

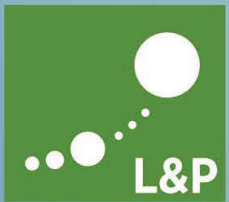
UTİB Türkiye Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe  
UTİB Turkish Textile and Clothing Sector

**IX** ULUSLARARASI  
AR-GE PROJE PAZARI  
INTERNATIONAL R&D  
BROKERAGE EVENT

# 2. ULUSLARARASI LİF VE POLİMER ARAŞTIRMALARI SEMPOZYUMU

**27-28 NİSAN 2017**

BUTEKOM TEKSTİL VE TEKNİK TEKSTİL MÜKEMMELİYET MERKEZİ



Lif ve Polimer Araştırmaları  
Enstitüsü

[utibargeprojepazari.com](http://utibargeprojepazari.com)



***Bu kitabın baskı versiyonu bildirilerin tam metinlerini içermektedir. E-kitaba [www.butekom.com](http://www.butekom.com) adresinden ulaşabilirsiniz.***

***This printed book include from full texts. Please visit [www.butekom.com](http://www.butekom.com) for e-book.***

**“Nisan” 2017**

ISBN: 978-605-9193-27-6

**BUTEKOM**

Bursa Teknoloji Koordinasyon  
& AR-GE Merkezi

**Editörler**

Prof. Dr. Yusuf ULCA Y  
Prof. Dr. Ali DEMİR

**Yayın Sahibi İletişim Adresi**

Butekom Bursa Teknoloji Ve Koordinasyon Ar Ge Merkezi  
Anonim Şirketi  
D.O.S.A.B. Mustafa Karaer Cadde  
Çiğdem 2 Sokak No:1/4 16245 Osmangazi / Bursa  
Tel: 0 224 502 16 00  
Faks: 0 224 502 16 06

**Editöryal Üretim ve Yapım**

[www.uludag.edu.tr](http://www.uludag.edu.tr)

Bu eserin telif hakkı BUTEKOM Bursa Teknoloji Koordinasyon  
& AR-GE Merkezi'ne aittir.

5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine göre  
BUTEKOM Bursa Teknoloji Koordinasyon  
& AR-GE Merkezi Anonim'nden izin  
alınmadan bu eserin herhangi bir bölümü  
veya tamamı iktibas edilemez, fotokopi  
veya diğer herhangi bir suretle çoğaltılamaz,  
basılamaz ve dağıtılamaz.

**Baskı Yeri**

Uludağ Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü  
Görükle Merkez Kampüs, 16059  
Nilüfer, Bursa, Türkiye  
Tel: +90 224 294 05 33

**Organizasyon Komitesi ve Bilim Kurulu**  
**Organising Committee & Scientific Committee**

Prof. Dr. Yusuf ULCAI, Uludağ Üniversitesi

Prof. Dr. Ali DEMİR, İTÜ

Prof. Dr. Behnam POURDEYHIMI, NCSU, USA

Doç. Dr. Mohammad JAWAID, UPM, Malaysia

Doç. Dr. Kenan YILDIRIM, BTÜ

Yrd. Doç. Dr. Şule SELÇUK, İTÜ

Yrd. Doç. Dr. Ali KILIÇ, İTÜ

Yrd. Doç. Dr. Tamer HAMOUDA, National Science Foundation, Egypt

Yrd. Doç. Dr. Ahmed HASSANIN, Egypt Japan University, Egypt

Yrd. Doç. Dr. Abdelrahman ABDELGAWAD, NCSU, USA



## ***İkinci Buluşma...***

Hiç şüphesizdir ki, uzun soluklu ve verimli araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri araştırmacı için “ruh dinginliği” ve araştırmacının bulunduğu toplum için de “huzur” gerektirir. Bu bağlamda sevgili güzel ülkemiz, Türkiye, geçtiğimiz yıl Mayıs ayı sonunda yaptığımız ilk “Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu” buluşmamızdan bu yana toplumsal huzuruna darbe aldı. Geçtiğimiz 16 Nisan günü huzur içinde gerçekleştirilen Referandum ve sonucunun bu huzursuzluğu sonlandırmasını ve uzun soluklu toplumsal barış, huzur ve gelişmenin başlangıcı olmasını ümit ediyoruz. Bunun ayrıca lif ve polimer araştırmaları alanında yürütülen ve ülkemiz tekstil endüstrisi için verimli sonuçlar üretecek faaliyetler için de yeniden bir başlangıç olmasını diliyoruz.

Geçtiğimi yıl yaşadığımız tüm bu olumsuz şartlara rağmen, “Lif ve Polimer Araştırmaları Platformu” üyeleri olan araştırmacılar çalışmaya devam ettiler ve pek çok ilginç ve faydalı sonuçlar ürettiler. İkincisini yapacağımız bu sempozyum bu araştırma faaliyetlerinin ve elde edilen sonuçların bir sergi ve sunum alanı olacak. Bu yılki buluşmamıza katılımcı sayısının artmış olması ve ayrıca sempozyumda gerçekleşecek bilimsel tartışmaların kalitesinin de yükselmiş olması bizleri fazlasıyla sevindirmektedir. Ayrıca, bu yılki buluşmamıza sanayiden araştırmacıların da sonuçları ile katılmaları bizleri gururlandırmaktadır. Sanki maya kabarmaya başladı...

Bu sempozyumda sunulacak bildirilerin konuları lif ve polimer araştırmalarının gittiği yön hakkında da açık bir fikir vermektedir. Araştırma odağının nanoliflerden kompozit malzemelere doğru evrildiğini görüyoruz. Örneğin koruyucu kıyafetler anlamında farklı içeriklerde birçok yenilikçi kompozit çalışmalarını sunan bildiriler aldık. Biliyoruz ki, kurşun geçirmez yelek ve diğer patlamalardan koruyucu yapılara lif ve polimer araştırmalarının vereceği katkı çok büyük olacaktır.

“UTİB Türkiye Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe IX. Ar-Ge Proje Pazarı” etkinliğinin bir parçası olarak gerçekleştirdiğimiz bu ikinci buluşmamız lif ve polimer alanında araştırma yapan bilim insanlarının kalıcı ilişkiler kurmasına vesile olmaktadır. Bu birlikteliğe vesile olan BİTSO ve UTİB’e teşekkürlerimizi sunarken daha nice yıllarda bir araya gelmek ümidi ve heyecanımla başarılı çalışmalarınızın devamını diliyoruz.

Prof. Dr. Yusuf Ulcay

Prof. Dr. Ali Demir

## *2<sup>nd</sup> Meeting...*

There is no doubt that sustainable and long lasting Research and Development (R&D) work can only be realised by the peace of mind of the researchers as well as the peace in society. In this context our beloved country, Turkey, has experienced a troubled period since the last Fiber and Polymer Research Symposium held in May last year. Our sincere hope is that the national referendum held in 16th April will end all these troubled period and be the start of ever lasting peace and prosperity for Turkey. We do also believe that this will be re-start of the fruitful R&D activities in the fields of fibers and polymers.

Despite all these unfavourable conditions, our “Fiber and Polymer Research Circle” has kept working and produced many interesting results. The symposium will be a display board of those research activities. It is our pleasure to see more work to be displayed and also the increased quality of the work to be discussed at this symposium. We are also very proud of seeing the results of the industrial research at this symposium.

The topics covered by the research papers obviously give a hint of the future direction in the fields of fiber and polymer research. We see that the focus of the research is being inclined from nanofiber towards composites. To justify this feeling, we have received many research papers related to composite structures used for the protection purposes. It is our strong belief that fiber and polymer research could contribute greatly to personal protection as bullet proof vests and other related structures.

Thanks to the UTIB Turkish Textile and Clothing Sector, IX. International R&D Brokerage Event, this second meeting is consolidating the long lasting academic relations between the fiber and polymer related researchers and we hope to see all of this community in many years to come...

Prof. Dr. Yusuf Ulcay

Prof. Dr. Ali Demir

## İÇİNDEKİLER

Elektro-Üretim Yöntemiyle Nanoliflerden Sürekli İplik Üretimi .....	1
Çift Katlı Dokusuz Yüzey Alçı Altı Destek Yapıları .....	4
Polimer Malzemelerin Buhar Emdirme Yöntemi ile Modifikasyonu Neticesinde Organik-İnorganik Melez Malzemeler Elde Edilmesi .....	6
Karbon Nanotüp (KNT) Katkılı Termoplastik Tabanlı Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması .....	8
Grafen Oksit/ZnO Nanoparçacıkları ile Modifiye Edilmiş Kumaş Üretilmesi ve Antibakteriyel, UV Koruma ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi .....	11
Influence of Boron Compounds on the Fire Retardant Properties of Intumescent Polypropylene Composites .....	13
Karbon Fiber/Epoksi Kompozitlerin Kırılma Tokluğunun Poliamid 66 Nanofiberler Kullanılarak İyileştirilmesi.....	16
Metal Kumaşların Elektrot Olarak Kullanılarak Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretebilen (Fotovoltaik) Tekstil Yapılarının Geliştirilmesi .....	19
Çözeltiden Üfleme Yöntemiyle Doğal Özütü Antibakteriyel Yara Örtülerinin Üretimi .....	21
Production of Polymer Foam Added Bicomponent Yarn .....	24
SnO <sub>2</sub> Nanofibers for Energy Storage.....	28
Doğal Biyopolimer Bazlı Sepiyolit Fiberlerle Kaplanmış Monomoleküler Filmlerin Akıllı Nano Ambalaj Uygulaması.....	30
Kayma İle Kalınlaşma Etkisi Gösteren Sıvıların Koruyucu Kıyafet Uygulamaları İçin Geliştirilmesi.....	32
Otokorelasyon Yöntemi İle İplikte Bulunan Periyodik Hataların Tespiti.....	35
Elastan ve Filament Özlü Core-Spun İpliklerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Çalışma .....	37
Termoset Polimer Reçine Karışım Oranlarının Ürün Performansı ve Maliyeti Açısından Optimize Edilmesi .....	39
Bükümsüz FDY (Fully Drawn Yarn-Tam Çekimli İplik) Polyester İpliklerinin Boyanması .....	41
First Derivative Algorithm for Yarn Diameter Determination.....	43
Meyan Kökü Lifi Takviyeli Polipropilen Esalı Kompozitlerin Isı Geçirgenlik Özelliklerinin İncelenmesi....	45
Uçuş Giysileri İçin Negatif Poisson Oranına Sahip Konfor Tabakası Komponenti.....	47
Otomotiv Endüstrisinde Karbon Lifi Kullanımı ve Güncel Gelişmeler .....	49
Kimyasal Olarak Modifiye Edilmiş Jüt Liflerinden Üretilmiş Kompozitlerde Mekanik ve Fiziksel Özelliklerin Değişimi .....	51
A Comparative Study For Absorption Capacity of Smart Auxetic Versus Conventional Polyurethanes (PU) Foam.....	53
Thermal Characterization of Wool Fiber For Aircraft Seating .....	55
Studies on Thermal and Flammability Properties of Wood Flour Reinforced Epoxy Composites: Effects of Pumice Dust, Mg (OH) <sub>2</sub> and Al (OH) <sub>3</sub> .....	59
Saç Örgü Tekniği ile Tasarlanan Hibrit İpliklerin Tekstil Takviyeli Beton Üretiminde Kullanımı .....	62
Selülozik Lif Takviyeli (Mısır Sapı) Termoplastik Esalı Kompozitlerin Isı Geçirgenlik Özelliklerinin İncelenmesi.....	64
Enginar Lifi Dokusuz Yüzeylerin Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi .....	66



3D Örgülü ve Tavuk Tüyü Takviyeli Biyokompozitler .....	68
Karbon Fiber-Epoksi/ Al Bal Peteği Kompozit Sandviç Yapıların Mekanik ve Ara Yüzey Davranışlarının İncelenmesi.....	73
Elyaf Sarma ile Üretilen Kompozit Basınçlı Kapların Farklı Yüklemelerde Modellenmesi .....	79
Stor Perdelerde Ses Yalıtım Özelliği.....	81
Conjugated Polymeric Composite Nanofibers: Enzyme Immobilization.....	83
Yalancı Büküm Tekstüre Parametrelerinin Polibütilen Tereftalat (PBT) İpliklerin Fatik Davranışları Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi .....	85
Kompozit Malzeme Üretiminde Destek Materyali Olarak Kullanılabilecek Yeni Selüloz Esaslı <i>Conium Maculatum</i> Liflerinin Karakterizasyonu ve Modifikasyonu .....	87
Green Carbon Nanofibers for Energy Storage .....	91
Bikomponent Liflerden Üretilmiş Dokusuz Yüzeylerin Çözme İşlemi ile Modifikasyonu .....	93
Life Cycle Assessment of Carbon Fiber/Polymer Composites Used in Vehicles .....	96
Lif Cinsi, Karışım Oranı ve Kumaş Sıklığının Vortex İpliklerden Örülmüş Boyalı Kumaşların Rengine Etkileri .....	98
Vortex İpliklerde İplik-Metal Sürtünme Katsayısı Üzerine Lif Tiplerinin Etkisi .....	101
Dokuma Yönünün 3 Boyutlu Boşluklu Tabakalı Kompozitlerin Üç Nokta Eğilme Dayanımına Olan Etkileri .....	104
Nano SiO <sub>2</sub> Takviye Edilmiş 3 Boyutlu Kompozitlerin Düşük Hız Darbe Dinamiklerinin İncelenmesi .....	106
Stor Perdelerde Solar Özellikler .....	108
Electrospun Nanofibers of Keratin-Based Poly (Acrylonitrile-co-Ethylene glycol).....	111

# Elektro-Üretim Yöntemiyle Nanoliflerden Sürekli İplik Üretimi

NAKİ AKPINAR, Sinem<sup>1</sup>, DEMİR, Ali,<sup>1</sup> ACIKABAK, Bekir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi

<sup>2</sup>Inovenso Ltd., İstanbul

[sinemnaki@yahoo.com](mailto:sinemnaki@yahoo.com)

## AMAÇLAR

Polimer çözeltileri ya da polimer eriyiklerinden nanolif elde edilmesinde kullanılan çok yönlü ve etkili bir yöntem olan elektro-üretim yöntemiyle, çoğunlukla düzensiz yerleşimli nanoliflerden oluşan tülbent (web like, nonwoven) bir yapının elde ediliyor olması kullanım alanlarının sınırlı kalmasına sebep olmuştur. Bu çalışmanın ilk aşamasında elektro-üretim yöntemi ile polimer çözeltilerinden bükümlü nanolif iplik elde edilmesi amaçlanmaktadır. İkinci aşamada ise mono- ve multi-filamentlerin nanoliflerle kaplanması üzerine çalışmalar yapılacaktır.

## GİRİŞ

Elektro-üretim (electrospinning) yöntemi, çeşitli polimer malzemelerden nanolif elde edilmesinde kullanılan en kolay ve etkili teknolojilerden biri olarak kabul edilmektedir. Elde edilen nanoliflerden oluşmuş yüzeylerin, geniş yüzey alanları ve yüksek gözenekli yapıları nedeniyle filtre, sensör, koruyucu giysi ve doku mühendisliği gibi birbirinden farklı pek çok alanda kullanım imkanı bulmaktadır [1].

Nanoteknolojideki gelişmelere paralel olarak, elektro-üretim yöntemiyle nanolif eldesi de büyük önem kazanmıştır. Temelde iğneli ve iğnesiz olarak sınıflandırılabilen elektro-üretim yöntemi, elektrostatik kuvvet alanı oluşturan yüksek voltaj güç kaynağı yardımıyla polimer besleme ve nanolif toplama üniteleri arasında elektrik alan oluşturulması esasına dayanmaktadır.

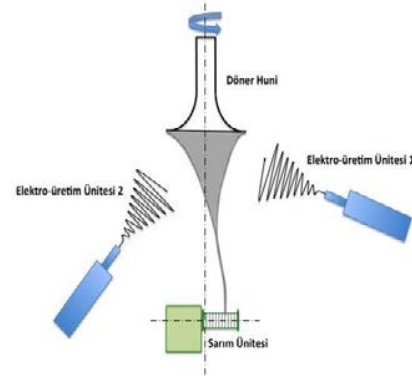
Son yıllarda elektro-üretim yöntemi ile nanoliflerden üç boyutlu yapılar ve iplik elde edilmesi üzerine çeşitli çalışmalar yayınlanmıştır. Örneğin elektro-üretim ile elde edilen nanolif demetleri direk olarak sıvı bir banyoya aktarılıp, paralel uzanan liflerden oluşan ipliğimsi yapı banyodan çekildi [2]. Başka bir çalışmada yine sıvı banyosuna aktarılan nanolif demetleri, banyo küveti altında oluşan girdap ile aşağıdaki ikinci banyoya aktarıldı. Bu sayede nanoliflerin daha paralel yerleşimi sağlandı ve ağ yapıya incelik kazandırıldı [3]. Ayrıca zıt yüklü iğneler kullanılarak nanoliflerden kesiksiz olarak iplik elde edilen çalışmalar da gerçekleştirildi. Zıt yüklü nanolifler bir araya getirilip paralel lif demetleri elde edildi. [4, 5] Son yapılan çalışmalarda ise ipliğe mukavemet kazandırmak adına lif demetlerine büküm kazandırılan çalışmalar gerçekleştirilmiştir [6,7].

## DENEYSEL

### Malzeme

Polimer malzeme olarak poliakrilonitril (PAN) kullanılmıştır. Çözücü olarak N,N-dimetilformamid (DMF) kullanılmıştır. Elektro-üretim çözeltileri, gerekli miktarda polimerin çözücü içerisinde, belirli sıcaklıkta çözülmesi ile hazırlanmış ve %10, %13 ve %15'lik PAN çözeltileri elde edilmiştir.

Nanolif iplik üretimi için şematik gösterilimi Şekil 1'de verilen ve fotoğrafı Şekil 2'de yer alan Inovenso™ nanoliflerden iplik üretim cihazı, NanoYarn, kullanılmıştır ve iplik oluşumuna katılan nanoliflerin görüntülenmesi Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (Zeiss Evo10) ile yapılmıştır.



Şekil 1. Nanolif iplik üretim sisteminin şematik görüntüsü

### Yöntem

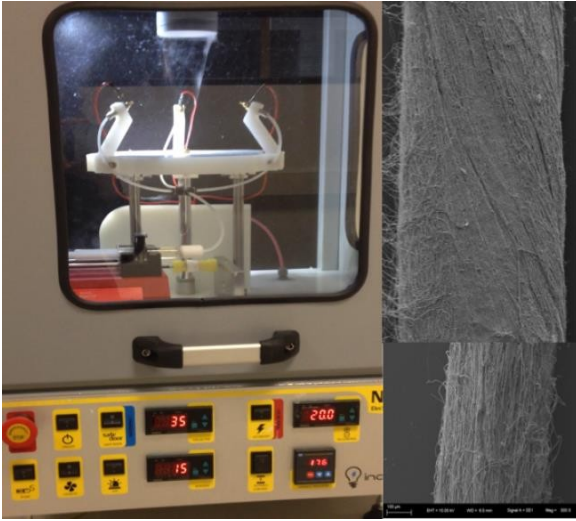
İğneli elektro-üretim sistemi temel alınarak geliştirilen prototip makine, iğnelerin üzerine eşit aralıklarla yerleştirildiği daire biçiminde plaka, amaca uygun olarak geliştirilen dairesel ve iğnelerin üstünde konumlandırılan döner toplayıcı, yüksek voltaj güç kaynağı ve iplik sarım sisteminden oluşmaktadır (Şekil 1). Toplayıcı, iki iğne ile çevrelenmiştir ve iplik sarım ünitesi toplayıcının altına gelecek şekilde konumlandırılmıştır.

İki iğne yüksek voltaj güç kaynağına bağlıdır. Elektro-üretim ile elde edilen nanolifler döner toplayıcının ağız kısmında toplanmakta ve nanoliflerden oluşan bir tülbent oluşturmaktadır.

Toplayıcının ağzında biriken nanoliflerden iplik elde edilebilmesi için bir kılavuz iplik yardımı ile bu yapı, aşağıda bulunan iplik sarım ünitesine doğru çekilmektedir.

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Şekil 2'de gösterildiği gibi, %13'lük PAN çözeltisi kullanılarak kesintisiz olarak nanolif iplik elde edildi. En başarılı üretim sonuçları hem pozitif hem de negatif güç kaynağına bağlı iğnelerde 0,6 ml/h çözelti besleme debisi, 10 kV voltaj, 230 devir/dakika toplayıcı dönüş hızı ve 10 m/saat iplik sarım ünitesi hızı ile elde edildi. Elde edilen nanolif iplik Şekil 2'de gösterilmektedir. Nanolifler, sırasıyla negatif ve pozitif voltaj uygulanan iki iğneden elde edilip, topraklanmamış döner toplayıcı üzerinde toplandı. Kullanılan toplayıcının yapısı nedeniyle, nanolifler çoğunlukla toplayıcının ağız kısmında birikti ve tülbent oluşturdu. Oluşan bu tülbentin toplayıcıdan iplik sarım ünitesine aktarılabilmesi için yardımcı kılavuz bir iplik kullanıldı. İplik çekimi sırasında nanolif tülbentler, toplayıcının ağzında bir koni oluşturdu ve toplayıcının dönüş hareketi ile ipliğe



büküm verildi.

**Şekil 2.** %10%luk PAN çözeltisi ile elde edilen nanolif iplik prosesi ve ipliğe ait SEM görüntüleri

İğnelere sırası ile pozitif ve negatif voltaj uygulandığında, iğnelere fışkıran nanoliflerin daha yüksek oranda koni yapıya katıldığı ve bu sayede daha sağlam bir koni elde edilip, daha sağlıklı iplik elde edilebildiği gözlemlendi. İğnelerin besleme açısı ve toplayıcıya olan mesafelerinde yapılan ayarlamalar ile koniye katılan nanolif oranı ve buna bağlı olarak koninin devamlılığının artırılabilirdiği gözlemlendi.

Çözelti yeterince buharlaşmadığında ıslak nanoliflerin elde edildiği görüldü. Ayrıca bu tip ıslak lifleri barındıran ipliklerin SEM görüntülerinde çaplarının düzensiz olduğu gözlemlendi. Islak nanolif eldesini önlemek için farklı besleme oranları ile denemeler yapıldı (0,5 - 4 ml/saat). Ancak bu besleme oranları ile elde edilen koni zayıftı. Nanoliflerin çoğu koniye katılmak yerine toplayıcının çeperlerinde birikti. Bu nedenle iplik oluşumu gerçekleşmedi. Ayrıca voltaj miktarı 9 – 40 kV aralığında değiştirilerek de denemeler yapıldı. Yine nanolifler çoğunlukla toplayıcı çeperinde birikti, koni ve iplik oluşumu gerçekleşmedi. Elde edilen nanolif ipliklerin karakterizasyonu taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapıldı. Ortalama iplik kalınlığı, ortalama lif kalınlığı ve büküm oranları, SEM görüntülerinden hesaplandı.

### GENEL SONUÇLAR

Ortalama lif çapı 320 – 340 nm olan nanoliflerden oluşan kesintisiz iplik elde edildi. Uygun voltaj ve besleme oranı parametrelerinde yapılan değişikliklerle lif çaplarını değiştirebilmenin mümkün olduğu gözlemlendi. Toplayıcı dönüş hızı ve iplik sarım hızları, elde edilen ipliğin kalınlığı üzerinde etkili. Hız arttıkça, iplik kalınlığı azalmakta. Toplayıcı dönüşü ile ipliğe büküm kazandırılabilir. Ancak belirli bir seviyeye ulaşıldığında, fazla büküm nedeniyle kopmalar gerçekleşmektedir.

Zıt yüklü yüksek voltaj kaynakları (+ ve -) kullanılarak nanoliflerin daha çok birbirine tutundukları ve sağlam koni oluşturdukları gözlemlendi. Nanolif ipliğinin iğneler arasından geçirilmesi, prosesi ve ürünü doğrudan etkilemektedir.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Yeni dönem çalışmalarında;

- İplik sarım ünitesinin yeri değiştirilerek nanoliflerden oluşan ipliğinin iğneler arasından geçerken maruz kaldığı etkileşim engellenecek ve sonuçlar iyileştirilecektir.
- PAN kullanılarak elde edilen nanolif ipliğinin karbonizasyonu yapılacak ve fiziksel özellikleri iyileştirilecektir.
- Mono- ve multi-filamentler, nanolifler ile kaplanacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] He, J., Qi, K., Zhou, Y., (2013), Multiple Conjugate Electrospinning Method for the Preparation of Continuous Polyacrylonitrile Nanofiber Yarn, *Journal of Applied Polymer Science*, 131, page 1-6
- [2] Buttnerb, U., Sanderson, R. D., Smit, E., Continuous Yarns From Electrospun Fibers (2005), *Polymer*, 46, 2419-2423
- [3] Gopal, R., Fujihara, K., Ramakrishna, S., Ramaseshan, R., Teo, W., A dynamic liquid support system for continuous electrospun yarn fabrication (2007), *Polymer*, 48, 3400-3405
- [4] Cui, X., Hu, L., Li, L., Pan, H., Continuous Aligned Polymer Fibers produced by a modified electrospinning method (2006), *Polymer*, 47, 4901-4904
- [5] Fan, J., Gao, W., Liu, Y., Wang, K., Wang, X., Preparation of Continuous Electrospun Nanofiber Yarn with an Auxiliary Rotating Circular Plate (2013), *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 423-426, pages 109-112
- [6] He, J., Qi, K., Combined Application of Multinozzle Air-jet Electrospinning and Airflow Twisting for the Efficient Preparation of Continuous Twisted Nanofiber Yarn (2015), *Fibers and Polymers*, Vol.16, No 6, pages 1319-1326
- [7] Cui, S., He, J., Qi, K., Zhou, Y., Fabrication of continuous nanofiber yarn using novel multi-nozzle bubble electrospinning (2013), *Polym. Int.*, 63, 1288–1294

# Çift Katlı Dokusuz Yüzey Alçı Altı Destek Yapıları

AKTEKELİ Hatice<sup>1</sup>, DURAN Deniz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Bölümü,

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

[htcaktekeli@gmail.com](mailto:htcaktekeli@gmail.com)

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı hastalar için alçı ve ortopedik bandajların altında geleneksel olarak kullanılagelen pamuğun yerine kullanılmak üzere çift katlı dokusuz yüzey yapılar tasarlamak ve geliştirmektir.

## GİRİŞ

Günümüzde hastanelerde kırık tedavilerinde uygulanan alçıların alt kısmında hala yaygın olarak pamuk pedler kullanılmaktadır. Pamuğun kullanılmasındaki amaç alçı ile vücudun direkt temasını keserek bir ara yüzey oluşturmak, tedavi süresinde daha rahat ve konforlu ortam oluşturmaya çalışmaktır. Ancak kullanılan pamuğun özellikleri yetersiz kalmakta ve alçının vücuda temas etmesi sonucu sürtme, tahriş, yanık ve yaralar ile alçının vücuda yapışması nedeniyle çıkarma sırasında deri yüzeyinde hasarlara neden olabilmektedir[1, 4].

Çift katlı dokusuz yüzey destek yapısının cildin üstünde daha üniform yerleşmesi hastalar için daha rahat ve konforlu tedavi süresi sağlarken, sağlık personeli içinse uygulama kolaylığı sağlayacaktır.

Çok katlı yapılarının, iyi hava geçirgenliği ve nefes alabilirlik özelliği, çok iyi fizyolojik ve ısı konfor özellikleri, iyi sıkıştırılabilir dayanımı, deri ile temasta yumuşak tuşe sağlama, ayarlanabilir tamponlama (darbeyi karşılama) ve geri dönebilir kapasitesi, hafiflik ve düşük üretim maliyeti gibi birçok avantajının olduğu bilinmektedir[2].

## DENEYSEL

Bu çalışmada granüllerden mikro liflerin eldesi ve liflerin birbirine bağlanması sonucu yüzeyin oluşturduğu tek aşamalı bir işlem olan [3] meltblown yöntemi ile 1100 MFR akış oranında polipropilen granüller kullanılarak, 3 farklı gramajda dokusuz yüzeyler elde edilmiştir.

Daha sonra yün lifleri ile de iğneleme yöntemi kullanılarak iki farklı gramajda dokusuz yüzey üretilmiştir.

En son olarak, üretilen meltblown ve iğneleme yüzeyler, iğneleme yöntemi ile bir araya getirilerek çift katlı dokusuz yüzey yapıları meydana getirilmiştir.

Çalışmada üretilen numuneler ve özellikleri Tablo 1 ve 2'de verilmektedir.

Tablo 1. Çift katlı dokusuz yüzey kombinasyonları

Numune No	1	2	3	4	5	6
Meltblown-Yün Kombinasyonları	M <sub>1</sub> + Ny <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> + Ny <sub>2</sub>	M <sub>2</sub> + Ny <sub>1</sub>	M <sub>2</sub> + Ny <sub>2</sub>	M <sub>3</sub> + Ny <sub>1</sub>	M <sub>3</sub> + Ny <sub>2</sub>

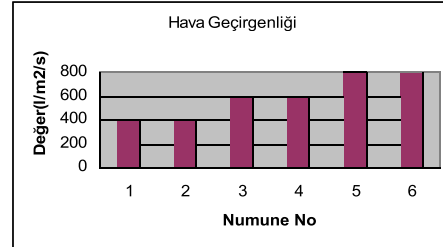
Tablo 2. Meltblown ve iğneleme yüzeylerin gramajları

Numune	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	Ny <sub>1</sub>	Ny <sub>2</sub>
Gramaj(g/m <sup>2</sup> )	95	54	38	121	177

Elde edilen numunelere nem iletimi testi, TS 391 EN ISO 9237 standardına göre hava geçirgenliği ve ASTM D4032 standardına göre eğilme direnci testi yapılmıştır.

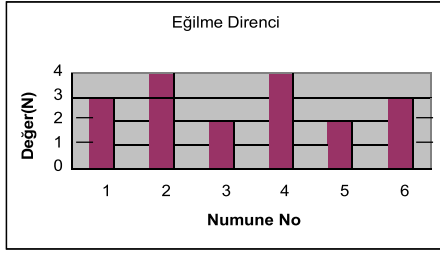
## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Testler sonucunda en iyi hava geçirgenliği değerini en düşük gramaja sahip meltblown ve en düşük gramaja sahip iğnelenmiş yüzeyin kombinlendiği 5 numaralı numune göstermiştir. Bu da alçı altı destek yapıda nefes alabilirliğin daha iyi olduğunu göstermektedir. Şekil 1'de hava geçirgenliği testinin ölçüm sonuçları verilmiştir.



Şekil 1. Hava geçirgenliği testi ölçüm sonuçları

En düşük eğilme direncini değerini de, en düşük gramaja sahip meltblown ve en düşük gramaja sahip iğnelenmiş yüzeyin kombinlendiği 5 numaralı numune göstermiştir. Bu da yapının daha yumuşak olduğunu ve cilde temas halinde hastalara daha konforlu bir yapı sağladığını göstermektedir. Şekil 2'de eğilme direnci testinin ölçüm sonuçları verilmiştir.



**Şekil 2.** Eğilme direnci testi ölçüm sonuçları

Ayrıca yüzey inceliği nedeniyle alt taraftan üst tarafa sıvı geçişinin daha kolay olduğu da en düşük gramaja sahip meltblown ve en düşük gramaja sahip iğnelenmiş yüzeyin kombinlendiği 5 numaralı numunede nem iletimi testi ile gözlemlenmiştir. Bu da ter iletimi için göz önüne alınan bir kıstastır.

### GENEL SONUÇLAR

Test sonuçlarına göre çift katlı dokusuz yüzey materyalleri pamuk pedlere göre ortopedik ve alçı altı bandaj uygulamalarında uzun süren zorlu tedavi sürecinde kullanıcılara daha iyi fizyolojik ve ısı konfor sunarak, daha rahat tedavi süreci sağlayacaktır.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Çift katlı dokusuz yüzey alçı altı destek yapıları hastalarda uygulanma yerine göre uygun forma getirilerek hastanede deneme çalışmaları gerçekleştirilecektir.

### KAYNAKLAR

[1]Deveci S. Ş., 2009, Mikrokapsüllenmiş Faz Değiştiricilerin ve Özel Liflerin Elastik Bandajların Konfor Özelliklerinin İyileştirilmesinde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[2]Ertekin G., Marmaralı A., 2010, Sandviç Kumaşlar, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, No: 1, syf 95.

[3]Meltblown Technology, TheUniversity of Tennessee,<http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Melt%20Blown%20Technology.htm>, Erişim Tarihi: 22.11.15.

[4]Lohmann&Rauscher,<https://www.expomedistanbul.com/novadocuments/78937?v=635623676781870000>, Erişim Tarihi: 02.01.2016.

# Polimer Malzemelerin Buhar Emdirme Yöntemi ile Modifikasyonu Neticesinde Organik-İnorganik Melez Malzemeler Elde Edilmesi

AKYILDIZ, Halil İ.

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

[halilakyildiz@uludag.edu.tr](mailto:halilakyildiz@uludag.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın temel amacı yeni bir organik inorganik melez malzeme sentezleme tekniği olan sıralı buhar emdirme (SBE) yöntemi ile PAN-AIO<sub>x</sub> oluşumu incelenmiştir. Çalışmada bu şekilde oluşturulan malzemelerin polimeri nasıl okside ettiği ve emdirme mekanizmasının proses sıcaklığı ile olan bağlantısı ele alınmıştır.

## GİRİŞ

Atomik katman biriktirme yöntemi (AKB) (atomic layer deposition) yöntemi yaklaşık yarım yüz yıldır bir ince film üretim tekniği olarak özellikle elektronik endüstrisinde kullanılmaktadır. Teknik kimyasal buhar biriktirme yöntemlerinden birisi olarak temelde yüzeyde reaktif kimyasalların substrata farklı anlarda sıra ile tabii tutulması neticesinde reaksiyonlar yalnız substrat yüzeyinde gerçekleşmesi ile diğerlerinden ayrılmaktadır. Yöntemin bir diğer önemli avantajı ise yöntemin diğer KBB yöntemlere göre çok daha düşük sıcaklıklarda tatbik edilmesi polimerler gibi sıcaklığa karşı hassas olan malzemelerin yöntem ile kaplanabilmesini sağlamaktadır.

Polimerlerin yöntem ile kaplanması esnasında filmlerin oluşum mekanizması polimerde bulunan fonksiyonel grupların reaktivitesi ile değişmektedir. Yüzeylerinde yüksek miktarda reaktif grup mevcut olan polimerlerde (örneğin OH grupları bulunan selüloz) inorganik film polimer yüzeyinde ilk adımlardan itibaren oluşmakta ki film ve polimer arayüzü inorganik substratlar gibi belirgin olmaktadır.<sup>1,2</sup> Diğer polimerler de ise kimyasal yapılarında AKB kimyasalları ile reaksiyona girebilecek fonksiyonel gruba sahip olmamalarından ya da fonksiyonel grupların reaktivitesinin düşük olması nedeni ile prekürsörler polimer içine nüfuz ederek polimer ve film arayüzünde organik inorganik melez malzemeler meydana getirdiği tespit edilmiştir.<sup>1-3</sup> Bunun en temel sebebi ise polimerlerin anorganik kristal malzemelerden farklı olarak amorf bölgeler nedeni ile içlerinde bulunan boş hacimdir.<sup>4,5</sup>

Arayüzlerde melez malzemelerin oluşması literatürde birçok çalışmaya ilham kaynağı olarak AKB reaktörlerini kullanarak polimerler içerisinde melez malzemeler oluşturmaya yönelik yeni yöntemler geliştirilmesini sağlamıştır.<sup>6-8</sup> Bu yöntemlerden birisi olan sıralı buhar emdirme (SBE) yöntemi ile organometalik prekürsörler çok

çeşitli polimerler içerisine emdirilerek melez malzemeler oluşturulmuş ve analiz edilmiştir.<sup>6,9,10</sup> Bu çalışmada poliakrilonitril (PAN) lifleri trimetilalüminyum (TMA) emdirilmesi ile PAN-AIO<sub>x</sub> oluşumu incelenmiştir.

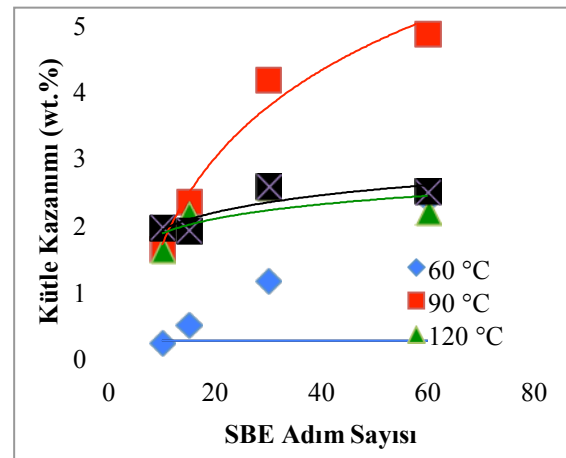
## DENEYSEL

**Malzemeler:** PAN (Orlon 75) liflerden bezayağı örgü ile dokunmuş olan kumaş numuneler Test Fabrics Inc.'den (ABD) temin edilmiş ve herhangi bir işlem yapılmadan kullanılmıştır. Alüminyum kaynağı olarak kullanılan TMA (CAS no. 75-24-1, 98% purity) prekürsörü Strem Chemicals Inc. biyoteknoloji derece yüksek saflıkta su (CAS no. 7732-18-5) SigmaAldrich'den temin edilmiştir.

**Yöntem:** SBE prosesi daha önce literatürde anlatıldığı şekilde akış borusu şeklinde inşa edilmiş bir AKB reaktöründe gerçekleştirilmiştir. Kumaş numuneler değişik sıcaklıklarda değişik miktarda SBE adımına tabii tutulmuştur. İşlem öncesi ve sonrası numunelerin kütleleri tartılarak SBE esnasında kazanılan kütleler hesaplanmıştır. Ayrıca ATR ekfentisi ile FTIR analizi yapılmıştır.

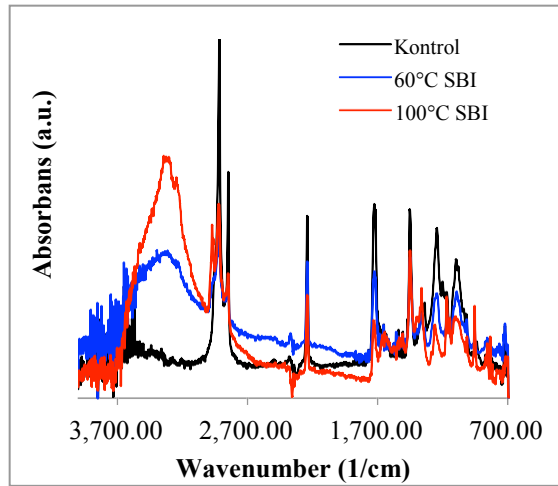
## DENEYSEL SONUÇLAR

Şekil 1'de 60 ila 150°C arası sıcaklıklarda değişik sürelerle TMA emdirilmiş PAN kumaş numunelerin proses esnasındaki kütle kazanımı verilmektedir. Düşük sıcaklıklarda SBE adım sayısı ile lineer bir değişim gösteren kütle kazanımı polimerin camlaşma sıcaklığı (90-95°C) ve üzerinde eğrisel bir kütle kazanım göstermektedir.



Şekil 1. Değişik sıcaklıklarda işlem görmüş olan PAN kumaş numunelerin SBE prosesinde kütle kazanımlarının proses uzunluğu ile ilişkisi.

İşlem görmemiş ve değişik sıcaklıklarda işlem görmüş numunelerden elde edilen FTIR spektrumları Şekil 2 de verilmiştir. Proses sonrası polimer piklerinde ciddi değişimler gözlenmekte olup özellikle 2920 ve 2240  $\text{cm}^{-1}$  dalga numaralarında  $\text{C}\equiv\text{N}$  gruplarından kaynaklı piklerde görülen azalma TMA ile bu grupların reaksiyona girmiş olabileceğini göstermektedir. Ayrıca SBE sonrasında 3000 ila 3600  $\text{cm}^{-1}$  dalga numaralarında gözlemlenen OH pikleri polimerlerin okside olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca değişik sıcaklıklarda işlem görmüş numunelerin spektrumlarında görülen farklılıklar değişik reaksiyon mekanizmalarına işaret etmektedir.



Şekil 2. SBE ile işlem görmemiş ve işlem görmüş PAN numunelerin FTIR spektrumları

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada bulunan sonuçlar SBE ile PAN- $\text{AlO}_x$  oluşumu esnasında proses sıcaklığı çok büyük önem arz etmekte olup FTIR analizi reaksiyonun TMA prekürsörü ile polimerin  $\text{C}\equiv\text{N}$  grupları arasında gerçekleşmektedir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

PAN polimerin SBE ile okside olmasının PAN liflerinden karbon liflerin oluşumu veya polimerlerin optik özelliklerindeki değişimler incelenebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmaların yapılması için laboratuvar imkanları sağlayan North Carolina State University, Textile Engineering, Chemistry and

Science bölümü öğretim üyesi sayın Asst. Prof. Dr. Jesse S. Jur'a teşekkürü bir borç biliriz.

## KAYNAKLAR

1. Jur, J. S. *et al.* Temperature-Dependent Subsurface Growth during Atomic Layer Deposition on Polypropylene and Cellulose Fibers. *Langmuir* **26**, 8239–8244 (2010).
2. Wilson, C. A., Grubbs, R. K. & George, S. M. Nucleation and growth during  $\text{Al}_2\text{O}_3$  atomic layer deposition on polymers. *Chem. Mater.* **17**, 5625–5634 (2005).
3. Sun, Y. *et al.* Influence of Subsurface Hybrid Material Growth on the Mechanical Properties of Atomic Layer Deposited Thin Films on Polymers. *Chem. Vapor. Depos.* **19**, 134–141 (2013).
4. Padbury, R. P. & Jur, J. S. Temperature-Dependent Infiltration of Polymers during Sequential Exposures to Trimethylaluminum. *Langmuir* **30**, 9228–9238 (2014).
5. Padbury, R. P. & Jur, J. S. Effect of Polymer Microstructure on the Nucleation Behavior of Alumina via Atomic Layer Deposition. *J. Phys. Chem. C* **118**, 18805–18813 (2014).
6. Gong, B. *et al.* Sequential Vapor Infiltration of Metal Oxides into Sacrificial Polyester Fibers: Shape Replication and Controlled Porosity of Microporous/Mesoporous Oxide Monoliths. *Chem. Mater.* **23**, 3476–3485 (2011).
7. Lee, S.-M. *et al.* Greatly Increased Toughness of Infiltrated Spider Silk. *Science* **324**, 488–492 (2009).
8. Peng, Q., Tseng, Y., Darling, S. B. & Elam, J. W. Nanoscopic Patterned Materials with Tunable Dimensions via Atomic Layer Deposition on Block Copolymers. *Adv. Mater.* **22**, 5129–5133 (2010).
9. Akyildiz, H. I. *et al.* Formation of Novel Photoluminescent Hybrid Materials by Sequential Vapor Infiltration into Polyethylene terephthalate Fibers. *J. Mater. Res.* **29**, 2817–2826 (2014).
10. Akyildiz, H. I., Padbury, R. P., Parsons, G. N. & Jur, J. S. Temperature and Exposure Dependence of Hybrid Organic–Inorganic Layer Formation by Sequential Vapor Infiltration into Polymer Fibers. *Langmuir* **28**, 15697–15704 (2012).



# Karbon Nanotüp (KNT) Katkılı Termoplastik Tabanlı Kompozit Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

AL-DARKAZALI, Ali<sup>1</sup>, İNANÇ, İbrahim<sup>2</sup>, DEMİRCAN, Özgür<sup>3</sup>,  
<sup>1,2,3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Nanobilim ve Nanoteknoloji Bölümü, Samsun

<sup>2,3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme  
Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Samsun

[ozgur.demircan@omu.edu.tr](mailto:ozgur.demircan@omu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Kompozit malzemeler düşük yoğunluklu ve çok fonksiyonlu özelliklerine sahip oldukları için havacılık, savunma sanayii, biyomedikal uygulamalar, elektronik iletişim antenleri, hava araçlarının dış yüzeyleri gibi parçalarda kullanılabilirler. Bu projenin amacı havacılık endüstrisi için karışım fiberli takviye malzemeler kullanarak termoplastik kompozitleri baskılı kalıp yöntemiyle üretmek ve Karbon Nanotüpleri (KNT)'leri kompozitlere takviye etmeden önce ve ettikten sonra termoplastik kompozitlerin mekanik özelliklerini araştırmaktır.

## GİRİŞ

Nano malzemelerin kullanımı, kompozit malzemelerin özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yüksek mukavemet, modül, yüzey hacim oranı ve hafifliği ile Karbon Nanotüpler (KNT)'ler kompozitler için ideal bir nano malzeme takviyesi olarak kullanılabilir. Bu güçlü nano parçacıklar, havacılık endüstrisi için yeni nesil termoplastik matriksli kompozit malzemeler için özellikle daha caziptir. KNT'ler Tek Duvarlı (TDKNT) ve Çok Duvarlı (ÇDKNT) olmak üzere iki genel yapıda üretilebilir. ÇDKNT'lere kıyasla TDKNT'lerin sentezi daha zordur<sup>1</sup>. Bu yüzden bu projede ÇDKNT'ler nano katkı malzemesi seçilmiştir.

Çok duvarlı karbon nano tüplerle (ÇDKNT) takviye edilen Polipropilen (PP) nanokompozitlerin mekanik özellikleri literatürde araştırılmıştır. Literatürde PP matriksli termoplastik polimerlere değişik oranlarda KNT eklenmiş araştırmalar yapılmıştır.

ÇDKNT'lerin değişik oranlarda (% 0, 0.5, 1, 1.5 ve 2) PP polimere eklenmesiyle üretilen polimer nanokompozitin mekanik özelliklerinin iyileştiği

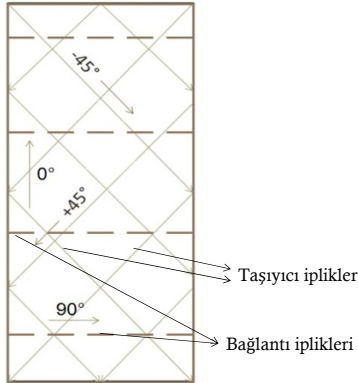
görülmüştür. En iyi iyileşme % 1.5 oranında ÇDKNT eklenmesiyle çekme dayanımı, tokluk ve Young modülüsü değerlerinin sırasıyla % 141, 287 ve 108 oranlarında artmasıyla sağlanmıştır<sup>2</sup>. Belli bir orandan fazla ÇDKNT PP polimere eklendiğinde mekanik özelliklerdeki eğilim tekrar azalma yönündedir. Örneğin yapılan bir araştırmada % 2 oranına kadar eklenen ÇDKNT'ler PP polimerin çekme dayanımını arttırmakta, bu orandan sonra ilave edilen % 4, 6 ve 8 oranında eklenen ÇDKNT'ler nanokompozitin çekme dayanımını azaltmaya başlamıştır<sup>3</sup>. % 0, 1, 2, 3 ve 4 oranlarında ÇDKNT ile takviye edilmiş PP nanokompozitlerin çekme ve eğme testi dayanımları ayrı bir çalışmada incelenmiştir. % 1 oranında ÇDKNT ilavesi çekme ve eğme mukavemetinde en fazla artışı sağlamıştır<sup>4</sup>.

Literatürde PP matriksli termoplastik polimerlere değişik oranlarda KNT eklenmiş araştırmalar olmasına rağmen Düşük Erime Noktalı Polietilen Tereftalat (LPET) matriksli termoplastik polimerlere katılmış KNT'lerle ilgili araştırmalara rastlanmaması seçilen konunun özgünlüğünü oluşturmaktadır.

## DENEYSEL

### Malzeme

ÇDKNT'ler Ege Nanotek Kimya Sanayi Ltd. Şti., İzmir firmasından tedarik edilmiştir. E cam fiberlerinden ve LPET matriks fiberlerinden oluşan karışım fiberleri içeren takviye kumaşları  $\pm 45^\circ$  açılarda çift eksenli fiberler içeren kıvrımsız kumaşlardır ve Metyx, İstanbul firmasından tedarik edilmiştir (Şekil 1). ÇDKNT'ler etanolla karıştırılarak çözelti oluşturmuştur. Yüzeylerine ÇDKNT püskürtülmüş LPET matriksli ve E camlı takviye malzemeleri MSE, Kocaeli firmasından tedarik ettiğimiz 50 ton kapasiteli sıcak baskı makinasında termoplastik kompozit olarak üretilmişlerdir.



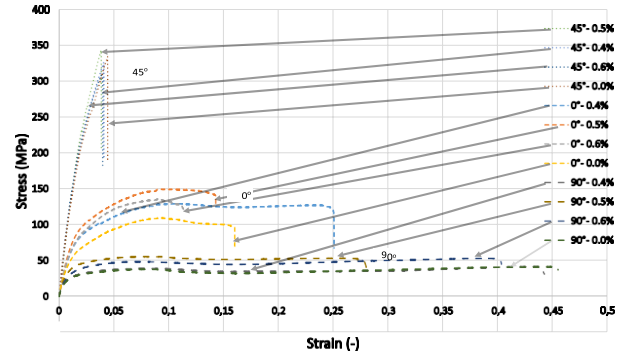
Şekil 1. LPET matrisli ve E camlı  $\pm 45^\circ$  açılarda çift eksenli fiberler içeren kıvrımsız kumaş yapısı

### Yöntem

Deneyin ilk aşamasında, cam fiberlerinden ve Düşük Erime Noktalı Polietilen Tereftalattan (LPET) oluşan karışım fiberleri içeren takviye kumaşları içeren kompozitler sıcak baskı makinesi ile belirlenen sıcaklık ve basınç ile imal edildi. Karışım fiberleri ihtiva eden takviye kumaşlar, püskürtme yöntemi kullanılarak Çok Duvarlı Karbon Nanotüpler (ÇDKNT)'ler ile kaplanmıştır. ÇDKNT'ler farklı yüzdelerde kullanılmıştır (%0.4, %0.5 ve %0.6). İkinci aşamada, aynı çeşit karıştırılmış fiberleri kullanarak, fakat bu sefer üzerlerine püskürtme ile Karbon Nanotüp (KNT) entegre edilmiş takviye kumaşları içeren kompozitlerin üretildiği bir deney yapıldı. Elde edilen kompozit malzemelerin mekanik özellikleri (çekme testleri) Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) Merkezi Laboratuvarında (KİTAM) bünyesinde bulunan INSTRON 5982 100KN Çekme Testi ile tayin edilmiştir. Çekme testleri için kompozit malzeme numuneleri Şekil 1'de gösterildiği gibi üç farklı yönde ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$  ve  $90^\circ$ ) hazırlandı ve test edildi.

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

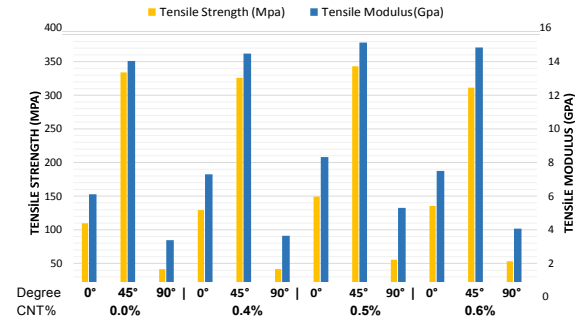
Şekil 2'de KNT takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin çekme testi sonuçları ve gerilme-gerinim eğrileri gösterilmektedir. En yüksek gerilme ve en düşük gerinim eğrileri  $45^\circ$  numunelerinde elde edilmiştir.  $0^\circ$  ve  $90^\circ$  yönlerinde test edilen numunelerin en yüksek çekme gerilim eğrileri  $45^\circ$ 'den sonra gelmekte ve  $0^\circ$  çekme gerilim eğrileri  $90^\circ$  çekme gerilim eğrilerinden yüksek çıkmıştır. Ayrıca %0.5 oranında ÇDKNT ilave edilmiş numunelerden %0.4 ve %0.6 oranlarında ÇDKNT ilave edilmiş numunelere göre daha yüksek çekme gerilme eğrileri elde edilmiştir.



Şekil 2. KNT takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin çekme testi sonuçları/gerilme-gerinim eğrileri

Tablo 1'de KNT takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin çekme testi sonuçları/çekme dayanımı-çekme modülüsü sonuçları gösterilmektedir. Tüm numunelerde  $45^\circ$  yönündeki test sonuçları (çekme dayanımı ve çekme modülüsü) en yüksek çıkmış,  $0^\circ$  ve  $90^\circ$  yönündeki sonuçlar  $45^\circ$  yönündeki sonuçları takip etmektedir. Ayrıca %0.5 oranında ÇDKNT ilave edilmiş numuneler %0.4 ve %0.6 oranlarında ÇDKNT ilave edilmiş numunelere göre daha yüksek çekme dayanımı ve çekme modülüsü sonuçları göstermiştir.

Tablo 1. KNT takviyeli termoplastik kompozit malzemelerin çekme testi sonuçları/çekme dayanımı-çekme modülüsü



$45^\circ$  numunelerinde çekme testi yönünde taşıyıcı elyaflar olduğu için (Şekil 1),  $45^\circ$  numuneleri yüksek mekanik özellik göstermiştir.  $0^\circ$  ve  $90^\circ$  numunelerinde taşıyıcı elyaflar çekme testi yönüne  $\pm 45^\circ$  açılarda kompozit numunesinde yerleşmiş olduklarından dolayı mekanik özellikleri  $45^\circ$  numunelerine göre daha düşük çıkmıştır.  $90^\circ$  numunelerinde bağlantı elyafları çekme testi yönünde yönlendirilmiş ve  $0^\circ$  numunelerinde ise bağlantı iplikleri çekme testi yönüne dik yönde yönlendirilmiştir.  $0^\circ$ 'nin  $90^\circ$ 'ye göre yüksek mekanik özellik göstermesi bağlantı ipliklerinin taşıyıcı

elyafları daha fazla farklı noktadan bir arada tutmasıyla açıklanmıştır. ÇDKNT oranının %0.5 oranında eklenmesiyle en iyi sonuçların elde edilmesinin nedeni bu oranda ÇDKNT'lerin solüsyonda en optimum olarak karışmasından ve kumaşa püskürtülmesiyle polimer ile reçine arasındaki yük transferini iyileştirmesinden kaynaklanmaktadır. Literatürde de pek çok araştırmada %0.5 oranında ÇDKNT'nin polimerlere eklenmesiyle en optimum mekanik özelliklerin elde edilmesi nedeniyle elde ettiğimiz sonuçların literatürdeki diğer araştırmalarla da uyumlu olduğunu göstermiştir.

### **GENEL SONUÇLAR**

%0.5 oranında ÇDKNT ilave edilmiş numuneler diğer numunelere (%0.4 ve %0.6 oranlarında ÇDKNT ilave edilmiş) göre daha yüksek çekme dayanımı ve çekme modülüsü sonuçları göstermiştir. Tüm numuneler arasında 45° yönünde çekme testi yapılan numunelerde test sonuçları (çekme dayanımı ve çekme modülüsü) en yüksek çıkmıştır.

### **SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI**

Sonraki dönemde üretilecek termoplastik kompozitlere düşük hızlı çarpma testleri yapılması planlanmıştır.

### **TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI**

Bu çalışma OMÜ BAP ofisi tarafından PYO.MUH.1901.16.001 numaralı proje ile desteklenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

- [1] Kotal, M. ve Bhowmick, A. 2013. "Multifunctional hybrid materials based on carbon nanotube chemically bonded to reduced graphene oxide", The Journal of Physical Chemistry C., 117, 25865-25875.
- [2] Yang, B.X., Shi J.H., Pramoda, K.P. ve Goh, S.H. 2008. "Enhancement of the mechanical properties of polypropylene using polypropylene-grafted multiwalled carbon nanotubes", Composites Science and Technology 68, 2490-2497.
- [3] Bikiaris, D. 2010. "Microstructure and Properties of Polypropylene/Carbon Nanotube Nanocomposites", Materials, 3, 2884-2946.
- [4] Kocsis, J.K., Mahmood, H. ve Pegoretti, A. 2015. "Recent advances in fiber/matrix interphase engineering for polymer composites", Progress in Materials Science, 73, 1-43.

# Grafen Oksit/ZnO Nanoparçacıkları ile Modifiye Edilmiş Kumaş Üretilmesi ve Antibakteriyel, UV Koruma ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi

ALTIN, Yasin<sup>1</sup>, AYDIN, Gülsüm<sup>2</sup>, KALEMTAŞ, Ayşe<sup>3</sup>, BEDELOĞLU, Ayşe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Biyoteknoloji Bölümü

<sup>3</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Metaluji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

[ayse.bedeloglu@btu.edu.tr](mailto:ayse.bedeloglu@btu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmanın amacı, doğal yumuşaklık, yüksek hidroskopisite, sıcak tutma, cilde yakınlık, biyolojik bozunurluk, kolay bulunabilirlik, kalıcılık, fiyat avantajı [1] gibi sebeplerle en çok kullanılan doğal tekstil malzemesi olan pamuk kumaş yüzeyleri grafen oksit/ZnO nanoparçacıkları ile emdirme yöntemiyle modifiye ederek antibakteriyel ve UV koruma özelliklerine sahip tekstil yapılarının geliştirilmesidir.

## GİRİŞ

Esnek lifli fonksiyonel tekstil malzemeleri antibakteriyel etki, UV engelleme, elektriksel iletkenlik, yanma geciktirme ve süperhidrofobik etki gibi gelişmiş özellikler ile çok çeşitli uygulama alanları içinde kendine yer bulmaktadır [2]. Bunlar arasında özellikle halk sağlığını koruması için büyük önem arz eden anti-bakteriyel etkiye sahip tekstil ürünleri son yıllarda büyük ilgi çekmektedir [3, 4].

Anti-mikrobiyal ajan olarak kullanılan malzemeler temel olarak organik ve inorganik olarak iki kısımda kategorize edilmekte ve bunlar arasında organik anti-mikrobiyal malzemelerin yüksek sıcaklık ve basınç altında daha az kararlı olduğu bildirilmektedir [3, 5]. Gümüş, bakır ve çinko oksit gibi metal oksitler antibakteriyel ajan olarak kullanılan malzemelerin başında gelmekte ve geniş yüzey alanı, kararlılık ve süreklilik gibi özellikleri ile antibakteriyel tekstil uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu metal oksitler arasında oda sıcaklığında geniş bant aralığı ve yüksek eksiton tutma enerjisine sahip n-tip yarı iletken özellik gösteren çinko oksit sahip olduğu anti-mikrobiyal aktivitenin yanı sıra UV absorpsiyon, fotokatalitik aktivite ve pizoelektrik karakteristik gibi önemli özelliklere sahiptir [6].

Karbon atomlarının iki boyutlu  $sp^2$  hibritleşmesi yaparak tek tabakalı bal peteği formunda dizilmiş hali olan ve mükemmel fiziksel, kimyasal, elektriksel ve mekanik özelliklere sahip olan grafenin ve grafenin oksitlendirilmiş formu olan grafen oksitin bu üstün özellikleri hakkında birçok çalışma uzun yıllardır yapılmaktadır. Fakat grafen oksitin antibakteriyel etki göstermesi ile ilgili ilk çalışma 2010 yılında Hu ve arkadaşları tarafından yapılmış [7] ve sonrasında

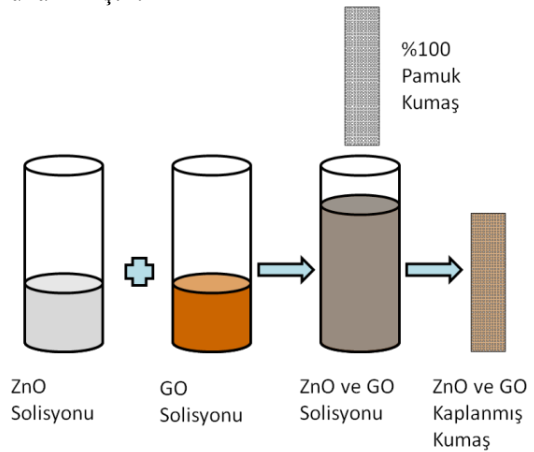
grafen oksitin bu antibakteriyel etkisi diğer gruplar tarafından da incelenmiştir [4, 8, 9].

Yapılan bu çalışmada pamuk kumaş yüzeyleri grafen oksit/ZnO nanoparçacıkları ile emdirme yöntemi kullanılarak modifiye edilmiştir. Nanoparçacıklar ile modifiye edilmiş tekstil yüzeylerinin antibakteriyel özellikleri AATCC 100-1999 test metodu ile bakteri olarak Escherichia coli (E. coli) ve Staphylococcus aureus (S. aureus) kullanılarak, optik UV koruma özellikleri UV-görünür, yakın IR spektrofotometresi kullanılarak, nanoparçacıkların yüzeye tutunması SEM kullanılarak ve termal özellikler TGA kullanılarak karakterize edilmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Bu projede grafit, fosforik asit, nitrik asit, hidrojen peroksit, çinko oksit (50 nm çapında), yüksek saflıkta temin edilerek kullanılmıştır. Kaplamalarda tekstil malzemesi olarak %100 pamuk kumaş kullanılmıştır.



Şekil 1. Üretim yönteminin şematik gösterimi.

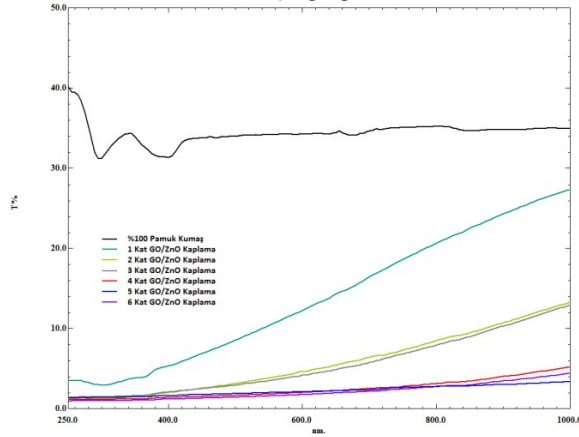
### Yöntem

Bu çalışmada grafitten yola çıkılarak geliştirilmiş Hummer's metodu ile grafen oksit üretilmiştir [10]. Diğer taraftan ticari olarak satın alınan 50 nm çapındaki çinko oksit kullanılmıştır. 5 mg/ml konsantrasyonunda 20 ml grafen oksit solisyonu

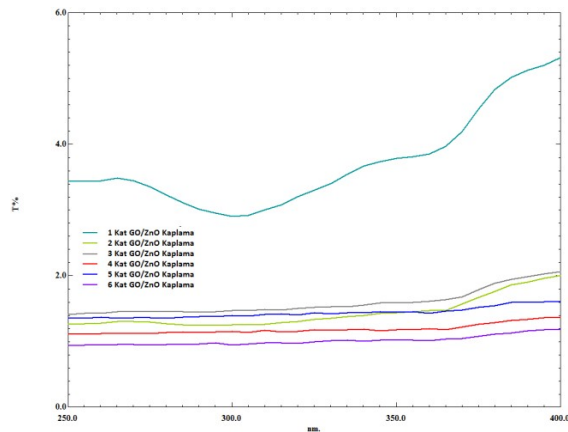
prop sonikatörde 90 dk sonike edilip ve ardından da 5 mg/ml konsantrasyonunda ve 90 dk prob sonikatörde sonike edilmiş solisyon ile karıştırılarak elde edilen karışım 30 dk daha sonike edilmiştir. Detarjan, su, metanol ve aseton ile yıkanmış ve devamında NaOH ve hidrojen peroksit ile ağartılmış %100 pamuk kumaş uygun boyutlarda kesildikten sonra farklı kaplama sayılarında daldırarak kaplama işlemi yapılmıştır. Elde edilen örneklerin antibakteriyel, UV koruma ve termal özellikleri incelenmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Şekil 2’de kaplanmamış ve farklı sayılarda kaplanmış kumaşların % geçirgenlik değerleri görülmektedir. pamuk kumaş 250-1000 nm arasında yaklaşık %30-40 geçirgenlik gösterirken kumaşın solisyonla kaplanması sonucu özellikle UV bölge de geçirgenlik ilk kaplamadan sonra %4’ün daha sonraki kaplamalardan sonra ise %2’nin altına düştüğü görülmektedir.



Şekil 2. Kaplama sayısının % geçirgenlik üzerine etkisi



Şekil 3. Kaplama sayısının % geçirgenlik (UV bölge) üzerine etkisi.

Diğer taraftan UV-görünür bölge absorbands, refraktans, antibakteriyel test, FT-IR ve TGA analizleri yapılmış ve sonuçları sunulmuştur.

## KAYNAKLAR

1. Wang, C.X., et al., *In situ synthesis of silver nanoparticles on the cotton fabrics modified by plasma induced vapor phase graft polymerization of acrylic acid for durable multifunction.* Applied Surface Science, 2017. **396**: p. 1840-1848.
2. Hu, X.L., et al., *Multifunctional cotton fabrics with graphene/polyurethane coatings with far-infrared emission, electrical conductivity, and ultraviolet-blocking properties.* Carbon, 2015. **95**: p. 625-633.
3. Sun, X.Z., et al., *Development of antibacterial ZnO-loaded cotton fabric based on in situ fabrication.* Applied Physics a-Materials Science & Processing, 2016. **122**(11).
4. Zhao, J.M., et al., *Graphene Oxide-Based Antibacterial Cotton Fabrics.* Advanced Healthcare Materials, 2013. **2**(9): p. 1259- 1266.
5. Sawai, J., *Quantitative evaluation of antibacterial activities of metallic oxide powders (ZnO, MgO and CaO) by conductimetric assay.* Journal of Microbiological Methods, 2003. **54**(2): p. 177-182.
6. Ghayempour, S. and M. Montazer, *Ultrasound irradiation based in-situ synthesis of star-like Tragacanth gum/zinc oxide nanoparticles on cotton fabric.* Ultrasonics Sonochemistry, 2017. **34**: p. 458-465.
7. Hu, W.B., et al., *Graphene-Based Antibacterial Paper.* Acs Nano, 2010. **4**(7): p. 4317-4323.
8. Krishnamoorthy, K.N., U.; Mohan, R.; Lee, J.; Kim, S. J., *Graphene oxide nanostructures modified multifunctional cotton fabrics.* Applied Nanoscience, 2012. **2**: p. 119-126.
9. Upadhyay, R.K., et al., *Multifunctional reduced graphene oxide coated cloths for oil/water separation and antibacterial application.* Rsc Advances, 2016. **6**(67): p. 62760-62767.
10. Marcano, D.C., et al., *Improved Synthesis of Graphene Oxide.* Acs Nano, 2010. **4**(8): p. 4806-4814.

# Influence of Boron Compounds on the Fire Retardant Properties of Intumescent Polypropylene Composites

ARSLAN, Cagrialp<sup>1,2</sup>, BAYRAMLI, Erdal<sup>3</sup>, DOGAN, Mehmet<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Erciyes University, Department of Textile Engineering,

<sup>2</sup>Bartın University, Department of Textile Engineering,

<sup>3</sup>Middle East Technical University, Department of Chemistry

[cagrialp@erciyes.edu.tr](mailto:cagrialp@erciyes.edu.tr)

## PURPOSE

The aim of this study is to investigate the synergistic effect of different boron compounds in the presence of AP 765, which is a surface modified APP based commercial IFR, on the fire retardant properties of intumescent polypropylene composites.

## INTRODUCTION

Due to the restrictions brought on halogenated flame retardants, the use of intumescent flame retardant (IFR) systems is widely increased to obtain flame retardant polypropylene (PP) composites. Ammonium polyphosphate (APP) and pentaerythritol (PER) combination have been widely used with PP and many studies have been performed on the synergistic effect of certain compounds such as boron compounds and metal oxides on flame retardant behavior of these systems.<sup>1-12</sup>

The surface modified APP based IFR is coated with a component containing nitrogenous and carbonaceous species. In these systems, carbonization reaction occurs between APP and the surface coating material.<sup>7, 13-15</sup> As a result of carbonization reaction, a foamed charred layer which acts as physical barrier between condensed phase and gas phase is formed. The amount and the properties (integrity, stability and foam structure) of the char determine the flame retarding effect of an intumescent system.<sup>16-20</sup> Previous study made by Bourbigot et.al.<sup>20</sup> showed that these modified APP systems had a performance better than APP/PER system because they showed their effectiveness through phosphorus and nitrogen synergism.

Addition of boron compounds increases the flame retardant effect of APP/PER system by reinforcing and increasing the integrity of char that increases the barrier effect of the char.<sup>21</sup> In this study, the synergistic effect of four different boron compounds, zinc borate (ZnB), borophosphate (BPO<sub>4</sub>), boron silicon containing preceramic oligomer (BSi) and lanthanum borate (LaB), in the presence of AP 765, which is a surface modified APP based commercial IFR, on the fire retardant properties of intumescent polypropylene composites. Limiting oxygen index (LOI), UL-94 standard, thermogravimetric analysis (TGA) and cone calorimeter were used for the characterization of samples.

## EXPERIMENTAL

### Material

In the study, PP (MFI, 20-28 g/10min), intumescent based commercial flame retardant AP 765 and zinc borate (ZnB), borophosphate (BPO<sub>4</sub>), boron silicon containing preceramic oligomer (BSi) and lanthanum borate (LaB) as boron compounds were used.

### Method

LOI (ASTM D2863), UL 94 standart (ASTM D3801), TGA (at a heating rate of 10 °C/min up to 800 °C under nitrogen flow of 50 ml/min) and Mass Loss Cone with thermopile attachment (ISO 13927, at a heat flux of 35 kW/m<sup>2</sup>) for the characterization of samples.

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

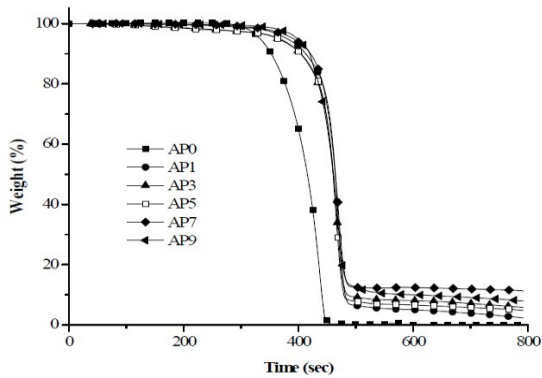
The LOI value of pure PP (AP0) increases from 17.5 to 31 and UL-94 rating changes from burn to clamp (BC) to V0 when 20 wt% AP 765 is added to PP (AP1) (Table 1).

**Table 1** Formulations of compositions, UL-94 ratings and LOI values

Sample	PP	AP765	BSi	BPO <sub>4</sub>	ZnB	LaB	UL-94	LOI
AP0	100	-	-	-	-	-	BC	17.5
AP1	80	20	-	-	-	-	V0	31.0
AP2	80	19	1	-	-	-	V0	31.5
AP3	80	17	3	-	-	-	V0	31.5
AP4	80	19	-	1	-	-	V0	32.0
AP5	80	17	-	3	-	-	V0	32.0
AP6	80	19	-	-	1	-	V0	32.0
AP7	80	17	-	-	3	-	V0	32.0
AP8	80	19	-	-	-	1	V0	30.5
AP9	80	17	-	-	-	3	V0	32.0

BC: Burn to clamp

The inclusion of AP 765 increased the char yield from 0 to 5 at 600 °C (Table 2). The reason of the increase at the char yield is the carbonization reaction that occurs between the constituents of IFR system. This indicates a delay in the start of decomposition and maximum decomposition rate, which is consistent with intumescent function of this system.



**Figure 1** TGA curves of selected compositions

Addition of boron compounds increases the char yield of all composites regardless of its type (Figure 1). The reason for the increase is that the boron compounds retain their weights up to about 90 wt%.

**Table 2** TGA data of compositions

Sample	$T_{5\%}^a$	$T_{50\%}^b$	$T_{max}^c$	Char Yield (%) <sup>d</sup>	
	(°C)	(°C)	(°C)	600 °C	800 °C
AP0	320	405	430	0.0	0.0
AP1	380	465	475	5.0	2.4
AP2	392	464	470	7.9	6.1
AP3	365	460	468	8.1	5.8
AP4	342	442	457	5.9	4.2
AP5	366	460	467	6.5	4.8
AP6	395	459	466	7.2	5.7
AP7	391	464	465	12.4	11.3
AP8	403	462	467	6.0	4.0
AP9	397	460	467	10.0	7.9

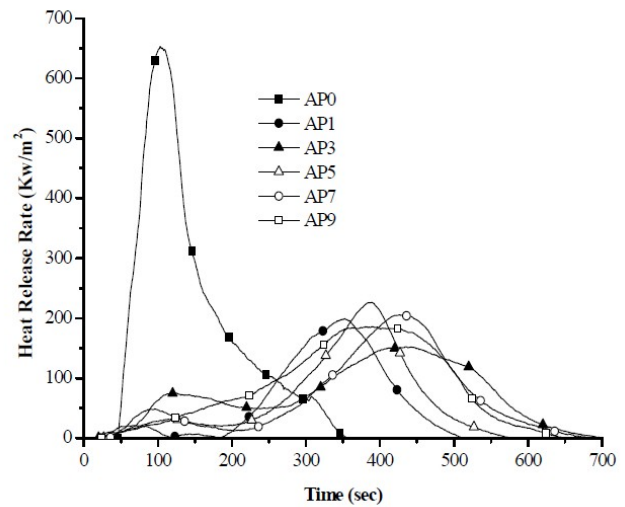
**a:** Temperature at 5% weight loss, **b:** Temperature at 50% weight loss, **c:** The maximum rate degradation temperature, **d:** Char Yield at 600 °C and 800 °C

**Table 3** Cone calorimeter data of selected composites

Sample	TTI (s)	Peak HRR (Kw.m <sup>-2</sup> )		Average HRR (Kw.m <sup>-2</sup> )	THR (MJ. m <sup>-2</sup> )
		I. peak	II. peak		
AP0	46	-	655	219	68
AP1	23	20	198	65	32
AP3	20	75	150	71	49
AP5	27	30	225	67	37
AP7	36	28	205	68	44
AP9	24	27	186	84	52

**TTI:** Time to ignition, **HRR:** Heat Release Rate **THR:** Total Heat Release Rate

PP (AP0) burns very fast after ignition and one sharp HRR peak appears with a heat release peak of 655 kWm<sup>-2</sup> (Table 3).



**Figure 2** HRR curves of selected compositions

The AP-765 containing PP composites show the two peaked HRR curve of typical insulative intumescent layer (Figure 2). This result shows that the insulating effect of the protective char is very efficient. The addition boron compounds reduces barrier effect of the char.

## CONCLUSIONS

The addition of 20 wt % IFR to PP improves the flame retardancy by forming about 5 wt % highly insulative protective char, and delays decomposition of the compound to higher temperatures. LOI value increased from 17.5 to 31 and UL-94 rating increased from BC to V0. Boron compounds did not alter UL-94 rating. Addition of IFR reduces the ignition time, maximum HRR and THR of PP composites. Boron compounds showed that the boron compounds reduced the barrier effect of foamed char.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

The efficiency of APP based flame retardants on different polymer matrices will be proposed to improve.

## LITERATURE

- [1] Lewin, M. 2001. "Synergism and catalysis in flame retardancy of polymers", *Polymers for Advanced Technologies*, 12, 215-222.
- [2] Lewin, M., Endo, M. 2003. "Catalysis of intumescent flame retardancy of polypropylene by metallic compounds", *Polymers for Advanced Technologies*, 14, 3-11.
- [3] Samyn, F., Bourbigot, S., Duquesne, S., Delobel, R. 2007. "Effect of zinc borate on the thermal degradation of ammonium polyphosphate", *Thermochimica Acta*, 456, 134-144.
- [4] Wang, D., Liu, Y., Wang, Y., Artiles, C. P., Hull, T. R., Price, D. 2007. "Fire retardancy of a reactively extruded intumescent flame retardant polyethylene system enhanced by

- metal chelates”, *Polymer Degradation and Stability*, 92, 1592-1598.
- [5] Song, P., Fang, Z., Lifang Tong, L., Jin, Y., Lu, F. 2008. “Effects of metal chelates on a novel oligomeric intumescent flame retardant system for polypropylene”, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 82, 286-291.
- [6] Fontaine, G., Bourbigot, S., Duquesne, S. 2008. “Neutralized flame retardant phosphorus agent: facile synthesis, reaction to fire in PP and synergy with zinc borate”, *Polymer Degradation and Stability*, 93, 68-76.
- [7] Lei, Z., Cao, Y., Xie, F., Ren, H. 2012. “Study on surface modification and flame retardants properties of ammonium polyphosphate for polypropylene”, *Journal of Applied Polymer Science*, 124, 781-788.
- [8] Zheng, A., Xia, Y., Li, N., Mao, Z., Guan, Y. 2013. “Synergistic effects of Tetrabutyl Titanate on intumescent flame-retarded polypropylene”, *Journal of Applied Polymer Science*, 130, 4255-4263.
- [9] Xia, Y., Jin, F., Mao, Z., Guan, Y., Zheng, A. 2014. “Effects of ammonium polyphosphate to pentaerythritol ration on composition and properties of carbonaceous foam deriving from intumescent flame-retardant polypropylene”, *Polymer Degradation and Stability*, 107, 64-73.
- [10] Zhang, F., Cheng, Y. 2015. “Experimental study on heat transfer of intumescent fire retardant polypropylene materials” *Journal of Macromolecular Science, Part B*, 54, 112-125.
- [11] Shen, Y., Gong, W., Zheng, B., Meng, X., Gao, L. 2016. “Synergistic effect of Ni-based bimetallic catalyst with intumescent flame retardant on flame retardancy and thermal stability of polypropylene”, *Polymer Degradation and Stability*, 129, 114-124.
- [12] Zhang, Y., Li, X., Fang, Z., Hull, T. R., Kellarakis, A., Stec, A. A. 2017. “Mechanism of enhancement of intumescent fire retardancy by metal acetates in polypropylene”, *Polymer Degradation and Stability*, 136, 139-145.
- [13] Duquesne, S., Samyn, F., Bourbigot, S., Amigouet, P., Jouffret, F., Shen, K. 2008. “Influence of talc on the fire retardant properties of highly filled intumescent polypropylene composites”, *Polymers for Advanced Technologies*, 19, 620-627.
- [14] Bugajny, M., Bourbigot, S., Le Bras, M., Delobel, R. 1999. “The origin and nature of flame retardance in ethylene-vinyl acetate copolymers containing hostaflam AP 750”, *Polymer International*, 48, 264-270.
- [15] Mosnacek, J., Basfar, A. A., Shukri, T. M., Bahattab, M. A. 2008. “Poly(ethylene vinyl acetate) (EVA)/ low density polyethylene (LDPE)/ammonium polyphosphate (APP) composites cross-linked by dicumyl peroxide for wire and cable applications”, *Polymer Journal*, 40, 460-464.
- [16] Xie, F., Wang, Y., Yang, B., Liu, Y. 2005. “A novel intumescent flame retardant polyethylene system”, *Macromolecular Materials and Engineering*, 291, 247-253.
- [17] Le Bras, M., Bourbigot, S., Delporte, C., Siat, C., Le Tallec, Y. 1996. “New intumescent formulations of fire retardant polypropylene-dissussion of the free radical mechanism of the formation of carbonaceous protective material during the thermo oxidaitve treatment of the additives”, *Fire and Materials*, 20, 191-203.
- [18] Camino, G., Costa, L., Trossarelli, L. 1984. “Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part I-thermal degradation of ammonium polyphosphate-pentaerythritol mixtures”, *Polymer Degradation and Stability*, 6, 243-252.
- [19] Camino, G., Costa, L., Trossarelli, L. 1984. “Study of the mechanism of intumescence in fire retardant polymers: Part II-mechanism of action in polypropylene- ammonium polyphosphate- pentaerythritol mixtures”, *Polymer Degradation and Stability*, 7, 25-31.
- [20] Bourbigot, S., Le Bras, M., Duquesne, S., Rochery, M. 2004. “Recent advances for intumescent polymers”, *Macromolecular Materials and Engineering*, 289, 499-511.
- [21] Dogan, M., Yilmaz, A., Bayramlı, E. 2010. “Synergistic effect of boron containing substances on flame retardancy and thermal stability of intumescent polypropylene composites”, *Polymer Degradation and Stability*, 95, 2584-2588.



# Karbon Fiber/Epoksi Kompozitlerin Kırılma Tokluğunun Poliamid 66 Nanofiberler Kullanılarak İyileştirilmesi

BEYLERGİL, Bertan, TANOĞLU, Metin

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Makina Mühendisliği  
Bölümü, Urla, İzmir  
[metintanoglu@iyte.edu.tr](mailto:metintanoglu@iyte.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, elektroğrılmış poliamid 66 (PA 66) nanofiberler, karbon fiber/epoksi kompozitlerin kırılma tokluğunu arttırmak amacıyla laminalararası bölgeye yerleştirilmiştir. Referans ve nanotakviyeli kompozit numunelere üç-nokta eğme ve Mod-I kırılma tokluğu testleri yapılmıştır.

## GİRİŞ

Karbon fiber takviyeli polimer matriksli kompozitler, günümüzde yüksek ağırlık/rijitlik oranı, korozyon dayanımı ve yorulma özellikleri nedeniyle mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Laminalararası bölgenin kırılması (delaminasyon) fiber takviyeli kompozitlerde en yaygın görülen hasar modudur ve yapıda herhangi bir hasar belirtisi göstermeksizin ani ve yıkıcı bir şekilde gerçekleşir. Bu hasar modu, kompozitin düzlem-içi mukavemetini azaltmakta ve erken yapısal hasarlara sebep olmaktadır. Ayrıca delaminasyon kompozitin çevresel etkilere olan hassasiyetini ve kontaminasyon riskini arttırmaktadır. Bilim insanları, fiber takviyeli kompozitlerin delaminasyon direncini arttırmak amacıyla çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yöntemleri iki gruba ayırmak mümkündür; (i) mekanik yaklaşım, (ii) malzeme yaklaşımı. Mekanik yöntemlerden z-pimler ve dikişleme (stitching) yüksek delaminasyon direnci sağlasa da, iç yapıda oluşturdukları hasarlar nedeniyle kompozitin düzlem-içi mukavemet değerlerini ve yorulma performansını önemli derecede düşürmektedir. Malzeme yaklaşımında ise, reçine çeşitli nanokatıkların ilavesiyle toklaştırılmaktadır. Ancak bu yöntemde reçinenin viskozitesi önemli ölçüde artmakta bu da infüzyon uygulamalarında sorun yaratmaktadır. Ayrıca, nanokatıkların kompozit içinde homojen dağılımı kumaşların filtrasyon etkisi vb. sebeplerle mümkün olamamaktadır. İlk kez Dzenis ve Reneker<sup>1</sup> tarafından ortaya atılan, hem mekanik hem de malzeme yaklaşımı grubuna dahil olan, tabakalar arasında elektroğrılmış nanokumaş tabakalarının kullanılması kırılma tokluğunun iyileştirilmesinde alternatif çözüm yöntemi olarak görülmektedir. Literatürde, polikaprolakton (PCL)<sup>2</sup>, poliakrilonitril (PAN)<sup>3</sup>, poliamid (PA)<sup>4</sup> gibi çeşitli polimerik nanofiberler çalışılmış ve kırılma tokluğunda önemli

iyileştirmeler sağlanmıştır. Bahsedilen çalışmalarda cam ya da karbon prepreg kullanılmıştır. Literatürde, bu yöntemin vakum infüzyon yöntemi ile üretilen kompozitlere etkisi ile ilgili oldukça az sayıda çalışma bulunmaktadır.

## DENEYSEL

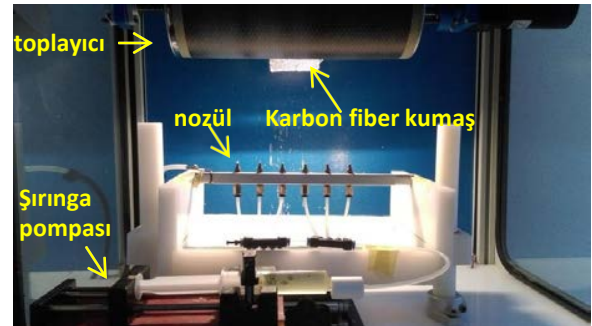
### Malzeme

Elektroğirme solüsyonlarının hazırlanmasında kullanılan pellet formunda PA 66 ve takviye elemanı olarak tek yönlü karbon kumaşlar Kordsa Global tarafından tedarik edilmiştir. Çözücü olarak formik asit ve kloroform, epoksi reçine olarak Momentive™ H160/L160 sistemi kullanılmıştır.

### Yöntem

Şekil 1.'de bu çalışmada kullanılan elektroğirme sistemi (NE300 Nano-FGM) gösterilmiştir. Ağırlıkça %10 PA 66, formik asit/kloroformda (3:1 v,v) çözdürülmüştür. Toplayıcı üzerine tek yönlü karbon kumaşlar sarılmış, nanofiberler kumaşlar üzerinde biriktirilmiştir. Çalışma parametreleri;

- Voltaj: 37.5 kV
- Solüsyon besleme hızı: 5 mL/saat
- Toplayıcı-nozül mesafesi: 12 cm
- Elektroğirme süresi: 30 ve 60 dakika

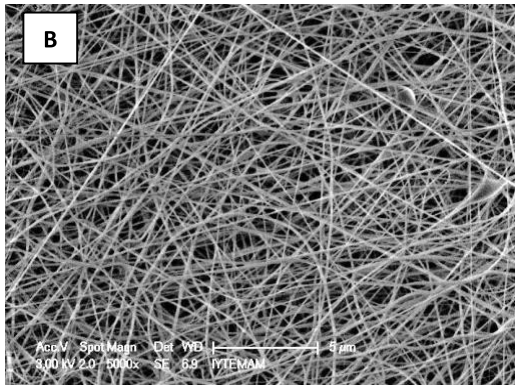
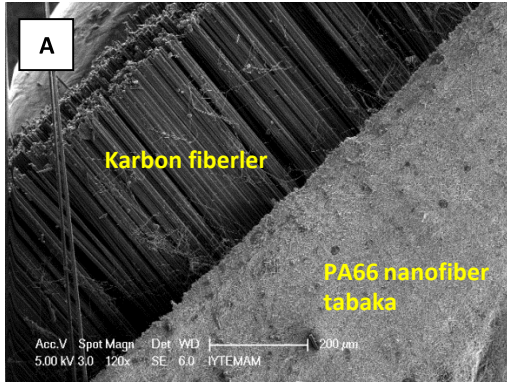


Şekil 1. Elektroğirme sistemi

Kaplama işleminden sonra, 30 ve 60 dakika kaplama süresi için PA66 nanofiberlerin ortalama alansal yoğunluğu (OAY) sırasıyla 0.525 g/m<sup>2</sup> ve 1.05g/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

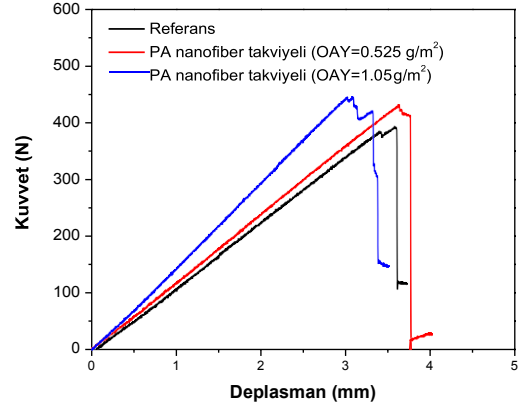
Elektroegirme yöntemiyle üretilen PA66 nanofiberlerin (ortalama çap:  $87\pm 22\text{nm}$ ) SEM görüntüleri Şekil 2.'de gösterilmiştir.



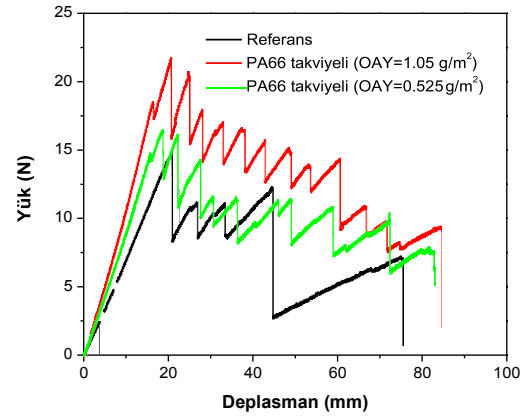
Şekil 2. (a) Karbon fiber kumaş üzerinde PA 66 nanofiberlerden oluşan tabaka (b) Nanofiberlerin 20,000x büyütmedeki SEM görüntüleri

Şekil 3'de üç nokta eğme testleri sonucunda elde edilen kuvvet-deplasman eğrileri görülmektedir.. Referans kompozitlerde eğilme modülü ve mukavemeti sırasıyla 80.09 GPa ve 1207.2 MPa olarak belirlenmiştir. PA66 nanofiber takviyeli kompozitlerde eğilme modülü OAY 0.525 ve 1.05  $\text{g/m}^2$  için sırasıyla 90.4 GPa ve 92.6 GPa olarak hesaplanmıştır. Eğilme mukavemeti ise 0.525 $\text{g/m}^2$  ve 1.05  $\text{g/m}^2$  alansal yoğunluklu PA 66 takviyeli kompozitlerde sırasıyla 1355.4 ve 1361.7 MPa olarak belirlenmiştir. Nanofiber takviyeli kompozitlerde eğilme modülü ve eğilme mukavemetinde sırasıyla 15.64 ve 12.80%'lik önemli bir artış görülmüştür. Sonuç olarak, PA66 nanofiberlerin kompozitlerin eğilme performansını iyileştirdiği görülmüştür. Bunun nedeni olarak nanofiberler sayesinde arayüzeyde yük taşıma kapasitesinin artması ve matrisin mekanik özelliklerinin iyileşmesi gösterilebilir. Ayrıca, arayüzeyde kullanılan nanofiber miktarını belirleyen parametre olan

OAY'nin bu yöntemdeki en önemli parametrelerden biri olduğu görülmüştür.



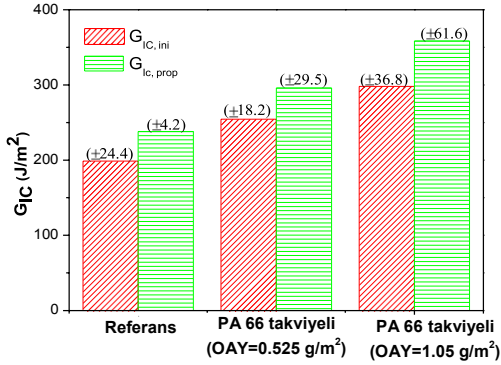
Şekil 3. Üç-nokta eğme test sonuçları (kuvvet-deplasman eğrileri)



Şekil 4. Mode-I kırılma tokluğu test sonuçları (kuvvet-deplasman eğrileri)

Şekil 4'de Mode-I kırılma tokluğu testlerinden elde edilen yük-deplasman eğrileri gösterilmiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi, referans numunelerde çatlak ilerlemesine bağlı olarak hızlı yük düşüşleri görülmektedir. Bu kararsız çatlak ilerlemesinin bir göstergesidir. Nanofiber kaplı numunelerde ise nispeten daha az miktarda yük düşüşleri, çatlakın daha kararlı şekilde ilerlediği görülmektedir. Nanofiberler çatlak ilerlemesi sırasında, muhtemelen nanofiberlerin plastik deformasyonu sayesinde, absorbe edilen mekanik enerjiyi (eğri altında kalan alan) arttırmaktadır. Maksimum ortalama kuvvet değerleri sırasıyla referans, 30 dakika ve 60 dakika nanofiber kaplı numuneler için 14.4, 16.2 ve 21.1 N olduğu görülmektedir. Elektroegirme süresi arttıkça, dolayısıyla arayüzeye eklenen nanofiber miktarı arttıkça maksimum yük değeri artmıştır. 1.05  $\text{g/m}^2$

nanofiber kaplanmış maksimum kuvvete ulaşılmıştır. Sonuç olarak arayüzeyde kullanılan nanofiber miktarı arttıkça kompozitin delaminasyon direncince artış gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Mode-I kırılma tokluğu değerleri

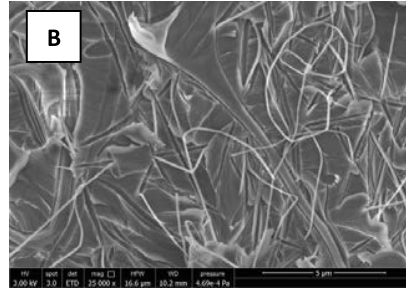
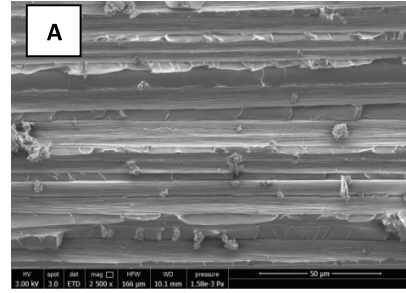
Deneylerden elde edilen kırılma tokluğu ile çatlak uzunluğu değişimi dotalarından çatlak başlangıç ( $G_{ic, ini}$ ) ve çatlak ilerleme Mode-I kırılma tokluğu ( $G_{ic, prop}$ ) değerleri hesaplanmış ve Şekil 5’de gösterilmiştir. Standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir.  $G_{ic, ini}$  değerleri sırasıyla; referans, 0.525 ve 1.025 g/m<sup>2</sup> OAY için sırasıyla 199, 255 ve 298 J/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Referans numunelere kıyasla, 1.025 g/m<sup>2</sup> OAY sahip PA 66 nanofiber kaplanmış numunelerin  $G_{ic, ini}$  değeri yaklaşık %49.7 oranında artmıştır. 0.525 g/m<sup>2</sup> OAY sahip PA nanofiber kaplanmış numunelerin  $G_{ic, ini}$ ’de yaklaşık %28.1’lik bir artış sağlamıştır.  $G_{ic, prop}$  değerleri sırasıyla; referans, 0.525 ve 1.025 g/m<sup>2</sup> OAY sahip nanofiber kaplanmış numuneler için sırasıyla 238, 296 ve 358 J/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Referans numunelere kıyasla, 1.025 g/m<sup>2</sup> OAY sahip nanofiber kaplanmış numuneler için  $G_{ic, prop}$  değerinde %50.4 oranında artış elde edilmiştir. 0.525 g/m<sup>2</sup> OAY sahip PA nanofiber kaplanmış numunelerin  $G_{ic, prop}$  değeri yaklaşık %23’lük bir artış sağlamıştır. Şekil 6’da referans ve nanofiber takviyeli kompozitlerin kırılma yüzeyleri gösterilmiştir. Referans numunelerde (Şekil 6a) görülen gevrek kırılma bölgeleri yanında, nanofiber takviyeli kompozitlerde gevrek ve sünek kırılma bölgeleri görülmüştür. Şekil 6b’de arayüzeyde deformasyona uğramış PA66 nanofiberler görülmektedir.

## GENEL SONUÇLAR

•Elektroğrılmış PA 66 nanofiberlerin vakum infüzyon yöntemiyle üretilen karbon fiber/epoksi kompozitlerin Mode-I kırılma tokluğu direncini önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, kompozit malzemenin eğilme mukavemeti ve rijitliğinde artış görülmüştür.

•Çatlak boyunca görülen nanofiber köprüleme hem çatlak başlangıcı hem de ilerlemesini geciktirmekte, bu sayede kırılma tokluğunda artış meydana gelmektedir.

•Kompozit arayüzeyinde nanofiber kullanılarak yapılan toklaştırma işleminde en iyi sonucu almak için elektroğirme süresinin optimize edilmesi gerekmektedir.



Şekil 6. Kırılma yüzeylerinin SEM görüntüleri

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bu çalışmanın devamında, poliamid nanofiberlerin kullanılmasının Mode-II kırılma tokluğuna etkileri araştırılacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Dzenis Y. A., Reneker D. H. 1999. “Delamination resistant composites prepared by small fiber reinforcement at ply interfaces”, Patent US6265333.
2. Saghafi H., Zucchelli A., Palazzetti R., Minak G. 2014. “The effect of interleaved composite nanofibrous mats on delamination behavior of polymeric composite materials”, Composite Structures, 109(1), 41-47.
3. Zhang J., Yang T., Lin T. ve Wang C.H. 2012. “Phase morphology of nanofibre interlayers: Critical factor for toughening carbon/epoxy composites”, Composites Science and Technology, 72(2), 256-262.
4. Daelemans L., Van der Heijden S., De Baere I., Rahier H., Van Paepegem W., De Clerk K. 2015. “Nanofibre bridging as a toughening mechanism in carbon/epoxy composite laminates interleaved with electrospun polyamide nanofibrous veils”, Composites Science and Technology, 117, 244–256.

# Metal Kumaşların Elektrot Olarak Kullanılarak Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretebilen (Fotovoltaik) Tekstil Yapılarının Geliştirilmesi

BORAZAN, İsmail<sup>1</sup>, BEDELOĞLU, Ayşe<sup>2</sup>, DEMİR, Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, <sup>2</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü  
[iborazan@itu.edu.tr](mailto:iborazan@itu.edu.tr)

## AMAÇLAR

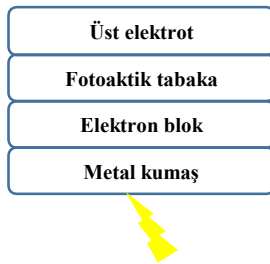
Bu çalışmanın amacı, geleneksel metal tellerden dokunmuş kumaş üzerinde organik fotoaktif malzemeleri kullanarak fotovoltaik etkinin sağlanmasıdır.

## GİRİŞ

Petrol kaynaklı enerji kaynaklarının azalması, çevre kirliliğinin artması ve küresel ısınma gibi sebeplerden dolayı araştırmacılar yenilenebilir enerji kaynakları üzerine olan araştırmalarını yoğunlaştırmışlardır<sup>1,2,12</sup>. Güneş enerjisini kullanarak elektrik enerjisini üretmek için fotovoltaik teknolojisini kullanmak temiz enerji üretim yöntemlerinden birisidir<sup>3</sup>.

Bu konudaki çalışmalarda, çoğunlukla iletken olmayan bir altlık (substrat) üzerine vakum altında bir metalin ince film olarak kaplanması ve bunun yüksek sıcaklıkta tavlanması ile fotovoltaik yapılar için altlık elde edilmektedir<sup>4-12</sup>. Bu çalışmada ise metal tellerden dokunmuş kumaşın iletkenliğinin ve gözenekli yapısının ışık geçirebilme avantajının bir arada kullanılmasıyla esnek yüzeylerde fotovoltaik etkinin elde edilebilmesi üzerine çalışılmıştır.

İletken kumaş altlığının üzerindeki diğer fotovoltaik katmanlar daldırma yöntemi ve fiziksel buhar biriktirme yöntemiyle kaplanmıştır.



Şekil 1. Metal altlık üzerinde elde edilmiş fotovoltaik yapının şematik gösterimi.

## DENEYSEL

Bu çalışmada piyasadan alınmış metal ipliklerden dokunmuş 100 mesh kumaş altlık olarak ve şeffaf elektrot olarak kullanılmıştır. Metal kumaşın yüzey direnci  $<1 \Omega/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. Boşluk taşıyıcı (electron bloklayıcı-HTL) tabaka olarak polimer iletken bir malzeme kullanılmıştır. Üzerine organik

esaslı fotoaktif tabaka daldırarak kaplanmıştır. Üst elektrot olarak uygun bir metal elektrot vakum altında buharlaştırılarak kaplanmıştır..

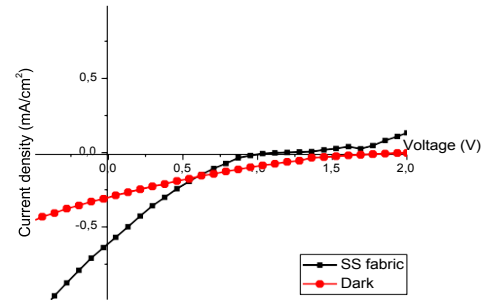
## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Fotovoltaik kumaşın Sun1 AM 1.5G standardına göre  $100 \text{ W/m}^2$  ışık altında Keithley 2400 cihazı ile performans ölçümleri alınmıştır. En iyi sonuç aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 1. Fotovoltaik kumaşın fotovoltaik sonuçları.

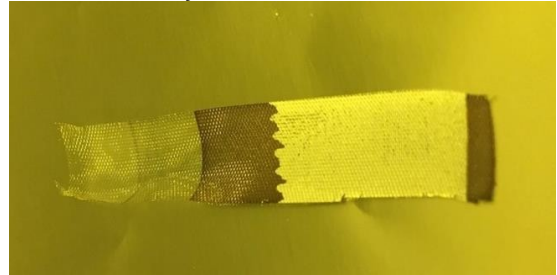
Pil yapısı	$V_{oc}$ mV	$J_{sc}$ mA/cm <sup>2</sup>	FF %
Metal kumaş/ HTL /Fotoaktif tabaka/ Üst elektrot	296	1,44	16

Fotovoltaik kumaşın IV grafiği Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Fotovoltaik kumaşın IV grafiği.

## GENEL SONUÇLAR



Şekil 3. Projede üretilmiş fotovoltaik kumaşın gösterimi.

### **SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI**

Sonraki çalışmalarda elektrotların vakumlu buhar biriktirme ile kaplamak yerine çözeltiden kaplama yöntemleriyle yapılarak daha hızlı ve az maliyetli üretim gerçekleştirilmesi çalışılacaktır.

### **TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI**

Bu proje Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, TÜBİTAK 2214A tarafından ve İTÜ BAP Lisansüstü Tezlerini Destekleme Programı Projeleri tarafından desteklenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

1. Yüksel, İ., Renewable Energy, 4, 802, (2008).
2. Lund, P. D., Renewable Energy, 2009, 34, 53.
3. Gadisa, A.; Tvingstedt, K.; Admassie, S.; Lindell, L.; Crispin, X.; Andersson, M.R.; Salaneck, W.R.; Inganäs, O.: Synth. Met., 156, 1102, (2006).
4. Bedeloglu (Celik) A, Development of Fibres with Photovoltaic Effects, PhD Thesis, Dokuz Eylül University, İzmir, 2009.
5. O'Connor, B, Pipe, KP, and Shtein, M, Fiber Based Organic Photovoltaic Devices. Appl. Phys. Lett., 92, 193306 (2008).
6. Shtein, M, and Forrest, SR, Organic Devices having a Fiber Structure. US Patent 7194173, 2007.
7. Liu, J, Namboothiry, MAG, and Carroll, DL, Fiber-based Architectures for Organic Photovoltaics. Appl. Phys. Lett., 90, 063501 (2007).
8. Bedeloglu (Celik) A, Demir A, Bozkurt Y, Sariciftci N. S., Photovoltaic properties of polymer based organic solar cells adapted for non-transparent substrates, 2010.
9. Bedeloglu (Celik) A, Demir A, Bozkurt Y, Sariciftci N. S., A Photovoltaic Fibre Design for Smart Textiles, 2010.
10. Bedeloglu (Celik) A, Koeppe R, Demir A, Bozkurt Y, Sariciftci N. S., Development of energy generating photovoltaic textile structures for smart applications, 2010.
11. Borazan, I., Bedeloglu, A., Demir, A., The effect of MWCNT-PEDOT:PSS layer in organic photovoltaic fiber device, Optoelectronics and Advanced Materials, 2015.

# Çözeltiden Üfleme Yöntemiyle Doğal Özütü Antibakteriyel Yara Örtülerinin Üretimi

CANBAY, Emine<sup>1</sup>, AKGÜL, Yasin<sup>1</sup>, KILIÇ, Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İ.T.Ü. TEMAG Laboratuvarı, Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, İstanbul  
[canbayemine@gmail.com.tr](mailto:canbayemine@gmail.com.tr)

## AMAÇLAR

Yara iyileşme süreci uzayan hastalarda pasif yara örtüsü yerine yara iyileştirici ve antibakteriyel ajan yüklenen aktif yara örtülerini kullanarak yarayı mikroorganizmalardan korumak, yara iyileşme süresinin azaltılması hedeflenmektedir.

## GİRİŞ

Bitkiler içermiş oldukları ikincil metabolitler sayesinde yıllardır geleneksel olarak yara iyileştirmede, mide ve diş ağrılarında kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeler sonrası antimikrobiyal olarak ticari farmakoloji ürünleri olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Karanfil bitkisi antiseptik<sup>1</sup>, antifungal<sup>2</sup>, antibakteriyel<sup>3</sup> olarak kullanılır. GC-MS (gaz kromatografisi ve kütle spektrumu) sonuçlarına göre 36 ayrı bileşenden oluşan karanfil özütüne antibakteriyel özelliği öjenol, öjenol asetat ve β-karyofilin gibi fenolik ve terpenoit bileşenler sağlamaktadır.<sup>1</sup> Bakterilere karşı hücre lizis mekanizması ile hücre duvarı ve hücre zarına zarar vererek etkinliğini göstermiştir.<sup>4</sup> Bu tip malzemeler uygun pomadlarla yahut tekstil yapıları ile hasta üzerine uygulanabilmektedir.

Bu kapsamda TPU (termoplastik üretilen) polimeri vücut hareketlerine uygun elastisitesi ve biyoyoumluluğu, rutubete karşı kararlı olması ve suda çözünmemesi gibi özellikleri ile biyosensör, koruyucu elbise, yara örtüsü gibi biyomedikal alanlarda yıllardır kullanılmaktadır.<sup>5</sup> Son form olarak nanolif malzemeler gözenek çapları ve yüzey alanlarının yüksek olması nedeniyle biyomedikal alanlarında aranan ürünlerdir. Nanolif üretim yöntemleri eriyikten üfleme, faz ayrımı, santrifüj eğirme, çözeltiden üfleme ve elektro üretim olarak sınıflandırılabilir. Bunlardan en olarak kullanılan yöntem olan elektro üretim düşük üretim hızı, yüksek voltaj kullanımı gibi kısıtlamalara sahiptir. Bu problemleri çözeltiden üfleme yöntemi, yüksek üretim hızı elektrik kullanılmaması ve hava etkisiyle nanolif üretmesi şeklinde yenmiştir.<sup>6</sup> Bu yöntemde düzeden beslenen polimer çözeltisi hava ile temas ederek sıvı bir jet olarak çıkar ve karşı tarafta bulunan toplayıcı yüzeyde lif formunda toplanmaktadır.<sup>6</sup> İdeal bir yara örtüsünden beklenen özellikler bakteriyostatik, hemostatik, antimikrobiyal,

eksüda absorplayıcı, toksik olmayan ve biyoyoumlu olması şeklindedir.<sup>7</sup>

Bu çalışmada karanfil bitkisinden elde edilen özüt TPU (Termoplastik Poliüretan) ile karıştırılıp çözeltiden üfleme sistemiyle yara örtüsü olarak kullanılmak üzere nanolif üretimi yapılmıştır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Kurutulmuş karanfil tomurcukları yerel bir marketten alınmıştır. Etanol (Merck) ve Dimetilformamit (Merck) Labor Teknik firmasından alınmıştır. TPU ise BASF firmasından satın alınmıştır.

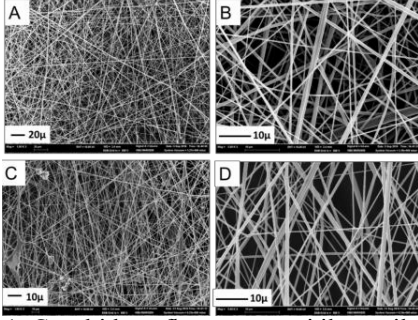
### Yöntem

Kuru karanfil tomurcukları 1/30(w/v) oranında etanol içinde ekstrakt edildi. Çözücü 60°C'de 0.34 bar vakum altında 1 saat süresince uzaklaştırıldı. Solüsyon, santrifüj cihazında 10 dk ve 2010 RPM'de çökelti kısmından ayrıldı. Termoplastik poliüretan (TPU) %13 oranında DMF içinde çözüldü. TPU çözeltisi 10 ml/h hızla beslendi ve hava 3 bar basınç ile gönderildi. Sonra 6 cm<sup>2</sup> alanına sahip nanoliflere polimer miktarının %10, %20 ve %50 (w/w) oranlarında karanfil özütü emdirildi.

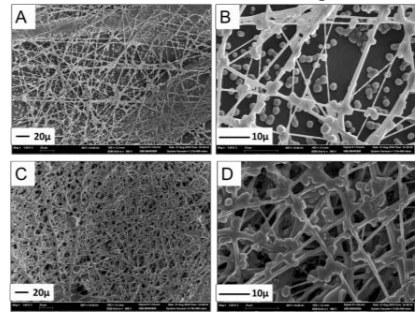
## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

### Morfoloji:

Şekil 1 ve 2'deki SEM sonuçlarına göre %10 karanfil içeren nanoliflerde olumsuz bir etki gözlemlenmezken, karanfil özütünün miktarının artırılması lif yapısında damlacık oluşumuna neden olmuştur.



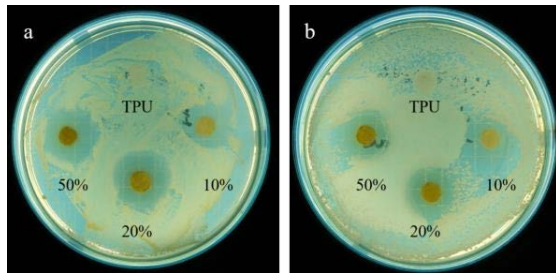
Şekil 1. Çözeltiden üfleme yöntemi ile üretilmiş A) 1000 büyütmede TPU nanolifleri B) 5000 büyütmede TPU nanolifleri C) 1000 büyütmede %10 Karanfil/TPU nanolifleri D) 5000 büyütmede %10 Karanfil/TPU nanolifleri SEM görüntüleri



Şekil 2. Çözeltiden üfleme yöntemi ile üretilmiş A) 1000 büyütmede % 20 Karanfil/TPU nanolifleri B) 5000 büyütmede % 20 Karanfil/TPU nanolifleri C) 1000 büyütmede 50% Karanfil/TPU nanolifleri D) 5000 büyütmede %50 Karanfil/TPU nanolifleri SEM görüntüleri

#### Antibakteriyel test;

Şekil 3'te görüldüğü gibi antibakteriyel etkinliği değerlendirmek için AATCC 147 standardına göre difüzyon agar testi yapıldı.



Şekil 3. Karanfil içeren ve içermeyen TPU nanoliflerinin a) Escherichia coli b) Staphylococcus aureus' a karşı antibakteriyel etkinliği

Tablo 1'e göre karanfil özütü iki bakteri türüne karşı yakın değerlerde antibakteriyel etkinlik göstermiştir. Artan karanfil özütü miktarıyla inhibisyon zonu arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 1. S.aureus ve E.coli bakterilerine karşı karanfil içeren ve içermeyen TPU nanoliflerinin antibakteriyel etkinliği

Organizmalar	Farklı Konsantrasyonlarda zon çapı (mm/100µl)			
	50%	20%	10%	TPU
S.aureus	29	28	24	-
E.coli	33	28	22	-

#### GENEL SONUÇLAR

Arttırılan konsantrasyon sonuçları nedeniyle nanolif yapısında damlacıklar oluşmuştur. Nanolif yüzeyini yara örtüsü olarak değerlendirmesinin yapılabilmesi için antibakteriyel test yapılmış ve iki bakteri türüne karşı etkinlik elde edilmiştir. Artan özüt konsantrasyonuna doğru orantılı olarak antibakteriyel etkinlik de artmıştır.

#### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Yara örtüsü olarak değerlendirilmek üzere yara iyileşme ve toksisite testleri yapılacaktır.

#### TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu araştırma ve testleri yapmak için finansal desteği İTÜ BAP birimi sağlamıştır. Antibakteriyel testleri yaparken bilgisini ve desteğini esirgemeyen Dr. Eman Ghazy'ye teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR

1. Chaieb, K. *et al.* The chemical composition and biological activity of clove essential oil, *Eugenia caryophyllata* (Syzgium aromaticum L. Myrtaceae): a short review. *Phytotherapy Research* 21, 501–506 (2007).
2. Pinto, E., Vale-Silva, L., Cavaleiro, C. & Salgueiro, L. Antifungal activity of the clove essential oil from *Syzgium aromaticum* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology* 58, 1454–1462 (2009).
3. Saeed, S. & Tariq, P. In vitro antibacterial activity of clove against Gram negative bacteria. *Pakistan J Botany* 40, 2157–2160 (2008).
4. Rhayour, K., Bouchikhi, T., Tantaoui-Elaraki, A., Sendide, K. & Remmal, A. The Mechanism of Bactericidal Action of Oregano and Clove Essential Oils and of their Phenolic Major Components on *Escherichia coli* and *Bacillus*

- subtilis*. *Journal of Essential Oil Research* 15, 286–292 (2003).
5. Sheikh, F. A., Kanjwal, M. A., Saran, S., Chung, W.-J. & Kim, H. Polyurethane nanofibers containing copper nanoparticles as future materials. *Applied Surface Science* 257, 3020–3026 (2011).
  6. Polat, Y. *et al.* Solution blowing of thermoplastic polyurethane nanofibers: A facile method to produce flexible porous materials. *Journal of Applied Polymer Science* 133, (2016).
  7. Petruyte, S. Advanced textile materials and biopolymers in wound management. *Danish medical bulletin* 55, 72–77 (2008).



# Production of Polymer Foam Added Bicomponent Yarn

CELEN, Rumeysa, ULCAY, Yusuf

Uludag University, Faculty of Engineering, Department of Textile Engineering

[rumeysa@uludag.edu.tr](mailto:rumeysa@uludag.edu.tr)

## PURPOSE

The aim of the study is to produce bicomponent yarn providing thermal and acoustic insulation. For this purpose, low density polyethylene foam is used as an insulator material. Sheath and core bicomponent spinning method is used. LDPE foam is used at core section, polypropylene (PP) is used at sheath section.

## INTRODUCTION

Throughout history, humanity has worked to improve our quality of life. Following that goal, we have been changing and improving the places we live in. One important point in order to improve quality of life is isolating ourselves from the vibration and electricity from all that equipment that makes our life easier, weather tail, external temperature and noise. Therefore, insulation techniques are continuously on the rise [1].

Thermal insulation is gaining importance every day, due to the rising price of energy resources (electricity, gas...) [2]. Energy consumption of buildings is destroying the planet. Buildings use about 48 percent of all the energy consumed. This energy is mostly derived from fossil sources that produce the carbon dioxide that is the main cause of global warming.

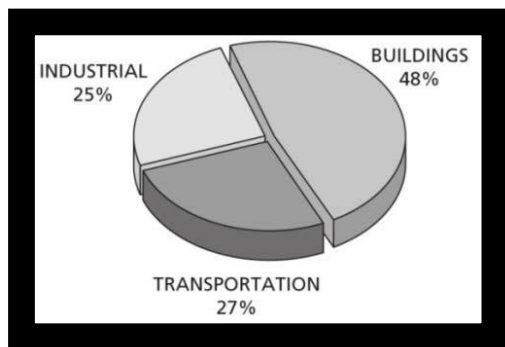


Figure 1. Energy Consumption [3]

We must replace these polluting sources with clean, renewable energy sources such as wind, solar energy, and biomass, or we must increase the efficiency of our

building stock so that it uses less energy, or we must do both [3].

Sound insulation is a set of applications intended for environmental noise reduction by means of insulating noisy equipment such as generators, pressure tanks, heaters, etc., to create the required conditions of use for recording studios, movie theaters, concert halls, and similar locations and to insulate our homes, schools, workplaces and further buildings and environments for the purpose of protection against the harmful effects of loud noise [4].

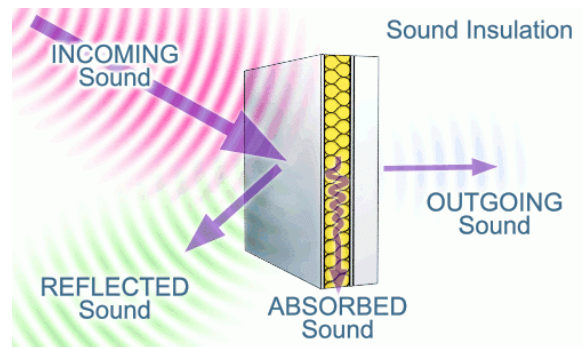


Figure 2. Sound Insulation [5].

Sound insulation in buildings is important to make it soundproof to stop sound from getting into the room. Significance of sound insulation has increased in cities where density of population is more and buildings are located in close proximity to each other. Also growing number of vehicular population has given rise to noise pollution in cities which in-turn has necessitated sound insulation in buildings. Too much noise is not only bad for the environment but for the human too and sound insulation helps to reduce noise. In offices, sound insulation is essential to keep the noise level at the minimum to enhance employee efficiency [6].

Polymer foams are made up of a solid and gas phase mixed together to form a foam. This generally happens by combining the two phases too fast for the system to respond in a smooth fashion. The resulting foam has a

polymer matrix with either air bubbles or air tunnels incorporated in it, which is known as either closed-cell or open-cell structure [7].

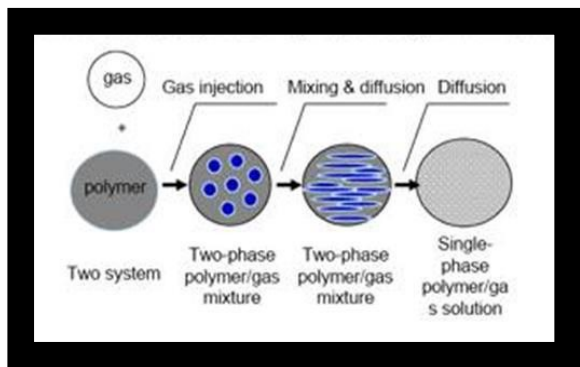


Figure 3. Schematic view of polymer foams

Polymer based foams are remarkable with their properties such as high toughness, high impact resistance, higher thermal stability, lower electrical conductivity and thermal insulation. Because of these advantages it is possible to see an increasing in the usage of polyethylene, polyurethane, polyvinylchlorur and polypropylene [8].

Textile materials often use at thermal and acoustic insulation applications due to their porous structure and low cost. Abdelfattah et al. <sup>9</sup> aims to produce nonwoven fabrics that can be used in car interior components to prevent noise from reaching the passenger compartment and so achieving comfort in the car interior. For this purpose, two kinds of fibers were used polyester and hollow polyester fibers, both of 6 denier, to produce three different fabrics of 100 % polyester fibers, 75 % polyester /25 % hollow polyester fibers, and 55 % polyester /45 % hollow polyester fibers. All samples were bonded using thermal bonding technique. Samples produced with high percentage of hollow fibers had recorded the highest rates of sound absorption, whereas samples produced with 100% polyester fibers have recorded the lowest rates. It was also found that there are direct relationship between weight per m<sup>2</sup> and sound absorption efficiency. All samples have achieved the expected results and sample produced with 55% polyester/45% hollow polyester fibers and 600 g/ m<sup>2</sup>, have achieved the best results. Frydrych et al. <sup>10</sup> aims to present a comparative analysis of thermal insulation properties (such as thermal conductivity, absorption and thermal resistance) of fabrics made of cotton and Tencel. 6 samples of cotton fabrics and 9 samples of fabrics from

Tencel yarns were produced for the purpose of these tests. All fabrics had warp and weft yarns of nominal linear density of 20 tex. Three kinds of weaves were applied: plain, combined and twill with nominal warp and weft densities of 320/dm. The finished fabrics made of Tencel yarn showed lower values of thermal conductivity and thermal absorption than fabrics made of cotton yarns, and higher values of thermal diffusion and resistance. Buyukakinci et al. <sup>11</sup> aims to produce composite structure which has sound absorbtion and thermal conductivity properties. Natural cotton, bamboo and wool fibers were used as reinforcement agents in a polyurethane-based matrix to improve the sound absorption and thermal conductivity properties of the composite. Generally, adding cotton, bamboo or wool fibers to polyurethane foam, improves its sound absorption coefficient. Cotton fibers were observed to provide the best sound absorption coefficient. At higher frequencies, increasing the bamboo or wool fiber content decreases the sound absorption coefficient for the composite. Adding cotton, wool or bamboo fibers to polyurethane foam does not result in a significant change in the thermal conductivity of the material. The best thermal conductivity value was observed with a composite including 4% cotton fiber.

## EXPERIMENTAL

### Material

Properties of polypropylene chips which used at the sheath section of fiber were given in Table1. It was supplied by Petkim Petrokimya Holding A.Ş.

Table 1. Properties of polypropylene chips

Description	Value
Melting flow rate (MFR), (2160 g, 230°C)	20-28 g/10m
Tensile strength	350 kg/cm <sup>2</sup>

Low Density Polyethylene (LDPE) foam was used at core section of fiber. It was supplied by Durfoam Insulation & Packaging Co.

Table 2. Properties of LDPE foam

Description	Value
Blowing agent	Azo dicarbon amide
Density	25-250 kg/m <sup>3</sup>
Decomposition Temperature	>300 °C

### Method

In this study, monofilament yarns are produced with sheath and core bicomponent spinning method. Bicomponent fibres are filaments made up of two different polymers that are extruded from the same spinneret with both polymers contained within the same filament but separated by a fine plane. The two polymers differ in chemical nature or physical properties such as molecular weight.

In core sheath structure, one of the components called core is fully surrounded by the second component known as sheath. In this configuration, different polymers can be applied as a sheath over a solid core of another polymer, thus resulting in variety of modified properties while maintaining the major fiber properties [12].

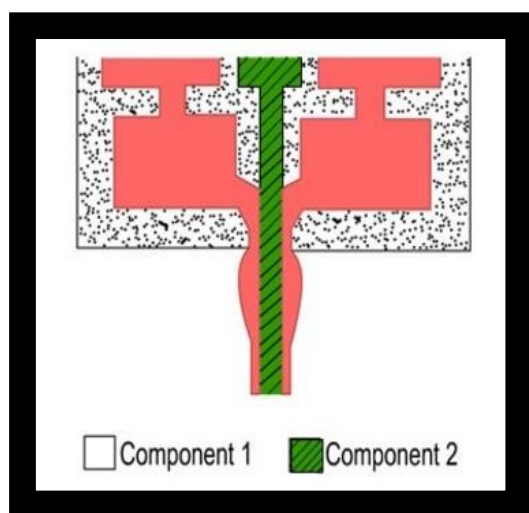


Figure 4. Core-sheath fiber formation

Two different ratios of LDPE foam is used in monofilament yarn.

Table 3. Production Parameters

	Yarn Codes	Extruder Speed Ratios(Sheath/Core)	Drawing / Winding Ratio
%1 LDPE foam	1.4.2	4/2	1
%1 LDPE foam	1.5.2	5/2	1
%3 LDPE foam	3.4.2	4/2	1
%3 LDPE foam	3.5.2	5/2	1

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

### Yarn count

Table 4. Yarn count

Yarn Code	Yarn Count [dtex]
1.4.2	2500
1.5.2	2500
3.4.2	3000
3.5.2	3000

### Cross section of fibers

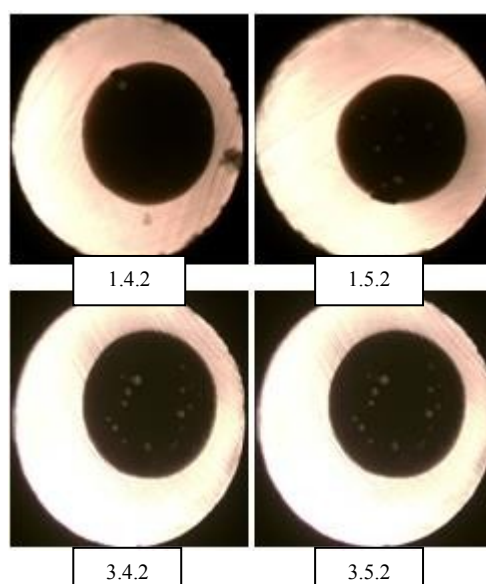


Figure 5. Cross section of fibers

## Tenacity and Elongation

Tenacity and elongation tests were made by Shimadzu test instrument. Measurements were repeated three times. Average results were given in Table 5.

Table 5. Tenacity and Elongation Results

Yarn Code	Tenacity [N]	Elongation [%]
Reference yarn	2.62	290,56
1.4.2	8.53	50.86
1.5.2	9.04	36.63
3.4.2	11.48	65.32
3.5.2	11.83	74.79

Compared to the reference yarn, there was an increase in yarn strength and a decrease in elongation values. It is expected that foam material increase the yarn strength.

## CONCLUSIONS

In the study, monofilament yarns were produced with foam polymer additives. Two different additive ratios were used. The foam polymer improved yarn properties as expected. There was a positive increase in strength and elongation properties.

## SUGGESTION FOR FURTHER WORK

- ✓ Monofilament yarns will be produced different additive ratios.
- ✓ Different foam materials will be used.
- ✓ Multifilament yarns will be produced.
- ✓ Thermal insulation and acoustic insulation properties of yarns will be measured.

## LITERATURE

[1]"Thermal and Noise Insulation Technologies"<https://www.ennotive.com/thermal-noise-insulation-technologies/> Latest Access Date: 25.03.2017.

[2]"Thermal and Acoustic Insulation"[http://www.alumalaga.es/new/articulo3-aislamiento-termico-acustico\\_en.html](http://www.alumalaga.es/new/articulo3-aislamiento-termico-acustico_en.html) Latest Access Date: 25.03.2017.

[3]Maleki, B.A. 2011. "Shading: Passive cooling and energy conservation in buildings." International Journal On Technical and Physical Problems of Engineering, 3(4):72-79.

[4]"Sound Insulation"<http://www.ode.com.tr/sound-insulation> Latest Access Date: 25.03.2017.

[5]"Acoustic Insulation for Industry"<http://www.isover-technical-insulation.com> Latest Access Date: 24.03.2017.

[6]Importance of sound insulation in buildings <http://insulation.supreme.co.in/importance-sound-insulation-buildings> Latest Access Date: 20.03.2017.

[7]Sivertsen, K. 2007. "Polymer Foams." [https://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-063-polymer-physics/spring-2007/assignments/polymer\\_foams.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-063-polymer-physics/spring-2007/assignments/polymer_foams.pdf) Latest Access Date: 20.03.2017.

[8]Yetgin S. H., Ünal H. 2008. "Polimer Esaslı Köpük Malzemeler", Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı: 17, ISSN-1302-3055.

[9]Abdelfattah, A., Ghaliya, E., & Eman, R. 2011."Using nonwoven hollow fibers to improve cars interior acoustic properties" *Life Sci J*, 8, 344-351.

[10]Frydrych, I., Dziworska, G., & Biliska, J. 2002."Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres." *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 10(4), 40-44.

[11]Büyükakıncı B., Sökmen N. Küçük H. 2011. "Doğal elyaf karışımı poliüretan kompozitlerin ses ve ısı yalıtım özelliklerinin incelenmesi". *Tekstil ve Konfeksiyon*,21(2): 124-132.

[12]Bicomponent and micro fibers <http://nptel.ac.in/courses/116102006/19> Latest Access Date: 20.09.2016.

# SnO<sub>2</sub> Nanofibers for Energy Storage

ÇALIŞIR Mehmet<sup>1</sup>, STOJANOVSKA Elena<sup>1</sup>, KILIÇ Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TEMAG Laboratuvarı, İTÜ Gümüşsuyu Kampüsü

## OBJECTIVES

With this study we aim to show the potential of SnO<sub>2</sub> nanofibers for energy storage. The production process of SnO<sub>2</sub> nanofiber was studied and the obtained fibers were used as an electrode material. The electrochemical performance of SnO<sub>2</sub> nanofibers was tested by using them as anode for Li-ion capacitor.

## INTRODUCTION

Today's renewable energy sources, such as solar or wind require rechargeable energy storage units that will have the capacity to accumulate their excess power and to be able to deliver it depending on demand. By preventing power shortages during peak hours' demand and blackouts they will enable better power management and power grid stabilization. Long lasting and high capacity energy storage systems will also enable integration of renewable power sources and will reduce the need for additional investment in upgrading networks<sup>1</sup>. Despite the increased demand, large-scale application of high capacity Li-ion batteries are still expensive due to the geographically constrained lithium resources and the high cost of the materials used in production of their constituent parts<sup>2</sup>. Implementation of high capacity electrodes is still limited due to their mechanical integrity decay during cycling which decrease their potential for long-lasting energy efficiency. In this regard, Li-capacitors offer a combination of the high energy and at the same time increased power density and the short life-time<sup>3</sup>.

In order to improve energy storage performances, various structures that improve the capacity, the stability and the cycle-life have been proposed in the last decades<sup>4</sup>. Among them, nanofibers distinguish themselves due to their high surface area to volume ratio, small pore size and high porosity and adjustable density. Nanofibers can be produced by several techniques<sup>5, 6, 7</sup>. Among them electrospinning is the mostly commonly used due to its simple mechanism and setup which allows production of fibers with different diameters and structures using wide range of organic and inorganic materials. Electrospun nanofibers can find application in different parts of energy storage devices. In the form of polymeric membranes can be used as separators or solid electrolytes with enhanced conductivity<sup>8, 9</sup>. Nanofiber electrodes may be carbon based, carbon containing composites or metal and metal oxide nanofibers<sup>10, 11</sup>. Among the metal oxide materials, SnO<sub>2</sub> is one of the most promising materials

for various energy storage chemistries, including Li- and Na-ion batteries and capacitors.

In this study we report Li-capacitor using a combination of SnO<sub>2</sub> nanofiber and active carbon as hybrid electrode. We investigated the morphology of the SnO<sub>2</sub> nanofiber, as well as the morphology of the hybrid electrode. The electrochemical properties were tested by galvanostatic charge/discharge tests in a two electrode system, using active carbon as counter electrode and organic Li-based electrolyte.

## EXPERIMENTAL

### Materials

SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (ZAG) and polyvinylpyrrolidone (PVP, Mw: 1.300.000, Sigma) were used for the formation of SnO<sub>2</sub> nanofibers. N,N-dimethylformamide (DMF, Merck) was used as a solvent. Active carbon ketjen black (EC-600JD) was used as another electrode material.

### Method

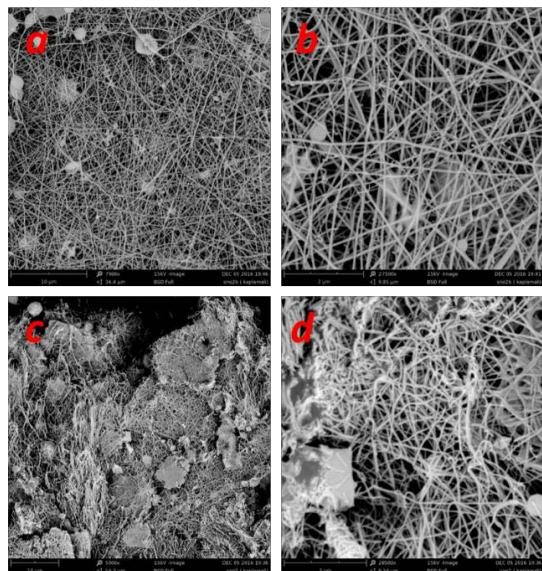
SnO<sub>2</sub> nanofibers were formed by electrospinning of SnCl<sub>2</sub>/PVP precursor solution. For the electrospinning process, 1.33 kV/cm electrical field was applied and the solution was feed at a rate of 0.45 mL/h. The electrospun composite nanofibers of PVP/SnCl<sub>2</sub> were calcined at 600 °C (heating rate of 2 °C/ min) and for 2 h in order to obtain SnO<sub>2</sub> nanofibers.

## RESULTS / DISCUSSION

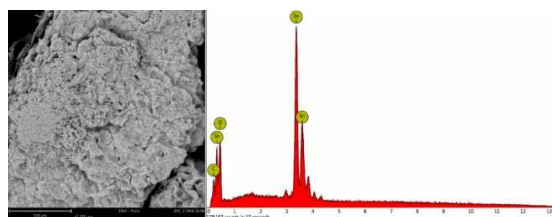
SnO<sub>2</sub>-PVP composite NFs were successfully obtained via electrospinning process (Figure 1). The average fiber diameter of 100 and 75 nm was measured before and after calcination, respectively. According to EDS results (Figure 2) from a point on the NF, there was only Sn and O in the structure. Additionally low intensity C peak was observed due to used carbon conductive tape. According to XRD results (Figure 3), highly crystalline SnO<sub>2</sub> was obtained after calcination.

SnO<sub>2</sub> nanofibers were mechanically mixed with active carbon in ratio 33/64. Coin-type capacitors were prepared from the SnO<sub>2</sub> nanofiber/AC mixture, being it an anode, while only AC was used as cathode. Glass fiber filter paper was used as separator and 1M LiPF<sub>6</sub>-salt in ethylene carbonate (EC)-dimethyl carbonate (DMC) as electrolyte. Electrochemical performances of the anodes were tested by Galvanostatic cycling tests in the voltage

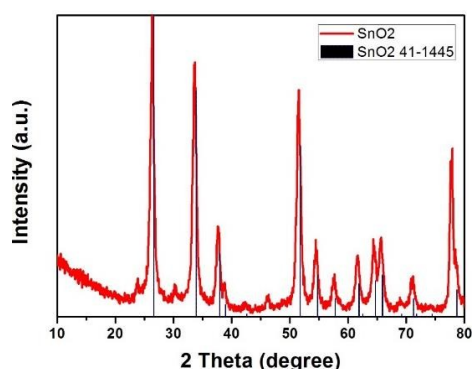
range between 0.01-2.5V at different current rates. The galvanostatic charge-discharge tests showed that SnO<sub>2</sub> nanofiber/AC composite anode can increase the capacity of the capacitor and in the same time to keep its fast charging behaviour.



**Figure 1:** SEM images of a, b) SnO<sub>2</sub>-PVP composite NFs and c, d) SnO<sub>2</sub> NFs after calcination



**Figure 2:** EDS results of SnO<sub>2</sub> NFs after calcination



**Figure 3:** XRD of SnO<sub>2</sub> nanostructures after calcination of SnO<sub>2</sub>-PVP composite NFs

## CONCLUSION

In this study, SnO<sub>2</sub> nanofiber were produced and used as anode material for Li-ion capacitor. In order to investigate the morphology and to prove the successful

production of pure SnO<sub>2</sub> nanofiber, SEM, EDS and XRD analysis were performed. Further, SnO<sub>2</sub> nanofiber mixed with active carbon were used as anode material for Li-ion capacitor. The results showed that SnO<sub>2</sub> nanofibers are promising anode material for Li-ion capacitors.

## FURTHER STUDY

In the upcoming term we will investigate the effect of the SnO<sub>2</sub> nanofiber/active carbon ratio on the electrochemical properties of Li-capacitor. The effect of the surface area of the active carbon on the electrochemical behaviour of the capacitor will also take part of the future studies.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors gratefully acknowledge the support of ITU BAP, Grant No 39960 “Producing Carbon Nanofibers for Novel Na Ion Batteries”.

## REFERENCES

1. Global Battery Market for Energy Storage Systems 2015-2019, TECHNAVIO.COM.
2. *The Role of the Chemical Sciences in Finding Alternatives to Critical Resources: A Workshop Summary*. (National Academies Press, 2012).
3. Cao, W. J. & Zheng, J. P. Li-ion capacitors with carbon cathode and hard carbon/stabilized lithium metal powder anode electrodes. *Journal of Power Sources* **213**, 180–185 (2012).
4. Croguennec, L. & Palacin, M. R. Recent Achievements on Inorganic Electrode Materials for Lithium-Ion Batteries. *J. Am. Chem. Soc.* **137**, 3140–3156 (2015).
5. Ramakrishna, S. *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers*. (World Scientific, 2005).
6. Lu, Y. *et al.* Centrifugal spinning: A novel approach to fabricate porous carbon fibers as binder-free electrodes for electric double-layer capacitors. *Journal of Power Sources* **273**, 502–510 (2015).
7. Medeiros, E. S., Glenn, G. M., Klamczynski, A. P., Orts, W. J. & Mattoso, L. H. C. Solution blow spinning: A new method to produce micro- and nanofibers from polymer solutions. *J. Appl. Polym. Sci.* **113**, 2322–2330 (2009).
8. Kader, M. A., Kwak, S. K., Kang, S. L., Ahn, J.-H. & Nah, C. Novel microporous poly(vinylidene fluoride)-graft-poly(tert-butyl acrylate) electrolytes for secondary lithium batteries. *Polym. Int.* **57**, 1199–1205 (2008).
9. Zhang, F., Ma, X., Cao, C., Li, J. & Zhu, Y. Poly(vinylidene fluoride)/SiO<sub>2</sub> composite membranes prepared by electrospinning and their excellent properties for nonwoven separators for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources* **251**, 423–431 (2014).
10. Wang, H.-G., Yuan, S., Ma, D.-L., Zhang, X.-B. & Yan, J.-M. Electrospun materials for lithium and sodium rechargeable batteries: from structure evolution to electrochemical performance. *Energy Environ. Sci.* **8**, 1660–1681 (2015).
11. Cavaliere, S., Subianto, S., Savych, I., Jones, D. J. & Rozière, J. Electrospinning: designed architectures for energy conversion and storage devices. *Energy Environ. Sci.* **4**, 4761–4785 (2011).

# Doğal Biyopolimer Bazlı Sepiyolit Fiberlerle Kaplanmış Monomoleküler Filmlerin Akıllı Nano Ambalaj

## Uygulaması

ÇETİNER, Uğurcan, BENLİ, Birgül

İstanbul Teknik Üniversitesi, Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümü, Maslak-İstanbul

[benli@itu.edu.tr](mailto:benli@itu.edu.tr)

### AMAÇLAR

Çalışmamızda, ambalaj yaklaşımıyla yeni muhafaza tekniklerine nanoteknoloji ve bu teknolojiyle hazırlanan biyopolimer bazlı aljinat nanokompozit filmlerin yanı sıra sepiyolit nanofiberlerinden inorganik ince film oluşturma, film transferi ve Langmuir-Blodgett kaplama başarısı hedeflenmiştir.

### GİRİŞ

Tekstilden otomotive, membranlardan ambalaj sektörüne, günümüzde sayısız uygulamalarda nanoyapıları, nanokompozitleri ve kompozit kaplamaları görmekteyiz. Son 30 yıldır, nano yapıdaki killerin modifiye edilerek organokil yapılarının hazırlandığını, polimerlere eklenmesiyle nanokompozit filmlerin elde edildiğini biliyoruz. Daha az bilinen uygulama ise nanokompozit ince filmlere tek bir molekül boyutundaki kontrollü inorganik ince tabaka kaplamalardır. Kontrollü ince film kaplama yöntemleri arasında Langmuir-Blodgett filmler uygulama kolaylığı göstermektedir. Öte yandan, organokiller aktif yüzey alanı arttığından gelişmiş adsorpsiyon özellikleri büyük önem arz etmektedir. Bu noktada yüksek yüzey alanı, gözenekli ve lifli yapısı sayesinde hafif bir malzeme oluşu, asit/baza yüksek dayanımı ve fiziko kimyasal aktivitesi sayesinde sepiyolitler, adsorban killer arasında önemli bir yer tutmaktadır. Su ve yağ adsorbanı olarak kullanılan sepiyolit, yüksek oranda rutubet ve organik buharını şişmeden emme kabiliyetiyle hekzan, benzen ve metilalkol gibi organik sıvıları ağırlığının çok üzerinde yüksek kapasitelerde adsorbe edebilir.

Çalışmada, nano boyuta dağıtılmış sepiyolit kilinin, çeşitli yüzey aktif maddelere bağlı olarak değişen adsorpsiyon özellikleri Langmuir-Blodgett (LB) adsorpsiyon yoğunluğu-alan ( $\pi$ -A) grafikleri üzerinden incelenmektedir. Bu amaçla, farklı katı oranlarında hazırlanan sepiyolit dispersiyonları ve yüzey aktif maddeler kullanılmış, çok sayıda ölçüm sonunda en düzgün izotermi veren kaplama şartları tesbit edilmiştir. Ardından %3' lük aljinat filmler üzerine dip-coating yöntemiyle sepiyolit nanofiberlerinden inorganik ince film kaplama

transfer edilmiştir. Hazırlanan inorganik kaplamalı ince filmlerin kaplama başarısı AFM görüntüleri ve pürüzlülük üzerinden, ultra saf su temas açısı ölçümleri hidrofilik/ hidrofobikliği Liftshitz- van der Waals etkileşimleri ve van Oss teorisiyle yüzeylerin serbest yüzey enerjisi hesaplamaları, Lifshitz-van der Waals, Lewis asit-baz bileşenlerine ait hesaplamalarla yapılmıştır.

### DENEYSEL

#### Malzeme

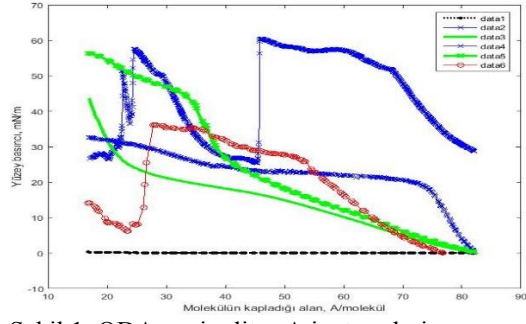
Sepiyolit, Eskişehir'in Sivrihisar ilçesi yakınlarında faaliyet gösteren Tolsa Turkey Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Aljinat, kahverengi algden elde edilen aljinik asidin sodyum tuzu (Sigma-Aldrich) kullanılmıştır.

#### Yöntem

%3'lük Na-aljinat çözeltisinden film aplikatörü ile biyopolimer yüzeyler oluşturulmuş, oda sıcaklığında kurutulmuştur. İdeal  $\pi$ -A izotermi ve dip coating uygulaması NIMA Langmuir-Blodgett cihazında, oktadesilamin (ODA) ve heksametilendiamin ile yüksek hızda karıştırılan %5'lik sepiyolit dispersiyonuna yapılmıştır. AFM görüntü (Park System, Inc.) ve temas açısı ölçümlerinde bilgisayarlı gonyometre (Data Physics, Inc.) yararlanılmıştır.

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Şekil 1'de yüzey aktif maddelerden ODA ile referans suya karşılık  $\pi$ -A izotermi (mavi) ve sepiyolit dispersiyonlar (yeşil) karşılaştırılmaktadır. Alt bazda kil miktarı arttıkça ODA moleküllerinin dispersiyon üzerindeki yüzey basıncı düşmesi, sepiyolit yüzeye taşındığını göstermektedir. Çalışma Lisans Tezi olarak devam edilmektedir.



Şekil 1. ODA-sepiyolit  $\pi$ -A izotermi

**TEŞEKKÜR/FON KAYNAĞI**  
**TÜBİTAK (113M462) ve ITU-BAP (39932)**



# Kayma İle Kalınlaşma Etkisi Gösteren Sıvıların Koruyucu Kıyafet Uygulamaları İçin Geliştirilmesi

ÇOLPANKAN GÜNEŞ, Oylum<sup>1</sup>, YILDIZ, Sema<sup>1</sup>, GÜNEŞ,  
Mehmet Deniz<sup>1</sup>, ŞENEL, Fikret<sup>2</sup>, TANOĞLU, Metin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü,  
Urla, İzmir

<sup>2</sup> BARIŞ Elektrik Endüstrisi A.Ş., Ankara

[metintanoglu@iyte.edu.tr](mailto:metintanoglu@iyte.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, nano silika ve polietilen glikol ile hazırlanan kayma ile kalınlaşma etkisi gösteren sıvılar dokunmuş aramid kumaşlara emdirilmiş ve sıvı zırh kompozitler üretilmiştir. Zırhların batma dirençleri karakterize edilmiştir.

## GİRİŞ

Vücut zırhları, silah veya mermilerden kaynaklanan hasarları önlemek amacı ile savunma personeli için tasarlanmıştır<sup>1</sup>. Geleneksel olarak vücut zırhları sert ve yumuşak olmak üzere iki gruba ayrılır. Aramid fiber (Kevlar, Twaron), yüksek yoğunluklu polietilen fiber (Spectra, Dyneema) yüksek mukavemetli, düşük yoğunluklu ve yüksek enerji absorpsiyon özelliklerine sahip olup, yumuşak vücut zırhlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yumuşak vücut zırhları 20-50 katlı kumaşlardan oluşmakta ve düşük seviyedeki balistik tehditlere karşı korumada etkili olmaktadır. Sert vücut zırhları ise, yüksek düzey tehditlere karşı koruma sağlamak için, kumaş ile birlikte rijit metal/seramik levhalardan oluşmaktadır<sup>2,3</sup>. Personel koruma uygulamaları için mevcut zırh malzemelerinin esnekliği az ve ağırlığı fazladır. Personelin hareket kabiliyetinin artırılması için benzer performansa sahip personel koruyucu zırh malzemesi olarak kullanılacak ancak daha düşük yoğunlukta ve daha yüksek esneklikte malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır<sup>4</sup>. Vücut zırhı araştırmalarında en önemli amaç hafif, giyilebilir ve aynı zamanda balistik darbe direnci yüksek olan giysi sistemi üretebilmektir. Son yıllarda, bu ihtiyaçlara cevap verebilmek adına, kayma ile kalınlaşma etkisi gösteren sıvıların (KKS) vücut zırhlarında kullanılan kumaşlar ile beraber kullanılması sonucunda sıvı zırh olarak adlandırılan yeni bir zırh konsepti geliştirilmiştir<sup>5</sup>. Kayma ile kalınlaşma, genellikle koloidal akışkan sistemlerinde gözlemlenen artan kayma hızı veya uygulanan gerilme ile viskozite değerinde anlık bir artışla sonuçlanan *Newtonian*

olmayan bir akma davranışdır. Son yıllarda oldukça yaygınlaşan kayma ile kalınlaşan sıvılar, silika, kalsiyum karbonat gibi nano boyutta partiküller ve taşıyıcı bir sıvı fazdan oluşmaktadırlar ve kayma hızına bağlı olarak sıvı veya katı benzeri özellikler gösterdiklerinden dolayı koruyucu kıyafet uygulamaları dışında yapıştırıcı ve sızdırmazlık ürünlerinde de kullanılabilme potansiyeline sahiptirler<sup>6</sup>.

## DENEYSEL

### Malzeme

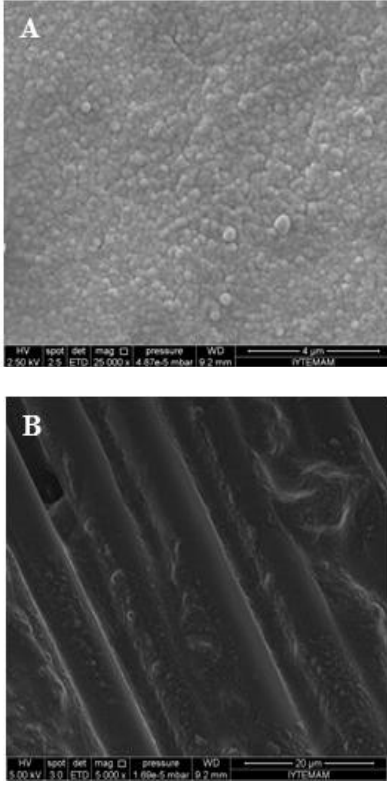
KKSler nano silika (Cabot Corporation) ve 400 gr/mol molekül ağırlığındaki polietilen glikol (PEG) polimeri (Acros Organics) kullanılarak üretilmiştir. Kompozit zırh hazırlanmasında takviye malzemesi olarak Twaron® CT709 kumaşlar kullanılmıştır.

### Yöntem

KKS'ler nano partiküllerin etil alkol içerisinde belli sürede ultrasonik disperser yardımı ile homojenize edilmesi ve karışıma PEG ilave edilerek homojenizasyonu ile elde edilmiştir. Kompozit zırhları üretmek için KKS kumaşlara daldırma yöntemi ile empreyne edilmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

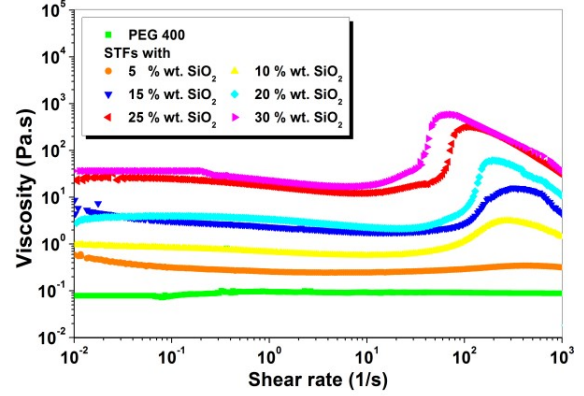
KKS ve kompozit zırhın SEM görüntüleri Şekil 1'de görülmektedir. KKS içerisinde silika nanopartikülleri PEG içerisinde homojen dağılmıştır. Kumaş yüzeyi ise KKS çözümü ile homojen bir şekilde kaplanmıştır.



Şekil 1. A) Silika nano partikül içeren KKS'nin ve B) KKS empreyne edilmiş kompozit zırhın SEM görüntüleri

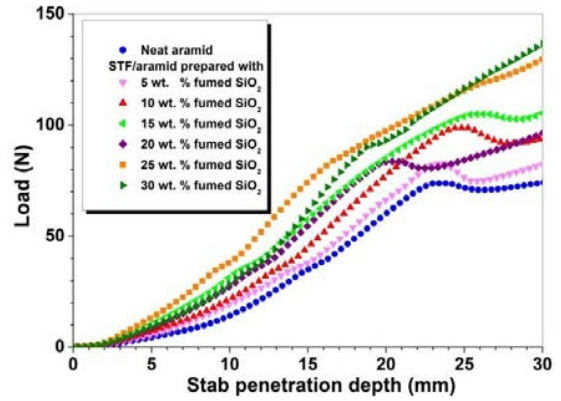
Şekil 2'de PEG 400 ve KKS'lerin viskozite-kayma hızı grafiği görülmektedir. PEG'in ve ağırlıkça %5 silika içeren KKS örneğinin viskozitesi kayma hızının fonksiyonu olarak değişmemekte, *Newtonian* akış davranışı göstermektedir. KKS'lerin ise *Newtonian* davranışına uymadığı ve kritik bir kayma hızı değerine ulaştıktan sonra viskozitesinde ani ve sürekli bir artış olduğu gözlenmiştir. Viskozitedeki bu artış, kayma ile kalınlaşma etkisi KKS'lerin silika ağırlık oranları ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Kayma ile kalınlaşmanın başladığı kritik kayma hızı değerleri ise KKS içerisindeki silika konsantrasyonun artması ile azalmaktadır. Bütün KKS numuneleri kayma kalınlaşma özelliği göstermeden önce kayma incelmesi özelliği göstermektedirler. Silika dağılımının viskozitesindeki ani artış ve kayma kalınlaşma geçişi hidrodinamik kümelenme mekanizması ile sıvı üzerindeki mikro yapısal değişikliklerin sonucunda gerçekleşmektedir. Viskozitede kayda değer bir artışa sebep olan kayma kalınlaşan sıvıdaki hidrodinamik gerilmeler partikül kümelerinin oluşumunu arttırır. Kayma kalınlaşma geçişinden sonra ikinci bir kayma incelmesi rejimi yüksek kayma hızlarında görülmektedir. Bu özellik KKS numunelerinin

tersinir kayma kalınlaşma etkisine sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. KKS'lerin viskozitesinin kararlı kayma hızı ile değişim grafiği

Statik batma test sonuçları Şekil 3'te görülmektedir. Grafikte görüldüğü üzere, KKS/kompozit kumaş hedefler ham kumaş ile kıyaslandığında daha yüksek penetrasyon yük dayanımı göstermişlerdir. Batmaya karşı dirençteki bu artışın KKS'lerin kumaşlara empreynasyonu ve sıvıların kayma ile kalınlaşma göstermesi sonucudur.



Şekil 3. Ham kumaş ve kompozit zırhların statik batma direnci test sonuçları

## GENEL SONUÇLAR

Üretilen KKSlerin kritik bir kayma hızı değerinden sonra viskozitesinin arttığı gözlenmiş ve viskozitedeki bu ani artışın, silika miktarı ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Silika miktarı arttıkça partiküller arasındaki çekim kuvveti artmış, hidrodinamik kümelenme daha kolay gözlenmiş ve daha etkin bir kayma ile kalınlaşma davranışı

görülmüştür. Statik batma testlerinde kompozitler ham kumaşa göre daha yüksek yük dayanımı göstermiş ve koruyucu malzeme olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

#### **SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI**

Bu çalışmanın devamında, kompozit zırhların balistik dayanımları araştırılacaktır.

#### **TEŞEKKÜRLER**

Bu çalışma MSB Savunma Sanayii Müsteşarlığı (SSM) ve Barış Elektrik Endüstrisi A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

#### **KAYNAKLAR**

- [1] Cheeseman, B. A. Bogetti, T. A. 2003. "Ballistic impact into fabric and compliant composite laminates", *Composite Structures*, 61, 161–173.
- [2] Srivastava, A. Majumdar, A. Butola, B. S. 2012. "Improving the Impact Resistance of Textile Structures by using Shear Thickening Fluids: A Review", *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 37, 115–129.

- [3] Lee, B-W. Kim, I-J. Kim, C-G. 2009. "The Influence of the Particle Size of Silica on the Ballistic Performance of Fabrics Impregnated with Silica Colloidal Suspension" *Journal of Composite Materials*, 43 (23), 2679-2698.

- [4] Lee, Y. S. Wetzel, E. D. Egres, R. G., Wagner, N.J. 2002. "Advanced Body Armor Utilizing Shear Thickening Fluids", 23<sup>rd</sup> Army Science Conference, Orlando, FL, December 2-5.

- [5] Wetzel, E. D. Lee, Y. S. Egres, R. G. Kirkwood, K. M. Kirkwood, J. E. Wagner, N. J. 2004. "The effect of Rheological Parameters on the Ballistic Properties of Shear Thickening Fluid (STF)-Kevlar Composites", NUMIFORM 2004, Columbus, OH. June 13-17.

- [6] Barnes, H. A., 1989. "Shear-Thickening ("Dilatancy") in Suspensions of Nonaggregating Solid Particles Dispersed in Newtonian Liquids", *Journal of Rheology*, 33, 329-366.

# Otokorelasyon Yöntemi İle İplikte Bulunan Periyodik Hataların Tespiti

DAĞKURS Lütfullah<sup>1</sup>, İŞERİ İsmail<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tokat Teknik Bilimler M.Y.O.

<sup>2</sup>19 Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

[lutfullah.dagkurs@gop.edu.tr](mailto:lutfullah.dagkurs@gop.edu.tr)

## AMAÇLAR

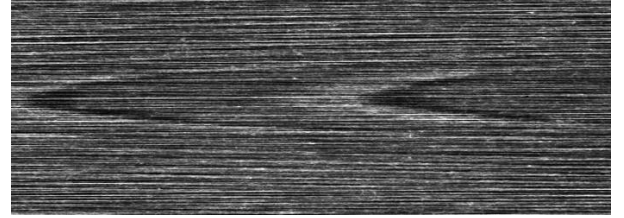
Otokorelasyon yöntemi sinyal işlemede sıklıkla kullanılan ve bir sinyaldeki tekrar eden (periyodik) işaretleri bulmada yardımcı olan matematiksel bir araçtır. İplik düzgünlüğünün tesbitinde kullanılan cihazlar prensip olarak iplik uzunluğu boyunca meydana gelen kütleli değişimleri elektriksel sinyale dönüştürüp işleyen cihazlardır. Bu cihazlardan elde edilen kütleli değişim sinyalleri işlenerek iplikte bulunan periyodik değişimler elde edilen spektrogramla görünür hale getirilmekte ve oluşan periyodik hatanın dalga boyu tesbit edilmektedir. Yapılan bu çalışmada içerisinde periyodik değişim bulunan kütleli değişim sinyali otokorelasyon yöntemi ile işlenerek içerisinde barındırdığı periyodik hatanın frekansı ve dalga boyu bulunmuştur.

## GİRİŞ

Liflerin incelik ve uzunluk özellikleri açısından geniş sınırlar içerisinde değişim göstermesi ve liflerin iplik uzunluğu boyunca tesadüfi yerleşimlerinden kaynaklanan düzensüz dağılımları nedeniyle ipliğin numara, mukavemet büküm vb. özelliklerinde iplik boyunca değişimler ortaya çıkar. Bu değişimler belirli bir zaman periyodunda tekrarlama eğilimi göstermesi durumunda bu tip hatalara “periyodik hata” denilmektedir.<sup>1</sup>

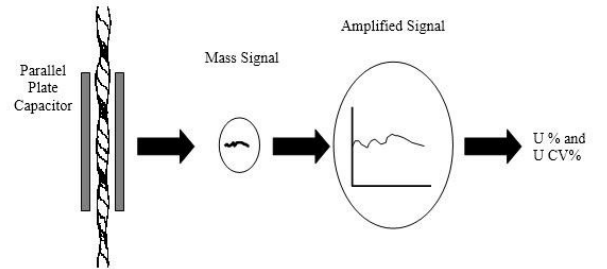
İplikte bulunan periyodik kütleli değişimler gerek dokuma gerekse örme kumaşlar

üzerinde çeşitli görünüm bozukluklarına yol açmaktadır Şekil 1. Bu hatalar iplik üretim safhasında kontrol edilerek oluşan periyodik hatanın dalga boyu bulunarak hangi makinadan kaynaklandığı tesbit edilebilmektedir.



Şekil 1. Moire Hatası

İplikteki kütleli değişimler kapasitif yöntemle ölçülmektedir (Şekil 2). Bu yöntemde 2 paralel levha arasından geçirilen ipliğin üzerinde barındırdığı kütleli değişimler küçük kapasitif değişimlere yol açmakta ve bu değişimler işlenerek düzensizlik katsayısı ve değişim katsayıları elde edilmektedir.<sup>2</sup>

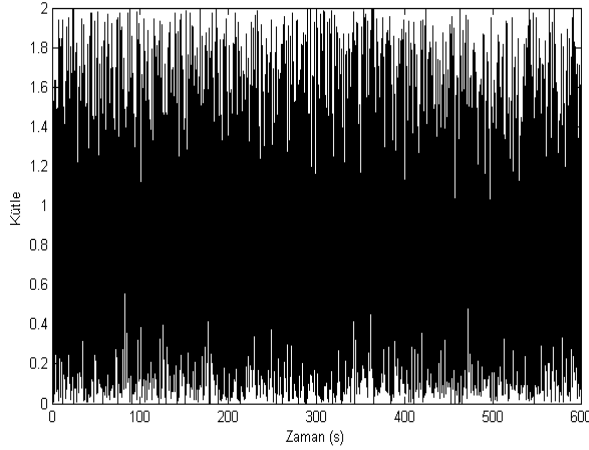


Şekil 2. Kapasitif Ölçüm Yöntemi

## YÖNTEM

Yapılan çalışmada iplikteki kütleli değişimi temsil etmek için 400m/dk iplik geçiş

hızıyla 10dk'lık ölçümü baz alan 6000 adetlik bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti Matlab Simulink kullanılarak iplikteki kütleli değişim için rastgele 0-1 aralığında bulunan veriye iplikteki kalın yeri temsil eden karesel dalga 0-1 aralığında 1 sn'lik periyotlarda ilave edilmiştir. Elde edilen kütleli değişim grafiği Şekil 3'de görülmektedir.



**Şekil 3.** Zamana Bağlı Olarak İplik Kütlesindeki Değişim

Kütleli değişim grafiklerinden periyodik hatanın teşhis ve analizi mümkün olmadığından<sup>3</sup> periyodik hatanın bulunması için otokorelasyon yöntemine başvurulmuştur.

Otokorelasyon katsayısı, zaman serisiyle bu serinin gecikmeli serileri arasındaki gecikmeleri vermektedir<sup>4</sup>

Tüm gecikmelere ait otokorelasyon katsayısı değerleri otokorelasyon fonksiyonunu (ACF) oluşturmaktadır. Bu durumda  $k=1,2,\dots,(T-2)$  olmak üzere otokorelasyon katsayısı;

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{T-k} (z_t - \bar{z})(z_{t+k} - \bar{z})}{\sum_{t=1}^T (z_t - \bar{z})^2}$$

formülünden bulunur.

$z_t$ : orijinal zaman serisi

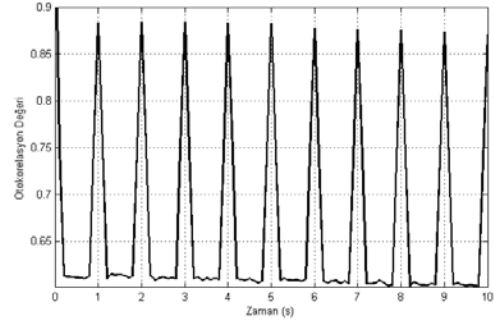
$z_{t+k}$ : k dönem erken zaman serisi

$\bar{z}$ : zaman serisinin ortalaması

$r$ : k'ncı gecikmeye ait otokorelasyon değeridir.

## SONUÇ

Bilgisayar ortamında elde edilen verilerin otokorelasyonu hesaplandığında ortaya çıkan grafik Şekil 4'de görülmektedir.



**Şekil 4.** Otokorelasyon Grafiği

Grafik incelenendiğinde 1sn'lik periyodik sinyal değişimi otokorelasyon yöntemiyle açıkça görülmektedir. Verilen örnekte materyal geçiş hızı 400m/dk olduğundan dolayı yaklaşık 6.7m 'de bir periyodik hata meydana geldiği sonucuna varılabilir.

## KAYNAKLAR

- 1.KIRTAY E., KARAKOR A., 1987. "Periyodik İplik Düzgünsüzlüklerinin Kontrolünde Spektrogram Analizinin Kullanımı", Tekstil ve Makine, 1 (4), 177-187
2. "Yarn Cleaning ".  
<http://www.nptel.ac.in/courses/116102005/m2-winding/111-yarn%20clearing.htm> Son erişim Tarihi: 29.03.2016
3. ORKUN İ.,1989. İplik Üretiminde Düzgünsüzlük, Bursa: SAGEM Yayınları
- 4."Zaman Seri Analizinde Temel Kavramlar".  
[http://kisi.deu.edu.tr/hamdi.emec/UygEko/ZAMA\\_N\\_SERI\\_ANALIZINDE\\_TEMEL\\_KAVRAMLAR.pdf](http://kisi.deu.edu.tr/hamdi.emec/UygEko/ZAMA_N_SERI_ANALIZINDE_TEMEL_KAVRAMLAR.pdf), Son erişim Tarihi: 29.03.2016

# Elastan ve Filament Özlü Core-Spun İpliklerin Fiziksel Özellikleri Üzerine Bir Çalışma

DAŞAN Yusuf<sup>1</sup>, BABAARSLAN Osman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, 01330 ADANA  
[ydasan@cu.edu.tr](mailto:ydasan@cu.edu.tr)

## AMAÇ

Çalışmada dual-core iplik yapısında bulunan elastan ile filamentlerin tip değişimlerinin, iplik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında modifiye edilmiş ring iplik makinasında, 42 tex (Ne 14/1) inceliğinde üç farklı iplik üretilmiştir.

## GİRİŞ

2000’li yılların başından itibaren elastan, filament özlü ve ya bunların kombinasyonu çok bileşenli ipliklerin geliştirilmesi ve bu ipliklerin de elastik yapıyı kumaşların üretiminde kullanımı üzerine yapılan çalışmalar artmıştır.

Babaarslan’ın çalışmasında<sup>1</sup>, özlü iplik yapılarında farklı özelliklerde öz ve kabuk lifleri kullanılabilir. Özlü ipliklerin fonksiyonel özelliklerinin öz/manto oranı ve özün yapısına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Viswarajasekaran ve ark. çalışmasında<sup>2</sup>, pamuk ile kaplı polyester filament özlü ipliklerde, büküm arttıkça iplik düzgünlüğünün arttığı tespit edilmiştir.

Çelik ve ark. çalışmasında<sup>3</sup>, özde kullanılan elastik karakterli filament oranının artması sonucu kopma uzaması (%) değerini önemli derecede arttırmış olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak büküm miktarındaki değişiminin kopma uzaması (%) değerine etkisi önemsenmeyecek oranda olduğu sonucuna varılmıştır. Akankwasa ve ark. çalışmasında<sup>4</sup>, büküm, filament çekimi ve iğ devrinin pamuk/T-400 özlü ipliğin üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Çeşitli testler sonucunda elde edilen veriler analiz edilmiş ve tüylülük, düzgünlük, mukavemet için en uygun çalışma değerlerine ulaşılmıştır.

Çeven ve ark. çalışmasında<sup>5</sup>, PA6.6 ve PES sargılı metal özlü iplikler koruma, sağlık, iletişim ve otomasyon gibi işlevsel amaçlar için üretilmiştir. Özde kullanılan tel çapının ve kabuk lif türünün, kopma uzaması ve mukavemet değerlerini önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir. Hua ve ark. çalışmasında<sup>6</sup>, mevcut iplik özelliklerini iyileştirebilmek amacı ile kabuk kısmı pamuk liflerinden oluşan, öz kısmında ise elastan ile birlikte bikomponent yapıya sahip polietilen tereftalat / politrimetilen tereftalat (PET / PTT) filament liflerinden oluşan core-spun iplikler üretilmiştir. elastan içeren ve elastan içermeyen iplik numunelerini karşılaştırmışlardır. Elastan içermeyen ipliklerde kopma uzamasının yanı sıra iplik düzgünlüğü ve iplik tüylülüğü değerlerinin de düştüğünü tespit etmişlerdir. Ayrıca elastan

ve elastan içeren core-spun ipliğin kopma uzaması değerlerini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada ise, farklı türden filamentler, elastan ile birlikte kullanılmış ve dual-core (çift çekirdekli) iplik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla, modifiye edilmiş ring iplik makinasında farklı oranlarda bir araya getirilen pamuk ve xanadu®, elastan, PBT, T-400 filament tiplerinden üretilen dual-core (çok bileşenli) ipliklerin özellikleri araştırılmıştır.

## MATERYAL

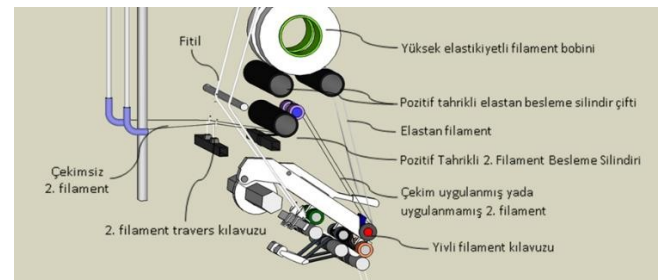
42 tex (Ne 14/1) olan dual-core ipliklerin üretiminde, kabuk kısmında 843 tex (Ne 0,70) olan pamuk fitil, öz kısmında ise xanadu®, PBT, T400 ve elastan filament kullanılmıştır. Dual-core ipliklin üretiminde öz kısmında kullanılan filament özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Elastan ve Filament Özellikleri

Filamet Özellikleri	Xanadu	T-400	PES	Elastan
Lineer Yoğunluk (dtex)	83	83	83	78
Kopma Mukavemeti (cN/dtex)	3,78	3,35	3,5	14,1
Kopma Uzaması(%)	35	24	24	532
Lif Sayısı	36	34	36	-
Lif İnceliği (dtex)	2,3	2,44	2,3	-
Yoğunluk ( g/cm <sup>3</sup> )	1,33	1,35	1,38	-

## METHOD

Çalışmada kullanılan ipliklerin tamamı modifiye edilmiş ring iplik makinesi kullanılarak, 42 tex (Ne 14/1) inceliğinde üretilmiştir. Özel rehber ve besleyici silindirler ile çaklık sistemi modifiye edilen ring iplik eğirme makinesi, dual-core (çift çekirdekli) ipliklerin üretimi için kullanılmıştır.



Şekil 1. İplik Üretim Metodu

İplik üretim metodu Şekil 1.’de verilmiştir. Dual-core iplik üretiminde, ring makinesi bilezik çapı 48

mm ve iğ devri de 9500 rpm olarak seçilmiştir. Üretilen ipliklere standartlarına uygun olarak kalite testleri uygulanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

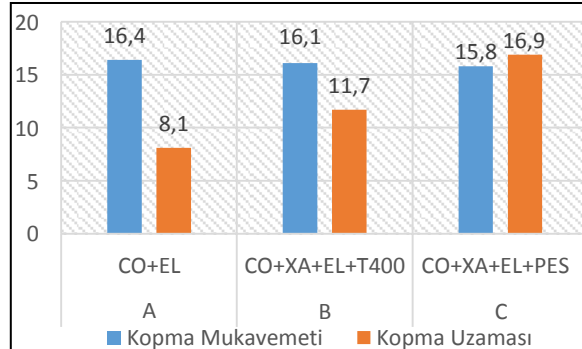
Çalışmada geliştirilen dula-core ipliklerin kalite kontrol tersleri sonucunda elde edilen ortalama performans değerleri Tablo 2.'te görülmektedir.

**Tablo 2.** Dual-core iplik kodları ve test sonuçları

İplik Testleri	Dual-Core İplik Tipi		
	A	B	C
	CO+EL	CO+XA+EL+T400	CO+XA+EL+PES
Kopma Mukavemeti (cN/tex)	16,4	16,1	15,8
Kopma Uzaması (%)	8,1	11,7	16,9
Düzensüzlük (%)	13,2	12,1	11,8
İnce yer (-40%)	53,8	7,5	4,5
Kalın Yer (+50%)	40	51,3	51
Neps (+200%)	37,8	36,3	50,8
Tüylülük (H)	8,43	8,96	8,57

### İpliklerdeki kopma mukavemeti sonuçlarının değerlendirilmesi

En yüksek kopma mukavemeti değerleri A kodlu CO+EL bileşenlerinden üretilen core-spun iplikte ölçülmüştür. Aynı zamanda A kodlu ipliğin kopma uzaması değeri de diğer ipliklerden daha düşük ölçülmüştür (Şekil 2).

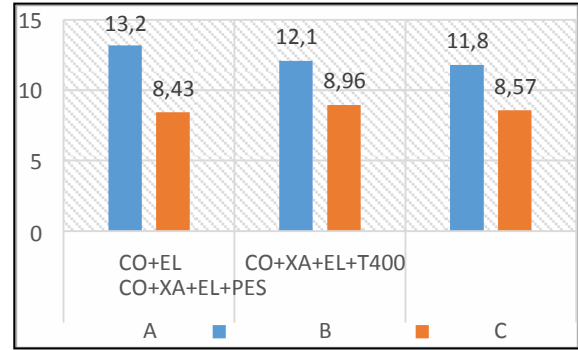


**Şekil 2.** İplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm sonuçları

En düşük kopma mukavemeti değerleri C kodlu, CO+XA+EL+PES bileşenli iplikte ölçülmüştür. En yüksek kopma uzaması değerleri de C kodlu, CO+XA+EL+PES bileşenli iplikte ölçülmüştür. Burada, kullanılan farklı tip filamentlerin dual-core ipliklerin kopma ve uzama değerleri üzerinde oldukça etkili olduğu ölçülmüştür.

### İpliklerdeki Düzensüzlük ve Tüylülük Sonuçlarının Değerlendirilmesi

En yüksek düzensüzlük değerleri A kodlu, CO+EL bileşenlerinden üretilen iplikte ölçülmüştür (Şekil 3). En düşük tüylülük sonuçları da yine A kodlu, CO+EL bileşenlerinden üretilen iplikte ölçülmüştür. En düşük düzensüzlük değerleri C kodlu, CO+XA+EL+PES bileşenli iplikte ölçülmüştür. En yüksek tüylülük sonuçları ise B kodlu, CO+XA+EL+T400 bileşenlerinden üretilen iplikte ölçülmüştür.



**Şekil 3.** İplik düzensüzlüğü ve tüylülük ölçüm sonuçları

Öz materyali olarak kullanılan farklı tip filamentlerin yüzey farklılıklarının, dual-core ipliklerin düzensüzlük ve tüylülük değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, dual-core ipliklerin düzensüzlük değerlerinin düştüğü ve tüylülük değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Dual-core ipliklerde, düzensüzlük ve tüylülük değerlerindeki değişimlerde filament tipinin etkili olduğu gözlenmiştir.

Ayrıca, dual-core ipliklerde mukavemet değerlerinin, klasik elastan özlü pamuk ipliğine göre, kullanılan filament tipine bağlı olarak farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Dual-core ipliklerde, özde kullanılan filament ve elastanın kabuk lifi ile uyumlu bir sarmal yapı oluşturması sonucu, doğrusal yönde esneyebilme kabiliyetini arttırmıştır. Sonuç olarak, dual-core ipliklerde özde elastan ve filament kullanılması sonucu kopma uzamasının pozitif yönde etkilendiği tespit edilmiştir.

## FON KAYNAĞI

Bu çalışma, mali olarak "T.R. SAN-TEZ araştırma programı kapsamında "Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı" tarafından, 0350.STZ.2013-2 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akankwasa, N.T., J. Wang, and Y. Zhang, Study of optimum spinning parameters for production of T-400/cotton core spun yarn by ring spinning, The Journal of The Textile Institute, 2015. 107(4): p. 504-511.
- Babaarslan, O., Method of producing a polyester/viscose core-spun yarn containing spandex using a modified ring spinning frame, Textile Research Journal, 2001. 71,367-371.
- Çelik P., Bedez Üte T., Özden D., Çömlekçi H., Akkale E.C., 2009. "Öz/Manto Oranı ve Büküm Sayısının Filament Özlü İpliklerin İplik Özelliklerine Etkisi", Tekstil Teknolojileri Cilt: 3, No: 2, 29-37 sayfa.
- Çeven, E. and H. Aytas, Investigation of Tensile and Stiffness Properties of Composite Yarns with Different Parameters, Fibres and Textiles in Eastern Europe, 2016. 24(4(118)): p. 51-58.
- Hua, T., Wong, N. S., & Tang, W. M. (2017). Study on properties of elastic core-spun yarns containing a mix of spandex and PET/PTT bi-component filament as core. Textile Research Journal, 0040517517693982. doi:10.1177/0040517517693982
- Viswarajasekaran, V., Raghunathan, K., 2006. "An Investigation on the physical properties of core yarns", Indian Journal of Fibre&Textile Research, Vol.31, June, 298-30

# Termoset Polimer Reçine Karışım Oranlarının Ürün Performansı ve Maliyeti Açısından Optimize Edilmesi

DONER, Elmas<sup>1</sup>, POLAT, Yusuf<sup>1,2</sup>, KILIÇ, Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Tek. Üni., TEMAG Lab., 34437 Gümüşsuyu, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Marmara Üni., Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye

[donere@itu.edu.tr](mailto:donere@itu.edu.tr)

## AMAÇLAR

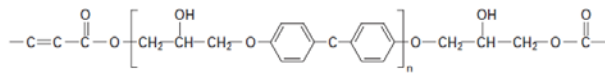
Bu çalışmada poliester ve vinilester reçineler karıştırılarak elde edilen malzemenin mekanik dayanımı ve maliyet optimizasyonu amaçlanmıştır. Üretilen malzemeler dinamik mekanik analiz (DMA) cihazında test edilmiştir.

## GİRİŞ

Proje bazlı yürütülen çalışmalarda ürüne ve üretime uygun hammadde seçimi yapılmaktadır. Seçilen bu hammaddelerin siparişi, kullanılması planlanan miktardan her zaman daha fazla olacak şekilde verilmektedir. Üretim sonunda artan hammaddelerin belirli bir raf ömrü bulunması nedeniyle benzer ya da aynı proje devamı olmadığında, hammadde raf ömründen dolayı değerlendirilemeden atık grubunda sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada bu tür malzemenin değerlendirilmesi hedeflenirken, üretilecek olan ürünün mekanik performansının etkilenmemesi dikkate alınmıştır ve maksimum oranda oluşturulacak polimer karışımı bulunmaya çalışılmıştır. Polimer karışımı, vinilester reçine içerisine doymamış poliester reçine ile oluşturulduğunda, elde edilen karışımın ürünün birim maliyetini de düşürdüğü gözlemlenmiştir.

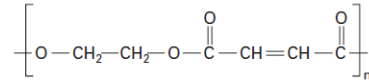
Seçilen polimer malzemeler sahip oldukları benzer çözücü sayesinde homojen karışım oluşturmaktadır. Kürleşme reaksiyonları her iki malzemenin de hem oda sıcaklığında hem de ekzotermik reaksiyon olmasına rağmen ısı verilerek gerçekleştirilmektedir [1]. Ancak kürleşme (çapraz bağlanma) reaksiyonları birbirinden farklıdır.

Vinilesterin kürleşmesi polimer zincirinin ucunda bulunan C=C çift bağları vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Elde edilen bu termoset, poliester reçineden daha az çapraz bağ içerme anlamına gelmektedir.[2].



Şekil 1. Vinilesterin kimyasal yapısı [2].

Poliesterin kürleşme reaksiyonu ise çözücüsü olan stirenin iki poliester zinciri arasında bulunan C=C bağlarını köprü şeklinde birleştirmesi sayesinde gerçekleşmektedir [2].



Şekil 2. Polyesterin kimyasal yapısı [2].

Çözücü olarak kullanılan stiren, her iki polimer için viskozite ayarlayıcı olarak görev yaparken poliester reçineye ekstra katkısı çapraz bağlanmayı sağlamasıdır.

Tablo 1 bu çalışmada incelenen vinilester reçine içerisine eklenen poliester reçinenin oranlarını ve adlandırmaları göstermektedir.

Tablo 1: Numune İçerikleri (%) ve adlandırılması.

Numune içeriği	Numune kodu					
	VE-0	VE-25	VE-50	VE-75	VE-90	VE-100
Polipol 3562-SR	100	75	50	25	10	0
Polives 701	0	25	50	75	90	100

## DENEYSEL

### Malzeme

Ortoftalik bazlı doymamış poliester reçinesi (Polipol 3562-SR) ve epoksi bazlı vinilester reçinesi (Polives 701) Poliya (Türkiye) firmasından alınmıştır. Bu iki ana malzemeden farklı oranlarda polimer karışımı hazırlanarak her birine %1 oranında reaksiyonu hızlandırması açısından Kobalt oktoat (Co, %1) eklenmiştir. Yine reaksiyonun başlamasını sağlamak amacıyla hacimce %2 metil etil keton peroksit eklenmiş ve karıştırılmıştır.

### Yöntem

Bu çalışmada malzeme üretimi soğuk kürleşme (cold curing) metoduyla yapılmıştır. Numuneler 70°C, 90°C ve 120°C'de 1'er saat ileri kürleşme (post cure) işlemine tabi tutulmuştur. Her bir polimer karışımından kürleşme sonrası 3'er numune alınarak DMA testi gerçekleştirilmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

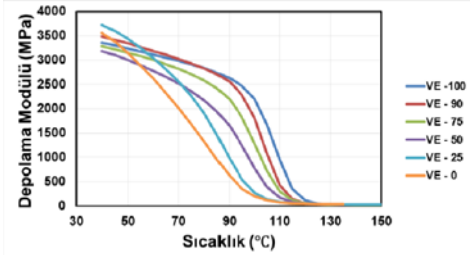
Tablo 2' de poliester reçine ve (Polipol 3562-SR) vinilester reçinenin (Polives 701) mekanik özellikleri verilmiştir.



Tablo 2: Saf reçinelerin mekanik özellikleri.

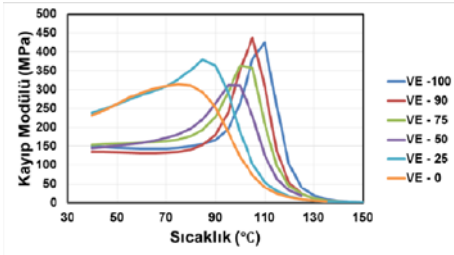
Test	Metod	SS	Polipol 3562-SR	Polives 701
Eğilme Dayanımı	ISO 0178	±%10	125 MPa	160 MPa
Eğilme Modülü	ISO 0178	±%10	3800 MPa	4360 MPa
Kopma Uzaması (Eğilme)	ISO 0178	±%10	% 4	% 6,9
Çekme Dayanımı	ISO 0527	±%10	74 MPa	80 MPa
Elastiklik Modülü	ISO 0527	±%10	3550 MPa	3300 MPa
Kopma Uzaması (Çekme)	ISO 0527	±%10	% 3,15	% 5-6

DMA ile depolama modülü (storage modulus) (Şekil 3), kayıp modülü (loss modulus) (Şekil 4) ve sönüm faktörünün (Tan  $\delta$ ) (Şekil 5) sıcaklıkla değişimi incelenmiştir.



Şekil 3. Depolama modülü – sıcaklık eğrileri.

Elde edilen depolama modülü sonuçlarına göre sıcaklık arttıkça modül azalmaktadır. Bu düşüş rijitliğin sıcaklığa bağlı azalmasıyla ilişkilendirilmektedir. Karışımda poliester reçinenin oranı arttıkça depolama modülü daha keskin bir şekilde azalmaktadır. Yüksek sıcaklıkta sadece vinilester (VE-100) reçine en yüksek değere sahiptir. Karışım olarak VE-90 numunesi saf vinilestere en yakın sonucu vermiştir.

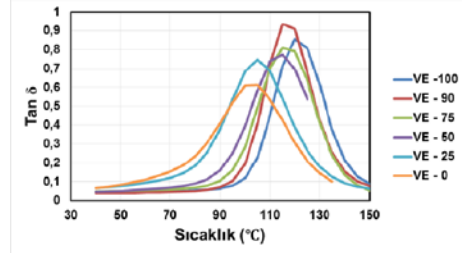


Şekil 4. Kayıp modül – sıcaklık eğrileri.

Kayıp modülü sonuçlarına göre VE-90 numunesi saf vinilester reçineye benzer sonuç vermiştir. Fakat camı geçiş sıcaklığı saf vinilester için 110°C mertebelerindeyken, VE-90 karışımında yaklaşık

105°C'ye düşmektedir. Buna ek olarak saf poliester (VE-0) ve %25 poliester (VE-25) karışımının camı geçiş sıcaklıklarının 85-90°C seviyelerine düştüğü görülmektedir.

Sönüm faktörü, kayıp modülünün depolama modülüne oranıdır. Grafikte oluşan pik yüksekliği polimeri oluşturan zincirlerin esnek bağlantı içerisinde olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda VE-90 numunesi en yüksek sönümleme oranına sahiptir.



Şekil 5. Sönümleme faktörü – sıcaklık eğrileri.

## GENEL SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlara göre vinilester ve poliester reçinelerin karıştırılması ile hem stok malzemenin değerlendirilmesi sağlanmıştır, hem de ürünün mekanik performansında düşme olmadan maliyet açısından daha uygun reçineler elde edilmiştir. Vinilester reçinenin fiyatı ortoftalik poliester reçinenin fiyatına oranı 3\$/kg'dır. Polimer karışımları ile vinilester reçinenin performansı korunurken maliyeti düşürülmüştür. Sonuç olarak VE-90 numunesi diğer karışımlara göre daha iyi fiyat performansı özelliği göstermiştir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Reçinelerin karıştırılarak endüstriyel üretimlerde kullanılmasının uygun olduğunu görülmüştür. En iyi sonucu veren reçine karışımı ile kompozit malzeme üretimi gelecek hedeflerindedir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME

Çalışmalarımızda bize sağladığı destek ve yardımlarından dolayı Poliya firmasından Şaban Ateş Bey'e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] A. Kandelbauer, G. Tondi, O. Zasko, ve S. Goodman, "Unsaturated polyesters and vinyl esters", Kas. 2015.
- [2] N. Miskolczi, "Polyester resins as a matrix material in advanced fibre-reinforced polymer (FRP) composites", Advanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Structural Applications, s. 44, 2013.
- [3] POLİYA, "POLİPOL 3562-SR" Technical Data Sheet, "POLİVES 701" Technical Data Sheet.

# Bükümsüz FDY (Fully Drawn Yarn-Tam Çekimli İplik) Polyester İpliklerinin Boyanması

GÖMEÇ, Ramazan<sup>1</sup>, FETTAHOV, Resul<sup>2</sup>, KAPLAN, Müslüm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aydın Mensucat A.Ş.

<sup>2</sup>Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

[rgomec@aydintekstil.com.tr](mailto:rgomec@aydintekstil.com.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada bükümsüz polyester esaslı tam çekimli ipliği lipaz enzimi kullanılarak boyanmasına çalışılmış olup, elde edilen sonuçlar 160 t/m büküme maruz bırakılan polyester esaslı tam çekimli ipliğin spektrofotometrik sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

## GİRİŞ

Tekstil Endüstrisinde FDY (Fully Drawn Yarn-Tam Çekimli İplik) Polyester yüksek parlak görünümü nedeniyle özellikle ev tekstili sektöründe oldukça fazla miktarda kullanılmaktadır. Ancak bu iplik bükümsüz olarak boyanamamaktadır. Boyama işlemi için yapılan büküm ipliğin parlaklığının azalmasına, işletmelere ek maliyete ve zaman sarfiyatına neden olmaktadır. Cips olarak boyama da ise tedarikçi firmanın sunduğu renklerde sınırlı kalınmakla birlikte stok maliyeti de işletmeye ek yük getirmektedir.

Tekstil endüstrisinde polyester lifleri, yüksek mukavemet, çekme dayanımı, kirlenmeye karşı dayanım, makinede yıkanabilirlik, kırışmazlık ve aşınma dayanımı gibi çok önemli avantajlara sahiptir (Djordjevic vd. 2005). Bu lifler çoğu düşük hidrofilitelere dayandırılan (Nem oranı: % 0.4) çeşitli dezavantajlara sahiptir. Düşük hidrofilitelere nedeniyle, PET kumaşların yüzeyi kolaylıkla ıslanmamakta ve bu da bitim işlemleri, yıkama ve boyama proseslerinde bazı zorluklara yol açmaktadır (Lee vd. 2010). Bu nedenle, liflerin boyanabilirliğini ve kuvvetli hidrofobik yapısıyla ilişkili diğer özelliklerini geliştirmek için polyesterin yüzey karakteristiklerini iyileştirecek yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri bu lifleri lipaz enzimi uygulaması yapmaktır.

Lipazlar (EC.3.1.1.3, triasilgliserol asil hidrolaz) hayvansal ve bitkisel yağların normal koşullar altında sentezi hidrolizini katalizleyen enzimlerdir. Bunun dışında esterifikasyon, transesterifikasyon gibi reaksiyonları da katalizlemektedir (Paiva vd., 2000). Düşük aktivasyon enerjileri sebebiyle lipazın katalizlediği reaksiyonlar daha düşük sıcaklık ve nötral pH gerektirir (Öztürk, 2002).

Fakat bununla birlikte genellikle bu yöntemler, kimyasal maliyetleri, kullanılan cihazların enerji ve yatırım maliyetleri, materyalin mukavemeti ve diğer

estetik özellikleri üzerindeki negatif etkileri gibi çeşitli eksiklikler içermiştir (Djordjevic vd., 2005)

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada FDY polyester multiflament iplikler boyanmaya çalışılmıştır. Boyama işlemi için 96 filamentten oluşan 300 denier (300/96) tam çekimli (FDY) polyester ipliği kullanılmıştır. Bu ipliğin mukavemeti 10.31 Newton, elastikiyeti ise %25 dir. Karşılaştırma yapılması için aynı FDY polyester ipliğin 160 tur/metre (t/m) bükümlü hali de kullanılmıştır.

Bükümsüz polyester esaslı FDY ipliği, boyama işlemleri için İteks firmasından temin edilen lipaz enzimi kullanılmıştır. Boyama işlemleri Aydın Mensucat A.Ş boyahanesinde gerçekleştirilmiştir. İpliklerin spektrofotometrik ölçümleri Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır.

Uygulamalarda kullanılan kimyasal maddeler, boyarmaddeler ve cihazlar sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2 'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Uygulamalarda kullanılan Kimyasallar ve Boyarmaddeler

Maddenin Adı	Ticari Adı	Üretici Firma
Dispergator	Clearix PSX	
Egalizatör	Kimpol DAS 150	Kimteks
Oligomer Önleyici	Bypers GLO	
İyon Tutucu	Kimpol CD 700	Kimteks
Asetik Asit	-	
Lipaz Enzimi	-	
Carrier	-	
Boyarmadde	FRN Brill Yell Red-E	Acroma
Boyarmadde	FRN Red RD-E	Acroma
Boyarmadde	FRN Blue RD-S	Acroma

**Tablo 2:** Uygulamalarda kullanılan cihazlar

Kullanılan Cihaz	Üretici Firma
HT Boyama Makinesi	Bellini
HT Boyama Makinesi	Laip
Hassas Terazi	-

Bobin aktarma makinesi	SSM
------------------------	-----

AE CMC (2:1)		Fikse + %1 Enzim ile yapılan Ön işlem sonrası Boyama	Fikse + %2 Enzim ile yapılan Ön işlem sonrası Boyama	
Referans Alınan Numune	Fikse + Referans Boyama (160 t/m Bükümlü)	$\Delta E^*$	9,370	6,381
		$\Delta L^*$	8,402	6,119
		$\Delta C^*$	-4,136	-0,809
		$\Delta H^*$	-0,323	1,619
Fiksaj Makinesi		Erturlar		
Reflektans Spektrofotometresi (SF600+)		Datacolor		

### Yöntem

Çalışmada bükümlü, bükümsüz ve lipaz enzimi ile ön terbiye uygulanmış FDY iplikler aynı şartlarda HT boyama makinesinde boyanmıştır. Elde edilen numunelerin renk değerleri farklılıkları değerlendirilmiştir.

### DENEYSSEL SONUÇLAR

Çalışmada tekstil sektöründe bükümlü hale getirildikten sonra boyanan polyester ipliklerinin lipaz enzimi ile büküm işlemine gerek kalmadan boyanabilirliği araştırılmıştır.

Bükümsüz FDY polyester ipliğin boya alımını arttırmak için lipaz enzimi uygulaması iki farklı şekilde yapılmıştır. Ön işlem %1 ve %2 enzim konsantrasyonu uygulanarak yapılan denemelerde aynı boyama şartlarında renklendirilmiş bükümlü polyester referans olarak alınmıştır.

Lipaz işlemi uygulanan ipliğin ön işlem uygulanmamış bükümsüz ipliğe göre boya alımını arttırdığı fakat abrajlı boyama gerçekleştiği görülmüştür. Bobinin iç kısımlarına doğru gidildikçe boyarmadde alımının azaldığı tespit edilmiştir.



**Şekil 1:** 1-Fikse + %2 Enzim ile yapılan ön işlem sonrası boyama, 2-Fikse + Referans boyama

Lipaz enzimi %2'ye yükseltilerek yapılan çalışmada abrajın arttığı ve renk alımının iyiye gitmediği görülmüştür. Şekil 1'de 1 nolu bobin %2 lipaz enzimi ön işlemlili bükümsüz halde boyanan iplik, 2 nolu bobin büküm işlemi ardından boyanan iplik gösterilmektedir. Tablo 3'de CIELab renk farkı değerleri verilmiştir.

**Tablo 3:** Lipaz enzimi ile ön işlem yapılarak yapılan boyamalara ait renk farklılıkları.

### GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada bükümsüz FDY Polyester ipliğinn boyana bilirliğini araştırmak amacıyla deneyler gerçekleştirilmiştir. Bunun için Lipaz enzimi ile ön işlemden sonra HT boyama yöntemine göre çeşitli boyama işlemleri yapılmıştır. Boyamalara göre elde ettiğimiz sonuçlar 160 t/m bükümlü FDY Polyester ile karşılaştırılmıştır. Sonuçları birkaç cümlede toparlayacak olursak;

Enzim ile yapılan çalışmalarda; %1 enzim konsantrasyonuna sahip ön işlemlili boyamalarda bükümsüz ipliğin en dış kesiminde boyarmadde alımının gerçekleştiği, bobinin iç kısımlarına doğru gidildikçe boyarmadde alımının azaldığı gözlenmiştir. Enzim konsantrasyonun %2 değerinde aynı durum gözlenmiştir.

Bobinin sarım sertliğinin bükümsüz FDY Polyester ipliğinin sarım işlemine etkisi de ele alınmıştır. Deneyler sırasında tespit edilmiştir ki bobinin sarım sertliği düşürdüğü takdirde ipliğin bobin üzerinden aktığı, dolayısıyla homojen bir sarım işleminin gerçekleşemediği gözlenmiştir.

Boyama sonuçları spektrofotometre ölçümü ile değerlendirilmiştir. Lipaz enzimi ile yapılan çalışmalarda referans olarak; 160 tpm bükümlü FDY iplik alınmıştır. Sonuç olarak abrajlı boyamanın yanı sıra spektrofotometrik ölçüm değerlendirme tablolarından da anlaşılacağı gibi referans numune ile aralarında renk farklılıkları da ortaya çıkmıştır.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Boyamalarda istenilen sonucun alınmamasından dolayı gerekli araştırmalar devam edilmekte olup, elektrospining cihazında ve plazma boyama üzerine bir takım çalışmalar yapılacaktır.

### KAYNAKLAR

Djordjevic, M. Petronijevic, Z., Cvetkovic, D., (2005). Polyester Fabric Modification by Some Lipases. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 2005, 11/4, 183-188.

Lee, S. and Song, W., (2010). Surface Modification of Polyester Fabrics by Enzyme Treatment, *Fibers and Polymers*, 2010, 11/1, 54-59.

Paiva, A. L., Balcao, V. M., & Malcata, F. X. (2000). Kinetics and mechanisms of reactions catalyzed by immobilized lipases. *Enzyme and microbial technology*, 27(3), 187-204.

Öztürk, B. (2002). Lipaz Enzimi: Yapısal Özellikleri ve Uygulama Alanları, *Gıda Mühendisliği Dergisi*.

# First Derivative Algorithm for Yarn Diameter Determination

GUNAY, Melih  
Akdeniz Üniversitesi  
mgunay@akdeniz.edu.tr

## PURPOSE

Although data fusion has been implemented in many engineering systems, it has not been widely used in textiles because of the non-linear interactions of multiple inputs to multiple outputs. Additionally, different sensors have different sampling rates, precision, accuracy, bandwidth, etc., that make combining measurements difficult. We have developed a new hardware system that enables us to control the input tension and speed while simultaneously measuring output tension, yarn diameter (every 1 mm) and capacitance (every 8 mm).

## INTRODUCTION

Previous work [1,2] suggests that the diameter and mass variation of a yarn is correlated. Therefore, we did not think it was necessary to combine these two readings to produce a set of new signals to predict both the appearance and the physical properties of yarns.

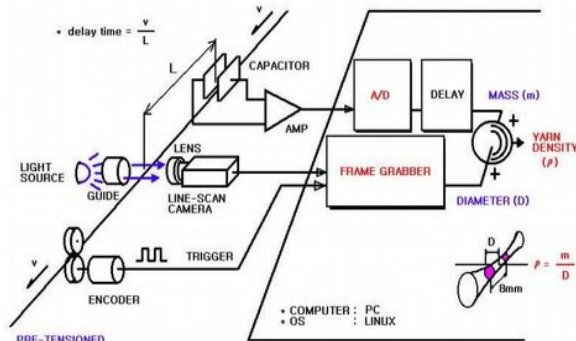


Figure 1. Measurement system setup for simultaneous diameter and mass measurement.

## EXPERIMENTAL

### Materials

The real-time yarn measurement system is comprised of a Lawson-Hemphill CTT, an encoder connected to a counter board, a Thompson CCD line-scan camera, a DIPIX vision board, and a Keisokki capacitance sensor connected to an ADC board as shown in Figure 1. The data gathered from the line-scan camera and the capacitance sensor are synchronized with the encoder signal. A Graphical User Interface was developed to control the system for data acquisition and basic analysis. The GUI, the Linux drivers of the counter, and the ADC board was developed by us. While the vision board image library, XVL, was obtained from

DIPIX, the Linux driver of the vision board was obtained from the open source community.

## Methods

Two metal wires of known diameters (0.91 mm and 0.87 mm) were placed in-between the light source and the camera. The line-scan of wire profiles is shown in Figure 4.8 and 4.9. The distance between the two sides of the valley at the threshold intensity level 3000 was measured in terms of pixels for each wire. The pixel widths (225 and 216 dots) were then divided to actual diameters of the wires to obtain pixel widths in mm. The pixel width was found to be approximately 0.004 mm.

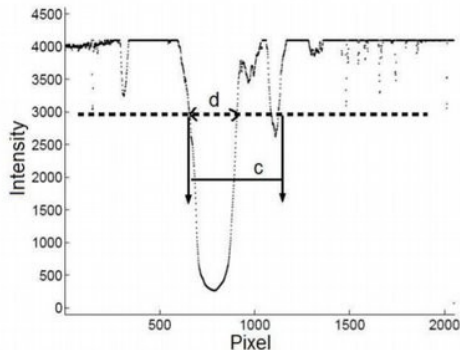
## GUI software design details

The Model-View-Controller software design pattern was implemented in the graphical user interface. The yarn attributes are wrapped by a data entity (model) and shared between the viewer and the controller. The duty of the controller is to establish communication between the GUI and the YPE (Yarn Processing Engine) through JNI. Once the application shown in Figures B.1 and B.2 starts, the main function creates a viewer and a controller. The viewer constructs the GUI and registers two listeners to detect start and stop button clicks. If the user chooses to start the application, a listener, which is responsible for directing data into panels as received from YPE, is registered. In addition to the listeners, a buffer is created to store data, and a thread is initiated to allow asynchronous communication between GUI and YPE. As data arrives at GUI from YPE, they are stored in the buffer until the number of items in the buffer exceeds a preset number. Once the buffer overflows, all the panels are notified to refresh themselves in order to display the latest data.

## Diameter calculation algorithms

The Lawson-Hemphill method [3] determines the diameter of a yarn profile as shown in Figure 2 as the distance between the first and last intersections of the yarn signal with the threshold line. This distance is shown in Figure 2 with the symbol  $c$ . Using this method, the hairier the yarn profile is, the greater the imprecision in the measured diameter of the yarn [4]. Actual diameter of the yarn profile is better indicated by symbol,  $d$ , the distance between

the intersection of the deepest parabola and the threshold line. Our method allows for a more accurate measurement of the diameter of the yarn profile.



**Figure 2.** Typical Yarn Pixel Intensity Profile.

### PROPOSED ALGORITHM AND RESULTS

Implemented diameter calculation algorithms

The following three methods were developed to determine a yarn diameter from a typical yarn line-scan image as shown in Figure 4.

**Method-1:** Two assumptions were made:

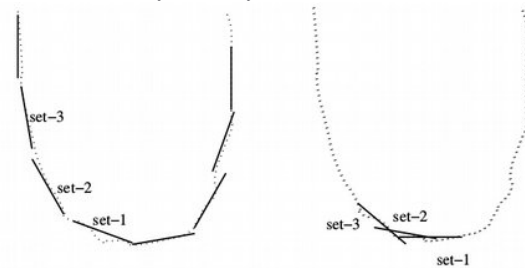
- I. The minimum light intensity valued pixel (core pixel) is located at the core of the yarn body;
- II. The yarn diameter is located at a threshold line, which is chosen to be  $3/4$  of (minimum + maximum) pixel values.

The implementation of this method seeks two pixels, one on the left hand side and the other one on the right hand side of the core pixel, which are closest to the threshold line. The search begins from the core pixel and continues on both sides until the threshold line is approached. The diameter is defined to be the distance between these two pixels (see  $d$  in Figure 2). The running complexity of this algorithm is  $O(n)$  where  $n$  is the number of pixels in the line-scan yarn image (1024 or 2048 in our case).

**Method-2:** This method is the same as the first method except that the threshold line is lifted to the maximum possible light intensity value, that is 4095. At this level, diameter definition becomes easier and requires less computation. The running complexity of the function is still on the order of  $O(n)$ . Unfortunately, for a yarn profile such as shown in Figure 2, this method will overestimate the actual diameter.

**Method-3:** After examining several yarn profiles, it was observed that hairs in yarn were often counted as part of a yarn body when using the first two methods. Accurate measurement of yarn cross-section requires exclusion of these hairs from yarn diameter measurement. Assuming that the minimum light intensity valued pixel is located at the core of the yarn

body, this method locates two pixels for the boundaries of a yarn body.



**Figure 3.** Proposed methods for pixel selection.

According to this technique, pixels are grouped in sets of 5 in both sides of the yarn core. Beginning from the core of the yarn, a best-fit trajectory (linear line) is determined for each set in both sides and the slope of that line is compared with the experimentally determined threshold slope (40). If the slope exceeds the threshold slope, then the latest included pixel in the set is recorded for diameter calculation otherwise the process repeats with new sets of pixels until the experimentally determined threshold slopes are reached in both sides. The selection of the sets were done in two ways as shown in Figure 2 and described below (Figure 3):

- I. each set are formed from completely new pixels;
- II. each set contained 1 new pixel and 4 pixels of the adjacent set, also known as FIFO (First In First Out) technique.

The diameter signals of a yarn obtained using the pixel set selection method shown in Figure 2. As seen from the plots, FIFO technique produced more stable and more accurate diameter readings. This is due to the smoothing effect of FIFO implementation.

### ACKNOWLEDGEMENT

Author thanks National Textile Center /USA for its financial support of this project.

### RESOURCES

1. Jooyong Kim, et.al. Effect of measurement principle and measuring field on uniformity measures of spun yarns. *Textile Research Journal*, 70(7):584–587, 2000.
2. Warren J. Jasper, Melih Günay, and Moon W. Suh. Measurement of eccentricity and twist in spun and plied yarns. *Journal of the Textile Institute*, 96(2):93–98, 2005.
3. Avishai Nevel and Filiz Avsar. Measuring yarn appearance using the new EIB. Technical report, Lawson-Hemphill, 2001.
4. Zweigle. Zweigle: G 580-CYROS yarn quality control system. *Textile World*, 147(4):82, April 1997.

# Meyan Kökü Lifi Takviyeli Polipropilen Esalı Kompozitlerin Isı Geçirgenlik Özelliklerinin İncelenmesi

GÜNEŞKAYA, Orkun<sup>1</sup>, MISTIK, S. İlker<sup>2</sup>, CİHANGİROVA, Mahire<sup>3</sup>, OVALI, Sabih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul

<sup>3</sup>Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bartın

[gorkun\\_25@hotmail.com](mailto:gorkun_25@hotmail.com)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada amaç meyan kökü liflerinin takviye malzemesi olarak termoplastik esaslı kompozitlerde kullanımının araştırılmasıdır. Bunun için öncelikle meyan kökü lifleri farklı konsantrasyonlarda NaOH ile yüzey işlemi uygulanarak temizlenmiştir. Ardından yüzey işlemi uygulanan meyan köklerinin takviye malzemesi olarak kullanılmasıyla polipropilen matrisli kompozit malzemeler üretilmiştir. Son olarak üretilen kompozit malzemelerin ısı geçirgenlik özellikleri incelenmiştir.

## GİRİŞ

Meyan kökünün kullanımı çok eski tarihlere dayanmaktadır. Çinliler tarafından MÖ 2800, Yunanlılar tarafından ise MÖ 400 yılından beri kullanıldığı tahmin edilmektedir (Hiroyuki, 1981). Glycyrrhiza glabranın (Meyan kökü) kullanıldığına dair ilk yazılı örnekler, M.Ö 2500 yıllarında Asurluların kil tabletlerinde ve Mısır papirüslerinde görülmektedir. Yunan filozof Theophrastus bitkinin ilk tanımını yapmıştır (M.Ö 372-287) (Hekiman, 2010).

Meyanın, 16. yüzyıldan itibaren tarımda yetiştirilmesine daha fazla ağırlık verilmeye başlanmıştır (Oğuz, 1987). Meyan bitkisi Anadolu'da, Avrupa'da, Hindistan ve Çin'de yaygın olarak kullanılmaktadır. (Şerbetçi, 2007). Fakat meyan lifinin esas kullanımı sağlık ve içeceklerin tatlandırılması amaçlıdır. Meyan kökü liflerinin kompozit malzeme üretiminde takviye malzemesi olarak kullanımına rastlanmamaktadır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada kullanılan meyan kökü lifleri Adana yöresinden temin edilmiştir. Meyan kökü lifleri öncelikle içerisindeki yabancı maddelerden ve kalın kısımlardan temizlenerek yüzey işlemine hazır hale getirilmiştir.

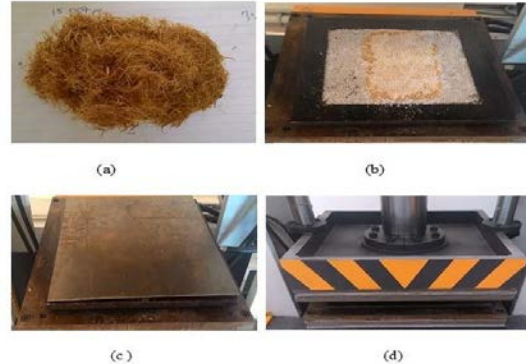


Şekil 1.Çalışmada Kullanılan Meyan Kökü Lifleri

Kompozit malzeme üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılacak olan meyan kökü lifleri 15g'lık numuneler halinde tartılmıştır. Hazırlanan numunelere 5g/L NaOH, 10g/L NaOH ve 20g/L NaOH çözeltisi ile oda sıcaklığında yüzey işlemi uygulanmıştır. Yüzey işlemi uygulanan meyan kökü lifleri destile su ile yıkanmış ve ardından kurutularak takviye malzemesi olarak kullanıma hazır hale getirilmiştir.

### Yöntem

Yüzey işlemi uygulanan ve ham haldeki meyan kökü liflerinin takviye malzemesi olarak kullanılmasıyla polipropilen matrisli termoplastik esaslı kompozit malzemeler sıcak pres makinesinde üretilmiştir. Kompozit malzeme üretim aşamaları Şekil 2 de gösterilmektedir.



Şekil 2. Kompozit malzeme üretim aşamaları

Sıcak pres makinesinde 100 bar basınç altında ve 200 C° de üretilen meyan kökü lifi takviyeli polipropilen esaslı kompozitlerin ısı geçirgenlik ölçümleri P.A. HILTON LTD. H940 kondüksiyonlu ısı iletim test cihazında gerçekleştirilmiştir. Bunun için ısı geçirgenlik test işleminde kullanılmak üzere her bir kompozit

malzemeden 0,025 m çapında daire şeklinde numuneler kesilerek test işlemi gerçekleştirilmiştir. Isı geçirgenlik sonuçları aşağıda gösterilen formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$K = \frac{Q \times dx}{A \times \Delta t}$$

Q= Isı Akışı A= Isı geçişinin meydana geldiği alan (yüzey alanı) dx= Kompozit malzemenin kalınlığı ΔT= Sıcaklık farkı K= Isı iletim katsayısı (w/m°C)  
Hazırlanan kompozit test numuneleri Şekil 3 de. Isı geçirgenlik test sonuçları ise Tablo 1 de gösterilmektedir.



Şekil 3. Isı geçirgenlik test numuneleri



Şekil 4. Isı geçirgenlik test cihazı

#### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Elde edilen ısı geçirgenlik test sonuçları Tablo 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1. Isı Geçirgenlik Test Sonuçları

Meyan kökü lifli takviyeli kompozit malzemeler	Isı Geçirgenlik Katsayısı (k) (W/m°C)
%100 Polipropilen	1.55
Yüzey işlemi uygulanmamış meyan kökü lifli takviyeli kompozit	1.40
5 g/L NaOH uygulanan meyan kökü lifli takviyeli kompozit	1.39
10 g/L NaOH uygulanan meyan kökü lifli takviyeli kompozit	1.34
20 g/L NaOH uygulanan meyan kökü lifli takviyeli kompozit	1.28

Tablo 1 de verilen ısı geçirgenlik test sonuçlarına göre öncelikle meyan kökü lifli takviyesinin kompozit malzemelerin ısı yalıtım özelliklerini

arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca uygulanan yüzey işlemlerinin kompozit malzemelerin ısı yalıtım özelliklerini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. En yüksek ısı yalıtım özelliği 20 g/L NaOH ile yüzey işlemi uygulanan meyan kökü lifli takviyeli kompozit malzemelerde elde edilmiştir.

#### GENEL SONUÇLAR

Meyan kökü lifli takviyesi üretilen kompozit malzemelerin ısı yalıtım özelliklerini arttırmaktadır. Ayrıca uygulanan yüzey işlemleri kompozit malzemelerin ısı yalıtım özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir.

#### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Yüzey işlemi uygulanan meyan kökü liflerinin takviye malzemesi olarak kullanılmasıyla termoset ve termoplastik matrisli kompozit malzeme üretimi devam etmekte olup, üretilen bu kompozitlerin mekanik, termal ve morfolojik özellikleri incelenecektir.

#### KAYNAKLAR

Hekiman, B. (2010). Glycyrrhiza Glabra I. Türünden hareketle sekrotolitik ve ekspektoran etkili bir preparat hazırlanması ve takdimi. Yüksek lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, S:1,2,5.

Hiroyuki H. (1981). Protection of Mitochondrial fuctions aganist Oxidative Stresses by Isoflavan from Glycyrrhiza glabra; J Phorm. Pharmacol, 72: 219-225.

Oğuz, G. (1987). Meyan Kökü ve Önemi, Fırat Üniversitesi, Basın Bülteni, 2: (37): 3.

Şerbetçi, H. (2007). Meyan Bitkisinin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, s:3, 23-27.

# Uçuş Giysileri İçin Negatif Poisson Oranına Sahip Konfor Tabakası Komponenti

Güney, Sertac<sup>1</sup>, Güney, Filiz<sup>1</sup>, Üçgül, İbrahim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

[sertacguney@sdu.edu.tr](mailto:sertacguney@sdu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, pilotların mağruz kaldığı ısı yüklenmeyi azaltabilmesi veya tamamen ortadan kaldırabilmesi amacı ile uçuş giysilerinde termofizyolojik konforu iyileştirmek için Negatif Poisson Oranına sahip yeni bir tekstil yapısının geliştirilmesi ve uygulanabilirliği incelenmiştir.

## GİRİŞ

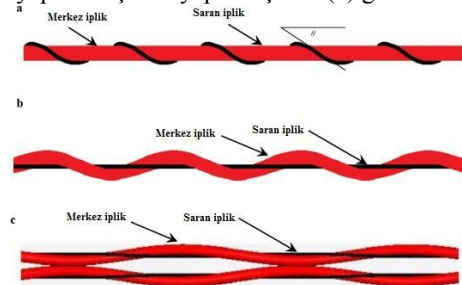
Uçuş giysileri, vücudu tamamen saran, askeri uçaklar, planörler ve helikopterlerde uçuş esnasından giyilen özel kumaşlardan üretilmiş giysilerdir. Bu tür giysilerde aranan en önemli özellik pilotların mağruz kaldığı ısı yüklenmeyi azaltabilmesi veya tamamen ortadan kaldırabilmesidir. Isıl yüklenme, pilotları soğuk hava şartlarına girmeden önce ılıman şartlarda bulunmasından dolayı ortaya çıkan bir problemdir. Günümüzde soğuk hava şartlarına uygun giysiler, uzun süreli giyim için konforsuz ve hacimli yapılara sahiptir. Bu tür yapılar özellikler pilot kabini içerisinde oturmuş ve kemeri bağlanmış konumdaki pilotlar için olumsuz etkiler göstermektedir. Bu olumsuzlukları bertaraf etmek için yeni kumaş teknoloji sayesinde kumaş katmanları azaltılarak daha konforlu uçuş giysi tasarımlarına yönelilmiştir. Çalışmamızda bir uçuş giysisinin konfor tabakası bileşeni olarak kullanılacak, düşük kumaş uzama değerlerinde bile yüksek negatif poisson oranı gösterebilen ve bu sayede değişken gözeneklilik özelliği kazandıran kumaş yapısı incelenmiştir. Poisson Oranı, materyal boyutundan bağımsız bir fiziksel parametre olduğu için, herhangi malzeme ve materyal seviyesinden elde edilebilmektedir. Bu özellik ayrıca, uçuş giysilerinde aranan alev geciktirici, antistatik ve hafif olma gibi özelliklerin uygun ipliklerin seçilmesi ile kazandırılmasına olanak sağlamaktadır. Günümüzde uçuş giysileri, koruyucu tabaka ve konfor tabakası olarak iki tabakadan oluşmaktadır. Koruyucu tabaka, hava şartlarına ve dış etkenlere karşı koruyuculuk sağlayan tabakadır. Konfor tabakası ise nem ve hava geçişini kontrol eden ve yalıtımı sağlayan tabakadır. <sup>2</sup>

Konfor tabakası, kullanıcının ihtiyaçlarına göre farklı kısımlardan oluşmaktadır. Örneğin hayati organların

çevresinde termal yalıtım gerekmektedir. Hava akışının ve havalandırmanın gerektiği bölgelerde ise, göğüs bölgesi gibi, bu amaçla yönelik yapılar kullanılmaktadır.

Konfor tabakasında hava, su buharı akışı ve havalandırma gereksinimi karşılayacak düşük uzama değerlerinde bile yüksek negatif poisson oranı ve değişken gözeneklilik gösteren sarmal iplik yapısı içeren tekstil yapısının kullanılması düşünülmüştür.

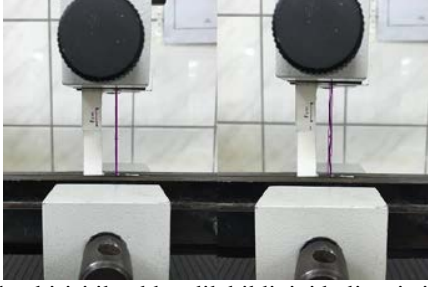
Hook (2011) <sup>1</sup>, patentli çalışmasında kalın ve daha düşük sertlikte filament üzerine daha sert filamentleri helezonik şekilde sararak Negatif Poisson Oranına sahip multifilament bir yapı elde etmiştir. Yapı boyuna yönde çekildiğinde, daha sert özellikte olan filament düzleşmekte ve daha düşük sertlikteki filamentin kendi etrafında helezonik olarak sarılmasına neden olmaktadır. Bu tür filamentler Negatif Poisson Oranına sahip davranış göstermektedir ve üretimi kolaydır. Sloan (2011) <sup>4</sup>, poisson oranı 0,35 ve 1,95 arasında olan monofilament lifler kullanarak Hook 'un çalışmasında benzer şekilde sarmal iplikler üretmiş ve en fazla -2,7 poisson oranına sahip Negatif Poisson Oranına sahip efekt elde etmiştir. Üretimdeki geometrik parametrelere etkisini incelemiştir. Dış filamentin başlangıç sarım açısının, Negatif Poisson Oranına sahip davranışın büyüklüğünü etkilediğini belirtmiştir. Diğer taraftan kullanılan liflerin poisson oranlarının ve sarmal ve merkezde kullanılan liflerin çap oranlarının Negatif Poisson Oranına sahip performansı etkilediğini belirtmiştir. Şekil 1' de gerilmemiş (a) ve maksimum gerilme altındaki (b) Negatif Poisson Oranına sahip iplik yapısı ve çoklu yapı oluşumu (c) gösterilmiştir.





Şekil 1. Sarmal Negatif Poisson Oranına sahip iplik (HAY)  
[5]

Lee (2011)<sup>3</sup>, Hook' un çalışmasına benzer yapıda sarmal iplik oluşturmuş ancak bu yapıda kullandığı liflerden birisini nemle temas ettiğinde kısalan, neme duyarlı filamentlerden seçmiştir. Böylece, Negatif Poisson Oranına sahip efekti, aynı anda dışarıdan uygulanan çekme kuvveti veya nemle yada sadece



bunlardan birisi ile elde edilebildiğini belirtmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Bu çalışmada merkez (core) iplik olarak 0,8 mm çapında elastik/kauçuk iplik ve saran iplik olarak 360 dtex Poliamid iplik kullanılmıştır. Polamid iplik, merkez iplik üzerine sarılmıştır.

### Yöntem

Lloyd Mukavemet cihazında 100N yük hücresi ve 50 mm çene mesafesi ayarlanarak hazırlanan sarmal iplik numunesi Şekil 2. deki gibi çeneler arasına yerleştirilmiştir. En fazla %10 uzama limiti ile ölçüm yapılmış ve 12MP kamera ile sürekli çekimleri kaydedilmiştir.

Şekil 2. Sarmal iplik yapısının efektif çapının ve uzamasının hesaplanması.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Digimizer görüntü analiz programı kullanılarak sarmal ipliğin uzama ve çap değişimi gözlemlenmiştir. Sarmal iplik yapısı %4 uzama değerine kadar çapı genişlerken, ilerleyen uzama değerlerinden çap daralmaya başlamaktadır. Uzama esnasından çap değişimi:

$$\epsilon_x = (D1 - D0) / D0 \quad (1)$$

Boyuna uzama değişimi:

$$\epsilon_y = (L1 - L0) / L0 \quad (2)$$

Sarmal ipliğin Poisson Oranı ise:

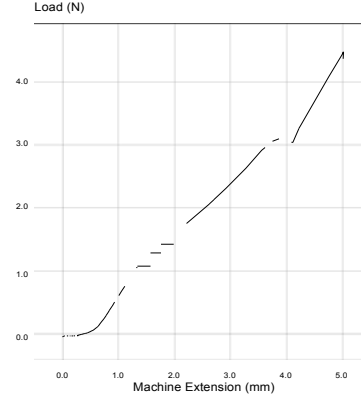
$$\nu = -\epsilon_x / \epsilon_y \text{ and } \nu = -(D1 - D0) / D0 / ((L1 - L0) / L0) \quad (3)$$

formülleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Görüntü analiz programından alınan ölçümleri ve (1-3) formüllerini kullanarak ( $\epsilon_x=1,4$   $\epsilon_y=0,0522$ ) Negatif Poisson Oranı 26,81 olarak tespit edilmiştir.

Lloyd mukavet cihazından elde edilen kuvvet-uzama

eğrisi Şekil 3. de gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi sarmal iplik %4 uzama sonrası formunu değiştirmeye başlamaktadır.



Şekil 3. Sarmal ipliğe ait kuvvet-uzama grafiği

## GENEL SONUÇLAR

Negatif Poisson Oranı, malzemeden bağımsız olarak fiziksel bir parametre olması farklı malzemelerin kullanımına olanak sağlamaktadır. Düşük uzama değerlerinde değişken gözeneklilik göstermesi özellikle termofizyolojik konfor açısından avantajlı yapıların üretilmesini kolaylaştıracağı ve ayrıca Uçuş giysisi gibi teknik yapıların ihtiyaç duyulduğu alanlarda bu tür yapıların kullanım imkanı kazanacağı ve katma değer sağlayacağı düşünülmektedir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Gelecek çalışmalarda, elde edilen iplik yapısı ile farklı kombinasyonlarda tekstil yüzey oluşumu çalışmaları yapılacak ve termofizyolojik açıdan performansı incelenecektir.

## KAYNAKLAR

1. Hook, P., 2011, Uses of auxetic fibres, US Patent no. 8002879 B2
2. Ledbury, J. ve Jenkins, E., 2016, Composite Fabrics for Functional Clothing, Materials and Technology for Sportswear and Performance Apparel, p:103-153
3. Lee, W., Koh, S. ve Heo, J., 2011, Moisture Sensitive Auxetic Material, US Patent Number 20110039088 A1
4. Sloan, M.R., Wright, J.R. ve Evans, K.E., 2011, A Novel Structure for Composites and Textiles; Geometry, Manufacture and Mechanical Properties, Mechanics of Materials, 43: 476-486
5. Zhang, G., Ghita, O.R. ve Evans, K.E., 2016, Dynamic thermo-mechanical and impact properties of helical auxetic yarns, Composites Part B:Engineering Vol:99, P:494-505.

# Otomotiv Endüstrisinde Karbon Lifi Kullanımı ve Güncel Gelişmeler

KAPLAN, Müslüm

Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

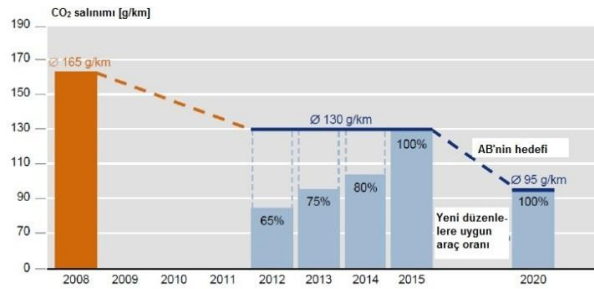
[mkaplan@bartin.edu.tr](mailto:mkaplan@bartin.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada karbon takviyeli kompozitlerin otomotiv sektöründe kullanımı ve gelecekteki yeri incelenmektedir. Önümüzdeki yıllarda yeni nesil araçların gövde ve diğer parçalarının üretiminde özellikle RTM yönteminin artan önemi anlatılmaktadır.

## GİRİŞ

Küresel ısınma ve hava kirliliği son yıllarda oldukça üzerinde durulan konular olmuştur. İklim değişikliklerinin en büyük nedeninin artan CO<sub>2</sub> salınımı olduğu vurgulanmaktadır. Alman Federal Çevre Bakanlığı, Almanya'da atmosfere salınan CO<sub>2</sub> gazının %20'sinin ulaşım araçlarından kaynaklandığını bildirmiştir (Alman FÇB, 2017). Bu kapsamda özellikle Avrupa Birliği (AB) ülkeleri çeşitli politikalar geliştirmişler ve Şekil 1'de verildiği gibi 2050 yılına kadar CO<sub>2</sub> salınımını %80 oranında düşürmeyi hedeflemişlerdir (Avrupa Komisyonu, 2017). Hedeflere ulaşamaması durumunda da ilgili otomotiv üreticisine yüklü cezalar öngörülmüştür.



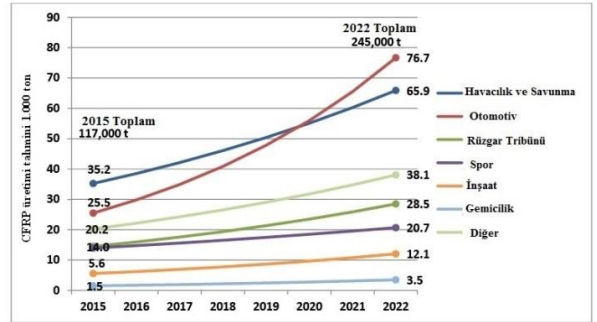
Şekil 1: Avrupa Birliği'nin hedeflediği g/km emisyon (Henningesen vd., 2011)

Ulaşım taşıtları hafifletilebilirse, yakıt verimliliği önemli ölçüde artırılabilir ve CO<sub>2</sub> salınımı azaltılarak çevresel etkiler daha da azaltılabilir. Otomotiv ağırlıklarının 100 kg azalması, 100 km'de 0,35 litre yakıt ve 8,4 g/km CO<sub>2</sub> salınım tasarrufu sağlar; bu da büyük bir çevresel ve ekonomik kazançtır (Goede vd., 2009).

Bu nedenle mekanik dayanım ve sertlik beklentilerinden ödün vermeden ağırlık tasarrufu ve enerji verimliliğini mümkün kılacak malzemelerin

geliştirilmesi çalışmaları hız kazanmıştır (R&G, 2009).

Küresel otomotiv üreticilerinin, taşıtların hafifletilmesi, enerji verimliliği ve CO<sub>2</sub> salınımının azaltılması konularına odaklanmaları ile birlikte otomotiv sektöründe karbon elyafı takviyeli plastik (CFRP – Carbon Fiber Reinforced Plastic) malzeme kullanımı artmaktadır (Şekil 2). Otomotiv sektörü yeni nesil elektrikli ve hafif araçların geliştirilmesi için çalışmaktadır. Bu araçların yapısal parçalarının seri üretilmesi için özellikle RTM yöntemi üzerinde çalışılmaktadır. Araştırmalar uzun işlem süresi sorunu ve işlemin otomasyonu konularına yoğunlaşmıştır.



Şekil 2: Uygulama alanlarına göre 2022 yılına kadar CFRP üretimi tahminleri (Kraus vd., 2016)

## RTM YÖNTEMİNİN OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

CFRP malzemeler yüksek dayanım ve ağırlık tasarrufu gibi avantajlarının yanında maliyetlerin yüksek olması ve imalat sürelerinin nispeten uzun olması gibi dezavantajlara da sahiptir. Bu nedenle CFRP yapılar özel üretim araçlarda rahatlıkla kullanılabilmesine rağmen uzun işlem süreleri nedeniyle yüksek hacimli seri üretimde ortaya çıkan sorunlar aşılmaya çalışılmaktadır.

Otomotiv sektöründe istenen malzeme dayanımı için takviye bileşeni olarak sürekli (kontinü) elyaflardan elde edilen preformların kullanılması gerekmektedir. RTM yöntemi bunu sağlayan tek infüzyon yöntemi olarak son yıllarda otomotiv firmalarının en çok yatırım yaptığı alanlardan olmuştur (Chaudhari,

2013). 2015 yılında RTM yöntemiyle üretilen CFRP miktarı %3 oranında artarak 141 bin tona yükselmiştir. Otomotiv sektöründe pres ve enjeksiyon uygulamaları özellikle BMW'nin i3 ve i8 üretiminde RTM yöntemini kullanmasıyla %10 artmıştır (Kraus vd., 2016).



**Şekil 3:** BMW i3 için geliştirilmiş hafif araç gövdesi (SGL Carbon, 2017)

Esasında RTM yöntemi uzun yıllardan beri otomotiv sektöründe özellikle A sınıfı (lüks) otomobillerde kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek üretim hacimli ekonomik araçlarda kullanılabilmesi için büyük otomotiv üreticileri yoğun araştırmalar yürütmektedir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için işlem süresini kısaltmak, otomasyon ve entegre üretim sağlamak ve bunları karbon lif takviyeli kompozitlere uyarlanması gerekmektedir (Gardiner, 2014). Özellikle otomotiv sektöründe uzun kurlenme süresi sorunu için termoplastik RTM (T-RTM veya TP-RTM) yöntemi, uzun enjeksiyon süresi için de yüksek basınçlı RTM (HP-RTM-High Pressure RTM) yöntemi geliştirilmiştir.

### SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

RTM Düşük veya yüksek hacimli büyük veya küçük boyutlu malzemelerin imalat uygulamaları için kullanılan verimli bir işlemdir.

Düşük üretim hacmine sahip A sınıfı (lüks) araçların üretilmesinde RTM yöntemi uzun yıllardır kullanılmaktadır. Sektör oyuncuları ekonomik modellerde de RTM yöntemini kullanarak yüksek üretim hacmine ulaşmaya çalışmaktadırlar. Bunun gerçekleştirilebilmesi üç ana hedefin gerçekleştirilmesi gerekmektedir:

- 1- İşlem süresini kısaltmak,
  - 2- Otomasyon ve entegre üretim
  - 3- Üretim işlemin karbon elyafına uyarlanması
- Bunları gerçekleştirirken fiyat, kompozit yapı içerisindeki güçlendirici (karbon) elyafın oranının artırılması ve yöntemin en basitten en karmaşık geometriye parçaların üretimine imkan vermesi beklenmektedir.

RTM yöntemi, preform oluşturmak üzere önceden hazırlanan tekstil araya getirilmesi, kesilmesi ve düzeltilmesi işlemleriyle başlamaktadır. Kumaş

katlarının oluşturulması, yerleştirilmesi ve şekillendirilmesi kalıplama işleminden daha uzun sürmektedir. HP-RTM yönteminde proses kontrolü sağlanabilmesi durumunda gelecek yıllarda otomotiv sektöründe yoğun bir şekilde kullanılacaktır. Bunun için enjeksiyon, karıştırma, pres ve sensör gibi sistemler arasında senkronizasyon sağlanması gerekmektedir.

Otomotiv sektöründe yürütülen Ar-Ge çalışmalarının seri üretime tam olarak aktarılabilmesi yıllar alabilse 2020 yılından sonra hafif ve alternatif enerji sistemleri ile çalışacak olan araçların gövde ve diğer parçalarının üretiminde RTM yöntemi önemli bir yer alacaktır. Başta RTM yöntemi olmak üzere CFRP yapıların araçlarda metal işleme yöntemlerinin yerini tam olarak alabilmesi için alınması gereken çok yolu olsa da gelecekte kullanımları artacaktır.

### KAYNAKLAR

- Alman Federal Çevre Bakanlığı,  
<http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/>,  
Son erişim tarihi:16.03.2017
- Avrupa Komisyonu Klima Eylemi  
[http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/index_en.htm) Son erişim tarihi:16.03.2017
- Chaudhari, C. Characterization of high-pressure resin transfer molding process variants for manufacturing high-performance composites, 2013
- Gardiner, G., More from JEC: High-Quality Carbon Fiber Monocoques in Two Hours  
<http://www.compositesworld.com/blog/post/more-from-jec-highquality> Son erişim tarihi:01.03.2017
- Goede, M., Stehlin, M., Rafflenbeul, L., Kopp, G., Beeh, E.: Super Light Car – lightweight construction thanks to a multi-material design and function integration, Eur. Transp. Res. Rev. 2009
- Henningsen M., Desbois, P., Neuhaus B. Innovative Matrixsysteme für schnelle RTM-Prozesse Ingolstadt, 2011
- Kraus, T., Kühnel, M., Witten, E. Composites Market Report 2016, AVK&CCeV  
[http://www.eucia.eu/userfiles/files/20161128\\_market\\_report\\_2016\\_english.pdf](http://www.eucia.eu/userfiles/files/20161128_market_report_2016_english.pdf), Son erişim tarihi: 01.03.2017
- R&G Faserverbundwerkstoffe GmbH, Handbuch Faserverbundwerkstoffe, 2009
- SGL Carbon  
<http://www.sglgroup.com/cms/international/innovation/carbon-in-mobility/index.html?locale=en>, Son erişim tarihi: 20.03.2017

# Kimyasal Olarak Modifiye Edilmiş Jüt Liflerinden Üretilmiş Kompozitlerde Mekanik ve Fiziksel Özelliklerin Değişimi

Mehmet Karahan<sup>1,\*</sup>, Muhammad Haris Ameer<sup>2</sup>, Yasir Nawab<sup>2</sup> ve Nevin Karahan<sup>1</sup>

<sup>2</sup> Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Görükle-Bursa

<sup>2</sup> Ulusal Tekstil Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Fakültesi Faisalabad-Pakistan

\*mkarahan@uludag.edu.tr

## Amaçlar

Bu çalışmanın amacı jüt liflerinin mercerizasyon ve hidrofobik kimyasal işlemlerle modifiye edilmesi ve kimyasal modifiye işleminin, jüt liflerinden üretilmiş kompozit malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Kompozitlerin nem yaşlanma özellikleri ve difüzyon katsayıları da bu çalışma kapsamında araştırılmıştır.

## Giriş

Kompozit malzemelerde doğal liflerin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Doğal liflerin takviye elemanı olarak kullanılmalarının pek çok avantajı olmakla birlikte, bazı önemli dezavantajları da vardır. Bu amaçla araştırmacılar, doğal liflerin hidrofobikliğini artırma ve elyaf matris arayüzünü iyileştirme, bunlara bağlı olarak da kompozitin mekanik özelliklerini arttırmak için çeşitli girişimlerde bulunmaktadır. Doğal liflerde en çok kullanılan yüzey modifikasyon işlemlerinden bazıları asetilasyon, mercerizasyon, graft polimerizasyonu, enzimatik işlemler ve plazma işlemleridir<sup>1</sup>. Alkalilerle muamele işleminin, selüloz olmayan maddeleri doğal elyaflardan uzaklaştırma özelliğinden dolayı, bu amaçla sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir<sup>2</sup>. İncelik ve nem değişimindeki değişiklikler açıkça selülozdan arındırma derecesinden etkilenmiştir. Jabbar ve arkadaşları<sup>3</sup> farklı ortam sıcaklıklarında çeşitli konsantrasyonlarda (% 1, %5 ve % 10) kimyasal olarak işlenmiş jüt liflerinden üretilmiş kompozitlerin özelliklerinde önemli bir iyileşme meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

Jüt lifleri, kompozit malzemelerdeki yapısal uygulama için yaygın olarak kullanılan bir lif türüdür. Ancak en büyük problemi, kompozit malzeme içinde bile nem absorpsiyonu olmasıdır. Bu nedenle jüt liflerinin modifikasyonunda lif-matris arabirimi yapışmasını arttırmak kadar, aynı zamanda nem geri kazanımı da düşürmek önemlidir. Jüt lifinin hidrofobik muamelesi üzerine yayınlanan son araştırmalar hidrokarbon, florokarbon ve hibrit fluorokarbon kullanılarak gerçekleştirilmiştir<sup>4</sup>. Bu

işlemler sadece liflerin nem geri kazanımı azaltmakla kalmadığı, aynı zamanda lif matris arayüzünün ve dolayısıyla mekanik özelliklerin iyileştirilmesine de yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada  $225 \pm 3$  g/m<sup>2</sup> olan bezayağı jüt kumaş takviye olarak kullanılmıştır. Çözücü ve atkı iplikleri sırasıyla 200 tex ve 350 tex iken, çözgü sıklığı 4, atkı sıklığı 3.5 iplik/cm'dir. Matris malzemesi olarak doymamış polyester reçine, kobalt naftalat ve metil etil keton peroksit, sertleştirici ve hızlandırıcı olarak kullanılmıştır.

Takviye kumaşları, ön işlem, mercerizasyon ve hidrofobik kaplama olmak üzere üç ayrı işleme tabi tutulmuştur. Ön işlem alkali ortamda ve sıcak çözelti içinde gerçekleştirilmiştir. Arkasından mercerizasyon yapılmıştır. Akabinde ise, çalışmada HUNTSMAN® tarafından üretilen OLEOPHOBOL CP-C (hibrit-florokarbon), PHOBOL RSH (florokarbon) ve PHOBOL CPC (hidrokarbon) kullanılarak üç tip hidrofobik kimyasal işlem gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, reçine infüzyon yöntemi ile kompozit plakalar üretilmiştir.

Jüt kumaşların (muamele edilmiş ve muamele edilmemiş) nem geri kazanımı, ASTM D2495 standart test yöntemine göre belirlenmiştir.

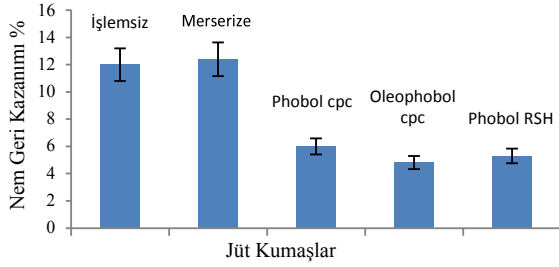
Çekme testi hem takviye hem de kompozit numuneler için gerçekleştirilmiştir. Jüt kumaşların ve kompozitlerin çekme mukavemeti sırasıyla, ISO 13934-1 ve ASTM D3039 yöntemlerine göre gerçekleştirilmiştir.

Kompozit malzemelerin nem absorpsiyon özellikleri suda daldırma yöntemine göre gerçekleştirilmiştir<sup>5</sup>. Nem absorbe etmiş kompozitlerin mekanik özelliklerindeki değişim araştırılmıştır.

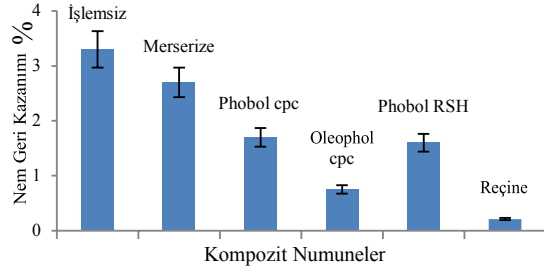
## Sonuçlar ve Tartışma

Muamele edilmemiş, mercerize edilmiş ve kimyasal işleme tabi tutulmuş takviyelerin nem geri kazanımı belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

PHOBOL CPC, OLEOPHOBOL CPC ve PHOBOL RSH kimyasalları ile muamele edilen takviyenin nem tutma değerleri sırasıyla  $6 \pm 0.45$ ,  $4.8 \pm 0.52$  ve  $5.3 \pm 0.47$  olarak bulunmuştur. Kimyasallarla muamele edilen takviyelerin daha düşük nem geri kazanımı vardır, çünkü kimyasal yüzey gerilimi 14-28 mN / m arasındadır.



Şekil 1. Jüt kumaşların nem geri kazanım değerleri.



Şekil 2. Jüt kompozitlerin nem geri kazanımı.

Şekil 2'de gösterildiği gibi takviyelerin ve bunlara karşılık gelen kompozitlerin nem geri kazanımı açısından önemli bir fark vardır.

Farklı kimyasallarla muamele edilen kumaşlar benzer aralıkta bulunur ve nem geri kazanımı değerlerinde çok fazla fark oluşturmazlar.

Tüm kompozit numunelerin nem kinetiği incelenmiştir. 36000 saniyeye kadar tüm numunelerin nem geri kazanımı sabit bir şekilde artmaktadır. Grafiklerden açıkça görüldüğü gibi, 10800 saniyeden sonra bütün kompozitler dengeye gelmiştir. İşlenmemiş takviyeli kompozit, diğer kompozitlerden daha fazla su emme özelliğine sahiptir, çünkü reçine ile takviye arasında gelişen arayüz, diğer kompozitler kadar iyi değildi. Bir başka nedeni, işlenmemiş takviyenin daha fazla nem alabiliyor olmasıdır. Kimyasal işlem görmüş jüt ile güçlendirilmiş kompozitler, suya maruz kaldıklarında daha az nem emme özelliğine sahiptir.

Tablo 1. Difüzyon katsayısı değerleri

Numune	Nem Doyma Miktarı (%)	Difüzyon Katsayısı D ( $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ )
İşlemsiz	25	1.3
Merserize	17.6	1.15
PHOBOL CPC	16.5	1.14
OLEOPHOBOL	14.9	0.45

CPC		
PHOBOL RSH	15.2	0.78
Reçine	0.93	0.43

Reçinenin ve farklı kompozit numunelerin difüzyon katsayısı Tablo 1'de verilmiştir. Buradan muamele edilmemiş kompozitin difüzyon katsayısının diğer kompozitlerden daha yüksek olduğu gözlemlenebilir. Bunun nedeni, muamele edilmemiş kompozitin nem geri kazanımı diğerinden daha yüksek olmasıdır.

Tablo 2. Kompozitlerin çekme özellikleri

Numune	Uzama %	Mukavemet (MPa)	Modül (GPa)
İşlemsiz	1.98	10.04 ± 0.54	1.91 ± 0.12
Merserize	1.80	11.98 ± 0.67	2.25 ± 0.17
Phobol CPC	1.88	12.54 ± 0.42	2.27 ± 0.20
Oleophobol CPC	1.71	15.71 ± 0.59	2.59 ± 0.19
Phobol RSH	1.83	15.81 ± 0.62	2.22 ± 0.16

Tablo 2'de kompozit numunelerin gerilme mukavemeti, modülü ve uzama oranı değerleri yer almaktadır. Kimyasal işlem görmüş kumaşların çekme mukavemetinin muamele edilmemiş ve merserize edilmiş jüt kumaşlardan daha yüksek olduğu açıkça görülebilmektedir.

## Sonuç

Hidrofobik işlemler jüt kumaşların ve kompozit numunelerin nem oranını önemli ölçüde azaltmıştır. İşlenmemiş kompozitlerin suya maruz bırakıldıklarında nem emme davranışı, kimyasal işlem görmüş takviyeli kompozitlerden yaklaşık iki kat daha fazladır. Muamele edilmiş ve işlenmemiş kompozitlerin mekanik özelliklerinde önemli bir farklılık da gözlenmiştir. Kimyasal işlemden geçirilmiş florokarbon (Oleofobol RSH) ve hibrit florokarbon (Oleofobol CPC) bileşimi, iyi gerilme ve modül özelliklerine sahiptir. Nem yaşlanmasına bağlı olarak, muamele edilmiş kumaş kompozitlerinin mukavemeti kaybı, iyi lif-matris arayüzü nedeniyle muamele edilmemiş kompozitlere kıyasla daha azdır.

## Referanslar

- 1- Ali, A., et. al.: Hydrophobic treatment of natural fibers and their composites – A review. J. Ind. Text. (2016).
- 2- Wang, W., et. al.: Changes in composition, structure, and properties of jute fibers after chemical treatments. Fibers Polym. 10, 776–780 (2009).
- 3- Jabbar, A., et. al.: Modeling and analysis of the creep behavior of jute/green epoxy composites incorporated with chemically treated pulverized nano/micro jute fibers. Ind. Crops Prod. 84, 230–240 (2016).
- 4- Ali, A., et. al. Impact of hydrophobic treatment of jute on moisture regain and mechanical properties of composite material. J. Reinf. Plast. Compos. 34, 2059–2068(2015).
- 5- Dhakal, H.N., et. al. Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. Compos. Sci. Technol. 67, 1674–1683 (2007).

# A Comparative Study For Absorption Capacity of Smart Auxetic Versus Conventional Polyurethanes (PU) Foam

KAUR BHULLAR, Sukhwinder<sup>1</sup>, GAZIOGLU RUZGAR, Duygu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Technical University, Mechanical Engineering Department 1, <sup>2</sup>Bursa Technical University, Fiber and Polymer Engineering Department 2

[kaur.bhullar@btu.edu.tr](mailto:kaur.bhullar@btu.edu.tr)

## PURPOSE

The primary focus of this study is *in vitro* study to determine the comparative absorption capacity, of conventional and smart PU foam. The results obtained shows smart PU foam offers greater absorptive ability than conventional foam, suggesting that smart PU foam may have several biomedical applications such as wound care as well as in daily life activities.

## INTRODUCTION

Foams have a variety of uses including biomedical applications such as wound dressing, tissue engineering, implants and prostheses, in packaging, sound insulation, air filtration, shock absorption and as sponge materials. Furthermore, impact absorption is a key advantage of polymer foams over the other polymers. The cells deform to absorb the energy impact and then reform when the load is removed. The polymer foam has to be able to resist multiple loadings, and resisting change to the structure so the loading can be repeated many times. If the foam is exposed to loads that are too large the cell walls will rupture and the amount of open-cell structure will increase and weaken the mechanical properties of the foam. The application of the polymer is versatile, from foam to film and as a bulk material. Also, the development of auxetic PU foam started in 1987 when first auxetic foam was fabricated by Roderic Lakes [1]. Also though auxetic cellular structures in the form of two-dimensional silicone rubber or aluminium honeycombs having negative Poisson's ratio were first found in 1982 [2]. Fabrication of polymeric and metallic foams with Poisson's ratios  $-0.7$  and  $-0.8$  was reported by authors in [3-5]. They possess enhanced mechanical properties and deformation mechanism over the conventional foams such as more resilient [6-7] increases comfort, dome-like shape on bending [8], three times more harder to indent [9]. These improved mechanical properties can provide more cushioning, comfort, optimal support for the 'doubly curved human body [10], and promote their candidature for the people with disability, implants like hip and knee replacement

while their ability of absorption offer potentials in wound dressing applications body [11]. Studies and experiments demonstrated that smart PU foam with negative Poisson's ratio known as auxetic foams have already impact in biomedical (but not limited to) applications.

## EXPERIMENTAL

### Material

Polyurethanes are used in a variety of biomedical applications such as ligament replacements, heart valve prostheses, vascular graft and breast prosthesis. Auxetic polyurethanes (PU) foams offer a huge potential in biomedical. Therefore, after a literature survey auxetic PU foam is selected to study absorption capacity.

### Method

Auxetic Polyurethanes foam samples were developed foam using compression, heating, cooling and relaxation from conventional PU Foam. Microstructures of both conventional and auxetic foam are illustrated in Figure 1.

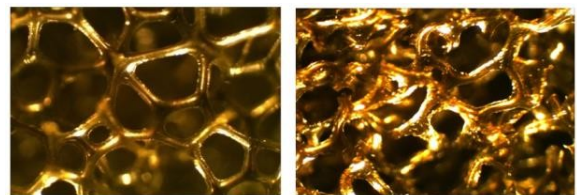


Figure 1. Conventional (left) and auxetic polyurethane foam (right)

## EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS

### Determination of absorptive capacity of Smart vs Conventional Foam

In all experiments, 4 x 0.15 gram PU foam samples were placed in separate beakers containing 100 ml physiological saline solution. The saline solution was

prepared using NaCl (purchased from Merck), 4.5 g NaCl was dissolved in 500 ml distilled water, and test solution pH was found to be 8.47. For the absorption capacity tests all samples were weighed after soaking for 0, 24, 48, 72, 96, and 120 hours.

### Results and Discussion

It was observed from results that smart foams are good absorbers with the solution when compared with the conventional foam as illustrated in Figure 2. It can be seen from bar graphs in Figure 2 even after 120 hours conventional foams didn't adsorb as much as smart foams. Also, smart foam settled down at the bottom in the beaker but the conventional foams swims on the solutions. Absorption was measured using the formula below;

$$\text{Absorption (g/g)} = \left( \frac{W_2 - W_1}{W_1} \right)$$

where W2 is the weight after absorption, W1 is weight before absorption.

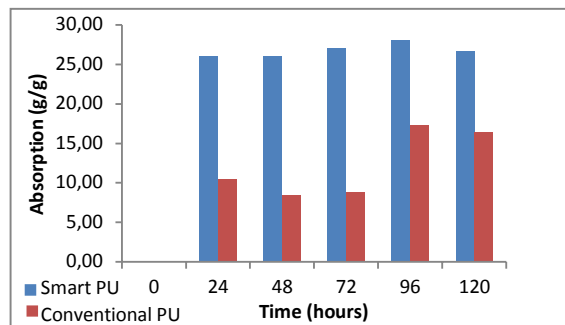


Figure 2. Absorption rate of Smart and Conventional PU in physiological saline solution.

### Conclusion

Polyurethanes foams like most of other materials have positive Poisson's ratio, however, smart polyurethane foams called auxetic polyurethane (APU) foams having negative Poisson's ratio which are targeted in our study for their evaluation for absorption capacity. It is concluded Auxetic PU foam with their enhanced absorption capacity as well as improved mechanical properties, deformation behavior, effect of materials property of negative Poisson's ratio and shape memory ability could offer more potentials over the conventional PU foam as smart bandages impregnated with medicine for wound care, tissue engineering, implants and prostheses and many other daily life applications.

### REFERENCES

- [1] Lakes, R. S. 1987. "Foam structures with a negative Poisson's ratio", *Science*, 235,1038-1040.
- [2] Gibson, L.J., Ashby, M.F., Schajer, G.S., Robertson, C.I. 1982. "The Mechanics of Two-Dimensional Cellular Materials", *Proceeding Royal Society London*, 382(1782), 25-42.
- [3] Smith, C.W., Lehman, F, Wootton, R.J., Evans, K.E. 1999. "Strain dependent densification during indentation in auxetic foams", *Cell Polym*, 18(2), 79-101.
- [4] Chan, N. and Evans, K.E. 1998. "Indentation resilience of conventional and auxetic foams", *J Cell Plast*, 34(3), 231-260.
- [5] Evans, K.E. 1990. "Tailoring the negative Poisson's ratio", *Chem. Ind.*, 20, 654-657.
- [6] Scarpa, F. Giacomini, J., Zhang, Y. and Pastorino, P. 2005. "Mechanical Performance of Auxetic Polyurethane foam for antivibration glove applications", *Cell Polym*, 24, 253-268.
- [7] Bianchi, M., Scarpa, F.L. and Smith, C.W. 2008, "Stiffness and energy dissipation in polyurethane auxetic foams", *J. Mater. Sci.*, 43, 5851-5860.
- [8] Roach, A.M., Jones, N. and Evans, K.E. 1998. "Penetration energy of sandwich panel elements under static and dynamic loading.Part II", *Compos Struct*, 42, 135-152.
- [9] Roach, A.M., Jones, N. and Evans, K.E. 1998. "Penetration energy of sandwich panel elements under static and dynamic loading.Part I", *Compos Struct*, 42, 119-134.
- [10] Burke, M. 1997. "A stretch of the imagination" *New Scientist*, 154, 36-39.
- [11] Smith, C.W., Grima, J.N. and Evans, K.E. 2000. A novel mechanism for generating auxetic behaviour in reticulated foams:missing rib foam model", *Acta Mater*, 48, 4349 – 4356.

# Thermal Characterization of Wool Fiber For Aircraft Seating

<sup>1</sup>Elif Kaynak, <sup>2</sup>Mustafa E. Üreyen, <sup>3</sup>A. Savaş Koparal

<sup>1</sup>Anadolu University, Dept. of Chemical Engineering, <sup>2</sup>Anadolu University Civil Aviation Research Centre, <sup>3</sup>Anadolu University Dept. of Environmental Engineering

[elifkaynak@anadolu.edu.tr](mailto:elifkaynak@anadolu.edu.tr)

## AIM

The present study aims at investigating the thermal decomposition mechanism and products of wool fibers.

## INTRODUCTION

The low flammability feature of wool makes it a material of choice for aircraft textiles. However to be able to pass stringent flammability tests established by the authorities, wool must be flame-retarded. Metal complex flame retardant (FR) treatments for wool were developed and commercialized<sup>1</sup>. These include the exhaustion of negatively charged metal complexes ( $K_2ZrF_6$ ,  $K_2TiF_6$ ) onto positively charged wool surface<sup>2</sup>. Despite the interest in the development of novel, environmental friendly, halogen-free FRs, a few number of studies on the flame retardant treatments for wool have been published in the recent years<sup>3</sup>. Investigation of the mechanism of thermal decomposition of wool and the action of FRs is essential for the development of novel flame retardant treatments for wool.

Kinetic parameters can be evaluated using the data from thermogravimetric analysis(TGA) as reviewed by Ozawa<sup>4</sup>. A number of studies has been conducted to investigate the kinetic parameters of thermal decomposition of textiles<sup>5</sup> and polymers<sup>6,7</sup>. A variant of the Ozawa-Flynn-Wall method proposed by Popescu<sup>8</sup> was used to investigate the kinetics and mechanism of wool pyrolysis in this study.

The method is based on the assumption that the reaction rate for the heterogeneous processes under non-isothermal conditions depends only on the degree of conversion ( $\alpha$ ) and temperature (T). The reaction rate is expressed as;

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{1}{\beta} f(\alpha)k(T) \quad (1)$$

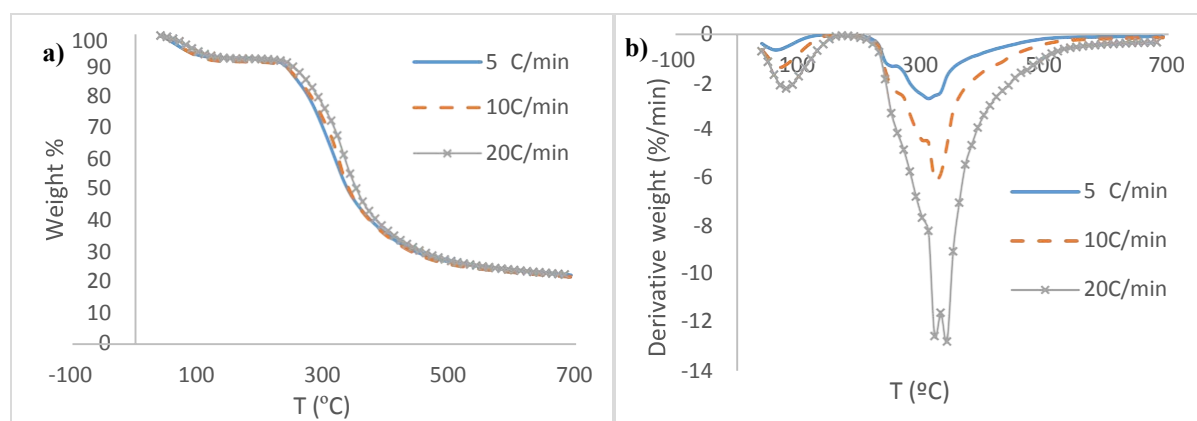
In the above equation  $\beta$  is the heating rate (K/min) and  $f(\alpha)$  is the function of degree of conversion. The temperature dependence obeys the Arrhenius relationship and  $k(T)$  is expressed as;

$$k(T) = A \exp(-E/RT) \quad (2)$$

Where A is the pre-exponential factor, E is the activation energy (kJ/mol) and R is the universal gas constant. The integral of  $f(\alpha)$  was evaluated using various mechanism functions and the kinetic parameters (A, E) were computed.

It is known that many degradation products are formed by the reactions that take place during the pyrolysis of wool<sup>9</sup>. The pyrolysis reactions initiate above 250°C due to the char-forming reactions and release of volatiles. In this study, the gaseous products formed due to the constant rate heating were evaluated by kinetic Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis.





**Figure 1** a-TG and b-DTG analysis results of wool fiber

## MATERIALS AND METHODS

Merino wool fibers (23 $\mu$ , 62 HM) in sliver form were kindly supplied by Kadifeteks A.Ş., Turkey. The fibers were scoured using ECE non-phosphate detergent for 20min at 50°C with 50:1 liquor ratio, then rinsed with distilled water. Scoured fibers were dried at 105°C and conditioned overnight at 23°C/50%RH.

Thermal analyses were carried out by SDT Q600 (TA Instruments, USA) at various heating rates ( $\beta$ =5°C/min, 10°C/min, 20°C/min) under N<sub>2</sub> flow (100ml/min). The real time spectra of the evolved gases were collected by a FTIR, Cary 600 (Agilent Technologies, USA) coupled to TG with a heated transfer line.

## RESULTS AND DISCUSSION

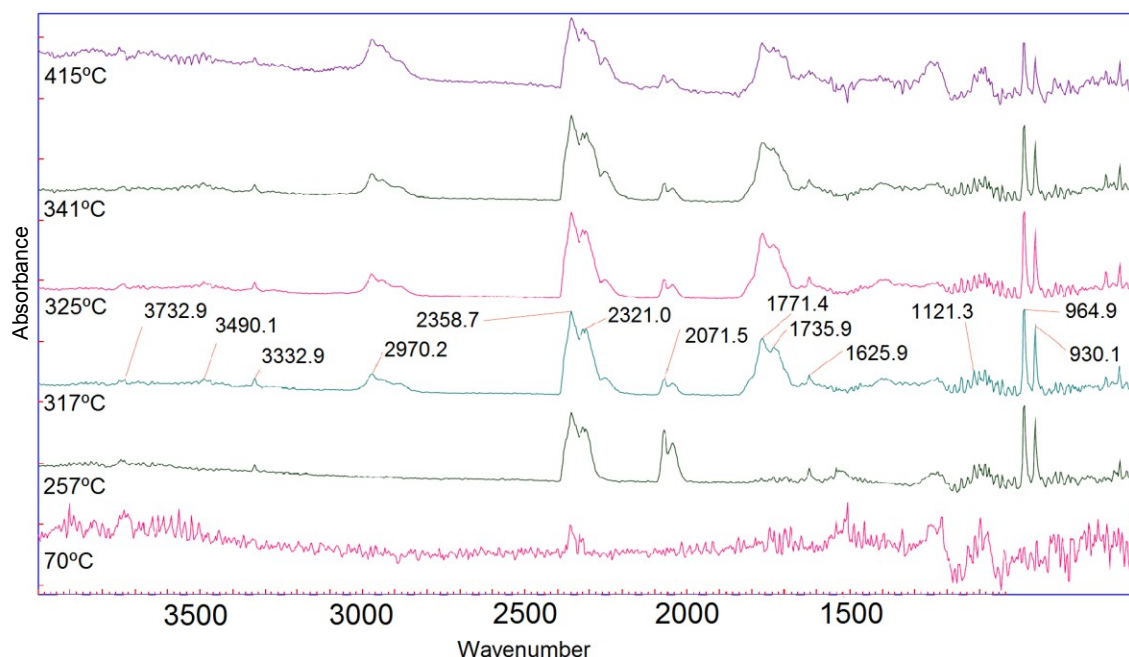
The degradation curves of wool (Figure 1a) shifted towards higher temperature with increase in heating rate whereas their shape remained consistent within any mass loss region. The first mass loss accompanied by an endothermic reaction which ends about 150°C is associated by the loss of absorbed water. The pyrolysis of wool takes place at a lower rate from 210°C to 290°C and at a higher rate up to 340°C (Figure1b). The rate then decreases and decomposition takes place at a uniform rate up to 700 °C.

Conversion and temperature data obtained from TG analysis were used to compute the kinetic parameters; activation energy (E) and pre-exponential factor (A). The kinetic parameters of the reaction were evaluated within various ranges of conversion degrees (Table 1). The computations were conducted using the code generated in MATLAB. Heterogeneous reaction kinetics of wool pyrolysis were analyzed by an integral method and the mechanism obeyed Avrami-Erofeev mechanism. (n=4).

FTIR spectra of evolved gases from TG analysis of wool fibers were collected at various stages of decomposition process (Figure 2). Major gaseous products of decomposition at various temperatures are summarized in Table 2. Alkyne and ester functional groups were detected at temperatures above 317 °C. The gaseous products formed at higher temperatures include so-called narcotic gases such as CO, CO<sub>2</sub> and HCN.

**Table 1** Kinetic parameters

Conversion	E (kJ/mol)	A
0.3-0.4	195.8	7.04x10 <sup>16</sup>
0.4-0.5	256.3	8.7x10 <sup>21</sup>
0.5-0.6	272.9	9.4x10 <sup>22</sup>
0.3-0.6	235.4	3.02 x10 <sup>20</sup>



**Figure 2** FTIR spectra of evolved gases from TG(  $\beta=10^\circ\text{C}/\text{min}$ )

## CONCLUSIONS

The combined methodology for the evaluation of kinetics and products of decomposition reaction can be applied to flame retardant treated fibres. TG-FTIR technique allows for the quick and reliable determination combustion mechanism and the action of flame retardants as it requires small amount of samples. Thus, the results of the present study will be useful for the development novel flame retardant treatments for wool for aircraft seating.

**Table 2** Gaseous products formed upon heating ( $\beta=10^\circ\text{C}/\text{min}$ )

Temperature ( $^\circ\text{C}$ )	Evolved gases
70	$\text{H}_2\text{O}$
257	$\text{CO}_2$ , $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{C}_2\text{H}_2$ , $\text{COS}$
317-415	$\text{CO}_2$ , $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{C}_2\text{H}_2$ , $\text{COS}$ , $\text{HCN}$

## FUTURE WORK

Our work on the investigation of pyrolysis mechanism and products of flame retardant treated wool fibers is in progress. The degradation of fibers in air is also considered to identify the oxidative decomposition of wool fibers.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by Anadolu University Scientific Research Projects Commission under grant no. 1504F172.

## REFERENCES

- Weil ED, Levchik SV. Flame Retardants in Commercial Use or Development for Textiles. *Journal of Fire Sciences* 2008;26:243-81.
- Benisek L. Communication: Improvement of the Natural Flame-Resistance of Wool. Part I: Metal-Complex Applications. *The Journal of The Textile Institute* 1974;65:102-8.
- Cheng X-W, Guan J-P, Chen G, Yang X-H, Tang R-C. Adsorption and Flame Retardant Properties of Bio-Based Phytic Acid on Wool Fabric. *Polymers* 2016;8:122.
- Ozawa T. Estimation of activation energy by isoconversion methods. *Thermochemica Acta* 1992;203:159-65.
- Faroq AA, Price D, Milnes GJ, Horrocks AR. Thermogravimetric analysis study of the mechanism of pyrolysis of untreated and flame retardant treated cotton fabrics under a continuous flow of nitrogen. *Polymer Degradation and Stability* 1993;44:323-33.
- Han TU, Kim Y-M, Watanabe A, Teramae N, Park Y-K, Kim S. Pyrolysis kinetic analysis of poly(methyl methacrylate) using evolved gas analysis-mass spectrometry. *Korean Journal of Chemical Engineering* 2017:1-8.
- Li L, Guan C, Zhang A, Chen D, Qing Z. Thermal stabilities and the thermal degradation of kinetics of polyimides. *Polymer Degradation and Stability* 2004;84:369-73.

8. Popescu C. Integral method to analyze the kinetics of heterogenous reactions under non-isothermal conditions A variant on the Ozawa-Flynn-Wall method. *Thermochimica Acta* 1996;285:309-23.
9. Horrocks AR, Davies PJ. Char Formation in Flame-Retarded Wool Fibres. Part 1. Effect of Intumescent on Thermogravimetric Behaviour. *Fire and Materials* 2000;24:151-7.

# Studies on Thermal and Flammability Properties of Wood Flour Reinforced Epoxy Composites: Effects of Pumice Dust, Mg(OH)<sub>2</sub> and Al(OH)<sub>3</sub>

Menderes Koyuncu<sup>1</sup>

Department of Textile, Yuzuncu Yil University Van Vocational Higher School,  
65080, Van/Turkey

mendereskoyuncu@gmail.com

## Purposes

The flame retardancy and thermal degradation of epoxy- wood flour composites have been investigated. Composites were prepared by hand lay up method. In the mixtures of wood flour, pumice dust, Mg(OH)<sub>2</sub> and Al(OH)<sub>3</sub> were used as flame retardants. Results showed that the amount of wood flour increased with thermal and flammability properties decreased which is agreement with literature. It was found that pumice , magnesium hydroxide and aluminium hydroxide could clearly increase both flammability and thermal properties of wood flour composites. This is attributed to pumice , magnesium hydroxide and aluminium hydroxide being involved in esterification reactions between wood flour and epoxy. According to UL-94 test obtained from this work pumice dust is an effective flama retardant for epoxy- wood flour composites. It was also found that pumice apparently influenced the thermal degradation behaviour of wood flour composites. It is suggested that pumice dust can effect of flammability and dehydration of wood flour.

**Keywords:** Wood flour; Flammability; Thermal degradation; Composites; Pumice dust

## Indroduction

The use of natural materials and polymers from renewable resources has recently attracted increasing attention, predominantly due to environmental concerns and the depletion of petroleum resources<sup>1</sup> Wood plastic composites combine the best properties of the pure components and can indicate exclusive efficiency. The advantages of wood plastic composites are their good dimensional stability during lifetime, i.e lower water uptake, and durability aganist fungi and insects compared with wood<sup>2,3</sup>. However, there are mainly two drawbacks for WPCs. Adhesion between wood flour and thermoplastics, and The

other disadvantage is that the WPCs show high flammability. High flammability of WPCs sets a limit to the application field of WPCs<sup>4,5</sup> To modify the flammability of WPCs fire retardants are added during the compounding process<sup>6</sup>. Halogenated compounds based on chlorine and bromine are effective flame retardants. Thus , the addition of some kind of fillers is required. In the previously studys, many researches have made studies the effect of various fillers on the polymer based composites. Graciaet. al found that the addition of fire retardants could lead to self-extinguish materials for polyethylene based composites when ammonium polyphosphate (APP) or aluminium hydroxide were used<sup>7</sup> . Stark et. al evaluated various fire retardants for use in wood flour-polyethylene composites<sup>8</sup>. Based on the investigation of cone calorimetry, magnesium hydroxide and APP improved the fire performance of WPCs the most in their study. These data are key parameters for estimating the flammability of materials. However, in practices, the flammability of materials are evaluated based on UL94, which is a plastics flammability standard released by Underwriters Laboratories of the USA. In this standard, burning speed is measured from a practical standpoint. Both methods (cone calorimetry and UL94) are important to evaluate the flammability of the material<sup>9,10</sup> Besides, Most of the polymer composites are generally subjected to a thermal degradation at elevated temperatures. It is important to understand the effects of the processing temperature on the thermal degradation process, since there is constant thermal stress during the manufacturing of filler reinforced composites<sup>8</sup> The objective of this study was to investigate the effects of pumice dust, magnesium hydroxide and aluminium hydroxide treatment on thermal, flammability properties of the wood flour/ epoxy composites.

## Experimental

### Materials

Solvent-free transparent resin (860 EFLR-0190) used in this work was produced by Polikor company. Wood flour, 300 mesh obtained by Yuzuncu Yil Univ. Van Vocational School. Hand lay up method was used for composite production.

### Methods

#### Thermalgravimetry analysis ( TGA) Test

All thermogravimetry analysis (TGA) test were carried out by Setaram Labsys Evo Gravimetric Analyzer TG/DSC 1600 model, France. Thermal Analyzer at a linear heating rate of 10 °C min<sup>-1</sup> under pure Argon. The range of temperature was from ambient to 50-1000°C.

#### Flammability test

The flammability test based on UL-94 is usually applied to evaluate and classify a fire performance of materials. The flammability behaviour of WPC were conducted according to the horizon burnig test ASTM-D 635, ( 125 mmlong, 5mm wide and 4mm thickness) Vertical burning test according to the ASTM-D 3801 standart (125 mmlong, 5mm wide and 4mm thickness)

## Results and Discussion

### Flammability of composites

Table 1. Summarizes the burning speed and flamme classifications of treated WPC with Pumice, Al(OH)<sub>3</sub> Mg(OH)<sub>2</sub>. The all samples showed resistance to HB tests but in the Vertical tests, all the samples burned within 5-8 s. and continued to burn after then removed the fire source and no dripping

Table 1. Burning speed and UL-94HB , UL-94VB test of the treated WPC with pumice, Al(OH)<sub>3</sub> and Mg(OH)<sub>2</sub>.

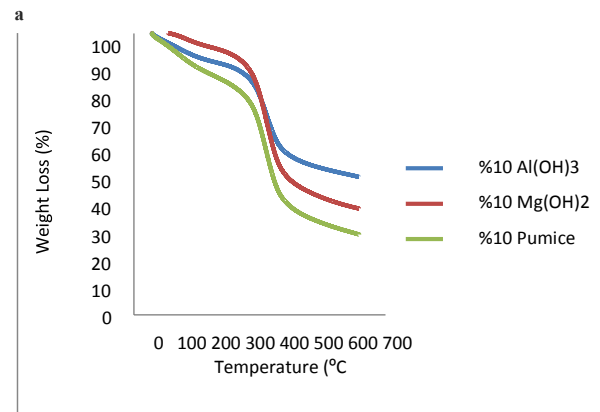
Composites	Average burning speed (mm/min)	After removal Flamme source	Class based on UL94-HB	Class based on UL94-VB
% 10 Pumice	8-9	Burning continued	HB	Unsuitable
% 10 Al(OH) <sub>3</sub>	5	Burning continued	HB	Unsuitable
	7	Burning	HB	Unsuitable

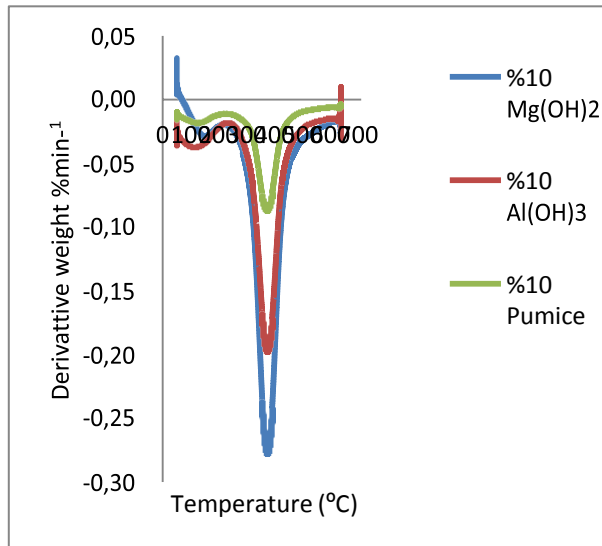
%10 Mg(OH) <sub>2</sub>		continued		
-------------------------	--	-----------	--	--

### Thermo gravimetric analysis (TGA)

Fig. 1 Shows, thermal degradation behaviour of treated/ WPC. The treated with pumice, Mg (OH)<sub>2</sub>, and Al(OH)<sub>3</sub> composites observed the first sharp weight loss at around 270-300 °C due to the decomposition of lignocellulose. It is known that the simple structures are removed by decarboxylation and deoxidation such as CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, and CH<sub>3</sub>OH<sup>12</sup> The weight loss then showed down to 40% and 50% at the temperature range between 350-400 °C dramatic weight loss occurred around at 420- 450 °C. treated composites Al(OH)<sub>3</sub> ,Mg (OH)<sub>2</sub>, Pumice) was finally carbonized over 550 °C and the total weight loss was close to %50, %40 and %30 respectively. Consequently, addition of Al(OH)<sub>3</sub> ,Mg (OH)<sub>2</sub>, and Pumice did not improve thermal stability of the resultant wood flour epoxy composites. although they retarded the decomposition of wood flour<sup>12</sup> but that the treated composites with Mg (OH)<sub>2</sub>, and Al(OH)<sub>3</sub> were less thermally stable than the treated composite with pumice.

Fig. 1. Thermogravimetric properties of the composites: (a) TGA thermograms of Mg (OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub> and pumice/wood flour composites; and (b) derivate weigh loss curve (DTG)





**b**

### Conclusion

- Generally, Mg (OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub> and pumice treated wood flour composites did not improve thermal stability, but that the decomposition temperature of the treated with pumice of composite increased slightly than the other composites
- The results were obtained with respect to flammability test based of UL-94. Addition of 10wt% Mg (OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub> and pumice did not improved the flammability properties of composites.

### References

- [1] Sun-Young, L. et all., 2008. "Thermal and mechanical properties of wood flour/ talc-filled polylactic acid composites: effect of filler content and coupling treated", J. Thermoplast. composite and materials, 21, 209-223.
- [2] Garcia, M. et all, 2009. "Wood plastic composites with better fire retardancy and durability performance", 40(11), 1772-76.
- [3] Najafi, SK.. Tajvidi, M. Chaharmakli, M. 2006. "Long-term water uptake behaviour of lignocellulosic high density polyethylene composites". J Appl. Polym. Sci., 102, 3907-11.
- [4] Blezki, Ak. et all. 2005. "A comparison of compounding process and wood type for wood fibre-pp composites", Compos. partA 36; 789-97.

[5] Jchazo, Mn. et all. 2001." Polypropylene wood flour composites: treatments and properties". Compos. Struct, 54,207-214.

[6] SainPark, SH. Suhara, F. Law, S. 2004. "Flame retardant and mechanical properties of natures fibre-pp composites containnig magnesium hyroxide". Polym. Degrad. Stab. 83, 363-7.

[7] Garcia, M. Hidalgo, J. Garmendia, J. Garcia-Jaca, J. 2009."Wood-plastics composites with better fire retardancy and durability performance". Compos Part A, 40, 1772-76.

[8] Stark, N. White, R. Mueller S, Osswald, T. 2010." Evaluation of various fire retardants for use in wood flour-polyethylene composites". Polym Degrad. Stab, 95, 1903-10.

[9] Umemura, T. et all, 2014. "Synergy effects of wood flour and fire retardants in flammability of wood- plastic composites". Energy procedia, 56, 48-56.

[10] Chattopadhyay, PK.. Dean, C.W, 2009. "Thermal stability and flame retardany of polyurethanes". Progress in poly.Sci,34, 1068-1133.

[11] John Z, Lu. et all, 2008. "Cheating efficiency and thermal mechanical and decay resistance performances of chitosan copper complex in wood polymer". Bioresources tech. 99 (13), 5906-14.

[12] Gurkahraman, M. Pehlivan, D. 1999. "Odunun Sabit Yatak ve Atmosferik Şartlarda Ekstraksiyonu". Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 23, 239-50.

# Saç Örgü Tekniği ile Tasarlanan Hibrit İpliklerin Tekstil Takviyeli Beton Üretiminde Kullanımı

KURBAN, Mutlu<sup>1</sup>, BABAARSLAN, Osman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Hacı Sabancı OSB, 01310, Sarıçam, Adana

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 01330, Balcalı, Sarıçam, Adana

[mkurban@cu.edu.tr](mailto:mkurban@cu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Tekstil takviyeli beton üretimi alanında yapılan bu çalışmada ki temel amaç, yeni bir yaklaşım geliştirerek saç örgü tekniği ile hibrit iplikler tasarlayıp üretmek ve üretilen bu yapılarının tekstil takviyesi olarak kullanımının araştırılmasıdır.

## GİRİŞ

Tekstil takviyeli beton (TTB, TRC), son çeyrek yüzyılda yaygın olarak üzerinde durulan ve değişik uygulama alanları oluşturulmaya çalışılan yapı elemanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yapılar ince tanecikli beton materyal ile yüksek performanslı ve korozyona dirençli olan karbon, cam ve bazalt gibi tekstil materyallerinin birleşmesiyle meydana gelmektedirler. TTB'ler geleneksel yapı malzemeleri yerine ve daha birçok uygulama alanlarında kullanılabilirler. Bu yapılar sayesinde daha az beton kullanımı ile ince fakat istenen dayanıma sahip ve tasarım çeşitliliği sunabilen yapılar elde etmek mümkün olmaktadır[1].

Cam elyafı 1950'li yıllardan beri yaygın olarak inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Ancak cam elyafı, beton karışımının sahip olduğu yüksek alkali ortama karşı dayanıksız olmasından dolayı bu alanda cam elyafın kullanımını sınırlanmaktadır. Alkali dayanımı artırmak için elyafa %15-19 oranlarında yapılan zirkonyum oksit (ZrO<sub>2</sub>) takviyesi elyafın kullanım alanını artırmıştır. Her ne kadar alkali dayanımı artmış olsa da uzun süreli kullanım için cam elyafın çeşitli polimerlerle kaplanması önerilmektedir. Ancak bu işlem hem maliyetli hem de karmaşık proseslerden meydana gelmektedir[2].

Hibrit iplik üretim metotları kompozit sektöründe son dönemlerde yoğun bir şekilde ilgi uyandırmaktadır. Kompozit yapımında yaygın olarak kullanılan termoplastik tekstil kompozitlerin üretim aşamasında termoplastik materyallerden ötürü yüksek erime

viskozitesi ve emdirme işleminin çok homojen yapılamaması gibi bazı dezavantajları da söz konusudur. Bu nedenle hibrit iplik üretim metotları ile kompozit üretiminde kullanılacak olan takviye filament ile termoplastik bileşen bir araya getirilmekte, daha sonrasında uygulanan ısıl işlemle birlikte kompozit oluşumu sağlanmakta ve bu dezavantajlar ortadan kaldırılmaktadır[3].

200 yıllık bir geçmişi olan saç örgü tekniği, hibrit iplik üretim metotlarından birisidir. Bu yöntemde tek veya çift sayıdaki iplikler birbirleri üzerinden geçirilerek düz veya dairesel yapılar elde edilmektedir. Elde edilen bu yapılar tıp alanından, elektrik-elektronik alanına kadar birçok teknik alanda kullanılmaktadır. Merkezde bulunan bir güçlendirici filament çevresinde saç örgü tekniği ile oluşturulan yapılar ile birlikte iki bileşenli farklı özelliklere sahip yapılar oluşturmak mümkün olmakta ve bu yapılar farklı sektörlerde kullanım alanı bulabilmektedir[4-5].

Bu bilgiler ışığında, çalışmada hibrit iplik üretim metotlarından biri olan saç örgü tekniği kullanılarak TTB'ler için tekstil takviye elemanı hazırlanmıştır. Merkezde kullanılacak olan alkali dayanımlı cam filament çevresine saç örgü makinesi ile termoplastik filamentlerden bir dış tabaka kapatılmıştır. Kapatılan bu tabaka daha sonrasında uygulanacak ısıl işlem ile birlikte eritilecek ve güçlendirici matris olan cam filamentle birlikte beton içerisinde bir koruma sağlaması beklenmektedir.

## DENEYSEL

### Malzeme

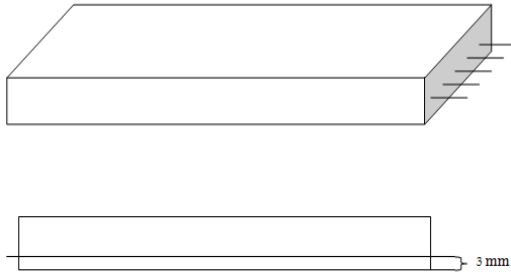
Çalışmada tekstil bileşeni için 2400 tex alkali dayanımlı cam filament iplik, 200 denye polipropilen filament iplik ve epoksi kaplı alkali dayanımlı cam filament iplik kullanılmıştır. Beton bileşen için ise ince tanecikli kumlardan oluşturulan beton malzeme kullanılmıştır.

## Yöntem

Beton takviyesinde kullanılan hibrit iplik; 16 adet 200 denye polipropilen filament ve 2400 tex alkali dayanımlı cam filament iplik ile birlikte özel bir tasarımla saç örme tekniği kullanılarak geliştirilmiş ve üretilmiştir. Kıyaslama yapabilmek amacıyla, cam filament iplik epoksi reçine ile de kaplanarak farklı bir numune seti oluşturulmuştur.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Kullanılan betonun dayanımı belirlemek için öncelikle 150x150x150mm boyutlarında küpler üretilmiş ve bunların 28 günlük dayanımları ölçülmüştür. Elde edilen 48,6 MPa basınç değeri ile kullanılan betonun C30 dayanımında olduğu görülmüştür. Tekstil takviyesinin, beton eğilme dayanımına etkisini görebilmek için 20x50x350 mm ebatlarında numuneler tasarlanıp üretilmiştir. Tekstil takviyesi için alkali dayanımlı cam filament iplik epoksi reçine ile kaplamalı ve kaplamasız olarak da kullanılmıştır. Bunu yanında üretilen hibrit iplikler iki farklı yöntemle ısıl işleme tabi tutulmuş ve bunlar da takviye için kullanılmıştır. Hazırlanan materyaller kalıp içerisine beton numunenin tabanından 3 mm mesafede ve her iplik arası 10 mm olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil-1).



**Şekil 1.** Takviye elemanlarının beton numune içerisindeki pozisyonu

Üretilen numuneler kür havuzunda 28 gün bekletildikten sonra ilgili standartlar esas alınarak eğilme dayanımı testleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Eğilme dayanımı test sonuçları

Numune türü	F (MPa)
Takviyesiz	9,43
Alkali dayanımlı cam filamentli	13,07
Alkali dayanımlı cam filamentli (Epoksi reçine kaplamalı)	25,62
Hibrit iplikli (170°C de 3 dk. Presli ısıl işlem)	17,01
Hibrit iplikli (170°C de 3 dk. Pressiz ısıl işlem)	15,90

## GENEL SONUÇLAR

Alkali dayanımlı cam filament tek başına takviye malzemesi olarak kullanıldığında eğilme dayanımına %38,60’lık bir katkı sağlarken, aynı filamentin epoksi ile kaplanmasıyla elde edilen materyalin kullanılmasıyla katkının %171,68 gibi yüksek bir düzeye ulaştığı görülmüştür. Üretilen hibrit ipliklerden presli-ısıl işlem görenler %80,38’lik, pressiz-ısıl işlem görenler ise %68,6’lik bir katkı sağlamıştır. Dolayısıyla ısıl işlemin presli uygulanmasının daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bundan sonraki dönemlerde farklı birleşim oranlarına ve materyallere sahip hibrit iplik üretimi gerçekleştirilecektir. Ayrıca termoplastik bileşenler kullanılarak üretilen iplikler, farklı şartlarda ısıl işleme tabi tutularak çalışmalara devam edilecektir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Çalışma Çukurova Üniversitesi BAP Birimi tarafından FDK-2016-6682 kodlu proje numarası ile desteklenmiştir.

Çalışmada desteklerinden dolayı;

- Kord İplik Endüstriyel İp ve İplik Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye
- Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Brameshuber, W. 2006. Textile Reinforced Concrete. RILEM Publications.
- [2] Gao, SL., Mäder, E., Plonka, R. 2004. Coatings for glass fibers in a cementitious matrix. Acta Materialia; 52: 4745–4755.
- [3] Alagirusamy R, Fanguero R, Ogale V, Padaki N. 2006. Hybrid yarns preforming for thermoplastic composite. Textile Progress; 38:4, 1-71.
- [4] Kyosev Y. 2015. Braiding Technology for Textiles. Woodhead Publishing Limited.
- [5] Gries T, Veit D, Wulfhorst B. 2015. Textile Technology. Hanser Publishers.



# Selülozik Lif Takviyeli (Mısır Sapı) Termoplastik Esaslı Kompozitlerin Isı Geçirgenlik Özelliklerinin İncelenmesi

KURU,Emine<sup>1</sup>, MISTIK, S. İlker<sup>2</sup>, CİHANGİROVA, Mahire<sup>3</sup>, OVALI, Sabih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul

<sup>3</sup>Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi tekstil Mühendisliği Bölümü, Bartın

[eminekuru88@hotmail.com](mailto:eminekuru88@hotmail.com)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, mısır sapının takviye malzemesi olarak kullanılması ve düşük yoğunluklu polietilen cipslerin matris malzeme olarak kullanılmasıyla termoplastik esaslı kompozit malzemeler üretilmiştir. Kompozit malzemelerin üretiminde sıcak pres makinesi kullanılmıştır. Bu çalışmada, farklı sürelerde konvansiyonel ve ultrasonik yöntemler kullanılarak %40'lık NaOH ile yüzey işlemi uygulanmış mısır saplarının kompozit malzemelerde takviye malzemesi olarak kullanılmasıyla, kompozit malzemelerin ısı geçirgenlik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

## GİRİŞ

Tarımsal atıkların üretim sırasında formaldehit çıkarmaması, çevreci ve geri dönüşümünün olması, kompozit üretim pazarında öncelikli olarak tercih edilmesine neden olmaktadır. Bunlara ek olarak su absorpsiyonunun istendiği yerlerde, doğru işlem adımlarının uygulandığı durumlarda termoset ve termoplastik malzemelerde takviye edici malzeme olarak sentetik ve inorganik liflere alternatif olarak kullanılabilir (Mengeloğlu, Alma, 2002).

Doğal lif takviyeli kompozitlerin mükemmel fiyat/performans oranı onları yalnızca bina ve otomotiv uygulamaları için değil aynı zamanda paketleme, mobilya ve havacılık uygulamalarında da tercih sebebi kılmaktadır (Sain, Suhara vd., 2005).

Doğal lif takviyeli kompozitlerde lif/matris arasındaki zayıf ara yüzeyin geliştirilmesi ve optimizasyonu için farklı kimyasallar ve yöntemler kullanılarak, kompozit malzemelerde lif/matris ara yüzündeki bağlanma geliştirilebilmektedir (Bulut, Erdoğan, 2011).

Yapılan bir çalışmada, mısır bitkisinin farklı kısımlarından üretilen, mısır takviyeli plastik kompozitlerin mekanik özelliklerinin farklı olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre mısır bitkisinin farklı kısımlarından yapılan kompozitlerden, mısır koçanı ve mısır sapının mekanik özelliklerinin daha iyi bir performans gösterdikleri görülmektedir (Luo, Li, Cai vd., 2016).

## DENEYSEL

### Malzeme

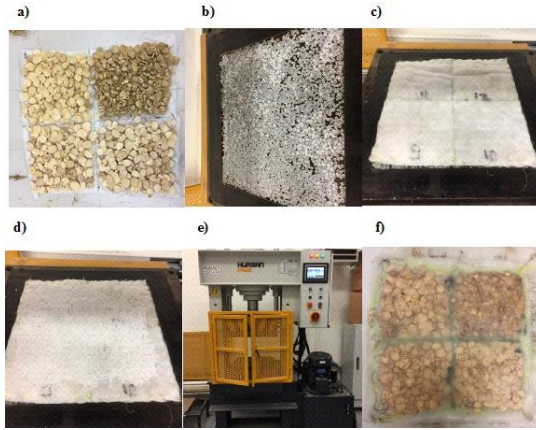
Çalışmada takviye malzemesi olarak mısır sapları kullanılmıştır. Ayrıca takviye malzemesine ek olarak mısır saplarının birbirine tutunmasını sağlamak ve yapı içinde kaymalarını önlemek amacıyla alt ve üst katmanlarda PP nonwoven kumaş kullanılmaktadır. Mısır sapları ve kompozit üretiminde kullanılan PP kumaş Şekil 1' de gösterilmektedir. Kompozit üretiminde matris malzeme olarak düşük yoğunluklu polietilen cips kullanılmıştır.



Şekil 1. Mısır Sapı ve Nonwoven PP kumaş

### Yöntem

Çalışmada takviye malzemesi olarak kullanılacak olan mısır saplarına %40 NaOH çözeltisi ile 55 °C' de farklı sürelerde konvansiyonel ve oda sıcaklığında ultrasonik yöntemler kullanılarak yüzey işlemi uygulanmıştır. Yüzey işlemi uygulanmış mısır sapı takviyeli kompozitlerin üretimi 100 bar basınç altında 200 C° de sıcak pres makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2 Kompozit malzeme üretim aşamaları

### Isı Geçirgenlik Test İşlemi

Kompozit malzemelerin ısı geçirgenlik test işlemi P.A. HILTON LTD. H940 kondüksiyonla ısı iletim cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler 25mm çapında daire şeklinde kesilerek cihaza yerleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$K = \frac{Q \times dx}{A \times \Delta t}$$

Q= Isı Akışı A= Isı geçişinin meydana geldiği alan (yüzey alanı) dx= Kompozit malzemenin kalınlığı ΔT= Sıcaklık farkı K= Isı iletim katsayısı (w/m°C)



Şekil 3. Isı Geçirgenlik Test Cihazı

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Kompozit malzemelere uygulanan ısı geçirgenlik test işlemlerinin sonuçları Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Kompozit Malzemelerin Isı Geçirgenlik Katsayısı Değerleri

Mısır sapı takviyeli kompozit malzemeler	Isı Geçirgenlik Katsayısı (k) (W/m°C)
Yüzey işlemi uygulanmamış mısır sapı takviyeli kompozit	1.63
Konvansiyonel yöntemle 20 dakika NaOH uygulanan mısır sapı takviyeli kompozit	1.51
Konvansiyonel yöntemle 40 dakika NaOH uygulanan mısır sapı takviyeli kompozit	1.48

Ultrasonik yöntemle 5 dakika NaOH uygulanan mısır sapı takviyeli kompozit	1.47
Ultrasonik yöntemle 15 dakika NaOH uygulanan mısır sapı takviyeli kompozit	1.41

Selülozik lif takviyeli kompozitlerin üretiminde ara yüzey işlemlerinin önemi büyüktür. Bu işlemler lifleri daha pürüzlü hale getirerek matris malzemeye tutunmayı daha da kolaylaştırmaktadır.

### GENEL SONUÇLAR

Alkali işlemde geçirilerek üretilen kompozitlerin, yüzey işlemi uygulanmadan üretilen kompozitlere göre ısıyı daha iyi yalıtıdığı görülmektedir.

Yapılan alkali işlemler kendi arasında incelendiğinde ise ultrasonik enerji kullanılarak uygulanan yüzey işleminin konvansiyonel yöntemle göre daha etkili olduğu görülmektedir. Mısır saplarına uygulanan yüzey işlem süresinin artmasıyla üretilen kompozit malzemelerde daha iyi bir yalıtım özelliği sağlandığı görülmektedir. En yüksek ısı yalıtım özelliği ultrasonik yöntemle 20 dakika işlem gören mısır sapı takviyesiyle üretilen kompozit malzemelerde elde edilmiştir.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALRI

Çalışmada matris malzeme olarak düşük yoğunluklu polietilen kullanılmıştır. Bunun yerine doğada bozunabilen matrislerin kullanılmasıyla tamamen doğal kompozit malzemelerin üretimi üzerine çalışılmaktadır.

### KAYNAKLAR.

- Luo, Z., Li, P., Cai, D., Chen, Q., Quin, P., Tan, T. and Cao, H., (2017). Comparasion of Performances of Corn Fiber Plastic Composites Made From Different Parts of Corn Stalk, Industrial Crops and Products 95, 521-527.
- Mengeloğlu, F., Alma, M.H., (2002). Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2) (37-48).
- Panhapulakkal, S., Sain M. (2007). Agro-Residue Reinforced High-Density Polyethylene Composites: Fiber Characterization and Analysis of Composite Properties. Composites Part A, 38 (6): 1445-1454.
- Sain, M., Suhara, P., Law, S., and Boulloux, A. (2005). Interface Modification and Mechanical Properties of Natural Fiber-Polyolefin Composites Products, Faculty of Forestry, University of Toronto, pp:121-130

# Enginar Lifi Dokusuz Yüzeylerin Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi

NAYCI DUMAN, Müjgan<sup>1</sup>, KOÇAK, Emine Dilara<sup>1</sup>, MERDAN, Nigar<sup>2</sup>, AKALIN, Mehmet<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi Moda Tasarımı Bölümü, İstanbul

mnayci@marun.edu.tr

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, enginar bitki gövde atıklarından elde edilen lifler yüzey modifikasyonu yapıldıktan sonra harmanlanıp taranmış ve iğneleme yöntemi ile dokusuz yüzey elde edilmiştir. Yüzey modifikasyonu yapılmış ve yapılmamış liflerden elde edilen dokusuz yüzeylerin ses yutum özellikleri incelenmiştir.

## GİRİŞ

Petrokimyasal bazı ürünler yenilenebilir, doğada çözünebilir, tekrar kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir olmadıklarından doğada bozunmadan yüzlerce yıl kalabilmekte ve de çeşitli sağlık sorunlarına yol açmaktadırlar. Son zamanlarda imalat sanayinde yeni bir yaklaşım ve alternatif kaynaklar arayışı sonucunda atılan önemli adımlardan biri de biyo malzemelerle tanışmak olmuştur. Uzun vadede sürdürülebilirliği sağlamak, ekonomilerimizin rekabetçiliğine katkı ve üretimde yeşil çevre politikalarına geçiş konusunda destek olmak, petrokimyasal kökenli liflerin doğal kaynaklı liflerle yer değiştirmesine katkıda bulunabilmek ve ekonomik, doğa dostu ve düşük maliyetli alternatifler yaratabilmek amacıyla enginar gövde atıklarının kullanılabilirliğini belirlemek oldukça önemlidir.

FAO (2014) verilerine<sup>1</sup> göre her yıl dünyada 50-65 milyon ton tarımsal atık oluşmaktadır, bunun 46,696 tonu Türkiye'dedir. Ülkemizde TUIK verilerine göre 32,701 ton/yıl enginar üretimi<sup>2</sup> yapılmaktadır, ve Fiore ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre<sup>3</sup> enginar lifleri diğer geleneksel liflerle aynı mekanik özelliklere sahiptir. Bu nedenle, Devlet Planlama Teşkilatı tarafından sunulan Dokuzuncu Kalkınma Planı ve bölge kalkınma vizyonlarında belirtilen temiz üretim, bütünsel ve önleyici bir çevre stratejisinin uygulanması, oluşan tarımsal atıkların ve kirliliğinin azaltılmasını, çevresel problemleri üretim sürecinin sonunda değil üretim sürecinin kaynağında çözmeye yönelik, doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını hedefleyen kapsamlar doğrultusunda enginar gövde atıklarının

değerlendirilmesi ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'deki enginar gövde atıklarını değerlendirerek maliyetleri düşürmek, atıkları bulunduğu yerde işleyerek biyo atıkların çevresel geri dönüşümüne katkıda bulunmak, çevre dostu ve yüksek katma değere sahip yeni lif/dokusuz yüzey üretimi yaparak ticari ürünler elde etmek ve böylece tarımsal atıkların geri dönüşümünü sağlamaktır.

## DENEYSEL

### Malzeme

Enginar gövde atıkları Bursa civarındaki tarlalardan toplanmıştır. Yüzey modifikasyonunda Sigma-Aldrich firmasına ait Sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır.

### Yöntem

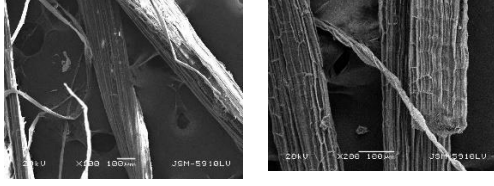
Enginar bitkisi gövde atıkları 20-25 cm uzunluğunda kesilip deiyonize su ile yıkanmıştır, ardından enginar gövdelerine 100°C sıcaklığındaki deiyonize suda 1 saat ön işlem uygulanmıştır. Yumuşayan enginar gövdeleri tarafımızca patenti olan lif ayırma makinesi ile işleme tabi tutulmuş ve liflerin birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Ön işlem sonrası liflerin yüzey modifikasyonu, deiyonize su ile durulanıp %10'luk Sodyum hidroksit çözeltisinde 100°C'de 40 dakika bekletilerek yapılmıştır. Yüzey modifikasyonu yapılmış olan enginar lifleri deiyonize su ile 3 kez yıkanmış ve etüvde 100 °C'de 2 saat süreyle kurutulmuştur.

Yüzey modifikasyonu yapılmış ve yapılmamış enginar atık gövde liflerinden iğneleme yöntemi ile dokusuz yüzey oluşturulması İTA Eğitim Araştırma ve Danışmanlık Ltd.Şti.Test Laboratuvarında bulunan Laboratuvar ölçekli Dokusuz Yüzey (Non-woven) Pilot Üretim Hattında yapılmıştır.

Enginar gövde atık liflerinden elde edilen dokusuz yüzeylerin ses yutum ölçümleri empedans tüp ölçüm metoduyla İTKİB İTA Eğitim Araştırma ve Danışmanlık Ltd.Şti. Test Laboratuvarında yapılmıştır. ISO 10534-2 ve ASTM 1050-98 uluslararası standartlara göre iki mikrofonlu geçiş yöntemi kullanılmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR

Alkali işlem ile enginar liflerinin moleküler yapısı değiştirilmiş ve kristalin alanların oryantasyonu değiştirilerek amorf alanlar artırılmıştır. Hemideh ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada belirtildiği gibi<sup>4</sup> Sodyum hidroksit liflere nüfus etmiş ve bu işlem vasıtasıyla liflerdeki hemiselüloz ve lignin miktarı azaltılmıştır. Bu sayede alkaliye duyarlı OH grupları su molekülleri ile reaksiyona girerek ayrılmıştır. Lif yüzeyi Şekil 1’de görüldüğü gibi pürüzleştirilmiş ve sonraki işlemler için iyileştirilmiştir.



**Şekil 1** Yüzey modifikasyonu yapılmamış ve Sodyum hidroksit ile yüzey modifikasyonu yapılmış enginar gövde atık liflerinin morfolojik görüntüleri

Alkali işlem sonucunda, enginar gövde atık liflerinin lif çapları ve mukavemetleri azalmış ve % uzama değerleri Tablo 1’de verildiği gibi artmıştır.

**Tablo 1** Enginar gövde atık liflerinin mekanik özellikleri

Lif	Lif çapı (µm)	Mukavemet (Mpa)	%Uzama
Önişlem görmemiş lif	~210	246	1.5
Önişlem görmüş lif	~194	218	2.1

Dokusuz yüzey üretimi, yüzey modifikasyonu yapılmış ve yapılmamış liflerden farklı ağırlıklarda yapılmıştır. Yüzey modifikasyonu yapılmış ve yapılmamış liflerden elde edilen dokusuz yüzeylerin ses yutum özellikleri incelenmiş ve sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Enginar gövde atık liflerinin mekanik özellikleri endüstride kullanılan geleneksel lifler ile benzerlik gösterdiğinden, bu lifler ile üretilmiş dokusuz yüzeylerin de mekanik özellikleri ve ses yutum değerleri de geleneksel liflerle üretilen dokusuz yüzeylerin mekanik özellikleri ve ses yutum değerleri ile benzerlik göstermektedir. Tarımsal atıklardan elde edilen lifler düşük maliyetli, hafif, çevre dostu, yenilenebilir, geri dönüştürülebilir ve bozunabilirlerdir. Bu özellikleri ile tekstil, otomotiv, havacılık ve sağlık gibi birçok sektörde kullanılan geleneksel liflere iyi birer alternatif oluşturmaktadırlar.

## KAYNAKLAR

FAO

<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>,  
FAO 2014, reached by January 2017.

Fiore V, Valenza A, Di Bella G Artichoke (*Cynara cardunculus* L.) fibres as potential reinforcement of composite structures. *Composite Science and Technology*, 2011, p. 71.

Hamideh H et al Modification and Characterization of Hemp and Sisal Fibers. *Journal of Natural Fibers*, 2014, 11, 2, pp. 144-168.

TUIK [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), TUIK 2015, reached by January 2017.

# 3D Örgülü ve Tavuk Tüyü Takviyeli Biyokompozitler

Macid Nurbaş<sup>1</sup>, Hamed Ghorbanpoor<sup>2</sup>, Huseyin Avcı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Polimer Bilimi ve Teknoloji Bölümü, Eskişehir

<sup>3</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

[mnurbas@gmail.com](mailto:mnurbas@gmail.com)

## AMAÇ

Bu çalışmanın en önemli yönü, şu anda kullanılmakta olan tüm kompozit malzemelere yeni bir boyut ve anlayış getirmekte ve birçok alanda rahatlıkla kullanılabilecek yüksek performanslı 3D örgülü biyo-kompozit yapılar oluşturmaktır. Günümüzde en çok kullanılan kompozit tipi olan 2D laminatların en önemli dezavantajı belirli bir oranda kalınlık oluşturacak veya "z" yönünde fiber yönlendirmenin olmaması eksikliğini ortadan kaldıracak bir tasarımdır. Bu çalışmada 2D laminat yapıların bu eksikliklerini giderecek 3D tavuk tüyü takviyeli biyo-kompozit yapılar tasarlanmıştır.

## GİRİŞ

Günümüzde, yapı inşaatı, marin, otomotive ve havacılık sektörlerinde kullanılmak üzere metal ve seramiklere kıyasla daha dayanıklı ve mukavemeti yüksek olan polimer esaslı kompozit malzemelere rağbet gittikçe artmaktadır. Bu kompozitlerin avantajları işlenmesinde ve üretiminde yüksek basınç ve sıcaklıklara ihtiyaç duyulmaması ve basit ekipmanlarla üretilmesidir. Polimer matriksli kompozitlerin özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılmak üzere uygun takviye madde arayışları hızla sürmekte ve bunun sonucunda elde edilen kompozitlerin özellikleri hızla gelişmekte ve geniş uygulama alanında tercih edilir hale gelmektedir. Kompozit malzemelerin özellikleri takviye ve yapı malzemelerinin örneğin fiber ve reçine gibi bileşenlerin özelliklerine bağlıdır. Kompozit malzemelerde uygulanan yükün büyük bir kısmının lifler arasında dağılması nedeniyle takviye edici fiberlerin özellikleri ile kompozitlerin mukavemet ve sertliği arasında doğrudan bir ilişki kurmak mümkündür. Reçinler, fiberlerin kompozit içerisindeki pozisyonlarını korumasını ve daha da önemlisi yük transferini bileşik içineki liflere düzgün ve homojen olarak dağılmasını sağlar, bu nedenle fiber/reçine ara-yüzey özellikleri önem arz etmektedir; tokluk ve enine kırılma stresi dâhil olmak üzere bileşik

özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek mukavemetli ve fonksiyonel kompozit malzemeler imal etmek için bu üç etken, yani lif, reçine ve fiber/reçine ara-yüz özellikleri çok kritik öneme sahiptir. Genel olarak elyaf takviyeli polimer (FRP) veya parçacık takviyeli polimer (PRP) olarak iki tipi polimer esaslı kompozitler kullanılmaktadır: Doğal lifler (pirinç samanı, hint keneviri, sisal ve keten gibi lifli doğal bitkiler) ile yenilenebilir ve diğer kaynaklardan elde edilen polimerik matrislerin kombine edilmesi ile elde edilen bu çevre dostu malzemeler Biyo-kompozit veya "yeşil" kompozit olarak adlandırılmaktadırlar<sup>1</sup>. Özellikle son yıllarda maliyetin azaltılması ve küresel sürdürülebilirlik yönünden petrol esaslı liflerin kullanımı yerine geniş spektrumlu çevre dostu alternatif liflerin kullanımına ilgi artmaktadır<sup>2,3</sup>. Ayrıca doğal lifler sentetik liflere göre ucuz, biyolojik olarak parçalanabilen özelliklerinin yanında düşük termal genleşme katsayına, iyi ısı ve ses yalıtımına ve yüksek bükülme ve gerilme modülüne sahiptirler<sup>4</sup>. Ayrıca bu şekilde tasarlanan kompozit yapılar, düşük yoğunluğu ve iyi matriks-fiber uyumu gibi benzersiz özelliklere de sahiptirler<sup>5-8</sup>. Doğal elyaf takviyeli kompozit malzemelerin özellikleri aslında, bileşenlerin temel mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Doğal polimerik kompozitlerin performansını etkileyen en önemli faktörler arasında matriks içinde takviye malzemesi olarak kullanılan mikro-fiberlerin yapısı, bileşeni, konumu, açısı, kusurları ve hücre boyutları gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri saymak mümkündür<sup>4</sup>. Aynı zamanda doğal elyaf katkılı biyo-kompozitlerde dikkat edilmesi gereken unsurlar arasında liflerin hidrofilik veya polarite özellikleridir, bu özelliklerden dolayı polimerik matrikslerde özellikle zayıf ara yüzeylerin oluşması ve uyumsuzlukların meydana gelmesi gözlenmektedir. Bu tür sorunların yaşanmaması için ara yüzeylerin çeşitli kimyasallarla modifiye edilmesi gerekmektedir<sup>9,10</sup>.

## DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada 1-3 mm kalınlığında 3 boyutlu (3D) örgülü poliester kumaş, poliester/epoksi reçine ve takviye malzemesi olarak tavuk tüyü kullanılmıştır.

Vakum infüzyon yöntemiyle 3D örgü kumaşı %5, %10 ve %15 oranında tavuk tüyüyle desteklenerek poliester/epoksi esaslı 3D biyokompozit malzemeler tasarlanmıştır. Malzemelerin çekme, darbe ve eğime testleri yapılarak mekanik özelliği belirlenmiştir (Şekil 1). Kullanılan reçinelerin kompozit içindeki görevi, fiberlerin kompozit içerisindeki pozisyonlarını korumaya ve daha da önemlisi yük transferini bileşik içindeki liflere düzgün ve homojen olarak dağıtılmasını sağlar. Polyester esaslı kompozitlerin hazırlanmasında 100 ml polyester, hızlandırıcı olarak 1ml Kobalt Oktoat ve sertleştirici olarak 1ml Butanox-M60 Metil Etil Keton Peroksit kullanılmıştır. Epoksi esaslı kompozitlerin hazırlanmasında ise 70 ml epoksi ve 24 ml sertleştirici kullanılmıştır. Vakum infüzyonla üretilen polyester esaslı kompozitler oda sıcaklığında 24 saat süreyle kurlanmaya bırakılmıştır. Epoksi esaslı kompozitler ise 50 °C'da 18 saat süreyle kurlanmaya bırakılmıştır. Daha sonra numuneler eşit boyutlarda kesilerek analiz için hazırlanmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR

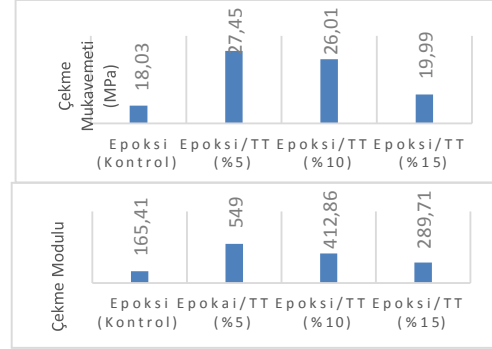
**Epoksi reçine kullanıldığında Çekme Testi:** Epoksi esaslı kompozitler de takviye malzemesi olarak kullanılan tavuk tüyünün kullanım oranı kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini etkilemiştir. Yapılan çekme testleri sonucunda %5 tavuk tüyü kullanıldığında çekme mukavemeti %152, %10 kullanıldığında %144 ve %15 kullanıldığında ise %110 civarında kontrol numuneye göre arttığı ancak, çekme mukavemetinin tavuk tüyü miktarının artmasıyla azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan tavuk tüyü oranının artmasıyla uzama oranının arttığı ve buna bağlı olarak çekme modülün azaldığı da saptanmıştır (tablo 1. ve şekil 2.).

Tablo 1. Epoksi esaslı ve tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin çekme testi

Numuneler	Çekme Mukavemeti (MPa)	Çekme Modülü (MPa)
Epoksi (Kontrol)	18,03	165,41
Epoksi/TT (%5)	27,45	549
Epoksi/TT (%10)	26,01	412,86
Epoksi/TT (%15)	19,99	289,71



Şekil 1. vakum infüzyon yöntemiyle üretilen kompozitler



Şekil 2. Epoksi esaslı ve tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin çekme mukavemeti ve modülü

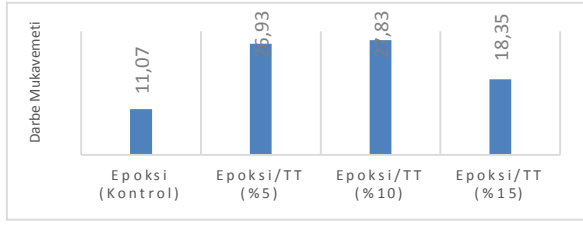


Şekil 3. Epoksi esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozitlere çekme testi uygulandıktan sonraki görüntüler

**Epoksi reçine kullanıldığında Darbe testi:** Farklı oranlarda tavuk tüylü kullanılarak elde edilen kompozit malzemeler uygulanan darbe testinin sonuçları Tablo 2. ve Şekil 4. de verilmiştir. Ancak, %5 ve %10 tavuk tüyü kullanıldığında darbe mukavemeti %15 oranına göre daha fazladır. Hiç tavuk tüyü kullanılmadığında ise en iyi sonuç alınmıştır, buda tavuk tüyünün takviye malzemesi olarak kullanılmasının darbe mukavemetini ters yönde etkilendiğini gösteriyor.

Tablo 2. Epoksi esaslı ve tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin darbe testi.

Numuneler	Darbe mukavemeti (Kj/m <sup>2</sup> )
Epoksi (Kontrol)	11,07
Epoksi/TT (%5)	26,93
Epoksi/TT (%10)	27,83
Epoksi/TT (%15)	18,35

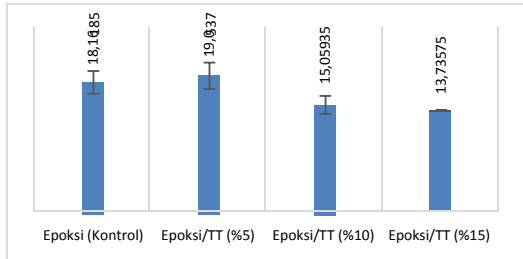


Şekil 4. Epoksi esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin darbe mukavemeti

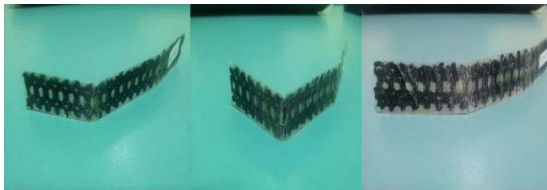
**Epoksi reçine kullanıldığında Eğme testi:** Epoksi esaslı kompozitlerde takviye malzemesi olarak kullanılan tavuk tüyünün kullanım oranı kompozit malzemelerin eğme mukavemetini etkilediği ancak, tavuk tüyü oranını artmasıyla azaldığı gözlenmiştir (Tablo 3. Ve Şekil 5.).

Tablo 3. Epoksi esaslı ve tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin eğme testi

Numuneler	Eğme mukavemeti (MPa)
Epoksi (Kontrol)	18.161 ± 1.565
Epoksi/TT (%5)	19.053 ± 1.807
Epoksi/TT (%10)	15.059 ± 1.241
Epoksi/TT (%15)	13.537 ± 0.665



Şekil 5. Epoksi esaslı ve tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin eğme mukavemeti

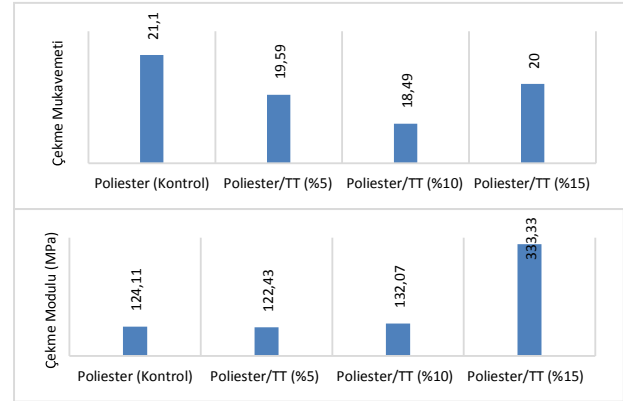


Şekil 6. Eğme testinden sonra, epoksi esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin görüntüleri

**Poliester reçine kullanıldığında uygulanan Çekme, darbe ve eğme testlerin sonuçları aşağıda verilmiştir.** Çekme testinde en iyi sonuç tavuk tüyü %15 kullanıldığında elde edilmiştir (Tablo 4. Ve Şekil 7.).

Tablo 4. Poliester esaslı ve tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin çekme testi

Numuneler	Çekme Mukavemeti (MPa)	Çekme Modülü (MPa)
Poliester (Kontrol)	21.10	124.11
Poliester/TT (%5)	19.59	122.43
Poliester/TT (%10)	18.49	132.07
Poliester/TT (%15)	20	333.33



Şekil 7. Poliester esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin çekme mukavemeti ve çekme modülü

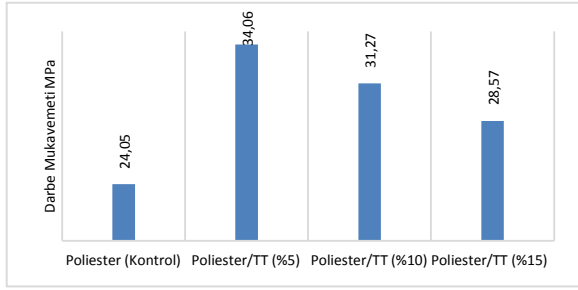


Şekil 8. Çekme testinden sonra poliester esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin görüntüleri

Poliester reçine kullanılarak elde edilen kompozitlere uygulanan darbe testi sonuçları Tablo 5. ve şekil 9.'da verilmiştir, en iyi sonuç tavuk tüyü %5 kullanıldığında elde edilmiştir.

Tablo 5. Poliester esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin darbe testi.

Numuneler	Darbe mukavemeti (KJ/m <sup>2</sup> )
Poliester (Kontrol)	24.05
Poliester/TT (%5)	24.06
Poliester/TT (%10)	31.27
Poliester/TT (%15)	23.37

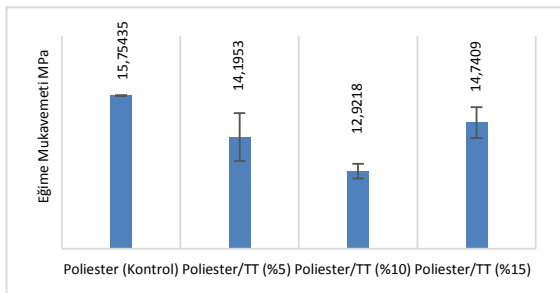


Şekil 9. Poliester esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin darbe mukavemeti

Poliester reçine kullanılarak elde edilen kompozitlere uygulanan eğime testi sonuçları Tablo 6. ve şekil 10.'da verilmiştir, sonuçlara göre tavuk tüyü kullanıldığında eğime mukavemetinin azaldığı gözlenmiştir.

Tablo 6. Polister reçine için tavuk tüyü ile hazırlanan numunelerin eğime testi.

Numuneler	Eğime mukavemeti (MPa)
Poliester (Kontrol)	15.754 ± 0.004
Poliester/TT (%5)	14.195 ± 0.898
Poliester/TT (%10)	12.921 ± 0.275
Poliester/TT (%15)	14.740 ± 0.581



Şekil 10. Poliester esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin eğime mukavemeti



Şekil 11. Poliester esaslı tavuk tüyü takviyeli kompozit malzemelerin eğime testinden sonra elde edilen görüntüler

## GENEL SONUÇ

3D kompozit malzemelerde tavuk tüyü takviye malzemesi olarak kullanıldığında kompozitlerin mekanik özelliklerinin etkilendiği gözlenmiştir. Kompozitlerde matris reçinesi olarak epoksi ve poliester kullanılmıştır. Darbe ve eğime test sonuçlarına göre tavuk tüyü takviyesiyle en iyi sonuç epoksi/TT (%5) kullanıldığında elde edilmiştir, ayrıca epoksi esaslı kompozitlerde tavuk tüyü kullanımıyla eğime mukavemetinin azaldığı gözlenmiştir.

## KAYNAKLAR

[1]Mitra B. C., (2014), Environment friendly composite materials: Biocomposites and Green composites. Defence Science Journal, Vol 64(3), pp 244-261.

[2] Michael P.M. D., Peter F. D., Anna B. B., Guillaume F., Mark K. H., Paul M. W., (2014), Green composites: A review of material attributes and complementary applications, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 56, pp 280-289, doi:10.1016/j.compositesa.2013.10.014.

[3] Samar M., Ramzi K., Fedia B., Ragab E. A., Fouad M., Farouk M., (2014), Characterization of Composite Materials Based on LDPE Loaded With Agricultural Tunisian Waste, Polymer Composites, DOI: 10.1002/pc.23001

[4] Kalia S., Kaith B., Kaur I., (2009), Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites A review, Polym. Eng. Sci., Vol. 49, pp 1253-1272.

[5] Alcock B., Cabrera N. O., Barkoula N. M., Loos J., Peijs. T., (2006), The mechanical properties of unidirectional all-polypropylene composites, Compos. A Appl. Sci. Manuf., Vol. 37, pp 716-726.

[6] Abraham T. N., George K. E., (2009), Studies on recyclable nylon-reinforced PP composites: Effect of fiber diameter, J. Thermoplast. Compos. Mater., Vol. 22, pp 5-20.

[7] Khondker O., Fukui T., Inoda M., Nakai A., (2004), Hamada H., Fabrication and mechanical properties of



aramid/nylon plain knitted composites, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, Vol. 35, pp 1195 – 1205.

[8] Matabola K. P., Vries A. R., Moolman F. S., Luyt A. S., (2009), Single polymer composites: A review, *J. Mater. Sci.*, Vol. 44, pp 6213 – 6222.

[9] Azwa Z. N., Yousif B. F., Manalo A. C., Karunasena W., (2013), A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres, *Mater. Des.*, Vol. 47, pp 424 – 442.

[10] Shalwan A., Yousif B. F., (2014), Investigation on interfacial adhesion of date palm/epoxy using fragmentation technique, *Mater. Des.*, Vol. 53, pp 928 – 937.

# Karbon Fiber-Epoksi/ Al Bal Peteği Kompozit Sandviç Yapıların Mekanik ve Ara Yüzey Davranışlarının İncelenmesi

Mehmet Ziya OKUR <sup>(1,2)</sup>, Serkan KANGAL <sup>(2)</sup>, Metin TANOĞLU <sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> İnnoma İnovatif Malzeme Teknolojileri San. ve Tic. Ltd. Şti, 35430, İzmir

<sup>(2)</sup> İYTE, Makina Müh. Böl. ,35430, İzmir

[metintanoglu@iyte.edu.tr](mailto:metintanoglu@iyte.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada, karbon fiberler ile takviyelendirilmiş polimer kompozit yüzey (kabuk) tabakaları ve farklı kalınlıklarda, alüminyum (Al) esaslı bal peteği geometrisine sahip ara tabakadan oluşan kompozit sandviç yapılar geliştirilmiştir. Al ara tabakalar, vakum infüzyon tekniği ile üretilen karbon fiber/epoksi kompozit yüzey tabakaları ile lamine edilerek birleştirilmiştir. Elde edilen kompozit sandviç yapıların mekanik davranışlarını belirlenmesi amacıyla, ilgili standartlara uygun olarak testlere tabi tutulmuş ve ara tabaka kalınlığındaki değişimin sandviç yapının mekanik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca kırılma modları ve ara yüzey ayrılmaları gözlemlenmiştir.

## GİRİŞ

Genel olarak, bir kompozit sandviç yapı, ince, rijit ve mukavemeti yüksek iki yüzey plakası arasına; kalın, hafif ve yapıyla uyumlu bir ara tabaka malzemesinin sandviç edilmesiyle elde edilir. Bu yapılar hafiflik ve rijitliğin yanısıra yüksek eğilme ve kayma mukavemetine sahip olduklarından dolayı; başta uydular, hava araçları, otomobiller, trenler, denizcilik uygulamaları ve rüzgar enerji sistemleri olmak üzere çok çeşitli yapısal uygulamada kullanılmaktadır <sup>[1, 2]</sup>. Ayrıca, bu yapılar çarpışma durumunda çarpma enerjisinin büyük bir kısmının emilmesini sağlarlar <sup>[3]</sup>.

Ara tabaka malzemesi, metalik veya polimerik köpükler, altıgen ve kare bal peteği ara tabakaları ve çeşitli kafes kiriş sistemleri gibi düşük yoğunluklu malzeme veya yapılardan seçilmektedir<sup>[4]</sup>. Uygulamalarda çok çeşitli hücre konfigürasyonları mümkün olmasına rağmen, altıgen bal peteği ara tabakası yaygın olarak kullanılan ara tabaka konfigürasyonudur <sup>[5]</sup>. Piyasada geniş çapta yer tutan bu konfigürasyon, genel olarak termoplastikler (PP),

kevlar, nomex, alüminyum (Al) veya doğal fiberlerden de üretilebilir <sup>[6-10]</sup>.

Literatürde, sandviç yapıların yüzeysel çekme, eğilme ve kayma gibi özelliklerini içeren mekanik davranışları, deneysel olarak geniş ölçüde incelenmiş ve modellenmiştir <sup>[8, 10-12]</sup>. Al bal peteği

esaslı sandviç yapıların hem yarı-statik hemde dinamik mekanik davranışları çeşitli çalışmalarda incelenmiştir<sup>[3, 5, 13-18]</sup>. Ayrıca, Chi ve diğerleri, tabaka kalınlığının sandviçin darbe/çarpma özelliklerine etkisini inceleyerek<sup>[19]</sup> ara tabaka kalınlık artışının, ara tabakanın sıkılaştırma başlangıcını geciktirdiğini ve arka yüzey plaka sapmasını ve yırtılmasını da azalttığını gözlemlenmişlerdir. Büyük boyutlu sandviç yapılarda, ara tabakada süreksizlikler ortaya çıkabilmektedir. Fotsing ve diğerleri, yarı-statik yüklerde bu süreksizliklerin etkilerini incelemiştir<sup>[20]</sup>.

Kompozit sandviç yapıların farklı biçimlerde yüklenmesine bağlı olarak farklı kırılma modları sergilediği çok sayıda değişik çalışmalarda görülmüştür. Yüzeye dik olarak yükleme yapılan sandviç yapılarda üç genel çökme modu gözlenmiştir. Bu yapılarda arzu edilen kırılma mekanizması en çok enerji soğurabilen ve ortalama olarak en yüksek yükü taşıyabilen, basma yükünü en iyi dağıtan mekanizmadır. Ayrıca bu yükleme koşullarında sandviç yapıda bir eğilme gözlenmemekle birlikte, yüzey plakaları ve ara tabaka malzemesi birbirinden ayrılmamaktadır. Sandviç panellerin basma kuvvetine karşı tepkisi ve ezilme özellikleri, yüzey plakalarının özellikleri ve sandviç geometrisinden ziyade ara tabaka malzemesine bağlıdır<sup>[3]</sup>. Sandviç yapılara uygulanan bir diğer test olan üç nokta eğme (3PB) testi ile panelin eğme dayanımı, ara tabakanın kayma gerilmesi ve modülü ile yüzey tabakaların eğme

gerilmeleri belirlenebilmektedir [23]. Üç nokta eğme testinde; tüm kirişler, ara tabaka malzemesinin erken kayma deformasyonundan dolayı kırılırlar ve kayma kuvvetinin iki katı olan hasar yükü, farklı destek aralıkları için yaklaşık olarak sabit kalır. Yani destek aralığı azaldığında, uygulanan maksimum moment ve dolayısıyla yüzey plakalarının maksimum kırılma gerilmesi azalır. Böylece, kiriş üzerinde kayma gerilmeleri arttırılır [24].

## DENEYS EL

### Malzeme

Sandviç kompozitlerin üretiminde, karbon elyaf takviyeli kompozit kabuklar ve alüminyum esaslı bal peteği şekilli ara tabakaları (Altigen™) lamine edilmiştir. Yüzey tabakalarında örgüsüz tek yönlü karbon elyaf (Metyx™ CWUD 500A) katmanları kullanılarak 0/90° yönelimine sahip kompozitler üretilmiştir. Matris malzemesi olarak epoksi reçine/katalizör (Momentive™ H160/L160) kullanılmıştır.

### Yöntem

Sandviç yapılar yaklaşık 10 kPa basınç altında laminasyon işlemi ile oda sıcaklığında kurlenmiştir. Deneylerde, üç farklı ara tabaka kalınlığı (6, 21, 46 mm) kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan sandviç yapı örnekleri

Hazırlanan numuneler 30 dk oda sıcaklığında bekletildikten sonra 35 dk 60 °C'de post kürlemeye tabi tutulmuştur. Ardından oda sıcaklığında bir hafta bekletilmiştir. Elde edilen sandviç yapıların (Şekil 1) mekanik testleri, Shimadzu AG-IC 100 kN mekanik test cihazı (5 kN ve 100 kN yük hücreleri ile) kullanılarak ASTM standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Yanal basma, yüzeysel basma ve üç nokta eğme testleri ile sandviç yapının basma ve eğme gerilme-gerinim davranışları, kırılma mukavemetleri ve modül değerleri belirlenmiştir. Her kompozit grubundan en az beş numune test edilmiştir. Yüzeysel basma ve çekme testleri 0.5 mm/dakika, üç nokta eğme testi ve mode-1 peel testleri ise 5 mm/dakika hızlarında gerçekleştirilmiştir.

## DENEYS EL SONUÇLAR VE TARTIŞ MA

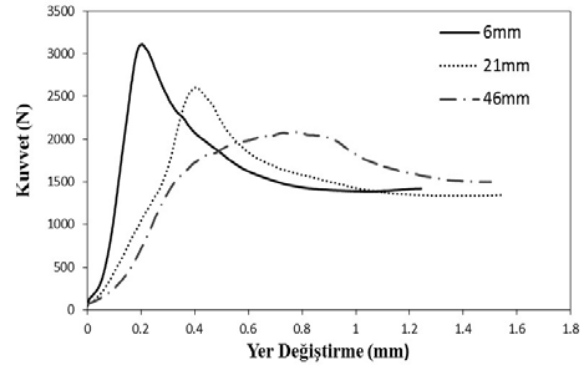
6, 21, ve 46 mm kalınlıklara sahip bal peteği yapıların optik mikroskop yardımıyla hücre duvar kalınlıkları ölçülerek sırasıyla  $45.3 \pm 3.7$ ,  $43.5 \pm 1.9$  ve  $44.1 \pm 3.1$   $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur.

Sandviç yapının diğer ana bileşeni olan yüzey plakalarında karakterize edilmiş ve belirlenen mekanik özellikleri tablo 1 de özetlenmiştir.

Tablo 1: Yüzey plakalarına ait mekanik özellikleri

	Mukavemet (MPa)	Elastik Modül (GPa)
<b>Çekme</b>	$671.7 \pm 15.5$	$61.4 \pm 4$
<b>Eğme</b>	$640.52 \pm 35.95$	$42.03 \pm 5.43$
<b>Basma</b>	$367.81 \pm 24.85$	$7.88 \pm 0.66$
<b>Ara tabaka kesme mukavemeti</b>		$39.3 \pm 1.8$ MPa
<b>Volümetrik fiber oranı</b> ~0.54		

Sandviç kompozit yapıların yüzeysel basma yükleri altındaki tipik mekanik davranışı Şekil 2'de verilmiştir. Yük-deformasyon eğrileri incelendiğinde, ilk doğrusal kısımda elastik davranış, maksimum yük değeri aşıldıktan hemen sonra ise, Al ara tabaka duvarlarının deformasyonu nedeniyle, bir düşüş gözlenmiştir. Şekil 3'te ise deney öncesi ve sonrası numunelerde deformasyongörülmektedir.



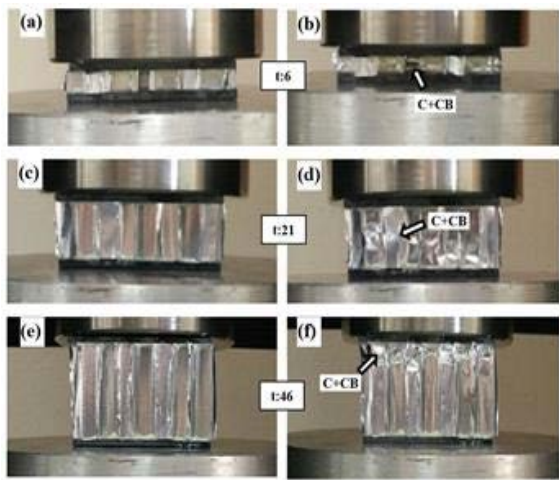
Şekil 2. Değişik kalınlıkta (6,21 ve 46 mm) Al bal peteği ara tabaka içeren kompozit sandviçlerin yüzeysel basma deneyi sonrası tipik kuvvet-yer değiştirme grafiği

Şekil 4'te ise kuvvet arttıkça sandviç yapının verdiği davranış biçimi farklı yer değiştirme miktarlarına göre gösterilmiştir. Tablo 2 de görüldüğü gibi, mukavemet ve modül değerlerinin ara tabaka kalınlığının artışı ile azaldığını gözlenmiştir. Basma yükü altında, ara tabaka kalınlığı boyunca uzanan bal peteği duvarlarının öncelikle elastik deformasyonu ve maksimum yükler altında duvarların eğilmesi ve kıvrım oluşturarak ezilme

gösterdiği gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar literatürde yer almaktadır [25].

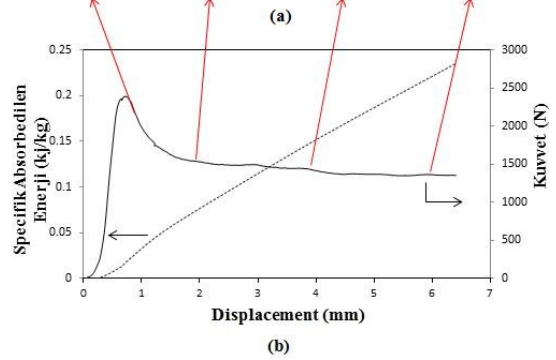
Tablo 2. Farklı kalınlıklara sahip karbon-epoksi/Al balpeteği kompozit sandviç yapıların yüzeysel basma test sonuçları

Ara tabaka kalınlığı (mm)	Elastik Modül (MPa)	Basma Mukavemeti (MPa)
6	13.52 ± 3.00	0.56 ± 0.094
21	18.20 ± 5.41	0.44 ± 0.080
46	45.00 ± 12.80	0.41 ± 0.045

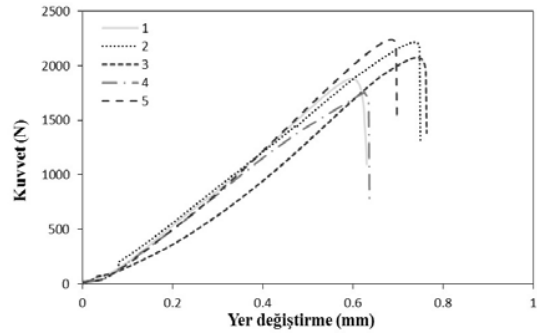


Şekil 3. Değişik ara tabaka kalınlıklarında Al balpeteği ile üretilmiş sandviç yapıların yüzeysel basma testi öncesi ve sonrası görüntüleri ( C: rezilme, CB: ara tabaka burkulması, t: kalınlık)

Yüzeysel basma yüklemesine maruz bırakılan 46 mm ara tabaka kalınlığına sahip sandviç yapının belirli ilerlemelerdeki çökme davranışı, ayrıca kuvvet-yer değiştirme ve spesifik absorbedilen enerji ( $E_{s,a}$ ) grafikleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Kuvvet-yer değiştirme grafiğinde, maksimum yük seviyesinden sonra hücre duvarlarındaki burkulmadan dolayı ani bir çökme meydana gelmiş ve yük değerinde ciddi bir düşüş olmasına müteakip sabit gerilmeye artan deformasyon gözlenmiştir. Bu bölgede hücre duvarları katlanarak yoğunlaşmaya başlar ve yükleme boyunca daha fazla enerji absorbe eder.



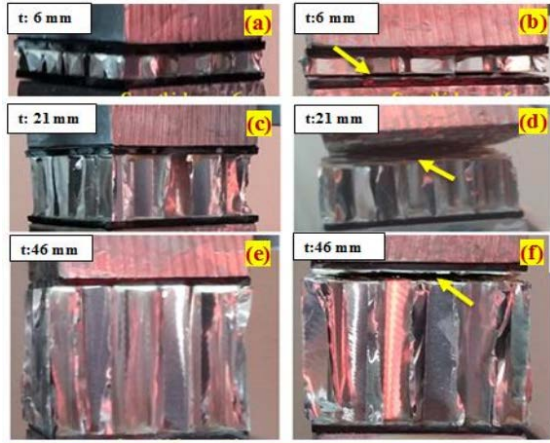
Şekil 4. 46 mm ara tabaka kalınlığına sahip sandviç yapının (a) belirli ilerlemelere ait çökme resimleri ve (b) kuvvet-yer değiştirme ve spesifik absorbedilen enerji ( $E_{s,a}$ ) grafikleri



Şekil 5. 6 mm ara tabaka kalınlığına sahip olan numunelerin çekme yükündeki kuvvet yer değiştirme grafiği

Tablo 3. Farklı kalınlıklara sahip karbon-epoksi/Al balpeteği kompozit sandviç yapıların yüzeysel çekme test sonuçları

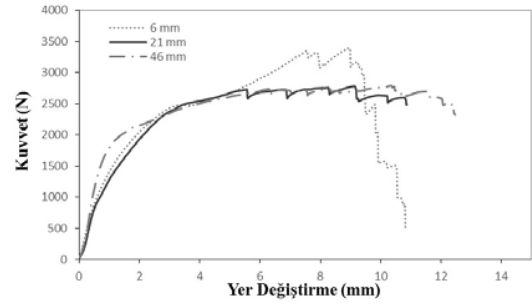
Ara Tabaka Kalınlığı (mm)	Maksimum Kuvvet (N)	Yüzeysel Çekme Mukavemeti (Mode I açılma) (MPa)
6	1943 ± 387	0.76 ± 0.15
21	1728 ± 370	0.67 ± 0.14
46	1510 ± 574	0.59 ± 0.22



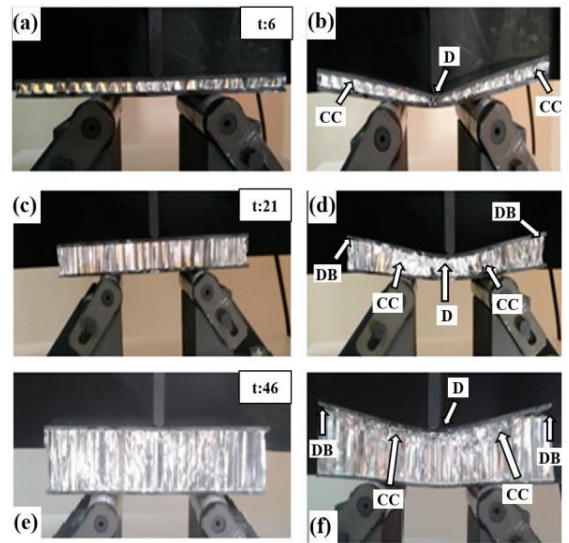
Şekil 6. Yüzeysel çekme deneyi (Mode-I) numunelerinin deney öncesi (a-c-e) ve sonrası fotoğrafları (b-d-f) (Ara yüzey ayrılma bölgeleri görülmekte)

Yüzeysel çekme deneyleri ile sandviç yapının çekme yükü altındaki (Mode I) davranışı belirlenmiştir. Örnek olarak, Şekil 5’de 6 mm ara tabaka kalınlığına sahip olan numunelerin çekme yükündeki kuvvet yer değiştirme grafiği görülmektedir. Deneyde öncelikle doğrusal bir kuvvet artışı gözlemlenmekte, ardından Şekil 6’da de görüleceği gibi ara tabaka malzemesi ile yüzey tabakası arasındaki ara yüzeyde ani kopmalar gerçekleşmiştir. Tablo 3’te verilen değerlerde ara tabakanın herhangi bir etkisi olmamaktadır ve yüzeysel çekme deneylerinde adhesiv birleşmenin olduğu ara yüzey mukavemeti belirleyici olmaktadır.

Şekil 7’de görüldüğü gibi, üç nokta eğme yükleri altında değişik kalınlıklarda bal peteği şekilli ara tabakalı karbon elyaf / epoksi kompozit sandviç yapıların kuvvet-yer değiştirme grafikleri benzer bir trend göstermiştir. Ayrıca, benzer deformasyon modları sergilemişlerdir. Şekil 8’de görüleceği üzere, 6mm ara tabaka kalınlığına sahip sandviç yapıda, eğilme yükü altında önce ara tabakada ezilmeler meydana gelirken, yüzey plakasında oluşan delaminasyon ile kuvvet-yer değiştirme grafiğinde kuvvette görülen ani düşüş eş zamanlı gerçekleşmiştir. Diğer 21 ve 46 mm ara tabaka içeren sandviç yapılar benzer modlarda kırılmış ve ara tabaka ezilmesi ve devamında yüzey plakasının delamine olarak deformasyonu gözlenmiştir ve yapının uç kısımlarında ara yüzeyde ayrılmalar ile yapı tamamen deforme olmuştur. Tablo 4’de görüldüğü gibi, üç nokta eğme testi ile ara tabaka kayma gerilmesi, sandviç kiriş eğilmesi ve yüzey kompozit tabaka eğme gerilmesi değerlerinin ara malzeme kalınlığının artmasına bağlı olarak azaldığı ve yine ara tabaka kalınlığı arttıkça da panelin bükülme direnci ve kayma rijitliğini ciddi ölçüde arttırdığını göstermektedir.



Şekil 7. Üç nokta eğme yükleri altında değişik kalınlıklarda bal peteği şekilli ara tabakalı karbon elyaf / epoksi kompozit sandviç kompozitin kuvvet-yer değiştirme grafikleri



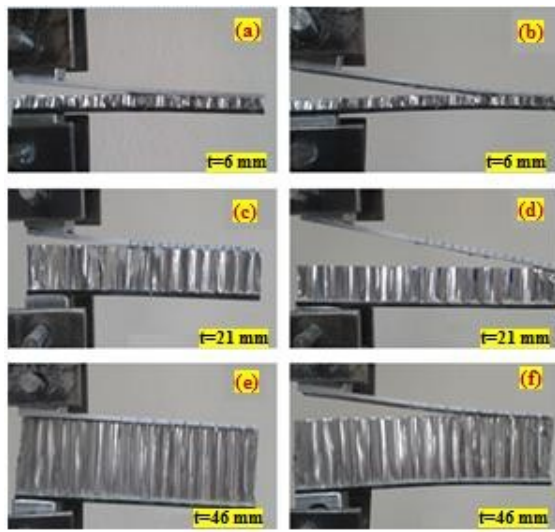
Şekil 8. Değişik ara tabaka kalınlıklarında Al bal peteği ile üretilmiş sandviç yapıların üç nokta eğme testi öncesi ve sonrası görüntüleri (C:ara tabaka ezilmesi, DB: ara yüzeyin ayrılması, D: katman ayrılması, t: kalınlık)

Tablo 4 Farklı kalınlıklara sahip karbon-epoksi/Al balpeteği kompozit sandviç yapıların üç nokta eğme test sonuçları

Ara Tabaka Kalınlığı (mm)	Ara Tabaka Kayma Gerilmesi (MPa)	Sandviç Kiriş Eğilmesi (mm)	Panel Bükülme Direnci (Pa.m <sup>3</sup> )	Panel Kayma Rijitliği (kN)	Yüzey Plakalarının Eğilme Gerilmesi (MPa)
6	2.85 ± 0.22	14.91 ± 1.26	361.2 ± 38.8	14.078 ± 0.55	52.0 ± 4.4
21	0.84 ± 0.08	2.07 ± 0.14	5047.4 ± 112.2	78.90 ± 2.75	15.9 ± 0.9
46	0.45 ± 0.03	0.76 ± 0.04	35261.6 ± 670.5	210.85 ± 2.64	8.8 ± 0.2

Değişik ara tabaka kalınlıklarında Al bal peteği ile üretilmiş sandviç yapıların Mode-I sıyrılma testine tabii tutulmuş ve ara yüzeyde ani sıyrılmalar

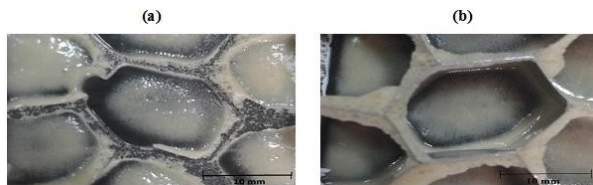
gözlenmiştir. Test öncesi ve sonrası görüntüleri, Şekil 9'da gösterilmiş olup, ayrılma ara yüzeydeki yapıştırıcı yüzeyinde gerçekleşmiştir. Şekil 10'da gösterildiği gibi, test sonrasında hem yüzey plakasına hemde ara tabaka malzemesine ait ara yüzeyler incelenmiştir. Elde edilen görüntülerde küresel pürüzsüz yüzeylerin yapıştırıcının dolgu malzemesi olduğu ve ayrılmanın bu dolgu malzemesi ile yapıştırıcı malzeme arasında gerçekleştiği gözlenmiştir. Sonuç olarak Tablo 5'de verilen değerlerin ara tabaka kalınlığından bağımsız olduğu ve ara yüzeyin bağlanma mukavemetini önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 9. Değişik ara tabaka kalınlıklarında Al bal peteği ile üretilmiş sandviç yapıların Mod-1 sıyrılma testi öncesi ve sonrası görüntüleri

Tablo 5. Farklı kalınlıklara sahip karbon-epoksi/Al balpeteği kompozit sandviç yapıların mode-1 peel test sonuçları

Ara Tabaka Kalınlığı (mm)	Sıyrılma dayanımı (N/mm)
6	1.15±0.26
21	1.12±0.48
46	1.69±0.93



Şekil 10. Yüzey plakası (a) ve Al bal peteği (b) Mode-1 sıyrılma testi sonrası görüntüleri

## GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, alüminyum esaslı bal peteği şekilli ara tabaka (core) malzemesi ile karbon fiber / epoksi matristen oluşan polimerik kompozit kabuklardan üretilmiş sandviç yapılar geliştirilmiştir. Geliştirilen sandviçlerin mekanik davranışı yanal basma, yüzeyel basma, üç nokta eğme testleri ile belirlenmiştir. Yüzeyel basma sonucunda, belli deformasyon değerleri üzerinde bal peteği hücre duvarlarının katlanıp ezildiği ve hücrelerin yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Üç nokta eğme testi sonuçlarından, ara tabaka kalınlık artışı ile ara tabaka kayma gerilmesinin ve yüzey tabakası eğme gerilmesinin düştüğü gözlenmiştir. Son olarak, mode-I yüzeyel çekme ve sıyrılma test sonuçları ara yüzeyin bağlanma özelliklerini gösterdiği ve ara tabaka kalınlığının bir fonksiyonu olmadığı görülmüştür.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Devam eden çalışmalar ile kompozit sandviçlerin mekanik davranışının analizi sürdürülecek ve yapıların davranışları sonlu elemanlar tekniği ile modellenecektir.

## KAYNAKLAR

- [1] B. P. Hasseldine, A. T. Zehnder, B. D. Keating, A. K. Singh, and B. D. Davidson, "Compressive strength of aluminum honeycomb core sandwich panels with thick carbon-epoxy facesheets subjected to barely visible indentation damage," *J. Compos. Mater.*, vol. 50, no. 3, pp. 387–402, 2016.
- [2] J. R. Vinson, "Sandwich structures: Past, present and future," in *Proceedings of the 7th International Conference on Sandwich Structures*, 2005, pp. 3–12.
- [3] A. G. Mamalis, D. E. Manolacos, M. B. Ioannidis, and D. P. Papapostolou, "On the crushing response of composite sandwich panels subjected to edgewise compression: Experimental," *Compos. Struct.*, vol. 71, no. 2, pp. 246–257, 2005.
- [4] H. N. G. Wadley, "Multifunctional periodic cellular metals," *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, vol. 364, no. 1838, pp. 31–68, Jan. 2006.
- [5] M. Amraei, M. Shahravi, Z. Noori, and A. Lenjani, "Application of aluminium honeycomb sandwich panel as an energy absorber of high-speed train nose," *J. Compos. Mater.*, vol. 48, no. 9, pp. 1027–1037, 2014.

- [6] D. Asprone, F. Auricchio, C. Menna, S. Morganti, A. Prota, and A. Reali, "Statistical finite element analysis of the buckling behavior of honeycomb structures," *Compos. Struct.*, vol. 105, pp. 240–255, 2013.
- [7] M. Giglio, A. Gilioli, and A. Manes, "Numerical investigation of a three point bending test on sandwich panels with aluminum skins and Nomex honeycomb core," *Comput. Mater. Sci.*, vol. 56, pp. 69–78, 2012.
- [8] B. P. Russell, T. Liu, N. a. Fleck, and V. S. Deshpande, "Quasi-Static Three-Point Bending of Carbon Fiber Sandwich Beams With Square Honeycomb Cores," *J. Appl. Mech.*, vol. 78, no. 3, p. 31008, 2011.
- [9] J. Xiong, L. Ma, A. Stocchi, J. Yang, L. Wu, and S. Pan, "Bending response of carbon fiber composite sandwich beams with three dimensional honeycomb cores," *Compos. Struct.*, vol. 108, pp. 234–242, Feb. 2014.
- [10] A. Stocchi, L. Colabella, A. Cisilino, and V. Álvarez, "Manufacturing and testing of a sandwich panel honeycomb core reinforced with natural-fiber fabrics," *Mater. Des.*, vol. 55, pp. 394–403, Mar. 2014.
- [11] R. K. Narasimhan and D. Zeleniakiene, "Modelling of Honeycomb Core Sandwich Panels with Fibre Reinforced Plastic Facesheets and Analysing the Mechanical Properties," in *Baltic Polymer Symposium 2015*, 2015.
- [12] A. Shahdin, L. Mezeix, C. Bouvet, J. Morlier, and Y. Gourinat, "Fabrication and mechanical testing of glass fiber entangled sandwich beams: A comparison with honeycomb and foam sandwich beams," *Compos. Struct.*, vol. 90, no. 4, pp. 404–412, 2009.
- [13] E. Kara, V. Crupi, G. Epasto, E. Guglielmino, and H. Aykul, "Mechanical Behaviour of Glass Fiber Reinforced Aluminium Honeycomb Sandwiches," in *19th International Conference on Composite Materials*, 2013.
- [14] E. Kara, V. Crupi, G. Epasto, E. Guglielmino, and H. Aykul, "Flexural Behaviour of Glass Fiber Reinforced Aluminium Honeycomb Sandwiches in Flatwise and Edgewise Positions," in *ECCM - 16th European Conference on Composite Materials*, 2014.
- [15] J. U. Cho, H. K. Choi, S. Lee, C. Cho, and M. S. Han, "Experimental study of the impact characteristics of sandwich composites with aluminum honeycomb cores," *Int. J. Automot. Technol.*, vol. 14, no. 3, pp. 415–421, 2013.
- [16] J. K. Paik, A. K. Thayamballi, and G. S. Kim, "The strength characteristics of aluminum honeycomb sandwich panels," *Thin-Walled Struct.*, vol. 35, pp. 205–231, 1999.
- [17] S. Shi, Z. Sun, X. Hu, and H. Chen, "Carbon-fiber and aluminum-honeycomb sandwich composites with and without Kevlar-fiber interfacial toughening," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 67, pp. 102–110, Dec. 2014.
- [18] G. Zhou, M. Hill, J. Loughlan, and N. Hookham, "Damage Characteristics of Composite Honeycomb Sandwich Panels in Bending under Quasi-static Loading," *J. Sandw. Struct. Mater.*, vol. 8, no. 1, pp. 55–90, Jan. 2006.
- [19] Y. Chi, G. S. Langdon, and G. N. Nurick, "The influence of core height and face plate thickness on the response of honeycomb sandwich panels subjected to blast loading," *Mater. Des.*, vol. 31, no. 4, pp. 1887–1899, 2010.
- [20] E. R. Fotsing, C. Leclerc, M. Sola, A. Ross, and E. Ruiz, "Mechanical properties of composite sandwich structures with core or face sheet discontinuities," *Compos. Part B Eng.*, vol. 88, pp. 229–239, 2016.
- [21] H. R. Tuwair, "Development, testing, and analytical modeling of fiber-reinforced polymer bridge deck panels," Missouri University of Science and Technology, 2015.
- [22] A. C. Manalo, T. Aravinthan, and W. Karunasena, "Mechanical properties characterization of the skin and core of a novel composite sandwich structure," *J. Compos.*
- [23] M. Y. Solmaz, M. O. Kaman, K. Turan, and T. Aydın, "Petek Yapılı Kompozit Levhaların Eğilme Davranışlarının İncelenmesi," *Fırat Üniv. Mühendislik Bilim. Derg.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–11, 2010.
- [24] I. M. Daniel and J. L. Abot, "Fabrication, testing and analysis of composite sandwich beams," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 60, pp. 2455–2463, 2000.
- [25] L. Aktay, A. F. Johnson, and B.-H. Kröplin, "Numerical modelling of honeycomb core crush behaviour," *Eng. Fract. Mech.*, vol. 75, no. 9, pp. 2616–2630, 2008.

# Elyaf Sarma ile Üretilen Kompozit Basınçlı Kapların Farklı Yükleme Durumlarında Modellenmesi

PEHLİVAN Alparslan<sup>1</sup>, POLAT, Yusuf<sup>1,2</sup>, KILIÇ, Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Tek. Üni., TEMAG Lab., 34437 Gümüşsuyu, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Marmara Üni., Mühendislik Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye

[alikilic@itu.edu.tr](mailto:alikilic@itu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada kompozit malzemeler incelenmiştir. Kompozit üretimi için elyaf sarma tekniği araştırılmıştır. Daha sonra çalışmanın, anizotropik malzemeden üretilmiş sonlu uzunluktaki silindirik bir yapının matematiksel modeli ve sonlu elemanlar çözümü yapılmıştır.

## GİRİŞ

Günümüzde mühendislik uygulamaları için 50,000'den fazla malzeme çeşidi kullanılmaktadır. Geniş malzeme seçimine bağlı olarak malzemenin ve üretim şeklinin seçimi zorlaşmaktadır. Tüm malzemeleri tek tek incelemek yerine, basitleştirme nedeniyle geniş bir sınıflandırma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Sertlik, mukavemet, yoğunluk vb. gibi temel özelliklere bağlı olarak malzemeler dört ana bölüme ayrılmıştır, bunlar: Metaller, plastikler, seramikler ve kompozitlerdir.

Kompozit malzemeler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğer kompozit kullanılarak bir malzeme üretilmek isteniyorsa reçine ve elyaf gibi her biri kendi eşsiz özellik kümesine sahip olan birçok değişken bulunmaktadır. Bununla birlikte ortaya çıkan ürün sadece bu iki değişkenin özelliklerine bağlı değildir, kompozitin üretim şekli de malzemenin son özelliklerine büyük katkıda bulunur. Bu çalışmada kompozit malzemelerin üretim şekli olarak elyaf sarma (filament winding) tekniği ele alınmıştır. Teknik güçlü ve hafif parçaların üretilmesine olanak sağladığından havacılıktan askeri uygulamalara kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında elyaf sarma yöntemiyle üretilen kompozitlerin kullanıldığı alanlardan biri olan basınçlı kap uygulamalarında araştırma yapılmıştır. Elyaf sarma üretim tekniğiyle üretilen kompozit yapıdaki basınçlı kapların farklı yükler altında davranışını iyileştirmek için tasarım parametrelerinin optimum olmasına yönelik modellenmesi çalışılmıştır.

Elyaf sarma, kompozit yapıların üretimi için tercih edilen yöntemlerdendir. Şekil 1' de görüldüğü gibi sürekli elyaf liflerinin bir destek astar üzerine sarılarak yapının katmanlarla oluşturulma işlemidir. Astar yatay bir ekseninde dönmektedir. Taşıyıcı doğrusal hareket

etmeye başlamaktadır, böylece elyaflar önceden belirlenmiş yola yerleştirilerek tüp şeklini almaktadır. Frank Shen (Shen 1995) elyaf sarma teknolojisini araştırdığı çalışmasında en yaygın kullanım alanları olarak yüksek basınç depolama tankları, roket motor kasaları ve fırlatma tüpleri gibi ticari uygulamaları göstermektedir (Shen 1995).



Şekil 1. Elyaf sarma tekniği.

## DENEYSEL

Burada problemin sayısal tanımı ile mukavemet ve malzeme bilgisi temel alınarak tanım sonrası yapılan dayanım hesapları yer almaktadır.

Yapının tasarımı Solidworks kullanılarak oluşturulmuş ve gerekli düzenlemeler ANSYS Design Modeler'da yapılmıştır. Tasarım sonrası modelin çözüm ağı sonlu elemanlar metoduyla oluşturulmuş ve ANSYS'in yapısal ve ACP modüllerinde kademeli olarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapıda elyaf sarma açısı parametrik olarak tanıtılıp yapının iç basınç dayanımı en iyi olan sonuç belirlenmiştir.

Çalışma esas olarak, elyaf sarma açılarıyla yapı dayanımı arasındaki ilişkiyi inceler. Elde edilen parametreler sayısal ve analitik sonuçlarla karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Matematiksel çözümü yapılacak olan yapı anizotropik malzemeden üretilmiş sonlu uzunluktaki silindirik bir yapıdır (Şekil 2). Anizotropi eksen silindirin simetri eksenine  $O_z$  ile çakışık eksenidir.



Tsai-Wu' nun hata kriteri denklemi anizotropik malzemeler için yaygın kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerde anizotropik yapıda oldukları için bu Tsai-Wu kriterine göre değerlendirilebilmektedir.

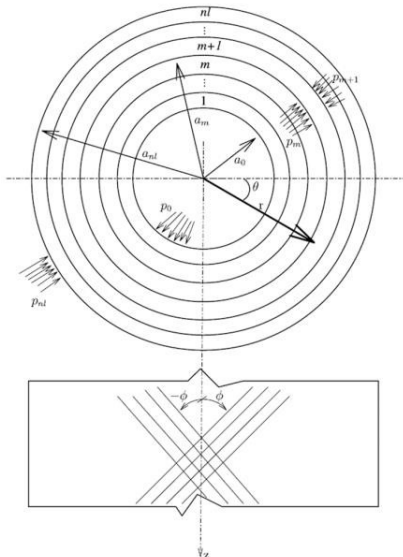
Elyaf sarma tekniği ile üretilen kompozit malzemeler tübüler yapıda ve çoklu katmanlardan oluşmaktadır. Gerekli hata kriterleri denklemlerini oluşturmak için Tsai-Wu'nun üç boyutlu hata kriteri (Tsai ve Wu 1971) yaklaşımından yola çıkılırsa,

$$f(\sigma_k) = F_i \sigma_i + F_{ij} \sigma_i \sigma_j = 1$$

denklemi elde edilmektedir. Burada  $k, i, j = 1, 2, \dots, 6$ ;  $F_i$  ve  $F_{ij}$  sırasıyla 1 üs derece ve 2 üs derecesini ifade eden gerilme tensörleridir. Bu denklem her bir tabakaya uygulanabilir (Tabakov ve Summers 2006). Tasarım çözümü hata kriteri denklemi ile kritik basınç değeri arasında bağlantı kurmaya dayanmaktadır. Çok katmanlı basınçlı bir kap için verilen kalınlık oranı, katman sayısı ve eksenel kuvvet için tasarım problemi aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilmektedir;

$$P_{max} = \max_{\bar{\varphi}} P_{cr}(\bar{\varphi}, r) \\ = \max_{\bar{\varphi}} \min_r P_{cr}$$

Bu denklem ile maksimum basınç değeri hesaplanabilmektedir (Tabakova ve Moyob 2017). Basınçlı kabın dayanabileceği maksimum basınç değeri, yarıçap, sarım açısı ve katman sayısı ile ilişkilidir.



Şekil 2. Sonlu uzunlukta anizotropik silindirik yapı.

Sayısal çözümler sonucunda Tsai-Wu kriterlerine göre optimum elyaf sarma açısı yaklaşık  $54^\circ$  olarak hesaplanmıştır.

### GENEL SONUÇLAR

Sonuç olarak elyaf sarma tekniği için sayısal ve analitik çözümler gerçekleştirilmiştir. Burada sadece analitik çözümler verilmiştir. ANSYS programının kompozit malzemeler için kullanılan ACP modülü ile yapılan sayısal analiz sonucunda elyaf sarma tekniği ile üretilen basınçlı kapların patlama dirençleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler sayısal ve analitik çözümlerinin benzer sonuçlar verdiğini göstermektedir.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bu teknik ile gerçekleştirilen modelleme ile optimum sarım parametreleri incelenmiştir. Elde edilen analitik ve sayısal yöntemlerin kontrolü deneysel olarak tespit edilecektir. Gelecek çalışması olarak bu parametreler referans alınarak hidrojen depolama amaçlı basınçlı kapların elyaf sarma tekniği ile üretilmesi planlanmaktadır.

### KAYNAKLAR

- Shen, Frank C. 1995. "A filament-wound structure technology overview". *Materials Chemistry and Physics* 42 (2): 96–100.
- Tabakov, Pavel Y., ve E. B. Summers. 2006. "Lay-up optimization of multilayered anisotropic cylinders based on a 3-D elasticity solution". *Computers & structures* 84 (5): 374–384.
- Tabakova, Pavel Y., ve Sibusiso Moyob. 2017. "An Efficient Design Optimization of Anisotropic Cylinders Using Evolutionary Algorithms". Erişim Nisan 7. <http://engopt.org/uploads/48.pdf>.
- Tsai, Stephen W., ve Edward M. Wu. 1971. "A general theory of strength for anisotropic materials". *Journal of composite materials* 5 (1): 58–80.

# Stor Perdelerde Ses Yalıtım Özelliği

PERUHAN, Nevzat Şakir<sup>1</sup>, AYTAŞ, Hüseyin<sup>1</sup>, YÖRÜK, Hasan<sup>1</sup>, YILDIRIM, Kenan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknoloji Koordinasyon ve AR-GE Merkezi (BUTEKOM), 16140 Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, DBMMF, Lif ve Polimer Müh.liği Böl. 16310 Bursa, Türkiye

[nevzatperuhan@butekom.org](mailto:nevzatperuhan@butekom.org)

## AMAÇLAR

Bu çalışma ile stor perdelerin ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı özelliklerinin kumaş konstrüksiyon parametresi bazında değişimi incelenmiştir.

## GİRİŞ

Malzemelerin ses emme özellikleri yalnızca gürültünün azaltılması için değil, aynı zamanda odalardaki konuşmanın anlaşılabilirliği açısından yankılanma süresini kontrol etmek ve konser salonlarında daha dolgun bir ses sunmak açısından da önemlidir.

Endüstriyel tekstil, bu malzemelerin ses yalıtımı için uygulanmasına odaklanmış ve böylece bu performansa göre yeni tekstiller incelenmiştir.

Mikro fiber kumaşların ses yalıtım özelliğinin belirlenmesine yönelik çalışmada mikro fiber kumaşların ses emiliminin, aynı kalınlık veya ağırlığa sahip olan geleneksel kumaştan daha üstün olduğu ve mikro fiber kumaşların yapısının, ses frekansına göre ses emiliminin kontrol edilebilmesi için önemli olduğu tespit edilmiştir. Kumaş yoğunluğunun kumaş kalınlığına veya ağırlığına göre ses absorpsiyonu üzerinde daha fazla etkili olduğu, Gürültüyü Azaltma Katsayısı'nın yaklaşık 0.14 g/cm<sup>3</sup> kumaş yoğunluğunda en yüksek değere yükseldiği ve bundan sonra azaldığı tespit edilmiştir [1].

Spor salonları gibi çok amaçlı kullanılan salonların birbirlerinden farklı çınlama süreleri gerektiren çok amaçlı kullanımlarda akustik kontrolün, salondaki duvar yüzeylerine paralel, yüksekliği değiştirilebilen veya tamamen kaldırılabilen ses yutucu makaralı/stor perdelerin kullanımı yaygındır. Yapılan çalışma ile tüm duvar yüzeylerin ses yutucu stor perde ile örtüldüğü durumu temsil eden benzetim verileri, ortalama çınlama sürelerinin değerlerinin düşük frekans aralığında (125Hz-250Hz) 1,01 saniye, orta frekans aralığında (500Hz-1000Hz) 0,75 saniye, yüksek frekans aralığında (2000Hz-4000Hz) 0,68 saniye olduğu tespit edilmiştir. [2].

Ses yalıtma amaçlı kullanılacak tekstil materyalinin ses yutum katsayısını etkileyen özelliklerinin etki derecesinin tespitine yönelik yapılan çalışmada yüksek gözenekliliğe sahip olan özel bir doku yapısında dokunmuş bir katmanı % 100 Pamuk, diğer katmanı Pamuk/Polyester (35:65) olan çift katmanlı perde kullanılmıştır. Optimum etkinlikle konstrüksiyon elde etmek için iki katman arasında hava boşluğu oluşturulmuştur. Bu yapının ses yalıtımı yanında ışık yalıtımı için de yüksek verimlilik sergilediği görülmüştür [3].

Lif kompozisyonu, iplik sayısı, kaplama, kumaşın arkasındaki hava boşluğu faktörlerinin dokuma kumaşın ses emme kapasitesine etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada ise kaplama yapılmış dokuma kumaşın ses yutum katsayıları ile yapısı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre ses yutum katsayısının 4000Hz'den daha yüksek frekanslarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [4].

## DENEYSEL

### Malzeme

İplik doğrusal yoğunluğu ve birim alan ağırlıkları farklı dokuma kumaşlar, doku yapıları sabit ve 2x2 panama örgüdür. Kumaşlardaki açıklık ve makro açıklık özelliği iplik doğrusal yoğunluğu ve birim alan ağırlığı değişkenleri ile farklılaştırılmıştır.

### Yöntem

Bias Testsens ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı ölçüm sistemi ve 30 mm'lik empedans tüpü (200-6400Hz) kullanılmıştır. Ses iletim kaybı ölçümlerinde ASTM E-2611 standardı, ses yutum katsayısı ölçümlerinde TS EN ISO 10534-2 standardı uygulanmıştır.

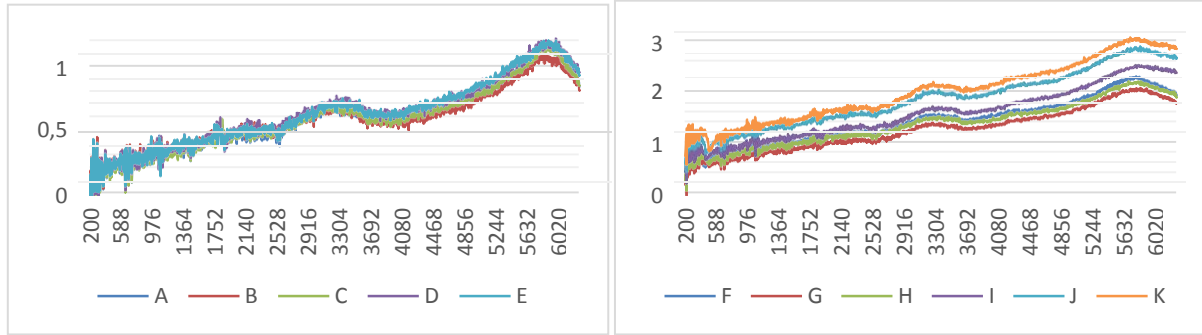
## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Tablo 1, çalışmada kullanılan kumaşların fiziksel özelliklerini içermektedir. Şekil 1'de perdelerin ses iletim kaybı grafikleri, Şekil 2'de perdelerin ses yutum katsayısı grafikleri verilmiştir.

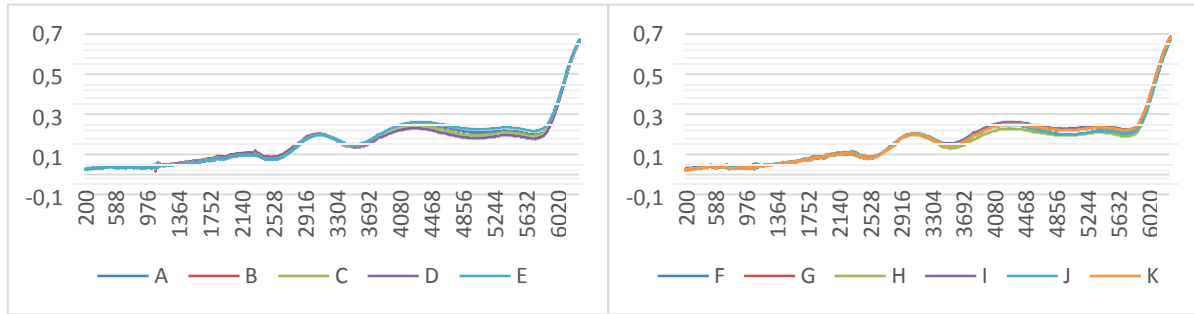
**Tablo 1.** Stor perde kumaşlarının yapısal özellikleri

Kumaş kodu	Birim Alan Ağırlığı (g/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)	Atkı doğrusal yoğunluğu (Tex)	Çözü doğrusal yoğunluğu (Tex)	Makro Boşluk Oranı Miktarı	Boşluk Oranı Miktarı
A	184	0,53	44	43	27	75
B	188	0,48	43	42	28	72

<b>C</b>	185	0,47	45	44	29	72
<b>D</b>	187	0,43	45	56	32	69
<b>E</b>	184	0,45	48	57	26	71
<b>F</b>	337	0,5	92	92	7,4	52
<b>G</b>	327	0,42	84	90	11	44
<b>H</b>	335	0,5	80	86	9,7	52
<b>I</b>	346	0,45	76	70	7,1	45
<b>J</b>	350	0,48	90	76	7,2	48
<b>K</b>	361	0,43	84	90	5,3	40



**Şekil 1:** Stor perdelerin ses iletim kaybı grafikleri (dB)



**Şekil 2:** Stor perdelerin ses yutum katsayısı grafikleri

## GENEL SONUÇLAR

Kumaşın ses izolasyon özelliğinin kumaş boşluk oranından, dolayısıyla kumaş birim alan ağırlığı ve iplik doğrusal yoğunluğu parametrelerinden etkilenmiştir. Özellikle iletim kaybı değerlerinin boşluk oranı azaldıkça arttığı görülmüştür (Şekil 1, Tablo 1). Kumaşların hem ses iletim kaybı hem de absorpsiyon katsayısının frekans değeri yükseldikçe arttığı görülmüştür. Kumaşların ince ve tek katlı olması nedeniyle ses yutum katsayısının yalıtım amaçlı olmayacak kadar düşük olduğu görülmüştür.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Kumaş doku yapısı ile iplik kompozisyonu ve kumaş sıklık parametrelerinin stor perde ses izolasyon özelliğine etkisinin incelenmesi düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışmada BUTEKOM AR-GE laboratuvarı kullanılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Na Y. J., Lancaster J., Casali j., Cho G. 2007. "Sound Absorption Coefficients of Micro-Fiber Fabrics by Reverberation room Method", *Textile Research Journal*, 77 (5), 330-335.
- [2] Ulusoy. G., Tavukçuoğlu A. and Çalışkan M. 2013. "Tip Proje Spor Salonlarındaki Akustik Özelliklerin Çok Amaçlı Kullanımlar için İyileştirilmesi", 10. Ulusal Akustik Kongresi, İstanbul, 79 (11), 1034-1042.
- [3] Hanna Y. I., Kandil M. M.. 1991 "Sound Absorbing Double Curtains from Lokal Textile Materials", *Applied Acoustics*, 34 (4), 281-291.
- [4] Shoshani Y., 1990 "Sound Absorbing Double Curtains from Lokal Textile Materials", *Applied Acoustics*, 30 (4), 321-333.

# Conjugated Polymeric Composite Nanofibers: Enzyme Immobilization

SARAC A. Sezai

Istanbul Technical University, NanoSci. and NanoEng. & Polymer Sci. and Tech. Maslak 34469  
Istanbul

[sarac@itu.edu.tr](mailto:sarac@itu.edu.tr)

## AIM

Enzymes have versatile biochemical applications such as biocatalysis, biosensor fabrication, biofuel cells, food processing, and pharmaceutical synthesis. Their high catalytic efficiency and high selectivity have ability to differentiate between substrates, optical isomers, and similar regions of molecules.

Their instability and nonreusability can be resolved by immobilizing the enzymes onto insoluble or solid supports, which prevents the undesirable conformational change of the enzymes. Covalent immobilization of the biomolecules by reactive groups on the support material has been providing the control of the immobilization of biological probes on the surface. Using nanostructured materials as supports for enzyme immobilization has recently proved to be a convenient method, considering their extremely high surface area to volume ratio which promotes an increased enzyme loading capacity and enhanced catalytic efficiency. Among these nanostructured materials, electrospun nanofibers stand out as the better alternative because they eliminate the problem of limited mass transfer.

## INTRODUCTION

Acrylonitrile-based polymers, Polycaprolactone (PCL) and polyurethane (PU) have been widely used for electrospinning due to their superior fiber-forming properties. Besides, polyacrylonitrile (PAN) exhibits good adhesive properties, whereas PU has improved mechanical strength, which makes these polymers good candidates for blending with Polyanthranilic acid (P3ANA). P3ANA is a conjugated polymer and a carboxyl functionalized form of polyaniline which can be used for tissue engineering applications. Among a variety of biomaterials for tissue engineering, electrospun nanofibers with high surface-to-volume ratio and high porosity increases the efficiency of cell attachment. Besides, this porous structure makes electrospun nanofibers great candidates for immobilization of biomolecules since it increases the loading capacity. Covalent immobilization of the biomolecules by using reactive groups on the polymer becomes favorable since it provides the control of the immobilization of biological probes on the surface

.Also, covalent bonding provides the highest surface loading and lowest protein loss.

## METHODS

Enzymes of Tyrosinase (Tyr), Streptavidin (STr), Albumin was covalently immobilized onto P3ANA containing polymeric composite nanofibers. The purpose of covalent immobilization of enzyme was to incorporate a sensing biomolecule into the nanofiber mat, so as to endow them with a potential use in biosensor applications .i.e., Enzyme catalyzes the conversion of phenolic compounds, dopamine being one of them, so it can be used as a specific biosensing element in varying fields from food processing to analyzing dopaminergic pathways in central nervous system

## RESULTS AND DISCUSSIONS

Nanofibers of Poly(m-anthranilic acid) blends were fabricated by electrospinning using different polymeric matrices ,i.e., Poly(m-anthranilic acid) /polyacrylonitrile blends . Tyrosinase, Streptavidin, and albumin immobilization was carried out by EDC/NHS activation. Effects of immobilized enzyme on nanofibers were investigated by Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) and the data were fitted to equivalent electrical circuit model. Elemental analyses and EDX-mapping showed that the enzyme was evenly distributed. The solution resistance and charge transfer resistance of nanofibers decreased generally after enzyme immobilization [1-3].

Gold/Polyanthranilic acid (Au/P3ANA) core/shell nanocomposites with uniform size and morphology has also been recently synthesized and characterized [4]. Au/P3ANA nanoparticles were electrospun following to blending with PVAc Albumin (Alb) and streptavidin (STDV) which were covalently immobilized onto (Au/P3ANA/PVAc) nanofibers by EDC/NHS activation using (-COOH) groups of modified Au particles and amine groups on the proteins. The successful covalent bonding of enzymes onto nanofibers was confirmed by FTIR-ATR, SEM/EDX and Electrochemical impedance spectroscopy (EIS). (Fig 1)

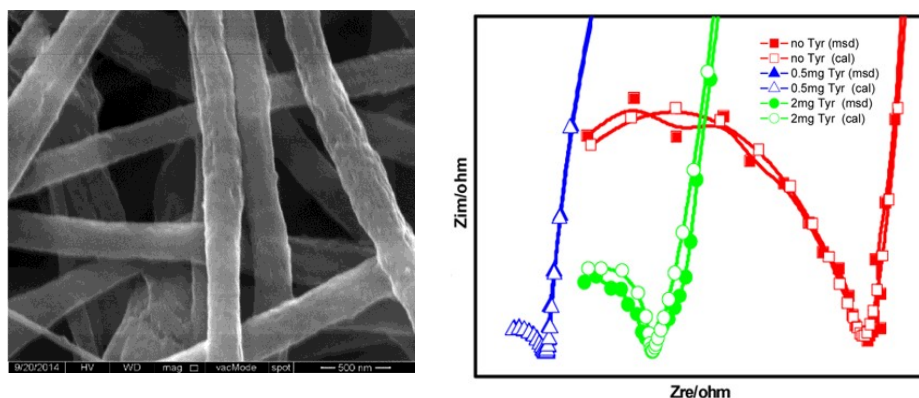


FIG. 1. SEM images & EIS of PAN/PU/P3ANA of tyrosinase immobilized nanofibers.

## CONCLUSIONS

Using conjugated polymeric composite nanofibers as supports for enzyme immobilization is a convenient method, considering their extremely high surface area to volume ratio which promotes an increased enzyme loading capacity and enhanced catalytic efficiency.

## REFERENCES

1. Golshaei R., Guler Z., Sarac AS, (Au/PANA/PVAc) nanofibers as a novel composite matrix for Albumin and streptavidin immobilization, *Materials Science & Engineering C*, 60, 260–275 (2016)
2. Polat E., Guler Z., Balkan T., Sarac AS, Covalent Streptavidin Immobilization on Electrospun Poly(m-anthranilic acid) / Polycaprolactone Nanofibers and Cytocompatibility, *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. 31 ,3 , 291-303(2016)
3. Guler, Z., Erkoç P., Sarac A.S., Electrochemical impedance spectroscopic study of single-stranded DNA-immobilized electroactive polypyrrole-coated electrospun poly( $\epsilon$ -caprolactone) nanofibers., *Materials Express* 5 (4), 269-279(2015)
5. Dagli U., Guler Z., Sarac A.S., Covalent Immobilization of Tyrosinase on Electrospun Polyacrylonitrile/Polyurethane/Poly(m-anthranilic acid) Nanofibers. *Polym.-Plast. Tech.&Eng*. 54, 1494(2015)
6. Guler, Z., Sarac A.S., Electrochemical impedance and spectroscopy study of the EDC/NHS activation of the carboxyl groups on poly( $\epsilon$ -caprolactone)/poly(m-anthranilic acid) nanofibers, *eXPRESS Polymer Letters* 10 (2), 96-110 (2016)
7. *Nanofibers of Conjugated Polymers A. Sezai Sarac 2016 Pan Stanford /CRC ISBN 9789814613514 - CAT#N11213*

# Yalancı Büküm Tekstüre Parametrelerinin Polibütülen Tereftalat (PBT) İpliklerin Fatik Davranışları Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

SARIOĞLU, Esin<sup>1</sup>, BABAARSLAN, Osman<sup>2</sup>, KAYNAK, Hatice Kübra<sup>1</sup>, ÇELİK, H. İbrahim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Gaziantep/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/TÜRKİYE

[sarioglu@gantep.edu.tr](mailto:sarioglu@gantep.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada farklı sıcaklıklarda ve filament çekim oranlarında yalancı büküm metodu ile tekstüre edilmiş kısmen oryante olmuş Polibütülen Tereftalat (PBT POY) filament ipliklerinin fatik davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Günümüzde geleneksel olarak kullanılan likra ve spandex gibi ticari isimlere sahip poliüretan liflerine alternatif olarak polyester elastik liflerinin (PBT ve PTT) kullanılmasıyla kumaşa performans, düşük çekme payı, esneklik ve üstün geri toplama kabiliyeti, dayanıklılık gibi fonksiyonellik kazandırmak mümkün hale gelmiştir. PBT lifinin; yüksek esneme, geri dönme ve dayanıklılık vb. avantajları sayesinde mayo, iç giyim, spor giysiler, halı iplikleri, çorap gibi birçok tekstil ürününde kullanımları mevcuttur<sup>1</sup>. PBT lifleri eriyikten lif çekim yöntemi ile genellikle POY olarak üretilip farklı metodlarda (yalancı büküm tekstüre ve hava tekstüre) tekstüre edilebilmektedir<sup>2,3</sup>.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışma kapsamında 110 dtex/ 24 filament PBT POY kullanılmıştır. Oerlikon Barmag marka yalancı büküm tekstüre makinesinde Tablo 1’de verilmiş olan parametrelerde tekstüre iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tekstüre aşamasında ince olan PBT POY ipliklere uygun olarak friksiyon disklerin konfigürasyonu 1+5+1 seçilmiştir. 3 farklı fırın sıcaklığında ve çekim oranında toplam 9 adet yalancı büküm tekstüre streç iplikler elde edilmiştir.

**Tablo 1.** Yalancı büküm tekstüre iplik üretim parametreleri

Tekstüre Hızı, m/dak	450
Fırın Sıcaklığı, °C	175, 200, 250
Çekim Oranı	1.2, 1.4, 1.6
D/Y	1.90
Yağ Miktarı, % (Spin Finish)	1.2
Friksiyon Disk Konfigürasyonu	1+5+1

## Yöntem

Tekstüre aşamasında sıcaklık ve çekim oranı parametrelerinin PBT tekstüre iplik mukavemet-uzama özellikleri ve fatik davranışları üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla Instron 5644 cihazı kullanılmıştır.

Fatik testte ise her bir döngü de iplik belirlenen maksimum kuvvet kadar gerilime maruz bırakılıp yine aynı şekilde belirlenen minimum yüke geri dönmektedir (loading-unloading). İpliğe uygulanan tekrarlı yüklemeler tamamlandığında cihaz iplik kopuncaya kadar kuvvet uygulamaya devam eder.

Çalışmada, PBT tekstüre ipliklerinin ortalama mukavemet değerlerinin % 40’ı oranında 5, 10 ve 25 döngü olarak tekrarlı dinamik yük uygulanmıştır. İplik mukavemet-uzama testleri ASTM D 2256-02 standardına göre 25 cm çene mesafesinde 250 mm/dak hızda gerçekleştirilmiştir. Fatik test ise yine aynı şekilde çene mesafesi 25 cm ve cihazın hızı 250 mm/dak’da gerçekleştirilmiştir. Fatik test tamamlandıktan sonra iplik kopuncaya kadar kuvvet uygulanmaya devam etmiştir.

Test sonucunda tekrarlı yüklemeler sonucunda ipliğin mukavemeti, uzaması ve modülü elde edilmektedir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

## GENEL SONUÇLAR

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesine destek veren Gürteks Holding’e ve iplik işletmeleri müdürü Kasım GÜLLÜ’ye teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

1. Yıldırım, Yavaş & Avinç, 2012; Polibütilen Tereftalat Liflerine Genel Bakış. *Tekstil ve Mühendis*, 19(87):29-42.
2. Hu, Lu & Zhu, 2008; New Developments in Elastic Fibers. *Polymer Reviews*, 48: 275–301.
3. Koc, Duzyer & Hockenberger, 2015; A New Approach to Determination of the Instability of Air-jet Textured Yarns. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(1): 152-157.

# Kompozit Malzeme Üretiminde Destek Materyali Olarak Kullanılabilecek Yeni Selüloz Esaslı *Conium Maculatum* Liflerinin Karakterizasyonu ve Modifikasyonu

Yasemin SEKİ<sup>1\*</sup>, Ahmet Çağrı KILINÇ<sup>2</sup>, Ramazan DALMIŞ<sup>2</sup>, Metehan ATAGÜR<sup>3</sup>, Serhan KÖKTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüs, Buca, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüs, Buca, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup>İzmir Katip Celebi Üniversitesi, Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümü, Cigli, İzmir, Türkiye

\*[yasemin.seki@deu.edu.tr](mailto:yasemin.seki@deu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Son yıllarda özellikle sürdürülebilirlik ve ekolojik sorunlarla ilgili bilincin artması ile birlikte kompozit malzeme üretiminde destek materyali olarak bitkisel liflerin kullanımı dikkat çekmektedir. Bu amaç doğrultusunda yaygın olarak kullanılan selüloz esaslı liflerin yanı sıra yeni liflerin araştırılması ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar da devam etmektedir. Bu çalışmada kompozit malzeme üretiminde destek materyali olarak kullanımına alternatif olabilecek *Conium Maculatum* liflerinin karakterizasyonu ve modifikasyonu amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Günümüzde pek çok farklı alanda kullanım potansiyeline sahip olan polimer esaslı kompozit malzemeler, liflerin özellikle mekanik özellikleri ile polimer maddelerin bağlanma ve fiziksel özelliklerini birleştiren hibrid materyallerdir. Cam, karbon ve benzeri liflerin yanı sıra günümüzde özellikle biyobozunurluk, doğa dostu üretim ve sürdürülebilirlik kavramlarının önem kazanması ile birlikte selüloz esaslı lifler kompozit malzeme üretiminde kullanımı artış göstermektedir. Bu amaçla özellikle keten<sup>1</sup>, kenevir<sup>2</sup>, jüt<sup>3</sup>, sisal<sup>4</sup>, Hindistan cevizi<sup>5</sup> ve benzeri lifler yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıkça kullanılan bu liflerin yanı sıra yeni liflerin araştırılmasına ve özelliklerinin geliştirilmesine dair çalışmalar yapılmaktadır<sup>6-9</sup>.

Bitkisel lifler başta selüloz olmak üzere hemiselüloz lignin, pektin, vaks, yağlı-mumlu maddeler ve inorganik maddeler olmak üzere farklı kimyasal içeriğe sahip bileşenlerden oluşmaktadır. Ayrıca yapısında yüksek miktarlarda hidroksil grubu bulunmaktadır. Lif yüzeyinde bulunan selülozik olmayan bileşenler, yüzey safsızlıkları ve yüksek polar karakteri nedeni ile kompozit malzeme üretiminde polimer ile arayüzeyi zayıflatmakta ve mekanik dayanımı düşürmektedir. Bu nedenle destek lifleri ve/veya matris polimerleri fiziksel ve kimyasal yöntemler ile

modifiye edilmektedir<sup>10-13</sup>. Bu çalışma kapsamında *Conium Maculatum* lifleri farklı yöntemler ile modifiye edilmiş ve karakterize edilmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

*Conium Maculatum* bitkileri (Şekil 1) Çanakkale'nin Bahadırli bölgesinden toplanmıştır. Liflerin modifikasyonu için sodyum hidroksit, silikon yağı, potasyum dikromat kimyasalları kullanılmıştır.



Şekil 1. *Conium Maculatum* bitkisi

### Yöntem

#### Liflerin ekstraksiyonu

Bitkilerin gövdeleri ayrıldıktan sonra 300mm olacak şekilde kesilmiş ve saf su ile yıkanmıştır. Lifler daha sonra mikrobiyal bozunma için su dolu bir kap içerisinde 4 hafta süre ile havuzlama işlemine bırakılmıştır. Lifler gövdeden ayrılabilirdikten sonra işlem sonlandırılmış, lifler paralel hale getirilmek için taranmış ve saf su ile tekrar yıkanmıştır. 60°C'de etüvde kurumaya bırakılmıştır.

### Deneysel

Liflerin selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriği literatürde verilen yöntemlere göre tespit edilmiştir<sup>14</sup>.

*Conium Maculatum* liflerinin selüloz, hemiselüloz ve



ligninin içerikleri sırası ile %49,5, %32,2 ve %8,6 olarak tespit edilmiştir. Bunun dışında kalan diğer bileşenlerin toplam yüzdesi de %9,7 olarak tespit edilmiştir.

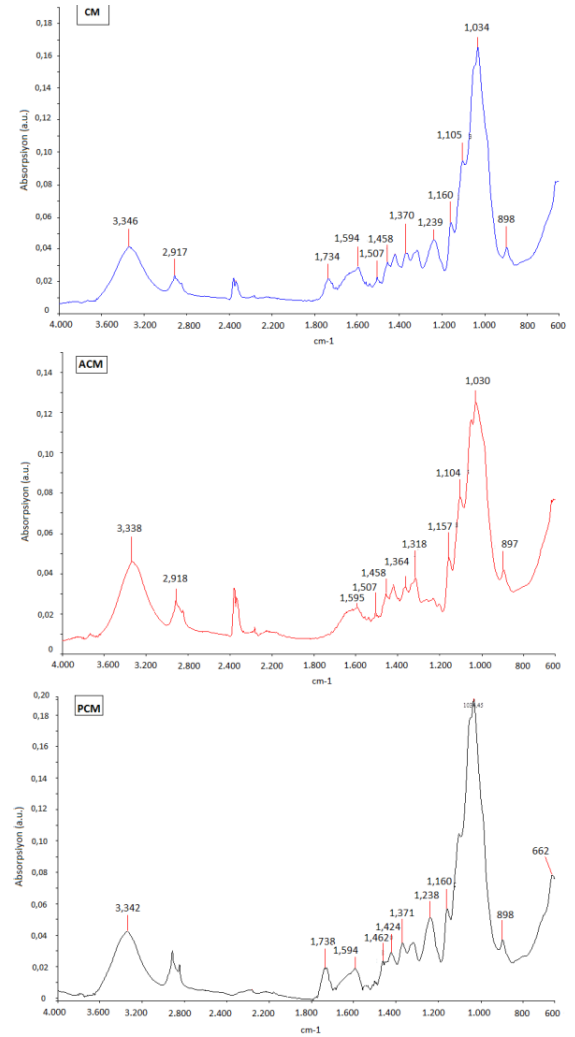
Liflere alkali, silikon yağı ve potasyum dikromat ile modifikasyon işlemi uygulanmıştır. Alkali işlemde, lifler sodyum hidroksitinin %5'lik sulu çözeltisinde oda sıcaklığında 30 dakika süre ile modifiye edilmiştir (ACM). Sonrasında nötrale edilmiş, saf su ile yıkanmış ve etüvde kurutulmuştur. Silikon yağı modifikasyonunda, lifler silikon yağının %1'lik v/v etanol çözeltisinde 20°C'de oda sıcaklığında muamele edilmiş ve etüvde kurutulmuştur (SCM). Potasyum dikromat işleminde ise lifler potasyum dikromatinin %2'lik sulu çözeltisinde 30 dakika süre ile oda sıcaklığında muamele edilmiş ve saf su ile tekrarlı bir şekilde yıkanmıştır. Sonrasında 100°C sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur (PCM).

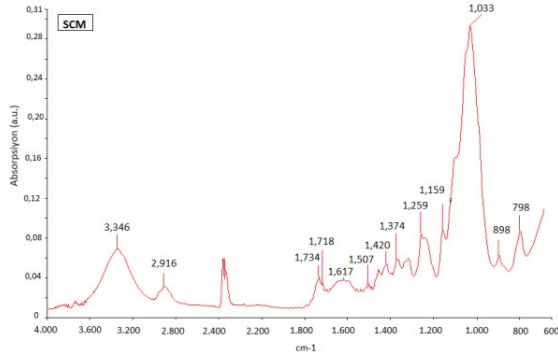
Modifikasyon işlemi sonrası lifler fourier dönüşümlü infrared spektrofotometre (FTIR), x-ışını fotoelektron spektrofotometresi (XPS), x-ışını difraksiyonu (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile karakterize edilmiş ve tek lif mukavemet testi yapılmıştır. FTIR analizi, Perkin Elmer Spectrum BX cihazında 600-4000cm<sup>-1</sup> absorpsiyon bantlarında yapılmıştır. XPS analizi, Technoscientific Al-K $\alpha$  x-ışını fotoelektron spektroskopisinde gerçekleştirilmiştir. XRD analizi Rigaku ULTIMA 3 – Rint 2200/PC cihazında yapılmıştır. Liflerin topografisi ise JEOL-JM 6060 taramalı elektron mikroskobunda incelenmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Ham ve modifiye liflerin FTIR spektrumları Şekil 2'de görülmektedir. Liflerin 3,331-3,346 cm<sup>-1</sup> absorpsiyon bantları arasında bulunan pikler O-H gerilimleri ve hidrojen bağlarını göstermektedir<sup>15</sup>. Pikin yoğunluğu, selülozun yapısında bulunan alkol gruplarının alkali işlem sonrası azalması nedeni ile azalmıştır<sup>16</sup>. Azalmanın nedeni, karboksil gruplar ile hidrojen bağı kuran hidroksil grubu içeren yağ asitlerinin alkali işlem ile kısmen giderilmesi olabilir<sup>17</sup>. 2,920 ve 2,700 cm<sup>-1</sup> bantları arasında olan pikler selüloz, lignin ve hemiselülozdaki alifatik bantlarındaki alkil gruplarının C-H gerilim titreşimlerini göstermektedir. Modifikasyon işlemleri sonrası, bu pikin yoğunluğu az da olsa artış göstermiştir. Alkali işlem sonrası FTIR spektrumunda 1,239 cm<sup>-1</sup> bandında hemiselülozdaki asetil grubunun C-O gerilim titreşimlerini gösteren pikin yoğunluğu azalmakta ve 1,734 cm<sup>-1</sup> bandında hemiselülozdaki karbonil grupların varlığını gösteren pik ise kaybolmuştur. Potasyum dikromat muamelesi sonrası ise bu pikin yoğunluğu oksidasyon etkisi nedeni ile artış göstermiştir<sup>14</sup>.

FTIR spektrumunda 1,617 ve 1,507 cm<sup>-1</sup> bantlarında bulunan pikler sırası ile selülozun absorbe ettiği su moleküllerini ve lignindeki aromatik halkaların gerilim titreşimlerini göstermektedir. 1,034cm<sup>-1</sup> absorpsiyon bandı ise halkalı alkol gruplarını göstermektedir. Alkali işlem sonrası pikin yoğunluğu azalırken, potasyum dikromat işlemi sonrası artış göstermektedir. Silikon yağı muamelesi sonrası lifte 1,259 (Si-O), 2,964 (Si-O), 865 (Si-O-Si) ve 798 cm<sup>-1</sup> (Si-C) bantlarında yeni pikler meydana gelmiştir<sup>18</sup>. Bu pikler yüzeyde meydana gelen polisiloksan oluşumunu desteklemektedir<sup>19</sup>.





Şekil 2. Ham ve modifiye liflerin FTIR spektrumları

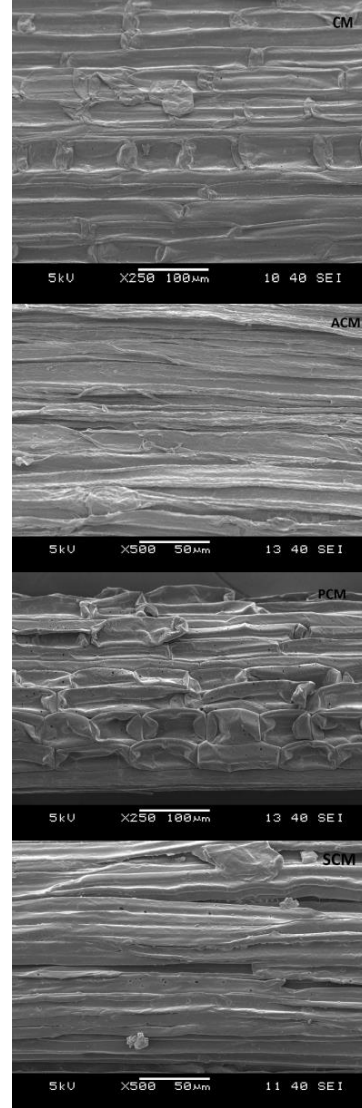
Ham ve modifiye liflerin XPS sonuçları Tablo 1'de verilmektedir. XPS verileri incelendiğinde, alkali işlem sonrası, lifin oksijen içeriğinin yaklaşık %58 oranında arttığı belirlenmiştir. Alkali ortamda çözünebilir lignin ve hemiselülozun kısmen giderilmesi lifin O/C oranını arttırmıştır<sup>20</sup>. Potasyum dikromat muamelesi sonrası ise lifin oksijen oranı %30,5 oranında artmıştır. Diğer işlemlerden farklı olarak lifin karbon oranı silikon yağı modifikasyonu ile birlikte yüzeye aktarılan %22 oranında silikon atomu nedeni ile belirgin bir şekilde azalmıştır. Tüm modifikasyon işlemlerinin lifin O/C oranını arttırdığı görülmektedir. XPS verilerine göre modifikasyon işlemlerinin lifin yüzey polaritesini arttırdığı görülmektedir. Modifikasyon işlemlerinin, lifler kompozit malzeme içerisinde destek materyali olarak kullanıldığında poliester gibi polipropilen ve polietilene göre daha polar olan polimerler ile polar-polar etkileşimi nedeni ile arayüzey etkileşimini arttıracığı düşünülmektedir<sup>21</sup>.

Tablo 1. Liflerin XPS dataları

	C	O	O/C	Ca	Si	N
CM	69.2	15.1	0.22	4.25	3.91	2.53
ACM	70.7	23.9	0.38	-	4.30	1.12
PCM	76.0	19.7	0.26	1.23	1.95	1.08
SCM	56.7	21.7	0.37	0.8	21.7	-

Şekil 3'de liflerin SEM görüntüleri yer almaktadır. Görüntüler incelendiğinde, ham *Conium Maculatum* liflerinin uzunlamasına dizilen lif hücrelerinden meydana gelen hüzmelerden meydana geldiği görülmektedir. Lif hücreleri birbirlerine pektin ve selüloz olmayan bileşenler ile birbirlerine bağlanmaktadır. Ayrıca lif yüzeyinde safsızlıklar bulunmaktadır. Alkali işlem sonrası ise yüzey safsızlıkları temizlenmiş ve lifleri birbirine bağlayan bağlayıcı maddeler kısmen giderilerek lif hücreleri birbirinden ham lif göre biraz daha ayrık halde bulunmaktadır. Bu durum lifin yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktadır. Alkali işlem ile birlikte hemiselülozun kısmen giderilmesi interfibriller yapıyı geliştirirerek

yüzey alanını arttırmakta ve böylece lif/polimer arayüzeyini iyileştirmektedir<sup>22</sup>. Yükseltgen karakterdeki potasyum dikromat işlemi ile potasyum dikromat iyonlarının lignin bileşenleri ile etkileşime girmesi ile birlikte yüzeyde oyuntulara neden olması yüzey topografisinde değişime neden olmuştur<sup>22</sup>. Silikon yağı modifikasyonu sonrası lif yüzeyinde silikon yağı tabakası görülmektedir.



Şekil 3. Ham ve modifiye liflerin SEM görüntüleri

Tablo 2'de ham ve modifiye liflerin kristalinite indeks değerleri verilmektedir. Silikon yağı ile muamele sonrası lifin kristalinite indeks değeri azalırken, alkali işlem sonrası %11 oranında artış göstermiştir. Alkali işlem ile birlikte kristalitlerin düzenindeki gelişmesi kristalinite indeks değerini arttırmış olabilir<sup>17</sup>. Alkali işlem ile birlikte hemiselüloz ve selülozik olmayan bileşenlerin kısmen uzaklaştırılması kristalitlerin paketlenme düzenini olumlu yönde etkilemiş olabilir<sup>23</sup>.

Potasyum dikromat işlemleri sonrası kristalinite indeksindeki küçük orandaki düşüş oksidasyon etkisi ile birlikte selülozun piranoz halkasının açılması ve fibrillerin düzenlenmesinde meydana gelen bozulmadan kaynaklanabileceği düşünülmektedir<sup>24</sup>.

Tablo 2. Liflerin kristalinite indeks değerleri

	Kristalinite indeks (%)
CM	66,8
ACM	74,2
PCM	61,7
SCM	60,6

## GENEL SONUÇLAR

Çalışmada *Conium maculatum* liflerinin yüzey özelliklerinin karakterizasyonu ve modifikasyon işlemleri yapılmıştır. Lifler alkali, yükseltgen karakterdeki potasyum dikromat ve silikon yağı ile modifiye edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, alkali işlem sonrası lif yüzeyde selülozik olmayan bileşenlerin kısmen giderildiği, yüzeyde fibrillenmenin meydana gelen pürüzlülüğün arttığı görülmektedir. Oksidasyon işleminin lifin fonksiyonel gruplarına etki ettiği ve yüzeyde çukurlar meydana getirerek yine pürüzlülüğü artırdığı belirlenmiştir. Silikon yağı işlemi ise lifte yeni gruplar meydana getirmiş ve yüzey silikon katmanı oluşturmuştur. Alkali işlem diğer yapılan modifikasyon işlemlerinin aksine lifteki selülozik olmayan bileşenleri kısmen uzaklaştırarak fibril paketlenmesini geliştirerek lifin kristalinite indeksini arttırmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda lifin termal stabilite, yüzey gerilimi ve mekanik özellikleri belirlenip, kompozit üretimine en uygun modifikasyon işlemi belirlenecek ve kompozit üretimi denemeleri yapılacaktır.

## KAYNAKLAR

- Zafeiropoulos, N.E., Williams, D.R., Baillie, C.A. ve Matthews, F.L. 2002. "Engineering and characterisation of the interface in flax fibre/polypropylene composite materials. Part I. Development and investigation of surface treatments", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 33(8), 1083-1093.
- Yuanjian, T. ve Isaac, D.H. 2007. "Impact and fatigue behaviour of hemp fibre composites", *Composites Science and Technology*, 67(15-16), 3300-3307.
- Fatima, S. ve Mohanty, A.R. 2011. "Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials", *Applied Acoustics*, 72(2-3), 108-114.
- Choudhury, A. 2008. "Isothermal crystallization and mechanical behavior of ionomer treated sisal/HDPE composites", *Materials Science and Engineering: A*, 491(1-2), 492-500.
- Harish, S., Michael, D.P., Bensely, A., Lal Mohan, D. ve Rajadurai, A. 2009. "Mechanical property evaluation of natural fiber coir composite", *Materials Characterization*, 60(1), 44-49.
- Sathishkumar, T. P., Navaneethakrishnan, P. ve Shankar, S. 2012. "Tensile and flexural properties of snake grass natural fiber reinforced isophthalic polyester composites", *Composites Science and Technology*, 72(10), 1183-1190.

- Sarikanat, M., Seki, Y., Sever, K., ve Dumuşkahya, C. 2014. "Determination of properties of *Althaea officinalis* L.(Marshmallow) fibres as a potential plant fibre in polymeric composite materials", *Composites Part B: Engineering*, 57, 180-186.
- Fiore, V., Scalici, T. ve Valenza, A. 2014. "Characterization of a new natural fiber from *Arundo donax* L. as potential reinforcement of polymer composites", *Carbohydrate polymers*, 106, 77-83.
- Seki, Y., Seki, Y., Sarikanat, M., Sever, K., Dumuşkahya, C. ve Bozacı, E. 2016. "Evaluation of linden fibre as a potential reinforcement material for polymer composites", *Journal of Industrial Textiles*, 45(6), 1221-1238.
- Bledzki, A.K., Mamun, A.A., Jaszkiwicz, A. Ve Erdmann, K. 2010. "Polypropylene composites with enzyme modified abaca fibre", *Composites Science and Technology*, 70(5), 854-860.
- Mohanty, S. ve Nayak, S.K. 2010. "Short Bamboo Fiber-reinforced HDPE Composites: Influence of Fiber Content and Modification on Strength of the Composite", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(14).
- Kaewkuk, S., Sutapun, W. Ve Jarukumjorn, K. 2013. Effects of interfacial modification and fiber content on physical properties of sisal fiber/polypropylene composites, *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 544-549.
- Ibrahim, I.D. ve ark., 2016. Impact of surface modification and nanoparticle on sisal fiber reinforced polypropylene nanocomposites, Article ID 4235975.
- Bulut, Y. ve Akşit, A. 2013. A comparative study on chemical treatment of jute fiber: potassium dichromate, potassium permanganate and sodium perborate tetrahydrate, *Cellulose*, 20, 3155-3164.
- Paiva, M.C., Ammar, I., Campos, A.R., Cheikh, R.B. ve Cunha, A.M. 2007. Alfa Fibers: mechanical, morphological and interfacial characterization. *Composites Science and Technology*, 67(6), 1132-1138.
- Sudha, S. ve Thilagavathi, G. 2015. Effect of alkali treatment on mechanical properties of woven jute composites, *The Journal of The Textile Institute*, DOI: 10.1080/00405000.2015.1061736.
- Mwaikambo, L.Y. ve Ansell, M.P. 2002. Chemical modification of hemp, sisal, jute and kapok, *Journal of Applied Polymer Science*, 84, 2222-2234.
- Matrajit G, Munoz Caro GM, Dratois E, d'Hendecourt L, Deboffe D, Borg J. 2005. FTIR analysis of the organics in IDPs: Comparison with the IR spectra of the diffuse interstellar medium. *Astron Astrophys* 433: 979-95.
- Spoljaric, S., Genovese, A., Shanks, R.A. 2009. Polypropylene-microcrystalline cellulose composites with enhanced compatibility and properties, *Composites: Part A*, 40, 791-799.
- Liu, W., Mohanty, A.K., Drzal, L.T., Askel, P. ve Misra, M. 2004. Effects of alkali treatment on the structure, morphology and thermal properties of native grass fibers as reinforcements for polymer matrix composites, *Journal of Materials Science*, 39, 1051-1054.
- Kodama, M., Karino, I. and Kuramoto, K. 1988. Polar-Polar Interaction and Boundary Phase Structure Between Reinforcement and Matrix in a Polymer Composite, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 27(1), 127-153.
- Benyahia, A., Redjem, A., Rahmouni, Z.E.A. ve Merrouche, A. 2016. Study of the mechanical properties of a composite materials: Alfa fibers/unsaturated polyester, *Romanian Journal of Materials*, 46(1), 25-33. 1
- Kim, U.J, Kuga, S., Wada, M., Okano, T. and Kondo, T. 2000. Periodate Oxidation of Crystalline Cellulose, *Biomacromolecules* 2000, 1, 488-492.
- Erdoğan, Ü.H., Seki, Y., Aydoğdu, G., Kutlu, B., Akşit, A. 2016. Effect of Different Surface Treatments on the Properties of Jute, *Journal of Natural Fibers*, 13(2), 158-171.

# Green Carbon Nanofibers for Energy Storage

STOJANOVSKA Elena<sup>1</sup>, ÇALIŞIR Mehmet<sup>1</sup>, KILIÇ Ali<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TEMAG Laboratuvarı, İTÜ Gümüşsuyu Kampüsü

[alilikic@itu.edu.tr](mailto:alilikic@itu.edu.tr)

## OBJECTIVES

This study aims to show the possibility to produce carbon nanofibers (CNF) from natural and environmentally friendly precursors which will lower carbon fiber costs significantly and increase battery performances. Lignin based CNF were prepared and their electrochemical properties were tested as anodes for Li-ion batteries.

## INTRODUCTION

Carbonaceous materials with unique properties may be used for many different applications. The interest for them increases, but their price is still high which does not allow their total implementation. Carbon production cost mainly depends on its precursor price. Nowadays, carbon fibers are mainly made of PAN. It is precursor for 95% of the whole carbon fiber production. As synthetic polymer its price varies according to the crude oil price. Carbon materials can be obtained by different precursors<sup>1</sup>. In order to decrease carbon fiber production price, and in the same time to make the production processes environmentally friendly new precursors are needed. Lignin as natural polymer, with almost 60% carbon content is one of the promising materials to replace PAN in the carbon fiber production.

The possibility to replace graphite into batteries is still a challenge. Carbon-containing electrodes are principle alternative for replacing graphite as anode for Li-ion batteries<sup>2</sup>. PAN as main precursor for carbon fibers can be replaced by other green and low cost bio-materials. Lignin as second most abundant natural polymer, can be extracted from different bio-materials such as woody biomass, many different agricultural residues, or from paper industry residues etc<sup>3, 4, 5</sup>. On the other hand, many novel structures that improve battery capacity, stability and cycle-life have been proposed in the last few decades<sup>6</sup>. Among them, nanofibrous materials show advantages as electrodes in energy storage applications principally due to their stable structure and high surface area<sup>7</sup>. Lignin based carbon fiber production is still a challenge due to the difficulty to convert pure lignin into nanofibers. Because of its low molecular weight, spinnability of lignin is usually improved by blending it with high molecular weight polymers such as poly (vinyl alcohol), polyethylene oxide, poly acrylonitrile, polyethylene glycol, polypropylene, etc.<sup>8,9,10,11</sup>

In this study we used lignin and cellulose acetate nanofibers as precursor for carbon nanofibers. Their electrochemical properties were tested by using them as free standing anodes for Li-ion batteries. Galvanostatic tests showed that lignin-cellulose acetate blend is promising precursor for preparation of carbon nanofibers for energy storage.

## EXPERIMENTAL

### Materials

Kraft lignin and Cellulose acetate (CA) were supplied from UPM Biochemicals, Finland. PAN was purchased from Sigma Aldrich. Dimethylformamide (DMF) and Glycerol were purchased from ZAG Kimya, while Iodine from Merk Co.

### Method

Lignin and cellulose acetate (ratio 2:1) were dissolved in DMF to form a 25wt% polymer solution. As prepared solution was electrospun by applying 24kV voltage, with 0,5ml/h feeding rate and 15cm distance between the needle and the rotating collector. Nanofiber mats obtained were stabilized under iodine vapor at 100°C during 12h and carbonized at 700°C for 1h in argon atmosphere using a heating rate of 0.5°C/min up to 300°C and then 2°C/min up to 700°C.

PAN nanofibers were prepared from 8% PAN-DMF solution by electrospinning. This time 18kV voltage was applied, with a feeding rate of 0.7ml/h, and working distance of 18cm. PAN nanofibers were stabilized at oxygen atmosphere at 200°C during 2h and then carbonized at 800°C for 1h with a heating rate of 3°C/min.

## RESULTS / DISCUSSION

Nanofiber morphology of carbon nanofiber mats was observed by SEM. Lignin/CA nanofibrous mats resulted in spongy-like fibrous structure due to the low molecular weight of lignin, which after carbonization became more open as a result of the decrease in diameter of the nanofibers. On the other hand, PAN-based mats were formed of uniform nanofibers, which also became more porous after carbonization.

Coin-type batteries were prepared from both samples. CNFs were used as free-standing anodes,

without any binder and without current collector. Lithium foil was used as counter electrode, glass fiber membrane was used as separator and LiPF<sub>6</sub>-salt in ethylene carbonate (EC)-dimethyl carbonate (DMC) as electrolyte. Electrochemical performances of the anodes were tested by Galvanostatic cycling tests on a Battery Analyzer in the voltage range between 0.01-2.5V at different current rates. The galvanostatic charge-discharge tests (Figure 1) showed capacity of about 300mAh/g for Lignin-based CNF, comparable to that of PAN-CNF. Moreover, Lignin CNF exhibited high cycling stability at prolonged cycling up to 1000cycles at current densities of 50 and 300mA/g (Figure 2).

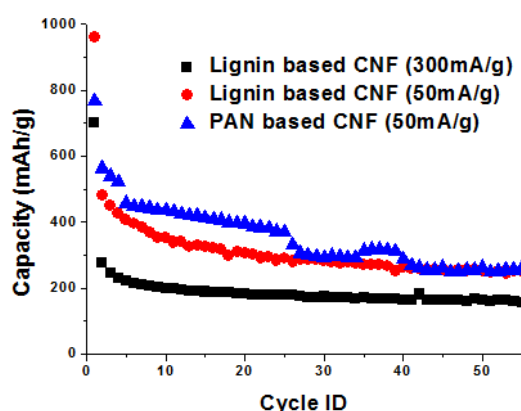


Figure 1. Discharge capacity of Lignin and PAN based CNF at current rate of 50 and 300mAh/g

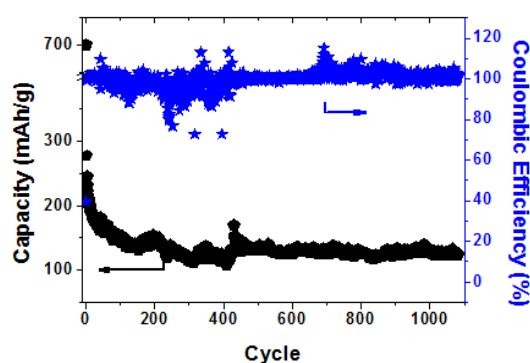


Figure 2. Discharge capacity and Coulombic Efficiency of Lignin based CNF at current rate of 300mAh/g

## CONCLUSION

In this study, carbon nanofibers were produced by electrospinning from lignin-cellulose diacetate polymer blends and subsequent stabilization under iodine vapour and carbonization. As obtained CNFs were tested as anodes for Li-ion batteries.

Galvanostatic tests performed on the lignin based carbonaceous anodes showed cycling stability for more than 1000 cycles at current density of 300mA/g. However, this is just one of the possible applications, since CNFs can be used for various energy applications.

## FURTHER STUDY

In order to further investigate the performance of these green CNFs, lignin based active nanofibers will be produced. Such CNF with increased surface area will be applied as anodes for both Li- and Na-ion batteries. Doping with active materials that would increase the capacity will also be considered.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors gratefully acknowledge the support of ITU BAP, Grant No 39960 "Producing Carbon Nanofibers for Novel Na Ion Batteries".

## REFERENCES

1. Frank, E., Hermanutz, F. & Buchmeiser, M. R. Carbon Fibers: Precursors, Manufacturing, and Properties. *Macromol. Mater. Eng.* **297**, 493–501 (2012).
2. Feng, X. *Nanocarbons for Advanced Energy Storage*. (John Wiley & Sons, 2015).
3. Chatterjee, S. *et al.* Conversion of Lignin Precursors to Carbon Fibers with Nanoscale Graphitic Domains. *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2**, 2002–2010 (2014).
4. Dallmeyer, J. I. Preparation and characterization of lignin nanofibre-based materials obtained by electrostatic spinning. (2013).
5. Fukushima, R. S. & Kerley, M. S. Use of Lignin Extracted from Different Plant Sources as Standards in the Spectrophotometric Acetyl Bromide Lignin Method. *J. Agric. Food Chem.* **59**, 3505–3509 (2011).
6. Croguennec, L. & Palacin, M. R. Recent achievements on inorganic electrode materials for lithium ion batteries. *J. Am. Chem. Soc.* (2015). doi:10.1021/ja507828x
7. Zhang, X., Ji, L., Toprakci, O., Liang, Y. & Alcoutlabi, M. Electrospun Nanofiber-Based Anodes, Cathodes, and Separators for Advanced Lithium-Ion Batteries. *Polymer Reviews* **51**, 239–264 (2011).
8. Jian, L. Preparation and characterization of softwood lignin-based carbon fibers. (2013).
9. Kubo, S. & Kadla, J. F. Lignin-based Carbon Fibers: Effect of Synthetic Polymer Blending on Fiber Properties. *J Polym Environ* **13**, 97–105 (2005).
10. Kadla, J. F. *et al.* Lignin-based carbon fibers for composite fiber applications. *Carbon* **40**, 2913–2920 (2002).
11. Lai, C. *et al.* Free-standing and mechanically flexible mats consisting of electrospun carbon nanofibers made from a natural product of alkali lignin as binder-free electrodes for high-performance supercapacitors. *Journal of Power Sources* **247**, 134–141 (2014).

# Bikomponent Liflerden Üretilmiş Dokusuz Yüzeylerin Çözme İşlemi ile Modifikasyonu

SUVARI Fatih<sup>1</sup>, ULCA Y Yusuf<sup>1</sup>, POURDEYHIMI Behnam<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye,

<sup>2</sup>The Nonwovens Institute, North Carolina State University, Raleigh, NC, USA  
suvari@uludag.edu.tr

## AMAÇLAR

Bikomponent teknolojisini kullanan eğirmeli bağlantı (spunbonding) dokusuz yüzey üretim tekniği ile üretilmiş dokusuz yüzeylerin kimyasal işleme daha lifli bir yapıya modifiye edilmesi, lifli-ağsı yapının daha gözenekli hale getirilmesi ve toplam lif yüzey alanının artırılması çalışmanın amaçlarıdır. Bu özelliklerin dokusuz yüzeye kazandırılabilmesi durumunda, modifiye edilmiş yeni malzemenin taşıyıcı teknik tekstilleri alanında filtre ve akustik amaçlarla kullanım potansiyeli mevcuttur.

## GİRİŞ

Lifli ve boşluklu yapısı, liflerin ağsı yapıdaki düzensiz yerleşimi, ayarlanabilir yoğunluk, kalınlık parametreleri, ince liflerin yapı içinde direkt kullanılabilmesi, hafifliği, düşük maliyetli oluşu, dokusuz yüzey yapıları teknik tekstil uygulamaları için ön plana çıkarmaktadır. Dokusuz yüzeyler, ince lifli yapıya ve yüksek toplam lif yüzey alanına sahip olmalarından dolayı filtrasyon, akustik kontrol gibi uygulamalar için uygun bir malzemedir.

Bu çalışmada, 10-15 mikrometre çaplarında ‘deniz içinde ada’ enine kesit şekline sahip bikomponent liflerden üretilmiş dokusuz yüzeylerin ‘deniz polimeri’ nin çözünmesi için kimyasal bir yöntem üzerinde çalışılmış, dokusuz yüzeyin toplam lif yüzey alanının artırılması ile ilgili gayretlerin ön sonuçları verilmiştir.

## DENEYSSEL

### Malzeme

Bikomponent teknolojisini kullanan eğirmeli bağlantı dokusuz yüzey üretim tekniği ile bikomponent liflerden oluşan dokusuz yüzey *The Nonwovens Institute, North Carolina State University* ‘de üretilmiştir. Bu sistemde, iki farklı polimer, aynı düzden çekilerek bir lif (bikomponent filaman) içinde daha ince lifler (ada lifleri) üretilebilmektedir. Bu lif yapısına ‘deniz içinde ada’ lifleri (islands-in-the-sea) ismi verilmektedir<sup>1</sup>. Deniz ve ada polimeri ortak bir ara yüzü paylaşmaktadırlar.

Üretilen dokusuz yüzeydeki bikomponent lifler ‘deniz içinde ada’ enine kesit şekline sahiptir ve bir lif içerisinde 37 adet ince ‘ada’ lifi bulunmaktadır. Bu ada liflerinin etrafı ‘deniz’ olarak isimlendirilen polimer ile çevrelenmiştir. Dokusuz yüzey kütlece %75

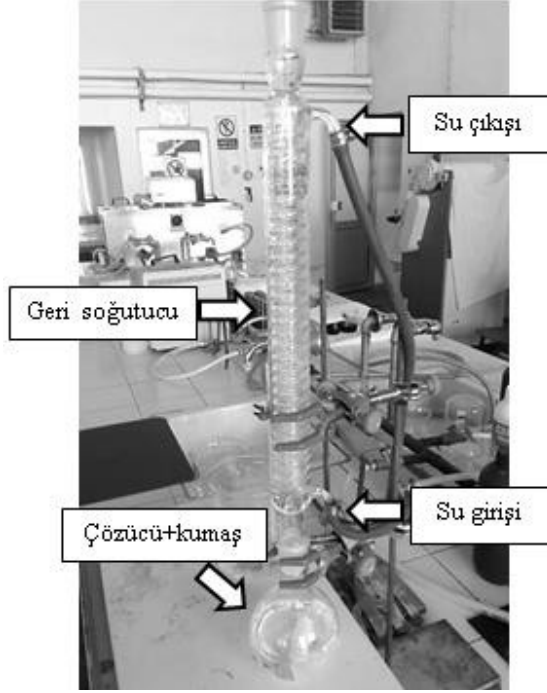
oranında ada lifleri, %25 oranında ise deniz polimeri ihtiva etmektedir. Bikomponent lifin ada lifleri kısmı için Naylor-6 (PA6) polimeri, deniz kısmı için ise Polietilen (PE) polimeri seçilmiştir.

Bir sonraki aşamada, dokusuz yüzeydeki liflerin birbirleriyle bağlantı sağlayarak, yapının sıkı mukavemetli hale gelmesi için dokusuz yüzey su jetleri ile işleme (hydroentangling) tabi tutulmuştur.

## Yöntem

Dokusuz yüzeylerde katı formda bulunan deniz polimerinin (PE), yapıdan uzaklaştırılması için çözme işlemi yapılmıştır. Çözme işlemi ısıtılmış xylene ile laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Ada polimeri (PA6) xylene çözücüsüne dayanıklıdır<sup>2</sup>. Tüm deniz polimerinin çözülmesi durumunda dokusuz yüzey örneğinde %25’lik bir kütle kaybının gerçekleşmesi beklenmektedir. Çözme işlemi için aşağıda adımları verilen süreç geliştirilmiştir: İçinde xylene bulunan balon 100 °C yüzey sıcaklığındaki ısıtıcı tabla üzerine konur. Balon ağzına sızdırmazlık bandı yerleştirilir ve balon kelepçelerle sabitlenerek, geri soğutucu (reflux) sistemine (Şekil 1) takılır. Geri soğutucu sistemi içinde, şebeke suyu dolaşımı sağlanarak, xylene buharının soğutulması için yavaş yavaş soğutulması amaçlanmıştır. Böylelikle çözücü miktarı sabit tutulacaktır. Çalışma ortamına da xylene buharının yayılması engellenmiş olacaktır. Geri soğutucu sisteme su alt kısımdan verilir, tahliye üst kısımdan yapılır. Su tahliyesi seri damlalar olacak şekilde ayarlanan su çıkışı, istenen xylene yoğunlaşmasını sağlamaktadır. İstenirse su akışı hızlandırılıp soğutma artırılabilir.

Belirli bir süre sonra çözücü ve kumaş içeren balon geri soğutucu sistemden sökülür. Çıkarılan kumaş 1000 ml’lik beherde bulunan 250 ml kaynar saf suda 1 dakika boyunca maşa yardımıyla durulanarak kumaş üzerinde kalan muhtemel polietilen ve xylene kalıntılarının arındırılması sağlanır. Ardından aynı amaçla 1000 ml’lik beherde bulunan 250 ml soğuk saf suda 1 dakika boyunca maşa yardımıyla kumaş çalkalanır. Durulama işlemi sonrası kumaş 60°C sıcaklıkta hazır bekletilen iç hava dolaşımı olan etüv de 15 dakika boyunca kurutulur.



Şekil 1. Geri Soğutucu Sistem

### Test Yöntemleri

Çözme işlemi sonucunda dokusuz yüzeylerde yeterli deniz polimeri çözünmesinin sağlanıp sağlanmadığını anlamak için çözme işlemi öncesi ve sonrası ağırlık ölçümü yapılmıştır. Yüksek hassasiyetli (0.001 g) elektronik tartıda ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Çözme işlemi sonucunda deniz polimerinin uzaklaştırılması sonrası dokusuz yüzeylerin daha gözenekli bir yapıya kavuşması amaçlanmaktadır. Malzemedeki “katı madde/hava miktarı” oranının azalması beklenmektedir. Bu oranın hesaplanabilmesi için çözme işlemi öncesi ve sonrası kalınlık ve kumaş boyutu ölçümleri yapılmıştır.

### DENEYSSEL SONUÇLAR

Dokusuz yüzeylerde kütlece %25 oranında polietilen var olduğundan, kütlece %25’lik bir değişim tüm polietilenin çözündüğü anlamına gelmektedir. Ağırlık değişim sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Veriler incelendiğinde ağırlık azalması ortalama %20,8 hesaplanmıştır. Polietilen polimerinin önemli oranda çözündüğü söylenebilir.

Çözme işlemi öncesi ve sonrası yapılan kalınlık ölçümlerinde  $\pm 0,01$  mm değerini aşmayan çok küçük değişimler kaydedilmiştir. Numuneler ayrıca %5’in altında kalmak kaydıyla çekmiştir.

Tablo 1. Kimyasal işlem sonrası ağırlık değişimi

Numune	Ağırlık [g]		Ağırlık kaybı [%]
	Çözünme öncesi	Çözünme sonrası	
1	0,734	0,587	20,0
2	0,648	0,519	19,9
3	0,645	0,506	21,6
4	0,636	0,498	21,7

Dokusuz yüzeylerdeki katı polimer oranını (katı hacim katsayısı) bulmak için ağırlık, kalınlık, alan, kütlece polimer yüzdeleri ve lif yoğunlukları verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmış, sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Katı hacim katsayıları çözünme sonrası düşmektedir. Dokusuz yüzeyde var olan hava boşluğu hacmi artmıştır.

Tablo 2. Kimyasal işlem sonrası katı hacim katsayısı değişimi

Numune no	Hacimsel katı madde oranı [%]	
	Çözünme öncesi	Çözünme sonrası
1	27,7	22,4
2	27,8	21,5
3	25,9	20,3
4	27,3	21,0

### GENEL SONUÇLAR

Geliştirilen kimyasal modifikasyon işlemiyle, deniz polimeri büyük oranda çözülmüştür. Uzaklaştırılan deniz polimeri nedeniyle dokusuz yüzey son haliyle daha fazla hava hacmi ihtiva etmektedir. Ada liflerini bir arada tutan ara yüzün çözünmesiyle ada liflerinin serbest kalması söz konusudur, dolayısıyla dokusuz yüzeyin daha lifli bir yapı haline gelmesi beklenmektedir. Böylelikle toplam lif yüzey alanının da artış olacaktır.

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Geliştirilen yöntemin daha fazla ada sayısına sahip dokusuz yüzeylere uygulaması yapılacaktır. Çözme etkinliği ve yapısal değişim tespit edilecektir.

### TEŞEKKÜR/FON KAYNAĞI

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 215M340 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

### KAYNAKLAR

[1] Durany, A., Anantharamaiah, N., Pourdeyhimi, B., 2009. High surface area nonwovens via fibrillating spunbonded nonwovens comprising Islands-in-the-Sea bicomponent filaments: structure process–property relationships. Journal of Material Science, Cilt 44, p. 5926–5934–

[2] Cole-Parmer 2015. "Chemical Compatibility Database". <http://www.coleparmer.com/Chemical-Resistance>, Son erişim tarihi: 23 Mayıs 2015



# Life Cycle Assessment of Carbon Fiber/Polymer Composites Used in Vehicles

ŞİR İŞMAR Ezgi<sup>1,2</sup>, SARAÇ A. Sezai<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Technical University Textile Engineering Department, <sup>2</sup>Istanbul Technical University, NanoScience and NanoEngineering Department, <sup>3</sup>Istanbul Technical University Polymer Science and Technology

[sarac@itu.edu.tr](mailto:sarac@itu.edu.tr)

## AIM

Life Cycle Assessment (LCA) has a significant place to understand the relationship between the material and the environment. It is not possible to think material production phase without its environmental impacts. Life cycle of a materials can be explained in three main phases; production, utilization and disposal. Polymer composites are preferable used for the transportation industry due to their light weight feature compared to their high strength and stiffness. Replacement of conventional materials with carbon fiber containing polymer composites helps to reduce the energy consumption during to usage phase of material, thanks to their light weight feature.

## INTRODUCTION

Divided phases of material life cycle from the beginning to end of product life cycle defined as; the production phase (obtaining raw materials and production of products), the utilization phase (use of energy, maintenance, cleaning), final phase as the disposal which includes landfill, incineration, recycling<sup>1</sup>. For instance when natural fibers are used in vehicles as a substitution of metals the environmental impact during the use phase will be reduced due to the light weight feature of composites it assists to lower energy consumption<sup>1-3</sup>. However, it is not enough to only evaluate the use phase of material, for deeply investigation, influence on the environmental impact of the production phase has also to be taken into account. Carbon fibers are one of the most studied filling material for polymer composite structures. Carbon fiber reinforced plastics are used in various industries, from railway to aircraft industry and all aim to reduce weight of the vehicle and decrease the energy (fuel) consumption<sup>4,5</sup>.

## METHODS

Synthesis polymer precursor, oxidation and carbonization of Polyacrylonitrile(PAN) based carbon fibers and carbon nanofibers are well studied in our group<sup>6,7</sup>. To investigate the life cycle of carbon fibers & nanofibers, first polymerization of acrylonitrile is realized and followed by wet spinning/electrospinning process to obtain PAN-based fibers. PAN based fibers

converted to carbon fibers through oxidation and carbonization process<sup>6</sup>, and at the end of the process ~50% mass of PAN fibers converted to carbon fiber and total energy consumption for carbonization process was calculated as 7.56 MJ/kg<sup>8</sup>.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

There is not a well-defined route to recycle the composite materials. The recovery of carbon fibers inside the composite matrix can be realized by different methods (dissolve in nitric acid or organic solvents, pyrolysis in oxygen/nitrogen and supercritical process) were studied<sup>4,5,9</sup>. Cheul-Kyu L. et al. presented that; carbon fiber/Polymer composite material recycled via nitric acid washing and recycled carbon fibers were obtained<sup>4</sup>. Marsh G. also suggested that, chemically dissolve the epoxy matrix can help to regain carbon fibers inside the carbon fiber/polymer composite<sup>9</sup>. Both chemical recycling and regrinding methods allow materials to be reused, both require considerable processing steps before reuse of materials. All of the life cycle steps should be considered to use them in the auto industry. Lighter materials are more favorable for saving the life cycle energy in transportation industry compared steel and aluminum.

## CONCLUSIONS

Turning carbon fiber/polymer composite waste into a valuable resource supports to close the life cycle loop of carbon fibers in an environmental way<sup>5</sup>. Nowadays, firstly produced CF/polymer composites complete their use phase and they are in the disposal step. Thus, we should deeply consider the recycling opportunities of carbon fibers before they fill our landfill.

## REFERENCES

1. Heijungs, R. *et al.* Environmental life cycle assessment of products: guide and backgrounds (part 1). (1992).
2. De Vegt, O. M. & Haije, W. G. *Comparative environmental life cycle assessment of composite materials.* (Netherlands Energy Research Foundation (ECN), 1997).
3. Duflou, J. R., Deng, Y., Acker, K. V. & Dewulf, W. Do fiber-reinforced polymer composites provide environmentally benign alternatives? A life-cycle-assessment-based study. *MRS Bulletin* **37**, 374–382(2012).

4. Lee, C.-K. *et al.* Assessing environmentally friendly recycling methods for composite bodies of railway rolling stock using life-cycle analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* **15**, 197–203 (2010).
5. Pimenta, S. & Pinho, S. T. Recycling carbon fibre reinforced polymers for structural applications: Technology review and market outlook. *Waste Management* **31**, 378–392 (2011).
6. Ismar, E. & Sarac, A. S. Synthesis and characterization of poly (acrylonitrile-co-acrylic acid) as precursor of carbon nanofibers. *Polym. Adv. Technol.* **27**, 1383–1388 (2016).
7. Faraji, S., Yardim, M. F., Can, D. S. & Sarac, A. S. Characterization of polyacrylonitrile, poly(acrylonitrile-co-vinyl acetate), and poly(acrylonitrile-co-itaconic acid) based activated carbon nanofibers. *J. Appl. Polym. Sci.* **134**, n/a-n/a (2017).
8. Lee, S., Jonas, T. & Disalvo, G. The Beneficial Energy and Environmental-Impact of Composite-Materials -. *Sampe J.* **27**, 19–25 (1991).
9. Marsh, G. Carbon recycling: a soluble problem. *Reinforced Plastics* **53**, 22–27 (2009).

# Lif Cinsi, Karışım Oranı ve Kumaş Sıklığının Vortex İpliklerden Örülmüş Boyalı Kumaşların Rengine Etkileri

UYANIK, Seval<sup>1</sup>, DURU BAYKAL, Pınar<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi, <sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi

[uyanik@gantep.edu.tr](mailto:uyanik@gantep.edu.tr)

## AMAÇLAR

Çalışma kapsamında çeşitli lif tiplerinin, lif karışım oranlarının ve kumaş sıklığının vortex ipliklerden örülmüş boyalı kumaşların renk tonuna olan etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

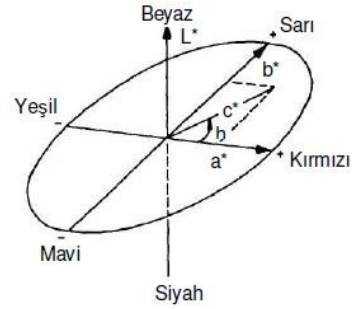
## GİRİŞ

Tekstil lifleri birbirlerinden farklı moleküler yapılar sahiptirler. Molekül yapısındaki bu farklılıklar dolayısıyla lifler farklı boyarmaddelere ilgi gösterip değişik boyarmaddelerle boyanırlar. Selülozik liflerin reaktif, protein liflerinin asit ve poliester liflerinin ise dispers boyarmaddeleri ile boyanması buna birer örnektir.

Aynı tip boyarmadde ile boyanabilen ancak yapı içerisinde molekül zincirlerinin dizilişi ve bağların yoğunluğundaki farklılıklar veya başka bir deyişle amorf ve kristalin bölge oranlarındaki farklılıklar da liflerin boyarmadde afinitesini değiştirir.

Lif, iplik ve kumaşların istenilen renge boyanmasını etkileyen faktörler arasında en önemlisi liflerin boyarmadde afinitesidir. Ancak kumaşların boyanmasında iplik ve kumaşların fiziksel özellikleri de etkilidir. İplik ve/veya kumaş yapısının gevşek ya da sıkı olmasına göre kumaşta renk tonu farklılıkları olabilmektedir.

Renk, her tekstil materyali için vazgeçilemeyecek ve kontrol edilmesi gereken temel bir özelliktir. Dolayısıyla materyale ait rengin tanımlanmasına yarayan “renk ölçümü” işlemi, tekstil endüstrisinde önemli bir konudur<sup>1</sup>. Spektral renk ölçümü, bir materyale ait rengin tanımlanmasında, boyama reçetesi hesabında, renk farklılıklarının belirlenmesinde ve renge ait her türlü kalite özelliklerinin (beyazlık, sarılık, renk haslığı, vb.) tespitinde kullanılmaktadır<sup>1</sup>. Spektrofotometre cihazlarında, test çıktılarından biri olarak verilen “CIELab” grafiği ile rengin daha kolaylıkla anlaşılması sağlanmıştır<sup>2</sup>. “CIELab” grafiği DL\*(açıklık-koyuluk), Da\*(kırmızılık-yeşillik) ve Db\*(sarılık-mavilik) verilerinin gösterildiği üç koordinatlı bir grafik<sup>3</sup> (Şekil 1) olup bu sistem tekstil endüstrisinde yaygın kullanım alanı bulmuştur<sup>2</sup>. Rengin asıl değerlendirilmesi ise cihazın verdiği DE (toplam renk farkı) değeri ile olmaktadır.



Şekil 1. CIELab Renk grafiği<sup>3</sup>

## DENEYSEL

### Malzeme

Karde pamuk (CO) , viskon (CV), modal (CMD), poliester (PES), naylon 6.6 (PA) ve gümüş katkılı poliester (Flexsil-D2™-FD2) lifleri ile vortex eğirme sisteminde farklı karışım oranlarında Ne 30 inceliğinde iplikler üretilmiştir. Üretilen iplikler 30 pus, 28 E Mayer-Relanit yuvarlak örme makinesinde iki farklı sıklıkta örülmüş ve ardından lif cinslerine uygun boyama prosesleri ile boyanmıştır.

### Yöntem

Numunelerin renk ölçümü ve referansa göre renk farklarının belirlenmesinde spektral yöntemle göre değerlendirme yapabilen Datacolor Spektrofotometre Renk Ölçüm Cihazı ve ColorExperience v.2014.1.0 yazılımı kullanılmıştır.

Numuneler içerdikleri lif cinsine göre on ayrı gruba ayrılıp her gruptan bir numune kendi grubu için referans olarak alınmış ve renk ölçümleri buna göre yapılmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamındaki numunelerin renk ölçüm sonuçları D65 ışığında (renk sıcaklığı 6500 K° olan ortalama gün ışığı) DE verilerine göre değerlendirilmiştir. İşletmelerde numunenin renk farkı değeri, referansa göre DE≤1.00 ise ‘Geçer’, DE>1.00 ise ‘Kalır’ şeklinde değerlendirme yapılarak numune rengi kabul veya ret edilmektedir. Çizelge 1’de kumaş numunelerinin renk ölçüm sonuçları verilmiştir.

Çizelgeye göre %100 kumaşlarda lfa değerinin değişmesiyle kumaşların renk tonunda meydana gelen değişimler  $DE \leq 1$  olduğu için kabul sınırları içinde kalmıştır.

İkili karışımlar için pamuk/flexsil ve viskon/flexsil kumaşlarda referans kumaş olan %5 Flexsil içeren kumaşlarda lfa değişikliğiyle renk tonunda önemli bir değişiklik olmayıp 3.0 lfa kumaşlar ‘geçer’ sonucu vermiştir. Ancak Flexsil oranı artıp ana lif oranı azalınca renk tonları değişmiş ve %10 Flexsil içeren pamuk ve viskon kumaşlar referansa göre ‘kalır’ sonucunu vermiştir. Modal/flexsil kumaşlarda ise DE değerleri 1’in altında olup lfa değerinin ve Flexsil oranının değişmesi ile meydana gelen renk tonu değişimleri referansa göre kabul sınırları içindedir.

Çizelge 1. Kumaşların spektrofotometrik renk analiz sonuçları

Grup	Numune	Referans numune		Değerlendirilen numune		DE
		Karışım oranı	lfa	Karışım oranı	lfa	
1	CO	100	2.7	100	3.0	0.38
2	CV	100	2.7	100	3.0	0.361
3	CMD	100	2.7	100	3.0	0.512
4	CO/FD2	95-5	2.7	95-5	3.0	0.363
				90-10	2.7	<b>1.104</b>
				90-10	3.0	<b>1.421</b>
5	CV/FD2	95-5	2.7	95-5	3.0	0.495
				90-10	2.7	<b>1.532</b>
				90-10	3.0	<b>1.996</b>
6	CMD/FD2	95-5	2.7	95-5	3.0	0.794
				90-10	2.7	0.942
				90-10	3.0	0.609
7	CO/CV/FD2	50-45-5	2.7	50-45-5	3.0	0.772
				60-30-10	2.7	<b>1.443</b>
				60-30-10	3.0	<b>1.369</b>
8	CO/CMD/FD2	50-45-5	2.7	50-45-5	3.0	0.606
				60-30-10	2.7	0.388
				60-30-10	3.0	0.658
9	CO/PES/FD2	50-45-5	2.7	50-45-5	3.0	0.552
				60-30-10	2.7	0.789
				60-30-10	3.0	0.643
10	CO/PA/FD2	50-45-5	2.7	50-45-5	3.0	<b>1.101</b>
				60-30-10	2.7	0.543
				60-30-10	3.0	0.709

Viskon içeren üçlü karışım kumaşlarda lfa değeri değiştiğinde DE değeri sınır içinde kalırken karışım oranları değiştiğinde 1’in üzerine çıkıp ‘kalır’

sonucunu vermiştir. Modal ve poliester içeren üçlü karışım kumaşlarda ise lfa ve karışım oranlarının değişmesiyle DE değerlerinde sınır dışına çıkan bir değişiklik gözlenmeyip bu gruplardaki kumaşlar referanslarına göre ‘geçer’ sonucu vermiştir. Naylon içeren üçlü karışım kumaşlarda karışım oranlarının değişmesiyle DE değerleri 1’in altında kalırken referans kumaşla aynı karışım oranlarına sahip olmasına rağmen %5 Flexsil içeren 3.0 lfa kumaş çok az farkla da olsa sınır değerinin üzerine çıkarak ‘kalır’ sonucu vermiştir.

## GENEL SONUÇLAR

Kumaşlarda ilmek uzunluğunun değişmesiyle renk tonunda hafif değişimler meydana gelmesine rağmen ton değişiklikleri genel olarak kabul sınırları içinde kalmıştır.

Kumaşların renk tonundaki değişimler lif cinsinden doğrudan etkilenmiştir. En belirgin renk tonu değişimleri viskon içeren kumaşlarda görülmüştür. Kumaşlarda viskon oranının değişmesiyle renk tonu değişimleri rejenere viskon lifinin diğer liflere göre daha yüksek boyarmadde afinitesine sahip olması ve neticede daha fazla boya alması dolayısıyla kabul sınırları dışına çıkmıştır. Çizelge 1’den görüldüğü üzere referans alınan 2.7 lfa %95-5 CV/FD2 kumaşa göre viskon oranının azaldığı 2.7 ve 3.0 lfa %90-10 CV/FD2 kumaşların DE değerlerinin 1’in üzerinde olması bu durumu kanıtlamaktadır.

Viskon lifinden daha düşük boyarmadde afinitesine sahip olan pamuk lifini yüksek oranda içeren kumaşlarda da pamuk oranının değişmesiyle kabul sınırları dışına çıkan renk tonu değişimleri gözlenmiştir. Başka bir deyişle, %95 pamuk içeren kumaşlara göre %90 pamuk içeren kumaşların renk tonu DE değerlerinin 1’den yüksek olması sebebiyle kabul sınırının dışındadır.

Rejenere selülozik olmalarına rağmen modal lifinin viskon liflerine göre boyarmadde afinitesi daha düşük olduğu için modal içeren kumaşlarda lif oranlarının değişmesiyle meydana gelen renk tonu değişimleri kabul edilen sınırlar içerisinde.

Poliester ve naylon lifi içeren kumaşlarda lif oranlarının değişmesiyle kabul sınırları dışına çıkan renk tonu değişimleri tespit edilmemiştir.

Hidrofil karakterdeki pamuk, viskon ve modal liflerinin %90 ve üzeri oranda bulunduğu kumaşlarda %5 gibi düşük orandaki değişimler, pamuk ve viskon içeren kumaşlarda renk tonunu değiştirirken modal içeren kumaşlarda kabul sınırlarına yakın şekilde renk tonunu değiştirmiştir. Buradan hareketle söz konusu hidrofil lifler için %5’in üzerindeki lif değişim oranlarının kumaşa renk tonunu belirgin şekilde değiştireceği söylenebilir.

Selülozik liflerle kıyaslandığında hidrofob poliester ve hidrofilliği daha düşük naylon liflerinin bulunduğu kumaşlarda %15 düzeyindeki lif oran değişimleriyle renk tonunda meydana gelen farklılıklar kabul sınırları içinde kalmıştır. Ancak söz konusu lifleri içeren karışımlarda lif oran değişimlerinin %20 ve üzeri olması durumunda kumaşların renk tonunda belirgin farklılıklar olacağı düşünülmektedir.

#### **SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI**

İleriki çalışmalarda aynı liflerle farklı karışım oranlarında veya farklı liflerle çalışmanın tekrarlanması faydalıdır.

#### **TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI**

Çalışma kapsamındaki numunelerin üretimini ve renk ölçümlerini yapan SELÇUK İPLİK-ÖRGÜ-BOYA İŞLETMELERİ'ne teşekkür ederiz.

#### **KAYNAKLAR**

1. Pak, S. 2011. Pamuklu Tekstillerin Bitim İşlemlerinde Geri Dönüşüm Sularının Kullanımının Ürün Kalitesine Etkisinin Araştırılması, Pamukkale Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 102s.
2. Öner, E. 2001. Tekstil Endüstrisinde Renk Ölçümü, Marmara Üniversitesi, Yayın No: 672, İstanbul.
3. Zollinger, H. 2003. Color Chemistry, Wiley-VCH, Zürih, 637s.

# Vortex İpliklerde İplik-Metal Sürtünme Katsayısı Üzerine Lif Tiplerinin Etkisi

UYANIK, Seval<sup>1</sup>, DURU BAYKAL, Pınar<sup>2</sup>,  
<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi, <sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi  
[uyanik@gantep.edu.tr](mailto:uyanik@gantep.edu.tr)

## AMAÇLAR

Çalışma kapsamında çeşitli liflerle farklı karışım oranlarında elde edilen vortex ipliklerde iplik-metal arası sürtünme katsayısı üzerine lif tiplerinin etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

İplikte sürtünmeden dolayı oluşabilecek problemler, iplik kalitesini ve paralelinde kumaş kalitesi ile üretim verimliliğini etkilediği için sürtünme katsayılarının mümkün olduğunca düşük olması istenir. Genel olarak iplik örmede kullanılacak ise parafinleme, dokumada kullanılacak ise haşılama işlemine tabi tutularak kimyasal uygulamalarla sürtünme katsayısı değerleri düşürülür.

İplik tekstil üretimi sırasında iki önemli sürtünmeye maruz kalır. Bunlardan ilki iplik-iplik, diğeri ise iplik-metal sürtünmesidir. İplik-iplik sürtünmesi; ipliğin bobine sarılması, bobinden sağılması, çözgü çekme, atkı atımı, örme ve dikiş işlemleri sırasında gerçekleşir<sup>1</sup>.

İplik-metal sürtünmesi; örme ve dokuma işlemleri sırasında ipliğin metal elamanlarına sürtünmesi sırasında gerçekleşir. Bu iki sürtünme sırasında iplikte uçuntular oluşur. Uçuntu sırasında iplikte lif kaybı yaşanır ve bunun sonucunda iplikte kopuş sayısı artış gösterir. Kopuş sayısının artması, hem üretilen ürünün kalitesini, hem üretim hızını ve verimi düşürerek maliyetlerin artmasına neden olur<sup>2</sup>.

Süpüren<sup>3</sup> ve arkadaşları çalışmalarında iplik-metal sürtünme katsayı değerinin, iplik ile metal yüzey arasındaki sürtünme miktarını verdiğini ve bu değer ipliğin yüzey yapısı ile pürüzlülüğünü gösterdiğini belirtmişlerdir.

Chattopadhyay ve Banerjee<sup>4</sup> çalışmalarında iplik-iplik ve iplik-metal sürtünme katsayılarının, iplik üretiminde kullanılan lifin cinsi, eğirme yöntemi (ring, rotor, dref vb.), iplik numarası ve bükümü gibi temel özelliklerden etkilendiğini ortaya koymuşlardır.

Başka bir çalışmada Altaş ve Kadoğlu<sup>5</sup> iplik numarası (Ne cinsinden), iplikteki düzensizlik, ince yer, kalın yer ve neps arttığında iplik-metal sürtünme katsayılarının arttığını; iplik çap değerleri ve tüylülük miktarındaki artışın ise iplik-metal sürtünme katsayısını düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

İplik sürtünmesini etkileyen faktörlerle ilgili diğer çalışmalarda<sup>6-10</sup> araştırmacıların çoğunlukla hammadde, iplik eğirme yöntemi, iplik geçiş hızı, iplik giriş gerginliği, iplik tüylülüğü ve test parametrelerinin sürtünme üzerine etkilerini incelediği görülmektedir.

Bu çalışmada ise vortex ipliklerde; çeşitli lif tiplerinin, lif karışım oranlarının ve iplik özelliklerinin iplik-metal sürtünme özellikleri ile arasındaki ilişkiler incelenmiş ve bu ilişkilerin nedenleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

## DENEYSEL

### Malzeme

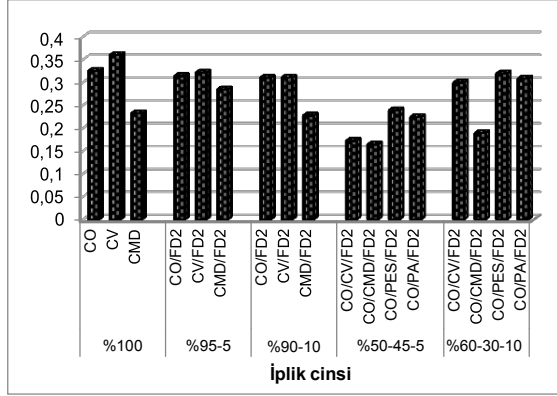
Karde pamuk (CO) , viskon (CV), modal (CMD), poliester (PES), naylon 6.6 (PA) ve gümüş katkılı poliester (Flexsil-D2<sup>TM</sup>-FD2) lifleri hammadde olarak kullanılmıştır.

### Yöntem

Vortex eğirme sisteminde söz konusu liflerle farklı karışım oranlarında Ne 30 inceliğinde iplikler üretilmiştir. Uster Tester 5 S800 ile iplik özellikleri, Uster Tensorapid ile mukavemet-uzama özellikleri ve Mesdan Lab-Attrifil test cihazı ile de ASTM D 3108 standardına göre iplik-metal sürtünme katsayıları belirlenmiştir.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Şekil 1'de verilen grafik incelendiğinde %100 viskon ipliğin en yüksek sürtünme katsayısını gösterdiği, bunu sırasıyla %100 pamuk, viskon/flexsil, pamuk/flexsil ve modal hariç %10 Flexsil içeren üçlü karışım ipliklerin takip ettiği belirlenmiştir.



Şekil 1. Lif cinsi ve karışım oranlarına göre iplik sürtünme katsayısı değişimi

Tüm karışım oranlarında modal içeren iplikler en düşük sürtünme katsayısı değerini göstermiştir. İkili karışımlarda modal hariç pamuk ve viskon içeren ipliklerde Flexsil oranının değişmesiyle sürtünme katsayısı değerlerinde bir değişme olmamıştır. Ancak üçlü karışımlarda %5 ve %10 Flexsil içeren grup arasında belirgin fark olup %10 Flexsil içeren iplikler çok daha fazla sürtünme katsayısına sahiptirler. Bunun %10 Flexsil içeren ipliklerin daha fazla oranda pamuk içermesinden ve dolayısıyla pamuk lifinin sürtünme katsayısını artırıcı etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine üçlü karışım ipliklerde %5 ve %10 Flexsil içeren her iki grup için de poliester içeren ipliklerin en yüksek sürtünme katsayısına, ardından az bir farkla naylon içeren ipliklerin daha düşük katsayı değerine sahip olduğu grafikten izlenmektedir. Viskon içeren iplikler ise %10 Flexsil içeren grupta naylon içeren ipliklere oldukça yakın ve düşük sürtünme katsayısı değeri gösterirken %5 Flexsil içeren grupta poliester ve naylon içeren ipliklerden belirgin daha düşük ve modal içeren ipliğine yakın katsayı değeri göstermiştir.

ANOVA sonuçlarına göre %5 anlam düzeyinde, çalışmada kullanılan tüm lif cinslerinin iplik-metal sürtünme katsayısı üzerine etkileri anlamlıdır. Pearson korelasyon test sonuçları da %100 iplikler için  $-0.966^{**}$ , ikili karışımlar için  $-0.831^{**}$  ve üçlü karışımlar için  $-0.626^{**}$  katsayı değerleriyle modal lifi ile sürtünme katsayısı arasında negatif yönlü ve oldukça kuvvetli ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

## GENEL SONUÇLAR

Modal lifi, belirgin şekilde yer aldığı ipliklerde sürtünme katsayısını düşürme eğilimindedir. Pamuk, viskon, poliester ve naylon lifleri ise iplikte sürtünme katsayısını artırma yönünde etki göstermektedirler. Ancak poliester ve naylon lifinin artırma etkisi pamuk ve viskon lifine göre daha düşüktür.

Nihai ürüne antibakteriyel özellik katması amacıyla kullanılan Flexsil lifi ise yüksek fiyatından dolayı %5 ve %10 gibi çok düşük oranlarda iplikte yer aldığı için

iplik-metal sürtünme katsayısı üzerinde olumlu veya olumsuz belirgin herhangi bir etki göstermemiştir.

Lif karışım oranlarında %5 ve %10 dolayındaki değişimler sürtünme katsayısını pek etkilemezken üçlü karışım ipliklerde görüldüğü üzere %15 düzeyindeki lif oran değişimleri belirgin şekilde etki etmiştir. Pamuk lif oranı düşük olan iplikler en düşük sürtünme katsayısı değerlerini göstermişlerdir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda iplik özellikleri ile sürtünme katsayısı arasında genel olarak zayıf ve orta kuvvette ilişkiler tespit edilmiş olup bunlardan düzgünsüzlük, ince, kalın, neps, tüylülük, çap vb. özellikler sürtünme katsayısını artırıcı yönde etki ederken iplik yoğunluğu düşürme yönünde etki etmektedir.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

İleriki çalışmalarda aynı liflerle farklı karışım oranlarında veya farklı liflerle çalışmanın tekrarlanması faydalıdır.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Çalışma kapsamındaki vortex ipliklerin üretimini yapan SELÇUK İPLİK İŞLETMELERİ ve söz konusu ipliklerin testlerini gerçekleştiren SANKO İPLİK İŞLETMELERİ'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

1. Wu, R., Yu, J., Rahn, C. D. and Goswami, B., C. 2000. "Measuring Yarn/Package Friction During Over-End Unwinding", Textile Research Journal: Vol:70, No:4, pp:321-327
2. Koo, Y., and Kim, H. 2002. "Friction of Cotton Yarn in Relation to Fluff Formation on Circular Knitting Machines", Textile Research Journal: Vol: 72, No:1, pp:17-20.
3. Süpüren, G., Çelik, P. and Özdil, N. 2009. "Effect of Production Parameters on Friction Properties of Textured Polyester Yarns", AUTEX World Textile Conference, 26-28 May, İzmir, Turkey.
4. Chattopadhyay, R. and Banerjee, S. 1996. "The Frictional Behavior of Ring-, Rotor-, and Friction-spun Yarn", Journal of Textile Institute, Vol: 87, Part 1, No. 1, pp: 59-67.
5. Altaş, S., Kadoğlu, H. 2009. "İplik-İplik ve İplik-Metal Sürtünme Katsayısı İle Bazı İplik Özellikleri Arasındaki İlişki", Tekstil ve Mühendis, Sayı 73-74, Sayfa 1-5.
6. Ghosh, A., Patanaik A., Anandjiwala, R.D., Rengasamy, R.S. 2008. "A Study on Dynamic Friction of Different Spun Yarns, Journal of Applied Polymer Science", 108, 3233-3238.

7. Kalyanaraman, A. R. 1988. "Yarn-Friction Studies with the SITRA Friction- Measuring Device", *Journal of the Textile Institute*, 79(1), 147-151.
8. Rankumar, S.S., Shastri, L., Tock, R.W., Shelly, D.C., Smith, M. L., Padmanabhan, S. 2003. "Experimental Study of the Frictional Properties of Friction Spun Yarns", *Journal of Applied Polymer Science*, Vol: 88, 2450-2454.
9. Schlatter, C., Demas, H. J. 1962. "Friction Studies on Caprolan1 Filament Yarn", *Textile Research Journal*, 32(2), 87-98.
10. Zurek, W., Frydrych, I. 1993. "Comparative Analysis of Frictional Resistance of Wool Yarns", *Textile Research Journal*, 63, 322-335.



# Dokuma Yönünün 3 Boyutlu Boşluklu Tabakalı Kompozitlerin Üç Nokta Eğilme Dayanımına Olan Etkileri

YILDIRIM Ferhat<sup>1</sup>, AYDIN Mustafa<sup>2</sup>, AVCI Ahmet<sup>3</sup>, ÇANTI Ebubekir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Simav, Kütahya

<sup>2</sup>Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Konya  
[ferhat.yildirim@dpu.edu.tr](mailto:ferhat.yildirim@dpu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada elyaf dokuma yönünün, farklı açılarda tabakalanmış 3 Boyutlu (3B) cam elyaf epoksi kompozitlerin üç nokta eğilme dayanımına olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

3B cam elyaf kumaşlar, dokuma teknolojileri sayesinde alt ve üst yüzeyleri dikine pilelerle birleştirilmiş ve iç kısımlarında boşlukları bulunan kompozit takviye malzemeleridir<sup>1-4</sup>. Çözü yönü doğrultusunda kanal şeklinde boşluklara sahip olan 3B kumaşlar kompozit forma dönüştürüldükten sonrada bu boşlukları sayesinde kendilerine has yapısal özellikler sergilemektedirler. 3B kompozitlerin mukavemet özelliklerini etkileyen önemli faktörler arasında üst ve alt yüzeyleri birleştiren pilelerin yüksekliği ve sayısı bulunmaktadır. Artan pile yüksekliği basılma ve eğilme dayanımının azalmasına yol açarken<sup>5, 6</sup>, sabit yükseklikteki pilelerin sayısının artırılması basılma ve eğilme dayanımını iyileştirmektedir<sup>4</sup>. Pile sayısı ve yüksekliğinin sabit tutulduğu benzer çalışmalarda pile kalınlığının azaltılması dayanımın düşmesi ile sonuçlanmıştır<sup>7</sup>. 3B kompozitlerin tabakalı üretilmelerinde mukavemet değerleri önemli artış gösterse de<sup>8</sup>, katmansız üretimde çözgü yönünün atkı yönünden daha yüksek mekanik dayanıma sahip olması<sup>2</sup>, 3B kompozit ürünlerin tasarım aşamasında önemli kısıtlamalar doğurmaktadır<sup>1</sup>. Bu bakımdan, yöne bağlı (anizotropik) mukavemet hassasiyeti 3B kompozit ürünlerin hem kullanım alanlarını kısıtlamakta hem de kullanım esnasında beklenmedik hasarların oluşmasına yol açabilmektedir.

Bu çalışmada 3B boşluklu kompozitler farklı açılarda tabakalı üretilmiş ve fiber hacim oranı da

dikkate alınarak açı farklılığının üç nokta eğilme dayanımına olan etkileri incelenmiştir.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada Parabeam B.V. firmasından temin edilmiş E-Cam'dan üretilmiş 3.3 mm kalınlık ve 780 gr/m<sup>2</sup> yoğunlukta<sup>2, 3, 7, 8</sup> 3B cam elyaf dokuma kumaş, matris malzemesi olarak HEXION MGS L-160 ve H-160 ticari kodlu epoksi-serleştirici reçine sistemi kullanılmıştır.

### Yöntem

Ağırlıkça %25 oranında sertleştirici eklenen epoksi reçine 0°, 45°, 90° ve 135°'lik farklı açılarda 4'er katlı tabakalanmış (Tablo 1) 3B dokuma kumaşlara kısmi vakum infüzyon yöntemi ile emdirilmiştir. Etüv fırınında 80°C'de 2 saat kürlenmiş numuneler ASTM D-7264 standardına göre üç nokta eğilme deneyine tabi tutulmuşlardır.

Tablo 1. Üretilen kompozitlerin açılal dizilimleri.

Kod	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Açı	0	90	0	90	0	90	45	45	0	0
	0	90	90	0	90	0	135	135	45	45
	0	90	0	90	90	0	45	135	90	135
	0	90	90	0	0	90	135	45	135	90

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Kompozit yapı içerisindeki fiberin hacimsel oranının ( $v_f$ ), fiber takviyeli polimer kompozitlerin mukavemeti üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ve  $v_f$ 'nin artmasıyla mukavemetin arttığı bilinmektedir<sup>9</sup>. Üretilen kompozitlerin  $v_f$  değerlerinden türetilen normalleştirme faktörü<sup>9</sup>, elde edilen mukavemet değerlerine uygulanarak üretimden kaynaklanan olası farklılıklar giderilmiştir. Numunelerin deney esnasındaki görüntüleri Şekil 1'de, yoğunluk, fiber hacim oranları, normalleştirilmiş eğilme gerilmeleri,

normalleştirilmiş eğilme elastiklik modülleri ve sehim değerleri Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Uygulanan üç nokta eğilme deneyleri.

Tablo 2. Numunelerden elde edilen sonuçlar.

Kod	Yoğunluk ( $\rho$ )	Fiber hacim oranı ( $v_f$ )	Normalleştirilmiş eğilme gerilmesi (MPa)	Normalleştirilmiş eğilme elastiklik modülü (MPa)	Sehim (mm)
T-1	1.584	0.3676	40.171	453.716	13.4
T-2	1.574	0.3744	27.307	248.235	16.6
T-3	1.585	0.3675	33.988	345.526	14.9
T-4	1.574	0.3635	30.833	316.105	14.7
T-5	1.598	0.3629	32.666	431.669	11.4
T-6	1.575	0.3714	33.098	317.391	15.8
T-7	1.532	0.3761	24.921	128.706	29.3
T-8	1.571	0.3769	26.371	114.830	34.7
T-9	1.571	0.3620	35.052	408.160	13.0
T-10	1.546	0.3658	36.840	431.523	12.9

Sonuçlara göre en yüksek eğilme dayanımı katmanlar arasında en az 1 adet çözümlü yönlü tabaka olduğu durumda tespit edilmiştir. Uygulanan yüklerle karşı çözümlü yönlü ya da kuvvetle aynı yönlü örgülerin esas taşıyıcı örgüler olduğu anlaşılmaktadır. Kuvvetin atkı yönünde olduğu ve tabakalar arasında hiç çözümlü yönlü katman bulunmayan kompozitlerde ise düşük eğilme gerilmesi değerleri tespit edilirken kuvvetin tüm katmanlarda 45°'lik açıyla karşılandığı T-7 ve T-8 kodlu numunelerde en yüksek sehim ve en düşük eğilme elastiklik modülü değerleri elde edilmiştir. Sehim değerleri incelendiğinde kuvvetin 45°'lik açıda uygulanması halinde yük iletiminin iyi yapıldığı fakat örgü açıları sebebiyle kuvvetin uygulandığı kesit alanında fiberlerin bütün olarak hareket edemeyip hasara uğradıkları sonucu çıkarılmıştır. Numunelerde oluşan hasar mekanizması incelendiğinde, pilelerin kumaşın üst ve alt yüzeylerine bağlandığı noktaların en zayıf bölgeler olduğu ve kırılmanın bu bölgelerde başlayıp geliştiği tespit edilmiştir<sup>1-8</sup>.

## GENEL SONUÇLAR

Normalleştirilmiş gerilme değerlerine göre dokuma yönünün tabakalı 3B boşluklu kompozitlerin üç nokta eğilme dayanımları üzerinde önemli etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. En yüksek dayanım değeri kuvvetle aynı yönlü dokumalarda elde edilmiştir. Yoğunluk değerleri arasındaki farkların küçük oluşu vakum infüzyon yönteminin dengeli

ıslanma ve homojen ıslanma için oldukça verimli bir yöntem olduğu ortaya koymaktadır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Tabakalı 3B boşluklu kompozitlerin iç boşlukları doldurularak mekanik özellikleri incelenebilir. Farklı çekirdek kalınlıkları kıyaslanabilir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca 2015/69 kabul numaralı proje ile desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Zhao, C.Q., Li, D.S., Ge, T.Q., Jiang, L., Jiang, N. 2014, "Experimental study on the compression properties and failure mechanism of 3D integrated woven spacer composites", *Materials and Design*, 56, 50–59, 2014.
- Fan, H., Sun, F., Yang, L., Jin, F., Zhao, D. 2013. "Interlocked hierarchical lattice materials reinforced by woven textile sandwich composites", *Composites Science and Technology*, 87, 142–148.
- Li, D.S., Zhao, C.Q., Jiang, L., Jiang, N. 2014. "Experimental study on the bending properties and failure mechanism of 3D integrated woven spacer composites at room and cryogenic temperature", *Composite Structures*, 111, 56–65.
- Li, M., Wang, S., Zhang, Z., Wu, B. 2009. "Effect of Structure on the Mechanical Behaviors of Three-Dimensional Spacer Fabric Composites", *Applied Composite Materials*, 16, 1–14.
- Sadighi, M., Hosseini, S.A. 2013. "Finite element simulation and experimental study on mechanical behavior of 3D woven glass fiber composite sandwich panels", *Composites: Part B*, 55, 158–166.
- Fan, H., Zhao, L., Chen, H., Kuang, N., Yang, C., Huang, S., Jiang, Y. 2012. "Ductile deformation mechanisms and designing instructions for integrated woven textile sandwich composites", *Composites Science and Technology*, 72, 1338–1343.
- Fan, H., Zhou, Q., Yang, W., Jingjing, Z. 2010. "An experiment study on the failure mechanisms of woven textile sandwich panels under quasi-static loading", *Composites: Part B*, 41, 686–692.
- Fan, H., Yang, W., Zhou, Q. 2011. "Experimental research of compressive responses of multi-layered woven textile sandwich panels under quasi-static loading", *Composites: Part B*, 42, 1151–1156.
- Whitacre, R., Amiri, A., Ulven, C. 2015. "The effects of corn zein protein coupling agent on mechanical properties of flax fiber reinforced composites", *Industrial Crops and Products*, 77, 232–238.

# Nano SiO<sub>2</sub> Takviye Edilmiş 3 Boyutlu Kompozitlerin Düşük Hız Darbe Dinamiklerinin İncelenmesi

YILDIRIM Ferhat<sup>1</sup>, AYDIN Mustafa<sup>2</sup>, AVCI Ahmet<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Simav-Kütahya

<sup>2</sup>Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kütahya

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Konya  
[ferhat.yildirim@dpu.edu.tr](mailto:ferhat.yildirim@dpu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışmada 3 boyutlu boşluklu cam elyaf/epoksi kompozitlere yapılan farklı oranlardaki nano SiO<sub>2</sub> ilavesinin düşük hız darbe özelliklerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## GİRİŞ

Alt ve üst olarak konumlandırılmış iki kumaşın birbirine dik yönlü (pile) örgülerle bağlanmasıyla üretilen dokumalara 3 boyutlu (3B) dokuma kumaşlar denilmektedir. Kompozit endüstrisinde en çok cam ipliklerinden üretilen ve içyapılarındaki boşlukları sayesinde “3B boşluklu” olarak anılan dokumalar önemli kompozit takviye malzemelerindedir<sup>1-4</sup>. 3B boşluklu kompozitlerin dayanım özellikleri incelendiğinde pilelerin mukavemet üzerinde önemli etkisi olduğu görülmüştür. Literatüre göre pile yüksekliğinin artması basılma ve eğilme dayanımını düşürürken<sup>5,6</sup>, pile sayısının artması basılma ve eğilme dayanımını arttırmaktadır<sup>4</sup>. Benzer biçimde, pilelerin sayı ve yüksekliği değiştirilmeden kalınlıklarının azaltılması dayanımın düşmesi ile sonuçlanmıştır<sup>7</sup>. Dokuma yönü açısından çözümlenmesi atkı yönünden daha yüksek mukavemete sahip olması<sup>2</sup>, 3B kompozitlerin tasarım aşamasında önemli kısıtlamalar doğurmaktadır<sup>1</sup>. Bu sorunun çözümü için sürdürülen çalışmalarda 3B boşluklu kompozitlerin içerisine katılan nano partiküllerin, çözümlenmesi ve atkı yönlerindeki mukavemet farkını azalttığı tespit edilmiştir<sup>8</sup>.

## DENEYSEL

### Malzeme

Çalışmada kullanılan 3B cam elyaf dokuma kumaş Parabeam B.V. firmasının ticari ürünü olup E-Cam'dan üretilmiş, 3.3 mm kalınlık ve 780 gr/m<sup>2</sup> yoğunluktadır<sup>2,3,7</sup>. Matris malzemesi olarak Alman

Havacılık Enstitüsü onaylı HEXION MGS L-160 ve H-160 ticari kodlu epoksi-serleştirici reçine sistemi kullanılmıştır. Nano SiO<sub>2</sub> ise küresel morfolojide, ortalama 30 nm çapında, 2.4 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluk ve 440 m<sup>2</sup>/gr spesifik yüzey alanına sahiptir.

### Yöntem

Ultrasonik karıştırıcı yardımıyla ağırlıkça %0.5, %1, %2 ve %3 oranlarında nano SiO<sub>2</sub> takviye edilmiş epoksi reçine kısmi vakum infüzyon yöntemi ile elyaflara tatbik edilmiştir. Numuneler 100°C'de 2 saat kürlenmiş ve ardından ASTM D-7136 standardına göre düşük hız darbe deneyine tabi tutulmuşlardır.

### DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

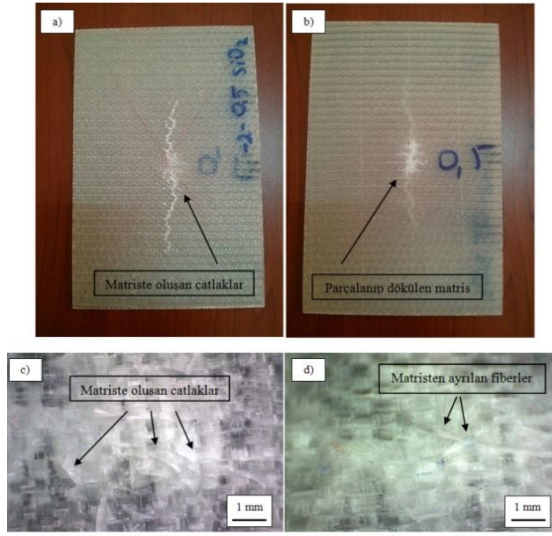
Yapılan darbe deneyleri sonucunda 3B kompozitlerin yapılarına katılan nano SiO<sub>2</sub> ilavesinin malzemenin darbe dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Nano SiO<sub>2</sub> katkılı 3B boşluklu kompozitlerde darbe deneyi sonuçları.

Malzeme	Maksimum Darbe Kuvveti (N)	Darbe Enerji (J)	Sönümlenen Enerji (J)	Darbe Enerjisinin Sönümlenme Oranı (%)
Katkısız kompozit	2739.056	8.863	6.899	77.84
%0.5 SiO <sub>2</sub>	2667.121	9.758	7.377	75.6
%1 SiO <sub>2</sub>	2282.545	8.115	6.469	79.71
%2 SiO <sub>2</sub>	3090.431	8.323	6.591	79.19
%3 SiO <sub>2</sub>	3071.064	9.013	6.982	77.46

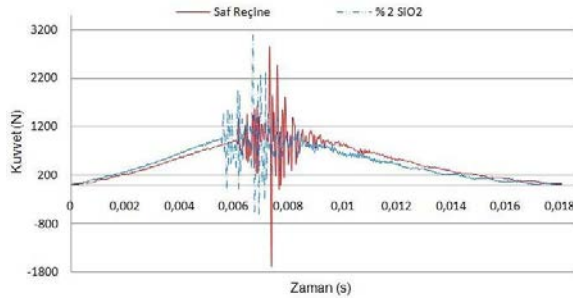
Katkısız epoksi ile üretilen 3B kompozitin 2739 N'luk kuvvet değerine oranla %2 ve %3'lük nano SiO<sub>2</sub> ilavesinde 3000 N'un üzerinde ve yaklaşık %12 lik bir kuvvet artışı elde edilmiştir. Darbe yükünün dağıtılması ve matris boyunca iletilme yeteneğinin geliştiği, deney sonrası incelenen

numunelerden ve artan darbe mukavemetinden anlaşılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Darbe deneyi sonrası nano SiO<sub>2</sub> katkılı 3B kompozit numunelerdeki deformasyon durumu: a) numunenin üst yüzeyi, b) numunenin alt yüzeyi, c) ve d) hasarın optik mikroskop görüntüleri.

Enerji değerleri de kuvvet değerleri gibi nano SiO<sub>2</sub> ilavesiyle artmıştır. Tepki zamanı özellikle ağırlıkça %2 nano SiO<sub>2</sub> ilavesinde önemli oranda kısalmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Karşılaştırmalı kuvvet zaman grafiği.

Hesaplanan enerji sönümlenme oranları ağırlıkça %0.5 ve %3 nano SiO<sub>2</sub> oranlarında azalırken %1 ve %2 oranlarında artmıştır. Sönümlenen enerjinin azalması malzemenin aldığı hasar miktarının azalması anlamına gelmektedir<sup>9</sup>. Darbe kuvvetinin artması ve sönümlenen enerjinin azalması ise malzemenin elastiklik özelliklerinin iyileştiği anlamına gelmektedir<sup>8,9</sup>.

## GENEL SONUÇLAR

Yapısına nano SiO<sub>2</sub> katılan 3B kompozitlerin darbe dayanımlarının geliştiği tespit edilmiştir. Ağırlıkça %3 oranında nano SiO<sub>2</sub> ilavesi yapılmış 3B kompozitin darbe dayanımı katkısız kompozitinkine

oranla %12 artmıştır. Aynı katkı oranında malzemenin elastikiyetinde sağlanan artış ise %1 olarak hesaplanmıştır.

## SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

3B boşluklu kompozitlerin iç boşlukları doldurularak darbe dayanımları incelenebilir.

## TEŞEKKÜR/BİLGİLENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 2015/69 numaralı proje ile desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Zhao, C.Q., Li, D.S., Ge, T.Q., Jiang, L., Jiang, N. 2014, "Experimental study on the compression properties and failure mechanism of 3D integrated woven spacer composites", *Materials and Design*, 56, 50–59, 2014.
2. Fan, H., Sun, F., Yang, L., Jin, F., Zhao, D. 2013. "Interlocked hierarchical lattice materials reinforced by woven textile sandwich composites", *Composites Science and Technology*, 87, 142–148. [3] Li, D.S., Zhao, C.Q., Jiang, L., Jiang, N. 2014. "Experimental study on the bending properties and failure mechanism of 3D integrated woven spacer composites at room and cryogenic temperature", *Composite Structures*, 111, 56–65.
4. Li, M., Wang, S., Zhang, Z., Wu, B. 2009. "Effect of Structure on the Mechanical Behaviors of Three-Dimensional Spacer Fabric Composites", *Applied Composite Materials*. 16, 1–14.
5. Sadighi, M., Hosseini, S.A. 2013. "Finite element simulation and experimental study on mechanical behavior of 3D woven glass fiber composite sandwich panels", *Composites: Part B*, 55, 158–166.
6. Fan, H., Zhao, L., Chen, H., Kuang, N., Yang, C., Huang, S., Jiang, Y. 2012. "Ductile deformation mechanisms and designing instructions for integrated woven textile sandwich composites", *Composites Science and Technology*, 72, 1338–1343.
7. Fan, H., Zhou, Q., Yang, W., Jingjing, Z. 2010. "An experiment study on the failure mechanisms of woven textile sandwich panels under quasi-static loading", *Composites: Part B*, 41, 686–692.
8. Yıldırım, F., 2016, "Karbon Nano Tüp Ve SiO<sub>2</sub> Nano Parçacık Takviyeli Üç Boyutlu Cam Elyaf-Epoksi Kompozitlerin Üretimi Ve Karakterizasyonu", Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
9. Güneş, A., 2013, "Üzerinde Yüzey Çatlağı Bulunan Hibrid Tabakalanmış Kompozit Levhaların Dinamik Davranışlarının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

# Stor Perdelerde Solar Özellikler

YILDIRIM, Kenan<sup>1</sup>, PARIN, Fatma Nur<sup>1</sup>, TEKE, Şengül<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, DBMMF, Lif ve Polimer Müh.liği Böl. 16310 Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Bursa Teknoloji Koordinasyon ve AR-GE Merkezi (BUTEKOM), 16140 Bursa, Türkiye  
[kenan.yildirim@btu.edu.tr](mailto:kenan.yildirim@btu.edu.tr)

## AMAÇLAR

Bu çalışma ile EN 410 standardına göre stor perdelerin ışık ve solar özellikleri hesaplanmıştır. Ölçüm işlemi UV/VIS/NIR cihazı kullanılarak TS EN 14500 göre yapılmıştır. Kumaş konstrüksiyon farklılığının perdelerin ışık ve solar özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

## GİRİŞ

Güneş radyasyonunun büyük bir kısmını yaymasına rağmen, solar radyasyonun sadece üç ana bileşeni Dünya'ya ulaşmaktadır. Bununla görülebilir ışık radyasyonu (ışık), UV radyasyon (UV) ve kızılötesi radyasyon (IR) dir. [1].

Elektromanyetik radyasyon kumaş tarafından yansıtılabilir, absorbe edilebilir ve/veya geçirilebilir. Radyasyonun bir kısmı lifler tarafından absorbe edilir ve farklı enerji formlarına dönüştürülür. Radyasyonun diğer parçası olan geçirgenlik, lifler ve iplikler arasındaki boşluklar aracılığıyla direkt olarak kumaştan geçer. Radyasyonun bir kısmı ise lifler tarafından yansıtılır veya dağıtılır [2].

320–400 nm dalgaboyu aralıklarındaki görülebilir ışık radyasyonu UV<sub>A</sub> bölgesini, 290–320 nm dalgaboyu aralıkları UV<sub>B</sub> radyasyon bölgesinde bulunur. 290-200 nm dalgaboyu altındaki son derece tehlikeli olan radyasyon bölgesi ise UV<sub>C</sub> dir. UV<sub>C</sub> ve UV<sub>B</sub> radyasyonun bir kısmı (100–290 nm) atmosferdeki stratosferik ozon tarafından absorplanmadan dolayı Dünya'nın yüzeyine ulaşmaz [3].

UV' ye maruz kalmayı azaltıcı giysilerin etkinliği için birçok faktör bulunmaktadır. Giysi tasarımına ek olarak kumaş özellikleri, ki; iplik kompozisyonu, konstrüksiyonu, ağırlık ve kalınlık özellikleri de etkili parametrelerdir. Kumaş gözenekliliği (boşluk oranı) yada kumaş sıklığı ve lifin fizikokimyasal karakteristikleri UV koruma kabiliyetini etkileyen önemli parametrelerdendir [4]. Uzun dalgaboyu radyasyonu (IR ışık) geçirgenliği de kumaş yapısının açıklığından etkilenmektedir. Kumaşın örtme faktörü arttıkça uzun dalgaboyu geçirgenliği azalır. Kumaş performansı, konforu ve fiziksel özellikleri üzerine iplik sistemlerinin etkisi (atki ve çözgü iplik) birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Kumaşın solar karakteristikleri

kumaşın diğer özelliklerinde olduğu gibi fazla araştırmalar bulunmamaktadır. Birçok araştırmacı sadece kumaşın UV koruma kapasitesini araştırmıştır. Solar radyasyonun görülebilir ve IR kısmında geçirgenlik, yansıtıcılık ve absorpsiyon üzerine kumaşın etkileri henüz araştırılmamıştır.

Stor perdelerin kullanımı gittikçe yaygınlaşan bir durum olup, özellikle iş yerlerinde ve genel olarak da evlerde hem ışık ve solar radyasyondan korunma hem de ses izolasyon amaçlı kullanılmaktadır. Günümüzde ışık ve solar özellikli camlara ait bir özellik olarak kabul edilmesi nedeniyle standart metotlar camlara yönelik olarak oluşturulmuştur. Ancak söz konusu metotların kumaşlarda uygulanabileceği görülmüş ve özellikle perdelerin ışık ve solar özelliklerinin ölçüm ve hesaplamasında da bu metotların kullanımı kabul edilmiştir. Kumaşlara yönelik özel bir metot geliştirilinceye kadar da bu metotların uygulanacağı aşıkardır. Ölçüm için TS EN 14500-part B standardı ve bu standardın tanımladığı özel donanımlı UV-VIS-NIR cihazı, hesapla içinde EN 410 standardı kullanılmaktadır. Söz konusu standartlar camlara yönelik olduğundan terimlerde cam malzemeye ait terimlerdir.

## DENEYSSEL

### Malzeme

İplik doğrusal yoğunluğu ve birim alan ağırlıkları farklı dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Doku yapıları sabit tutulmuş olup, 2x2 panamdır. Kumaşlardaki açıklık ve makro açıklık özelliği iplik doğrusal yoğunluğu ve birim alan ağırlığı değişkenleri ile farklılaştırılmıştır.

### Yöntem

UV/VIS/NIR Shimadzu UV-3600 cihazı kullanılmıştır. Cihaz geçirgenlik ve yansıma özelliğini ölçecek şekilde donatılmıştır. Işık, solar ve UV geçirgenlik, yansıtıcılık ve absorpsiyon parametreleri EN 410 standardına göre hesaplanmıştır. 282.5–2500 nm dalga boyu aralığında 5 nm çözünürlük baz alınmıştır.

## DENEYSEL SONUÇLAR/TARTIŞMA

Tablo1, çalışmada kullanılan kumaşın fiziksel özelliklerini içermektedir. Işık geçirgenliği ( $T_v$ ), ışık yansıtıcılığı ( $R_v$ ), solar geçirgenlik ( $T_s$ ), solar

yansıtıcılık ( $R_s$ ), solar absorpsiyon ( $A_s$ ) ve UV geçirgenlik ( $T_{uv}$ ) değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Elektromagnetik radyasyon geçirgenlik, yansıtma ve absorpsiyon ile kumaş boşluğu arasındaki korelasyon ise Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Stor perde kumaşlarının yapısal özellikleri

Kumaş kodu	Birim Alan Ağırlığı ( $g/m^2$ )	Kalınlık (mm)	Atkı doğrusal yoğunluğu (Tex)	Çözü doğrusal yoğunluğu (Tex)	Makro Boşluk Oranı Miktarı	Boşluk Oranı Miktarı
A	184	0,53	44	43	27	75
B	188	0,48	43	42	28	72
C	185	0,47	45	44	29	72
D	187	0,43	45	56	32	69
E	184	0,45	48	57	26	71
F	337	0,5	92	92	7,4	52
G	327	0,42	84	90	11	44
H	335	0,5	80	86	9,7	52
I	346	0,45	76	70	7,1	45
J	350	0,48	90	76	7,2	48
K	361	0,43	84	90	5,3	40

Tablo 2. Kumaşların aydınlık ve solar özellikleri.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
<b>Tv-</b>	53	33	34	27	50	29	31	30	30	30	29
<b>Rv</b>	41	11	18	6,7	38	72	68	69	70	71	71
<b>Ts</b>	55	47	46	43	54	28	30	30	29	29	28
<b>Rs</b>	41	26	29	26	39	68	64	66	65	67	67
<b>As</b>	4,7	27	25	31	6,7	3,7	5,7	4,8	5,3	3,2	5,4
<b>Tuv</b>	42	32	34	31	42	6,1	8,8	8,2	7,4	7,4	6,1

Tablo 3. Korelasyon tablosu

	Boşluk	Makro boşluk
<b>Tv</b>	0,6	0,5
<b>Rv</b>	-0,9	-1
<b>Ts</b>	0,9	0,9
<b>Rs</b>	0,9	1
<b>As</b>	0,6	0,8
<b>Tuv</b>	1	0,9

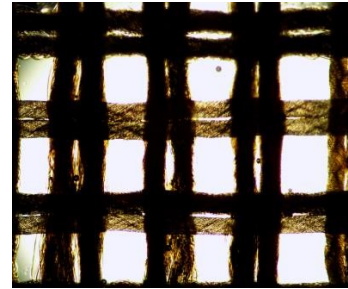
### GENEL SONUÇLAR

Kumaşın ışık, solar ve UV özelliklerinin kumaş boşluk oranından, dolayısıyla kumaş birim alan ağırlığı ve iplik doğrusal yoğunluk parametrelerinden etkilenmiştir. İstatistiksel analiz göstermiştir ki; solar ve ışık yansıtması kumaş boşluk oranı ile ters, ışık, solar ve UV geçirgenlik ise doğru orantılı olarak değişmiştir. Solar absorpsiyon hariç, makro boşluk ile boşluk oranının korelasyonu yaklaşık aynı olmuştur. Perdelerin UV geçirgenlik, solar geçirgenlik ve yansıtma ve ışık yansıtma özelliği ile kumaş doku yapısındaki boşluk oranı arasındaki korelasyonun yüksek

### TEŞEKKÜR/ BILGILENDİRME/FON KAYNAĞI

Bu çalışmada Bursa Teknik Üniversitesi DBMMF Lif ve Polimer Mühendisliği Laboratuvar ve BUTEKOM AR-GE laboratuvar kullanılmıştır.

olduğu görülmüştür. Işık geçirgenliği ve solar absorpsiyon ile boşluk oranı arasında ise kuvvetli bir korelasyonun olmadığı görülmüştür.



Şekil 1: dokunun mikroskobik görünümüx50

### SONRAKİ DÖNEM ÇALIŞMALARI

Kumaş doku yapısı ile iplik kompozisyon ve kumaş sıklık parametrelerinin stor perde ışık ve solar özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi düşünülmektedir.

### KAYNAKLAR

[1] Stankovic S. B., Popovic D., Poparic G. B. and Bizjak M. 2009. "Ultraviolet Protection Factor of Gray-state Plain Cotton Knitted Fabrics", *Textile Research Journal*, 79 (11), 1034–1042.

- [2] Mongkhorrattanasit R., Krytfek, J., Wiener J. and Viková M. 2011 "UV protection properties of silk fabric dyed with eucalyptus leaf extract", *The Journal of The Textile Institute*, 102 (3), 272-279.
- [3] Wilson, C. A., and Parisi, A. V. 2006 "Protection from Solar Erythemat Ultraviolet Radiation-simulated Wear and Laboratory Testing", *Textile Research Journal*, 76 (3), 216-225.
- [4] Gies, P., Roy, C. R., Elliott, G., and Zongli, W. 1994 "Ultraviolet Radiation Protection Factor for Clothing", *Health Physics*, 67 (2), 131-139.

# Electrospun Nanofibers of Keratin-Based Poly (Acrylonitrile-co-Ethyleneglycol)

S Zeydanli<sup>1</sup>, O Atici<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Technical University, Textile Technologies and Design Faculty, Textile Engineering Department, Inonu Street 65, 34437 Gumussuyu, Beyoglu, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup>Istanbul Technical University, Faculty of Science and Letters, 34469, Maslak, Istanbul,

[selimzeydanli@gmail.com](mailto:selimzeydanli@gmail.com)

## PURPOSE OF THE WORK

Population of the world has recently exceeded 6 billion and it is expected to cross 7 billion within a few decades. Coupled with economic progress and relatively higher proportion of young population especially in developing countries, total demand for consumable good is increasing rapidly. Depending on these, annual consumption of mankind increased more than 10-fold in a few centuries. Natural resources are not any more enough to catch up with the increasing demand. In this respect, recycling of used material and evaluation of natural waste has become even more important to make sure that next generations can assure their survival.

Growing young population with better economic power, coupled with social effects such as fashion, increased textiles, fabric and fiber consumption considerably. In the past years natural fibers like cotton, wool etc. were enough to meet demand. However, because of the reasons explained above, natural fiber sources started to fall short of meeting the total demand. Although mass production capability is a big advantage for synthetic/polymeric fibers, they cannot provide the comfort and feeling natural fibers give. Therefore it has become a must to search additional natural fiber resources to solve this ever-growing problem. Chicken Feather (CF) has its unique technical properties and economical advantages to be used as a textiles fiber thanks to its keratin content. This feature imparts CF with properties close to wool on one hand, on the other hand with its softness and absorption capabilities CF fiber can be used as a substitute to cotton fiber in textiles. High elasticity as well as keeping the body warm makes CF an excellent potential candidate for textiles applications.

In spite of the fact that the process to obtain the keratins from CF is still long and expensive, the understanding of the potential of these proteins to be used as biodegradable plastic is essential in order to use a growing source of waste (CF) as a new and innovative material.

Today handling of CF as a waste is a big problem (Parkinson, 1998). The most common method of disposal is burial. One of the economical evaluations of this waste today is its usage as animal feed. However this is a loss of valuable

natural source considering the properties of CF discussed above. Also, applications of keratin preparations in the cosmetic industry are known (Reddy and Yang, 2007). The main disadvantage of CF is its relatively low strength. Therefore they cannot form a textiles fiber stand alone. As a solution to this problem PAN can be used to enhance total strength. However this technique reduces elasticity of the new structure (Kalaoğlu, 2010).

Growing young population with better economic power, coupled with social effects such as fashion, increased textiles, fabric and fiber consumption considerably. Although mass production capability is a big advantage for synthetic/polymeric fibers, they cannot provide the comfort and feeling natural fibers give. Therefore it has become a must to search additional natural fiber resources to solve this ever-growing problem.

## INTRODUCTION

Chicken Feather (CF) is a valuable raw material since it contains 91% keratin in its structure. So far CF-keratin found only limited applications in cosmetic industry and in biodegradable nonwovens for sanitary and medical purposes. Having unique advantages such as low density, good resilience and compression capability and morphological properties, keeping the body warm and, CF-keratin has a big potential to be used as a textile fiber. In literature there are a few studies which investigated the blending of keratin with different types polymers. Polyacrylonitrile (PAN) is an important engineering polymer, generally used as carbon fiber precursor. However, it is very difficult to obtain fibers from homopolymer of PAN since it consists strong dipole-dipole interactions. Thus, it is advantageous to combine PAN with other polymers.

In this respect, PAN) was chosen as one component of graft copolymer, to improve mechanical stability of keratin and provide it with resistance to various chemicals and solvents, sunlight, heat and microorganisms. Polyethylene glycol (PEG) was chosen to be grafted to the copolymer as well to provide elasticity to hard and brittle keratin-graft-PAN structure and to improve elastic properties of the resulting fiber.



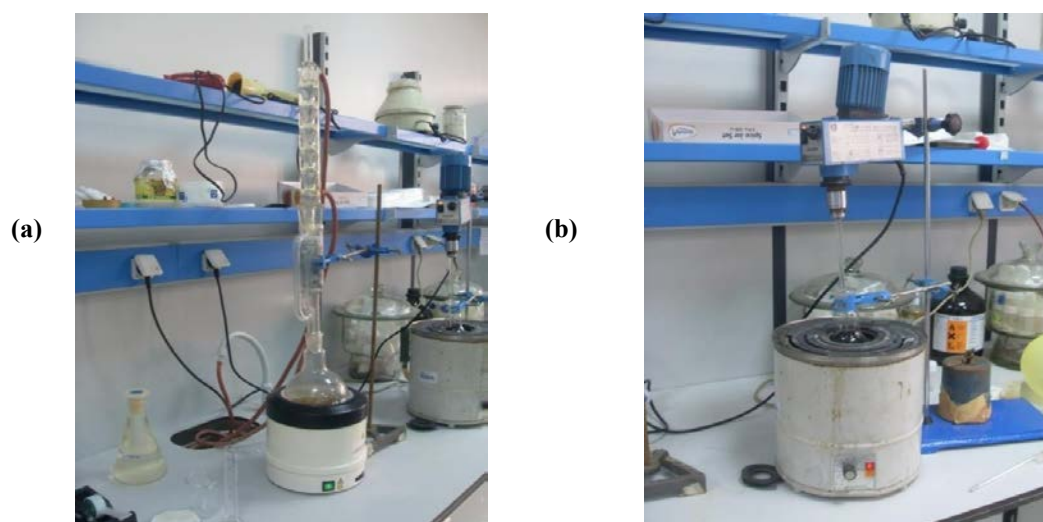
In this study, firstly, keratin was extracted from Chicken feather and then keratin based Poly(acrylonitrile-co-ethylene glycol) copolymer was synthesized via redox polymerization and finally electrospinning process was applied in order to obtain nanofibers from the produced nanocomposite. Characterization of the copolymer and nanofibers were also conducted.

## EXPERIMENTAL

### Method

Dewaxed CF was dried and cut into small pieces were placed into a flat bottomed and mechanically-stirred flask, shown in Figure 1b. Onto 100 ml of

distilled water 5-15 g of NaOH was added. By shaking and hand-mixing it was made sure that the base was solved thoroughly. 0.15 g of EDTA was added to the solution then poured onto feather solution. This solution was placed in a 40°C bath where a mixer rotated. In the system reaction took for 1.5-3.5 hours. After the completion of the reaction neutralization was implemented with acetic acid to pH 4.2. Then, the precipitated keratin was centrifuged, washed with acetone, frozen and dried by lyophilizer. After drying in freeze drier for 24 h the material was brought to a powder-format and kept in vacuum desiccators to save them in dry form.



**Figure 1:** (a) Extraction with Soxhlet system (b) Solubilisation of keratin

### Keratin-graft-poly(acrylonitrile-co-ethylene glycol) Preparation

Concentration of polymer solutions was 0.30g/1.0 dL. Molecular weight was measured by using Ubbelohde viscosimeter. Water bath was adjusted to a temperature of 30±0.1°C with the help of thermostat. In order to calculate molecular weight Mark Houwink equation was chosen within previous academic studies done in this field. (Yajun et al., 2006).

$$[\eta] = K.M_v^\alpha \text{ (Mark Houwink equation)}$$

$$K = 0.000335 \text{ mL/g} \quad \alpha = 0.75$$

$$[\eta] = 0.000335.M_v^{0.75}$$

First of all, the duration of flow time of the pure solvent between two lines was measured in Ubbelohde viscosimeter. Afterwards flow times of polymer solvents were solved one by one. Each sample was diluted twice and flow times were measured again. The ratio of flow time of polymer to that of solvent gives the relative viscosity.

$$\eta_r = \eta/\eta_0 = t/t_0$$

$\eta_r$  = relative viscosity

In polymer solutions relative viscosity is always greater than 1. Therefore it is more efficient to use specific viscosity ( $\eta_{sp}$ ), which indicates the partial impact of polymer molecules in the solution on viscosity, instead of using relative viscosity.

$$\eta_{sp} = \eta_r - 1 = (t - t_0) / t_0 = (\eta - \eta_0) / \eta$$

$\eta_{sp}$  = specific viscosity

$$[\eta] = \lim(\eta_{sp}/c)$$

$[\eta]$  = intrinsic viscosity

By using viscosity equations molecular weights of polymers were calculated.

### Film Preparation for Dynamic Mechanical Analysis

Films were prepared by solution casting method. 0.7g and 2.1g polymer solutions were dissolved in 10 ml DMSO and then half of the solvent was evaporated at 100°C under fume hood. The solutions became viscous and were poured in a mold with 78x53x3 mm dimensions.

### Electrospinning of Keratin-graft-Polyacrylonitrile

20% w/w polymer solutions were prepared by 20/80% w/w DMF/DMSO solvent mixture. Solutions were electrospun with 1 ml/h flow rate and under 15 kV. The distance between the needle and the plate was 15 cm.

### EXPERIMENTAL RESULTS / DISCUSSION

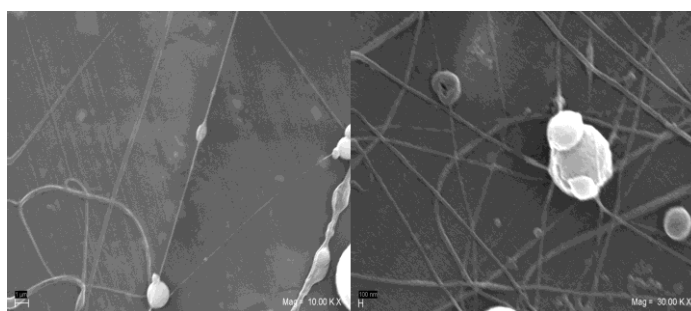
It was observed that the yield of soluble keratin obtained from chicken feather depends on the amounts of chicken feather, NaOH, EDTA, the temperature and the hydrolysis reaction time (Table 1). Trials carried out at constant 40°C since positive results were achieved in a previous study conducted by our group (Kalaoğlu, 2010).

EDTA concentration was reduced to 2.7 mmol/L from 4.1 mmol/L in low base concentration medium. Yield increased from 16% to 30% (KS6 and KS5). This result suggested that excess amount

of EDTA would be detrimental to yield. It was thought that EDTA was dissolved in the solution and stopped keratin precipitation. In order to see the impact of NaOH concentration, it was increased from 2.0 mol/L to 3.0 mol/L (KS5 and KS2). Yield increased from 16% to 37%. For this reason NaOH concentration was kept at high level in subsequent trials. In high base concentration medium, decreasing EDTA concentration from 4.1 mmol/L to 3.6 mmol/L decreased yield from 37% to 16% (KS2 and KS3). After this trial CF amount was increased and kept at that increased level. The duration of the reaction was reduced from 3h to 1.5h (KS 4 and KS7). This changed increased the yield from 21% to 29%, suggesting that increasing process time increases the rate of degradation as well, which in turn reduces the yield. In order to reconfirm its effect on the yield, CF amount was decreased, which decreased the yield, as expected (KS4 and KS2).

**Table 1:** Solubilisation conditions for 10 g keratin from chicken feather

Item	NaOH mol/L	NaOH/CF mmol/g	EDTA mmol/L	Reaction Time h	Temperature °C	Yield %
KS2	3.0	28.4	4.1	3.5	40	37
KS3	2.9	27.5	3.6	3.5	40	16
KS4	3.0	37.5	4.1	3.0	40	21
KS5	2.0	25.0	4.1	3.5	40	16
KS6	2.0	25.0	2.7	3.5	40	30
KS7	3.0	37.5	4.1	1.5	40	29
KS8	1.5	15.0	4.1	1.5	40	59



**Figure 2:** SEM images of electrospun nanofibers from keratin-graft-poly(acrylonitrile-co-ethylene glycol)

### GENERAL RESULTS

SEM characterization results show that SEM photographs confirmed that textile fibers were achieved after electrospinning with both types of copolymers, with PEG600 and PEG1500. Fibers

were seen to have a uniform appearance without major irregularities. Surfaces of fibers smooth and shiny. Diameter range of fibers achieved from both types of polymers was 80-230 nm.

## LITERATURE

**Arai, K., Naito, S., Dang, V.,B., Nagasawa, N., Hirano, M.,** (1995). Crosslinking Structure of Keratin. VI. Number, Type, and Location of Disulfide Crosslinkages in Low-Sulfur Protein of Wool Fiber and Their Relation to Permanent Set, *John Wiley&Sons, Inc.*, pp.169-179.

**Fraser, R.D.B., MacRae, T.P.,** (1983). The structure of  $\alpha$ -keratin microfibril, *Bioscience Reports*, **3**, pp.517-525.

**Greenwold, M., J., Sawyer, R. H.,** (2010). Genomic organization and molecular phylogenies of the beta ( $\beta$ ) keratin multigene family in the chicken (*Gallus gallus*) and zebra finch (*Taeniopygia guttata*): implications for feather evolution, *BMC Evolutionary Biology*, **10**, pp.1-15.

**Varesano, A., Aluigi, A., Vineis, C., Tonin, C.,** (2008). Study on the shear viscosity behavior of keratin/PEO blends for nanofiber electrospinning, *Journal of Polymer Science : Part B: Polymer Physics*, **46**, pp. 1193-1201

### Corresponding Author

Selim Zeydanlı  
Istanbul Technical University, Textile Engineering  
Department, Inonu cd. No.65 Gumussuyu-Beyoglu  
34437 Istanbul-TURKEY  
selimzeydanli@gmail.com



# BUTEKOM

Bursa Technology Coordination and R&D Center



**TEXTILE AND TECHNICAL TEXTILE**  
Center Of Excellence



**COMPOSITE MATERIALS**  
Center Of Excellence

"Özgün ve Rekabetçi Üretim İçin"



[www.butekom.org](http://www.butekom.org)



**BTSO**  
Bursa Ticaret ve Sanayi Odası

1881-2014  
127



UIB

BURSA  
BUYURSE  
TÜRKİYE  
BUYUR

ORTAK AKLIN  
GUCUYLE  
GELECEGIN  
KENTINE