

Murata Hava Jetli (MJS), MurataVorteks (MVS) ve Rieter Air Jet İplik Eğirme Sistemlerinin ve Üretilen İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Gizem Karakan GÜNAYDIN¹, Ramazan ERDEM¹, Gabil ABDULLA²

¹Akdeniz Üniversitesi Serik Meslek Yüksekokulu Tekstil Teknolojisi Bölümü - Antalya

²Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü - Isparta

Özet : Yeni iplik eğirme sistemleri uzun yıllardır kullanılmasına rağmen iplik üretiminin büyük bir çoğunluğu halen klasik makinelerle gerçekleştirilmektedir. Özellikle Ring iplikçiliğinin geniş iplik numara aralığında esnek üretime olanak sağlaması ve elde edilen yüksek iplik kalitesi nedeniyle yeni iplik eğirme teknolojileri ile rekabet edebilirliğini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte, Murata Hava Jetli, Murata Vorteks ve Rieter Air Jet gibi dönen hava ile iplik bükümü sağlayan yeni sistemlerde yüksek üretim hızları, işlem kademelerinin kısılması, personel ve yer ihtiyacının azalması gibi avantajlar oldukça dikkat çekmektedir. Bu nedenle her üç sistemde de iplik oluşum teorisinin incelenmesi ve iplik özelliklerinin karşılaştırılması, üreticilerin hava jetli ipliklerin kalitesini iyileştirebilmeleri adına büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Murata Hava Jetli, Murata Vorteks ve en son geliştirilen Rieter Air Jet sistemlerinin incelenmesi ve iplik özelliklerinin genel olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Murata Hava Jetli Sistem, Rieter Hava Jetli Sistem, Murata Vorteks.

Comparison of Murata Air Jet System, Murata Vortex (MVS) and Rieter Air Jet System in terms of Processing Parameters and Yarn Properties

Abstract: Although the new spinning systems have been used for a long time, the majority of yarn production is still carried out with conventional machines. Especially, the flexibility of Ring spinning system in producing yarns at wide number range and the high quality yarns obtained make the Ring Spinning system highly competitive against the new yarn spinning technologies. However, new spinning technologies such as Murata Air Jet System, Murata Vortex System and Rieter Air Jet System, where the rotating air twists the yarns, offers advantages in terms of high speed production rate, reduced process phases, and less space and personnel requirements. Consequently, investigating the yarn spinning theories behind these new spinning technologies and comparing the process parameters play a crucial role in order to enable manufacturers to enhance the air jet yarn quality. This study aims to analyze Murata Air Jet System, Murata Vortex and newly developed Rieter Air Jet System, and to compare the yarn properties obtained through these systems.

Keywords: Murata Air Jet System, Murata Vortex System, Rieter Air Jet System.

1.Giriş

Günümüze kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip olan ring iplikçilikte, kopça bilezik arasındaki sürtünmenin iş devrini

sınırlaması sonucu yüksek hızlara çıkılamamaktadır. Geliştirilen yeni sistemlerde ana hedef üretim miktarının artırılması yönünde belirlenmiştir. Açık uçlu

iplik eğirme prensibine dayalı OE-rotor iplik eğirme sistemi, bir dönem ring iplik eğirme sistemine alternatif olarak pazarda yerini almıştır. Ancak teknolojik ve ekonomik yönden bir takım eksiklikler nedeniyle ring iplik eğirme yönteminin yerini tamamen alamamıştır. Basınçlı hava etkisiyle girdap oluşturulması temeline dayanan hava jetli iplik eğirme sistemleri, yüksek üretim hızı, işlem basamaklarının, personel gereksiniminin ve yer ihtiyacının az olması, otomasyon sistemlerinin uygulamada kolaylık sağlaması gibi avantajları nedeniyle, ticari olarak önemli ölçüde başarı göstermiştir. Hava jetli iplik eğirme sistemlerinde öncü olan “Murata” bu sistemde görülen %100 pamuk ipliği üretilmemesi sorunu ve iplik numarası sınırlılığını ortadan kaldırmak amacıyla “MVS-Vorteks” sistemini geliştirmiş ve 1997 Osaka Uluslararası Tekstil Makineleri Fuar’ında tanıtımını gerçekleştirmiştir. Vorteks iplik üretim teorisine benzer iplik üretim sistemiyle Rieter firması 2009 ITMA İstanbul fuarında J10 modelini tanıtmış, oluşan Comforjet iplik yapısının üstün özelliklerini ortaya koymuştur (Günaydın, 2011).

Bu çalışmada, Hava Jetli, Murata Vorteks, Rieter Air Jet iplik eğirme teknolojilerinin genel özellikleri ve oluşan iplik yapısının incelenmesi ve kıyaslanması amaçlanmaktadır.

1.1.Önceki Çalışmaların İncelenmesi

Murata Air Jet ve Murata Vorteks iplik üretim sistemlerinin incelenmesini kapsayan pek çok detaylı araştırma mevcuttur. Ancak Rieter Air Jet iplik eğirme sistemi ve oluşan Comforjet iplik yapısı ile ilgili henüz sınırlı sayıda literatür araştırması bulunmaktadır. Bu açıdan daha çok Murata Vorteks ve Murata Air Jet sisteme etkileyen parametrelerin incelenmesi ve bu sistemlerle elde edilen iplik yapılarının diğer iplik yapılarıyla kıyaslanmasına yönelik literatür araştırması elde edilmiştir.

Zou ve arkadaşları, Vorteks İplik kesiti içerisinde lif paketlenme şekline etkileyen parametreleri inceleyen deneysel bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında lif inceliği, iplik numarası, ön silindir sıkıştırma noktası ile iğ arasındaki mesafe, düze basıncı gibi farklı parametrelerin etkilerini incelemişlerdir. Vorteks ipliklerin enine kesit görüntüleri lif paketlenme şeklini değerlendirmek amacıyla incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki lif inceliği, iplik numarası, ön silindir sıkıştırma noktası ile iğ arasındaki mesafe, düze basıncı, iplik üretim hızı gibi faktörlerin tamamı iplik tüylülüğü ve lif paketlenme şeklini önemli derecede etkilemektedir (Zou vd., 2014).

Erdumlu ve arkadaşları, Murata Vorteks iplik üretim prensibini, iplik yapısını ve oluşan iplik kalitesine etkileyen temel faktörleri içeren teorik bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, vorteks iplik özellikleri ve bu ipliklerden oluşan kumaş yapıları, diğer iplik ve kumaş yapıları ile karşılaştırılmış ve bu özel sistemin ekonomik avantajları ön plana çıkartılmıştır (Erdumlu vd., 2012).

Pei ve Yu çalışmalarında lif-hava etkileşimi ile lif hareket karakteristiklerinin elde edildiği sayısal bir modelleme geliştirmişlerdir. Bu modelden yola çıkılarak düze içerisindeki lif hareket karakteristiğinin büküm oluşturabilme kapasitesi dolayısıyla Vorteks iplik eğirme ile oluşan iplik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Oluşturulan sayısal modelleme ile düze yarığı çapı ve iplik üretim hızının iplik mukavemetine olan etkisi incelenmiştir (Pei ve Yu, 2011).

Erdumlu ve arkadaşları, Ring, Open End (Rotor) ve Murata Vortex sistemlerinden elde edilen iplik yapılarının karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Farklı numaralarda hazırlanan iplikler pamuk, viskoz rayonu, %50/50 pamuk-modal karışımlarından üretilmiş ve tek plaka süprem örme makinelerinde örülmüştür. Ürünler, örme yapısındaki fiziksel performansları incelenmek üzere reaktif boyarmaddeler ile boyanmıştır. Çalışmanın

sonuçları, Vortex iplik yapısının daha düşük tüylülüğe sahip olduğunu ve Rotor ile Ring iplik eğirme sistemlerinden üretilen ipliklere göre daha iyi ‘pilling’ dayanımı sergilediğini göstermiştir (Erdumlu vd., 2009).

Murata Vortex iplik eğirme teknolojisi %100 pamuk elyafı ile üretim yapılabilen yeni bir eğirme sistemi olarak tanımlansa da eğirme esnasındaki %5’den daha fazla olan lif kayıpları, Vortex iplik özelliklerinde bozulmalara ve ince yer oluşumuna neden olabilmektedir. Bu sorunla ilgili olarak Zou ve arkadaşları, MVS sisteminde üretilen ipliklerde ince yer oluşumunu inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar çalışmada, düze bloğu içerisindeki hava akımının etkisindeki liflerin hareketlerini incelemişlerdir. Buna göre; Murata Vortex İplik eğirme sisteminde ince yer oluşumunun en önemli nedeni, iplik eğirme sırasındaki lif kaybı olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar ayrıca, düze bloğu içerisindeki akış alanının azalmasına bağlı olarak içi boş iğın dış kısmının etrafına sarılı lif ve dönen hava akımının etkisindeki serbest lif hareketini de incelemiştir. Lif uzunluğu ve lif çapının fonksiyonu olarak içi boş iğ etrafına sarılan ucu açık lifin kritik açıl hızı ve serbest lifin girdaplı hava içerisindeki hareketi ele alınmıştır. İğ etrafına sarılan ucu açık liflerin kritik açıl hızlarını öz liflerin uzunluğu ve lif çapı cinsinden belirleyen basit bir analitik oluşum çıkarılmıştır. Buna göre kritik açıl hız, lifin önde giden kısımlarının iplik uç kısmından ayrılmasını diğer bir adlandırmayla lif kaybını önemli derecede etkileyen bir faktördür. Öz lif uzunluğunun artması ve lif çapının azalması kritik açıl hızın artmasını sağlamaktadır. Böylelikle, belirli bir düze basınç değerinden sonra daha fazla lif kaybı meydana gelmekte ve Vortex iplik yapısında ince yer sayısı artmakta ve iplik özelliklerinde bozulma olmaktadır. Büküm odasındaki negatif basıncın artışı ve ön silindir çıkışı-iğ arası mesafenin azalması ise iplikte ince yer oluşumunun azalmasını sağlamıştır (Zou vd., 2009).

Kuppers ve arkadaşları, Vortex iplik oluşum mekanizmasını ve üretilen iplik yapısını anlayabilmek için video ve yüksek hızda flaş teknolojisi kullanmıştır. Sonuçta iplik numarasına bağlı olarak liflerin %75-85’inin merkez liflerini oluşturmak üzere içi boş iğ ulaştığını; geri kalan %15-25 oranındaki liflerin ise içi boş iğ etrafına sarılarak, merkez liflerinin etrafına dolanan sargı liflerini meydana getirdiğini belirtmiştir. Ayrıca Ne 16 numara ipliklerdeki sargı lif oranının, Ne 35 numaradaki sargı lif oranından %10 daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kuppers vd., 2008).

Rameschkumar ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada Ring, Rotor ve Vortex ipliklerden üretilen kumaşların performans özelliklerini kıyaslamışlardır. Her üç eğirme sistemi ile %100 pamuk lifinden Ne 30 numara iplikler üretilmiş ve süprem örme makinesinde kumaş oluşturulmuştur. Kumaşların mukavemet, düzgünlük, tüylülük, patlama dayanımı, aşınma direnci, ‘pilling’ oluşumu gibi özelliklerine bakılmıştır. Ring iplikten üretilen örme kumaşların daha yüksek mukavemet, daha düşük hata ve yüksek patlama mukavemetleri sergilediği görülürken, Rotor ve Vortex ipliklerden üretilen kumaşların aşınma dayanımı Ring ipliklerden üretilen örme kumaşlardan daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Rameschkumar vd., 2008).

Zou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Vortex iplik yapısının oluşumunda rol alan vortex büküm kuvveti, düze bloğu içerisindeki akış alanının simüle edilmesi prensibine dayanan analitik bir modelleme ile açıklanmaya çalışılmıştır. Buna göre, jet açıklığı sayısı, jet açısı, jet açıklığının ve düze bloğunun iç çapı, nozul bloğu girişinden içi boş iğ girişine kadar olan mesafe, açık uçlu elyafların içi boş iğın dış kısmına sarılma yüksekliği, Vortex iplik çapı ve jet açıklığı çıkışındaki hız (nozul basıncına bağlı olarak) gibi parametreler, Vortex büküm kuvveti üzerinde önemli ölçüde etkili olmaktadır. Jet açıklığı çıkışındaki hızın artırılması aynı zamanda hava girdabı

tarafından oluşturulan büküm kuvvetini arttırmaktadır. Nozul bloğu iç çapının azaltılması ise dönen hava girdabının büküm kuvvetini azaltmaktadır. Çalışmada ilave olarak, iğ dış çapının artırılması ile büküm etkisinin artmakta olduğu, nozul blok girişi ile içi boş iğ girişi arasındaki mesafenin artması ile de büküm kuvvetinin azaldığı görülmüştür (Zou vd., 2008).

Basal ve Oxenham, nozzle (düze) açısının, düze basıncının, iğ çapının, iplik çıkış hızının ve ön silindirler ile iğ arasındaki mesafenin Vortex ipliklerinin yapı ve özelliklerine olan etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, ön silindirler ile iğ arasındaki mesafe kısa tutulduğunda iplik düzgünlüğünün arttığı ve daha düşük oranda iplik hatalarına rastlanıldığı kaydedilmiştir. Yüksek düze açısı, düşük iplik çıkış hızı ve küçük iğ çapı kullanımıyla tüylülük değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Basal ve Oxenham, 2006).

Örtlek ise yapmış olduğu çalışmada, düze basıncı, üretim hızı ve elastan oranının, core-spun (özlü/çekirdekli) Vortex ipliklerin mekanik özelliklerine olan etkisini incelemiştir. Çalışmada iki farklı üretim hızında (300 ve 330 m/dak), 3 farklı düze basıncında ve üç farklı elastan oranı kullanılarak (44 dtex, 78 dtex ve elastan oranı sıfır) MVS 810 üzerinde cores-pun Vortex pamuk ipliği üretimi yapılmıştır. Bulgular, düze basıncı, üretim hızı ve elastan oranının core-spun Vortex ipliklerin mekanik özelliklerini önemli derecede etkilediğini ortaya koymuştur (Örtlek, 2006).

Zeng ve arkadaşları, Vortex iplik eğirme sisteminde oluşan bükümün hesaplanması ile ilgili analitik bir model oluşturmuşlardır. Araştırmada bükümü etkileyen en önemli faktör olarak düze içerisindeki hava akışı gösterilmiştir. Oluşturulan matematiksel modelde düze açısı, düze yarıkları çapı, iplik çapı, havanın viskozitesi (yoğunluğu) gibi değişkenlerin büküme olan etkisi incelenmeye çalışılmıştır (Zeng vd., 2005).

Arzt yapmış olduğu çalışmada, farklı iplik eğirme sistemlerinin ipliklerin fiziksel özelliklerinin değişmesine neden olduğunu belirtmiştir. Çalışmada, 1.3dtex/38 mm viskon elyafı kullanılarak konvansiyonel Ring, Kompakt, MJS (hava jeti), MVS ve Rotor eğirme sistemleriyle iplikler üretilmiştir. İpliklerin yüzey görüntüleri incelendiğinde, lif oryantasyonu bakımından en düzgün olanının kompakt iplikler olduğu belirtilmiştir. Aynı numara ve büküm değerlerinde, eğirme işlemi ve iplik çapı (hacimlilik) mukayese edildiğinde, en yüksek hacimliliğe hava jeti sistemiyle ulaşıldığı tespit edilmiştir. Kopma mukavemeti testlerinde ise, kompakt ve ring sistemlerinin diğer sistemlerden daha üstün olduğu saptanmıştır (Arzt, 2004).

Soe ve arkadaşları (2004), Murata Vortex ipliklerinin yapı ve özelliklerini araştırmışlar ve bu özellikleri Ring ve Rotor iplikleri ile karşılaştırmışlardır. Bu amaçla MVS, Ring ve Rotor eğirme sistemleriyle aynı harmandan alınmış Avustralya pamuğu kullanılarak iplikler üretilmiştir. İplik yapıları bir dijital kamera eşliğinde optik mikroskopla gözlenmiştir. Araştırmacılar, Chasmawala ve arkadaşlarının (1990) hava jetli iplikler için yaptığı sınıflandırmayı örnek alıp, modeli geliştirmişlerdir. Sınıflandırmaya göre Ne 30 inceliğindeki %100 pamuk (penye) Vortex ipliğinin, Ring ve Rotor ipliği ile kıyaslanması sağlanmıştır (Chasmawala, 1990; Soe, 2004).

Örtlek ve Ülkü, deneysel çalışmalarında aynı hammadde kullanılarak üretilen MVS, Ring ve Rotor ipliklerinin fiziksel özelliklerini test etmiştir. Vortex iplik üretim sistemleri ile üretilen ipliklerin kütleli düzgünlük, ince yer sayısı, kopma mukavemeti ve kopma işi sonuçları incelendiğinde, Ring ve Rotor ipliklerine göre bazı kalite farklılıklarının meydana geldiği gözlenmiştir. Mesela, MVS sistemi ile üretilen ipliklerin, kopma uzaması ve tüylülük değerleri açısından, hem Ring hem de Rotor ipliklerine göre daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Kalın yer oluşumu ve neps sayısı gibi değerler

açısından da, MVS üretim sisteminin genel olarak diğer sistemlerden daha iyi sonuçlar sağladığı belirlenmiştir (Örtlek ve Ülkü, 2004).

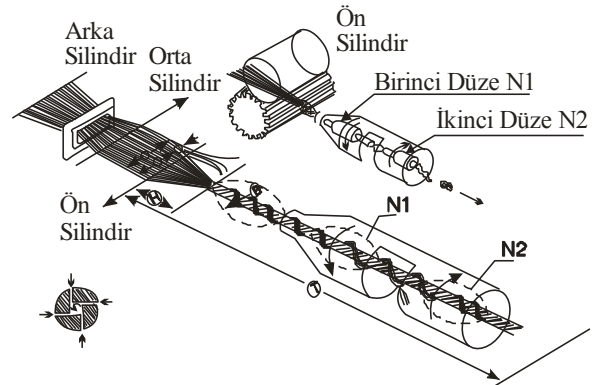
Hyrenbach, Vortex ipliklerinin; kısa (stapel) elyaf ipliklerden üretilen teknik kumaşlar, denim, spor giyim, iş ve koruyucu giysilerin üretiminde rahatlıkla kullanılabileceğini belirtmiştir. Mukavemet açısından karşılaştırıldığında, Vorteks ipliklerin, Open-end (Rotor) ipliklerden daha iyi, fakat Ring ipliklerden daha verimsiz sonuçlar alındığı belirtilmiştir. Vortex ipliklerin, Ring iplikler, Kompakt iplikler ve Open-end (Rotor) ipliklere kıyasla çok daha az uçuntu ve tüycük oluşturduğu belirtilmiştir. Ayrıca, endüstriyel giysilerde boncuklanma ve aşınma kaybı değerleri bakımından Vortex ipliklerin çok daha avantajlı olduğu belirtilmiştir (Hyrenbach, 2004).

2.Murata Hava Jetli İplik Eğirme Sisteminin İncelenmesi

Hava jeti yoluyla yalancı büküm verilerek eğirme fikri ilk olarak 1956 yılında Du-pont firması tarafından ortaya atılmıştır. Du-Pont'un çalışması, filament demetine yalancı büküm ilave edilmesi ya da filament-stapel (kesikli) lifler karışımına hava jeti yardımıyla yalancı büküm ilavesi ve sonrasında ısı ile büküm sabitleme işlemlerini içermektedir. Daha sonraki çalışmalarda filament beslemesi yapılmadan sadece kısa liflerden oluşan iplik eksenini boyunca belli aralıklarla diğer kısa lifler tarafından sarılan "demet iplik" elde edilmiştir.1963 yılında Du-pont kopma uzamasına uygun 'tow' filamentleri içeren başka bir metot geliştirmiştir. Bu yöntemde 'tow' filamentler, gerilime maruz bırakılıp, kısa lif formu oluşturmak amacıyla uzama-kopma ünitesine beslenmiş ve daha sonra güçlü çekim ünitesine beslenerek liflerin demet halinde yayılması gerçekleştirilmiştir. 1971 yılında ise Du-pont Firması yukarıda bahsedilen metoda çok benzer bir yöntem olan "Rotofil" işlemini geliştirmiştir. Rotofil prosesinde lif yığınları

emiş jeti vasıtasıyla döndürme jetine yönlendirilmiştir. Tüm bu gelişimlerin ardından hava jetli iplikçilikte gerçek anlamda ticari başarıyı yakalayan ve kullanımı yaygınlaşan Murata firmasının geliştirdiği Murata Air Jet (MJS) sistem olmuştur (Örtlek, 2004)

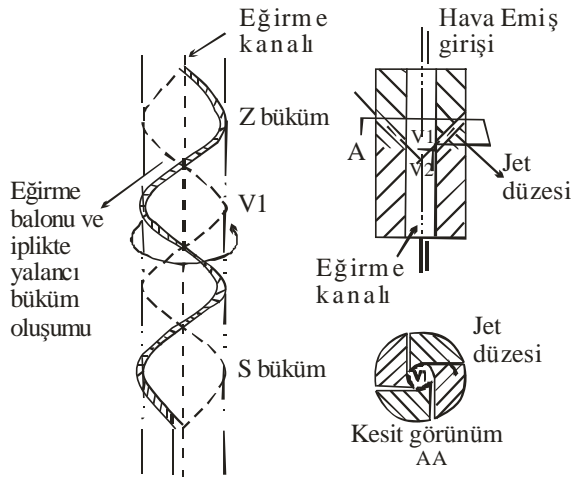
Şekil 1'de verilen MJS iplik makinesinde iki hava jeti düzesi birbirleri ile ters yönde dönen girdaplar oluşturmaktadır. İkinci düze (N2) çekim sistemi çıkış silindirlerinden gelen lif topluluğuna büküm vermek üzere kullanılmaktadır. Ancak "yalancı büküm düzesi" olarak da isimlendirilen bu düze tek başına istenilen iplik özelliklerinin elde edilmesi yeterli değildir. Diğer düze (N1), N2 ve çekim sistemi çıkış silindiri arasında yerleştirilmiş olup, burada oluşturulan hava girdabı yönü, N2 düzesinde oluşturulan ile ters yöndedir (Ülkü, 2002).Yüzey lif sarımı olarak adlandırılan; ticari olarak da Murata Jet Eğirme olarak bilinen teknikte %100 Polyester ya da polyester-pamuk karışımları sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 1. MJS Eğirme ünitesi ve jet içerisindeki hava-iplik etkileşimi
(Lawrence, 2003)

Hava jetli iplik eğirme sisteminde büküm aparatı olarak hava düzeleri kullanılmaktadır. Sistemde basınçlı havanın kanala enjekte edilmesini sağlayan, eğirme kanalı eksenine eğimli, yüzeye teğet 4 adet düze mevcuttur. Şekil 2'de gösterildiği gibi düzeden alınan ve kanal içinde genişleyen her bir basınçlı hava, V1 ve V2 olarak iki adet hız bileşenine sahiptir. Jet girişinde V2 tarafından oluşturulan emiş, ipliğin ilerleyerek

sarılmasını, V1 bileşeni ise çekilmiş şeridin kanal içinde gerilmeye uğramadan döndürülmesi ve eğirme balonu oluşumuyla yalancı büküm hareketine sebep olmaktadır (Lawrence, 2003). Hava düzelerinde iplik düz bir yolu takip etmek yerine, düzeler içinde hava akımı nedeniyle bir balon oluşturarak ilerlemektedir. İplik hattında oluşan iplik balonunun, eğirme üçgeni kenarında konumlanan liflerin, merkezdeki lif topluluğundan ayırmada etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. Eğirme jetinin basit tasarımı (Lawrence, 2003)

1980'lerin sonunda Murata firması yeni geliştirdiği MJS 802 hava jetli iplik eğirme makinelerini tanıtmıştır. Çalışma prensibi MJS 801'den farklı olmayan MJS 802 hava jetli iplik eğirme makinesinde, 4 silindri çekim sistemi ve alüminyum oksit karışımı yeni bir düze kullanılmıştır. Bu sayede üretim hızı 210 m/dk'ya yükseltilmiş ve %100 pamuk ipliklerinin üretiminin mümkün olduğu iddia edilmiştir. Katlı iplik üretimi için yine Murata tarafından geliştirilen MTS 881 iplik makinesinde iki eğirme pozisyonunda hava jetli düzelerden çıkan iplikler ortak bir iplik temizleyici ve parafinleme ünitesinden geçtikten sonra paralel halde bobin üzerine sarılırlar. Bobin üzerindeki katlı iplikler, ikiye bir büküm makinelerinde büküm işlemine tabi tutularak çift katlı iplik üretimi gerçekleştirilmiş olur. Ring Eğirme Sistemi ile üretilen katlı

ipliklere oranla maliyetleri daha düşüktür (Ülkü, 2002).

2.1. Hava Jeti ipliklerinin yapı ve özellikleri

Hava Jeti iplikleri uzunlukları boyunca değişken bir yapıya sahip olup, temel olarak iplik özünde bulunan paralel lifler, sarım lifleri tarafından sarılmaktadır. Nergis (2000), çalışmasında ipliğin bünyesinde bulundurduğu farklı yapısal sınıfları aşağıdaki gibi özetlemiştir (Nergis, 2000).

A sınıfı: İplik özünde birbirine paralel ve bükümlü olmayan lifler bulunmaktadır. Ve bu lifler sıkı ve düzgün bir şekilde ve düzenli aralıklarla sarım lifleri tarafından sarılmaktadır.

B sınıfı: İplik özünde birbirine paralel lifler, rastgele ve genellikle gevşek bir şekilde sarım lifleri tarafından sarılmaktadır. Sarımı yapan lifler, tek lif olabildiği gibi, lif grupları da olabilmektedir. İplik görünüşü A sınıfında olduğu gibi düzgün değildir.

C sınıfı: İpliğin bu bölümünde lifler çok karışıktır ve düğüm görüntüsü vermektedir.

D Sınıfı: Bu grup yapıyı, sarımı olmayan paralel lifler oluşturmaktadır.

Lawrence ve Baqui, çalışmalarında hava jetli ipliklerin büküm almamış bir merkez liflerinden ve yüzeyde merkez liflerinin etrafını büyük ölçüde saran sargı liflerinden oluştuğunu belirtmiştir. Araştırmacılar hava jetli iplik yapısını üç sınıfa ayırmışlardır (Lawrence ve Baqui, 1991);

1. Sınıf: İpliğin merkezinde yer alan, bükümsüz ve yer yer kıvrımlı liflerin, düzgün büküm açısındaki sargı lifleri ile sarıldığı yapılardır.
2. Sınıf: Merkezdeki bükümsüz lif grubunun farklı büküm açıları, S ya da Z büküm yönünde gelişigüzel sarıldığı yapılardır.

3. Sınıf: Az bükümlü, ancak sarılmamış merkez lif grubundan oluşan yapılardır.

How ve arkadaşları (1991), Air Jet ipliklerin demet lifleri ve dış sargı liflerinden meydana geldiğini belirtmişlerdir. Demet lifler içerisinde liflerin çoğunluğu 'S' ve 'Z' yönünde 5°-10° eğimli olup, bazen de liflerin birbirine paralel olduğu yapılar görülmektedir. Dış sargı lifleri, demet liflerin etrafında düzensiz, bağlantılı sarımlı, düzenli sarımlı, gevşek sarımlı olarak görülebilmektedir (How vd., 1991). Basu ve Oxenham da benzer şekilde hava jetli iplik yapılarını dört grupta toplamıştır. Araştırmacılar sarımlı yapının ortalama uzunluğunun, farklı liflerden üretilen ipliklerde lif uzunluğuna bağlı olarak farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca düze tasarımının, hava jetli sistem ile üretilen iplik yapıları üzerinde etkisi olduğu sonucunu bulmuşlardır (Basu ve Oxenham, 1993). Chasmawala ve arkadaşları (1990), çalışmalarında hava jetli ipliklerde görülen en belirgin özelliğin liflerin ön kısımlarında oluşan kanca şeklindeki yapılar olduğunu belirtmişlerdir. Bu kancaların tarama işlemi esnasında oluştuğu ya da hava akımlarının etkisiyle ya da düze içerisine girme noktasında liflerin sürtünme direnci ile oluştuğu ifade edilmiştir (Chasmawala vd.,1990). Punj ve arkadaşları (2001) yaptıkları çalışmada, hava jetli ipliklerde, iplik merkezine doğru yoğunluğun arttığı ve özden yüzeye doğru düzenli olarak azaldığı sonucuna varmışlardır (Punj vd., 2001).

3. MurataVorteks İplik Eğirme Sistemi

Son versiyon MJS iplik üretim makinelerinden farklı olarak bu sistemde ters yönde dönen iki hava jeti yerine farklı yapıda tek bir jet kullanılmaktadır. Vortex teknolojisinde hava, liflerin ön uçlarını öz oluşturacak şekilde birleştirmek ve lif uçlarını dış tabakayı oluşturacak şekilde diğer liflerin etrafına sarmak için havalandırmak amacıyla kullanılır. Murata Vortex İplik Eğirme Sistemi (Vorteks) özel

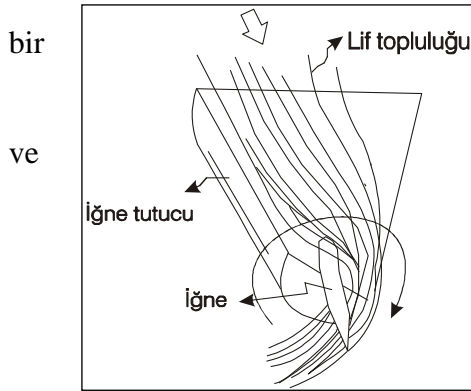
olarak hava jetli sistemin lif tipi sınırlama probleminin üstesinden gelebilmek için geliştirilen bir sistemdir. Vorteks iplik yapısı, içerdiği daha fazla sargı lifi ve iki katlı ipliğe benzemesiyle hava jetli sistemler ile üretilen ipliklerden ayrılır. Vortex sisteminin 450 m/dk'lık makine hızı, ring sisteminin yaklaşık 20, Rotor (Open-end) sistemininse yaklaşık 3 katına karşılık gelmektedir. Yüksek eğirme hızına rağmen, üretilen ipliğin karakteristik özellikleri Ring ipliklere benzer ve bu Vortex iplik sisteminin en önemli özelliğidir. Ring ipliklere kıyasla, Vortex ile üretilen iplikler daha düşük düzeyde halı (tüylü), yıkanma ve aşınmaya karşı daha dirençli, daha çok su absorplama (emme) ve çabuk kuruma özelliklerine sahiptir. Vortex sistemi ile core-spun iplik üretiminde, çekirdek bileşen olarak, tek ya da çok filamentli ya da kesikli liflerden üretilmiş iplikler kullanılabilir. Polyester, nylon, karbon ve cam gibi ipliklerin yanı sıra elastan filamentleri de çekirdek bileşen olarak kullanmak mümkündür. Vortex sistemi ile core-spun iplik üretiminde, sistemin iplik oluşum prensibinin bir sonucu olarak, çekirdek bileşen hiç büküm almamakta ve tam olarak kesikli lifler tarafından sarılabilmektedir. Bu nedenle, Modifiye Ring makinelerinde üretilmiş ipliklerde zaman zaman meydana gelen elastan kaçığı problemi, Vortex sistemi ile üretilen core-spun ipliklerde görülmemektedir. Sistemin bir diğer avantajı ise; iplik koptuğu anda operatör yardımıyla manuel olarak çekirdek ipliği beslemek yerine 'Vortex Core' iplik aparatı yardımıyla otomatik olarak çekirdek ipliği beslenebilmektedir (Örtlek ve Babaarslan, 2003).

Murata firması bugüne kadar MVS 851, MVS 810 ve MVS 861 ve en son ITMA 2011'de tanıttığı MVS 870 modelleri olmak üzere toplamda 4 farklı Vortex Eğirme makinesi geliştirmiştir. Bunlara ilave olarak, çift katlı iplik üretimi yapabilmek amacıyla MVS 810 modeli modifiye edilerek 'MVS 810 T' model iplik makinesi de

geliştirilmiştir (http://www.muratec-vortex.com /24.11.2012)

3.1.Vortex ile Lif Eğirme Teorisi

Vortex iplik eğirme sisteminde 4 silindir ve çift apronlu bir çekim sisteminde cer şeridi çekime uğrayarak hava basıncı yardımıyla iğne tutucu ve düze bloğundan oluşan bir kanal içerisinde geçmektedir. İğne tutucunun görüntüsü Şekil 3'deki gibidir. İğne tutucu belirli bir açıyla boylamasına uzanan bir rehber yüzeye ve içi oyuk iğ içerisinde yönlendirilmiş, dışarı doğru çıkan



Göksel, 2007). Çekim silindirlerinden çıkan lifler kılavuz iğneye doğru ilerlerken şerit kesit alanı düzenli olarak azaldığından düze kanallarından verilen hava ile daha sıkı olarak tutulmakta ve yönlendirilmektedir.

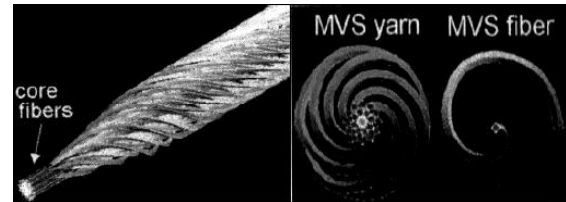
Şekil 3. İğne Tutucu ve İğne (Örtlek ve Göksel, 2007)

Geçiş kanalının ardından lifler, içi oyuk iğ içerisinde doğru yönlendirilir. Bu esnada farklı yönlerden belirli bir açıyla verilen sıkıştırılmış havanın oluşturduğu kuvvet etkisiyle lifler yalancı büküm alırlar. Oluşan büküm yukarıya doğru kayma eğilimindedir. Bu noktada iğne tutucudan dışarıya doğru sarkan iğne, bükümün yukarıya doğru kaymasını engellediğinden bazı liflerin üst kısımları çekim sistemi çıkış silindirlerinin kıştırma çizgisinden ayrılır ve açılmış bir şekilde kalır. Hava akımının döndürme etkisiyle iyice açılan liflerin üst kısımları içi oyuk iğ içerisinde giren ve Vortex ipliğinin merkez kısmını oluşturan liflerin ön uçları etrafına spiral biçimde sarılır ve "Vortex İplik Yapısı" oluşur. Sarım sayısının ve sarım uzunluğunun fazla olması, hava jetli iplik

yapısına göre daha üstün özellikler göstermesini sağlamaktadır. Üretilen iplik, temizleme ünitesinden geçtikten sonra bobin halinde sarılır. İstenilen iplik özelliklerine bağlı olarak, iplik temizleme ünitesinden sonra makine üzerinde parafinleme işleminden de geçirilebilmektedir (Örtlek ve Göksel, 2007).

3.2.Vortex İpliklerinin Yapısı

Vortex iplik üretim sistemi kullanılarak elde edilen iplik, ortada yer alan merkez lifleri ve bu liflerin bir arada tutulmasını sağlayan sarım liflerinden oluşan bir yapıya sahiptir. İplik oluşumu sırasında, liflerin iplik oluşum bölgesine giren ön kısımları, hava jetinin etkisiyle büküm alırlar ve merkez liflerini oluştururlar. Liflerin arka uçları ise merkez liflerinin etrafında sarım oluştururlar. İdealde, Vortex iplikte liflerin öncelikle merkez lifi olarak davrandığı ve daha sonra diğer ucunun ise sarım lifi şeklinde helisel olarak merkez liflerini sardığı belirtilmektedir. Vortex ipliğinin ideal yapısı Şekil 4'teki gibidir (Erdumlu, 2010).



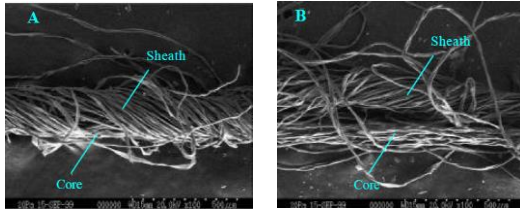
Şekil 4. Vortex ipliğinin ideal yapısı (Erdumlu, 2010)

3.3. MVS İle Üretilen Vortex İpliklerin Hava Jetli İplik Eğirme Sistemi (MJS) ile Üretilmiş İplik Yapıları ile Karşılaştırılması

Murata Vortex eğirme sistemi (MVS) Murata hava jetli eğirme sisteminin (MJS) geliştirilmiş bir versiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Vortex iplikçilik sistemi ile hava jetli iplikçilik sistemlerinden elde edilen ipliklerin yapıları arasındaki temel farklılık sarım yapan lif sayısının ve sarım uzunluğunun artırılmış olmasıdır. Vortex sisteminde sarım liflerini oluşturacak olan lifler hava jetli sisteminden farklı olarak

çekim sisteminden çıkan lif demetinin tüm çevresi boyunca lif demetinden ayrılmaktadırlar.

MVS ve MJS iplik yapılarını kıyaslamaya yönelik son yapılan araştırmalar göstermiştir ki; Vortex ipliklerin sarım yapan lif sayısı oranı ve sarım uzunluğu hava jetli ipliklerden daha yüksektir. Basal ve Oxenham'ın elektron mikroskobu altında (SEM) yaptıkları incelemede, Vortex ipliklerinin de hava jetli iplikler gibi merkezde uzanan bükümsüz çekirdek lifleri ve onların etrafına sarılan sargı liflerinden oluştuğu belirtilmiştir. İplik uzunluğu boyunca uygulanan büküm açma işleminin sonunda sargı yapan liflerin paralel hale geldiği merkezde bükümsüz uzanan liflerin de büküm aldığı görülmüştür. Bu durum Şekil 5'de gösterilmiştir. Basal ve Oxenham yaptığı çalışmada (2003) farklı polyester ve pamuk lif karışımlarıyla oluşturulan Murata Vortex (MVS) ve Hava Jetli (MJS) eğirme sistemleri ile üretilen ipliklerin fiziksel özellikleri kıyaslanmıştır. Test sonuçlarından düzgünlük, kalın yer sayısı, tüylülük değerleri açısından MVS ipliklerinin MJS ipliklerinden daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır (Basal ve Oxenham, 2003).

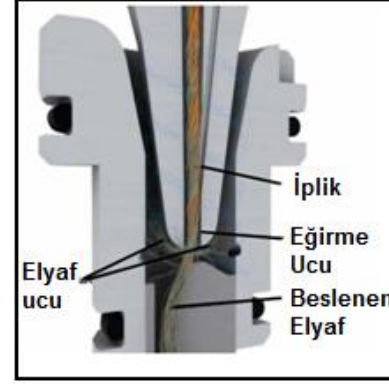


Şekil 5. Vortex iplik yapısının büküm açılmadan (A) ve büküm açıldıktan sonraki (B) SEM görüntüleri (Basal ve Oxenham, 2003)

4.Rieter Air Jet Sistem (J10-J20)

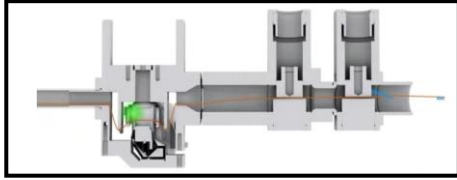
Murata Vorteks firmasından sonra hava jetli iplik eğirme sistemlerinde önemli bir yenilik olarak kaydedilen Rieter firmasına ait (Rieter J10) hava jetli iplik eğirme sistemi büyük ilgi görmüştür. Bu sistemde lif demeti 4 hatlı bir çekim ünitesine beslenmekte ve çekilmiş lif demeti bir lif besleme kanalı aracılığıyla

Vorteks odasına gönderilmektedir. İplik, lif besleme kanalı üzerinde yer alan eğirme ünitesinden sonra sarım aparatına doğru yönlendirilmektedir. Şerit gezdirmesi sistemi, üst silindirler üzerindeki yıpranmayı ve dolayısıyla bakım ve yedek parça masraflarını azaltmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Rieter J10 Hava jetli iplik eğirme ünitesinde iplik oluşumu

J10 modeli, bobin ekleme ve dolu bobinlerin çıkarılması için 4 adete kadar robot içerebilen, tamamen otomatik özelliktedir. Robotlar iplik koptuğu anda iplik emişi yapmakta; ayrıca tertibatlarındaki büküm açma sistemi ile kopan iplik ucu ile yeni beslenen şerit ucu, nozul sisteme girmeden, birleşmekte ve hava akımı etkisi ile iplik üretimi gerçekleşmektedir (Şekil 7). Oluşan yapı bobin sarım aparatı ile sarılmaktadır. J 10'un modüler ve iki taraflı makine tasarımı, yüksek üretim esnekliğini sağlamaktadır. İplik üretim ve sarım alanında yüksek hız özelliği, bu makineyi verimlilik açısından ön sıralara yerleştirmektedir (Erdumlu, 2011). Rieter J10 hava jetli sistem ile üretilen iplik yapısı, yüksek sıvı emme yeteneğine sahiptir. Düşük tüylülük seviyesi dolayısıyla, elyaf uçuntusu az olmaktadır. Yüksek boyarmaddede absorpsiyonu sayesinde boyama işlemlerinde verimlilik sağlanmaktadır. Bu ipliklerden oluşan kumaş yapısı yüksek boncuklanma direnci ve yumuşak tuşeye sahip olup kullanım ömrü uzundur. (<http://www.rieter.com/cz/rikipedia/artic/technology-ofshort-staple-spinning/yarn-formation/12.05.2013>)



Şekil 7. Rieter Air Jet robot sistemde iplik ucunun açılmasını sağlayan aparat

Hava jetli eğirme sistemleri yeni nesil iplik teknolojileri olarak çeşitli üretim avantajları sunmakta ve farklı iplik karakteristikleri ile yeni ürünlerin üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Çizelge 1’de, Rieter, MJS ve MVS teknolojilerinin hem sistemsel olarak hem de elde edilen iplik özellikleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Çizelge 1. Rieter, MJS ve MVS teknolojilerinin sistemsel ve iplik özellikleri açısından karşılaştırılması (Stalder).

| Özellikler | MJS | MVS | Rieter |
|-------------------------|---|---|--|
| Makine sistemi | Tek taraflı | Tek taraflı | Bağımsız çalışabilen çift taraflı sistem |
| İplik Numarası (Ne) | Poliester/pamuk karışımlarında Ne 60'a kadar, %100 poliesterden Ne 80'e kadar iplik üretimi | %100 pamuk da dahil tüm karışımlarda Ne 60'a kadar çalışabilir. | %100 pamuk da dahil tüm karışımlarda Ne 60'a kadar çalışabilir. |
| Lif uzunluğu (mm) | Pamuk lifi için 27 mm'ye kadar, poliester lifi için 38 mm'ye kadar çalışabilir. | Tüm liflerde 38 mm'ye kadar çalışabilir. | |
| Şerit numarası (ktex) | 1.8-4.3 | 2.5-5.0 | |
| Toplam çekim miktarı | 97-300 | 35-300 | |
| Beslenen materyal | Cer şeridi (üç pasaj) | Cer şeridi (üç pasaj) | Cer şeridi (üç pasaj) |
| İplik karakteristikleri | Düşük mukavemet, düşük tıyışlılık, pürüzlü dış yüzey | MJS'ye göre daha yüksek mukavemet, ring ipliğine benzer görünüm, daha iyi düzgünlük değerleri | MJS'ye göre daha yüksek mukavemet, boyamada yüksek renk absorpsiyonu, daha iyi düzgünlük |
| Sistemin avantajları | Ring iplik teknolojisine göre düşük üretim maliyeti, daha az işçilik | Ring iplik teknolojisine göre düşük üretim maliyeti, daha az işçilik | Yenilenebilir sarın sistemi ile yüksek seviyede üretim kapasitesi |
| Kullanılan alanlar | Dış giyim, elbiselik, gömleklilik, ev tekstil ürünleri | Dış giyim, elbiselik, gömleklilik, ev tekstil ürünleri | Dış giyim, elbiselik, gömleklilik, ev tekstil ürünleri ile yüksek yıkama ve aşınma dayanımı gerektiren ürünler |

5.Sonuç

İpliğin hava ile büküm alması fikri gerek maliyet gerekse iplik kalitesi açısından uzun yıllardır üreticilerin ilgisini çekmektedir. Murata Hava Jetli iplikçilikten sonra

geliştirilen Murata Vorteks iplik eğirme sistemi yüksek verimlilik, düşük maliyet ve %100 pamuk ipliği üretebilme kapasitesi ile gelecek vaat eden bir sistemdir. Hava jetli ipliklere göre daha yüksek sargı lifi sayısı ve iplik üzerinde sarılmamış bölgelerdeki azalma nedeniyle Vorteks ipliklerin düzgünlük değerlerinin iyileştiği, daha az tüylülüğe ve daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Vorteks İplik Eğirme sistemi ile Ne 15-Ne 60 numara aralığında iplikler üretilebilmekte, daha ince değerler üretilmek istendiğinde ise iplik kalitesi açısından ciddi sorunlar yaşanabilmektedir. Benzer eğirme teorisi ile çalışan Rieter J10 modeli de oldukça ilgi çekmektedir. Rieter ile üretilen ipliklerde de yine Ne 20-Ne 50 arasında incelik sınırlaması söz konusudur. Ancak iki taraflı, ayrı tahrikli, 100 eğirme pozisyonu ve 4 gezer robot içeren Rieter J10, hava jetli eğirme sistemini daha da ekonomik hale getirmiştir. Hem Murata Vorteks hem de Rieter Air Jet İplik Eğirme sistemlerinde hava basıncı, düze açısı, eğirme hızı, iğ çapı, iğ tipi, çekim koşulları ve besleme oranı gibi parametrelerin iplik yapısına olan etkilerinin tam olarak anlaşılması ve optimizasyon şartlarının belirlenmesi, Ring iplikteki kalite değerlerine ulaşılabilmesi açısından önem taşımaktadır.

6. Kaynaklar

Arzt, P. 2004. Farklı İplik Eğirme Prosesleri, Bunlardan Elde Edilen İplik Yapı ve Özellikleri. 2. Uluslararası İstanbul Tekstil Kongresi, s.72-78.

Basu, A., Oxenham, W. 1993. Effect of Jet Design on the Properties of Air-Jet Spun Yarns, Textile Research Journal, 63, 674-678.

Basal, G., Oxenham, W. 2003. Vortex Spun Yarn vs. Air-Jet Spun Yarn, AUTEX Research Journal, 3(3), 96-101.

Basal, G., Oxenham, W. 2006. Effects of Some Process Parameters on the

Structure and Properties of Vortex Spun Yarn. Textile Research Journal, 76(6), 492-499.

Chasmawala, R.J., Hansen, S.M., Jayaraman, S. 1990. Structure and Properties of Air Jet Spun Yarns. Textile Research Journal, 60(2), 61-69.

Erdumlu, N., Özipek, B., Öztuna, A.S., Çetinkaya, 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.

Erdumlu, N. 2010. Murata Vorteks İplik Eğirme Sisteminde Elde Edilen İpliğin Yapısı ve İplik Özelliklerini Etkileyen Faktörler. Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(1), 99-108.

Erdumlu, N. 2011. An Approach to Investigate the Spinnability of Fine Count Yarns on Vortex Spinning System, PhD thesis, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, 2011.

Erdumlu, N., Özipek, B., Oxenham, W. 2012. Vortex Spinning Technology. Textile Progress, 44:3-4,141-174.

Günaydın, G.K., 2011. Murata Vorteks İplik Eğirme Sisteminde İplik Eğirme Düzeyinin Özelliklerinin ve Konstrüksiyon Yapısının İplik Parametrelerine Etkilerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 275s, Isparta.

Hyrenbach, H. 2004. Vortex İplikçilikte Pratik Deneyimler. Mellian Textile Industry Reports. www.aykatextile.com (20.04.2008)

How, Y. L., Cheng, K., Wong, S., 1991. TextAsia, 22(11), 51-55.

<http://www.rieter.com/cz/riepedia/article/s/technology-ofshort-staple-spinning/yarn-formation/12.05.2013>

<http://www.muratec-vortex.com/24.11.2012>

Kuppers, S., Muller, H., Ziegler, K., Heitmann, U., Planck, H. 2008. Spinning Limits at Vortex Spinning at the Processing of 100% Cotton. Meiland English, 7-8, 71-72.

Lawrence, C. A., Baqui, M.A. 1991. Effects of Machine Variables on the Structure and Properties of Air-jet Fasciated Yarns. Textile Research Journal, 61 (3), 123-130.

Lawrence, C.A. 2003. Fundamentals of Spun Yarn Technology. The Textile Institute, CRC Press, Amerika Birleşik Devletleri, 523pp.

Nergis, B.U. 2000. An Investigation into the Effects of Spinning Parameters in PLYfil 2000 System. İstanbul Teknik Üniversitesi (İ.T.Ü), Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 142, İstanbul.

Örtlek, H., Şener, M., Ülkü, Ş. 2004. Vortex (MVS) İplik Üretim Maliyetinin Analizi ve Konvensiyonel Sistemlerle Karşılaştırılması. Tekstil Teknoloji Dergisi, 98, 82-92.

Örtlek, H.G., 2004. Murata Vorteks İplik Eğirme Sisteminde Üretilen İpliklerin Yapısal Özellikleri ve Bazı Üretim Parametrelerinin Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 144s, Bursa.

Örtlek, H.G., Babaarslan, O. 2003. Spandex (lycra) içerikli core-spun ipliklerin (pes/viskon) tüylülük özelliklerinin incelenmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8 (1), 79-93.

Örtlek, H.G. 2006. Influence Of Selected Process Variables on the Mechanical

Properties of Core-Spun Vortex Yarns Containing Elastane. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14(3), 57.

Örtlek, H., Göksel, F. 2007. Murata Vortex İplik Eğirme Sistemi: Tekstilde Yeri ve Önemi. *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 14(66), 1-7.

Pei, Z., Yu, C. 2011a. Prediction of the Vortex Yarn Tenacity from Some Process and Nozzle Parameters based on Numerical Simulation and Artificial Neural Network. *Textile Research Journal*, 81(17), 1796-1807.

Punj, S. K., Debnath S., Chowdury A., 2001. Fiber Distribution in Air Jet and Ring Yarns, *Indian Journal Fibre Textile Research*, vol. 26, 251-254.

Rameshkumar, C., Anandkumar, P., Senthilnathan P., Jeevitha, R., Anbumani, N. 2008. Comparative Studies on Ring, Rotor and Vortex Yarn Knitted Fabrics. *Autex Research Journal*, Vol.8, No 4., s.100-105.

Soe, A.K., Takahashi, M., Nakajima, M., Matsuo, T., 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.

Stalder, H. Rieter İplikçilik El Kitabı; Cilt 6 Alternatif Eğirme Sistemleri.

Ülkü, Ş. 2002. Yeni İplikçilik Sistemleri. Uludağ Üniversitesi Yayını, 80 s., Bursa.

Zeng, Y.C., Wan, Y., Yu, C.W. 2005. Controlling the Air Vortex Twist in Air-jet Spinning. *Textile Research Journal*, 75(2), 175-177.

Zou, Z.Y., Cheng, L.D., Xue, W.L., Yue, J.Y. 2008. A Study of the Twisted Strength of the Whirled Airflow in Murata Vortex Spinning. *Textile Research Journal*, 78(8), 682-687.

Zou, Z.Y., Yu, J.Y., Cheng, L.D., Xue, W.L. 2009. A Study of Generating Yarn Thin Places of Murata Vortex Spinning. *Textile Research Journal*, 79(2), 129-137.

Zou, Z., Zheng, S., Cheng, L., Xi, B., Yao, J. 2014. Effect of Some Variables on the Fibre Packing Pattern in a Yarn Cross-section for Vortex Spun Yarn. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, volume 22, No. 2(104), 40-46.