

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İLETKEN İPLİKLERİN ÜRETİM
YÖNTEMLERİNİN VE ÖZELLİKLERİNİN
İRDELENMESİ**

Nilşen SÜNTER

Haziran, 2011

İZMİR

İLETKEN İPLİKLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİNİN VE ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

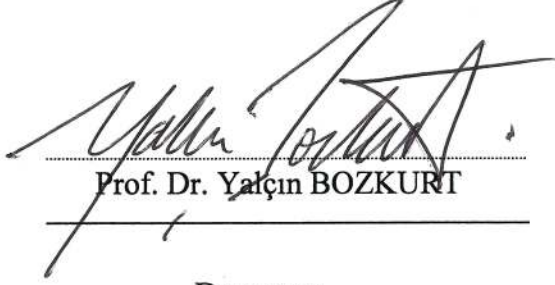
Nilşen SÜNTER

Haziran, 2011

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Nişen SÜNTER, tarafından **Prof. Dr. Yalçın BOZKURT** yönetiminde hazırlanan **“İLETKEN İPLİKLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİNİN VE ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Yalçın BOZKURT

Danışman



Prof. Dr. Fatma ÇEKEN

Jüri Üyesi



Yrd. Doç Dr. Ayşe Ebru TAYYAR

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

İlk olarak, tezimin gerçekleşmesinde her türlü yardım ve desteğini benden esirgemeyen, değerli bilgi ve birikimi ile her zaman yardımcı olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Yalçın BOZKURT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın her aşamasında bana daima destek olan, yol gösteren, bilgi ve birikimlerini paylaşan Sayın Araş. Gör. Dr. Ayşe ÇELİK BEDELOĞLU' na çok teşekkür ederim.

Çalışmadaki testlerimin yapılması için, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Sayın hocam Prof. Dr. Ayşe OKUR' a ve yardımları için Sayın Araş. Gör. Dr. Musa KILIÇ'a teşekkür ederim. Ayrıca, deneysel çalışmalarım için yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof.Dr. Hüseyin Kadoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamdaki, malzemelerin sağlanmasındaki yardımları için, Sayın İbrahim KALENDER' e, Sayın Mehmet FİDANGENÇ'e, Sayın Tolga AYYILDIZ'a ve Sayın Fatih BİNGÖL'e teşekkürlerimi sunarım.

Metal ipliklerin üretimleri için Kaynak İplik İşletme Müdürü Sayın Mustafa ARSLANTAY' a ve tüm Kaynak İplik çalışanlarına ve Sayın Rıza AKÇAY'a ve tüm Akçay İplik çalışanlarına her türlü yardımları ve konukseverlikleri için teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın, istatistiksel analiz ve değerlendirme kısmı için bana gösterdikleri yardım, destek ve ilgiden ötürü, arkadaşlarım Araş Gör. Pervin BAYLAN İRVEN'e ve Araş. Gör. Hanifi Okan İŞGÜDER'e çok teşekkür ederim.

Son olarak, tüm eğitim yaşantım boyunca bana daima destek olan, sevgi ve ilgilerini eksik etmeyen aileme sonsuz teşekkür ediyorum.

Nilşen SÜNTER

İLETKEN İPLİKLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİNİN VE ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ

ÖZ

Son yıllarda hızla artmakta olan insan ihtiyaçları, klasik tekstil ürünlerinden ziyade teknolojik uygulamaları talep etmektedir. Bu durum birçok araştırmanın ve gelişmenin sağlanması için alternatif tekstil ürünlerinin çıkmasına neden olmuştur. Elektronik tekstil ürünleri, bu arayışlara cevap verebilecek nitelikte olmakla beraber geniş kullanım alanları nedeniyle üretim işlemleri yaygın hale gelmiştir. Günümüzde, tıp ve askeri alan başta olmak üzere, uzay çalışmaları ile endüstri ve günlük hayatta koruma, ısıtma, savunma, sağlık, iletişim, hesaplama, otomasyon amaçlı tekstil ürünleri rol almaktadır. Bu ürünlerin üretilmesi ve geliştirilmesinde farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de, metal tel içeren iplikler üretilmesi ve bu alanda amaca uygun olarak kumaş yüzeyi elde edilmesidir.

Bu çalışmada, bakır ve paslanmaz çelik tel içeren pamuk ve poliakrilik metal iplikler üretilmesi amaçlanmıştır. Üretim aşamasında, farklı iplik üretim teknikleri, makine çekim ayarları, hammadde oranları ve tel inceliklerinde çalışılarak elde edilen ipliklerin numara, mukavemet ve tüylülük gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ışığında, ileride elektronik tekstillerin üretiminde kullanılabilecek ürün (metal tel içeren iplik) ve üretim yöntemleri değerlendirmesi yapılmış, üretim aşamasında karşılaşılan sorunlar ve bunlara çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: İletken iplikler, metal teller, elektronik tekstiller, iplik üretim yöntemleri

A RESEARCH ABOUT PRODUCTION METHODS AND PROPERTIES OF CONDUCTIVE YARNS

ABSTRACT

Of late of years human needs, which are increased quickly, demand technological applications of textile products more than classical textile products. This condition causes that alternative textile products come out to provide a great deal investigation and development. Electronic textile products, because of their wide application areas with could answer these searches, production methods have been common. Nowadays, in first instance, having a purpose which impending military and medicine areas, industry with space labours and protection, heating, defence, medicine, communication, calculation, otomation, textile products have taken part in daily life. In production and improvement these products have been used diffirent techniques. One of them, production of yarns which have containing metallic wire and acquiring fabric surface in this area.

In this study, it is aim that to produce cotton and polyacrylic yarns which are containing copper and stainless steel wire. Throughout production, operating different production methods, machine drawing calibrations, raw material ratios and wire fineness, and obtained yarns phycsical properties which are fineness, strenght, hairness are analyzed. With having studies, in future, have been evaluated product (yarn containig a metal wire) and production methods which could use in production electronic textiles and have presented problems with during production phase and solution suggestion to these cases.

Keywords: Conductive yarns, metallic wires, electronic textiles, yarn production methods

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
1.1 Genel Bakış.....	1
1.1.1 Tezin Amacı	2
BÖLÜM İKİ – GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Teknik Tekstiller Tanım ve Çeşitleri.....	3
2.2 Akıllı Tekstiller.....	5
2.2.1 Akıllı Tekstillerin Tanımı ve Sınıflandırılması	5
2.2.2 Çeşitli Kullanım Alanlarına Göre Akıllı Tekstiller.....	7
2.3 Elektriksel Olarak İletken Tekstiller.....	9
2.3.1 Elektriksel İletkenlik	10
2.3.2 Elektriksel Olarak İletken Lifler	12
2.3.2.1 Doğal İletken Lifler	12
2.3.2.2 Sonradan İletkenlik Kazandırılan Lifler	16
2.3.2.2.1. Metalik Tuzlar İle Kaplama Yöntemi	16
2.3.2.2.2. Galvanik Maddeler İle Kaplama Yöntemi	17
2.3.2.2.3. Reçine Kaplı İletken Parçacıklar İle Kaplama Yöntemi	18
2.3.2.2.4. Vakum Sprey İle Kaplama Yöntemi	18
2.3.2.2.5. İletken Esaslı Polimerler İle Kaplama Yöntemi.....	19
2.3.2.2.6. İletken Karbon Ekleme Yöntemi.....	20
2.3.3 Elektriksel Olarak İletken İplikler	24
2.3.3.1 Özlü iplikler	24
2.3.3.2 Sarmalı İplikler.....	25
2.3.3.3 Bikomponenet Filamentlerden Oluşan İplikler	27
2.3.3.4 Şerit Halindeki Yapılar	28
2.3.3.5. Kompozit iplikler	29

2.3.3.6 Dekoratif Amaçlı Kullanılan İplikler	29
2.3.4 Elektriksel Olarak İletken Kumaşlar	29
2.3.4.1 İletken İplikler Veya Teller İlave Edilmesi	30
2.3.4.2 Elektriksiz Kaplama	31
2.3.4.3 Püskürtme İşlemi	31
2.3.4.4 Buharlaştırma Birikimi Yöntemi	32
2.3.4.5 Metal Kullanarak Klasik Teknik İle Kumaş Kaplama	32
2.3.4.6 İletken Polimerler İle Kumaş Yüzeyini Kaplama	32
2.4 İletken İplik Ve Kumaş Üretimi Konusunda Çalışmalar.....	33
2.5 İletken İplik Ve Kumaşların Kullanım Alanları	44
BÖLÜM ÜÇ – MATERYAL METOT.....	56
3.1 Materyal	56
3.1.1 Tekstil Lifleri.....	56
3.1.2 Metal Teller	58
3.1.2.1 Paslanmaz Çelik Teller	58
3.1.2.2 Bakır Teller	59
3.2 Metot.....	60
3.2.1 Üretim Yöntemleri ve Numune İpliklerin Özellikleri.....	61
3.2.1.1 Klasik Ring İplik Makinesinde İplik Üretimi	61
3.2.1.2 Fantezi İplik Makinesinde İplik Üretimi	64
3.2.1.3 Katlama Makinesinde İplik Üretimi	66
3.2.1.4 Numune İpliklerin Özellikleri	68
3.2.2 Ölçüm Yöntemleri.....	70
3.2.2.1 İplik Numara Ölçümü.....	71
3.2.2.2 İplik Mukavemet Ölçümü	71
3.2.2.3 İplik Tüylülük Ölçümü	72
3.2.2.4 İplik İletkenlik Ölçümü	72
3.2.2.5 İplik Fotoğraf Çekimi.....	73
3.2.3 Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	73
BÖLÜM DÖRT – ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	77
4.1 Araştırma Sonuçları	77

4.1.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerine Ait Sonuçlar	77
4.1.1.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Numara Ölçüm	
Sonuçları.....	77
4.1.1.2 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Mukavemet Ölçüm	
Sonuçları	78
4.1.1.3 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Tüylülük Ölçüm	
Sonuçları	79
4.1.1.4 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin İletkenlik Değerleri	80
4.1.1.5. Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Görüntüleri.....	80
4.1.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerine Ait Sonuçlar	83
4.1.2.1 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Numara Ölçüm	
Sonuçları.....	83
4.1.2.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Mukavemet Ölçüm	
Sonuçları	84
4.1.2.3 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Tüylülük Ölçüm	
Sonuçları	85
4.1.2.4. Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin İletkenlik Değerleri	85
4.1.2.5 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Görüntüleri.....	86
4.2 Tartışma	87
4.2.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerin Deneysel Sonuçlarının	
Değerlendirilmesi	87
4.2.1.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerin Numara Ölçümlerinin	
Değerlendirilmesi	87
4.2.1.2 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Mukavemet Ölçümlerinin	
Değerlendirilmesi	90
4.2.1.3 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerin Tüylülük Ölçümlerinin	
Değerlendirilmesi	98
4.2.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Deneysel Sonuçlarının	
Değerlendirilmesi	102
4.2.2.1 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Numara Ölçümlerinin	
Değerlendirilmesi	102
4.2.2.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Mukavemet Ölçümlerinin	
Değerlendirilmesi	105

4.2.2.3 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Tüylülük Ölçümlerinin Değerlendirilmesi	108
BÖLÜM BEŞ – SONUÇ VE ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR	114

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Genel Bakış

Dünya çapında her gün çoğalan insan ihtiyaçları, teknolojik gelişmelerin en önemli unsurunu oluşturmaktadır. Bu durum tekstil araştırmacılarının, birçok araştırma ve üretim sağlanması için alternatif yöntemlere başvurmaya neden olmuştur. Elektronik tekstil ürünleri bu arayışlara cevap verebilecek nitelikte olmakla beraber geniş kullanım alanları nedeniyle üretim işlemleri yaygın hale gelebilmiştir.

Yalıtkan özellikte olan tekstil yapılarının iletken yapıya sahip olabilmesi hızla büyümekte olan küresel rekabet ortamında etkin bir çıkar yol olarak görülebilmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalar hem ekonomik hem de bilimsel anlamda birçok soruna çözüm sağlayacak niteliktedir. Elektriksel olarak iletken özellikteki tekstil yapıları; endüstri, askeri, uzay, tıp gibi birçok alanda kullanılarak, koruma, savunma, sağlık, iletişim, hesaplama, otomasyon amaçlı tekstil ürünleri olarak aktif rol almaya başlamıştır. Bu elektronik tekstiller günümüzde çoğalan insan ihtiyaçlarına endüstriyel anlamda yanıt verebilecek niteliktedirler. 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 kullanılarak günümüzde çok farklı gereksinimleri yerine getirmektedir (Vassiliadis, Provatidis, Prekas, Rangussi, 2005). Tıp alanında EKG (elektrokardiyografi) ölçen tişörtler, kumaş içine entegre edilen sensörler ile kalp atışlarının izlenmesi ve fizyoterapi uygulamaları ile yaygınlaşmışlardır (Aniolczyk, Koprowska, Mamrot, Lichawska, 2004). Askeri giysilerde, iletken malzemeler tekstil malzemesi içerisinde çeşitli fonksiyonların sağlanması, elektriğin iletilmesi ve iletişimin sağlanması amaçlarıyla kullanılmaktadır. Ayrıca çevresel tehlikelere karşı uyarı kayaker, MP3, cep telefonu, küçük kontrol aygıtları entegre edilmiş ceketler, küresel yer bildirim uydusu ile ailelerin çocuklarını gittikleri yerlerde izleyebilme imkanı sağlayabildikleri çocuk tişörtleri ve optik lif ve sensör içeren gömleker iletken

ipliklerin kullanıldıkları ürünlere örnek olarak verilebilir. Günümüzde, aktif olarak algılama yapabilen, baskı, sıcaklık gibi uyarıcılara karşılık verebilen çok fonksiyonlu tasarımları içeren, akıllı tekstiller (karmaşık iletken kumaşlar) mevcuttur (Anderson ve Seyam, 2002; Maclaga ve Fisher, 2001). İletken tekstil yapıları geniş kullanım alanıyla birçok kitleye ve probleme hitap edebilecek potansiyele sahip ürünlerdir.

1.1.1. Tezin Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, farklı alanlarda kullanılabilecek metal tel içeren iplik üretiminin sağlanmasıdır. Paslanmaz çelik ve bakır tel olmak üzere iki tip metal ile farklı hammaddelerle üretim yapılmış ve oluşan metal iplik yapılarının yüzey görünümleri ile numara, tüylülük, mukavemet gibi fiziksel özellikleri incelenmiştir. Üretilen iplikler ileride, iletken tekstil yapıları (örme, dokuma kumaş) oluşturulması amacıyla kullanılabilir.

BÖLÜM İKİ

GENEL BİLGİLER

2.1 Teknik Tekstiller Tanım ve Çeşitleri

Birçok tanımına nazaran teknik tekstiller genel olarak, “Estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade fonksiyonel özellikleri ve teknik performansları için üretilen tekstil materyalleri ve ürünler” olarak tanımlanmaktadır. Teknik tekstiller, artan teknolojik olanaklar ile amaçlarına göre alt gruplarda sınıflandırılmıştır. Teknik tekstillerin uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır (Akşit ve Sarıışık,2009).

- Agrotech: tarım, su ürünleri, bahçecilik, ormancılık
- Buildtech: Bina ve inşaat mühendisliği
- Clothtech: Giysi ve ayak giyecekleri
- Geotech: Jeotekstiller ve inşaat mühendisliği
- Homotech: Mobilya, ev tekstilleri ve yer döşemeleri
- Indutech: Filtrasyon, taşıma, temizleme ve diğer endüstriyel uygulamalar
- Ökotech: Çevre koruma
- Packtech: Paketleme
- Medtech: Hijyen ve tıbbi
- Mobiltech: Otomobiller, deniz taşımacılığı, demiryolları ve uzay
- Protech: Personel ve eşya
- Sporttech: Spor ve serbest zaman

Agrotech tekstil ürünleri, olumsuz doğa koşullarının etkisinin en aza indirilmesi için ürünlerin korunması, saklanması ve toplanması için kullanılmaktadır. Tarımsal ürünlerin paketlenmesi, bitkilerin büyüme sürecinin hızlandırılması, ürünlerin UV ışınlarından korunması, tarımsal alanların ilaçlanması, yabancı otların büyümesinin önlenmesi, tarımsal amaçlı drenaj ve erozyon kontrolü, besicilikte hayvanların hava şartlarından korunması, balıkçılık gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır (Mecit ve diğer, 2007).

Buildtech tekstil ürünleri, yeni bir binanın inşasında, yıpranmış ve/veya zayıf binaların güçlendirilmesinde, restorasyonunda kullanılmaktadırlar. Hafif yapıdaki tekstil ürünleri ile yüksek mukavemet ve düşük maliyet ile fonksiyonellik sağlanmaktadır (Mecit ve diğer, 2007).

Clothtech tekstil ürünleri, telalar; vatkalar; dikiş iplikleri; ayakkabı üstlükleri, astarları, bağcıkları ve yalıtım malzemelerinden oluşmaktadır (Mecit ve diğer, 2007).

Geotech tekstil ürünleri, filtre edebilme, destek ve kuvvetlendirme ve ayırma yeteneğine sahip malzemeler olup, bu işlevlerin kombinasyonları için kullanılmaktadırlar. Bu ürünler, ayırma, güçlendirme, filtrasyon, drenaj ve bariyer olmak üzere beş farklı fonksiyon içermektedirler.

Homotech tekstil ürünleri, teknik tekstillerin mobilyalar, yataklar, vatkalar, yalıtım malzemeleri gibi uygulama alanlarını kapsayan alt sınıfını oluşturmaktadır (Mecit ve diğer, 2007).

Indutech tekstil ürünleri, filtreler, konveyör kayışları, aşındırma bantları, contalar, sızdırmazlık elemanları, elektrik ve elektronik komponentleri ve ilgili diğer endüstriyel ürünleri içermektedir (Mecit ve diğer, 2007).

Ökotech tekstil ürünleri, çevre ve ekolojiiyi koruma amaçlı ürünler olmakla beraber, endüstriyel tekstiller, jeotekstiller, inşaat tekstilleri, tarım tekstilleri gibi alanları kapsamaktadır (Mecit ve diğer, 2007).

Packtech tekstil ürünleri, paketleme ve ambalaj sanayiinde; endüstriyel, tarımsal ve diğer malların paketlenmesi, taşınması, depolanması ve korunması için kullanılan tüm tekstil yapılarını içermektedir (Mecit ve diğer, 2007).

Medtech tekstil ürünleri, iç ve dış uygulamalarda, implante edilebilen ve implante edilmeyen tekstil ürünlerinde, yatak örtüsü, çarşaf, bezler gibi hijyenik amaçlı tekstil ürünleri olarak kullanılmaktadır (Akşit ve Sarıışık, 2009).

Mobiltech tekstil ürünleri, kara, deniz, hava taşıma araçlarında ve uzay sanayisinde kullanılan teknik tekstillerdir. Emniyet kemerleri, hava yastıkları, iç yüzey kaplama malzemeleri, koltuk döşemelikleri ve otomobil örtüleri, kord bezleri, lastikler, halılar, perdeler, hortumlar, kayışlar, halatlar, filtreler bu alana girmektedir (Mecit ve diğer, 2007).

Protech tekstil ürünleri, insan hayatı için tehdit oluşturan zararlı maddeler ve kötü çevre koşullarına karşı koruma amaçlı giysiler, örtüler, çadırlar ve ekipmanlardan oluşmaktadırlar (Mecit ve diğer, 2007).

Sportech tekstil ürünleri, teknik tekstillerin spor ve serbest zaman giysileri, alet ve araçlarını kapsayan uygulama alanını oluşturmaktadır (Mecit ve diğer, 2007).

2.2 Akıllı Tekstiller

2.2.1 Akıllı Tekstillerin Tanımı ve Sınıflandırılması

Akıllı tekstiller; tekstil teknolojisi ve sentetik elyaflardaki gelişmelerle birlikte malzeme bilimi, tasarım, elektronik ve bilgisayar mühendisliği, tıp gibi disiplinler arası bir çalışma sonucu ortaya çıkan ürünlerdir. Başlangıçta tıp alanı, bebekler, yaşlılar ve özürlüler gibi bakıma muhtaç kişilerle askeriye ve uzay yolcuları için önem taşıyan akıllı tekstiller, son bir kaç yıl içerisinde tekstil ve hazır giyim sektörleri içerisinde önemli bir yer edinmeye başlamıştır. Gelecekte de akıllı tekstillerin değer yönünden tekstil ve hazır giyim sektörünün en önemli bölümünü oluşturacağı tahmin edilmektedir (Coşkun, 2007).

Almanya'daki tekstil ve hazır giyim konularında çalışmalar yapan Hohenstein Araştırma Enstitüsü akıllı tekstilleri 5 alanda gruplayan ve sınıflandıran bir sistem oluşturmuştur.

✓ *Transfer Sistemleri (Transfer Systems)*: Transfer sistemlerinde nanokapsüller, moleküler depolar veya mikrokapsüller ile birleştirilmiş tekstil yüzeyleri neme, basınca ve ısıya maruz kaldığında belirli aktif maddeler yaymaktadırlar. Tıbbi alandaki teşhis uygulamalarında sporcuların doping kontrollerinin yapılmasında

kullanılabilir. Bu uygulamalarda moleküler yapılar insan tenindeki ifrazatları emmekte ve bunları tıbbi olarak değerlendirmektedir.

✓ *Adapte Olabilen Sistemler (Adaptive Systems)*: Adapte olabilen sistemler kendiliğinden çevredeki ve vücuttaki değişen şartlara adapte olmaktadır. Bunlar nem, ışık ve ısı değişimlerine reaksiyon göstermektedirler. Bu gruba örnek olarak ısı değişikliklerine kendiliğinden adapte olan ceket ve kazaklar örnek gösterilebilir. Bu teknolojiye dayalı malzemeler ilk olarak, astronotları aşırı soğuk ve kavurucu sıcaklıklar arasındaki ısı değişikliklerinin etkilerinden korumak için uzay elbiseleri ve eldivenlerinde kullanılmıştır. Günümüzde bu teknoloji, aktif spor ve boş zaman aktiviteleri için giyilen teknik tekstiller için de kullanılmaktadır. İtalyan Corpe Nove firması ısıdaki düşüş ve yükselmelere göre kolu kısalan ve uzayan bir elbise geliştirmiştir.

✓ *Akıllı Giysiler (Smart Clothing)*: Bu grup, elektronik parçaları giysilere entegre eden tekstil temelli bilgi ve iletişim teknolojilerini içermektedir. Giyen kişinin kalp atışı, nefes alışı, nabız ölçümü, vücut sıcaklığının izlenmesi gibi 30 hayati değişkeni 24 saat boyunca izleyebilen, gerekli durumlarda kablosuz iletişim ağıyla gerekli kişileri anında haberdar eden hayat elbisesi (life shirt) örnek gösterilebilir. Bu giysi aynı zamanda her yıl binlerce uyuyan bebeğin ölümüne neden olan ani bebek ölümü sendromunun önüne geçebilmek için, bebeğin soluk alması durduğunda, kalp atım sayısında ya da vücut ısısında beklenmedik bir değişiklik olduğunda ebeveynleri haberdar etmektedir. Giysi söz konusu değişiklikleri kişisel dijital yardımcılar (PDA) veya kişisel bilgisayarlara aktarmaktadır.

✓ *Aktarıcı Sistemler (Transponder Systems)*: Bu guruptaki akıllı tekstiller, lazer kodları veya radyo frekans alanları kullanılarak içeriği değiştirilebilen veya yüklenilebilen minyatürize edilmiş elektronik depo araçlarıdır. Örneğin, bir kumaşa bilgi entegre edilebilmekte ve bilgi tekstil zinciri boyunca muhafaza edilerek hazır giyim üreticisinin kullanımına sunulabilmektedir.

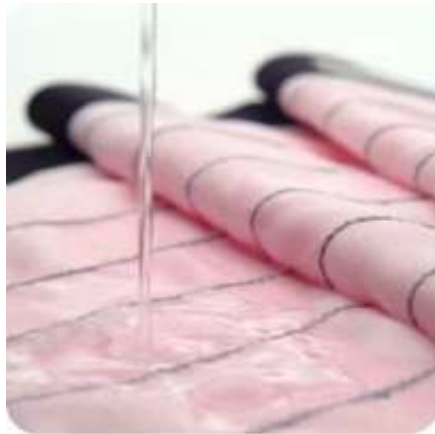
✓ *Mikroteknoloji ve Nanoteknoloji*: Mikroteknoloji ve nanoteknoloji kullanılarak tekstil ve elektronik daha fazla birleştirilmektedir. Çok küçük elektronik parçalar ve duyargalar (sensörler) görünmeyecek bir şekilde tekstil ürünlerine entegre edilmektedirler (Emek, 2004).

Akıllı tekstillerin üretim tekniklerine göre bir diğer sınıflandırılması;

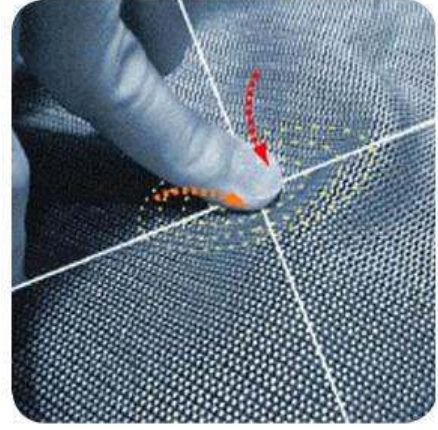
- Faz değıştiren materyallerden (PCM) elde edilen akıllı tekstiller,
- Biçimsel hafızalı materyallerden (SMM) elde edilen akıllı tekstiller,
- Kromik materyallerden elde edilen akıllı tekstiller,
- Elektronik / iletken tekstillerden, elyaflardan elde edilen akıllı tekstiller,
- Diğer akıllı kumaşlar, tekstiller olarak yapılmaktadır (Norstebo, 2004).

2.2.2. Çeşitli Kullanım Alanlarına Göre Akıllı Tekstiller

Günlük hayatın bir parçası haline gelen akıllı tekstiller, çeşitli amaçlarla kullanılarak hayatı kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. İlk olarak yaşlılar, bebekler, engelliler ile askeri ve uzay giysileri için kullanılan akıllı tekstiller, günümüzde hazır giyim sektörünün her alanına girmiş ve kullanım alanlarını geliştirmiştir. Kullanım çeşitlerine göre, vücut sıcaklığını düzenleyen giysiler, serinletme fonksiyonuna sahip olan giysiler, görünmezlik sağlayan kamuflaj giysileri, temas, dokunulmaya karşı duyarlı kumaşlar (Şekil 2.2), nemi algılayan kumaşlar, eğilmeye, burulmaya karşı duyarlı tekstiller (Şekil 2.1), elektro-tekstiller ve giyilebilir bilgisayarlar, ısıya karşı duyarlı giysiler, kötü koku gideren, güzel koku yayan tekstiller ve çevresel faktörlere bağlı olarak renk değıştiren akıllı giysiler olarak sıralanabilmektedir.



Şekil 2.1 Nemi algılayan kumaş ve eğilmeye, burulmaya karşı duyarlı kumaş (Eleksen, 2005)



Şekil 2.2 Görünmezlik etkisi sağlayan giysi ve temasa, dokunmaya karşı duyarlı kumaş
(Eleksen, 2007) (www.star.t.u-tokyo.ac.jp/projects/MEDIA/xv/oc-j.html, 2007)

Akıllı tekstil ürünlerine örnek olarak, yenilenebilir ve temiz enerji teknolojisi ürünü olan ve güneş enerjisini kullanarak elektrik enerjisi üretebilen fotovoltaik lif, iplik veya kumaş oluşturulması ile elde edilen fotovoltaik tekstil ürünleri verilebilir. Fotovoltaik tekstiller, akıllı giysiler, tekstil ürünleri veya aksesuarlarda, elektrik enerjisi sağlama, ısıtma, soğutma veya aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Fotovoltaik yapılar, güneş panellerine göre daha esnek, burulmaya daha dirençli ve daha mukavemetli yapılardır. Fotovoltaik tekstillerde kullanılacak malzemelerin kararlı, yöntemlerin tekstillere uygun, sistemin güç dönüşüm veriminin yeterli yükseklikte, maliyetinin düşük olması ürünlerin avantajını arttıracak niteliktedir. Günlük yaşamda sürekli elektrik şebekelerinden uzakta çalışan ve seyahat eden kişilerin taşıdıkları elektronik ayalara enerji sağlamak amacıyla kullanabilecek fotovoltaik tekstil ürünleri (Şekil 2.3) birçok ihtiyaca cevap verecek niteliktedir.(Bedeloğlu, Demir ve Bozkurt, 2010)



Şekil 2.3 Fotovoltaik tekstil ürünlerine örnekler; fotovoltaik yelek, fotovoltaik şapka ve çanta

2.3 Elektriksel Olarak İletken Tekstiller

Bilim ve teknolojinin günlük yaşama olan yadsınamaz katkısı bir ülkenin kalkınması için kaçınılmaz bir husustur. Tekstil sektörü için akıllı tekstiller, her geçen gün çoğalan insan nüfusu ve ihtiyaçları için en etkili çıkar yoldur. Akıllı tekstillerin en önemli alanlarından biri olan elektriksel olarak iletken tekstiller, elektronik ve bilgisayar bilimlerinin gelişmesiyle farklı uygulama alanlarına sahiptir ve çeşitli ihtiyaçları karşılayabilecek ürünlerin imal edilmesi amacıyla dünya çapında hızla gelişmektedir.

Bu tekstillerin gelişmesi amacıyla, tekstil materyallerine uygulanan iletkenlik kazandırma işlemleri, iletken olan maddelerin entegre edilmesiyle veya doğal iletken ya da iletkenlik özelliği kazandırılarak iletken davranan lifler ile oluşturulan yapılarda uygulanmaktadır.

2.3.1 Elektriksel İletkenlik

Maddenin temel özelliklerden bir tanesi elektrik akımını iletebilmesi veya iletememesidir. Bu özelliğe göre maddeler iletken, yarı iletken ve iletken olmayan (yalıtkan veya dielektrik de denilir) diye sınıflandırılmaktadır. Elektriksel olayın ilk defa gözlemlenmesi, statik elektrik çalışmalarıyla başlamıştır. Bir Yunan filozofu olan Miletli Tales, M.Ö 600lü yıllarda, bir amber parçasının kumaşa sürtülmesi ile yüzeydeki tüyleri ve diğer ışık parçacıklarını çektiğini gözlemlemiştir. “Elektrik” sözcüğü, asıl anlamı amber olan Yunanca kökenli “elektron” sözcüğünden gelmektedir. Tales’den sonra aradan geçen yaklaşık 2300 yıllık süre boyunca, insanoğlu elektrik olgusuyla pek ilgilenmemiştir. Sonraki çalışmalar, Stephen Gray’in 1700lü yılların başında bazı maddelerin elektriği iletebilirken, bazılarının iletemediğini gözlemlemesiyle başlamıştır. 1733’de DuFay’ın iki tip elektrik olduğunu (cam ve amber elektriği olarak) kabul etmesinin ardından, elektrikle ilgili çalışmalara, bugün adlarını iyi bildiğimiz pek çok bilim insanı (Coulomb, Galvani, Volta, Oersted, Ampere, Ohm, Seebeck, Faraday, Henry, Maxwell, Thomson, Tesla vd.) katkıda bulunmuştur (Hummel, 2000)

İletkenlik (σ), bazı formülleri aşağıda verilen Ohm Yasası ile genel olarak açıklanabilir (Hummel, 2000) :

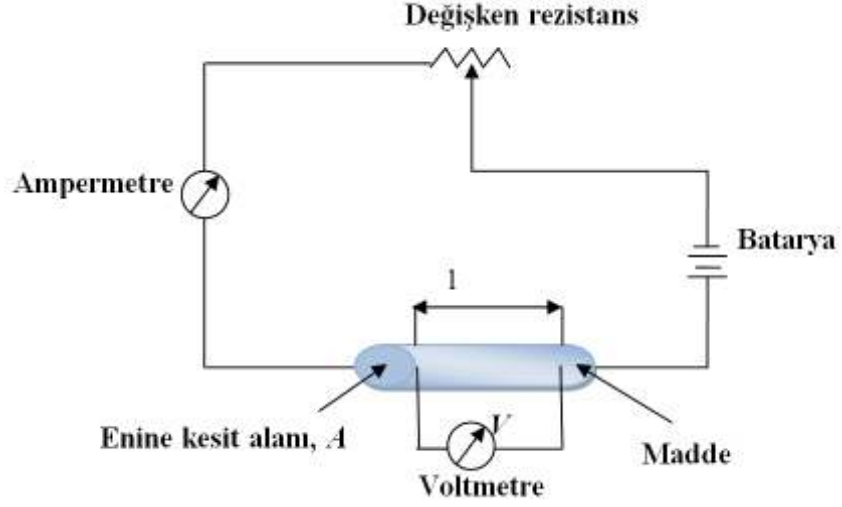
$$V = IR$$

Madde içerisinde, R elektriksel direnci (ohm, Ω), I elektriksel akımı (amper, A), V potansiyel farkı (volt, V) ifade etmektedir.

$$J = \sigma \cdot \varepsilon$$

$$J = I / A$$

Verilen formüllerde, J akım yoğunluğu (A/cm^2), σ iletkenlik ($1/\Omega \text{ cm}$) ve ε elektrik alan kuvvetini (V/cm) belirtmektedir. İletkenlik, elektriksel direncin tersidir ve SI birim sisteminde metredeki siemens ($S \cdot m^{-1}$) olarak da ifade edilir. Ohm yasasının bir devre üzerinde gösterimi Şekil 2.4’te şematize edilmektedir:



Şekil 2. 4 Ohm yasasının bir devre üzerinde gösterimi (Electrical Properties of Materials, n.d)

En basit ifade ile direnç elektrik akımına karşı gösterilen zorluk olarak ifade edilebilir. Bir elektrik devresine gerilim uygulandığında, alıcıdan akım geçmektedir. Geçen akımı sınırlayan etken ise alıcının direncidir. Eğer iletkenin direnci fazla ise geçen akım miktarı az, iletkenin direnci az ise geçen akım miktarı fazladır.

Bir iletkenin direnci “ R ” (ohm), iletkenin boyu “ l ” (metre), kesiti “ S ” (mm^2) ve iletkenin yapıldığı malzemenin öz direnci olan “ φ ” ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$) ya bağlıdır. Direncin, boy kesit ve öz dirençle arasındaki bağıntıyı veren formül:

$R = l \cdot \varphi / S$ dir. Burada $l / \varphi = K$ olduğundan, formül $R = l / K \cdot S$ ohm(Ω) şeklinde de ifade edilebilir.

- R : İletken direnci, ohm (Ω)
- l : İletkenin boyu, metre (m)
- S : İletkenin kesiti (mm^2)
- K : İletkenin yapıldığı malzemenin öz iletkenliği ($\text{m}/\Omega.\text{mm}^2$)
- φ : İletkenin yapıldığı malzemenin öz direnci ($\Omega.\text{mm}^2/\text{m}$)

İletkenin boyu uzadıkça direnci de artar, boyu kısaldıkça direnci azalır. Boy ile direnç doğru orantılıdır. İletkenin kesiti artıkça direnci azalır, kesit azaldıkça direnç artar. Kesit ile direnç ters orantılıdır. Öz direnç iletkenin iletkenlik

kalitesini gösterir. İletkenin yapıldığı metalin öz direnç değeri küçük ise direnç küçük, öz direnç değeri büyük ise direnç değeri büyüktür. Öz direnç ile direnç doğru orantılıdır (Megep, 2006).

2.3.2 Elektriksel Olarak İletken Lifler

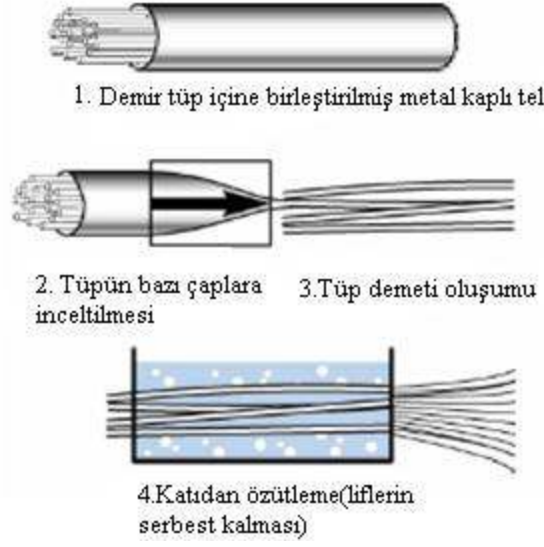
Son yıllarda, elektro iletken lifler, elektromanyetik kalkanlama ve statik kontrol etme amaçlı çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Eriyikten üretim, tek tel veya demet halinde çekim, metal levhaların traşlanması gibi farklı metotlarla elektriksel olarak doğal iletken lifler üretilmektedir. Doğal iletken lifler ve iletkenlik kazandırılarak özel olarak iletken davranan lifler olmak üzere iki farklı grupta incelenmektedir (Clevertex, n.d).

2.3.2.1 Doğal İletken Lifler

İletken altyapı ilave edilmeksizin elektriksel iletkenliğe sahip liflerdir. Doğal iletken lifler karbon, bakır, alüminyum, titanyum, nikel gibi saf metallerden veya alaşımlardan oluşmaktadır (Clevertex, n.d).

Metal liflerin üretilmesi için uygulanan klasik işlem, mekanik üretim işlemi olan tel çekim işlemidir. Bu işlem kaba, orta, ince ve sıralı tarama gibi çeşitli adımlar ile tamamlanmaktadır. Çekim işleminin sonunda, lif çekimi kullanılarak, elmas, korbite veya seramik haricinde öz kullanılarak çelik altyapıdan oluşmaktadır. Oluşan metal telin yarıçapı materyale bağlı olarak değişmektedir. Genelde bakır için, 8mm, demir için 5mm çap elde edilmektedir. Çekim işleminden sonra, tel 600° ile 900° arasında değişen sıcaklıkta sertleşmektedir. Sertleşen ince metal tel, çekim silindirinin etrafında dönerek sarılmaktadır. Günümüzde, genel olarak mekanik yöntem ile klasik metal özlü ipliklerin tel üretimi bu yolla yapılmaktadır (Mac, Houis, Gries, 2004).

Diğer mekanik metal lif üretimi işlemi demetten çekim (bundle-drawing) yöntemi (Şekil 2.5) ile gerçekleştirilir. Bu işlemde yaklaşık olarak 1000- 2000 adet çekilmiş tel her bir elyaf için demet haline getirip, ince metal silindir tarafından çekilmektedir.



şekil 2.5 Bundle- Drawing İşlemi (Bekaert,2006)

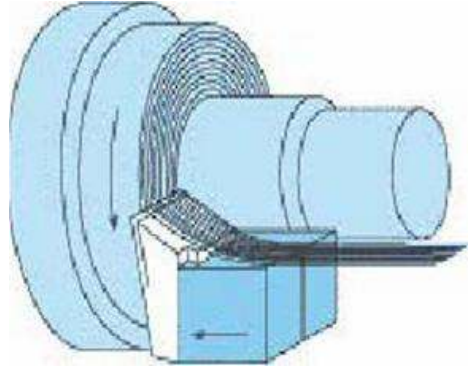
Tel kırılmaları gerçekleşmeksizin ince silindir tüm demetin ileri çekimlerini sağlamaktadır. Silindir materyali kimyasal olarak telden daha az stabil olduğu için, asidik banyoda tüm sistem eriyerek kalkabilmektedir. Sonuç olarak 4 ile 25 mikron (μm) arasında ayarlanabilen çaplarda lifler elde edilmektedir (Bakaert, 2006 - Mac, Houis, Gries, 2004).

Bekaert firmasından Holvoet ve Verstraeten (2006) yaptıkları patent çalışmasında, demet halinde çekilmiş metal lifleri, en az üç eşmerkezli metal katman (bir öz tabakası, bir yüzey tabakası ve en az bir ara tabaka) içeren radyal kesit alana sahip olarak elde etmişlerdir. Yüzey tabakası demetten çekilen metal lifin dış yüzeyini oluşturur ve metal lifin eşdeğer çapının %30'undan daha az bir ortalama kalınlık değerine sahiptir. Demet halinde çekilme işlemi için, en az üç katmandan oluşan metal liflerin etrafı kimyasal madde ile kaplanır. Ardından istenilen çapa gelinceye kadar çekim işlemi gerçekleştirilir. Çekme işleminden sonra kompozit telin etrafındaki tabaka ve matris temizlenir. Elde edilen demet halindeki lifler istenilen miktarda bükülerek iplik elde edilebilir. Böylece demet halinde çekilmiş lifler ince ve eşit çaplarda daha uygun formda elde edilmiştir. Metal liflerin öz kısmında i  eşmerkezli tabaka veya çekirdek tabakayı oluşturan tel bulunmaktadır. Çekirdek tabakadaki telin üzeri metal folyo ile kaplanmıştır. Folyonun kalınlığı ve çekirdek tabakada bulunan telin çapı belli oranlara göre tasarlanmıştır. En dışta ise metal telin

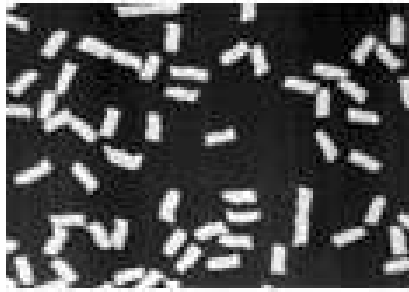
yüzeyi bir folyo ile kaplanmaktadır. Bu yapıyı kaplayan matriks yapı, metal telin dış yüzeyinden daha düşük asit dayanımına sahip olan bakır veya demir gibi malzemelerden seçilir. Demet halindeki yapıyı saran kap ise yine düşük asit dayanımına sahip bir malzemedir. Matriks malzemenin temizlenmesinden sonra istenirse lif demedi gerilerek lifler kopartılır böylece kesikli lifler elde edilmekte ve başka liflerle karışım yapılabilir (Holvoet, J. ve Verstraeten S, 2006).

De Bondt ve Decrop (2007), patent çalışmalarında, bir matriks malzeme içerisinde yer alan paslanmaz çelik tellerden demetten çekim yöntemi ile paslanmaz çelik lifleri elde edilmesi anlatılmaktadır. Paslanmaz çelik liflerin kompozisyonunu başlıca, demir olmak üzere, karbon, manganez, silisyum, nikel, krom, molibden, bakır, azot, kükürt, fosfor elementleri oluşturmaktadır. Lif üretim aşamasında, paslanmaz çelik teller demet haline getirilir ve birlikte çekim işlem gerçekleştirilir. Tek teller uygun bir matriks malzeme ile kaplanarak birbirinden ayrılır ve bir kaplama malzemesi içine konulur. Kaplanmış tellerin oluşturduğu demet istenilen inceliğe gelinceye kadar çekilir, kaplama malzemesi ve matriks malzeme, genellikle kimyasal yolla temizlenir. Genelde, demir veya bakır gibi bir metal, çekime uğrayan çelik tellerle benzer mekanik özellikleri taşıdığı için matriks ve/veya kaplama malzemesi olarak kullanılır. Ancak metal matriks kullanıldığında, ısıtma işlemi yapılırken tellerin ve matriksin birlikte çözülmesi önemli bir dezavantajdır (De Bondt, ve Decrop, 2007).

İletken liflerin üretilmesindeki bir diğer yöntem ise ince metal levhanın kenarlarının tıraşlanmasıdır (Şekil 2.6). Metal folyoların kenarları tıraşlanarak metal lifler üretilir ve daha sonra çile ve bobinlere sarılmaktadır. Bekinit® firması tarafından üretilen bu liflerin kesit alanı bundle-drawing yönteminden farklı olarak dikdörtgensel yapıdadır (Şekil 2.7). Bundle-drawing işleminin yaklaşık altı ay sürdüğü düşünülürse, üretim zamanı daha az olduğu için maliyetleri düşük, daha kıvrımlı ve ince yapıda lifler elde edilmektedir (Bakaert, 2006).



Şekil 2.6 İletken lif üretiminde traşlama işlemi
(Bekaert,2006)



(a)



(b)

Şekil. 2.7 Tıraşlanmış liflerin mikroskop altındaki görünüşü (Bekaert,2006). (a) Tıraşlanmış liflerinin dikdörtgen şeklinde enine kesit görünümü, (b) Tıraşlanmış liflerin boyuna kesit görünümü

Metal lifler direk eriyikten çıkartma gibi termal metotlar ile de üretilmektedir. Metal eriyikten eğirme işlemi cam ya da polimer eriyikten eğirme işlemi ile kıyaslandığında, metalin erime viskozitesi camdan ve polimerden yaklaşık olarak 100 kat daha düşük olmaktadır. Böylece erime esnasında kırıklar oluşup, liflerin yerine damlacıklara dönüşebilmektedir.

Koagülasyon banyosu kullanılarak uygulanan metal lif üretim metotlarından Taylor prosesinde, cam tüpe sokulabilen metal çubuk kullanılmıştır. Kullanılan cam tüp ve materyal karşılaştırılmalı olarak erime noktasına sahiptirler. Tüm sistem ısındığında, metal çubuk eriyerek cam tüp yumuşamaktadır. Bu şekilde cam tüp çekilerek, dolgu materyali olan metal ile birlikte içi boş cam iplikler formuna gelmektedir (Clevertex, n.d).

Metalik liflerin devamlı üretimi ise, akışkan dönüşümünde eriyikten eğirme yöntemi ile gerçekleşmektedir. Bu işlem anında metaller ve alaşımları yüksek sıcaklık ve basınçta gaz atmosferinde erimektedir. Oluşan sıvı yüzey yüksek basınçtaki soygaz ile doldurulmaktadır. Yüksek basınçtan dolayı, eriyik gaz sıkıştırma boğazına doğru basılır ve bu anda lif, akıcı soğutucu maddede serbest jet olarak batırılmaktadır. Burada katılan lif rotasyon boyunca hızlandırılarak tamburun içinde metal ile soğutucu madde arasında, soğutucu maddenin sıcaklığı soğurduğu yerde yoğunluk farkı oluşturmaktadır (Clevertex, n.d).

Elektrik ileten metal liflerin avantajı; düşük maliyet ile kullanılma kolaylığıdır. Ayrıca metal lifler hareketsiz olduklarından dolayı terlemeye ve yıkamaya karşı hassas olmamaları kullanımlarını arttıran bir etkidir (Clevertex, n.d).

2.3.2.2 Sonradan İletkenlik Kazandırılan Lifler

Galvanik maddeler, metaller veya metalik tuzların kaplanması yöntemiyle yalıtkan liflere iletkenlik özelliği kazandırılmaktadır. Kaplama işlemi birçok lif tipi ve tekstil formu için uygun olması ve iyi iletkenlik sağlaması açısından avantajlı bir yöntemdir.

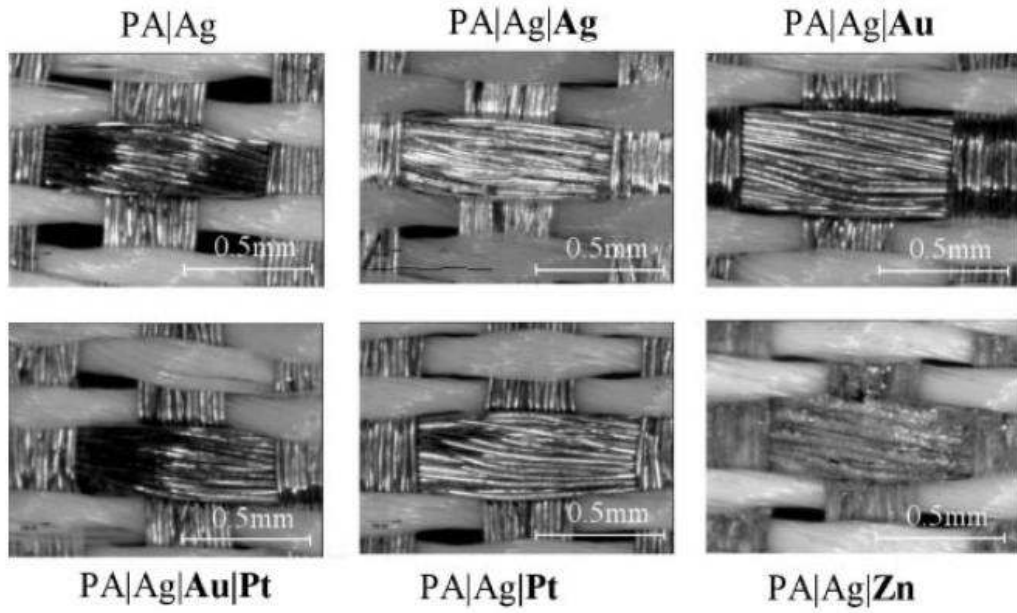
2.3.2.2.1 Metalik Tuzlar İle Kaplama Yöntemi. İletken kaplamalar, kullandıkları taşıyıcı tabakanın (tekstil malzemesinin) özelliklerini değiştirmeden onları elektriksel iletken malzemelere çevirebilmektedir. Kaplama işlemi, elektriksiz kaplama, buharlaştırma ile biriktirme, püskürtme, iletken polimer ile kaplama, lifleri doldurma ve karbonlaştırma gibi yöntemlerle, lif, iplik veya kumaşlara uygulanabilmektedir. Yüksek iletkenlikte lif elde edilmesi bu yöntemlerle sağlanmasına rağmen, bu işlemlerde, taşıyıcı tekstil tabakasının uygunluğu, kaplamanın yüzeye yapışma durumu ve aşınma dayanımı ile ilgili problemler halen devam etmektedir (Kim ve Koncar, 2006).

Metalik tuzlar ile kaplama yönteminde yaygın olarak bakır sülfür ve bakır iyodür kullanılmaktadır. Bu yöntemin tekstil endüstrisinde kullanımı kolaydır fakat düşük iletkenlik içermektedir (10^{-6} ohm cm- 10^{-1} ohm cm). Genellikle antistatik performans

gereken halı endüstrisinde kullanılmaktadır. Naylon, polyester, yün, akrilik içeren liflerde uygulanabilmektedir (Anderson ve Seyam, 2002). Metal tuzları ile kaplamada düşük iletkenlik sağlandığı için yıkama esnasında iletkenlik azalmıştır. Kaplama prosedürlerini değiştirmek bu sınırlamaların geliştirilmesine yol açabilmektedir (Meoli ve May-Plumlee, 2002).

2.3.2.2.2 Galvanik Maddeler İle Kaplama Yöntemi. Galvanik kaplama yönteminde galvanik ürünlerin iletkenlikleri oldukça yüksek değerlerdedir (10^4 ohm cm den fazla). Fakat galvanik kaplamada iletkenlik sadece alt tabakaya uygulanabilmektedir. Bundan dolayı galvanik kaplama yöntemi karbon ve grafit lifleri ile sınırlı olmuştur. Galvanik kaplamanın zor ve pahalı bir yöntem olması tekstil endüstrisinde yaygın kullanımını engellemiştir (Anderson ve Seyam, 2002).

Tekstil basit altyapılarında birleştirilmiş sensörler ve mikroelektronik aygıtlar gibi kısmen iletken tekstil yapılarının hazırlanması konusunda ilerleme yapılmıştır. Bu ilerleme iki adıma dayanmaktadır. Birinci adım; klasik tekstil teknolojileri tarafından gümüş kaplanmış poliamid teller ile jakar dokumacılığı, nakış dokuması gibi tekstil ön yapılarının üretilmesi olmaktadır. İkinci adım; tekstil ön yapılarının galvanik veya elektrokimyasal davranışı olmaktadır. Bu durum, iletkenliğin değişimine izin veren yapılar, yüzeyin modifikasyonu gibi sensör özelliklerinin ihtiyacı ve iletken yapıların yalıtım ve kapsüllenmesini göstermektedir. Böylece kısmen iletken tekstil yapıları, yarı iletken oksit tabakalarının, iletken polimer filmlerinin ve elektrostatik boyama ile kaplanmış izolasyon katmanlarının bozulmasına yol açmaktadır. İkinci adımda, mili veya mikro metre ölçüde yapılar, sensörler, işletici ve elastiki tablolar üretebilmek ve tekstil yapılarına mikroelektronik aygıtlar aygıt birleştirmek mümkün olmaktadır (Şekil 2.8) (Gimpel, Hring, Muller, Neudeck ve Scheibner, n.d).



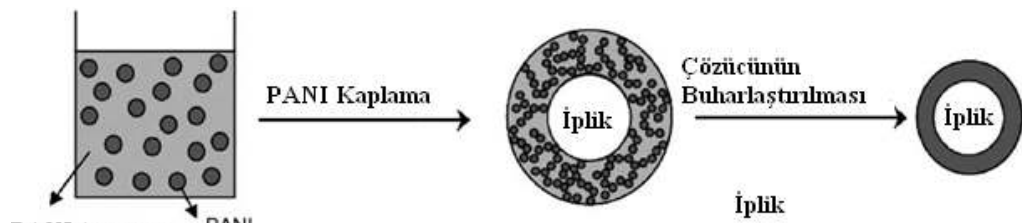
Şekil. 2.8 Dokuma yapılarda farklı metallere oluşan Ag/Pa ipliklerinde elektrokimyasal galvanik kaplamalarının mikroskopik görünümü (Gimpel, Hring, Muller, Neudeck ve Scheibner, n.d)

2.3.2.2.3 Reçine Kaplı İletken Parçacıklar İle Kaplama Yöntemi. Reçine kaplı iletken parçacıklar ile lifler kaplama yönteminde lifler yüksek iletkenliğe sahip (10^5 ohm cm- 10^6 ohm cm) saf karbon reçinesi ile kaplanmaktadır. Akrilik ve naylon lifleri dağılmış gümüş içeren yapışkan lastiğe benzer bir madde ile kaplanmaktadır. Naylon lifleri yüzeyindeki küçük oyuklar sayesinde en iyi kaplama yapılabilen lif olarak değerlendirilmiştir. Daha sonraki yıllarda reçine kullanmaksızın iletken parçacıklarla kaplanabilen yeni patentli lifler bulunmuştur. Bu lifler uzunlamasına oyuklara sahip yüzeyleri ile reçineye yada yapışkan maddeye ihtiyaç duymadan iletken maddeyi hareketsizleştirebilmişlerdir (Holme, McInty ve Shen, 1998; Anderson ve Seyam, 2002).

2.3.2.2.4 Vakum Sprey İle Kaplama Yöntemi. Vakum spre yöntemi ucuz bir yöntemdir ve yüksek iletkenliğe (10^4 ohm cm) sahip metalik kaplama lifleri üretmektedir. Fakat bu yöntem belirli kısıtlamalara sahiptir. Burada üretilen lif düşük direnç korozyonunda ve giyilebilirliğinde oluşmaktadır. Metal ve kumaş arasında yapışma olmaması, kaplamanın sınırlı olması gibi nedenlerle yüksek iletkenlik sağlanması güçleşmektedir (Aniolczyk, Koprowska, Mamrot ve Lichawaska, 2004).

2.3.2.2.5 İletken Esaslı Polimerler İle Kaplama Yöntemi. Tekstil malzemeleri, politiofen (PTh), polianilin (PAn), polipirol (PPy) esaslı iletken polimerlerle kaplanabilir veya muamele edilebilir. Ayrıca kendisi iletken olan lifler, bu iletken polimerler veya bunların başka polimerlerle karışımlarından üretilebilir (Anderson ve Seyam, 2002; Xue, Tao, Leung ve Zhang, 2005). İletken polimerler hala gelişmekte olan bir alandır. Polimerler, yüksek iletkenlik sağlamak ve yapışma özellikleri de daha iyi olup aşınma problemine neden olmamaktadır. Esneklik, düşük ağırlık ve iletkenlik gereken uygulamalarda kullanılmaktadır. Elde edilen kaplanmış ürünlerin raf ömürlerinin arttırılması konusunda daha fazla çalışma yapılmasına gerek duyulmaktadır (Knittel ve Schollmeyer, 2009). Bunun yanında, bilinen yöntemleri kullanarak polimer kaplamanın yapılması zordur (Perepelkin, 2001). Araştırmacılar tarafından, polianilin ve polipirol çevresel şartlara dayanıklılığı, yüksek elektriksel iletkenliği ve termal ve kimyasal olarak kararlılığından dolayı daha fazla çalışılmaktadır. İletken polimerlerden elektrokimyasal yöntemle lif veya film elde edilmesi, geniş alan uygulamalarında kırılma problemi ortaya çıkmasından dolayı, ince kaplama veya iletken polimerlerin çözeltiden polimerizasyonu yöntemleri daha uygundur. (Kim ve diğer, 2004) İletken polimerlerle, bıçakla kaplama yöntemi ile polianilin, politiofen, polipirol karışımı ile kumaş kaplamak (Rehnby, Gustafsson ve Skrifvars, bt), kontinü buharlı polimerizasyon yöntemi ile pirol uygulama, (Kaynak, Najar ve Fitzik, 2008) çözeltiden kaplama (Devaux ve diğer, 2007) gibi uygulamalar yapılmıştır. Örneğin Kim ve arkadaşları (2004) yaptıkları çalışmada iletken lifleri eriyikten çekim ve kaplama yöntemlerini kullanarak üretmişlerdir. Eriyikten çekim işleminde polianilin, polipirol ve grafit malzemeleri iletken polipropilen lifi üretmek amacıyla kullanılmıştır. Polietilenteraftalat (PET) iplikler ise PANI kaplanarak iletkenlik sağlanmıştır. Akıllı tekstil üretiminde, korozyon korumasında veya elektromanyetik koruma amaçlı kullanılabilecek olan bu iletken ipliklerin elektriksel ve morfolojik özellikleri araştırılmıştır. Eriyikten çekim yöntemi ile elde edilen, iletken maddeleri içeren PP liflerin iletkenlikleri, homojenlik problemleri ve iletken materyallerin agregasyonu yüzünden yeterince iyi olamamaktadır. Kaplama işlemi (Şekil 2.9) ile polianilin kaplanmış polietilen teraftalat iplikleri, mukavemet ve esneklik özelliklerini de koruyarak eriyikten çekim metodu ile elde edilen iletkenliğe göre daha iyi iletkenlik

göstermiştir. Daha hacimli olan polianilin kaplanmış ipliklerin elektriksel direnci polianilin çözeltisinin konsantrasyonunun artmasıyla azalmaktadır. Polianilin ipliklere daha kolay nüfuz edebildiği için, polianilin kaplı iplikler, filament ipliklere göre daha düşük direnç göstermiştir. Banyo sıcaklığı, ipliklerin sarım hızı, muamele süresi ve ipliklerin yüzey karakteristikleri elektriksel iletkenliği etkileyen parametreler arasındadır (Kim, Koncar, Devaux, Dufour ve Viallier, 2004).

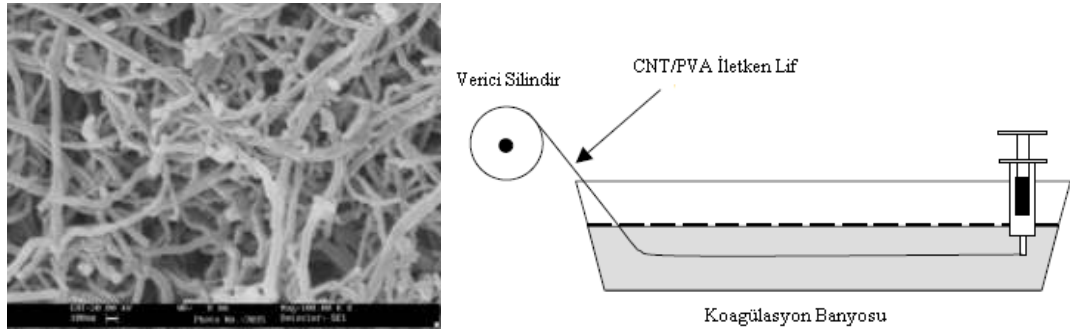


Şekil 2.9 Polyester ipliğe iletken kaplama yapılması (Kim., Koncar, Devaux, Dufour ve Viallier, 2004)

2.3.2.2.6 İletken Karbon Ekleme Yöntemi. Lif yapısına, iletken karbon ekleyerek iletken özellikler taşıyan tekstil ürünü elde etmek mümkündür. Bu özellik kablo, lif ve mikro veya nano partiküller formundaki karbonun, yapıya eklenmesi ile kazandırılabilir. Karbon lifleri ve karbon eklenmiş lifler iyi iletken özellikler gösterir ve bunlar bilinen tekstil imalat sistemlerinde kolayca işlem görebilmektedir. Fakat bunun yanında bazı estetik problemler görülebilir (Perepelkin, 2001). Yüksek konsantrasyondaki karbon ile lifleri doldurarak, öz-mantodan oluşan bikomponent lifte öze karbon ekleyerek, yan yana bikomponent lifte, bir tanesini karbondan oluşturarak ve karbonu lifin yüzeyine kaplayarak karbon içeren iletken lifler elde edilebilir (Xue, Tao, Leung ve Zhang, 2005). Karbonlaştırma işlemi, tekstilin elektriksel olarak iletken hale gelebilmesi için 1000°C’de bir karbonlaştırma ocağı içerisinde işlem görmesidir. Bu işlem sıcaklık değişimlerine reaksiyon veren giysi üretilmesinde kullanılmaktadır (Anderson ve Seyam, 2002). Polimerik lifler içerisine karbon parçacıkların doldurulmasıyla elde edilen heterojen yapıdaki iletken lifler, sınırlı iletkenliğe ve bazı durumlarda karasız elektriksel özelliklere sahiptir. Karbon lifleri gibi, homojen yapıdaki elektriksel iletken lifler, 10^{-3} ile 10^{-5} Ohm.m arasında elektriksel iletkenliğe ve daha kararlı elektriksel özelliklere sahiptir. Elektriksel olarak iletken lifler ve lifli materyaller, kesikli liflerin, dokusuz yüzeylerin, dokuma

kumaşların, bantların ve kayışların üretiminde kullanılabilmektedir. Kesikli karbon lifleri, statik elektriklenmeyi engelleyici katkı maddesi olarak plastiklerde, suni deri üretiminde, polimerik kaplama ve dolgularda uygulanabilmektedir. Karbonlaştırılmış lifler, elektrokimyasal ve elektrometalurjikal fırınlarda grafit elektrotlarını sağlamlaştırma işleminde de kullanılmaktadır. Böylece gevrek elektrotların birden kırılarak düşmesi sonucu üretimin aksaması sorunu giderilmektedir. Karbon liflerinden üretilmiş dokuma kumaşlar ve dokusuz yüzey kumaşlar, özel ısıtıcı giysileri de kapsayan esnek ısıtıcılarda ısıtma tabakası olarak kullanılmaktadır (Perepelkin, 2001). Bunun yanında, iletken karbon nanotüplerin lif olarak üretilip kullanılmasıyla ilgili de çalışmalar mevcuttur (Devaux ve diğer, 2007). Reçinede tutulan iletken parçacıklar ile lifleri kaplama yönteminde lifler yüksek iletkenliğe sahip saf karbon reçinesi ile kaplanmaktadır. Akrilik ve naylon lifleri dağılmış gümüş içeren yapışkan lastiğe benzer bir madde ile kaplanmaktadır. Naylon lifleri yüzeyindeki küçük oyuklar sayesinde en iyi kaplama yapılabilen lif olarak değerlendirilmiştir. Daha sonraki yıllarda reçine kullanmaksızın iletken parçacıklarla kaplanabilen yeni patentli lifler bulunmuştur (Perepelkin, 2001). Bu lifler uzunlamasına oyuklara sahip yüzeyleri ile reçineye yada yapışkan maddeye ihtiyaç duymadan iletken maddeyi hareketsizleştirebilmişlerdir. Örneğin Xue ve arkadaşları (2007) tarafından yapılan çalışmada, polivinilalkol (PVA) ve karbon nano tüplerden (CNT) oluşan elektriksel iletken iplikler yaş eğirme ve kaplama olmak üzere iki metotla üretilmiştir. Yaş eğirme işleminde CNT/PVA karışım çözeltisi, yüksek konsantrasyonda koagülasyon faktörü içeren koagülasyon banyosundan geçirilmektedir. Kaplama işlemi, CNT ve PVA'nın karışımı kullanılarak sentetik ve doğal lifler (pamuk, polyester, naylon, ipek, polipropilen, yün) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin ardından iletken iplikler, PVA'nın çözünürlüğünü azaltmak için asetilizasyon işlemi ile muamele görmektedirler. İşlemlerde çok duvarlı karbon nanotüp tercih edilmiştir. Yaş eğirme işlemi ile elde edilen CNT/PVA kompozit lifte (Şekil 2.10) iletkenlik onlarca $k\Omega /cm$ olmaktadır. Bu değer artışı gösterebilmesi için bazı kimyasal fonksiyonel grupların artması gerekmektedir. Kaplama tekniği ise daha pratik ve temel bir metot olmuştur. CNT/PVA kaplı ipliklerin elektriksel iletkenliği taşıyıcı tabakanın değişmesi ile değişmiştir. CNT/PVA kaplanmış polyester ipliği, polipropilen ipliği ve ipek ipliği diğer iletken

ipliklerden daha iyi iletkenlik özelliği göstermiştir. Asetilasyon işlemi ise yün/naylon karışım ipliğinin mukavemetini yüksek oranda düşürmüştür (Xue, Park, Tao, Chen ve Cheng, 2007).



Şekil 2.10 Karbon nano tüplerin SEM mikroskobundaki görünümü ve yaş eğirme işleminin şematik gösterimi (Xue, Park, Tao, Chen ve Cheng, 2007)

Bir başka çalışmayı gerçekleştiren Shim ve arkadaşları (2008) en yaygın tekstil lifi olan sıradan pamuk liflerinden üretilmiş dikiş ipliklerini akıllı elektronik tekstillerde kullanılabilecek bir ürün haline getirmek için, daldırma yöntemini kullanarak tek ve çok duvarlı karbon nanotüplerin karışım dispersiyonu ile polielektrolit esaslı kaplama yapmışlardır. Bu yöntem, tabaka tabaka kaplama işlemini andıran ve hızlı, basit, düşük maliyetli ve endüstriye kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Nanotüp ağı sayesinde, etkin yük transferi ($20 \Omega/\text{cm}$) (elektriksel iletkenlik) sağlanmıştır. Yüksek hassasiyeti ve seçiciliği sayesinde CNT-pamuk iplikleri biyogörüntüleme tekstillerinde kullanılabilir, albüminin tespit edilmesi gibi tıbbi konularda kullanılabileceği belirtilmiştir (Shim, Chen, Doty, Xu ve Kotov, 2008). Fugetsu ve arkadaşları (2009) karbon nanotüp esaslı boyarmaddeleri, çok duvarlı CNTlerin suda bir dispersiyonu ve çeşitli yüzey aktif maddeleri kullanarak hazırlamıştır. Boya-baskı yöntemi kullanılarak karbon nanotüpler doğrudan polyester multifilamentlere uygulanmış ve her filament üzerinde iletkenlik elde edilmiştir. İpliklerin elektriksel direnci 10^3 - $10^9 \Omega/\text{cm}$ arasında değişmektedir, yıkama dayanımları ise iyi çıkmıştır. $10^3 \Omega/\text{cm}$ dirence sahip iplikler, düz, hafif ve hareketli tekstil esaslı ısıtıcılarda kullanılabilir. $10^5 \Omega/\text{cm}$ olarak anti-statik kumaş uygulamalarında, $10^9 \Omega/\text{cm}$ olanlar ise fotokopi makinelerindeki fırçaların yapımında kullanılabileceği belirtilmiştir (Fugetsu, Akiba, Hachiya ve Endo, 2009).

Kullanılan bu yöntemler dışında, farklı yöntemlerin kullanılmasıyla da iletken özellikte lifler elde etmek mümkündür.

Elektriksiz kaplama yöntemi, bir tekstil malzemesinin, içinde kimyasal reaksiyonların olduğu kaplama çözeltisi içerisine daldırılması işlemine dayanır. Tekstillerin nikel veya bakır ile kaplanması bu yolla gerçekleştirilebilir. Bu yöntemle düzgün ve elektriksel olarak iletken kaplamalar elde edilebilmekte ancak maliyeti yüksektir (Vaskelis, 1991; Liu, Chang, Li, Huck ve Zheng, 2010). Buharlaştırma ile biriktirme işleminde, tekstil malzemesi buharlaştırılan metale doğrudan maruz kalmaktadır. Genelde alüminyum, bakır, gümüş veya altın olan metal, tekstil yüzeyinde, işlem süresince giderek yoğunlaşarak bir kaplama oluşturur. Bu işlem çeşitli kalınlıklarda kaplamalar oluşturmakta kullanılabilmektedir. Kaplamanın kalınlığına göre iletkenliği de değişmektedir. Oldukça ince kaplamalarla, hafif ve iyi iletkenlikte tekstil malzemeleri elde edilebilmesi üzerine çalışmalar ise devam etmektedir (Smith, 1988; Sen ve Damewood, 2001). Püskürtme ile kaplama yönteminde, kaplama malzemesi, tek atomlar halinde tekstil malzemesi üzerine fırlatılmakta ve çok ince bir kaplama tabakası meydana getirilmektedir. Püskürtme işlemi, metalin tekstile iyi tutunması sayesinde düzgün bir kaplama meydana getirmektedir. Ancak buharlaştırarak kaplama yöntemi ile karşılaştırıldığında hızı çok düşüktür (buharlaştırarak kaplama yönteminin %10'u kadar bir hızla) ve maliyeti de daha yüksektir (Sen ve Damewood, 2001; Siefert, 1993).

İletken mürekkep teknolojisi, farklı tekstil malzemeleri üzerinde elektriksel olarak iletken baskıların oluşturulabilmesi için geleneksel baskı mürekkeplerine, karbon, bakır, altın, gümüş, nikel gibi metallerin eklenmesine dayanmaktadır. Başlangıçta akıllı kartlar ve basılmış devre levhaları için geliştirilen iletken mürekkep teknolojisi günümüzde bilgisayarlar, iletişim, otomotiv, endüstriyel elektronikler, askeriye ve günlük hayatta kullanılan cihazlar için de kullanılmaktadır (Anderson ve Seyam, 2002). Ayrıca üretilen mürekkepler kullanılarak üretilen devre baskılı esnek tekstil ürünleri, eğilmeye ve yıkanmaya karşı dayanıklı ve kararlı olabilmektedir (Hummel, 2000; Xue, Tao, Leung ve Zhang, 2005). Gravür, fleksografik ve rotor baskı yöntemleri mürekkepleri taşıyıcı malzemeler üzerine basmak için kullanılmaktadır.

Ayrıca, geleneksel baskı yöntemlerinin, fazla iş gücü gereksinimi, desen değiştirme ve uygulama sırasında geçen zaman gibi dezavantajlarını (Miles, 1994) ortadan kaldıran dijital baskı yöntemi, desenlerin elektronik olarak aktarılmasını sağlayarak çok daha geniş yelpazede baskı yapılmasına ve üretim şeklinde esnekliğe olanak sağlamaktadır. Dijital baskı teknolojisi konusunda, uygun viskoziteli mürekkebin geliştirilmesi, mürekkep deposunda mürekkebin belirli aralıklarla çalkalanarak sabit bir iletkenliğin sağlanması, aynı miktarda mürekkebin sevk edilmesi ve desenin uygun şekilde kurutulması (Krebs ve diğer, 2009) gibi sorunlar konusunda çalışmalar devam etmektedir. Bu yöntem, tekstiller üzerine iletken mürekkep uygulamalarını oldukça geliştirmiştir (Xue Tao, Leung ve Zhang, 2005).

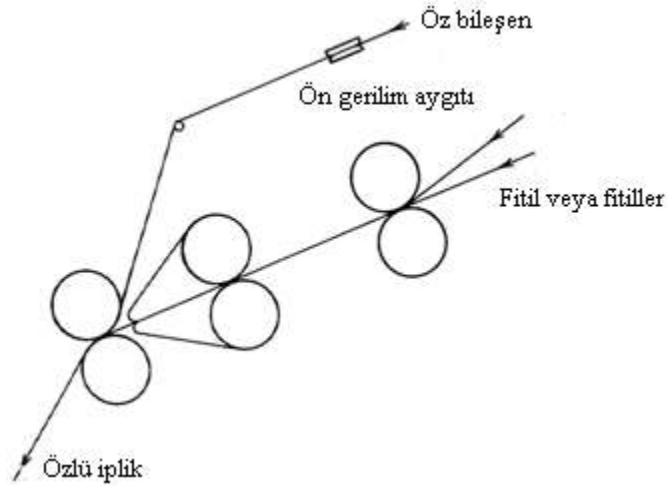
2.3.3 Elektriksel Olarak İletken İplikler

İletken filamentler, kesikli iletken lifler veya iletken lif veya tellerin iletken olmayan tekstil lifleri ile birlikte eğrilmesi ile iletken iplikler elde edilmektedir. Elde ediliş biçimlerine göre elektriksel iletken iplikler; özlü iplik, sarmalı iplik, biokomponent filamentlerden oluşan iplikler, şerit halindeki yapılar, kompozit iplikler, dekoratif amaçlı kullanılan iplikler ve iplikleri iletken yapmak için ilave metotlar kullanarak oluşan iplikler olmak üzere sıralanmaktadır. Oluşturulan iletken iplik yapıları iletken olmayan tekstil iplikleri ile kullanılarak iletken kumaş yapıları oluşturabilir, amaca yönelik kullanıma hazır hale getirilebilir olmaktadır.

2.3.3.1 Özlü iplikler

Özlü iplikler, iç kısımda bulunan öz ve onu çevreleyen manto olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. İki bileşen ring iplik makinesinde birleşerek, kompozit iplik yapısı elde edilir (Goswami, Martindale ve Scardino, 1977). Genel olarak, Özlü iplikler, düşük mukavemetli ve yumuşak manto iplik ile sarılır ve özde yüksek mukavemetli kesiksiz filament kullanılmaktadır (Adanur, 1995). Ring iplik makinesinde mantoyu oluşturacak olan fitil iki çekim silindiri arasından geçtikten sonra öz ile karşılaşır. Öz, sisteme malzeme ön silindire girmeden hemen önce beslenir. Öz, fitil ile temas ettiği anda birlikte bükülür ve öz fitil tarafından sarılır. Bir yerine iki fitil kullanılması daha tamamlayıcı ve düzgün bir manto yapısı oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 2.11) (Goswami, Martindale ve Scardino, 1977).

İpliğin bükülebilirliğinin sürdürülmesi için esnek veya ince metal kullanılması gerekmektedir (Anderson ve Seyam, 2002). Özlü iplikler, ring iplik makinesi dışında friksiyon iplik makinesi ile de üretilebilmektedir. Friksiyon özlü iplik eğirme sisteminde, özde bulunan filament eğirme işlemi sırasında büküm almamaktadır. Delikli eğirme silindirleri tarafından sağlanan hava emişi sayesinde, açıcı silindir tarafından açılan manto lifleri, eğirme silindirinin yüzeyine tutunur. Eğirme silindirlerinin dönüşü ile sağlanan sürtünme sonucunda, mantodaki lifler özdeki filament etrafında tur atar ve özlü iplik yapısı oluşur. Eğirme silindirinin devir sayısı, mantodaki liflerin öz etrafına sarım kuvvetini, hava emiş basınç miktarı ise lif ile eğirme silindiri arasındaki kayma miktarını değiştirmektedir (Aydogmus ve Behery, 1999).

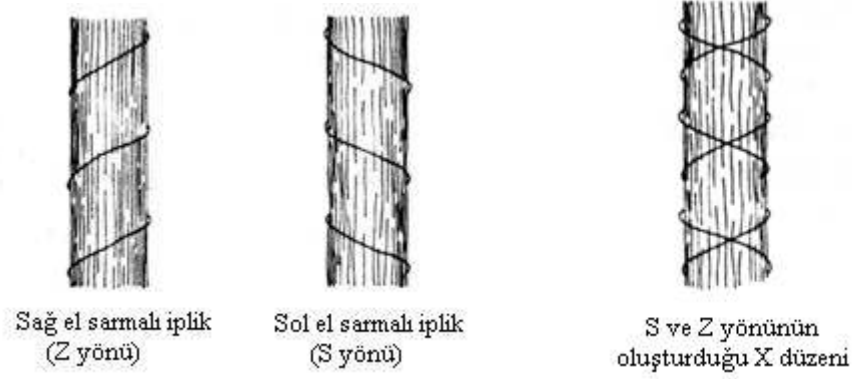


Şekil 2.11 Özlü iplik üretim prosesi. (Goswami, Martindale ve Scardino, 1977)

2.3.3.2 Sarmalı İplikler

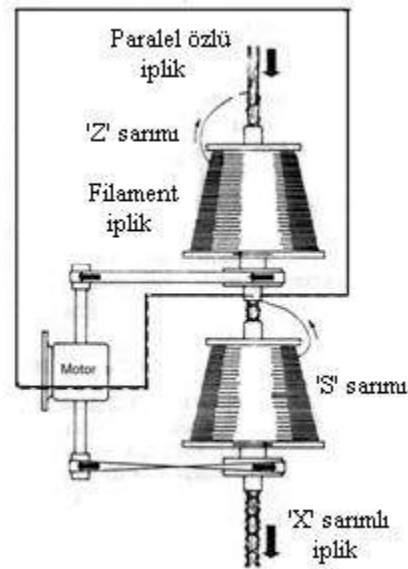
Metalik iplikler, iletken olmayan bir ipliğin bakır, gümüş veya altın tel veya folyo gibi metalik bir malzeme ile birlikte sarılmasıyla elde edilebilmekte ve ayrıca iletken tekstillerin üretilmesinde kullanılabilmektedir (Post, Orth, Russo ve Gershenfeld, 2000; Orth ve Post, 1997). Monofilament ya da multifilament sarılabilen sarmalı iplikler, sağ el yönü (Z) veya sol el yönü (S) ile sarılmaktadır. Sarmalı iplikler, özlü ipliklere göre üretim şartlarında daha avantajlıdır ve kumaş oluşumunda daha fazla tercih edilmektedir. Daha az tüylü yapıya sahip olan sarmalı iplikler, kumaşta çözgü olarak kullanıldıklarında haşıl işlemini ortadan kaldıracıcağı için üretimde tercih sebebi olmuştur. 1980' li yılların ortalarında 'S' ve 'Z' sarmalı ipliklerden daha iyi

mukavemet ve uzama özelliklerine sahip ‘X’ sarmalı iplikler üretilmiştir (Şekil 2.12) (Lous ve Salaun, 1986).



Şekil 2.12 Z, S ve X yönünde sarılmış iplik örnekleri. (Lous ve Salaun, 1986)

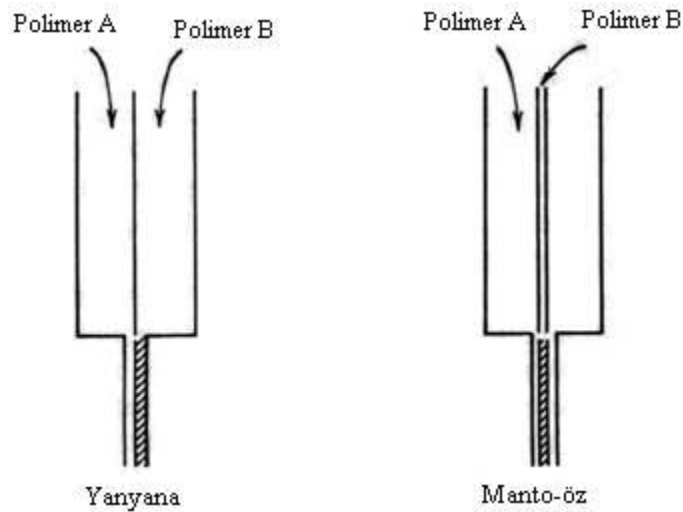
‘X’ sarmalı ipliğin üretimi için, Lous ve Salaun (1986) tarafından ring iplik makinesine entegre edilebilen bir aparat geliştirilmiştir. Bu aparat sayesinde, iplik önce ‘S’ yönünde öz etrafında sarılmış, daha sonra motorun tersi hareketi ile ‘Z’ yönünde sarılma yapılmıştır. Bu şekilde ‘Z’ ve ‘S’ sarılmalar ‘X’ sarılma düzenini oluşturmuştur (Şekil 2.13) (Lous ve Salaun, 1986).



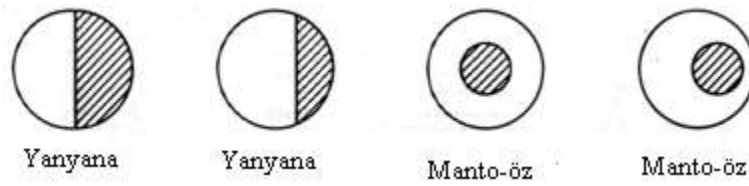
Şekil 2.13 Aparat yardımıyla ‘X’ sarımlı iplik üretimi (Lous ve Salaun, 1986)

2.3.3.3 Bikomponent Filamentlerden Oluşan İplikler

İsminde belirtildiği gibi, bikomponent iplikler, iki bileşenden oluşmaktadırlar. Özlü iplikler ile aynı görünüme sahip olmalarına rağmen, farklı metotlar ile üretilmektedirler. İlk olarak yün ipliklerinden esinlenerek üretilmiş ve kıvrılma özelliği sağlanmış olan bikomponent iplikler, sıcaklığa karşı yalıtkan ve hacimli yapıdadırlar (Goswami, Martindale ve Scardino, 1977). Başarılı bir şekilde bikomponent iplik üretimi sağlayabilmek için, iki bileşenin yüzeye yeterince bağlanması ve çözelti ve eriyiklerin viskozitesinin uyumlu olması önemli bir husustur (Piler ve İng, 1973). Ayrıca iplik oluşumundan sonra, iki bileşenin birbirine güçlü olarak bağlı olması gereklidir. İki farklı polimer özütlemeye noktasında iplik borusuna dahil edilir, böylece yan yana veya öz-manto bikomponent iplikler (Şekil 2.14) oluşmaktadır. İplik borusu dizilişi toplanınca, çeşitli formlarda kesit alanlar (Şekil 2.15) oluşmaktadır. Kesit alanının biçiminin üretilmesi istenilen son duruma göre ayarlanabilmektedir (Goswami, Martindale ve Scardino, 1977).



Şekil 2.14 Yan yana bikomponent iplik ve manto-öz bikomponent iplik üretim prensibi
(Goswami, Martindale ve Scardino, 1977).

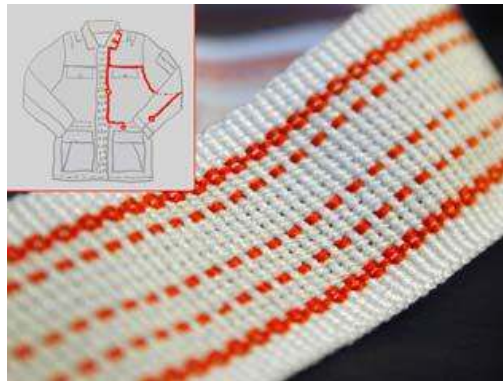


Şekil 2.15 Bikomponent ipliklerin farklı kesit alanlardaki biçimleri
(Goswami, Martindale ve Scardino, 1977).

Elektriksel iletken bikomponent iplik üretmek için, öz veya manto kısmına elektriksel iletken karbon tozu veya sentetik polimerler eklenmektedir (Noyes data corporation, 1980). Karbondan farklı olarak, metal oksitler, yüksek iletkenlik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Elektriksel iletken bikomponent iplik üretiminin bir diğer yolu ise, bikomponent iplik yapısının mantosunun içine metal oksit ilave etmek ve ipliğin özündeki metal bileşeni yüksek oranda kullanmaktır (Holme, McIntry ve Shen, 1998).

2.3.3.4 Şerit Halindeki Yapılar

Kumaş üretiminin kullanılan en eski formlarından olan şeritleme, ipliklerin çapraz olarak birbirine geçmesiyle oluşmaktadır (Adanur, 1995). Şerit halindeki yapılar iki boyutlu ya da üç boyutlu olarak üretilmektedir. Elektriksel iletken şerit yapıları (Şekil 2.16), esnek metalin iplik ile yer değiştirmesi ve elektriksel iletken materyalin iplik ile örme sırasında farklı pozisyonlarda kullanılması ile elde edilmektedir (Seyam ve Anderson, 2002).



Şekil 2.16 Ceket içine entegre edilmiş iletken şerit örneği (Chr. Dalsgaard Project Development ApS)

2.3.3.5. Kompozit iplikler

İplikler büküldükten sonra, kablo formu ile bükülmeleri ile oluşan yapılardır. Elektriksel iletken kompozit iplikler, çeşitli iplik formlarında klasik tekstil iplikleri ile yer değiştirmektedirler (Seyam ve Anderson, 2002).

2.3.3.6 Dekoratif Amaçlı Kullanılan İplikler

Genelde görsel amaçlı kullanılan bu iplik yapıları, periyodik efekt yaratmak için filament ve stapel ipliklerin düzensiz bükülmesi ile oluşmaktadır. Esnek iletken metal veya ipliğin ilave edilmesi ile elektriksel iletken davranış özelliği sağlanmaktadır. Dekoratif amaçlı iplikler, bu yolla, istenildiği takdirde elektriksel iletken iplik özelliği için kullanılmaktadır (Goswami, Martindale ve Scardino, 1977).

2.3.4 Elektriksel Olarak İletken Kumaşlar

İletken kumaşlar, yapılarında iletken ipliklerin veya tellerin kullanılması ile ya da kumaşın iletken malzemelerle kaplanması veya muamele edilmesi ile elde edilmektedir. İlk bilinen iletken kumaş çözgü olan ipek ipliği ile ince bakır folyo olarak sarılmış atkı ipliğinden oluşmuştur. Bu yüksek iletkenliğe sahip kumaş, aynı zamanda yüksek gerilme kuvveti ve sıcaklık dayanımına sahip olmuştur (Clevertex, n.d).

Bu özelliklerinin yanı sıra, metal iplik içeren kumaşlar ‘altın görünümü’ olarak adlandırılmış ve 1920 ve 1930lu yıllarda kilise giysilerinde yer almıştır. 1950li yıllara gelindiğinde metal iplik içeren kumaşlar görünümleri sayesinde pazara girmiş ve yüksek talepler ile karşılaşmıştır. 1990ların ortalarında ise, moda amaçlı kullanımlar için ipek ve çelik ipliklerden oluşan kumaşlar, İsveç firması olan Jakob Schlaepfer tarafından ticari piyasaya kazandırılmıştır (Jakob Schlaepfer; Braddock ve O’ Mahony, 1999).

Elektriksel iletken kumaşlar farklı uygulamalarda kullanılmış, teknolojik gelişmelerin hızla artmasına olanak tanımıştır. Tekstil ürünlerine karmaşık elektronik yapıların entegre edilmesi ve yarı iletken tekstil ürünlerini ortaya çıkarmaktadır. Ürünler duyu yeteneğine dayandığı için gelişebilirliği, farklı tipteki dışsal

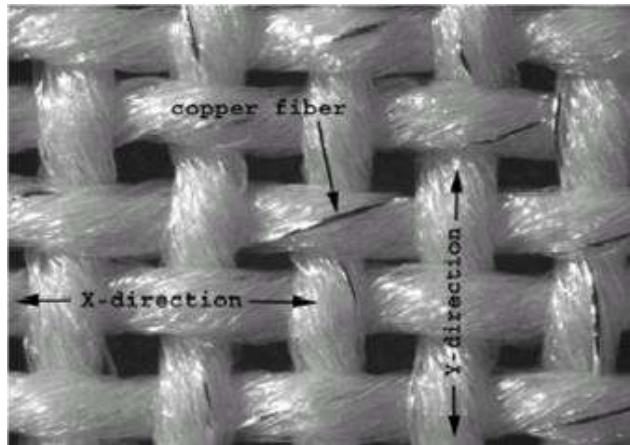
uyarıcılarla cevaplanma ve ayarlanma imkanı sağlayabilmektedir. Yarı iletken kumaşların, karbon veya metal tuzların örme, dokuma ya da dokusuz yüzeye emdirilmesiyle üretimi oldukça yaygındır. Karmaşık iletken kumaşlar, aktif olarak algılama yapabilen, baskı, sıcaklık gibi uyarıcılara karşılık verebilen, akıllı tekstiller olarak adlandırılan çok fonksiyonel tasarımlardır (Anderson ve Seyam, 2002).

İletken kumaşların üretimi için, iletken iplikler veya teller ile örme veya dokuma yöntemi, kumaş üzerine elektriksiz kaplama, püskürtme ile kaplama, buharlaştırma birikimi, metal kullanılarak klasik teknik ile kumaş kaplama ve iletken polimerler ile kumaş yüzeyini kaplama gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır.

2.3.4.1 İletken İplikler Veya Teller İlave Edilmesi

Kullanılan metal teller kumaşta, iki farklı iplik yönüne sarılabileceği gibi, iletken iplik formunda dokunma ya da örme yoluyla kumaş yüzeyi oluşturulabilir. Oluşturulan elektriksel iletken kumaş yapıları giyime uygun ve yumuşak olmalıdır (Clevertex, n.d).

Doğal veya sentetik tekstil iplikleri metal teller yardımıyla dokuma ya da örme tekstil yüzeyi oluşturabilirler. (Şekil 2.17) Kullanılan metal teller, kullanım amacına yönelik olarak, bakır, paslanmaz çelik, alüminyum, nikel ve benzeri alaşımlardan oluşmaktadır.



Şekil 2.17 Polyester ipliklerinden oluşan bakır tel içeren iletken kumaş (Cottet, Gryzb, Kirstein, Troester, 2003)

2.3.4.2 Elektriksiz Kaplama

Elektriksiz kaplama, yaygın olarak, yalıtkanlar, yarı iletkenler ve metallerin yüzeyi modifiye edilerek kullanılmaktadır (Vaskelis, 1991). Bu yöntem, naylon, selüloz, polyester ve akrilik içeren farklı tiplerdeki liflerin kaplanması için kullanılmaktadır (Holme, McIntry ve Shen, 1998). Kullanılan on iki farklı metal tipinin içerisinde en çok nikel ve bakır ile çalışılmaktadır. Bunun nedeni, nikel ve bakırın, metalden daha kolay biçimde kumaş yüzeyine yapışabilme yetenekleridir. Elektriksiz kaplama, kaplama çözeltisinin sabit olması, altyapısında birikmesi, kaplama kalınlığının değişmez olması, kaplamanın iyi derecede mekaniksel, manyetik ve kimyasal özelliklere sahip olması ve önceden işlenmiş altyapının basit olarak elektriksiz kaplama çözeltisine daldırılabilmesi gibi avantajlara sahip bir yöntemdir (Vaskelis, 1991).

2.3.4.3 Püskürtme İşlemi

Püskürtme işlemi, hedef(katot) ve altyapı(anot) kaplanması için sağlanan vakum odasından oluşmaktadır. Elektrik potansiyeli hedef ve altyapı arasında uygulanmaktadır. Hedef ve altyapı arasındaki elektrik potansiyeli, iki elektrot arasında plazma olarak bilinen düşük ısıtlı deşarj üretmektedir (Vaskelis, 1991). Isıtlı deşarj, serbest elektronlardan, nötr parçacıklardan ve pozitif şarjlı argon atomlarından oluşmaktadır. Plazma ile pozitif iyonlar hedefe doğru hızlanır ve gaz fazının içine hedef atomları fırlatılır. Fırlatılan atomlar, altyapıda yüksek hıza ulaşırlar ve yoğunlaşarak, ince bir tabaka haline gelmektedir (Siefert, 1993). Yoğunlaşan atomların yüksek hızı sonucu, altyapı ile metal arasında iyi bir adezyon kuvveti sağlanmaktadır. Püskürtme işleminin sağladığı bu iyi derecedeki adezyon kuvveti, birçok metal ve kaplamalar için kullanılması ve kaplama kalınlığının sabit olması yöntemin avantajları olarak değerlendirilmektedir. Bu avantajların dışında, temel dezavantajı, işlemin yavaş olmasına sebep olan düşük birikim oranı olmaktadır (Smith, 1988).

Bu yöntemle üretilen kumaşlar bilgisayarlar için EMI (elektromanyetik geçirim) kalkanlamada, diğer elektronik donanımlarda ve uzay endüstrisinde kullanım için kompozit kumaş yapılarında kullanılmaktadır (Smith, 1988).

2.3.4.4 Buharlaştırma Birikimi Yöntemi

Buharlaştırma birikimi yöntemi, vakum odası içinde uygulanmaktadır. Sıcaklık ile ısınan metal, buhar oranını maksimuma çıkarmaktadır. Kumaş, su soğutmalı tamburun üzerinden geçer ve bu noktada erimiş metalin buharına maruz kalmaktadır. Yüksek iletkenlik talep edildiğinde, genellikle alüminyum metali kullanılmaktadır (Smith, 1988).

Metalle kaplanmış kumaşların birçoğu, geniş kullanım alanının otürü, buharlaştırma birikimi yöntemi ile üretilmiştir. Kaplanmış perdeler en çok uygulanan ticari ürün olarak görülmektedir. Kaplanmış perdeler, dekoratif amaçlarının dışında, pencereyi kaplayarak enerjiyi muhafaza etme işleminde de kullanılmaktadır. Bunun dışında EMI (elektromanyetik geçirim) kalkanlaması, basınca hassas etiketler, şişme yapılar ve güneşten koruyucu gölgelik formu gibi çeşitli ticari uygulamalar da mevcuttur (Smith, 1988).

2.3.4.5 Metal Kullanarak Klasik Teknik İle Kumaş Kaplama

Metalle kaplanmış kumaş, kaplama maddesine %60- 70 alüminyum ilave edilerek üretilmektedir. Kaplama talep edilen kalınlık ve özellik için bir yada birkaç defa uygulanabilmektedir. Kaplanmış kumaş, kaplama ile kumaş arasında iyi adezyon kuvveti, esneklik, aşınma ve kimyasal dayanıma sahiptir. Metalle kaplanmış kumaş, çeşitli metotlarla üretilebilir ve ütü masası örtüsü ve koruyucu giysiler gibi çeşitli kullanım alanlarına sahiptir (Smith, 1988).

2.3.4.6 İletken Polimerler İle Kumaş Yüzeyini Kaplama

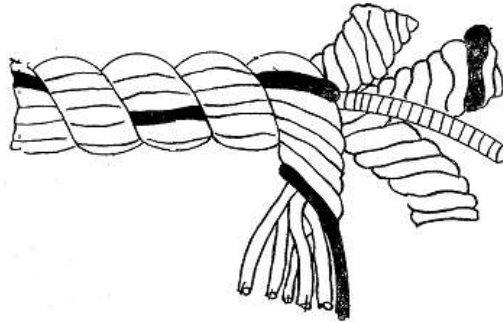
Doğal iletken polimerler (ICP) olarak bilinen elektriksel iletken yüksek birleşmiş polimerler ilk olarak 1970lerin sonunda üretilmiştir (Moulton ve Smith, 1998). Tüm doğal iletken polimerler (ICP) değişen tek ve çift bağlardan oluşmaktadır. Doğal iletken polimerlere, (ICP) anyon ve katyon olarak bilinen hareketli yük taşıyıcının ilavesi tarafından azaltılarak ya da oksitlenerek katkılama yapılabilmektedir. Katkılamadan sonra, tek elektronlar taşınabilir ve bu hareketli elektronlar polimerlere gerçek elektriksel iletkenlik vermektedirler (Jolly, Petrescu, Thieblemont, Marechal ve Menneteau, 1994).

İletken polimerler ile kumaş yüzeyini kaplama yöntemi, temas ederek veya ısı yayarak kullanılan ısıtıcı sistemlerde kullanılmaktadır. Bu ısıtıcı sistemler normalde sert dirence sahip tellerden oluşmaktadır. Fakat iletken polimerler ile elde edilen iletken tekstil ısıtıcıları kumaş yüzeyinin tümünün ısınmasını sağlamaları dışında, daha ince esnek ve güvenilir yapılardan oluşmaktadır. İletken polimerler ile kaplanana tekstil yapıları, araba koltukları, yataklar, koruyucu pedler, battaniyeler ve giysilerde kullanılmaktadır. İletken polimerler ile kaplama işleminin ardından güç kaynağı ile ısıtıcı aygıt birleştirilerek düzenek amaca uygun olarak kurulmalıdır (Kuhn ve Andrew, 1998).

2.4 İletken İplik Ve Kumaş Üretimi Konusunda Çalışmalar

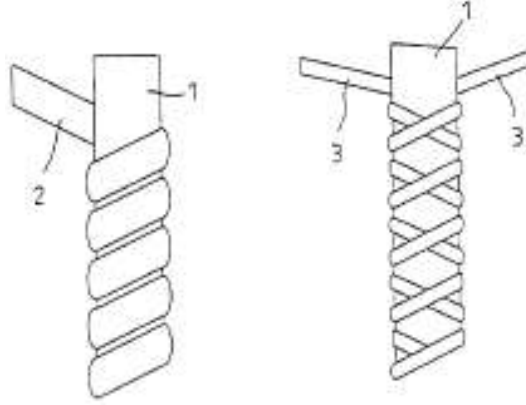
Bu bölümde, ağırlıklı olarak elektriksel iletken iplik olmak üzere, elektriksel iletken iplik ve kumaş üretimi yapılmış çalışmalar anlatılmıştır.

Bramley (1966), patent çalışmasında, hafif ve yüksek mukavemetli elektriksel olarak iletken bir malzeme (halat) üretilmesini amaçlamıştır. Üretilen iletken halat, elektrikli çit olarak başboş ahır hayvanlarının veya yabani hayvanların belirli bir alandan diğer alana geçmelerini engellemek için kullanılmaya uygundur. Ayrıca kuşların hareketini kontrol etmek için ve onların pencere önlerine veya bina korkuluklarına konmalarını önlemek için kullanılmaya uygun olduğu da belirtilmiştir. Şekil 2.18’de sunulan halat, birlikte bükülmüş çok sayıda iplikten oluşmaktadır. Her bir iplik belirli sayıda filament içermektedir. Bu filamentlerin en az bir tanesi iletken ve en az bir tanesi yalıtkan olabilir. Metalik iletken filament, ipliğe verilecek bükümün miktarıyla tespit edilen aralıklarda yüzeyde yer alacak şekilde her bir iplik birlikte bükülmüştür (Bramley, 1966).



Şekil 2.18 İletken halat (Bramley, 1966)

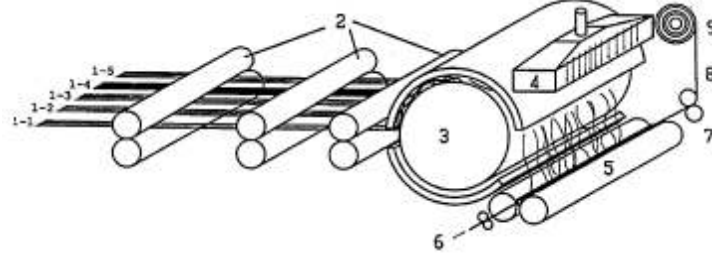
Watson patent çalışmasında (1999), bükümlü veya bükümsüz liflerden oluşan özün etrafına bir filamentin sarılması ile elde edilen iletken ipliği açıklamaktadır. Sarıcı iplik, tek filament veya çoklu filament olabilir. Sargılı iplik, bilinen ring ipliklere göre daha yüksek üretim hızında üretilebilir ve daha az tüylüdür. Patente belirtilen iletken iplikte polyester öz, 2 adet çelik filamentle Z yönünde, 2 adet çelik filamentle de S yönünde sarılmıştır (Watson, 1999). Chiou ve arkadaşlarının (1999) yaptıkları patent çalışmasında iletken iplik üretimi, 1–2 mm civarında kalınlığa sahip metal bir katmanın iplik etrafına sarılmasıyla iletkenlik özelliği kazandırılmasına dayanmıştır. İki adet iletken metal (paslanmaz çelik) telin, iletken olmayan iplik etrafında karşılıklı sarılması sonucu iyi iletkenliğe ve mukavemete sahip bir tekstil yüzeyi elde edilmiştir (Şekil 2.19). Bu yöntemde oluşan iletken özellikteki tekstil yapısının üretim maliyetlerinin düşük olması, klasik iletken bir kumaşa göre daha yüksek mukavemet değerine sahip olması, yüksek rijitliğe ve sıklık derecesine sahip olması gibi avantajları bulunmaktadır (Chiou, Chiu, Liu ve Wu, 1999).



Şekil 2.19 Bilinen iletken iplik yapısı (solda)
ve iletken ipliğin karşılıklı sarılmasıyla
oluşan iplik yapısı (sağda)
(Chiou, Chiu, Liu ve Wu, 1999)

Ueng ve Cheng (2001), açık uç friksiyon özlü ipliği eğirme yöntemi (Şekil 2.20) geliştirmişler ve bu iplikler kullanılarak statik elektrikten ve elektromanyetik etkilerden korunmak için iletken bir kumaş geliştirilmesi üzerine çalışmışlardır. İplik makinesinde, ürün maliyetini düşürmek için paslanmaz çelik öz ve polyester ile paslanmaz çelik kesikli lifleri kılıfta kullanılarak özlü iplik üretimi yapılmıştır. Daha sonra, iplikler yarı otomatik dokuma tezgahında 2/2 dimi ve 4lü çözgü sateni

yapılarında tek veya katlı ipliklerden dokunmuştur. Kumaş tipi, kumaş sıklığı, iletken dolgu miktarının elektromanyetik koruma etkinliği ve statik elektrik boşalmasını azaltma konusunda etkili olduğu bulunmuştur (Ueng ve Cheng, 2001).



Şekil 2.20 DREF III, açık uç friksiyon eğirme yöntemi: 1-1, 1-3, 1-5 kesikli liflerden oluşan kılıf tülbent, 1-2, 1-4: kesikli paslanmaz çelik liflerinden oluşan kılıf tülbent, 2:Çekim ünitesi, 3: taraklama tamburu, 4:Sıkıştırılmış hava, 5:Sürtünme tamburu, 6: Paslanmaz çelik telle öz besleme, 7:Çekme silindiri, 8: açık uç friksiyon özlü ipliği, 9: Sarım silindiri (Ueng ve Cheng, 2001)

Cheng ve arkadaşları (2003), yaptıkları çalışmada, açık uç friksiyon eğirme prosesi süresince, açık uç friksiyon ipliği ve sürtünme tamburunun iplik büküm bölgesi ile kombine olan paslanmaz çelik telden (öz) oluşturulan iletken açık uç friksiyon özlü ipliği için üretim metodu sunmuşlardır. Çelik telin dokunması, malzeme maliyetinin düşürülmesi, paslanmaz çelik (kılıf), kevlar veya viskon (öz) kesikli lif ve paslanmaz çelik tel (öz), DREF III, açık uç friksiyon eğirme yöntemi kullanılarak açık uç friksiyon özlü ipliği oluşturmak için bir araya getirilmiştir. Üretilen düşük maliyetli ve istenilen derecede elektromanyetik koruma sağlayacak iletken kumaşın dökümlülüğü ve üretim aşamaları da geliştirilmiştir. İletken açık uç friksiyon özlü ipliğinin üretimi için, bükümlü paslanmaz çelik kesikli lifler, paslanmaz çelik tel veya bakır tel ve aleve dayanıklı viskon veya kevlar kesikli lifler kullanılmıştır. Elektromanyetik korunma verimliliği için ise yarı-otomatik dokuma makinesinde, farklı karışım oranlarında üretilen açık uç friksiyon özlü ipliği kullanılarak bezayağı, 2/2 dimi ve 4lü çözgü sateni kumaşlar üretilmiştir. 2100 MHz in altındaki frekanslarda, iletken dolgu içeriğiyle dokuma kumaşın elektromanyetik koruma verimliliği artmaktadır. Ayrıca, tüm frekanslarda atkı ve çözgü sıklığının arttırılması da olumlu etki göstermektedir. Anlık frekansın arttırılmasıyla dokuma

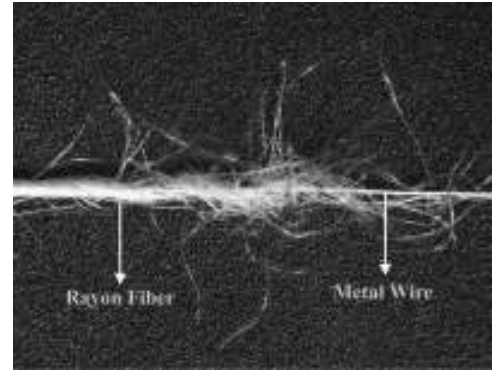
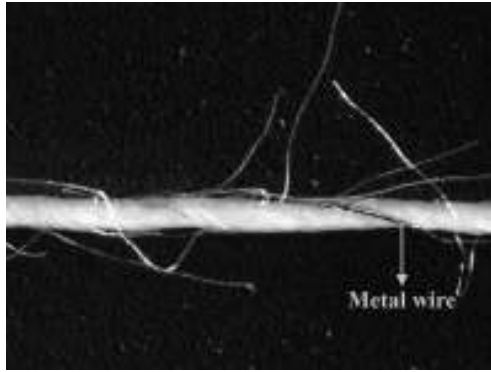
kumaşın elektromanyetik koruma verimliliği de artmaktadır. Aynı iletken dolgu ile viskon kullanılan kumaş, kevlar kullanılan kumaşa nazaran daha yüksek elektromanyetik koruma verimliliği göstermiştir (Cheng, K.B, Cheng, T.W, Lee, Ueng ve Hsing, 2003). Lin ve Lou (2003) ile Su ve Chern (2004) karmaşık dokuma kumaşlar üretmek için paslanmaz çelik kesikli lif veya filamentleri karmaşık iplikler elde etmek için kullanmışlardır (Su ve Chern, 2004). Lin ve Lou (2003) yeni bir rotor bükücüsü kullanarak paslanmaz çelik filamentler, polipropilen dokusuz yüzey şeritler ve takviye filamentleri üretmek için kullanılmıştır. Kancalı dokuma makinesinde, bu iplikler kullanılarak karmaşık kumaşlar dokunmuştur. Farklı sürelerde, lamine edilmiş termoplastik yapıların elektriksel özellikleri ölçülmüştür. Lamine edilmiş karmaşık yapılar içerisindeki çelik filament oranı ağırlık olarak % 3.65–4.89'dur. Malzemelerin koruma verimi, 30 – 60 dB arasında elde edilmiş ve elektromanyetik koruma amaçlı ürünlerde kullanılmak üzere yeterli bulunmuştur (Lin ve Lou, 2003).

Lou (2005) tarafından yapılan araştırmada, öz kısmında metal tel kullanılarak ring iplik makinesinde iplik üretimi yapılmıştır. Bakır ve paslanmaz çelik materyaller öz olarak değerlendirilmiş, arka silindirden beslenen %100 viskon ve polyester/viskon karışımı fitil kaplama (manto) materyalleri olarak kullanılmıştır. Bilinen ring iplik üretimine benzer bir şekilde, eğirme işlemi gerçekleştirilmiş ve metal tel, kılavuzdan geçirilerek ön silindirlerden beslenmiştir. Öz malzemeleri, fitil malzemeleri, büküm seviyesi ve elde edilen ipliğin numarası gibi çeşitli parametreler değiştirilerek özlü ipliğin tüylülüğü ve mukavemetinin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. Özlü iplik üretilirken, öz materyalin olduğu bölgenin merkezine beslenmeli ve fitil iyi sarma ve eğirme efekti ile üretime hazırlanmalıdır. Kılavuzlar, öz materyale düzenli olarak besleme yapmalıdırlar. Kılavuz mekanizması tarafından beslenen özlü iplik, 50°, 70° ve 90° olan üç besleme açısı ile beslendiğinde silindirlere temas ettiği durumda ipliğin en yüksek mukavemetine ulaştığı olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2.21). Viskon ve polyester/viskonun fitil, bakır ve paslanmaz çelik telin öz olarak kullanıldığı (Şekil 2.22), iletken özlü ipliğin, mukavemetinin, kaplama malzemesinin numarası Ne15 iken (11~22 CN/tex değerleri arasında) en yüksek olduğu görülmüştür. Büküm seviyesi artmasıyla tüylülüğün azalmış, viskon ve polyester/viskon karışımının karşılaştırılması sonucu, viskondan yapılmış hibrit

ipliklerin tüylülüğünün %50 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen iletken özlü ipliklerden kumaş yüzeyi oluşturulabileceği ve statik elektriklenmeyi engelleyici, azaltıcı ve elektromanyetik dalgalardan koruyucu tekstillerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Lou, 2005).



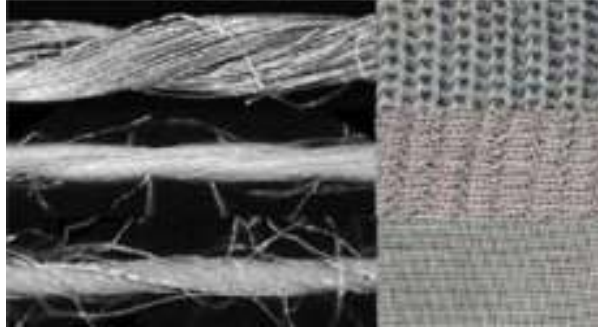
Şekil 2.21 Modifiye edilmiş ring iplik makinasında, fitil ve metal telin özlü iplik eğirme sistemi mekanizmasındaki işlevini gösteren diyagram (Lou, 2005)



Şekil 2.22 Metal telin fitilin dışından (soldan) ve ortasından (sağdan) beslendiği iplik görünimleri (Lou, 2005)

Rattfalt ve Linden (2007) tarafından yapılan çalışmada tekstil elektrotlarının yapılarından kaynaklanan davranışlar ele alınmıştır. Çalışmada, örnek olarak alınan üç elektrot, elektrot empedans ve polarizasyon potansiyeli açılarından test edilmişlerdir. Birinci iplik, %100 paslanmaz çelik ve birinci elektrot süprem örgü kumaştır. İkinci iplik, %20 paslanmaz çelik, %80 polyesterden oluşan kesikli lif

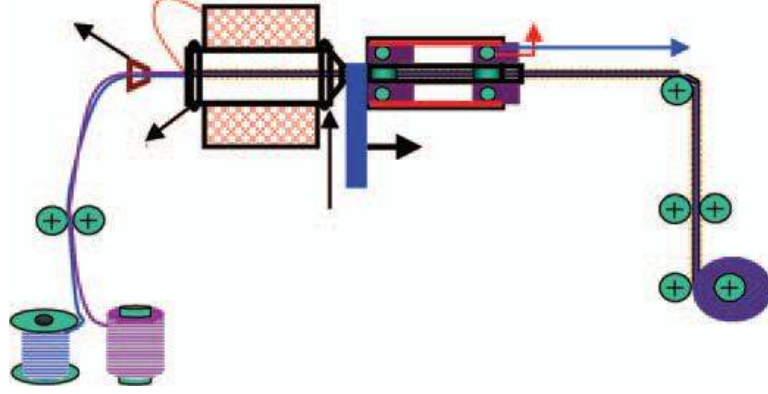
ipliği ve ikinci elektrot örme kumaştır (Şekil 2.23). Üçüncü iplik özü polyester liflerinden oluşan ve gümüş kaplı bakır bir mono filamentin bu özün etrafına sarıldığı bir iplik, elektrotu ise dokuma kumaştır. Birinci çoklu filamentten oluşmuş iplik, düşük iplik direnci nedeniyle uygun olmasına rağmen, bu ipliklerden örme kumaşlar elde edildiğinde, kesikli lif ipliği (ikinci) daha iyi değerinde elektrot empedansına sahip olmaktadır. Çoklu filamentten oluşmuş iplik, daha düşük polarizasyon potansiyel çekimine sahip olmuştur. Üçüncü monofilament iplik ise yüksek elektrot empedansına sahiptir ve iletken materyal ve cilt ile küçük temas alanları nedeniyle değişen ortalama polarizasyon potansiyeline sahip olmaktadır. Düşük frekanslar için empedanstaki büyük varyasyonlar sıcaklık, nem, kirlilik gibi faktörlerden etkilenmektedir. Üçüncü elektrot için, empedansı daha yüksek ve değişken polarizasyon potansiyeline sahip olmuştur. Sonuç olarak araştırmacılar, tekstil elektrotlarının performanslarının üretim tekniklerine göre değiştiğini bulmuşlardır (Rattfalt ve Linden, 2007).



Şekil 2.23 Üç iplik örneği. (en üstteki 1, altındaki 2, en alttaki 3) (Rattfalt ve Linden, 2007)

Chen ve arkadaşları (2008) örme ve dokuma işleminde kullanılmak üzere iletken hibrit iplikler üretmişlerdir. Bakır tel ve polyamid filament öz iplik olarak, paslanmaz çelik tel ise sarıcı iplik olarak örme yapının ilmek ipliklerini oluşturmak için kullanılmıştır. Dokusuz yüzey kenarlar öz iplik olarak ve iletken tel sargı ipliği olarak atkı yatırılmış iplik elde etmek için kullanılmıştır. Rotor bükücü (Şekil 2.24) ile bir dizi iletken hibrit iplik imal etmiştir. Hem örme hem dokumayı birlikte yapan makine, iletken hibrit iplikler kullanarak iletken dokuma-örme kumaşları başarılı şekilde üretmiştir. Bakır tel ve çelik tel, hibrit ipliğin iletken malzemelerini

oluşturmuştur. İletken dokuma-örme kumaşlar (Şekil 2.25), farklı açılarda dört ve altı kat olmak üzere lamine edilmiştir. Malzemelerin yüzey özgül direnci, elektromanyetik koruma etkinliği ve statik elektrik yük boşalımı araştırılmıştır (Chen, Lin ve Lee, 2008).



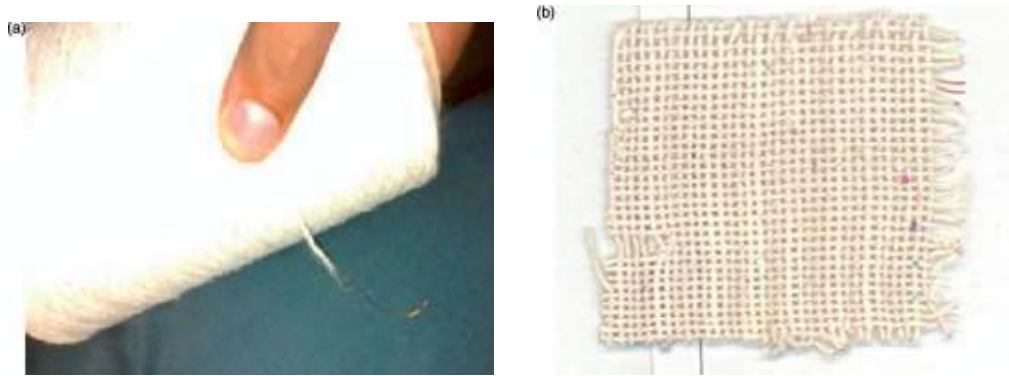
Şekil 2.24 Rotor bükücünün diyagramı (Chen, Lin ve Lee, 2008)



Şekil 2.25 Dokuma-örme kumaş diyagramı
(Chen, Lin ve Lee, 2008)

Ramachandran ve Vigneswaran (2009), çalışmalarında, öz-mantodan oluşan iletken ipliklerin tasarlanması ve geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Dref-3 friksiyon iplik eğirme sisteminde öz olarak bakır filament manto olarak pamuk kullanılmıştır. Özel kılavuz mekanizması iletken özlü iplik yapısı oluşturmak için tasarlanmış ve kullanılmıştır. 67/33, 80/20 ve 90/10 olmak üzere üç farklı öz/manto oranı kullanılmış ve taraklanmış pamuk şeridinin öz komponenti sarması için beslendiği ikinci çekim birimindeki çekim değiştirilmiştir. İletken ipliğin, iplik lineer yoğunluğu

328 tex olmuştur ve öz, tüm iplik tipleri için 261 tex olarak sabit tutulmuştur. İletken ipliklerin elektriksel özellikleri üç farklı voltaj (6 V, 12 V ve 24 V) uygulanarak çalışılmıştır. İletken özlü ipliklerin, 3–28 MΩ arasında değişen çok düşük dirence sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen iplikler ile bakır özlü iletken kumaş yapısı oluşturulmuştur (Şekil 2.26) (Ramachandran ve Vigneswaran, 2009).

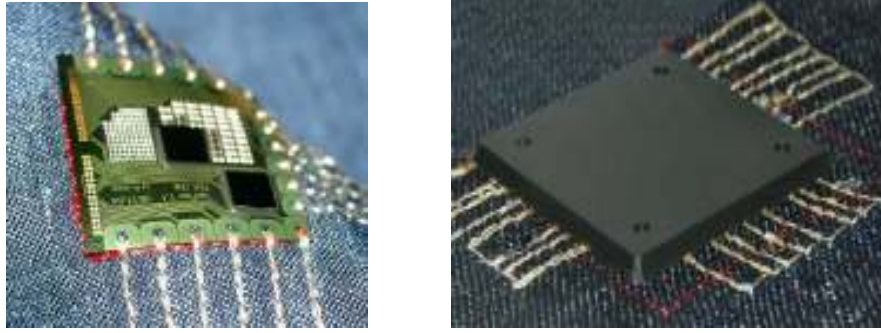


Şekil 2.26 Bakır özlü iletken iplik. (a) ve atkı ve çözgüsünde bakır özlü iletken iplik içeren bakır özlü iletken kumaş (b) (Ramachandran ve Vigneswaran, 2009)

Perumalraj ve Dasaradan (2009) bakır özlü ipliklerden üretilen örme kumaşların elektromanyetik koruma verimliliğini (20–18000 MHz frekans aralığında) araştırmışlardır. 0,1, 0,11 ve 0,12 mm çaplarındaki bakır iletken teller dolgu olarak seçilmiştir. Pamuk lifi kap malzemesi olarak kullanılmıştır. Ring iplik makinasına, öz eklenerek farklı iletken bakır özlü iplikler elde edilmiştir. Bu iplikler kullanılarak süprem, rib ve interlok örme kumaşlar üretilmiştir. İlmek sıra sıklığı, ilmek çubuğu sıklığı ve örme sıklık faktörü arttıkça, koruma etkinliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Bakır telin çapı arttıkça ise koruma etkinliğinin düştüğü gözlenmiştir (Perumalraj ve Dasaradan, 2009a).

Akıllı elektronik tekstillerin üretilmesinde kullanılan iletken dikiş iplikleri, iletken ipliklere göre daha ince ve mukavemetli olup dikişlerin yerlerinin ayarlanması ile kontrollü bir iletkenliğe sahip olurlar. Diğer tekstil malzemelerinde olduğu gibi, elektriksiz kaplama, buharlaştırarak ve püskürtme ile kaplama, iletken polimerlerle kaplama, lifleri iletken dolgu maddeleri ile doldurma ve karbonizasyon gibi yöntemler dikiş ipliklerine de uygulanabilir. Orth ve Post (1997) yaptıkları çalışmada, iletken tekstillerin, tekstil olarak nitelendirilebilmeleri için, esneklik,

burulma altındaki kalıcı deformasyon direnç yeteneği, gerilme ve uzama özelliklerinde en az birini koruması gerektiğini belirtmiştir. Elektronik tekstiller, esneklik açısından değerlendirildiğinde ürünün giyilebilir, hafif, rahat ve sağlam olması gerektiği düşünülmelidir. Bu çalışmada, tekstil üretim işlemleri için gerekli iletken metal tellerin dikilebilirlik özellikleri belirtilmiş, paslanmaz çelik ipliklerinin esnekliği ve dikilebilmesini test etmek için biçimsel kıvrım testi gösterilmiştir. Liflerin ve ipliklerin esnekliği, niteliksel özelliklere ve matematiksel bir modele dayalı olarak incelenmiştir (Orth ve Post, 1997). Linz ve arkadaşları (2005) tarafından yapılmış çalışma ise, elektroniklerin nakış yoluyla tekstil mamülüne dikilmesi esasına dayanmaktadır. Mekanizmada iletken iplikler kullanılarak esnek elektronik modüller boyunca nakış yapılmış ve böylece sensörler, bataryalar ve tekstil klavyeleri gibi diğer modüllerin bağlantıları da gerçekleştirilmiştir. Kalıp kapsülleme ile elektriksel bağlantı ve sistemin dayanıklılığı sağlanmıştır. Elektronik test taşıyıcı tabakası üretilmiş ve işlenmiş bir devre için test düzeni tasarlanmıştır. Esas amaç, farklı koşullar altında tekstil bağlantılarının iletkenliğinin ölçülmesi ve kontakların sağlamlığının test edilmesidir. Bağlantı teknolojisinde kullanılabilmesi için, iletken ipliğin, dışarıda iletken olması ve makinede dikilebilir özelliğe sahip olması gerekmektedir. Metal kaplanmış filamentler bu tür çalışmalarda istenilen performansı yerine getirmektedir. Araştırmacılar deneylerinde, bükümlü 117/17 (117d/tex ve iplikte 17 lifi belirtmekte toplamda 34) gümüş kaplı polyamid filament iplik kullanmışlardır. Malzemenin direnci $5000 \Omega/\text{m}$, civarındadır. Sonuç olarak; nakış işlemi uygulanarak esnek kablo ile elektronik modüllerin bağlanması, giyilebilir elektroniklerde başarılı bir yöntemdir. Kapsülasyon yöntemi (Şekil 2.27) güvenilir olduğu kadar dikilmiş bağlantının kontak kalitesini de geliştirmektedir (Linz, Kallmayer, Aschenbrenner ve Reichl, 2005).



Şekil.2.27 Esnek elektronik modülün nakış yardımıyla iletken iplik ile bağlanması ve kot kumaşı üzerinde kapsülasyon yapılması (Linz, Kallmayer, Aschenbrenner ve Reichl, 2005)

Roh ve arkadaşları (2008) çalışmalarında, ürettikleri metal içeren çok fonksiyonlu kompozit kumaşların elektromanyetik koruma, elektriksel iletkenlik, konfor (termal yalıtım gibi) ve estetik özelliklerini incelemişlerdir. Elektronik endüstrinin büyümesi sonucunda elektronik donanımların yaygın olarak kullanımı birçok elektromanyetik girişim (EMI) problemine yol açmaktadır. Bu çalışmada elektromanyetik girişim (EMI) teorisi ve materyalleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Metal kompozit kumaşların üretiminde, metal kompozit iplikler kullanılmıştır. İpliklerde kullanılan metal filamentler, gümüş (Ag) kaplı bakır (Cu) ve paslanmaz çelik (SS) olarak seçilmiştir. İpliklerin yapısını oluşturan malzemeler ise şu şekilde kombine edilmiştir: PET/Cu/PET kap iplik, PET/SS/PET kap iplik, PET/PET kap iplik. İplik üretimi boş iğ iplik eğirme makinesinde gerçekleştirilmiştir. Bezayağı olarak üretilen kompozit kumaşlar şişli dokuma tezgâhında üretilmiştir. Metal kompozit kumaşların elektromanyetik koruma özelliklerini etkileyen parametreler araştırılmış, etkilerinin saptanması için metal ızgara ölçüleri ve geometrileri değiştirilerek uygun hale getirilmeye çalışılmıştır. Toplam elektromanyetik koruma etkisi metal içerik ile artmaktadır ve farklı sıklıktaki metal ızgara yapılarının boyutu ile ilişkilidir. Paslanmaz çelik kompozit için, aynı ızgara açıklığında en boy oranları orta frekans aralığında daha iyi görünürken, kare şekline yakın olan ızgara açıklığında kumaşlar yüksek ve düşük frekans sıklığında en iyi elektromanyetik kaplama etkisi yaratmaktadır. Metal ızgara boyutu ve geometrisi elektromanyetik koruma etkisini değiştirmektedir (Roh, Chi, Kang ve Nam, 2008).

Dall'Acqua ve arkadaşları (2004) yaptıkları çalışmada, iletken polimerlerin ince liflerinin iplik ve kumaş içerisine nüfuz etmesi esasına dayanarak, tekstil yapılarına iletkenlik kazandırma yöntemini açıklamışlardır. Bu çalışmada, Pirol basit bir bitim işlemi yöntemiyle oda sıcaklığında, lif içerisine reaktif olmayan boya gibi nüfuz eden monomerin bir sulu bir çözeltisinden uygulanmıştır. Tekstil taşıyıcı tabakasına biriktirilen iletken polimerler (polipirol gibi) aşınma ve oksidasyona karşı oldukça hassastır. Pirol, oda sıcaklığında, basit bitim işlemi ile non-reaktif boyada olduğu gibi lif içerisine nüfuz eden monomerin sulu bir çözeltisinden uygulanmıştır. Daha sonraki polimerizasyon işlemi ile lifin içyapısında kalıcı çözülmezlik sağlanmıştır. Bu da yüksek seviyelerde yıkama haslığı ve ışık haslığını sağlamıştır. Böylece spor giysileri, ısıtma ve soğutma amaçlı donanımlar, giysilerde kullanım için antistatik kumaşlar gibi teknolojik uygulamalar düşük maliyetle üretilebilmektedir (Dall'Acqua, Tonin, Peila, Ferrero ve Catellani, 2004).

Örtlek ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışmada, metal tel içeren farklı hibrit özlü ipliklerden örülen kumaşların, eğirme metodu, metal telin oranı, optik ağartma ve boyamanın konsantrasyonu göz önüne alınarak ağartma ve renk özellikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma için, farklı tiplerdeki iplikler, 96 iğli, hibrid özlü iplikler için özel aparata sahip olan numune ring iplik makinesinde üretilmiştir. İplik tiplerinin üretimi için, ring, siro ve kompakt eğirme metotları kullanılmıştır. Tüm iplikler için, kaplama materyali olarak, harman özellikleri olarak 4,59 mikroner incelikte, 28,93 elyaf uzunluğunda, 84,5 değişmezlik indeksinde %7,32 kopma uzamasında ve 30,61g/tex mukavemete sahip olan Urfa tipi pamuk ipliği kaplama materyali olarak kullanılmıştır. Paslanmaz çelik, 20 mikron ve 35 mikron olmak üzere iki farklı incelikte öz materyal olarak kullanılmıştır. Tüm iplikler, 28,24 çekim oranı ile 15,000 rpm iğ devrinde üretilmiştir. Ring ve kompakt iplikler, Ne 0,85 fitil numarasında üretilirken, siro iplikler Ne 1,7 fitil numarasında üretilmiştir. Tüm hibrid özlü iplikler için iplik çekim oranı 1, büküm katsayısı 3,7 olarak seçilmiştir. Oluşturulan iplikler, numune yuvarlak örme makinesinde örme kumaş formu oluşturmuştur. Örme kumaşların boyama ve ağartma önce ve sonrasındaki indeks değerleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; İpliklerin metal tel içeriği, kumaşların renk mukavemeti ve beyazlığında azaltıcı etki göstermiştir. Siro

iplikçilik metodunda üretilen iplikler, kompakt ve ring iplikçilik metodu ile üretilen ipliklere göre daha iyi renk ve beyazlık özelliklerine sahip olmuşlardır (Örtlek ve diğer, 2010).

Perumalraj ve Dasaradhan (2009) tarafından yapılan çalışmada, gerilme özelliklerinin değerlendirilmesi için farklı öz-manto oranlarında polyester ve pamuk içeren bakır özlü iplik üretilmiştir. İplik üretimi için ring ve dref II friksiyon iplik makineleri kullanılmıştır. Öz-manto bileşenlerinin etkileri (manto, öz materyal ve iplik numarası vb), eğirme tamburunun hızı, iplik sevk hızı gibi parametrelerin bakır özlü ipliklerin gerilme etkilerinin değişimini nasıl sağladığı araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, mantonun bakır öze göre iplik mukavemetine daha az katkıda bulunduğu, bakır özün içeriğinin artmasının mantoya göre mukavemeti artırıcı etki gösterdiği görülmüştür. Manto lifleri öz kısmın etrafına daha iyi sarılma gösterdiğinde kopma yükü artmış, mukavemet yükselmiştir. Polyester mantolu iplikler, daha iyi bir uçtan bir uca daha iyi paketlenme gösterdiği için pamuk mantolu ipliklere göre daha yüksek mukavemet sağlamıştır (Perumalraj ve Darasadhan, 2009b).

2.5 İletken İplik Ve Kumaşların Kullanım Alanları

Araştırmacılar, elektronik ve bilgisayar bilimlerinin gelişmesiyle, farklı uygulama alanları olan ve çeşitli ihtiyaçları karşılayabilecek ürünlerin imal edilmesi konusuna odaklanmışlardır.

Bu açıdan, akıllı malzemeleri kullanarak çeşitli işlevleri yerine getiren tekstil ürünleri, hem endüstride hem de günlük hayatta gittikçe daha büyük bir öneme sahip olmaya başlamıştır. 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 kullanılarak (Vassiliadis, Provatidis, Prekas, Rangussi, 2005) günümüzde çok farklı gereksinimleri yerine getirmektedir. 1980'lerin ortalarından itibaren pek çok sayıda elektriksel olarak iletken ve yarı iletken tekstil ürünü mevcuttur (Smith, 1988). Elektroniklerin tekstillere modifiye edilmesi ise ilk olarak 1990ların sonunda Levi's ve Philips in birlikte çalışması ile gerçekleştirilmiştir (Langenhove ve Hertleer, bt).

İletken iplikler en yaygın olarak askeri ve tıp alanında EKG (elektrokardiyografi) ölçen tişörtler, kumaş içine entegre edilen sensörler ile kalp atışlarının izlenmesi (Şekil 2.28) ve fizyoterapi uygulamaları) yaygın olarak kullanılmaktadır. İletken ipliklerden elde edilen kumaşlar ilk olarak 2001 yılında fizyoterapi odalarında elektromanyetik koruma amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Aniolczyk, Koprowska, Mamrot, Lichawska, 2004). EKG ölçümlerinde deride kaymalar sonucu oluşan sorunlar, EKG sisteminin kumaşa entegre edilmesiyle çözümlenmeye çalışılmaktadır. Ayrıca deri ile elektrot arasında kurulabilecek iletişim sayesinde hidro jel kullanmaksızın ölçüm yapılabilir. Fizyoterapide ise ısı tedavisi sırasında oluşabilecek ışınların çevreye yayılmasından dolayı kişisel koruma amaçlı kullanımı söz konusudur. Askeri giysilerde, tekstil malzemesi içerisinde çeşitli fonksiyonların sağlanması için elektriğin iletilmesi ve iletişimin sağlanması amaçlarıyla kullanılmaktadır (Wearable electronics, 2010). Ayrıca çevresel tehlikelere karşı uyarıcı kayar ceketleri, MP3, cep telefonu ve küçük kontrol aygıtları entegre edilmiş ceketler, küresel yer bildirim uydusu ile ailelerin çocuklarını gittikleri yerlerde izleyebilme imkanı sağlayabildikleri çocuk tişörtleri ve optik lif ve sensör içeren gömlekler iletken ipliklerin kullanıldıkları ürünlere örnek olarak verilebilir (Anderson ve Seyam, 2002). Bu tekstil ürünlerinin insan sağlığına zararsız, teknolojik ihtiyaçlara cevap verecek nitelikte, kişisel statik yük boşaltımını sağlayarak stres karşıtı ve elektromanyetik dalgalara karşı koruyucu etkiye olması gelecekte kullanımını yaygınlaştıracığının açıkça göstergesidir.

Kumaş içerisine entegre edilmiş, iletken iplikler, çevre ile uyumlu çalışmalı, tekstil ürününde var olabilecek yumuşak düğmeler ve mikro elektromekanik sistemlerle (MEMS) uyarılara uygun cevap verebilme yeteneğine sahip olabilmelidir. Yumuşak düğmeler, elektronik aygıtların dikim ihtiyacı olmadan tekstil ürünlerine entegre edilebilmesini sağladığı için fonksiyonel etkileşimli üretimin gelişmesine yol açmışlardır. Ayrıca, kumaş yapısı içinde iletken iplikler kullanarak halılarda statik elektrik depolama özelliği azaltılabilir (MacLaga ve Fisher, 2001).



Şekil 2.28 Kalp ritmini ölçebilen tişört ve kalp atış hızını ölçebilen ve monitöre aktarabilen sütyen (Textronics, 2006)

İletken ipliklerin ısınma amaçlı kullanımına örnek olarak; Kayacan ve Bulgun (2008) tarafından, çelik kumaş panellerinin ısınma davranışlarının incelendiği çalışmada, paslanmaz çelik tellerden oluşan iletken iplikler ile tek ve çift katlı kumaş paneli olan, metalik tekstil yapıları (Şekil 2.29) oluşturulmuştur. Tek ve çift katlı panellere elektrik akımı uygulanmış ve ısınma davranışları gözlemlenmiştir. Gözlemlenmenin yapılabilmesi için, ısıtıcı paneller, güç kaynağına bağlanmış ve ısınma derecelerinin dijital sıcaklık sensörleri vasıtasıyla gözlenebildiği bir elektronik devre tasarımı yapılmıştır. Tek ve çift katlı ısıtıcı panellerden sırasıyla 1, 2, 3, 4 adet olarak sisteme entegre edilmiş ve ısınma davranışları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kullanılan bu yapıların farklı direnç özelliğine sahip olması, ısınma davranışlarını da birbirinden farklı kılmıştır. Bu amaçla ısıtıcı yapı tasarımı iletken malzemelerin elektriksel özelliklerinin doğru incelenmesi ve uygun direnç değerine sahip malzemeler seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Isıtıcı kumaş yapılarının boyutları, katsayıları, panellerde kullanılacak iplik miktarları, devreye bağlanacak güç kaynağı incelenmesi ve hedeflenen ısınma miktarlarına göre her bir parametre için uygun değerlerin belirlenmesi önemle vurgulanmıştır (Kayacan ve Bulgun, 2008).

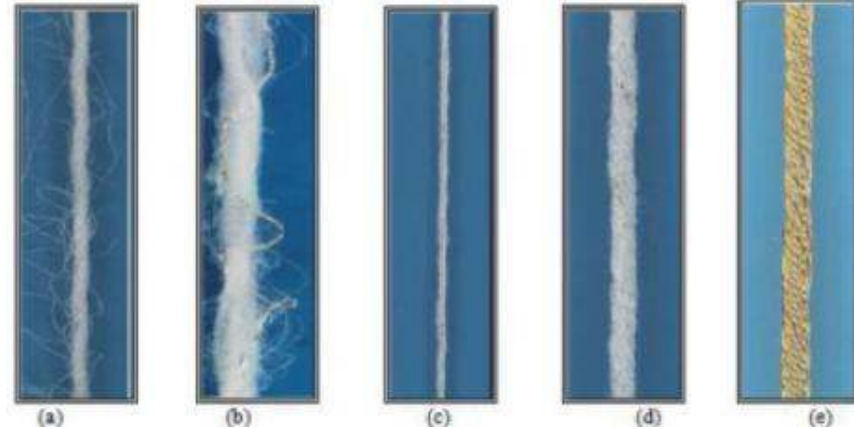


Şekil 2.29 Kumaş yapısı içindeki iletken ipliklerin paralel yerleşimi (Kayacan ve Bulgun, 2008)

Elektriksel iletken ipliklerin elektrostatik kalkanlama amaçlı kullanımına örnek olarak, Varnaite (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, elektrostatik alan şiddet değerlerini azaltmak amacıyla iletken iplikler kullanılarak kumaş yüzeyi oluşturulmuştur. Sadece atkı yönü ve atkı ve çözgü yönü olmak üzere, belirli aralıklar ile iletken iplikler yerleştirilmiş, farklı lif içeriğine sahip beş kumaş, dokuz farklı grupta incelenmiştir. Sadece polyester, polyester/ pamuk karışımı içeren kumaşlar içeren kumaşlar kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, polyester/pamuk karışımından oluşan kumaşların, polyester içerikli kumaşlara göre elektrostatik kalkanlama değerlerinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Doğal liflerden oluşan kumaşın elektrostatik kalkanlama etkisinin arttırdığı anlaşılmıştır. Bunun dışında, hem atkı hem çözgü yönünde iletken iplik içeren kumaşların daha iyi elektrostatik kalkanlama sağladığı ve kumaşın gözenekliliği azaldığında elektrostatik alan şiddetinin de azaldığı gözlemlenmiştir (Varnaite, 2010).

Kılıç, Örtlek ve Saraçoğlu (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, elektromanyetik kalkanlama amaçlı iplik ve kumaş yapılarının elektromanyetik alanlara karşı ekranlama özelliklerinden bahsetmiştir. Özünde iletken tel bulunan ipliklerden oluşan yüzeylerin atkı ve/veya çözgü boyunca iyi iletkenlik sağlaması yanında, ekranlama etkisinin de iyi olduğu belirtilmiştir. Metal içeren ipliklerin (Şekil 2.30) farklı üretim yöntemleri ile elde edilebileceği belirtilmiştir. Kumaş oluşumu esnasında kullanılan metal ipliklerin kalınlığının ekranlama etkisini etkilemediği fakat atkı ve çözgü yönündeki metal iplikler arasındaki mesafenin

önemli bir etmen olduğu belirtilmiştir. (Şekil 2.30) Elektromanyetik radyasyondan korunma amacıyla sağlık, endüstri ve savunma alanında çeşitli kullanım uygulamaları yapıldığı açıklanmıştır. Etek, ceket astarlığı, perde, cibinlik, iç giyim, koruma çantası, çadır gibi farklı ürünler mevcuttur (Kılıç, Örtlek ve Saraçoğlu, 2007).



Şekil 2.30 Gümüş kaplı bakır tel içerikli metal iplik örnekleri

(a-Özlü iplik/PES-Kesik elyaf gümüş kaplı tel %80 PES %20 metal

b-Hava jeti tekstüre/ PES-kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %80 PES % 20 metal

c-Bükülmüş PES- gümüş kaplı bakır tel % 42 PES %58 metal

d- Bükülmüş PES- gümüş kaplı bakır tel %75 PES %25 metal

e- Gümüş kaplı %100 bakır tel) (Kılıç, Örtlek ve Saraçoğlu, 2007)

Sürekli gelişmekte olan teknoloji ile birlikte, iletken materyaller kullanılarak, çeşitli akıllı tekstil uygulamaları üretimi konusunda farklı uygulamalar geliştirilmiştir. Bu amaçla iletişim, veri aktarımı, veri depolama, uyarı algılama, cep telefonları için GSM uygulamaları gibi pek çok kullanım tekstil malzemelerinin içeriğine katkı sağlamıştır. Aşağıdaki kısımda bu akıllı uygulamalara dair bilimsel ve ticari örnekler verilecektir.

Rais ve arkadaşları giyilebilir anten uygulamaları için yaptıkları değerlendirmede, son yıllarda tekstil antenlerinin vücut merkezli kablosuz iletişim ve mobil iletişim sistemlerinin önemli bir parçası olduğuna değinmişlerdir. Bu anlamda, kablosuz aygıtların minyatürleştirilmesinden dolayı hızlı olarak gelişmekte olan tekstil antenleri de gittikçe önem kazanmaktadır. Giyilebilir tekstil antenleri, cep bilgisayarları, takip ve navigasyon amaçlı kullanılan giysilerin bir parçası olmuştur.

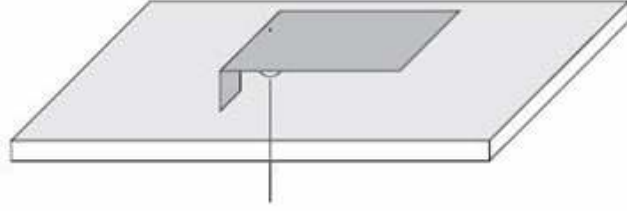
Antenler vücut içinde, vücut dışında ve vücut üzerinde olmak üzere iletişime yönelik uygulamalar yapılmıştır. Vücut üzerindeki iletişim (Şekil 2.31); kablosuz iletişim aygıtları arasındaki bağlantıyı, vücut dışındaki iletişim; vücut aygıtları ile temel üniteler veya çevredeki mobil aygıtların arasındaki telsiz bağlantıyı, vücut içindeki iletişim; kablosuz medikal implantlar ile vücut düğümleri arasındaki iletişimi tanımlamaktadır (Rais ve diğer, 2009).



Şekil 2.31 Vücut üzerinde kablosuz veri transferi yapabilen ve iletişim gerçekleştirebilen ceket örnekleri (Hertleer, 2008; www.spacefellowship.com,2009)

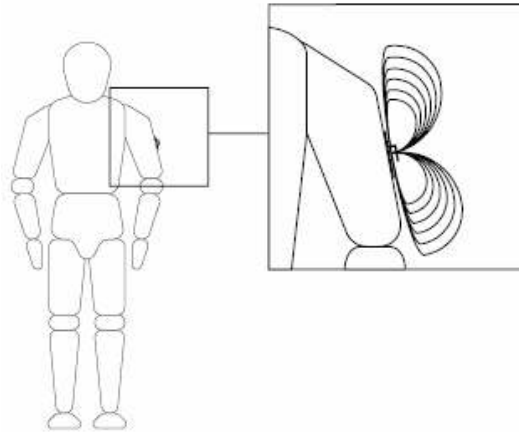
Tüm modern uygulamalar için tekstil antenleri, düşük ağırlık, düşük maliyet, bakım istemeyen, kurulması kolay özellikte olmalıdır. Vücut merkezli iletişim sistemleri uygulamalarında, tıbbi teknisyenler, itfaiyeciler, askerlerde uygulamalar yaygındır. Bunun yanı sıra, çocuklar ve atletlerde izlenme amaçlı kullanılmaktadır. Tekstil antenlerinin tasarımında, tekstil materyallerinin tanjant kaybı ve elektriksel geçirgenlikleri gibi elektromanyetik özellikleri bilinmelidir. Alt yapı olarak kullanılan keçe, ipek gibi iletken tekstiller ile bakır polyester tafta gibi iletken tekstiller, elektromanyetik özellikleri sağlayabilir. Bu elektromanyetik özellikler, transmisyon/refleksiyon frekans yönlendiricisi metodu kullanılarak ölçülmektedir (Rais ve diğer, 2008).

Salonen, Sydanheimo, Keskilammi ve Kivikoski (1999) antenlerin yerleşimi ve topolojisini incelediği çalışmasında, klasik anten tasarımlarının, mikroşerit parçalar, düzlemsel inverted-Fs (PIFAs), monopoller, düzlemsel dipoller içerdiğini açıklamıştır. Mikroşerit antenalar (Şekil 2.32) düzlemsel ve üretim kolaylığı, düşük maliyete sahip antenler olarak değerlendirilmiştir (Salonen, Sydanheimo, Keskilammi ve Kivikoski, 1999).



Şekil 2.32 Yatay düzlem ile paralel katlanmış yapıda mikroşerit antena
(Salonen, Sydanheimo, Keskilammi ve Kivikoski, 1999)

Salonen, Sydanheimo, Keskilammi ve Kivikoski (1999) çalışmalarında, antenin yerleşim yerinin genelde kırılma riski en az olan yerde olması gerektiğini ifade etmişlerdir. Bunun için kol üzeri en uygun yer olarak seçilmiştir. Kol üzerine takılan antena 0.236mm kalınlığında, 3.29 dielektrik katsayısına sahip, 0,0004 tanjant kaybı ile esnek altyapıya sahip olmalıdır. Bluetooth işletim sistemi için giyilebilir esnek düzlemsel inverted- F antena (Flex PIFA) tasarımı gösterilmiştir (Şekil 2.33) (Salonen, Sydanheimo, Keskilammi ve Kivikoski, 1999).



Şekil 2.33 PIFA antena düzeneği için uygun yerleşimi (Salonen, Sydanheimo, Keskilammi ve Kivikoski, 1999)

Bilimsel çalışmaların yanı sıra, iletken materyal(iplik, kumaş) üretimi ve kullanımında ticari firmalarda çeşitli ürünler tasarlamışlardır. Bu kısımda, iletken özelliğinden yararlanılarak, farklı amaçlar için üretilen ticari ürünlerden bazı örnekler verilecektir.

The Softswitch™ teknolojisi sayesinde, basınç algılayabilen, akım verilebilen, ara yüze sahip, geniş sert plastik aygıtların yumuşamasını ve taşınabilirliğini sağlayabilen yumuşak düğmeler (Şekil 2.34) geliştirilmiştir. Kullanımda yıkanabilirlik, dayanıklılık sağlayabilen ve üç boyutlu formda olan yumuşak düğmeler, elektronik kontrol özelliği sağlayarak, özellikle kayakçılar için ipad kontrolü sağlama ve yaralanma anında acil servis tarafından bulunulan yerin tespiti özelliğine sahiptir (SOFTswitch Ltd, 2006).



Şekil 2.34 Ceket koluna entegre edilmiş Softswitch™
(SOFTswitch Ltd, 2006)

İngiliz Eleksen firması, akıllı kumaş ara yüzleri Elektex marka adı altında, kumaş sensörüne dayalı esnek ve yumuşak elektro tekstil (Şekil 2.35) üretimi yapmıştır. Bu ürün, iletken lifler ile naylondan oluşmaktadır. Temel XY yerleşim düzlemi ile kumaş üzerinde basınç uygulanan nokta sınırlandırılmaktadır. Bu teknoloji yumuşak telefon ve katlanabilir klavyelerde kullanılmaktadır. Cep telefonu veya ipad amaçlı çantalara entegre edilebilen yumuşak tabletler, kontrol fonksiyonları sağlamaktadır. İlave olarak, Elektex kumaşı oturma konforunu arttırmak amacıyla, optimal ağırlık dağılımını sağlayarak araba koltuklarında kullanılmaktadır (Eleksen Ltd, 2006).



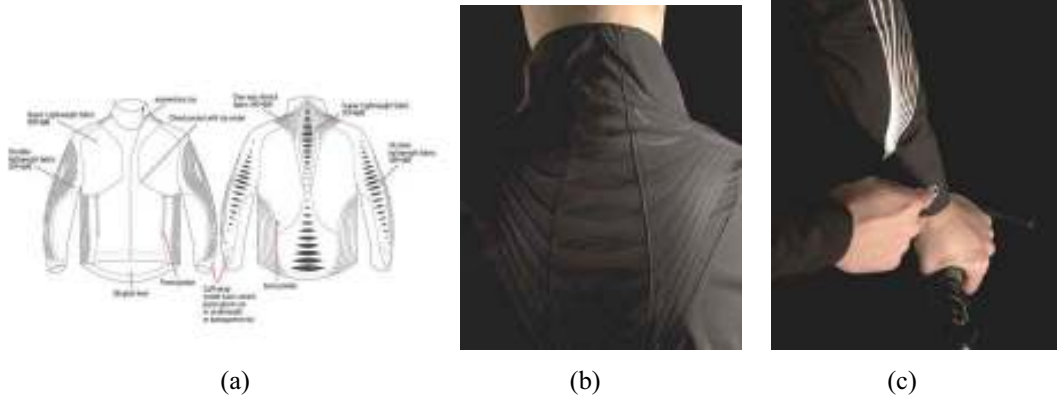
Şekil 2.35 Elektex™ tarafından üretilmiş ürünler

Giyilebilir elektroniklerin günlük kullanımına yönelik ilk uygulama Levi's ve Philips firmalarının işbirliği ile 1990 lı yılların sonlarına doğru yapılmıştır. Su geçirmezlik gibi giysi fonksiyonelliği sağlayan kombine edilmiş giyilebilir elektronikler için dört ceket tasarımı yapılmıştır. Bunlardan biri olan Mooring (Şekil 2.36), cep telefonu, MP3 çalar, göğüs kafesi üzerine entegre edilen uzaktan kumanda, gömme hoparlör, mikrofon ve ekran ile donatılmış bir ceket ürünüdür. Bilgisayar ağ sistemi (PAN) ile elektronik aygıtların kendi aralarında bağlantısını sağlamaktadır. Yıkamadan önce elektronik kısım ceketten çıkarılmaktadır (Meoli, 2002; De Vries ve Traldi,2000).



Şekil 2.36 Mooring ceket (a); Ceketin iletişim sistemi (b); Ceketin hoparlör ve mikrofonu (c)
(Meoli, 2002; De Vries ve Traldi, 2000)

İngiliz Goose tasarım danışmanlığı ve PDD ürün tasarım acentesi tarafından elektrikli ışıldayan ve fotovoltaiik teknoloji (güneş enerjisi) içeren teknolojik bir tasarım (Şekil 2.37) üzerinde çalışılmıştır. Fonksiyonel parçalar ceketin etrafında, ergonomik olacak şekilde, özellikle omuzun arka, ön alt ve üst kısımlarına yerleştirilmiştir (Consultancy Goose Design, 2006).



Şekil 2.37 Ceket tasarımında detayların ve fonksiyonelliklerin gösterilmesi (a);
omuzda fotovoltaiik baskılar (b); kol kısmındaki düğme (c) (Consultancy Goose Design, 2006)

Askeri üniformalar için, akıllı tekstil uygulamaları (Şekil 2.38) Foster-Miller firması tarafından, düğüm tipi iletişim ve veri antenleri entegre edilmesi ile sağlanmıştır. Proje, kişisel sağlık, iletim ve görev bilgilerinin algılanması, çok sayıda silaha karşı korunma, izlenilebilirlik sağlamaktadır. Üniforma ağırlığının ve anten performansının ergonomik olması kullanılabilirlik açısından önem teşkil etmektedir (Foster-Miller, 2006).



Şekil 2.38 Foster-Miller firması tarafından tasarlanan askeri üniforma(Foster-Miller, 2006)

Isıtma amaçlı kullanılan elektronik giysilere örnek olarak, WarmX®-undershirt firması, böbrek bölgesi üzerine, gümüş lifleri entegre edilmiş örme kazaktan oluşan iç çamaşırı tasarlamıştır. (Şekil 2.39) Gümüş kaplı poliamid lifler, tişörtün ön kısmındaki küçük yelek içine yerleştirilmiş batarya sayesinde cildi direkt olarak ısıtmaktadır. Güç kontrolcüsü, iki raylı raptiye ile kumaşı bir uçtan uca bağlamaktadır. Bu şekilde güç kontrolcüsü ve iletken kumaş bel çevresinde elektrik devresi oluşturmaktadır (WarmX ® , 2006).



Şekil 2.39 WarmX®-undershirt firmasının iletken kumaş kullanım örneği (WarmX ® , 2006)

Adidas firması tarafından ‘dünyanın ilk akıllı ayakkabısı’ iddiası ile üretilen spor ayakkabı (Şekil 2.40), taban çukuruna entegre edilmiş elektronik ünite tarafından, giyen kişinin hızını, ağırlığını, ayak altındaki yeri analiz edebilmektedir. Manyetik sensör ile ağırlık, adım algılanarak, mikroişlemciye bilgi aktarımı yapılmaktadır. Mikroişlemci ayakkabının topuğundaki yastık silindiri ile bağlantılı sinyali motorlu

alışan kablo sistemine göndermekte ve silindir yastığın optimum seviyeyi sağlaması için gevşeyip sıkışabilmektedir. Ayakkabı (+) ve (-) olmak üzere yan tarafında iki düğme bulundurmaktadır. Bu düğmelerin yukarı kısmında beş adet koyu sarı renkte küçük LED düğmeleri bulunmaktadır. Ayakkabı aıldığında ortadaki Led düğmesi yanarken, diğer LEDlere akım verildiğinde ayakkabı minderini otomatik olarak ayarlamaktadır. Bu ayarlama giyen kişinin kendi tercihine göre de yapılmaktadır. Ayakkabı (+) ve (-) düğmelerine basılarak yada hareketsiz kaldığı 10 dakikadan sonra kapatılabilmektedir. Ayakkabının bataryası her 100 saatlik kullanımdan sonra değiştirilmektedir (Adidas, 2006).



şekil 2.40 Giyen kişinin hızını, ağırlığını, gittiği mesafeyi ölçebilen ve mikroşilemci ile bilgileri aktarabilen ayakkabı (Adidas,2006)

BÖLÜM ÜÇ

MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında, klasik ring iplik makinesi, fantezi iplik makinesi ve katlama makinesi olmak üzere 3 farklı iplik üretim makinesinde üretim yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda, ring iplik makinesinde pamuk fitili, fantezi ve katlama makinelerinde poliakrilik bulunan fitil örnekleri ile çalışılmıştır. Metal tel olarak, farklı çaplarda bakır (0,04mm, 0,05mm, 0,1mm) ve paslanmaz (0,035mm, 0,05mm) teller kullanılmıştır. Metal tel içeren pamuk ipliği üretimi için, Ne 0,60 ve Ne 0, 85 olmak üzere 2 farklı fitil inceliği ile 21,5m/dk ve 29,5m/dk ana çekim değerinde ayarlanmış ring iplik makinesinde çalışılmıştır. Metal içeren akrilik ipliği üretimi için, Ne 0,80 fitil inceliği ile fantezi ve katlama makinelerinde çalışılmıştır. Fantezi iplik üretim makinesinde 6,31m/dk çekim değerinde, katlama iplik makinesinde 300m/dk çekim değerinde çalışılmıştır. Makinelerin çalışma prensipleri gereği, çekim hızları farklı değerlerdedir.

Üretilen metal içerikli ipliklerin, numara, mukavemet, tüylülük ve iletkenlik özellikleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan paslanmaz çelik teller iletkenlik özelliğine sahiptir. İletkenlik değerlendirmesi yapmak amacıyla, paslanmaz çelik tellerin direnç değerleri ölçülmüştür.

3.1 Materyal

Materyal olarak, %100 pamuk ve %100 poliakrilik lif içeren fitiller kullanılmıştır. Pamuk iplikler için Ne 0.60 ve Ne 0.85 numara fitil (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Poliakrilik iplikler için Nm 0.80 numara fitil kullanılmıştır.

3.1.1 Tekstil Lifleri

Metal tel içeren pamuk ipliklerinde hammadde olarak Ege pamuğu kullanılmıştır (Şekil 3.1). Lot 102 pamuk harmanından (Tablo 3.1) tesadüfen seçilen balyalar ile çalışılmıştır.

Tablo 3.1 Lot 102 Pamuk Harmanının Fiziksel Özellikleri

UHML (mm) (Elyaf Uzunluğu)	UI (Yoğunluktaki Elyaf Sayısı)	Mukavemet (gr/tex)	Uzama yüzdesi (%)	Kalınlık (Mikroner)	Lif Sayısı
28,94	82,4	29,3	6,3	4,44	1243



Şekil 3.1 Ne 0,60 ve Ne 0,85 pamuk fitili örneği

Sentetik lifler ile yapılan çalışmalarda, poliakrilik lifleri Nm 0.80 fitil numaralarında kullanılmıştır (Şekil 3.2). Kullanılan akrilik fitillerinin tamamı %100 akrilik içerikli seçilmiştir.



Şekil 3.2 Nm 0.80 fitil akrilik örnekleri

3.1.2 Metal Teller

Yapılan çalışmalarda, paslanmaz çelik ve bakır olmak üzere iki farklı metal türü ile çalışılmıştır. Çalışılan metallerden biri olan bakır, emaye kaplı olduğundan, iletkenlik özelliği yoktur. Fakat iletkenlik dışındaki iplik özellikleri paslanmaz çelik içeren iplikler ile karşılaştırılabileceğinden üretim yapılmıştır. Bu kısımda iki farklı metal telin özelliklerinden ve tekstilde kullanımlarının uygunluğundan bahsedilecektir. Kullanılan metal tellerin cinsleri ve inceliklerine ait bilgiler Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.2 Kullanılan metal tellerin cinsleri ve incelikleri

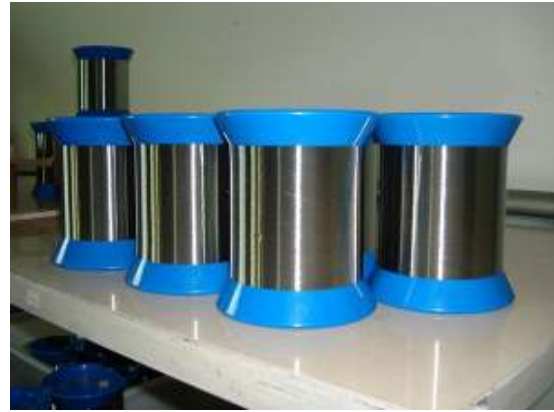
Telin Cinsi	Telin Çapı	Telin Nm Değeri
Paslanmaz Çelik	0,035mm	Nm 131
	0,05mm	Nm 64
Bakır	0,04mm	Nm 101
	0,05mm	Nm 64
	0,1mm	Nm 16

3.1.2.1 Paslanmaz Çelik Teller

Kullanılan paslanmaz çelik teller, DIN 17440 Alman standartlarına göre üretilmiş, yüksek sıcaklığa dayanıklı, asitler tarafından etkilenebilen (yün boyama anında)hidrojen peroksit ve kuru temizlemeye dayanıklı, mekaniksel olarak değişmez (ütülenme anında), esneme yapmayan ve $0.75 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ elektriksel dirence sahip iletken yapıda tellerdir. Bu teller (Şekil 3.3), tekstil ürünleri kullanımına uygun, insan sağlığına zarar vermeyen, cilt alerjisi veya reaksiyonları oluşturmeyen özelliktedir. Üretimlerde kullanılan paslanmaz çelik teller olarak, AISI 316L tipi çelik kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik tellere ait fiziksel özellikler Tablo 3.3’de belirtilmiştir (Fuesers Garne, bt).

Tablo 3.3 Paslanmaz çelik tellerin fiziksel özellikleri(Fuesers Garne, bt)

Fiziksel Özellikler Tellerin İnceliği	Oda Sıcaklığında Uygulanan Gerilme Kuvveti Rp (N/mm ²)	Elastikiyet limiti Rp (N/mm ²)	Kopma Uzaması (%)
0.035mm çaplı paslanmaz çelik tel	1000–1100	550–700	22
0.05mm çaplı paslanmaz çelik tel	720–880	350–500	30



Şekil 3. 3 Paslanmaz çelik tellerin bobin halindeki görünümleri

(<http://www.globaltextiles.com/manufacturers/offer-002007-2/Functional-Yarn.html>,

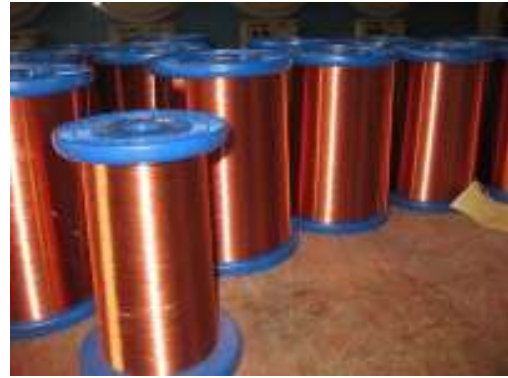
http://www.bombayharbor.com/Product/30667/Stainless_Steel_Wire.html)

3.1.2.2 Bakır Teller

Kullanılan bakır teller, TS 8495 EN 60317–4 standartlarına göre üretilmiş, 130°C ısı indeksine sahip, lehimlenebilir, iyi izolasyon ve elastikiyete sahip, B tipi emaye kaplı yapıdadır. Bakır tellerin (Şekil 3.4) emaye kaplı olmaları dolayısıyla dış yüzeylerinde poliüretan vernik içermeleri, dış kısımlarındaki iletkenlik değerlerinin bulunamamasına yol açmaktadır. Bakır tellerin fiziksel özellikleri ve iç elektriksel dirençleri Tablo 3.4’de gösterilmiştir (Santel Emaye, bt).

Tablo 3.4 Bakır tellerin fiziksel özellikleri (Santel Emaye, bt)

Fiziksel Özellikler Tellerin İnceliği	Oda Sıcaklığında Uygulanan Gerilim(Volt)	Elektrik Direnci (Ω/μ) 20°C	Kopma Uzaması (%)	Delinme Gerilimi (Oda sıcaklığında)
0.04mm çaplı bakır tel	250	13,41	18	1000
0.05mm çaplı bakır tel	300	8,54	21	1300
0,1mm çaplı bakır tel	500	4,23	42	1800



Şekil 3.4 Bakır bobin tellerin bobin halindeki görüntüleri (Global Professional Textile Market, (n.d), Wenzhou J&D Electrical Industrial Co.,Ltd. (n.d))

3.2 Metot

Çalışma kapsamında, klasik ring iplik makinesi, fantezi iplik makinesi ve katlama makinesi olmak üzere üç farklı üretim yöntemi ile metal tel içeren iplik üretilmiştir. Metal tel içeren ipliklerin üretimi gerçekleştirildikten sonra, fiziksel ve elektriksel özellikleri test edilmiştir. Fiziksel özellikler olarak; numara, kopma uzaması, kopma mukavemeti, tüylülük özellikler ölçülmüştür. Elektriksel özellikleri ölçülerek, iletkenlik değerleri yorumlanmıştır. Ayrıca elde edilen ipliklerin stereo mikroskop görüntüleri alınmıştır.

3.2.1 Üretim Yöntemleri ve Numune İpliklerin Özellikleri

3.2.1.1 Klasik Ring İplik Makinesinde İplik Üretimi

Ring iplik makinesinin klasik işleyişinde; hazırlık dairesinden gelen ön iplik (fitil), çift kayışlı yüksek çekimli bir çekim sistemi ile inceltilecek kılavuz yardımıyla iğ-bilezik-kopça üçlüsüne sevk edilmektedir. Burada masuranın iğ ile birlikte kendi eksenini etrafında ve kopçanın da bilezik hattında iğ etrafında dönmesi ile hem gerçek bir büküm kazanır hem de masuraya sarılmaktadır. İğ tablasının aşağı-yukarı hareketi ile düzgün sarım gerçekleşir ve dolan masuralar değiştirilerek bobin makinesine gönderilmektedir. (Stutz, 1986) Klasik ring iplik makinesinde sadece pamuk ile çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda pamuk fitili etrafına metal telin sarımı prensibi esas alınmıştır. Bu işlem fitil ve metal telin çekim sisteminden geçerek bilezik ve kopça yardımıyla büküm verilerek birbirlerine sarılması ile bir iplik formu oluşturması esasına dayanmaktadır. Metal teller kırılkan yapıda oldukları için çekim sistemine ilave edilen lycra aparatı ile üretime aktarılmıştır. Bileziğin her bir dönüşünde bir sıra metal tel pamuk fitilinin etrafına sarılmış ve sarma prensibi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8).

Çalışma kapsamında 1056 iğlik Suessen marka ring iplik makinesi (Şekil 3.5) ile çalışılmıştır. Makinenin iplik bükümü 675 T/m, devri 12500 devir/dakika ve sevk hızı 18–19 metre/dakika olarak ayarlanmıştır. Klasik ring iplik makinesinde 29,5metre/dakika ve 21,5 metre/dakika olmak üzere iki farklı çekim hızında çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar, her iki tel cinsi için farklı fitil inceliklerinde uygulanmıştır.



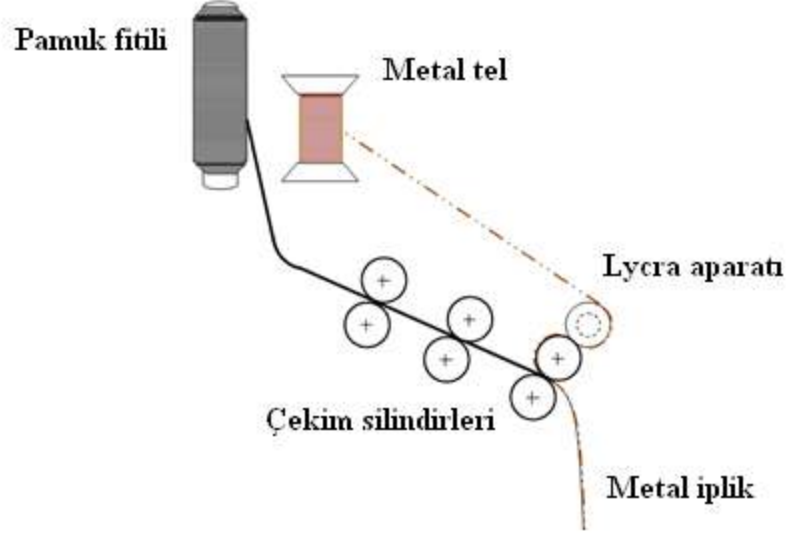
Şekil 3.5 Uygulama yapılan klasik ring iplik makinesinin görünümü

Klasik ring iplik makinesinde üretim yapılması için makinenin modifikasyonunun yapılması gereklidir. Bu işlem için çekim sisteminin çıkış silindirleri üzerine lycra aparatı (Şekil 3.6) takılarak sisteme tellerin beslenmesi sağlanmıştır. Takılan lycra aparatı ile metal tellerin pamuk fitili etrafında sarılma oluşmasına olanak tanınmıştır.



Şekil 3.6 Ring iplik makinesinde kullanılan lycra aparatının görünümleri

Lou (2005) tarafından yapılan çalışmada, makinenin optimum modifikasyonunun yapılabilmesi için, aparatın (rehber aygıtın) çıkış silindirlerinin temas noktasında bulunması gerektiği açıklanmıştır. Yapılan farklı denemelerde, çıkış silindirinin temas noktasında beslenen metal teller ile oluşan ipliklerin mukavemetlerinin daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bu çalışmaya benzer şekilde lycra aparatı çıkış silindirlerinin üzerine monte edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Metal iplik eğirme mekanizmasının diyagramı

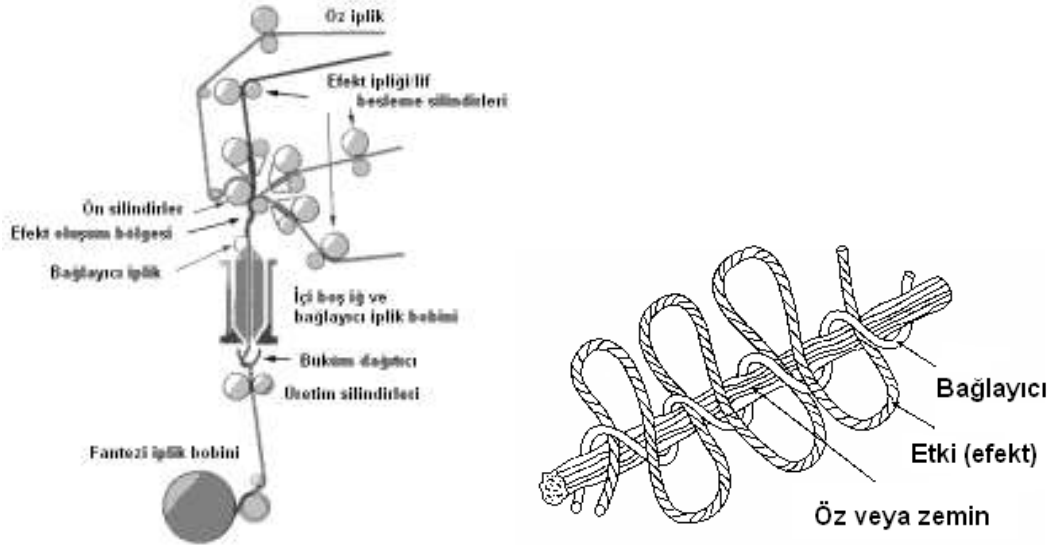


Şekil 3.8 Metal tellerin ring iplik makinesi üzerine yerleşimi

3.2.1.2 Fantezi İplik Makinesinde İplik Üretimi

Bu sistemlerde renk efektleri ön planda olmak üzere çeşitli ilave aparatlar kullanılmaktadır. Bu aparatlar renkli lifleri belli bir programa göre besleyerek çoklu renk ve görünüm efektlerinin elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Tüm renk efekt üniteleri, her bir lif besleme hızının programlı bir kontrol aparatı ile sıfır ile maksimum arasında bir çekime tam olarak ayarlanacak biçimde tasarlanmıştır. Çok çekimli sistemlerde çıkış silindirine dört şerit/fitil yönlendirilmektedir (Meadwell, 2004; Uyanık, 2004; Çokkeser ve Çeven, 2010).

Kullanılan lifler, ring iplik makinesine benzer çekim sistemleri ile inceltildikten sonra öz ipliği ile birleştirilir ve ardından dönmekte olan içi boş iğden geçerler. Bağlayıcı iplik bobini içi boş iğın üzerine yerleştirilmiş olup, iğle birlikte dönmektedir. Bağlayıcı iplik çoğunlukla bir filament iplik olmaktadır. Bağlayıcı iplik, iğın üzerinde dönmekte olan bobinden sağılarak iğın tepesinden içeri girmekte ve çekim sistemlerinden gelen görsel yapı lif demetleri ve öz iplikten oluşan bileşik yapıya sarılmaktadır. Böylece bağlayıcı iplik yardımıyla, görsel yapı lifleri ile öz ipliği bir arada tutulmaktadır (Şekil 3.9) (İlhan, 2010).



Şekil 3.9 İçi boş iğli fantezi iplik makinesinin çalışma prensibi (Gong, Wright, 2002) ve Oluşan ipliğin genel yapısının görünümü (Lawrence, 2003)

Çalışma kapsamında, Lezzeni marka, devri 1000 devir/dakika, çekim hızı 6,31 metre/dakika, 120 T/m ayarlı içi boş iğli fantezi iplik makinesi kullanılmıştır. Bükümlerin her biri Z yönünde ayarlanmıştır. Fantezi iplik makinesinde Nm 0.80 inceliğinde, %100 akrilik fitilleri ile çalışılmıştır. Fantezi iplik üretiminde, zemin ipliği ile görsel yapı ipliğini, ikincinin hızı daha yüksek olmak kaydıyla farklı hızlarda büküm bölgesine sevk etmek ve sonra bir bağlayıcı bileşen ile ters büküm uygulayarak sağlamlaştırmak esas alınmaktadır (İlhan, 2010). Metal tel içeren fantezi iplik üretiminde, metal tel, sarma yöntemi ve öz besleme yöntemine göre iki şekilde kullanılmıştır. İplik üretimi, efekt ipliği ve öz ipliğinin silindirlerden geçerek bağlayıcı ipliğe ulaşması ve içi boş iğden geçtikten sonra büküm dağıtıcı ile fantezi iplik oluşumunu tamamlaması ile gerçekleşmektedir. Ayrıca, fantezi iplik makinesi, kamgarn iplik üretimine de uygun olması açısından farklı üretim tekniklerine açık yapıdadır. Metal tel içeren poliakrilik ipliklerin üretiminde metal tellerin sisteme beslenmesinde sorun yaşanmadığı için modifikasyon yapılmamıştır.

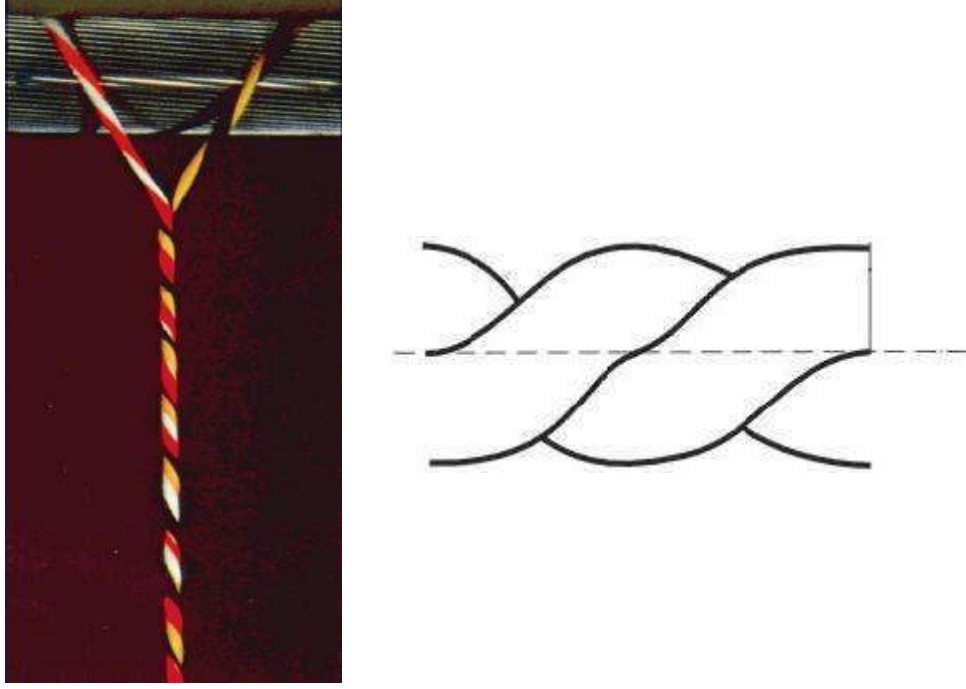
Fantezi iplik makinesinde yapılan çalışmalarda, sarma ve öz besleme olmak üzere iki çeşitte metal tel içeren iplik üretimi yapılmıştır. Bu ayarlama makinenin konstrüksiyonu ve yazılımında var olup, klasik ring iplik makinesindeki gibi ek aparat kullanımına gerek kalmamıştır. Tellerin sisteme beslenmesi, makinenin arka kısmından gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Metal tellerin fantezi iplik makinesi üzerine yerleşimi

3.2.1.3 Katlama Makinesinde İplik Üretimi

Katlama, iplik özelliklerini geliştirmek ve tek katlı ipliklerle sağlanamayan iplik veya kumaş performansını elde etmek amacıyla iki veya daha fazla sayıdaki tek katlı ipliğin birbirine bükülmesi işlemi olarak değerlendirilmektedir (Şekil 3.11). Tek katlı iki veya daha çok ipliğin bükülmesi veya katlanması ile elde edilen ipliklere katlı iplikler denilmektedir. Katlama, özellikle eğirme sonrası proseslerde ortaya çıkan kuvvetlere ipliğin dayanabilmesi için ipliğe mukavemet ve aşınma direnci kazandırmak amacıyla yapılmaktadır. Öte yandan, pürüzsüz bir yüzey ile yumuşak bir tutuma sahip oldukça parlak, düzgün, az tüylü, mukavemeti yüksek ve aşınmaya karşı dirençli ipliklere çok katlı iplikler denilmektedir (Yılmaz, Özkan ve Kimya, 2008; Lord, 2003).



Şekil 3.11 İplik katlama işlemi ve katlı iplik (Yılmaz, Özkan ve Kimya, 2008)

Katlama makinesinde (Şekil 3.14) metal tel içeren iplik üretimi de fantezi iplik üretimi türlerinden birini oluşturmaktadır. Fantezi iplik makinesi ile aynı prensipte çalışmasına karşın, katlama makinesinde metal teller ve akrilik fitil birer kat olarak birbiri etrafında sarılmış, daha sonra büküm makinesinde büküm verilmiştir. Bu şekilde çift katlı iplik elde edilmiştir.

Katlama işlemi, SSM katlama cihazında, 300metre/dakika hızda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13). Katlama makinesinde (Şekil 3.12) %100 poliakrilik fitil ile çalışılmıştır. Katlama işleminin ardından telin ve fitilin birbirlerine tutulmasını sağlamak amacıyla büküm verme işlemi gerçekleştirilmiştir. Büküm işlemi, Elitex büküm cihazında, 300metre/dakika hızda gerçekleştirilmiştir. Büküm 120T/m ve S yönünde olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.12 Uygulama yapılan katlama makinesinin görünümü



Şekil 3.13 Metal tellerin katlama iplik makinesi üzerindeki yerleşimi

3.2.1.4. Numune İpliklerin Özellikleri

Açıklanan üretim sistemlerine göre elde edilen numune iplikler aşağıdaki Tablo 3.5, 3.6 ve 3.7de gösterilmiştir.

Tablo 3.5 Klasik ring iplik makinesinde üretilen iplikler ve özellikleri

İplik kodu	FİTİL Numarası (Ne)	Tel Cinsi	Tel Çapı (mm)	Ana Çekim (m/dk)	FİTİLİN Cinsi	Üretim Yöntemi
A	Ne0,60	%100 Pamuk İpliği	-	21,5	Pamuk	-
A1	Ne 0.60	Paslanmaz çelik tel	0,035 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
A2	Ne 0.60	Paslanmaz çelik tel	0,05 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
A3	Ne 0.60	Bakır tel	0,04 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
A4	Ne 0.60	Bakır tel	0,05 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
B	Ne 0,85	%100 Pamuk İpliği	-	21,5	Pamuk	-
B1	Ne 0.85	Paslanmaz çelik tel	0,035 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
B2	Ne 0.85	Paslanmaz çelik tel	0,05 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
B3	Ne 0.85	Bakır tel	0,04 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
B4	Ne 0.85	Bakır tel	0,05 mm	21,5	Pamuk	Sarma yöntemi
C	Ne0,60	%100 Pamuk İpliği	-	29,5	Pamuk	-
C1	Ne 0.60	Paslanmaz çelik tel	0,035mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
C2	Ne 0,60	Paslanmaz çelik tel	0,05mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
C3	Ne 0,60	Bakır tel	0,04mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
C4	Ne 0,60	Bakır tel	0,05mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
D	Ne0,85	%100 Pamuk İpliği	-	29,5	Pamuk	-
D1	Ne 0,85	Paslanmaz çelik tel	0,035mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
D2	Ne 0,85	Paslanmaz çelik tel	0,05mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
D3	Ne 0,85	Bakır tel	0,04mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi
D4	Ne 0,85	Bakır tel	0,05mm	29,5	Pamuk	Sarma yöntemi

Tablo 3.6 Fantezi iplik makinesinde üretilen iplikler ve özellikleri

İplik kodu	Fitil Numarası	Tel Cinsi	Tel Çapı (mm)	Ana Çekim (m/dk)	Fitilin Cinsi	Üretim Yöntemi
E1	Nm 0,80	Paslanmaz çelik tel	0.05mm	6,31	Akrilik	Sarma yöntemi
E2	Nm 0,80	Paslanmaz çelik tel	0.05mm	6,31	Akrilik	Öz besleme yöntemi
F1	Nm 0,80	Bakır tel	0.04mm	6,31	Akrilik	Sarma yöntemi
F2	Nm 0,80	Bakır tel	0.04mm	6,31	Akrilik	Öz besleme yöntemi
G1	Nm 0,80	Bakır tel	0.05mm	6,31	Akrilik	Sarma yöntemi
G2	Nm 0,80	Bakır tel	0.05mm	6,31	Akrilik	Öz besleme yöntemi
H1	Nm 0,80	Bakır tel	0.1mm	6,31	Akrilik	Sarma yöntemi
H2	Nm 0,80	Bakır tel	0.1mm	6,31	Akrilik	Öz besleme yöntemi

Tablo 3.7 Katlama iplik makinesinde üretilen iplikler ve özellikleri

İplik kodu	Fitil Numarası	Tel cinsi	Tel çapı (mm)	Ana Çekim (m/dk)	Fitilin Cinsi	Üretim Yöntemi
I1	Nm 0,80	Paslanmaz çelik tel	0.05mm	300	Akrilik	Katlama
I2	Nm 0,80	Bakır tel	0.05mm	300	Akrilik	Katlama

Yapılan çalışmalarda, ring iplik makinesinde 0,1mm bakır tel ile iplik oluşumu gerçekleştirilemediğinden uygulama yapmak mümkün olmamıştır. Fantezi iplik makinesinde ise, ince yapısından dolayı sık kopuşlar elde edildiğinden, 0,035mm paslanmaz çelik tel ile çalışılamamıştır.

3.2.2 Ölçüm Yöntemleri

Elde edilen metal içeren ipliklerin, numara, kopma uzunluğu (Rkm), kopma uzaması, tüylülük ve iletkenlik özellikleri ölçülmüştür. Bunun dışında numune ipliklerin fotoğrafları çekilmiştir. İplikler, standart atmosfer şartlarında ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%65 \pm 2$ bağıl nem) 48 saat bekletilerek kondisyonlanması sağlanmış ve özellikleri ölçülmüştür.

3.2.2.1 İplik Numara Ölçümü

İplik numara ölçümü için, klasik numara çıkırığı kullanılmış ve hassas terazide ağırlık ölçümü ile numara tayini yapılmıştır. Yapılan ölçümler için TS 244 EN ISO 2060 “Tekstil-İplikler-Doğrusal Yoğunluk Tayini-Çile Metodu” kullanılmıştır.

3.2.2.2 İplik Mukavemet Ölçümü

Metal iplik numunelerinin mukavemet değerleri Zwick Roell Z010 mukavemet ölçüm cihazı (Şekil 3.16) ile ölçülmüştür. Mukavemet ölçümünde, kopma yükü, kopma uzaması ve kopma uzunluğu (Rkm) bulunmuştur. Bu değerler tanımlanacak olursa; ‘ ‘Kopma yükü, aşıldığında bir yapının bölümlerinden (veya elemanlarından) birinin ya da birçoğunun kısmen veya tamamen parçalanmasına yol açan yük olarak tanımlanmaktadır. Kopma uzaması örneğin kopma noktasındaki yüzde uzama değeridir. Kopma uzunluğu, materyalin (lif ya da ipliğin) kopma yüküne eşit miktarının kilometre olarak uzunluğudur. Özgül gerilme değeri ise, enine kesit alanı bilinmeyen veya ölçülmesi zor olan lif ve ipliklerin gerilmesini ifade etmek için kullanılır’ ’(Okur, 2002). Yapılan 10 ölçümün ortalaması alınarak mukavemet ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm makinesinin hızı 500mm/dakika ve ölçüm uzunluğu 500mm olarak ayarlanmıştır. Ön gerilim yükü için TS 245 EN ISO 2062 standardına göre her iplik numarası için ayrı gerilim değerleri (cN) bulunmuştur. Ön gerilim hızı 50mm/ dakika olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.16 Zwick Roell Z010 mukavemet ölçüm cihazı

3.2.2.3 İplik Tüylülük Ölçümü

İplik tüylülük ölçümü, Uster Zweigle Hairness Tester 5 cihazı (Şekil 3.17) ile ölçülmüştür. Ölçüm makinesinin hızı 50metre/dakika, ön gerilim 5 cN ve ölçüm uzunluğu 100m olarak ayarlanmıştır. Zweigle tüylülük test cihazlarında tüylülüğün belirlenmesinde uzunluk boyunca iplik yüzeyinden dışarı çıkan 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 6mm, 8mm, 10mm, 12mm, 15mm boyundaki liflerin sayısı belirtilmektedir. Bunun dışında “S3” olarak adlandırılan, iplikteki 3mm ve daha fazla uzunluktaki tüylerin toplamını ifade eden değer bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında yapılan değerlendirmelerde 1mm, 2mm ve ‘S3’ değerleri kullanılmıştır.



Şekil 3.17 Uster Zweigle Hairness Tester 5 tüylülük cihazı (Uster Zweigle)

3.2.2.4 İplik İletkenlik Ölçümü

İplik iletkenlik ölçümleri için, Keithley 2400 Source meter akım-voltaj ölçer cihaz (Şekil 3.18) kullanılmıştır. Paslanmaz çelik metal tellerin direnç değerleri ölçülmüş ve buna göre iletkenlik hakkında yorumlama yapılmıştır. Uygulama için iki uç arası 5cm mesafe bırakılmış, ölçümler bu şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18 Keithley 2400 Source meter Akım-Voltaj ölçer cihaz

3.2.2.5 İplik Fotoğraf Çekimi

İpliklerin yüzey görünüşleri hakkında bilgi sahibi olmak için Selectra stereo mikroskop (Şekil 3.19) ile x22 büyütmede görüntü alınmıştır.



Şekil 3.19 Selectra stereo mikroskop cihazı

3.2.3 Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Üretilen metal ipliklere ait sonuçlar, deney-düzenleme-çözümleme sistemine göre, problemin tanımı ve etken düzeylerinin seçimi, deneyi tanımlayacak matematiksel modelin seçimi ve verilerin test istatistiklerinin hesaplanması sırasına göre elde edilmiştir. Yapılan tasarımlar sonucunda, rasgele düzenli çok etkenli (2^2-2^3) varyans analizleri ve t-testi (Hicks, 2008) varyans tekniklerinin uygulanması öngörülmüştür

Pamuk içeren metal ipliklerin, pamuk oranı (Ne 0,60-Ne 0,85 fitil), paslanmaz çelik (0,035mm–0,05mm) ve bakır (0,04mm–0,05mm) tellerin incelikleri ve makine çekim değerleri (21,5m/dk–29,5m/dk) olmak üzere üç etken göz önüne alınmıştır. Bu faktörler doğrultusunda çok etkenli (2^3) varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Poliakrilik içeren metal ipliklerin aynı fitil ve makine çekim değerinde üretildikleri için, fantezi iplik makinesinde üretilen iplikler üretim yöntemlerine(sarma-öz besleme) ve paslanmaz çelik (0,05mm) ve bakır tellerin incelikleri (0,04mm–0,05mm–0,1mm) göz önüne alınmıştır. Paslanmaz çelik telin tek incelik değeri

(0,05mm) için üretim yöntemlerinin özellikler üzerindeki değerlendirmesi için t-testi, bakır tellerin incelikleri (0,04mm–0,05mm–0,1mm) ile üretim yöntemlerinin özellikler üzerindeki değerlendirmesi için iki etkenli varyans analizi teknikleri kullanılmıştır. Son olarak, katlama yöntemi ile üretilmiş poliakrilik içeren metal iplikler için aralarındaki tek fark olan tel cinsi(paslanmaz çelik- bakır) dikkate alınarak iki ana kütlenin mukayesesi için t-testi uygulanmıştır.

Varyans analiz tekniklerinin gerçekleştirilmesi için, SPSS 13.0 paket programı kullanılmıştır. T-testi, iki etkenli ve çok etkenli rasgele dağılımlı varyans analizleri için matematiksel formüller ve hipotezler kurulmuş ve oluşturulan tabloların sigma (α) değerlerinin 0,05 ten küçük olma durumuna göre yorumlamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerin tümünde gözlemlerin normal dağılımdan geldiği varsayımı doğrulanmıştır.

- t-testi

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Birinci etkenin j'inci düzeyindeki i'inci gözlem

μ = bütün düzeyleri için ortak etki (her zaman sabit)

τ_j = Birinci etkenin j'inci düzeyindeki etkisi $j = 1, 2, \dots, a$

$\varepsilon_{k(ij)}$ = τ etkeninin j'inci düzeyindeki i'inci gözlemde bulunan tesadüfi hata

$i = 1, 2, \dots, k$

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

- İki etkenli varyans analizi

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Y_{ijk} = Birinci (τ) etkenin i 'inci ve ikinci (β) etkenin j 'inci düzeyindeki k ' ıncı gözlem

μ = Her iki etkenin bütün düzeyleri için ortak etki (her zaman sabit)

τ_i = Birinci etkenin i 'inci düzeyindeki etkisi $i= 1,2,\dots,a$

β_j = İkinci etkenin j 'inci düzeyindeki etkisi $j= 1,2,\dots,b$

$\tau\beta_{ij}$ = τ ve β etkenlerinin ij kesişimlerinin etkisi

$\varepsilon_{k(ij)}$ = τ ve β etkenlerinin ij kesişimlerindeki k ' ıncı gözlemde bulunan tesadüfi hata
 $i= 1,2,\dots,k$

Ho1: $\tau_i=0$ bütün i ler için

Ha1: En az bir $\tau_i \neq 0$.

Ho2: $\beta_j=0$ bütün j ler için

Ha2: En az bir $\beta_j \neq 0$.

Ho3: $\tau\beta_{ij}=0$ bütün i, j ler için

Ha3: En az bir $\tau\beta_{ij} \neq 0$

- Üç etkenli varyans analizi

$$Y_{ijkm} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \gamma_k + \tau\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \tau\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

Y_{ijkm} = Birinci (τ) etkenin i 'inci, ikinci (β) etkenin j 'inci ve üçüncü (γ) etkenin k ' ıncı düzeylerindeki m ' inci gözlem

μ = Bütün düzeyler için ortak etki (her zaman sabit)

τ_i = Birinci etkenin i 'inci düzeyindeki etkisi $i=1,2,\dots,a$

β_j = İkinci etkenin j 'inci düzeyindeki etkisi $j= 1,2,\dots,b$

γ_k = Üçüncü etkenin k ' ıncı düzeyindeki etkisi $k= 1,2,\dots,c$

$\tau\beta_{ij}$ = τ ve β etkenlerinin ij kesişimlerinin etkisi

$\tau\gamma_{ik} = \tau$ ve γ etkenlerinin ik kesişimlerinin etkisi

$\beta\gamma_{jk} = \beta$ ve γ etkenlerinin jk kesişimlerinin etkisi

$\tau\beta\gamma_{ijk} = \tau, \beta$ ve γ etkenlerinin ijk kesişimlerinin etkisi

$\varepsilon_{m(ijk)} = \tau, \beta$ ve γ etkenlerinin ijk daki kesişimlerindeki m'inci gözlemde bulunan tesadüfi hata $m = 1, 2, \dots, n$

Ho1: $\tau_i = 0$ bütün i ler için

Ha1: En az bir $\tau_i \neq 0$.

Ho2: $\beta_j = 0$ bütün j ler için

Ha2: En az bir $\beta_j \neq 0$.

Ho3: $\tau\beta_{ij} = 0$ bütün i, j ler için

Ha3: En az bir $\tau\beta_{ij} \neq 0$.

Ho4: $\gamma_k = 0$ bütün k lar için

Ha4: En az bir $\gamma_k \neq 0$.

Ho5: $\tau\gamma_{ik} = 0$ bütün i, k lar için

Ha5: En az bir $\tau\gamma_{ik} \neq 0$.

Ho6: $\tau\gamma_{ik} = 0$ bütün i, k lar için

Ha6: En az bir $\tau\gamma_{ik} \neq 0$.

Ho7: $\tau\beta\gamma_{ijk} = 0$ bütün i, j, k lar için

Ha7: En az bir $\tau\beta\gamma_{ijk} \neq 0$.

BÖLÜM DÖRT

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Araştırma Sonuçları

4.1.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerine Ait Sonuçlar

Klasik ring iplik makinesinde, pamuk içeren metal tel üretimi farklı çekim değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Her iki çekim değeri için, Ne 0,60 ve Ne 0,85 olmak üzere iki incelikte fitil kullanılmıştır. Fitil değerleri için, sırasıyla 0,035mm paslanmaz çelik tel, 0,04mm bakır tel, 0,05mm paslanmaz çelik ve bakır tel ile iplik oluşumu gerçekleştirilmiştir. Bu ipliklerin, numara, mukavemet, tüylülük ve iletkenlik ölçümlerine ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir.

4.1.1.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Numara Ölçüm Sonuçları

Ring iplikçiliği metoduna dayanarak gerçekleştirilen çalışmada, metal esaslı pamuk ipliklerinin numara ölçümlerine ait sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir. Numara ölçümleri için tesadüfi seçilen 10 kopstan alınan sonuçların ortalamaları alınmıştır. Elde edilen ortalama değerlerine yuvarlama yapılmıştır. Sayısal değerler Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Çekim değeri 21,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesinde üretilen ipliklerin kodları ve numaraları

İplik Kodu	İplik Numarası	İplik Kodu	İplik Numarası
A	Ne 15	B	Ne 25
A1	Ne 12	B1	Ne 18
A2	Ne 10	B2	Ne 14
A3	Ne 11	B3	Ne 16
A4	Ne 10	B4	Ne 14

Tablo 4.2 Çekim değeri 29,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesinde üretilen ipliklerin kodları ve numaraları

İplik Kodu	İplik Numarası	İplik Kodu	İplik Numarası
C	Ne 20	D	Ne 30
C1	Ne 16	D1	Ne 21
C2	Ne 13	D2	Ne 16
C3	Ne 14	D3	Ne 19
C4	Ne 13	D4	Ne 16

4.1.1.2 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Mukavemet Ölçüm Sonuçları

%100 Pamuk iplikleri ve metal içeren pamuk iplikleri için mukavemet ölçümü 10 defa tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır. Tablo 4.3 ve 4.4'te verilmiş değerler 10 ölçüm değerlerinin ortalama sonuçlarıdır.

Tablo 4.3 Çekim değeri 21,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesinde üretilen ipliklerin kodları ve mukavemet değerleri

İplik Kodu	Kopma Yüğü (N)	Kopma Uzaması (%)	Kopma Uzunluğu-Rkm (kgf*Nm)	Özgöl Gerilme (N/tex)
A	6,11	6,73	15,8	0,155
A1	7,35	5,67	15,2	0,149
A2	7,12	6,20	12,3	0,120
A3	7,70	6,20	14,6	0,143
A4	7,06	5,69	12,2	0,119
B	3,07	4,46	13,2	0,129
B1	3,87	4,86	12	0,117
B2	4,70	4,84	11,3	0,111
B3	3,51	4,13	9,7	0,095
B4	4,43	4,42	10,7	0,105

Tablo 4.4 Çekim değeri 29,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesinde üretilen ipliklerinin kodları ve mukavemet değerleri

İplik Kodu	Kopma yükü (N)	Kopma Uzaması (%)	Kopma Uzunluğu-Rkm (kgf* Nm)	Özgül Gerilme (N/tex)
C	4,13	5,49	14,2	0,139
C1	5,17	5,35	14,2	0,140
C2	5,22	4,42	11,7	0,114
C3	4,33	4,65	10,4	0,102
C4	5,26	5,76	11,8	0,115
D	1,98	3,91	10,2	0,100
D1	3,41	3,81	12,3	0,121
D2	4,25	4,60	11,7	0,115
D3	2,92	3,90	9,5	0,093
D4	2,79	3,57	7,71	0,075

4.1.1.3. Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Tüylülük Ölçüm Sonuçları

Uster Zweigle Hairness Tester 5 cihazında yapılan tüylülük ölçüm sonuçları Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.5 Çekim değeri 21,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesinde üretilen ipliklerin tüylülük değerleri

İplik Kodu	Zweigle (1mm)	Zweigle (2mm)	Zweigle (S3)
A	8877	2860	3170
A1	12560	1632	519
A2	5783	876	336
A3	13014	1820	519
A4	14972	2797	1537
B	6996	1482	526
B1	6869	1624	714
B2	Ölçüm yapılamadı		
B3	8070	899	165
B4	14317	2363	661

Tablo 4.6 Çekim değeri 29,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesinde üretilen ipliklerin tüylülük değerleri

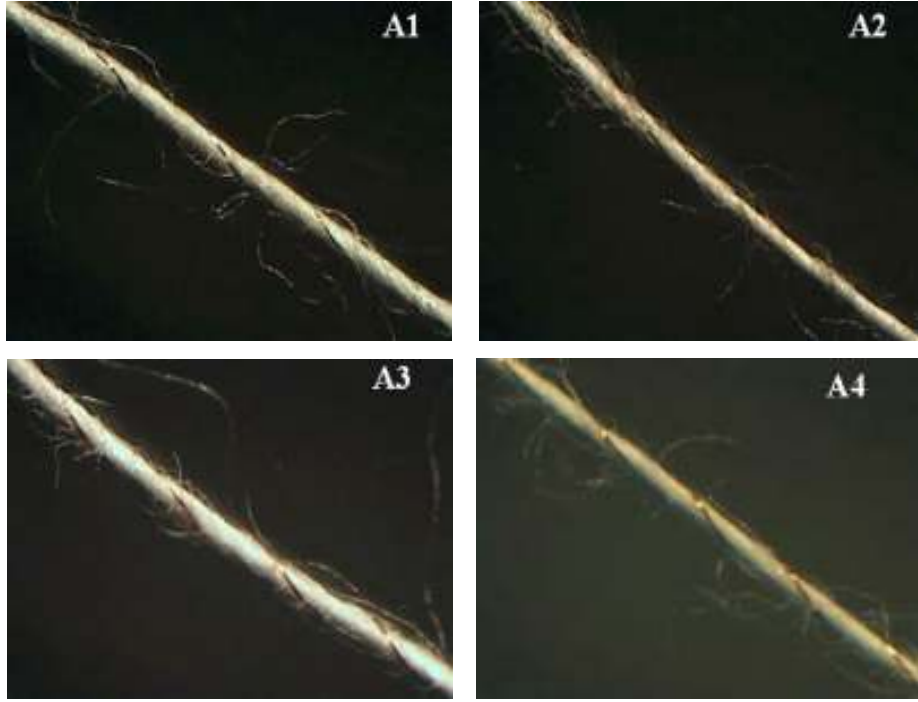
İplik Kodu	Zweigle (1mm)	Zweigle (2mm)	Zweigle (S3)
C	7612	1233	459
C1	5583	1266	971
C2	Ölçüm yapılamadı		
C3	7703	1221	481
C4	7148	1574	961
D	6996	1782	842
D1	5084	1049	338
D2	10402	3074	1130
D3	3967	631	196
D4	8638	2914	2288

4.1.1.4. Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin İletkenlik Değerleri

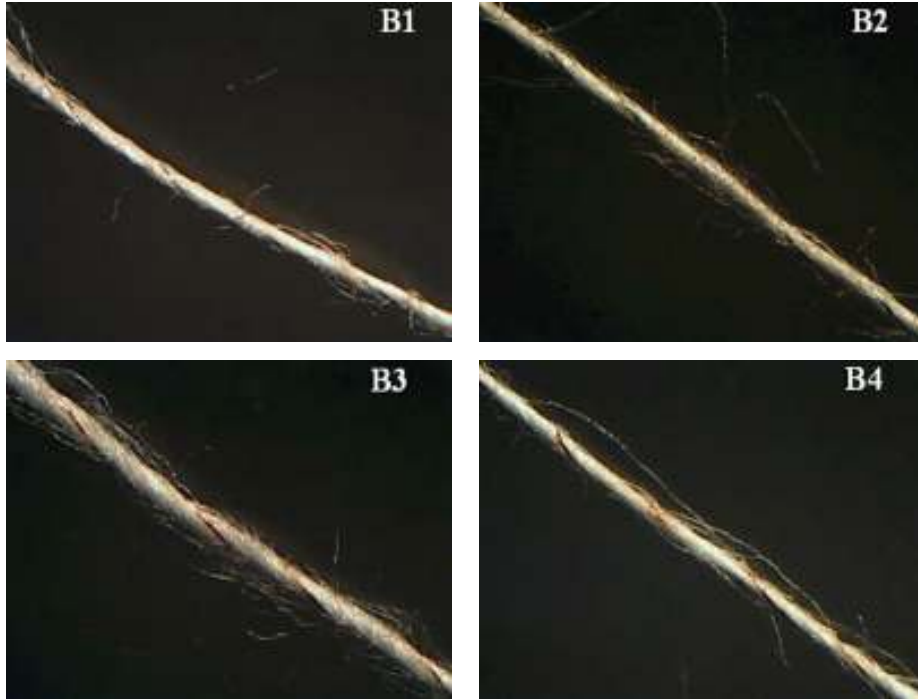
Çalışma kapsamında iletkenlik özelliğine sahip olarak paslanmaz çelik tel ile çalışılmıştır. İki farklı incelik değerinde çalışılan paslanmaz çelik teller için direnç değerleri, sırasıyla, 0,035mm olan tel için $2 \cdot 10^{-5}$ ve 0,05mm olan tel için $1 \cdot 10^{-5}$ olarak ölçülmüştür. Metal telin direnci arttıkça üzerinden geçen akım miktarı azalacağı için, 0,035mm incelikte paslanmaz çelik tel daha az elektriği iletme özelliği göstermektedir. Dolayısıyla 0,035mm paslanmaz çelik tel içeren metal iplikler (A1-B1-C1-D1) de, 0,05mm içerikli paslanmaz çelik tel içeren metal ipliklere (A2-B2-C2-D2) oranla daha az iletkenlik değerine sahiptir.

4.1.1.5. Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Görüntüleri

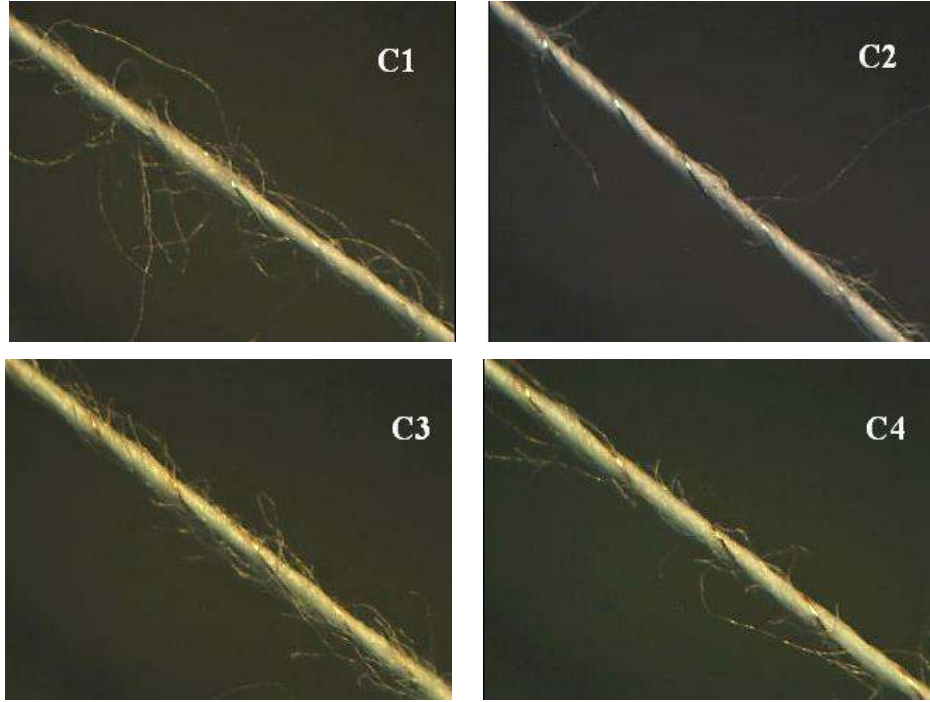
Elde edilen ipliklerin görüntüleri stereo mikroskop ile x22 büyütmede çekilmiştir (Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5).



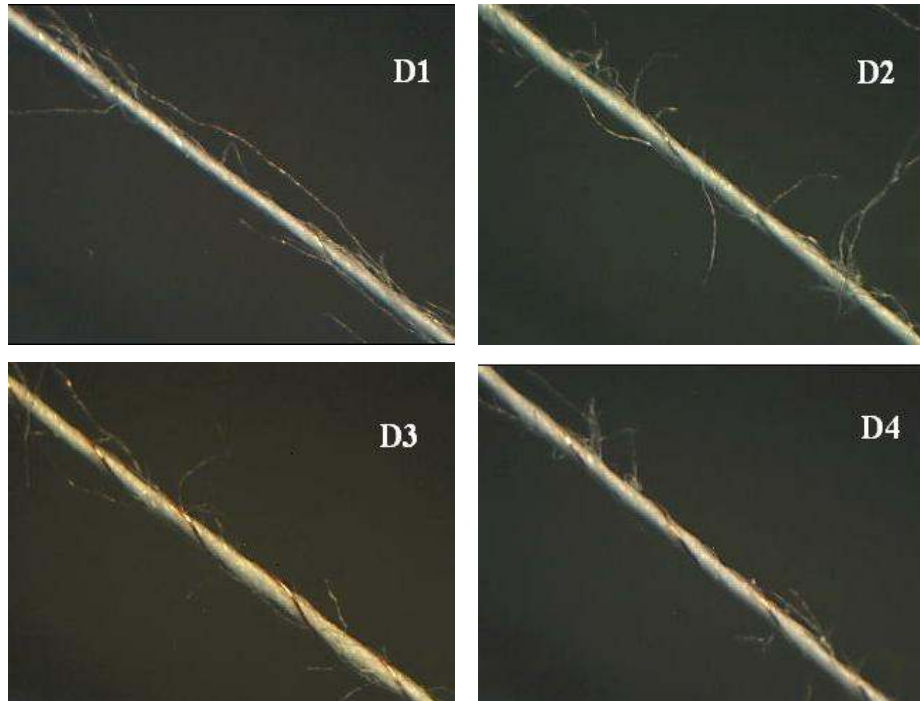
Şekil 4.1 Çekim değeri 21,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ile üretilen paslanmaz çelik (A1-A2) ve bakır (A3-A4) içeren ipliklerin streomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri



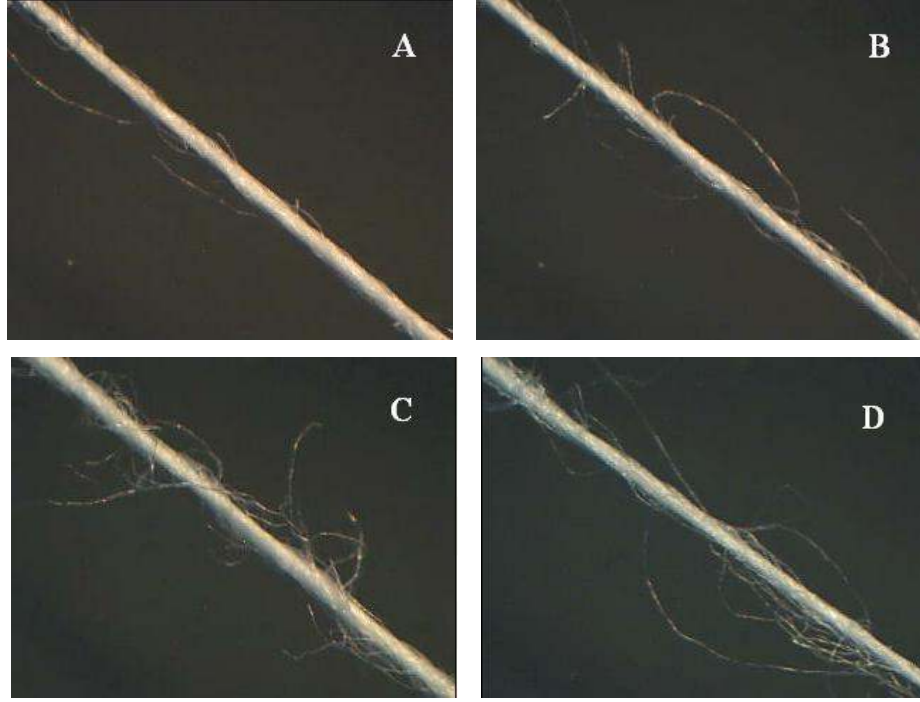
Şekil 4.2 Çekim değeri 21,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik (B1-B2) ve bakır (B3-B4) içeren ipliklerin streomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri



Şekil 4.3 Çekim değeri 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ile üretilen paslanmaz çelik (C1-C2) ve bakır (C3-C4) içeren ipliklerin streomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri



Şekil 4.4 Çekim değeri 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik (D1-D2) ve bakır (D3-D4) içeren ipliklerin streomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri



Şekil 4.5 Ne 0,85 fitil ile (B-D) ve Ne 0,60 fitil ile (A-C) elde edilen %100 pamuk ipliklerinin streomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri

4.1.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerine Ait Sonuçlar

Fantezi iplik makinesinde, poliakrilik içeren metal tel üretimi Ne 0,80 inceliğinde fitil ile gerçekleştirilmiştir. Fitil değerleri için, sırasıyla 0,04mm bakır, 0,05mm paslanmaz çelik, 0,05mm ve 0,1mm bakır tel ile iplik oluşumu gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan iplik formları, iki farklı makinede ve farklı üretimler ile elde edilmiştir. Bu ipliklerin, numara, mukavemet, tüylülük ve iletkenlik ölçümlerine ait sonuçlar bu kısımda verilmiştir.

4.1.2.1 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Numara Ölçüm Sonuçları

Fantezi iplik makinesi ve katlama makinesinde gerçekleşen üretimler sonucu elde edilen numara ölçümler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Numara ölçümleri için tesadüfi seçilen 10 kopstan alınan sonuçların ortalamaları alınmıştır. Elde edilen ortalama değerlerine yuvarlama yapılmıştır. Sayısal değerler Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7 Fantezi ve katlama iplik makinelerinde üretilen metal içeren poliakrilik ipliklerin iplik kodları ve numaraları

İplik Kodu	İplik Numarası	İplik Kodu	İplik Numarası
E1	Nm 11	G2	Nm 12
E2	Nm 12	H1	Nm 6
F1	Nm 12	H2	Nm 7
F2	Nm 13	I1	Nm 13
G1	Nm 11	I2	Nm 13

4.1.2.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Mukavemet Ölçüm Sonuçları

Metal içeren poliakrilik iplikleri için mukavemet ölçümü 10 defa tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır. Tablo 4.8’de verilmiş veriler 10 ölçüm değerlerinin ortalama sonuçlarıdır.

Tablo 4.8 Fantezi ve Katlama iplik makinesinde üretilen metal tel içeren poliakrilik ipliklerin iplik kodları ve mukavemet değerleri

İplik Kodu	Kopma Yüğü (N)	Kopma Uzaması (%)	Kopma Uzunluğu-Rkm (kgf*Nm)	Özgöl Gerilme (N/tex)
E1	10,58	11,43	11,8	0,116
E2	9,73	17,77	11,9	0,116
F1	11,27	16,52	13,7	0,135
F2	5,89	11,79	7,80	0,076
G1	11,33	18,88	12,7	0,124
G2	5,58	12,06	6,8	0,066
H1	11,62	12,97	7,1	0,069
H2	9,14	14,48	6,5	0,063
I1	9,83	12,67	13	0,127
I2	9,49	14,05	12,5	0,123

4.1.2.3 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Tüylülük Ölçüm Sonuçları

Uster Zweigle Hairness Tester 5 cihazında yapılan tüylülük ölçüm sonuçları tabloda verilmiştir. Sayısal değerler Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 Fantezi ve Katlama iplik makinesinde üretilen metal tel içeren poliakrilik ipliklerin iplik kodları ve tüylülük değerleri

İplik Kodu	Zweigle (1mm)	Zweigle (2mm)	Zweigle (S3)
E1	11379	3604	3310
E2	10687	7593	11236
F1	10233	3093	2636
F2	10897	12056	18308
G1	10991	3337	2962
G2	10643	12345	19601
H1	11542	3462	2491
H2	11448	5748	8263
I1	10448	3597	3156
I2	8036	2193	1649

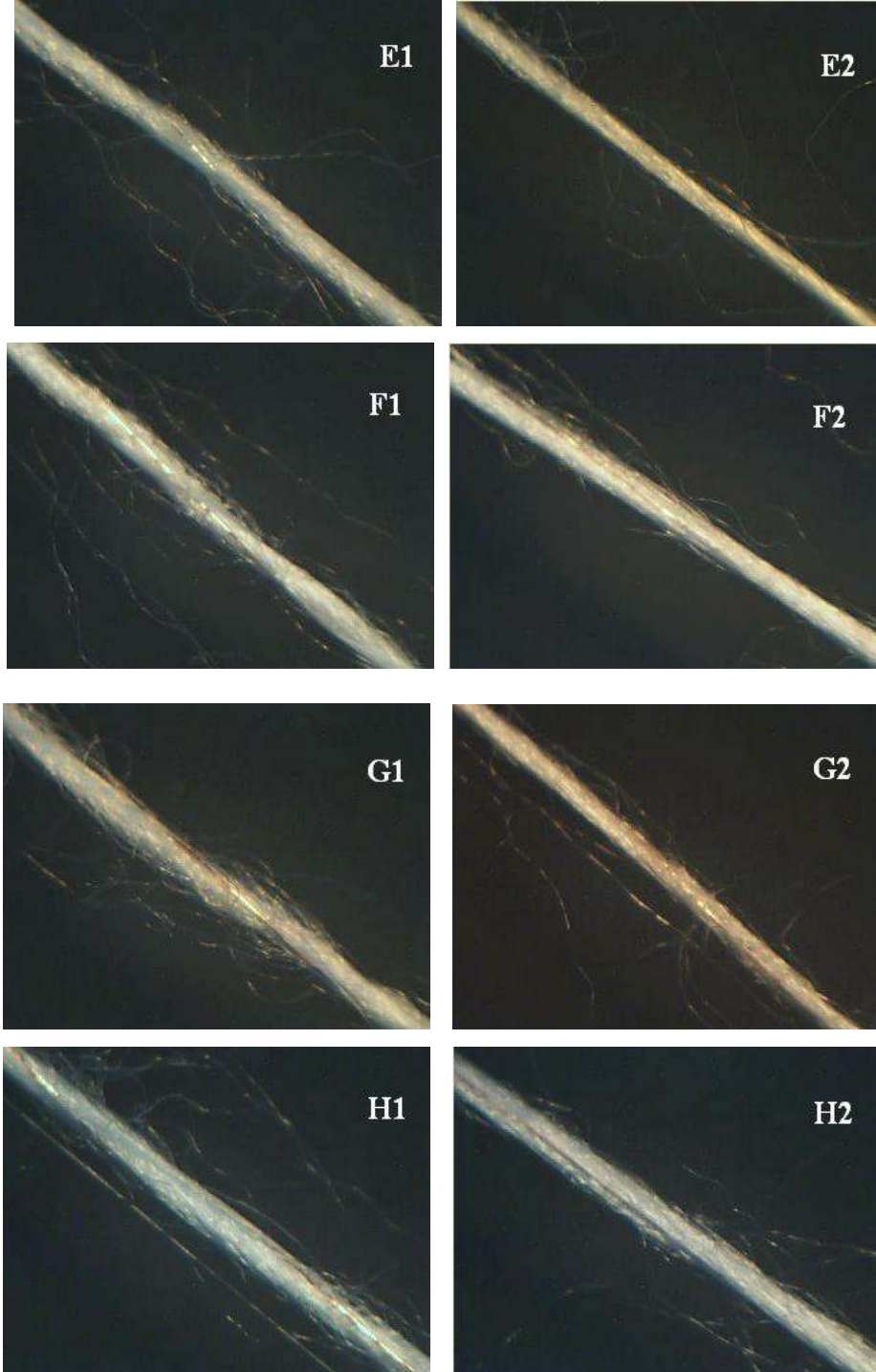
4.1.2.4. Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin İletkenlik Değerleri

Poliakrilik içeren metal iplik üretimi için kullanılan metal tellerden iletkenlik özelliğine sahip olarak paslanmaz çelik tel ile çalışılmıştır. Kullanılan 0,05mm paslanmaz çelik tel için direnç değeri $1 \cdot 10^{-5}$ olarak ölçülmüştür. Paslanmaz çelik tel içeren metal iplikler (E1-E2) sarma ve öz besleme yöntemine üretildiği için, kullanılan metal oranı da değişmektedir. Sarma yönteminde metal tel, büküm verilerek poliakrilik fitilin etrafına sarıldığı için, öz besleme yöntemine göre aynı uzunlukta iplik için daha fazla metal tel kullanılmıştır. Bu durum sarma yönteminde daha az direnç olmasını dolayısıyla üzerinden daha çok akım geçmesini ve elektriği iletmesini sağlayacaktır.

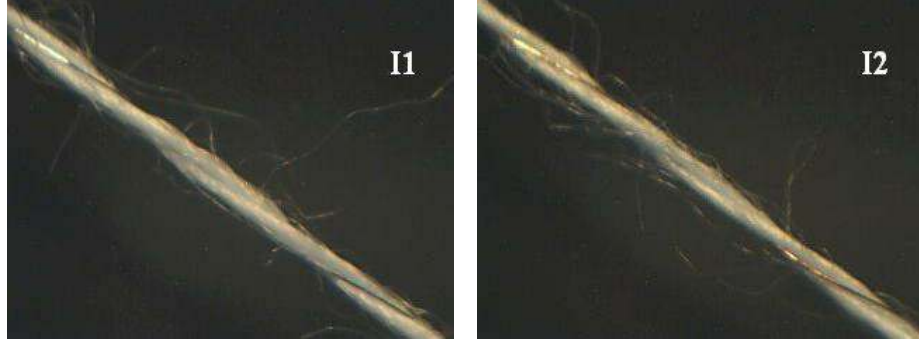
Katlama makinesinde üretilen paslanmaz çelik içeren metal iplikler için tel oranı daha fazla olacağından iletkenlik özelliği daha iyi değerlerde elde edilecektir.

4.1.2.5 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerinin Görüntüleri

Elde edilen ipliklerin görüntüleri stereo mikroskop ile x22 büyütmede çekilmiştir (Şekil 4.6 ve 4.7).



Şekil 4.6 Fantezi iplik makinesinde üretilmiş metal tel içeren poliakrilik ipliklerin stereomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri



Şekil 4.7 Katlama iplik makinesinde üretilmiş metal tel içeren poliakrilik ipliklerin streomikroskopta x 22 büyütme değerinde uzunlamasına görünüşleri

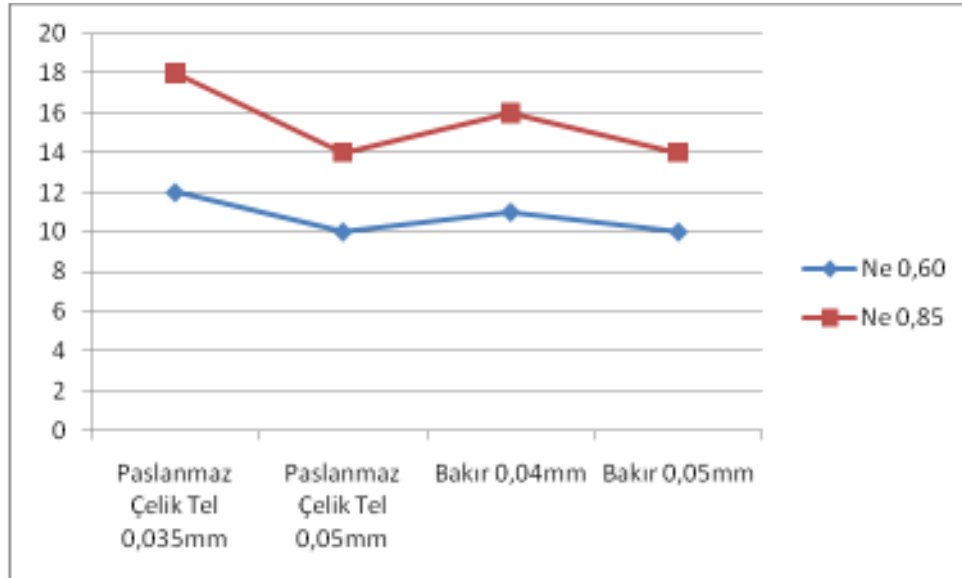
4.2 Tartışma

4.2.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerin Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi

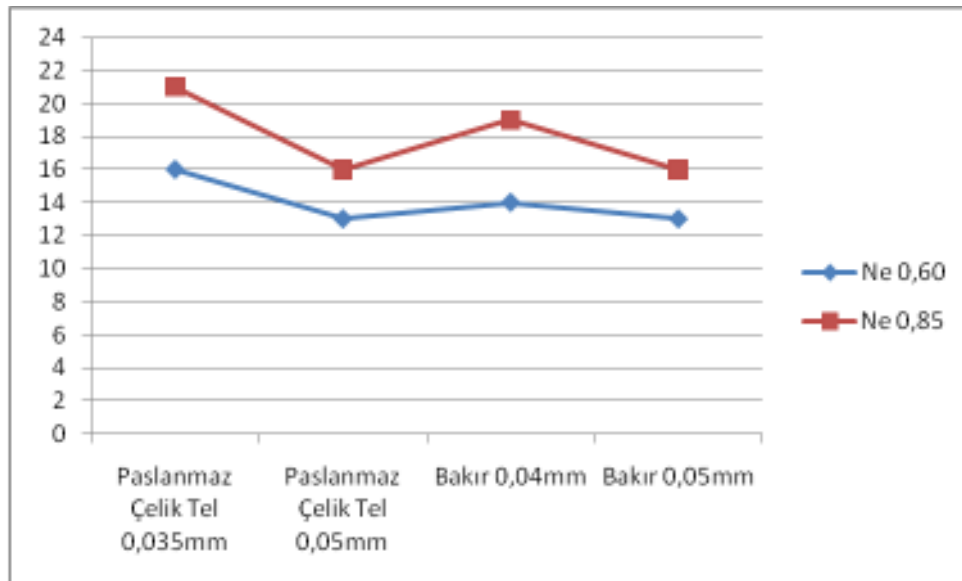
Metal içeren pamuk ipliklerin ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi için, ölçüm sonuçlarını yansıtan veri tabloları çizilmiş ve SPSS 13.0 paket programında istatistiksel değerlendirme yapılmıştır.

4.2.1.1 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerin Numara Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Şekil 4.8 ve şekil 4.9’da numara ölçümlerine ait grafikler gösterilmektedir. Metal tel içeren pamuk iplikler için çekim değeri, 21,5m/dk ve 29,5m/dk olmak üzere iki farklı değerde uygulama yapılmıştır. Yapılan uygulamalarda, 0,05mm’den daha kalın metal tel çapı ile çalışıldığında klasik ring iplik makinesinde tellerin koptuğu gözlemlenmiş ve metal içerikli iplik üretimi yapılamamıştır. 4 farklı metal tel tipi ile gerçekleşen çalışmada, çekim arttıkça, iplikler incelererek, numaralar arttığı görülmüştür. Çalışılan iki farklı fitil değeri için, Ne 0,85 fitil ile üretilen aynı metal çapı kullanılmış iplikler, daha ince olmuştur. Kullanılan fitil ve tel incelikleri ile oluşan metal sarmalı ipliklerin numaraları arasında doğru orantı gözlemlenmiştir. Makine çekim değeri arttıkça aynı şartlarda üretilen ipliklerin daha incelendiği, numara değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8 Çekim değeri 21,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin numara değerlerinin gösterimi



Şekil 4.9 Çekim değeri 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin numara değerlerinin gösterimi

Bu değerlendirmelerin yanı sıra SPSS 13.0 paket programında varyans analizi (ANOVA) tablosu çizilerek yorumlama yapılmıştır. Değerlendirmeler için, her iki çekim değeri için, paslanmaz çelik(A1-B1-C1-D1-A2-B2-C2-D2) ve bakır tel (A3-B3-C3-D3-A4-B4-C4-D4) içeren metal iplikler ayrı kategorilerde değerlendirilmiştir.

Tablo 4.10 Pamuk oranı (fitil numarası), makine çekimi ve paslanmaz çelik telin metal iplik (A1- B1-C1-D1-A2-B2- C2-D2) numarasına etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	798,923(a)	7	114,132	1449,225	,000
Intercept	17873,922	1	17873,922	226959,625	,000
Çelik	172,490	1	172,490	2190,245	,000
Pamuk_Oranı	436,038	1	436,038	5536,726	,000
Makine_Çekimi	164,422	1	164,422	2087,805	,000
Çelik * Pamuk_Oranı	13,820	1	13,820	175,478	,000
Çelik * Makine_Çekimi	10,782	1	10,782	136,914	,000
Pamuk_Oranı * Makine_Çekimi	1,174	1	1,174	14,903	,000
Çelik * Pamuk_Oranı * Makine_Çekimi	,197	1	,197	2,502	,118
Error	5,670	72	,079		
Total	18678,515	80			
Corrected Total	804,593	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.10), paslanmaz çelik tel, pamuk oranı ve makine çekimi, iplik numarası oluşumunda istatistiksel olarak anlamlı bir etki sağlamıştır. Bu üç faktörün ikili etkileşimleri değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, üçlü etkileşim sağladıklarında iplik numarası üzerinde etkilerinin anlamlı olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.11 Pamuk oranı (fitil numarası), makine çekimi ve bakır telin(A3-B3-C3-D3-A4-B4- C4-D4) metal iplik numarasına etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	513,574(a)	7	73,368	854,495	,000
Intercept	15725,393	1	15725,393	183149,781	,000
Bakır	71,707	1	71,707	835,152	,000
Pamuk_Oranı	297,992	1	297,992	3470,640	,000
Makine_Çekimi	132,510	1	132,510	1543,306	,000
Bakır * Pamuk_Oranı	8,554	1	8,554	99,630	,000
Bakır * Makine_Çekimi	2,478	1	2,478	28,862	,000
Pamuk_Oranı * Makine_Çekimi	,271	1	,271	3,161	,080
Bakır * Pamuk_Oranı * Makine_Çekimi	,062	1	,062	,717	,400
Error	6,182	72	,086		
Total	16245,149	80			
Corrected Total	519,756	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.11), bakır tel, pamuk oranı ve makine çekimi iplik numarası oluşumunda istatistiksel olarak anlamlı bir etki sağlamıştır. İkili etkileşimler incelendiğinde, pamuk oranı ve makine çekiminin ikili etkileşiminin bakır tel içeren metal ipliklerin numara oluşumu üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bunun dışında kalan, bakır tel ve pamuk oranı ve bakır tel ve makine çekimi etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı etki yaratmıştır. Üç etkenin kesişimi durumunda ise, istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı etki elde edilememiştir.

Tablo 4.12 Pamuk oranı ve makine çekiminin %100 pamuk iplikleri (A-B-C-D) üzerindeki iplik numarasına etkisinin ANOVA tablosu

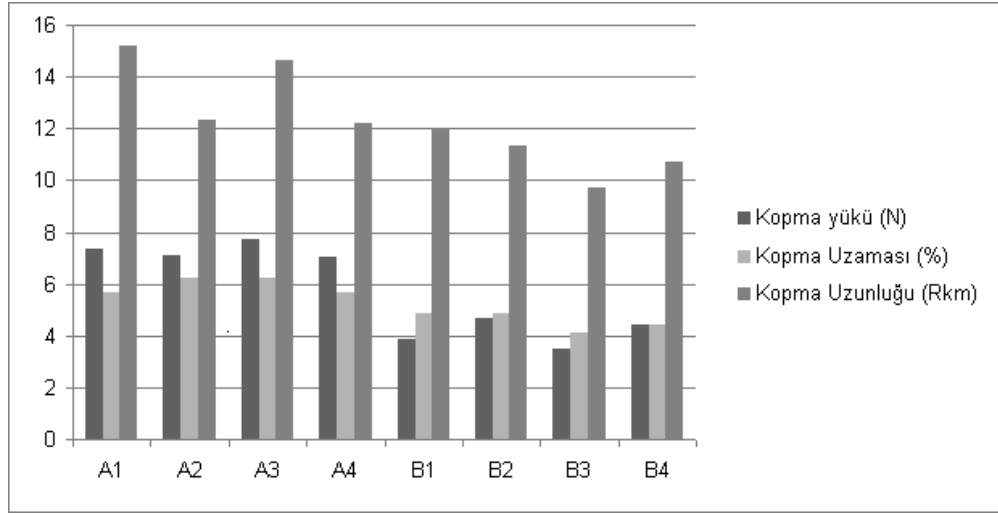
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1263,458(a)	3	421,153	2200,143	,000
Intercept	19945,156	1	19945,156	104195,477	,000
Pamuk_Oranı	242,458	1	242,458	1266,623	,000
Makine_Cekimi	1018,686	1	1018,686	5321,719	,000
Pamuk_Oranı * Makine_Cekimi	2,314	1	2,314	12,087	,001
Error	6,891	36	,191		
Total	21215,505	40			
Corrected Total	1270,349	39			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.12), pamuk oranı ve makine çekiminin tekli ve ikili etkileşimlerinin, %100 pamuk ipliklerinin iplik numarası özelliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

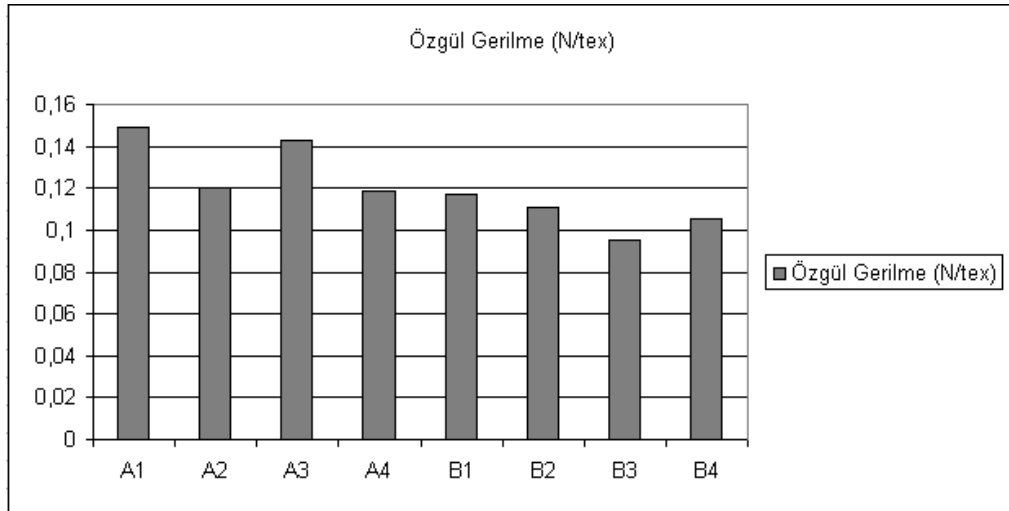
4.2.1.2 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerinin Mukavemet Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Şekil 4.10 ve şekil 4.12’de farklı çekim değerinde üretilen, %100 pamuk ipliklerinin ve metal içeren pamuk ipliklerinin kopma yükü (N), uzama yüzdesi (%) ve kopma uzunluğu (kgf*Nm) değerlerinin ortalama ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Ölçüm sonuçlarında, aynı makine çekim değerinde, Ne 0,60 fitil numarası ile üretilmiş olan A, A1, A2, A3 ve A4 kodlarına sahip ipliklerin, Ne 0,85 fitil numarası ile üretilmiş B, B1, B2, B3 ve B4 kodlarına sahip ipliklerden daha mukavim yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir. Kalın fitil numarasına sahip ipliğin

aynı tel inceliğinde üretilen değerleri için, kalın iplik oluşturması ve kalın ipliğin daha mukavemetli olması beklenen bir sonuçtur. Aynı sonuç, makine çekim değeri arttırıldığında da yaşanmıştır. Fakat makine çekim değerinin arttırılması, aynı tel inceliğinde ve aynı fitil numarasında üretilmiş olan iplikler için, mukavemet değerlerinin daha düşük olmasına yol açmıştır.

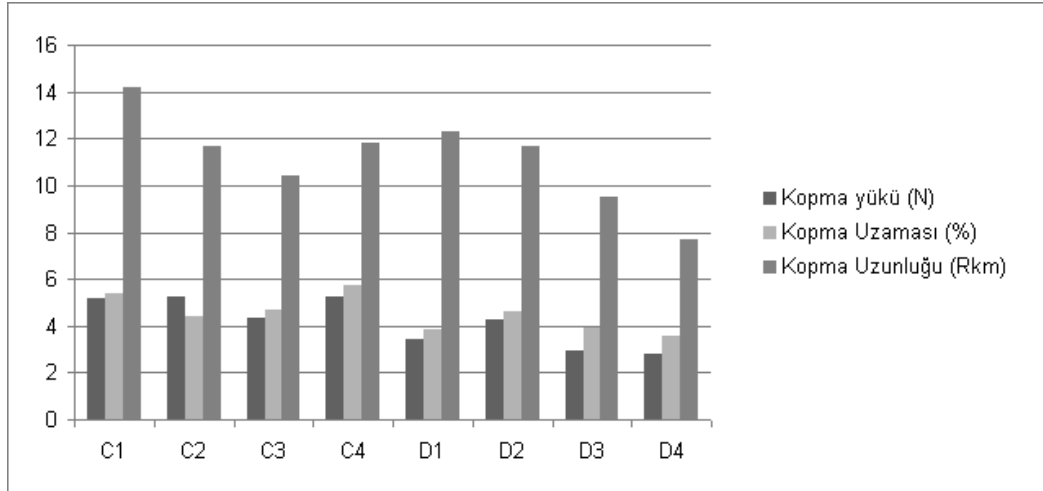


Şekil 4.10 Çekim değeri 21,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin mukavemet değerlerinin gösterimi

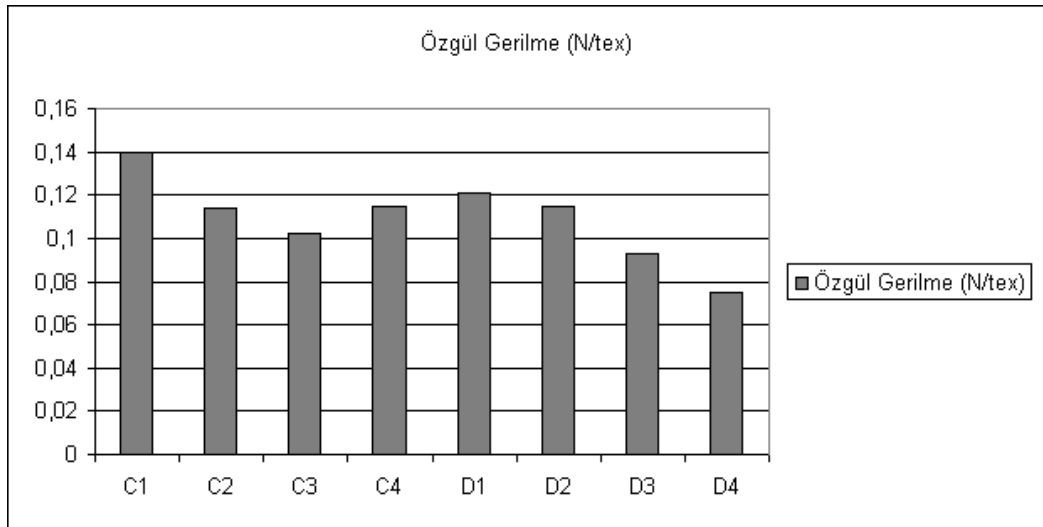


Şekil 4.11 Çekim değeri 21,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin özgül gerilme (tenacity) değerlerinin gösterimi

Elde edilen özgül gerilme değerlerine (Şekil 4.11) göre, genellikle, metal ipliğin içerisindeki tel çapı kalınlaştıkça ipliğin özgül gerilme değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durumun iplik içerisindeki pamuk elyaflarının telden daha yüksek özgül gerilime sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.12 Çekim değeri 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin mukavemet değerlerinin gösterimi



Şekil 4.13 Çekim değeri 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin özgül gerilme (tenacity) değerlerinin gösterimi

Elde edilen özgül gerilme değerlerinde (Şekil 4.13), genellikle, çekim değeri 21,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesi sonuçlarına benzer olarak, metal ipliğin içerisindeki tel çapı kalınlaştıkça ipliğin özgül gerilme değerinin düştüğü

gözlemlenmiştir. Sonuçlar, 21,5m/dk ayarlanmış ring iplik makinesine nazaran daha düşük değerlerde çıkmıştır. Bu durum, makine çekimi arttıkça ipliklerin özgül gerilme değerlerinin düştüğünü göstermektedir.

Bu değerlendirmelerin yanı sıra SPSS 13.0 paket programında varyans analizi (ANOVA) tablosu çizilerek yorumlama yapılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeler, kopma uzunluğu (Rkm) ve kopma uzaması üzerine yapılmıştır.

Tablo 4.13 Pamuk oranı, makine çekimi ve paslanmaz çelik telin metal ipliklerin (A1-B1-C1-D1-A2-B2-C2-D2) iplik kopma uzamasına etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	38,150(a)	7	5,450	17,939	,000
Intercept	1960,497	1	1960,497	6453,104	,000
Çelik	,294	1	,294	,968	,329
Pamuk_Oranı	14,612	1	14,612	48,096	,000
Makine_Çekimi	13,325	1	13,325	43,861	,000
Çelik * Pamuk_Oranı	1,381	1	1,381	4,545	,036
Çelik * Makine_Çekimi	,751	1	,751	2,471	,120
Pamuk_Oranı * Makine_Çekimi	,593	1	,593	1,953	,167
Çelik * Pamuk_Oranı * Makine_Çekimi	7,194	1	7,194	23,680	,000
Error	21,874	72	,304		
Total	2020,521	80			
Corrected Total	60,024	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.13), paslanmaz çelik telin tekli ve makine çekimi ile etkileşiminde ve pamuk oranı ve makine çekimi ikili etkileşiminin kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Üç faktörün birlikte etkileşiminin kopma uzaması değerleri için istatistiksel olarak anlamlı etki sağladığı gözlemlenmiştir. Paslanmaz çelik telin kopma uzaması değerleri için etkisinin önemsiz olması, kırılma içyapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.14 Pamuk oranı, makine çekimi ve bakır telin metal ipliklerin (A3-B3-C3-D3-A4-B4-C4-D4) iplik kopma uzamasına etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	54,417(a)	7	7,774	23,267	,000
Intercept	2052,946	1	2052,946	6144,465	,000
Bakir	9,302	1	9,302	27,842	,000
Pamuk_Orani	20,910	1	20,910	62,584	,000
Makine_Cekimi	,175	1	,175	,523	,472
Bakir * Pamuk_Orani	2,995	1	2,995	8,965	,004
Bakir * Makine_Cekimi	12,672	1	12,672	37,928	,000
Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	8,359	1	8,359	25,019	,000
Bakir * Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	,002	1	,002	,007	,932
Error	24,056	72	,334		
Total	2131,419	80			
Corrected Total	78,473	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.14), bakır tel, pamuk oranı ve makine çekiminin bakır tel içeren metal iplikler kopma uzaması üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamıştır. Makine çekiminin tek olarak ve bakır tel, pamuk oranı ve makine çekimi üçlü etkileşiminin bakır tel içeren metal ipliklerin kopma uzaması üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Kopma uzaması değerleri için paslanmaz çelik tel ve bakır telin meydana getirdiği sonuçlar düşünülürse, paslanmaz çelik telin bakır tele oranla daha sert yapıda olduğu ve deneyi oluşturan etkenlerden daha az etkilendiği gözlemlenmektedir. Aynı çaplarda metal teller ile iplik oluşumu yapılmasına rağmen, birbirlerinden farklı özellikte sonuçların çıkması, paslanmaz çelik ve bakırın farklı maddesel özelliklere sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.15 Pamuk oranı, makine çekimi ve paslanmaz çelik telin metal ipliklerin (A1-B1-C1-D1-A2-B2-C2-D2) iplik kopma uzunluğuna etkisini gösteren ANOVA tablosu

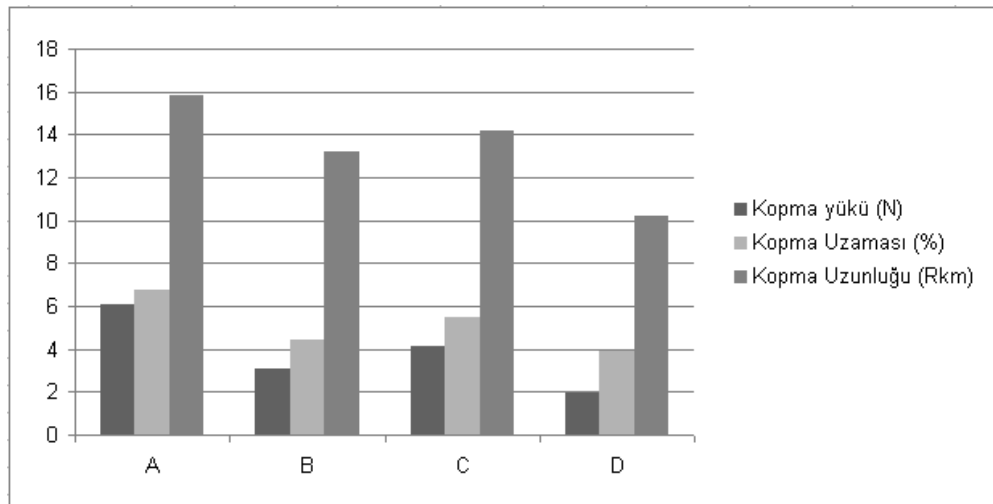
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	133,026(a)	7	19,004	29,529	,000
Intercept	12777,524	1	12777,524	19854,432	,000
Celik	56,616	1	56,616	87,973	,000
Pamuk_Orani	46,269	1	46,269	71,895	,000
Makine_Cekimi	,874	1	,874	1,357	,248
Celik * Pamuk_Orani	22,748	1	22,748	35,348	,000
Celik * Makine_Cekimi	,206	1	,206	,320	,573
Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	6,227	1	6,227	9,676	,003
Celik * Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	,086	1	,086	,133	,716
Error	46,336	72	,644		
Total	12956,886	80			
Corrected Total	179,362	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.15), makine çekiminin tek başına ve paslanmaz çelik tel ile etkileşimde olduğu durumda kopma uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olmadığı görülmüştür. Makine çekimi, pamuk oranı ile etkileşime girdiğinde, kopma uzunluğu üzerinde etkisi gözlenirken, pamuk oranı ve paslanmaz çelik ile üçlü etkileşiminde kopma uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamamıştır. Makine çekimi ile paslanmaz çelik telin etkileşimlerinin kopma uzunluğu üzerinde anlamlı olmaması, makine çekimi ile pamuk oranı etkileşiminin kopma uzunluğu üzerinde anlamlı olması, pamuk liflerinin paslanmaz çelik tele göre farklı kopma davranışı göstermesinden kaynaklanmaktadır.

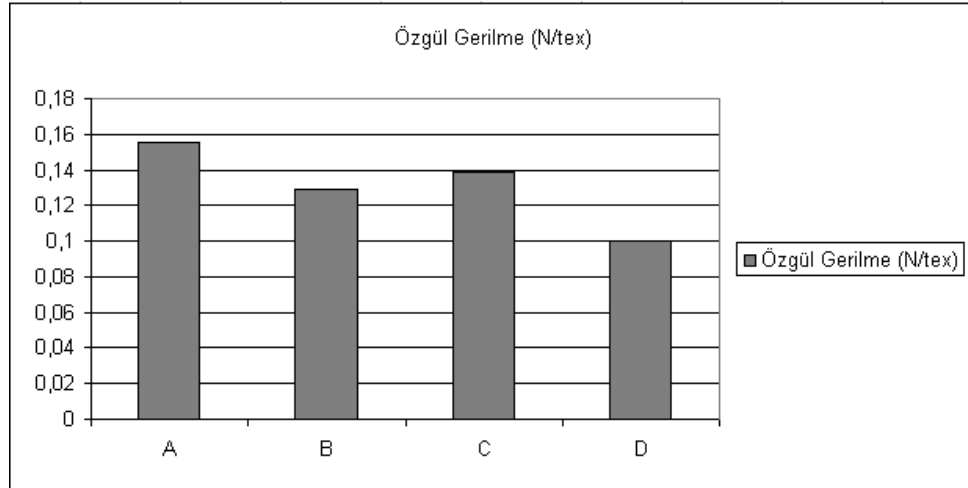
Tablo 4.16 Pamuk oranı, makine çekimi ve bakır telin metal ipliklerin (A3-B3-C3-D3-A4-B4-C4-D4) iplik kopma uzunluğuna etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	299,632(a)	7	42,805	47,193	,000
Intercept	9428,653	1	9428,653	10395,348	,000
Bakır	4,743	1	4,743	5,230	,025
Pamuk_Oranı	162,678	1	162,678	179,357	,000
Makine_Cekimi	73,268	1	73,268	80,780	,000
Bakır* Pamuk_Oranı	,088	1	,088	,098	,756
Bakır* Makine_Cekimi	1,008	1	1,008	1,111	,295
Pamuk_Oranı* Makine_Cekimi	2,401	1	2,401	2,647	,108
Bakır* Pamuk_Oranı* Makine_Cekimi	55,445	1	55,445	61,129	,000
Error	65,305	72	,907		
Total	9793,589	80			
Corrected Total	364,936	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.16), bakır tel pamuk oranı ve makine çekimi bakır tel içeren metal ipliklerde kopma uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki sağlamıştır. Bakır tel, pamuk oranı ve makine çekimi ikili etkileşimlerinde, istatistiksel olarak anlamlı etki gösterememiştir. Fakat etkenler üçlü etkileşimlere girdiğinde, kopma uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamışlardır.



Şekil 4.14 Çekim değeri sırasıyla 21,5m/dk ve 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin mukavemet değerlerinin gösterimi



Şekil 4.15 Çekim değeri sırasıyla 21,5m/dk ve 29,5m/dk olan ring iplik makinesinde Ne 0,60 fitil ve Ne 0,85 fitil ile üretilen paslanmaz çelik ve bakır içeren ipliklerin özgül gerilme (tenacity) değerlerinin gösterimi

Özgül gerilme değerleri (Şekil 4.15), metal tel içeren ipliklere göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun, pamuk elyafının metal tellerden daha yüksek özgül gerilme değerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Farklı fitil numaraları ve makine çekim değerinde üretilen %100 pamuk ipliklerinde (A, B, C ve D) aynı koşullarda üretilen tel içeriğine sahip pamuk ipliklerine göre daha yüksek mukavemet değerleri (Şekil 4.14) ile karşılaşılmıştır. Bu durumun, pamuk iplikleri içerisindeki telin kırılma yapısında olup, pamuk ipliği kopmadan önce kırılmasından kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.17 Pamuk oranı ve makine çekiminin %100 pamuk iplikleri (A-B-C-D) üzerindeki iplik kopma uzamasına etkisinin ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	44,304(a)	3	14,768	37,254	,000
Intercept	1053,394	1	1053,394	2657,367	,000
Pamuk_Orani	7,474	1	7,474	18,853	,000
Makine_Cekimi	35,853	1	35,853	90,446	,000
Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	,977	1	,977	2,464	,125
Error	14,271	36	,396		
Total	1111,969	40			
Corrected Total	58,574	39			

ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.17), pamuk oranı ve makine çekimi değerleri %100 pamuk ipliklerinin iplik kopma uzaması özelliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Fakat bu iki etken birbiri ile etkileşime girdiğinde kopma uzaması üzerinde anlamlı bir etki sağlamamışlardır.

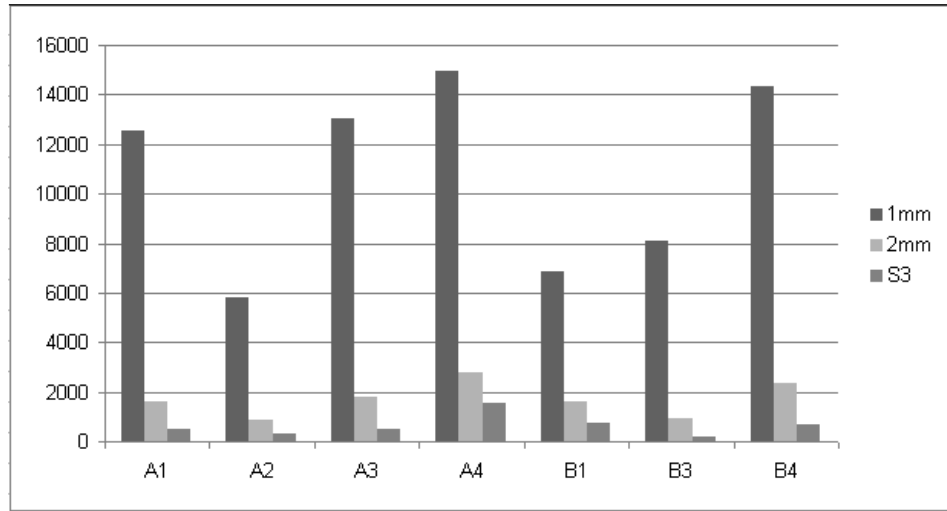
Tablo 4.18 Pamuk oranı ve makine çekiminin %100 pamuk iplikleri (A-B-C-D) üzerindeki iplik kopma uzunluğuna etkisinin ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	165,639(a)	3	55,213	32,574	,000
Intercept	7190,710	1	7190,710	4242,317	,000
Pamuk_Orani	52,189	1	52,189	30,790	,000
Makine_Cekimi	108,142	1	108,142	63,801	,000
Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	5,307	1	5,307	3,131	,085
Error	61,020	36	1,695		
Total	7417,369	40			
Corrected Total	226,659	39			

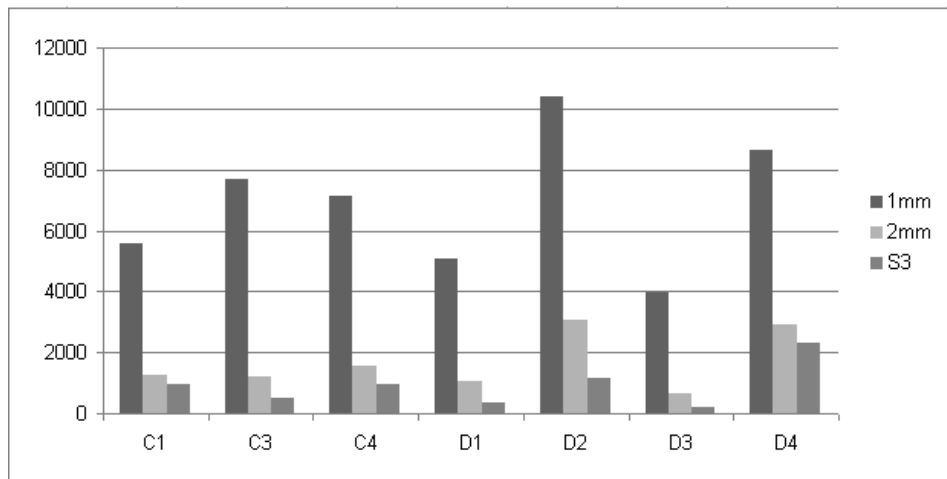
ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.18), pamuk oranı ve makine çekimi değerleri %100 pamuk ipliklerinin iplik kopma uzunluğu özelliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Kopma uzamasına benzer şekilde, iki etkenin birbiri ile etkileşime girmesi kopma mukavemeti üzerinde anlamlı etki göstermemiştir.

4.2.1.3 Metal Tel İçeren Pamuk İpliklerin Tüylülük Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Şekil 4.16 ve 4.17’de farklı fitil numaraları ve çekim değerlerinde üretilen (21,5m/dk ve 29,5m/dk) %100 pamuk ve pamuk içeren metal ipliklerin ‘Zweigle 1mm’, ‘Zweigle 2mm’ ve 3mm ve 3mm den daha uzun lif değerlerini ifade eden ‘S3’ tüylülük değerleri gösterilmektedir. Yapılan ölçümlerde, B2 ve C2 kodlarına sahip paslanmaz çelik telin kullanıldığı iplikler bakır içeren ipliklere göre daha kıvrımlı yapıda olduğu için tüylülük değerleri anlamlı sonuçlar vermemiştir. Bu nedenle yukarıda gösterilen grafikte B2 ve C2 değerleri gösterime alınmamıştır. Genel olarak pamuk içerikli metal ipliklerde, ‘S3’ değerinin ‘Zweigle 1mm’ ve ‘Zweigle 2mm’ lif değerlerinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.16 Klasik ring iplik makinesi çekim değeri 21,5m/dk ayarlanmış Ne 0,60 ve Ne 0,85 fitil numarası ile üretilen pamuk içeren metal ipliklerin tüylülük değerlerinin gösterimi



Şekil 4.17 Klasik ring iplik makinesi çekim değeri 29,5m/dk ayarlanmış Ne 0,60 ve Ne 0,85 fitil numarası ile üretilen pamuk içeren metal ipliklerin tüylülük değerlerinin gösterimi

Tablo 4.19 Pamuk oranı ve makine çekiminin metal ipliklerin (A1-B1-C1-D1-A2-D2) iplik tüylülük etkisini gösteren ANOVA tablosu

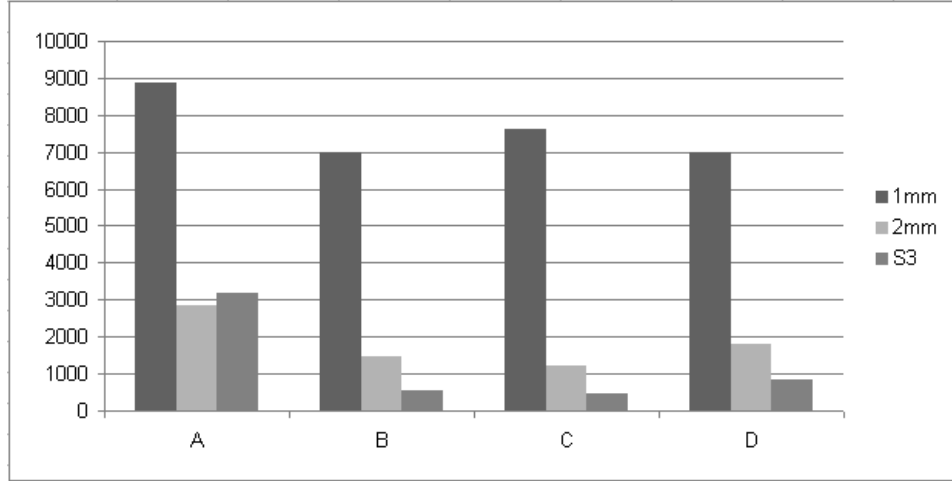
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2208600,500(a)	3	736200,167	148,544	,000
Intercept	16151868,100	1	16151868,100	3258,991	,000
Pamuk_Orani	480048,100	1	480048,100	96,860	,000
Makine_Cekimi	14592,400	1	14592,400	2,944	,095
Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	1713960,000	1	1713960,000	345,829	,000
Error	178419,400	36	4956,094		
Total	18538888,000	40			
Corrected Total	2387019,900	39			

ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.19), pamuk ve paslanmaz çelik içeren ipliklerin tüylülük değerleri B2 ve C2 iplikleri için, tam olarak ölçülemediği için, paslanmaz çelik tel etken olarak alınmamıştır. ANOVA tablosuna göre, pamuk oranının tüylülük üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Makine çekiminin tüylülük değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı değil iken, pamuk oranı ve makine çekiminin kesişim etkisi anlamlıdır.

Tablo 4.20 Pamuk oranı, makine çekimi ve bakır telin metal ipliklerin (A3-B3-C3-D3-A4-B4-C4-D4) iplik tüylülük değerleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	37289499,988(a)	7	5327071,427	991,730	,000
Intercept	57954803,513	1	57954803,513	10789,329	,000
Bakir	20858010,013	1	20858010,013	3883,094	,000
Pamuk_Orani	43851,613	1	43851,613	8,164	,006
Makine_Cekimi	1360593,613	1	1360593,613	253,299	,000
Bakir* Pamuk_Orani	1485397,513	1	1485397,513	276,533	,000
Bakir* Makine_Cekimi	1396825,513	1	1396825,513	260,044	,000
Pamuk_Orani* Makine_Cekimi	6450776,113	1	6450776,113	1200,928	,000
Bakir* Pamuk_Orani* Makine_Cekimi	5694045,613	1	5694045,613	1060,049	,000
Error	386747,500	72	5371,493		
Total	95631051,000	80			
Corrected Total	37676247,488	79			

ANOVA sonuçlarına göre (Tablo 4.20), bakır tel, pamuk oranı ve makine çekimi iplik tüylülüğü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamıştır. Etkenlerin ikili ve üçlü etkileşimleri her kombinasyon için istatistiksel olarak anlamlı etki ile sonuçlanmıştır.



Şekil 4.18 Klasik ring iplik makinesi çekim değeri 21,5m/dk ve 29,5m/dk ayarlanmış Ne 0,60 ve Ne 0,85 fitil numarası ile üretilen %100 pamuk içeren ipliklerin tüylülük değerlerinin gösterimi

%100 pamuk iplikleri için 3mm ve daha uzun lifleri ifade eden ‘S3’ değerlerine bakıldığında (Şekil 4.18), ince tel kullanılan metal ipliklerin daha çok tüylülüğe sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun kalın tellerin iplik yapısında lif uçlarını daha iyi muhafaza ettiğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.21 Pamuk oranı ve makine çekiminin %100 pamuk iplikleri (A-B-C-D) üzerindeki iplik tüylülük değerleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50022034,100(a)	3	16674011,367	2212,703	,000
Intercept	62435016,900	1	62435016,900	8285,359	,000
Pamuk_Orani	14342457,600	1	14342457,600	1903,298	,000
Makine_Cekimi	12775780,900	1	12775780,900	1695,394	,000
Pamuk_Orani * Makine_Cekimi	22903795,600	1	22903795,600	3039,419	,000
Error	271281,000	36	7535,583		
Total	112728332,000	40			
Corrected Total	50293315,100	39			

ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.21), pamuk oranı ve makine çekim değerleri %100 pamuk ipliklerinin tüylülük değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahiptir. Bu durum tekli ve ikili etkileşimler için geçerliliğini sürdürmektedir.

4.2.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Deneysel Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Metal tel içeren poliakrilik ipliklerin ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi için, ölçüm sonuçlarını yansıtan veri tabloları çizilmiş ve SPSS 13.0 paket programında varyans analizi (ANOVA) ve t- testi kullanılarak istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Yapılan değerlendirmelerin yanı sıra, paslanmaz çelik, bakır tel ve üretim yöntemlerinin iplik değerleri üzerinde nasıl etkilerinin olduğunu gözlemlemek için ANOVA ve t-testi yapılmıştır. Paslanmaz çelik tel sadece 0,05mm inceliğinde kullanıldığı için t-testi, bakır tel 0,04mm, 0,05mm ve 0,1mm olmak üzere üç incelikte kullanıldığı için ANOVA uygulanmıştır. Katlama makinesinde üretilen ipliklerin ölçüm sonuçlarını değerlendirmek için t- testi kullanılmıştır.

4.2.2.1 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Numara Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

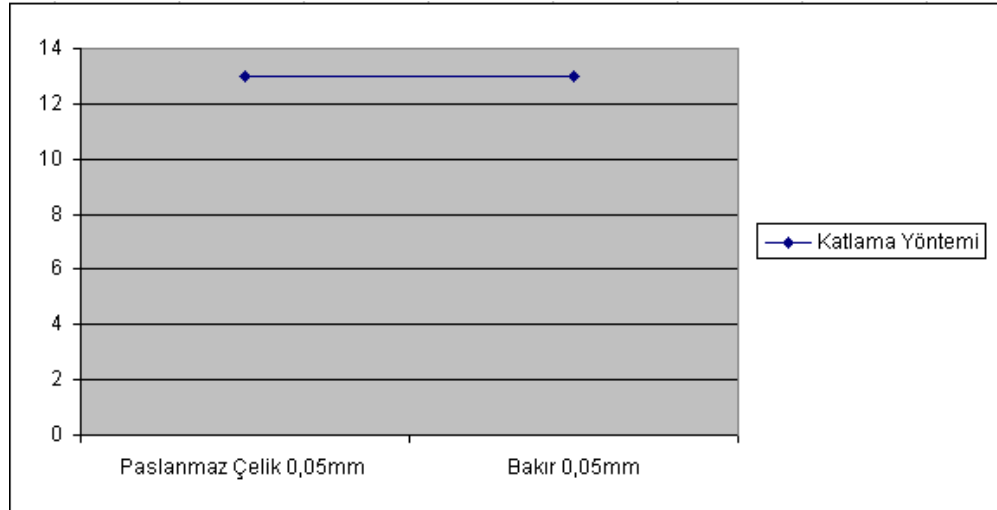
Fantezi iplik makinesinde üretilmiş olan metal tel içeren poliakrilik iplikler için, 4 farklı incelik ve 2 farklı metal türü ile üretim yapılmıştır. Fantezi iplik makinesinin

konstrüksiyonundan dolayı, çok silindirli sistemde ince değerdeki metal tellerde kopmalar gerçekleşmiş ve 0,035mm paslanmaz çelik tel ile metal içerikli iplik üretimi yapılamamıştır. Çalışılan farklı incelikte metal teller için, aynı fitil numarası ve çekim değeri için, metal tellerin inceliği ile orantılı iplik numaraları elde edilmiştir (Şekil 4.19).

Katlama makinesinde üretilmiş olan poliakrilik içeren metal iplikler için, şekilde gösterilen, aynı makine çekim değeri, fitil inceliği ve tel inceliği için 2 farklı metal türü ile üretim yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu, aynı tel inceliği için farklı türlerde metal tellerin aynı numaraya sahip metal tel içeren poliakrilik iplik oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.19 Fantezi iplik makinesinde üretilen poliakrilik içerikli paslanmaz çelik ve bakır içeren metal ipliklerin numara değerlerinin gösterimi



Şekil 4.20 Katlama iplik makinesinde üretilen poliakrilik içerikli paslanmaz çelik ve bakır içeren metal ipliklerin numara değerlerinin gösterimi

Uygulanan t-testi sonucunda, paslanmaz çelik içeren poliakrilik esaslı metal iplikler için (E1-E2), kullanılan yöntemlerin iplik numarasına istatistiksel olarak önemli bir etki sağlamadığı bulguları elde edilmiştir.

Tablo 4.22 Bakır telin ve üretim yönteminin metal ipliklerin (F1-F2-G1-G2-H1-H2) numara değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	376,246(a)	5	75,249	925,489	,000
Intercept	6159,283	1	6159,283	75752,972	,000
Bakır	358,699	2	179,350	2205,818	,000
Yöntem	15,841	1	15,841	194,834	,000
Bakır * Yöntem	1,705	2	,853	10,486	,000
Error	4,391	54	,081		
Total	6539,920	60			
Corrected Total	380,636	59			

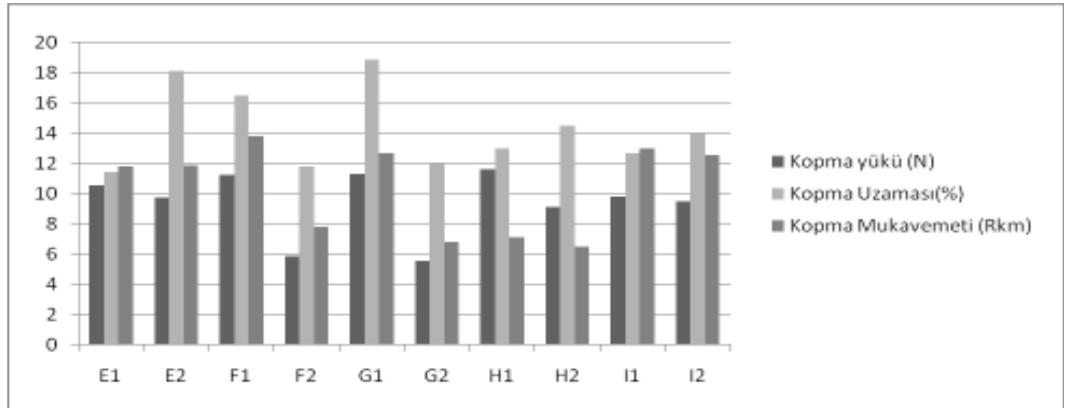
ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.22), bakır tel ve kullanılan üretim yönteminin iplik numarası üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağladığı gözlenmiştir. Bu durum bakır tel ve üretim yönteminin ikili etkileşimi için de aynı şekilde olmuştur.

Katlama makinesinde üretilen metal iplikler (I1-I2) için uygulanan t- testleri, tüm değerler aynı olduğu için tel cinsleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan

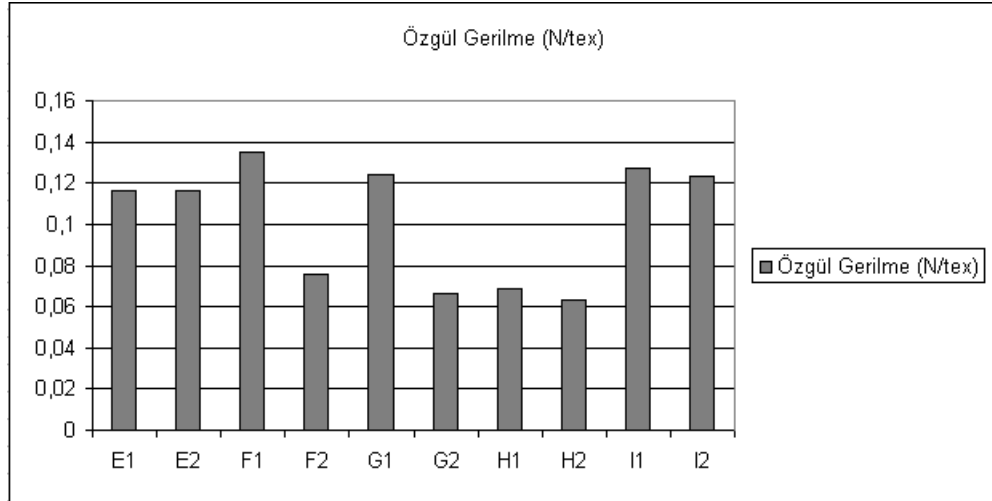
t-testi sonucunda, paslanmaz çelik ve bakır telden oluşan metal ipliklerin tel cinslerinin, iplik numara değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı etki sağladığı görülmüştür.

4.2.2.2 Metal Tel İçeren Poliakrilik İpliklerin Mukavemet Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Metal tel içeren poliakrilik ipliklerinin mukavemet değerleri için yapılan tabloda, fantezi iplik makinesi ve katlama iplik makinesi ile üretilen ipliklerin mukavemet sonuçlarının ortalamaları gösterilmiştir (Şekil 4.21). Yapılan gözleme göre, sarma yöntemi kullanılarak oluşturulan metal ipliklerin, öz besleme yöntemi ile oluşturulanlara göre daha yüksek değerlerde kopma yüküne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Sarma yöntemi ile üretilen bakır tel içeren metal ipliklerin kopma uzunluğu değerleri, telin kalınlığı arttıkça azalma göstermiştir.



Şekil 4.21 Fantezi ve katlama iplik makinesinde üretilen poliakrilik içerikli paslanmaz çelik ve bakır içeren metal ipliklerin mukavemet değerlerinin gösterimi



Şekil 4.22 Fantezi ve katlama iplik makinesinde üretilen poliakrilik içerikli paslanmaz çelik ve bakır içeren metal ipliklerin özgül gerilme (tenacity) değerlerinin gösterimi

Elde edilen özgül gerilme sonuçlarına göre (Şekil 4.22), genellikle, sarma yöntemine göre elde edilmiş metal ipliklerin öz besleme yöntemine göre daha yüksek özgül gerilme değerlerine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Katlama yöntemi için, aynı incelik değerleri için, paslanmaz çelik tel içeren ipliğin özgül gerilme kuvvetinin bakır tel içerenine göre daha yüksek özgül gerilme değerine sahip olduğu görülmüştür.

Uygulanan t-testi sonucunda, paslanmaz çelik içeren metal içeren poliakrilik iplikler için (E1-E2), kullanılan yöntemlerin iplik kopma uzaması üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki sağladığı bulguları elde edilmiştir.

Tablo 4.23 Bakır telin ve üretim yönteminin metal ipliklerin (F1-F2-G1-G2-H1-H2) kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	389,205(a)	5	77,841	6,355	,000
Intercept	12527,861	1	12527,861	1022,783	,000
Bakır	33,050	2	16,525	1,349	,268
Yöntem	167,969	1	167,969	13,713	,001
Bakır * Yöntem	188,186	2	94,093	7,682	,001
Error	661,435	54	12,249		
Total	13578,501	60			
Corrected Total	1050,640	59			

ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.23), bakır tel metal iplik kopma uzaması üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamazken, üretim yöntemi anlamlı bir etki göstermiştir. Bakır tel ve üretim yöntemi etkileşim içerisindeyken iplik kopma uzaması üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamıştır.

Katlama makinesinde üretilen metal iplikler (I1-I2) için uygulanan t- testleri, tüm değerler aynı olduğu için tel cinsleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan t- testi sonucunda, paslanmaz çelik ve bakır telden oluşan metal ipliklerin tel cinslerinin, kopma uzaması değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı etki sağladığı görülmüştür.

Uygulanan t-testi sonucunda, paslanmaz çelik içeren poliakrilik esaslı metal iplikler (E1-E2) için, kullanılan yöntemlerin iplik kopma uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki sağlamadığı bulguları elde edilmiştir.

Tablo 4.24 Bakır telin ve üretim yönteminin metal ipliklerin (F1-F2-G1-G2-H1-H2) kopma uzunluğu değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	524,737(a)	5	104,947	88,915	,000
Intercept	4992,288	1	4992,288	4229,632	,000
Bakır	171,597	2	85,798	72,691	,000
Yöntem	258,670	1	258,670	219,153	,000
Bakır * Yöntem	94,471	2	47,235	40,019	,000
Error	63,737	54	1,180		
Total	5580,762	60			
Corrected Total	588,474	59			

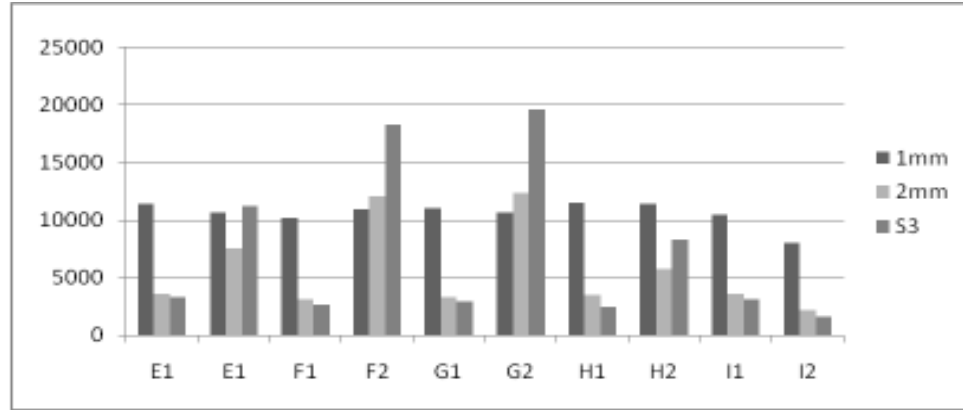
ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.24), bakır tel ve üretim yönteminin tekli ve ikili etkileşimlerinde, iplik uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki sağladığı gözlemlenmiştir.

Katlama makinesinde üretilen metal iplikler (I1-I2) için uygulanan t- testleri, tüm değerler aynı olduğu için tel cinsleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan t- testi sonucunda, paslanmaz çelik ve bakır telden oluşan metal ipliklerin tel

cinslerinin, iplik uzunluğu değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı etki sağlamadığı görülmüştür.

4.2.2.3 Metal İçeren Poliakrilik İpliklerin Tüylülük Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Şekil 4.23 de poliakrilik içeren metal ipliklerin ‘Zweigle 1mm’, ‘Zweigle 2mm’ ve 3mm ve 3mm den daha uzun lif değerlerini ifade eden ‘S3’ tüylülük değerleri gösterilmektedir. Öz besleme yöntemine göre üretilen metal tel içeren poliakrilik ipliklerin ‘S3’ değerleri, sarma yöntemine göre üretilen metal ipliklerden daha yüksek çıkmıştır. Bu durumun nedeni, sarma yöntemine göre üretilen ipliklerin büküm nedeniyle dışarıya uzanan liflerin toparlanması ve sayılarının azalması olarak düşünülmektedir. Katlama yöntemine göre üretilen metal tel içeren poliakrilik ipliklerde, paslanmaz çelik iplik bakır iplikten daha fazla tüylülük değerlerine sahip olmuştur.



Şekil 4.23 Fantezi ve katlama iplik makinesinde üretilen poliakrilik içerikli paslanmaz çelik ve bakır içeren metal ipliklerin tüylülük değerlerinin gösterimi

Uygulanan t-testi sonucunda, paslanmaz çelik içeren poliakrilik esaslı metal iplikler (E1-E2) için, kullanılan yöntemlerin iplik tüylülük üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki sağladığı bulguları elde edilmiştir.

Tablo 4.25 Bakır telin ve üretim yönteminin metal ipliklerin (F1-F2-G1-G2-H1-H2) tüylülük değerleri üzerindeki etkisini gösteren ANOVA tablosu

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3188643482,534(a)	5	637728696,507	1835,078	,000
Intercept	4907021187,267	1	4907021187,267	14120,057	,000
Bakır	409853665,433	2	204926832,717	589,681	,000
Yöntem	2417039152,067	1	2417039152,067	6955,081	,000
Bakır * Yöntem	361750665,033	2	180875332,517	520,473	,000
Error	18766152,200	54	347521,337		
Total	8114430822,000	60			
Corrected Total	3207409634,734	59			

ANOVA tablosuna göre (Tablo 4.25), bakır tel ve üretim yönteminin iplik tüylülük değerleri üzerindeki tekli ve ikili etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı etki göstermiştir.

Katlama makinesinde üretilen metal iplikler için (I1-I2) uygulanan t- testleri, tüm değerler aynı olduğu için tel cinsleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan t- testi sonucunda, paslanmaz çelik ve bakır telden oluşan metal ipliklerin tel cinslerinin, tüylülük değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı etki sağladığı görülmüştür.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günlük yaşantımızın birçok yerinde karşılaşılabileceğimiz ürünler olan elektriksel altyapılı tekstil ürünlerinin önemi giderek artmaktadır. Bu ürünlerin üretimi için iletken iplik üretimi ilk adım olarak düşünülmüştür. Bu nedenle, tez kapsamı içerisinde farklı tekstil lifleri ve metal teller ile metal içerikli iplik üretimi sağlanmıştır. Metal tel içeren ipliklerin elektriksel iletkenlik dışında, elektromanyetik kalkanlama ve statik elektriklenmeyi önleme amaçlı kullanılmaları ürünlere olan talep artışına ve gelişme potansiyeline katkı sağlayacaktır.

Pamuk içeren metal iplikler için çekim değeri, 21,5m/dk ve 29,5m/dk olmak üzere iki farklı değerde uygulama yapılmıştır. Genel olarak çekim değeri yüksek ayarlanan ring iplik makinesinde üretilen metal iplikler daha ince değerlerde bulunmuştur. Çekim arttıkça, iplikler incelmış, numaralar büyümüştür. Çalışılan iki farklı fitil değeri için, Ne 0,85 fitil ile üretilen aynı metal çapı kullanılmış iplikler, daha ince olmuştur. Dolayısıyla bu metal ipliklerin mukavemetleri de aynı incelikte metal tel kullanılan ipliklere göre daha düşük değerlerdedir.

Poliakrilik içeren metal iplikler için aynı çekim değeri ve fitil numarası ile çalışılmış, öz besleme ve sarma yöntemi olmak üzere iki farklı üretim tekniği kullanılmıştır. Öz besleme yöntemine göre üretilen ipliklerin daha ince yapıda, genellikle daha yüksek kopma uzunluğu ve tüylülük değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum sarma yönteminde metal telin fitil etrafına sarılması ile lif uçlarının daha iyi tutulması ve sıyrılmaların azalarak kopma durumunun zorlaşmasından kaynaklanmaktadır.

Yüksek iletkenliğe sahip metalik lifler, diğer çoğu tekstil lifine göre daha ağır ve kırılgan olduğundan başka liflerle homojen karışım yapılması ve iplik üretim işlemleri sırasında zamanla makineye zarar vermelerinden dolayı (aşınma ile) bilinen iplik eğirme makinelerinde üretilmeleri zordur, dolayısıyla üretimleri de daha

maliyetlidir. Bu nedenle, örneğin, pamuk ile metal liflerinin harmanlaması, çoğunlukla, çekim esnasında yapılmaktadır (Anderson ve Seyam, 2002). Gerçekleştirilen çalışmalarda, metal teller ile pamuk ve poliakrilik fitil içerikleri çekim esnasında harmanlanmış ve metal iplikler bu şekilde üretilmiştir. Bu duruma rağmen, metal içerikli ipliklerin iletken yapıda olmaları nedeniyle kapasitif sistemle çalışan test cihazlarında ölçüm yapılmaları %100 tekstil lifi içeren ipliklere göre daha zor olmaktadır.

Pamuk ve poliakrilik ipliklerin içeriğinde bulunan metal tellerin makinenin metal aksamı ile metal-metal sürtünmesi içerisine girmesi hem makineye hem de metal ipliklere zarar verici bir etkidir. Ayrıca metal tellerin, test ölçümlerinde, kırılma ve kopmalar yaşaması ölçüm değerlerinin gerçekliği açısından tekrarlamalar gerektirmiştir. Bu nedenle Uster Zweigle Hairness Tester 5 cihazında iki tip metal ipliğin tüylülük değerleri ölçülememiştir.

Gerçekleştirilen ölçümlerde, pamuk içeren metal iplikler için, kullanılan her iki çekim değeri için, en yüksek mukavemet değerleri Ne 0,60 fitil ve 0,035mm paslanmaz çelik ile üretilen ipliklere aittir. Bunun nedeni, kalın fitil numarasının daha mukavim yapıda olması ve ince telin daha az kırılmalara olanak tanınmasıdır. Tüylülük değerleri için değerlendirilme yapıldığında, en iyi değerlerin genellikle en ince metal tel olan 0,035mm paslanmaz çelik ve Ne 0,60 fitil ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu durumun, kalın fitil içeren ipliğin lif uçlarını daha iyi toparlamasından ve ince metal tel ile daha iyi sarılarak iplik yapısı oluşturmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Klasik ring iplik üretiminde çalışılan teller kalınlaştıkça, hem üretimin gerçekleştirilmesi zorlaşmış hem de üretilen metal ipliklerin beklenen özellikleri kötüleşmiştir.

Çalışmada, klasik ring iplik makinesinde her iki çekim değeri için (21,5m/dk ve 29,5m/dk) 0.1mm bakır tel ve 0.18mm paslanmaz çelik tel ile üretim yapmak mümkün olmamıştır. Tel incelikleri pamuk ipliği ile sarım için kalın bulunmuş ve sık kopuşlar gözlemlenmiştir. Katlı büküm makinesinde denemeler yapılmış fakat teller kılavuzlardan geçemediği için sonuç alınamamıştır. Uygulamalar sonucunda,

0,035mm çapındaki paslanmaz çelik, 0,04mm çapındaki bakır tel ve 0,05mm çapındaki paslanmaz çelik ve bakır tel ile sorunsuz iplik oluşumu gerçekleştirilmiştir.

Fantezi iplik makinesi için 0,35mm paslanmaz çelik tel ile metal özlü ya da sarmalı iplik oluşumu gerçekleştirilememiştir. Telin çekim sisteminde, telin ince yapısından kaynaklanan sık kopuşlar ve telin sistemden sürekli olarak çıkışı iplik oluşumuna engel olmuştur.

Genel olarak, kullanılan metal teller arasında, bakır tel ile yapılan ipliklerin, hem üretim aşamasında hem üretim sonrası kazanılan özelliklerinde daha olumlu sonuçlar ile karşılaşılmıştır. Bunun yanı sıra ince yapıdaki paslanmaz çelik ve bakır tellerin iplik makinelerinde metal iplik üretim işlemleri, ince metal tellerin makine yapısına uyumu açısından daha kolay gerçekleşmiştir. Kullanılan yöntemler içerisinde de, sarma yöntemi öz besleme yöntemine göre, pamuk ve poliakrilik içeren metal iplikler için, daha iyi özellikler göstermiştir. Lou (2005) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde, sarma yöntemi ile üretilen farklı içerikli metal ipliklerin daha az tüylülük, daha yüksek mukavemet (kopma yükü, kopma uzaması, kopma uzunluğu) özelliklerine sahip olduğu görülmüştür.

Karşılaşılan sorunların azaltılması ve üretimin serileştirilebilmesi için, klasik ring iplik makinesinin çıkış silinirinin üst kısmına entegre edilen aparat dışında, manşonların üzerine ve fitil ile baskıların arasına ilave aparatlar eklenerek sorunsuz ve hızlı üretim sağlanabilir.

İleride, paslanmaz çelik ve bakır tel dışında farklı metal teller ve alaşımlar içeren teller ile de çalışılabilir ve farklı özelliklere ve kullanım alanlarına sahip olacak ipliklerin üretilmesi sağlanabilir. Ayrıca ring iplik, fantezi ve katlama makineleri dışında iplik makineleri ile üretim yapılması sağlanabilir. Tez dahilinde pamuk ve poliakrilik içeren metal iplikler üretilmiştir, bu üretilen liflerin yanı sıra farklı doğal ya da sentetik liflerle üretim yapılarak yeni bir iplik geliştirilmesi sağlanabilir.

Çalışma kapsamında, farklı metal, içerik, çekim ayarı ve üretim yönteminden oluşan metal iplikler elde edilmiştir. Bu ipliklerin örme ya da dokuma kumaş yüzeyi oluşturması ve bu yapıların özelliklerinin incelenmesi sağlanabilir. Elde edilecek kumaş yapılarının elektromanyetik kalkanlama ve statik yük boşaltımı özellikleri incelenebilir. Metal ipliklerin veya kumaş yüzeylerinin akıllı tekstillerde kullanılmasına yönelik bir ürün geliştirip, üretimi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Adanur, S. (1995). Manufacture of Continuous Filament Yarns, *Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles Technomic Publishing Company, Inc.* Lancaster Pennsylvania.
- Adidas 1 – The World's first intelligent shoe*, (2006). 13 Şubat, 2011. http://www.adidas.com/campaigns/adidas_1/content/index.asp?strCountry_adidascom=nl&strBrand_adidascom=performance.
- Akşit, A. & Sarıışık, M. (2009). *Fonksiyonel Tekstiller Ders Notları*, 2009.
- Anderson, K. & Seyam, A. (2002). The Road To True Wearable Electronics, *Journal of Textile and apparel, technology and management*, Volume 2, Issue 2, Spring 2002.
- Aniolczyk, H. Koprowska, J. Mamrot, P. & Lichawska, J. (2004). Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12, 4 (48), 47–50.
- Aydogmus, Y. & Behery, H.M. (1999). Spinning Limits of the Friction Spinning System (DREF-III), *Textile Res. J*, 69, 12, 925–930.
- Bedeloğlu (Çelik) A, Demir, A. & Bozkurt, Y. (2010). *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller, Cilt 4, No:2, 2010 (43–58)
- Bekaert Fibre Technologies*. (2006). 20 Mart 2011. <http://www.bekaert.com/>.
- Braddock, S. E. & O'Mahony, M. (1999). *Techno textiles – Revolutionary Fabrics for Fashion and Design*, Thames and Hudson.

Bramley, A. (1966). *Electrically Conducting Rope*, United States Patent 3291897.

Chen, H.C. Lin, J.H. & Lee, K.C. (2008). Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/Stainless Steel/Polyamide Fiber, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27, 187.

Cheng, K.B. Cheng, T.W. Lee, K.C. Ueng, T.H. & Hsing, W. H. (2003). *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, Effects of Yarn Constitutions And Fabric Specifications On Electrical Properties of Hybrid Woven Fabrics, 34, 10, 971–978.

Chiou, H.-H. Chiu, S.F. Liu, J.-K. & Wu, C.-C. (1999). *Conducting Yarn*, United States Patent 5881547.

Chr. Dalsgaard Project Development ApS. (2006). 12 Mart 2011, <http://www.chr-dalsgaard.dk/>.

Clevertex, (b.t). 5 Temmuz 2010, Report on Intelligent Textiles. State of Art.

Consultancy Goose Design. (2006). 2 Şubat 2011. Ocak, *PDD Illum Project*, <http://www.gooseuk.com/>.

Coşkun, E. (2007). *Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Cottet, D. Grzyb, J. Kirstein, T. & Troester, G. (b.t). Electrical Characterization of Textile Transmission Lines, *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, Volume 26, Number 2, May 2003.

Çokkeser, H, K. & Çeven, E, K. (2010). Örmeye Yapılı Fantezi İplikler, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt: 4, No: 2, 2010 (65–78).

- Dall'Acqua, L. Tonin. C. Peila. R. Ferrero F. & Catellani, M. (2004). *Performances and Properties of Intrinsic Conductive Cellulose–Polypyrrole Textiles*, 146, 2, 213–221
- De Bondt, S. & Decrop, J. (2007). *Bundle Drawn Stainless Steel Fibers*, United States Patent 7166174
- Devaux, E. Koncar, V. Kim, B. Campagne, C. Roux, C. Rochery, M. & Saihi, D. (2007). *The Institute of Measurement and Control*, Processing and Characterization Of Conductive Yarns By Coating Or Bulk Treatment For Smart Textile Applications, 29, 3–4, 355–376.
- De Vries E. & Traldi L. (2000). 8 Aralık 2010. *Philips researches into a marriage of electronics and clothing*,
<http://www.research.philips.com/pressmedia/releases/99080>.
- Electrical Properties Of Materials*, (n.d). 21 Mayıs 2010,
<http://smse.sjtu.edu.cn/mintro/downloads/jpkc/lecture-5-1.pdf>.
- Eleksen Ltd.* (2006). 11 Mart 2011. <http://www.eleksen.com>.
- Emek, A. (2004). *Teknik Tekstiller Dünya Pazarı*, Türkiye'nin Üretim ve İhraç İmkanları, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracat Geliştirme Etüd Merkezi, Ankara.
- Erkan, G. Erdoğan, Ü. H. & Kayacan, O. (2005). Tekstil Sektöründe Nano-Teknoloji Uygulamaları, *Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, MMO yayın no: E/2005/392, s 19–27, Gaziantep
- Fengtai Hardware Mesh Co. Ltd Products*. (n.d). 5 Nisan2011.
http://www.bombayharbor.com/Product/30667/Stainless_Steel_Wire.html

Foster-Miller. (2006). 15 Haziran 2010. *Project Example: Wearable antennas*, http://www.fostermiller.com/projectexamples/t_advanced_materials/wearable_antennas.html.

Fuesers Garne. (n.d). 18 Nisan 2011, <http://www.fuesers.de/>.

Fugetsu, B. Akiba, E. Hachiya. M. & Endo, M. (2009). The Production of Soft, Durable, and Electrically Conductive Polyester Multifilament Yarns By Dye-Printing Them With Carbon Nanotubes, *Carbon*, 47, 527 –544.

Gimpel, S. Hring, Mo U, Muller, H, Neudeck, A. & Scheibner W. (n.d). Textile-Based Electronic Substrate Technology, Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland E.V. Zeulenrodaer Str. 42, D–07973 Greiz, Germany

Global Professional Textile Market, (n.d). 21 Nisan 2011, <http://www.globaltextiles.com/manufacturers/offer-002007-2/Functional-Yarn.html>.

Gong, R.H. & Wright, R.M. (2002). Fancy Yarns, *The Textile Institute*, Woodhead Publishing, England.

Goswami, B.C. Martindale, J.G. & Scardino, F.L. (1977). *Textile Yarns Technology, Structure and Application*, Wiley-Interscience Publication.

Hicks, C. (2008). *Deney Düzenlemede İstatiksel Yöntemler*, (Muluk, Z. Kurt, S. Toktamış, Ö. Karaoğlu, E.).

Holme, I. McIntry. J.E. & Shen Z.J. (1998). Electrostatic Charging of Textiles, *The Textile Institute* Ed J.M. Layton Vo.

Hummel, R.E. (2000). *Electronic Properties Of Materials*, Springer-Verlag, 3rd edition.

Holvoet, J. & Verstraeten, S. (2006). *Bundle Drawn Metal Fiber with Three Layers*, WO/2006/120045.

İlhan, İ. (2010). *Ring İplik Egirme Makinesi İçin Elektronik Kontrollü Şantuk Sisteminin Geliştirilmesi Ve Şantuklu İplik Özelliklerinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi.

Jakob Schläpfer,(n.d). 8 Nisan 2011, <http://www.jakob-schlaepfer.ch>.

Jolly, R. Petrescu, C. Thieblemont J.C, Marechal J.C. & Menneteau. F.D (1994). Heating Panels For Accomodation Obtained From Textiles Made Electrically Conductive By Polypyrole Deposit, *Journal of Coated Fabrics* Vol 23.

Kayacan, O. & Bulgun, E.Y. (2008). *Çelik kumaş Panellerinin ısınma davranışları*, Doktora Makalesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği.

Kaynak, A. Najar, S.S. & Foitzik, R.C.(2008). Conducting Nylon, Cotton And Wool Yarns By Continuous Vapor Polymerization of Pyrrole, *Synthetic Metals*, 158, 1–2, 1–5.

Kılıç, G. Örtlek, H, G. & Saraçoğlu, Ö, G. (2007). Elektromanyetik Çevre Kirliliği ve Bu Kirlilikten Korunmada Tekstil Çözümleri, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl 14, Sayı 67.

Kim, B. & Koncar, V. (2006). *Electrical, Morphological And Electromechanical Properties Of Conductive Polymer Fibres (Yarns) in Intelligent Textiles and Clothing*, H. R. Mattila (editor), 308–323.

Kim, B. Koncar, V. Devaux, E. Dufour, C. & Viallier, P. (2004). Electrical and Morphological Properties of PP and PET Conductive Polymer Fibers, *Synthetic Metals*, 146, 2, 167–174.

- Knittel, D. & Schollmeyer, E. (2009). Electrically high-conductive textiles, *Synthetic Metals*, 159, 14, 1433–1437.
- Krebs, F.C. Jørgensen, M. Norrman, K. Hagemann, O. Alstrup, J. Nielsen, T.D. Fyenbo, J. Larsen, K. & Kristensen, J. (2009). *A complete process for production of flexible large area polymer solar cells entirely using screen printing*, first public demonstration, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 93, 422–441.
- Kuhn, H. & Andrew, C. (1998). Electrically Conducting Textiles, *Handbook of Conducting Polymers* Ed. Terje Skotheim, and Ronald Elsenbaumer, and John Reynolds 2nd ed.
- Langenhove, L. V. & Hertleer, C. (n.d), 12 Temmuz 2010. *Clothing: a New Life*, http://www.iafnet.com/files/iaf_03_presentations/Smart%20Clothing%20a%20new%20life.pdf.
- Lawrence, C.A. (2003). *Fundamentals Of Spun Yarn Technology*, Crc Pres Llc, Usa.
- Lin, J.H.& Lou, C.W. (2003). Commingled Yarn Electrical Properties of Laminates Made from a New Fabric with PP/Stainless Steel, *Textile Research Journal* 73, 322–326.
- Linz, T. Kallmayer, C. Aschenbrenner, R. & Reichl, H. (2005). Embroidering Electrical Interconnects with Conductive Yarn for The Integration of Flexible Electronic Modules into Fabric, *Computer Society*, Proceedings of the 2005 Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05).
- Liu, X. Chang, H. Li, Y. Huck, W.T.S. & Zheng, Z. (2010). Polyelectrolyte-Bridged Metal/Cotton Hierarchical Structures for Highly Durable Conductive Yarns, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2, 2, 529–535.
- Lord, P.R. (2003). Handbook of Yarn Production, *The Textile Institute*, CRC Press, ISBN 0–8493- 1781–9, ABD.

- Lou, C.-W. (2005). Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire, *Textile Research Journal*, 75, 6, 466–473.
- Louis, G. & Salaun. H. L. (1986). “X” Direction Filament-Wrapped Yarn, *Textile Research Journal*, March, USDA, ARS, Southern Regional Research Center
- LP Industry (Zhengzhou) Co. Ltd. (n.d), 4 Nisan 2011.
<http://www.aliexpress.com/product-gs/302505731-Motor-Winding-Wire-Enameled-Copper-Wire-0-04-2-0mm--wholesalers.html>.
- Mac, T. Houis, S. & Gries, T. (2004). “Metal Fibers”, 1st Issue 2004, *Technical Textiles*, Volume 47, March.
- Maclaga, B & Fisher, W.K. (2001). Static Dissipation Mechanism in Carpets Containing Conductive Fibers, *Textile Research Journal*, 71, 4, 281–286.
- Matt, *Textile antenna promises futuristic communications, space fellowship*, (n.d). 28 Eylül 2009, <http://spacefellowship.com/news/art13725/textile-antenna-promises-futuristic-communications.html>.
- Meadwell, E.S. (2004). *An Exploration of Fancy Yarn Creation*, Master Thesis, North Carolina State University, USA.
- Mecit, D. Ilgaz, S. Duran, D. Başı, G. Gülümser, T & Tarakçıoğlu, I. (2007). *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, Teknik Tekstiller, sayı 2007/2.
- Meoli, D. (2002). *Interactive Electronic Textiles: Technologies, Applications, Opportunities, And Market Potential*, Masterthesis, North Carolina State University, Raleigh.

Meoli, D. & May-Plumlee, T. (2002). *Interactive Electronic Textile Development: A Review Of Technologies, Department Of Textile And Apparel, Technology And Management*. North Caroline University.

Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi. (2006). *Elektrik-Elektronik Projesi*, Elektriksel Büyüklüklerin Ölçülmesi.

Miles, L. (1994). *Textile Printing* (2nd ed.), Bradford, West Yorkshire, England: Society of Dyers and Colorists.

Moulton, Jeff & Smith, Paul. (1998). Processing Technologies of Oriented Electrically Conductive Polymers, *Handbook of Conducting Polymers*, Ed Terje Skotheim, and Ronald Elsenbaumer, and John Reynolds 2nd Ed

Noyes Data Corporation. (1980). Spinning, Extruding and Processing Of a Fiber, Park Ridge, NJ, USA Ed. J.S. Robinson

Norstebo, C.A. (2004). *Intelligent Textiles, Soft Products*. Norwegian University of Science and Technology, Department of Product Design NTNU, Norway.

Okur, A. (2002). *Tekstil Materyallerinde Mukavemet Testleri* (303). İzmir: D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi.

Optical Camouflage. (2007), 19 Nisan 2011. <http://www.star.t.u-tokyo.ac.jp/projects/MEDIA/xv/oc-j.html>.

Orth, M. & Post, E.R. (1997). Smart Fabric, or Washable Computing, *Digest of Papers of the First IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 10, 13, 167–168.

- Örtlek, H.G. Kılıç, G. Yolaçan, G. & Tutak, M. (2010). Color and Whiteness Properties of Fabrics Knitted from Different Hybrid Core-Spun Yarns Containing Metal Wire, *Fibers and Polymers* 2010, Vol.11, No.7, 1067–1074.
- Perepelkin, K.E. (2001). Chemical Fibers with Specific Properties for Industrial Application and Personnel Protection, *Journal of Industrial Textiles*, 31, 2, 87–102.
- Perumalraj, R. & Dasaradan B.S. (2009) (a). Electromagnetic Shielding Effectiveness Of Copper Core Yarn Knitted Fabrics, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 34, 149–154.
- Perumalraj, R. & Dasaradhan, B.S. (2009) (b). Tensile Properties of Copper Core Yarns, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Volume 6, Issue 2.
- Piler, Dipl & Ing. Bohumil. (1973). *Bulked Yarns*, Translated by Olga Steinerova, English edition published by SNTL.
- Post, E.R. Orth, M. Russo, P.R. & Gershenfeld, N. (2000). E-broidery: Design and Fabrication of Textile-Based Computing, *IBM Systems Journal*, 39, 3 & 4.
- Projects*, (n.d). 24 Haziran 2010,
<http://www.ch.ic.ac.uk/local/projects/nagar/conductivities4.JPG>
- Rais, M.. Soh, J. Malek, F. Ahmad, S. Hashim, M. & Hall, S. (2009). A Review of Wearable Antennas, *Loughborough Antennas & Propagation Conference*, 16–17 November 2009.
- Ramachandran, T. & Vigneswaran, C. (2009). Design and Development of Copper Core Conductive Fabrics for Smart Textiles, *Journal of Industrial Textiles*, 39, 81.

Rattfalt, L. & Linden, M. (2007). Electrical Properties of Textile Electrodes, *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 5735–5738

Rehnby, W. Gustafsson, M. ve Skrifvars, M. *Coating of Textile Fabrics with Conductive Polymers for Smart Textile Applications*, <http://bada.hb.se/bitstream/2320/4110/2/RehnbyGustafssonSkrifvarsAmbience08.pdf>.

Roh J.-S. Chi, Y.-S. Kang, T.J. & Nam, S.-W. (2008). Electromagnetic Shielding Effectiveness of Multifunctional Metal Composite Fabrics, *Textile Research Journal*, 78, 9, 825–835.

Salonen, P. Sydanheimo, L. Keskilammi, M. & Kivikoski, M. (1999). A small planar inverted-F antenna for wearable applications, *ISWC '99 Proceedings of the 3rd IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 1999.

Sen, A. K. & Damewood, J. (2001). *Coated Textiles: Principles and Applications*, CRC Press.

Shim, B.S. Chen, W. Doty, C. Xu, C. & Kotov, N.A. (2008). Smart Electronic Yarns and Wearable Fabrics for Human Biomonitoring made by Carbon Nanotube Coating with Polyelectrolytes, *Nano Lett.* 8, 12, 4151–4157

Siefert, W. (1993). Anodic Arc Evaporation - A New Vacuum – Coating Technique for Textiles and Films, *Journal of Coated Fabrics*, 23, 7, 30–33

Smith, William. (1988). Metallized Fabrics-Techniques and Applications, *Journal of Coated Fabrics* Vol 17 Industrial Textile Associates Greer, SC 29651

SOFTswitch Ltd. (2006). 18 Şubat 2011, <http://www.softswitch.co.uk/>.

- Stutz, H. (1986). Yeni İplik Eğirme Usüllerine Genel Bir Bakış, 4. *Uluslararası Tekstil Sempozyumu Tebliğler*, İzmir, 659–668.
- Su, C.I. & Chern, J.T. (2004). *Effect of Stainless Steel-containing Fabrics on Electromagnetic Shielding Effectiveness*, Textile Res. J. 74, 1, 51–54.
- Textronics Inc. (2006). 2 Mart 2011, *NuMetrex heart sensing sports bra*, <http://www.numetrex.com/>.
- Ueng, T.H. & Cheng, K.B. (2001). Friction Core-Spun Yarns For Electrical Properties Of Woven Fabrics, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 32, 10, 1491–1496
- Uyanık, E. (2004). *Fantazi İpliklerin Üretimi ve Özellikleri*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Lisans Tezi, Bursa.
- Varnaite, S. (2010). The Use of Conductive Yarns in Woven Fabrics for Protection Against Electrostatic Field, *Materials Science*, Vol 16, No.2.
- Vaskelis, A. (1991). Electroless Plating, *Coatings Technology Handbook*, Marcel Dekker, Inc. New York, 187–200.
- Vassiliadis, S. Provatidis, C. Prekas, C. & Rangussi, M. (2005). Novel Fabrics with Conductive Fibres, *Intelligent Textile Structures- Application, Production & Testing International Workshop*, Greece
- Vaskelis, S. (1991). Electroless Plating, *Coatings Technology Handbook* Ed. Satas, D. Marcel Dekker, Inc.
- warmX GmbH. (2006). 12 Ocak 2011, <http://www.warmx.de/>.
- Watson, D.L. (1999). *Electrically Conductive Yarn*, United States Patent 5927060.

Wearable Electronics. (2010), 01.07.2010,
http://www.saphotonics.com/technology/wearable_electronics.html.

Wenzhou J&D Electrical Industrial Co.,Ltd. (n.d). 20 Aralık 2010,
<http://www.tradekorea.com/products/0925/1/motor.html>.

Xue, P. Park, K.H. Tao, X.M. Chen, W. ve Cheng, X.Y. (2007). Electrically conductive yarns based on PVA/carbon nanotubes, *Composite Structures*, 78, 2, 271–277.

Xue, P. Tao, X.M. Leung, M, Y. ve Zhang, H. (2005). Electromechanical Properties of Conductive Fibres, Yarns and Fabrics, in *Wearable Electronics and Photonics, Woodhead Textiles Series*, No. 46, 81–104.

Yılmaz, D. Özkan, H, H. ve Kimya, C. (2008). Kısa Ştapel İplikçilikte Siro İplik Özelliklerinin İncelenmesi, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2008 (2) 1 - 16.