde metal lifler bulunurken, diğerlerinde kumaş yapısının üzerinde iletken bir kaplama bulunmaktadır (Purchas ve Sutherland, 2002).

Elektrostatik özelliğin tamamen farklı bir davranışı da elektrostatik olarak yüklenmiş liflerin orta boyuttaki parçacık toplama verimini artırması ile ilgilidir. Bu konuya filtrasyon mekanizmaları kısmında değinilmiştir.

1.3 Plazma Teknolojisi

Plazma, maddenin dördüncü hali olarak tanımlanmaktadır. Maddenin bu hali ilk kez 1879 yılında Sir William Crookes tarafından, deşarj tüplerindeki ışık yayan madde olarak tanımlanmıştır. İlk kez 1928 yılında Irving Langmuir eşit sayıda zıt yüklü elektron ve iyon içeren bir bölgeyi tanımlamak için "plazma" terimini

kullanmıştır. Katı bir madde ısıtıldığında ilk olarak sıvı hale geçmekte, sıcaklık artırılmaya devam ederse sıvı, gaz haline geçmektedir. Eğer bu gaza daha fazla enerji tatbik edilirse genel elektriksel nötralliğini korumasına rağmen elektriksel olarak iletken hale gelmektedir. Bunun sebebi elektronların gaz molekül veya atomlarından ayrılmak için gerekli enerjiyi kazanmış olmalarıdır. Plazma, pozitif yüklü iyonlar, negatif yüklü elektronlar ve nötral parçacıkların bir karışımıdır (Franklin ve Brathwaite, 2009; Kickuth, 2001).

Tekstil materyallerinin modifikasyonunda kullanılan geleneksel tekstil terbiye işlemlerinde çok miktarda su ve kimyasal madde kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak geleneksel tekstil terbiye işlemlerinde yüksek miktarda enerji tüketilmektedir bu nedenle maliyetli işlemlerdir. Ayrıca son yıllarda artan çevre bilinci, tekstil materyallerinin modifikasyonu sonucu ortaya çıkan atıkların çevresel olarak bir tehdit oluşturması gibi nedenler de tekstil endüstrisini bu geleneksel yöntemlere bir alternatif arayışına sokmuştur. Alternatif modifikasyon yöntemleri üzerine yapılan yoğun araştırmalar sonucunda plazma teknolojisinin tekstil işlemlerinde kullanılması çalışmaları başlatılmıştır. Plazma yüzey modifikasyon teknikleri, su ve kimyasal kullanımı gerektirmediğinden daha ekolojik ve ekonomik proseslerdir.

Plazma, 1960'lı yıllardan beri materyal bilimlerinde kullanılmaktadır. Plazma teknolojisi elektronik, otomotiv, çelik, biyomedikal ve zehirli atık yönetimi endüstrileri için kritik bir yere sahiptir (Bogaerts, Neyts, Gijbels ve Van der Mullen, 2002; La Porte, 1997; Li, Ye ve Mai, 1997; Lieberman ve Lichtenberg, 2005; Shishoo, 2007).

Plazma işlemleri çevre kirliliği yaratmayan, düşük miktarlarda su ve kimyasal madde kullanılan işlemlerdir. Bu avantajları nedeniyle, tekstil materyallerinin plazma teknolojisi ile modifikasyonu üzerine çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır. Plazma işlemlerinin kullanılabileceği tekstil proseslerine örnek olarak; haşıl sökme, boya alımını artırma, keçeleşmezlik, ıslanabilirlik ve güç tutuşurluk kazandırma işlemleri verilebilmektedir (Cai, Qiu, Zhang, Hwang ve Mccord, 2003).

1.4 Önceki Çalışmalar

Bhat ve Benjamin (1999), RF plazma cihazı ile farklı güç seviyeleri ve sürelerde hava plazması işlemine tabi tutulmuş pamuk ve poliester kumaşların, nem içerikleri ve yüzey direnç davranışlarını incelemişlerdir. Aynı kumaşları plazma ile kombine edilmiş poliakrilamid ve poliakrilonitril aşılamlarına tabi tutmuşlar ve elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada materyal olarak ağartılmış bezayağı pamuklu (38 çözgü/cm, 20 atk/cm, 103 g/m²) ve % 100 poliester (47 çözgü/cm, 36 atk/cm, 96 g/m²) kumaşlar kullanılmıştır.

Plazma işlemi görmüş pamuğun düşük bağıl nemlerdeki nem içeriklerinin; işlem görmemiş pamuğa yakın olduğunu, % 70 bağıl nemde ise plazma işlemi görmüş pamuğun nem içeriğinin işlem görmemiş pamuktan düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Plazma işlemi görmüş pamuk için her güç seviyesinde işlem süresi arttıkça yüzey direncinin düştüğünü, tüm bağıl nem değerlerinde plazma işlemi görmüş pamuğun yüzey direncinin işlem görmemiş pamuktan daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Bağıl nemin artması ile yüzey direncinin azalmasının nedeni plazma işleminin pamukta yüzey oksidasyonuna sebep olarak karbonil gruplarını oluşturmasıdır (Wrobel ve ark. 1978). İşlem süreleri artarken her güç seviyesinde yüzey direnci düştüğü halde, yüzey direnci daha düşük bir güç seviyesindeki karşılığında yüksektir. Artan gücün artan yüzey oksidasyonuna sebep olarak yüzey direncini düşürmesi gerektiğini fakat sonuçların bunu göstermediğini belirtmişlerdir. Güç arttığında reaktif grupların çapraz bağ oluşturma eğiliminin artmasını ve bunun da yük taşıma potansiyellerini azaltmasını, bu durumun sebebi olarak görmüşlerdir.

Plazma işlemi görmüş poliester kumaş için ise kısa işlem süreleri ve güç seviyelerinde nem içeriğinin belirgin bir şekilde etkilenmediğini, fakat yüksek güç seviyeleri ve işlem sürelerinde nem içeriğinin belirgin bir şekilde arttığını gözlemlemişlerdir. Oksidasyon reaksiyonları sonucu oluşan polar grupların veya lif yüzeyinde oluşan boşluk ve aralıkların nem emilimine yardım etmiş olabileceğini belirtmişlerdir. Plazma işlemi ile poliesterin yüzey direncinde güçlü bir düşüş

oluşturduğunu göstermişlerdir. Plazma sistemine uygulanan güç veya işlem süresi arttırıldığında poliesterin yüzey direnci düşmektedir. Yüzey direncindeki değişimin temel sebebinin, lif yüzeyinde polar gruplar oluşması, lif üzerinde oluşan boşluk ve aralıkların poliesterin fiziksel yapısını değiştirerek elektriksel iletkenliğin değişmesi olduğunu belirtmişlerdir. Lif yüzeyinin artan kapasitesi nemi tutmakta ve nemce daha zengin bir yüzey oluşturarak lifin yüzey direncini düşürerek elektriksel iletkenliği iyileştirmektedir.

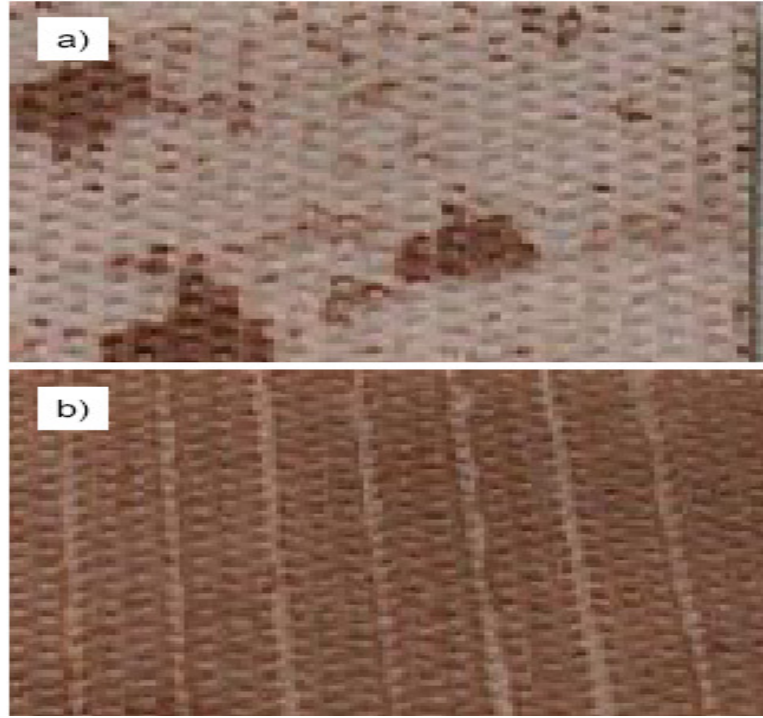
Poliakrilamid ile aşılanmanın pamuğun yüzey direnci belirgin bir şekilde düşürdüğünü, poliakrilonitril ile aşılanmanın ise yüzey direnç değerlerinin marjinal şekilde yüksek olmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Plazma ile kombine edilmiş aşılama, poliester kumaşın yüzey direncini de belirgin bir şekilde düşürmektedir. Plazma ile aşılama işlemi görmüş pamuk ve poliester kumaşlar için önemli bir noktanın da, küçük miktarda bir monomer ilavesinin yüzey direncinde belirgin bir düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir.

Cernakova, Szabova, Wolfova, Bucek ve Cernak (2007), polipropilen dokusuz yüzeyleri atmosferik basınç altında hava plazması ile işleme tabi tutmuşlardır. Bu çalışmada plazma sistemi olarak Çek ve Slovak Üniversitelerinin ortak çalışması ile ortaya çıkan, Diffuse Coplonar Surface Barrier Discharge (DCSBD) kullanılmıştır. DCSBD' nin diğer atmosferik basınçlı plazma sistemlerinden farkı; ortam havası koşullarında soğuk plazma yaymak gibi bir özelliğe sahip olmasıdır, bu da çalışma gazı atmosferindeki pahalı asil gaz ihtiyacını elimine etmektedir. Deneylerde 50 g/m^2 ağırlığında, 272 ± 22 mikron kalınlığında, ortalama $26 \pm 0,2$ mikronluk çapa sahip liflerden yapılmış, 37 mikronluk ortalama gözenek çapına sahip polipropilen spun bond dokusuz yüzey kullanılmıştır.

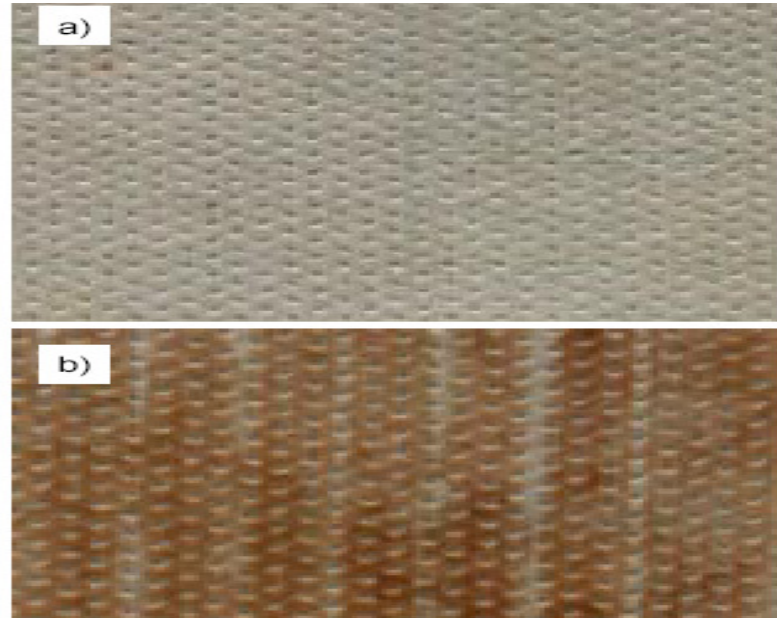
Plazma aktivasyonu yapılmış polipropilen dokusuz yüzeylerinin lif yüzeyinde, herhangi bir yüzeyaktif madde veya organik çözücü kullanılmadan, Fe_2O_3 nano yapıları parçacıkların nasıl biriktiğini göstermek için 1 g kümelenmiş nano parçacık 1 litrelik saf su ile karıştırılarak 30 dakika süresince ultrasonik banyo işlemine tabi tutmuşlardır. Plazma ile aktive edilmiş ve edilmemiş polipropilen dokusuz yüzey

numuneleri 10 saniye süreyle bu ultrasonik titreşim verilen dispersiyonda bekletilmiş, daha sonra çıkartılıp 24 saat suresince hava ile kurutulmuşlardır. Daha sonra numuneler 30 dakika süre ile damıtılmış su ile ultrasonik banyoda yıkanmışlar ve tekrar kurutulmuşlardır. Tüm bu prosesleri oda sıcaklığında gerçekleştirmişlerdir.

Şekil 1.22 bu prosedüre göre işlem görmüş, plazma aktivasyonu yapılmış ve yapılmamış numunelerin görsel farklılığını göstermektedir. Şekil 1.22’de de görüldüğü gibi plazma aktivasyonu yapılmış hidrofilik polipropilen dokusuz yüzeyin, şerit elektrot yapısına denk gelen şeritli bir desende çok daha uniform olarak Fe_2O_3 katmanı ile kaplandığını göstermişlerdir. Bunun plazma aktivasyonu yapılmadan kaplanmış numunelerden farklı olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 1.23’de de plazma işlemine tabi tutulmamış bir polipropilen dokusuz yüzeyi ile plazma aktivasyonu yapılmış ve Fe_2O_3 katmanı kaplanmış ve daha sonra yıkama döngüsüne sokulmuş numuneleri karşılaştırmışlardır. Numuneler yıkama işlemine tabi tutulduğunda nano toz kaplamanın büyük bir kısmının gittiğini, fakat plazma işlemi görmüş numunede bağlanan Fe_2O_3 lerin bir kısmının iyi bir dayanım gösterdiğini ve yıkama ile veya mekanik bir etki ile gitmediğini belirtmişlerdir.



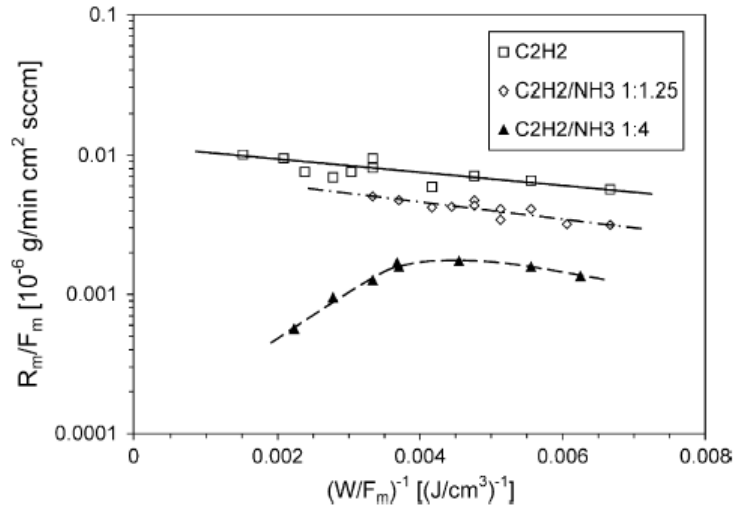
Şekil 1.22 Plazma işlemi görmemiş (a) ve ortam havası ile plazma işlemine tabi tutulmuş (b) PP dokusuz yüzey numunelerinin Fe_2O_3 parçacık kaplaması sonrası görüntüleri arasındaki fark (Cernakova, Szabova, Wolfova, Bucek ve Cernak, 2007).



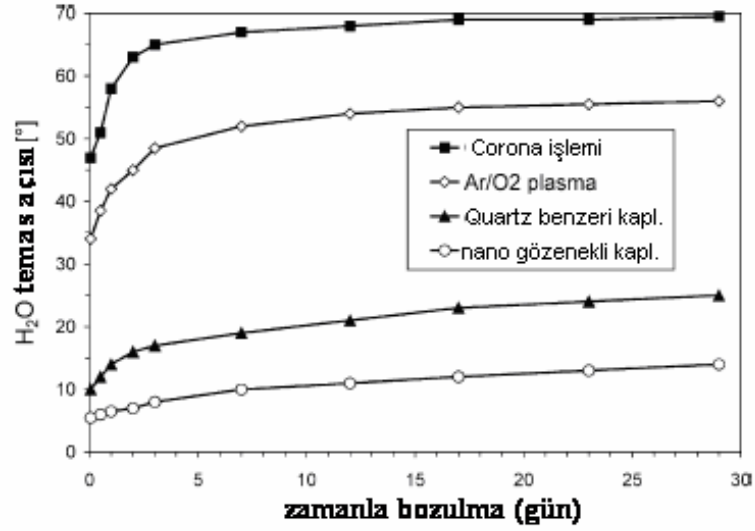
Şekil 1.23 Fe_2O_3 kaplaması ardından yapılan yıkama işleminden sonra plazma işlemi görmemiş (a), ve plazma aktivasyonuna tabi tutulmuş (b) numuneler arasındaki fark (Cernakova, Szabova, Wolfova, Bucek ve Cernak, 2007).

Hegemann, Hossain ve Balazs (2006), nanogözenekli kaplamalar elde etmek için düşük basınçlı RF plazmasında $C_2H_2 / NH_3 / Ar$ gaz karışımlarını kullanmışlardır. Plazma polimerizasyonunu sağlamak için 13,56 MHz de çalışan dahili elektrotlu RF plazma reaktörü kullanmışlardır. Çalışma sırasında oluşan elektriksel plazma şartlarını V/I sondası (ENI model 1065) ile dikkatli bir şekilde gözlemlemişlerdir. Kütleli çökme oranlarını, ince lamaların plazma polimerizasyonu öncesi ve sonrası tartarak ölçmüşlerdir. Statik su temas açılarını ölçmek için bir goniometre kullanmışlardır. Kaplama yüzeyindeki nanoparçacık dağılımını belirlemek için yüksek çözünürlüklü SEM' den (Scanning electron microscope) yararlanmışlardır.

Plazma polimerizasyonunda saf asetilen kullanıldığında en yüksek çökme olduğunu, 1:1,25 oranında C_2H_2 / NH_3 karışımı kullanıldığında ise çökmenin azaldığını belirtmişlerdir (Şekil 1.24). PET folyolarını hidrofilleştirmek için farklı hidrofilleştirme işlemlerini karşılaştırmışlar ve en iyi sonucun nanogözenekli kaplamalarla elde edildiğini belirtmişlerdir (Şekil 1.25). Nanogözenekli yapıların suyun yüzeyde yayılmasını destekleyerek tekstilin tamamen ıslanmasını sağladığını ifade etmişlerdir.

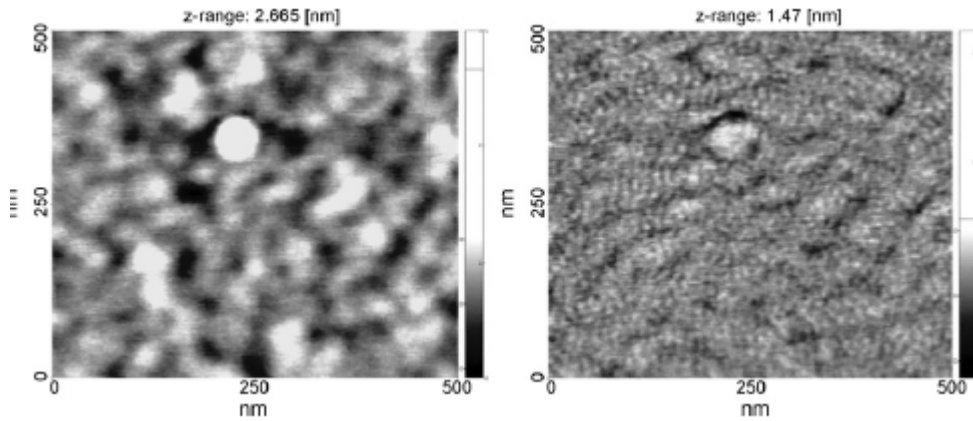


Şekil 1.24 Gaz oranına ve enerji girişine bağlı olarak plazma polimer çökmesi (Hegemann, Hossain ve Balazs, 2006).



Şekil 1.25 Farklı plazma işlemlerine tabi tutulmuş PET folyoların su ile temas açılarının kalıcılığı. Nano gözenekli kaplama 1:4 oranında C₂H₂ / NH₃ oranı ile çöktürülmüştür (Hegemann, Hossain ve Balazs, 2006).

Yüzey dokusu ve nanogözenekli yapıyı incelemek için AFM (Atomic force microscopy) ile gözlemler yapılmışlar ve plazma polimer ağındaki 25 nm den küçük boşlukları görüntülemişlerdir (Şekil 1.26).



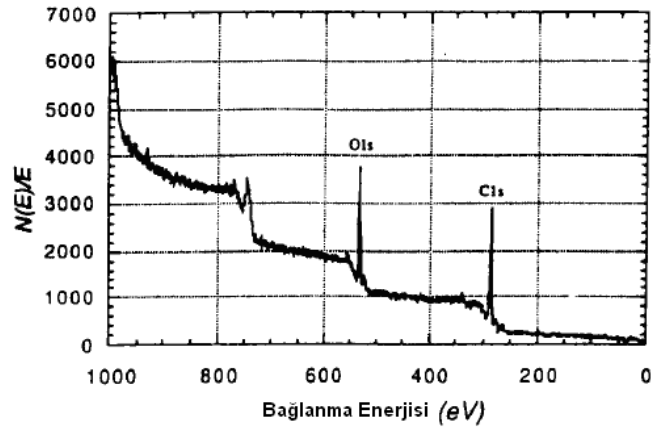
Şekil 1.26 Nano gözenekli -C:H:N kaplamasına (C₂H₂/NH₃ 1:1,25) ilişkin AFM topografisi (solda) ve faz kontrast görüntüsü (sağda) (Hegemann, Hossain ve Balazs, 2006).

Negulescu ve diğer. (2000), PET kumaşları radyo frekansında plazma işlemine tabi tutmuşlardır. Deneylerde; bezayağı dokumaya sahip, 106 çözgü / 59 atkı

oranında, 150 g/ m² ağırlığında PET kumaş kullanılmıştır. PET kumaşların tüm silikon tetraklorür (ST) radyo frekanslı plazma işlemleri 50 Hz sığalı paslanmaz çelik reaktörde yapılmıştır. Bu çalışmadaki plazma süreleri 2-10 dakika arasında, plazma basıncı 220 m Torr ve elektrotlara uygulanan dağıtım gücü 150 W olarak tutulmuştur.

Kontrol numunesi ve ST plazma işlemi görmüş PET numunesi için karşılaştırmalı incelemeler ve yüksek çözünürlüklü (HR) x-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS)(ESCA) verilerini toplamışlardır. 2x30 mm ölçülerine sahip kumaş kesitlerini Cahn dinamik temas açısı analizörü ile (150 mm/dak hız, %52 nem, 25°C) değerlendirmişlerdir. Elektriksel deşarj plazması sonucu PET kumaşların yüzey yapılarında oluşan değişiklikleri de SEM vasıtası ile incelemişlerdir. Kumaşların mekanik ve yüzey özelliklerini ölçmek için Kawabata sistemi kullanılmıştır.

İşlem görmemiş ve ST plazma işlemi görmüş PET numuneleri HR ESCA tekniği ile analiz etmişlerdir. Şekil 1.27 ve Şekil 1.28'de sırasıyla, orijinal PET numunesinin ve 2 dakika ST plazma işlemi uygulanmış numunenin ESCA diyagramları görülmektedir. ST plazma işlemi sonrasında yüzey bağıl karbon ve oksijen atom konsantrasyonlarındaki değişimin dikkate değer olduğunu göstermişlerdir (Tablo 1.14). Kontrol numunesinin atomik yapısına kıyasla ST plazma işlemi görmüş numunede daha yüksek bir oksijen içeriği (% 43) ve daha düşük bir karbon içeriği (% 40) gözlemlenmiştir. Atmosferik nem koşullarında SiCl_x gruplarının yüksek reaktifliği sonucu Si-Cl bağlarının büyük bir kısmı Si-OH gruplarına döndüğünü ve bunun da oksijen konsantrasyonundaki yükselmenin kısmi sebebi olduğunu belirtmişlerdir.

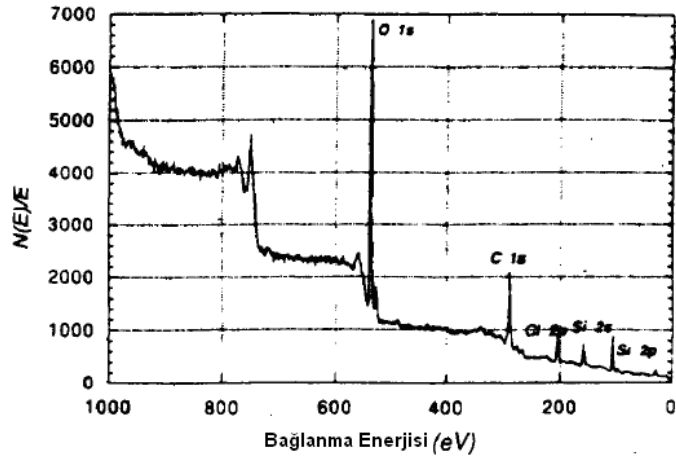


Şekil 1.27 İşlem görmemiş PET numunesine ait ESCA yüzey spektrasi (Negulescu ve ark., 2000).

Tablo 1.14 PET kumaş yüzeylerine ilişkin rölatif ESCA atomik içerikleri (Negulescu ve ark., 2000).

PET kumaşı	C1s	O1s	Si2p	Cl2p
İşlem görmemiş numune*	70,69	29,31	0,00	0,00
ST plazma işlemi görmüş numune	40,02	43,09	12,27	4,61

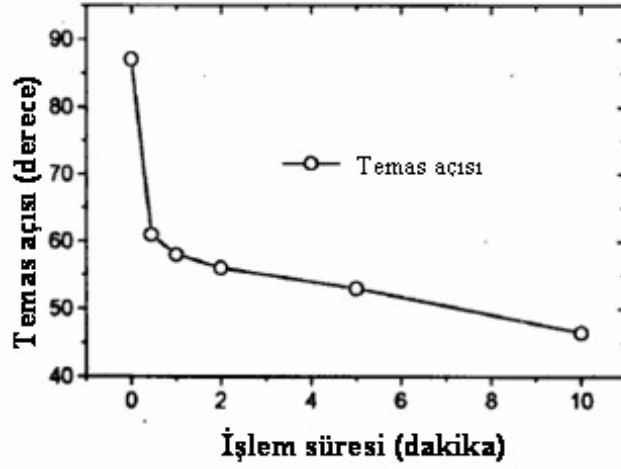
* PET tekrarlayan ünitesinin teorik atomik içeriği: % 71,43 C ve % 28,57 O.



Şekil 1.28 SiCl_4 plazma işlemine tabi tutulmuş PET numunesine ait ESCA yüzey spektrasi (Negulescu ve ark., 2000).

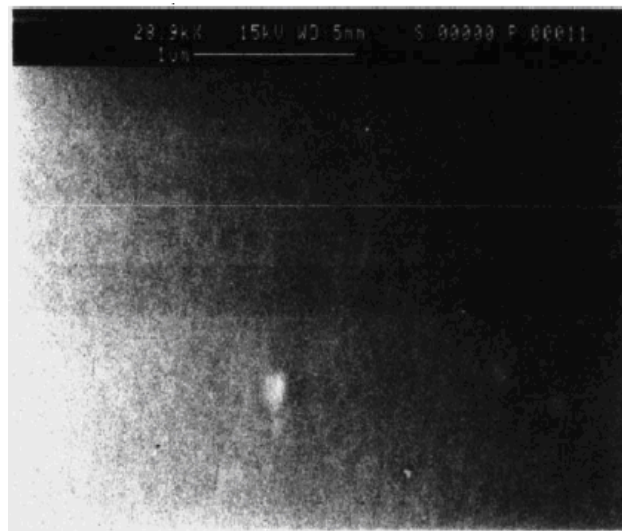
Çok kısa süreli (30 saniye) bir plazma işleminin bile işlem görmemiş PET numunesinin 86° olan temas açısını 60° ye düşürdüğü gözlemlenmiştir (Şekil 1.29).

5-10 dakikalık uzun plazma işlem sürelerinin bu açığı 40 ° nin altına indirdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 1.29 Farklı sürelerde ST plazma işlemine tabi tutulmuş PET numunelerine ilişkin temas açısı değerleri (Negulescu ve ark., 2000).

İşlem görmemiş ve ST plazma işlemi görmüş PET numunelerinin SEM görüntülerini de karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir (Şekil 1.30 - 1.31). Plazma işleminden sonra PET liflerinin yüzeyinde oluşan mikro metrik yarıkların (Şekil 1.30), yüzey ıslanabilirliğinin artmasında tamamlayıcı bir faktör olduğunu belirtmişlerdir.



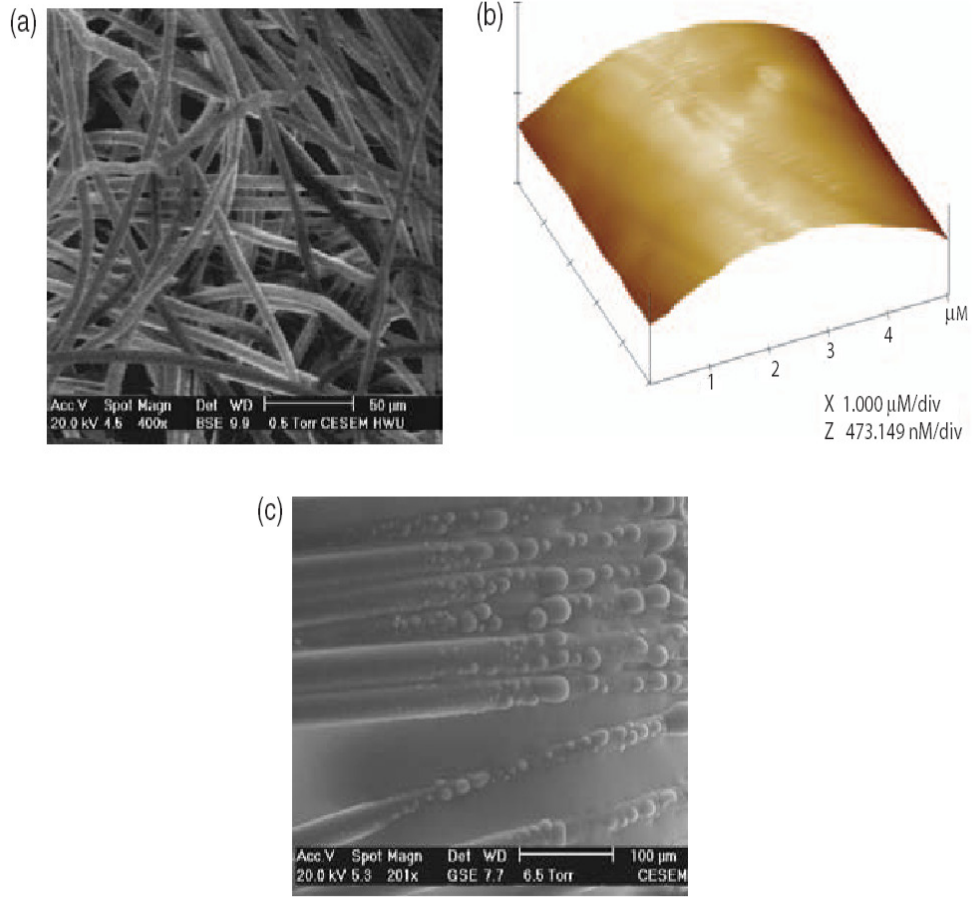
Şekil 1.30 İşlem görmemiş PET numunesine ait SEM görüntüsü (Negulescu ve ark., 2000).



Şekil 1.31 ST plazma işlemi görmüş PET numunesine ait SEM görüntüsü (Negulescu ve ark., 2000).

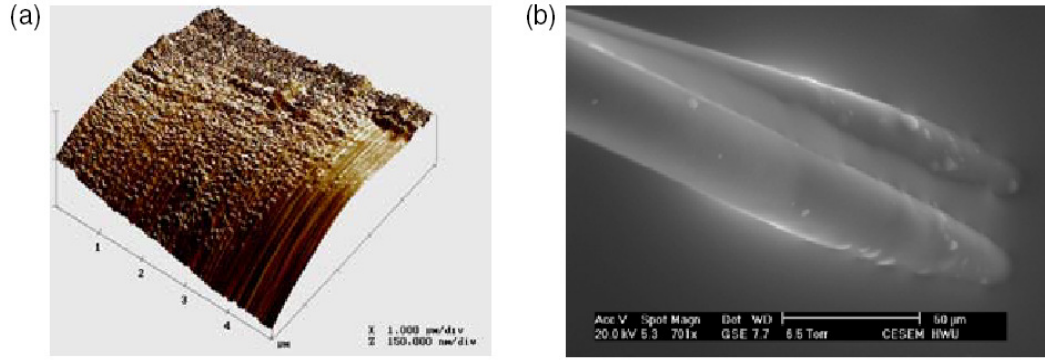
Wei, Wang, Yang ve Yu (2007) , PET dokusuz yüzeylerini, plazma aktivasyonu, plazma endüklemeli polimerizasyon ve plazma ile artırılmış çökeltme gibi plazma ile geliştirilmiş modifikasyon teknikleri aracılığıyla modifiye ederek fonksiyonellik özelliklerini geliştirmeye çalışmışlardır. PET dokusuz yüzeylerinin, yüzey ıslanabilirliği, yüzey kimyası ve yüzey yapısındaki değişiklikleri gösterebilmek için ESEM (enviromental scanning electron microscopy) ve SPM (scanning probe microscopy) kullanmışlardır. Bu çalışmada materyal olarak iğne vuruşlu 200 g/m^2 ağırlığında PET dokusuz yüzey kullanmışlardır. Bu materyal plazma işleminden önce etanol ve damıtılmış su ile yıkanmış ve yıkama sonrasında 24 saat süreyle 40°C lik bir fırında kurutulmuştur.

Wei ve arkadaşları işlem görmemiş bir PET dokusuz yüzeyine ait ESEM görüntülerini incelemişlerdir. Buna göre materyalin lifsi bir yapıda olduğunu (Şekil 1.32-a), tek bir lifin yüzey yapısını incelediklerinde bazı yiv benzeri yapılar olmasına karşın oldukça pürüzsüz olduğunu (Şekil 1.32-b) belirtmişlerdir. PET liflerinin ıslanabilirliklerini incelediklerinde ise lif yüzeyinde su damlacıkları oluştuğunu ve liflerin tam olarak ıslanmadığını gözlemlemişler (Şekil 1.32-c) ve bunun da PET liflerinin hidrofobik yapısına işaret ettiğini belirtmişlerdir.



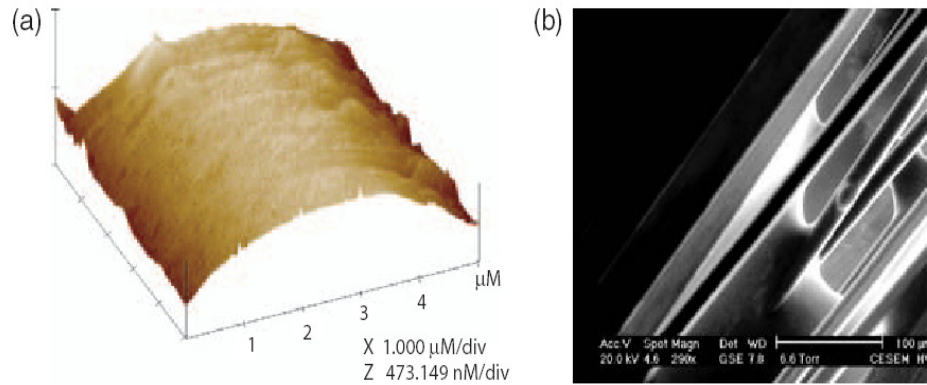
Şekil 1.32 PET dokusuz yüzey ve liflerinin görüntüsü: (a) PET dokusuz yüzeyin ESEM görüntüsü, (b) PET lif yüzeyinin AFM görüntüsü, (c) PET lif yüzeyini suyun ıslatması (Wei, Wang, Yang ve Yu, 2007)

PET lif yüzeyinin 60 saniye süreyle oksijen plazma işlemine maruz kaldıktan sonra çukurlu bir yapı kazandığını (Şekil 1.33 - a), aynı zamanda oksijen plazma işleminin PET liflerinin suya karşı olan davranışını da belirgin miktarda değiştirdiğini gözlemlemiştir. Oksijen plazma işleminden sonra su damlacıklarının profiline değiştiğini, lif yüzeyine yayıldıklarını (Şekil 1.33 - b), temas açılarının azaldığını ve böylelikle de liflerin daha iyi bir ıslanabilirliğe sahip olduklarını belirtmişlerdir



Şekil 1.33 Plazma ile aktive edilmiş PET dokusuz yüzeylere ilişkin; (a) lif yüzeyinin AFM görüntüsü, (b) ESEM ile elde edilen lifin ıslanmasına ilişkin görüntü (Wei, Wang, Yang ve Yu, 2007).

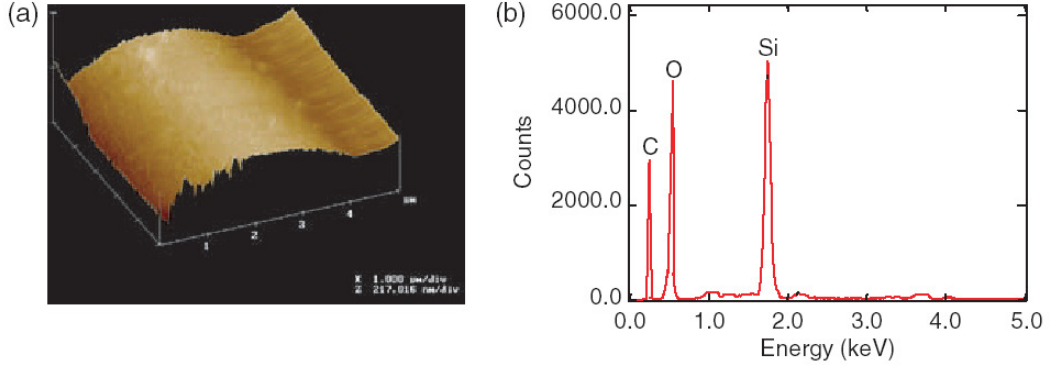
PET numunelerinin akrilik asit ile plazma endükleme polimerizasyon işlemi ile aşılması sonrasında yüzeye ilişkin AFM görüntülerinde ise, lif yüzeyinde nano ölçülerde parçacık benzeri poliakrilik asit tepelerinin oluştuğunu gözlemlemiştir (Şekil 1.34-a). ESEM'in ıslak modunda bağıl nem oranı % 100 e ulaştığında lif yüzeyinin su absorbe ettiğini, lif üzerindeki su yoğunlaşması arttıkça lifler arasında su filmleri oluştuğunu belirtmişlerdir (Şekil 1.34-b).



Şekil 1.34 Aşılınmış PET dokusuz yüzeye ait; (a) AFM ile elde edilen lif yüzey görüntüsü, (b) lifin ıslanmasına ilişkin ESEM görüntüsü (Wei, Wang, Yang ve Yu, 2007).

Plazma ile geliştirilmiş kimyasal buhar biriktirme (PECVD) sistemi ile tetratoksilan ve oksijenden yararlanılarak SiO_2 nano yapıları oluştuğunu gözlemlemiştir

(Şekil 1.35-a). ESEM ile yapılan EDX (enerji dağıtıcı x-ışını dedektörü) spektrumlarını incelediklerinde karbon ve oksijenin yerini silisyuma bıraktığının belirlendiğini ifade etmişlerdir (Şekil 1.35-b).



Şekil 1.35 Çökeltme işlemine tabi tutulmuş PET dokusuz yüzeye ait; (a) AFM ile elde edilen lif yüzey görüntüsü, (b) EDX spektrumu (Wei, Wang, Yang ve Yu, 2007).

Kutlu (2008), %100 pamuk, yün, poliester ve poliamid liflerinden üretilmiş kumaşların buruşmazlık ve güç tutuşurluk özelliklerinin iyileştirilmesinin plazma işlemleri ile uygulanabilirliğini araştırmıştır. Plazma işlemleri için azot gazı, akrilik asit, heksametilendisilan ve heksametildisiloksan monomerlerini kullanmıştır.

Azot gazı ile yapılan plazma işleminin, pamuklu kumaşların ıslanma özelliklerini yaklaşık iki katına çıkardığını, buruşmazlık değerlerinde ise gerileme olduğunu gözlemlemiştir.

Akrilik asit ile yapılan plazma işlemleri sonrasında, pamuklu kumaşlarda yüksek güçler (60-100 W) kullanıldığında ıslanma özelliklerinin arttığını, düşük güçlerde ise ıslanma özelliğinde bir değişim olmadığını gözlemlemiştir. Pamuklu kumaşların buruşmazlık açısının genelde değişmeden kaldığını, yalnızca 100 W 45 dakikalık koşulda iyileşme sağlandığını belirtmiştir. Yünlü kumaşlarda akrilik asit ile yapılan plazma işleminin en önemli etkisinin, işlem öncesi hidrofob olan yünlü kumaşların bir koşul hariç tüm koşullarda işlemin ardından tamamen hidrofob hale gelmeleri olduğunu belirtmiştir. Poliamid kumaşların akrilik asit plazmasının ardından buruşmazlık özellikleri ve ıslanma özelliklerinde bir iyileşme sağladığını belirtmiştir.

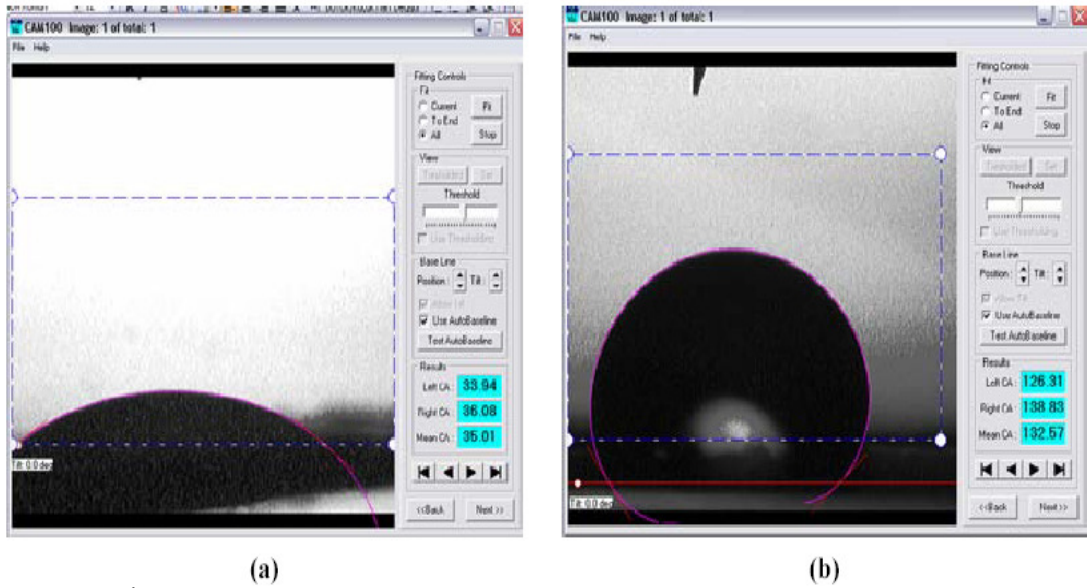
Poliester kumaşların buruşmazlık açısının özellikle 60 W - 5 dakikalık akrilik asit plazması ardından % 6' lık bir artış gösterdiğini, buna ek olarak ıslanma özelliklerinin de iyileştiğini belirtmiştir.

Hekzametildisilan plazma polimerizasyonu işleminin poliamid kumaşların su iticilik özelliklerinin gelişmesini sağladığını, pamuklu kumaşların ise plazma işlemi sonrası da, ardından yapılan ısı işlem sonrası da su iticilik özelliği kazanmadığını belirtmiştir. Yünlü kumaşlarda düşük güç ve kısa süreli plazma işlemleri sonrası özelliklerde bir değişme gözlemlenmediğini, koşulların ağırlaştırılmasıyla buruşmazlık özelliklerinde artan bir gerileme görüldüğünü ifade etmiştir. En iyi güç tutuşurluk etkisinin en yüksek güç ve en uzun süreli koşulda elde edildiğini gözlemlenmiştir.

Hekzametildisiloksan plazma işlemi ardında poliamid kumaşların su iticilik özelliklerinde gelişme olduğunu, pamuklu kumaşların su itici özelliğinin ise plazma işlemini takip eden ısı işlem sonucunda geliştiğini belirtmiştir. Ayrıca pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özelliklerinin de geliştiğini göstermiştir.

Kılıç, Akşit ve Mutlu (2009), hekzametildisilan (HMDS) ve hekzametildisiloksan (HMDSO) monomerleriyle radyo frekansına sahip glow desarj plazma sisteminde işleme tabi tuttukları % 100 pamuk ve poliamid kumaşların yüzey özelliklerindeki değişmeyi araştırmışlardır.

HMDS ve HMDSO ile yapılan plazma işleminin pamuk ve poliamid kumaşların ıslanabilirliklerine etkisinin belirlemek amacıyla işlem görmüş ve görmemiş kumaşların temas açılarını bir goniometre vasıtasıyla ölçmüşlerdir. İşlem görmemiş poliamid için 38 ° olan temas açısının HMDSO ile yapılan plazma işlemi sonrası 113 ° ye, HMDS ile yapılan plazma işlemi sonrası ise 95 ° ye yükseldiğini belirtmişlerdir. Şekil 1.36 ' da plazma işlemi uygulanmamış (a) ve 20 W güçte 5 dakika süreyle HMDSO plazma işlemine tabi tutulmuş numunelerin (b) temas açalarına ilişkin görüntüler verilmiştir.



Şekil 1.36 İşlem görmemiş PA kumaş numunesi (a) ve 20W güçte 5 dakika HMDSO ile plazma işlemine tabi tutulmuş PA kumaş numunesine (b) ilişkin temas açıları (Kılıç, Akşit ve Mutlu, 2009)

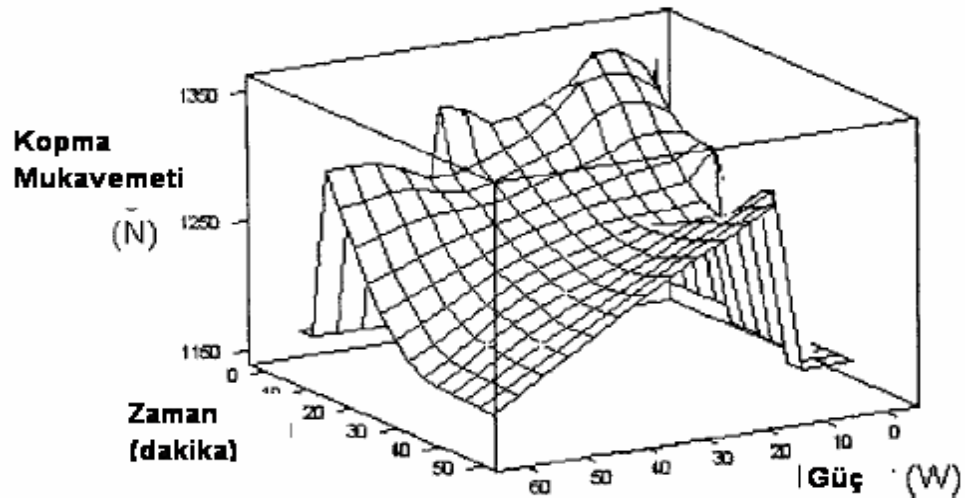
Pamuk kumaşlar zaten hidrofilik yapıda oldukları için işlem görmemiş numunelere ilişkin temas açılarının ölçülmesinin mümkün olmadığını, HMDS ve HMDSO plazma bitim işlemlerinin de pamuk kumaşlara su iticilik özellikleri verilmesi için yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Yalnızca 20 W güçte, 5 dakika süreyle HMDSO ile yapılan plazma işlemi ve onu takip eden ısıl işlemin ardından 140 ° lik bir temas açısına ulaşıldığını gözlemlemişlerdir. Plazma işlemleri sonucu pamuk kumaşların alev almasının geciktirildiğini de raporlamışlardır.

Cireli, Kutlu ve Mutlu (2007), kimyasal başlangıç maddesi olarak akrilik asiti kullanarak poliester ve poliamid kumaşlara plazma polimerizasyon tekniğini uygulamışlar ve bu kumaşların yüzey karakteristiklerindeki değişimi incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan % 100 poliester ve poliamid kumaşları akrilik asit monomerleri ile düşük frekanslı akkor desarjı plazma sisteminde, değişik güç seviyeleri (10 - 60 W) ve zaman aralıklarında (5 - 45 dakika) işleme tabi tutulmuştur.

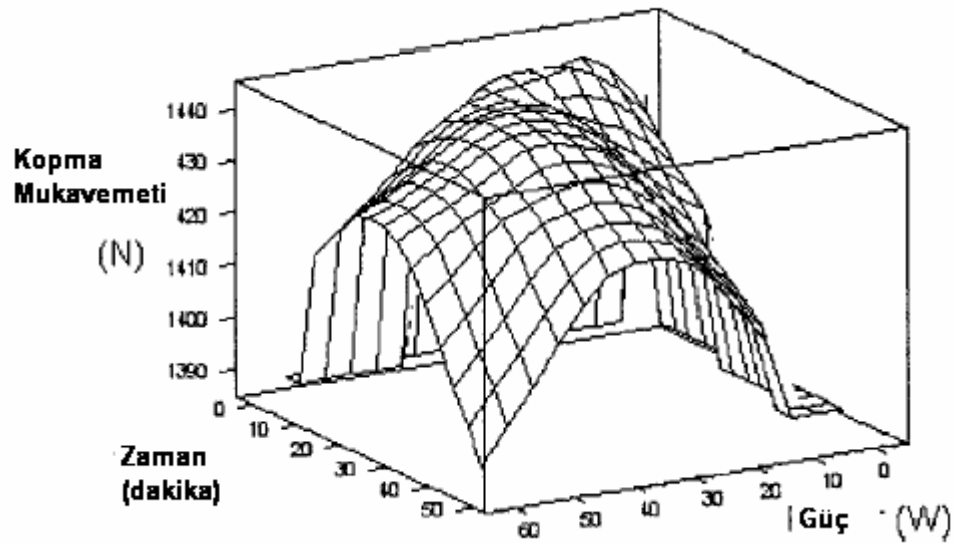
Kumaşların hidrofilitelerini, AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorists) Test Metodu 79' a göre ıslanma zamanını ölçerek bulmuşlardır. İşlem görmemiş poliester kumaş numunesi için 6 s olan bu ıslanma süresi, 10 W - 45 dakika ve 10 W - 25 dakikalık işlemler sonucunda 0,5 saniyeye düştüğünü

gözlemlemişlerdir. Bunlardan daha farklı değerlerde ıslanma süresinin hızla artarak işlem görmemiş numunenin ıslanma süresinin çok üzerine çıktığını belirtmişlerdir. Poliamid kumaşlar için ise en iyi ıslanma süresinin 30 W, 45 dakikalık koşulda 2 saniyelik süre olduğunu, daha kısa süreli plazma işleminin tüm güç seviyelerinde 110 saniye ve üstü ıslanma zamanına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Kumaşlara uygulanan birçok kimyasal bitimin kumaş performans değerlerinde istenmeyen değişikliklere neden olduğunu belirtmişler, bu nedenle plazma işleminin kumaş performans özelliklerine etkisini ölçmek amacıyla ISO 13934-1 standardına göre numunelerin kopma mukavemeti ölçümlerini yapmışlardır. Şekil 1.37 ve Şekil 1.38 deşarj gücü ve işlem süresinin kumaşların kopma mukavemetine olan etkisini göstermektedir. İşlem görmemiş poliester kumaş için 1432 N olan kopma mukavemetinin yapılan plazma işlemleri sonucunda 1389 N ile 1441 N arasında değiştiğini gözlemlemişler ve akrilik asit ile poliester kumaşlara yapılan plazma işleminin kumaş performans özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirmediği sonucuna varmışlardır. Poliamid kumaşlar için 60 W güç seviyesi ve 45 dakikalık işlem süresine sahip ekstrem bir koşulda kopma mukavemetini 1100 N olarak ölçmüşler, bu değer materyalin performansında % 13 lük bir düşüşe karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Poliamid kumaş için elde edilen sonuçları incelediklerinde hafif koşulların poliamid kumaşın kimyasal yapısını etkilemediğini ve böylece fiziksel özelliklerinin de korunduğu sonucuna varmışlardır.



Şekil 1.37 Poliester kumaşa ilişkin performans verileri (Cireli, Kutlu ve Mutlu, 2007).



Şekil 1.38 Poliamid kumaşa ilişkin performans verileri (Cireli, Kutlu ve Mutlu, 2007).

Oh, Kim ve Kim (2001), plazma işlem gazının polianilin-naylon 6 kumaşlarındaki elektriksel iletkenliğe etkisi üzerine çalışmışlardır. Naylon 6 kumaşlarında yapışmayı ve polimerizasyon oranını geliştirmek için düşük basınçta oksijen, amonyum ve argon plazma yüzey modifikasyonu uygulamışlardır. Daha sonra plazma işlemi gören bu kumaşları anilinin hidroklorik asitli çözeltisiyle emdirmişlerdir. Amonyum peroksidisulfat ve HCl içeren oksidan / dopant solüsyonunun bir karışımı ile yeterli polimerizasyon elde edildiğini belirtmişlerdir. Oksijen plazması ile işleme sokulan kumaşların en yüksek iletkenlik gösterdiğini, tekrarlanan yıkamalar ve aşındırma döngülerinden sonra bile oksijen plazma işlemine tabi tutulmuş polianilin - naylon 6 kumaşlarının iletkenliğinin, plazma ön işlemi görmemiş polianilin - naylon 6 kumaşlarına göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Liu, Xiong ve Lu (2006), düşük basınçlı azot akkor plazması ile akrilik liflerinin morfolojisini ve yapısını değiştirmişlerdir. Artan işlem süresi ile genel yüzey düzgünlüğünün arttığını gözlemlemişlerdir. XPS analizleri sonucunda yüzeye hidrofilik grupların monte edildiğini görmüşlerdir. Tablo 1.15 de özetledikleri veriler işlem görmüş ve işlem görmemiş numuneler için farklı işlem sürelerine ilişkin temas açılarını ve bir test makinesi tarafından yüklenen statik yükün lif tarafından tamamen deşarj edilene kadar geçen sürenin yarısı olarak ifade ettikleri yarılanma süresini

vermektedir. Yarılanma süresi ne kadar düşükse lifin anti-statik özelliğinin o kadar iyi olduğu belirtmişlerdir. Hidrofilitedeki artışa ilave olarak yüzey morfolojisindeki değışme ve yüzeyde polar grupların oluşmasına bağılı olarak anti-statik özellikte büyük bir artış gözlemlemişlerdir.

Tablo 1. 15 Plazma işleme görmüş ve görmemiş akrilik liflerine ilişkin özellikler (Lüu, Xiong ve Lu, 2006)

	Temas Açısı (°)	Yarılanma Süresi (s)
İşlem görmemiş numune	77,8	9,57
N₂ plazma işleme görmüş numune		
1 dakika	65,64	3,98
3 dakika	34,92	1,35
5 dakika	56,41	2,62
7 dakika	54,73	3,16

Akşit, Kutlu ve Mutlu (2009), medikal uygulamalarda kullanılabilir, iletken tekstil yapıları elde etmek için plazma polimerizasyonundan yararlanmışlardır. Çalışmalarında materyal olarak polipropilen dokusuz yüzey kumaş, polipropilen lif ve pamuk dokuma kumaş kullanmışlardır. Metod olarak da pirol ile plazma polimerizasyonundan sonra iyot ile doplama, pirol ile plazma polimerizasyonu ile eş zamanlı olarak iyot ile doplama ve FeCl₃ ile emdirme sonrası pirol ile plazma polimerizasyonuna tabi tutma yöntemlerini kullanmışlardır.

Polipropilen kumaşların farklı güç seviyelerinde (6 W - 16 W) ve farklı işlem sürelerinde (1, 10 ve 60 dakika) pirol ile RF (Radyo Frekansı) plazma polimerizasyonundan sonra iyot ile doplanması sonucunda yüzey direncinin $> 10^{14}$ değerinden 10^{13} düzeyindeki değerlere düştüğü gözlenmiştir. Polipropilen liflerinin farklı güç seviyelerinde (6 W - 16 W) ve farklı işlem sürelerinde (1 ve 10 dakika) pirol ile RF (Radyo Frekansı) plazma polimerizasyonu ile eş zamanlı olarak iyotla doplanması sonucu 10^{12} düzeyindeki değerlerden 10^9 düzeyindeki değerlere düşüş elde edilmiştir. Her iki hammadde de polipropilen olmasına karşın işlem görmemiş örneklerin yüzey dirençleri arasındaki farklılığın, liflerden hazırlanan örneklerin

sarılarak elektrik iletmeyi daha kolaylaştıracak bir şekilde olması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Pamuk dokuma kumaşların farklı güç seviyelerinde (6 W - 16 W) ve farklı işlem sürelerinde (1 ve 10 dakika) pirol ile RF (Radyo Frekansı) plazma polimerizasyonu ile eş zamanlı olarak iyotla doplanması sonucu elde edilen elektriksel yüzey direnç değerlerinde düşüş gözlenmiştir.

Kutlu, Akşit ve Mutlu (2009), plazma polimerizasyonu ile elektriksel iletkenlik kazandırılması için polipropilen dokusuz yüzey kumaş, polipropilen lif ve pamuk dokuma kumaş ile çalışmışlardır. Polipropilen liflerinin farklı güç seviyelerinde (6 W - 16 W) ve farklı işlem sürelerinde (1 ve 10 dakika) N-vinil pyrrolidone ile RF (Radyo Frekansı) plazma polimerizasyonu ile eş zamanlı olarak iyotla doplanması sonucu elde edilen elektriksel yüzey direnç değerleri işlem görmemiş kumaştan çok farklı değildir.

Polipropilen liflerinin farklı güç seviyelerinde (6 W - 16 W) ve farklı işlem sürelerinde (1 ve 10 dakika) piridin ile RF (Radyo Frekansı) plazma polimerizasyonu ile eş zamanlı olarak iyotla doplanması sonucu elde edilen elektriksel yüzey direnç değerlerinde 10^{11} düzeyinden 10^{10} düzeyine düşüş elde edilmiştir.

1.5 Çalışmanın Amacı

Üretiminin herhangi bir safhasında toz işleme, toz tutma veya toz filtreleme içeren pek çok sanayi tesisinde statik elektriklenme problemine sıklıkla rastlanılmaktadır. Statik elektrik, yalnızca ürün akışını engelleyen veya tozun filtre elemanından ayrışmasını zorlaştıran bir sorun olmanın çok daha ötesinde, ortamın (atmosferin) patlamaya elverişli olduğu durumlarda tutuşturucu kaynak işlevi görebilmektedir. İnce toz parçacıklarının ortamda yüksek konsantrasyonlarda hapsolmesi durumu patlama riskini ortaya çıkarmaktadır (Şekil 1.39).



Şekil 1.39 Elektrostatik yüklenme sonucu yanmış bir toz toplama ünitesi

Filtre sistemlerinde statik elektriklenme toz parçacıklarının birbirleriyle veya ekipman yüzeyi ile yaptıkları çarpışma ve sürtünme hareketi sırasında ortaya çıkmaktadır. Bu çarpışmalar sonucunda yüklenmiş toz zerreciklerinin yalıtkan yüzeyler üzerine yerleşmesi 'statik havuzu' olarak tanımlanan statik elektrik yüklü alanlar meydana getirmektedir. Bu şekilde ortaya çıkan statik yüklenme sorunu kullanılan filtre elemanının iletkenlik görevi üstlenerek elektrik yükünü toprak hattına vermesi ile önlenmektedir. Yalnız, günümüzde filtre sistemlerinde yoğun olarak kullanılmakta olan sentetik polimerlerin ve bunların karışımlarının elektriksel dirençleri çok fazladır ve statik elektrikle yüksek miktarda yüklenmektedirler. Eğer sistemde kullanılan filtre elemanı anti-statik özelliğe sahip değil ise, yüzeyde statik elektriklenme başlamakta ve bunun sonucunda ortamı tutuşturabilecek miktarda enerji ortaya çıktığı takdirde patlama gerçekleşmektedir. Örneğin ince parçacıklı kömür, metal ve selüloz tozları yüksek konsantrasyonlarda tehlike teşkil etmektedir.

Kimya endüstrisi, gıda endüstrisi, maden endüstrisi, kömür ve çimento değirmenleri statik elektriklenme kaynaklı patlama riskinin yüksek olduğu

sektörlerdir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için; kimyasal işlemlerle, polimerik lifler metal tuzları ile kaplanmakta, böylelikle kumaşın iletkenliği artırılmakta veya yapının içine kendileri hayli iletken olan lifler ilave edilmektedir. Kimyasal bitim işlemlerinin dezavantajı dayanıklı olmamalarıdır. Özellikle de fitleler zaman zaman yıkanıyorsa kaplamalar kullanımla aşınmakta ve parçalanmaktadır. Ayrıca kimyasal bitim işlemleri çevresel yönden de sorun yaratmaktadır. İletken lifler veya iletken teller içeren anti-statik filtre keçeleri ise iletken lifler veya iplikler sayesinde statik elektriği hem yüzeyleri hem de derinlikleri doğrultusunda iletme kabiliyetine sahiptirler. Bu tip filtre elemanlarının maliyetleri ise daha fazla olmaktadır. Unutulmaması gereken bir nokta da, anti-statik kumaşlardan filtre torba kullanımında topraklamanın iyi yapılmasıdır. Eğer topraklama yapılmazsa yüksek sığalar daha çok statik yükün toplanmasına neden olmakta ve statik zarar artmaktadır.

Bu çalışmada filtrasyon işleminde karşılaşılan statik elektriklenme sorununun çözümü için yeni yöntemlerin denenmesi ve ülkemizde filtrasyon konusunda duyulan Türkçe kaynak eksikliğini kısmen de olsa giderilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada yüzey modifikasyon işlemlerinden biri olan plazma işlemi ile filtre kumaşlarına iletkenlik özelliği kazandırılması konusunda çalışılmıştır. Bu çalışma ile polyester iğneli keçelerin elektriksel direnç değerlerini Alman İş Güvenliği ve Sigorta Kurumu tarafından belirlenen güvenli sınır olan $10^8 \Omega/\text{sq}$ 'ın altına çekmek hedeflenmiştir.

BÖLÜM İKİ

MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Bu çalışmada metrekare ağırlığı 400 g/m² olan, 1,4 mm kalınlığında, bir yüzeyi kalandır işlemine tabi tutulmuş, % 100 poliester, iç dokulu iğneli keçe kullanılmıştır. Materyale kalandır işlemi, filtrasyon sırasında oluşan toz katmanının kolay deşarjını sağlaması nedeniyle uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan materyal BWF Envirotec firması tarafından üretilen "needlona PE/PE 404 Glaze" kodlu keçedir. Bu keçe örneğine ilişkin bazı özellikler Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1 Çalışmada kullanılan keçe örneğinin bazı özellikleri

Kalite	needlona PE/PE 404 Glaze
İçerik	% 100 Poliester
Gramaj	400 g/m ² (ISO 9073-1)
Kalınlık	1,4 mm
Yoğunluk	0,29 g/cm ³
Hava geçirgenliği	417 mm/s @ 200 Pa (EN ISO 9237)
Gözenek hacmi	% 79
Kopma mukavemeti	150 – 170 daN (ISO 9073 – 3)
Kopma uzaması	% 20 – 21 (ISO 9073 – 3)
Isı dayanımı	150 °C
Maksimum boyutsal değişim	% 1 (150 °C)
Uygulanan bitim işlemi	Fiksaj - Kalandırlama

2.2 Metod

2.2.1 Plazma İşlemi

Keçe örnekleri 10 x 10 cm² boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Çalışmada kullanılan keçe örneklerinin rijit bir yapıya sahip olmaları nedeniyle örnekler

çerçeveye tutturulmadan her iki yüzeyi de plazmaya maruz kalmıştır. Keçe örnekleri parlak yüzeyleri üstte olacak şekilde plazma cihazına yerleştirilmiştir. Poliester keçe örneklerinin plazma ile yüzey modifikasyonu için pirol, iyot, asetilen ve zırnık kullanılmıştır.

Plazma polimerizasyon işlemi PICO RF (Radyo frekansı- 13,56MHz) Baratron sistemli plazma polimerizasyon cihazında (Diener electronic GmbH + Co. KG, Almanya) gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Örnekler plazma cihazına yerleştirildikten sonra sistem basıncı vakum pompası yardımı ile 0,06 milibara düşürülmüştür. Ardından plazma odacığındaki safsızlıkların uzaklaştırılması için plazma gaz girişleri açılmış ve 10 dakika süre ile plazma materyalleri her birinin akış oranları 1 – 5 sccm (standart cubic centimeter per minute) olacak şekilde geçirilmiş ardından plazma işlemi uygulanmıştır. İşlem süresi sonunda jeneratör otomatik olarak kapanmaktadır. Daha sonra serbest radikallerin söndürülmeleri için 10 dakika süre ile argon gazı (Ar) geçirilmiştir. Poliester iğneli keçe örnekleri farklı plazma güçleri (2-30 W) ve plazma işlem süreleri (1-20 dakika), plazma materyalleri, akış oranları ve plazma odası sıcaklıklarında, farklı tekrar sayılarında modifiye edilmişlerdir.



Şekil 2.1 Baratron Sistemli PICO RF (Radyo frekansı - 13,56 MHz) plazma Cihazı

2.2.1.1 PiroL ve İyot Plazması

Tablo 2.2’de pirol ve iyot plazması ile yapılan çalışmada kullanılan işlem koşulları görülmektedir.

Tablo 2.2 Poliester iğneli keçe örneklerine uygulanan plazma işlem koşulları

Koşullar	
Güç (W)	Süre (dk)
2	1
2	10
2	20
6	1
6	10
6	20
20	1
20	10
20	20
30	1
30	10
30	20

2.2.1.2 Farklı Sıcaklık Değerleri ve Farklı Akış Oranlarındaki PiroL ve İyot Plazması

Bu çalışmada farklı plazma odası sıcaklıklarının ve farklı akış oranlarının etkisini incelemek için poliester iğneli keçe örnekleri farklı plazma güçleri (2-30 W), akış oranları (her biri 1 ve 5 sccm) ve plazma odası sıcaklığında (25-65 °C) modifiye edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan işlem koşulları Tablo 2.3' de görülmektedir.

Tablo 2.3 Poliester iğneli keçe örneklerine uygulanan plazma işlem koşulları

Güç (W)	Akış Oranı (sccm)	Sıcaklık (°C)
2	1	25
2	1	65
2	5	25
2	5	65
6	1	25
6	1	65
6	5	25
6	5	65
20	1	25
20	1	65
20	5	25
20	5	65
30	1	25
30	1	65
30	5	25
30	5	65

2.2.1.3 Asetilen ve Asetilen + Zırnık Plazmaları

Bu çalışmada farklı plazma materyallerinin etkisini incelemek için poliester iğneli keçe örneklerinin asetilen (C_2H_2) ve zırnık (Na_2S) kullanılarak farklı plazma güçleri (2-30 W), akış oranları (1-3 sccm) ve farklı plazma materyalleri ile (asetilen - asetilen + zırnık) modifiye edilmişlerdir. Tablo 2.4' de bu çalışmada kullanılan işlem koşulları verilmektedir.

Tablo 2.4 Poliester iğneli keçe örneklerine uygulanan plazma işlem koşulları

Güç (W)	Plazma Materyali	Akış Oranı (sccm)
2	Asetilen	3,0
2	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5
2	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0
6	Asetilen	3,0
6	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5
6	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0
20	Asetilen	3,0
20	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5
20	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0
30	Asetilen	3,0
30	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5
30	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0

2.2.1.4 Çoklu Plazma İşlemi

Poliester iğneli keçe örneklerinin plazma ile yüzey modifikasyonu için asetilen (C_2H_2), zırnık (Na_2S), pirol ve iyot kullanılmıştır. Diğer plazma işlemlerinden farklı olarak 10 dakika süre ile plazma gaz ve monomerleri geçirilmesi ve ardından plazma işlemine tabi tutulma döngüsü 5 kez üst üste yapılmıştır. Tablo 2.5' de bu çalışmada kullanılan işlem koşulları verilmiştir.

Tablo 2.5 Poliester iğneli keçe örneklerine uygulanan çoklu plazma işlem koşulları

Plazma Materyali	Güç (W)	Süre (dk)	Akış Oranı (sccm)	Tekrar Sayısı
Asetilen + Zırnık	2	1	2,0 / 1,0	5
Asetilen	2	1	3,0	5
Asetilen + Zırnık	2	1	1,5 / 1,5	5
Pirol + İyot	30	1	5,0 / 5,0	5

2.2.2 Elektriksel Yüzey Direncinin Ölçülmesi

Plazma işlemlerinin poliestere filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direnci üzerindeki etkisini anlamak için plazma işlemine tabi tutulan örnekler, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (IYTE) Fizik Bölümünde elektriksel yüzey direnci (Ω/sq) ölçümüne tabi tutulmuşlardır. Yüzey direnç ölçümlerinde Keithley 6517 elektrometre kullanılmıştır. İşlem görmüş keçe örnekleri iletken bir yüzey üzerine koyulup üzerlerine 400 V voltaj uygulanmış ve iletken bir probe örneğe değdirilerek üzerlerinden geçen akımdan dirençleri bulunmuştur. Bu işlemler sırasında herhangi bir yük veya elektro manyetik alanın ölçümleri etkilememesi için içi topraklanan Faraday ice pail kullanılmaktadır. Tüm ölçümler oda sıcaklığında 22 °C de yapılmıştır. Örnekler üzerinden en az üç farklı bölgeden ölçüm alınıp ortalaması alınmıştır. Tüm ölçümler ASTM D - 257 / 99 standardına göre yapılmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Poliester filtre kumaşları, farklı materyallerle, farklı güç seviyelerinde (Watt), farklı sürelerde (dakika), farklı akış oranları (sccm) ve çoklu plazma işlemleri ile Radyo Frekansı (RF) plazma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemlerin poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direncine etkisi incelenmiştir. Plazma işlemine tabi tutulmuş poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direnç sonuçları işlem görmemiş poliester filtre kumaşı ile karşılaştırılmıştır.

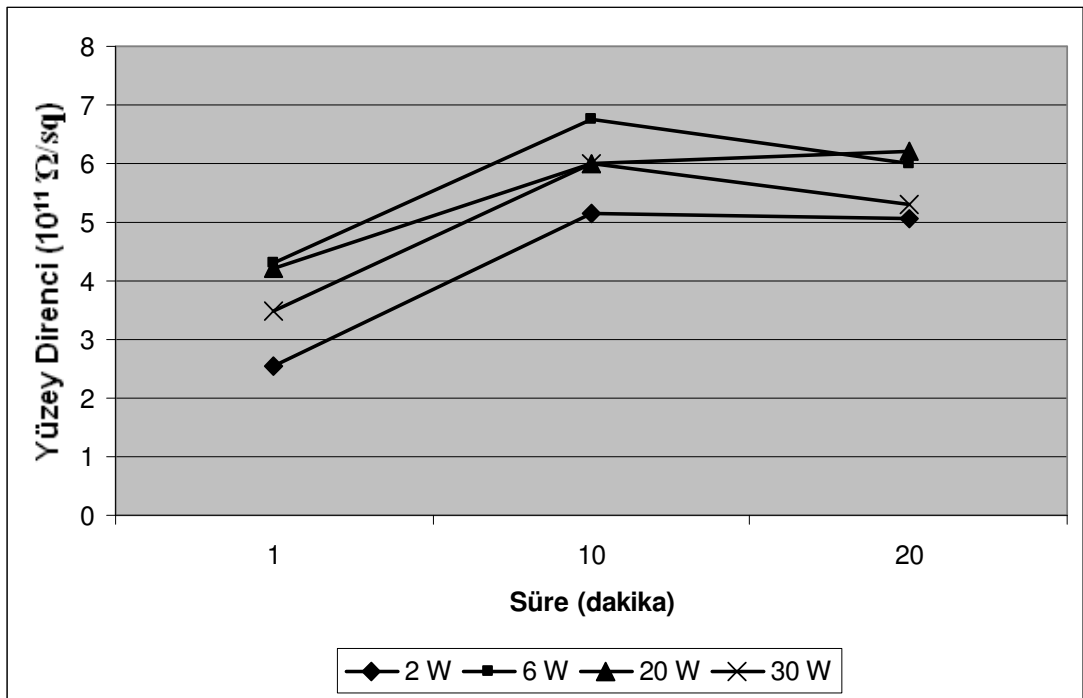
3.1 Pirol ve İyot Plazmasının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar

Çalışmada pirol ve iyot plazmasının poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tablo 3.1' de farklı güç ve işlem sürelerinde plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşın elektriksel yüzey dirençleri verilmiştir.

Tablo 3.1 Pirol ve İyot plazması sonrası yüzey direnç değerleri

Güç (W)	Süre (dk)	Yüzey Direnci (Ω/sq)
2	1	$2,55 \times 10^{11}$
	10	$5,15 \times 10^{11}$
	20	$5,05 \times 10^{11}$
6	1	$4,30 \times 10^{11}$
	10	$6,75 \times 10^{11}$
	20	$6,00 \times 10^{11}$
20	1	$4,20 \times 10^{11}$
	10	$6,00 \times 10^{11}$
	20	$6,20 \times 10^{11}$
30	1	$3,50 \times 10^{11}$
	10	$6,00 \times 10^{11}$
	20	$5,30 \times 10^{11}$

Şekil 3.1' de görüldüğü gibi her güç seviyesinde en iyi sonuçlar 1 dakikalık en kısa işlem süresine sahip plazma işlemi sonucunda elde edilmiştir. Fakat elde edilen tüm bu sonuçlardaki yüzey direnç değerleri, işlem görmemiş poliester filtre kumaşına ait $7,7 \times 10^{10}$ (Ω/sq)' lık yüzey direnç değerinden ve 20 dakika süreyle sadece vakum işlemine tabi tutulmuş poliester filtre kumaşına ait $4,1 \times 10^{10}$ (Ω/sq)' lık yüzey direnç değerinden yüksektir. Başka bir deyişle Pirol ve iyot plazma işleminin poliester filtre kumaşlarının iletkenlik özelliklerini geliştirmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 3.1 Pirol ve iyot plazma işleminde, işlem süresi ve plazma gücünün elektriksel yüzey direncine etkisi.

3.2 Farklı Sıcaklık Değerleri ve Farklı Akış Oranlarındaki Pirol ve İyot Plazmasının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar

Çalışmada farklı akış oranları, güç seviyeleri ve plazma odası sıcaklığı değerlerine sahip pirol ve iyot plazmasının poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bir önceki çalışmamızda elde edilen veriler ışığında en iyi sonuçların tüm güç seviyelerinde bir dakikalık işlem süresi sonunda elde edilmesi nedeniyle bu çalışmada işlem süresi bir dakika olarak sabitlenmiştir.

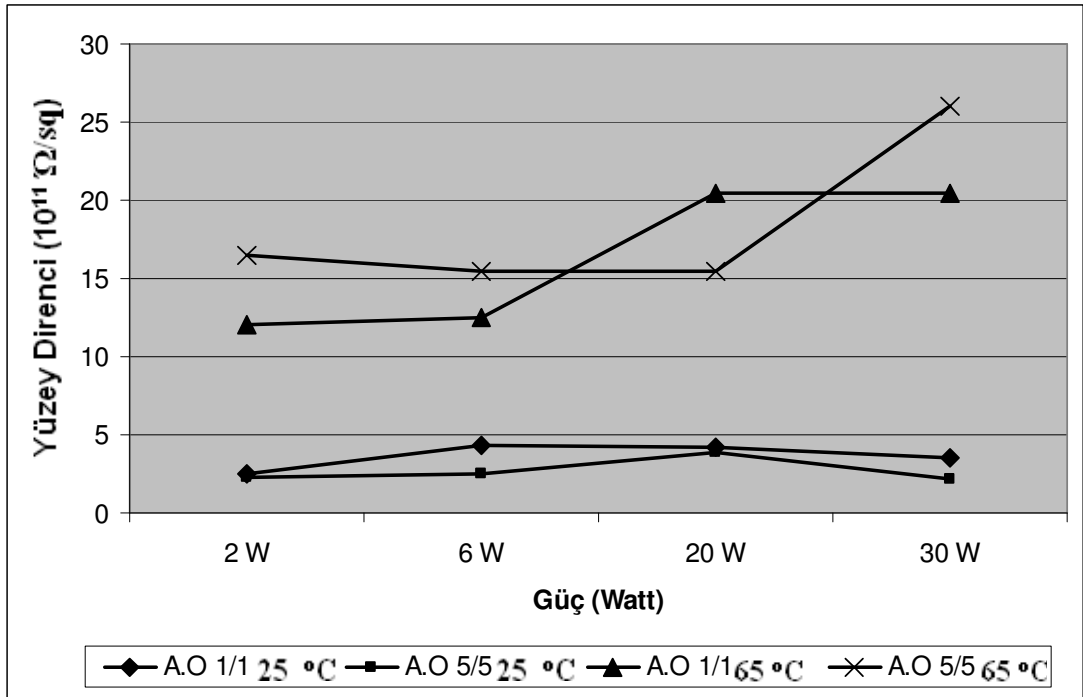
Tablo 3.2' de farklı güç, sıcaklık ve akış oranlarında plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşın elektriksel yüzey dirençleri verilmiştir.

Tablo 3.2 Farklı güç seviyeleri, akış oranları ve sıcaklıkların yüzey direncine etkisi

Güç (W)	Akış Oranı (sccm)	Sıcaklık (°C)	Yüzey Direnci (Ω/sq)
2	1 / 1	25	$2,55 \times 10^{11}$
		65	$12,00 \times 10^{11}$
	5 / 5	25	$2,30 \times 10^{11}$
		65	$16,50 \times 10^{11}$
6	1 / 1	25	$4,30 \times 10^{11}$
		65	$12,50 \times 10^{11}$
	5 / 5	25	$2,45 \times 10^{11}$
		65	$15,50 \times 10^{11}$
20	1 / 1	25	$4,20 \times 10^{11}$
		65	$20,50 \times 10^{11}$
	5 / 5	25	$3,90 \times 10^{11}$
		65	$15,50 \times 10^{11}$
30	1 / 1	25	$3,50 \times 10^{11}$
		65	$20,50 \times 10^{11}$
	5 / 5	25	$2,15 \times 10^{11}$
		65	$26,00 \times 10^{11}$

Şekil 3.2' de görüldüğü gibi plazma odacığının sıcaklığının 65 °C' ye çıkarılması sonucu örneklerin yüzey dirençlerinde belirgin bir yükselme görülmüştür. Her güç seviyesinde en iyi sonuçlar 25 °C' lik plazma odası sıcaklığında yapılan plazma işlemi sonucu elde edilmiştir. Pirol ve iyotun her birinin akış oranları 5 sccm'ye ayarlandığında elde edilen sonuçların, 1 sccm ile elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen en iyi iki sonuç; her bir plazma materyalinin akış oranı 5 sccm olacak şekilde 30 W' lık güçte elde edilen $2,15 \times 10^{11} \Omega/sq$ lik ve yine akış oranı 5 sccm olacak şekilde 2 W' lık güçte elde edilen $2,3 \times 10^{11} \Omega/sq$ lik yüzey direnç değerleridir. Fakat elde edilen tüm bu

sonuçlardaki yüzey direnç değerleri, işlem görmemiş poliester filtre kumaş örneğine ait $7,7 \times 10^{10}$ (Ω/sq)' lık yüzey direnç değerinden ve 20 dakika süreyle sadece vakum işlemine tabi tutulmuş poliester filtre kumaşına ait $4,1 \times 10^{10}$ (Ω/sq)' lık yüzey direnç değerinden yüksektir. Başka bir ifade ile pirol ve iyot RF plazması için akış oranının ve plazma odası sıcaklığının değiştirilmesinin poliester filtre kumaşlarının iletkenlik özelliklerini geliştirmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 3.2 Farklı sıcaklık ve akış oran seviyelerinde yüzey direncinin uygulanan plazma gücüne göre değişimi

3.3 Asetilen ve Asetilen + Zırnık Plazmalarının Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar

Çalışmada farklı akış oranları, güç seviyeleri ve plazma gaz ve monomerlerine ait RF plazma uygulamalarının poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada plazma polimerizasyon işlemi için asetilen (C_2H_2) ve zırnık (Na_2S) kullanılmıştır. Yine önceki çalışmamızda en iyi sonuçların tüm güç seviyelerinde bir dakikalık işlem süresi sonunda elde edilmesi nedeniyle bu çalışmada işlem süresi bir dakika olarak sabitlenmiş ve plazma odasının

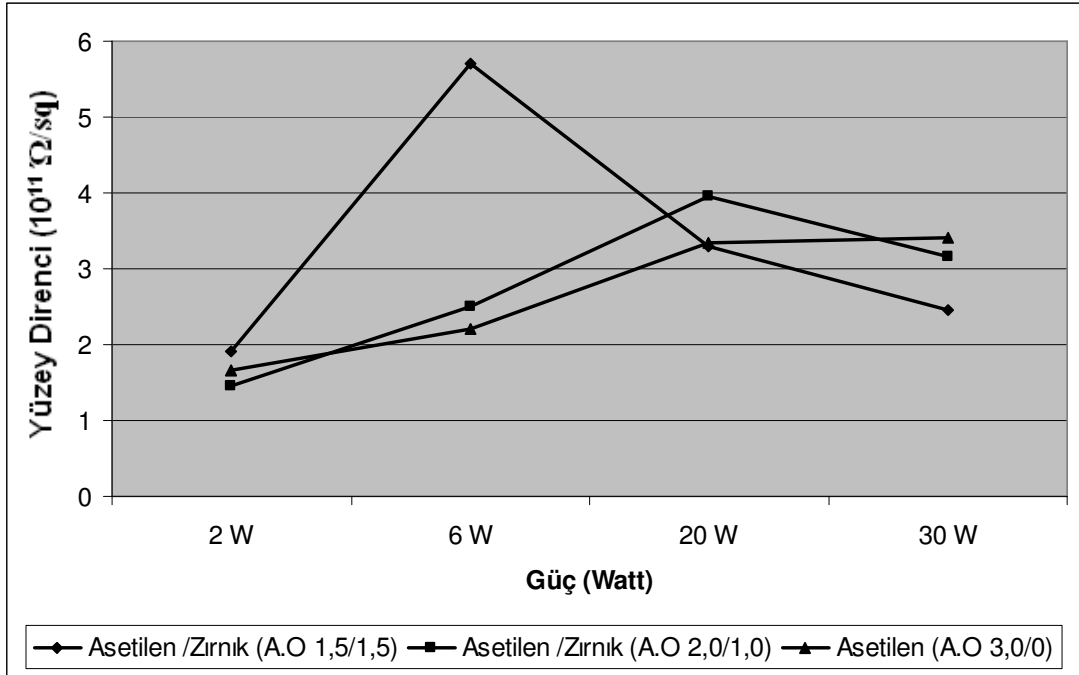
ısıtılmasının yüzey direncini olumsuz etkilediği belirlendiğinden bu çalışmada plazma odacığı ısıtılmadan çalışılmıştır. Tablo 3.3' de farklı güç seviyeleri, akış oranları ve plazma gaz ve monomerleri ile plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşın elektriksel yüzey dirençleri verilmiştir.

Tablo 3.3 Farklı güç seviyeleri, akış oranları ve plazma gaz ve monomerlerinin elektriksel yüzey direncine etkisi

Güç (W)	Plazma Materyali	Akış Oranı (sccm)	Yüzey Direnci (Ω /sq)
2	Asetilen	3,0	$1,65 \times 10^{11}$
2	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5	$1,90 \times 10^{11}$
2	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0	$1,45 \times 10^{11}$
6	Asetilen	3,0	$2,20 \times 10^{11}$
6	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5	$5,70 \times 10^{11}$
6	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0	$2,50 \times 10^{11}$
20	Asetilen	3,0	$3,35 \times 10^{11}$
20	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5	$3,30 \times 10^{11}$
20	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0	$3,95 \times 10^{11}$
30	Asetilen	3,0	$3,40 \times 10^{11}$
30	Asetilen + Zırnık	1,5 / 1,5	$2,45 \times 10^{11}$
30	Asetilen + Zırnık	2,0 / 1,0	$3,15 \times 10^{11}$

Şekil 3.3' deki grafikten de görülebileceği gibi tüm işlem koşulları için en iyi sonuçlar tüm önceki test sonuçlarında da olduğu gibi 2 W' lık en düşük güç seviyesinde elde edilmiştir. Asetilen plazma işleminde uygulanan güç arttıkça yüzey direnç değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Asetilen + zırnık plazmasında düşük güçlerde (2 - 6 W) asetilenin akış oranı arttıkça, yüksek güçlerde (20 - 30 W) ise zırnığın akış oranı arttıkça yüzey direnç değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Asetilen ve asetilen + zırnık plazması ile elde edilen yüzey direnç değerleri genel olarak daha önceki testlerden elde edilen sonuçlara göre daha iyi olmasına rağmen işlem görmemiş poliester filtre kumaşına ait yüzey direnç değeri olan $7,7 \times 10^{10}$ (Ω /sq)' dan ve 20 dakika süreyle sadece vakum işlemine tabi tutulmuş

poliester filtre kumaşına ait $4,1 \times 10^{10}$ (Ω/sq)'lık yüzey direnç değerinden yüksektir. Başka bir ifade ile verilen koşullar için asetilen ve asetilen + zırnık plazmalarının poliester filtre kumaşlarının iletkenlik özelliklerini geliştirmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 3.3 Farklı plazma gaz ve monomerleri ile ve farklı akış oran seviyelerinde yüzey direncinin uygulanan plazma gücüne göre değişimi

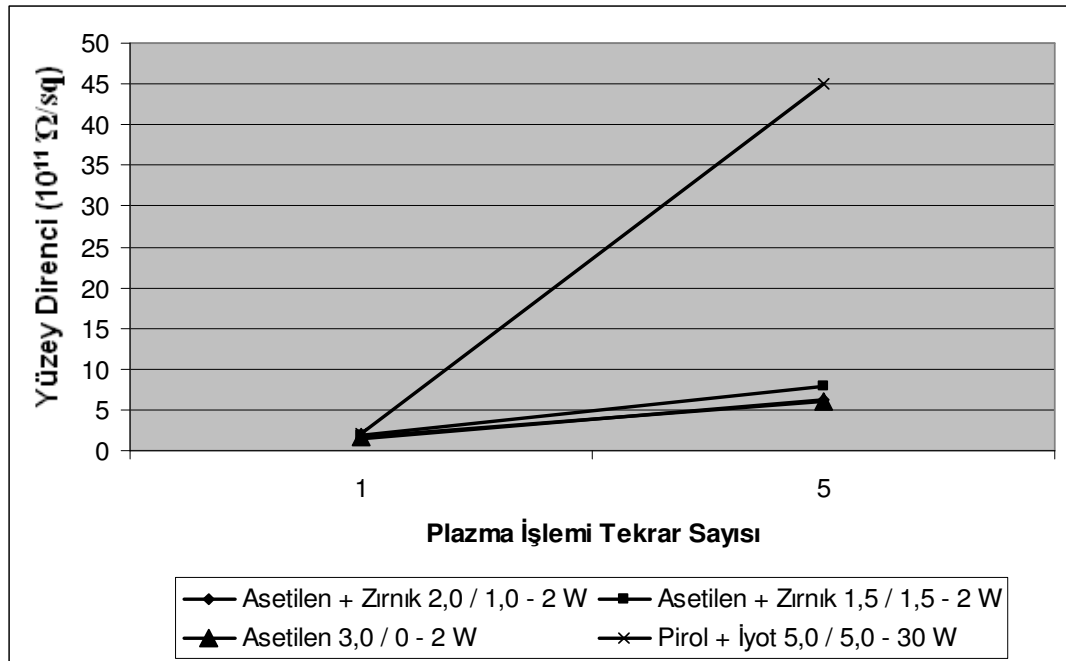
3.4 Çoklu Plazma İşleminin Elektriksel Yüzey Direncine Etkisine Ait Sonuçlar

Çalışmada uygulanan çoklu RF plazma işleminin poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çoklu plazma işleminin iletkenlik üzerindeki etkisini incelemek amacıyla tüm plazma gaz ve monomerleri ile yapılan işlemlerden birer örnek kapsayan en iyi dört plazma koşulu yeni deney grubu olarak belirlenmiştir. Elde edilen en iyi dört sonuç üzerinden çoklu uygulanan plazma işleminin poliester filtre kumaşların iletkenlik özelliklerine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Tablo 3.4' de farklı güç seviyeleri, akış oranları ve plazma gaz ve monomerleri ile farklı sayıda plazma işlemi uygulanmış poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey dirençleri verilmiştir.

Tablo 3.4 Çoklu plazma işleminin elektriksel yüzey direncine etkisi

Plazma Materyali	Plazma Tekrar Sayısı	Güç (W)	Süre (dk)	Akış Oranı (sccm)	Yüzey Direnci (Ω/sq)
Asetilen + Zırnık	1	2	1	2,0 / 1,0	$1,45 \times 10^{11}$
Asetilen + Zırnık	5	2	1	2,0 / 1,0	$6,30 \times 10^{11}$
Asetilen	1	2	1	3,0	$1,65 \times 10^{11}$
Asetilen	5	2	1	3,0	$6,00 \times 10^{11}$
Asetilen + Zırnık	1	2	1	1,5 / 1,5	$1,90 \times 10^{11}$
Asetilen + Zırnık	5	2	1	1,5 / 1,5	$7,90 \times 10^{11}$
Pirol + İyot	1	30	1	5,0 / 5,0	$2,15 \times 10^{11}$
Pirol + İyot	5	30	1	5,0 / 5,0	$45,00 \times 10^{11}$

Şekil 3.4 ve Tablo 3.4' den de açıkça görüleceği üzere tüm işlem koşullarında tekrar sayısının artırılması, poliester filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direnç özelliklerini olumsuz olarak etkilemektedir. Tekrar sayısının artırılmasından en çok pirol + iyot plazması işlemine tabi tutulmuş poliester filtre kumaşların olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir.



Şekil 3.4 Plazma işlemi tekrar sayısının elektriksel iletkenlik özelliklerine etkisi.

BÖLÜM DÖRT

SONUÇLAR

Poliester filtre kumaşları, farklı materyallerle, farklı güç seviyelerinde (Watt), farklı sürelerde (dakika), farklı akış oranları (sccm) ve çoklu plazma işlemleri ile Radyo Frekansı (RF) plazma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemlerin poliestere filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direncine etkisi incelenmiştir. Plazma işlemine tabi tutulmuş poliestere filtre kumaşlarının elektriksel yüzey direnç sonuçları işlem görmemiş poliestere filtre kumaşı ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir:

- Piyol + iyot plazma işleminde tüm güç seviyeleri için en iyi sonuçlar bir dakikalık en kısa işlem süreli plazma işleminde elde edilmiştir.
- Piyol + iyot plazma işleminde plazma odacığının sıcaklığını artırmanın örneklerin elektriksel iletkenlikleri üzerinde olumsuz etki yaptığı gözlemlenmiştir.
- Piyol ve iyot plazma işlemi için monomerlerin her birinin akış oranlarının 1 sccm' den 5 sccm' ye artırılması ile daha iyi elektriksel iletkenlik değerlerine ulaşıldığı gözlemlenmiştir.
- Asetilen (C_2H_2) plazmasında uygulanan güç arttıkça elde edilen yüzey direnç değerinde bir artış gözlemlenmiştir.
- Asetilen (C_2H_2) + zırnık (Na_2S) plazmasında düşük güçlerde (2 - 6 W) asetilenin akış oranı arttıkça, yüksek güçlerde (20 - 30 W) ise zırnığın akış oranı arttıkça elektriksel yüzey direnç değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir.
- Araştırma sonucunda asetilen (C_2H_2) ve asetilen (C_2H_2) + zırnık (Na_2S) plazmaları uygulanan poliestere filtre kumaşının elektriksel yüzey direncinin

değerlerinin, pirol + iyot plazması uygulanan poliester filtre kumaşının elektriksel yüzey direnç değerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür.

- Çoklu plazma işleminin poliester filtre kumaş örneklerinin elektriksel iletkenliklerini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir.
- Tek örnek üzerinde yapılan plazma işlem sayısının artırılmasından en çok pirol + iyot plazması işlemine tabi tutulan poliester filtre kumaş örneklerinin elektriksel yüzey dirençlerinin etkilendiği gözlemlenmiştir.
- Araştırma sonucunda farklı güç seviyelerinde, farklı gaz / monomerlerle, farklı sürelerde, farklı akış oranlarında ve farklı plazma odacığı sıcaklıklarında yapılan RF plazma işlemlerinin poliester filtre kumaşlarının elektriksel iletkenlik özelliklerini geliştirmediği gözlemlenmiştir.
- Araştırmada mümkün olan en ince poliester filtre keçe örneği seçilmesine rağmen filtrasyon alanında kullanılan kumaşların yüzey pürüzlülüğünün yüksek olması (yüzeyde farklı yönlerde yerleşmiş çok sayıda lif bulunmaktadır) ve plazma işleminin de yüzeyde çok küçük bir derinlikte etkili olması (100 Angstroma kadar) nedeniyle plazma işlemiyle elektriksel iletkenlik geliştirilememiştir.
- Filtrasyonun giderek önemi artan bir alan olduğu ve statik elektriklenme probleminin kimya, gıda, maden endüstrileri ve kömür ve çimento değirmenleri gibi birçok alanı ilgilendiren önemli bir sorun olması nedeniyle bu konuda ileri çalışmaların yapılmasının faydalı olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akşit A., Kutlu B. ve Mutlu M. (2009). Electrically conductive textile structures for medical applications produced by plasma treatment: COST Action 868. *Biotechnical functionalisation of Renewable polymeric materials, Working group 2&3*, İstanbul
- Atkinson R.W., Anderson H.R., Sunyer J, Ayres J., Baccini M., Vonk J.M., ve diğer. (2001). Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: Results from APHEA 2 project. *Am J Respir Crit Care Med*, 164 (10), 1860-1866
- Avol E.L., Gauderman W.J., Tan S.M., London S.J., ve Peters J.M. (2001). Respiratory effects of relocating to areas of differing air pollution levels. *Am J Respir Crit Care Med*, 164 (11), 2067-2072.
- Beachler D.S., Joseph J. ve Pompelia N. (1995). *Fabric filter operation review*. North Carolina: North Carolina State University.
- Bethea R. M. (1978). *Air pollution control technology: An engineering analysis point of view*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Bhat N.V., Benjamin Y.N. (1999). Surface resistivity behaviour of plasma treated and plasma grafted cotton and polyester fabrics. *Textile Research Journal* 69 (1), 38-42.
- Bogaerts A., Neyts E., Gijbels R. ve Van der Mullen J. (2002). Gas discharge plasmas and their applications. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 57, 609-658.
- Broughton Jr., Brady R.M (Ph). (1984). *Structure and properties of fibers - An introductory text*. Auburn: Auburn University

Cai Z., Qiu Y., Zhang C., Hwang Y.J. ve Mccord M. (2003). Effect of atmospheric plasma treatment on desizing of PVA on cotton. *Textile Research Journal*, 73(8), 670-674.

Cernakova L., Szabova R., Wolfova M., Bucek A. ve Cernak M. (2007). Surface modification of polypropylene nonwoven after plasma activation at atmospheric pressure; *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15 (5-6,) 64-65.

Cireli A., Kutlu B. ve Mutlu M. (2007). Surface modification of polyester and polyamide fabrics by low frequency plasma polymerization of acrylic acid. *Journal of Applied Polymer Science*; 104, 2318-2322

Clancy L., Goodman P., Sinclair H. ve Dockery D.W. (2002). Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: An intervention study. *Lancet*, 360 (9341): 1210-1214

Fiflekçi F., Özkurt S. ve Bafler S. (1999). Effect of air pollution on COPD exacerbations. *Eur Respir J*, 14(30), 393.

Filleul L., Le Tertre A., Baldi I. ve Tessier J.F. (2004). Difference in the relation between daily mortality and air pollution among elderly and all-ages populations in southwestern France. *Environ Res*, 94 (3), 249-253.

Franklin R.N. ve Brathwaite N. St. J. (2009). 80 years of plasma. *Plasma Sources Science and Technology*, 18 (1), 1-3

Frederick E.R. (1978). Some effects of electrostatic charges in fabric filtration. *Journal of the Air Pollution control Association (JAPCA)*, 24, 1164-1168.

Hava kirliliğinin tanımı, (b.t), 18 Ekim 2009

http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_kirliligi

- Hegemann D., Hossain M.M. ve Balazs D.J. (2007). Nanostructured plasma coatings to obtain multifunctional textile surfaces. *Progress in Organic Coatings*, 58(2-3), 237-240
- Hutten Irwin M. (2007). *Handbook of nonwoven filter media*. Elsevier Science & Technology Books.
- Katsouyanni K., Touloumi G., Samoli E., Gryparis A., Le Tertre A., Monopolis Y. ve diğeri. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: Results from APHEA2 project. *Epidemiology* 12, 521-531.
- Kickuth R. (2001). *Plasma technology*. German Federal Ministry of Education and Research Brochure; Bonn
- Kilic B., Aksit C.A. ve Mutlu M. (2009). Surface modification and characterization of cotton and polyamide fabrics by plasma polymerization of hexamethyldisilane and hexamethyldisiloxane. *International Journal of Clothing Science and Technology*; 21 (2/3), 137-145
- Klingspor J. S. ve Vernon J. L. (1988). Particulate control for coal combustion. *IEA Coal Research, Report IEACR/03*, London
- Kutlu B. (2008). *Plazma teknolojisi kullanılarak çeşitli doğal ve sentetik liflerin buruşmazlık ve güç tutuşurluk özelliklerinin geliştirilmesi*. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir
- Kutlu B., Akşit A. ve Mutlu M. (2009). Textile surface modification by plasma polymerization for electrical conductivity. 5. *Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı*, Eskişehir

- La Porte R.J. (1997). *Hydrophilic polymer coatings for medical devices: Structure / properties, development, manufacture and applications*. Boca Raton, CRC Press LLC
- Le Tertre A., Medina S., Samoli E., Forsberg B., Michelozzi P., Boumghar A. ve diğeri. (2002). Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health* 56 (10), 773-779.
- Li R., Ye L. ve Mai Y.W. (1997). Application of plasma technologies in fibre-reinforced polymer composites: A review of recent developments; *Composites Part A*, 28 A, 73-86
- Liberman M.A. ve Lichtenberg A.J., (Ed). (2005). *Plasma discharges and materials processing* (2nd ed.); New Jersey; John Wiley&Sons, Inc
- Liu Y. C., Xiong Y. ve Lu D.N. (2006). Surface characteristics and antistatic mechanism of plasma-treated acrylic fibers. *Applied Surface Science*, 252(8), 2960-2966
- Negulescu I.I., Despa S., Chen J., Collier B. J., Despa M., Denes A., ve diğeri. (2000) Characterizing polyester fabrics treated in electrical discharges of radio-frequency plasma; *Textile Research Journal* 70 (1), 1-7.
- Oh K.W., Kim S.H. ve Kim E.A. (2001). Improved surface characteristics and the conductivity of polyaniline-nylon 6 fabrics by plasma treatment; *Journal of Applied Polymer Science*, 81 (3), 684-694.
- Samet J.M., Dominici F., Curriero F.C., Coursac I. ve Zeger S.L. (2000). Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994. *The New England Journal of Medicine (NEJM)*, 343, 1742-1749.

- Shishoo R. (Ed.). (2007). *Plasma technologies for textiles*. Cambridge, Woodhead Publishing Limited
- Smith W.C. (1999). *High performance and high temperature resistance fibers - Emphasis on protective clothing*; PCC'99
- Sutherland K. (2008). *Filters and filtration handbook*, (5th Ed.), Macaristan, Elsevier
- Sutherland K. ve Purchas D.B (Ed). (2002). *Handbook of filter media*, (2nd Edition), Elsevier
- Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D., Schwartz J., Spix C., de Leon A.P. ve diğeri. (1997). *Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. Air pollution and health: A European approach*. American Journal of Epidemiology, 146, 177-185
- Wakemann R.J. (1985). *Filtration dictionary and glossary*, United Kingdom, The Filtration Society
- Wei Q., Wang Y., Yang Q. ve Yu L. (2007). Functionalization of textile materials by plasma enhanced modification; *Journal of Industrial Textiles*, 36 (4), 301-309
- Wrobel A. M., Kryszewski M., Rakoroski W., Odoniewski M. ve Kubacki Z. (1978). Effect of plasma treatment on surface structure and properties of polyester fabric; *Polymer*, 19 (8), 908-912
- Zevenhoven R., Kilpinen P.P. (2001). *Control of pollutants in flue gases and fuel gases*. Espoo, Finland, Helsinki University of Technology
- Zemp E, Elsasser S, Schindler Ch., Künzli N., Perruchoud A.P., Domenighetti G. ve diğeri. (1999) Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). *Am J Respir Crit Care Med*, 159, 1257-1266.