



**METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİK
ÖZELLİKLERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Hüseyin AYTAŞ



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİK ÖZELLİKLERİNİ
ETKİLEYEN PARAMETRELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Hüseyin AYTAŞ

Doç. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2017

TEZ ONAYI

Hüseyin AYTAŞ tarafından hazırlanan “Metal Tel İçerikli Kompozit İplik Özelliklerini Etkileyen Parametreler Üzerine Bir Araştırma” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN

Başkan: Doç. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN

Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı



Üye: Doç. Dr. Kenan YILDIRIM

Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Yrd. Doç. Dr. Sibel ŞARDAĞ

Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı



Yedek Üye: Doç. Dr. Ayça GÜRARDA

Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı

Yedek Üye: Doç. Dr. Hasan Basri KOÇER

Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

...../...../.....(Tarih)

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
 - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

04/08/2017



Hüseyin AYTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİK ÖZELLİKLERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Hüseyin AYTAŞ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN

Bu çalışmada seçili iplik parametrelerinden metal tel çapı ve kaplama ipliği lif tipinin metal tel içerikli kompozit ipliklerin mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla yedi farklı lif içerikli kaplama ipliği ve iki farklı kalınlığa sahip paslanmaz çelik tel kullanılarak toplam ondört adet metal tel özlü çapraz bükümlü iplik numuneleri oyuk iğli iplik büküm makinesinde üretilmiştir.

Farklı lif içerikli kaplama iplikleri olarak polipropilen, pamuk, polyester/pamuk core-spun, sürekli filament polyester, sürekli filament poliamit 6.6, polyester/polyester core-spun ve kesik lifli poliester iplikler seçilirken farklı çelik tel kalınlığı olarak 50 µm ve 100 µm seçilmiştir. Bu seçimlerde piyasada en çok kullanılan kaplı kompozit iplik parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Elde edilen kompozit ipliklerin aşınma dayanımları, sürtünme özellikleri, rijitlik özellikleri ve mukavemet özelliklerinin tespiti ilgili standartlara göre gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar istatistiki olarak analiz edilmiştir.

Elde edilen sonuçların varyans analizi ile istatistiki olarak değerlendirilmesi neticesinde seçili parametrelerin ipliklerin ölçülen mekanik özelliklerine etkileri % 95 güven aralığında anlamlı bulunmuş ve faktör seviyeleri arasındaki farklar ise SNK (Student Newman Keuls) analizi ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kompozit iplik, metal tel, kaplama, aşınma, sürtünme, rijitlik, mukavemet

2017, xi + 95 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

**AN INVESTIGATION INTO THE PARAMETERS INFLUENCING THE
PROPERTIES OF COMPOSITE YARNS CONTAINING METALLIC WIRE**

Hüseyin AYTAS

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN

In this study it is aimed at investigating the influence of selected parameters like metal wire diameter and cover yarn fiber type on the mechanical properties of composite yarns containing metal wire. For this purpose, a total of fourteen metal wire cored cross-covered twisted yarn specimens were produced in the hollow spindle twisting machine using cover yarns with seven different fiber types and stainless steel wires with two different thicknesses.

Cover yarns with different fiber types were selected as polypropylene, cotton, polyester/cotton core-spun, continuous filament polyester, continuous filament polyamide 6.6, polyester / polyester core-spun, and polyester cut fiber yarns while different stainless steel (SS) wire different diameters were selected as 50 µm and 100 µm. In these selections, covered composite yarn parameters which are most commonly used in the market are considered. The abrasion resistance, friction properties, stiffness properties and tensile properties of the composite yarns were determined according to the relevant standards and the results obtained were analyzed statistically.

As a result of evaluating the obtained results statistically by variance analysis, the effects of the selected parameters on the measured mechanical properties of the yarns were found to be significant at 95% confidence interval and the differences between factor levels were evaluated by SNK (Student Newman Keuls) analysis.

Keywords: composite yarn, metal wire, covering, abrasion, friction, stiffness, tensile

2017, xi + 95 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca desteğini esirgemeyen, bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde emeiği geğen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Erhan Kenan ÇEVEN' e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın yürütülmesinde teknik altyapı desteği sunan COATS INDUSTRIAL A.Ő. (Türkiye) firmasına teşekkürü bir borç bilirim. İplik test işlemlerinde bilgilerini ve yardımlarını benden esirgemeyen Kalite Güvence Müdürü Onur YÜKSEL'e ve laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm bu süreç boyunca desteğini her an yanımda hissettiğim babam, annem, ablam ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunuyorum.

Hüseyin Aytaş

...../...../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Metal İpliğin Tarihçesi.....	2
2.2. Metal Lifler.....	2
2.3. Metal Lifler Nasıl Üretilir?.....	3
2.3.1. Demet Çekim Yöntemi.....	4
2.3.2. Tıraşlama Yöntemi.....	6
2.4. Metal Liflerin İşlenmesi.....	8
2.4.1. Kesikli Lif (Staple Fibre)	8
2.4.2. Karışım (Harmanlama).....	8
2.4.3. İçi Boyama İşlemi.....	8
2.5. Metal Lif Çeşitleri ve Kullanım Alanları.....	9
2.5.1. Paslanmaz Çelik Lif (Tel).....	9
2.5.2. Alüminyum ve Magnezyum Tel.....	14
2.5.3. Demir Tel.....	15
2.5.4. Bakır Tel ve Diğer Metal Teller.....	15
2.6. Metal Liflerin Kullanım Alanları.....	17

2.7. Metal İçerikli Kompozit İplik Çeşitleri ve Kullanım Alanları.....	18
2.7.1. Polyester ve Gümüş Kaplı Metal Çekirdek Bükümlü İplik.....	18
2.7.2. Polyester ve Paslanmaz Çelik Tel Bükümlü İplik.....	18
2.7.3. %100 Paslanmaz Multifilament İplik.....	19
2.7.4. Merinos Yünü ve Paslanmaz Çelik Tel ile Üretilen İplik.....	20
2.7.5. Paslanmaz Çelik ve Pamuk Karışımli İplik.....	21
2.7.6. Viskoz/Paslanmaz Çelik İplik.....	22
2.7.7. Filament Bükümlü Düz İplik.....	22
2.7.8. Filament (mono+multifilament) Bükümlü İplik.....	23
2.7.9. Bükümlü İplikle Eğrilen İplik.....	23
2.7.10. Filament Bükümlü Tekstüre İplik.....	24
2.7.11. Çözeltiyle Boyanmış İplikle Düz Filament Bükümlü İplik.....	24
2.7.12. Metal Renkli Tel (Büküm).....	25
2.8. Metal İçerikli Kompozit İpliklerin Üretimi.....	25
2.8.1. Modifiye Ring İplik Eğirme Makinesinde Metal İplik Üretimi.....	25
2.8.2. DREF III Makinesinde Metal İplik Üretimi.....	30
2.8.3. Rotor Sarma ve Büküm Ünitesinde Metal İplik Üretimi.....	31
2.8.4. Hava-Jetli Tekstüre Makinesinde Metal İplik Üretimi.....	32
2.8.5. İçi Boş İğli Makinede Metal İplik Üretimi.....	33
2.8.6. Kaplama Makinasında Metal İplik Üretimi (DirectTwist-Covering Metodu).....	34
2.9. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM	45
3.1. Materyal Materyal ve Kullanılan Makine.....	45

	Sayfa
3.1.1. Materyal.....	45
3.1.2. Kullanılan Makine.....	47
3.2. Yöntem.....	50
3.2.1. Deneş Parametrelerinin Belirlenmesi.....	50
3.2.2. Üretilen Kompozit İpliklerin Kodlanması.....	51
3.2.3. İplik Özelliklerinin Ölçümünde Kullanılan Deneş Yöntemleri.....	52
3.2.3.1. İplik Kopma Kuvveti ve Kopma Uzaması Tayini.....	52
3.2.3.2. İplik-Metal Sürtünme Katsayısı Tayini.....	53
3.2.3.3. İplik Rijitlik (Stiffness, Gevreklik) Tayini.....	56
3.2.3.4. İpliklerde Aşınma Miktarı Tayini.....	58
3.2.4. Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	60
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI	62
4.1. Kompozit İpliklerin Lineer Yoğunluk Değerleri.....	66
4.2. Kompozit İpliklerin Kopma Mukavemeti, Kopma Uzaması, Kopma İşi Değerleri.....	67
4.3. Kompozit İpliklerin İplik-Metal Sürtünme Katsayısı Değerleri.....	70
4.4. Kompozit İpliklerin Rijitlik (Stiffness, Gevreklik) Değerleri.....	71
4.5. Kompozit İpliklerin Aşınma Direnci Değerleri.....	72
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	74
5.1. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması Değerlerinin Değerlendirilmesi.....	74
5.2. İplik Metal Sürtünme Katsayısının Değerlendirilmesi.....	79
5.3. Rijitlik (Stiffness, Gevreklik) Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	82
5.4. Aşınma Direnci Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	85
KAYNAKLAR	91
ÖZGEÇMİŞ	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Tekstilde en sık kullanılan metal filament kalınlıkları.....	12
Çizelge 2.2. Paslanmaz çelik telde çelik türlerinin kimyasal bileşimleri (%).....	12
Çizelge 2.3. Metaller ile farklı yüksek performanslı materyallerin özelliklerinin karşılaştırılması.....	14
Çizelge 3.1. Üretilen kompozit ipliklerde kaplama materyali olarak kullanılan tekstil iplikleri ve özellikleri.....	45
Çizelge 3.2. Metal tel içerikli kompozit iplik numune bilgileri.....	47
Çizelge 3.3. S&Z (MX) Covering makinası teknik özellikleri.....	49
Çizelge 3.4. Üretilen kompozit ipliklerin kodları.....	52
Çizelge 4.1. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin lineer Yoğunluk değerleri (ortalama).....	66
Çizelge 4.2. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin lineer yoğunluk değerleri (standart sapma).....	66
Çizelge 4.3. Kompozit ipliklerin kopma mukavemeti değerleri (ortalama).....	67
Çizelge 4.4. Kompozit ipliklerin kopma mukavemeti değerleri (standart sapma).....	67
Çizelge 4.5. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri (ortalama).....	68
Çizelge 4.6. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri (standart sapma).....	68
Çizelge 4.7. Kompozit ipliklerin kopma işi değerleri (ortalama).....	69
Çizelge 4.8. Kompozit ipliklerin kopma işi değerleri (standart sapma).....	69
Çizelge 4.9. Kompozit ipliklerin iplik-metal sürtünme katsayısı değerleri (ortalama)...	70
Çizelge 4.10. Kompozit ipliklerin iplik-metal sürtünme katsayısı değerleri (standart sapma).....	70
Çizelge 4.11. Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri (ortalama).....	71
Çizelge 4.12. Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri (standart sapma).....	71

Çizelge 4.13. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin aşınma direnci değerleri (ortalama).....	72
Çizelge 4.14. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin aşınma direnci değerleri (standart sapma).....	72
Çizelge 5.1. Kopma özellikleri için ANOVA testi sonuçları.....	76
Çizelge 5.2. Kopma özellikleri için SNK testi sonuçları.....	76
Çizelge 5.3. Sürtünme katsayısı için ANOVA testi sonuçları.....	80
Çizelge 5.4. Sürtünme katsayısı için SNK testi sonuçları.....	81
Çizelge 5.5. Rijitlik değerleri için ANOVA testi sonuçları.....	83
Çizelge 5.6. Rijitlik değerleri için SNK testi sonuçları.....	84
Çizelge 5.7. Kütle kaybı için ANOVA sonuçları.....	87
Çizelge 5.8. Kütle kaybı için SNK testi sonuçları.....	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. (a) Metal Filament ve (b) metal liflerin mikroskop altındaki görünüşü.....	3
Şekil 2.2. Demet çekim yöntemi ile elde edilen metal lif.....	5
Şekil 2.3. Metal lif demet-çekme prosesi.....	5
Şekil 2.4. Tıraşlama yöntemiyle metal lif eldesi.....	6
Şekil 2.5. (a) Tıraşlanmış liflerinin dikdörtgen şeklinde enine kesiti, (b) tıraşlanmış liflerin mikroskop altındaki görünüşü.....	6
Şekil 2.6. Paslanmaz çelik tel çekme makinesi-I.....	7
Şekil 2.7 Paslanmaz çelik tel çekme makinesi-II.....	7
Şekil 2.8. Tekstil fabrikaları için iyi kalite paslanmaz çelik telden üretilmiş paslanmaz çelik iplikler.....	11
Şekil 2.9. 316L Metal filamentinin mikroskopik görüntüsü.....	13
Şekil 2.10. Metal liflerin mikroskop altındaki görüntüleri.....	13
Şekil 2.11. Alüminyum ve alüminyum alaşimli tel (magnezyum tel).....	15
Şekil 2.12. Bakır özlü iletken ipliğin ısı mikroskopu altındaki görünümü.....	16
Şekil 2.13. Bakır ve diğer metal tellerden örnekler.....	17
Şekil 2.14. Çekirdek bükümlü ipliğin mikroskop altındaki görüntüsü.....	18
Şekil 2.15. Nm 50-200 dtex % 20 paslanmaz çelik liflerle bükülmüş polyester iplik...	19
Şekil 2.16. % 100 Paslanmaz çelikle multifilament olarak üretilmiş iplik.....	20
Şekil 2.17. Merinos / Çelik bükümlü iplikten yapılmış örme yüzeyin mikroskop altında görünüşü.....	21
Şekil 2.18. Paslanmaz Çelik ve Pamuk karışımı iplik.....	21
Şekil 2.19. Viskoz/Paslanmaz çelik karışımı iplik.....	22
Şekil 2.20. Filament bükümlü düz iplik.....	22
Şekil 2.21. Mono + Multifilament bükümlü iplik.....	23

Şekil 2.22. Bükülü iplikle eğirilen iplik.....	23
Şekil 2.23. Filament bükümlü tekstüre iplik.....	24
Şekil 2.24. Tekstüre edilmiş bükülü iplik uygulamaları için tekstil telleri çözeltiyle boyanmış iplikle düz filament bükümlü iplik.....	24
Şekil 2.25. Tekstüre edilmiş bükülü iplik uygulamaları için tekstil telleri metal renkli tel (büküm).....	25
Şekil 2.26. Metal filament besleme açıları.....	26
Şekil 2.27. Fital ve metal filament core-spun spinning mekanizmasının şematik diyagramı.....	27
Şekil 2.28. Modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinesinde metal iplik üretimi.....	28
Şekil 2.29. Modifiye edilmiş ring makinesinde ring özlü, siro özlü ve kompakt özlü eğirme metodları.....	29
Şekil 2.30. DREF III open-end friksiyon eğirme makinası.....	30
Şekil 2.31. Rotor sarma ve büküm makinesi konfigürasyonu.....	31
Şekil 2.32. Hava jetli iplik üretim sisteminde jet içindeki hava akışı ve materyalin geçişi.....	32
Şekil 2.33. İçi boş iğli makinede metal iplik üretimi.....	33
Şekil 2.34. Ağteks directtwist kaplama makinesi görüntüsü.....	34
Şekil 2.35. a) Basit tekniği ve DirectTwist tekniği b) Oyuk iğ tekniği ve DirectTwist tekniği karşılaştırmaları.....	35
Şekil 3.1. Değişik kalınlıkta 316 L paslanmaz çelik tel örnekleri.....	46
Şekil 3.2. S&Z (MX) covering makinası.....	48
Şekil 3.3. S&Z (MX) covering makinesinin sarım prensibi.....	50
Şekil 3.4. Textechno Statimat 4 kopma mukavemeti ölçüm cihazı.....	53
Şekil 3.5. Duranax-EFI iplik sürtünme cihazı.....	55
Şekil 3.6. Coats Technology Center stiffness testi.....	57

Şekil 3.7. Coats Technology Center stiffness testi çalışma prensibi.....	58
Şekil 3.8. James H. Heal & Co. Ltd. Crockmeter sürtme haslığı test cihazı.....	59
Şekil 4.8. Aşındırma pedi görüntüsü.....	60
Şekil 4.1. a) Kontinü filament polipropilen (330x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b)Kontinü filament polipropilen (330x2)/Paslanmaz çelik (100 µm).....	62
Şekil 4.2. a) Pamuk (310x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Pamuk (310x2)/Paslanmaz çelik (100 µm).....	63
Şekil 4.3. a) Polyester/Pamuk core-spun (346x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Polyester/Pamuk core-spun (346x2)/Paslanmaz çelik (100 µm).....	63
Şekil 4.4. a) Kontinü filament polyester (295x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Kontinü filament polyester (295x2)/Paslanmaz çelik (100 µm).....	64
Şekil 4.5. a) Kontinü filament poliamit 6,6 (312x2)/Paslanmaz çelik(50 µm),b)Kontinü filament poliamit (312x2) / Paslanmaz çelik (100 µm).....	64
Şekil 4.6. a) Polyester/Polyester core-spun (305x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Polyester/Polyester core-spun (305x2)/Paslanmaz çelik (100 µm).....	65
Şekil 4.7. a) Kesik elyaf polyester (320x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Kesik elyaf polyester (320x2)/Paslanmaz çelik (100 µm).....	65
Şekil 4.8. Pamuk ile kaplanmış kompozit ipliğin aşınma sonrası görüntüsü.....	73
Şekil 4.9. Kontinü filament PES ile kaplanmış kompozit ipliğin aşınma sonrası görüntüsü.....	73
Şekil 5.1. Kompozit ipliklerin kopma mukavemet değerleri (cN/tex).....	74
Şekil 5.2. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri (%).....	75
Şekil 5.3. Kompozit ipliklerin kopma işi değerleri (cN×cm).....	75
Şekil 5.4. Kompozit ipliklerin iplik sürtünme katsayısı (µ) değerleri.....	79
Şekil 5.5. Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri (cN/tex).....	83
Şekil 5.6. Kompozit ipliklerin % kütle kaybı değerleri.....	86

1. GİRİŞ

Eski dönemlerde kullanılan ve günümüzde de kullanımı artan metal teller, üretim yöntemi bakımından metalik liflerden farklı olarak tamamen metal telden farklı inceliklerde elde edilebilen metal filamentlerdir. Bu filamentler tek başına iplik yapımında kullanılabilirler. Bunun yanısıra farklı kesikli veya filament halinde olan tekstil lifleriyle de değişik üretim teknikleri kullanılarak da kompozit iplik haline getirilebilmektedir. (Derdiyok 2007). Metal iplikler, tekstilden elektroniğe kadar farklı alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin, tıbbi malzeme üreticileri, laboratuvarlar ve askeri alanda çalışanlar için teknik giysi üretiminde ve antistatik kumaş üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca, bu iplikler elektromanyetik dalgaların kalkanlanması kızılotesi ve radar dalgalarının soğurulması amacıyla çeşitli teknik kumaşların üretilmesi içinde kullanılmaktadır (Kutlu 2010).

Metal içerikli kompozit ipliklerin sürtünme, aşınma, rijitlik, mukavemet vb. fiziksel özellikleri; ürün performansını, kalitesini ve üretim performansını etkileyen önemli özelliklerdir. Tüketicilere sunulan ürünün özelliklerini kumaş ve dikim özellikleri, kumaş özelliklerini kullanılan ipliklerin özellikleri ve ipliklerin özelliklerini de lif özellikleri belirlemektedir.

İplik sürtünmesi, üretim sırasında kumaşın eğilme, gerilme, sürtünme özellikleri gibi temel özelliklerini etkilemektedir. Bunun yanı sıra iplik tüylülüğü ile birlikte kumaşın boncuklanmasını, aşınma ve giyim performansını ve rijitlik gibi diğer özelliklerini üzerinde etkili bir faktördür (Altaş ve Kadoğlu 2009).

Bu çalışma kapsamında iki farklı çapta (50 µm ve 100 µm) paslanmaz çelik (SS) tel üzerine yedi farklı iplik kaplanarak elde edilen paslanmaz çelik tel özlü kompozit ipliklerin aşınma dayanımı özellikleri, sürtünme özellikleri, rijitlik (stiffness, sertlik, gevreklik) özellikleri ve mukavemet özellikleri uygun standartlar ile test edilmiştir. İpliklere uygulanan testlerden elde edilen ölçüm sonuçları SPSS programı kullanılarak 0.05 anlamlılık seviyesinde (% 95 güven aralığında) istatistiki olarak değerlendirilerek kompozit iplik yapısındaki metal tel lif inceliğinin ve kaplama iplik tipinin iplik özelliklerine etkisi ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Yapılan bu çalışmanın metal iplik ve bu ipliklerden mamul kumaş üreticilerine ve bu iplikler ile ilgili gerçekleştirilen bilimsel literatür çalışmalarına katkı sağlaması beklenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Metal İpliğin Tarihçesi

Metal iplikler önceki dönemlerde karışık, ilginç ve değişik desenler elde etmek için hem günlük kullanım hemde giysilik kumaşlarda ve farklı ürünlerde kullanılmıştır. Bu metal iplikler, bakır, gümüş, altın gibi madenleri kumaş üzerine dökerek veya metalleri dövüldükten sonra ince şeritler halinde kesim yaparak üretimi yapılmıştır. Kumaşlara, halılara vb. kullanım ürünlerine süsleme amaçlı ve ışıltı ve parlaklık kazandırmak için kullanılmışlardır. Metal iplikler şerit halinde kullanıldığından sert ve pürüzlü çıkıntılar oluşturdukları için dokuma sırasında zorluklara neden olmuştur. Bu nedenle üretimleir de pahalı olmaktadır. Aynı zamanda kolay aşınmaya da sebep olmaktadır. Altın haricindeki metaller zamanla matlaşıp kararması nedeniyle kullanıcılar için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Tüm dezavantajlarına karşın günümüze kadar modern tekniklerin katkılarıyla bu dezavantajlarını azaltarak dekoratif amaçlı kullanımı devam etmiştir (Cook 1968).

2.2. Metal Lifler

Eski dönemlerde kullanılan ve günümüzde de kullanımı artan metal teller, üretim yöntemi bakımından metalik liflerden farklı olarak tamamen metal telden farklı inceliklerde elde edilebilen metal filamentlerdir. Bu filamentler tek başına iplik yapımında kullanılabilirler. Bunun yanısıra farklı kesikli veya filament halinde olan tekstil lifleriyle de değişik üretim teknikleri kullanılarak da kompozit iplik haline getirilebilmektedir. (Şekil 2.1)

Metal lifler, farklı çaplarda metal tellerden üretilmektedir. Bu lifler, insan saçının 60'ta biri kadar inceliğe sahip olup farklı metal alaşımlarından elde edilebilmektedir. Örnek olarak; paslanmaz çelik, yüksek sıcaklığa dayanıklı metal alaşımlar, titanyum, alüminyum, bakır ve nikel ve nikel alaşımları, gibi çeşitli metal alaşımları verilebilir (Derdiyok 2007).



(a)



(b)

Şekil 2.1. (a) Metal filament ve (b) metal liflerin mikroskop altındaki görünüşü (Derdiyok 2007)

Metal lifler (filament halinde) kesikli veya filament olarak tekstil lifleriyle karıştırılarak farklı derecelerde iletken özelliğe sahip ipliklerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu karışım iplikler tekstil lifleri gibi yıkanabilen, giyim ve tutum özellikleri bakımından tekstil liflerine benzer özelliklere sahip olabileceklerdir (www.bekaert.com, 2014).

2.3. Metal Lifler Nasıl Üretilir?

Metal lifler, tek veya çok bileşenli olarak kullanılabilir. Uzay ve havacılık sektöründeki gelişmeler neticesinde tek-bileşenli metal liflerin önemi artmıştır. Tekstil ipliklerinin içerisine katılan metaller dokuma alanında kullanılacak kadar esnekliğe sahip olmuştur. Bu metal lifler, konvansiyonel tekstil makinelerinde rahatlıkla bükülebilir, dukunabilir ve örülebilir hale gelmiştir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı bu lifler dokuma teknolojisinde önemli bir yere sahiptir. Günümüzde ticari amaçlı üretilen birçok son teknoloji ürünü metal iplikler tekstilde de önemli bir yer kazanmıştır (Cook 1968).

Metal malzemeler şekil verilebilme özelliğine sahip malzemelerdir. Bu sebeple eriyik metal, kalıplara dökülerek çok ince tel formuna kolaylıkla getirilebilmektedir. Bu yöntem düzelerden sentetik ipliklerin, eriyik haldeki polimerin düzelerden geçirilerek iplik elde edilmesi yöntemine benzerdir. Uygun çaplardaki deliklerden eriyik metal geçirilerek sürekli tel (filament) olarak elde edilebilmektedir.

Kaliteli metalik teller ve metal iplikler, tekstil ürünlerinde kullanılmakla beraber destekleyici olarak yapı ve yapı ürünlerinde, ekran filtrelerinde vb. alanlarda kullanılmaktadır. Yapısal özelliklerinden dolayı metal teller bu alanlarda kullanılsa da doğal veya sentetik tekstil ipliklerinin esneklik seviyesine ulaşamamaktadır. Oldukça sert olan metaller dokumada ve örmede mekanik birçok soruna neden olmaktadır. Bu sebeple kullanım ve üretim şartlarını kısıtlamaktadır. Öte yandan metallerin karakteristik özellikleri tekstilin farklı alanlarındaki uygulamalarında avantaj sağlamaktadır. Doğal, sentetik, cam ve diğer standart tekstil liflerinin yetersiz ve zayıf olduğu durumlar için oldukça elverişli ve kullanışlı olabilecektir.

Metallerin esneklik kabiliyeti kesit alanına bağlı olan bir fonksiyondur. Metalin rod çapınının 1,5 faktör azalması esnekliğini 4 kat arttırmaktadır. Metal liflerin üretilmesi aşamasındaki asıl sorun, yeterli esneklik ve inceliğe ulaşabilmektir.

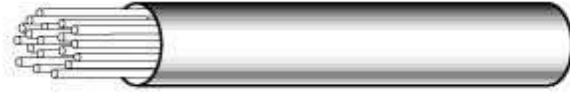
60'lı yıllarda kaliteli metal iplik üretim yöntemleri geliştirilmiştir. O yıllarda metali işlemek pahalı olduğundan sadece uzay, havacılık ve askeri alanlarda kullanılmaktaydı. Teknolojinin gelişmesiyle üretim yöntemlerindeki yenilikler sonucunda maliyetlerde azalma ve üretimde artış sağlanmıştır. Bu gelişmelerden sonra metal lif üretimi artmış ve tekstil lifi olarak kullanımı başlamıştır (Cook 1968).

Metal lif üretiminde 25 yıldan fazla sürede metal liflerin üretiminde demet tel çekim teknolojisi kullanılmaktadır. Bu alanda gelişmeler devam etmektedir (www.bekaert.com, 2014).

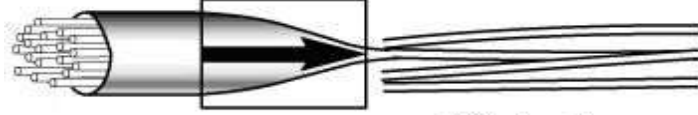
Metal lif üretim yöntemlerinden Demet Çekim Yöntemi ve Tıraşlama Yöntemi olarak iki ana başlıkta bahsedebiliriz.

2.3.1. Demet Çekim Yöntemi

Metal liflerin temel üretimlerinden bir tanesi de demet halinde metalin çekilerek metal filament üretimidir (Şekil 2.2).

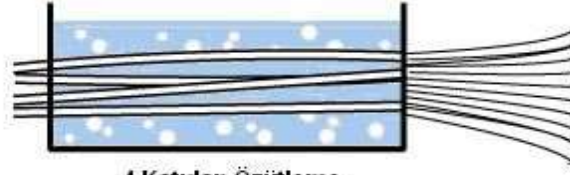


1. Demir tüp içine birleştirilmiş metal kaplı tel



2. Tüpün bazı çaplara inceltilmesi

3. Tüp demeti oluşumu



4. Katıdan Özitlenme
(liflerin serbest kalması)

Şekil 2.2. Metal lif demet çekim prosesi (Derdiyok 2007)



Şekil 2.3. Demet çekim yöntemi ile elde edilen metal lif
(http://www.koolonfiber.com/en/Product_info.php?id=7, 2014)

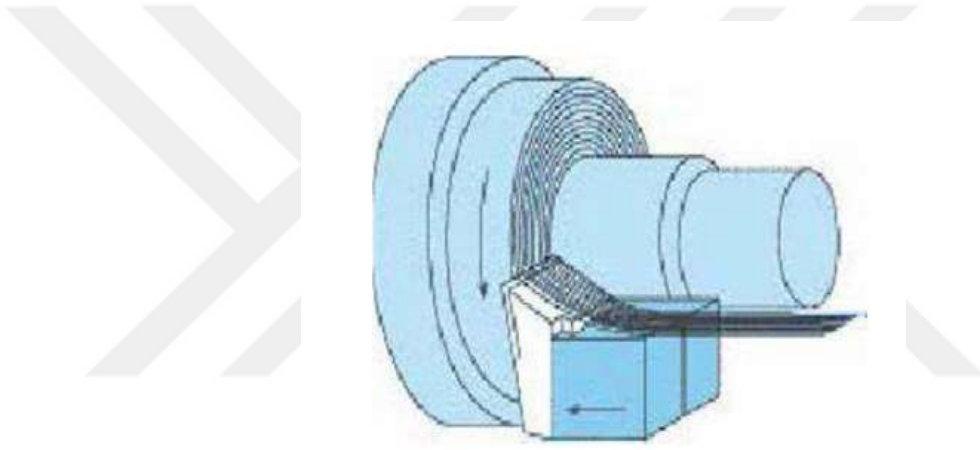
Şekil 2.3'te gösterilen metal lif örneklerinin standart çapları 1.5, 2, 4, 6.5, 8, 12 ve 22 mikrondur. Toplamdaki çap aralıkları ise 1 ile 100 mikron arasında değişmektedir.

Metal ve metalik lif üretimi esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli faktör gerilim faktörüdür. Bu nedenle, tekstil üretim yöntemleri olan örme, dokuma, dikim, kesim ve nakış işleme üretim yöntemlerinde olduğu gibi mümkün olan en düşük gerilim

uygulanmalıdır. Yüksek gerilim sadece lif kırılabilirliği bakımından değil mukavemetinin azalması ve parlaklığını yitirmesi ile ileriki üretim süreçlerinde daha çok hataya sebebiyet verebileceğinden kontrol altında tutulması son derece önem arz etmektedir. Üretim esnasında yüksek gerilime maruz kaldığında ise, metal lifler diğer tekstil lifleri veya iplikleri ile sarılarak güçlendirilmelidir. Dokuma tipleri için bu durum özel önem arz etmektedir (Mark ve Atlas 1965).

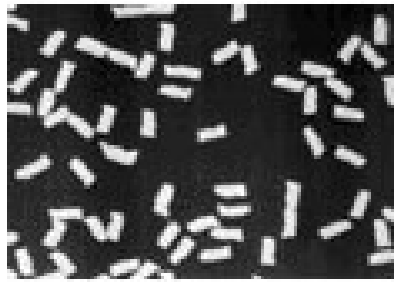
2.3.2. Tıraşlama Yöntemi

Metal lif üretiminde demet çekim yönteminden farklı olan diğer yöntem ise, ince metal tabakanın kenarlarından tıraşlama yöntemiyle metal lif üretimidir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Tıraşlama yöntemiyle metal lif eldesi (<http://www.bekaert.com>, 2014)

Tıraşlama yöntemi ile elde edilen liflerinin enine kesit şekli dikdörtgendir (Şekil 2.5).



(a)



(b)

Şekil 2.5. (a) Tıraşlanmış liflerinin dikdörtgen şeklinde enine kesiti, (b) tıraşlanmış liflerin mikroskop altındaki görünüşü (www.bekaert.com, 2014)

Metal tel üretimi gerçekleştiren ve bir Çin firması olan Hebei Longxing Metal Tel Şirketi'ndeki üretim tekniğine baktığımızda, paslanmaz çelik tel çekim ve işlemlerinin yapıldığı makinelerde farklı incekliliklerde ve tekstilde kullanılmak amacıyla metal tel üretimi yapılmaktadır (Şekil 2.6-7).



Şekil 2.6. Paslanmaz çelik tel çekme makinesi-I
(http://www.stainlesssteelyarn.com/stainless_steel_yarn/stainless_steel_wire/stainless_steel_wire_stainless-steel-wire-drawing-machine.html 2014).



Şekil 2.7 Paslanmaz çelik tel çekme makinesi-II
(http://www.stainlesssteelyarn.com/stainless_steel_yarn/stainless_steel_wire/stainless_steel_wire_stainless-steel-wire-drawing-machine.html, 2014)

Paslanmaz çelik tel çekme makinesi ile tekstil firmalarında kullanılacak iyi kalitede çeşitli paslanmaz çelik tel ve paslanmaz çelik lif kullanılarak üretim gerçekleştirilmektedir. Bu metal teller ve lifler tekstilde metal takviyeli iplik ve kumaş yapılmak üzere kullanılmaktadır.

2.4. Metal Liflerin İşlenmesi

2.4.1. Kesikli Lif (Staple Fibre)

Metal liflerin sürtünme ve çekme özelliği kazandırmak üzere yüzeylerinin pürüzlü hale getirilmesi lifleri daha yumuşak hale getirmektedir. Bu durum liflerin işleme esnasında kolaylık sağlamaktadır. Çekim işlemi esnasında metal tellerin birbirine çarptırılmasıyla yüzey pürüzlülüğü verilmektedir. Uygun bükme çoklayıcılarında sağlam liflerden sağlam iplikler elde edilmektedir. Fitilleme ve eğirme işlemi konvansiyonel yöntemle uygulanabilmekte, %100 paslanmaz çelik olan teller bile başarıyla eğrilebilmektedir (Derdiyok 2007).

2.4.2. Karışım (Harmanlama)

Paslanmaz çelik karışımli ipliklerin ana bileşeni organik liflerdir. Birçok iplik çok az oranlarda dahi olsa çelik içermektedir.

Amerikan Worstend Sistemi'nde karıştırma, daha çok iğne-çekme makinesinde yapılmaktadır. Çelik lif şeritleri, uygun miktarda tekstil lif topları ile birlikte iğne-çekme makinesine verilerek uygun oranlarda paslanmaz çelik lif ve tekstil lifi karışımı yapılabilir. Geleneksel açma, taraklama ve bükme sistemleri ile metal lifleri yün ile karıştırarak halı ipliği elde etmek mümkündür. Karışımlarda yüksek oranda olan life göre makine ayarları yapılmalıdır (Derdiyok 2007).

2.4.3. Boyama İşlemi

Koyu renkler elde etmek için paslanmaz çelik lifler (304 tipi) standart tekstil boyaları ile boyanabilmektedir (Cook 1968).

2.5. Metal Lif Çeşitleri ve Kullanım Alanları

İletken lifler temelde iki ana gruba ayrılmaktadır. Birincisi doğal olarak iletken özelliğine sahip olan liflerdir. İkincisi ise, daha sonra iletken özellik kazandırılan liflerdir. Kendiliğinden iletken olan lifler veya sonradan iletkenlik kazandırılan lifler; nikel, paslanmaz çelik, bakır ve karbonlardan elde edilmektedir. Yüksek iletken özelliğine sahip metalik liflerin iletken ve kırılma yapıları sebebiyle ring iplik makineleirne zamanla zarar verebilmektedir. Buna ilaveten ağırlıklarının doğal liflere nazaran yüksek olması, bu liflerin doğal liflerle homojen olarak karışımını güçleştirmektedir (Derdiyok 2007).

Piyasada kullanılan metal lifleri (tel) aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

1. Paslanmaz çelik tel
2. Alüminyum ve magnezyum tel
3. Demir tel
4. Bakır ve diğer metal teller (www.metal-yarn.com, 2014).

2.5.1. Paslanmaz Çelik Lif (Tel)

Alaşımız ve az alaşımlı olan çelikler korozif etkilere dayanıklı olmamaktadır. Bileşimlerinde en az %10,5 kroma sahip çelikler, yüzeylerine kuvvetli bağlanan kromoksit tabakası sayesinde pasifleşerek korozyona dayanıklı hale gelmektedir. Bu tür yüksek alaşımlı çelikler “Paslanmaz Çelik” olarak tanımlanmaktadır. Paslanmaz çeliklerin karbon oranı en fazla %1,2 karbondur. Bu tür çelikler normal atmosfer şartlarına ve suya dayanıklıdır. Bu çeliklerin korozif ve asitli ortamlara dayanıklılığı da çoğunda yüksektir.

Çeliğin sahip olduğu demir oranı, içerdiği diğer elementlerin hepsinden fazla olmaktadır. Çelik yüksek mukavemet ve fiziksel özelliklerinden dolayı geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Çeliklerin sınıflandırılması, çeliğin kimyasal bileşimine, kalitesine, üretim şekline ve kullanım yerlerine göre yapılmaktadır. Kimyasal bileşimlerine göre çelikler, alaşımsız ve alaşımlı çelikler olarak sınıflandırılmaktadır.

Paslanmaz çeliklerdeki alaşım elementleri önem sırasına göre şöyledir; krom, nikel, molibden ve mangan. Ayrıca az miktarda titan, bakır ve niyobyum da içermektedir. Krom elementi ostenit bölgesini daraltırken, nikel genişletmektedir (Derdiyok 2007).

Krom, korozyona ve oksidasyona karşı dayanıklılık sağlamaktadır. Bu nedenle çeliğin yüksek sıcaklıklarda mekanik özelliklerinin korunmasını sağlar. Nikel, paslanmaz çeliklerde oksitleyici ve redükleyici ortamlara karşı dayanıklılık kazandırmaktadır. Ayrıca yapının ince taneli olmasını sağlar. Ti, Nb, Ta gibi elementler ise önemli karbür yapıcılarıdır. Bu nedenle bu elementler stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Molibden özel karbür yapıcı olup korozyon dayanımını arttırmaktadır. Bu nedenle yüksek alaşımlı krom çelikleri ve ostenitik Cr-Ni çeliklerinde sık olarak kullanılmaktadır. Mo, V, Nb gibi elementler, paslanmaz çeliklerin yüksek sıcaklıklarda mukavemet değerlerini korumasını sağlamaktadır.

Paslanmaz çelikler kimya ve gıda sanayi, tıbbi cihazların üretimi ve korozif ortamlarda çalışacak makine parçaları, çeşitli ev aletlerinin üretimi, iç ve dış yapı ve dekorasyon alanlarında ve mimari de kullanılmaktadır (Derdiyok 2007).

EN 10088/1995' e göre paslanmaz çelikler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

1. Ferritik paslanmaz çelikler
2. Martenzitik ve ayrışım sertleştirilmesi yapılabilen paslanmaz çelikler
3. Ostenitik-Ferritik paslanmaz çelikler
4. Ostenitik paslanmaz çelikler

Metal veya metal içerikli ipliklerde kullanılan çelik filamentinin bileşiminde en az %11 krom bulunmaktadır. Bu çeliklerde yüksek korozyon dayanımı sağlayan asıl faktör; yüzeye kuvvetli bağlanmış, yoğun, sünek, çok ince ve saydam bir oksit tabakasının varlığıdır. Çok ince olan bu amorf tabaka sayesinde paslanmaz çelikler, kimyasal reaksiyonlarda pasif davranıp korozyona karşı mukavemet sağlamaktadır. Bu oksit tabaka, oksijenle etkileşime girerek oluşmaktadır. Ayrıca farklı dış etkilerle (kesme, aşınma, talaşlı imalat, vb.) bozulsa bile kendini onararak eski özelliğine tekrar dönmektedir.

Ferritik paslanmaz çelikler, düşük karbonlu olup %12-18 krom içermektedir. Ostenitik paslanmaz çelikler ise %18 krom ve %8 nikel içermektedir. Ferritik paslanmaz çelikler alaşımında nikel bulunmadığı için mıknatıslanma özelliği göstermektedir. Tekstil ürünleri için kullanılan paslanmaz çeliklerin ise içerisinde en az %10 nikel bulunmalıdır. Ostenitik gruptan 316L kalite çelik tellerde nikel oranı %11 olup, tekstil kullanımları için en ideal kalitede metal tellerdir (Sığnak 2008). Şekil 2.8’de farklı çaplarda üretilmiş olan paslanmaz çelik teller görülmektedir.



Şekil 2.8. Tekstil Fabrikaları İçin İyi Kalite Paslanmaz Çelik Telden Üretilmiş Paslanmaz Çelik İplikler

(http://www.stainlesssteelyarn.com/stainless_steel_yarn/stainless_steel_wire/stainless_steel_wire_stainless-steel-wire.html, 2014)

Çizelge 2.1’de en sık kullanılan metal filament kalınlıkları ve Çizelge 2.2’de ise paslanmaz çelik telde çelik türlerinin kimyasal bileşimleri % olarak verilmektedir.

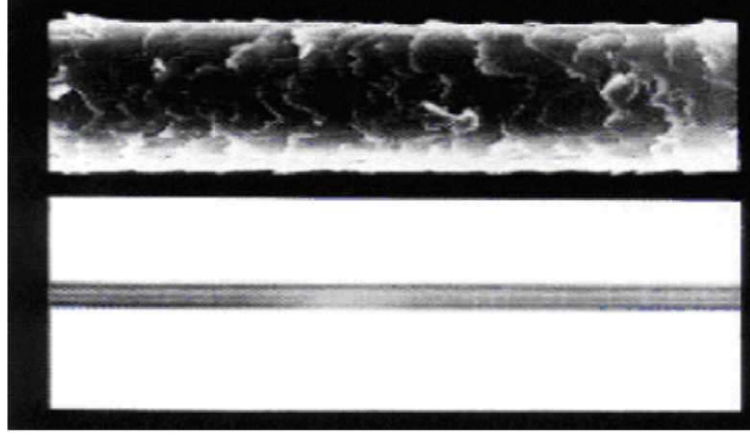
Çizelge 2.1. Tekstilde en sık kullanılan metal filament kalınlıkları (Sıgnak 2008).

Mikron	Milimetre	Denye
35	0,035	70
40	0,040	90
50	0,050	140

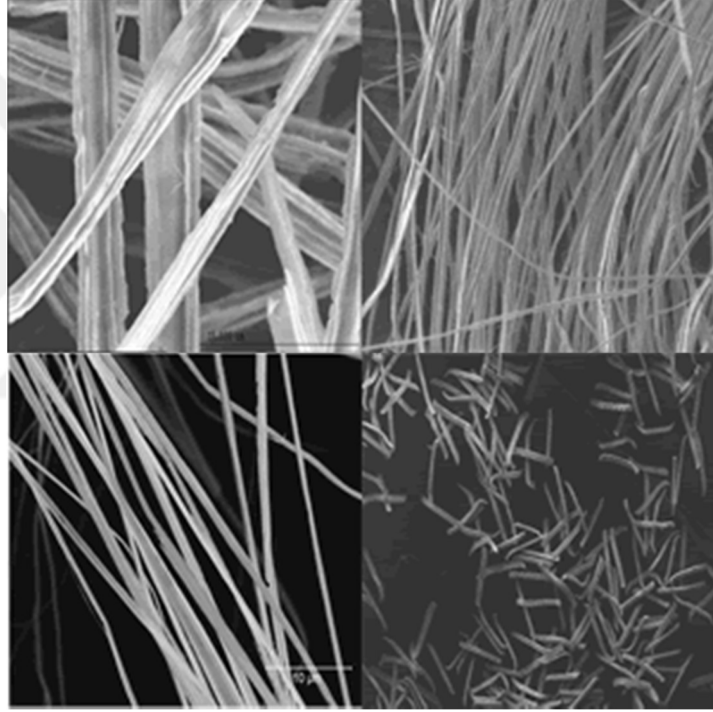
Çizelge 2.2. Paslanmaz çelik telde çelik türlerinin kimyasal bileşimleri (%)
(http://www.stainlesssteelyarn.com/stainless_steel_yarn/stainless_steel_wire/stainless_steel_wire_stainless-steel-wire.html, 2014)

Çelik Türleri	Kimyasal Bileşimler (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti
304	<0.08	<1.0	<2.0	<0.035	<0.03	8~10	17~19	-	-	-
304L	<0.03	<1.0	<2.0	<0.04	<0.03	9~13	18~20	-	-	-
304HC	<0.06	<1.0	1.2- 1.8	<0.035	<0.03	8~11	17~19	-	2.0- 3.0	-
316	<0.08	<1.0	<2.0	<0.04	<0.03	10~14	16~18	2.0~ 3.0	-	-
316L	<0.03	<1.0	<2.0	<0.04	<0.03	12~15	16~18	2.0~ 3.0	-	-
310S	<0.08	<1.5	<2.0	<0.04	<0.03	19~22	24~26	-	-	-
321	<0.08	<1.0	<2.0	<0.045	<0.03	9~13	17~19	-	-	>0.035
301	<0.15	<1.0	<2.0	<0.04	<0.03	>7	16~18	-	-	-
302	<0.15	<1.0	<2.0	<0.04	<0.03	>8	17~19	-	-	-

Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'da ise, metal liflerin mikroskopik görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 2.9. 316L Metal filamentinin mikroskopik görüntüsü (Sıġnak 2008)



Şekil 2.10. Metal liflerin mikroskop altındaki görüntüleri (http://www.intramicron.com/tech_metalfiber.php, 2014)

Çizelge 2.3. Metaller ile farklı yüksek performanslı materyallerin özelliklerinin karşılaştırılması (<http://metallurgyfordummies.com/advanced-composite-materials>, 2014)

Malzeme	Yoğunluk (10 ³ kg/m ³)	En Yüksek Gerilme Mukavemeti (MPa)	Gerilme Modülü (GPa)	Spesifik Mukavemet (MPa/kgm ⁻³)	Spesifik Modül (GPa/kgm ⁻³)
E-Cam	2,08	1103	44,8	0,53	0,022
S-Cam	1,99	1931	51,7	0,97	0,026
Kevlar-49	1,38	1448	75,8	1,05	0,055
HMS Grafit	1,63	1172	206,8	0,72	0,127
AS Carbon	1,55	1724	137,9	1,11	0,089
Yüksek Gerilimli Grafit	1,63	2413	310,3	1,48	0,190
Alüminyum (7075-T6)	2,77	572	68,9	0,21	0,025
Titanyum (6A1-4V)	4,43	1103	113,8	0,25	0,026
Çelik (4130)	8,00	1379	200,0	0,17	0,025

2.5.2. Alüminyum ve Magnezyum Tel

Alüminyum (Al) genellikle dekorasyon ürünlerinin ve çeşitli mutfak aletlerinin ana üretim maddesi olarak kullanılmaktadır. Alüminyumun bakır, magnezyum ve diğer metallerle meydana getirdiği alaşımlar, saf halinden çok daha güçlü özelliklere sahip olmaktadır. Bu nedenle de bu tür alaşımlar; hafifliğin istendiği ve bunun yanı sıra mukavemetin de gerek duyulduğu, başta uçak ve füze yapımı olmak üzere uzay, havacılık vb. alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca dekoratif kağıt üretiminde ve teleskop aynalarının kaplamalarında da bu elementten yararlanılmaktadır. Alüminyumun elektrik iletkenliği bakır elementinin %60'ı kadar olmasına rağmen, hafif yapıda olmasına istinaden elektrik iletim hatlarında kullanılmaktadır.

Magnezyum (Mg) ise, alüminyumun üçte biri kadar hafif ve kuvvetli bir elementtir. Bu nedenle uçak ve araba motoru yapımında kullanılmaktadır. Magnezyum oksit ısıya dayanıklı olduğu için tuğla fırınlar ve normal fırınların yapımında kullanılmaktadır. Hidroksitleri, klorürleri, sülfatları ilaç endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca fotoğraf

makinalarının gövde ve flaş kaplamalarında ve işaret ve havai fişekler ve yangın bombalarında kullanılmaktadır. Döküm demir işlemlerinde ve uranium gibi bazı metallerin tuzlarından saflaştırılması işlemlerinde kullanılmaktadır. Şömine tuğlalarının, aydınlatma ampullerinin, renk maddelerinin ve filtrelerin yapımında da yeri vardır (<http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/MetalKardes.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0146DD8A1CB95D150>, 2014). Tekstilde kullanılan magnezyum teller asitlere, alkalilere dayanıklı, korozyona dirençli, güçlü ve 120°C’de solmama gibi özelliklere sahiptir (Şekil 2.11).



Şekil. 2.11. Alüminyum ve magnezyum tel (<http://turkish.alibaba.com/product-gs/0-6mm-aluminum-magnesium-alloy-wire-539760039.html>, 2014)

2.5.3. Demir Tel

Karel Tel firmasında sıcak daldırma galvaniz tel, tavlı tel, soğuk çekilmiş tel, parlak tel, balya teli, galvanizli çubuk tel, bakır ve PVC kaplı tel, yuvarlak zırh teli, nevürlü tel, çelik hasır teller üretilmektedir. Demir tel çapları tel çeşidine göre 0,4 ile 14 mm arasında değişmektedir. Çekme dayanımlarına bakıldığında ise 1000N/mm²'nin üzerine çıkan ürünleri mevcuttur (http://www.kareltel.com.tr/kareltel_katalog.pdf, 2014).

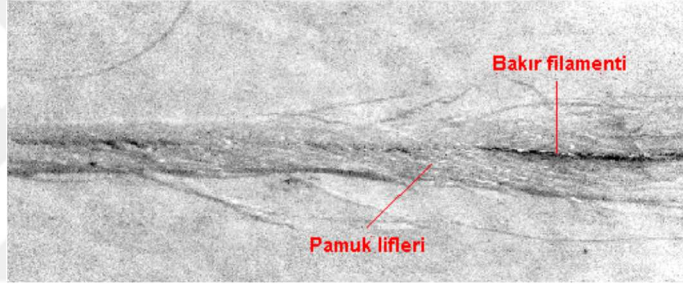
2.5.4. Bakır ve Diğer Metal Teller

Bakır (Cu), sertliği 2,5–3 ve özgül ağırlığı 8,93 gr/cm³ olan ergime sıcaklığı ise 1080°C olan bir elementtir. Bakır levha ve tel hâline getirilebilmekte ve ısıyı iyi iletmektedir.

Ayrıca iletkenliği %99,95 ve 43 kcal ergime ısısına sahip bir metaldir. Bu sebeple geniş bir kullanım alanına sahiptir (<http://www.elektrosan.com.tr/index.html>, 2014).

Uzun yıllar değişik kültürlerde metalik bakır, sağlık, teknoloji ve sanat alanlarında ve estetik ve süsleme amaçlı alanlarda kullanılmıştır. Son bir asırdır, bilim, bakırın insan sağlığındaki önemine dikkat çekmiştir. Bakır bileşimlerinin antibakteriyel, anti mantar ve güç tutuşurluk özellikleri eskiden beri bilinmektedir. Bakırın bu özellikleri modern bilim tarafından da onaylanmıştır (Can 2008).

20. yüz yılın ortalarında araştırmalar, bakırın insan sağlığına yararlı olduğunu ispatlamışlardır. Son araştırmalara göre ise, kumaş içine dokunacak şekilde iplik özünde de kullanılmaktadır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Bakır özlü iletken ipliğin ışık mikroskobu altındaki görünümü (Kadoğlu ve ark. 2012)

Bakır iplikler boyanabilir, kıvrılabilir, ezilebilir ve buruşturulabilir özelliklere sahiptir. Ayrıca bakır içeren liflerin insan vücudunu elektromanyetik radyasyondan koruma özelliği sağladığı görülmüştür. Bakırın yanı sıra nikel, titanium ve nikel-krom karışımı gibi diğer metaller de tekstilde kullanılmak üzere üretilebilmektedir (Şekil 2.13).



Bakır Tel



Nikel Tel



Nikel-Krom Tel



Titanyum Tel

Şekil 2.13. Bakır ve diğer metal tellerden örnekler (<https://www.alibaba.com>, 2014)

2.6. Metal Liflerin Kullanım Alanları

Tekstil tellerinin uygulama alanlarını beş başlık altında toplamak mümkündür:

- 1- Elektromanyetik kalkanlama kumaşları: Tekstil telleri içeren kumaşlar, elektromanyetik radyasyona karşı mükemmel koruma sağlamaktadır. Mobil iletişim araçlarının çeşitli frekans değerlerinde, örneğin, yaklaşık 40 dB'lik (%99) koruma değerine erişilebilir.
- 2- Veri transfer kumaşı: Polyester ve gümüş kaplı bakırdan oluşan 'Infineon Yağmurluk' içerisindeki şerit, elektrik sinyalleri ile veri transferini olanaklı kılar.
- 3- ESD amaçlı kumaşlar: Elektronik parçaların montajı sırasında (örneğin elektrik-elektronik ve otomobil sektörlerinde) sağlam iletken parça kullanımı çalışanları elektriksel boşalımdan korur.
- 4- Moda ve dekorasyon amaçlı kullanılan tekstil telleri: Metal veya buruşukluk efekti ile oluşturulan kumaş vb. tekstil ürünlerinde tasarım amaçlı kullanılır.

- 5- İpliklerde kullanılan tekstil telleri: İpliklerde hali hazırda kullanılan prosesler gibi dokuma, örme, örgü, katlama ve eğirmede direk olarak kullanılabilir (Lin ve Lou 2003).

2.7. Metal İçerikli Kompozit İplik Çeşitleri ve Kullanım Alanları

Metal içerikli kompozit iplik çeşitlerinden bazıları aşağıda örnek olarak verilmektedir. Farklı üretim yöntemleriyle oluşturulmuş iplikler ve özelliklerinden de bahsedilmiştir.

2.7.1. Polyester ve Gümüş Kaplı Metal Çekirdek Bükümlü İplik

Şekil 2.14'te görülen ipliğin türü çekirdek büküm özlü ipliklidir. İplik numarası 150 dtex / Nm 68 / Ne 40 ve Polyester kesikli lif ve gümüş kaplı bakır özellikleri de; TW-D 0.020 mm, dtex 31'dir. Karışım oranı ise %80 PES/%20 metaldir.



Şekil 2.14. Çekirdek bükümlü ipliğin mikroskop altındaki görüntüsü (Derdiyok 2007)

2.7.2. Polyester ve Paslanmaz Çelik Tel Bükümlü İplik

Bekaert firmasının belirli bir yüzdelerde paslanmaz çelik lifleri içeren tekstil ipliklerinin standard kalitesi için damgalanmış iplikleri mevcuttur (Şekil 2.15). Bu iplikler çeşitli iplik doğrusal yoğunluğu (numara) aralıklarında ve farklı oranlarda paslanmaz çelik filament ihtiva eden polyester bükümlü ipliklerdir. Bu iplikte isteğe göre katlama yapılabilmektedir. Bu ipliklerin antistatiklik, ısınabilme, akıllı tekstiller, sinyal taşıma özelliği ve elektromanyetik kalkanlama özellikleri onları çeşitli tekstil uygulamalarında kullanım için elverişli kılmaktadır (www.bekaert.com, 2014).



Şekil 2.15. Paslanmaz çelik liflerle bükülmüş polyester iplik (www.bekaert.com, 2014)

Antistatik yapıdaki bu ipliklerin özellikle 10x10 mm'lik ızgara şeklinde dokunmasıyla elde edilen kumaşın elektronik endüstrisi ile yanıcı ve patlayıcı ortamlar için uluslararası normların şartlarını sağladığı belirlenmiştir. İyi derecede yıkama dayanımı gösterdiğinden sektörde tercih edilmektedir. Buna ek olarak yüksek elektrik iletkenliğine sahip bu iplikler, statik kontrol amaçlı uygulamalarda geniş kullanım alanı bulmaktadır. Örnek olarak filtre kumaşları, taşıyıcı kemerler verilebilir.

Ayrıca bu iplikler iyi bir elektromanyetik kalkanlama performansı göstermektedirler. İlk başta bu iplikler, halılar ve yer döşemeleirnde iletkenliği desteklemek amacıyla tasarlanmıştır. En önemli uygulaması ofisler ve bilgisayar odaları için taftlanmış halıların arkasında iletken olarak kullanılmış olanıdır. Bu tür iplikler, dokunabilme, örülebilme ve dikilebilme özelliklerine sahiptirler. Ayrıca farklı tekstil lifleriyle de katlanabilir özelliktedir. Üretim yapısına bağlı olarak iyi yıkama dayanımı ve elektrostatik özellikleri sayesinde EN 1149 standardını karşılayabilmektedir (Derdiyok 2007).

2.7.3. %100 Paslanmaz Multifilament İplik

Şekil 2.16'da örneği verilen %100 paslanmaz multifilament çelik iplik örneğidir. Yüksek esnekliğe ve iyi elektrik iletkenliğine sahiptirler. Bu iplikler antistatik tekstiller,

termal iletkenlik, akıllı tekstiller sinyal iletimi gibi bir çok alanda geniş kullanım imkanı bulmaktadır (Derdiyok 2007):



Şekil 2.16. %100 Paslanmaz çelikle multifilament olarak üretilmiş iplik (Derdiyok 2007)

Bu iplikler, yüksek elektriksel iletimli, esnek, güçlü ve kimyasal olarak etkisizdir. Çok farklı tekstil işlemlerinde kullanılabilmekte ve diğer ipliklerle de katlanabilmektedir. Antistatik giysiler, elektromanyetik kalkanlama amaçlı koruyucu giysiler vb. alanlar, kesmeye karşı dayanıklı giysilerde kullanılmaktadır. Ayrıca moda amaçlı olarak metal görünümlü ve buruşuk efekti vb. özellik kazandırmak için de kullanılmaktadır (Anmaç 2004).

2.7.4. Merinos Yünü ve Paslanmaz Çelik ile Üretilen İplik

Giyimde kullanmaya elverişli bir yapıdır. İyi bir tuşeye de sahiptir. Aynı zamanda çelik, ipliğe yansıtıcı bir görünüş, bitim işlemi görmüş gibi iyi, yumuşak ve buruşturulmuş görünüş kazandırmaktadır.

Merinos yünü/çelik karışımı ipliğin yumuşaklık ve hacimliliği için en önemli durum, ipliğin bu yönde iyi özellikte olması için, ağırlıkta %2-3 oranında yumuşatıcıyla birlikte, 35°C (95°F) suda yaklaşık 3 dakika için ıslak nazik bir bitim işlemi uygulanmalıdır.

Bu ipliğin yıkaması elde ve düşük sıcaklıkta yıkanmalı, beyazlatıcı kullanılmamalı, trikloroetilen dışındaki herhangi bir çözücüde kuru temizleme yapılmalı ve düz bir şekilde kurutulma yapılmalıdır (Derdiyok 2007).



Şekil 2.17. Merinos yünü/çelik bükümlü iplikten yapılmış örme yüzeyin mikroskop altında görünüşü (Derdiyok 2007)

Şekil 2.17’de merinos yünü ve çelik karışımı iplikten üretilen örme kumaşın mikroskop görüntüsü verilmiştir.

2.7.5. Paslanmaz Çelik ve Pamuk Karışımı İplik

Paslanmaz çeliğin iyi kalitede bir lifiyle bükülmüş 3 katlı bir pamuk ipliğidir. Bu iplik, librede 12,656 yardadır. İyi kalitede bükülmüş çelikle sıkı sarılmasıyla bir buruşuk (crinkle) yapı oluşturmak için tasarlanmıştır. Bu iplik, pamuk ipliği gibi boyanabilmektedir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Paslanmaz çelik ve pamuk karışımı iplik

2.7.6. Viskoz/Paslanmaz Çelik İplik

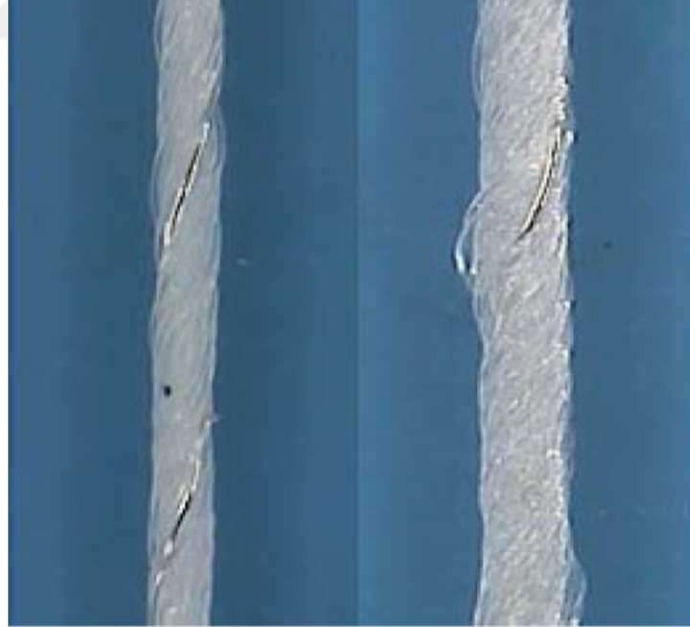
Bu iplik, % 63viskoz/%37 paslanmaz çelik iplikdir. Kırışık dokuma kumaşlarda kullanılmaktadır.



Şekil 2.19. Viskoz/Paslanmaz çelik karışımı iplik (Derdiyok 2007)

2.7.7. Filament Bükümlü Düz İplik

Şekil 2.20’de verilen iplik %82 PES/%18 metal tel karışımı iplikdir.



Şekil 2.20. Filament bükümlü düz iplik (Derdiyok 2007)

Bu iplik 590 tur/metre bükümlü 700 dtex PES, 550 f105 ve 0.040 mm parlak gümüş kaplı bakırdan meydana gelmektedir.

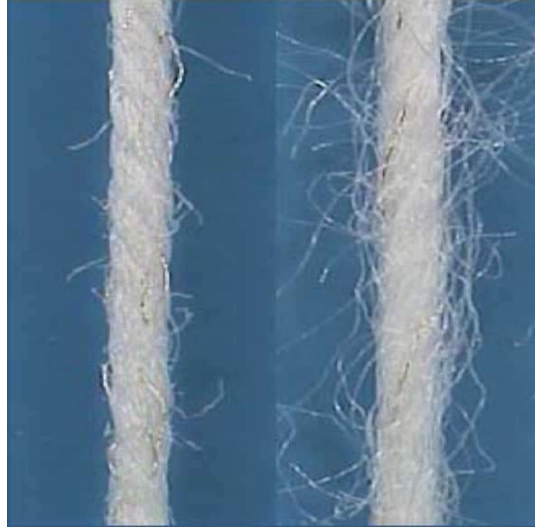
2.7.8.Filament(mono+multifilament) Bükümlü İplik



Şekil 2.21. Mono + Multifilament bükümlü iplik (Derdiyok 2007)

Şekil 2.21’de verilen iplik, %31 PA/%69 metal karışımlı iplikdir. 840 tur/metre bükümle üretilmiştir. 105 dtex/Nm 96/Ne 57 PA 6, 33 filaman ve 0.030 mm parlak gümüş kaplı bakır tel ihtiva etmektedir.

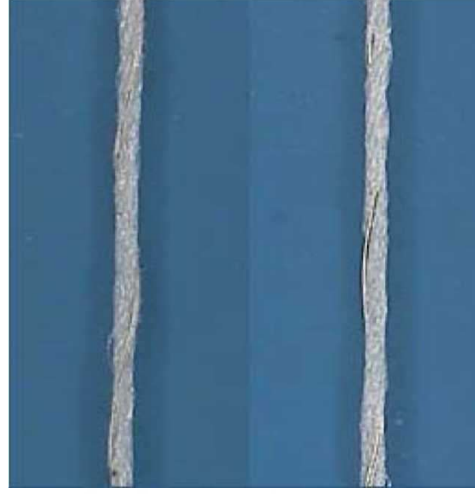
2.7.9. Bükülü İplikle Eğirilen İplik



Şekil 2.22. Bükülü iplikle eğirilen iplik (Derdiyok 2007)

%83 PES / %17 Metal İplik: 360 tur/metre bükümlü iplik numaraları 555 dtex / Nm 54/3 / Ne 32/3 pamuk gümüş kaplı bakır, TW-D, (0.020 mm, dtex 31)x3

2.7.10. Filament Bükümlü Tekstüre İplik



Şekil 2.23. Filament bükümlü tekstüre iplik (Derdiyok 2007)

%42 PES/%58 Metal İplik: 590 tur/metre bükümlü iplik, numaraları; 120 dtex /Nm 84/Ne50 PES, f24, tekstüre edilmiş gümüş kaplı bakır; TW-D, 0.030 mm, dtex 70.

2.7.11. Çözeltiyle Boyanmış İplikle Düz Filament Bükümlü İplik



Şekil 2.24. Tekstüre edilmiş bükülü iplik uygulamaları için tekstil telleri çözeltiyle boyanmış iplikle düz filament bükümlü iplik (Derdiyok 2007)

%75 PES,/ %25 Metal Karışımı iplik: 590 tur/metre bükümlü iplik numaraları; 120 dtex/Nm 84/Ne50 PES, f24, siyah çözeltiyle boyanmış kaplı bakır, TW-D, 0.030 mm, dtex 70.

2.7.12. Metal renkli tel (büküm)



Şekil 2.25. Tekstüre edilmiş bükülü iplik uygulamaları için tekstil telleri metal renkli tel (büküm) (Derdiyok 2007)

%100 Metal İplik: 330 tur/metre bükümlü iplik numaraları dtex 4000/Nm 2,5/Ne1,5 Gümüş kaplı bakır, TW-D, altın boyalı, (0.050 mm, dtex 192)x20.

2.8. Metal İçerikli Kompozit İpliklerin Üretimi

2.8.1. Modifiye Ring İplik Eğirme Makinesinde Metal İplik Üretimi

Özlü iplik (core-spun), çekirdek (öz, core) görevini yapan bir filament iplik üzerine doğal veya kimyasal kesikli elyafın öz etrafına sarılmasıyla elde edilen ipliklerdir. Son zamanlarda moda ve dekoratif amaçlı tekstillerde bu iplikler tercih edilmektedir.

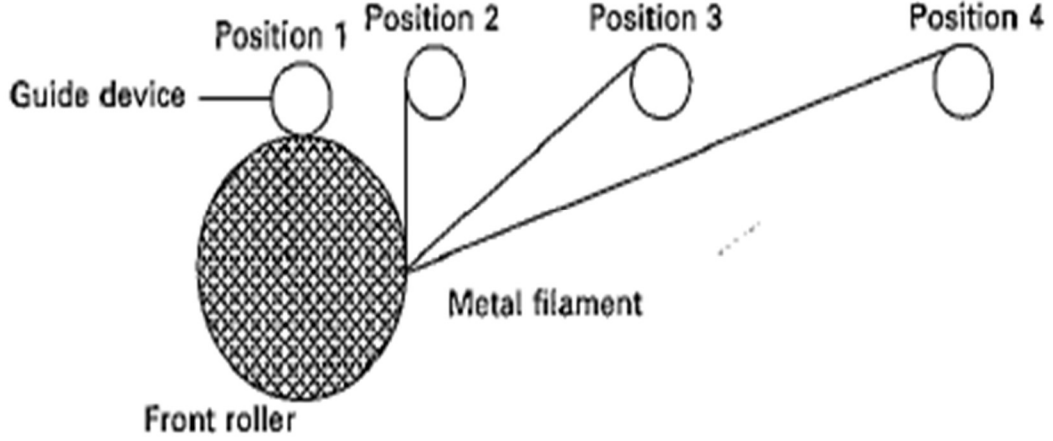
Ring-Spinning teknolojisi, bükümlü iplik üretiminde en yaygın kullanılan bir yöntemdir. Basit ve ekonomik olan bu sistem özlü ipliklerin üretilmesinin yanında, özlü (core-spun) iletken ipliklerin üretiminde de kullanılmaktadır.

İletken iplik özellikleri metal filamentin besleme parametrelerine bağlı olmaktadır:

- Metal filament kılavuzu ve ön silindir arasındaki açı (Şekil 2.26)
- Metal filamentin ön silindir içindeki pozisyonu (merkezde ya da merkez dışında)
- Metal filament gerilimi

Metal filament ön silindir ortasına beslenirse, metal filament kesikli lifler ile kaplanabilmektedir. Eğer metal filament ön silindir kenarından beslenirse, kesikli elyaf üzerine bükülür (Latifi 2010). Son yıllarda ring iplik makinalarına olan talep artışı ve

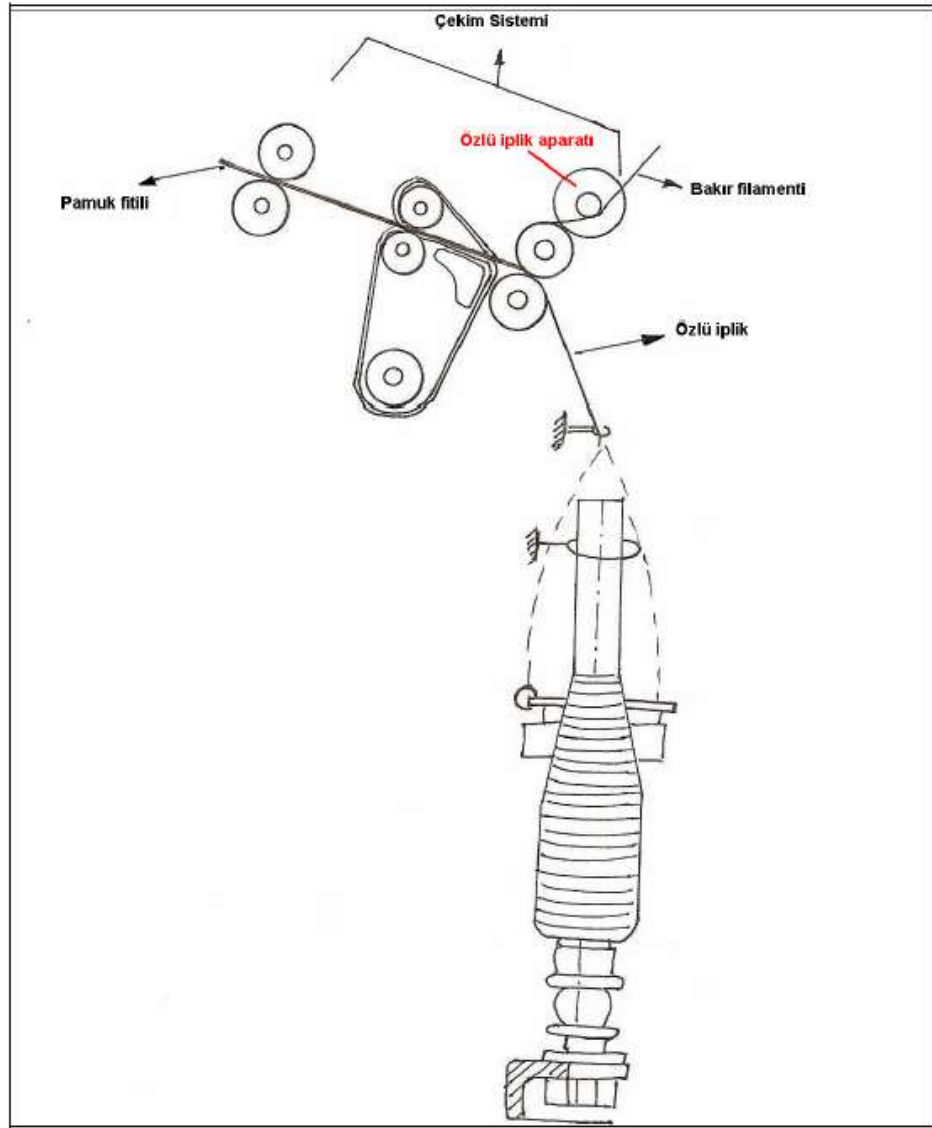
ipliklere farklı özellik katabilmek için çeşitli aparatlar ile ring iplik makinasına modifiye yapılarak değişik metotlarla özlü iplik üretimi yaygınlaşmıştır.



Şekil 2.26. Metal filament besleme açıları (Latifi 2010)

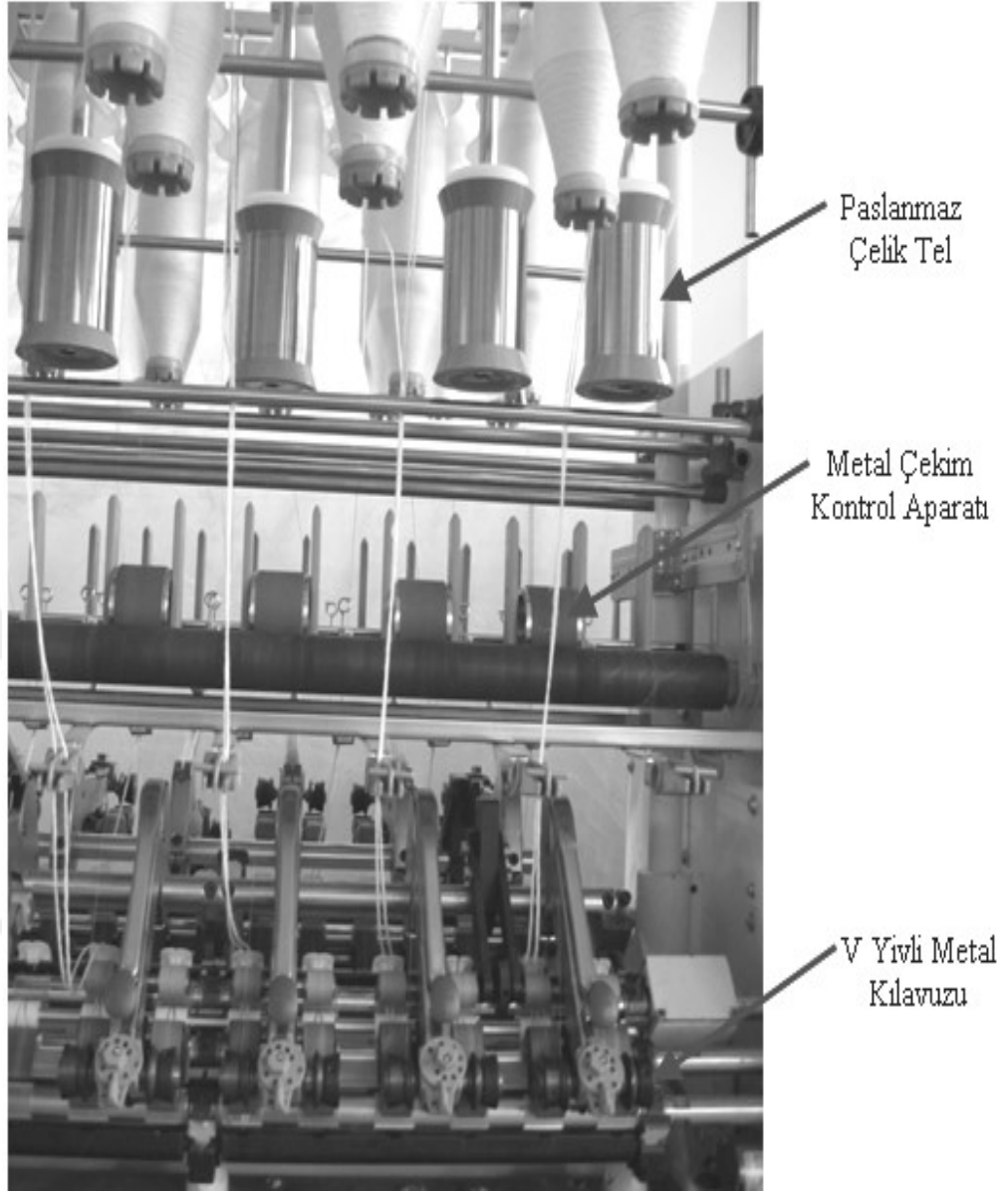
Modifiye ring iplik makinesi aslında klasik ring iplik makinesinin özel aparatlar ilave edilmesiyle geliştirilmiş bir makinedir. Malzeme besleme kısmında gerçekleştirilen küçük bir farklılık ile özlü iplik formunda iletken iplikler üretilebilmektedir. Metal tel eğirme esnasında ön sevk silindirleri ile beslenmektedir. Böylece çekime maruz kalan fitilin öz (çekirdek) kısmına yerleştirilmektedir. Metal telin düzgün eğilmesi ve hep öz kısımda kalmasını sevk silindirleri sağlamaktadır. Bu sayede metal tel, sürekli olarak kaplama lifleri tarafından sarılmış olup ipliğin içinde kalmaktadır. Çekime uğrayan fitilin eğirme gerilimi çıkış silindirlerin tutma noktalarından ayrıldığında az miktarda azalma göstermektedir. Bunun yanı sıra metal tel gerilimi ise, çıkış silindirleri ile büküm alma bölgesi arasında değişmemektedir. Büküm ve sarım işlemleri ile metal tel, kesikli lifler tarafından sarılmakta ve ipliğin öz kısmına yerleşmektedir (Altaş 2006).

Şekil 2.27’de özlü (core-spun) iplik üretim tekniğinin şematik gösterimi verilmiştir.

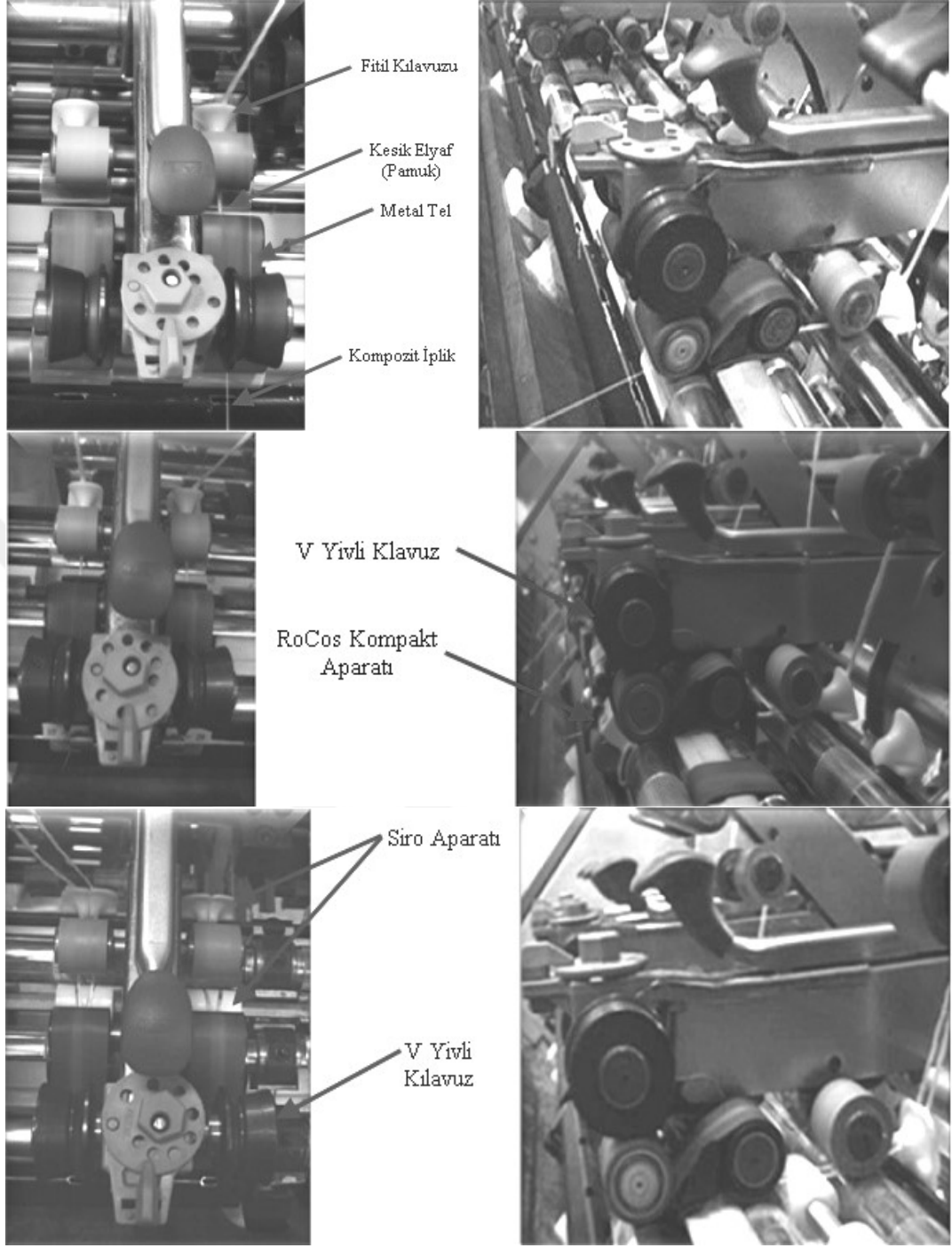


Şekil 2.27. Fitol ve metal filament core-spun spinning mekanizmasının şematik diyagramı (Kadoğlu ve ark. 2010)

Şekil 2.28’de ise modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinasında iplik üretiminin resmi görülmektedir.



Şekil 2.28. Modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinesinde metal iplik üretimi (Örtlek ve ark. 2011)

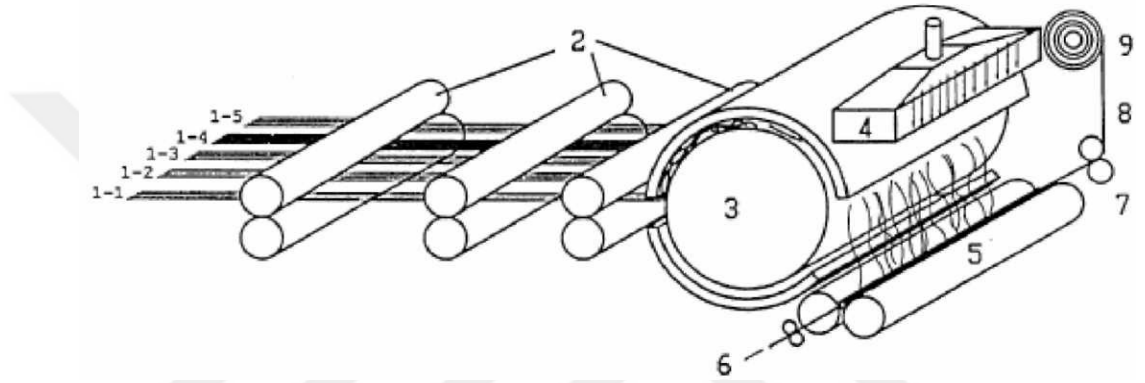


Şekil 2.29. Modifiye edilmiş ring makinesinde ring özlü, siro özlü ve kompakt özlü eğirme metodları (Örtlek 2010)

2.8.2. DREF III Makinesinde Metal İplik Üretimi

DREF III makinesinde iplik üretim metodu, open-end friksiyon özlü iplik (OFCY) eğirme metodu, iplikten elektrostatik boşalım ve elektromanyetik uygulamalardan koruyucu iletken yüzey elde etmek üzere geliştirilmiş yöntemlerdir.

Bu metot paslanmaz çelik telin (SS) dokunmasını kolaylaştırmak ve malzeme fiyatını düşürmek için kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik tel, polyester ve paslanmaz çelik kesikli liflerden open-end friksiyon özlü iplik üretilmektedir.



Şekil 2.30. DREF III open-end friksiyon eğirme makinası (Ueng ve Cheng 2001)

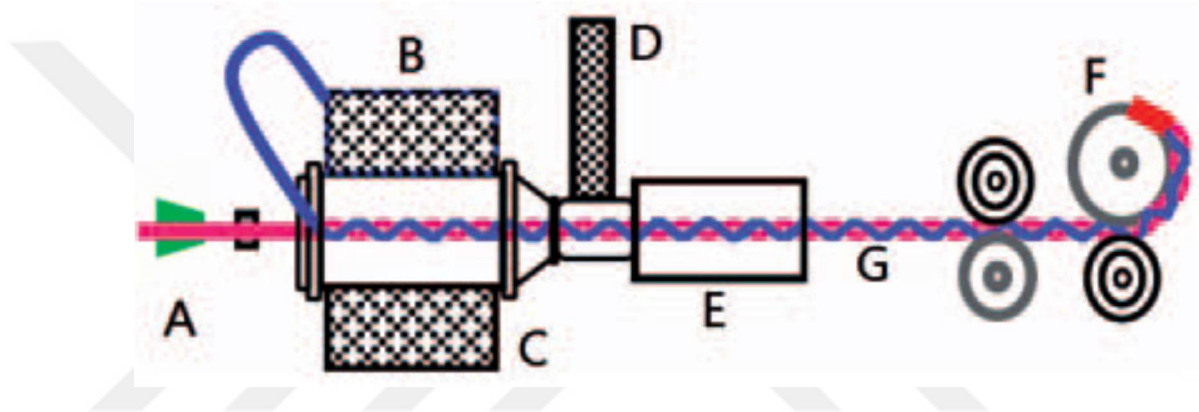
Şekil 2.30'da şematik olarak verilen DREF III open-end friksiyon eğirme makinasının bölümleri sırasıyla;

- 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: Open-end friksiyon bükümlü özlü iplik,
 - 9: Sarım silindiri
- şeklindedir.

Bu yöntemde open-end friksiyon eğirme esnasında sürtünme tamburunun iplik büküm bölgesi içinde, çekirdekte bir paslanmaz çelik tel ile open-end friksiyon bükümlü iplik üretilmektedir.

2.8.3. Rotor Sarma ve Büküm Ünitesinde Metal İplik Üretimi

İletken olmayan veya az iletken olan polimer liflerinin elektrik iletkenliğini arttırmak için iletken veya katkı maddeleri ile karıştırılması gerekmektedir. İletken polimer materyaller elde etmek için şimdiye dek birçok çalışma yapılmıştır. Kesikli paslanmaz çelik lifleri, karbon parçaları, kesikli karbon lifleri gibi ürünler örnek verilebilir.



Şekil 2.31. Rotor sarma ve büküm makinesi konfigürasyonu (Lou ve ark. 2011)

Şekil 2.31'de rotor makinasının şematik görüntüsü verilmektedir. Burada harflerle gösterilen bölümler;

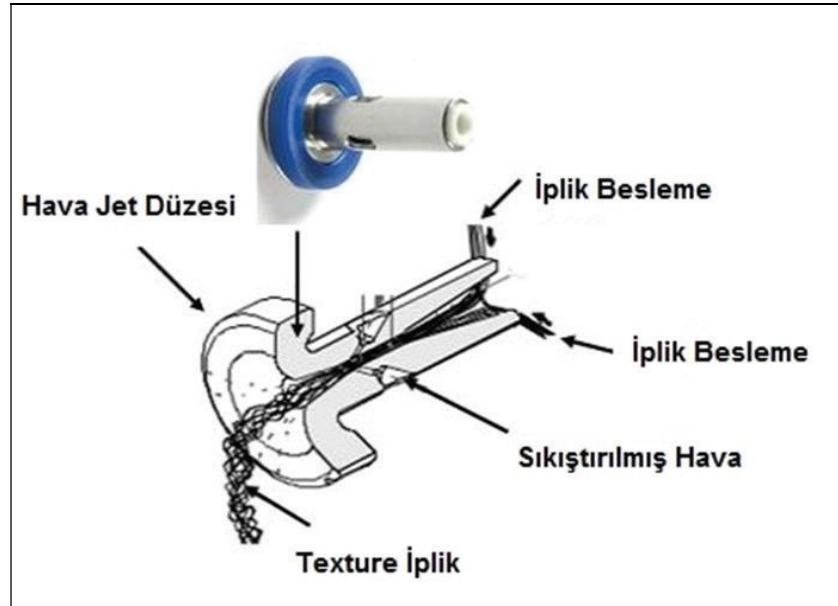
- A: Ana iplik materyali
- B: İletken lifler (metal veya karbon lifleri vb.)
- C: Rotor büküm ünitesi
- D: Tanjant kemer
- E: Çıkış ve gerilim control ünitesi
- F: Sarım silindirleri
- G: Metal içerikli iletken iplik

İletken malzemelerle termoplastik yüzeylerin kaplanması veya karıştırılması şeklinde bir üretim metodudur. Kompozit materyaller içine karıştırılan veya doldurulan materyaller ipliğin antistatik özelliğini desteklemektedir. Bu yöntemlere kıyasla çok daha kolay olan bir diğer metal iplik üretim yöntemi, yeni geliştirilen rotor sarma ve

büküm ünitesidir. Bu makine ile 3 cm enindeki dokusuz polipropilen şerit ile paslanmaz çeliğin aynı anda bükümü yapılabilir. Diğer yöntemlerin aksine iplik özünü oluşturan dokusuz kumaş şeridi ve metal filament belli bir gerilim ile sevk edilerek rotor eğirme ünitesine beslenmektedir. Rotor eğirme ünitesindeki metal tel, özdeki materyali sararak, rotorun hareketi ile büküm vermektedir. Daha sonra rotor ünitesinden çıkan iplik sarım silindirleri ile çekilerek bobin halinde sarılmaktadır. Geliştirilen bu makine farklı sayıda ve tipte özlü iplik üretebilmektedir. Bu makinenin mekanik tasarımı klasik ring iplik makinesinden ve birde-iki (Two for One) büküm makinesinden farklı olup, bu makinede hiçbir gerilim ayarlamaya aparatı bulunmadığı için geniş çaplarda düşük numaralı iplikler üretmek mümkündür (Altaş 2006).

2.8.4. Hava-Jetli Tekstüre Makinesinde Metal İplik Üretimi

Hava jetli tekstüre makinesi hacimli ipliklerin üretiminde kullanılmaktadır. Hava jeti ile ipliğin giriş hızı çıkış hızına göre yüksek tutulmaktadır. Böylece jet girişinde bir yığılma olmaktadır. Daha sonra iplik üzerine hava akımı gönderilmektedir. Gönderilen hava akımı iplik üzerinde küçük büyük halkalar meydana getirmektedir (Şekil 2.32). Bu teknik sayesinde hacimli iplik elde edilmektedir (Derdiyok 2007).

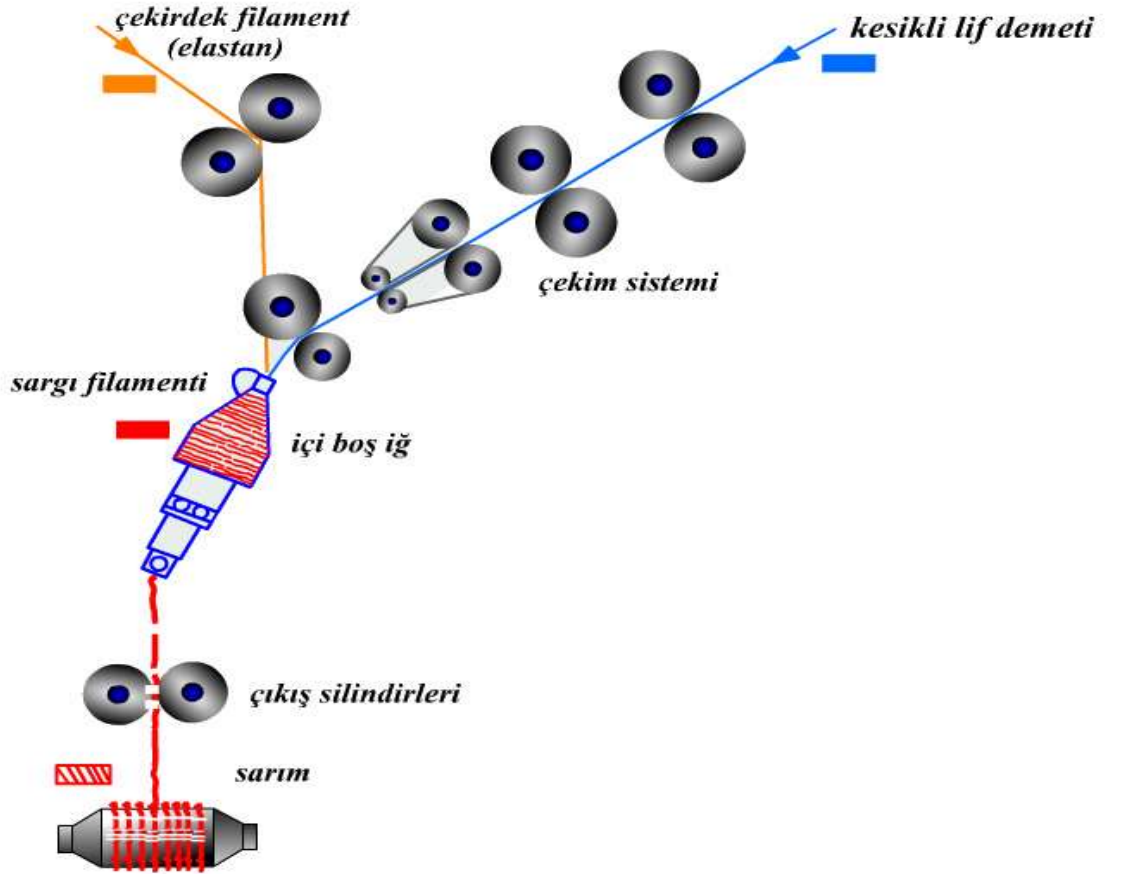


Şekil 2.32. Hava jetli iplik üretim sisteminde jet içindeki hava akışı ve materyalin geçişi (Altaş 2006)

2.8.5. İçi Boş İğli Makinede Metal İplik Üretimi

İçi boş iğ yöntemi, iletken kumaşlarda kullanılmak üzere, polipropilen matris liflerle cam lifleri ve bakır tellerinin sarım işleminin gerçekleşmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu şekilde sarılan ipliğin adı “kaynaşmamış iplik”tir ve bu iplikler, içi boş iğli eğirme metodu kullanılarak üretilmektedir.

Şekil 2.33’te içi boş iğ ile metal iplik üretim yönteminin şematik diyagramı gösterilmektedir. Çekirdek filament olarak metal, elastan veya istenilen efekt iplik ilavesiyle iplik elde edilebilmektedir.



Şekil 2.33. İçi boş iğli makinede metal iplik üretimi (Babaarslan ve Baykal 1998)

Bu metotta matris PP lifleri oluşturulan iplikle bağlanmıştır. Güçlendiren cam lifleri ve/veya bakır, çelik vb. iletken teller, çekirdek iplik olarak kullanılmaktadır. Kaynaşmamış iplikte iki çeşit bükme vardır. Birincisi alt büküm, yani çekirdek ve

üretilen ipliklerin birbirleri etrafına sarılmasıdır. Diğeri ise üst büküm, üretilen iplikle alt bükümdeki çekirdek etrafına sarılan bağlama ipliklerdir (Altaş 2006).

2.8.6. Kaplama Makinasında Metal İplik Üretimi (DirectTwist-Covering Metodu)

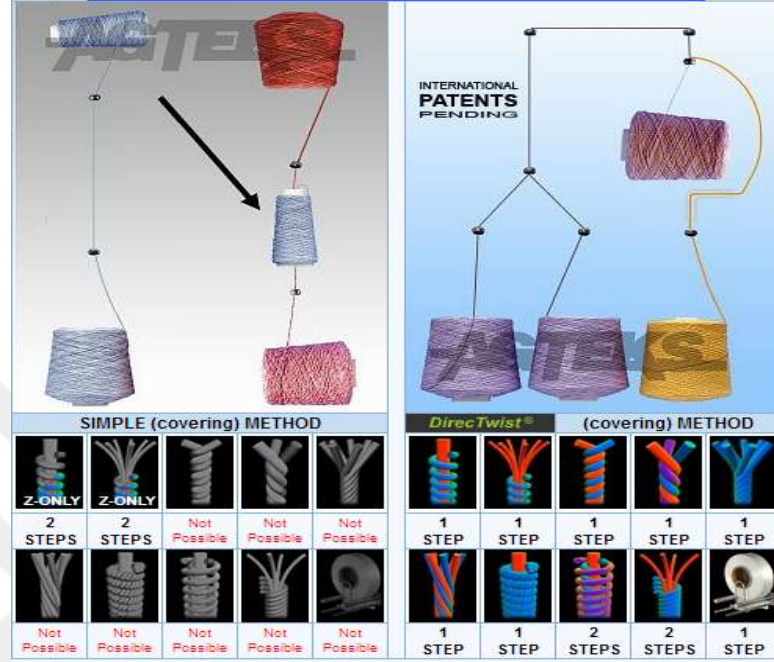
Şekil 2.34'te de görüldüğü gibi bu tip katlama makinalarında; pamuk, yün, akrilik, poliester, elastan, poliamit, polipropilen, aramid, cam, karbon ve metal içerikli olmak üzere birçok iplik çift ve çok katlı bükümlü iplik, tek iplik kaplama, multi-iplik kaplama, çarpraz kaplama gibi çeşitli iplik yapılarında üretilebilmektedir. Makinede standart ve teknik iplikler bükülebilmektedir. Teknik ipliklerin üretiminde iplikler makinede sevk edilirken seramik malzeme ile temas edecek şekilde kılavuzlanmakta olup sarım yapılan iplik bobini dikey yerleşime sahiptir.



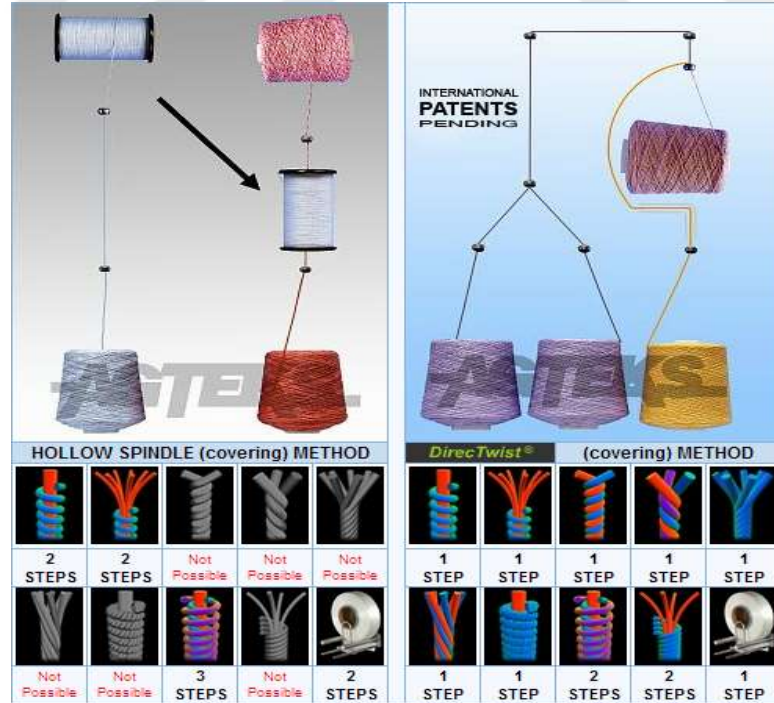
Şekil 2.34. Ağteks DirectTwist kaplama makinası görüntüsü (<http://www.agteks.com>, 2014)

DirectTwist (Covering) metodu Şekil 2.35'te de görüldüğü gibi diğer yöntemlere nazaran daha çeşitli üretim çeşidi ve avantajları sunmaktadır. Ayrıca elde edilen iplikler

kaplandığı için kablo gibi bir etki oluşturmaktadır. Öz materyal olarak metal gibi iletken malzeme kullanıldığında dışı ise tekstil lifleri ile kaplandığı zaman yine iplik içte iletken ama dışta yalıtkan özelliğini korumaktadır.



(a)



(b)

Şekil 2.35. a) Basit teknik ve DirecTwist tekniği b) Oyuk iğ tekniği ve DirecTwist tekniği karşılaştırmaları (<http://www.agteks.com>, 2014)

2.9. Konu ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Galuszynski ve Ellis, yaptıkları çalışmada iplik geçiş hızı arttıkça sürtünme kuvvetinin öncelikle belirli bir miktar düştüğü, sonra çok az bir miktar artarak sabit kaldığını gözlemlemiştir. Aynı çalışmada gücü gözündeki sürtünme kuvvetini belirlemek amacıyla ipliğin giriş acısı, giriş gerginliği ve kılavuzların çapı değiştirilerek bu faktörlerin sürtünme üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada ipliklerin kılavuzlardan hareketi sırasında bir sürtünme kuvvetinin oluştuğunu, bunun da kılavuz üzerindeki iplik gerginliğini arttırdığı belirtilmiştir. Sonuçta, giriş gerginliği ve besleme acısı arttıkça sürtünme kuvvetinin arttığı da ifade edilmiştir (Galuszynski ve Ellis 1983).

Kalyanaraman, iplik numarasının sürtünme özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yaptığı çalışmada lineer yoğunluk (tex) arttıkça yüksek temas alanı nedeniyle yüksek sürtünme katsayısı olduğunu gözlemlemiştir (Kalyanaraman 1988).

Chattopadhyay ve Banerjee, inceledikleri ipliklerde büküm sayısının ve iplik eğirme teknolojisinin sürtünme özelliklerine etkisini incelemiş, pamuk, viskon ve polyester liflerinden üretilmiş ring, rotor ve friksiyon ipliklerinde büküm sayısının artmasıyla temas alanının düşmesi sonucu sürtünme kuvvetinin azalacağını belirtmişlerdir. Sürtünmenin eğirme hızı ve kılavuzda kullanılan materyal cinsine bağlı olduğu sonucuna vararak ipliklerin yapısal karakterinin ve ipliklerin sıkıştırılabilirliğinin de sürtünmeyi etkilediğini vurgulamışlardır (Chattopadhyay ve Banerjee 1996).

Cheng ve ark. yaptıkları çalışmada iletken örgü kumaş malzemelerini geliştirip, EMSE değerlerini belirlemişlerdir. Polipropileni Matriks aşama ve takviye aşamasında da takviye malzemesi olarak cam lifi kullanarak kompozit malzeme elde etmişlerdir. EM kalkanlama için ise bakır tel kullanmışlardır. Kalkanlama etkisi için coaxial transmission line holder (ASTM 4935) düzeneği kullanılarak 30 kHz den 300 MHz'e değişen frekans aralığında testler yapılmıştır. Sonuç olarak numune örgü kumaşların elektrostatik deşarj ve elektromanyetik kalkanlama etkisinin kumaş yapısı, sıklığı ve kullanılan iletken malzemenin miktarına bağlı olarak değiştiği ortaya konmuştur. İletken iplikler içindeki çelik tel oranının artmasının elektromanyetik kalkanlama ve elektrostatik deşarj özelliklerinin artmasına yardımcı olduğu görülmüştür (Cheng ve ark. 2000).

Tokarsky, çalışmasında metal kaplama aramid iplik ve telden yapılmış kumaşın elektromagnetik örtme karakteristiklerinin ölçümünü yapmıştır. Metal kaplama aramid iplik ve telden yapılmış kumaşın elektromagnetik örtme karakteristiklerinin 1 kHz'ten 3 GHz'e ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler 100 kHz'in altında yüzey transfer direncinin ya da engelinin değiştiğini gösterdi. Bu oldukça iyi bir sonuçtur. Bu sıklık aralığında akım teller üzerinde akar. 10 ve 100 MHz arasında orta frekans ya da limit örtme effektiviti 70 dB'den daha yüksektir. 100 MHz ve üzerinde akım kumaş boyunca akar (Tokarsky 2000).

Ueng ve Cheng tarafından yapılan çalışmada mikrodalga fırın uygulamalarında kullanılmak üzere paslanmaz çelik/polyester, paslanmaz çelik/rayon ve paslanmaz çelik/kevlar özlü ipliklerden dokuma kumaşlar tasarlamışlar. Çalışmada kullanılan iplikler Dref III open-end eğirme yöntemiyle elde edilmiş ve daha sonra 8 çerçeveli, Picanol rapier dokuma makinesinde dimi örgü deseninde dokunmuştur. Kumaşların üretiminde kullanılan ipliklerde paslanmaz çelik kesikli elyaf (SS) ve çelik tel (SW) iletken malzeme olarak iplik merkezinde; rayon (RS) veya kevlar kesikli elyaf (KS) ise aleve dayanıklı malzeme olarak iplik dış yüzeyinde kullanılmıştır. Çalışmada elektromanyetik kalkanlama etkinliğini belirlemek için D-2000 mikrodalga sızıntı detektörü kullanılarak EN EMC directive 89/336/ECC ve EN-50082-1:1992, EN-50081-:1992 test yöntemlerine göre ölçümler yapılmıştır. Numune dokuma kumaşların EMSE testleri için ASTM ES 7-83 standardında tanımlanmış olan özelleştirilmiş "Coaxial Transmission Line Holder" yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak dokuma kumaşların sızıntı miktarı ve elektromanyetik kalkanlama etkisinin kumaş yapısı, sıklığı ve iletken malzeme oranına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Mikro dalga frekans seviyesi için yapılmış olan bu çalışma proje kapsamında kullanılmakta olan bakır ve gümüş liflerinin yanında çelik elyaf kullanımının da denenmesinin faydalı olacağı fikrini gelişmesini sağlamıştır (Ueng ve Cheng 2001).

Rankumar ve ark. Hammaddenin iplik sürtünme özellikleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla friksiyon eğirme teknolojisiyle üretilen farklı hammaddeler ve farklı karışımlardan oluşan (Kevlar, PES, PP, PA6) ipliklerin sürtünme katsayılarını belirlemişler ve yapılan çalışma sonucunda bütün gerginlik değerleri için en düşük

sürtünme katsayısının PP ipliklerinde olduğunu belirtmişlerdir (Rankumar ve ark. 2003).

Cheng ve ark. açık-uç friksiyon iplik eğirme tekniği ile çalışan DREF III eğirme makinasında eğirdikleri paslanmaz çelik, kevlar, alev dayanımı yüksek rayon ve bakır içeren iplikler hazırlamış ve bu iplikleri kullanarak dokuma kumaş numuneleri hazırlamışlardır. 300 kHz-3 GHz frekans aralığında kumaşların EMSE değerleri ölçülmüştür. Sonuç olarak iplik içinde iletken bileşen olarak paslanmaz çelik oranının %40'dan fazla olması durumunda; paslanmaz çelik tel ve alev dayanıklı rayon lifi ile hazırlanan numunelerde 1800 MHz-2450 MHz frekans aralığında daha yüksek EMSE değeri elde edildiği gösterilmiştir. Paslanmaz çelik /kesikli lif veya bakır tel/paslanmaz çelik/kesikli lif içeren kumaşların ev elektroniği eşyalarında kalkanlama (EMSE>40 dB) için teknik olarak uygun olabileceği belirtilmiştir (Cheng ve ark. 2003).

Lou C. W. ve ark., çalışmalarında iki veya daha fazla türdeki lifler eğrilmek üzere birleştirilmiş ve kumaş olarak dokunmuşlardır. Düzenli iplik çok iyi performans özellik göstermiştir. Çok yönlü, geri dönüşümlü ve pratiktir. Melez paslanmaz çelik/polipropilen düzenli ipliğinden dokulu kumaşın ana karakteristiği elektriksel olmasıdır. Düzenli ipliğin üç türü üretildi ve üç adet fonksiyonel kumaşa atkı ipliği olarak kullanıldı. Fonksiyonel kumaşlar çapraz tabakalar halinde konuldu. Metalik lifin ağırlık yüzdesi % 3.54 ile % 4.71 arasındaydı ve kaplama efektifliği 20-40 dB arasındaydı. Bu durum düzenli ipliklerden oluşan kompozitlerin, elektromagnetik kaplama materyalleri olarak kullanılabilceğini gösterdi (Lou ve ark.2004).

Lou C. W., çalışmasında modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde elastan yerine bakır ve paslanmaz çelik tel kullanmıştır. Lou, merkezde kullanılan metal tipinin, besleme pozisyonunun, fitil tipinin, büküm seviyesinin ve üretilen iplik numarasının üretilen corespun ipliklerin tüylülük ve mukavemet özelliklerini ne şekilde etkilediğini incelemiştir. İletken kompozit corespun iplik; anti-elektrostatik ve elektromanyetik radyasyona karşı kalkanlama özelliğine sahip örme ve dokuma kumaşların üretiminde kullanılabilirliğini belirtmiştir (Lou 2005).

Svetnickené ve Čiukas, koruyucu giysi yapımında kullanılan örme kumaşlardaki teknik (SVM, Fenilon, Nomex) ve klasik (PA6, PAN, Pamuk) ipliklerin sürtünme

davranışlarını incelemişlerdir. En yüksek sürtünme katsayısı değeri pamuk ve PA6 ipliklerinde, en düşük sürtünme katsayısı değeri Nomex ve PAN ipliklerinde gözlenmiştir. Ayrıca teknik ipliklerden SVM ve fenilonun daha yüksek sürtünme, nomexin ise daha düşük sürtünmeye sahip olduğu belirlenmiştir (Svetnickené ve Čiukas 2006).

Jiayang, C. ve Xinwei, Z., çalışmalarında paslanmaz çelik lifte ve kumaşında direnç ve sıcaklık arasındaki ilişkiyi incelenmiştir. Paslanmaz çelik lifin direncinin sıcaklıkla pozitif lineer bir ilişkisi olduğu tespit edilmiştir ancak paslanmaz çelik kumaşın negatif bir ilişkisi olduğu gözlenmiştir. Tekstil yapısı, ısının hissedilmesinde ısı duyarlılığını artırmak için faydalıdır. Sıcaklık değişimi boyunca iplikler arası kontak resistansının değişimi kumaşta sıcaklık hissedilmesinin ana mekanizmasını oluşturduğu görülmektedir (Jiayang Xinwei 2006).

Xiaoming, T., Jianyong, Y., çalışmalarında iki örme yapı dizayn edip test etmişlerdir. Paslanmaz çelik lif kumaşının rezistansının belirli bir bölgede germe ile arasında lineer bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kumaş yapısındaki herhangi bir değişiklik germe sensörünün duyarlılığı ve lineer bölgedeki değişimlere neden olabilir. Kumaşın germe karşısındaki duyarlılığı mekanizmasının temelini germe süresince iplikler arasındaki kontak rezistansının değişimi oluşturmaktadır sonucu çıkmıştır (Xiaoming ve Jianyong 2006).

Richardson, A.E., çalışmasında darbe kontrolünde A142 paslanmaz çelikten yapılmış kumaş ya da dayanıklılığı yüksek karışık yapısal polipropilen liflerden oluşmuş yapının kullanılmasını incelemiştir. A142 paslanmaz çelik kumaş, direkt olarak karşılaştırıldığında dayanıklılık ve direnç açısından güçlendirilmiş yapısal polipropilen liflerine göre çok daha iyi bir direnç göstermiştir. I20 aşıldığında ve sapma ve darbe eni çok fazla olduğunda güçlendirilmiş polipropilen liflerinin paslanmaz çeliğe göre bir avantajının olduğu söylenebilir. Genişleme ya da büzelmede karşılaşılan kuvvetler küçük ise lifler arasındaki küçük uzaklıklar stresi dağıtırken ve darbeleri minimize ederken güçlendirilmiş A142 kumaşına göre polipropilen liflerinin daha iyi olduğu söylenebilir (Richardson 2006).

Chen ve ark., ürettikleri kumaşta kullanılan iplikler dış sarmal PP filament iç çekirdek paslanmaz çelik ve bakır tel kullanmışlardır. Kumaşlar elektronik dokuma tezgahında üretilmiştir. Farklı kalınlık ve açılarda 4-6 kat kumaş katmanı lamine edilmiştir. Bununla farklı katmanlarda kalkanlama etkinliğini incelenmişlerdir. Dokuma kumaş için (PA6/SW/CW/PO) RTCYs ve PP filament seçildi. Paslanmaz çelik ve bakır tel, rotor twister conductive yarns (RTCY) iplikte kullanıldığı zaman iletkenlik, geçirgenlik, iplik ve kumaşın sağlamlığı artmaktadır. Buna ek olarak, paslanmaz çelik ve bakır telin ucuz olması ve yüksek kalkanlama etkinliğine sahip olduğundan bunlar seçilmiştir. 30 MHZ ve 1,5 GHZ frekans aralığında kumaş yapısı ve dolgu miktarına dayanılarak ve dokuma kumaş yapısını 2/2 dimi seçerek bu kumaşın EMSE değerleri incelenmiştir. En iyi sonuçların 6 katlı olan kumaşlardan elde edildiğini belirlemişlerdir. Bu göstermiştir ki, katman sayısının artması kalkanlamanın artmasına yardımcı olmuştur (Chen ve ark. 2007).

Lou, C.W. ve Liu, H.H., çalışmalarında melez şapnel/metalik-kor spun iplikten yapılan örme kumaşın prosesi ve anti-elektrostatik özelliklerini incelemiştir. Metal telin, diğer tüm iletken lifler içerisinde mükemmel ve sürekli bir iletkenlik özelliği vardır. Ayrıca metal tel çevresel nemden etkilenmez. Eğer metal tel direkt olarak insan tenine değerse bu durum insanı rahatsız eder. Bu çalışma bu olumsuz durumu iyileştirmek için yapılmıştır. Metal ya da bakır ipliği kor iplik olarak kullanılıp genel şapnel fitil şeridi ile eğrilmişlerdir. Böylece metal tel merkezde kalmıştır. Kompleks metal cor iplik, double-jersey örme kumaşta kullanılmıştır. Bu kumaşlarda iyi bir anti-elektrostatik ve giyilebilme özellikleri yakalanmıştır. Bu çalışmada değişik tür kumaşların, mukavemeti, yüzeyi, hacim direnci, elektrostatik yarı-ömrü ve elektromagnetik kaplama etkililiği ölçülmüştür (Lou ve Liu 2007).

Ersoy ve Önder, yaptıkları çalışmada bakır ve paslanmaz çelik tel kullanarak özlü iplik elde etmiştir. Bu ipliklerden elde ettiği dokuma ve örme kumaşlarda sıklığın EMSE üzerinde olumlu etkisinin olduğunu bulmuştur (Ersoy ve Önder 2008).

Ghosh ve ark. ise, friksiyon, rotor, ring ve hava jetli iplik eğirme teknolojisiyle üretilen ipliklerde eğirme teknolojisinin, iplik sürtünme yüzeyinin (iplik-iplik ve iplik-metal) sürtünme ölçüm yönteminin, giriş gerginliğinin ve geçiş hızının sürtünme özelliklerine

etkisini incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre eğirme teknolojileri açısından değerlendirildiğinde kaba iplik yüzeyi daha yüksek iplik-iplik ve daha düşük iplik-metal sürtünmesine neden olmaktadır. Araştırmacılar tarafından, iplik geçiş hızı arttıkça iplik-metal sürtünmesinin arttığı, giriş gerginliği arttıkça iplik-iplik ve iplik-metal sürtünmesi için sürtünme kuvvetinin arttığı ve gerilme oranının (T/T) düştüğü ifade edilmektedir (Ghosh ve ark. 2008).

Can, yazmış olduğu yüksek lisans tezinde bakır filament takviyeli çekirdek ipliklerden üretilmiş kumaşların mekanik ve elektromanyetik özelliklerini incelemiştir. Çalışmasında Ne 8, Ne 12, Ne 15, Ne 15 olmak üzere dört farklı numarada %100 pamuk iplikler üretmiştir. Çekirdek ipliklerin üretiminde ise, 60 μ bakır filament çekirdek olarak kullanmıştır. Bu ipliklerin üretilmesinde 6 iğli SUESSEN marka laboratuvar tipi iplik makinesi (5500 d/dk) kullanmıştır. Üretilen ipliklerden 4 PUS çapında, inceliği E14 olan Komet marka çorap örme makinesi kullanılarak örme kumaş elde etmiştir. Yaptığı çalışmada elde ettiği sonuçları mekanik ve elektromanyetik sonuçlar olarak iki kadedoride incelemiştir. Mekanik test sonuçlarında, ipliklerin mukavemet ve uzama değerlerinde %100 pamuk ipliklerinin daha yüksek olduğunu, ipliklerin büküm değerlerinde çekirdek ipliklerin daha yüksek değere sahip olduğunu, çekirdek ipliklerin tüylülüklerinin daha yüksek olduğunu, çekirdek ipliklerden üretilmiş kumaşların boncuklanmasının kötü olduğunu ve kumaş aşındırma testlerinde ise çekirdek ipliklerden üretilmiş kumaşların daha iyi bir değere sahip olduğunu ve kumaş patlama testlerinde de çekirdek ipliklerden üretilmiş kumaşların daha iyi performans gösterdiğini tespit etmiştir.

Üretilen kumaşların elektromanyetik özellikleri MIL-STB-285 standardına göre tespit edilmiş, kumaşların EMSE değeri iplik kalınlığı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir (Can 2008).

Lou, C.W., çalışmasında metal tel (metal iplik) içeren kompleks core-spun ipliğinin prosesini incelemiştir. Kor olarak metal tel kullanılmıştır. Bu iplik ring iplik eğirme sistemi ile elde edilmiştir. Kor olarak; bakır ya da paslanmaz çelik tel kullanılmıştır ve korun etrafı rayon veya polyester/rayon ile çevrilmiştir. Eğirme prosesi süresince metal iplik ön silindirler ile rayon veya polyester/rayon arka silindirler beslendi. İplik üretimi

esnasında metal tel, eğirme ön silindirlerinin girişinde yapıya dahil edilmiş ve silindirlerin çıkışında merkezde bakır ya da paslanmaz çelik tel etrafı rayon veya polyester/rayon ile çevrili kor iplik elde edilmiştir. Kor iplik eldesinde kor olarak kullanılan materyal, kor ipliğinin etrafındaki fitil şeridi, büküm seviyesi, iplik numarası gibi parametreler değiştirilerek bu parametrelerin kor iplik mukavemetine ve kor iplikte oluşan tüylülüğe etkisi incelenmiştir. Metal iplik eğilme stabilitesini artırmak için kullanılan kılavuz mekanizması ile çekim ön silindirleri arasındaki açılar (çekim silindiri üzerindeyken, 50^0 , 60^0 , 70^0) değiştirilerek kopma mukavemetinin en fazla olduğu açı tespit edilmeye çalışılmıştır. Burada kılavuz mekanizması ön çekim silindirlerinin üzerindeyken kopma mukavemeti en yüksek değerde elde edilmiştir (Lou 2005).

Ramachandran ve Vigneswaran, yine Dref III friksiyon makinesinde merkezde bakır, örtü lifi olarak da pamuk kesik elyafının kullanıldığı özlü iletken iplikler üretmişler ve bu ipliklerin özgül gerilme, kopma uzama ve elektriksel özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan testlerde, yüksek miktarda metal varlığında ipliğin özgül gerilme ve kopma uzama değerlerinin arttığı gözlenmiştir (Ramachandran 2009).

Balcı ve Sülar, iplik sürtünmesi konusunda yapılan çalışmaları incelemişler, iplik- iplik ve iplik- materyal sürtünmesini ölçmekte kullanılan yöntemler hakkında bilgiler vermişlerdir (Balcı ve Sülar 2009).

Kadoğlu ve Altaş, yaptıkları çalışmada karde ve penye pamuktan üretilen ring ipliklerinin sürtünme özellikleri ile bu ipliklerin fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmişlerdir. Bu amaçla, üç farklı numara ve büküm katsayısında üretilen ring ipliklerinin iplik- iplik, iplik- metal sürtünme katsayı değerleri, çap, düzgünlük, ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük özellikleri test edilmiştir. İpliklerin sürtünme özellikleri ile diğer fiziksel özellikleri arasındaki ilişki korelasyon analizleri ile değerlendirilmiştir. İpliklerin numaraları arttıkça iplik-metal sürtünme katsayıları artmakta ve sadece karde ipliklerde artan numara ile iplik-iplik sürtünme katsayı değerleri düşmektedir. İplik çap değerlerindeki artış, iplik metal sürtünme katsayısını düşürürken, iplik-iplik sürtünme katsayısı üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. İplikteki büküm miktarının iplik- iplik ve iplik-metal sürtünme katsayı değerleri üzerinde her hangi bir etkisi

bulunmamaktadır. İplikteki düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps artışı iplik-iplik sürtünme katsayısını düşürürken, iplik-metal sürtünme katsayısını arttırmaktadır. Tüylülük miktarındaki artış iplik-metal sürtünme katsayısını düşürmektedir. Diğer taraftan tüylülük miktarı ile iplik-iplik sürtünme katsayısı arasındaki ilişkinin önemli olmadığını ifade etmişlerdir (Kadoğlu ve Altaş 2009).

Palamutçu ve ark., yaptıkları 107M454 nolu Tübitak projesinde özel olarak tasarlanmış olan Elektro Manyetik Ekranlama Etkinliği (EMSE) ölçüm düzeneği tanıtılmış ve bu düzeneğin güvenilirliği için çalışma kapsamında üretilmiş olan iletken tekstil yüzeylerinde yapılan EMSE ölçümlerinin sonuçları tartışılmıştır. İletken iplikler ince bakır tel, gümüş-pamuk karışım iplikler ve %100 pamuk iplik kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan iplikler süprem örme ve bez ayağı dokuma yüzeylerin hazırlanmasında kullanılmıştır. Ölçümlerde farklı iletken iplikler; bakır içerikleri, kumaş yapısal özellikleri, tek-çift kat kumaş kullanımı ve referans sinyal gücü (dBm) değişimleri, frekans değişimlerine bağlı olarak birbiri ile karşılaştırılmıştır. Ölçümler sonucunda kumaş yapısal özelliklerinin, (örme, dokuma) ipliklerdeki bakır tel kalınlığının, numune kat sayısının ve referans sinyal büyüklüğünün etkin parametreler olduğu belirlenmiştir. İnce bakır tel kullanılarak üretilen ipliklerden elde edilen kumaşların kalın bakır tel kullanılarak yapılan ipliklerle elde edilen yüzeylere göre daha yüksek EMSE değeri sergilemektedirler. Benzer olarak çift katlı kumaş yüzeylerdeki EMSE değeri tek kat yüzeylere göre daha yüksek değeri daha yüksektir. Farklı referans değerindeki sinyallerde numune kumaşların EMSE değerlerinin farklı olduğu, sinyal gücünün EMSE üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Palamutçu ve arkadaşları deneylerinde 8 farklı numune kumaş kullanmışlardır. Hedeflenen GSM frekans aralığı 900 ve 1800 MHz için dokuma kumaşta en yüksek EMSE 22 dB ve örme kumaşta ise 19 dB olduğunu yaptıkları ölçümlerle belirtmişlerdir. Tüm kumaşlarda ortalama 10 dB EMSE olduğunu bununda %69 bir kalkanlama sağladığını belirtmişlerdir (Palamutçu ve ark. 2010).

Göktepe, yaptığı 107M368 nolu Tübitak projesinde farklı tekniklerle ürettikleri örme kumaşlarda Ne 20/2 pamuk ve 0,15 bakır tel kullanmıştır. Ayrıca farklı laminasyon açıları ile oluşturdukları kompozit malzemede ise Aramid/PP/0,15 bakır tel karışımları

kullanmışlardır. Çalışma sonucunda kumaşlarda ortalama 10 dB, kompozit malzemede ise 10-50 db EMSE elde etmiştir (Göktepe 2010).

Kadoğlu, 107M225 nolu Tübitak projesinde özde bakır tel dışta pamuk ipliği (Ne 13) ve %100 pamuk ipliği kullanarak ring iplik makinesinde özlü iplik üretmişlerdir. Bu ipliklerle de iki farklı atkı sıklığında iletken dokuma kumaş üretmişlerdir. Frekansa bağlı olarak 7-42 dB EMSE elde etmişlerdir(Kadoğlu 2010). Yine 2010 yılında Jarvis'in yaptığı tez çalışmasında HDPE ve CNF kullanarak Melt-mixing prosesi ile Ti ve TiN kaplama yaparak kompozit malzeme üretmiştir. Çalışma sonucunda yaptığı ölçümlerle 20 dB kalkanlama elde ettiğini belirtmiştir (Jarvis 2010).

Huang ve ark., Rotor büküm makinesinde PES ipliğini paslanmaz çelik ve bakır tel katarak rotor ipliği elde etmişlerdir. Daha sonra bu ipliklerden örme kumaş ve bu örme kumaşlardan da laminasyon ile örme kumaş kompozitleri üretmişlerdir. Laminasyonda farklı açılarda birleştirmeler yapmışlardır. Yaptıkları ölçümlerde frekansın, laminasyon açılarının ve iletken malzeme miktarının EMSE üzerinde etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak SS/PES kumaşların 1.11.4 GHz frekans aralığında Cu/PES kumaşlarından 3,8 db daha iyi olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca 0.36- 1,1 GHz frekans aralığında ise Cu/PES kumaşların SS/PES kumaşlardan 10 dB daha iyi kalkanlama gösterdiğini belirtmişlerdir. SS/Cu/PES kumaşların EMSE değerlerinin ise SS/PES ve Cu/PES kumaşlara göre 10 dB daha fazla olduğunu raporlamışlardır (Huang ve ark. 2012).

Örtlek ve ark., yayımladıkları çalışmada, bu sefer Siro-Spun tekniği kullanarak pamuk ile paslanmaz çelik tel karışımı iplik üretmişlerdir. Bu ipliklerden farklı yapılarda örme kumaş elde ederek kumaş yapısı ve frekansın EMSE üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak kumaşların 10-50 dB arasında kalkanlama etkisi gösterdiğini makalelerinde sunmuşlardır (Örtlek ve ark. 2012).

Rajendrakumar ve Thilagavathi, çalışmalarında farklı bir tarz olarak gümüş kaplanmış bakır tel kullanmışlardır. %30-40 oranında pamuk içine karıştırdıkları Cu/Co karışım ipliğini Ring makinesinde Core-Spun tekniği ile elde etmişlerdir. Bu iplikleri kullanarak laboratuvar tipi örme makinesiyle iletken örme kumaş üreterek kumaşların EMSE değerlerini tespit etmişlerdir. 30-250 MHz frekans aralığında 40 dB gibi etkin bir kalkanlama elde etmişlerdir (Rajendrakumar ve Thilagavathi 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal ve Kullanılan Makine

3.1.1. Materyal

Metal tel içerikli kompozit ipliklerdeki performans özelliklerinin metal-iplik kombinasyonlarına göre değişimini incelemek amacıyla yapılan bu deneysel çalışmada yedi farklı tekstil lifi ve iki farklı kalınlıkta kullanılan paslanmaz çelik tel ile kompozit iplikler elde edilmiştir.

Metal tel içerikli kompozit ipliklerin üretiminde kullanılan kaplama iplikleri ile ilgili özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Üretilen kompozit ipliklerde kaplama materyali olarak kullanılan tekstil iplikleri ve özellikleri

NO	KAPLAMA LİF TİPİ	KAPLAMA İPLİK TİPİ	NUMARA (dtex)
1	Polipropilen	Kontinü Filament	330
2	Pamuk	Kesikli	310
3	Polyester/Pamuk	Core-Spun	346
4	Polyester	Kontinü Filament	295
5	Poliamid 6,6	Kontinü Filament	312
6	Polyester/Polyester	Core-Spun	305
7	Polyester	Kesik Elyaf	320

Bu iplikler yani polipropilen, pamuk, polyester/pamuk core-spun, kontinü filament polyester, kontinü filament poliamid 6.6, polyester/polyester core-spun ve kesikli polyester iplikler S&Z (MX) Covering makinesinde kaplama (covering) yöntemine göre, (50 μ) 0,05 mm ve (100 μ) 0,10 mm çaplı 316 L paslanmaz çelik tel (Şekil 3.1) üzerine 2 kat olmak üzere çapraz kaplanarak metal tel içerikli kompozit iplikler oluşturuldu.

Kaplama ipliği olarak kullanılan iplikler COATS (Türkiye) İplik Sanayi A.Ş. firmasında sektörün kullanmış olduğu ipliklerden seçilmiştir. Ayrıca kullanılan kaplama iplikleri

dikiş ipliği amacıyla üretilen ipliklerdir. Bu nedenle ipliklerin daha sonraki işlemlerde maruz kalacağı işlemlerde daha iyi sürtünme dayanımı göstermesi için iplik bitim işlemlerinde ipliğin mukavemetini ve sürtünme dayanımını artıran yağlama işlemleri uygulanmıştır.



Şekil 3.1. Değişik kalınlıkta 316 L paslanmaz çelik tel örnekleri (<https://www.alibaba.com>, 2014)

Bu çalışma kapsamında üretilen metal tel içerikli kompozit iplikler kaplama (covering) yöntemiyle üretilmiştir. Üretilen kompozit iplikler merkezde çelik tel ve etrafında birinci katmanda 300 T/m S ve ikinci katmanda 300 T/m Z sarımla sarılan tekstil iplikleri olmak üzere üç ana bileşenin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Ayrıca bu deneysel çalışmada araştırma materyali, iplik numaraları, ham maddeleri ve kullanılan metal lif çapına göre farklılık gösteren on dört adet metal merkezli, çapraz bükümlü kaplı iplik numunelerinden oluşmaktadır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Metal tel içerikli kompozit iplik numune bilgileri

METAL TEL İÇERİKLİ KOMPOZİT İPLİK NUMUNELERİ			
NO	DIŞ KAPLAMA İPLİK	İÇ MATERYAL	İPLİK NO Dtex
1	330 dtex Kontinü Filament PP x2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	900
2	330 dtex Kontinü Filament PP x2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1402
3	310 dtex Pamuk x 2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	824
4	310 dtex Pamuk x 2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1310
5	346 dtex PES/pamuk Core-Spun x 2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	943
6	346 dtex PES/pamuk Core-Spun x 2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1461
7	295 dtex Kontinü Filament PES x 2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	802
8	295 dtex Kontinü Filament PES x 2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1292
9	312 dtex Kontinü Filament PA 6.6 x 2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	837
10	312 dtex Kontinü Filament PA 6.6 x 2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1340
11	305 dtex PES/PES Core-Spun x 2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	812
12	305 dtex PES/PES Core-Spun x 2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1305
13	320 dtex Kesik Elyaf PES x 2	0,05 mm (50 µ) SS Çelik tel	868
14	320 dtex Kesik Elyaf PES x 2	0,10 mm (100 µ) SS Çelik tel	1369

3.1.2. Kullanılan Makine

Bu çalışmada kullanılan iplikler, COATS (Türkiye) İplik Sanayi A.Ş. firmasında bulunan Sapru Machines Pvt. Ltd. firmasının üretmiş olduğu S&Z (MX) Covering makinasında oyuk iğ kaplama (hollow spindle covering) metodu baz alınarak üretilmiştir (Şekil 3.2). Çalışma sırasında makine hızı 2,5 m/dk seçilmiştir.



Şekil 3.2. S&Z (MX) Covering makinası

Çizelge 3.3'te de görüldüğü üzere S&Z (MX) Covering makinesinin teknik özellikleri ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.3. S&Z (MX) Covering makinası teknik özellikleri
(http://www.saprumachines.com/sz_covering.html, 2015)

Teknik Özellikler						
Uzunluk MM	Motor HP	140 MM	160 MM	185 MM	Uzunluk MM	170 MM
		Tüp İğ	Tüp İğ	Tüp İğ		Tüp İğ
14175	6.0 X 1	288	256	224	14850	256
15750	7.5 X 1	324	288	252	16500	288
17325	7.5 X 1	360	320	280	18150	320
18900	10.0 X 1	396	352	308	19800	352
20475	10.0 X 1	432	384	336	21450	384
22050	12.5 X 1	468	416	364	23100	416
23625	12.5 X 1	504	448	392	24750	448
Mil No / Bölüm		36	32	28		32
Mekanik Dönüş Hızı		15000 RPM				
Makine Yapısı		Her İki Taraflı				
TPI Aralığı		5.0 - 80				
Büküm Aralığı		2000 - 3000				
Mil Aralığı (mm)		168	188	214		200
Mil İğ Dibi Çapı (mm)		15.5				
Büküm Yönü		S & Z				
Mil Sürücü		Teğet Kayış ile Dikey Motor (Fren/Pense)				
Maksimum Take-Up		60 MTR/MIN				
Başlangıç Sistemi		Başlatıcı ile Yavaş Başlangıç				
İplik Besleme Sistemi		Disk Tansiyonu				
Besleme Paketi		Hylam Bobbin 101 X 72MM / 126 X 85MM				
Besleme Paketi Ağırlığı		250 / 500 GM				
Take-Up Paketi (Tüp)		140 MM	160 MM	185 MM		170 MM
Take-Up Paket Ağırlığı		1.1 Kg	1.4 Kg	1.9 Kg		1.5 Kg
Opsiyon		İnvertörlü Elektrik Paneli				

Çalışma Prensipleri:

Bileşenleri, üretim sistemi türü ve parametrelere bağlı olarak kaplama ipliğinin yapısında birçok farklılıklar vardır. Kaplama iplik üretim yöntemleri arasında, içi boş iğ tekniği iyi bilinen bir yöntemdir. Bu kaplama metodunun aslı da buna dayanmaktadır.

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi tipik bir kaplama ipliği, çekirdek (öz) iplik üzerine iki kaplama ipliğinin sarılmasıyla oluşmaktadır.

Kaplama iplikleri çift kaplama makinesinin iki içi boş iğler üzerine monte edilir. Çekirdek (öz) iplik bu içi boş iğlerin içinden geçer. Sarma işleminin başlangıç

aşamasında, bir çekirdek iplik ve bir kaplama iplik ile yarı mamül bir ürün oluşur. Son olarak; bu yarı mamül ürün de ikinci kaplama iplik ile sarılır. Bu durumda, her bir kaplama spiral hat şekline sahiptir. Birinci ipliği S yönünde sararken, ikinci kaolama ipliği ise Z yönünde sarılmaktadır. Çekirdek ipliği ise, sarım sırasında neredeyse hiç büküme sahip değildir. Sarmadan önce genellikle iç kısım (çekirdek, öz) gerilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. S&Z (MX) Covering Makinesinin Sarım Prensibi

3.2. Yöntem

3.2.1. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

Yapılan bu çalışmada deney parametreleri olarak; metal tel kalınlığı, kaplama iplik türü ve kaplama ipliğın üretim çeşidi (kesikli, kontinü, core-spun) seçilmiştir. Bu parametrelerin, birbirlerine yakın numaralarda elde edilen metal tel içerikli kompozit ipliklerin aşınma dayanımı, sürtünme katsayısı, mukavemet ve rijitlik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Deneyisel çalışmada öz (core) iplik olarak paslanmaz çelik tel, kaplama iplik olarak yedi farklı iplik kullanılmıştır.

Bu çalışmada yedi farklı lif tipine sahip kaplama ipliği ve iki farklı kalınlıkta paslanmaz çelik tel olmak üzere on dört farklı kompozit iplik numunesi üretilmiştir.

Farklı metal tel kalınlığının elde edilen iplik özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla (50 μ) 0,05 mm (100 μ) 0,10 mm'lik 316 L paslanmaz çelik tel olmak üzere farklı lif içerikli kaplama ipliği olarak polipropilen, pamuk, kontinü filament polyester, kontinü filament poliamit 6.6, kesik elyaf polyester, polyester/pamuk core-spun ve polyester/polyester core-spun iplikler seçilmiştir.

Deney sonuçlarının karşılaştırılmasında yukarıdaki parametrelerin etkisini daha iyi değerlendirebilmek amacıyla son iplik numaralarının yakın olması gerekmektedir. Bu nedenle kaplama iplikleri için yakın kalınlıktaki (numara) yedi farklı türde iplik seçilmiştir.

Kompozit ipliklerin elde edilmesi sırasında yapılan parametre değişiklikleri haricinde diğer tüm koşullar sabit tutulmuştur.

3.2.2. Üretilen Kompozit İpliklerin Kodlanması

Yapısal parametrelere göre kompozit ipliklerin kodlanması;

c_{ab} : (a) metal tel çapı (b) kaplama iplik tipi

a için: 1 = 50 μ m 316 L paslanmaz çelik tel
2 = 100 μ m 316 L paslanmaz çelik tel

b için: 1 = kontinü filament polipropilen, 330x2 dtex
2 = pamuk, 310x2 dtex
3 = polyester/pamuk core-spun, 346x2 dtex
4 = kontinü filament polyester, 295x2 dtex
5 = kontinü filament poliamit 6.6, 312x2 dtex
6 = polyester/polyester core-spun, 305x2 dtex
7 = kesik elyaf polyester, 320x2 dtex

Örneğin, C₂₅, şu anlamına gelmektedir; kompozit iplik, 100 μ m çapa sahip olan 316 L tipi paslanmaz metal tel çekirdeğini iki 312 dtex sürekli filamentli poliamit 6,6 kaplama

iplikleri ile kaplanmasıyla (covering) üretilir.

Deneysel plana göre üretilen on dört farklı kompozit iplik kodları Tablo 3.3'te listelenmiştir.

Çizelge 3.4. Üretilen kompozit ipliklerin kodları

KOMPOZİT İPLİK KODLARI		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası (dtex)	Kontinü filament polipropilen, 330x2	C 1,1	C 2,1
	Pamuk, 310x2	C 1,2	C 2,2
	Polyester/pamuk core-spun, 346x2	C 1,3	C 2,3
	Kontinü filament polyester, 295x2	C 1,4	C 2,4
	Kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	C 1,5	C 2,5
	Polyester / polyester core-spun, 305x2	C 1,6	C 2,6
	Kesik elyaf polyester, 320x2	C 1,7	C 2,7

3.2.3. İplik Özelliklerinin Ölçümünde Kullanılan Deney Yöntemleri

Yapılan deneysel çalışmada faktör kombinasyonları ile elde edilen her bir farklı iplik için birer kops üretilmiş, bu ipliklere ait özelliklerin ölçümleri yapılmıştır.

Ölçüm işlemlerinden önce, ipliklerin standart klima koşullarında (20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 2 rutubet) 24 saat bekletilerek kondisyone olmaları sağlanmıştır.

3.2.3.1. İplik Kopma Kuvveti ve Kopma Uzaması Tayini

İplik numunelerinin kopma mukavemeti ölçümleri COATS (Türkiye) İplik Sanayi A.Ş. Bursa fabrikasının laboratuvarında yapılmıştır. Ölçümler Textechno Statimat 4 kopma mukavemeti ölçüm cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.4). Numune ipliklerin kopma mukavemeti ölçümleri TS EN ISO 2062 “Tekstil - Paketlerden alınan iplikler - Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini” standardına göre gerçekleştirilmiştir. Çeneler arası mesafe 500 mm olarak ayarlanmıştır. Çene ayrılama hızı 500 mm/dk'dır. 5kN'luk loadcell kullanılarak

hızı test edilmiştir. Her numuneden 5'er ölçüm yapılarak kopma mukavemeti değerleri elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Textechno Statimat 4 kopma mukavemeti ölçüm cihazı (COATS Türkiye İplik Sanayi A.Ş.)

3.2.3.2. İplik-Metal Sürtünme Katsayısı Tayini

İpliğin tekstil üretimi sırasında iki önemli sürtünmeye maruz kalır. Bunlardan ilki, iplik-iplik diğeri ise, iplik-metal sürtünmesidir. İplik-iplik sürtünmesi; ipliğin bobine sarılması, bobinden sağılması, çözgü çekme, atkı atımı, örme ve dikiş işlemleri sırasında gerçekleşir (Wu, 2000). İplik metal sürtünmesi; örme ve dokuma işlemleri sırasında ipliğin metal elamanlarına sürtünmesi sırasında gerçekleşir. Bu iki sürtünme sırasında

iplikte uçuntular oluşur. Uçuntu sırasında iplikte lif kaybı yaşanır ve bunun sonucunda iplikte kopuş sayısı artış gösterir. Kopuş sayısının artması, hem üretilen ürünün kalitesini, hem üretim hızını ve verimi düşürerek maliyetlerin artmasına neden olur (Koo, 2002). Sürtünme katsayısı; statik (durgun) durumdan harekete başlamış bir cisme karşın madde temas yüzeyinin maddeye uyguladığı kuvvete sebep olan katsayıdır.

İplik-iplik sürtünme katsayı değeri ipliklerin dokuma hazırlık ve dokuma işlemlerindeki performansını göstermektedir. Dokuma kumaşta atkı ve çözgü iplikleri arasındaki sürtünme miktarı, kumaşların yırtılma dayanımı önemli derecede etkilemektedir (Liu 2006). İplik-metal sürtünme katsayı değeri ise iplik ile metal yüzey arasındaki sürtünme miktarını vermekte olup, bu değer ipliğin yüzey yapısı ve pürüzlülüğünü göstermektedir (Süpüren 2009). İplik-iplik ve iplik-metal sürtünme katsayıları iplik üretiminde kullanılan lifin cinsi, eğirme yöntemi (ring, rotor, dref v.b.), iplik numarası ve bükümü gibi temel özelliklerden etkilenmektedir (Chattopadhyay 1996).

Bu çalışmada kapsamında üretilen metal içerikli kompozit iplik örneklerinin sürtünme katsayısı ölçümleri Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Fizik Test ve Analiz Laboratuvarı'nda bulunan Duranax-EFI İplik Sürtünme Katsayısı Ölçüm Cihazı ile TS 7475 "Katı Malzeme İplik Sürtünme Katsayısının Belirlenmesi" standardına göre yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.5. Duranax-EFI iplik sürtünme cihazı

Cihaz bilgisayarından alınan ortalama çıkış gerilimi değeriyle sürtünme katsayısı, iplik-metal sürtünme katsayısı formülü ile hesaplanmıştır.

$$e^{\mu\theta} = \frac{T_2}{T_1} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\theta} \quad (2)$$

Burada:

- μ = sürtünme katsayısı,
- T_1 = ortalama giriş gerilimi, mN veya gf,
- T_2 = ortalama çıkış gerilimi, mN or gf,
- θ = kümülatif sarma açısı, radyan.

Yukarıda ifade edilen Coulomb kanunundan türetilen Eytelwein kanunu; bir silindirik kılavuz üzerinde kayan ipliklerin sürtünmesini hesaplamak için kullanılan denklemdir. Sürtünme katsayısı Eşitlik (1) ve (2) denklemlerine göre hesaplanmıştır. Test hızı 100 m/dk, ortalama giriş gerilimi, T_1 100 mN ve sarma açısı 3.14 radyan (180°)'dır. Testler

30 saniye seçilmiş bir temas süresi ile her bir iplik numunesi için üç kez tekrarlanmıştır (TS 7475 “Determination of Coefficient of Friction, Yarn to Solid Material”).

3.2.3.3. İplik Rijitlik (Stiffness, Gevreklik) Tayini

Bu çalışma kapsamında üretilen metal içerikli kompozit ipliklerin rijitlik testi Coats Technology Center’in kendilerinin geliştirdiği bir test metoduna göre yapılmıştır. Uluslararası bir standardı bulunmayan ve bir benzeri olmayan bu metotta Coats Technology Center’in kendi standardı mevcuttur.

Coats Technology Center’in Testometric M250-2.5CT Instron modeli üzerinde yaptığı modifiye ile stiffness testi geliştirmiştir. Tamamen kendi geliştirdikleri bir yöntem olan bu testte Instron cihazı kafalarına kendi tasarladıkları aparatları takarak test yapılmaktadır. Bu çalışmada da Coats İplik fabrikasında bulunan bu cihaz yardımıyla stiffness testi üretilen metal içerikli kompozit iplik numunelerine uygulanmıştır.

Çalışma Prensipleri; 3 cm’lik numuneler oluşturularak Şekil 3.5’te görüldüğü gibi Instron cihazının üst kafasındaki deliğe yerleştirilir. Instron cihazının üst kafası 12,5 mm/dk hızla yukarı doğru hareket eder. İplik numunesi alt kafada bulunan aparatın deliğinden geçerek eğilmeye başlar. Yukarı doğru çekilmeye karşı ipliğin verdiği direnç ipliğin rijitlik (stiffness, gevreklik) değeridir. Test sonucunda elde edilen değer arttıkça iplik daha sert/gevrek bir davranış gösteriyor demektir.



Şekil 3.6. Coats Technology Center stiffness testi (COATS Türkiye İplik Sanayi A.Ş.)



Şekil 3.7. Coats Technology Center stiffness testi çalışma prensibi (COATS Türkiye İplik Sanayi A.Ş.)

3.2.3.4. İpliklerde Aşınma Miktarı Tayini

Metal içerikli kompozit ipliklerde aşınma miktarının tayini için bir yöntem tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla James H. Heal & Co. Ltd. Crockmeter Sürtme Haslığı test cihazı (Şekil 3.8) kullanılmadan önce üzerinde modifikasyonlar yapılarak metal içerikli kompozit ipliklerde aşınma etkisi oluşturacak özelliklere sahip olması sağlanmıştır (Özdemir ve Çeven, 2004). Test cihazında kullanılmak üzere bir aparat hazırlama kısmı tasarlanmıştır. Buna göre 170 mm uzunluğunda ve 30 mm genişliğinde dikdörtgen bir mukavva hazırlanmıştır. Hazırlanan bu mukavva üzerine metal içerikli kompozit ipliklerin sarımı yapılmıştır. Toplam 8 tur metal içerikli kompozit iplik sarımı

gerçekleştirilmiştir. Metal içerikli kompozit iplik sarımı yapılmış olan mukavva cihazın kumaş yerleştirme bölümünün üzerindeki iğneler ile sabitlenmiştir. Bu şekilde 8 adet metal içerikli kompozit ipliğin sürtünme yüzeyi ile temas etmesi hedeflenmiştir. Metal içerikli kompozit iplik numunelerinde aşınma miktarının tespiti amacıyla Crockmeter cihazında 5x5 cm boyutlarındaki refakat kumaşı yerine yine 5x5 cm boyutlarında poliamit ve alüminyum oksitten imal edilmiş olan orta aşındırmaya sahip non-woven ovma pedi kullanılmıştır (Şekil 3.9). Aşındırıcı ped Crockmeter' in hareketli üst kısımdaki bölgeye sıkıştırma yayı ile sabitlenmiştir. Crockmeter sürtme haslığı test cihazı üzerinde yapılan bu değişiklikler sonrasında aşındırma testlerine başlamadan önce, aşınma miktarının belirlenmesinde uygun devir sayılarını tespit etmek için ön çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre kütle kaybı (mg) için 50 aşınma devir seviyesi belirlenmiştir. Buna göre saniyede 1 devir olacak şekilde ve toplam 50 devir için aşındırma pedinin yapacağı doğrusal hareket ile metal içerikli kompozit ipliklerde aşınma miktarı tayini yapılmıştır.



Şekil 3.8. James H. Heal & Co. Ltd. Crockmeter sürtme haslığı test cihazı (<https://www.james-heal.co.uk/en/crockmaster>, 2014)



Şekil 3.9. Aşındırma pedi görüntüsü

% kütle kaybı ortalama değerleri, test numunelerinin ilk ağırlığından son ağırlığının çıkarılması ile meydana gelen farkın ilk ağırlığa bölünmesi ile tespit edilmiştir. Her bir iplik tipi için 3 kez ölçüm yapılmıştır. Buna göre % kütle kaybı aşınan iplik kısımlarının aşınma miktarlarının objektif değerlendirilmesinin yapılabilmesi için ipliklere ait fotoğraflar çekilmiştir. Fotoğraflar Canon PowerShot SX150 IS marka fotoğraf makinesi ile 20X büyütmedeki mikroskop görüntüleri çekilerek görsel değerlendirme yapılmıştır.

3.2.4. Test Sonuçlarının İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Üretilen iplikler üzerinde yapılan testler ve ölçümler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde 2 faktörlü tamamen tesadüfi varyans analizi metodu kullanılmıştır. Varyans analizinin gerçekleştirilmesinde SPSS 23 istatistik programından faydalanılmıştır. Varyans analizi sonucu saptanan, verilere ait F-istatistik (F_s) değerleri; I.tip hata $\alpha = 0.05$ için bulunan F-tablo (F_t) değerleri ile karşılaştırılmış ve buna göre faktörlerin önem durumları belirlenmiştir. $F_s > F_t$ olduğu durumlarda yine SPSS 23 programı kullanılarak, faktör seviyeleri arasında SNK (Student –Newman-Keuls) testine başvurulmuştur.

Ölçüm sonuçlarına ait verilerin değerlendirilmesinde kullanılan 2 faktörlü tamamen tesadüfi varyans analizinin matematiksel modeli ve hipotezler şu şekildedir:

Matematiksel model:

$$Y_{ijkm} = \mu + C_i + M_j + (CM)_{ij} + e_{ijk}$$

- μ : Her iki faktörün bütün seviyeleri için ortak etki (ortalama)
 C_i : Kaplama iplik tipinin etkisi
 M_j : Metal tel kalınlığının etkisi
 $(CM)_{ij}$: Kaplama iplik tipi ve metal tel kalınlığı kesişiminin etkisi
 e_{ijk} :Gözlemde bulunan tesadüfi hata

Kullanılan H_0 hipotezleri:

- H_{01} : Kaplama iplik tipinin etkisi yoktur.
 H_{02} : Metal tel kalınlığının etkisi yoktur.
 H_{03} : Kaplama iplik tipi ve metal tel kalınlığı kesişiminin etkisi yoktur.

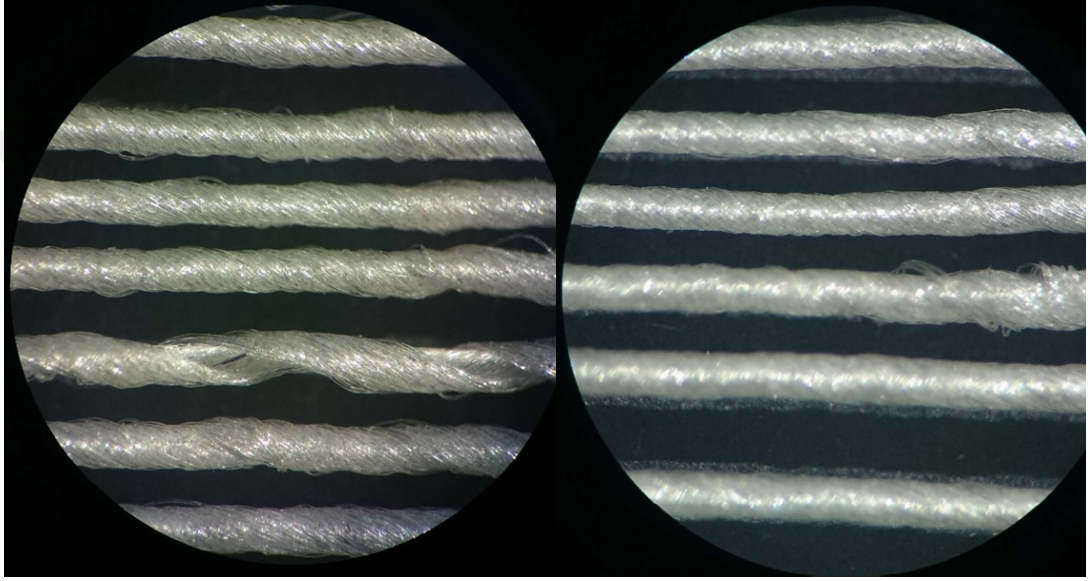
Kullanılan H_A hipotezleri:

- H_{A1} : Kaplama iplik tipinin etkisi vardır.
 H_{A2} : Metal tel kalınlığının etkisi vardır.
 H_{A3} : Kaplama iplik tipi ve metal tel kalınlığı kesişiminin etkisi vardır.

Varyans analizi sonucu $F_s < F_t$ olduğu durumlarda SPSS 23 programında sonuç ns olarak ifade edilir ve H_0 hipotezi kabul edilir. Eğer sonuç $F_s > F_t$ çıkıyorsa, SPSS 23 programında sonuç *** olarak ifade edilir ve H_0 hipotezi red edilip; H_A hipotezi kabul edilir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

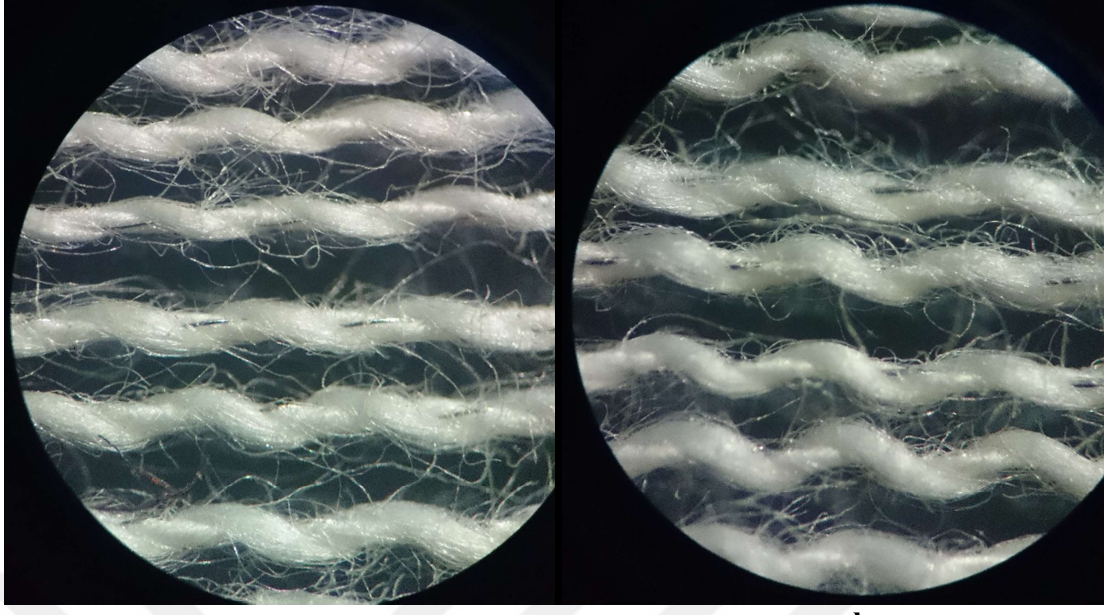
Bu bölümde çalışma kapsamında kaplama makinesinde üretilen metal tel içerikli kompozit ipliklerin lineer yoğunluk, kopma mukavemeti, kopma uzaması ve kopma işi sonuçları, iplik-metal sürtünme katsayısı, rijitlik ve aşınma dayanımı sonuçları yer almaktadır. 50 μ ve 100 μ çaplarında metal tel kullanılarak yedi farklı lif içerikli iplik ile kaplanması sonucu ondört farklı numune üretilmiştir. Şekil 4.1’de üretilen ipliklerin mikroskop altında çekilmiş fotoğrafları görülmektedir.



a

b

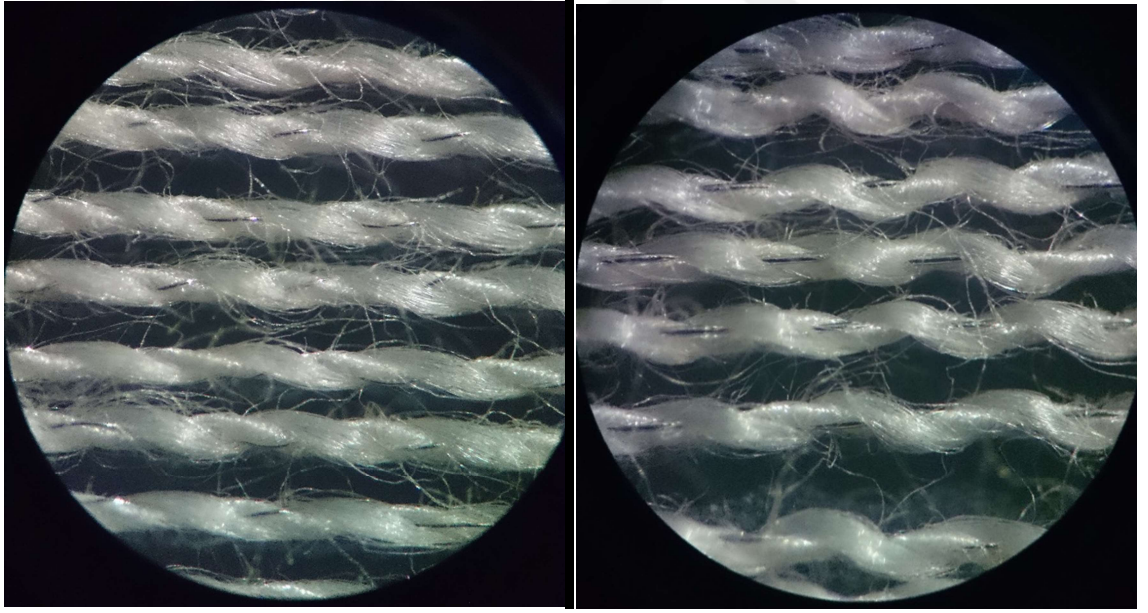
Şekil 4.1. a) Kontinü filament polipropilen (330x2)/Paslanmaz çelik (50 μ m), b) Kontinü filament polipropilen (330x2)/Paslanmaz çelik (100 μ m)



a

b

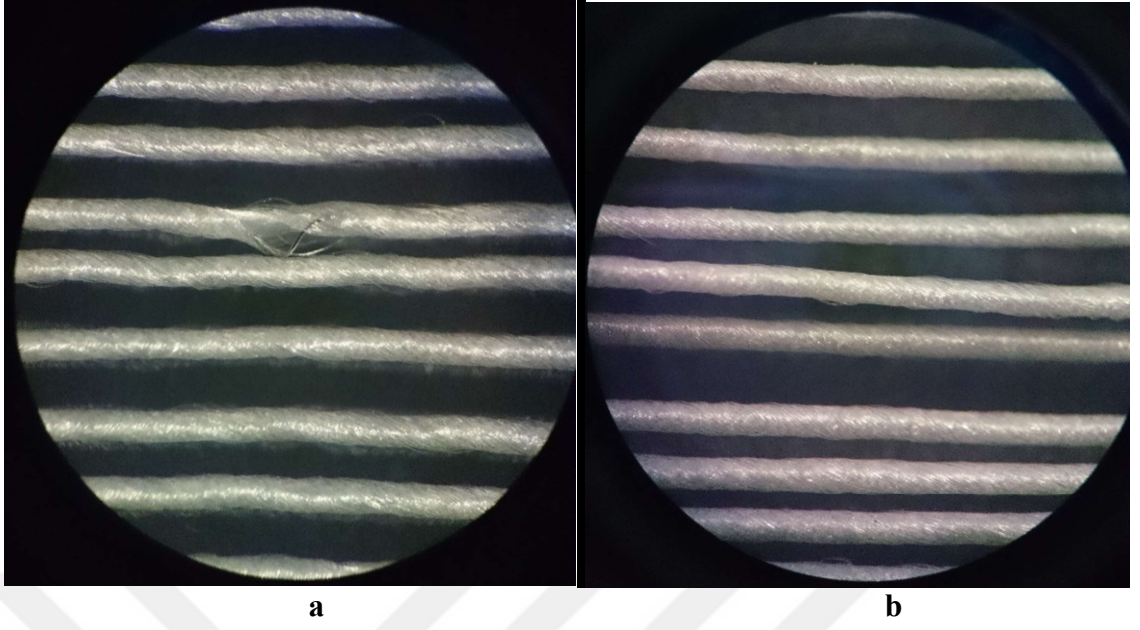
Şekil 4.2. a) Pamuk (310x2)/Paslanmaz çelik (50 μm), b) Pamuk (310x2)/Paslanmaz çelik (100 μm),



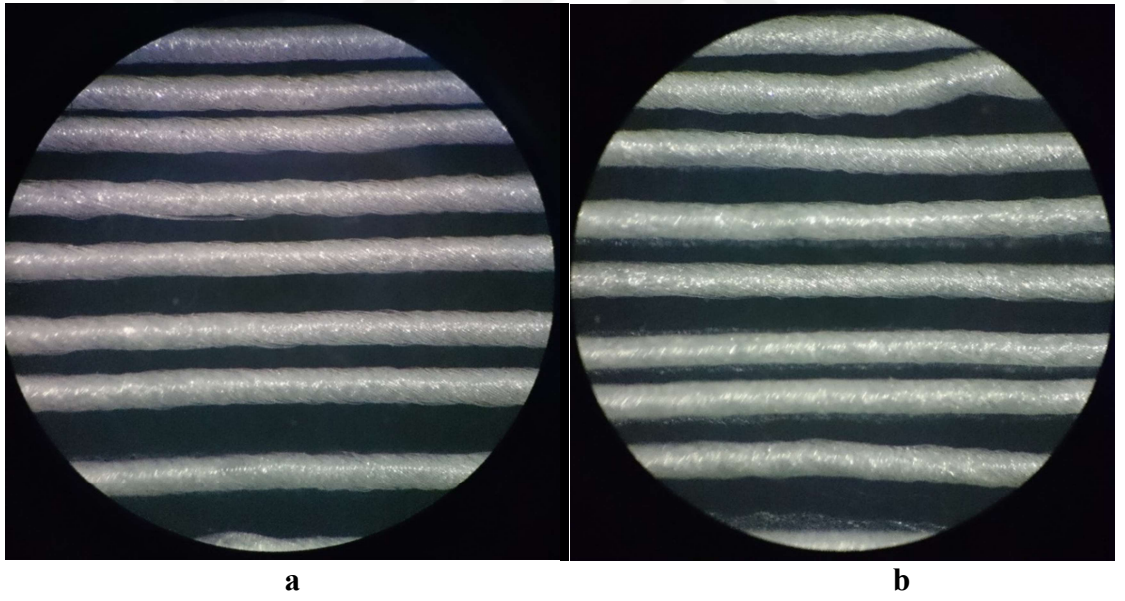
a

b

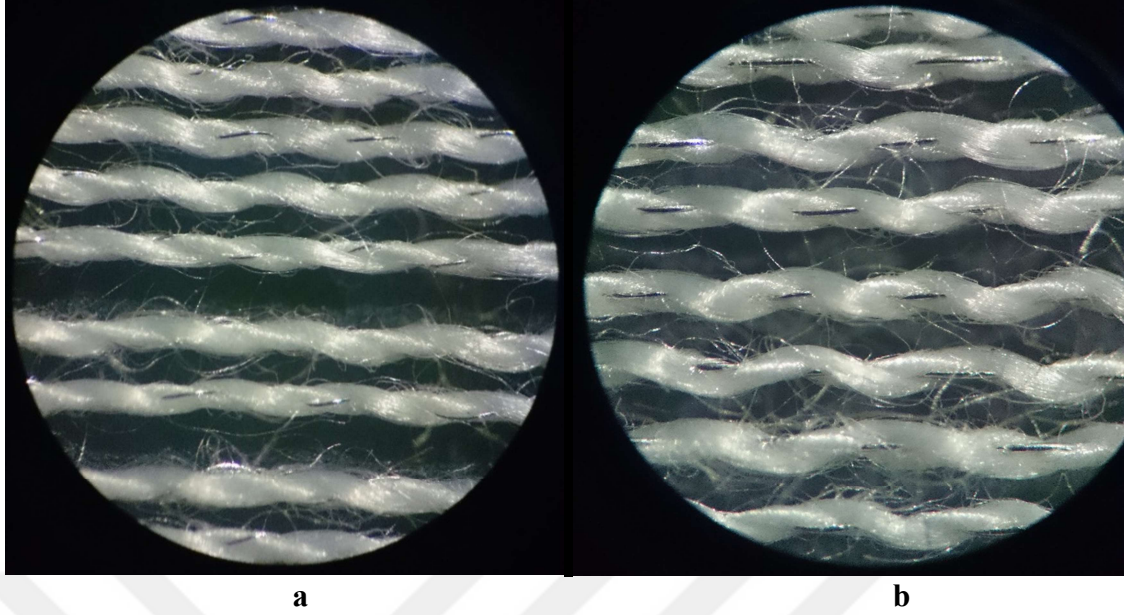
Şekil 4.3. a) Polyester/Pamuk core-spun (346x2)/Paslanmaz çelik (50 μm), b) Polyester/Pamuk core-spun (346x2)/Paslanmaz çelik (100 μm)



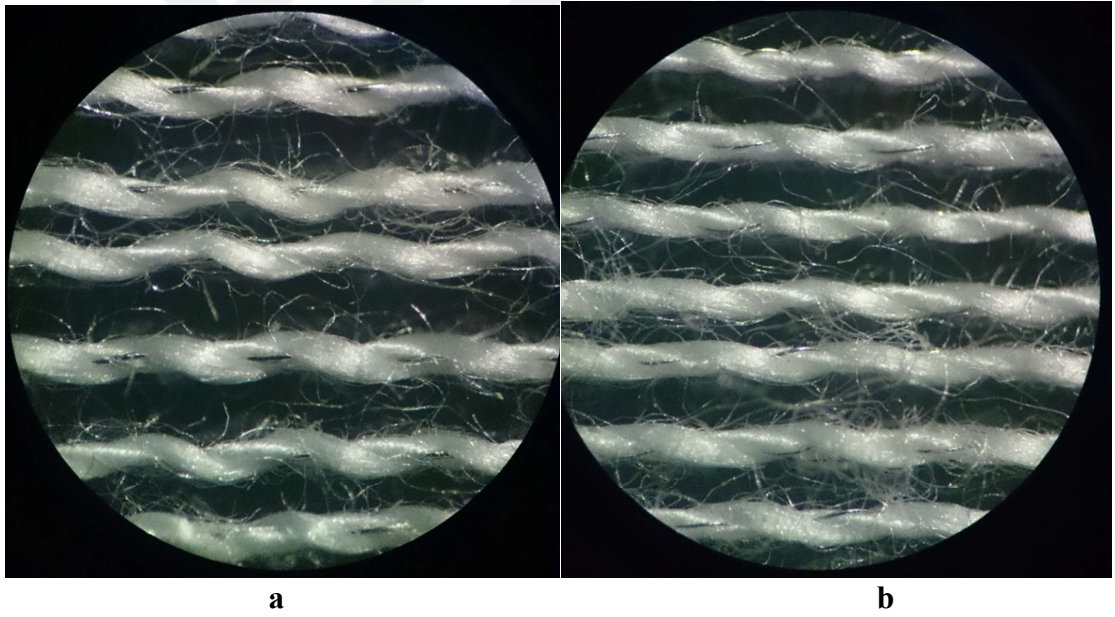
Şekil 4.4. a) Kontinü filament polyester (295x2)/Paslanmaz çelik (50 μm), b) Kontinü filament polyester (295x2)/Paslanmaz çelik (100 μm)



Şekil 4.5. a) Kontinü filament poliamit 6,6 (312x2)/Paslanmaz çelik (50 μm), b) Kontinü filament poliamit (312x2)/Paslanmaz çelik (100 μm)



Şekil 4.6. a) Polyester/Polyester core-spun (305x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Polyester/Polyester core-spun (305x2)/Paslanmaz çelik (100 µm)



Şekil 4.7. a) Kesik elyaf polyester (320x2)/Paslanmaz çelik (50 µm), b) Kesik elyaf polyester (320x2)/Paslanmaz çelik (100 µm)

4.1. Kompozit İpliklerin Lineer Yoğunluk Değerleri

Kaplama metodu esas alınarak üretimi gerçekleştirilen metal içerikli kompozit ipliklerin linner yoğunluk ölçüm değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Lineer yoğunluk değerleri ölçümleri 3 farklı ölçüm sonuçlarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin lineer yoğunluk değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN LİNEER YOĞUNLUĞU Dtex (Nm), ortalama		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	900 (11)	1402 (7)
	pamuk, 310x2	824 (12)	1310 (8)
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	943 (11)	1461 (7)
	kontinü filament polyester, 295x2	802 (12)	1292 (8)
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	837 (12)	1340 (8)
	polyester/polyester core-spun, 305x2	812 (12)	1305 (8)
	kesik elyaf polyester, 320x2	868 (12)	1369 (7)

Çizelge 4.2. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin lineer yoğunluk değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN LİNEER YOĞUNLUĞU Dtex, s.sapma		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	90	138
	pamuk, 310x2	81	133
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	91	142
	kontinü filament polyester, 295x2	82	124
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	80	131
	polyester/polyester core-spun, 305x2	82	133
	kesik elyaf polyester, 320x2	84	134

4.2. Kompozit İpliklerin Kopma Mukavemeti, Kopma Uzaması, Kopma İşi Değerleri

50 μ ve 100 μ çaplarında metal tel içeren kompozit iplikler için kopma mukavemeti ölçümü 5 defa tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır. Kopma mukavemet değerleri Çizelge 4.3-4'te, kopma uzaması değerleri Çizelge 4.5-6'da ve kopma işi değerleri ise Çizelge 4.7-8' verilmiştir. Aşağıdaki tabloda verilen değerler ölçüm sonuçlarının ortalama değerlerdir.

Çizelge 4.3. Kompozit ipliklerin kopma mukavemeti değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN KOPMA MUKAVEMET DEĞERLERİ (cN/tex, ortalama)		Metal Tel Çapı	
		50 μ m	100 μ m
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	16,18	27,87
	pamuk, 310x2	11,84	13,02
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	14,64	23,12
	kontinü filament polyester, 295x2	25,94	43,28
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	30,47	49,95
	polyester/polyester core-spun, 305x2	15,43	28,62
	kesik elyaf polyester, 320x2	14,98	22,97

Çizelge 4.4. Kompozit ipliklerin kopma mukavemeti değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN KOPMA MUKAVEMET DEĞERLERİ (cN/tex,s.sapma)		Metal Tel Çapı	
		50 μ m	100 μ m
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	0,80	0,19
	pamuk, 310x2	0,73	0,39
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	0,63	0,86
	kontinü filament polyester, 295x2	1,26	1,59
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,65	2,61
	polyester/polyester core-spun, 305x2	1,36	1,64
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,87	1,35

Çizelge 4.5. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN KOPMA UZAMASI DEĞERLERİ (%, ortalama)		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	21,86	25,06
	pamuk, 310x2	8,55	6,71
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	20,94	22,77
	kontinü filament polyester, 295x2	24,98	26,96
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	20,77	23,78
	polyester/polyester core-spun, 305x2	18,79	22,39
	kesik elyaf polyester, 320x2	18,76	20,11

Çizelge 4.6. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN KOPMA UZAMASI DEĞERLERİ (%, s.sapma)		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	0,45	0,65
	pamuk, 310x2	0,70	0,95
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	0,67	1,16
	kontinü filament polyester, 295x2	1,24	0,38
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,59	0,61
	polyester/polyester core-spun, 305x2	0,94	1,40
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,53	0,60

Çizelge 4.7. Kompozit ipliklerin kopma işi değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN KOPMA İŞİ DEĞERLERİ (cNxcm, ortalama)		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	18654	30393
	pamuk, 310x2	2534	2311
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	14603	22053
	kontinü filament polyester, 295x2	28522	55263
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	28154	55888
	polyester/polyester core-spun, 305x2	12716	28572
	kesik elyaf polyester, 320x2	11608	22212

Çizelge 4.8. Kompozit ipliklerin kopma işi değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN KOPMA İŞİ DEĞERLERİ (cNxcm, s.sapma)		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	2940	334
	pamuk, 310x2	416	162
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	1096	702
	kontinü filament polyester, 295x2	684	1345
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	670	2292
	polyester/polyester core-spun, 305x2	1409	192
	kesik elyaf polyester, 320x2	752	736

4.3. Kompozit İpliklerin İplik-Metal Sürtünme Değerleri

Duranax-EFI iplik sürtünme cihazında ölçümü yapılan 50 μ ve 100 μ çaplarında metal tel içeren kompozit iplikler için iplik-metal sürtünme ölçüm sonuçları aşağıda yer almaktadır. Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da sırası ile iplik-metal sürtünme katsayısı ortalama değerleri ve standart sapma değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.9. Kompozit ipliklerin iplik-metal sürtünme katsayısı değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN SÜRTÜNME KATSAYISI DEĞERLERİ (μ ,ortalama)		Metal Tel Çapı	
		50 μ m	100 μ m
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	0,69	0,67
	pamuk, 310x2	0,49	0,72
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	0,53	0,42
	kontinü filament polyester, 295x2	0,18	0,61
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,49	0,78
	polyester/polyester core-spun, 305x2	0,71	0,67
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,53	0,76

Çizelge 4.10. Kompozit ipliklerin iplik-metal sürtünme katsayısı değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN SÜRTÜNME KATSAYISI DEĞERLERİ (μ ,s.sapma)		Metal Tel Çapı	
		50 μ m	100 μ m
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	0,07	0,08
	pamuk, 310x2	0,05	0,06
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	0,06	0,05
	kontinü filament polyester, 295x2	0,04	0,07
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,08	0,08
	polyester/polyester core-spun, 305x2	0,06	0,07
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,05	0,06

4.4. Kompozit İpliklerin Rijitlik (Stiffness, Gevreklik) Değerleri

50 μ ve 100 μ çaplarında metal tel içeren kompozit iplikler için 3 tekrarlı ölçüm yapılmış olup ortalama değerleri Çizelge 4.11-12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN RİJİTLİK DEĞERLERİ (ortalama)		Metal Tel Çapı	
		50 μ m	100 μ m
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	1,107	8,303
	pamuk, 310x2	0,923	6,883
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	1,430	9,473
	kontinü filament polyester, 295x2	0,570	6,703
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,887	6,357
	polyester/polyester core-spun, 305x2	0,943	7,300
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,750	8,273

Çizelge 4.12. Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN RİJİTLİK DEĞERLERİ (s.sapma)		Metal Tel Çapı	
		50 μ m	100 μ m
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	0,13	1,16
	pamuk, 310x2	0,09	0,21
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	0,15	0,53
	kontinü filament polyester, 295x2	0,09	0,52
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,14	0,32
	polyester/polyester core-spun, 305x2	0,05	0,48
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,14	1,39

4.5. Kompozit İpliklerin Aşınma Direnci Değerleri

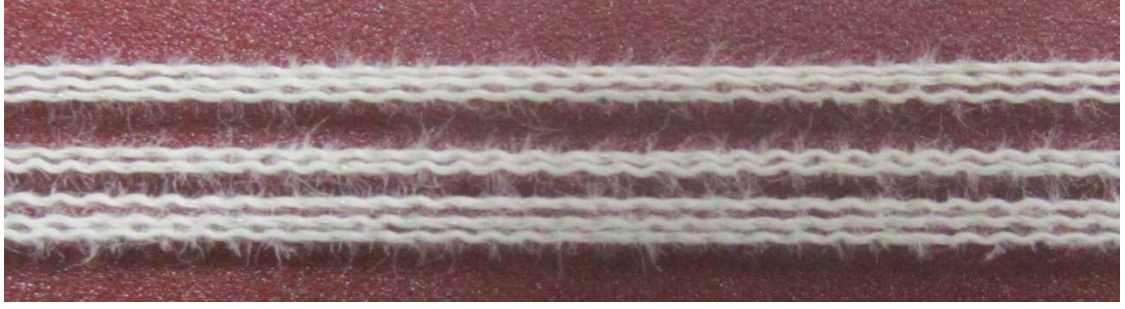
Metal tel içerikli kompozit ipliklerin aşınma direnci değerleri için 3 defa ölçüm yapılmıştır. Elde edilen kütle kaybı değerlerinin ortalamaları alınarak aşınma direnci değerleri % kütle kaybı olarak ifade edilmiştir. Çizelge 4.13-14'te de kompozit ipliklerin % kütle kaybı değerleri yani aşınma direnci değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.13. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin aşınma direnci değerleri (ortalama)

KOMPOZİT İPLİKLERİN AŞINMA DİRENCİ DEĞERLERİ (% Kütle Kaybı, ort)		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	2,21	2,78
	pamuk, 310x2	2,72	3,80
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	2,07	2,67
	kontinü filament polyester, 295x2	0,80	0,88
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	1,33	1,44
	polyester/polyester core-spun, 305x2	1,56	1,99
	kesik elyaf polyester, 320x2	1,75	1,98

Çizelge 4.14. Dtex (Nm) cinsinden ifade edilen kompozit ipliklerin aşınma direnci değerleri (standart sapma)

KOMPOZİT İPLİKLERİN AŞINMA DİRENCİ DEĞERLERİ (% Kütle Kaybı, s.sapma)		Metal Tel Çapı	
		50 µm	100 µm
Kaplı iplik tipi ve iplik numarası, dtex	polipropilen, 330x2	0,17	0,53
	pamuk, 310x2	0,07	0,07
	polyester/pamuk core-spun, 346x2	0,02	0,04
	kontinü filament polyester, 295x2	0,05	0,03
	kontinü filament poliamit 6.6, 312x2	0,04	0,05
	polyester/polyester core-spun, 305x2	0,05	0,47
	kesik elyaf polyester, 320x2	0,08	0,59



Şekil 4.8. Pamuk ile kaplanmış kompozit ipliğin aşınma sonrası görüntüsü



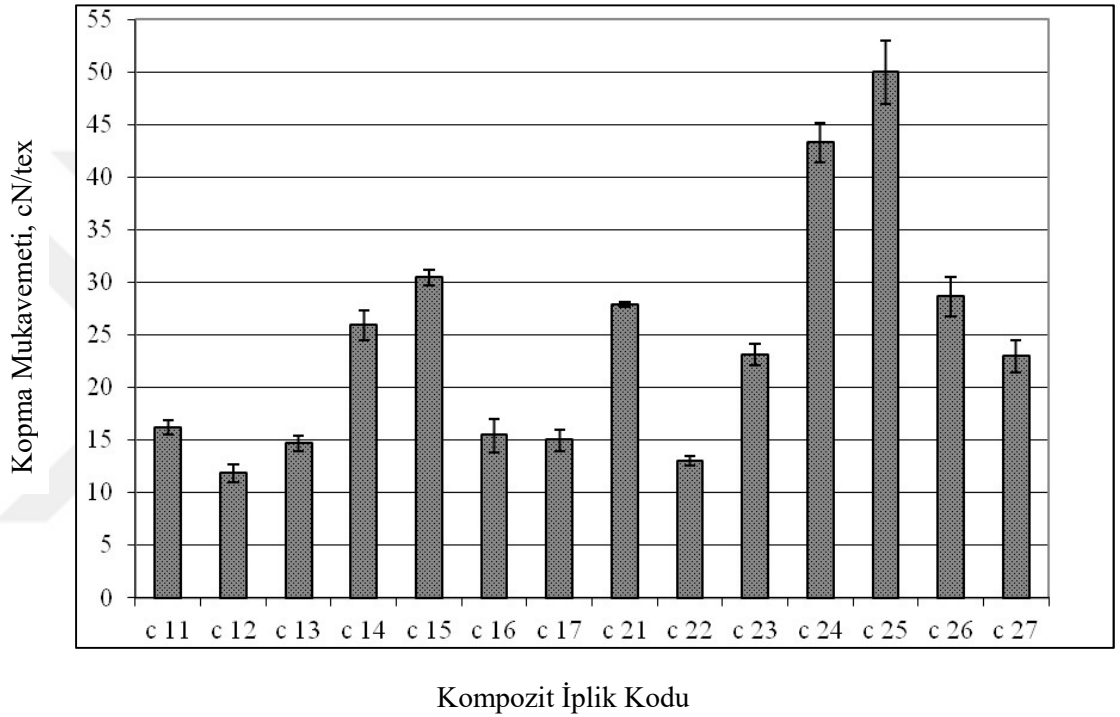
Şekil 4.9. Kontinü filament PES ile kaplanmış kompozit ipliğin aşınma sonrası görüntüsü

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da kesik elyaf ve kontinü filament kaplama iplikleri ile kaplanmış olan kompozit iplikelerin aşınma sonrası görüntüleri yer almaktadır.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Kopma Mukavemeti ve Kopma Uzaması Değerlerinin Değerlendirilmesi

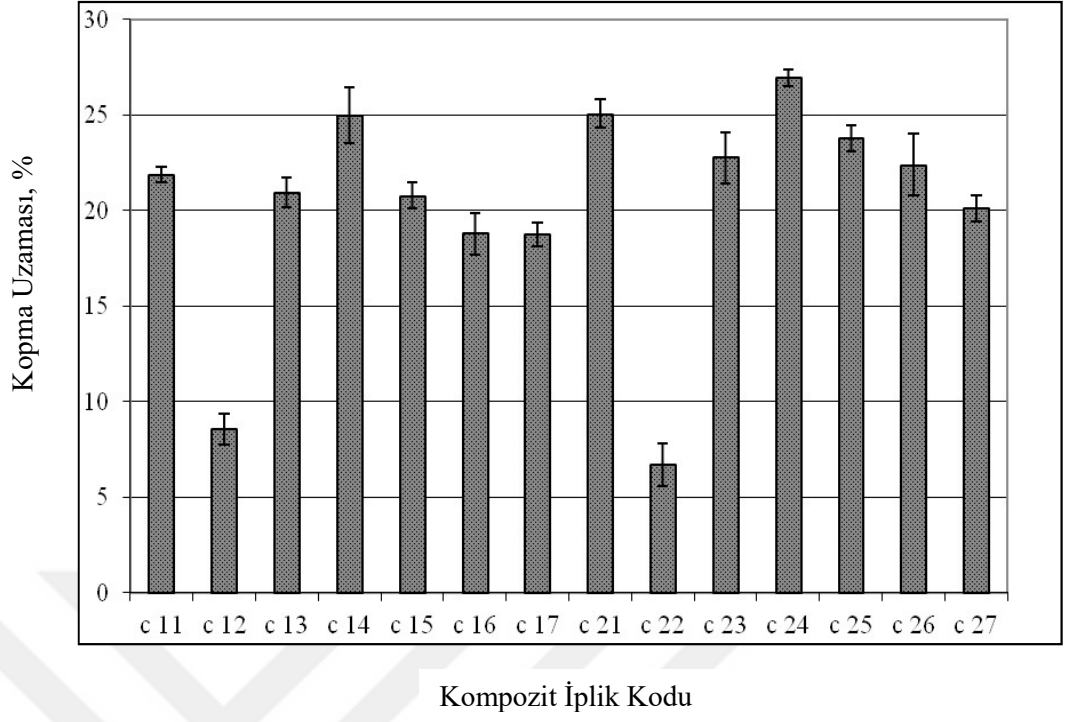
Elde edilen kompozit ipliklerinin gerilme davranışı (cN/tex), % kopma uzaması ve kopma işi (cN×cm) değerlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen kompozit ipliklerinin kopma mukavemetleri, kopma uzamaları ve kopma değerlerini sırasıyla Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'te gösterilmiştir.



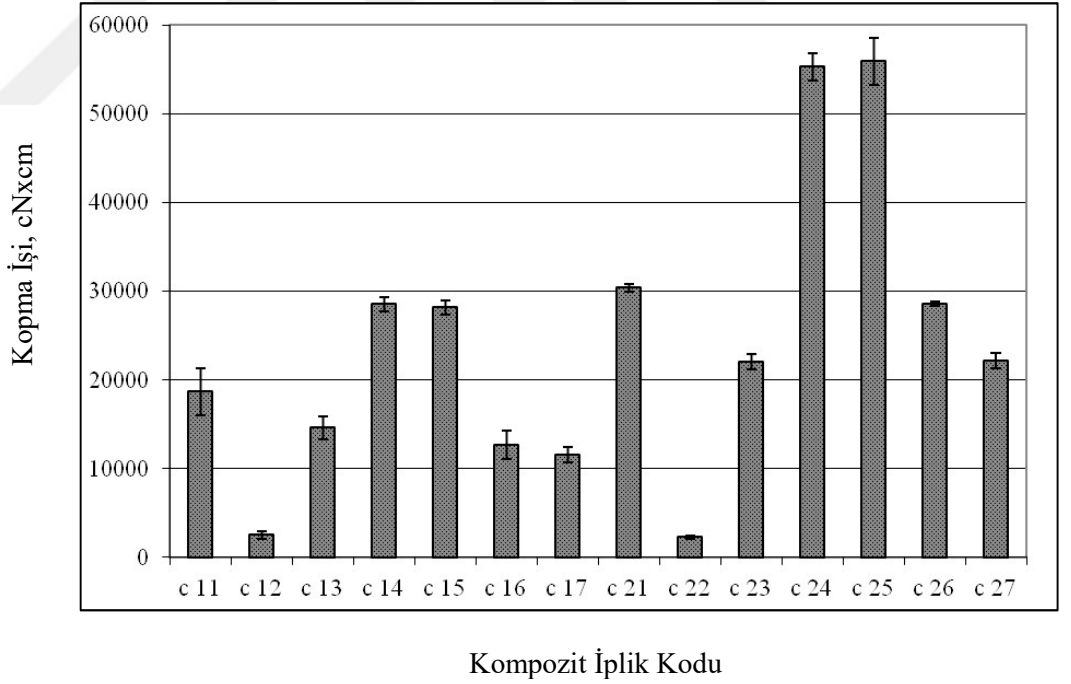
Şekil 5.1. Kompozit ipliklerin kopma mukavemet değerleri (cN/tex)

İki yönlü ANOVA için F-testleri ile ilişkili p-değerleri, Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Mukavemet, kopma uzaması ve kopma işi sonuçları için SNK test değerleri ise Çizelge 5.2'de verilmiştir. SNK testi sonuçlarının yanında belirtilen harfler ise istatistiksel olarak %5 anlamlılık seviyesinde farklı olup olmadığını göstermektedir.



Şekil 5.2. Kompozit ipliklerin kopma uzaması değerleri (%)



Şekil 5.3. Kompozit ipliklerin kopma işi değerleri (cNxcm)

Çizelge 5.1. Kopma özellikleri için ANOVA testi sonuçları

Kaynak		df	Kopma Mukavemeti		Kopma Uzaması		Kopma İşi	
			F	P değeri	F	P değeri	F	P değeri
Temel Etki	Metal Tel Çapı (D)	1	1501.21	0.000	88.82	0.000	2293.52	0.000
	Kaplama İplik Türü (T)	6	632.46	0.000	504.74	0.000	1291.43	0.000
Etkileşim	D x T	6	63.59	0.000	12.08	0.000	165.08	0.000

Çizelge 5.2. Kopma özellikleri için SNK testi sonuçları

Parameter		Kopma Mukavemeti, cN/tex	Kopma Uzaması, %	Kopma İşi cN×cm
Metal Tel Çapı (D)	50 µm	18,50 a	19,24 a	16685 a
	100 µm	29,83 b	21,11 b	30957 b
Kaplama İplik Türü (T)	Pamuk	12,43 a	7,63 a	2423 a
	polyester kesik elyaf	18,97 b	19,43 b	16911 b
	polyester/pamuk core-spun	18,88 b	21,85 d	18329 c
	polyester/polyester core-spun	22,02 c	20,59 c	20644 d
	polipropilen	22,03 c	23,46 e	24524 e
	sürekli filament polyester	34,61 d	25,97 f	41893 f
sürekli filament poliamit 6.6	40,21 e	22,28 d	42022 f	

Çapraz kaplı kompozit iplikler, kaplama iplikleri ve öz (core) ipliklerin birleştirilmesi ile karmaşık bir yapıya sahip olmuştur.

Kaplama iplikleri ve öz metal teller gerginlikle bir araya getirildiğinde, kaplama iplikleri kesme kuvvetine maruz kalırken özdeki metal tel normal kuvvete maruz kalmaktadır. Özdeki iplik kırıldıktan sonra kaplama iplikleri, iplik düzleşene ve daha sonra kopana kadar gerilir. Bu tür ipliklerin gerilme davranışlarını incelerken bu durum göz önüne alınmalıdır.

Şekil 5.1'e göre, en düşük kopma mukavemeti 11,84 cN/tex ile özde 50 µm çaplı SS metal tel üzerine pamuk kaplanarak üretilen kompozit iplikte görülmüştür. Buna ek olarak en büyük kopma mekavemeti ise 49,95 cN/tex ile 100 um çaplı SS metal tel

üzerine sürekli filament poliamit 6.6 kaplama ipliği ile sarılarak üretilen C₂₅ kodlu kompozit iplikte elde edilmiştir.

Çizelge 5.1’de verilen ANOVA testinin sonuçları, farklı öz iplik çapına sahip kompozit ipliklerin mukavemet değerleri arasında ve farklı kaplama iplik türleri olan kompozit ipliklerin mukavemet değerleri arasında istatistiksel olarak önemli (% 5 anlamlılık düzeyi) farklılık olduğunu göstermiştir. Öz iplik çapı (D) ile kaplama iplik türü (T) arasındaki etkileşimin, mukavemet üzerine etkisi belirgin olarak görülmüştür.

Çizelge 5.2’de verilen SNK test sonuçları ise, farklı öz iplik çapına sahip kompozit ipliklerin istatistiksel olarak farklı mukavemet değerlerine sahip olduklarını ortaya koymuştur.

Öz iplik çapı 50 µm olanlar için mukavemet değeri 18,50 cN/tex iken, 100 µm’lik öz iplik çapı için ise 29,83 cN/tex olduğu görülmüştür.

Şekil 5.1’e göre, 100 µm metal telli kompozit ipliklerin kopma mukavemet değerleri, 50 µm metal telli kompozit ipliklerinkinden daha fazladır. Öz iplik çap farkı, kaplama iplik türüne bağlı olarak mukavemet değerlerinde % 18-86 oranında bir artışa neden olmuştur.

Çizelge 5.2’ye göre, farklı kaplama iplik türlerinden oluşan kompozit iplikler istatistiksel olarak farklı mukavemet değerleri vermiştir. Pamuk ile kaplanan iplik için mukavemet değeri 12,43 cN/tex iken, sürekli filament poliamit 6.6 ile kaplanarak elde edilen kompozit için ise 40,21 cN/tex’tir. Kaplama ipliği türü farkı, çekirdek iplik çapına bağlı olarak mukavemet değerlerinde % 157 - % 283 oranında bir düşüşe neden olmuştur.

Bu çalışmada birinci ve ikinci kat kaplamalı ipliklerin büküm seviyeleri gibi kompozit iplik yapısal parametreleri sabit tutulduğundan, kompozit ipliklerin kaplama iplik tipinin iplik mukavemeti üzerinde büyük bir etkisi olduğu açıkça görülmüştür. Bunun nedeni, poliamit elyafla üretilen kompozit ipliklerin daha iyi bir paketleme verimliliğinden kaynaklanmaktadır. Poliamit elyaf sargısı genel iplik mukavemetine katkıda bulunmuştur.

Şekil 5.2'de gösterilen kompozit ipliklerin % kopma uzamalarının incelenmesi sonucunda, özde 100 µm çaplı SS metal tel içeren ve pamuk kaplı kompozit iplikte (C₂₂ kodlu iplik) en düşük kopma uzaması % 6,71 olarak elde edilmiştir. En yüksek kopma uzaması ise, % 26,96 ile 100 µm çaplı SS metal tel üzerine sürekli filament polyester kaplanarak üretilen kompozit iplikte (C₂₄ kodlu iplik) elde edilmiştir.

Çizelge 5.2'de görüldüğü gibi, kopma uzaması, kaplama ipliğinin temel iplik çapı ve yapısal parametreleri tarafından karşılanmaktadır. Öz iplik çapı (D) ile kaplama iplik türü (T) arasındaki etkileşimin, kopma uzamasına anlamlı seviyede etkisi olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.2'de verilen SNK test sonuçları, farklı çekirdek iplik çaplarına sahip olan kompozit ipliklerin kopma değerlerinde istatistiksel olarak farklı uzama gösterdiklerini ortaya koymuştur. Daha kalın metal tel içeren kompozit iplikler, sert bir öz bileşenin varlığına bağlı olarak kopmada belirgin olarak daha fazla uzama göstermişlerdir. 50 µm'lik bir öz iplik çapı için kopma uzaması % 19,24 iken, 100 µm'lik bir öz iplik çapı için ise % 21,11'dir.

Çizelge 5.2'ye göre farklı kaplama iplik tiplerine sahip kompozit iplikler, kopmada istatistiksel olarak farklı uzama değerlerine sahiptir. Pamuk kaplama ipliği için kopma değerindeki uzama % 7,63 iken, sürekli filament polyester kaplama ipliği için kopma uzaması % 25,97'tir.

Şekil 5.3'te, kompozit ipliklerin kopma (cN×cm) değerlerinin incelenmesi sonucunda, 100 µm çaplı SS metal tel ile pamuk kaplama ipliği ile üretilen kompozit iplik (C₂₂ kodlu iplik) için minimum kopma işi (2311 cN×cm) elde edilmiştir. Özde 100 µm çaplı SS metal tel üzerine sürekli filament poliamit 6.6. kaplanan kompozit iplik (C₂₅ kodlu iplik) için ise maksimum kopma işi 55888 cN×cm olarak elde edilmiştir.

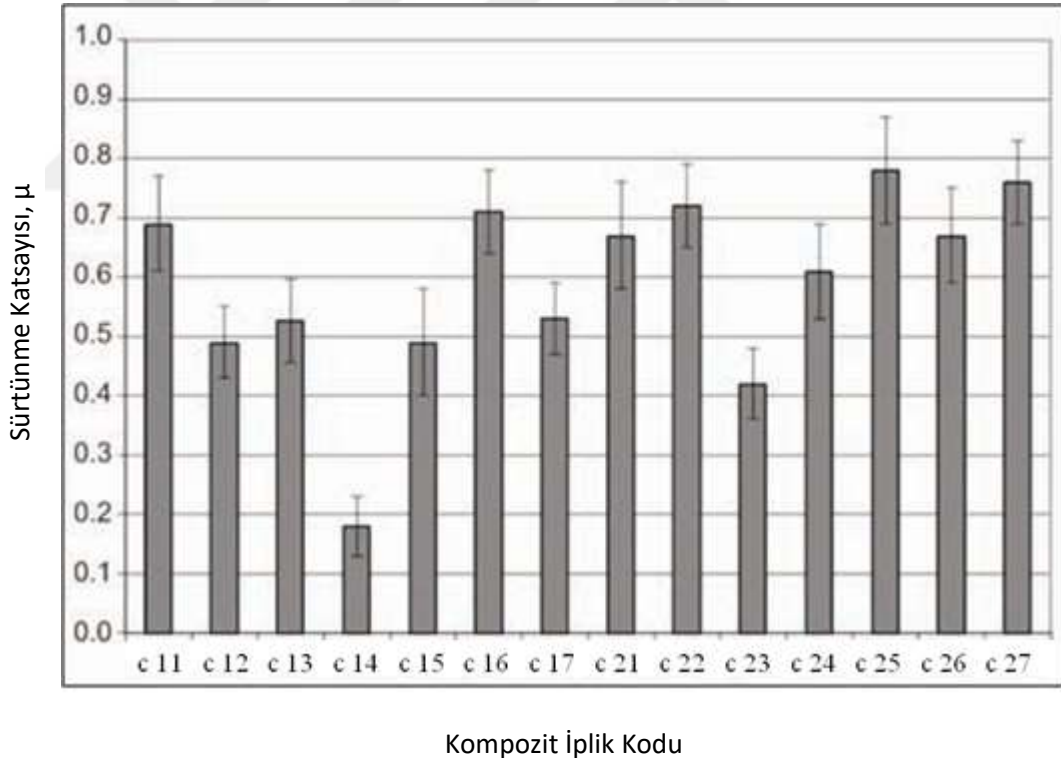
Çizelge 5.2'de verilen P değerleri, farklı öz iplik çapları olan kompozit ipliklerin kopma işi değerleri ile farklı kaplama ipliklerle birlikte kompozit ipliklerin kopma işi değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı (% 5 anlamlılık düzeyi) farklılık olduğunu göstermiştir.

Çekirdek iplik çapı (D) ile örtücü iplik türü (T) arasındaki etkileşimin kopma işi üzerine etkisinin var olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.2'de verilen SNK test sonuçları farklı öz iplik çaplarına ve kaplama iplik tiplerine sahip kompozit ipliklerin istatistiksel olarak farklı kopma işi değerlerine sahip olduklarını ortaya koymuştur. 50 um'lik bir çekirdek ipliği çapı için kopma işi 16685 cN×cm iken, 100 um'lik bir çekirdek iplik çapı için 30957 cN×cm'dir. Pamuk kaplama iplik türü için kopma işi değeri 2423 cN×cm iken, sürekli filament poliamit 6.6 kaplama ipliği için ise 42022 cN×cm'dir.

5.2. İplik-Metal Sürtünme Katsayısının Değerlendirilmesi

Kompozit ipliklerin sürtünme katsayısı (μ) değerleri karma iplik değerlerinin grafiği Şekil 5.4'te gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Kompozit ipliklerin iplik sürtünme katsayısı (μ) değerleri

Şekil 5.4'te gösterilen kompozit ipliklerin iplik sürtünme katsayısı değerlerinin incelenmesi sonucunda, maksimum sürtünme katsayısına sahip kompozit iplik C₂₅ kodlu kompozit iplikdir. 100 μ çapında metal tel içeren ve sürekli filament poliamit 6.6

ile kaplanmış olan bu kompozit iplikte sürtünme katsayısı değeri 0,78 olarak elde edilmiştir. Minimum sürtünme katsayısı değeri ise 0,18 ile C₁₄ kodlu iplikte görülmüştür. Bu iplik ise, 50 µ paslanmaz çelik tel üzerine sürekli filament polyester kaplanmasıyla elde edilen kompozit ipliktir.

Sürtünme test sonuçları için iki yönlü tesadüfi ANOVA ve SNK test değerleri için F-testi ile ilgili p-değerleri Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Sürtünme katsayısı için ANOVA testi sonuçları

SÜRTÜNME KATSAYISI İÇİN ANOVA SONUÇLARI				
Kaynak		dF	F	p-value
Temel Etki	Kaplama İplik Türü (C)	6	29,061	0,000
	Metal Tel Çapı (D)	1	85,255	0,000
Etkileşim	C x D	6	23,391	0,000

Çizelge 5.3’de verilen ANOVA testinin sonuçları farklı kaplama ipliklerine sahip kompozit ipliklerin sürtünme katsayıları değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Ayrıca farklı çaplara sahip metal teller ile üretilen kompozit ipliklerin sürtünme katsayısı değerleri arasında önemli farklılıklar bulunduğu da görülmüştür. Kaplama iplik tipinin sürtünme katsayısı ve metal tel çapı arasındaki etkileşiminde önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4’de yer alan SNK Test sonuçlarına bakıldığında farklı kaplı tiplerine sahip kompozit iplikler istatistiksel olarak farklı sürtünme katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Üretilen kompozit ipliklerin sürtünme katsayısı değerleri en düşükten en yükseğe sırasıyla; sürekli filament polyester, polyester/pamuk core-spun, pamuk, sürekli filament poliamit 6.6, polyester kesik elyaf, polipropilen, polyester/polyester core-spun şeklindedir. Kaplama iplik türü karşılaştırmasında sürekli filament polyester kaplı kompozit iplikte sürtünme katsayısı 0,395 iken, polyester/polyster core-spun kaplı kompozit iplikte ise 0,690 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4. Sürtünme katsayısı için SNK testi sonuçları

SÜRTÜNME KATSAYISI İÇİN STUDENT-NEWMAN-KEULS TESTİ		
Parameteler		İplik Sürtünme Katsayısı, μ
Kaplama İplik Türü (C)	Sürekli Filament Polyester	0,395 a
	Polyester/Pamuk Core-Spun	0,473 b
	Pamuk	0,605 c
	Sürekli Filament Poliamit 6,6	0,635 c
	Polyester Kesik Elyaf	0,645 c
	Polipropilen	0,680 c
	Polyester/Polyester Core-Spun	0,690 c
Metal Tel Çapı (D)	50 μ	0,517 a
	100 μ	0,661 b

Sürekli filament poliester, polyester/pamuk core-spun ve pamuk kaplı kompozit ipliklerin iplik türleri ile kompozit ipliklerin sürtünme katsayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir. Ancak pamuk, sürekli filament poliamit 6.6, polyester kesik elyaf, polipropilen ve polyester/polyester core-spun kompozit ipliklerin sürtünme katsayısı değerlerinin istatistiksel olarak benzer olduğu gözlenmiştir.

Bu durum çapraz kaplamalı kompozit iplik yapısında bir çekirdek bileşeni olarak metal telin varlığının ipliklerin sürtünme değerleri arasında dikkate değer bir azalmaya neden olabilmesi durumu ile ilişkilendirilebilir.

Şekil 5.4'te göre, C₂₃ kodlu kompozit ipliğin sürtünme katsayısı değeri C₂₅ kodlu kompozit ipliğin sürtünme katsayısı değerinden %46 daha az iken, C₁₄ kodlu kompozit iplikliğin sürtünme katsayısı değerleri C₁₆ kodlu kompozit iplikliğin sürtünme katsayısı değerinden % 74 daha az olduğu gözlenmiştir. Üretimde sabit büküm seviyesi göz önüne alındığında, kompozit ipliklerin sürtünme katsayılarındaki farkın, kaplama materyali tipinin kompozit ipliklerin yüzey özelliklerine olan etkisine bağlı olduğu görülmüştür.

Yüzey pürüzlülüğü gibi iplik morfolojisinin ipliklerin sürtünme özelliklerini etkileyen bir parameter olduğu literatürde de belirtilmektedir (Ghosh ve ark. 2008).

Çizelge 5.2’de verilen SNK test sonuçlarına bakıldığında, farklı çaplarda metal tellere sahip kompozit ipliklerin sürtünme katsayıları arsasında anlamlı seviyede fark olduğu görülmüştür. 100 µm metal tel içeren kompozit ipliklerde sürtünme katsayısı 0,661 iken 50 µm çaplı metal tel için sürtünme katsayısı değeri 0,517’dir.

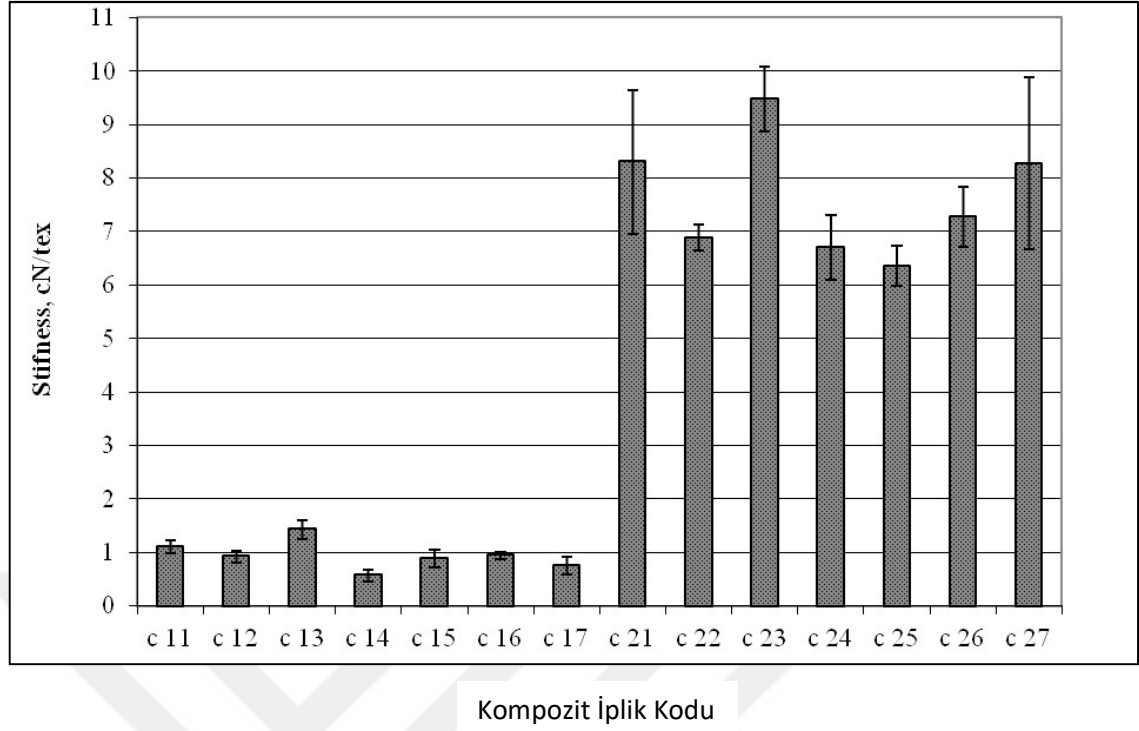
Şekil 5.1’de görüldüğü gibi, kaplama iplik tipine bağlı olarak 100 µm ile 50 µm metal tel çapları karşılaştırıldığında sürtünme katsayısı değerlerinde en fazla % 70 azalma gözlenirken, en fazla % 25 oranında da bir artışa yol açmıştır. Bu durumda, SS metal tel çapındaki artış ile kompozit ipliklerin sürtünme katsayısı değerlerinin arttığı sonucuna varılabilir. Bütün ipliklerin sabit bükümde üretildiği dikkate alınmalıdır.

Bu sonuçlar aşağıdaki şekilde yorumlanabilir; sabit sarım sayısında metal tel çapındaki artış ipliği sertleştirir ve böylece sürtünme ölçüm cihazında ölçülen ortalama çıkış gerginliğini artırır. Literatürde iplik sertliğinin iplik tipi ve lif içeriğinden etkilendiği belirtilmektedir (Ghosh ve ark. 2008).

5.3. Rijitlik (Stiffness, Gevreklik) Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Elde edilen kompozit ipliklerin rijitlik değerleri Şekil 5.5’te gösterilmiştir. Şekil 5.5’te gösterilen kompozit ipliklerin sertlik değerlerinin incelenmesi sonucunda, sertlik değerinin aşağıdaki gibi elde edildiği görülmüştür; minimum sertlik değeri 0,57 cN/tex’tir. 50 µm çaplı SS metal tel özlü ve sürekli filament polyester kaplama ipliğin kaplanması ile üretilen kompozit iplikte (C₁₄ kodlu iplik) olduğu görülmüştür.

Maksimum rijitlik değeri ise 9,47 cN/tex’tir. Bu rijitlik değeri, 100 µm çaplı SS metal tel özlü ve polyester/pamuk core-spun kaplanan kompozit iplikte (C₂₃ kodlu iplik) elde edilmiştir.



Şekil 5.5. Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri (cN/tex)

İki yönlü ANOVA için F-testleri ile ilişkili p-değerleri ise Çizelge 5.5'te verilmiştir. Rijitlik sonuçları için SNK testi değerleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.5. Rijitlik değerleri için ANOVA testi sonuçları

RİJİTLİK İÇİN ANOVA SONUÇLARI				
Kaynak		dF	F	p-value
Temel Etki	Kaplama İplik Türü (D)	1	1509,863	0,000
	Metal Tel Çapı (T)	6	8,496	0,000
Etkileşim	D x T	6	4,237	0,004

Çizelge 5.5'teki P değerleri, farklı çekirdekli iplik çaplarına sahip kompozit ipliklerin sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı (% 5 anlamlılık düzeyi) farklılık olduğunu göstermiştir.

Rijitlik testi sonuçlarında görülen diğer bir sonuç, farklı kaplama iplik tipine sahip kompozit ipliklerin sertlik değerleri arasında belirgin farklılıklar olmasıdır.

Öz iplik çapı (D) ile kaplama iplik türü (T) arasındaki etkileşimin rijitlik üzerinde belirgin bir etkisi olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 5.6. Rijitlik değerleri için SNK testi sonuçları

Parameter		Rijitlik, cN/tex
Metal Tel Çapı (D)	50 µm	0,94 a
	100 µm	7,61 b
Kaplama İplik Türü (C)	sürekli filament poliamit 6.6	3,62 a
	sürekli filament polyester	3,64 a
	Pamuk	3,90 ab
	polyester/polyester core-spun	4,11 ab
	polyester kesik elyaf	4,51 ab
	polipropilen	4,71 b
	polyester/pamuk core-spun	5,45 c

Çizelge 5.6'da verilen SNK test sonuçları, farklı öz iplik çapında olan kompozit ipliklerin istatistiksel olarak farklı sertlik değerlerine sahip olduklarını ortaya koymuştur.

50 µm'lik bir çekirdek iplik çapı için rijitlik değeri 0,94 cN/tex iken, 100 µm'lik bir öz iplik çapı için ise 7,61 cN/tex'dir.

Şekil 5.5'e göre, 100 µm çaplı metal tele sahip kompozit ipliklerin sertlik değerleri 50 µm metal telli kompozit ipliklerinkinden daha fazla olduğu görülmüştür. Öz iplik çapları farkı, kaplama iplik türüne bağlı olarak en az 5,6 kat ve maksimum 10,8 katlık sertlik değerlerine yol açtığı gözlenmiştir. Bu durumda, tüm kompozit ipliklerin sabit bir sarım sayımı ile üretildiği dikkate alınmalıdır.

Bu sonuçlar şu şekilde yorumlanabilir; sabit bir sarım sayısında metal tel çapının artması ipliği daha sert hale getirmektedir. Literatürde de iplik sertliğinin iplik türü ve lif içeriğinden etkilendiği belirtilmektedir.

Çizelge 5.6'ya göre, farklı kaplama iplik tiplerine sahip kompozit iplikler istatistiksel olarak farklı sertlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. En düşük değerden en yüksek değere rijitlik değerleri sıralaması şu şekildedir; sürekli filament poliamit 6.6,

sürekli filament polyester, pamuk, polyester/polyester core-spun, polyester kesik elyaf, polipropilen, polyester/pamuk core-spun.

Sürekli filament poliamit 6.6 ile kaplanan kompozit iplik için minimum sertlik değeri 3,62 cN/tex iken polyester/pamuklu core-spun kaplama ipliği ile üretilen kompozit iplik türü için maksimum sertlik değeri 5,45 cN/tex'tir.

Sürekli filament poliamit 6.6, sürekli filament poliester, pamuk, polyester/polyester core spun ve polyester kesik elyaf ile kaplanan kompozit ipliklerin sertlik değerleri istatistiksel olarak aynıdır. Bu durum çapraz kaplı kompozit iplik yapısında temel bileşen olarak SS telinin kullanılması kaplama ipliğinin sertlik değeri üzerindeki etkisini zayıflattığına bağlanabilir.

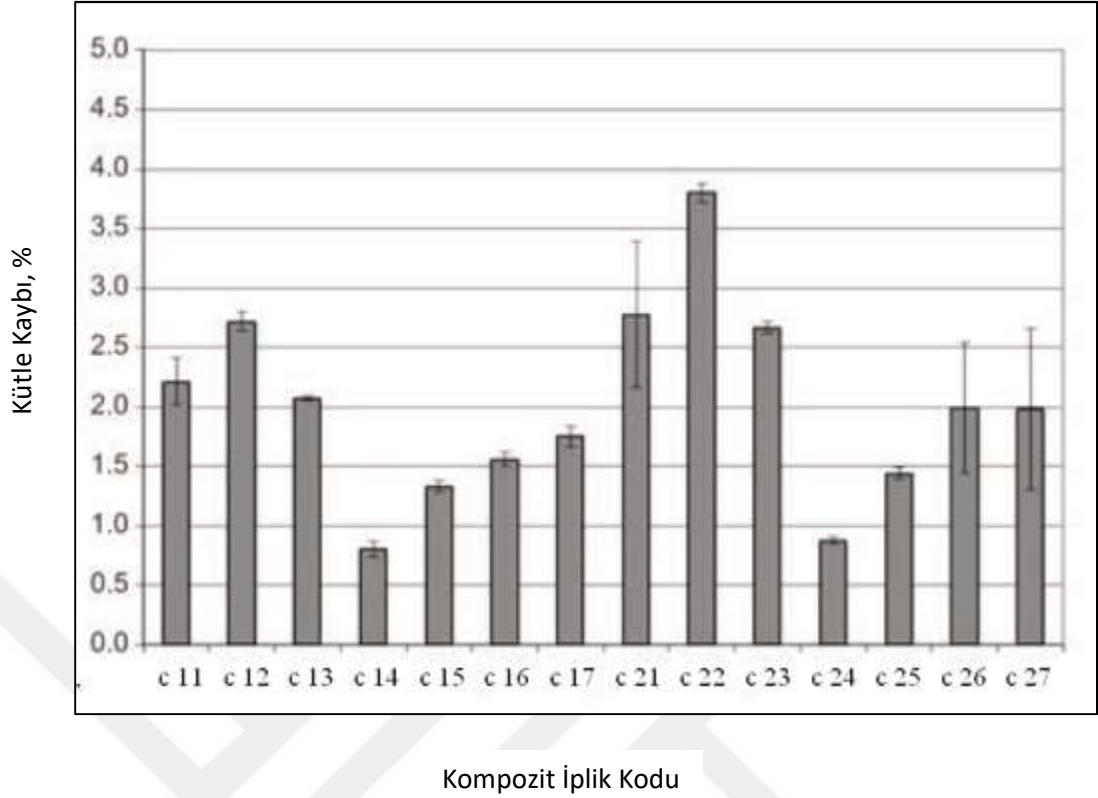
Polipropilen kaplama ipliğine sahip kompozit ipliğin sertlik değeri, sürekli filament poliamit 6.6 ve sürekli filament polyester kaplama ipliğine sahip olan kompozit ipliklerinkinden istatistiksel olarak daha yüksektir. Polyester/pamuk core-spun kaplama ipliğine sahip olan kompozit ipliğin sertlik değeri, çeşitli kaplama iplik tiplerine sahip diğer tüm kompozit ipliklerinkinden istatistiksel olarak farklı olduğu gözlenmiştir.

Şekil 5.5'e göre, C₁₄ kodlu kompozit ipliğin sertlik değeri C₁₃ kodlu kompozit ipliğinkinden % 60 daha düşüktür. C₂₄ kodlu kompozit ipliğin sertlik değeri C₂₃ kodlu kompozit ipliğin sertlik değerinden % 29 daha düşüktür. Bu durumda üretim sırasında sabit büküm seviyesi göz önüne alındığı unutulmamalıdır.

Yüzdelerik değerlerin % 60'dan % 29'a düşmesi, özlü iplik olarak daha kalın SS telinin kullanılması sonucu kaplamalı iplik türü faktörün sertlik üzerindeki etkisinin zayıflaması ile açıklanabilir.

5.4. Aşınma Direnci Özelliklerinin Değerlendirmesi

Kompozit ipliklerin aşınma sonrası kütle kayıpları Şekil 5.6'de gösterilmiştir. Kompozit ipliklerin aşınma dirençleri % kütle kaybı değerlerine göre ölçülmüştür.



Şekil 5.6. Kompozit ipliklerin % kütle kaybı değerleri

Şekil 5.6 incelendiğinde en az kütle kaybının, 50 μ paslanmaz çelik tel içeren sürekli filament polyester kaplı kompozit iplik'te (C₁₄ kodlu iplik) olduğu tespit edilmiştir. Bu kompozit iplikte elde edilen kütle kaybı değerinin % 0,80 olduğu görülmüştür.

En çok kütle kaybı değeri ise, 100 μ paslanmaz çelik tel içeren ve pamuk ipliği ile kaplanan C₂₂ kodlu kompozit iplikte elde edilmiş olup kütle kaybı değeri % 3,8'dir.

Aşınma direnci test sonuçları için iki yönlü tesadüfi ANOVA ve SNK Test değerleri için F-testi ile ilgili p-değerleri Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7'de verilen ANOVA testinin sonuçları farklı kaplama ipliklerine sahip kompozit ipliklerin kütle kaybı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Ayrıca farklı çaplara sahip metal teller ile üretilen kompozit ipliklerin kütle kaybı değerleri arasında da anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.7. Kütle kaybı için ANOVA sonuçları

KÜTLE KAYBI İÇİN ANOVA SONUÇLARI				
Kaynak		dF	F	p-value
Temel Etki	Kaplama İplik Türü (C)	6	31,588	0,000
	Metal Tel Çapı	1	58,155	0,000
Etkileşim	C x D	6	2,863	0,027

Bu anlamlı farklılıklar, kütle kaybında kaplama iplik tipi ve metal tel çapı arasındaki etkileşimin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı seviyede olduğunu göstermiştir.

Çizelge 5.8’de verilen SNK test sonuçları farklı kaplama iplik tiplerine sahip kompozit ipliklerin farklı kütle kaybı değerlerine sahip olduklarını ortaya koymuştur.

Çizelge 5.8. Kütle kaybı için SNK testi sonuçları

KÜTLE KAYBI İÇİN STUDENT-NEWMAN-KEULS TESTİ		
Parameteler		Kütle Kaybı Oranı, %
Kaplama İplik Türü (C)	Sürekli Filament Polyester	0,84 a
	Sürekli Filament Poliamit 6,6	1,39 b
	Polyester/Polyester Core-Spun	1,77 c
	Polyester Kesik Elyaf	1,87 c
	Polyester/Pamuk Core-Spun	2,37 d
	Polipropilen	2,49 d
	Pamuk	3,26 e
Metal Tel Çapı (D)	50 μ	1,78 a
	100 μ	2,22 b

Kaplama iplik türlerine göre değerlendirildiği zaman sürekli filament polyester kaplı kompozit iplikler % 0,84 kütle kaybı değerine sahip iken kaplama iplik türü pamuk olan kompozit iplikler % 3,26 kütle kaybı değerine sahiptir. Bu nedenle sürekli filament polyester kaplı kompozit ipliklerin pamuk kaplı kompozit ipliklere göre daha az kütle kaybı değerine sahip olduğu görülmüştür.

Kaplama iplik türü, kompozit ipliklerin öz kısmında kullanılan farklı metal tel çapına bağlı olarak % 70-77 oranında kütle kaybı değerlerinde azalma sağlamıştır.

Bu çalışmada birinci ve ikinci kaplama ipliklerinin büküm miktarı gibi kompozit ipliklerin yapısal parametreleri sabit tutulmuştur. Bu da açıkça göstermiştir ki, kompozit ipliklerin kaplama iplik türünün ipliklerin aşınma davranışı üzerinde büyük bir etkisi vardır. Bu bağlamda, kaplama iplik malzemesinin sabit üretim koşullarında kompozit ipliklerin yüzey özelliklerini etkilemektedir.

Çizelge 5.8’de verilen SNK test sonuçlarına bakıldığında, farklı çaplarda metal tellere sahip kompozit iplikler arasında anlamlı seviyede farklı kütle kaybı değerleri olduğu ortaya çıkmıştır. 100 µ metal tel çapına sahip olan ipliklerde kütle kaybı % 2,22 iken, 50 µ metal tel içeren kompozit ipliklerde kütle kaybı % 1,78’dir. Şekil 5.6’e bakıldığında; 100 µ metal tel içeren kompozit ipliklerin kütle kaybı değerlerinin 50 µ metal tel içeren kompozit ipliklerden daha fazla olduğu görülmektedir.

Kompozit ipliklerde kullanılan metal tel çap farklılığı, kaplama iplik türüne bağlı olarak % 8-40 oranında kütle kaybı değerlerinde artışa neden olmuştur.

Bu bulgulara göre, kompozit ipliklerin aşınma direnci paslanmaz çelik tel çapının artmasıyla anlamlı bir şekilde azaldığı sonucu çıkarılabilir. Ancak bu durumda kompozit ipliğin diğer yapısal parametrelerinin (büküm, sarım) üretim sırasında hep sabit olduğuna dikkat edilmelidir.

Tüm bu sonuçlar, kaplama ipliklerin sarım sayısı sabit olmak üzere, metal tel çapındaki artış aşınma testi sırasında aşındırıcı güç ile kaplama ipliklerinin kaymasına yol açmaktadır. Böylece aşınmaya karşı direnç azalmakta ve kütle kaybı artmaktadır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların genel bir değerlendirmesi yapılacak olursa:

İstatistiksel testlere göre, kaplama iplik türünün ve özdeki metal tel çapının kompozit ipliklerin aşınma direnci, sürtünme katsayısı, mukavemet ve rijitlik gibi fiziksel özellikleri üzerinde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Kaplama iplik tipi kompozit ipliğin yüzey özelliklerini etkilemektedir. İstatistiksel testler sonucunda da farklı çaplara sahip metal tel içeren kompozit ipliklerin farklı kütle kaybı değerlerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Filament iplikler ile kaplanan kompozit ipliklerde kütle kaybı; kullanılan kaplama ipliklerinin içermiş olduğu yağ kaybı ile gerçekleşmiş olduğu

düşülmektedir. Kesikli kaplama iplikleri ile elde edilen kompozit ipliklerde ise yağ kaybı ve lif kayıpları ile oluştuğu düşülmektedir. Elde edilen kütle kayıpları göz önüne alındığında kullanılan yağların kütle kaybı üzerinde olumlu etkisinin olduğu görülmüştür.

Kompozit ipliklerin aşınma direnci, özdeki SS metal tel çapındaki artış ile anlamlı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuç metal tel çapının sabit sarılmış sayımda artması kaplama ipliklerin aşınma testi sırasında aşındırma kuvvetiyle daha kolay kaymasına neden olmasına bağlanabilir. Böylece aşınmaya karşı direnç azalmakta ve kütle kaybı artmaktadır. Çapraz sarımlı kompozit iplik yapısında metal telin öz bileşen olarak bulunması, ipliklerin sürtünme değerleri arasında kayda değer bir düşüşe neden olmuştur. Farklı çaplarda metal tel içeren kompozit iplikler istatistiksel olarak farklı sürtünme katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Kompozit ipliklerin sürtünme katsayıları SS metal tel çapının artmasıyla belirgin bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Bu artışın nedeni, sabit büküm göz önüne alınarak, metal tel çapının artması, ipliği sertleştirmesi olarak söylenebilir.

Kompozit ipliklerin öz bileşen olarak daha kalın metal tellerin kullanılması elde edilen kompozit ipliğin mukavemet değerleri arttırdığı tespit edilmiştir. Daha sert ve kalın öz bileşenin bulunması kopma işi ve kopma mukavemetlerini arttırmıştır. Farklı çaplara sahip metal tel içeren kompozit iplikler istatistiksel olarak farklı sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Kompozit ipliklerin rijitlik değerleri, metal tel çapının sabit sarım altında, öz bileşen çapının artması kompozit ipliği daha sert hale getirmesinden kaynaklandığından ipliğin rijitliğinin artmasına neden olmuştur.

Fiziksel parametrelerden en belirgin bulgu, iplik mukavemeti, kopmada uzama ve kopma işi değerlerinin farklı kaplama iplik tiplerinden etkilendiği tespit edilmiştir. Bu durum kaplama iplik tipinin paketleme verimliliği sebebiyle mukavemet üzerinde pozitif etki göstermiştir. Farklı kaplama iplik tiplerine sahip kompozit ipliklerin istatistiksel olarak farklı rijitlik değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Bu durum kaplama ipliğinin rijitlik üzerindeki etkisini azaltabilir.

Araştırma sonucunda elde edilen kompozit ipliklerin sertlik özellikleri değerlendirildiğinde; kompozit ipliklerin 50 µm'dan daha kalın metal tel içermesi giyilebilirlik açısından olumsuz etki oluşturacağı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle metal tel içerikli kompozit ipliklerin içermiş olduğu metal tel kalınlığı hazır giyimde ve teknik giysilerde giyim konforunu etkileyen önemli bir parametre olacaktır. Bu tespitler ışığında hazır giyim vb. ürünler için 50 µm ve daha ince metal tel çapına sahip kompozit ipliklerin kullanılmasının giyim konforu açısından daha uygun olacağı düşünülmektedir. Ancak dekoratif ve moda amaçlı kullanım amacına ve elde edilmek istenen efekte göre daha kalın metal tel içeren kompozit iplikler kullanılabilir. Burada istenilen amaç ve kullanım konforu birlikte düşünülmelidir.

Araştırmanın test işlemleri sırasında iki farklı kalınlıkta tel içeren kompozit ipliklerin numune çorap örme makinesinde örülebilirlikleri denenmiştir. 100 µm metal tel içeren kompozit iplikler örmede zorluk oluşturmuştur. Bu nedenle bu tür kompozit ipliklerin örülmesi sırasında örme sıklığı, iğne tipi vb. kriterlerin iplik tipine göre optimizasyonu yapılması örülebilirliği sağlayacaktır. Ancak daha ince metal tel içeren kompozit iplikler kalın metal tel içeren kompozit ipliklere nazaran daha kolay örülebilmektedir.

Son olarak, bu ipliklerin diğer fiziksel özellikleri üzerine kompozit iplik parametrelerinin etkisinin belirlenmesi için daha fazla çalışma yapılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Vurgulanması gereken fiziksel özellikler büzülme, iplik canlılığı, aşınma dayanımı, sertlik, mukavemet, iletkenlik özellikleridir. Elde edilen bu tür kompozit iplikler; hazır giyim, teknik giysiler (elektrik işçi giysileri vb.), dekoratif ve moda amaçlı kumaşlar, akıllı tekstiller, antistatik ve ESD amaçlı kumaşlar, elektromanyetik kalkanlama amaçlı tekstiller ve antistatik özellik istenen tekstil dışı vb. alanlarda kullanılması öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Altaş, S., 2006. İletken Özellikteki Metal İpliklerin Üretim Yöntemleri, *Tekstil & Teknik*, Haziran, 162-176.

Altaş, S., Kadoğlu H., 2009. İplik- İplik ve İplik- Metal Sürtünme Katsayısı ile Bazı İplik Özellikleri Arasındaki İlişki. *Tekstil ve Mühendis*, (73- 74), 2-5.

Anmaç, E., 2004. Tekstilde Kullanılan Lifler, Özellikleri ve Kullanım Alanları Kitabı'', *Dokuz Eylül Yayınları*, İzmir, 170.

Anonim, 2014. www.bekaert.com-(Erişim Tarihi: 2014).

Anonim, 2014. http://www.koolonfiber.com/en/Product_info.php?id=7-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. http://www.stainlesssteelyarn.com/stainless_steel_yarn/stainless_steel_wire/stainless_steel_wire_stainless-steel-wire-drawing-machine.html-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. www.metal-yarn.com-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. http://www.stainlesssteelyarn.com/stainless_steel_yarn/stainless_steel_wire/stainless_steel_wire_stainless-steel-wire.html-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. http://www.intram micron.com/tech_metalfiber.php-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <http://metallurgyfordummies.com/advanced-composite-materials>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/MetalKardes.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB0146DD8A1CB95D150>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <http://turkish.alibaba.com/product-gs/0-6mm-aluminum-magnesium-alloy-wire-539760039.html>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. http://www.kareltel.com.tr/kareltel_katalog.pdf-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <http://www.elektrosan.com.tr/index.html>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <https://www.alibaba.com>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <http://www.agteks.com>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2014. <https://www.james-heal.co.uk/en/crockmaster>-(Erişim Tarihi: 2014)

Anonim, 2015. http://www.saprumachines.com/sz_covering.html-(Eirişim Tarihi: 2014)

ASTM D3412-7 Standard Test Method for Coefficient of Friction, Yarn to Yarn Friction, 1.5, 1.6.

Babaarslan O., Baykal D.P., 1998. Tekstilde İçi Boş İğ Tekniği İle Üretilen Katlı (Sargı) İplik Çeşitleri Ve Uygulama Alanları, *Tekstil & Teknik Dergisi*, 43-48.

Balçı, G., Sülar V., 2009. İpliklerde Sürtünme Özelliği: Önemi ve Ölçüm Yöntemleri, *Tekstil ve Mühendis*, (73- 74), 7- 15.

Can M., 2008. Metal Filament Takviyeli Çekirdek İpliklerden Üretilmiş Kumaşların Mekanik ve Elektromanyetik Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Chattopadhyay, R., Banerjee, S., 1996. The Frictional Behaviour of Ring-, Rotor-, and Friction-spun Yarn, *Journal of Textile Institute*, Vol.: 87, Part 1, No. 1, pp: 59-67.

Chen, H.C. , Lee, K.C., Lin, J.H., Koch, M., 2007. Comparison of electromagnetic shielding effectiveness properties of diverse conductive textiles via various measurement techniques. *Journal of Materials Processing Technology*, 192-193, 549-554.

Cook, J.G., 1968. Man-Made Fibers, *Handbook of Textile Fibers*, 728-756.

Cheng, K.B., Ramakrishna, S., Lee, K.C., 2000. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Copper/Glass Fiber Knitted Fabric Reinforced Polypropylene Composites. *Composites:Part A*, 31, 1039-1045.

Derdiyok, U., 2007. Metal Lif Takviyeli Pamuk İpliklerinden Üretilmiş Örme Kumaşların Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ersoy M.S., Önder E., 2008. Shielding Textiles against Electromagnetic Radiation. *Nonwoven Technical Textiles*, 18(1), 52- 61.

Galuszynski, S., Ellis, P., 1983. Frictional Forces in the Heald Eye, *Textile Research Journal*, 53(8), 462-468.

Ghosh, A., Patanaik A., Anandjiwala, R.D., Rengasamy, R.S., 2008. A Study on Dynamic Friction of Different Spun Yarns, *Journal of Applied Polymer Science*, 108, 3233- 3238.

Göktepe Ö., 2010. Etkin Elektromanyetik Koruyucu Örme Kumaş ve Örme Kumaş Destekli Kompozit Yapıların Geliştirilmesi. Tübitak projesi-107M368 nolu proje, Tekirdağ.

Huang, C.H., Lin, J.H., Yang, R.B., Lin, C.W., Lou, C.W. 2012. Metal/PET composite knitted fabrics and composites: Structural design and electromagnetic shielding effectiveness. *Journal of electronic materials*, 1-7.

Jarvis B.C., 2010. Surface Optimization Of High Density Polyethylene And Carbon Nanofiber Composites For The Improvement Of Electromagnetic Shielding Effectiveness. *Masters Abstracts International*, 49(04), 2682.

Jiayang, C., Xinwei, Z., 2006. A Study On Relation Between Resistance And Temperature Of Stainless Steel Fiber And Its Fabric. *Rare Metal Materials and Engineering*, November, (35): 1753-1756.

Kadoğlu H., Duran D., 2012. A Research on Electromagnetic Shielding With Copper Core Yarns, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 354-359.

Kadoğlu H., 2010. Investigation of the use of conductive fibres and yarns in the production of high value added textile products in various application areas. Tübitak-ARSS Bilateral Proje-107M225 nolu proje, Türkiye ve Slovenya.

Kalyanaraman, A.R., 1988. Yarn-Friction Studies with the SITRA Friction-Measuring Device, *Journal of the Textile Institute*, 79(1), 147-151.

Kutlu, B., Cireli, A., Özyüzer, L., Meriç, Z., Selamet, Y., 2010. Miknatıssal Saçtırma Sistemi İle Metal Kaplanan Polipropilen Liflerin Antistatik Ve Antibakteriyel Özellikleri. *Tekstil ve Mühendis*, 78,1-5.

Latifi, M., Payvandy, P., Chimeh, Y.M., 2010. Electro- Conductive Textile Yarns, *Woodhead Publishing Limited*, 298- 326.

Liu, L., Chen, J., Zhu, B., Yu, T.X., Tao, X.M., Cao, J., 2006. The yarn-to-yarn Friction of Woven Fabrics. *Proceeding of 9 International ESAFORM Conference on Materials Forming*, April 26–28, Glasgow, UK.

Lou, C.W., 2005. Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire. *Textile Research Journal*, (75) : 466.

Lou, C.W., Liu, Hsing, H.H., 2007. Process And Anti-electrostatic Properties Of Knitted Fabric Made From Hybrid Staple/metallic-core Spun Yarn. *Journal Of Advanced Materials*, January, (39) : 11-16.

Lou, C. W., Lin, C. M., Hsing, W. H., Chen, A.P., Lin, J.H., 2011. Manufacturing Techniques and Electrical Properties of Conductive Fabrics with Recycled Polypropylene Nonwoven Selvage. *Textile Research Journal*, 81(13), 1331.

Lin, J. H., Lou, C. W. 2003. Electrical Properties Of Laminates Made From A New Fabric With PP/Stainless Steel Commingled Yarn, *Textile Research Journal*, April, 322.

Mark, H.F., Atlas, S. M., Cernia, E., 1965. Man-Made Fibers, *Science on Technology Book*, 487-489.

Örtlek, H.G., Kiliç, G., Okyay, G., Bilget, Ö. 2011. Paslanmaz Çelik Tel İçerikli Özlü İplik Üretimi İçin Farklı Ring Eğirme Metodlarının İncelenmesi. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 21(3).

Örtlek, H. G., Kiliç, G., Okyay, G., Bilget, Ö. 2012. Investigation Of Electromagnetic Shielding And Comfort Properties Of Single Jersey Fabrics Knitted From Hybrid Yarns Containing Metal Wire. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 22 (2), 90-101.

Palamutçu S. Dağ, N., Özek, A., Karpuz, C., 2010. Elektromanyetik Kalkanlama Özelliği Olan Tekstil Yüzeylerinin Üretimi ve Yüzeylerin Kalkanlama Etkinlik Alanının Araştırılması. Tübitak projesi-107M454 nolu proje, Denizli.

Rajendrakumar K., Thilagavathi, G.,2013. A study on the effect of construction parameters of metallic wire/core spun yarn based knitted fabrics on electromagnetic shielding, *Journal of Industrial Textiles*, 42(4), 400-416.

Ramachandran, T., Vigneswaran, C., 2009. Tenacity and Breaking Extension of Cotton Covered Copper Open-End Friction-Spun Yarns ”, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, June, pp: 179-182.

Rankumar, S.S., Shastri, L., Tock, R.W., Shelly, D.C., Smith, M.L., Padmanabhan, S., 2003. Experimental Study of the Frictional Properties of Friction Spun Yarns, *Journal of Applied Polymer Science*, 88, 2450-2454.

Richardson, A.E., Fallow, C., 2006, “Crack Control in Screed Using A142 Steel Fabric or Mixed Structural Polypropylene Fibres with Regard to Toughness and Residual Strength”, *Structural Survey*, Vol.24, Issue 4, pp. 319-331

Sıgnak, N., 2008. Metal Filament İçeren İpliklerden Dokunmuş Kumaşların Performans Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Svetnickenè, V., Čiukas, R., 2006. Technical and Classical Yarns Friction Properties Investigation, *Mechanika*, 4 (60), 54-58.

Tokarsky, E.W., 2000. Measured Electromagnetic Shielding Characteristics Of Fabric Made From Metal Clad Aramid Yarn And Wire. IEEE International Symposium On Electromagnetic Compatibility, August, 883-886.

Ueng, T. H.; Cheng, K.B. 2001. Friction Core-Spun Yarns For Electrical Properties Of Woven Fabrics, *Elsevier Science Ltd. Composites*, Part A 32, 1491-1416.

Xiaoming, T., Jianyong, Y., 2006. Study On The Relation Between Resistance And Strain Based On Stainless Steel Fabric. *Rare Metal Materials and Engineering*, January, (35) : 96-99.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Hüseyin AYTAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi :İskenderun; 25.10.1989
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Emir Sultan Lisesi (2003-2006)
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Çalıştığı Kurum ve Yıl : Bursa Teknoloji Koordinasyon ve Arge Merkezi,
BUTEKOM (2015-halen)
İletişim (e-posta) :haytas89@gmail.com

Yayınları

:

1-Çeven, E.K., Aytas, H., Çeven, N. 2014. Yeni Binalar İçin Bazalt Lif Takviyeli Kompozitlerin Tasarımı, UTİB Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe VI. Uluslararası AR-GE Proje Pazarı, Bursa, Türkiye, ISBN: 978-605-85527-2-2, 163-164.

2-Çeven, E.K., Aytas, H. 2014. Investigation of Yarn to Metal Friction Properties of Composite Yarns Containing Stainless Steel Wire. AUTEX 2014 14th World Textile Conference, Bursa, Turkey, ISBN: 978-605-63112-4-6, 141.

3-Çeven, E.K., Aytas, H. 2016. Investigation of Tensile and Stiffness Properties of Composite Yarns with Different Parameters. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 4 (118): 51-58.

4-Çeven, E.K., Aytas, H. 2016. An Investigation into the Parameters Influencing the Abrasion and Friction Properties of Composite Yarns Containing Metal Wire, *Industria Textila*, 67(1): 17-24