

İĞNELENMİŞ DOKUSUZ YÜZEY FİLTRE KUMAŞLARINDA TAKVİYE MALZEMESİNİN VE İĞNELEME YOĞUNLUĞUNUN KOPMA VE YIRTIлма MUKAVEMETİNE ETKİSİ

Gamze DOĞAN
Mevlüt TERCAN
Mehmet Emin YÜKSEKKAYA
Uşak Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Filtreleme işlemi endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak karşılaşılan bir işlemdir. Tekstil esaslı filtreler yapılarından dolayı filtreleme alanında büyük ilgi çeker. Özellikle dokusuz yüzey kumaşlar, kuru hava filtrelemede sıkça tercih edilir. Dokusuz yüzeyler yüzey filtrelemenin yanında derinlik filtrelemesine izin veren yapıları sebebiyle, hava filtreleme uygulamalarında oldukça avantajlıdır. Bu çalışmada, iğnelenmiş dokusuz yüzey filtre kumaşları dokuma kumaş takviyeli ve takviyesiz olarak farklı iğneleme yoğunluklarında üretilmiştir. Kopma ve yırtılma mukavemetleri kumaşın kullanım sırasında maruz kalacağı zorlanmalara karşı mekanik özelliklerindedir. Bu özelliklerin takviye malzemesine ve iğneleme yoğunluğuna göre değişimi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: filtreler, dokusuz yüzeyler, iğneleme yoğunluğu, kuru hava filtreleme, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti.

THE EFFECT OF NEEDLING INTENSITY AND REINFORCEMENT MATERIAL ON THE BREAKING AND TEAR STRENGTH OF NEEDLE-PUNCHED FILTER CLOTH

ABSTRACT

Filtration is a common process in industrial applications. More attention is paid to textile based filters because of their structures. Especially nonwoven fabrics frequently preferred in dry air filtration applications. Structures of nonwovens allow depth filtration besides surface filtration and make them advantageous in air filtration applications. The needle-punched nonwoven filter fabrics are produced with and without woven reinforcement materials, with different needling intensities in this study. Breaking and tear strengths are the mechanical features of the filter cloth against the forces during usage. Variations of those properties are examined according to reinforcement material and needling intensities.

Keywords: filters, nonwovens, needling intensity, dry air filtration, breaking strength, tear strength.

1. GİRİŞ

Filtre edilen maddenin saflığını arttıran ve temelde bir ayırma prosesi olan filtreleme işlemi, çok çeşitli endüstriyel uygulamalarda karşılaşılan bir işlemdir. Filtreler köpük, su, membran ve kum gibi tekstil esaslı olmayanlar ile; örme, dokuma ve dokusuz yüzeyler gibi tekstil esaslı filtreler olarak sınıflandırılabilir [1]. Farklı üretim teknikleri ile üretilen bu filtreler farklı uygulamalar için avantajlar sergilemektedir. Tekstil esaslı filtrelerden özellikle dokusuz yüzey filtreler yapılarından dolayı filtreleme alanında büyük ilgi çekmektedir. Kuru hava filtrelemede kullanılan dokusuz yüzeylerin hacimli yapıları partiküllerin filtre tarafından tutulma şansını arttırmaktadır [2]. Tutulan partikül miktarının artması, daha yüksek filtre verimliliği anlamına gelmektedir. Partiküller filtre üzerinde bir tabaka oluştururlar. Kek olarak adlandırılan bu tabaka temizleme işlemi ile filtreden uzaklaştırılır ve filtreler tekrar kullanılır. Düzgün bir temizleme işlemi yapılmaması halinde, tekrar kullanımda kek homojen olmayan bir dağılım sergilemekte, filtrenin farklı yüklemelere maruz kalmasına neden olmaktadır [3]. Filtrelerin verimlilikleri ile ilgili ilk hava filtresi test standardı ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers) tarafından 1968'de hazırlanmıştır. Yapay test tozu ile filtreler kullanımlarındaki koşullara benzer şartlar altında test edilmekte ve toz tutma kapasiteleri ile filtre verimlilikleri belirlenmektedir [4].

Filtreleme işlemi otomotiv, yiyecek- içecek, kağıt, elektronik, kimya endüstrilerinde; kentsel ve evsel su filtreleme ile eczacılık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Tüm dünyada çevreye ve üretimde hassasiyete verilen önemin artması ile birlikte araştırmacılar filtreler ve kullanım alanları ile ilgili çalışmalar üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bunlardan Miao ve arkadaşları (2004) iğnelenmiş dokusuz yüzeylerin iğneleme yoğunluğu ile mukavemetlerinin değişimini inceleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada iğnelenmiş dokusuz yüzeylerde iğnelerin sebep olduğu lif hasarını deneysel olarak incelemek isteyen araştırmacılar, yünle birlikte suda çözünen PVA (Polivinil alkol) lifleri ile farklı iğneleme yoğunluğuna ve iğne dalış derinliğine sahip kumaşlar elde etmişlerdir. PVA'ü uzaklaştırarak yün liflerinde oluşan hasarı, liflerin bireysel olarak mukavemetlerini ölçerek değerlendirmişlerdir. İğneleme yoğunluğunun liflerde hasar oluşana kadar mukavemete olumlu katkısının olduğunu, daha sonra mukavemeti negatif yönde etkilediğini bulmuşlardır [5]. Seyam (2001) ise, bağımsız iğnelere gelen kuvvetleri on-line olarak iğne kuvveti ölçüm cihazı ile belirlemiş, sinyal analiz tekniği ile iğne kuvveti parametrelerini hesaplamıştır. Bu teknik ile iğnelenmiş dokusuz yüzey imalatı esnasında iğne dalışı, sıyırılma ve dalış enerjilerinin hesabının mümkün

olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak, iğnelenmiş dokusuz yüzeylerin performansı ile iğne kuvveti parametreleri arasında önemli bir bağıntı olduğunu ve on-line iğne kuvveti ölçüm cihazının imalat esnasında iğnelenmiş dokusuz yüzey özelliklerinin ölçülmesinde ve kontrolünde kullanılabileceğini belirtmiştir [6]. Thomas ve arkadaşları (2001) filtrelerin yüklenmelerinin aşırı basınç düşümüne sebep olmasından dolayı HEPA (High-efficiency particulate air filter) filtrelerin yüklenme karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Filtrenin iki temel karakteristiği olan basınç düşümü ile toz toplama verimine; filtre yapısının (paketlenme yoğunluğu, lif çapı ve kalınlığı gibi), çalışma koşullarının (partikül yoğunluğu, partikül boyutu, partikül dağılımı gibi) ve filtre tıkanmasının etkilerini araştırmışlardır. Farklı yüklenme derecelerinden önce lifler üzerinde toplanan mikronaltı partiküllerin oluşturduğu yapı tarayıcı elektron mikroskopu kullanılarak gözlenmiştir. Filtrasyonun ilk aşamasının filtre kumaşı içerisinde, ikinci aşamasının filtre kumaşı ön yüzünde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Buna bağlı olarak filtreler üzerindeki fazla kek yüklenmelerinin aşırı basınç düşümü yani tıkanma ile sonuçlanabildiğini ve bu nedenle filtrelerin yüzeyindeki liflerin derinlerdeki liflerden daha çok yüklendiğini ifade etmişlerdir. Derinlik ve yüzey filtrasyonu için bir model geliştirmişler, modelin derinlik filtrasyonundan kek filtrasyonuna geçişi çok iyi ifade ettiğini savunmuşlardır [7]. Vaughn ve Ramachandran (2002) hava filtrasyonu uygulamalarında kullanılan cam lifi ve sentetik liflerden üretilmiş filtreleri incelemiş, performans ve fiziksel özellikler bakımından ASHRAE standartlarına göre değerlendirmişlerdir. Cam lifleri incelikleri daha düşük olarak elde edilebildiği için, cam liflerinden üretilmiş filtrelerin daha sıkı paketlenmiş, yüksek yüzey alan/ kütle oranına, daha küçük gözeneklere ve dolayısıyla daha düşük hava geçirgenliğine sahip olduğunu ifade etmişlerdir [8]. Filtre kumaşına uygulanan bitim işlemleri de son yıllarda oldukça değer kazanmıştır. Bu bitim işlemlerinin temel amacı; filtre performansını ve kalitesini geliştirmektir. Filtrelere uygulanan bitim işlemlerinden bazıları; kalandırlama, ısı ile şekil verme, gazeleme, laminasyon, emdirme ve kaplamadır. Kalandırlama işleminin filamentlerin geçirgenliklerine, partikül depolama olgusuna etkisi Tung ve arkadaşları (2006) tarafından incelenmiştir. Kalandırlama ile filtre kumaşının filtreleme direnci artmış, geçirgenliği düzleşmiş ve gözeneklerin tıkanması iyileştirilmiştir [9]. Gregor (2003) dokusuz yüzey filtre kumaşlarını incelemiş, filtreleri tanımlayarak yapımlarını, filtrelerin özel karakteristiklerini, üretim metotlarını, filtre konfigürasyonu ve fonksiyonlarını, pazar ve uygulama alanlarını araştırmıştır. Islak serilmiş kumaşların, ince yapı ve tutarlı gözenek boyut dağılımının önemli olduğu uygulamalarda yaygın olarak kullanıldığını; spunbonded kumaşların daha çok membranların altında bir katman,

soğutucu filtre kumaşı, kat desteği meltblown kartuşu olarak kullanıldığını; iğnelenmiş kumaşların ise daha yüksek mukavemet ve dayanımın gerektiği yerlerde kullanıldığını; hava ile serilmiş kumaşlardan ise daha büyük partikülleri yakalamada örneğin ön filtre olarak yararlanıldığını belirtmiştir [10]. Al-Otoom (2004), gazların partikül filtrasyonu sırasındaki toz toplama verimi, kek kalınlığı, kek gözenekliliği ve basınç düşümünü tahmin eden yeni bir istatistiksel metot sunmuştur. Filtre kekindeki gözeneklilik değişimlerinin tahmin edilmesinin birçok filtrasyon sistemi tasarımları için gerekli olduğunu, temizleme aralıklarının belirlenmesi ve tıkanmanın ne zaman gerçekleştiğinin anlaşılması için bu modelin kullanılabilceğini ifade etmiştir. Araştırmacıya göre toz toplama verimi ortalama gözenek boyutu ve ortalama partikül büyüklüğüne güçlü bir şekilde bağlıdır ve filtrasyonun ilk aşamalarında toplama verimi zamanla artmaktadır. Filtre kumaşı üzerinde kekin oluşması ile, kek yeni bir filtre gibi davranmakta ve efektif filtrasyon alanını arttırmaktadır. Kek kalınlığı arttıkça, filtre üzerinde toplanan partiküllerin net sayısı artmakta ve ortalama kek gözenekliliği azalmaktadır. Buna bağlı olarak da basınç düşümü meydana gelmektedir [11]. Gautier ve arkadaşları (2007), nonwoven yapılarda mikroskopik ve makroskopik ölçü arasındaki oluşumun yapının makroskopik davranışına etkilerini araştırmışlardır. Bunun için iğnelenerek sabitleştirilmiş ve termik olarak sabitleştirilmiş iki nonwoven yapı kullanmışlar, yapıların termomekanik davranışlarını dikkate alarak tek eksen doğrultusunda gerilme testi uygulamışlar ve test parametreleri olarak uygulanan yük, uzama ve dokunun yüzey sıcaklığını ölçmüşlerdir. Sonuçta iğnelenmiş kumaşların anizotropik, termik olarak fiske edilmiş kumaşların ise izotropik özellik gösterdiğini ifade etmişlerdir [16]. Erdoğan ve Erdem (2008), dokusuz yüzey jeotekstillerin mekanik davranışlarının hammadde ve ürün özellikleri üzerinden tahminlenmesini amaçlayan araştırmalarında önce numunelerinde kullandıkları polipropilen lif özelliklerini ve dokusuz yüzey kumaş özelliklerini standart test metodlarıyla analiz etmişler, daha sonra kumaşlar için geniş enli çekme testini dikkate alan bir sonlu elemanlar modeli oluşturmuşlardır. Deneysel verileri ve model yaklaşımını kullanarak bir sonlu elemanlar metodu paket programı ile kumaşlarda gerilme analizi yapmışlar, teorik ve deneysel bulguların karşılaştırılması sonucu, modelin kumaşlarda çekme testinde oluşan gerilme değerleri ve dağılımları açısından uyumlu sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir [17].

Dokusuz yüzeylerde dokumadaki gibi atkı-çözgü bağlantısı yada ilmek oluşumu söz konusu olmadığından kopma ve yırtılma açısından normal kumaşlara göre dirençleri daha düşüktür [18]. Genel olarak iğneleme yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey filtre kumaşları; torba biçiminde çimento fabrikaları, seramik fabrikaları, pamuk

ipliği fabrikaları vb. fabrikalarda kuru hava ve toz filtrasyonu amacıyla yaygın biçimde kullanılmaktadır [1]. Söz konusu fabrikalardan bazılarında filtre torbalarının kelepçe noktalarından yırtıldığı ve koptuğu gözlenmiştir. Kullanım esnasında filtre kumaşlarının bu şekilde deforme olmasını engellemek amacıyla bu çalışmada, iğneleme yöntemiyle takviyesiz ve dokuma takviyeli olarak farklı iğneleme yoğunluklarında toz tutma amacına yönelik kuru hava filtre kumaşları üretilmiş olup takviye işleminin ve iğneleme yoğunluğundaki değişimin makina doğrultusundaki ve buna dik doğrultudaki kopma ve yırtılma mukavemetine etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Filtre kumaşlarının hammaddesi olarak 3,3 dtex inceliğinde ve 64 mm uzunluğunda geri kazanılmış poliester lifleri kullanılmıştır. Dokuma takviye malzemesi olarak mukavemetinin iyi olması, kalandırlama sıcaklığına dayanabilmesi düşük üretim ve malzeme maliyetleri, kolay işleme tabi tutulabilmeleri ve bugün için dünyada en fazla kullanılan dördüncü sentetik lif olması sebebiyle akrilik lifi seçilmiştir [12]. Takviye kumaşı, akrilik elyafından üretilmiş 2x25 Tex iplik ile 9 çözgü/cm ve 6 atkı/cm sıklıklarında dokunmuştur. Filtre kumaşlarının üretimi Asselin France iğneleme makinasında gerçekleştirilmiştir. Taraktan çıkan tülbent, lif oryantasyonu makina doğrultusuna dik olacak şekilde enine katlama yapılarak iğneleme bölgesine sevk edilmiştir. Kullanılan iğne Groz Beckert 15x18x36x3 1/2 R333 G 1002 model iğne olup üçgen kesitli uç kısmı Şekil 1'de görülmektedir. Tabla üzerindeki iğne yoğunluğu 1.875 iğne/cm²'dir. İğneleme makinasında, dalış derinliği ve iğneleme yoğunluğu değiştirilebilir parametrelerdir [13]. Bu parametreler, kumaş yapısına büyük oranda etki ederler. İğne dalış derinliğine bağlı olarak lifler tülbent içerisinde hareket eder. İğne plakası ile tarak plakası arasındaki mesafeye ve iğnenin üçgen kesitli kılıç kısmının uzunluğuna bağlı olan dalış derinliğinin artışıyla lifler, tülbent içinde daha fazla hareket ettikleri için birbirlerinin içine geçerek daha iyi karışıp birbirine tutunmaları sağlanır. İğneleme yoğunluğu; iğne plakası üzerindeki iğne yoğunluğuna, dalış (vuruş) sıklığına, besleme hızına bağlıdır. Bu değişkenler kumaşın yapısal ve fiziksel özelliklerini etkilemektedirler. Bu çalışmada farklı iğneleme yoğunluğuna sahip numuneler elde edebilmek için dalış derinliği sabit tutularak, kumaşlar iğneleme makinasından 2, 3, 4 ve 5 pasaj geçirilmişlerdir. Numunelerin birim alanına düşen iğneleme yoğunlukları Tablo 1'de gösterilmiştir. Dokuma takviyeli ve takviyesiz numuneler birbirlerinden farklı olduğu için, makina devri dokuma takviyeli numuneler için 374 dev/dak, takviyesiz numuneler için 258 dev/dakikaya ayarlanmıştır. Bu nedenle takviyeli ve takviyesiz numuneler için santimetre-kareye düşen iğneleme yoğunluğu farklıdır.

İğneleme işleminden sonra filtre kumaşları 180 °C sıcaklıktaki silindirlerin arasından geçirilerek kalandırlama işlemine tabi tutulmuşlardır.



Şekil 1. Kullanılan iğnenin üçgen kesitli uç kısmı

Tablo 1. Filtre kumaşı Tipi ve Pasaj Sayısına Göre İğneleme Yoğunluğunun Değişimi (iğne/cm²)

| Filtre Kumaşı Tipi | Pasaj Sayısı | | | |
|--------------------------------|--------------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Dokuma Takviyeli Filtre Kumaşı | 9.12 | 13.66 | 18.21 | 22.77 |
| Takviyesiz Filtre Kumaşı | 6.29 | 9.44 | 12.59 | 15.74 |

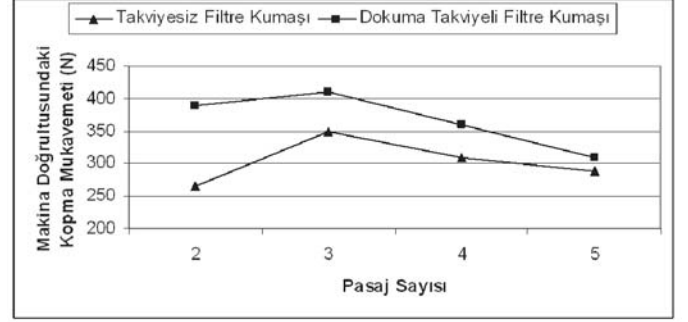


Şekil 2. U Test Universal Test Cihazı

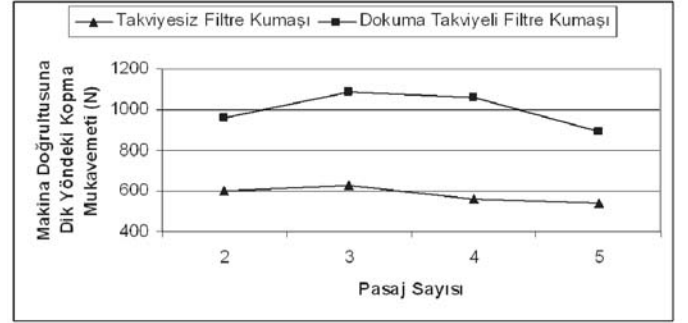
Filtre kumaşının mekanik özelliklerden kopma ve yırtılma mukavemeti deneyleri U Test Universal marka elektromekanik çekme cihazı ile yapılmıştır (Şekil 2). Kopma mukavemeti testleri makina doğrultusunda ve makina doğrultusuna dik yönde olmak üzere iki doğrultuda TS EN 29073-3'e göre gerçekleştirilmiştir [14]. Bunun için 5 x 30 cm ebatlarında numuneler hazırlanıp 10 adet ölçüm yapılmıştır. Yırtılma mukavemeti tayini de TS EN ISO 9073-4'e göre her iki yönde 10 ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir [15]. Filtre kumaşlarının bu fiziksel özelliklerinin, filtrenin takviyeli olup olmamasına ve iğneleme yoğunluğuna göre istatistiksel açıdan anlamlı bir fark sergileyip sergilemediği SPSS 11.5 programıyla varyans analizi yapılarak incelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

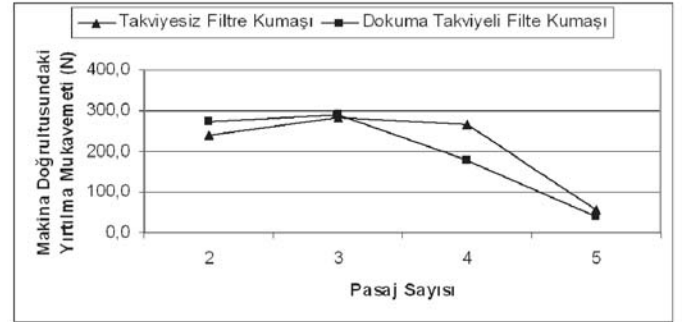
Numunelerin makina doğrultusundaki ve makina doğrultusuna dik doğrultudaki kopma ve yırtılma mukavemetleri ölçülmüştür. Kopma ve yırtılma mukavemetleri (N olarak) takviye malzemeleri göz önünde bulundurularak pasaj sayısının değişimine göre Şekil 3 - 6'da verilmiştir.



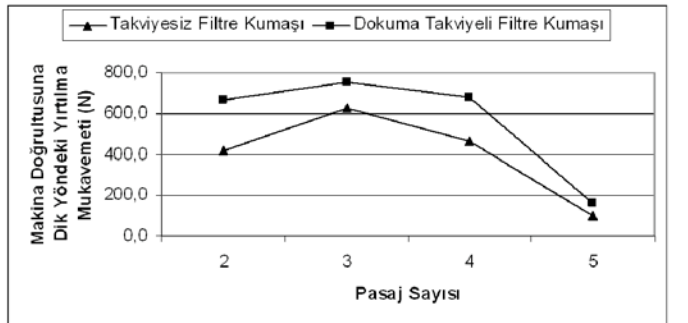
Şekil 3. Pasaj Sayısı ile Makina Doğrultusundaki Kopma Mukavemetinin Değişimi



Şekil 4. Pasaj Sayısı ile Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Kopma Mukavemetinin Değişimi



Şekil 5. Pasaj Sayısı ile Makina Doğrultusundaki Yırtılma Mukavemetinin Değişimi



Şekil 6. Pasaj Sayısı ile Makina Doğrultusuna Dik Yöndeki Yırtılma Mukavemetinin Değişimi

Tablo 2. Varyans Analizi Test Sonuçları

| F değerleri | Makina doğrultusundaki kopma mukavemeti (N) | Makina doğrultusuna dik doğrultudaki kopma mukavemeti (N) | Makina doğrultusundaki yırtılma mukavemeti (N) | Makina doğrultusuna dik doğrultudaki yırtılma mukavemeti (N) |
|---|---|---|--|--|
| İğneleme yoğunluğu | 11.658 | 1.245 | 139.96 | 113.215 |
| Malzemeler | 49.228 | 425.615 | 0.502 | 10.669 |
| İğneleme yoğunluğu için $F_{kritik} = 2.74$, Malzemeler için $F_{kritik} = 3.98$ | | | | |

Farklı iğneleme yoğunluklarında ve takviye malzemesi kullanımında elde edilen ölçüm değerleri arasında istatistiksel açıdan fark olup olmadığını anlamak için varyans analizi yapılmış, sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Kumaşların makina doğrultusuna dik yöndeki mukavemetlerinin, makina doğrultusundaki mukavemet değerlerinden büyük olmasının nedeni; tülbent lif oryantasyonunun makina doğrultusuna dik yönde olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 3, 4 ve 6'dan görüldüğü gibi, dokuma takviyeli numunelerin mukavemet değerleri, takviyesiz numunelerin mukavemet değerlerinden daha yüksektir. Bu durum takviyesizlerden farklı olarak dokuma takviyeli numunelerde kopma ve yırtılma yüküne karşı koyan ilave bir kumaş tabakasının bulunmasından kaynaklanmaktadır. Makina doğrultusundaki yırtılma mukavemetinin malzemelere göre istatistiksel açıdan (%5 anlamlılık seviyesinde) önemli bir fark sergilememesi liflerin bu doğrultuya dik yerleşmiş olmaları ile açıklanabilir. Bu durum, lif oryantasyonunun etkisinin, makina doğrultusunda yırtılma yüküne karşı koyan ilave çözgü tellerinin etkisinden daha büyük olduğunu düşündürmektedir.

İğneleme yoğunluklarına göre mukavemetlerin değişimi incelendiğinde ise, makina doğrultusuna dik yöndeki kopma mukavemeti hariç tüm mukavemetlerin iğneleme yoğunluğuna göre istatistiksel açıdan (%5 anlamlılık seviyesinde) önemli bir fark sergilediği görülmektedir. İğneleme yoğunluğunun değişimi ile dokusuz yüzeyi oluşturan liflerin kumaş içerisindeki yerleşimi (karışması), kumaşın gözenekliliği, lif hasarına bağlı olarak lif uzunluğu ve lif mukavemeti değişir. Bu yapısal değişiklikler kumaşın fiziksel özelliklerinde de değişikliğe neden olur. İğnenin verdiği hasar sonucunda zayıflamış veya kırılarak daha kısa hale gelmiş liflerin oluşturduğu kumaşın mukavemeti, genel olarak düşük olacaktır [5]. Makinadan 5 pasaj geçirilen numunelerin mukavemetlerinin düşük olması bu yaklaşımı doğrulamaktadır. Kumaşların maksimum mukavemete ulaşmaları için kritik bir iğneleme yoğunluğu değeri vardır. Bu değer aşıldığında liflerde meydana gelen hasarlara bağlı olarak kumaş mukavemetini kaybetmektedir. Makina doğrultusuna dik

yöndeki kopma mukavemetinde farkın önemsiz çıkması ise yine tülbent içindeki lif yerleşiminin makina doğrultusuna dik oluşu ile açıklanabilir. Makinadan geçirilen materyal tipine göre liflerin birbirleriyle en iyi şekilde tutunduğu iğneleme yoğunluklarının farklı olması beklenen bir durumdur. İğneleme yoğunlukları ile mukavemetin değişimi incelendiğinde, kopma ve yırtılma mukavemetlerinin maksimum değerinin genelde 3 pasaj (takviyesiz numuneler için 9.44 iğneleme/cm² ve dokuma takviyeli numuneler için 13.66 iğneleme/cm²) ile elde edildiği bulunmuştur.

SONUÇLAR

Çevre bilincinin ve hava kalitesine verilen önemin artması, pek çok işlemden olduğu gibi filtrasyonda da daha fazla verim istenmesi gibi sebeplerden dolayı; filtrelerle ilgili çalışmalar son zamanlarda hız ve önem kazanmıştır. Farklı filtre tasarımları yapıldığı gibi mevcut filtrelerin performanslarının değerlendirilip geliştirilmesine yönelik araştırmalar da devam etmektedir. Bu çalışmada dokuma takviyeli ve takviyesiz filtre kumaşları farklı iğneleme yoğunluklarında üretilerek; maksimum kopma ve yırtılma mukavemetlerinin elde edilebileceği optimum iğneleme yoğunluğu belirlenmeye çalışılmıştır. İğneleme yoğunluğunun artmasına bağlı olarak kopma ve yırtılma mukavemetinin değişimi incelendiğinde maksimum mukavemet değerlerinin elde edildiği kritik iğneleme yoğunluğunun 9 iğneleme/cm² ile 14 iğneleme/cm² arasında değiştiği görülmüştür. Genel olarak dokuma takviyeli filtrelerin kopma ve yırtılma mukavemetleri takviye malzemesinin sağladığı ilave katkı sayesinde takviyesizlere göre beklenen durum olarak daha yüksek çıkmıştır. Tülbent içindeki lif yerleşiminin, makina doğrultusundaki yani tülbent makinadan çıkış doğrultusundaki ve buna dik doğrultudaki kopma ve yırtılma mukavemetlerini etkileme potansiyeline sahip olduğu da anlaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar lif temini için Fuxing Usaş A.Ş.'ne, dokuma kumaş üretimi için Sesli Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'ne teşekkürü borç bilirlir.

KAYNAKLAR

1. Doğan, G., 2006, “Kuru Hava Filtrasyonunda Kullanılan Dokusuz Yüzeylerin Performansları Üzerine Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 73 s.
2. Duran, K., Öneş, A. M., 1993, “Nonwovenların Filtrasyonda Kullanımı”, *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Sayı 5, 337-342.
3. Kavouras, A., Krammer, G., 2005, “A Model Analysis on The Reasons for Unstable Operation of Jet-pulsed Filters”, *Powder Technology*, 154, pp 24-32.
4. Arnold, B.D., 2001, “Nonwoven Material Performance in Air Filtration Applications”, *International Nonwovens Technical Conference*, Baltimore, Maryland, September 5-7.
5. Miao, M., Glassey, H.E, Rastogi, M., 2004, “An Experimental Study of the Needled Nonwoven Process: Part III: Fiber Damage Due to Needling”, *Textile Research Journal*, Vol. 74, No 6, 485-490.
6. Seyam, A., “İğnelenmiş Nonwoven Kumaş Özelliklerinin İğne Kuvveti Ölçüm Sistemi Kullanarak On-Line Kontrolü”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Tekstil 2001 Kongresi*, İstanbul, 21- 22 Nisan.
7. Thomas, D., Penicot, P., Contal, P., Leclerd, D., Vendel, J., 2001, “Clogging of Fibrous Filters by Solid Aerosol Particles, Experimental and Modelling Study”, *Chemical Engineering Science*, Vol. 56, pp 3549-3561.
8. Vaughn, E., Ramachandran, G., 2002, “Fiberglas Vs. Synthetic Air Filtration Media”, *International Nonwovens Journal*, V.11: 3, pp 41-51
9. Tung, K.-L., Li, Y.-L., Lu, K.-T., Lu, W.-M., 2006, “Effect of Calendring of Filter Cloth on Transient Characteristics of Cake Filtration”, *Separation and Purification Technology*, Vol.48, pp 1-15.
10. Gregor, E.C., 2003, “Primer on Nonwoven Fabric Filtration Media”, Edward C. Gregor & Associates, 6 p.
11. Al-Otoom, A.Y., 2005, “Prediction of The Collection Efficiency, The Porosity, and The Pressure Drop Across Filter Cakes in Particulate Air Filtration”, *Atmospheric Environment*, V.39, 51-57
12. Tiyek, İ., Bozdoğan, F., 2008, “Poliakrilonitril lif üretiminde koagülasyon banyo sıcaklığının lif iç yapısına etkisinin geniş açılı x-ışınları difraksiyonu ile incelenmesi”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol.2, 114-120.
13. Duran, K., 2005, “Nonwoven (Dokusuz Tülbent) Tekstil Yüzeyleri”, *Dokusuz Yüzeyler*, Teknik Fuarcılık Yayınları, İzmir, 144-370.
14. Türk Standardı “TS EN 29073-3 Tekstil- Dokunmamış (Nonwoven) Mamuller İçin Deney Metotları Kısım 3: Kopma Mukavemeti ve Uzama Tayini”.
15. Türk Standardı “TS EN ISO 9073-4 Tekstil- Dokusuz Yüneyler İçin Deney Metotları Bölüm 4: Yırtılma Direncinin Tayini”.
16. Gautier, K.B., Kocher, C.W., Drean, J.Y., 2007, “Anisotropic Mechanical Behavior of Nonwoven Geotextiles Stressed by Uniaxial Tension”, *Textile Research Journal*, V.77, 20-28.
17. Erdoğan, Ü.H., Erdem, N., 2008, “Dokusuz YüzeY Jeotekstillerin Mekanik Davranışlarının Modellenmesinde Lif Özelliklerinin Etkisi”, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl:14, Sayı:65, 7-17.
18. Sivri, Ç., 2008, “Dokusuz Yüzeyler Endüstrisinde Sık Kullanılan Test Metodları, Cihazları Ve Standartları”, *Teknolojik Araştırmalar, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 19-25.