

PAPER DETAILS

TITLE: SEKIL HAFIZALI TEKSTILLER VE SEKIL HAFIZALI APRE UYGULAMALARI

AUTHORS: Ismail YÜCE,Müge YÜKSELOGLU,Suat CANOGLU

PAGES: 41-47

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/396511>

ŞEKİL HAFIZALI TEKSTİLLER VE ŞEKİL HAFIZALI APRE UYGULAMALARI

İsmail YÜCE¹, S.Müge YÜKSELOĞLU², Suat CANOĞLU³

ÖZET

Akıllı malzemeleri, dış çevreden harici uyarıcı alınca yanıt verebilen malzeme olarak tanımlanabiliriz. Bu ürünlerin birçok alanda önemli potansiyel uygulamaları bulunmaktadır. Bu ürünler son zamanlarda akademik ve endüstri alanında hızla gelişim göstermektedirler. Şekil hafızalı ürünler ise harici bir uyarıcı (sıcaklık, pH, ışık v.b.) vasıtasıyla şeklini (orjinal) değiştirebilen ürünlerdir. Bu özelliklerinden dolayı şekil hafızalı ürünler akıllı malzemeler olarak düşünülebilir. Şekil hafızalı polimerler tekstilde; lif, nonwoven ve mikrofiber şeklinde üretilbileceği gibi apre, kaplama veya laminasyon gibi proseslerle de kumaşa aktarılabilir. Bu çalışmada, şekil hafızalı polimerlerin tekstilde kullanım alanları genel bir çerçevede değerlendirilmiş olup, bu polimerlerin kumaşa bitim işlemleri ile aktarılması üzerinde ayrıntılı olarak durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Şekil hafıza, Polimerler, Akıllı tekstiller, Bitim işlemleri

SHAPE MEMORY TEXTILES AND APPLICATIONS OF SHAPE MEMORY FINISHING

ABSTRACT

Intelligent materials can be defined as materials that can respond when external warnings are issued around the outside. These products have significant potential applications in many areas. These products have recently developed rapidly in the academic and industrial field. Shape memory products are products that can change shape (original) through an external stimulus (temperature, pH, light etc.). Because of these features, shape memory products can be considered as intelligent materials.

While shape memory polymers can be produced in forms of fiber, non-woven and microfiber in textile, they can also be transferred to the fabric through finish, coating or lamination processes. In this study, the application areas of the shape memory polymers in textiles were evaluated in a general framework and we have elaborated on the transfer of these polymers to fabric by finishing processes.

Keywords: Shape memory, Polymers, Smart textiles, Finishing

¹ Trakya University, Edirne Technical Vocational High School, Textile, Clothing, Footwear and Leather Section, 22020, Edirne, Turkey, E-Mail: ismailyuce@trakya.edu.tr

² Marmara University, Faculty of Technology, Department of Textile Engineering, 34722, Istanbul, Turkey, E-Mail: myukseloglu@marmara.edu.tr

³ Marmara University, Faculty of Technology, Department of Textile Engineering, 34722, Istanbul, Turkey, E-Mail: scanoglu@marmara.edu.tr

Corresponding author: Yuce, Ismail, E-mail: ismailyuce@trakya.edu.tr

GİRİŞ

Akıllı tekstiller, normal tekstil ürünlerinin doğal atmosfer şartlarından koruma ve süsleme özelliklerine ilave olarak herhangi bir etkiyi (ışık, ısı, basınç, elektromanyetik dalgalar, ses ve ses ötesi dalgalar, hareket vs.) veya etki değişikliğini algılama ve buna bir tepki verme özelliğine sahip olan tekstil ürünleridir. Bunlarda algılama yanı "sensör" işlevini gerçekleştiren kısım yanında, birde tepkiyi gerçekleştiren "uygulayıcı" bir kısım bulunmaktadır (Coşkun ve Oğulata, 2008). Akıllı tekstil uygulamaları tıbbi, askeri, güvenlik, taşımacılık, spor tekstilleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadırlar (Coşkun, 2007).

Şekil hafızalı materyaller, orijinal şeklini hatırlayabilen çok akıllı materyaller sınıfına aittirler. Renk-faz değiştiren malzemeler, piezo malzemeler, ışık yayan diyetler ve fotovoltaiik malzemeler akıllı malzemelerin farklı formlarına örnektir (Bedeloğlu, 2011). Materyaller yüksek sıcaklıkta deforme olur ve sıcaklık, kimyasal veya pH gibi dış uyarıcı etkenler vasıtasıyla tekrar orijinal şekline geri dönerler. Şekil hafızalı materyaller uyarıcıya duyarlı materyallerdir. Bu nedenle, ısıya duyarlı şekil hafızalı malzemeler, geçiş ısısı denilen belli bir ısıda yapısal değişikliklere uğrayan malzemelerdir. Isıdaki değişim şekilde değişime neden olur, bu materyallere ısı uyarıcılı şekil hafızalı materyaller denir (Hu, 2007).

Şekil hafızalı polimerler 1980'lerin ortasından beri yaygındırlar. Bu polimerler; sıcaklık, pH, kimyasal ve ışık ile uyarılabilirler ve belli bir dış uyarıcıya yanıt vermesi ve duyarlı olması ile tanımlanırlar (Hu, 2007). Şekil hafızalı polimerler çift yönlü şekil değişim yeteneğine sahip malzemelerdir. Bunlar; yüksek uzayabilirlik, iyi işlenebilirlik, hafiflik ve tuşe gibi avantajlarından dolayı giyim endüstrisi için daha uygun bir hammaddedir. Elastiklik şekil hafıza efekti için önemli bir ön koşuldur (Tang ve Stylios, 2006; Behl ve Lendlein, 2007).

Şekil hafızalı polimerlerin tekstildeki uygulamaları, lif formunda (macro,mikro ve nanolifler), çözelti olarak, film ve köpük şeklinde kumaşlara veya diğer tekstil yüzeylerine entegre edilebilirler. Bunlar; nonwoven, kaplamalar, apre (bitim), laminasyon, dokuma ve örgü gibi tekstil ve giyim uygulamalarında kullanılırlar (Hu ve ark., 2012).

Çalışmanın ilk bölümünde şekil hafızalı polimerlerin lif, iplik, kaplama/laminasyon uygulamaları üzerinde kısaca durulmuştur. İkinci bölümde ise şekil hafızalı poliüretan ile tekstil yüzeylerine apre uygulamaları üzerinde ayrıntılı olarak durulmuş ve gelecekteki uygulamalar incelenmiştir.

ŞEKİL HAFIZALI POLİMERLERİN TEKSTİLDE KULLANIM ALANLARI

Şekil hafızalı liflerin, spandex, nylon ve polyester gibi liflerden normal kullanım sıcaklığındaki duyarlılığı daha iyidir. Şekil hafızalı lifler yaş, kuru ve yumuşak eğirme yöntemleri ile üretilebilirler. İlk üretimleri, yaş çekim yöntemi ile olmuştur. Yaş çekim prosesinde şekil hafızalı poliüretan, polimerin viskozitesi 30-150 Pa·s akışkanlığında, %15-35 konsantrasyonunda olacak şekilde, dimetilformamid (DMF) gibi uygun bir çözücüde çözülerek elde edilmiştir. Bu çözelti ekstruderden koagülsayon banyosuna çekilir. Eriyikten çekim prosesi yaş çekimde karşılaşılan problemleri aşmak için uygulanmıştır. Eriyikten çekilen SMF'ler (şekil hafızalı lifler) daha yüksek dayanım, kontrol edilebilir uzama, lineer yoğunluk, şekil kalıcılığı, elastikiyet ve anahtar sıcaklığı sağlarlar. Şekil geri dönüşü yaş çekimden daha iyidir çünkü; eriyikten çekim prosesi boyunca daha yüksek mikro faz dağılım yapısı elde edilir. Aynı zamanda yaş çekimde oluşan çevre kirliliği, düşük üretim verimliliği sıkıntıları da eriyikten çekim metodu ile aşılmaktadır (Hu ve ark., 2012; Hu, 2010; Hu, 2014).

Şekil hafızalı liflerin tekstilde uygulamaları, avantajları ve kullanım alanları çeşitleri tablo 1'de özetlenmiştir.

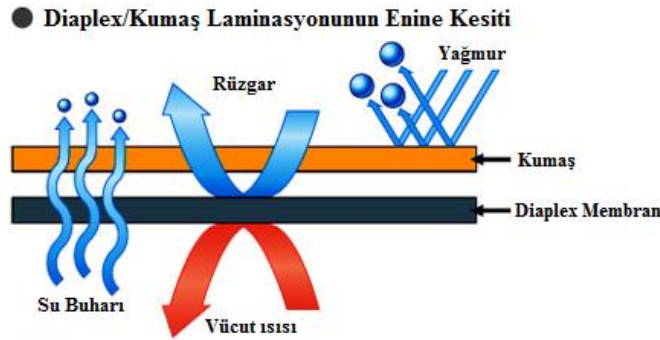
Tablo 1. Şekil Hafızalı Polimerden Üretilen Bazı Lif Çeşitlerinin Tekstilde Uygulamaları (Hu, 2014).

Uygulamalar	Avantajlar	Kullanılabilecek Alanlar
Yüksek Basınçlı Kıyafetler/Aksesuarlar	Uygulamaya Elverişli Durumlar: - Giymesi ve temizliği kolay - Dayanıklı - Gevşemez	Medikal giysiler (Yanık tedavi giysisi, varisler için basınçlı çoraplar), basınçlı/sıkı spor kıyafetleri
Rahat Giysiler/Aksesuarlar	- Düşük basınç - Vücuda göre boyut değiştirme - Isı-nem kontrolü - Gevşemez	İç çamaşırı, çoraplar, çocuk bezleri, kemer ve spor giyim
Sabit Şekilli Giysiler/Aksesuarlar	- Düz görünüm - Kırıklığı muhafaza - Kabarık tutma - Kırıklığı düzeltme	Tişörtler, pantolonlar, elbiseler, çarşafklar
Moda Tasarımı	- Sitil değiştirme 3 Boyutlu efekt	Elbiseler, etekler

Şekil hafızalı lifler ipliklerin içine ring iplik eğirme veya friksiyon iplik eğirme tekniği ile verilirler. İplikler örgü veya dokuma kumaş olarak üretilebilir (Behl ve Lendlein, 2007).

Şekil hafızalı iplikler, corespun, friksiyon, fantezi iplikleri ve diğer iplik çeşitlerini içerebilmektedir. Bu iplikler ile örgü, dokuma v.b. gibi tekniklerle kumaş yüzeyi elde edilmektedir. Şekil hafızalı kumaşların uygulama alanları, dokuma, örgü, braid ve nonwoven yüzeylerini içermektedir. Şekil hafızalı kumaşlara buruşmazlık, tekrar düzelme ve sanatsal olarak birçok dizayn şekli kazandırılabilir. Bu kumaşlar kullanım yerine ve istenen özelliğine göre uygun alanlarda kullanılabilir. Örneğin; şekil sabitliği istenen yaka, gömlek manşeti uygulamalarında veya kabarıklık istenen dirsek ve diz kısımlarındaki tekstillerde kullanım alanı bulabilmektedirler (Hu, 2010).

Kumaşların su buharı geçirgenlik özelliği geniş uygulama alanları bulan önemli bir özelliktir. Şekil hafızalı poliüretanlar, sıcak ve nemli ortamda su buharını geçirdiklerinden dolayı nefes alabilir gözeneksiz laminasyonlar için idealdirler. Şekil hafızalı polimerlerin termomekaniksel özelliklerine ek olarak, T_{trans} sıcaklığının üzerinde ve altında nem geçirgenliği değiştiğinden nefes alabilir kumaşlar için ideal çözüm olabilmektedirler. SMPU (şekil hafızalı poliüretan), terleme moleküllerinin dağılımına izin verecek yeterli büyüklükte, oldukça fazla sayıda gözeneğe sahiptir. Aynı zamanda bu gözenekler, su damlacıklarının kumaştan geçişini önleyecek yeterli küçüklüğe de sahiptir. Su damlasının geçmesi önlenirken su buharı kolaylıkla vücuttan çevreye atılabilir (şekil 1). Bunun nedeni ise su buharı molekülü yaklaşık olarak 0,4 nm iken, su damlacığı ise 1000-200000 nm aralığındadır. Kullanıcı açısından bakılacak olursa yüksek su buharı geçişi fizyolojik konfor için gereklidir. Şekil hafızalı poliüretan ile lamine edilmiş kumaşlar ilk olarak Mitsubishi ağır endüstri (MHI) firmasınca üretilmişlerdir. Bu kumaşlar, Diaplex ticari adıyla piyasaya sunulmuş ve yağmur-kar sularını ve rüzgarı geçirmez iken insan teri dışarı atarak nefes alabilen özellikler sergilerler. Ürün, kumaşların iki tabakası arasına SMP laminasyonu ile üretilir, yani bir membran tabakası oluşturulur. Buna benzer bir çalışma Amerikan ordusu tarafından da yapılmıştır. Bu ürünler, yağmurlu veya karlı havalarda, dalış sporunda, kayak ve dağ tırmanışı gibi birçok ağır şartta ve aktivitede rahat giyme olanak tanırırlar (Hu, 2007; Mondal ve Hu, 2007).



Şekil 1. Diaplex membranın çalışma prensibi (Hu, 2007).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; Meng ve arkadaşları eriyikten çekim yöntemini kullanarak içi boş şekil hafızalı lif üretmişlerdir (Şekil 2). Burada içi boş lifler belirgin bir şekilde deforme olabilmekte ve iç çapı değişebilmektedir. Ancak ortamın ısısı geçiş sıcaklığı üzerine çıkıldığında lif tekrar orijinal çapına geri dönmektedir. Bu lifler, akıllı tekstillerde ısı ayarlamalar için kullanılabileceği gibi vücut hatlarını alması için yastık veya minder dolgusu olarak da kullanılabilir (Meng ve ark., 2009).

Jing ve Hu'nun yaptığı başka bir çalışmada, şekil hafızalı lifler corespun ipliklere beslenerek dokuma yüzeyler elde edilmiştir. İpliğin çekirdek kısmına şekil hafızalı polimer ring ve friksiyon metotları ile beslenmiştir. İpliğin dışı pamuk fitili ile kaplanmıştır. Çalışma sonunda, şekil hafızalı lif içeren corespun ipliğin şekil hafıza değerleri, yüzde yüz şekil hafızalı lifin değerleri kadar iyi gelmiştir. Aynı zamanda ring teknolojisi kullanılarak üretilen şekil hafızalı corespun ipliğin mukavemet ve uzama değerlerinin friksiyon eğirme makinesinde üretilen ipliğe göre daha iyi olduğu gözlenmiştir (Jing ve Hu, 2010).



Şekil 2. İçi boş lifin enine kesitinin görünümü (Meng ve ark., 2009).

Şekil hafızalı poliüretanın, kumaşlara laminasyon veya kaplama ile aktarılması üzerine de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Mondal ve Hu'nun yaptıkları bir çalışmada, ağartılmış pamuklu kumaş üç farklı kimyasal yapıya sahip şekil hafızalı poliüretan ile kaplanmış ve bu kumaşların su buharı geçirgenlikleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda tüm numunelerin su buharını geçirdiği gözlenmiştir. Ester grubu içeren SMPU'ların polimer zincirleri arasındaki etkileşim polietilen glikol esaslı SMPU'lara nazaran daha fazla olduğu için polietilen glikol esaslı SMPU'ların su buharı geçirgenlikleri daha yüksek ölçülmüştür (Mondal, 2007).

Cho ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, polyester kumaş üzerine farklı konsantrasyonlarda ve farklı sert segment içeriğinde şekil hafızalı poliüretan kaplamalar yapılmıştır. Çalışmada kumaşların mekaniksel ve su buharı geçirgenlikleri değerlendirilmiştir. Kumaşların su buharı geçirgenliği konsantrasyon değişimleri ile kayda değer oranlarda değişim sergilemiştir. Kaplama çözeltisinin artan konsantrasyonu ile buhar geçirgenliklerinde düşme kaydedilmiştir (Cho ve ark., 2004).

ŞEKİL HAFIZALI APRE UYGULAMALARI

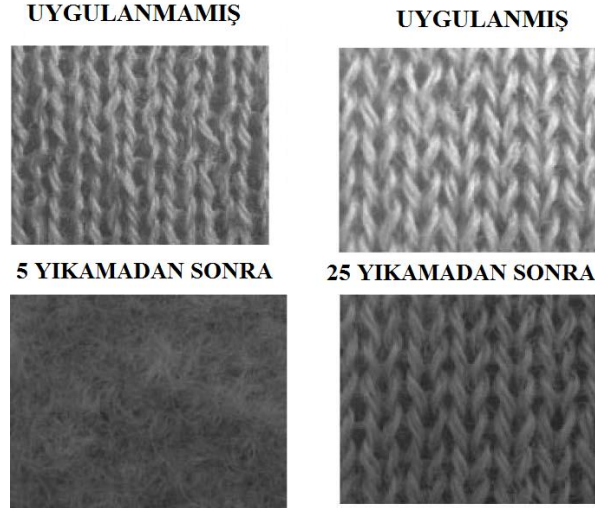
Tekstil ürünlerinin tutum, görünüş ve kullanım özelliklerini geliştirmek için yapılan son işlemlere apre işlemleri denir. Apre işlemleri mekanik ve kimyasal olmak üzere genel olarak ikiye ayrılır. Kumaşın son gördüğü işlemler olması nedeniyle bitim işlemleri de denir.

Kumaşa şekil hafıza özelliği kazandırmanın diğer bir yolu şekil hafızalı kimyasalların apre işlemleri ile kumaşa aktarılmasıdır. Şekil hafızalı polimer çözeltisi, pamuk ve yün gibi kumaşlara çeşitli özellikler katmak için direkt olarak apre çözeltisi şeklinde uygulanır. Bu proses, şekil hafızalı özelliklerin polimerlerden kumaşlara aktarılması esasına dayanır. Şekil hafızalı apre uygulamalarında diğer yöntemlere göre daha az miktarda şekil hafızalı polimer kullanılarak şekil hafıza efekti elde edilebilir. Bu da diğer metotlara göre apre uygulamalarının bir avantajıdır. Anti-pilling, esneklik/kuvvet korunması, boyutsal stabilite, çekmezlik dayanımı, iyi bir düz görünüm, kırışık tutma, 3 boyutlu desen kolaylığı ve şişkinlik gibi oldukça farklı özellik kumaşa apre uygulamaları kazandırılabilir (Hu ve ark., 2012; Hu ve Lu, 2013).

SMPU uzun zincirli bir polimerdir. Bazı özel durumlar hariç SMPU'nun molekül ağırlığı genellikle 10000'in üzerindedir. Böyle büyük bir zincirin selüloz yapısının içerisine penetre etmesi imkansızdır ve lifler ile kimyasal bağ kurulamaz. Bu yüzden, SMPU kumaşa ya kaplanarak ya da aşılansarak uygulanır (Hu, 2013).

Pamuklu kumaşlar kolaylıkla kırışabilir ve düzeltilmeleri zordur. Özellikle pileli eteklerde bu sorun daha büyüktür. Liu ve arkadaşları bu sorunu çözmek için şekil hafızalı polimerlerin apresi üzerine çalışmışlardır. Kumaşın yüzeyi fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) ve X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) ile incelenmiştir. Alınan sonuçlar neticesinde, şekil hafıza apreli kumaşların yüksek yıkanabilir ve kırışmaya daha dayanıklı hale geldiği gözlenmiştir (Hu ve Lu, 2013).

Yünlü kumaşların en büyük problemi yıkamadan sonra keçeleşmesi ve çekmesidir. Bu problemi çözmek için çeşitli prosesler geliştirilmiştir. Bunlar arasında; reçine kaplama, klrlama, oksidasyon ve diğer prosesler sayılabilir. Şekil hafızalı polimerler ile yapılan apre prosesi, diğer yöntemlere göre daha çevreci, daha basit ve kumaşın sıcaklık hassasiyeti daha iyi olduğu için avantajlıdır. Şekil hafızalı polimerler ile yünlü kumaşa uygulanan apre prosesinde yünlü kumaşların keçeleşme ve boyutsal kararlılığında iyileşmeler olduğu gözlenmiştir (Hu ve ark., 2012; Hu, 2010). Şekil 3'te şekil hafızalı polimer ile apre yapılmış ve yapılmamış kumaşların yüzey görünümleri verilmektedir. Aprede SMP ile aplike ettirilen yünlü kumaş, 25 yıkamadan (AATCC yünlü yıkama standartına göre) ve tumblerde kurutmadan sonra dahi bozulmamıştır. Ancak; işlem görmemiş kumaş 5 yıkamadan sonra keçeleşmiştir (Hu, 2010).



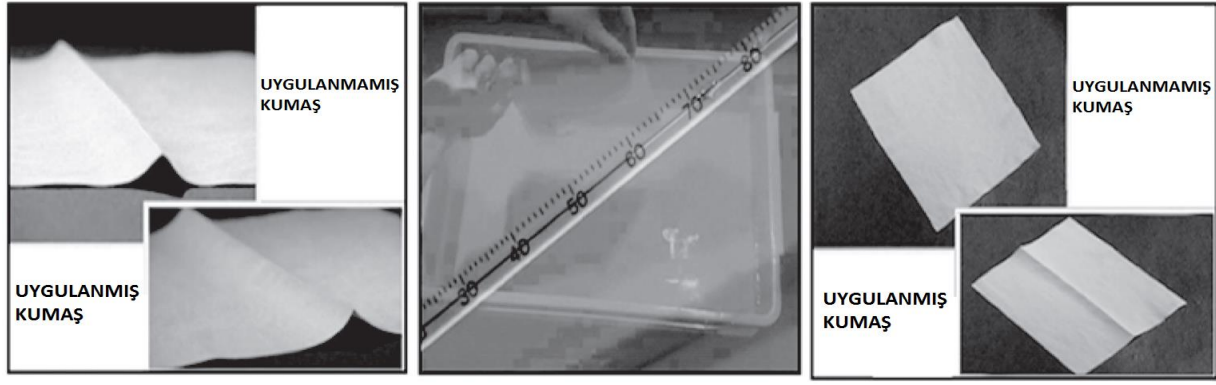
Şekil 3. SMP ile işlem görmüş ve görmemiş yünü kumaşların, yıkamadan ve kurutmadan sonra keçeleşmelerinin karşılaştırılması (Hu, 2010).

Hu ve Lu, yün için şekil hafızalı polimerden apre kimyasalı geliştirdiler. Yünlü kumaşların termal ve higrotermal etkileri üzerinde duruldu. Çalışma neticesinde sentetik şekil hafızalı polimerlerin yünlü kumaşların termal ve higrotermal davranışlarını etkilediği görülmüştür (Hu ve Lu, 2013). Başka bir çalışmada da pamuklu kumaş yüzeyine şekil hafızalı apre uygulanmıştır. Pamuklu kumaşın orijinal görünümü düzdür. Yıkama veya bekletme sonucunda kırışma ve balon görünümü oluşabilir. Şekil hafızalı polimerin anahtar sıcaklığı yaklaşık olarak 60 °C'dir. Bu sıcaklığa çıkıldıktan sonra kumaşın kırışıklığı yok olur ve tuşesi daha yumuşak hale gelir. Kumaş, 60 °C'lik yıkama veya kurutma işlemi ile orijinal şekline geri döner. Şekil 4, 5 ve 6'da SMP ile kaplı, şekil hafızalı pamuklu kumaşların; kırışıklık düzelmesi, kırışıklığın korunması ve desen tutma (desenin korunması) özellikleri görülmektedir (Hu, 2010; Hu, 2014).

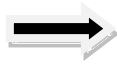


Kırışık Kumaşlar → Kumaşların üzerine buhar üfleme → Uygulanmış kumaşın kırışıklığının düzelmesi.

Şekil 4. Şekil hafızalı poliüretan ile kaplı ve kaplı olmayan kumaşların kırışıklık dayanımlarının karşılaştırılması (Hu, 2014).



Her iki kumaşın kırışık hali
(İstenen şekil)

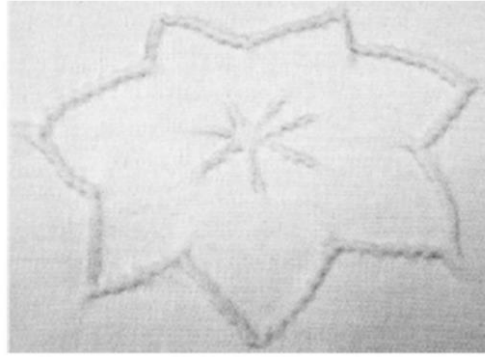


Sıcak suda yıkama
yapılıyor



Uygulanmış kumaşa kırışıklık korunurken
uygulanmamış olanda kırışıklık düzelir.

Şekil 5. Ütü ile yapılan kırışıklığın korunması çalışması. Şekil hafızalı polimer uygulanmış kumaş şeklini korurken uygulanmamış olan yıkamadan sonra şeklini kaybediyor (Hu, 2014).



Şekil 6. İki yıkamadan sonra şekil hafızalı poliüretanlı örgü kumaşın deseninin korunması (Hu, 2014).

Şekil hafıza polimerler ile aprenin avantajlarını şu şekilde sıralanabilir:

1. Şekil hafızalı apre uygulanmış kumaşların sıcaklık hassasiyeti iyidir
2. Şekil hafızalı polimerler kumaşa yüksek kopma mukavemeti kazandırır
3. Daha iyi performans, kurduktan sonra kırışıklığa karşı direncin gelişmesi kazandırılır
4. Daha iyi yıkanabilir olması, düz görünüm ve yıkama sayılarının artması ile kırışık kalabilmesi (istenen durum) artar (Hu, 2010).

GELECEKTE ŞEKİL HAFIZALI UYGULAMALAR

Şekil hafızalı polimerlerin mekanizması, mekaniksel davranışı ve değişik kimyasal yapısı ile akıllı polimerik sınıfı temsil ederler. Biomedikal alandaki çalışmalar son yıllarda oldukça artmıştır ve gelecekte de artarak devam edeceği öngörülmektedir. Özellikle doku mühendisliği, doku tedavisi, minimal yayılcı cerrahi, kontrol edilebilir ilaç verimi, biyobozunurluk ve biyouyumluluk gibi alanlarda çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Tekstil açısından bakacak olursak SMP'lerin kullanımı giderek arttırmaktadır. Farklı teknolojilerde şekil hafızalı lif kullanımı giderek artmakta ve araştırmacılar, bazı prototip çalışmaları özel sektör ile birlikte spor giyim, iç giyim ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere geliştirilmektedir (Hu ve ark., 2012).

Şekil hafıza efektleri, giyim konforu açısından bedenini şeklini alarak veya vücut ölçülerine göre kendini ayarlayarak giyim konforuna katkı sağlayacaktır. Şekil hafızalı polimerler sadece tekstil alanında değil diğer sektörlerde de potansiyel kullanım alanlarına sahiptir. Bunlar arasında, katlanabilir sandalye, şekillenebilir çatal sapı gibi ticari ürünler bu malzemeler ile üretilebilecektir (Hager ve ark., 2015).

Şekil hafızalı polimerler uzay teknolojisinde de kullanım alanı bulmaktadır. Günümüzde yürütülen çalışmalarda, lif destekli plastikler (FRP) kullanılarak SMP'ler matris reçinesi olarak uzayda şişebilir yapılar olarak kullanılabilir. Yapılan çalışmada, son şeklini önceden almış sıkı portatif (katlanır) FRP yapımı amaçlanmış, bu yapı uzaya gönderildikten sonra ısının tetiklemesiyle genişleyecektir (orijinal şeklini alacak). Böylece daha az yer kaplayarak uzay yolculuğu gerçekleşecektir. Ayrıca uzay kıyafetlerinde teknik hazırlığa yardımcı olacaktır (Hu, 2007).

SONUÇ

Şekil hafızalı polimerlerin tekstil alanındaki uygulamaları son zamanlarda önem kazanmıştır ve bu çalışmaların gelecek yıllarda da artarak devam edeceği öngörülmektedir. Şekil hafızalı polimerler lif formunda, kaplama-laminasyon, apre işlemleri, nanolifler ve nonwoven yüzeyler vasıtasıyla tekstil alanında uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda apre işlemleri ile şekil hafıza efektini tekstil yüzeyine kazandırmak, şekil hafızalı lifler ile dokunmuş veya örülmüş kumaşlar ile karşılaştırıldığında daha az miktarda hammaddeye ihtiyaç duymaktadır. Şekil hafızalı polimerin apre uygulamaları ile anti-pilling, esneklik/kuvvet korunması, boyutsal stabilite, çekmezlik dayanımı, iyi bir düz görünüm, kırışık kalma (pileli modellerde), 3 boyutlu desen kolaylığı ve şişkinlik gibi oldukça farklı özellik kumaşa aktarılabilir.

Özellikle, pamuk ve ketenden dokunmuş kumaşların kırışıklık problemi vardır. Şekil hafızalı apre ile yapılan uygulamalar bu sorunu çözme yolunda başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. Bunun yanında yünlü kumaşların da en büyük dezavantajı da kumaşın çekmesi ve keçeleşmeleridir. Bu problemin çözümü için de çalışmalar yapılmış ve başarı sağlamıştır. Aynı zamanda şekil hafızalı apre uygulaması formaldehit içermediğinden dolayı konvansiyonel apre işlemlerine göre daha çevreci ve insan sağlığına daha az zararlıdır.

KAYNAKÇA

- Bedeloğlu, A. (2011). Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Tekstil Malzemelerindeki Uygulamaları. *Tekstil ve Mühendis*, 83, 18, 27-37.
- Behl M. and Lendlein A. (2007). Shape-Memory Polymers. *Materialstoday*, 4, 10, 20-28.
- Cho J.W., Jung Y.C., and Chun B.C. (2004). Water Vapor Permeability and Mechanical Properties of Fabrics Coated with Shape-Memory Polyurethane. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 92, Issue. 5, 2812–2816.
- Coşkun E. (2007). Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Adana.
- Coşkun E., Oğulata R.T. (2008). Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri. *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, 18-3, 100-109.
- Hager M.D., Bode S., Weber C., Schubert U.S. (2015). Shape Memory Polymers: Past, Present and Future Developments. *Progress in Polymer Science*, 49-50, 3-33.
- Hu J. (2007). *Shape Memory Polymers and Textiles*. Cambridge, Woodhead Publishing in Textiles.
- Hu J. (2010). Shape-Memory Polymer Textile., Edited by J. Leng, S. Du, *Shape-Memory Polymers and Multifunctional Composites* (pp. 293-313). Boca Raton, CRC Press Taylor & Francis Group.
- Hu J., Zhu Y., Huang H., Lu J. (2012). Recent Advances in Shape-Memory Polymers: Structure, Mechanism, Functionality, Modeling and Applications. *Progress in Polymer Science*, 12, 37, 1720-1763.
- Hu, J. (2013). *Advances in Shape Memory Polymers*. Cambridge, Woodhead Publishing Series in Textiles.
- Hu, J., and Lu, J. (2013). Shape memory polymers in textiles. *Advances in Science and Technology*, Vol. 80, 30-38.
- Hu J. (2014). *Shape Memory Polymers: Fundamentals, Advances and Applications*. Shawbury, Smithers Rapra Technology Ltd.
- Jing, L., and Hu, J. (2010). Study on the Properties of Core Spun Yarn and Fabrics of Shape Memory Polyurethane. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 18, Issue 4 (81), 39-42.
- Meng, Q., Liu, J., Shen, L., Hu, Y., and Han, J. (2009). A Smart Hollow Filament with Thermal Sensitive Internal Diameter. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 113, Issue 4, 2440–2449.
- Mondal, S., and Hu, J. L. (2007). Water vapor permeability of cotton fabrics coated with shape memory polyurethane. *Carbohydrate Polymers*, Vol. 67, 282-287.
- Tang L.P. and Stylios G.K. (2006). An Overview of Smart Technologies for Clothing Design and Engineering. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2, 18, 108-128.