



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

Büküm İplikçiliği (Siro-Spun) Teknolojisindeki Gelişmeler ve Hibrit Eğirme Teknolojileri

Developments on Twist Spinning (Siro-Spun) Technology and Hybrid Spinning Technologies

Murat DEMİR, Musa KILIÇ
Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 30 Mart 2017 (30 March 2017)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Murat DEMİR, Musa KILIÇ (2017): Büküm İplikçiliği (Siro-Spun) Teknolojisindeki Gelişmeler ve Hibrit Eğirme Teknolojileri, Tekstil ve Mühendis, 24: 105, 31-40.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/1300759920172410505>



Derleme Makale / Review Article

BÜKÜM İPLİKÇİLİĞİ (SIRO-SPUN) TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER VE HİBRİT EĞİRME TEKNOLOJİLERİ

Murat DEMİR*
Musa KILIÇ

Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 28.11.2016

Kabul Tarihi / Accepted: 08.03.2017

ÖZET: Son zamanlarda, hem ekonomik açıdan geleneksel ring iplik eğirme sistemlerine alternatif olabilecek hem de daha üstün kalite özelliklerine sahip iplik üretebilecek sistemler üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır. Literatür incelendiğinde, bu amaçla yapılan çalışmaların önemli bir bölümünün geleneksel ring iplik eğirme sistemleri üzerinde bir takım değişiklikler yapılmasına yönelik olduğu görülmektedir. Aynı zamanda, geleneksel ve modern eğirme sistemlerini bir arada kullanarak daha üstün özelliklere sahip iplik üretimini hedefleyen, daha ekonomik sistemlerin tasarlanmasını konu alan çalışmalar da oldukça fazladır. Bu çalışma kapsamında geleneksel ring iplik teknolojisi esas alınarak geliştirilen siro-spun iplik eğirme sistemlerini, bu sistemler üzerinde yapılan değişiklikleri ve bu sistemlerin farklı eğirme teknolojileri ile birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan hibrit teknolojileri konu alan çalışmalar derlenmiş ve bu sistemlerde üretilen ipliklerin özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Büküm iplikçiliği, iki fitil iplikçiliği, siro-spun iplikçilik, hibrit eğirme teknolojileri

DEVELOPMENTS ON TWIST SPINNING (SIRO-SPUN) TECHNOLOGY AND HYBRID SPINNING TECHNOLOGIES

ABSTRACT: Recently, there has been an increasing focus on yarn spinning system as an economic alternative for conventional ring spinning as well as to produce yarns in better quality. In the literature, it is seen that most of the studies about these topics generally based on some developments on conventional spinning systems. To add to that, there are also some studies that aim to produce more economic and better quality yarn by combining conventional and modern systems. In this study, it was aimed to summarize the recent studies about siro-spun spinning that developed from conventional spinning, modifications on siro-spun spinning as well as the hybrid systems that also developed by combining different technologies and characteristics of yarns that produced on these systems.

Keywords: Twist spinning, double-rove spinning, siro-spun spinning, hybrid spinning technologies

* **Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** murat.demir@deu.edu.tr

DOI: 10.7216/1300759920172410505, www.tekstilvemuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Geleneksel ring iplik eğirme teknolojisi her türlü hammaddenin kolaylıkla eğirilebildiği, en geniş numara üretim aralığına sahip, optimum kalitede iplik üretebilen ve günümüzde en yaygın kullanılan eğirme teknolojisidir [1]. Ring iplik eğirme teknolojisinin üretim hızının diğer teknolojilere kıyasla oldukça düşük olması son yıllardaki araştırmaların daha yüksek verimlilikte iplik üreten teknolojiler üzerine yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Bununla birlikte, günümüzde kullanılan tüm eğirme sistemleri karşılaştırıldığında, geleneksel yöntem tamamen alternatif olabilecek bir sistem henüz geliştirilememiştir. Örneğin, hava-jetli iplikçilik teknolojisi ile üretilen ipliklerin tüylülük değerleri oldukça düşük seviyelerde iken mukavemet değerleri ring ipliğiyle kıyaslandığında çok düşük seviyelerdedir. Bu sebeplerden dolayı günümüzde geleneksel ring iplikçiliğini temel alarak bu sistemin geliştirilmesi esasına dayanan (kompakt iplikçilik, siro-spun iplikçilik vb.) ya da bu sistemin diğer teknolojilerle kombinasyonu sonucu geliştirilen (kompakt-siro, kompakt-jet, jet-siro vb.) sistemlerden söz etmek mümkündür. Böylece, hem ring iplik teknolojisini hem de yeni teknolojilerin avantajlarını birlikte kullanmak mümkün olmaktadır.

Ring iplik teknolojisini esas alan iplik üretim teknolojilerinden bir tanesi de büküm iplikçiliğidir. Ticari olarak siro-spun ya da duo-spun iplikçilik olarak bilinen büküm iplikçiliği, ring iplik makinasına aynı anda iki adet fitilin beslenmesi ve bu fitillerin aynı anda çekim sisteminden geçirilerek iki katlı iplik üretimi esasına dayanan bir sistemdir. Daha önceleri yün iplikçiliğinde kullanılan bu sistem, son yıllarda kısa lif iplikçiliğinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

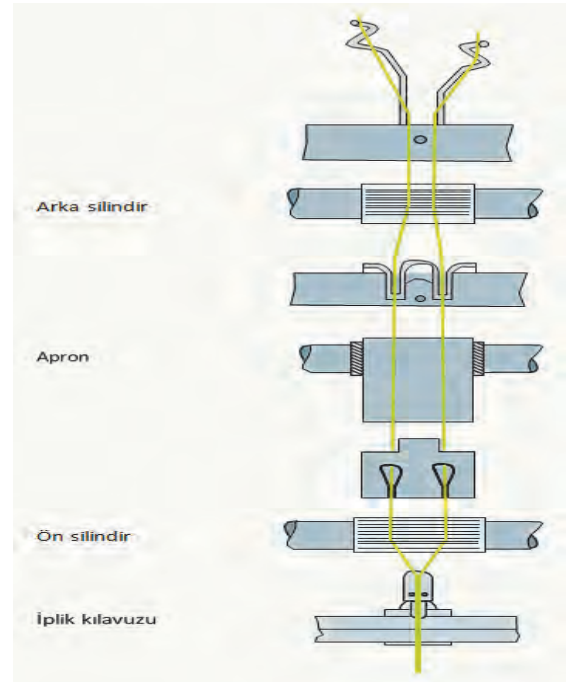
Bu çalışmada, büküm iplikçiliği konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda, hammaddenin ve çeşitli üretim parametrelerinin büküm ipliklerinin özellikleri üzerindeki etkileri, büküm ipliklerinin konvansiyonel iplikler ile karşılaştırılması, farklı eğirme sistemlerinin büküm iplikçiliği teknolojisi ile entegrasyonu sonucunda ortaya çıkan yeni sistemlerin incelenmesi ve mevcut sistemlerde yapılan iyileştirmelerin iplik kalite özelliklerine etkileri üzerinde durulmuştur.

2. BÜKÜM İPLİKÇİLİĞİ

Büküm iplikçiliği prosesi için ring iplik makinasına birkaç elemanın eklenmesi yeterlidir [2]. Günümüzde büküm iplikçiliğinde duo-spun (Ems SA, Huber ve Suhner AG) ve siro-spun (Zinser Textilmaschinen GmbH) ticari adıyla iki sistemden söz etmek mümkündür.

Büküm iplikçiliğinde iki fitil birbirinden ayrı olarak çekim bölgesinden geçirilir. Çekim bölgesinden geçen lif demetleri çıkış silindirinden birbirlerinden ayrı şekilde çıkar. Lif demetleri iğ sayesinde kendi eksenleri etrafında bükülür ve iki ayrı iplik elde edilir. Birbirinden bağımsız olarak büküm almış iplikler birbiri üzerine bükülerek çift katlı iplik oluşturulur (Şekil 1). Elyaf tutamlarından her biri ve elde edilen kompozit iplik bükümlüdür ve hepsinde bükümün yönü aynıdır [3]. Büküm

üzerine büküm (ZZ veya SS) işlemi sonucunda farklı yöne bükümle elde edilmiş katlı ipliklere (ZS veya SZ) kıyasla daha sıkı, sıkıştırılmış iplik elde edilir. Bu şekilde iplik üretebilmek için ring iplik makinasına sadece yardımcı belirli parçaların ilave edilmesi ve normalden iki katı kadar bobin taşıyacak genişletilmiş çaglık montajı gerekmektedir. Sonuç olarak hem çift katlı iplik yapısına katılan iki ayrı iplik büküm almış olur hem de çift katlı iplik oluşturulur [2].



Şekil 1. Büküm iplikçiliği [2].

Katlama ve büküm işlemlerinin üretim sürecinden çıkarılması ile önemli ölçüde ekonomiklik sağlayan siro-spun iplikçilik, geleneksel yollar ile elde edilen ipliklere kıyasla sağladığı bir takım üstün özelliklerden dolayı iki katlı ipliklere alternatif olarak geniş bir alanda kullanılmaktadır [4]. Ancak iplik yapısında bulunan farklı büküm yapıları sebebiyle konvansiyonel iki katlı ipliklerin yerini tamamen almaları söz konusu değildir [2].

3. HAMMADDENİN VE ÜRETİM PARAMETRELERİNİN BÜKÜM İPLİĞİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Literatür incelendiğinde, çalışmaların çoğunlukla büküm ipliği özelliklerinin geleneksel yöntemler ile üretilen iplik özellikleri ile karşılaştırılması ve iplik üretim parametrelerinin büküm ipliği özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

İplik üretiminde kullanılan eğirme teknolojisi ve üretim parametrelerinin yanı sıra lif özelliklerinin de iplik karakteristiği üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Aynı eğirme sistemi üzerinde farklı üretim parametreleri ile (fitiller arası mesafe, büküm katsayısı, numara) üretilen pamuk siro-spun iplikleri

incelendiğinde, lif inceliği ve olgunluğunun düzgünlük ve tüylülük değerlerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Ayrıca lif olgunluğunun kopma uzaması üzerinde de etkili olduğu sonucuna varılmıştır [5].

Daha ince ve uzun liflerden elde edilen viskon siro-spin ipliklerinde lifler iplik eksenine daha iyi yerleşir ve bunun sonucunda daha mukavemetli ve daha düzgün çapta iplik elde edilir. Bununla birlikte siro-spin ipliklerinde ince ve uzun liflerin kullanılması ince ve kalın yer sayısında azalma meydana getirirken neps sayısında artış olur [6].

Siro-spin iplik eğirme sisteminde kullanılan fitillerin doğrusal yoğunluğu da iplik özelliklerini etkileyen parametrelerden biridir. Daha ince fitillerden elde edilen siro-spin iplikler daha az çekim gerektirir ve çekim bölgesinde daha iyi elyaf iletimi sağlanır. Böylelikle, paralel haldeki liflerin kendi etrafına daha düzenli büküm alması sağlanarak daha mukavemetli iplik üretimi sağlanır [7].

Aynı anda iki fitilin beslenerek iplik oluşumunun sağlandığı siro-spin eğirme sisteminde, fitiller arası mesafe üretilen iplik özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Farklı hammaddelerden üretilen siro-spin ipliklerinin özellikleri karşılaştırıldığında, iplik mukavemetini önemli ölçüde etkileyen lifler arası kohezyon kuvvetinin beslenen fitiller arasındaki mesafe ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür [8]. Bununla birlikte, üretiminde daha düşük fitiller arası mesafe kullanılan viskon siro-spin iplikleri aynı numarada üretilen ring ipliklerine göre daha düşük tüylülük değerlerine sahiptir [9]. Kısa lif eğirme sisteminde üretilen iki fitil ipliklerinin özelliklerine fitiller arası mesafe, büküm faktörü ve eğirme hızının etkileri incelendiğinde; fitiller arası mesafenin iplik mukavemeti üzerine etkisinin büküm sayısına göre değiştiği, optimum büküm seviyesinde fitiller arası mesafenin artmasının iplik mukavemetini artırdığı görülmüştür [10].

İki fitil ipliklerinin özellikleri liflerin iplik yüzeyine bağlanmasına, fitillerin büküm değerine ve eğirme üçgeni açısına bağlıdır [11]. Değişen üretim gerginliği, fitiller üzerinde büküm dağılımının ve büküm açısının değişmesine neden olur [12]. Fitiller arası mesafe, eğirme hızı ve kopça ağırlığının Modal siro-spin iplikleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, tüm eğirme hızlarında artan fitiller arası mesafenin ve kopça ağırlığının düzgünlük değerlerini artırdığı görülmüştür. Bu durum artan fitiller arası mesafenin ve kopça ağırlığının eğirme üçgeni içerisindeki fitil uzunluğunu ve dolayısıyla lif kaybını artırmasıyla açıklanabilir. Bununla birlikte, sabit fitiller arası mesafede kopça ağırlığının ve eğirme hızının artması da düzgünlük değerlerinin artırır. Fitiller arası mesafenin 6mm'den 8 mm'ye çıkarılması birleşim noktasındaki liflerin ipliğin yüzeyine daha iyi tutulmasını sağlayarak ince yer sayısını azaltmıştır. Ancak, fitiller arası mesafenin 8 mm den 10 mm'ye çıkarılması ince yer sayısını artırmıştır. Bu durum, eğirme üçgeni içerisindeki fitil uzunluğunun ve birleşim noktasındaki fitiller arası açının artmasıyla açıklanabilir. Aynı zamanda, kopça ağırlığı ve eğirme hızının artması ince yer sayısını da artırmıştır.

Artan fitiller arası mesafe lif kaybına sebep olduğundan, neps sayısını ve tüylülük değerlerinin azaltmıştır. Yapılan deneysel çalışmada 8 mm deki fitiller arası mesafede maksimum mukavemet değeri sağlanırken, bu noktadan sonraki fitiller arası mesafe, kopça ağırlığı ve eğirme hızlarındaki artış mukavemet değerini düşürmektedir. [13].

Geleneksel eğirme sisteminde çekim bölgesinden çıkan lifler üçgeni formunu alır ve oluşan üçgen geometrisi iplik kopması, düzgünlük ve tüylülüğe sebep olur [14]. Siro-spin iplik eğirme sisteminde iki fitilden iplik oluşurken iki küçük ve bir büyük eğirme üçgeni oluşur. Bu eğirme üçgenlerinin yapısı ise genel anlamda fitiller arası mesafeye bağlı olarak değişir [12]. Liu ve ark. [15], siro-spin iplik eğirme sisteminde eğirme üçgeninin iplik özellikleri üzerindeki etkisini sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir. Yapılan analizler sırasında liflerin enine kesitlerinin dairesel şekilde olduğu ve liflerin ön silindiri ile büküm elamanı arasında kısıtıldığı, liflerin eğirme üçgenindeki hızlarının sabit olduğu ve ipliğin çıkış hızına eşit olduğu varsayılmıştır. Bununla birlikte, tüm liflerin iplik enine kesitinde ideal olarak dağıldığı ve liflerin gerilme, sıkışma, burulma ve eğilme özelliğine sahip üç boyutlu elastik kiriş olduğu varsayılmıştır. Tüm varsayımların ışığında yapılan analizler sonucunda liflerin başlangıç gerilmelerinin liflerin gerilme dağılımları ve dönme momentleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

4. BÜKÜM İPLİKLERİ VE BU İPLİKLERDEN ÜRETİLEN KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Literatür incelendiğinde, geleneksel ring iplikçiliğinden üretilen büküm ipliklerinin çoğunlukla ring iplikleri veya ring iplikçiliğinden üretilen diğer sistemlerden elde edilen ipliklerle çeşitli iplik özellikleri bakımından karşılaştırıldığı görülmektedir.

Siro-spin iplikleri tek katlı ipliklere göre daha mukavemetli, daha az tüylü ve daha iyi aşınma direnci değerlerine sahiptirler [16]. Bu durum, siro-spin iplikçiliğinde fitillerin hem bireysel hem de birlikte büküm almasıyla açıklanabilir. Ayrıca, yüksek büküm değerlerinde siro-spin iplikleri tek katlı ipliklere göre daha iyi uzama özellikleri gösterirler. Kompakt eğirme sisteminde üretilen tek katlı iplikler ile siro-spin iplikler karşılaştırıldığında ise siro-spin ipliklerinin tüylülük, düzgünlük ve mukavemet değerlerinin daha iyi olduğu görülmüştür [17].

Cheng ve Yuen [18], çalışmalarında pamuk siro-spin ipliklerinin özelliklerini incelemiştir. Pamuk siro-spin ipliklerinin aynı lineer yoğunluk ve bükümdeki tek katlı iplikler ile karşılaştırıldığında daha düzgün yapıda olduğu, daha iyi tüylülük ve aşınma direnci değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Aynı büküm katsayısında üretilen iki katlı ve siro-spin iplikler karşılaştırıldığında ise siro-spin ipliklerin tüylülük değerlerinin daha az olduğu ve daha çok uzama özelliğine sahip olduğu görülmüştür. Bununla beraber, düzgünlük değerleri karşılaştırıldığında iki katlı iplikler daha iyi özellikler göstermektedir. Daha kalın numaralarda siro-spin iplik özellikleri iki katlı iplik

özelliklerine yakın iken, daha ince numaralarda siro-spun iplik özellikleri aynı incelikteki iki katlı ipliklere göre daha iyidir [19]. Temel ve Çelik [20], çalışmalarında %100 polyester ve polyester/pamuk karışımlarından siro-spun eğirme sisteminde iplik üretim olanaklarını araştırmışlardır. Çalışma kapsamında karışım oranı, büküm katsayısı ve fitiller arası mesafenin iplik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen ipliklerin özellikleri aynı hammaddelerden üretilmiş ring iplikleri ile karşılaştırılmıştır. Hammadde içindeki polyester oranının artması ile ring ve siro-spun eğirme sisteminde üretilen ipliklerin gerilme ve parlaklık değerlerinin arttığı görülmüştür. Fitiller arası mesafenin artması ile düzgünlük ve tüylülük değerleri iyileşir. Aynı hammaddeden üretilmiş ring ve siro-spun iplikleri karşılaştırıldığında, gerilme, uzama, tüylülük ve parlaklık değerlerinin siro-spun ipliklerde daha üstün olduğu görülmüştür.

100% polyester siro-spun iplikleri incelendiğinde büküm katsayısının artması ile iplik mukavemet ve kopma uzaması artarken ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük değerleri azalmıştır. Eğirme hızı iplik mukavemeti ve kopma uzamasına önemli ölçüde etki etmezken eğirme hızının artması düzgünlük, tüylülük ve ince yer sayısının azalmasına, diğer taraftan kalın yer ve neps sayısının artmasına sebep olur. %100 polyester siro-spun iplikleri geleneksel ring ipliğine göre daha mukavemetli, daha az tüylü ve daha düzgündür [21].

İplik üretimi aşamasında meydana gelen lif göçü de iplik özellikleri açısından oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Siro-spun ipliklerinde fitiller arası mesafe lif göçünü etkilemektedir [22]. Soltani ve Johari [23], çalışmalarında lif göçünün siro-spun, solo-spun, kompakt ve ring ipliklerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu iplikler lif göçü değerleri açısından karşılaştırıldığında ise siro-spun ipliklerin lif göçü değerlerinin kompakt, solo-spun ve ring ipliklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Siro-spun, solo-spun, kompakt ve ring ipliklerinin mukavemet değerleri lif göçü, eğirme üçgeni, kopan lifler ve tüylülük değerleri ele alınarak kıyaslandığında, diğer iplik çeşitlerine göre daha kararlı yapıda bulunan ve daha yüksek lif göçü değerine sahip olan siro-spun ipliklerinin gerilme değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla beraber, siro-spun ipliklerinin tüylülük ve düzgünlük değerleri ring, solo-spun ve kompakt ipliklere göre daha iyidir [24].

Yukardaki çalışmalarına ek olarak Soltani ve ark. [25], çalışmalarında birçok kontrolsüz ve karışık parametrenin etkili olduğu iplik geometrisindeki eksenel lif göçünü ANFIS ile tahminlemişler ve tatmin edici sonuçlar elde etmişlerdir.

Tyagi ve Punj [26], siro-spun akrilik ipliklerine su buharı uygulayarak gerilme değerlerini azaltmış ve kopma uzamasını artırmıştır. Buhar gevşemesi ile kısa lifler iplik yapısına katılarak iplik çapını artırmış ve tüylülük değeri azalmıştır. Siro-spun ipliklerinin diğer sistemlerde üretilen iplikler ile karşılaştırılmasını esas alan çalışmaların bir bölümünde ise bu

ipliklerden örme veya dokuma kumaşlar üretilmiş ve bu kumaşlar çeşitli özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Siro-spun ipliklerden üretilmiş kumaşların patlama değerleri iki katlı ipliklere göre daha yüksek iken, hava geçirgenliği değerleri daha düşüktür [27]. Boncuklanma özelliği iki katlı ipliklerden üretilmiş kumaşlara göre daha fazla olan siro-spun ipliklerden üretilen kumaşların kırışıklık düzelme özelliği iki katlı ipliklerden üretilmiş kumaşlara göre daha iyidir [28]. Siro-spun ve ring ipliklerinden elde edilen pamuklu örme kumaşların renk haslıkları birbirlerine benzer özellik göstermektedirler. Siro-spun ve iki katlı ipliklerinden elde edilen pamuklu örme kumaşların boyama özellikleri de her iki iplik türünün birbirlerine alternatif olarak kullanabileceğini göstermektedir [29]. Bununla birlikte siro-spun ipliklerden üretilen pamuklu dokuma kumaşların atkı yönündeki mukavemet değerleri, iki katlı ipliklerden elde edilen kumaşlara göre daha yüksektir. Ayrıca, boyanmış dokuma kumaşların renk reflaktansları karşılaştırıldığında ise her iki iplik türü arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür [30].

Farklı siro-spun eğirme sistemlerinde üretilmiş ipliklerden elde edilen kumaşların fiziksel özellikleri karşılaştırıldığında, Suesen ve Pinter kompakt siro-spun ipliklerinden elde edilmiş kumaşların patlama mukavemetleri ve boncuklanma değerlerinin, geleneksel siro-spun ipliklerinden elde edilmiş kumaşların patlama mukavemeti ve boncuklanma değerlerinden üstün olduğu görülmüştür [31].

5. FARKLI EĞİRME TEKNOLOJİLERİNİN BİRLİKTE KULLANILMASI – HİBRİT EĞİRME SİSTEMLERİ

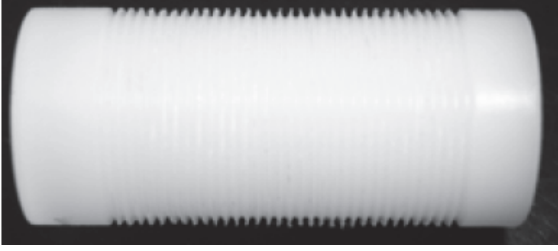
Literatür incelendiğinde, özellikle son yıllarda pek çok eğirme teknolojisinin birbirleriyle entegre edilerek daha iyi özelliklerde iplik üretim olanaklarının araştırıldığı görülmektedir. Bu kapsamda geleneksel ring ve katlı ipliklere göre çeşitli fiziksel ve mekanik özellikler bakımından daha iyi özellikler sunan siro-spun iplikçiliği de çeşitli modern eğirme sistemleri ile entegre edilmiştir.

Özlü iplikler filament üzerine kesikli liflerin bağlanması ile elde edilen ipliklerdir. Pourahmad ve Johari, çalışmalarında siro-spun iplik makinasına özlü iplik eklentisini adapte etmiş ve özlü siro-spun ipliği üretmişlerdir. Ring, solo-spun ve siro-spun sistemlerinde elde edilen özlü ipliklerin özellikleri karşılaştırıldığında özlü siro-spun iplikler özlü solo-spun ve özlü ring ipliklere göre daha üstün fiziksel ve mekanik özellikler göstermektedir [32].

Özlü iplik üretimi sırasında karşılaşılan en önemli sorun kesikli liflerin filamentler üzerinde kayması sonucu tam kaplama sağlanamamasıdır. Bu problemi önleyebilmek amacıyla büküm iplikçiliği özlü iplik üretiminde alternatif olarak düşünülmüştür. Hasani ve ark. [33], çalışmalarında özlü siro-spun ipliklerinin fitiller arası mesafe, büküm katsayısı, çekim oranı ve elastan konumu gibi üretim parametrelerinin optimum değerlerini yapay sinir ağları kullanarak tahminlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, belirlenen optimum parametreler çerçevesinde

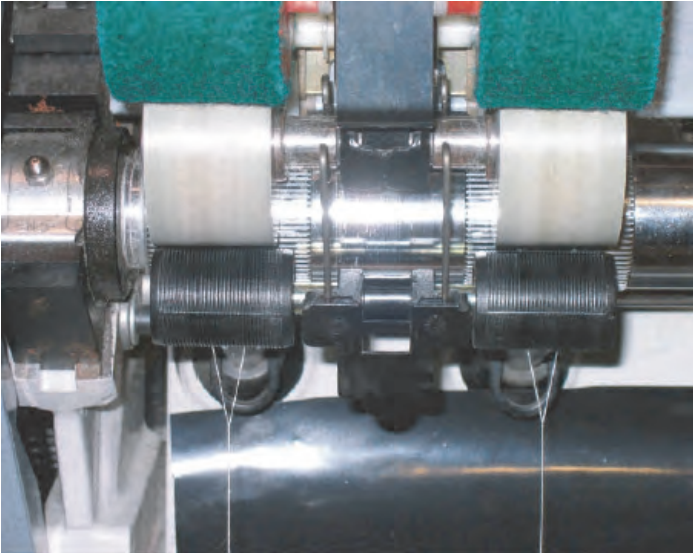
üretilen özlü siro-spun ipliklerinde lif kayması probleminin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Solo-spun iplikçiliği, ring iplik makinasında kullanılan çıkış silindirisinin yerine kanallı bir silindir (Şekil 2) kullanılması sonucunda geliştirilmiş türev bir eğirme teknolojisidir.



Şekil 2. Solo-spun teknolojisinde kullanılan kanallı çıkış silindiri [35]

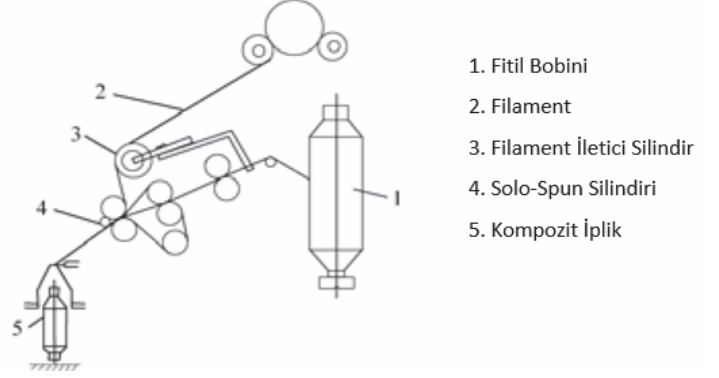
Najar ve ark. [34], çalışmalarında solo eğirme sisteminde kullanılan çıkış silindirisini siro-spun eğirme sistemine adapte etmiş ve geliştirilen yeni solo-siro eğirme sistemi (Şekil 3) ile yün ipliklerinin tüylülük değerlerinin azaltılmasını amaçlamışlardır. Çalışmada, ring ve siro-spun eğirme sistemlerinde üretilen ipliklerin tüylülük, mukavemet, uzama, düzgünlük değerleri karşılaştırılmıştır. Solo-siro ipliklerinin tüylülük değerleri ring ve siro ipliklerine göre daha düşüktür. Bununla birlikte, solo-siro ipliklerinin mukavemet değerleri ring ve siro ipliklerine göre yüksek olmakla beraber kopma uzaması değerlerinde çok büyük farklılıklar yoktur.



Şekil 3. Solo-siro eğirme sistemi [34]

Solo-spun teknolojisinin ring iplik teknolojisine göre en önemli avantajı liflerin daha kontrollü iletilmesini sağlayarak iplik özelliklerini önemli ölçüde etkileyen lif göçünü kontrol altına almasıdır. Solo-spun iplik eğirme sisteminde büküm transfer açısı ve eğirme üçgeni solo-silindirler tarafından kontrol edilir. Yang ve ark. [35], filamentin kesikli iplik üzerine sarıldığı sirofil eğirme sistemine solo-spun silindirisinin entegre edilmesiyle

geliştirilen solo-sirofil eğirme sistemi (Şekil 4) üzerinde çalışmışlardır. Çalışmanın sonunda, solo-silindir ile modifiye edilmiş sirofil sistemlerde üretilen ipliklerin kopma uzamasının daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca solo-silindir ilavesi eğirme üçgenini etkilemiş ve tüylülük değerleri sirofil ipliklere göre %68 azalmıştır.

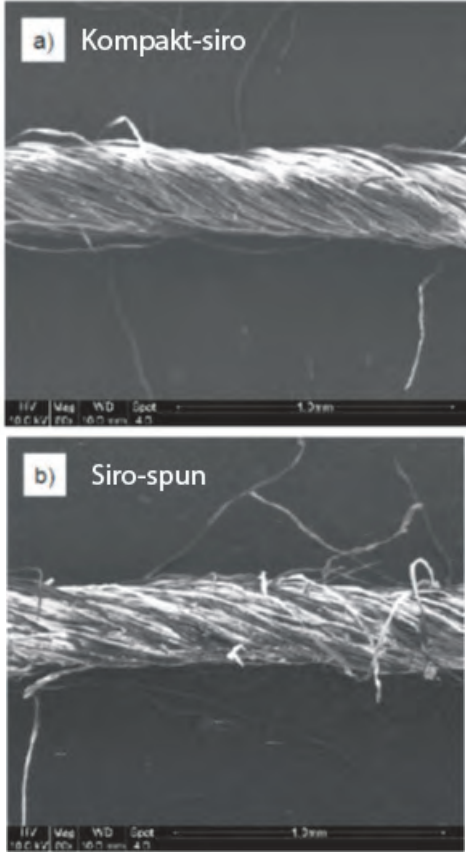


Şekil 4. Solo-sirofil eğirme sistemi [35]

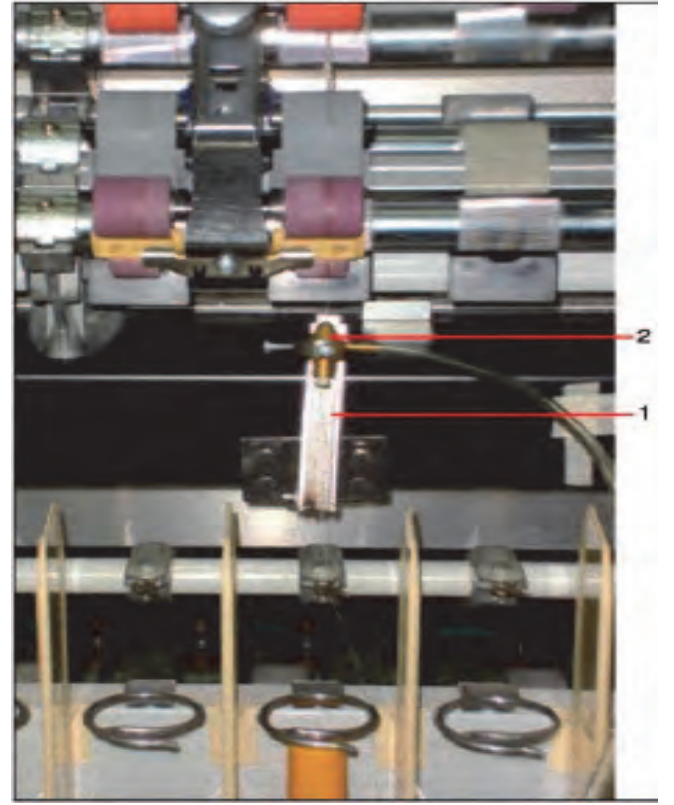
Günümüzde büküm iplikçiliği ile birlikte yaygın olarak kullanılan eğirme teknolojilerinden biri de kompakt iplikçiliğidir. Kompakt iplikçilikte temel prensip liflerin pnömatik bir sistem ile yoğunlaştırılarak çekim sistemi çıkışındaki eğirme üçgeninin minimize edilmesidir. Siro-spun ve kompakt iplikçiliğin birleştirilmesi ile elde edilen bu yeni iplikçilik türüne kompakt-siro iplikçiliği adı verilmektedir. Kompakt-siro iplik eğirme sistemlerinde elde edilen iplikler kompakt iplikler ile karşılaştırıldığında, bu ipliklerin daha yoğun, daha düzgün, daha az tüylü ve daha stabil yapıda olduğu görülmüştür. İplik düzgünlüğü ve tüylülüğü için önemli parametrelerden biri olan fitiller içindeki liflerin aksel dağılımı kompakt-siro ipliklerde daha düzgündür. Bununla birlikte kompakt-siro ipliklerinin enine kesitlerinin ideal iplik geometrisinde tanımlanan dairesel kesit alanına daha yakın olduğu görülmüştür [36].

Kompakt ve jet-ring iplik eğirme sistemlerinin birleştirilmesi prensibine dayanan ve kompakt ünitesi çıkışına hava düzesi ve iplik kılavuzu ilave edilmesiyle oluşan kompakt-jet iplik eğirme sistemi (Şekil 6) her iki sistemin avantajlarını birleştirmek için tasarlanmıştır. Elde edilen yeni sistem ile tüylülük değerleri çok düşük iplikler elde edilmiştir. Kompakt-jet ipliklerinin gerilme değerleri kompakt ipliklere göre daha üstündür [37].

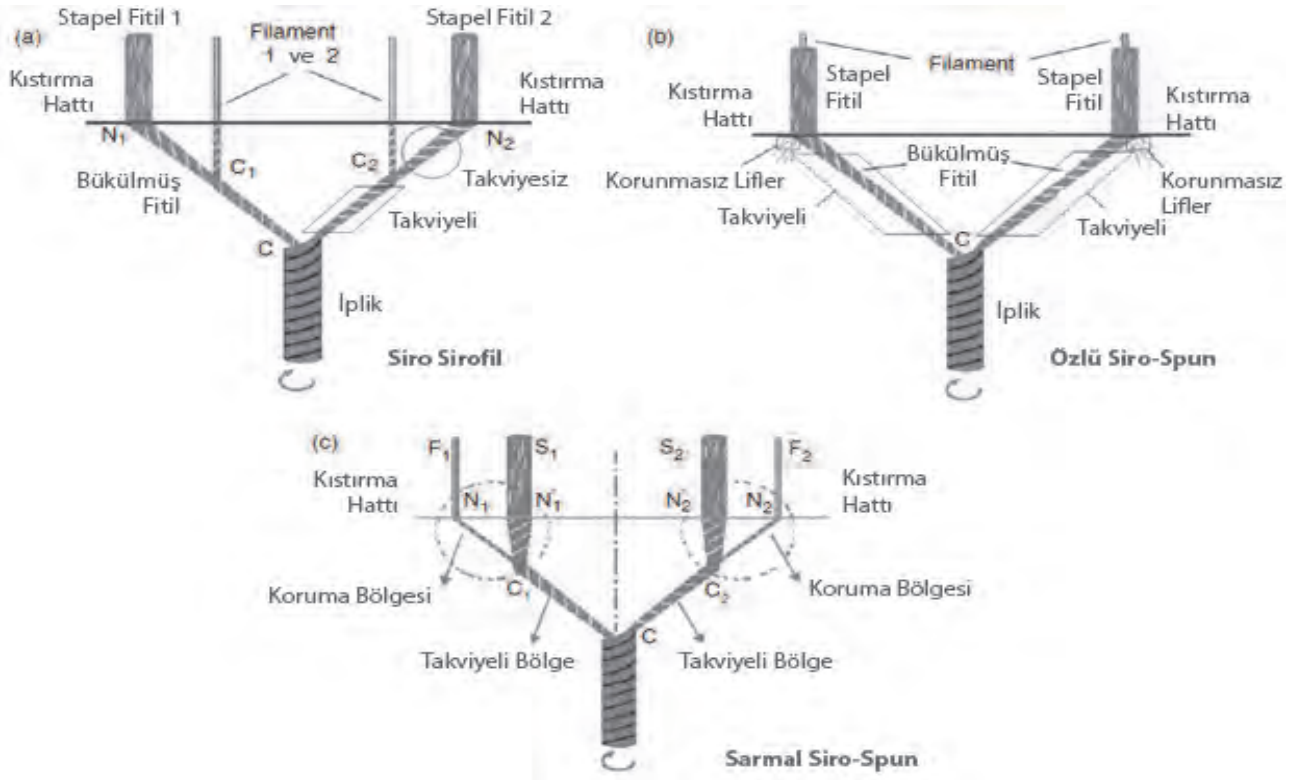
Xu ve ark. [38], çalışmalarında ring iplik eğirme sisteminin geliştirilmesiyle ilave fitil yerleştirilebilen ya da adapte edilebilen (Şekil 7) yeni bir eğirme sistemi üzerinde çalışmışlardır. Filamentlerin ve kesikli liflerin iplik yapısındaki konumlarına göre birden fazla eğirme metodu uygulanmıştır. Sunulan yeni iplik eğirme metodları ile ring iplik eğirme sisteminin kısıtları giderilmiş, fitillerin eğrilebilme performansları ve iplik kalitesi geliştirilmiştir. Yeni eğirme metodu ile özlü, ince ve çok renkli iplik üretim olanakları geliştirilmiş, kısa liflerin iplik yapısına daha çok katılması ve düşük kaliteli çok kısa liflerin ring eğirme sistemine katılması sağlanmıştır.



Şekil 5. Kompakt-siro ve siro-spun ipliklerinin uzunluğuna görüntüleri [36]



Şekil 6. Kompakt iplik eğirme sistemine hava düzesi eklenmesi (1. hava düzesi, 2. destek elemanı) [37]



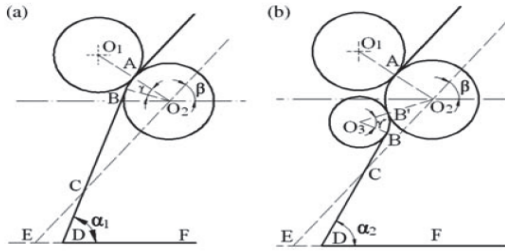
Şekil 7. Siro sirofil, özlü siro-spun ve sarmal siro-spun iplikleri [38]

6. EĞİRME TEKNOLOJİLERİNDE YAPILAN GELİŞTİRMELER

Literatür incelendiğinde, çeşitli ticari eğirme sistemlerinde bir takım eklentiler kullanılarak geliştirmeler yapıldığı ve daha iyi özelliklerde iplik üretim olanaklarının araştırıldığı görülmektedir.

Xia ve ark. [39], çalışmalarında çekim sistemi çıkışına konulan iletilici kauçuk silindirlerin iplik özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir (Şekil 8). Çalışma kapsamında iletilici kauçuk silindir kullanılarak ve kullanılmayarak üretilen iplik özellikleri karşılaştırılmış ve teorik analizlerle elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla kanıtlamıştır. Yapılan deneysel çalışmalar tüylülük değerlerinin büküm ve liflerin çevresel kontrolü ile azaltılabileceğini göstermiştir. Rami/pamuk karışımı ipliklerinin tüylülük değerlerinin yün ipliklerine göre daha yüksek oranda düşmesi, rami liflerinin eğilme rijitliliği değerlerinin yün liflerine göre daha yüksek olması ile açıklanmıştır.

Xia ve ark [40], iki adet tek katlı ipliğin ring iplik eğirme sisteminde eğrilmesi sırasında eğirme üçgeni oluşum bölgesine yerleştirilen farklı yüzeydeki yapılar ile liflerin temas yüzeyini artırarak liflerin iplik yapısına daha çok katılması araştırılmışlardır. Çalışma kapsamında katlı ipliklerin tüylülük değerlerinin yivli ve düz yüzeylerde ıslak koşullarda azaldığı görülmüştür.



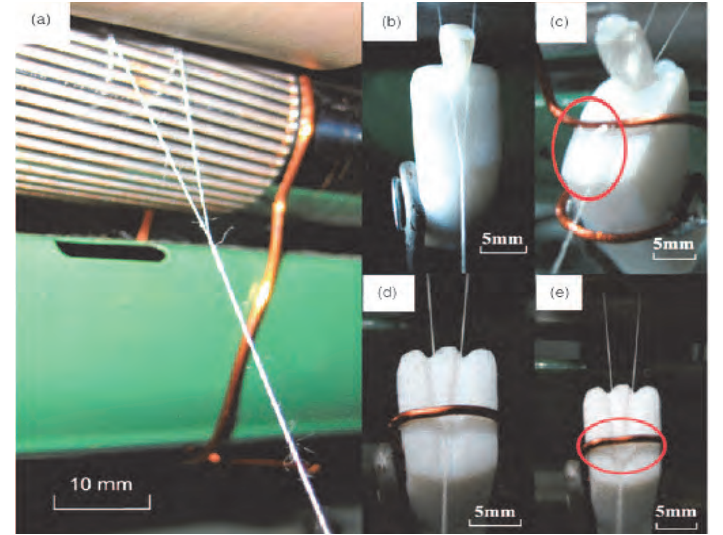
Şekil 8. |AB|: Çıkış silindiri üzerinde temas eden iplik uzunluğu a) iletilici silindirsiz b) iletilici silindireli [38]

Han ve ark [41], siro-spin ve kompakt iplikçilik prensipleri ile çalışan kompakt-siro iplik eğirme sisteminin çekim bölgesine hava kanallı yapılar (Şekil 10) yerleştirerek üretilen ipliklerin düzgünlük ve tüylülük değerlerini incelemiştir. Çalışmanın sonunda, ilave edilen yapılarıdaki simetrik ve dar hava kanallarının daha iyi iplik özellikleri sağladığı görülmüştür.

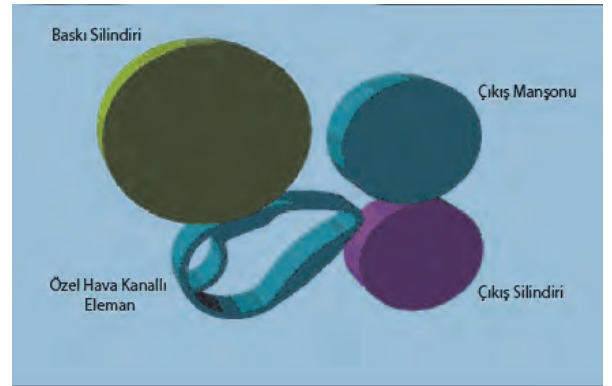
Xia ve ark. [42], siro-spin ve geleneksel ring eğirme sistemlerinin çıkış silindirleri sonuna farklı uzaklıklarda kısa yivli yüzeyler ekleyerek tüylülük değerleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Yerleştirilen yivli yüzeyin (Şekil 11) çıkış silindirlerine olan uzaklığının ring ipliklerinin tüylülük değerlerini artırdığı, siro-spin ipliklerin tüylülük değerlerini değiştirmediği görülmüştür. Yivli yüzeylerin eklenmesi ile ince yer sayısında azalma, kalın yer ve neps sayılarında artış olmuştur. %CVm değerlerinde önemli değişiklikler görülmemiştir [42].

Büküm iplikçiliğinde iplik düzgünlüğünün iyileştirilmesi için fitillerin çekim bölgesinde daha kontrollü bir şekilde iletilmesini sağlamak büyük önem taşımaktadır. Liu ve ark. [43] bu amaçla, pamuk-keten karışımı siro-spin ipliklerinin üretiminde arka çekim bölgesine iki adet baskı çubuğu yerleştirerek iplik düzgünlüğüne etkisini incelemiştir (Şekil 12). Çalışmada

ayrıca arka çekim bölgesi oranının, büküm miktarının ve iki fitil arası mesafenin de iplik düzgünlüğüne olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışma içerisinde arka çekim bölgesine yerleştirilen baskı çubukları ile ekstra çekim bölgesi oluşturulduğu ya da liflerin arka çekim bölgesinde toplanması sağlanarak ön çekim bölgesine daha düzenli girmesinin sağlandığı ve böylelikle iplik düzgünlüğünün azaltıldığı görülmüştür. Bununla birlikte, tüylülük değeri iki fitil arası mesafenin artması ile azalmıştır [43].



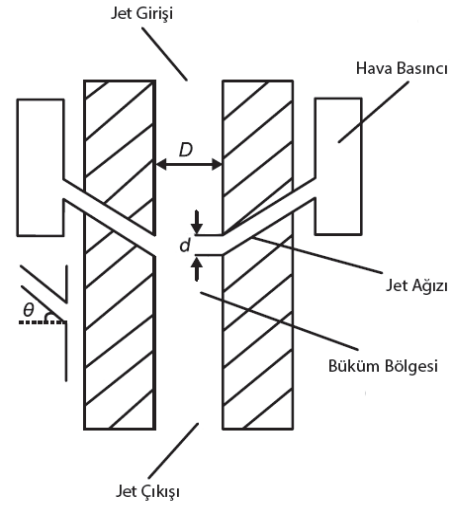
Şekil 9. Çıkış silindirleri sonuna eklenen farklı yüzeydeki yapılar a) geleneksel eğirme sistemi b) düz yüzeyde kuru eğirme c) düz yüzeyde ıslak eğirme d) kuru yüzeyde ıslak eğirme e) yivli yüzeyde ıslak eğirme [40]



Şekil 10. Kompakt-siro çekim bölgesine ilave edilen hava kanallı yapı [41].

Hava düzeleri ekleyerek iplik kalite özelliklerini iyileştirmek birçok araştırmacının hatta modern eğirme sistemlerinin temelini oluşturmuştur. Mevcut eğirme sistemlerine ilave edilen hava düzesinden verilen hava basıncı miktarı, hava düzesinin konumu, düze yapısı gibi pek çok parametre iplik özellikleri üzerinde değişen oranlarda etkilere sahiptir. Nejad ve ark. [44], çalışmalarında siro-spin eğirme sistemine hava düzesi eklenmesi (Şekil 13) ile geliştirilen jet-siro eğirme sisteminde üretilen ipliklerin özelliklerini siro-spin iplikleri ile karşılaştırmışlardır. Hava düzesinden verilen hava basıncı miktarı, tüylülük değerleri üzerinde göz önünde bulundurulmuş parametreler açısından en fazla etkiye sahip olanıdır ve bu değerlerin artmasıyla doğru orantılı

olarak tüylülük değerlerinde azalma görülmüştür. Hava düzesinin ön çekim silindrine göre konumu tüylülük değerleri üzerinde en az etkiye sahiptir. Jet-siro ipliklerinin tüylülük değeri siro-spun ipliklerine göre %40 daha azdır [45]. Ön silindirler altına yerleştirilmiş ve sürekli üretim prensibinde büküm alan ipliğin hava düzesinin içinden geçecek şekilde dizayn edilmiş sistemlerde tüylülük değerlerinde önemli ölçüde azalmalar görülmüştür.



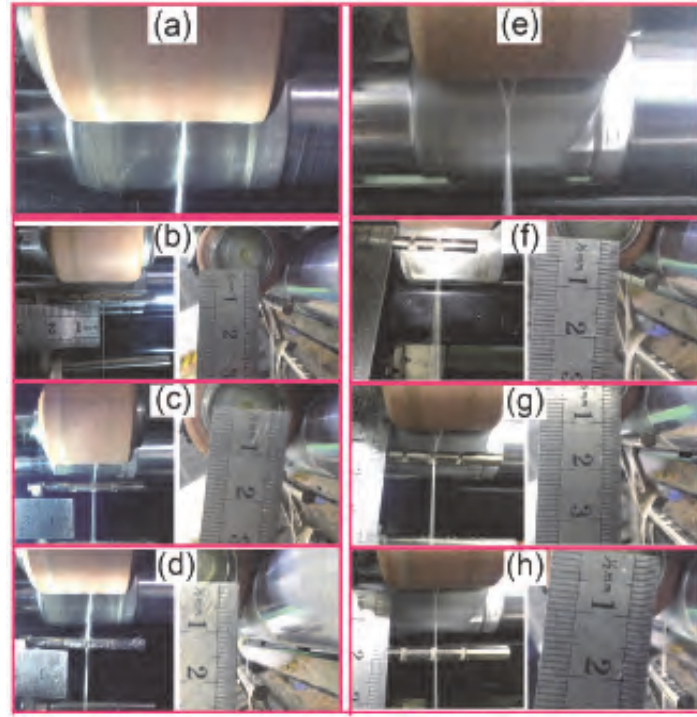
Şekil 13. Jet-siro ünitesi [44, 45].

7. ÇOK FİTİLLİ EĞİRME TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE YAPILAN ÇALIŞMALAR

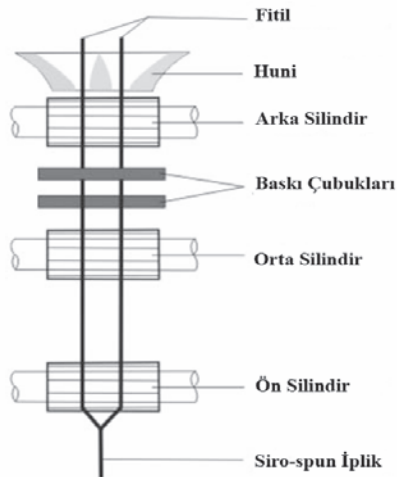
Son yıllarda yapılan çalışmaların geleneksel ring iplikçiliğine yapılan bir takım geliştirmelerle iplik özelliklerinin iyileştirilmesi ve farklı sistemlerin bir araya getirilerek yeni sistemler oluşturulması üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Geliştirilen yeni sistemlerin avantajlı özelliklerinin birleştirilmesiyle de daha iyi özelliklerde iplik üretilebilmesi olanaklı hale getirilmiştir. Bu tip çalışmalar genellikle iki fitil iplikçiliği üzerine yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte literatürde ikiden çok fitil ile iplik üretim olanaklarını esas alan çalışmalar da mevcuttur.

Matsumoto ve ark. [46], deneysel olarak tasarlanan ring eğirme sisteminde aynı ve farklı inceliklerdeki viskoz rayon liflerinden üretilmiş fitilleri kullanarak üç fitilli iplik üretmişlerdir (Şekil 14).

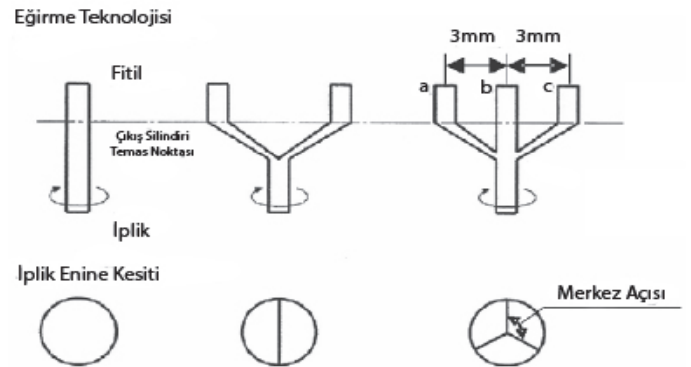
Farklı inceliklerde liflerden oluşan fitiller kullanılarak üretilen ipliğin enine kesiti incelendiğinde, lifler yan yana görüntülenmesine rağmen enine kesitteki lifler homojen olarak dağılmamış, kalın lifler incelere göre daha fazla yer kaplamıştır (Şekil 15). Yapılan çalışma farklı incelikteki liflerden oluşan fitiller ile çok fitilli iplik üretilebileceğini göstermiş ve tekstil ürünlerinin özelliklerini artıracak çalışmaların yapılabileceğini ortaya koymuştur.



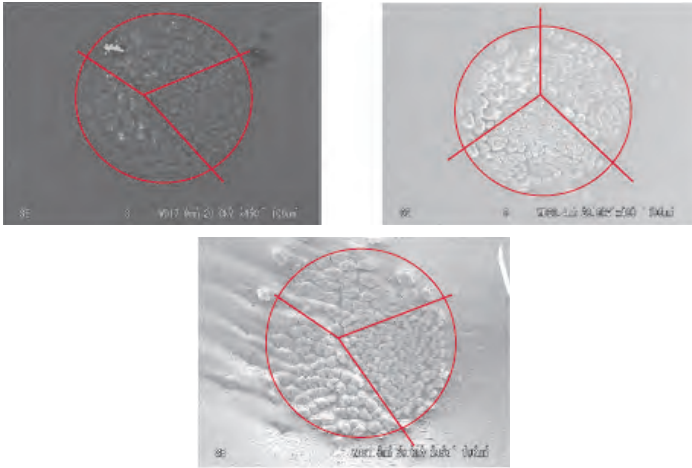
Şekil 11. a) Geleneksel ring eğirme sistemi b) Geleneksel ring eğirme sistemine eklenen 5 mm uzaklıktaki yivli yüzey c) Geleneksel ring eğirme sistemine eklenen 10 mm uzaklıktaki yivli yüzey d) Geleneksel ring eğirme sistemine eklenen 15 mm uzaklıktaki yivli yüzey e) Siro-spun eğirme sistemi f) Siro-spun eğirme sistemine eklenen 5 mm uzaklıktaki yivli yüzey g) Siro-spun eğirme sistemine eklenen 10 mm uzaklıktaki yivli yüzey h) Siro-spun eğirme sistemine eklenen 15 mm uzaklıktaki yivli yüzey [42].



Şekil 12. Baskı çubuklarının eklendiği siro-spun eğirme sisteminin gösterimi [43]



Şekil 14. Ring, siro-spun ve üç fitil iplikçiliği [46].



Şekil 15. Farklı incelikte lifler kullanarak üretilen üç fitil ipliklerinin enine kesit görüntüsü [46]

Farklı metotlar kullanılarak geliştirilebilen çok fitilden iplik üretim teknikleri yeni bir eğirme sistemi olarak sunulmakla beraber aynı zamanda mevcut eğirme sistemlerinde karşılaşılan sorunların da giderilmesine alternatif olabilmektedir. Özlü iplik üretiminde karşılaşılan ve “barberpole” ya da “strippack” olarak da bilinen kesikli liflerin özdeki lifleri tamamen kaplamaması ya da üzerinden kayması problemi çoklu fitil iplik üretim teknikleri ile çözülmeye çalışılmıştır. Ring eğirme sisteminden geliştirilmiş ve çıkış silindirine üç adet kanal açılarak fitillerin daha iyi iletilmesinin sağlandığı (Şekil 16) üç fitilden özlü iplik üretim tekniği ile üretilmiş iplikler siro-spun ve ring eğirme sisteminde üretilen özlü iplikler ile karşılaştırıldığında mukavemet ve aşınma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bununla beraber geliştirilen sistemde üretilen iplikler siro-spun ve ring eğirme sistemlerinde üretilen özlü ipliklere göre daha iyi düzgünlük değerine sahiptirler ve daha iyi kaplama özelliği göstermektedir. Çok fitilden özlü iplik üretiminde her bir fitilin diğer fitille büküm almadan önce kendi içinde büküm alması sonucunda daha iyi yapısal özelliklere ve tüylülük değerlerine ulaşabilmektedir [47].



Şekil 16. Üç kanallı silindir [47]

Çok fitilden iplik üretimi sırasında oluşan eğirme üçgeni siro-spun veya ring eğirme sisteminde oluşan eğirme üçgenlerine göre farklılık göstermektedir. Literatürde, çok fitilli iplik eğirme sistemlerinde oluşan eğirme üçgeninin yapısını, tek katlı iplik-

lerin çok fitilli iplik yapısına katılmasını ve birleşme noktasını matematiksel ve geometrik modeller yardımıyla inceleyen teorik çalışmalar da yer almaktadır [48], [49].

8. SONUÇ

Bu çalışmada, günümüzde özellikle kısa lif iplik üretiminde kullanımı yaygınlaşan büküm iplikçiliği, büküm iplikçiliği üzerinde yapılan bir takım iyileştirmeler ve farklı eğirme teknolojilerinin birbirlerine entegre edilmesiyle geliştirilen hibrit sistemler hakkındaki literatür incelenmiştir. Geleneksel ring ipliği eğirme sistemi üzerine geliştirilen büküm iplikçiliği iki katlı ipliklere alternatif olabilmektedir. Bununla birlikte, yapılan çalışmalar incelendiğinde üzerinde iyileştirmeler yapılan mevcut eğirme sistemleri ya da farklı eğirme teknolojilerinin beraber kullanılmasıyla geliştirilen hibrit sistemler tarafından üretilen iplikler geleneksel sistemler tarafından üretilenlere göre daha iyi kalite özelliklerine sahiptir. Yapılan çalışmalardan alınan olumlu sonuçlar göz önüne alındığında gelecekteki çalışmaların mevcut eğirme sistemlerinin bir takım eklemelerle iyileştirilmesi ya da farklı eğirme teknolojilerinin birleştirilmesi üzerine olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kılıç, M., Kılıç, B.G., Okur, A., (2011), *Eğirme Sisteminin İplik Özelliklerine Etkileri*. Tekstil ve Mühendis, 18(81), pp. 22-34
2. Stalder, H., (2014), *Rieter İplikçilik El Kitabı, Cilt 6: Alternatif Eğirme Sistemleri*. Winterthur: Rieter Machine Works
3. Lord, P.R., (2003), *Handbook of Yarn Production, Technology, Science and Economics*. CRC Press, New York. pp. 268-269
4. Mansour, S. & Tawfik, M., (1985), *Production of Siro-spun Yarns from Short-staple Fibers*. Indian Journal of Textile Research, Issue 11, pp. 70-72.
5. Üte, T. & Kadoğlu, H., (2014), *Regression Estimation of Cotton Sirospun Yarn Properties From Fibre Properties*. Autex Research Journal, 3(14), pp. 161-167.
6. Tyagi, G.K., Rajdev, A., Mehta, M., Jain, S., Jindal, B.M., (1987), *Contribution of Fibre Length, Fibre Linear Density and Strand Spacing to Physical and Mechanical Characteristics of Siro-Spun Viscose Yarns*. Indian Journal of Textile Research, Issue 12, pp. 63-67.
7. Salhotra, K., (1990), *Quality Improvement of Sirospun Yarns Through Use of Finer Rovings*. Textile Research Journal, Cilt 60, p. 687.
8. Gokarneshan, N., Anbumani, N. & Subramaniam, V., (2006), *Influence of Strand Spacing on the Interfibre Cohesion in Siro Yarns*. The Journal of the Textile Institute, 3(98), pp. 289-292.
9. Üte, T. & Kadoğlu, H., (2009), *Viskon Sirospun ve Ring İpliklerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması*. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3(3), pp. 12-23.
10. Subramaniam, V., Srinivasamoorthi, V.R., Mohammed, M.R., (1989), *Effect of Preprocessing Parameters on the Properties of Double Rove-SPun Yarn Produced on Short Staple Spinning System*. Textile Research Journal, 59(12), pp. 762-767.
11. Miao, M., Cai, Z., Zhang, Y., (1993), *Influence of Machine Variables on Two-Strand Yarn Spinning Geometry*, Textile Research Journal, 63(2), pp. 116-120.
12. Lawrence, Carl.A., (2003), *Fundamentals of Spun Yarn Technology*. CRC Press New York.

13. Gowda, R., Sivakumar, M. & Kannan, M., (2004), *Influence of Process Variables on Characteristics of Modal Siro-spun Yarns Using Box-Bohen Response Surface Design*. Indian Journal of Fibre & Textile Research, Issue 29, pp. 412-418.
14. Carissoni, E., Stefano, D., Fleiss, F., Petaccia, L., Pieri, L., (2002), *Spining, Cotton and Wool Spining.*, Fondazione, Acimit. Pp. 64-66
15. Liu, X., Liu, N. & Su, N., (2015), *Research on Mechanical Properties of the Siro Spining Triangle Using Finite Element Method*. Textile Research Journal, 85(4), pp. 416-431.
16. Salhotra, K., (1987), *Some Quality Aspects of Ply-Spun Yarn*. Indian Journal of Textile Research, Issue 12, pp. 197-200.
17. Örtlek, H., Kılıç, G. & Bilgin, S., (2011), *Comparative Study on the Properties of Yarns Produced by Modified Ring Spining Method*. Industria Textila, 3(62), pp. 129-133.
18. Cheng, K. & Yuen, C., (1997), *Siro and Two-Fold Yarns*. Institute of Textiles and Clothing. pp. 66-70.
19. Sun, M. & Cheng, K., (2000), *Structure and Properties of Cotton Sirospun Yarns*. Textile Research Journal, 70(3), pp. 261-265.
20. Temel, E. & Çelik, P., (2010), *A Research on Spinnability of 100% Polyester and Polyester-Cotton Blend Sirospun Yarns*. Tekstil ve Konfeksiyon, Cilt 1, pp. 23-29.
21. Üte, T. & Kadoğlu, H., (2013), *A Research on 100% PES Sirospun Yarns*. Tekstil ve Konfeksiyon, 23(1), pp. 11-15
22. Ishtiaque, S., Sharma, I. & Sharma, S., (1993), *Structural Mechanics of Siro Yarns by Microtomy*. Indian Journal of Fibre & Textile Research, Issue 18, pp. 116-119.
23. Soltani, P. & Johari, M., (2012), *A Study on Siro, Solo, Compact, and Conventional Ring-Spun Yarns. Part I: Structural and Migratory Properties of the Yarns*. The Journal of the Textile Institute, 6(103), pp. 622-628.
24. Soltani, P. & Johari, M., (2012), *A Study on Siro, Solo, Compact, and Conventional Ring-Spun Yarns. Part II: Yarn Strength With Relation to Physical and Structural Properties of Yarns*. The Journal of the Textile Institute, 9(103), pp. 921-930
25. Soltani, P., Shahrabi, J., Asadi, S. & Hadavandi, E., (2013), *A Study on Siro, Solo, Compact, and Conventional Ring-Spun Yarns. Part III: Modelling Fiber Migration Using Modular Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*. The Journal of the Textile Institute, 7(104), pp. 755-765.
26. Tyagi, G. & Punj, S., (1989), *Influence of Steam Relaxation Treatment on Characteristics of Siro-spun Acrylic Yarn*. Indian Journal of Textile Research, Issue 14, pp. 98-101.
27. Kaushik, R. & Bhatnagar, S., (1992), *A Comparison of Quality Aspects of Fabrics Knitted from Two-Ply and Siro Yarns*. Indian Journal of Fibre & Textile Research, Issue 17, pp. 69-71.
28. Sharma, I., Pandey, A., Janveja, A. & Sharma, N., (1986), *Comparison of Properties of Siro-Spun and Conventional Two-Fold Yarns and of Their Fabrics*. Indian Journal of Textile Research, Issue 11, pp. 15-18
29. İçoğlu, H. & Kireşçi, A., (2011), *Investigation of the Fastness Properties and Color Values of Cotton Fabrics Knitted From Ring Spun and Sirospun Yarns*. The Journal of the Textile Institute, 2(102), pp. 114-119.
30. El-Sayed, M. & Suzan, H., (2011), *Characteristics of Cotton Fabrics Produced From Sirospun and Plied Yarns*. Cotton Research Institute, Cilt 2, p. 89.
31. Seda Ünal, Sunay Ömeroğlu, (2013), *Farklı Sistemlerde Direkt Olarak Elde Edilmiş Çift Katlı İplik Özelliklerinin Örne Kumaş Özelliklerine Etkileri*, Tekstil ve Mühendis, 20:91, pp. 9-15.
32. Pourahmad, A. & Johari, S., (2011), *Comparison of the Properties of Ring, Solo, and Siro Core-Spun Yarns*. The Journal of the Textile Institute, 6(102), pp. 540-547.
33. Hasani, H., Semnani, D. & Shiasi, A., (2011), *Optimization of the Processing Variables to Produce the Elastic Core-Spun Yarn by Siro Spinning System, Using SOM Neural Network*. Industria Textila, 3(62), pp. 119-122.
34. Najar, S., Khan, Z. & Wang, G., (2006), *The New Solo-Siro Spun Process for Worsted Yarns*. The Journal of the Textile Institute, 3(97), pp. 205-210.
35. Yang, R., Wu, W.M., Wang, H.B., Wan, Y.Q., Xie, P.C., Gao, W.D. (2012), *Effects of Solospun Roller on Properties of Cotton/Polyester Solo-Sirofil Composite Yarn*. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 3(7), pp. 98-102.
36. Su, X., Gao, W., Liu, X., Xie, C., Xu, B., (2015), *Research on the Compact-Siro Spun Yarn Structure*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 3(111), pp. 54-57.
37. Yılmaz, D., Usal, M.R., (2010), *Comparison of Compact-Jet, Compact and Conventional Ring Spun Yarns*. Textile Research Journal, 81(5), pp. 459-470.
38. Xu, W., Xia, Z., Wang, X., Chen, J., Cui, W., Ye, W., Ding, C. & Wang, X., (2011), *Embeddable and Locatable Spining*. Textile Research Journal, 81(3), pp. 223-229.
39. Xia, Z., Wang, X., Huang, J., Wang, Y., Ye, W., Xu, W., (2011), *A Study of Influence of the Delivery Rubber Roller on Yarn Properties*. Textile Research Journal, 81(14), pp. 477-483.
40. Xia, Z., Xu, W. & W. X., (2012), *Improving Fiber Trapping with a Contact Surface During the Ring Twisting of Two Cotton Yarns*. Textile Research Journal, 82(3), pp. 272-279.
41. Han, C., Wei, M., Xue, W. & Cheng, L., (2015), *Numerical Simulation and Analysis of Airflow in the Condensing Zone of Compact-siro Spining*. Textile Research Journal, 85(14), pp. 1506-151
42. Xia, Z., Feng, Y., Guo, Q., Ye, W., Xu, W., (2015), *A Comparative Study of Hair Trapping by a Short Grooved Surface During Conventional and Siro-spining*. Textile Research Journal, pp. 1-11.
43. Liu, S., Dai, J., Jia, H., Liu, X., Xu, B., (2012), *Effect of Sirospun Spining with a Press Bar Top Pin on Qualities of Flax/Cotton Blended Yarn*. Textile Research Journal, 82(10), pp. 985-993.
44. Nejad, S., Najar, S. & Hasani, H., (2011), *Application of Air-Jet Nozzle in Short Staple Siro-Spining System*. The Journal of the Textile Institute, 1(102), pp. 14-18.
45. Hasani, H. & Hasani, M., (2012), *Simulation Approach to Investigate the Effect of the Jet Structure and Air-Pressure on the Performance of Siro-jet Spining*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 20(92), pp. 46-50.
46. Matsumoto, Y., Kimura, H., Yamamoto, T., Matsuoko, T., Fukushima, K., (2009), *Characteristics of Novel Triplet Spun Yarns Made from Fibers of Differing Fineness*. Textile Research Journal, 79(10), pp. 947-952.
47. Pourahmad, A. & Johari, M., (2009), *Production of Core-Spun Yarn by the Three-Strand Modified Method*. The Journal of the Textile Institute, 3(100), pp. 275-281.
48. He, J., (2007), *Variational Approach to Nonlinear Coupled Oscillators Arising in Sirospun Yarn Spining*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 1(60), pp. 31-34.
49. Su, X., Liu, X., Xie, C. & Huang, B., (2013), *Convergence Point of Three-Strand Yarn Spining*. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 3(99), pp. 48-50.