



POLYESTER KUMAŞLARIN POLİANİLİN ESASLI ÇOK TABAKALI KAPLAMA İŞLEMİ İLE İLETKENLİK VE UV-KORUMA ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Şule Sultan UĞUR*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Çok Tabakalı Kaplama,
Polyester,
Polianilin,
UV-Koruma,
Elektrik İletkenliği.

Öz

Polianilin (PANI) çok tabakalı kaplama yöntemi ile kaplanması ile UV-koruma ve elektrik iletkenliği özelliklerine sahip multifonksiyonel polyester kumaşlar elde edilmiştir. 20, 30 ve 40 çok tabakalı filmlerin kaplandığı kumaşların SEM analizleri, hava geçirgenlikleri, kopma mukavemeti ve % uzama değerleri, UV-koruma değerleri ve iletkenlik değerleri ölçülerek, işlem görmemiş kumaş ile karşılaştırılmıştır. SEM görüntülerinden artan tabaka sayısı ile PANI yoğunluğunun arttığı ve homojen bir dağılım sağlandığı görülmüştür. Çok tabakalı kaplama işlemi ile kumaşların hava geçirgenliği değerlerinin azaldığı, ancak konfor düzeyini etkileyecek bir etkinin olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca 10 tekrarlı evsel yıkama işlemi yapılmış, yıkamanın UV-koruma ve iletkenlik ölçümleri üzerinde neredeyse hiçbir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenle, çalışmanın sonuçları polyester kumaşlara çok tabakalı kaplanan PANI'nin basit bir yaklaşımla yeterli derecede mekanik dayanıma sahip, yüksek UV-koruma ve elektrik iletkenliği performansları ile elde edilebileceğini doğrulamıştır. Çok tabakalı kaplama yöntemi ile su bazlı, ekstra yardımcı kimyasal madde kullanımı olmadan ve emdirme prensibine göre çevreci ve sürdürülebilir bir yöntemin multifonksiyonel tekstil ürünleri için kullanılabilirliği kanıtlanmıştır.

IMPROVEMENT OF CONDUCTIVITY AND UV-PROTECTION PROPERTIES OF POLYESTER FABRICS THROUGH POLYANILINE-BASED LAYER-BY-LAYER DEPOSITION PROCESS

Keywords

Layer-By-Layer Deposition,
Polyester,
Polyaniline,
UV-Protection,
Electrical Conductivity.

Abstract

Multifunctional polyester fabrics with UV protection and electrical conductivity properties are obtained by coating polyaniline (PANI) with the Layer-by-Layer deposition method. SEM analysis, air permeability, tensile strength and % elongation values, UV-protection and conductivity values of the fabrics coated with 20, 30 and 40 multilayer films compared with the untreated fabric. It was seen from the SEM images that the PANI density increased with the increasing number of layers and a homogeneous distribution was achieved. It was determined that the air permeability values of the fabrics decreased with the multi-layer coating process, but there was no effect that would affect the comfort level. In addition, 10 repetitive domestic washings were performed and it was determined that washing had almost no effect on UV-protection and conductivity measurements. Therefore, the results of the study confirmed that multilayer coated polyester fabrics can be obtained with a simple approach with sufficient mechanical strength, high UV protection and electrical conductivity performances. With the Layer-by-Layer deposition method, it has been proven that an environmentally friendly and sustainable method can be used for multifunctional textile products according to the water-based impregnation principle, without the use of extra auxiliary chemicals.

Alıntı / Cite

Uğur, Ş.S., (2023). Polyester Kumaşların Polianilin Esaslı Çok Tabakalı Kaplama İşlemi ile İletkenlik ve UV-Koruma Özelliklerinin Geliştirilmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2), 837-843.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ş.S. Uğur, 0000-0002-6485-7172

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	05.01.2023
Revizyon Tarihi / Revision Date	19.01.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	25.01.2023
Yayın Tarihi / Published Date	28.06.2023

* İlgili yazar / Corresponding author: suleugur@sdu.edu.tr, +90-246-211-1178

IMPROVEMENT OF CONDUCTIVITY AND UV-PROTECTION PROPERTIES OF POLYESTER FABRICS THROUGH POLYANILINE-BASED LAYER-BY-LAYER DEPOSITION PROCESS

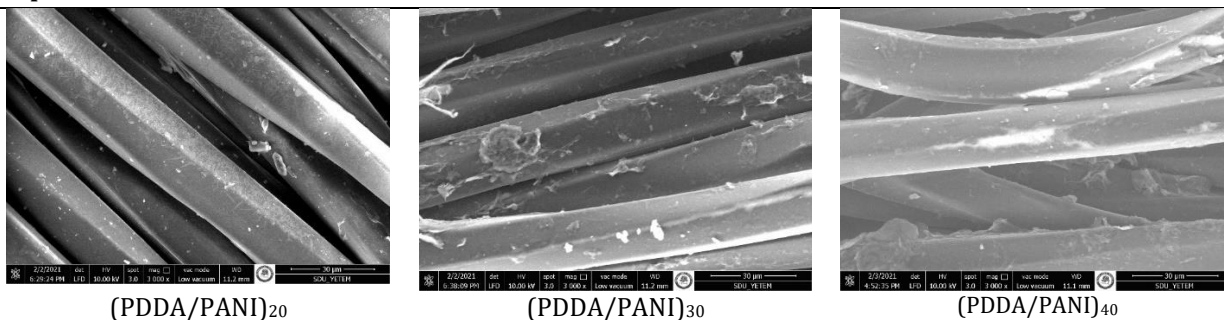
Şule Sultan Uğur†

Süleyman Demirel University, Engineering Faculty, Textile Engineering Department, Isparta, Türkiye.

Highlights

- Polyaniline molecules were deposited on polyester fabric using a layer-by-layer technique.
- The multilayer polyaniline-based film-deposited fabrics have electrical and UV-protective properties.
- The formed polyester fabrics are durable against to washing and valid for repeated use.

Graphical Abstract



Şekil./Figure. (PDDA/PANI)₂₀, (PDDA/PANI)₃₀ ve (PDDA/PANI)₄₀ tabaka film kaplanan kumaşların SEM görüntüleri (SEM images of 20, 30 and 40 (PDDA/PANI) layers deposited fabrics)

Purpose and Scope

Using the Layer-by-Layer deposition method, which is a nanofabrication method, aims to increase the conductivity and UV-protection properties of polyester fabrics to be resistant to washing.

Design/methodology/approach

In the Layer-by-Layer coating process based on electrostatic attraction forces, 20, 30 and 40 film layers were deposited on polyester fabrics in water-based, room temperature and classical textile finishing machine padding machine.

Findings

By nanocoating, the flexible and comfortable PANI-containing films with different layer numbers on polyester fabrics with good electrical conductivity and excellent UV-protection efficiency were obtained without any loss in strength values. In addition, repeated washing processes have proven the durability of functional properties.

Research limitations/implications

It is thought that it will be effective to carry out studies with the addition of semiconductor metal oxides in multilayer structures containing PANI to obtain higher electrical conductivity values.

Practical implications

Since the poor mechanical properties and processability of polymers, which limit the commercial availability of conductive polymers, limit the use of these polymers in textiles, different application methods continue to be investigated. The studies show that the polymer layer causes separation and abrasion due to the lack of bonding between the polymer layers and the carrier textile materials, and the functional properties obtained by washing processes decrease rapidly. For these reasons, the study has proven that permanent bonding can be achieved through the electrostatic attraction forces and the film layers and that functional properties that are resistant to washing can be obtained.

Originality

With the nanocoating of PANI-containing films on polyester fabrics for the first time, fabrics with good electrical conductivity and excellent UV-protection efficiency were obtained without any loss in strength values.

† Corresponding author: suleugur@sdu.edu.tr, +90-246-211-1178

1. Giriş (Introduction)

İletken polimerler son yıllarda metallerin elektrik iletkenliği ve elektrokimyasal özelliklerine, polimerlerin mekanik gücüne ve kolay işlenebilirliğine sahip olmaları nedenleri ile özellikle giyilebilir tekstil ürünlerinde de çok fazla araştırmanın konusu olmaktadır. Shirakawa vd. 1977 yılında; poliasetilen filmlerinin, klor, brom ve iyot buharlarıyla reaksiyonu sonucu, poliasetilenin iletkenliğini bakırın iletkenliğine çok yakın bir değer olan 1.43×10^5 S/cm'e çıkarmışlar ve 2000 yılında Kimya Nobel Ödülü'ne layık görülmüşlerdir (Naarmann ve Theophilou, 1987). Poliasetilen katkılı olduğu zaman çok yüksek iletkenlik değeri göstermesine rağmen, ortamdaki oksijen ve neme karşı dayanıklı olmadığından daha çok oksitlenmeye karşı kararlı olan halkalı yapıdaki anilin, pirol, tiyofen gibi iletken polimerler üzerine yapılan çalışmalar fazlaşmıştır.

Polianilin (PANI), elektriksel ve optik özellikleri nedenleriyle iletken polimerler arasında en çok ilgilenilen polimer olmuştur. Hem kimyasal hem de elektrokimyasal olarak kolaylıkla sentezlenebilmesi, düşük maliyetli olması, yüksek iletkenlik sağlaması, protonik asitler kullanılarak katkılanabilirliği ve oda sıcaklığında kimyasal olarak kararlı olması en önemli avantajlarıdır (Malmonge vd., 2006). Fakat PANI'nin çözülemez ve eriyikten işlenemez olması, düşük mekanik özellikleri ve düşük işlenebilirliği uygulamalarda çözülmesi gereken özellikleridir. PANI'nin konvansiyonel iletken olmayan polimerler ile kompozitlerinin oluşturulması veya farklı materyallerle (plastikler, cam, metal vb.) kaplanması ile mekanik özellikleri geliştirilebilmektedir. Ayrıca bu materyallerin iletkenlik özellikleri çoğunlukla kullanılan oksidasyon maddesinin tipine, dopant/katkı tipine, uygulanan işlem süresi ve işlem sıcaklığı gibi koşullara bağlı olarak değişebilmektedir (Liu vd., 2014; Ethalawany vd., 2020).

Zhao vd. (2011), PANI-ZnO nanokompozitleri polyester kumaşların yüzeyinde in-situ kimyasal oksidatif polimerizasyon yöntemi ile sentezleyerek iletken bir kumaş elde etmişlerdir. Saini vd. (2012)'da benzer bir yaklaşımla BaTiO₃, Fe₃O₄ gibi nanopartikülleri PANI matrisine ekleyerek pamuklu kumaşların elektromanyetik kalkanlama özelliklerini iyileştirmişlerdir. Ayrıca PANI-ZnO, PANI-Fe₃O₄, PANI-NiO ve PANI-MnO₂ gibi PANI/inorganik nanokompozitlerin hazırlanması ve multifonksiyonel özellikler kazandırılması amacı ile literatürde birçok çalışmada yayınlanmıştır (Malmonge vd., 2006; Shambharkar ve Umare, 2010; Shambharkar ve Umare, 2011; Kavas vd., 2013; Kharade vd., 2014). Yapılan çalışmalar incelendiğinde, kimyasal veya elektrokimyasal olarak sentezlenen iletken polimerlerin tekstil sektöründe ticari olarak kullanılabilirliklerini sınırlayan en büyük etkenlerin polimerlerin zayıf mekanik özellikleri ve işlenebilirlikleri olduğu görülmektedir. Esasında iletken olmayan tekstil materyallerinin üzerinde iletken polimerlerin in-situ polimerizasyonu kullanıldığında polimer ve tekstil materyali arasında etkin bir kimyasal bağlanma elde edilemediği, sonuçta bu durum tekstil materyalinden polimer tabakasının ayrılmasına veya aşınmasına neden olurken, yıkama işlemlerinde tekstiller hızlı bir şekilde iletkenlik kaybına maruz kalırlar. Yıkama işlemleri ve kullanım sırasında polimerlerin, elektrik iletkenliğinde negatif yönlü değişimlere neden olan dedoping veya oksidasyona maruz kalmaktadır (Hakansson vd., 2006; Onar vd., 2009).

Kendinden iletken polimerlerin esnek ve ekonomik multifonksiyonlu tekstil ürünleri elde etmek amacı ile uygulanmasında in-situ polimerizasyonun dışında genellikle klasik kaplama yöntemleri, emdirme-kurutma işlemi ve nanokaplama yöntemleri ile uygulanmaya çalışılmaktadır. Tekstil araştırmalarındaki gelişmeler ekoloji, ekonomi ve işlevsellik çatısı altında önem kazanmaktadır. Ancak yıkama dayanımı olan multifonksiyonel tekstil kumaşlarının kolay üretilebilirliği halen bütün polimer ve nanopartikül yapıları için bir sorun olarak devam etmektedir. Günümüzde sürdürülebilir ve çevre dostu üretim sistemleri multifonksiyonel tekstil ürünlerinin geliştirilmesinde birçok araştırmanın ana fikrini oluşturmaktadır. Çok tabakalı kaplama yöntemi, su bazlı olması, ekstra tekstil yardımcı kimyasalları gerektirmemesi, tekstil işletmelerinde kullanılan emdirme prensibine modifiye edilebilmesi nedeni ile çok pahalı alt yapı yatırım maliyetleri gerektirmemesi, oda sıcaklığında işlemlerin gerçekleştirilebilmesi gibi nedenlerle multifonksiyonel tekstil ürünlerinin geliştirilmesinde önemli bir yer kazanmıştır (Ugur vd., 2010).

Bu çalışmada polyester kumaşların iletkenlik ve UV-koruma etkinliklerinin yıkamaya dayanıklı olarak artırılması amacı ile bir nanofabrikasyon yöntemi olan Çok Tabakalı Kaplama yöntemi kullanılmıştır. Elektrostatik çekim kuvvetlerine dayanan kaplama işleminde polyester kumaşların üzerinde 20, 30 ve 40 film tabakası su esaslı, oda sıcaklığında ve klasik tekstil terbiyesi makinesi fulard makinesinde aktarılmıştır. Elde edilen çok tabakalı film kaplanan kumaşların SEM analizleri, hava geçirgenlikleri, kopma mukavemeti ve % uzama değerleri, UV-koruma değerleri ve iletkenlik değerleri ölçülerek, işlem görmemiş kumaş ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca 10 tekrarlı evsel yıkama işlemi sonucunda elde edilen etkilerin kalıcılığı UV-koruma ve iletkenlik ölçümleri ile değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

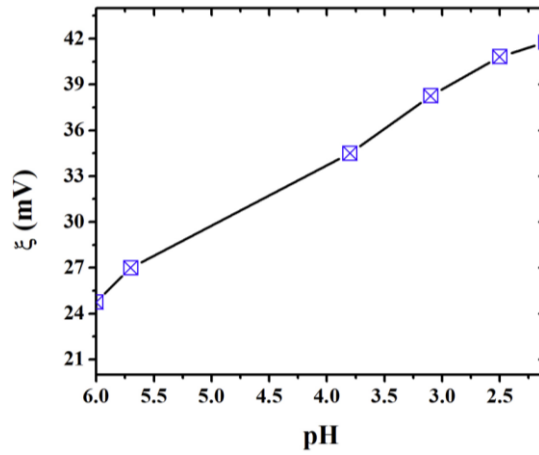
Çalışmada 162,0 g/m² gramajda, % 100 polyester bezayağı dokuma kumaş kullanılmıştır. Polianilin (PANI) (Emeraldine tuzu, Mw >15.000, 3-100 µm, toz, %99,9), Polietilenimin (PEI) (dallanmış, Mw 25.000) ve

Polidialildimetilamonyum Klorür (PDDA) (M_w 200.000-350.000, % 20 H₂O) Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir.

Çok tabakalı kaplama işlemi öncesi polyester kumaşların lif yüzeyinde iyonik yüklü gruplar elde edebilmek için ön işlemler 1 g/l, pH:10 PEI çözeltisi ile 10 dakika daldırma-çıkartma işlemi ile gerçekleştirilmiş, ardından kumaşlar 80° C'de fikse makinesinde kurutulmuştur.

Ön işlemler yüzeyinde ilk iyonik grupların oluşturulduğu polyester kumaşlara çok tabakalı kaplama yöntemi ile kaplama işlemlerinde Polidialildimetilamonyum Klorür (PDDA) katyonik polielektrolit olarak kullanılmıştır.

Çok tabakalı kaplama işlemi için gerekli olan PANI çözeltileri %0,1 konsantrasyonda, % 50 genlik 60 W gücündeki Sonics VibraCell marka Ultrasonik Homojenizatörde 1 saat süreyle çalışılarak, PDDA polielektrolit çözeltisi 3 g/l'tlik konsantrasyonda hazırlanmıştır. Katyonik PANI çözeltisi hazırlanabilmesi için Zeta potansiyel eğrisi incelenmiş ve çözelti pH'ı HCl ile 4 olarak ayarlanmıştır (Fuseini, 2020).



Şekil 1. PANI süspansiyonlarının zeta potansiyel eğrisi (Fuseini, 2020) (Zeta potential curve of PANI suspensions (Fuseini,2020))

Emdirme prensibine göre uygulanan çok tabakalı kaplama yöntemi için laboratuvar tipi yatay fulard makinesi kullanılmıştır. Polyester kumaşlar sırasıyla takip eden çözeltilerde applike edilmiştir: (a) PDDA, (b) saf su, (c) PANI, (d) saf su. Bu dört adım tamamlandığında kumaşların yüzeyinde 2 film tabakası elde edilmiş ve istenilen tabaka sayısına ulaşılan kadar bu döngüye devam edilmiştir. 20, 30 ve 40 tabaka film kaplanan polyester kumaşlar 80°C'de fikse makinesinde kurutulmuş, 105°C'de 5 dakika fikse edilmiştir.

Çok tabakalı film kaplanan polyester kumaşların hava geçirgenlik değerlerindeki değişimleri belirlemek için Textest Instruments FX 3300 Air Permeability Tester III cihazı kullanılmıştır. Çok tabakalı kaplama işlemleri sonrasında kumaşların yüzey morfolojilerinin FEI-Quanta marka yüksek çözünürlüklü görüntüleri taramalı elektron mikroskobu ile alınmıştır.

Kumaşların kaplama işlemi sonrası UV geçirgenlik değerleri Camspec M3550 UV/görünür Spektrofotometre (SDL/ATLAS) UV Geçirgenlik ve Koruma Ölçüm Sistemi ile alınmıştır. İşlem yapılmamış ve PANI/PDDA çok tabakalı film kaplanan polyester kumaşların UPF değerleri AS/NZS 4399:1996 Standardına göre ölçülmüştür.

Elektrik iletkenliği ölçümleri oda sıcaklığında, PCI-DAS6014 akım kaynağı, voltmetre ve sıcaklık kontrol cihazı ile standart bir dört-prob yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Birbirinden belirli uzaklıkta olan dört uç, iletkenliği ölçülecek olan kumaşların yüzeyine yerleştirilmiş ve akım uygulanmıştır. Uygulanan akım, iki nokta arasındaki örnek direnci ile orantılı olarak gerilim düşmesine neden olmuş ve içteki iki uç arasında gerilim farkı 'S/cm' türünden bulunmuştur.

Ayrıca PDDA/PANI film kaplanmış kumaşların UV koruma ve elektrik iletkenliği özelliklerinin kalıcılığının belirlenebilmesi için çok tabakalı kaplanan kumaşlar ev tipi yıkama makinesinde 10 tekrarlı 40 °C'de 30 d.'lık yıkama işlemlerinden geçirilmiş ve UV geçirgenlik ile elektrik iletkenlik testleri tekrarlanmıştır.

3. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

20, 30 ve 40 tabakalı PDDA/PANI kaplanan polyester kumaşlara 10 tekrarlı hava geçirgenliği testi uygulanmış, ortalama değerler hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. İşlem yapılmamış polyester kumaşın hava geçirgenliği değeri 232 l/m²/s olarak ölçülmüş ve kaplama işlemi sonucu elde edilen değerler ile yüzde fark hesaplanmıştır.

Tablo 1. Hava geçirgenliği test sonuçları (Air permeability test results)

Kumaş cinsi	Birim (l/m ² /s)	% Değişim
İşlem görmemiş PES kumaş	232	-
(PDDA/PANI) ₂₀	217	6,47
(PDDA/PANI) ₃₀	214,7	7,46
(PDDA/PANI) ₄₀	212,9	8,23

Hava geçirgenliği testleri, yüzeyinde 20, 30 ve 40 tabakalı film kaplanan kumaşlarda hava geçirgenliği değerlerinin tabaka sayısı arttıkça daha fazla azaldığını göstermektedir. Test sonuçları çok tabakalı kaplama işlemi ile lif yüzeyinin kaplandığı ve geçirgenliğin azalmasıyla beraber lif yüzeyinde film tabakalarının elde edildiğini kanıtlamaktadır.

Çok tabakalı film kaplanan polyester kumaşların UPF (Ultraviolet Protection Factor) değerleri Avusturalya/Yeni Zelanda Standardına (AS/NZS 4399:1996) göre ölçülmüştür. Tekstil materyallerinin UV-önleme etkinliğini değerlendirmede UPF değeri tekstil materyalinin UV-ışınlarına maruz kalma etkisindeki azalmayı gösteren bir değer olarak kullanılmaktadır. Standarda göre UPF değeri >40 olan kumaşların UV radyasyonuna karşı mükemmel koruma sağladığı kabul edilmekte ve AS/NZS 4399:1996 Standardına göre UPF değeri ile yapılan değerlendirme işlemine ait bilgiler Tablo 2'de verilmiştir (Tian vd., 2011; Louris vd., 2019).

Tablo 2. AS/NZS 4399:1996 Standardına göre UPF değerlendirmesi (UPF assessment according to AS/NZS 4399:1996 Standard)

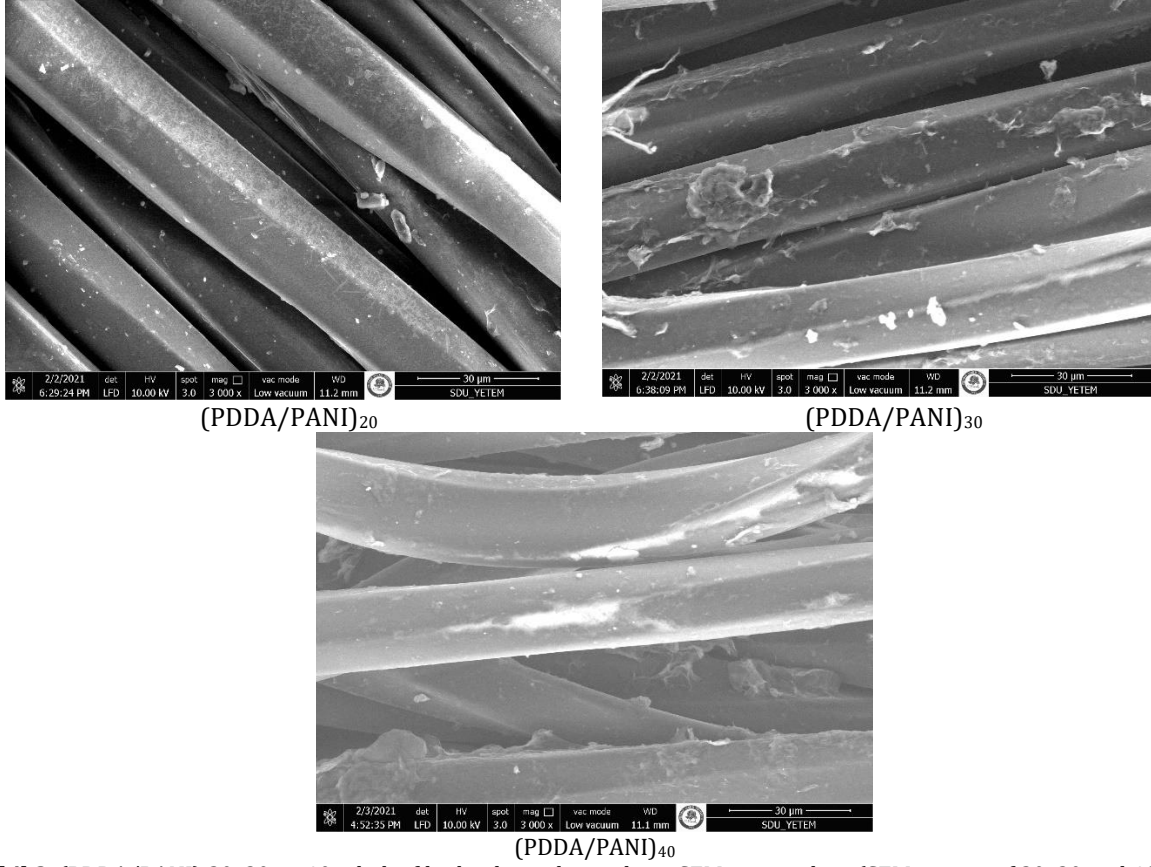
UPF Değeri	Ortalama UVA	Değerlendirme
15-24	6,7-4,2	İyi
25-30	4,1-2,6	Oldukça iyi
> 40	< 2,5	Mükemmel

Çok tabakalı (PDDA/PANI) film kaplanan kumaşların ve 10 yıkama işlemi sonucundaki kumaşların işlem görmemiş kumaş ile birlikte UPF değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlarda bütün tabaka sayılarında 45 ve üzeri değerler elde edildiği, tekrarlı yıkama sonuçlarında da halen mükemmel UV-koruma etkinliğinin devam ettiği görülmektedir.

Tablo 3. Kaplama işlemi ve kaplanan numunelerin 10 yıkama işlemi sonucundaki UPF değerleri (UPF values after coating process and 10 washing processes of coated samples)

Numune Kodu	UPF	Ortalama UVA (315 to 400 nm) %	Ortalama UVB (290 to 315 nm) %	10 Yıkama sonrası UPF
İşlem görmemiş PES kumaş	10	9,7	4,2	-
(PDDA/PANI) ₂₀	45	0,0	0,0	40
(PDDA/PANI) ₃₀	50+	0,0	0,0	50
(PDDA/PANI) ₄₀	50+	0,0	0,0	50+

20, 30 ve 40 tabaka (PDDA/PANI) film kaplanan kumaşların SEM görüntüleri alınmış ve Şekil 2'de verilmiştir. Polyester liflerinin yüzeyinde PANI parçacıkları açık bir şekilde görünmekte ve tabaka sayısı arttıkça lif yüzeyinde biriken parçacıkların yoğunluğunun arttığı net olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. (PDDA/PANI) 20, 30 ve 40 tabaka film kaplanan kumaşların SEM görüntüleri (SEM images of 20, 30 and 40 layer (PDDA/PANI) film deposited fabrics)

Çok tabakalı (PDDA/PANI) film kaplanan kumaşların kaplama sonrası ve 10 tekrarlı yıkama işlemi sonrası ve işlem görmemiş kumaşın dört-prob yöntemi kullanılarak iletkenlik değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir. İşlem görmemiş kumaştan iletkenlik değeri tespit edilememiş ve yalıtkan yapıda olduğu belirlenmiştir. PANI kaplanan kumaşların iletkenlik seviyelerinin 10^{-3} S/cm seviyesine yükseldiği ve 10 tekrarlı yıkama işlemi sonucunda da bu değerlerin korunduğu, özellikle 30 ve 40 tabakalı kaplamalarda iletkenlik değerlerinin daha kalıcı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Kaplama işlemi ve kaplanan numunelerin 10 yıkama işlemi sonucundaki iletkenlik değerleri (The conductivity values of the coating process and the coated samples as a result of 10 washing processes)

Numune Kodu	İletkenlik (S/cm)	10 Yıkama sonrası İletkenlik (S/cm)
İşlem görmemiş PES kumaş	-	-
(PDDA/PANI) ₂₀	$1,46 \times 10^{-3}$	$1,41 \times 10^{-3}$
(PDDA/PANI) ₃₀	$1,48 \times 10^{-3}$	$1,47 \times 10^{-3}$
(PDDA/PANI) ₄₀	$1,49 \times 10^{-3}$	$1,47 \times 10^{-3}$

Kaplama işlemi sonucunda polyester kumaşlardaki mukavemet özellikleri çözgü yönünde test edilmiş ve sonuçlar Tablo 5'de verilmiştir. Çözgü yönünde elde edilen kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde, polimer yapısına PANI parçacıklarının eklenmesinin neden olduğu bağlanma etkisi ile polyester kumaşların yük taşıma kapasitelerinin artan tabaka sayısı ile beraber artarak iyileştiği görülmektedir. Kopma uzaması değerlerinde ise çok küçük miktarda azalma şeklinde değişim tespit edilmiştir.

Tablo 5. İşlem görmemiş ve kaplanan numunelerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri (Tensile strength and elongation values of untreated and coated samples)

Numune Kodu	Kopma Mukavemeti (kgf)	% Kopma Uzaması
İşlem görmemiş PES kumaş	107,24	21,73
(PDDA/PANI) ₂₀	109,43	20,99
(PDDA/PANI) ₃₀	111,14	20,97
(PDDA/PANI) ₄₀	111,97	20,83

4. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Çok tabakalı kaplama yöntemi, çevreye duyarlı olması, ekstra tekstil yardımcı kimyasalları gerektirmemesi, emdirme prensibine modifiye edilebilmesi nedeni ile çok pahalı alt yapı yatırım maliyetleri gerektirmemesi, oda sıcaklığında işlemlerin gerçekleştirilebilmesi ve düşük atık yükü oluşturması nedenleri ile multifonksiyonel tekstil ürünlerinin geliştirilmesinde önemli bir yer kazanmıştır. Kendinden iletken polimerlerin esnek ve ekonomik multifonksiyonel tekstil ürünleri elde etmek amacı ile uygulanmasında nanofabrikasyon yöntemi olan çok tabakalı kaplama yöntemi ile çalışılmıştır. Kimyasal veya elektrokimyasal olarak sentezlenen iletken polimerlerin ticari olarak kullanılabilirliklerini sınırlayan polimerlerin zayıf mekanik özellikleri ve işlenebilirlikleri, bu polimerlerin tekstilde kullanımını sınırladığı için farklı uygulama yöntemleri araştırılmaya devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda polimer tabakaları ile taşıyıcı tekstil materyalleri arasında bir bağlanma olmaması nedeni ile polimer tabakasının ayrılması ve aşınmasına neden olduğu ve özellikle yıkama işlemleri ile elde edilen fonksiyonel özelliklerin hızlıca azaldığı görülmüştür. Bu nedenlerle, elektrostatik çekim kuvvetleri ile film tabakalarının arasında kalıcı bağlanma sağlanabilen, yıkamaya dayanımlı fonksiyonel özelliklerin elde edilebileceği yapılan çalışmada kanıtlanmıştır. Esnek ve kullanım rahatlığı sağlayan PANI içeren farklı tabaka sayılarında filmlerin polyester kumaşlara nanokaplanması ile iyi derecede elektrik iletkenliği ve mükemmel seviyede UV-koruma etkinliğine sahip kumaşlar mukavemet değerlerinde bir kayıp olmadan elde edilmiştir. Ayrıca, tekrarlı yıkama işlemleri ile fonksiyonel özelliklerin kalıcılığı kanıtlanmıştır. Elektrik iletkenliğinin daha yüksek değerlerde elde edilebilmesi amacıyla sonraki çalışmalar da PANI içeren çok tabakalı yapılarda yarı-iletken metal oksitlerinde eklenmesi ile çalışmalar yapılmasının etkili olacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar (References)

- Ethalawany, N., El-Naggar, M.E., Elsayed, A., Wassel, A., El-Aref, A. T., Abd Elgaffar, M. A., 2020. Polyaniline/zinc/aluminum Nanocomposites for Multifunctional Smart Cotton Fabrics. *Materials Chemistry and Physics*, 249, 123210.
- Fuseini, M., El-Shazly, A. H., Elkady, M., 2020. Effects of Doping on Zeta Potential and pH of Polyaniline Colloidal Suspension, *Materials Science Forum*, 1008, 114-120.
- Hakansson, E., Amiet, A., Kaynak, A., 2006. Electromagnetic Shielding Properties of Polypyrolle/Polyester Composites in the 1-18 GHz Frequency Range, *Synthetic Metals*, 156, 14-15, 917-925.
- Kavas, H., Günay M., Baykal, A., Toprak, M. S., Sözeri, H., Aktaş, B., 2013. Negative Permittivity of Polyaniline-Fe₃O₄ Nanocomposite, *Journal of Organic and Organometallic Polymers and Materials*, 23, 306-314.
- Kharade, P. M., Chavan, S. G., Salunkhe, D. J., Joshi, P. B., Mane, S. M., Kulkarni, S. B., 2014. Synthesis and Characterization of PANI/MnO₂ bi-layered Electrode and Its Electrochemical Supercapacitor Properties, *Materials Research Bulletin*, 52, 37-41.
- Liu, P., Huang, Y., Zhang, X., 2014. Superparamagnetic Fe₃O₄ Nanoparticles On Graphene-Polyaniline: Synthesis, Characterization And Their Excellent Electromagnetic Absorption Properties, *Journal of Alloys and Compounds*, 596, 25-31.
- Louris, E., Sfiroera, E., Priniotakis, G., Makris, R., Siemos, H., Efthmiou, C., Assimakopoulos, M. N., 2019. Evaluating the Ultraviolet Protection Factor (UPF) of Various Knit Fabric Structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 459, 012051.
- Malmonge, L.F., Lopes, G.A., Langiano, S.C., Malmonge, J.A., Cordeiro, J.M.M., Mattoso, L.H.C., 2006. A New Route to Obtain PvdF/Pani Conducting Blends. *European Polymer Journal*, 42, 3108-3113.
- Naarmann, H., Theophilou, N., 1987. New Process for the Production of Metal-like, Stable Polyacetylene. *Synthetic Metals*, 22(1), 1-8.
- Onar, N., Akşit, A. C., Ebeoğlu, F., Birlik, I., Celik, E., Ozdemir, I., 2009. Structural, Electrical and Electromagnetic Properties of Cotton Fabrics Coated with Polyaniline and Polypyrolle, *Journal of Applied Polymer Science*, 114, 2003-2010.
- Saini, P., Choudhary, V., Vijayan, N., Kotnala, R. K., 2012. Improved Electromagnetic Interference Shielding Response of Poly(aniline) Coated Fabrics Containing Dielectric and Magnetic Nanoparticles, *Journal of Physical Chemistry C*, 116, 13403-13412.
- Shambharkar, B., Umare, S., 2010. Production and Characterization of Polyaniline/ Co₃O₄ Nanocomposite as a Cathode of Zn-polyaniline Battery, *Materials Science and Engineering B*, 175, 120-128.
- Shambharkar, B., Umare, S., 2011. Synthesis and Characterization of Polyaniline/NiO Nanocomposite, *Journal of Applied Polymer Science*, 122, 1905-1912.
- Shriakawa, H., Ikeda, S., 1971. Infrared Spectra of Pa. *Polymer Journal*, 2, 231.
- Tian, M., Hu, X., Qu, L., Du, M., Zhu, S., Sun, Y., Han, G., 2016. Ultraviolet Protection Cotton Fabric Achieved via Layer-by-Layer Self-Assembly of Graphene Oxide and Chitosan. *Applied Surface Science*, 377, 141-148.
- Ugur, Ş. S., Sarıışık, M., Aktaş, H., 2010. The Fabrication of Nanocomposite Thin Films with TiO₂ Nanoparticles by the Layer-by-Layer Deposition Method for Multifunctional Cotton Fabrics, *Nanotechnology*, 21, 325603.
- Zhao, Y. P., Cai, Z. S., Zhou, Z. Y., Fu, X. L., 2011. Fabrication of Conductive Network Formed by Polyaniline-ZnO Composite on Fabric Surfaces. *Thin Solid Films*, 519, 5887-5891.