

## PAPER DETAILS

TITLE: EGİRME SİSTEMİNİN İPLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

AUTHORS: Musa KILIÇ, Gonca BALCI KILIÇ, Ayse OKUR

PAGES: 22-34

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/137252>

# EĞİRME SİSTEMİNİN İPLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Musa KILIÇ\*  
Gonca BALCI KILIÇ  
Ayşe OKUR

Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü  
35160 Buca-İZMİR

## ÖZET

Bu çalışmada, farklı eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin özellikleri, ilgili literatürün ışığında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında, günümüzde yaygın olarak kullanılan ring, kompakt, rotor, air-jet, vortex ve friksiyon eğirme sistemleri üzerinde durulmuştur. Son yıllarda geliştirilen kompakt, rotor, air-jet, vortex ve friksiyon eğirme sistemleri, gerek üretilen ipliklerin özelliklerindeki çeşitli avantajlar ve gerekse de üretim hızları sayesinde öne çıkmış ve kısa zamanda ticarileşmiştir. Bununla birlikte, ring iplikçiliği günümüzde hâlâ en yaygın kullanılan sistemdir ve referans yöntem olarak kabul edilmektedir. Literatür genel olarak değerlendirildiğinde, en az tüylü ipliklerin vortex, en düşük düzgünsüzlük ve en yüksek mukavemet değerlerine sahip ipliklerin kompakt ve en çok uzama yeteneğine sahip ipliklerin de friksiyon eğirme sistemlerinde üretildiği söylenebilir. Ayrıca, kompakt iplikler en düşük sürtünme katsayısı değerlerine sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Eğirme Sistemi, Tüylülük, Düzgünsüzlük, Mukavemet, Sürtünme

# EFFECTS OF SPINNING SYSTEM ON YARN PROPERTIES

## ABSTRACT

In this study, the properties of yarns spun in different spinning systems were compared in the light of the literature. Ring, compact, rotor, air-jet, vortex and friction spinning systems were evaluated within the scope of the work. Compact, rotor, air-jet, vortex and friction systems, developed in recent years, have become important through some advantages in yarn properties and production speeds. However, ring spinning is still the most widely used system and it is also accepted as the reference method. A general evaluation of the literature may conclude that vortex yarns are the least hairy, compact yarns are the most even and the strongest and friction yarns have the best elongation. Furthermore, compact yarns also have the least friction coefficient values.

**Keywords:** Spinning System, Hairiness, Unevenness, Strength, Friction

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: [musa.kilic@deu.edu.tr](mailto:musa.kilic@deu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

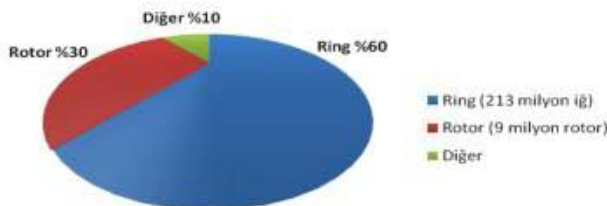
Günümüzde pek çok farklı iplik eğirme sisteminden söz etmek mümkündür. Bu eğirme sistemlerinden bazıları henüz

deneme aşamasında olmakla birlikte, bazıları ise ticarileşmiş ve pazardaki yerlerini almıştır. Tablo 1'de bilinen bazı eğirme sistemlerinin sınıflandırılması görülmektedir.

**Tablo 1.** Eğirme sistemlerinin sınıflandırılması [1]

| Eğirme Teknolojisi       | Yöntem                                                                                                     | Eğirme Sırasında Büküm Verme Şekli | Lifleri Bir Arada Tutma Tekniği | Ticari Adı                 |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Ring İplikçiliği         | Tek fitilin bükümü ile                                                                                     | Gerçek                             | Büküm: S ya da Z                | Çeşitli                    |
|                          | İki fitilin katlı bükümü ile                                                                               | Gerçek                             | Büküm: S ya da Z                | Sirospun/Duospun           |
| Open-End İplikçiliği     | Rotor İplikçiliği                                                                                          | Gerçek                             | Büküm: Z + sarma                | Çeşitli                    |
|                          | Friksiyon İplikçiliği                                                                                      | Gerçek                             | Büküm: Z + sarma                | DREF II                    |
| Self-Twist İplikçiliği   | Sağa-sola hareketli ovalama silindirleri arasından geçen ipliğin, yine ovalama silindirleri ile katlanması | Yalancı                            | S ve Z büküm                    | Repcos                     |
| Sarma (Wrap) İplikçiliği | Self-twist ipliğe filament sarma                                                                           | Yalancı                            | S ve Z + filament sarma         | Selfil                     |
|                          | Oyuk iğ ile                                                                                                | Yalancı                            | Sarma                           | Parafil                    |
|                          | Hava jeti ile                                                                                              | Yalancı                            | Sarma + büküm                   | DREF III, MJS, MVS, Plyfil |
| Bükümsüz                 | Su esaslı yapıştırma                                                                                       | Yalancı                            | Yapıştırma                      | Twilo                      |
|                          | Reçine esaslı yapıştırma                                                                                   | Yalancı                            | Yapıştırma                      | Bobtex                     |
|                          | Yaş keçeleştirme                                                                                           | Sıfır                              | Keçeleştirme                    | Periloc                    |

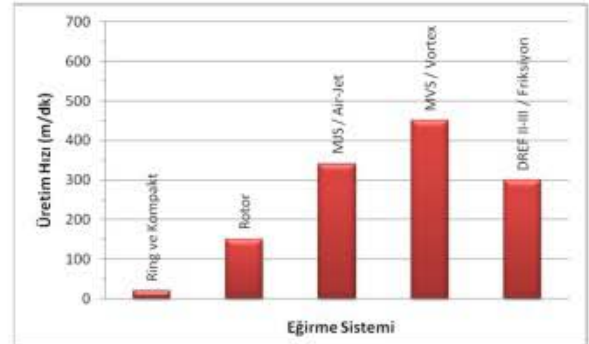
Bugün dünyada en yaygın kullanılan ve geleneksel eğirme sistemi olarak da bilinen eğirme teknolojisi ring iplikçiliğidir. Ring iplikçiliği, yaklaşık 210 milyon iğlik kapasitesiyle dünya genelinde kısa lif iplik üretiminin %60'ını karşılamaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Dünya kısa lif iplik üretimi [2]

Ancak, diğer eğirme sistemleriyle karşılaştırıldığında ring iplikçiliğindeki üretim hızının oldukça düşük olduğu görülmektedir (Şekil 2). Ayrıca, gerek üretim sürecindeki ara kademelerin çokluğu ve gerekse de kops olarak sarılan ipliğin miktarı gibi ekonomik sebeplerden dolayı günümüzde farklı eğirme sistemlerinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır.

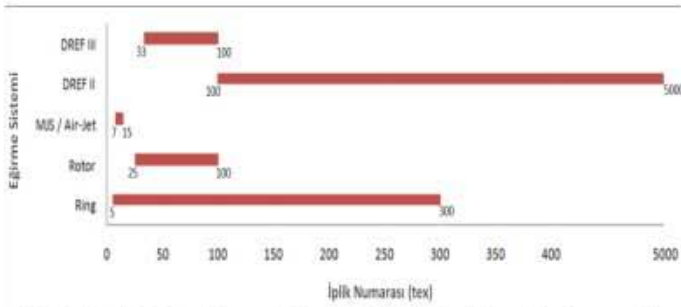
Bir iplik işletmesi için makina seçimi yapılırken ve/veya bir ipliğin üretilmesi kararında uygun eğirme sisteminin belirlenebilmesi için dikkat edilecek kriterlerin başında eğirilecek lifin cinsi, üretilen ipliğin numarası, sürecin ekonomikliği ve en önemlisi de üretilen ipliğin kullanım alanı gelmektedir.



**Şekil 2.** Eğirme sistemlerinin üretim hızları [1,3 ve 4]

Şekil 3'te farklı eğirme sistemlerinin üretebileceği numara sınırları görülmektedir. Bununla birlikte, son kullanım alanları için istenen bazı özelliklerin ön plana çıkarılmasında farklı eğirme sistemlerinde üretilen iplik özelliklerinin belirleyici rol oynadığı da bilinmektedir. Örneğin, daha iyi boncuklanma özelliği istenen bir kumaş için daha az tüylü olan vortex iplikleri tercih edilebilir [5-8].

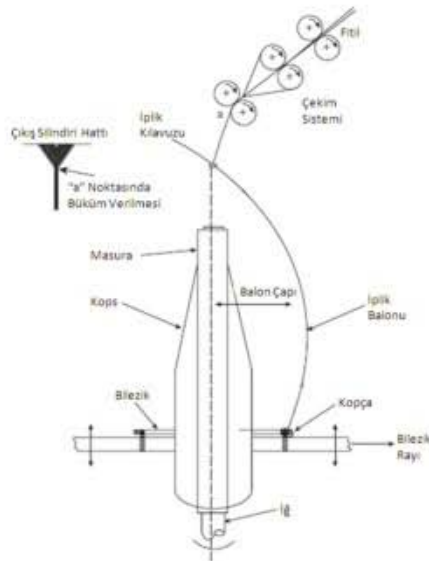
Bu çalışmada, farklı eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin özelliklerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, günümüzde yaygın olarak kullanılan ring, kompakt, rotor, air-jet, vortex ve friksiyon eğirme sistemleri incelenmiş ve bu eğirme sistemlerinde üretilen iplikler literatürün ışığında tüylülük, düzgünsüzlük, mukavemet ve sürtünme özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Farklı eğirme sistemlerinin üretebileceği ekonomik numara sınırları (tex) [1 ve 9]

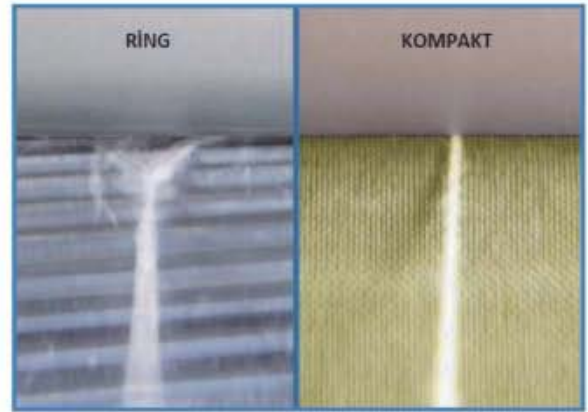
## 2. RİNG VE KOMPAKT EĞİRME SİSTEMLERİ

Ring iplikçiliği, 18. yüzyılda geliştirilmiş ve günümüzde de en yaygın biçimde kullanılan eğirme teknolojisidir. Bu eğirme sistemiyle pamuk, keten, yün gibi doğal lifler kullanılarak iplik üretilen gibi kesikli sentetik ve rejenere lifler kullanılarak da iplik üretilir. Sistemin çalışma prensibi temel olarak, paralel hale getirilmiş olan lif kütlesinin sırasıyla bant ve fitil formuna getirildikten sonra bir çekim sisteminden geçirilip bilezik ve kopça yardımıyla büküm verilerek bir kops haline dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır. Şekil 4'te bir ring iplik eğirme ünitesi şematik olarak gösterilmektedir.



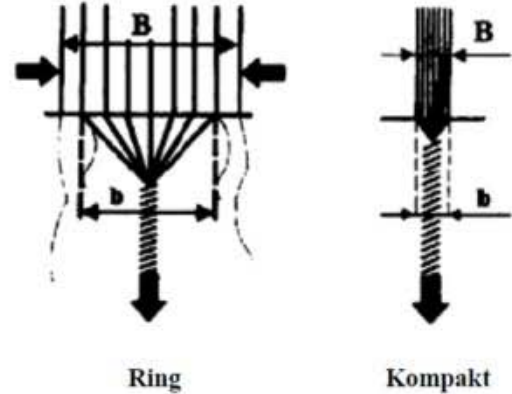
Şekil 4. Ring iplik eğirme ünitesi [1]

Kompakt eğirme sistemi, ring eğirme sisteminin değişikliğe uğramış halidir. Kompakt eğirme sisteminde, ring ipliği üretimi sırasında çekim sistemi çıkışında oluşan eğirme üçgeninin yok edilmesi amaçlanmıştır ve bunun için çıkış silindirinin yakınına pnömomatik bir sistem yerleştirilerek hava akışı ile bu üçgen yok edilmeye çalışılmıştır (Şekil 5). Kompakt iplik makinası ile ilgili çalışmalar ilk kez 1995 yılında Rieter firması tarafından yapılmıştır. Bu eğirme sistemi ile ilgili "New Spinning Process ComforSpin" başlıklı ilk makale ise 2000 yılında Melliand Int.'da Dr. Ernst Fehrer tarafından yayınlanmıştır.



Şekil 5. Ring ve kompakt ipliklerin çıkış silindirini terk ederken görünüşleri [10]

Cheng ve Yu [11], çalışmalarında kompakt iplik eğirme sisteminin çalışma prensibini araştırmışlar ve Rieter ComforSpin K40 kompakt iplik makinasında üretilen Com4 ipliği ile geleneksel ring ipliği arasındaki yapısal farklılıkları karşılaştırmışlardır. Genel olarak ring ipliği ile kıyaslandığında Com4 ipliğinde yüksek kopma mukavemeti ve düşük tüylülük değerlerinin öne çıktığı görülmüştür. Bunun başlıca sebebi ise ring ipliğine kıyasla daha düzgün lif yerleşimi ve liflerin iplik yapısına daha fazla entegre oluşudur (Şekil 6).



Şekil 6. Geleneksel ring ipliği eğirme ve kompakt iplik eğirme [11]

Kompakt iplik ve ring ipliği sık rastlanan hatalar açısından karşılaştırıldığında, ince yer açısından iki iplikte de bir farklılık olmadığı ancak kalın yer ve neps sayısının kompakt iplikte daha fazla olduğu görülmüştür. Çünkü kompakt iplik makinasının çekim sisteminde silindirler birbirlerinden daha uzaktır ve bu da kısa liflerin düzgün bir şekilde ilerlemesini engellemektedir. Bu bir teknik kısıtlamadır ve kompakt iplik üretiminde daha uzun lif kullanımını gerektirmektedir. Öte yandan düzgünsüzlük değeri kompakt iplikte daha düşük çıkmıştır. İki iplik türü tüylülük açısından değerlendirildiğinde ise kompakt ipliğin ring ipliğine göre daha az tüylü olduğu görülmüştür. Ancak bu etki iplik kalınlaştıkça azalmaktadır. Yazarlar bunun iki sebebi olabileceğini ileri sürmüşlerdir; birincisi kompakt iplik makinasındaki hava akım sisteminin kesit alanında daha az lif bulunan ipliklere daha çok etki etmesi, ikincisi ise kalınlaşan iplikte hava akımının etki ettiği birim alanın artmasıdır.

Kompakt iplik ve ring ipliği kopma mukavemeti ve uzaması açısından değerlendirildiklerinde ise Com4 ipliğinde bu iki değerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak kompakt ipliğin çeşitli özellikleri ring ipliği ile karşılaştırılmış, ancak bu teknolojinin çeşitli kısıtları olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sistem kullanılarak daha iyi özelliklere sahip iplik üretebilmek için Ne 60-80 arasında numaralarda ve daha uzun lifli pamuklarla çalışmanın daha avantajlı olacağı belirtilmiştir.

Kılıç [12], çalışmasında iplik çapı ve değişimi ile iplik mukavemeti arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Bunun için aynı harmandan üç farklı numara ve her biri üç farklı büküm seviyesinde dokuz tip %100 pamuk penye ring ipliği ve farklı numara ve büküm seviyelerinde dokuz tip %100 yün kamgarn ipliği kullanmıştır. Elde edilen bulgular korelasyon ve regresyon analizleri yapılarak değerlendirilmiş ve iplik mukavemeti ile iplik çapı ve çap değişimi arasında istatistiksel açıdan önemli korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Bulunan ilişkilerin yün ipliklerinde pamuk ipliklerine göre daha kuvvetli olduğu gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada iplik çapı ile büküm arasındaki ilişkiler, iplik çapı değişimleri ile büküm değişimleri ve mukavemet değişimleri arasındaki ilişkiler, iplik çapı değişimi ile optik ve kapasitif düzgünlükler arasındaki ilişkiler de incelenmiş ve iplik mukavemetini ölçülen diğer özelliklerden tahminlemeyi sağlayacak çoklu regresyon modelleri oluşturulmuştur.

Basal ve Oxenham [13], çalışmalarında kompakt ve ring ipliklerinin özelliklerini karşılaştırmışlardır. Bunun için  $\alpha_c = 2,8, 3,2, 3,6, 4,0$  ve  $4,4$  büküm katsayılı, %100 pamuk ve %50-%50 PES-pamuk karışımı ring ve kompakt iplikler kullanmışlardır. İplik özelliklerini Uster Tester 3 ve Uster Tensorapid kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, kompakt ipliklerin ring ipliklerine göre daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olduğunu ve bunun sebebinin ise yüksek lif göçü hızı olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak yüksek büküm seviyelerinde ve %50-%50 PES-pamuk karışımlarında iki iplik tipi arasındaki mukavemet farkının azaldığı görülmüştür. Tüylülük açısından bir değerlendirme yapıldığında, %100 pamuk ve %50-%50 PES-pamuk karışımı ipliklerin her ikisinde de büküm seviyesinin ve eğirme sisteminin etkisi istatistiksel olarak önemlidir. Kompakt ipliklerin tüylülükleri ring ipliklerine göre daha azdır ve her iki iplik tipinde de büküm katsayısı arttıkça tüylülük azalmaktadır. Her iki eğirme sistemi düzgünlük açısından değerlendirildiğinde ise karışım durumu ön plana çıkmaktadır. %50-%50 PES-pamuk karışımı kompakt ve ring ipliklerinin büküm seviyesi arttıkça ince yer ve kalın yer sayıları azalmaktadır ve bu değerler açısından kompakt iplikler ring ipliklerine göre daha iyidir. Öte yandan düzgünlük değerleri açısından kompakt iplikler sadece düşük büküm katsayıları söz konusu olduğu zaman ring ipliklerinden daha iyidir. %100 pamuk kompakt ve ring ipliklerinde ise neps sayıları hariç, büküm seviyesinin düzgünlük ve sık rastlanan hatalar üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür. Ayrıca eğirme sistemi farklılığının

etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu durumun deney tekrarının az olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

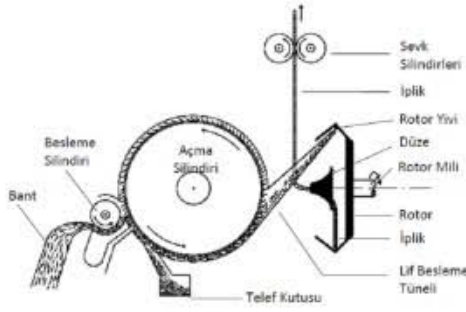
Xia ve ark. [14], çalışmalarında Photoshop programı ve görüntü analizi yardımıyla %100 pamuk ring iplikleri ve kamgarn ring ipliklerinin düzgünlük ve tüylülükleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmalarında, ipliğin yüzey tüyleri ve gövde olmak üzere iki bölümden oluştuğunu ve iplik düzgünlüğünün de iplik yüzey düzgünlüğü ve gövde düzgünlüğü olarak iki bölümde incelenebileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada, iplikteki kütle değişimi  $CV_1$ , gövdedeki kütle değişimi  $CV_2$  ve yüzey tüylerindeki kütle değişimi  $CV_3$  olarak adlandırılmış ve düzgünlük ile tüylülük arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak amacıyla matematiksel bir model geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, halka yapan tüylerin bir uçlarının çoğunlukla ince bölgelerde olmasından dolayı tüylülüğün ipliklerin ince bölgelerinde daha fazla olduğu belirtilmiştir.  $CV_1$ ,  $CV_2$  ve  $CV_3$ 'nin detaylı olarak incelenmesiyle birlikte en yüksek iplik tüylülüğünün iplik gövdesinin en kalın olduğu bölgelerde gerçekleşmeyebileceği bildirilerek iplik gövdesindeki tüylülüğün gerçek dağılımının tekrar incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yılmaz ve Usal [15], çalışmalarında ring, kompakt ve kompakt-jet eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin düzgünlük, tüylülük, mukavemet ve uzama özelliklerini karşılaştırmışlardır. Ring ve kompakt iplikçiliğine göre daha az yaygın olarak kullanılan kompakt-jet iplikçiliğinde, kompakt ünitesinin ve iplik kılavuzunun arasına bir hava düzesi yerleştirilerek kompakt ve jet-ring eğirme sistemlerinin avantajları birleştirilmiştir. Çalışmada, ipliklerin düzgünlük ve tüylülük değerleri sırasıyla Uster Tester 3 ve Zweigle G566 cihazları kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, kompakt-jet ipliklerinin kütle düzgünlüğü değerlerinin diğer tiplerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Tüylülük değerleri karşılaştırıldığında, ring ipliklerinin tüylülük değerlerinin en yüksek, kompakt-jet ipliklerin tüylülük değerlerinin ise en düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Mukavemet ve uzama özellikleri açısından bir değerlendirme yapıldığında ise kompakt ve kompakt-jet ipliklerin mukavemet değerlerinin ring ipliklerinden daha yüksek olduğu, uzama özellikleri arasındaki farkın ise istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirtilmiştir.

### 3. ROTOR EĞİRME SİSTEMİ

Rotor eğirme sistemi, 1963 yılında Çekoslovakya Pamuk Araştırma Enstitüsü'nde icat edilmiş ve geliştirilmiştir. Bu eğirme sistemi aynı zamanda open-end eğirme sistemi olarak da bilinmektedir. Rotor eğirme sisteminde, bant formundaki materyal bir rotor içerisine beslenir ve sonrasında bobin halinde iplik elde edilir (Şekil 7). Burada açma silindirisinin önemi oldukça fazladır. Açma silindiri bant formundaki materyali tek lif haline getirir ve lifler buradan hızla dönen bir rotor içerisine sevk edilir.

Merkezkaç kuvvetinin etkisiyle rotor yivine biriken lifler, rotor içerisine gönderilen ipliğin ucuyla birleştikleri anda büküm olarak iplik formuna girer ve sonra da bobin olarak sarılırlar. Rotor eğirme sisteminde fitil ve bobinleme ara kademelerinin olmayışı bu eğirme sistemini ring eğirme sistemine göre daha ekonomik kılmaktadır. Günümüzde bu eğirme sistemiyle 160.000 d/dk'ya varan rotor devirleriyle 150-350 m/dk üretim hızlarına ulaşılabilmektedir [4 ve 16].



Şekil 7. Rotor İplik Eğirme Sistemi [25]

Mohamed ve ark. [17], ring ve rotor ipliklerin tüylülüklerini ve çaplarını karşılaştırmışlardır. İpliklerin tüylülük ve çap ölçümleri optik yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, farklı numara (Ne 16, Ne 20, Ne 24, Ne 30 ve Ne 36) ve farklı büküm seviyelerinde ( $\alpha_c = 3,5$ ,  $\alpha_c = 4,0$ ,  $\alpha_c = 4,5$  ve  $\alpha_c = 5,0$ ) %100-%0, %75-%25, %50-%50, %25-%75 ve %0-%100 poliester-pamuk karışımı iplikler kullanılmış ve karışım oranı, iplik numarası ve büküm seviyesinin ring ve rotor ipliklerinin tüylülük ve çap değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, genel olarak aynı özelliklerdeki rotor ipliklerinin çapları ring ipliklerine göre %10 daha fazla bulunmuştur. Tüylülük açısından ise rotor iplikleri daha az tüylüdür, fakat bu ipliklerin tüylülük değişim katsayısı daha yüksektir. Büküm seviyesinin çap ve tüylülük değerleri açısından etkisi incelendiğinde, her iki iplikte de büküm seviyesi arttıkça çap azalmaktadır. Öte yandan, büküm seviyesi arttıkça rotor ipliklerinde tüylülük azalmakta, ring ipliklerinde ise önce azalmakta ancak daha sonra artmaktadır. Rotor ipliklerinin tüylülüklerinin azalması, büküm seviyesi arttıkça yüzeydeki halkalaşan liflerin iplik yapısına daha çok dâhil olmasıyla açıklanmaktadır. Bununla birlikte, artan büküm seviyesi ring ipliklerinde çıkıntı yapan lifleri iplik yapısına dâhil ederken, daha yüksek büküm seviyelerinde liflerin iplik eksenine yaptıkları açının artması sonucunda tüylülük de artmaktadır.

Sirang ve ark. [18], ring ve rotor ipliklerinin tüylülük ve çap değerleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Ne 16 %100 pamuk ring ve rotor iplikleri kullanılmıştır. İpliklerin tüylülükleri Doğu Çin Tekstil Teknolojisi Koleji'nde tasarlanan ve fotoelektrik yöntemle göre çalışan bir tüylülük ölçeri ile ölçülmüştür. Çalışmada, her iki tip iplik için de çıkıntı yapan liflerin uzunluk ve sayılarının frekans dağılımları incelenmiştir. Rotor ipliklerinin toplam tüy sayısı ve ortalama lif uzunluğu değerleri ile çok kısa ve çok uzun tüy oranı değerleri ring ipliklerine göre daha yüksek çıkmış-

tır. Ayrıca, rotor iplikler için bobinler arası tüylülük değişim katsayısı da ring ipliklerine göre daha yüksektir. Bobin içi değişim katsayıları açısından ise iki iplik tipi arasında önemli bir fark bulunamamıştır. İplikler çap açısından değerlendirildiklerinde ise rotor ipliklerinin çapları ring ipliklerine göre %6,7-%8,9 daha fazla çıkmıştır. Rotor ipliklerinin çap değişim katsayıları ring ipliklerine göre daha düşüktür. Her iki iplik tipinde de bobin içi çap değişim katsayısı, bobinler arası çap değişim katsayısından daha yüksektir.

Barella ve ark. [19], ring ve rotor sistemlerinde eğirilmiş %100 pamuk, %50-%50 pamuk-PES ve %100 PES ipliklerle yaptıkları çalışmalarında iplik bükümünün çap ve tüylülüğe etkilerini araştırmışlardır. Ring ipliklerini optimum büküm seviyesine kadar rotor ipliklerini ise optimum seviyenin daha yukarısında değerlerde bükmüşler ve sonuçta ring ipliklerinde büküm arttıkça doğrusal ve ters orantılı olarak çapın ve aynı şekilde tüylülüğün azaldığını gözlemlemişlerdir. Diğer taraftan rotor ipliklerinde optimum büküm seviyesinin üzerine çıkıldıkça bu etkilerin tersi yönde değiştiğini belirtmişlerdir.

Wang ve Chang [20], SDL 096/98 Tüylülük/Sürtünme Cihazı'nda %100 yün kamgarn ring iplikleri ve %100 pamuk rotor ipliklerinin tüylülüklerini farklı hızlarda (20-60-100-140 m/dak.) incelemişlerdir. Bu cihazda ölçüm hızı arttıkça ring ve rotor ipliklerinin her ikisi için de tüylülük değerlerinin azaldığı bununla birlikte elde edilen sonuçlara tüylülük yönünün yanı sıra sürtünme yüzeyinin de etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Hızın artması nedeniyle iplik yüzeyindeki tüylerin yassılaşarak sürtünmeyi ve tüylülüğü düşürdüğü belirtilmektedir.

Dönmez ve Marmaralı [21], ring ve rotor ipliklerin iğne-iplik ve iplik-iplik sürtünmesini tahminleyecek bir model oluşturarak örme işleminden önce ipliklerin örülebilirliğini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, farklı büküm katsayılarına sahip %100 pamuk ve pamuk-poliester karışımı 30 farklı iplik, 3 farklı ilmek uzunluğunda, 1x1 rib örgü yapısında örülmüştür. Örme işlemleri gözlemlenerek makina duruşları, iplik kopuşları ve kumaştaki delikler kaydedilmiştir. İpliklerin düzgünsüzlük(%CVM), kalın yer, ince yer, neps sayıları, tüylülük, uzama ve kopma mukavemeti değerleri ölçülmüştür. Çalışmada iplik özelliklerinin iplik-iplik ve iplik-metal sürtünme katsayısı değerlerine etki yönü belirtilmiştir. Çalışmanın sonunda, iplik tüylülüğü arttıkça her iki sürtünme katsayısının da düştüğü, bununla birlikte, iplik inceldikçe her iki sürtünme katsayısının da arttığı belirtilmiştir. Ölçülen iplik özelliklerine bağlı olarak iplik-iplik ve iplik-metal sürtünmesini hesaplayan bir model oluşturulmuştur. İpliklerin sürtünme katsayıları bir düzenek yardımıyla da ölçülmüştür. İplik-iplik ve iğne-iplik sürtünme katsayısı değerleri Euler Denklemi'ne göre hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında modelin doğruluk derecesinin yüksek olması nedeniyle tahminlemede kullanılabileceği belirtilmiştir.

Baykal ve ark. [22], çalışmalarında pamuk-poliester karışımı rotor ipliklerinin mukavemet ve uzama değerlerini karışım oranı ve iplik numarasından yola çıkarak tahminlemeyi amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, beş farklı numarada ve %100 pamuk, %100 poliester, %75-%25, %50-%50 ve %25-%75 pamuk-poliester karışım oranlarında rotor iplikleri laboratuvar tipi rotor iplik makinası Quickspin ile üretilmiş ve mukavemet ve uzama değerleri Uster Tensorapid 3 ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonunda, karışım oranı ve iplik numarası bağımsız değişkenleri ile mukavemet ve uzama değerlerini tahminleyen iki ayrı regresyon denklemi ortaya konmuştur:

$$\text{İplik Mukavemeti (cN/tex)} = [7,13 X_1 + 16,91 X_2 - 7,39 X_1 X_2 + 1,14 X_1 Z - 0,19 X_2 Z - 0,02 X_1 Z^2 + 0,003 X_2 Z^2 - 0,29 X_1 X_2 Z + 0,002 X_1 X_2 Z^2] 0,98 \quad (1)$$

$$\text{İplik Kopma Uzaması (\%)} = 8,24 X_1 + 4,77 X_2 + 6,56 X_1 X_2 + 0,09 X_1 Z - 0,02 X_2 Z - 0,33 X_1 X_2 Z + 14,42 X_1 X_2 (X_1 - X_2) - 0,17 X_1 X_2 Z (X_1 - X_2) \quad (2)$$

Bu iki denklemde  $X_1$  ve  $X_2$  sırasıyla karışımdaki poliester ve pamuk oranlarını,  $Z$  ise iplik numarasını (Ne) belirtmektedir. Bu denklemler kullanılarak tahminlenen mukavemet ve uzama değerleri ile gerçek değerler arasında da  $r = 0,980$ ' den büyük korelasyon katsayıları olduğu görülmüştür.

Baykal ve ark. [23], pamuk-poliester karışımı rotor ipliklerinin tüylülüklerini karışım oranı ve iplik numarasından yola çıkarak tahminlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla, önceki çalışmalarındaki (Baykal ve ark., 2006) deney planını kullanmışlardır. Çalışmada, ipliklerin tüylülükleri Uster Tester 4 ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda, karışım oranı ve iplik numarası bağımsız değişkenleri ile iplik tüylülüğünü tahminleyen bir regresyon denklemi ortaya konmuş ve bu denklem kullanılarak tahminlenen tüylülük değerleri ile gerçek tüylülük değerleri arasında yüksek korelasyon ( $r = 0,984$ ) olduğu belirtilmiştir.

Jackowska-Strumillo ve ark. [24], ring, kompakt ve rotor eğirme sistemlerinde üretilen pamuk ipliklerinin kalitelerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada 15, 18, 20, 25, 30 ve 40 tex doğrusal yoğunluktaki karde ve penye pamuk iplikleri ring, kompakt ve rotor eğirme sistemlerinde üretilmiş ve eğirme sistemi ile doğrusal yoğunluk değişiminin mukavemet, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük üzerine etkileri incelenmiştir. Mukavemet açısından bir değerlendirme yapıldığında her üç eğirme sisteminde de ipliğin doğrusal yoğunluğu arttıkça mukavemet değerleri de artmaktadır. Ayrıca kompakt ipliklerin mukavemet değerleri en yüksek, rotor ipliklerinin ise en düşüktür. Penye işlemi sonucunda ise tüm ipliklerin mukavemet değerleri 1-2 cN/tex artmaktadır. Kopma uzaması açısından değerlendirildiğinde, iplik doğrusal yoğunluğu ile kopma uzaması arasında doğru orantılı bir ilişki mevcuttur. Rotor ipliklerinin kopma uzaması değerleri ring ve kompakt ipliklerden daha yüksek çıkmıştır. Tüm ipliklerin kopma uzaması değerleri açısından penye işleminin etkisi yoktur. Tüylülük, iplik doğrusal yoğunluğu arttıkça artmaktadır. Karde ipliklerde ring ve kompakt ipliklerin tüylülükleri arasında fark olmamakla beraber, penye iplik-

lerde ring iplikleri kompakt ipliklere göre daha tüylüdür. Genel olarak da rotor ipliklerinin tüylülükleri ring ve kompakt ipliklere göre daha düşüktür. İplikler düzgünsüzlük açısından değerlendirildiklerinde, her üç eğirme sistemi için de doğrusal yoğunlukla ters orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir. Karde ipliklerin düzgünsüzlükleri penye ipliklere göre daha fazladır. Eğirme sistemleri açısından değerlendirildiğinde ise ring ipliklerinin düzgünsüzlükleri en yüksektir. Kompakt ve rotor ipliklerinin düzgünsüzlükleri arasında ise önemli bir fark bulunamamıştır. Son olarak sık rastlanan hatalar ile iplik doğrusal yoğunluğu arasında ters orantılı bir ilişki mevcuttur. Ancak bu ilişki iplik doğrusal yoğunluğu arttıkça zayıflamaktadır. Genel olarak ring ipliklerine ait değerler en yüksek, rotor ipliklerine ait değerler ise en düşüktür.

Erbil ve ark. [25], çalışmalarında düse tipinin karışım rotor ipliklerinin tüylülükleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, dört farklı karışım (%50-%50, %25-%75 PES-pamuk ve %50-%50, %70-%30 PES-viskoz) ve dört farklı düse tipi kullanılarak aynı numarada rotor iplikleri üretilmiştir. İpliklerin tüylülükleri Zweigle G 565 ve Uster Tester 4 SX ile ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda, düse tipinin iplik tüylülüğü üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, düselerin tüylülük açısından önemli olan özellikleri de düse üzerindeki çentik sayısı, çentiklerin fiziksel yapısı (konveks/konkav), düse yüzeyinin yapısı (sürtünme ve termal özellikleri vb.) ve düşenin yüzey geometrisi (düz, spiral vb.) olarak sıralanmıştır.

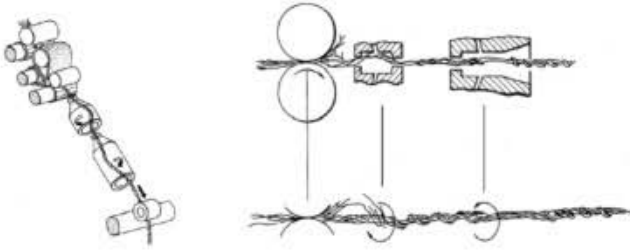
#### 4. AIR-JET EĞİRME SİSTEMİ

Kesikli lif demetinden iplik elde edebilmek için bu liflere büküm vermek gerekir. Büküm, lifler arasındaki sürtünme kuvvetlerini artırır ve meydana getirdiği radyal kuvvetler ile liflerin birbiri üzerinden kaymalarını engeller. Temel olarak iki çeşit bükümden söz etmek mümkündür: gerçek büküm ve yalancı büküm. Gerçek büküm, bir ucundan tutulan bir lif demetinin diğer ucunun kendi eksenine etrafında döndürülmesiyle verilir. Sonuçta, lifler oluşan ipliğin eksenine göre helis bir yol izlerler. Yalancı büküm ise iki ucundan tutulan bir lif demetinin, bu sabit noktalar arasında herhangi bir yerinden bükülmesi sonucunda verilir. Sonuçta, oluşan iplik üzerindeki net büküm sıfırdır. Çünkü büküm elemanının her iki yanında da birbirine ters yönde ve eşit sayıda büküm oluşmuştur. Yalancı büküm sürecinde öncelikle ipliğin merkezindeki lifler büküm alır, dış yüzeydeki lifler ise etkilenmezler. Ancak büküm elemanından sonra, merkezdeki bu lifler eski paralel hallerine dönerken dış yüzeydeki lifler ise tersi yönde iplik gövdesinin üzerine sarılırlar ve kemerli bir yapı oluştururlar [1].

Air-jet eğirme sistemi ile iplik üretimi, yalancı büküm prensibine dayanmaktadır. Sistem 1985 yılında Japon Murata firmasından Teiji Nakahara ve Toshifumi Morihasi tarafından geliştirilmiş ve patentli (US Patent 4497167) alınmıştır [26].

Bu sistemin genel olarak avantajları, yüksek üretim hızı ve ring ipliğine göre daha az tüylü oluşudur. Dezavantajı ise mukavemetinin ring ipliği kadar yüksek olmayışıdır [3].

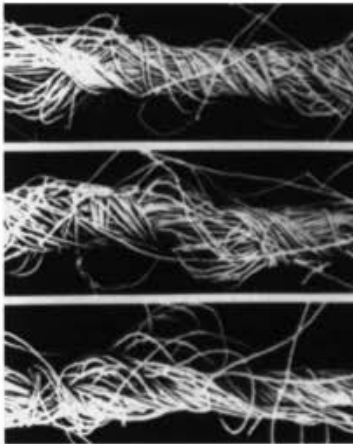
Şekil 8'de air-jet iplik eğirme sistemi görülmektedir. Bu sistemde, bant formundaki lifler doğrudan makinanın çekim bölgesine beslenmektedir. Çıkış silindirinden sonra lif demeti ilk hava jetinde yalancı büküm alır. İkinci hava jetinde ise daha düşük ve ilk hava jetine göre ters yöndeki bir hava akımı etkisiyle dış yüzeyde kalan lifler merkezdeki liflerin üzerine bir kemer şeklinde sarılır [26].



Şekil 8. Air-jet iplik üretim sistemi [26]

Chasmawala ve ark. [27], eğirme parametrelerinin air-jet (MJS) ipliklerin yapısına ve özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ilk olarak ikinci hava jetinin basıncı sabit tutularak birinci hava jetinin basıncı değiştirilmiş ve bu şartlarda iplikler üretilmiştir. İkinci olarak ise toplam çekim sabit kalacak şekilde ön çekim / arka çekim oranı değiştirilerek iplikler üretilmiştir. Çalışmanın değerlendirme kısmında ise yapılan bu değişiklikler sonucunda üretilen ipliklerin kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

Ayrıca çalışmada air-jet iplik yapısı incelenerek lifler iplik yapısındaki durumlarına göre merkez lifleri, kemer lifleri, gelişigüzel lifler, gelişigüzel-merkez lifleri ve kemer-merkez lifleri olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Air-jet ipliğinin yapısı [27]

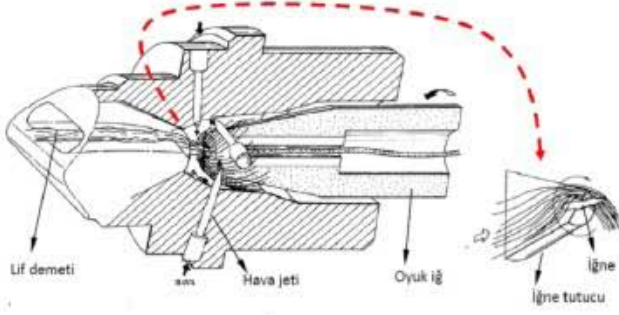
Çalışmanın sonucunda, birinci hava jetinin basıncı ve esas çekim miktarı arttırıldıkça kemer liflerin sayılarının arttığı, merkez liflerin sayılarının azaldığı sonuç olarak da kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük değerlerinin arttığı ileri sürülmüştür.

Ghosh ve ark. [28], ring, rotor, friksiyon ve air-jet eğirme teknolojileri ile üretilmiş viskoz ipliklerin iplik-iplik ve iplik-metal sürtünmesini kendi geliştirdikleri bir düzenek aracılığıyla incelemişlerdir. Çalışmalarında test koşullarının etkisini incelemek amacıyla farklı hız (0,5-15-100-200 m/dak) ve farklı giriş gerginlikleri (2-4-6-8-10 cN) kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda ipliklerin yüzey karakteristiğinin, hız ve giriş gerginliklerinin sürtünme özellikleri üzerinde etkin bir role sahip olduğu söylenmiştir. Hız arttıkça iplik-metal sürtünmesinin arttığı, iplik-iplik sürtünmesinde ise önemli bir değişiklik olmadığı, giriş gerginliği arttıkça ise iplik-iplik ve iplik-metal sürtünmesi için sürtünme kuvvetinin arttığı ve gerilme oranının ( $T_2/T_1$ ) düştüğü sonucuna varılmıştır. Çalışmada dikkat çekilen bir başka nokta ise deneysel çalışmada kullanılan iplikler için iplik-iplik ve iplik-metal sürtünme değerleri sıralamasının birbirinden oldukça farklı olmasıdır. Bütün giriş gerginlikleri için en yüksek iplik-iplik sürtünme değerleri friksiyon ipliklerinde görülürken, bu iplikleri sırasıyla rotor, air-jet ve ring ipliklerinin izlediği belirtilmiştir. İplik-metal sürtünme değerleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında ise bu durumun tam tersinin gözlemlendiği belirtilmiştir. En yüksek iplik-metal sürtünmesi ring ipliklerinde görülürken en düşük iplik-metal sürtünmesi friksiyon ipliklerinde görülmektedir.

## 5. VORTEX EĞİRME SİSTEMİ

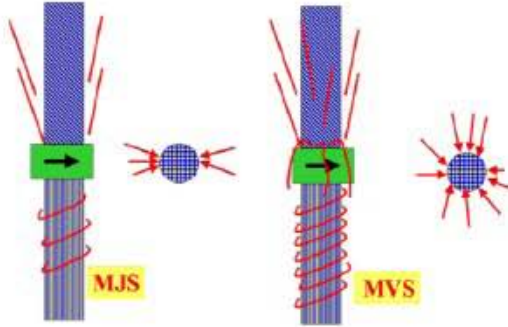
Vortex eğirme sistemi ile iplik üretimi de air-jet eğirme sisteminde olduğu gibi yalancı büküm prensibine dayanmaktadır. Bu işlem bir takım hava jetleri sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin patenti (US Patent 5528895) 1996 yılında Japon Murata firmasından Koji Deno tarafından alınmıştır [29]. Vortex iplik eğirme sistemi, air-jet sisteminin geliştirilmiş halidir. Vortex iplik üretim sistemi 400 m/dk üretim hızıyla rotor iplikçiliğinden 2-3 kat, ring iplikçiliğinden 20-30 kat daha hızlıdır. Ring ipliğiyle kıyaslandığında tüylülük değerleri daha düşüktür. Vortex ipliğinden dokuma veya örme kumaş üretildiğinde kumaşın boncuklanması ring ipliğinden üretilene göre daha azdır. Mukavemet açısından ise ring ipliğinden daha düşük, ancak air-jet ipliğinden daha yüksek değerlere sahiptir [3].

Şekil 10'da vortex eğirme sistemi görülmektedir. Vortex eğirme sisteminde, cer bantları doğrudan makinanın çekim bölgesine beslenir. Lifler, çıkış silindirinden sonra hava jetlerinin yarattığı akımın etkisiyle üzerinde oyuk için içine doğru uzanan iğnenin yer aldığı iğne tutucuya sevk edilirler. Buradan sonra lifler büküm aldıkları oyuk için içine doğru hareket ederler. Ancak bu sırada lif demetinin kenarlarında kalan lifler oyuk için dışına sarılırlar. Oyuk için içindeki merkez lifleri büküm alıp ilerledikçe bu lifler de merkez liflerinin etrafına sarılarak vortex ipliğini meydana getirirler [29].



Şekil 10. Vortex İplik Eğirme Sistemi [29]

Oxenham [30], çalışmasında vortex (MVS) ipliğinin yapısını incelemiş ve air-jet (MJS) ipliğiyle karşılaştırmıştır. Çalışmada, vortex eğirme sisteminde daha fazla sayıdaki kenar liflerinin lif demetinden ayrıldığı, sonrasında ise bu liflerin daha çok kemerli yapı meydana getirdiği belirtilmiştir (Şekil 11). PES-pamuk karışımı ipliklerle yapılan mukavemet testleri sonucunda vortex ipliklerinin mukavemet değerlerinin air-jet ipliklere göre daha yüksek, öte yandan uzama değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Karışımındaki PES oranı arttıkça her iki iplik tipinde de mukavemet değerleri yükselmiştir.



Şekil 11. Air-jet ve vortex ipliği [30]

Basal ve Oxenham [31], air-jet iplikle vortex ipliğini karşılaştırmıştır (Şekil 12). Bunun için %100 pamuk, %100 PES, %17-%83, %33-%67, %50-%50, %67-%33 ve %83-%17 pamuk-PES karışımı iplikler kullanmışlardır. Karışımlar cerde yapılmıştır. Ancak MVS sisteminde %100 pamuk ve %83-%17 pamuk-PES karışımı iplikler kısa liflerin iplik kopuşlarına neden olmasından dolayı üretilmemiştir.

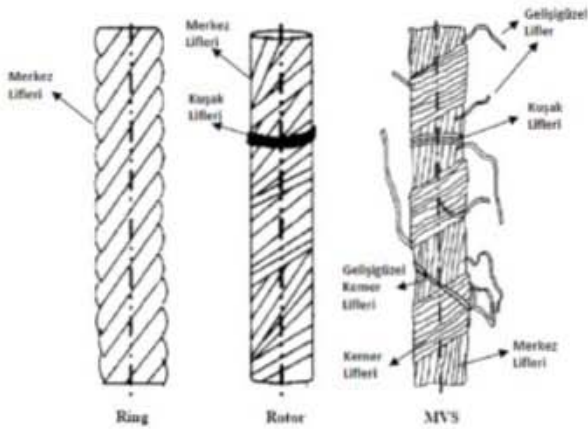


Şekil 12. Vortex ve air-jet ipliği [31]

Yapılan varyans analizi sonucunda vortex ipliğinin çok daha iyi düzgünsüzlük, daha az kalın yer ve daha az tüylülük değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca vortex iplikleri %100 PES hariç tüm iplik türlerinde daha iyi özgül mukavemet değerlerine sahip çıkmıştır. Karışımındaki pamuk yüzdesi arttıkça vortex ve air-jet iplikleri arasındaki bu mukavemet farklılığı da artmaktadır. Diğer taraftan air-jet ipliklerin kopma uzaması eğrileri vortexe göre daha yüksek çıkmıştır. Vortex ipliklerinin mukavemetlerinin air-jet ipliklere göre daha yüksek olmasının sebebi kemer liflerinin daha çok sayıda olmasıdır. Çünkü bu lifler iç taraftaki paralel merkez liflerini bir arada tutarlar. Karışımındaki pamuk yüzdesi arttıkça iki iplik türü arasındaki mukavemet farkı da artmaktadır. Vortex ipliklerinde daha iyi sıkışma sonucunda liflerin kayması azalacağından kopma uzaması daha düşüktür. Yine aynı nedenle vortex ipliklerinin tüylülükleri air-jet ipliklerine göre daha düşüktür.

Soe ve ark. [32], aynı harmandan üretilen %100 pamuk MVS ipliklerinin özelliklerini ring ve rotor iplikleriyle karşılaştırmışlardır. Çalışmada ipliklerin mukavemet, düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri incelenmiştir. Ayrıca, Kawabata Evaluation System Compression Tester (KES FB-3) kullanılarak ipliklerin sıkıştırma özellikleri ile Kawabata Evaluation System Bending Tester (KES FB-2) kullanılarak ipliklerin eğilme özellikleri üzerinde durulmuştur. İplikler düzgünsüzlük açısından değerlendirildiğinde üç eğirme sistemi arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak, MVS ipliklerinin kalın yer ve neps sayıları ring ve rotor ipliklerine göre daha fazladır. Tüylülük ölçümleri için Fiber Index Tester cihazı kullanılmıştır. 1 mm tüy uzunluğu için MVS iplikleriyle rotor ipliklerinin tüylülükleri aynı fakat ring ipliklerinden düşük çıkmıştır. 3 mm tüy uzunluğu için ise MVS ipliklerinin tüylülükleri diğer iki tip iplikten daha düşük çıkmıştır. Bunun olası sebebinin ise kemer liflerinin merkez liflerini kuşatması sonucunda tüylülüğü engellemesi olarak açıklanmıştır. Mukavemet açısından, ring iplikleri en yüksek değerleri almışlardır. Sıkıştırma özellikleri açısından incelendiğinde, MVS ipliklerinin sıkıştırma enerjileri en yüksek, ring ipliklerinin ise en düşük çıkmıştır. Bunun olası sebebi olarak MVS ipliklerinin daha hacimli oluşu ileri sürülmüştür. Eğilme direnci açısından değerlendirildiğinde, MVS ipliklerinin eğilme rijitliği değerleri en yüksek, ring ipliklerinin ise en düşük çıkmıştır.

Soe ve ark. [32], aynı çalışmada ipliklerin yapıları üzerinde de durmuşlardır. İplik görüntülerini dijital kamera bağlı optik mikroskop ile almış ve MVS, ring ve rotor ipliklerinin yapılarını incelemişlerdir. Buna göre, Chasmawala ve ark. [27] tarafından yapılan çalışmayı esas alarak iplik yapısını oluşturan lifleri: merkez lifleri, gelişigüzel lifler, kemer lifleri, gelişigüzel-kemer lifleri ve kuşak lifleri olarak sınıflandırmışlardır (Şekil 13).



Şekil 13. Ring, rotor ve MVS ipliklerinin yapıları [32]

Örtlek ve Ülkü [33], çalışmalarında sevk hızı, hava jeti basıncı ve iplik numarası gibi çeşitli parametrelerin Murata Vortex eğirme sisteminde üretilmiş iplik özelliklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar sevk hızı, hava jeti basıncı ve iplik numarasının, düzgünsüzlük, sık rastlanan hatalar, tüylülük ve mukavemet açısından önemli olduğunu göstermiştir. Sevk hızının artması tüylülüğün artmasına, neps sayısı ve mukavemetin azalmasına neden olmaktadır. Hava jeti basıncı artırıldığında iplik düzgünsüzlüğü, kalın yer ve neps sayıları ile mukavemet artmakta, tüylülük ise azalmaktadır. Genel olarak kalın ipliklerin tüylülük ve mukavemet özellikleri, ince olanlara göre daha iyidir.

Beceren ve Nergis [6], çalışmalarında ring, kompakt ve vortex ipliklerinin mukavemet, düzgünsüzlük ve tüylülük özelliklerini karşılaştırmışlardır. Düzgünsüzlük ölçümleri için Uster Tester ve tüylülük ölçümleri için de Zweigle cihazları kullanılmıştır. Çalışmada, tek katlı Ne 30, %100 pamuk ring, kompakt ve vortex iplikler kullanılmıştır. Mukavemet açısından bir değerlendirme yapıldığında, kompakt ipliklerin mukavemeti en yüksek, vortex ipliklerin mukavemeti ise en düşüktür. Kopma uzaması açısından ise vortex ipliklerin kopma uzamaları en yüksektir. İplikler tüylülük açısından değerlendirildiklerinde ise vortex ipliklerin tüylülükleri en düşük, ring ipliklerinin tüylülükleri en yüksektir. Düzgünsüzlük açısından değerlendirildiğinde ise ring ipliklerinin düzgünsüzlük değerleri en düşüktür. Öte yandan vortex ve kompakt ipliklerin düzgünsüzlük değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Çalışmada aynı zamanda bu üç eğirme sisteminde üretilen ipliklerden üç farklı gerginlik ayarı kullanılarak düz örme kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların patlama mukavemeti, boncuklanma ve aşınma direnci testleri gerçekleştirilmiştir. Patlama mukavemeti açısından bir değerlendirme yapıldığında, iplik mukavemet sonuçlarıyla paralel olarak kompakt ipliklerle örülen kumaşların değerleri en yüksek, vortex ipliklerle örülen kumaşların değerleri ise en düşük çıkmıştır. Aşınma direnci açısından da durum benzerdir. Boncuklanma açısından bir değerlendirme yapıldığında ise, ipliklerin tüylülük değerleriyle paralel olarak, vortex ipliklerden örülmüş kumaşların boncuklanmaları en iyi, ring ipliklerden örülenlerinki ise en kötü çıkmıştır.

Rameshkumar ve ark. [34], çalışmalarında ring, rotor ve vortex ipliklerinin ve bu ipliklerden üretilen düz örme kumaşların özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışma kapsamında, Ne 30/1 numara ve %100 pamuk iplikler üretilmiştir. Genel olarak, ring ipliklerin kopma mukavemeti ve tüylülük değerleri (S3) daha yüksek, sık rastlanan hata değerleri ise daha düşüktür. Rotor ve vortex ipliklerinden üretilen kumaşların aşınma dirençleri ring ipliklerinden üretilen kumaşlara göre daha yüksektir. Bununla birlikte, ring ipliklerden üretilen örme kumaşların patlama mukavemeti değerleri daha yüksektir. Örme kumaşlar dökümlülükleri açısından değerlendirildiklerinde ise vortex ipliklerle üretilen kumaşların dökümlülükleri ring ve rotor ipliklerine göre daha kötüdür.

Erdumlu ve ark. [7], vortex ipliklerini ring ve rotor iplikleriyle karşılaştırmışlardır. Çalışmada Ne 30, Ne 40 ve Ne 50 numara %100 pamuk, %100 viskoz ve %50-%50 pamuk-Modal iplikler kullanılmıştır. İpliklerin düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri Uster Tester 4, mukavemet değerleri ise Uster Tensojet kullanılarak ölçülmüştür. İplikler tüylülük açısından değerlendirildiğinde, her üç eğirme sisteminde de iplik numarasının tüylülüğe etkisi olduğu görülmüştür. İplik incelidikçe tüylülük azalmaktadır. Tüylülük, eğirme sistemleri açısından değerlendirildiğinde ise ring ipliklerinin tüylülükleri en yüksektir. Öte yandan vortex ve rotor ipliklerinin tüylülükleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Düzgünsüzlük açısından bir değerlendirme yapıldığında, iplik incelidikçe düzgünsüzlük ve sık rastlanan hatalar artmaktadır. Genel olarak, ring ipliklerinin düzgünsüzlük ve sık rastlanan hata değerleri en iyidir. Vortex iplikler ise bu değerler açısından ring ve rotor iplikler arasında yer almaktadır. İplikler mukavemet özellikleri açısından değerlendirildiğinde ise ring ipliklerinin mukavemet değerleri en yüksek, rotor ipliklerinin mukavemet değerleri ise en düşüktür. Kopma uzaması değerleri ise eğirme sistemi farklılığından çok lif cinsinden etkilenmektedir. Viskoz ipliklerin kopma uzaması değerleri en yüksektir. Çalışmada ayrıca bu ipliklerden düz örme kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşların patlama mukavemeti, boyutsal değişimleri ve çarpıklıkları üzerinde durulmuştur.

Örtlek ve ark. [35], çalışmalarında vortex, OE-rotor ve ring eğirme teknolojisi ile üretilmiş viskoz ipliklerden oluşan örme kumaşların renk değişimlerini incelemiştir. Kumaşlar için testler yapılmadan önce ipliklere ilişkin özellikler Uster Tester 3 aracılığıyla ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda OE-rotor ipliklerinin düzgünsüzlüğünün diğer ipliklerden yüksek olduğuna ve ring ve vortex ipliklerin düzgünsüzlük değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğuna dikkat çekilmiştir. Tüylülük açısından bir inceleme yapıldığında ise vortex ipliklerinin tüylülüğünün ring ve OE-rotor ipliklerinden daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Eğirme teknolojileri açısından belirli bir prosedüre göre boyanmış kumaşlardaki renk değişimi incelendiğinde aşınma sonucu en az renk değişiminin ring ipliklerinde olduğu ve vortex ipliklerin düzgün yüzeye sahip olması nedeniyle aşınma sonrasında daha çok değişikliğe uğradığı belirtilmiştir.

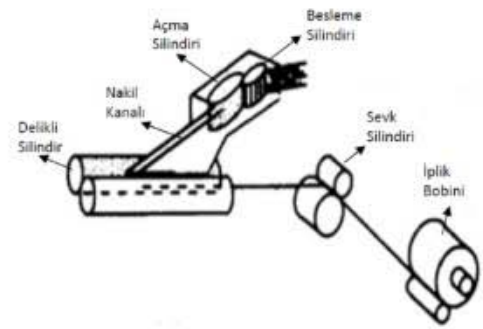
Balcı [36], çalışmasında ring, kompakt ve vortex eğirme sistemlerinde üretilmiş Ne 30 numara %100 pamuk, %50-%50 pamuk-Tencel ve %100 Tencel ipliklerin iplik-iplik, iplik-metal ve iplik-seramik sürtünme katsayılarını belirleyerek ipliğin yapısal özelliklerinin sürtünmeye etkilerini araştırmıştır. Çalışmada bütün sürtünme yüzeyleri için üç farklı giriş gerginliği kullanılmıştır. Sonuçlar hammadde açısından incelendiğinde, karışımdaki Tencel oranının artmasıyla birlikte iplik-iplik sürtünmesinin azaldığı, iplik-metal ve iplik-seramik sürtünmesinin arttığı gözlenmiştir. Yapısal parametrelerden bir diğeri olan eğirme teknolojisi dikkate alındığında ise vortex iplikleri iplik-iplik sürtünmesi testlerinde en düşük sürtünme katsayısı değerlerini verirken, iplik-metal ve iplik-seramik sürtünmesi testlerinde en yüksek değerleri vermiştir. Ayrıca araştırmada kullanılan bütün giriş gerginliği değerleri, bütün sürtünme yüzeyleri ve bütün hammaddeler için ring ve kompakt ipliklerinin sürtünme katsayılarının birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Diğer bir parametre olan test koşullarının etkisini incelemek amacıyla yapılan testler sonunda giriş gerginliğinin artmasıyla birlikte iplik-iplik sürtünmesinde sürtünme katsayısının net bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. İplik-iplik, iplik-metal ve iplik-seramik sürtünmesi test sonuçları incelendiğinde ise en yüksek sürtünme katsayısı değerleri iplik-seramik sürtünmesinde, en düşük sürtünme katsayısı değerleri iplik-iplik sürtünmesinde elde edilmiştir.

Kilic ve Okur [37], çalışmalarında ring, kompakt ve vortex eğirme sistemlerinde üretilmiş Ne 30 numaralı pamuk-Tencel ve Pamuk-Promodal karışımı ipliklerin tüylülük, düzgünsüzlük, sık rastlanan hatalar, çap, yoğunluk, pürüzlülük, yuvarlaklık, kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, ring ipliklerin tüylülüklerinin en yüksek, vortex ipliklerin tüylülüklerinin ise en düşük seviyede olduğu belirtilmiştir. Düzgünsüzlük açısından bir değerlendirme yapıldığında ise kompakt ipliklerin en iyi, vortex ipliklerin ise en kötü değerleri aldığı görülmüştür. Eğirme sisteminin kopma mukavemeti ve uzamasına etkileri açısından bir değerlendirme yapıldığında ise kompakt ipliklerin mukavemet ve uzama özelliklerinin en yüksek, vortex ipliklerin ise en düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada ayrıca karışım oranının iplik özellikleri üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Genel olarak, iplik yapısındaki rejenere selülozik lif oranı arttıkça düzgünsüzlük, sık rastlanan hatalar, çap ve pürüzlülük değerleri azalmakta, öte yandan kopma mukavemeti, kopma uzaması, yoğunluk ve yuvarlaklık değerleri ise artmaktadır.

## 6. FRIKSİYON EĞİRME SİSTEMİ

Bu sistemi 1973 yılında Dr. Ernest Fehrer icat etmiş ve patentini almıştır. Fehrer, 1977'de kalın iplik üreten üç kafalı DREF II friksiyon eğirme makinasını yapmıştır. Elde edilen başarı üzerine 1979'da DREF III friksiyon eğirme makinasını yapıp ITMA Hanover'de sergilemiş ve

1981'de seri üretime başlamıştır. Friksiyon eğirme sisteminde, bant formundaki materyal açma silindirleri ile tek lif haline gelinceye kadar açılır ve bir nakil kanalı vasıtasıyla iki adet silindire sevk edilir. Bu silindirlerden bir tanesi deliklidir ve içerisinde hava emişi vardır. Lifler bu hava emişi sayesinde birbirine göre farklı hızlarda fakat aynı yönde dönen silindirler üzerinde kalır ve bir uçları silindirler üzerine gönderilen ipliğin ucuyla birleştikleri anda büküm alarak iplik formuna girerler. Sonrasında ise bobin olarak sarılırlar. Şekil 14'te friksiyon eğirme sistemi şematik olarak gösterilmektedir. Friksiyon sistemiyle eğirilen ipliklerle geri dönüştürülmüş ürünler, battaniye, temizlik bezi, halı tabanı, filtre kartuşu gibi ürünler üretilmektedir [38].



Şekil 14. Friksiyon İplik Eğirme Sistemi [39]

Konda ve ark. [39], friksiyon ipliği üretiminde hava emiş basıncı değişiminin ipliğin yapısal ve mekanik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda yüksek basınçtaki hava emişinin iplik çapını, düzgünsüzlüğünü ve kopma uzamasını azalttığı, öte yandan kopma mukavemetini arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca hava emiş basıncı arttıkça ipliğin yüzey görünümü daha düzgün olmaktadır.

Huh ve ark. [40], ring, rotor ve friksiyon ipliklerinin yapısal ve fiziksel özelliklerini analiz etmişlerdir. Sonuçlar değerlendirildiğinde ring ipliklerinin en yüksek lif göçü faktörüne sahip olduğu, bunu sırasıyla rotor ve friksiyon ipliklerinin takip ettiği görülmüştür. Lif göçü faktörü, ortalama lif pozisyonu, lif pozisyonunun standart sapması, ortalama göç yoğunluğu ve buna eşdeğer göç frekansı parametrelerine bağlı olarak tanımlanan toplam lif göçü değerini ifade etmektedir. Yüksek lif göçü faktörü, yüksek kopma mukavemeti anlamına gelmektedir. İplik eksenini yakınındaki lif yerleşimi üzerine yapılan analizler sonucu, ring ve rotor ipliklerinde liflerin neredeyse iplik eksenine paralel olduğu, friksiyon ipliklerinde ise liflerin iplik eksenini etrafında daha eğik bir şekilde yer aldığı görülmüştür. Bu durum, friksiyon ipliklerinin daha yüksek kopma uzaması ve daha düşük kopma mukavemeti değerlerine sahip olmasına neden olmaktadır. Çalışmada aynı zamanda ring, rotor ve friksiyon ipliklerinin tüylülükleri üzerinde de durulmuştur. Tüylülük açısından rotor iplikleri en düşük değerlere sahiptir. Bununla birlikte, ring iplikleri ile friksiyon ipliklerinin tüylülükleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır.

Paketleme yoğunluklarının analizi sonucunda rotor ipliklerinde liflerin iplik merkezinde, friksiyon ipliklerinde ise yüzeye yakın yerlerde yoğunlaştığı görülmüştür. Ring ipliklerinde ise lif dağılımı iplik merkezinden yüzeye doğru daha homojendir. İplik tüylülüğü, iplik enine kesitindeki lif dağılımından ya da ortalama lif pozisyonundan etkilenmektedir. Ortalama lif pozisyonu değerinin yüksek olması, liflerin iplik yüzeyine yakın bir şekilde yerleşmesi anlamına gelmektedir ve bu durum lif uçlarının iplik yüzeyinden çıkması olasılığını arttırmaktadır. Çalışmada, tüylülük değerleri düşük olan rotor ipliklerinin ortalama lif pozisyonu değerleri de diğer ipliklere göre daha düşük bulunmuştur.

Rankumar ve ark. [41], hammaddenin iplik sürtünme özellikleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla friksiyon eğirme teknolojisiyle üretilen farklı hammaddeler ve farklı karışımlardan oluşan (Kevlar, PES, PP, PA 6.0, pamuk) 12 adet ipliğin sürtünme katsayılarını belirlemiştir. Çalışmada iplik sürtünmesi Capstan yöntemi ile farklı hızlarda ve farklı giriş gerginliklerinde belirlenmiştir. Giriş gerginliği olarak dört farklı değer (10,5-30,5-50,5-70,5 gf) kullanılmıştır. Ayrıca bu gerginlik değerleri için ipliklerde oluşan stick-slip hareketi de incelenmiştir. Farklı gerginlik değerleri için stick-slip hareketi dikkate alındığında giriş gerginliği arttıkça stick-slip hareketinin azaldığı sonucuna varılmıştır. Normal yük arttıkça iplik yapısından çıkan lif sayısı azalacağı, iplik yapısının düzleştiği ve düz yüzeyde ilerlemek daha kolay olacağından sürtünme katsayısının azalacağı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada aynı hammaddeden yapılan ipliklerde hızın etkisi incelendiğinde, hızla birlikte friksiyon iplik yapısındaki gerginliğin artacağı ve bunun da yine düz bir yüzey oluşturmaya sebebiyle sürtünmeyi düşüreceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada friksiyon ipliklerindeki öz ipliği ve kemer liflerinin sürtünmeye etkisi de araştırılmıştır. Aynı hammaddeden oluşan ve öz ipliği daha kalın olan ipliklerin sürtünme değerlerinin daha yüksek çıktığı belirtilmiştir.

Rengasamy ve ark. [42], farklı eğirme sistemlerinde üretilmiş ipliklerin kumaş mukavemetine katkısını (fabric assistance) incelemek amacıyla ring, rotor, air-jet ve OE-friksiyon ipliklerin iplik-iplik sürtünmesi ve mukavemet değerleri ile bu ipliklerden üretilen kumaşların kopma mukavemeti değerlerini incelemiştir. Bu amaçla Ne 20 ring, rotor, air-jet ve OE-friksiyon viskoz ipliklerden bezayağı dokuma kumaş üretilmiştir. İplikler ve kumaşlarda tek iplik mukavemeti, iplik-iplik sürtünmesi, kumaş kopma mukavemeti, iplik ayrılma mukavemeti testleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmada S/Y “tek ipliğin kumaş mukavemetine katkısı / tek iplik mukavemet değeri” oranı da incelenmiştir. Sonuç olarak S/Y oranları atkı ipliklerinde kesişimin fazla olması nedeniyle daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca tek iplik mukavemet değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin air-jet ipliklere, en düşük değerlerin ise ring ipliklerine ait olduğu gözlenmiştir. İplik-iplik sürtünme kuvvetleri açısından bir değerlendirme yapıldığında ise

ring ipliklerinin sürtünme kuvveti değerlerinin diğer ipliklere göre oldukça düşük olduğu belirtilmiştir.

Das ve Mal [43], farklı eğirme teknolojilerinde üretilmiş (ring, rotor ve friksiyon) pamuk/akrilik karışımı ipliklerin özelliklerini incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında üç farklı grup iplik üretilmiştir. Birinci grupta ring, rotor ve friksiyon eğirme teknolojilerinde %70-%30 pamuk/akrilik karışımı ipliklerin mukavemet, eğilme rijitliği, yarıçapları, hacimleri, sıkıştırılabilirliği üzerinde eğirme sisteminin etkisi incelenmiştir. İkinci grupta friksiyon eğirme teknolojisinde %80-%20 pamuk/akrilik iplikler üretilmiştir. Bu grupta ipliğe beslenen akrilik bandının yeri değiştirilerek bu durumun etkisi incelenmiştir. Üçüncü grupta ise yine friksiyon eğirme teknolojisinde farklı karışım oranlarına sahip pamuk/akrilik iplikler üretilerek karışım oranının etkisi incelenmiştir. Aynı zamanda referans amaçlı %100 pamuk iplikler de üretilerek bu ipliklerin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Bütün ipliklere, ipliklerde bulunan akrilik liflerinin çekmesini (shrinkage) ve ipliğin şişmesini sağlamak amacıyla standart bir işlem (şişirme - bulking) uygulanmıştır. Ardından bahsedilen özelliklerin değişimine bakılmıştır. Eğirme sistemleri açısından bir karşılaştırma yapıldığında ring ve rotor ipliklerinin hemen hemen aynı oranda çektiği ve friksiyon ipliklerinin daha az çektiği görülmüştür. Bu nedenle hacimsel olarak en fazla artış ring ipliklerinde gerçekleşmiştir. Mukavemet değerleri incelendiğinde ise işlemler sonrası bütün ipliklerde mukavemet artışı görülmüştür. Bunun nedeni olarak bütün ipliklerde lifler arası sürtünmenin artması gösterilmiştir. En fazla mukavemet artışı friksiyon ipliklerde görülmüştür. Eğilme rijitliği ve sıkıştırılabilirlik özellikleri için bir kıyaslama yapıldığında ise bütün ipliklerin eğilme rijitliğinin işlemler sonrasında azaldığı belirtilmiştir. Bu azalma ring ve rotor ipliklerinde oldukça fazla olmakla birlikte friksiyon ipliklerinde daha düşüktür. Bunun nedeni olarak ipliğin yapısı gösterilmektedir. Ayrıca üç eğirme teknolojisi için de bütün ipliklerin sıkıştırılabilirlik özellikleri artmıştır ve bu artış en çok rotor ipliklerinde gözlemlenmiştir.

## 7. SONUÇ

Son yıllarda, geleneksel ring iplikçiliği dışında diğer eğirme sistemleri de oldukça yaygınlaşmış ve ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ring ve kompakt iplikçiliğine göre oldukça yüksek hızlarda üretim yapan bu sistemlerin, ürettikleri ipliklerin çeşitli özellikleri açısından birbirlerine üstünlük sağladıkları da görülmektedir. Bu çalışmada, farklı eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin özelliklerinin literatürün ışığında karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, ring, kompakt, rotor, air-jet, vortex ve friksiyon eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin tüylülük, düzgünsüzlük, mukavemet ve sürtünme özellikleri üzerinde durulmuştur. Tablo 2’de ring, kompakt, rotor, air-jet, vortex ve friksiyon eğirme sistemlerinde üretilmiş olan ipliklerin özelliklerinin karşılaştırılması yer almaktadır.

**Tablo 2.** Farklı eğirme sistemlerinde üretilen iplik özelliklerinin karşılaştırılması <sup>(a)</sup>

|                                              | Ring | Kompakt | Rotor | Air-Jet | Vortex | Friksiyon |
|----------------------------------------------|------|---------|-------|---------|--------|-----------|
| <b>Tüylülük</b>                              | **   | ***     | ****  | ****    | *****  | **        |
| <b>Düzgünsüzlük</b>                          | **** | *****   | ****  | **      | ***    | *         |
| <b>Mukavemet</b>                             | **** | *****   | **    | **      | ***    | *         |
| <b>Uzama</b>                                 | **   | ***     | ****  | ***     | **     | *****     |
| <b>İplik-Metal Sürtünmesi <sup>(b)</sup></b> | **** | *****   | ***   |         | **     |           |

<sup>(a)</sup> \*: en kötü ... \*\*\*\*\*: en iyi<sup>(b)</sup> Tablodaki değerlendirme Balcı [36] ve Kanat ve ark. [47] tarafından yapılan araştırmalardaki iplik-metal sürtünmesi değerleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Genel olarak, tüylülük özellikleri açısından en iyi iplikleri vortex eğirme sistemi üretmektedir. Bunu air-jet ve rotor eğirme sistemleri takip etmektedir. Bununla birlikte, çalışmaların bir kısmında tüylülük açısından vortex ipliklerle rotor iplikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmadığı da belirtilmektedir [7 ve 32]. Düzgünsüzlük açısından bir değerlendirme yapıldığında ise en düzgün iplikleri kompakt eğirme sisteminin ürettiği görülmektedir. Özellikle, çıkış silindirinde oluşan eğirme üçgeninin yok edilmesi ile neredeyse tüm liflerin iplik yapısına dahil olması ve lif yerleşiminin diğer eğirme sistemlerine göre daha düzgün bir şekilde gerçekleşmesi böyle bir sonucu da beraberinde getirmektedir. Aynı sebeplerden dolayı kompakt eğirme sisteminde üretilen ipliklerin mukavemet değerlerinin de diğer eğirme sistemlerinde üretilen ipliklere göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, iplik yapısındaki liflerin iplik eksenine etrafında daha sık bir şekilde yer alması nedeniyle, friksiyon eğirme sisteminde üretilen ipliklerinin kopma uzamaları diğer eğirme sistemlerinde üretilen ipliklere göre oldukça fazladır. İplik sürtünmesi açısından ise eğirme sisteminin sürtünme üzerinde etkili olduğu tüm araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir. Ancak, bazı araştırmalar [28, 44, 45, 46] kaba iplik yüzeyinin daha yüksek iplik-metal sürtünmesine neden olduğunu gösterirken, bazı araştırmalarda [40, 47, 48] ise bu durumun tam tersi belirtilmiştir. Bilindiği gibi, sürtünme kuvveti iki yüzeyin etkileşimi sonucu oluşan karmaşık bir kuvvettir ve birçok faktörden etkilenmektedir. İplik sürtünmesi de kılavuz pürüzlülüğü, ölçüm parametreleri (giriş gerginliği, test hızı vb.), ölçüm yöntemi gibi birçok koşuldandır etkilenmektedir. Araştırmalarda farklı yöntemler ve farklı ölçüm parametreleri kullanılması, sonuçların sağlıklı bir biçimde karşılaştırılamamasına neden olmaktadır. Ayrıca, literatür incelendiğinde farklı eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin sürtünme özelliklerini karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmaların sayısının oldukça az olduğu da görülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Lawrence, C.A. (2003). *Fundamentals of Spun Yarn Technology*. CRC Press. New York.
2. Bange, M.P., Constable, G.A., Gordon, S.G., Long, R.L., Naylor, G.R.S. and van der Sluijs, M.H.J. (2009). *FIBREpak from seeds to good shirts*. The Cotton Catchment Communities CRC. Australia.
3. Muratec, Murata Machinery LTD. *Textile Machinery*, www.muratec.net/tm/index.html, Haziran 2010.
4. Rieter, *Rotor Spinning*, http://www.rieter.com/en/textile/short-

staple-yarn/rotor-spinning/, Mayıs 2010.

5. Beltran, R., Wang, L. and Wang, X. (2007). A Controlled Experiment on Yarn Hairiness and Fabric Pilling. *Textile Research Journal*, 77(3), 179-183.
6. Beceren, Y. and Nergis, B.U. (2008). Comparison of the Effects of Cotton Yarns Produced by New, Modified and Conventional Spinning Systems on Yarn and Knitted Fabric Performance. *Textile Research Journal*, 78(4), 297-303.
7. Erdumlu, N., Ozipek, B., Oztuna, A.S. and Cetinkaya, S. (2009). Investigation of Vortex Spun Yarn Properties in Comparison with Conventional Ring and Open-end Rotor Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 79(7); 585-595.
8. Canoglu, S. and Tanır, S.K. (2009). Studies on Yarn Hairiness of Polyester/Cotton Blended Ring-Spun Yarns Made from Different Blend Ratios. *Textile Research Journal*. 79(3), 235-242.
9. Chattopadhyay, R. and Sinha, S.K., (2007). A Study on Spinning Limits and Yarn Properties with Progressive Change in Yarn Count in Friction Spinning. *AUTEX Research Journal*, vol.7, no.1, 1-8.
10. Wiget, T. (2000). The New Method for Spinning High Quality Ring Yarns, *Cotton Incorporated's 13th Annual EFS System Conference*.
11. Cheng, K.P.S. and Yu, C. (2003). A Study of Compact Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 73(4), 345-349.
12. Kılıç, M. (2004). *İplik Çapı ve Değişimi ile Mukavemet Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
13. Basal, G. and Oxenham, W. (2006). Comparison of Properties and Structures of Compact and Conventional Spun Yarns. *Textile Research Journal*. 76(7), 567-575.
14. Xia, Z., Wang, H., Wang, X., Ye, W. and Xu, W. (2010). A Study on the Relationship between Irregularity and Hairiness of Spun Yarns. *Textile Research Journal*. published online.
15. Yılmaz D. and Usal Mustafa R. (2010). Comparison of Compact-Jet, Compact, and Conventional Ring-Spun Yarns. *Textile Research Journal*. published online.
16. Carisconi, E., Dotti, S., Fleiss, F., Petaccia, L. and Pieri, L. (2002). *Reference Books of Textile Technologies, Spinning, Cotton and Wool Spinning*. ACIMIT, Italy.
17. Mohamed, M.H., Lord, P.R. and Saleh, H.A. (1975). A Comparison of the Hairiness and Diameter of Ring and Open-End Yarns. *Textile Research Journal*, 45(5), 389-395.
18. Sirang, Y., Dinfon, G. and Behery, H.M. (1982). A Study of Hairiness and Diameter of Open-End Yarn Processed Through Single- and Double-Cylinder Carding Machines and Its Comparison with Ring Yarn. *Textile Research Journal*, 52(4), 274-279.
19. Barella, A., Manich, A.M., Castro, L. and Hunter, L. (1984). Diameter and Hairiness of Ring and Rotor Polyester-Cotton Blended Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 54(12), 840-844.
20. Wang, X. and Chang, L., (1999). An Experimental Study of the Effect of Test Speed on Yarn Hairiness. *Textile Research Journal*, 69(1), 25-29.

21. Dönmez, S. and Marmaralı, A., (2004). A Model for Predicting a Yarn's Knittability. *Textile Research Journal*, 74(12), 1049-1054.
22. Baykal, P.D., Babaarslan, O. and Rızvan, E. (2006). Prediction of Strength and Elongation Properties of Cotton/Polyester-Blended OE Rotor Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol.14, 1(55), 18-21.
23. Baykal, P.D., Babaarslan, O. and Rızvan, E. (2007). A Statistical Model for the Hairiness of Cotton/Polyester Blended OE Rotor Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol.15, 4(63), 46-49.
24. Jackowska-Strumillo, L., Cyniak, D., Czekalski, J. and Jackowski, T. (2007). Quality of Cotton Yarns Spun Using Ring-, Compact-, and Rotor-Spinning Machines as a Function of Selected Spinning Process Parameters. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol.15, 1(60), 24-30.
25. Erbil, Y., Babaarslan, O. and Baykal, P.D. (2008). Influence of Navel Type on the Hairiness Properties of Rotor-Spun Blend Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, vol.16, 2(67), 31-34.
26. US Patent 4497167, Nakahara, T. and Morihashi, K.T. (1985). Method for Producing Spun Yarns. *Patent Genius*. <http://www.patentgenius.com/patent/4497167.html>, Ocak 2009.
27. Chasmawala, R.J., Hansen, S.M. and Jayaraman, S. (1990). Structure and Properties of Air-Jet Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 60(2), 61-69.
28. Ghosh, A., Patanaik A., Anandjiwala, R.D. and Rengasamy, R.S. (2008). A Study on Dynamic Friction of Different Spun Yarns. *Journal of Applied Polymer Science*, 108, 3233-3238.
29. US Patent 5528895, Koji Deno, O. (1996). Spinning Apparatus with Twisting Guide Surface, *Patent Genius*. <http://www.patentgenius.com/subpage.php?page=patent&patent=5528895>, Ocak 2009.
30. Oxenham, W. (2001). Fasciated Yarns – A Revolutionary Development?. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 1(2), 1-7.
31. Basal, G. and Oxenham, W. (2003). Vortex Spun Yarn vs. Air-Jet Spun Yarn. *AUTEX Research Journal*, 3(3), 96-101.
32. Soe, A.K., Takahashi, M., Nakajima, M., Matsuo, T. and Matsumoto, T. (2004). Structure and Properties of MVS Yarns in Comparison with Ring Yarns and Open-End Rotor Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 74(9), 819-826.
33. Örtlek, H.G. and Ülkü, S. (2005). Effect of Some Variables on Properties of 100% Cotton Vortex Spun Yarn. *Textile Research Journal*, 75(6), 458-461.
34. Rameshkumar, C., Senthilnathan P., Jeevitha R. and Anbumani, N. (2008). Comparative Studies on Ring, Rotor and Vortex Yarn Knitted Fabrics, *AUTEX Research Journal*, vol.8, 4, 100-105.
35. Örtlek, H. G., Tutak, M. and Yolaçan, G., (2010). Assessing Colour Differences of Viscose Fabrics Knitted from Vortex-, Ring- and Open-End Rotor-Spun Yarns After Abrasion. *Journal of the Textile Institute*, 101(4), 310-314.
36. Balcı, G. (2010). *İplik Sürtünme Özelliklerini Etkileyen Faktörler*. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
37. Kilic, M. and Okur, A. (2011). The Properties of Cotton-Tencel and Cotton-Promodal Blended Yarns Spun in Different Spinning Systems, *Textile Research Journal*, 81(2), 156-172.
38. Oerlikon Neumag. BCF Carpet Yarn, *Synthetic Staple Fibre and Nonwovens*. <http://www.fehrerag.com>, Şubat 2010.
39. Konda, F., Okamura, M. and Merati, A.A. (1996). Effect of Suction Air Pressure in Friction Spinning on Yarn Properties. *Textile Research Journal*, 66(7), 446-452.
40. Huh, Y., Kim, Y.R. and Oxenham, W. (2002). Analyzing Structural and Physical Properties of Ring, Rotor, and Friction Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 72(2); 156-163.
41. Rankumar, S.S., Shastri, L., Tock, R.W., Shelly, D.C., Smith, M. L. and Padmanabhan, S. (2003). Experimental Study of the Frictional Properties of Friction Spun Yarns. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol: 88, 2450-2454.
42. Rengasamy, R.S, Ishtiaque S. M., Das, B.R. and Ghosh A. (2008). Fabric Assistance in Woven Structures Made from Different Spun Yarns. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, vol.33, 377-382.
43. Das A. and Mal, R. D. (2009). Studies on Cotton-Acrylic Bulkled Yarns Produced from Different Spinning Technologies. Part I: Yarn Characteristics. *Journal of the Textile Institute*, 100(1), 44-50.
44. Hong, J., Jayaraman, S. (2003). Friction in Textiles, *Textile Progress*, vol.34, no.1/2, Oxford, UK: The Textile Institute.
45. Chattopadhyay, R., Banerjee S. (1996). The Frictional Behaviour of Ring-, Rotor-, and Friction-spun Yarn. *Journal of Textile Institute*, 87(1), 59-67.
46. Rubenstein, C. (1959). Review on the Factors Influencing the Friction of Fibres, Yarns and Fabrics. *Wear*, 2(4), 296-310.
47. Kanat, E., Süpüren, G., Özdil, N., Özçelik Kayseri, G. (2010). Comparison of Friction Characteristics of the Yarns Spun from Different Spinning Systems, *International Conference of Applied Research in Textile*, CIRAT-4, Monastir, Tunisia.
48. Ajayi, J.O., Elder, H.M. (1994). Comparative Studies of Yarn and Fabric Friction. *Journal of Testing and Evaluation*, 22(5), 463-467.