



AKILLI TEKSTİLLER ve ELEKTRİĞİ İLETEN TEKSTİL ESASLI MALZEMELER

Ozan KAYACAN
Ender Yazgan BULGÜN
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü Bornova / İZMİR

ÖZET

Akıllı yapılar, son yıllarda giderek artan ölçüde önem kazanmışlardır. Akıllı materyal kavramı, mekanik, termal, kimyasal, elektriksel, manyetik veya diğer kaynaklar tarafından üretilen uyarımlar veya ortam şartlarını algılayan ve reaksiyon veren materyaller olarak tanımlanmaktadır. Özellikle bilgisayar, elektronik ve tekstil alanlarında son yıllarda görülen hızlı gelişmeler, akıllı yapıların tekstil materyalleri ile entegrasyonunu olası kılmıştır. Bu çalışmada, akıllı giysiler kavramı incelenmiş ve bir tekstil malzemesine elektrik iletkenlik özelliği kazandırılması konusunda gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca elektronik fonksiyonlara sahip giysi dizaynı konusunda literatürde öne çıkan bazı araştırmalara da değinilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Akıllı yapılar, elektronik fonksiyonlu giysiler, tekstil malzemelerinin elektrik özellikleri

SMART TEXTILES AND ELECTRICALLY CONDUCTIVE TEXTILE BASED STRUCTURES

ABSTRACT

Smart structures have attracted more and more attention in recent years. The concept of “smart materials” is defined as the systems that can sense and react to the environmental conditions or stimuli by the developments in the field of computer, electronics and textiles. It has been able to integrate electronic components with textile structures to create very smart structures. In this study, the concept of “smart textile materials” is investigated. The major applications that impart electrical conductivity properties to textiles are summarized and some researches about smart garments with electronic functions are reviewed.

Keywords : Smart structures, textile based electronics, conductive properties of textiles

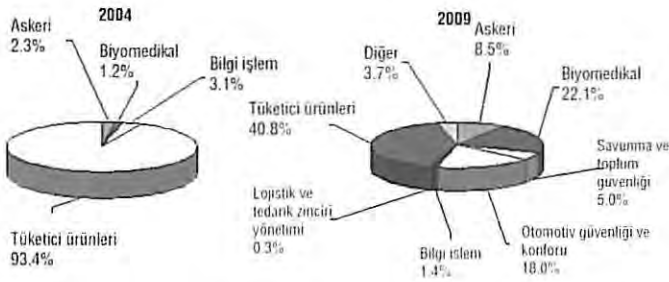
1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji giderek hızlanmakta ve sonuç olarak geliştirilen sistemler ve bunların bileşenleri giderek küçülmektedir. Giderek minyatürleşen materyaller benzerlerinden farklılaşmakta ve bazı çok özel karakteristikleri bünyesinde toplamaktadır. Artık duyarlılık, kullanışlı olma, bilgi toplayabilme ve karar verebilme gibi özellikler tek bir üründen toplanabilmektedir. Çevremizdeki pek çok ürün gün geçtikçe daha akıllı hale gelmektedir. Oysa ki geçmişte belirli bir fonksiyonu yerine getirebilmek için sayısız bileşene ihtiyaç duyulmaktaydı. Ancak, artık aynı fonksiyonun gerçekleştirilebilmesi için çok daha az ayrıntı gerekmektedir. “Minyatürleşme” terimi sadece boyutsal bir küçülme değil, aynı zamanda bileşen sayısı ve karmaşıklığında da bir sadeleşme anlamına gelmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte, belirli boyutta “akıllı” özelliğe sahip elektronik gereçler, yukarıda da belirtilen minyatürleşme konsepti içerisinde günlük hayatımızda daha fazla paya sahip olmaktadır. Özellikle kişiye özel ürünlerde bu uygulamaların daha da öne çıkacağı tahminlenmektedir.

Bugün “taşınabilir” olma, birçok gereç ve uygulama için temel özelliktir ve sağlık, iletişim, güvenlik, eğlence, spor vs. gibi birçok sektörde uygulama alanı bulmaktadır. Taşınabilir gereçlerin en kompleks örneklerinden olan “Giyilebilen Bilgisayarlar”ın

gelecekte çok amaçlı sistemler olarak gelişmeye açık olduğu da net bir gerçektir. Giyilebilen bilgisayarların temel hedefi, günlük giysilerimizin bir parçası haline gelmektir. Akıllı sistem dizaynında tekstil malzemelerinin kullanımı da bu noktada başlamaktadır. Konfeksiyon ürünleri, konforlu, kişisel, vücuda yakın ve her zaman/her yerde kullanılan ürünlerdir. Bu tür ürünlerin kullanımı mecbur olma şeklinde değil, insanın doğası gereği gerçekleşmektedir. Sonuç olarak insan-makine etkileşimi için en uygun ortamlardan biri konfeksiyon ürünlerinin farklı fonksiyonlara sahip olacak şekilde değişik bileşenler ile donatılması ve interaktif hale getirilmesidir. Tüm bu gelişmelerin bir sonucu olarak dünyada akıllı tekstil ürünlerine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Şekil 1’de interaktif tekstil ürünlerinin satış miktar tahminleri grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 1. İnteraktif tekstil ürünlerinin Pazar segmentleri. (VDC-2003)

2. AKILLI TEKSTİLLER

“Akıllı” kavramı, çevresel değişikliklere karşı kendi bünyesinde veya bizzat o çevrede değişiklik yaparak efektif bir şekilde adapte olma yeteneğidir. Ancak bir yapının akıllı olarak nitelendirilebilmesi için ortaya koyulan net bir kural yoktur. Buna ilave olarak farklı sistemlerin otomasyon dereceleri ve akıllı olabilme seviyeleri de göz önüne alındığında farklı tanımlamalarla karşılaşılmaktadır. Akıllı tekstiller için literatürde şu tanımlara rastlanmıştır.

- Kontrol etmemize gerek olmaksızın etkilere tepki veren yapılar,
- İçinde bulunduğu çevreye duyarlı olan yapılar,
- İçeriden veya dışarıdan gelen etkilere tepki veren malzemeler,
- Bazı olaylar karşısında otomatik olarak aktif reaksiyon gösteren yapılar.

Sonuç olarak akıllı/zeki tekstil yapıları, tanımlanmış bazı çevresel etmenler karşısında belirgin bazı özelliklerini değiştirme yeteneğine sahip yani reaksiyon veren yapılar olarak tanımlanabilir.

Günümüzde en sık karşılaşılan akıllı giysiler, ceplerine mobil aygıtlar (MP3 çalar, radyo, telefon vb.) yerleştirilmiş konfeksiyon ürünleridir. İşte giyilebilen bilgisayarlar ile akıllı tekstil yapılarının birlikte veya farklı anlamlarda kullanılması da

burada ortaya çıkmaktadır. Giyilebilen bilgisayar kavramı, belirli bir işlevi yerine getirebilmek için üretilmiş elektronik sistemlerin konfeksiyon ürünleri üzerine monte edilerek taşınabilir hale getirilmesidir. Şekil 2’de giyilebilen bir bilgisayar örneği sunulmaktadır. Akıllı tekstil yapıları ise elektronik, mekanik, manyetik, termal, kimyasal vb. birçok bileşenin tek bir sistem oluşturabilmek amacıyla tekstil yapıları ile entegre olmuş bir biçimde bir ürün üzerinde oluşturulmalarıdır.

Bu açıdan bakıldığında akıllı tekstiller şu gruplara sınıflandırılabilir:

- Faz Değiştiren Materyaller (Phase Change Materials-PCM)
- Biçimsel Hafızalı Materyaller (Shape Memory Materials-SMM)
- Kromik Materyaller (Chromic Materials)
- Elektronik / İletken Tekstiller
- Diğer Akıllı Kumaşlar

Şekil 2. Giyilebilen bilgisayar örneği (Rantanen, 2001)



2.1. Faz Değiştiren Materyaller (Phase Change Materials-PCM)

Bir malzemenin ısınma ve soğuma davranışı incelendiğinde sıcaklık artışı ile birlikte malzemenin ısı absorbe ettiği, aksi durumda ise absorbe ettiği ısıyı dış ortama verdiği görülür. Faz değiştiren materyallerin (PCM) erime ile donma/kristalleşme sırasında sıcaklıkları sabittir. Bu prensipten hareketle bir PCM, diğer malzemelere nazaran daha fazla ısı absorbe eder. Tekstil malzemelerine entegre edilen PCM’ler sadece birkaç mikrometrelilik küreler (mikro-kapsüller) içine yerleştirilmişlerdir, PCM mikrokapsüller olarak adlandırılırlar. PCM’ler ısı düzenleme amaçlı olarak kullanılırlar. Öncelikle giysi içerisine yerleştirilen PCM’ler vücuttan yayılan veya emilen ısı enerjisini aktif bir şekilde dengeleyerek dış ortam ile insan vücudu arasında yalıtkan bir tabaka oluştururlar (Nostebo, 2003).

2.2. Biçimsel Hafızalı Materyaller (Shape Memory Materials-SMM)

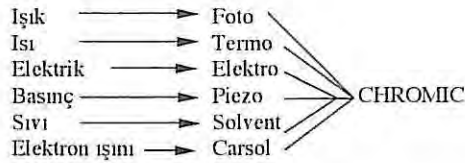
SMM’ler, o an buldukları şekilden, daha önce belirlenmiş bir şekle (genellikle ısı sebebiyle) form değiştirerek geçerler.

Bu tür malzemeler, aşırı sıcak veya soğuk ortam şartları karşısında yalıtım ve koruma özelliğinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Konfeksiyon ürünlerindeki SMM'lerin aktive olabilecekleri sıcaklık, insan vücudunun sıcaklığına yakındır. SMM'ler aktive edildiğinde giysi katmanları içerisinde birbirine yakın olan tabakaların aralarındaki boşluklar artar. Böylece dış ortam ile vücut arasında sıcaklık kaybını önleme amacıyla bir bariyer tabaka oluşturulması amaçlanır.

Hem PCM, hem de SMM'ler kişinin fiziksel aktivitesi ve içinde bulunduğu ortam şartlarına (sıcaklık, nem vb.) bağlı olarak tepki vermektedirler (Nostebo, 2003).

2.3.Kromik Materyaller (Chromic Materials)

Kromik malzemeler, aynı zamanda bukalemunsu liflerdir; yani çeşitli çevresel şartlar doğrultusunda renk değiştirebilme yeteneğine sahiptirler. Bu grupta değerlendirilen akıllı yapıların reaksiyona başlangıç etkilerine göre aldıkları isimler şu şekilde sıralanabilir:



Bu reaksiyonun alınabilmesi için, tekstil malzemelerinin üretimi sırasında mikrokapsüller içerisine yerleştirilen bazı özel floresan boyar maddelerin kumaş yüzeyine applike edilmesi gerekmektedir (Nostebo, 2003).

2.4. Elektronik / İletken Tekstiller

Elektronik sistemler, bilgi/verilerin işlendiği sistemlerdir. Eğer tekstil malzemeleri verileri kaydedebilme, analiz etme, depolayabilme, iletebilme veya görüntüleyebilme yeteneğine sahip olabilseydi, akıllı- yüksek teknoloji konfeksiyon ürünleri açısından yeni bir çağ başlayabilirdi. Bu açıdan bakıldığında günümüz teknolojisinin ihtiyaç duyduğu gelişmeler elektronik bileşenlerin minyatürleşmesi ve tekstil malzemeleri ile entegrasyonu ve elektronik fonksiyonlara sahip tekstil malzemelerinin üretilmesidir. Şekil 3'te bir kumaş yapısı üzerine monte edilmiş mikro-elektronik yapılar görülmektedir.

Özellikle şu ana dek üretilen giyilebilen bilgisayarların oldukça hacimli parçalardan oluştuğu görülmektedir. Tekstil malzemeleri ise bu sistemler içerisinde kablo, konektör, minyatür elektronik gereçler vb. için bir taşıyıcı platform görevi yapmaktadır. Giyim konforu, hafiflik, esneklik, yıkanabilirlik gibi tekstil malzemelerinin doğasından kaynaklanan avantajlar ile elektronik sistemlerin fonksiyonlarının verimli bir şekilde aynı sistem içerisinde bir araya getirilmesi bu alandaki çalışmaların ana hedefidir.



Şekil 3. Bir kumaş yapısı üzerine monte edilmiş mikro-elektronik yapılar

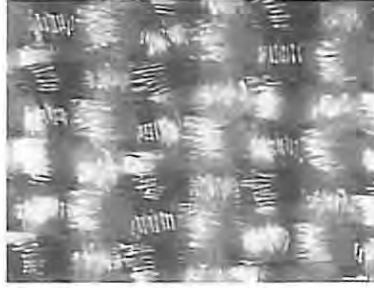
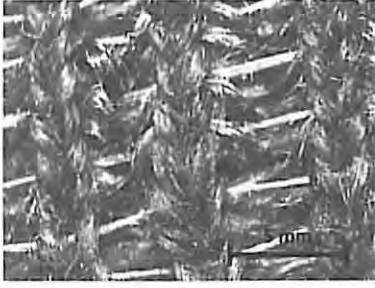
3. TEKSTİL MALZEMELERİNİN ELEKTRİK ÖZELLİKLERİ

Doğal kaynaklı tekstil malzemeleri, elektriği iletmemektedirler. Diğer taraftan tekstil endüstrisinde kullanılan sentetik lifler polimerlerden yapılmaktadır. Polimerlerin organik kombinasyonları elektrik akımının iletilebilmesi için gerekli olan serbest elektronları sağlayamamaktadır. Sentetik tekstil liflerinin üretiminde kullanılan polimerlerin tipik özgül dirençleri 10^{10} Ω m seviyesinden daha yüksektir. Bu durum ise elektriği çok iyi yalıtan bir malzemenin özelliklerine uyum sağlamaktadır. Sonuç olarak, elektrik izolasyonu dışında herhangi bir elektriksel uygulama için bu tür malzemelerin kullanılma ihtimali yoktur. Elektriği iyi ileten tekstil malzemelerine ihtiyaç duyulması nedeniyle malzeme geliştirme amaçlı birçok araştırma bulunmaktadır (Vassiliadis 2004).

Tekstil kumaşlarının iletkenliğini geliştirme konusunda yapılmış ilk yaklaşım metalik tellerin ve ince metalik bantların kullanılmasıdır. Metalik teller kumaş yapısı içerisine bir ağ gibi örülürler ve kumaşa gerekli elektriksel iletim özelliğini kazandırır. Kumaşın elektrik iletkenliği, tel çapı ile kumaş yapısı içindeki tel yoğunluğu sayesinde kontrol edilir. Bu metot, esas olarak son derece sınırlı esnekliği, artan ağırlığı ve son ürünün formu ile ilgili problemler tarafından karakterize edilen kumaşların üretimiyle sonuçlanmaktadır. İstenilen şekilleri oluşturmak için iletken kumaşlar belirli biçimlerde kesilmek zorunda kalırsa, örülen tellerin devamlılığı kesileceği için iletkenlik sabit kalmaz. Bununla birlikte bu yöntem, sonuçta elektromanyetik koruma gibi özel uygulamalar için uygun kumaşların oluşturulması imkanını sunmaktadır (Yajimi, 2002; Vassiliadis 2004).

İletken iplikler/metalik iplikler entegre edilmiş tekstil yapılarının bazı örnek görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir.

Tekstil malzemelerinin yalıtkan halden iletken hale dönüştürülmeleri için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bazı çalışmalar doğrudan kumaş konstrüksiyonuna müdahale edilmeksizin, liflere herhangi bir ön modifikasyon yapılmaksızın elektriği ileten



Şekil 3. Bir kumaş yapısı üzerine monte edilmiş mikro-elektronik yapılar

kumaş üretilmesi yönündedir. Bunların en ilginçleri şu şekilde sıralanabilir (Vassiliadis, 2004).

a. Kumaşlara antistatik madde emdirilmesi: Üretim işleminin sonuna doğru kumaşlara antistatik malzemeler (çoğunlukla karbon dolgululu reçineler) emdirilir. Sonuçta elektrikli iletken malzemeler elde edilir, ancak elektriksel özellikler kararlı değildir ve iletkenlik yeterince yüksek değildir.

b. Kumaşların ve dokusuz yüzeylerin iletken malzemelerle kaplanması: Denemeler polimer ve çoğunlukla da polypirrol (PPy) kullanılarak yapılmıştır. Bu metot tatmin edici sonuçlar vermekle birlikte bazı dezavantajları da ortaya çıkarmaktadır. Örneğin kaplama, kumaşın yapısını etkilemekte, iplikler ve lifler birbirine bağlanmaktadır. Kumaşın kullanım esnasında maruz kaldığı deformasyonlar, yapının baştaki geometrisine zarar vermektedir. Lif ve iplikler arasındaki hareket, kaplama malzemesinin sürekliliğini kopararak elektriksel direncin artmasına veya elektrik akım yolunun kesilmesine yol açabilir. Bazı araştırmacılar çalışmalarında elektrik iletken polimerleri kullanarak iletken lif üretimi üzerinde durmuşlardır. Polyanilin, polyamid-11, polivinil alkol gibi polimerler ilginç elektriksel özelliklere sahiptir ve tekstil liflerinin üretiminde kullanılabilir. Ancak bu tür liflerin esnekliğinin sınırlı olması uygulama alanlarını azaltmaktadır. Ara çözüm olarak iki yapı malzemesinin özelliklerini birleştirmek için iletken polimerler ile yaygın tekstil liflerinden yapılmış harmanların kullanılması önerilmektedir.

Benzer bakış açısı ile iletken metalik lifler ile tipik yalıtkan tekstil liflerini karıştırmak suretiyle yapılmış çalışmalar da bulunmaktadır. Bakır, gümüş, paslanmaz çelik lifler dahi kullanılmıştır. Ancak hem ince metalik liflerin üretimi hem de onların işlenmesi bazı zorluklar yaratmaktadır. Tipik sentetik liflerden daha sert oldukları ve iplik üretim aşamalarında sorun yarattıkları için geleneksel iplik eğirme makineleri bu tür malzemeleri işleyememektedirler. Üretilen malzemeler ise çok az esnektir ve ağırlıkları fazladır. Bu metotların dışında belirli elektrik özellik kazandırmak amacıyla alışılmış tekstil liflerinin modifikasyonunu hedefleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Literatürde geçen bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir (Vassiliadis, 2004):

a. Elektroiletken bileşiklerin tozuyla doldurulmuş polimerler: Liflerin içerisine karbon ve metal tozu gibi dolgu maddeleri % 25 veya daha fazla oranda dolgu malzemesi olarak kullanıldığında bazı olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Toyo, 1993;

Vassiliadis, 2004). Ancak ne yazık ki bu denli büyük partiküllerin kullanılması liflerin bazı mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte ve alışılmış tekstil uygulamalarında kullanılmalarını sınırlayabilmektedir.

b. Vakumla metal serme: Bu metot, alüminyum gibi metal partiküllerinin fiziksel işlemler ile liflere koyulmasını hedefler. Partiküller lifin gövdesine kuvvetli bir şekilde bağlanmamıştır. Düşük adhezyon, zayıf sonuçlar doğurur. Bu metot yalnızca çok ince bir metal tabakası istendiğinde uygulanır. Daha fazla elektrik iletkenliği gibi daha iyi elektriksel özellikler, kolayca elde edilemeyen daha kalın metal kaplamalar gerektirir.

c. Galvanik kaplama: Lifler galvanik bir işleme tabi tutulur ve metal bir film ile kaplanır. Teorik olarak kontrol edilebilir sonuçlar vermesine rağmen bu metodun zaten elektrik iletken liflere ihtiyaç duyması asıl dezavantajdır. Böylece esas uygulaması, karbon ve grafit lifleri ile sınırlıdır.

d. Kimyasal kaplama: İyi elektriksel özelliklerin elde edilebilmesi için en uygun metotlardan biridir. Bu işlem, liflerin metal tuzlarını aldığı, daha sonra da indirgenmesiyle metal tozlarının liflerin üzerinde kaldığı bir banyo içerisinde liflerin işlenmesini esas alır. Kimyasal kaplamadan sonra lifler gerekli elektriksel özelliğe ve homojen bir metal dağılımına sahip olduğu için bir adım sonra galvanik işleme tabi tutulabilir (Bertuleit 1990, Vassiliadis 2004). İleriki aşamalarda geleneksel tekstil lifleri gibi işlenebilirler. Teknik olarak karmaşıklık, bu metodun esas dezavantajıdır. Maliyetlerin yüksekliği de diğer bir olumsuzluktur.

4. AKILLI TEKSTİLLER KONUSUNDA YAPILAN BAZI ÖRNEK ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde, tekstil malzemeleri kullanılarak oluşturulmuş elektronik fonksiyonlu yapıları ele alan bazı araştırmalara kısaca değinilecektir.

Cadogan ve arkadaşları, elektrotekstil malzemelerin ve geniş alanlı esnek yapıların bir devre oluşturması konusundaki dizayn ve malzeme çalışmalarını tartışmışlar ve gerçekleştirilen uygulamaları ortaya koymuşlardır. Elektrotekstil ürünlerin tanıtıldığı araştırmada astronot kıyafetlerinde kullanılan bazı tekstil esaslı "switch" yapılar (elektronik esaslı aç-kapa anahtar mekanizmalar), askeri giysilerde kullanılabilen ve kullanıcının bazı metabolik sinyallerini takip edebilen sensörler içeren özel ün-

formalar, benzer sistemlerin dizaynında kullanılabilirler. İletken lifler, yine uzay çalışmalarında kullanılabilirler bazı kumaş esaslı paneller tanıtılmıştır (Cadogan, 2002).

İletken tekstil malzemelerinin karakterizasyonu ve modellenmesinin tartışıldığı diğer bir çalışma, Cottet ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, tekstil malzemeleri ile kabloların birbirine bağlanmalarına olanak sağlayan bir geçiş geliştirilmiştir. Geometrik kumaş yapıları ve üretim toleransları belirtilmiştir. Yapılan yaklaşım ile geleneksel kablolar ve hatta devre kartları, tekstil yapıları (iplikler/kumaşlar) ile değiştirilmiştir. Veri iletim hatları gibi uygulamalarda ayrı iletken şeritlere ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir. Bu amaca uygun olan metal iplikler yüksek iletkenlik olduğu kadar diğer özellikler açısından da tekstil malzemelerine uyum göstermektedir. Araştırmacılar çalışmalarında, bakır tel ile birlikte eğirilen poliyester ipliklerden dokunmuş kumaşlar kullanmışlardır. Bakır teller 40 µm kalınlığındadır ve yalıtkan bir tabaka ile kaplanmıştır. Dokuma yapısı olarak bezayağı seçilmiştir. Polyester ipliklerin farklı inceliklerine ve atkı, çözgü iplikleri olarak (yatay, dikey yönlerde) kullanımına ve bakır tel içeren ipliklerin kullanım sıklığına göre farklı yapılar oluşturulmuştur (Cottet, 2003).

Wagner ve arkadaşları, "elektrotekstil" yapıları (e-tekstil), elektronik komponentleri taşıyan ipliklerden oluşan kumaşlar olarak tanımlamışlardır. Bu alandaki çalışmalarda karşılaşılan temel problemleri bağlantı, malzeme ve üretim ve giyim özellikleri olma üzere üç ana başlıkta toplamışlardır. Tekstil üretimi açısından bakıldığında farklı kumaş oluşum tekniklerinin elektrikli bağlantıların gerçekleştirilmesi için de çeşitlilik sağladığını vurgulamışlardır. Temel amaç, kalıcı bağlantı elemanlarının oluşturulabilmesidir. Kumaş yapısı içerisine yerleştirilen kalıcı bağlantı elemanlarının artması ile kumaş daha sert bir tutum kazanmaktadır. Araştırmacılar, e-tekstil tasarımında kablo, komponent sayısı ve yerleşiminin oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir. E-tekstillerde kullanılan e-ipliklerin üzerine giyim sırasında eğilme, gerilme, kesme gibi kuvvetler etmektedir. Uzun süreli eğilme durumlarında özellikle silikon esaslı ince film tabakalarının deforme olduğu vurgulanmaktadır. Benzer şekilde yarı iletken devrelerin gerilmeye maruz kalması da performansı etkilemektedir. Kayma kuvvetleri de elektrikli bağlantıların sabitlik durumunu etkilemektedir (Wagner, 2003).

Mikro-elektronik yapıların tekstil yüzeylerine entegrasyonu için değişik çözümlerin tartışıldığı çalışmada, Gimpel ve arkadaşları, bakır tellerin kullanımı ile metalik iplik uygulamalarını örnek göstermişlerdir. Şu ana dek yapılan uygun metalik malzeme arayışı çalışmalarına örnek olarak da gümüş kaplamalı poliamid iplik kullanımını belirtmişlerdir. İlk adım olarak gümüş kaplamalı poliamid iplikler kullanılarak jakarlı dokuma ve nakış gibi geleneksel teknolojiler kullanılarak bir ön yapı oluşturmuşlar, ikinci etapta ise bu ön yapıyı kullanarak galvanik veya elektrokimyasal işlem uygulamışlardır. Bu işlem, yapının elektrik iletkenliğinin değiştirilmesine ve ihtiyaç duyulan sensör özelliklerinin sağlanması için yüzeyin modifiye edilmesine,

iletken yapının kapsül içerisine alınarak dış ortamdan yalıtılmasına olanak sağlamıştır (Gimpel, 2003).

Schedukat ve arkadaşları, iletken ipliklerin farklı malzemelerden üretilebileceğini belirtmişlerdir. Bu tür malzemelerin, bakır ve çelik gibi materyaller, nilinol kaplamalı materyaller, karbon lifleri ve polimer karışımları/alaşımaları olabileceğini vurgulamışlardır. Yalıtkan polimerlerin ise kaplanabileceğini belirtmektedirler. İletken iplik seçimindeki ürüne bağlı kriterlerin, maliyet, iletkenlik, kimyasal direnç (neme-yıkamaya vb.) ve renk olduğunu; uygulanacak işleme bağlı olan kriterlerin ise mekanik özellikler ile temas kabiliyeti olduğunu vurgulamışlardır. Uygulanan araştırma projesinde paslanmaz çelik, multifilament iplik ile bakır mono ve multifilament ipliklerin işlenmesi detaylı olarak açıklanmıştır. Çözgüli örme makinelerinde poliyester ve iletken ipliklerden kumaş üretilmiş ve üretim sırasında karşılaşılan sorunlar tartışılmıştır. İletken iplikler ile dikim denemeleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Son olarak geleneksel tekstil malzemeleri ile bağlantı çalışmaları (ultrasonik dikim, lehimleme, iletken yapıstırıcı, laser bağlama) ile ilgili bilgiler verilmiştir (Schedukat, 2003).

Tekstil malzemelerinin kişisel ve esnek bir elektronik platform halinde kullanılmasını SoT (System on Textile) olarak tanımlayan diğer bir çalışmada Tröster ve arkadaşları, SoT yapılarını lifler/iplikler, bağlantılar, modüller ve fonksiyonlar olarak aşamalandırmışlardır. İlk olarak iletken lifler ve iplikler ile yapılan performans denemeleri sunulmuştur. Ardından tekstil malzemeleri ile iletken malzemelerin bağlantı oluşturmaları ile ilgili olarak literatürde geçen çalışmalar tanıtılmış, son olarak da oluşturulan farklı yaklaşımlar ile üretilen bazı sistemler ve fonksiyonları yorumlanmıştır (Tröster, 2003).

Literatürde, taşınabilir elektronik sistemlerin giysi üzerine montajı ile bazı medikal parametrelerin izlenmesinin amaçlandığı pek çok çalışma bulunmaktadır. Martin ve arkadaşları bu doğrultuda yaptıkları çalışmada, EEG ve ECG gibi kardiyovasküler sisteme ait verileri, ele alınan ana vücut parametreleri olarak belirlemişlerdir. Kronik hastalar ve sporcular gibi kişiler için tıbbi izleme yapılması hedeflenmiştir. Geliştirilen prototip ile yüksek performanslı, düşük enerji sarfiyatlı bir işlemci ve çevresel birimler tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem üzerindeki kullanıcı etkisinin sınırlandırılmış olduğu bildirilmiştir. Bu açıdan medikal amaçlı uygulamaların diğer sektörlerden farklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ölçülen ve depolanan verilerin önemi sebebiyle sinyalleri işleyen birime diğer alanlardaki çalışmalardan daha fazla önem verilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Martin, 2000).

Jung ve arkadaşları, elektronik ile tekstil malzemelerinin entegrasyonu için bir bağlantı tekniği olarak insan vücudundan aldığı ısıyı elektrige çeviren silikon esaslı termoelektrik jeneratörü incelemişlerdir. Bağlantı, paketleme teknolojisi olarak niteleyen uygulama, poliester dar dokuma bir kumaştaki çözgü (dikey) iplikler yerine gümüş ve bakır kaplı poliester teller kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tel ve iplik birleşimi laser uygulama

ile yapılmıştır. Uygulama örneği olarak bir MP3 çaların montesi açıklanmıştır. Ayrıca yeni bir teknoloji olan ve konfeksiyon ürünlerine ait marka, kullanım talimatı, üretim özellikleri gibi çeşitli bilgileri içeren ve ürün üzerine monte edilen özel bir etiket yardımıyla uygulanan RFID (Radio Frequency Identification) tekniği de özet olarak incelenmiştir. (Jung 2003).

5. SONUÇ

20. yüzyılın son çeyreğinde giderek artan ve hızlanan teknolojik gelişmeler, çok çeşitli alanların bir araya gelerek ortak bir ürün ortaya çıkarabilmelerini olanaklı hale getirmiştir. Bu tip çok disiplinli uygulamaların en iyi örneklerinden biri de akıllı- interaktif tekstil ürünleridir. Bilgisayar, elektronik, kimya gibi bilim dalları ile tekstil biliminin ortak çalışmaları sonucunda oluşturulan bu ürünlerin temel kullanım alanları, sağlık, güvenlik, eğlence ve iletişim alanlarında yoğunlaşmaktadır. Özellikle tekstil yapıları kullanılarak elektrik akımının ve bazı elektriksel sinyallerin iletimi konusunda literatürde pek çok çalışmaya rastlanmaktadır. Bu konulardaki çalışmaların gelecekte özellikle elektrik akımının çok daha etkin bir şekilde iletilmesi üzerine yoğunlaşacağı tahmin edilmektedir. İlk denemeleri ve prototipleri üretilmeye başlanan bu tip ürünlerin kısa bir süre sonra daha yaygın halk kitleleri tarafından kullanımı mümkün olacak ve ticari ürünler pazardaki yerini alacaktır.

- Bertleit K., "Conductivity of Silver-coated Polyamides", *Melliand Textilberichte*, 71, pp 433-434, 1990
- Cadogan, D.P., Lauren, S.S., "Manufacturing and Performance Assessment of Several Applications of Electrotexiles and Large-Area Flexible Circuits", *Materials Research Society 2002 Fall Meeting*
- Cottet, D., Grzyb, J., Kirstein, T., Tröster, B., "Electrical Characterization of Textile Transmission Lines", *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, Vol.26, No.2, 2003
- Gimpel, S., Möhring, U., Müller, H., Neudeck, A., Scheibner, W., "Textile Based Electronic Substrate Technology", *Tech-Textil Symposium*, 2003
- Jung, S., Lauterbach, C., Strasset, N., Weber, W., "Enabling Technologies for Disappearing Electronics in Smart Textiles", *IEEE Int. Solid State Circuits Conference*, Paper 22.1, 2003
- Martin, T., Jovanov, E., Raskovic, D., "Issues in Wearable Computing for Medical Monitoring Applications: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device", *IEEE Int. Symposium on Wearable Computers*, pp:43-48, 2000
- Norstebo, C.A., "Intelligent Textiles, Soft Products", *Norwegian University Science and Technology, Department of Product Design*, 2003
- Post, E.R., Orth, M., Russo, P.R., Gershenfeld, N., "E-broidery: Design and Fabrication of Textile Based Computing", *IBM Systems Journal*, Vol:39, 3&4, pp:840-860, 2000
- Rantanen, J., Vuorela, T., "Improving Thermal Comfort with Smart Clothing", *IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics, e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace, Proceedings*, pp. 795-800, 2001
- Schedukat, N., Gries, T., Spanier, G., Schnakenberg, U., Mokwa, W., "Processing of High Conductive Yarns for Signal Transmission in Smart Textiles", *Tech-Textil Symp.*, 2003
- Toyo Bosekik K.K. (Miramura H., Yoshida F. and Shimura T.) US Pat. 5248486, 1993
- Tröster, G., Kirstein, T., Lukowicz, P., "Wearable Computing: Packaging in Textiles and Clothes", *14th European Microelectronics and Packaging Conf. & Exh.*, 2003
- Vassiliadis, S., Provatidis, C., Prekas, K., Ranguss, M., "Electrically Conductive Spun Yarns" *Xth. International Izmir Textile and Apparel Symposium*, Çeşme, 2004
- VDC (Venture Development Corporation) "Wearable Systems: Global Market Demand Analysis", *First Ed.*, 2003
- Wagner, S., Bonderover, E., Jordan, W., Sturm, J., "Electrotexiles: Concept and Challenges", *Int. J. of High Speed Electronics and Systems* Vol:12, No.2, pp.391-399, 2002
- Yajima, T., Yamada, K., Tanaka, S., "Protection effects of a silver fiber textile against electromagnetic interference in patients with pacemakers", *J. Artif. Organs*, 5, 175-178, 2002

KAYNAKLAR