



PAMUK VE POLYESTER İPLİKLERE SOL JEL YÖNTEMİ KULLANILARAK ELEKTRİKSEL ÖZELLİK VE GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN KAZANDIRILMASI

Ayşegül GÜRSÖZLÜ, İbrahim ÜÇGÜL^{a*}, Ufuk ELİBÜYÜK^b

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE
^b Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Keçiborlu Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

Sorumlu yazarın e-posta adresi: ibrahimucgul@sdu.edu.tr

Gönderim Tarihi: 12.10.2017

Kabul Tarihi: 17.10.2018

Özet:

Bu çalışmada sol-jel daldırma tekniğini kullanılarak iplik yüzeyine Titanyum dioksit (TiO_2) kaplanmıştır. TiO_2 geniş bant boşluğuna sahip, yarı iletken metal oksit olarak kolay bulunabilen, pahalı olmayan, çevreyi kirletmeyen ve en çok kullanılan yarı iletken foto katalitik malzeme olması nedeniyle yapılan testlerde tercih edilmiştir. Sol-jel teknolojisinden yararlanarak, elektriksel iletkenlik ya da yarı iletkenlik kazandırılarak üretilen, günlük hayatımızda kullanılabilir ve giyilebilir tekstil yüzeyleri elde edilmesi ve bunların elektriğin bulunmadığı ortamlarda küçük teknolojik aletleri çalıştırması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalar doğrultusunda ipliklerin elektriksel iletkenlikleri ölçülmüş ve deneysel çalışmaları yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda yarı iletken iplikler elde edilmiştir. Ayrıca elektriğin bulunmadığı ortamlarda gücünü fotovoltaiik (PV) sistemlerden alan peltier giyilebilir tekstil yüzeylerine monte edilip yazın soğutucu etki, kışın ise ısıtıcı etki sağlamıştır. Böylece fotovoltaiik (PV) sistemleri tekstile uygulayarak ekonomik yoldan giysi konforu için enerji elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sol-Jel Kaplama Tekniği, TiO_2 , Fotovoltaiik (PV), Peltier, Tekstil Mamulleri, Elektriksel İletkenlik

ACQUISITION OF ELECTRICAL PROPERTIES AND STRENGTH FLAMMABILITY PROPERTIES BY USING SOL GEL METHOD FOR COTTON AND POLYESTER YARNS

Abstract:

In this study, titanium dioxide (TiO_2) is coated on the yarn surface by using sol-gel dipping technique. TiO_2 is preferred as a semiconductor metal oxide with broadband gap, which is easy to find, inexpensive, non-polluting and is the most widely used semiconductor photo catalytic material. By using sol-gel technology, it is intended to be used in our daily life, produced by providing electrical conductivity or semiconductor, and to obtain wearable textile surfaces and to operate small technological devices in environments where there is no electricity. The electrical conductivity of the yarns was measured and experimental studies were performed. As a result of the tests, semiconductor yarns were obtained. In addition, in

areas where electricity is not available, photovoltaic (PV) systems are mounted on peltier wearable textile surfaces. Thus, by applying the photovoltaic (PV) systems to the textile, the energy for the comfort of the garment is obtained.

Key words: Sol-Gel Coating Technique, TiO₂, Photovoltaic (PV), Peltier, Textile Products, Electrical Conductivity

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde, yüksek performanslı malzemeleri (lif, iplik ve diğer tekstilleri) de içeren akıllı ve çok fonksiyonlu tekstil malzemeleri alanında büyük bir ilerleme kaydedilmektedir. İlk olarak elektromanyetik koruma ve ısıtma amaçlarıyla kullanılmış olan elektriksel olarak iletken iplikler, daha sonraları güç transferi, sensörler, vericiler ve mikro denetleyicilerle uyarı kontrolleri sağlamada kullanılmıştır. Elektriksel iletkenlik ya da yarı iletkenlik özelliği, liflere farklı yöntemler ile kazandırılabilir. Bu yöntemlerden bazıları, metal levha veya bantlardan liflerin elde edilmesi, farklı üretim ve çekim yöntemleri kullanılarak lif elde edilmesi, liflerin metaller, metal oksitleri veya tuzları, iletken karbon ve kendiliğinden iletken olan polimerlerle çeşitli yöntemler kullanılarak muamele edilmesi olarak belirtilebilir (Bedeloğlu vd., 2017).

İletken iplikler, en yaygın olarak askeri ve tıp alanında EKG (elektrokardiyografi) ölçen tişörtler, kumaş içine entegre edilen sensörler ile kalp atışlarının izlenmesi ve 2001'den beri fizyoterapi uygulamalarında kullanılmaktadır. Askeri giysilerde, tekstil malzemesi içerisinde çeşitli fonksiyonların sağlanması için elektriğin iletilmesi ve iletişimin sağlanması amaçlarıyla kullanılmaktadır. (Sünter, 2011).

Elektrik iletebilen iplikler dirençli, esnek ve diğer ipliklere göre daha dayanıklı olmalıdır. Çünkü tekstil yüzeyler oluşturmak için makinalarda örülmesi veya dokunabilmesi gerekmektedir. Üretilen yüzeyler günlük kullanım sırasında ortaya çıkacak aşınma ve eğilmeye karşı dirençli ve maliyeti düşük olmalıdır.

Bu çalışmada sol jel daldırma yöntemi kullanılarak ipliklere yarı iletkenlik özelliği kazandırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla iplikler TiO₂ ile kaplanmıştır. Sol-jel başlangıç maddesi olarak (TEOS) Tetraetilortosilikat, çözücü olarak etanol, asidik hidroliz için (HCl) hidroklorik asit, güç tutuşurluk etkisi için katkı maddesi olarak (H₃PO₄) fosforik asit kullanılmıştır. Çalışmaların sonucunda yarı iletken ve güç tutuşur iplikler elde edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Göksu (2016), yaptığı çalışmada sol-jel yöntemi ile hazırlanan, gümüş içeren ince filmlerin hazırlanması ve anti bakteriyel etkilerini incelemiştir. Çalışmasında gümüş iyonlarının anti bakteriyel özelliklerinin incelenmesi için hazırlanan sol-jel çözeltileri ile gümüş katkısı olmayan ve %1 ile %5 arasında değişen gümüş katkılı anti bakteriyel film kaplanarak hazırlanan numunelere Staphylococcus aureus bakterileri ekilerek çift paralel şekilde 0, 6, 12 ve 24 saat aralıklarında bakteri sayımlarını yapmıştır. Ayrıca toz haline getirilen ince kaplamaların XRD cihazı ile kristalografik yapısını incelemiş, SEM cihazı ile de mikro yapıları tespit etmiştir. Sem analizleri sonucunda cam yüzeylere kaplanan anti bakteriyel kaplamaların 1 µm ile 4 µm arasında değişen kalınlıklarda oldukları belirlenmiştir ve Ag⁺ katkısı oranının artmasıyla aynı şartlarda kaplanmış olmalarına rağmen kaplama kalınlıklarında azda olsa bir düşme olduğu görülmüştür. % 1'den % 5'e kadar artan Ag⁺

katkısıyla Ag^+ piklerinin varlığı ve beklenen artışı izlenmiştir. % 1 Ag^+ katkılı numunelerde gümüş varlığı $2\theta=38^\circ$ 'de 300 civarında iken % 2,% 3,% 4 ve % 5 katkılı numunelerde beklendiği gibi artış göstermektedir. % 5 Ag^+ katkılı numunelerde ise gümüş varlığı maksimum değere ($2\theta=38^\circ$ 'de $700^\circ e$) ulaşmıştır. Son olarak % 5'lik Ag^+ katkılı numunede 6. saatin sonunda bakterilerin % 98'inin öldüğü, 12. saatin sonunda ortamda hiç bakteri kalmadığı yani 12. saatin sonunda tüm bakterilerin öldüğü görülmüştür. Böylece sol-jel yöntemiyle hazırlanan kaplama solüsyonlarında Ag^+ katkısının anti bakteriyel özelliğinin olduğu ortaya konulmuştur.

Sarıgül ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada sol-jel kaplama yöntemi kullanılarak Corning cam ve ITO altlıklar üstüne titanyum dioksit (TiO_2) filmleri kaplanmıştır. ITO taşıyıcıların iletken yüzeyinin bir kenarına ısıya dayanıklı bant yapıştırılarak maskeleye yapılmıştır. Kaplama işlemi için oluşturulan çözelti uygun miktarda titanyum (IV) n-bütoksit, asetik asit ve etanol içermektedir. Elde edilen çözelti kullanılarak 2000 devir/dakika döndürme hızında taşıyıcı üzerine filmler oluşturulmuştur. Filmler çeşitli sıcaklıklarda ısıl işleme tabi tutulmuş ve analiz edilmişlerdir. Filmlerin yapısal analizi X-ışınları kırınımı kullanılarak yapılmıştır. 1, 3 ve 5 katlı olarak Corning cam üzerine hazırlanıp $120^\circ C$ ve $500^\circ C$ ' de ısıl işleme tabi tutulan TiO_2 filmlerin amorf yapıda olduğu belirlenmiştir. Amorf TiO_2 filmlerin yasak enerji aralığının 3,78 eV ile 4,04 eV arasında değiştiği hesaplanmıştır. titanyum (IV) bütoksit, etanol, asetik asit başlangıç malzemeleri kullanılarak saf TiO_2 ince filmler üretilmiştir. Diğer taraftan 7 katlı olarak hazırlanan ve $500^\circ C$ ' de ısıl işleme tabi tutulan filmin ise anataz kristal yapısında olduğu bulunmuştur. Bu filmlerin yasak enerji aralığı 3,82 eV olarak bulunmuştur. Optik ölçümlerde filmlerin yüksek geçirgenliğe sahip olduğu görülmüştür. Elektrokimyasal ölçümler için 1 M KOH elektroliti, karşıt elektrot olarak platin tel, referans elektrot olarak Ag/AgCl elektrot ve çalışma elektrotu olarak kaplanan TiO_2 filmler kullanılmıştır. Filmler katodik elektrokromik renklenme göstermiştir.

Cireli ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada, pamuk ve polyester kumaşlara çoklu yıkamalara dayanıklı güç tutuşurluk özelliklerinin kazandırılması için kumaşları fosfor katkılı silika çözeltiler ile kaplamışlardır. Kaplanan pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özelliklerinin geliştiği bildirilmiştir. Bunun için fosfor içerikli silika çözeltileri sol-jel yöntemine göre hazırlamışlar ve hazırlanan fosfor katkılı silisyum esaslı çözeltiler ile pamuk ve polyester kumaşları emdirme yöntemine göre kaplanmıştır. Sonuç olarak sol jel yöntemine göre hazırlanan P-katkılı Si esaslı çözeltiler ile kaplanan pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özelliği kazandığını gözlemlemişlerdir. Fakat aynı işlemleri gören polyester kumaşlar güç tutuşurluk özelliği kazanmamıştır. Ayrıca sol-jel prosesi ile işlem gören kumaşların özelliklerini 10 yıkamadan sonra tamamıyla kaybetmediğini gözlemlemişlerdir.

Mete (2013), yaptığı çalışmada sol-jel teknolojisinden faydalanarak güç tutuşur pamuklu kumaşların üretilmesi için araştırma ve testler yapmıştır. Tekstil ürünlerinin kullanım performanslarını daha da artırmak için pamuklu kumaşlara aynı zamanda su ve yağ iticilik özelliği de kazandırılmaya çalışmıştır. Yapılan çalışmalarda pamuklu beyaz kumaşlar kullanmıştır. Nanosol çözeltilerinin hazırlanmasında; çözücü olarak etanol ve distile su, asidik hidroliz için pH ayarlayıcısı olarak HCl çözeltisi, bazik hidroliz için pH ayarlayıcısı olarak NaOH çözeltisi, başlatıcı madde olarak; tetraetilortosilikat (TEOS) kullanmıştır. Bu reçeteler doğrultusunda su ve yağ itici kimyasal maddeler kullanılarak emdirme çözeltisi hazırlanmıştır. Sol-jel yöntemine göre yapılan bu denemeler ile yağ iticilik özelliği elde edilemediği için elde edilen optimum sol-jel çözeltisine ticari su-yağ iticilik maddesinden ilave edilerek optimum su-yağ iticilik sonuçları elde edilmiştir.

Koç (2012), yaptığı çalışmada, TiO_2 ince filmlerini; saf, alüminyum (Al), bakır (Cu) ve antimon (Sb) katkıları nano tanecikli yapıda cam altta üzerine büyütülmüştür. Bunun için sol-jel daldırma yöntemini kullanmıştır. Katkıları metallerin TiO_2 'in fiziksel özellikleri üzerinde yaptığı etkiyi incelemek için üretilen ince filmlerin yapısal, morfolojik ve optik özellikleri incelenmiştir. Optiksel özelliklerini analiz etmek için enerji bant aralıkları, kırılma indisleri, sönüm katsayıları ve yüksek dielektrik sabitleri hesaplanmıştır. X-ışını kırınım spektrumları incelendiğinde elde edilen tüm ince filmlerde (101) ve (200) yöneliminde TiO_2 anataz fazda tetragonal yapı ve (104) yöneliminde ise stokiometrik olmayan Ti_4O_7 triklinik yapısının olduğu görülmüştür. Ayrıca kristallerin tane boyutlarının 27,16–137,64 nm aralığında değiştiği ve nano boyutta olduğu görülmüştür. Morfolojik özellikleri için SEM görüntüleri incelendiğinde tanelerin homojen olarak dağıldığı ve yüzeye tutunmaların iyi olduğu görülmüştür. Alınan ölçümler değerlendirildiğinde filmlerin yapısal, morfolojik ve optiksel özelliklerinin katkı malzemesine göre değişiklikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Arslan (2011), yaptığı çalışmada cam üzerine Titanyum dioksitli ince filmleri sol-gel daldırma yöntemi ile kaplamıştır. İlk çözeltide Titanyum Nitrür (TiN) kimyasalı kullanılarak çözelti hazırlanmıştır. İkinci çözeltide de Titanyum Metoksit ($Ti(OCH_3)_4$) kimyasalı denenmiştir. Başlangıç kimyasalı çözünmüş ve şeffaf bir çözelti elde edilmiştir. Üçüncü kimyasal, Titanyum diisopropoksit ($(CH_3)_2CHO)_2Ti(C_5H_7O_2)_2$) kimyasalı ile çözelti hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltide Titanyum çözünmüş ve şeffaf çözelti haline gelmiştir. Fakat cam yüzeyine kaplama gerçekleşmemiştir. Dördüncü bir malzeme, Titanyum Butoksit ($C_{16}H_{36}O_4Ti$) kimyasalı ile yeni bir çözelti hazırlanmış ve cam yüzeyine ince film kaplama yapılmıştır. Farklı kalınlıklarda kaplanan cam numunelerin optik geçirgenliği ve anti-bakteriyel etkisi incelenmiştir. Kaplama kalınlığını kademeli olarak artırılıp cam numunelerin şeffaflığını nasıl etkilediğini ve farklı kalınlıklardaki anti-bakteriyel özelliklerinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Cam üzerine kaplanan ince filmler test analizleri sonucunda kristalizasyon tavlama sıcaklığı 400-500°C arasında yapılacağı belirlenmiştir. Spektrofotometer analizi ile cam üzerine kaplanan ince filmlerin optik geçirgenliğinde daldırma sayısının artmasıyla azalma meydana geldiği gözlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Deneyel çalışmalarda, titanyumdioksitli (TiO_2)'li ve titanyumdioksit (TiO_2)'siz sol-jel yöntemiyle hazırlanmış çözeltiler kullanılmıştır. Çözeltilere daldırılmak üzere %100 polyester ve %100 pamuk iplikleri 90 cm uzunluğunda ve 10'ar adet kesilip hazırlanmıştır. Hazırlanan sol-jel çözeltilerine farklı cins iplikler daldırılmış, lif yüzeyine kaplama yapılmış ve kaplanan ipliklerin kuruduktan sonra özellikleri incelenmiştir. Ayrıca bu deneyel çalışmalarda fotovoltaiik sistemler ve termoelektrik soğutucu da kullanılmıştır. Fotovoltaiik (PV) ve termoelektrik soğutucu (Peltier)'nin iletken iplikler oluşturulmadan önceki ve sonraki iletkenlikleri ölçülmüştür.

3.2. Yöntem

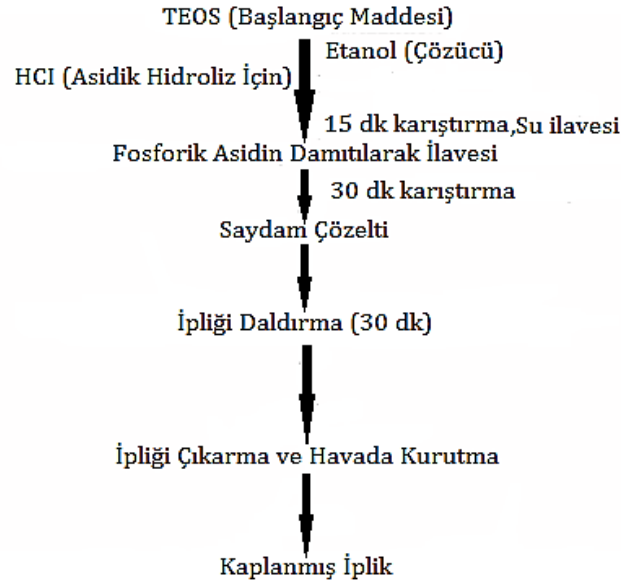
Çalışmalarda sol-jel kaplama yöntemlerinden daldırma (dip coating) yöntemi kullanılmıştır. Çözeltinin hazırlanmasında ilk olarak bir beherin içine 22 ml TEOS başlangıç maddesi ilave edilmiştir. Üzerine çözgen madde; 46 ml etanol ve asidik hidroliz için 15 ml HCl ilave edilip hazırlanan çözelti manyetik karıştırıcıda 25°C'de 30 dk karıştırılmıştır. Çözeltinin pH değeri 4,19 olarak ölçülmüştür. Karıştırmaya devam edilirken 20 ml H_2O ilave edilip 5ml, H_3PO_4

damıtılarak eklenmiştir ve pH değeri 3,55 olarak ölçülmüştür. Karıştırma işlemi bittikten sonra saydam bir çözelti elde edilmiştir. Çözeltiye numune iplikler daldırma yöntemiyle daldırılıp 80°C’de 30 dk işleme tabi tutulmuştur. Bu işlem sonundaki pH değeri 2,50’dir. Çözelti içerisindeki iplikler jel içinden çıkarılarak havada 30 dk kurumaya bırakılmıştır. Aynı işlem çözeltiye H₃PO₄ ilavesinden 5 dk sonra TiO₂ ilave ederek ve aynı işlem basamaklarını uygulayarak TiO₂’li sol-jel çözeltisi elde edilmiştir. Yeni reçetede HCl çıkarılıp yerine sitrik asit (C₆H₈O₇) eklenmiştir. İşlem sonucunda pH değeri 3,76 olarak ölçülmüştür. Çözeltide kullanılan reçeteler aşağıdaki tablo 1.’de verilmiştir.

Tablo 1. Çözelti hazırlamak için kullanılan reçeteler

Kimyasal Maddeler	1. Reçete	2. Reçete	3. Reçete	4. Reçete
TEOS	22 ml	22 ml	22 ml	22 ml
Etanol	46 ml	46 ml	46 ml	46 ml
H ₂ O	20 ml	20 ml	20 ml	20 ml
HCl	15 ml	15 ml	15 ml	–
H ₃ PO ₄	–	5 ml	5 ml	5 ml
TiO ₂	–	–	5 ml	5 ml
C ₆ H ₈ O ₇	–	–	–	15 ml

Şekil 1’de Sol jel kaplama işleminin akış şeması verilmiştir.



Şekil 1. Sol Jel Yöntemi Kullanılarak İplik Yüzeyine Kaplama İşleminin Akış Şeması (Cireli ve ark., 2006)

4. BULGULAR

4.1. İpliklerin Gramajı ve Mukavemeti

Kaplama öncesi hazırlanan numune iplikler elektronik terazide tartılmıştır. Numune iplikler 90 cm uzunluğunda kesilmiştir. %100 polyester ipliği ortalama 0,030 g/adet, %100 pamuk

ipliği ortalama 0,22 g/adet gelmektedir. Kaplanan iplikler; %100 polyester ipliği ortalama 0,041 g/adet, %100 pamuk ipliği ortalama 0,52 g/adet gelmektedir. Aşağıdaki tablo 2’de kaplama öncesi ve kaplama sonrası iplik gramajları bulunmaktadır.

Tablo 2. Kaplama Öncesi ve Kaplama Sonrası İplik Gramajları

Numune No	Kaplama öncesi iplik gramajları		Kaplama sonrası iplik gramajları	
	%100 Polyester (g/adet)	%100 Pamuk (g/adet)	%100 Polyester (g/adet)	%100 Pamuk (g/adet)
1	0,029	0,22	0,04	0,52
2	0,03	0,21	0,042	0,49
3	0,031	0,22	0,043	0,53
4	0,03	0,21	0,041	0,55
5	0,03	0,22	0,04	0,53
6	0,028	0,22	0,041	0,52
7	0,031	0,21	0,042	0,50
8	0,031	0,22	0,043	0,52
9	0,03	0,21	0,040	0,55
10	0,03	0,22	0,04	0,53
Ort.	0,03	0,22	0,041	0,52

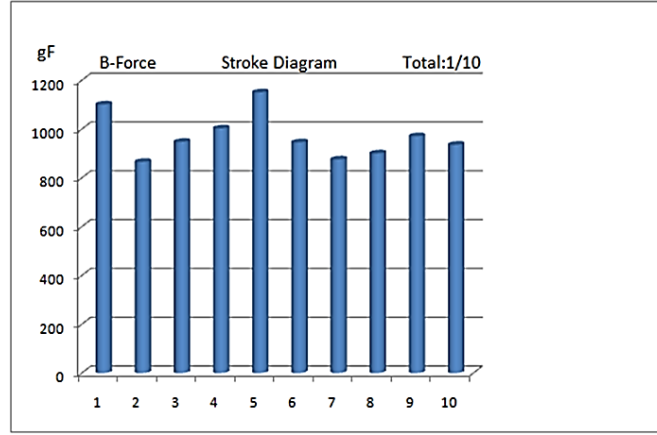
İplik mukavemeti testleri Uster Tensorapid 4 cihazıyla yapılmıştır. Kaplama öncesi pamuğun gerilme mukavemeti 46 g/tex, kopma uzaması % 6,8 ve Polyesterin ise gerilme mukavemeti 48 g/tex, kopma uzaması %1.14’dür. Kaplama sonrası pamuk ipliği kırılğan ve sert yapıda olduğu için test edilememiştir. Kaplama sonrası polyester ipliklerin test sonuçları tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Kaplamalı Polyester Mukavemet Test Sonuçları

	Kopma zamanı (s)	Kopma kuvveti (gF)	Kopma uzaması (%)	Özgül mukavemet (Rkm)	Kopma işi (gF-cm)
Ortalama değer	0.81	975.0	13.49	33.02	2959
Standart sapma	0.05	88.28	0.82	2.99	424.6
Varyasyon Katsayısı	6.1	9.1	6.1	9.1	14.3
%95 güven aralığı	0.04	63.14	0.59	2.14	303.7
En küçük değer	0.73	857.1	12.9	29.3	2360
En büyük değer	0.89	1165	14.71	39.46	3807

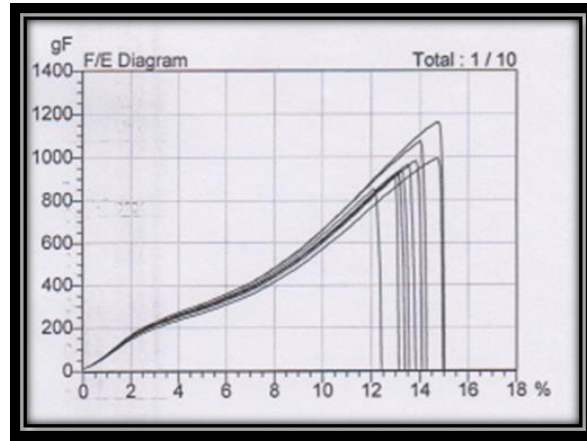
10 adet polyester ipliğine mukavemet testleri uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre; kopma zamanı (Time to Break) 0,81s, numunenin koptuğu andaki kuvveti (Breaking Force) 975,0gF, uzaması (Elong) %13,49 ve mukavemeti (Tenacity) 33,02 Rkm’dir. Polyester ipliğinin min. koptuğu andaki kuvvet 857,1 gF, max. koptuğu andaki kuvvet 1165 gF’dir. Polyester ipliğine

yapılan testler neticesinde koptuğu andaki kuvvet aşağıdaki şekil 2’de (Stroke Diagram) vuruş diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 2. Kaplamalı Polyester İpliği Stroke Diyagramı

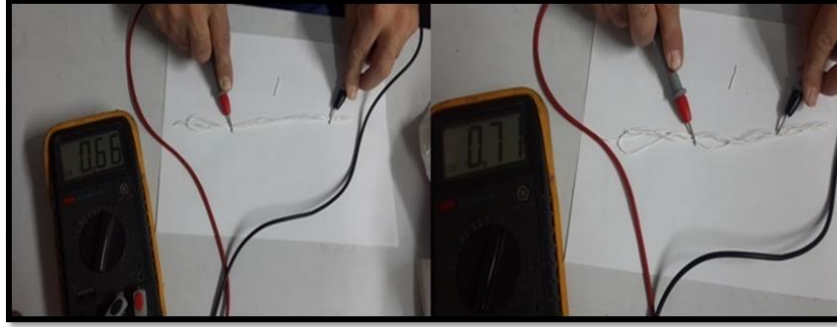
Polyester ipliğine uygulanan testin kuvvet/uzama diyagramı şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Kaplamalı Polyester İpliğinin Kuvvet/Uzama Diyagramı

4.2. Elektriksel İletkenliğin Ölçülmesi

Elektriksel iletkenlik ölçümünde, farklı teknikler ve farklı cihazlar kullanılmaktadır. Testlerde avometre ve multimetre cihazıyla ölçümler yapılmış ve ölçülecek büyüklüğün cinsine göre AC (Alternatif akım) veya DC (Doğru akım) seçimi yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda sol-jel yöntemiyle kaplanan TiO_2 ’siz polyester ipliğine avometrenin iki ucuyla dokundurulduğunda ölçülen değerler; 0,60-0,75 Ohm arasındadır. Sol jel çözeltisi ile kaplanan polyester ipliğinin akımının ölçülmesi şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4. Sol-Jel Çözeltisi ile Kaplanan Polyester İpliğinin Akımının Ölçülmesi

Bu değerlere bakıldığında sol-jel yöntemiyle kaplanan polyester ipliğinin akımı çok geçirmediği, yarı iletken iplik elde edildiği görülmektedir. TiO_2 'siz pamuk ipliğinin avometre ile akım geçirgenliği ölçümünde okunan değerler ise 0,30-0,40 Ohm arasındadır. Bu değerlere bakıldığında pamuk ipliğinin polyester ipliğine göre daha iyi akımı ilettiği sonucuna varılmaktadır. Sol-jel yöntemiyle kaplanan TiO_2 'siz polyester ve pamuk ipliğine uygulanan ölçümleri birde TiO_2 'li pamuk ve polyester ipliğine uyguladığımızda, TiO_2 kaplı iplikler elektriği daha iyi iletirken, TiO_2 'siz ipliklerin elektriği daha az iletmediği ve ölçümlerin kaplamanın kalınlığıyla değiştiği gözlenmiştir. PES iplik yüzeylerini TiO_2 ile kaplamadaki amaç fotokatalitik etki oluşturmaktır. Fotokatalitik ürünler; ışık enerjisini kullanarak kimyasal bir reaksiyon oluşturan ürünlerdir. Bu yüzden testleri gün ışığına çıkıp tekrarladığımızda iletkenlik derecesinin biraz daha arttığı görülmüştür. TiO_2 kaplı polyester ipliklerinin ışıklı ortamda avometre ile ölçüm sonucu ortalama 0,46 Ohm, TiO_2 'siz polyester ipliklerinin ölçüm sonucu ise 0,58 Ohm olarak ölçülmüştür. Aynı testler ışısız ortamda tekrarlanınca TiO_2 'li polyester iplikleri ortalama 0,49 Ohm, TiO_2 'siz polyester ipliklerinin ölçüm sonucu ise 0,58 Ohm olarak bulunmuştur.

4.3. Fotovoltaik (PV) ve Peltier'in Elektriksel İletkenliğinin Ölçülmesi

Elektriksel iletkenliğin ölçülmesi testlerimizde kullanacağımız (PV) fotovoltaik ve peltiere de uygulanmıştır. Peltier genellikle 12 volt güç ile çalışmaktadır. Bu yüzden testte kullanılacak olan Fotovoltaik panellerin 12 volt güç üretmesi gerekmektedir. Küçük bir fotovoltaki panel 1.6 volt ile 6 volt arasında güç üretmektedir. Peltier'i çalıştırmak için gerekli olan 12 voltluk enerji fotovoltaik panellerin birbiri ile seri bağlanmasıyla elde edilecektir. Bu yüzden elimizdeki fotovoltaik panellerin tek tek voltajları multimedre cihazıyla ölçülmüştür. Fotovoltaik panellerin voltajları 1,78 ile 6,92 volt arasında ölçülmüştür. Fotovoltaik panel 6,92 volt üretmesine rağmen peltier bağlanınca voltaj 0,47 volt'a düşmektedir. Dolayısı ile bu voltaj peltier'i çalıştırmaya yetmemektedir. 6,92 volt üretilen fotovoltaik panele peltier'in bağlanmasıyla elde edilen voltaj şekil 5'de gösterilmiştir.

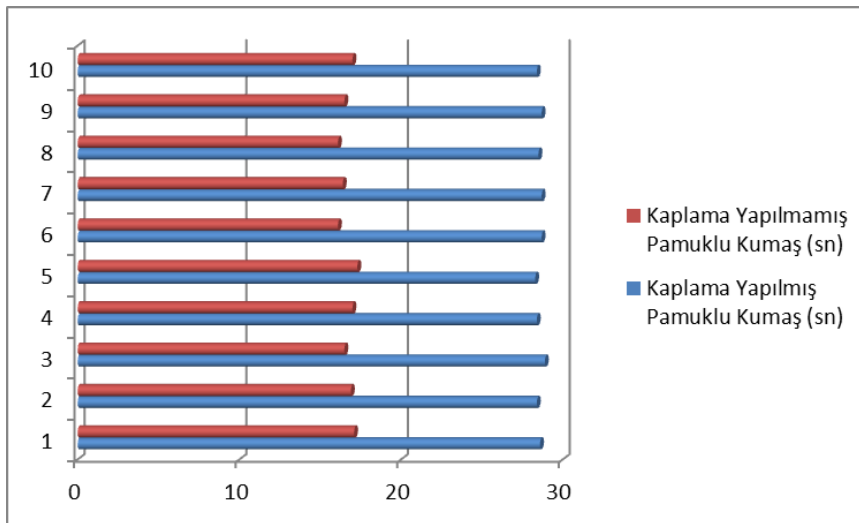


Şekil 5. Fotovoltaik Panele Peltier'in Bağlanması

Bir adet fotovoltaik panelin enerjisi peltieri çalıştırmaya yetmeyeceği için fotovoltaik paneller seri bağlanarak voltajları ölçülmüştür. Seri halde güneşin altında 17,50 voltluk bir enerji elde edilmiştir. Peltier, fotovoltaik panele bağlandığında voltajı düşürmektedir. Seri bağlı fotovoltaik panellere bağlandığında da 17,50 volt'u, 3,84 volta düşürmüştür. Bu nedenle peltier'i direk olarak fotovoltaik panele yerine önce bir pile sonra da fotovoltaik panele bağlanmıştır. Böylece fotovoltaik sistemlerden elde edilen enerji pilde depolanıp peltier çalıştırılmıştır. Seri bağlı fotovoltaik paneller her biri 1,2 volt olan 3 adet pili doldurmaktadır. 3,6 volt'luk piller peltier'i çalıştırmakta ve 63°C sıcaklık elde edilmektedir. 1,6 volt ile 32°C, 12 volt ile de 84°C sıcaklık elde edilmiştir.

4.4. Güç Tutuşurluğun Ölçülmesi

Güç tutuşurluk ürünlerin yanmaya karşı direncini artırmak ve daha zor tutuşmasını sağlamaktır. İplik ve kumaşlara güç tutuşurluk özelliği kazandırılabilmesi için sol-jel yöntemiyle TiO₂ kaplama yapılmıştır. Hangi cins numunelerin güç tutuşurluk özelliğinin iyi olduğunu belirlemek ve kaplama yapılan maddelerin ürünlere güç tutuşurluk özelliği kazandırılıp kazandırılmadığını belirlemek için bu testler yapılmıştır. Hazırlanan numune kumaşlar (TiO₂ kaplı %100 polyester, %100 pamuklu kumaş ve TiO₂'siz %100 polyester, %100 pamuklu kumaş) yakma deneyine tabi tutulmuştur. Deney öncesinde sol-jel yöntemiyle kaplama yapılmadan kumaşların ve ipliklerin yanma davranışı incelenmiştir. Polyester ipliği eriyerek yanarken pamuk ipliği hemen yanmıştır. Sol-jel çözeltisiyle hazırlanan TiO₂ kaplı pamuklu ve polyester kumaşlar ve TiO₂ kaplı olmayan pamuklu ve polyester kumaşlar yakılıp incelenmiştir. Yakma sonucunda sol-jel çözeltisiyle kaplanan kumaşlar ve kaplanmayan kumaşların göstermiş olduğu davranışlar karşılaştırılmıştır. Kumaşın yakma testi 45° eğimli güç tutuşurluk test cihazında yapılmıştır. Test standartı olarak US CPCS CFR 16 PART 1610 dikkate alınmıştır. Test cihazında alevin kumaşa çarpma zamanlayıcısı 1,0 saniyeye ayarlanmıştır. Test sonucunda kaplama yapılan pamuklu kumaş bir müddet sonra yanarken, kaplama yapılan polyester kumaşın yanmadığı görülmüştür. Şekil 6'da güç tutuşurluk test sonuçlarını gösteren grafik bulunmaktadır. Güç tutuşurluk test sonuçlarına göre kaplama yapılan pamuklu kumaşın yanma süresi 28,5 sn, kaplama yapılmamış pamuklu kumaşın yanma süresi 17 sn olarak gözlemlenmiştir. Aynı testi polyester kumaşa uyguladığımızda, kaplama yapılmayan polyester kumaşın yanma süresi 13,3 sn, kaplama yapılan polyester kumaşın ise yanmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Güç Tutuşurluk Test Sonuçları

5. SONUÇ

Sol-jel daldırma yöntemiyle TiO₂ kaplanan ve kaplama yapılmayan ipliklerin gramajına ve mukavemetine bakılmıştır. Kaplama yapılan polyester ipliğinin ortalama 0,005 gr ve pamuk ipliğinin 0,07 gr arttığı gözlemlenmiştir.

İpliklerin elektriksel iletkenliğine bakıldığında pamuk ipliğinin, polyester ipliğine göre elektriği daha iyi ilettiği sonucuna varılmıştır. Kaplama yapılan pamuk ipliğinin avometre ile ölçüm sonucu 0,30 Ohm gelirken, polyester ipliğinin ölçüm sonucu 0,46 Ohm olarak ölçülmüştür. Fakat pamuk ipliğinde kaplama maddesi kurduğunda ipin mukavemeti çok azaltığı için iplikler çok rijit bir hal almıştır ve testlerde kullanılamamıştır. Bu yüzden testlerde polyester ipliği tercih edilmiştir. İpliklerde sağlanan yarı iletkenlik özelliğinin kaplama kalınlığıyla doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Kaplama yapılan ipliklerin güç tutuşurluk değerlerinde de artma gözlenmiştir. Güç tutuşurluk deneyi sonucunda polyester ipliği yanmazken, pamuk ipliğinin de normale göre daha geç yandığı sonucuna varılmıştır. Bu deneylerin dışında, bu çalışmada kullanılan peltier ve fotovoltaiik panelin elektriksel iletkenliği ölçülmüştür. Sol-jel çözeltisiyle TiO₂ kaplanan iplikler her ne kadar yarı iletkenlik özelliği kazandırılmış olsa da fotovoltaiik sisteme bağlandığında peltiere yetecek kadar enerjiyi iletememiştir. Bu nedenle yarı iletken iplikler iletken ipliklerle birleştirilerek tekrar ceketle monte edilmiştir. Ceketin omuz kısmına dört adet seri bağlı fotovoltaiik panel yerleştirilmiştir. Fotovoltaiik panelden 17,50 voltluk enerji elde edilmektedir. Elde edilen Bu enerjiyi depolamak için ceketin cebine 3,6 voltluk pil koyulmuştur. 3,6 voltluk pil koyulmasının nedeni 17,50 voltluk enerji üreten fotovoltaiik sistem, peltier bağlanınca enerjisinin 3,6-3,8 volt'a düşmesidir. Böylece fotovoltaiik panellerden elde edilen enerji sayesinde peltierden ilk başlarda düşük sıcaklıklar daha sonra 63°C'a kadar çıkan sıcaklık elde edilmektedir. Aynı mantıkla ceketin diğer tarafına led ışığı yapmak için bir düzenek oluşturulmuştur. Bu düzeneğin çalışması için yine yarı iletken ipliklerle, iletken iplikler birlikte örülerek iletkenlik seviyesi artırılmıştır. Böylece fotovoltaiik panelden elde edilen enerji ceketin cebine yerleştirilen pilde depolanıp, ışığın olmadığı yerlerde led lambayı yakmıştır.

KAYNAKLAR

- Arslan, Y., (2011). *Anti-Bakteriyel Filmlerin Cam Üzerine Sol-Gel Yöntemi İle Kaplanması*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Ankara.
- Bedeloğlu, A., Demir, A., Bozkurt, Y., (2010). *Fotovoltaiik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaiik Tekstiller*. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, No: 2, 43-58
- Bedeloğlu, A., Sünter, N., Bozkurt, Y., (2017). *Elektriksel Olarak İletken Tekstil Yapıları Üretim Yöntemleri Ve Kullanım Alanları*. Tekstil ve Mühendis Dergisi, Sayı:79, 8-10
- Cireli, A., Kutlu B., Onar N., Erkan G., (2006). *Tekstilde İleri Teknolojiler*. Tekstil ve Mühendis Dergisi, Sayı: 61, 14-15
- Cireli, A., Kutlu B., Onar N., Kayatekin I., Çelik E., Ebeoğlugil M., F., (2006). *Fosfor Katkılı SiO₂ İnce Filmleri ile Kaplanmış Kumaşların Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Geliştirilmesi*. 13. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 463-471

Göksu, E., (2016). *Sol-Jel Yöntemiyle Antibakteriyel İnce Film Kaplanması*. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Afyon

Mete, G., (2013). *Sol-Jel Teknolojisini Kullanarak Pamuklu Kumaşa Su, Yağ İticilik ve Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Kazandırılması*. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 184s, Denizli.

Koç, M., (2012). *Sol-Jel Yöntemiyle Elde Edilen Alüminyum, Antimon ve Bakır Katkılı Nano Tanecikli TiO₂ İnce Filmlerinin Optiksel, Yapısal Ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Konya

Sarıgül, H., Sorar, İ., (2016). *Sol-Jel Yöntemiyle Hazırlanan TiO₂ Filmlerin Optik ve Elektrokromik Özellikleri*. Marmara Fen Bilimleri Dergisi, Sayı:2, 81-88

Sünter, E., (2011). *İletken İpliklerin Üretim Yöntemlerinin ve Özelliklerinin İrdelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 125s, İzmir.