

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Elastan İçerikli Open-End Rotor İpliklerinin Denim
Kumaşlarda Kullanımı**

Selda YILDIZ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

**Elastan İçerikli Open-End Rotor İpliklerinin Denim
Kumaşlarda Kullanımı**

Selda YILDIZ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 28/01/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL(Danışman)
: Doç. Dr. Abdurrahman TELLİ
: Doç. Dr. İlkan ÖZKAN

**Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:**

Prof.Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ	1
1.1. Elastan İçerikli Ring İplik (Core Spun) Üretimi	2
1.2. Open-End Rotor İplik Üretimi	3
1.3. Two-For-One İplik Büküm Makinası	5
1.4. Hamel İplik Büküm Makinesi.....	7
1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi	9
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	11
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Metot.....	19
3.2.1. Elastan İçerikli Rotor İplik Üretimi	19
3.2.2. Elastan İçerikli Ring İplik (Core spun) Üretimi.....	22
3.2.3. Elastan İçerikli Denim Kumaş Üretimi	23
3.2.4. İplik Testleri	24
3.2.5. Kumaşlara Uygulanan Testler	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. İplik Test Sonuçları	29
4.1.1. İplik Kopma Mukavemeti (Rkm) Test Sonuçları	31
4.1.2. İplik Kopma Uzaması (%) Sonuçları.....	32
4.1.3. İplik Tüylülüğü (H) Test Sonuçları	33
4.1.4. İplik Düzensizliği (%U) Test Sonuçları.....	34
4.2. Kumaş Test Sonuçları	35
4.2.1. En Değişimi Sonuçları.....	38
4.2.2. Çözü Çekmesi (%) Test Sonuçları.....	39
4.2.3. Atkı Çekmesi (%) Test Sonuçları	39
4.2.4. Atkı Elastikiyet (%) Test Sonuçları	40
4.2.5. Atkı Growth (%) Test Sonuçları.....	41
4.2.6. Gramaj (g/m ²) Testi Sonuçları.....	42
4.2.7. Çözü Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları.....	43
4.2.8. Atkı Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları	44

4.3. Numune Kumaş Görselleri	46
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	63



Elastan İçerikli Open-End Rotor İpliklerinin Denim Kumaşlarda Kullanımı

Selda YILDIZ

Danışman: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Tekstil sektörünün önemli hammaddesi olan iplik, tek kat olarak üretildiğinde bazı fiziksel özellikleri sınırlı kalabilmektedir. Ayrıca değişen ve gelişen nihai ürün özellikleri paralelinde tek kat ipliklerden ekstra fiziksel özellikler istenmektedir. Bunun bir sonucu olarak katlama ve büküm prosesleri, iplikteki fiziksel özellikleri geliştirmek amacı ile başvurulan bir yöntem haline gelmiştir. Günümüzde en fazla kullanılan büküm yöntemi two-for-one büküm yöntemidir. Her ne kadar az bilinse de hamel büküm (elasto twist) yöntemi de uygulanmakta olan bir diğer yöntemdir. İnsanların daha rahat ve daha fonksiyonel tekstil ürünlerine duydukları yüksek talebi karşılamak için ortaya çıkan elastan içerikli iplikler ve kumaşlar için farklı üretim yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada two for one ve hamel büküm sistemlerinde farklı üretim parametrelerine (büküm katsayısı, elastan çekimi, büküm yönü) sahip Ne 20/2 +78 dtex elastanlı rotor iplikleri üretilmiştir. Bu ipliklere referans olarak denim sektöründe sıkça kullanılan Ne 10/1 + 78 dtex elastanlı ring core spun ipliği üretilmiştir. Üretilen ipliklerin mukavemet, uzama, düzgünlük, iplik hataları ve tüylülük testleri yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Üretilen ipliklerin atkı olarak atıldığı, 3/1 Z dimi örgüsünde denim kumaş üretilmiş olup kumaşlara en, elastikiyet, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, gramaj, çekme ve growth testleri uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, kullanılan üretim yöntemine ve üretim parametrelerine bağlı olarak iplik ve kumaş özelliklerinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Open end-rotor, two for one, hamel, core spun, denim

Use of Open-End Rotor Yarns Containing Elastane in Denim Fabrics

Selda YILDIZ

Advisor: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL

Department of Textile Engineering

ABSTRACT

Yarn, which is a crucial raw material in the textile industry, may have limited physical properties when produced as a single-ply. Moreover, in line with the evolving and developing final product requirements, additional physical properties are expected from single-ply yarns. As a result, twisting and doubling processes have become a widely used method to enhance the physical properties of yarn. Today, the most commonly used twisting method is the two-for-one (TFO) twisting technique. Although less known, hamel twisting (Elasto Twist) method is another applied technique. Different production methods have been developed for elastane-containing yarns and fabrics that have emerged to meet the increasing demand for more comfortable and functional textile products. In this study, Ne 20/2 + 78 dtex elastane rotor yarns were produced using the two-for-one and hamel twisting systems with different production parameters (twist multiplier, elastane draft, twist direction). Additionally, as a reference, Ne 10/1 + 78 dtex elastane ring core-spun yarn, which is frequently used in the denim industry, was produced. The produced yarns were tested for strength, elongation, evenness, yarn faults, and hairiness, and the obtained data were analyzed. Denim fabrics with a 3/1 Z twill weave were produced using the yarns as the weft. These fabrics were then subjected to width, elasticity, tensile strength, tear strength, weight, shrinkage, and growth tests, and the results were evaluated. The findings revealed significant differences in yarn and fabric properties depending on the production method and production parameters used.

Keywords: Open end-rotor, two for one, hamel, core spun, denim

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında, bana destek olan tüm bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, deneyimlerini ve tavsiyeleriyle yön gösteren, beni cesaretlendiren, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım çok değerli hocam Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL'a emeklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen, bilgi ve birikimlerini benimle içtenlikle paylaşan, çalışmamda kullanılan ipliklerin ve kumaşların üretimi için BOSSA Denim Tekstil Sanayi Ve Ticaret A.Ş.'a çok teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında gösterdikleri ilgi ve desteklerini benden esirgemeyen Hamel Katlama ve Büküm sisteminde üretilecek ipliklerin elde edilmesi için Adana KAPFİL San. ve Tic. A.Ş. iplik ve iplik üretimleri sırasında sağladığı mükemmel çalışma ortamı ve tecrübelerinden yararlandığım, yardımını esirgemeyen Fason takipçisi Sayın Abdurrahman COP'a çok teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Emre Can YILDIZ'a ve bana fırsat veren oğullarım Emir ve Selim YILDIZ'a çok teşekkür ederim.

Ömrüm boyunca her türlü konuda yardımcı ve destek olan, haklarını asla ödemeyeceğim ve sevgilerini esirgemeyen annem Mukaddes SABUNCU ve babam Süha SABUNCU'ya sonsuz şükranlarımı sunar ve çok teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan pamuk liflerinin özellikleri.....	17
Çizelge 3.2. Creora™ marka elastanın özellikleri	18
Çizelge 3.3. Rotor iplik üretim süreci ve üretim parametreleri.....	19
Çizelge 3.4. Two For One üretim parametleri	21
Çizelge 3.5. Hamel büküm üretim parametreleri	22
Çizelge 3.6. Seçilen parametreler ve ipliklerin kodlaması.....	22
Çizelge 3.7. Core-spun ring iplik üretim süreçleri ve üretim parametreleri.....	23
Çizelge 3.8. Dokuma parametreleri	23
Çizelge 3.9. Numunelere Uygulanan Testler	24
Çizelge 4.1. Ne 10/1 ring core-spun iplik test sonuçları	29
Çizelge 4.2. Ne 20/2 elastan içerikli rotor iplik (two for one büküm) test sonuçları	29
Çizelge 4.3. Ne 20/2 elastan içerikli rotor iplik (hamel büküm) test sonuçları.....	30
Çizelge 4.4. TFO büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları.....	36
Çizelge 4.5. TFO büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları.....	36
Çizelge 4.6. Hamel büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları.....	37
Çizelge 4.7. Hamel büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları.....	37
Çizelge 4.8. Rins yıkama reçetesi	47
Çizelge 4.9. Enzim yıkama reçetesi	47
Çizelge 4.10. Taş yıkama reçetesi.....	47
Çizelge 4.11. Taş+ Ağartma yıkama reçetesi.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ring iplik makinesinde elastan özlü iplik üretim prensibi	3
Şekil 1.2. Elyafın açılarak rotora verilmesi	4
Şekil 1.3. Open-end eğirmenin genel görünüşü	4
Şekil 1.4. Two-for-one bükümde işlem süreci	5
Şekil 1.5. Two-for-one makinesinde bir iğ üzerinden iplik yolu	6
Şekil 1.6. Çift (İkiye Bir, Two For One) büküm makinelerinde iplik akışı	7
Şekil 1.7. Two-for-one bükümlü iplik görünümü	7
Şekil 1.8. Hamel-Elasto twist, içi boş iğli hamel büküm metoduyla üretilen iplik görüntüsü	8
Şekil 1.9. Öz hamel büküm çalışma prensibi	8
Şekil 1.10. Öz hamel bükümünde bulunan iğ kapağı ve birleştirilen iplik görüntüsü	9
Şekil 2.1. BT 904 Rotona® iplik makinası ve iplik görüntüsü	11
Şekil 2.2. Rotona® üretiminde filament beslemesi	12
Şekil 2.3. Rotona® iplik üretimi	12
Şekil 3.1. Üç İplik Katlama şematik görünümü	20
Şekil 3.2. Two for one bükü sistemin de büküm bölgelerinin gösterimi	20
Şekil 3.3. ‘S’ ve ‘Z’ yönlü hamel bükümlü iplikler	21
Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan ipliklerin mukavemet değerleri.....	32
Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan ipliklerin uzama (%) değerleri.....	33
Şekil 4.3. Çalışmada kullanılan ipliklerin tüylülük değerleri.....	34
Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan ipliklerin düzgünsüzlük değerleri	34
Şekil 4.5. İplik hata indeksi (IPI).....	35
Şekil 4.6. Numune kumaşların kesilebilir en değerlerinin grafiksel gösterimi	38
Şekil 4.7. Numune kumaşların yıkama sonrası en değerlerinin grafiksel gösterimi	38
Şekil 4.8. Numune Kumaşların Çözü Çekmesi(%) Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	39
Şekil 4.9. Numune Kumaşların Atkı Çekmesi(%) Değerlerinin Grafiksel Gösterimi.....	40
Şekil 4.10. Numune Kumaşların Elastikiyet (%) Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	41
Şekil 4.11. Numune Kumaşların Atkı Growth Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	41
Şekil 4.12. Numune Kumaşların Gramaj Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	42
Şekil 4.13. S Bükümlü Numune Kumaşların Gramaj Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	42
Şekil 4.14. Z Bükümlü Numune Kumaşların Gramaj Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	43
Şekil 4.15. Numune Kumaşların Çözü Kopma Mukavemet Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	44
Şekil 4.16. Numune Kumaşların Çözü Yırtılma Mukavemet Değerlerinin Grafiksel Gösterimi ..	44
Şekil 4.17. Numune Kumaşların Atkı Kopma Mukavemet Değerlerinin Grafiksel Gösterimi	45
Şekil 4.18. Numune Kumaşların Atkı Yırtılma Mukavemet Değerlerinin Grafiksel Gösterimi.....	46
Şekil 4.19. Çalışma kapsamında kullanılan referans kumaşın yıkama görüntüsü	49

Şekil 4.20. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	49
Şekil 4.21. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	50
Şekil 4.22. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	50
Şekil 4.23. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	51
Şekil 4.24. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	51
Şekil 4.25. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	52
Şekil 4.26. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	52
Şekil 4.27. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri.....	53



1. GİRİŞ

Ring iplik makinesi, tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir iplik üretim makinesidir. Bu makine, pamuk, yün veya sentetik elyaf gibi çeşitli hammaddelerden iplik üretiminde kullanılır. Ring iplik makineleri, yüksek kaliteli ve dayanıklı iplikler üretebilme yetenekleriyle bilinir. İğ, bilezik ve kopça üçlüsünü kullanarak eğirme ve sarma işlemlerini kesintisiz bir biçimde gerçekleştiren bu makine, her ne kadar teknik açıdan başarılı bir tasarıma sahip olsa da verimlilik hususunda belirli sınırlamalara sahiptir. Bu sınırlamalar arasında, iğ devir sayısının iğ üzerindeki titreşimden kaynaklı olarak kısıtlanması ve kopça hızının sürtünmeden doğan deformasyon nedeniyle sınırlandırılması bulunmaktadır. Ayrıca, ipliğin sarıldığı masuranın, büküm veren iğ ile aynı düzlemde yer alması, sarılan iplik kütlesinin iğ ve masura ile birlikte döndürülmesini gerektirir. Bu durum, masura boyutları, enerji tüketimi ve takım değiştirme sıklığı açısından ekonomik verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tür kısıtlar nedeniyle, ring iplik eğirme makinelerinin temel prensiplerinden farklı (bileziksiz ve kopçasız) iplik eğirme sistemleri geliştirilmiştir. Ancak bu sistemlerin çoğu ticari başarı elde etmekte zorlanmıştır. Yenilikçi iplik eğirme yöntemlerinden biri olan open-end (açık uç) rotor iplik eğirme sistemi ise, ilk kez 1967 yılında Basel’de Çekoslovakya tarafından üretilen Investa’nın BD 200 model makinesi ile tanıtılmış ve ticari üretime geçilmiştir (Ercan, 1983).

Kumaş dünyasının köklü üyelerinden biri olan denim, artan talebi karşılayabilen çeşitliliği ve giderek geliştirilen performans özellikleri sayesinde günlük yaşamın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Elastan içerikli iplikler, dokuma kumaşlarda hem esnekliği artırmakta hem de bu kumaştan yapılan giysilerin vücut üzerinde daha düzgün bir duruş sergilemesine olanak tanımaktadır. Günümüzde, özellikle denim kumaşlarda çift yönlü elastan kullanımı, hareket konforunu artırmak adına en yaygın uygulamalardan biri haline gelmiştir (Küçük, 2009).

1960’ların sonlarına kadar kısa elyaf iplikler çoğunlukla ring iplik makinelerinde üretiliyordu ve ring iplikçilik, kısa elyaf iplik üretiminin tek yöntemi olarak tanımlanıyordu. Open-end rotor iplik makinaları 1970’li yılların başında iplik üretimi alanına katılmış ve son yıllarda sürekli olarak güncellenerek büyük bir üretim potansiyeli yaratılmıştır. Son yıllarda rotor hızları önemli ölçüde artmış ve bu da eğrilmiş ipliklerin ekonomik olarak üretilmesini mümkün kılmıştır (Ayan, 2010).

1950’li yılların sonlarından itibaren ticari olarak kullanılmaya başlanan elastan lifleri, tekstil tarihi açısından oldukça önemli bir dönüm noktasını temsil eder. Bu tarihten sonra elastan liflerinin kullanım alanları ve üretimi hızla yaygınlaşmıştır. Çünkü elastan liflerinden üretilen iplikler, dahil edildikleri kumaşlara çeşitli ekstra özellikler kazandırmaktadır. Bu özellikler, kumaşın örme ya da dokuma oluşuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örme kumaşlarda elastan ipliklerin en belirgin faydalarından biri, çekme sırasında ortaya çıkabilecek potluk problemini önlemesidir. Dokuma kumaşlarda ise hem daha esnek bir yapı oluşturmakta hem de bu kumaşlardan yapılan giysilerin

vücuda daha düzgün bir şekilde oturmasına katkı sağlamaktadır. Elastan ipliklerin kullanımının sunduğu bu avantajlar, tasarımcılar ve konfeksiyon üreticileri için önemli fırsatlar yaratmaktadır. (Elmalı, 2008).

Elastan; son yıllarda özlü iplik yapısında sıklıkla öz olarak kullanılmaktadır. Elastan lifleri helisel molekül yapısıyla birlikte uzama yeteneğine (%400-%800) sahip olması sebebiyle elastikiyetin gerekli olduğu alanlarda kullanım avantajı sağlamaktadır (Öner, 2019). Elastan, tekstil endüstrisinde ipliğe ve dolayısıyla kumaşa kattığı konfor, esneklik, insan vücuduna tam uyum, rahatlık ve fonksiyonellik sayesinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle 2000’li yıllardan sonra gösterilen moda eğilimleri arasında elastanlı ürünlerin bulunmadığı tasarım neredeyse yok gibidir. Elastanlı tekstil ürünlerinin klasik kullanım alanları arasında bay ve bayan çorapları, serbest zaman giysileri, iç giyim ürünleri, spor giyim, abiye kıyafetleri, korse, mayo ve tıbbi tekstiller içerisinde yer almaktadır (Vuruşkan ve ark., 2013).

Dünyanın en eski kumaş çeşitlerinden biri olan denim kumaşlar artan taleplere karşılık verebilen çeşitlilikleri ve her geçen gün iyileştirilen performans özellikleri sayesinde günlük kullanıma uygun vazgeçilmez bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Elastan içerikli iplikler, dokuma kumaşlarda hem daha esnek bir ürün elde edilmesini sağlamak, hem de bu kumaştan üretilen giysinin vücutta daha düzgün bir şekil almasına yardımcı olmaktadır. Günümüzde bu amaçla yapılan en yaygın uygulamalardan bir tanesi ise gündelik kullanımda hareket konforu sağlamak amacıyla denim kumaşlarda çift yönlü olarak elastan içerikli ipliklerin kullanılmasıdır.

Elastan içerikli ring iplik üretimi oldukça yaygındır ve ring iplik makinalarında yapılan modifikasyon ile üretilebilmektedir. Elastan içerikli rotor iplikleri ise direk olarak rotor iplik eğirme esnasında üretilmemektedir. Bu amaçla katlama-büküm prosesine ihtiyaç vardır.

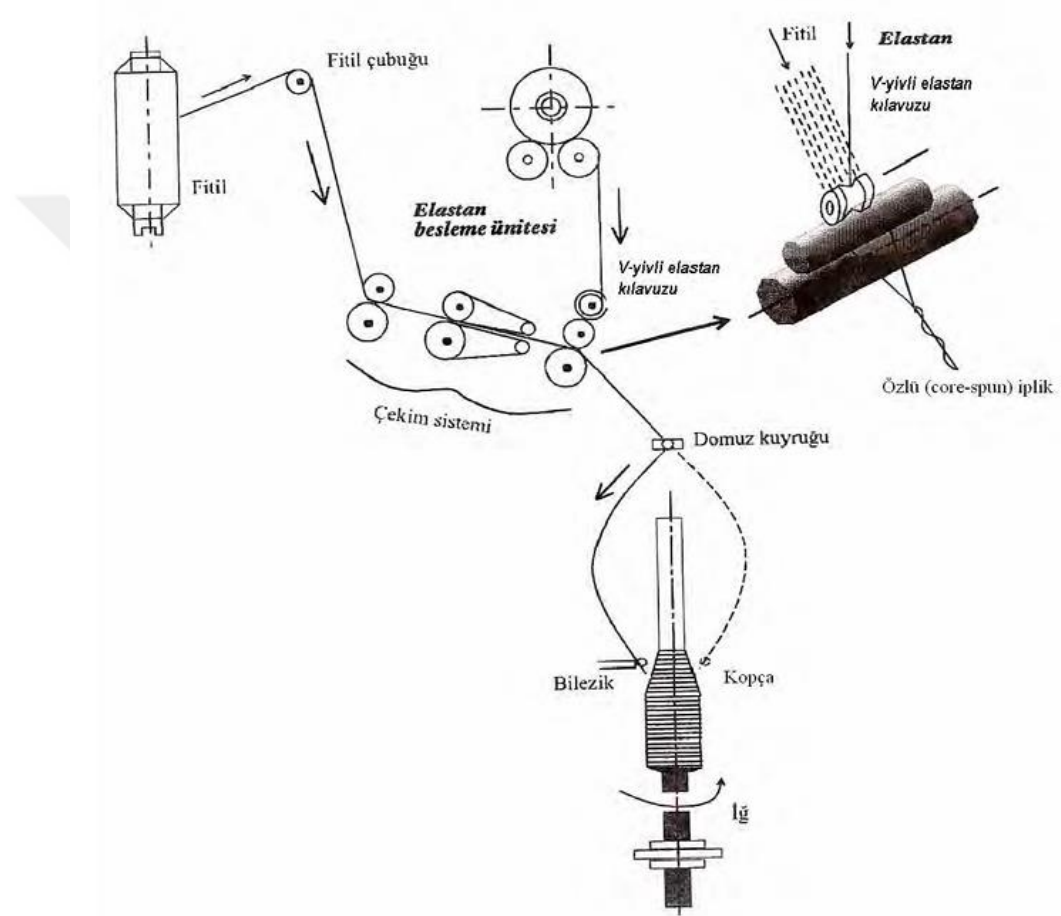
Katlama-büküm, iplik özelliklerini geliştirmek ve tek katlı ipliklerle sağlanamayan iplik veya kumaş performansını elde etmek amacıyla, iki veya daha fazla sayıdaki tek katlı ipliğin birbirine bükülmesi işlemidir. Katlı iplik üretimi ile birçok kumaş tasarımının ekonomik olarak üretimi mümkün olabilmektedir.

1.1. Elastan İçerikli Ring İplik (Core Spun) Üretimi

Sistemin çalışma prensibi genel olarak şu şekilde özetlenebilir: Paralel hale getirilmiş lif demetinin aşamalı olarak bant ve fitil formuna dönüştürülmesi, ardından çekim sistemi yardımıyla işlenip bilezik ve kopça aracılığıyla büküm verilerek bir kops haline getirilmesi esasına dayanır (Günaydın, 2014). Ring iplik eğirme sistemi, ipliğin sürekli olarak eğrilip kops üzerine sarıldığı bir sistemdir. Bu sistemde iplik çıkış silindirinden çıktıktan sonra dönen bir iğ ve kopçadan geçerek bükülür ve iğe bağlı dönen bir kopsa sarılır. Ana eğirme elemanı iğdir. Bu, fitilin aynı sistem içerisinde inceltildiği, büküldüğü ve bir kops üzerine sarıldığı sürekli bir sistemdir.

Ring iplik eğirme makinesinin elastan içerikli özlü iplik üretmesi için modifiye edilmesi gerekmektedir. Bu modifikasyon ile dış tabakayı oluşturan kısa stapel lifler ile iplik merkezine

yerleşecek olan elastan filament, ring iplik eğirme makinesinin ön çekim silindir çiftinin kısırtma noktasın da birleşmektedir. Ring iplik eğirme sisteminde elastan özlü ipliğin üretilmesi için makineye elastan bobinlerini taşıyacak ve aynı zamanda elastanın kontrollü biçimde sevkini sağlayacak pozitif besleme silindirleri ve elastanın ipliğin merkezine verilmesini sağlayacak V yivli elastan kılavuzlar (çekim sistemi ön baskı silindiri üzerinde) eklenmelidir. Ring iplik eğirme makinesinde elastan özlü iplik üretim prensibi ve elastan besleme silindirleri ile V-yivli kılavuzunmakine üzerindeki pozisyonlar Şekil 1.1.'de gösterilmiştir. (Vuruşkan ve ark., 2013)

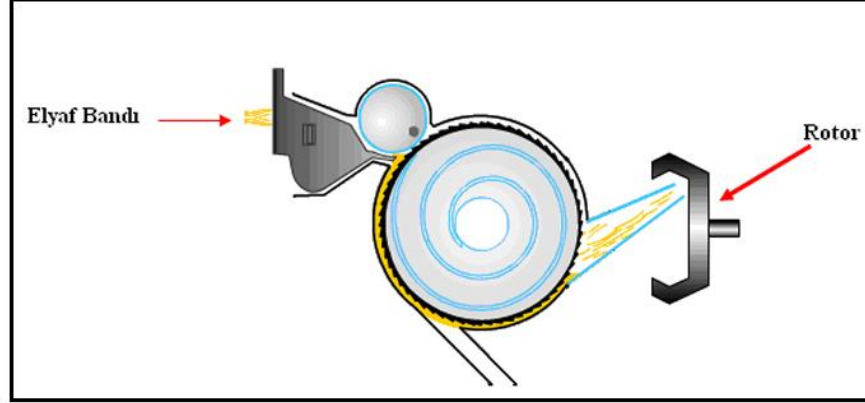


Şekil 1.1. Ring iplik makinesinde elastan özlü iplik üretim prensibi (Vuruşkan ve ark., 2013)

1.2. Open-End Rotor İplik Üretimi

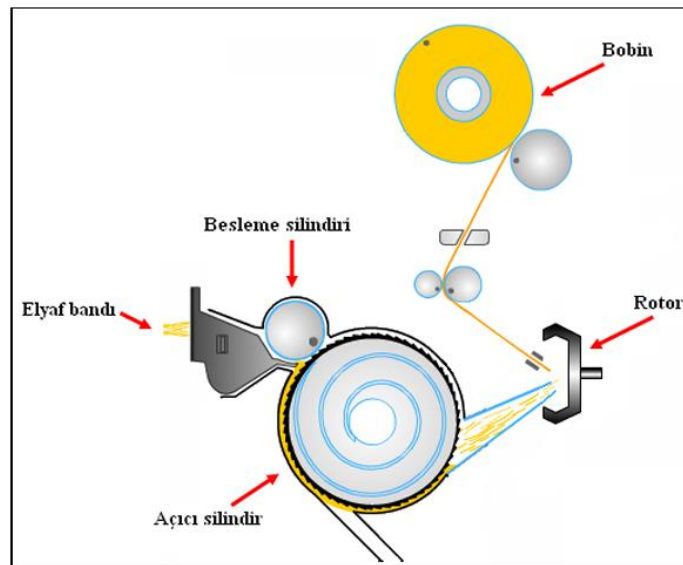
Ticari başarısı kanıtlanmış diğer bir iplik eğirme yöntemi ise rotor iplik eğirme sistemidir. Bu sistem, 1963 yılında Çekoslovakya Pamuk Araştırma Enstitüsü'nde geliştirilmiş olup open-end iplik eğirme sistemi olarak da bilinmektedir. Rotor iplik eğirme sisteminde, bant formundaki malzeme rotora beslenir ve işlemin sonunda bobin halinde iplik elde edilir. Burada açıcı silindirin rolü oldukça önemlidir; bu silindir bant formundaki materyali tekil liflere ayırır ve bunları hızla dönen rotorun içine iletir. Merkezkaç kuvvetinin etkisiyle lifler rotorun iç yüzeyinde birikerek bir halka oluşturur. Bu lif halkası, rotor içindeki ipliğin ucuyla birleştiği noktada bükülerek iplik formuna dönüşür ve sonunda bobin üzerinde sarılır. Rotor iplik eğirme sistemi, fıtıl ve bobinleme

gibi ara aşamalara gerek duymadığı için ring iplik sistemine kıyasla daha ekonomik bir yapıya sahiptir. Günümüzde küçük çaplı rotor kullanımıyla bu sistem üzerinden dakikada 160.000 devir hızı ve 150-350 metre/dakika üretim hızlarına ulaşabilmektedir (Kılıç ve Okur, 2011).



Şekil 1.2. Elyafın açılarak rotora verilmesi (Tekstil Teknolojisi,2012)

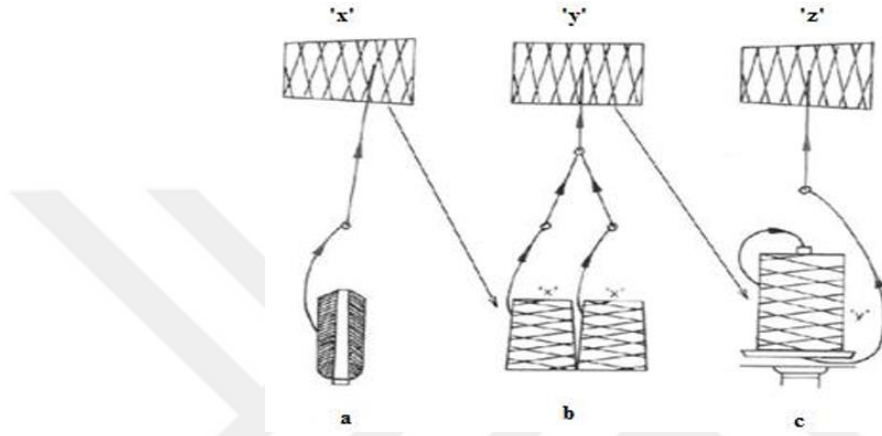
Rotor iplik makinesi, cer şeridini yaylı besleme ayağı ve besleme silindirinden geçirerek işlemeye başlar. Ardından şerit içerisindeki lifler, testere diş kaplı açıcı silindir yardımıyla tek tek ayrıştırılır. Bu ayrıştırılan lifler, transport kanalına yönlendirilirken tekrar ayrı ayrı düzenlenir ve paralelleştirilir. Daha sonra rotor cidarına gönderilen lifler, rotorun dönüşüyle oluşturulan merkezkaç kuvveti sayesinde rotor çeperinde halka şeklinde birikmeye başlar. Bu lif halkası, yeni oluşan iplik ucundaki bükülmemiş liflerle birleşerek çekilmekte ve bu süreçte büküm almaktadır. Rotorun her bir dönüşünde iplik bir büküm kazanır, ardından düzeltilmiş ve bükümlü iplik, bobinleme ünitesine doğru ilerletilir (Yılmaz, 2010).



Şekil 1.3. Open-end eğirmenin genel görünüşü (Tekstil Teknolojisi,2012)

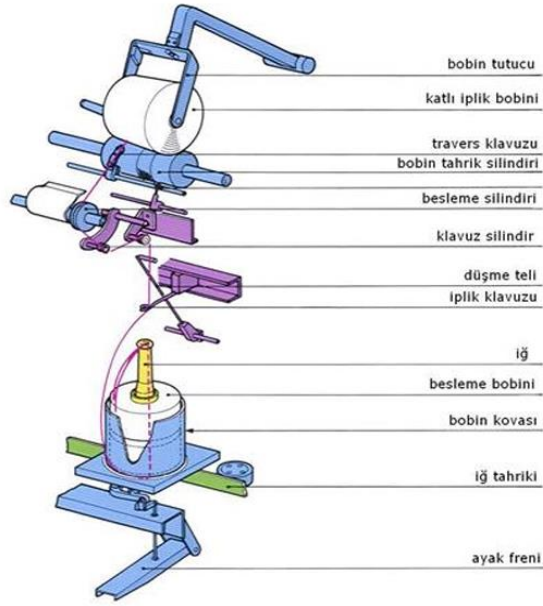
1.3. Two-For-One İplik Büküm Makinası

Two-for-One (TFO) büküm sisteminde, ilk aşamada tek katlı iplik bobinleri katlama makinesinde katlanır. Katlama sırasında kendiliğinden oluşan düşük miktardaki büküm (örneğin 20 tur/m) bobine sarılır; bu görevi şu anda aktarma makineleri gerçekleştirmektedir. Daha sonra katlanmış bobinler, Two-for-One büküm makinesine yerleştirilir ve aktarım sırasında her turda ipliğe iki büküm uygulanır (Yılmaz ve ark.,2012). Bu işlem süresince bobin yapıları üzerinde gözlenen değişiklik temsili olarak Şekil 1.4.'de gösterildiği gibidir.



Genel olarak two-for-one büküm sisteminin asıl görevi; iğin her devrinde ipliğe iki büküm verilmesi, verilen büküm sayesinde mukavemet kazandırılması ve büküm verilen ipliklerin sabit tansiyon ve numaraya göre ideal metrajlı bobin biçiminde sarılması işlemidir.

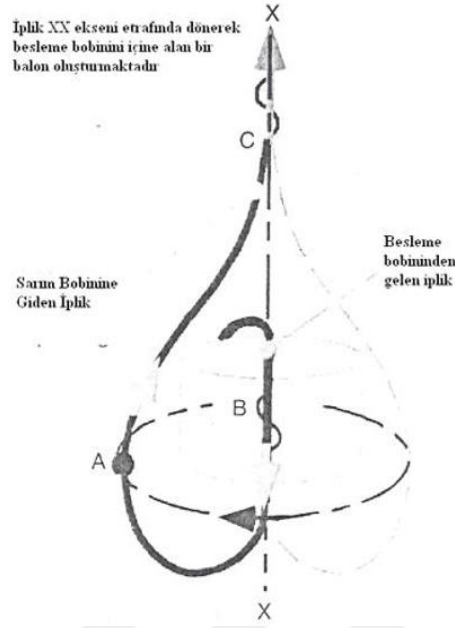
Şekil 1.5. 'de bir iğin tüm unsurları ile çalışma prensibini temsilen iplik yolu gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Two-for-one makinesinde bir iğ üzerinden iplik yolu (Şahin,2022)

Bu sistemin temel amacı, her iğ dönüşünde ipliğe iki büküm vererek mukavemet kazandırmak ve istenen numara ile sabit tansiyonda ideal metrajlara uygun bobinler hazırlamaktır. Sistem genel olarak düşük miktarda başlangıç bükümü içeren katlama bobinlerinin kullanıldığı bir prosesi takip eder. Katlama işlemi tamamlandıktan sonra bobin, taşıma kovasına yerleştirildikten sonra iğnin içi boş yapısı, büküm diski ve bobin kovası aracılığıyla iplik klavuzuna yönlendirilir. Ardından sarma ve bobinleme yapılır (Şahin, 2022).

Diğer yöntemlere göre daha düşük yatırım maliyeti gerektiren bu sistem, üretim süreçlerinde farklı hammaddelerin kullanımına olanak tanıyan esnek bir teknoloji sunar. Böylece değişik renk ve numaralarda iplik üretimi yapılabilir. Ayrıca elastanı çıplak halde kullanma zorunluluğu da bulunmamaktadır. Kaplama işlemi iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada elastomer filament, diğer normal ipliklerle birlikte birleştirilerek katlama işlemi yapılır. İkinci aşamada ise büküm sürecine geçilir. Katlanmış iplik bobini, içi boş iğli yapı üzerine yerleştirilir, buradan geçen iplikler balon kırıcı ve çıkış kanalı ile bobinleme ünitesine aktarılır. Her iğ dönüşünde iki farklı noktada ipliğe eşzamanlı olarak bükümler verilir; biri iğnin içinde, diğeri balon bölgesinde gerçekleşir. Böylece her turda iplik iki kez büküm alır. Şekil 1.6.'da çift (ikiye bir, two for one) büküm makinelerinde iplik akışın görünümü verilmiştir. Çift büküm sistemi ile çalışılan bir makinede, ipliğin akış yönü üzerinden bir ilmek oluşturur gibi geri dönüyorsa, A noktasının bir tur dönüşü B ve C noktalarının her ikisinde birer büküm alır. İkisinde de oluşan bükümlerin aynı yönlü olduğu için iki büküm birlikte toplanır ve burada iğnin her bir dönüşü ile iplik iki tur büküm almış olur. Bu sistem sayesinde bobinlerden herhangi birinin döndürülmesine gerek kalmadan ipliğe büküm verilir ve yüksek büküm hızlarına ulaşılır (Lord, 2003).



Şekil 1.6. Çift ( kiye Bir, Two For One) büküm makinelerinde iplik akışı (Lord., 2003).

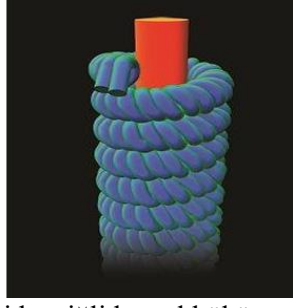
Two-for-one bükümlü ipliğin görünümü  ekil 1.7.'de verilmiştir.



Şekil 1.7. Two-for-one bükümlü iplik görünümü

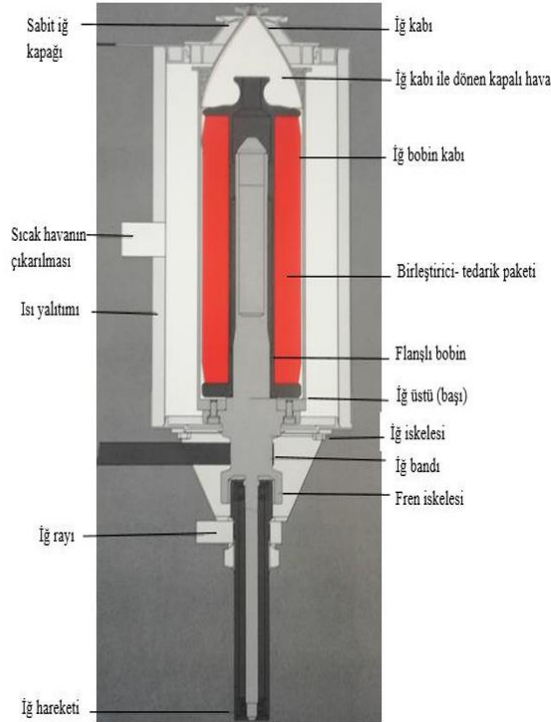
1.4. Hamel İplik Büküm Makinesi

Günümüzde Hamel büküm sistemi çok kullanılmayan bir sistemdir. Bu sistem kaplama yöntemine benzemektedir. Kaplama yönteminden farkı ise, kaplamayı yapan ipliklerin kendi aralarında bükülerek merkez iplik üzerine sarılma işlemidir. İçi boş i li hamel büküm metodunun en önemli özelliği merkez ipliğin dışında olan ipliklerin kendi aralarında merkez iplik üzerine sarılma işlemidir. Sargı ipliği olarak da katlanmış bobin i  üzerinde bulunmaktadır. Merkez iplik ise, aynı için ortasındaki oyu un ortasından kılavuzlanır. Şekil 1.8. 'de Hamel-Elasto twist, içi boş i li hamel büküm metoduyla üretilen iplik görüntüsü verilmektedir (Olgun, 2024).



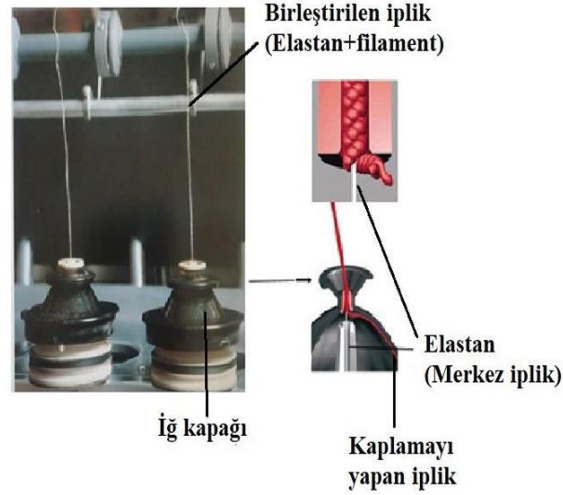
Şekil 1.8. Hamel-Elasto twist, içi boş iğli hamel büküm metoduyla üretilen iplik görüntüsü
(Anonim, Volkmann / Saurer ElastoTwist® makine kataloğu)

Hamel büküm makinesinde, içi boş bir iğ içerisinde geçirilen elastan ipliğin üzerine elastik olmayan iplik sarılmaktadır. Yöntem iki aşamadan oluşur: İlk olarak kısa şapel ipliklere az miktarda bir ön büküm verilerek flanşlı bir bobine sarılır. Daha sonra bu bobinler, kapalı tüp içerisinde yer alan içi oyuk iğ üzerinde işlenir. Pozitif olarak sağılan elastan, iğin içerisinde geçirilir ve iğin dönüşü sayesinde flanşlı bobinde bulunan katlanmış ipliğe gerçek büküm uygulanır. Aynı zamanda bu işlem elastanın üzerine de sarılmayı sağlar (Yıldırım, Şahin, Kırtak, 2010). Hamel büküm makinesinde, makine içerisinde bulunan kapalı bir tüp içerisinde ilk önce iplik halinde bulunan flanşlı bobin (masura) yerleştirilir. Flanşlı bobin içerisinde mil geçirilerek elastan ipliğinin milin ucuna bağlanarak içerisinde çekilir. Çekilen elastan ipliği iğ kapağın içerisinde geçirilir. Geçirilen elastan ipliği ve flanşlı bobindeki iplik birbirine bağlanarak birleştirilme işlemi gerçekleşir. Birleştirilen iplik, makinede bulunan kol bölümündeki bobine eklenir. Şekil 1.9. 'da öz hamel büküm çalışma prensibi verilmektedir.



Şekil 1.9. Öz hamel büküm çalışma prensibi

Şekil 1.10. 'da öz hamel bükümünde bulunan iğ kapağı ve birleştirilen ipliğin (elastan+filament) görünümü verilmektedir.



Şekil 1.10. Öz hamel bükümünde bulunan iğ kapağı ve birleştirilen iplik görüntüsü

1.5. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Open-end rotor iplik eğirme teknolojisi ile düşük tüylülük, yüksek aşınma dayanımı, yüksek üretim hızı elde edilebilmektedir ki bu yönlerden ring iplik üretim teknolojisine göre avantaj sağlamaktadır. Rotor iplikleri denim sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Denimde değişen moda trendlerine göre üç boyutlu görüntü, kumlu efekt gibi görsel talepler neticesinde rotor iplikleri tercih edilmektedir. Denim kumaşlar günümüzde her yaş grubuna hitap eden küreselleşmiş bir üründür. Farklı kalınlıkta denim kumaş üretimleri mevcuttur ancak denim kumaşlar genel olarak nispeten kalın kumaşlardır. Özellikle giysilik denim kumaşlarda daha fazla konfor için elastan içerikli iplik kullanımı yaygındır. Elastan içerikli iplikler, ring iplik makinalarında özlü iplik (core-spun) olarak rahatlıkla üretilebilmektedir. Ancak rotor iplik makinalarında elastan içerikli iplik üretilmemektedir.

Bu çalışma ile rotor iplik makinasında üretilen tek katlı rotor ipliklerinin elastan ile bükülerek elastan içerikli katlı rotor iplikleri elde edilmesi amaçlanmıştır. İplik üretim sürecinde iplik numarası, elastan numarası ve harman sabit tutulmuştur. Büküm yöntemi olarak Two-for-one ve Hamel büküm teknikleri kullanılmıştır. Büküm prosesinde α , elastan çekimi ve büküm yönü değiştirilerek toplamda 32 farklı iplik üretilmiştir. Bu iplikler atkıda kullanılarak ve dokuma parametreleri sabit tutularak denim kumaşlar üretilmiştir. Denim kumaşlar aynı anda aynı terbiye işlemlerinden geçirilmiştir. Üretilen kumaşların performansları testler ile değerlendirilmiştir. Aynı hammadde ve aynı elastan ile ring core spun iplikleri de üretilmiş ve bu iplikler referans olarak alınarak elastan içerikli rotor iplikleri ile kıyaslanmıştır. Ayrıca ring core spun iplikleri atkı olarak atılarak elastan içerikli rotor iplikleri ile üretilen eşdeğer denim kumaşlar dokunmuştur. Bu çalışmada amaç elastan içerikli rotor

atkılar ile dokunmuş 32 adet kumaşın referans olarak alınan ring core spun atkılı denim kumaş ile benzer görüntülere ve test değerlerine sahip olmasıdır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Offerman ve Putzger (1998), ring ve open-end ipliklerinin tüylülük açısından değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada ring ipliğinin tüylülüğünün open-end ipliğine göre %100 daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Çift kat ipliğin bükümü arttıkça tüylülük azalmaktadır. Tek katı ile aynı yönde bükülen çift kat ipliklerde tüylülüğün daha az olduğu görülmüştür.

Örtlek ve Babaarslan (2003), çalışmalarında spandex içerikli kor ipliklerin (elastik kor iplikler) tüylülük özelliklerini incelemişlerdir. İlk olarak iplik tüylülüğü kavramı ve modifiye edilmiş ring iplik eğirme makinelerinde elastik kor iplik üretim tekniğini açıklamışlardır. Çalışmanın deneysel kısmında ise, elastik kor iplik yapısındaki elastan varlığının ve bu ipliklere uygulanan bobinleme işleminin tüylülük özelliğine etkileri, polyester/viskon (50/50) karışımı elastik kor iplikler kullanılarak araştırılmıştır.

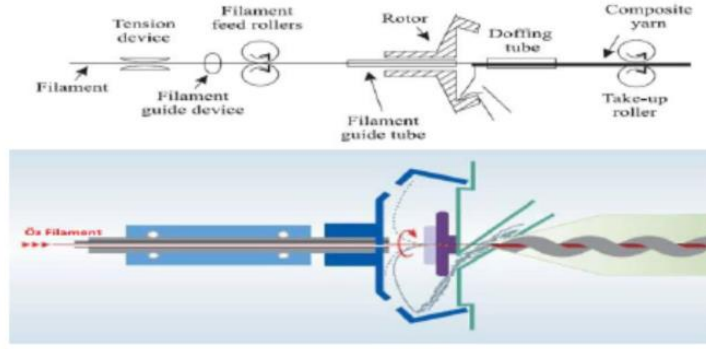
Rieter, BT 904 Rotona® rotor özlü iplik makinasını 2003 yılında pazara tanıtmış. Ancak başarılı olmamıştır. BT 904 Rotona® iplik makinası ve iplik görüntüsü Şekil 2.1’de verilmiştir.

Hehl (2004), Rieter tarafından geliştirilen çekirdekli elastik rotor ipliklerinin üretimi için Rotona® üretim prosesini incelemiştir. Rotona prosesinde, elastik veya elastik olmayan bir çekirdek iplik, özel bir cihazdan ve bir kılavuz tüpten geçirilerek rotor ipliği tarafından rotora sarılmaktadır. Rotona iplikleri üretmek için geliştirilen makine, BT 903 rotor iplik makinesine dayanan BT 904’tür. Rotona ipliğinin, 3 kg’a kadar ağırlıktaki bobinlerde kusur, ek yeri veya düğüm içermeyen uzun uzunluklarla çalışabilmektedir.



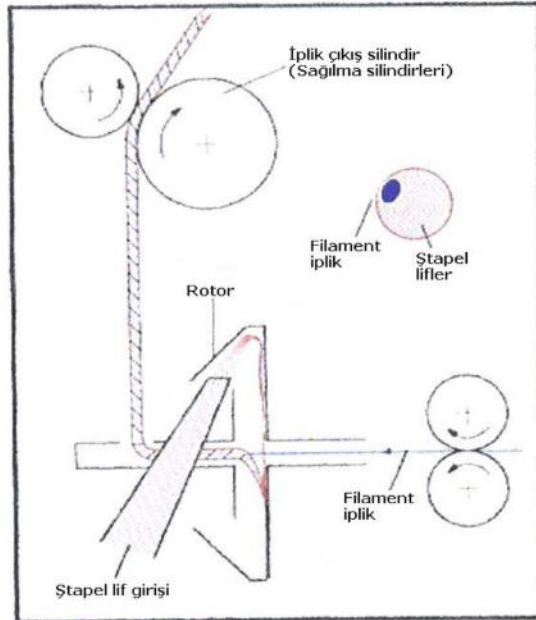
Şekil 2.1. BT 904 Rotona® iplik makinası ve iplik görüntüsü

Rotona®’nın çalışma prensibi incelendiğinde de, ipliklerin üretim yönteminde; çıkış tüpü eksenini boyunca rotor shaftı içerisine bir besleme tüpü yerleştirilerek, özü (çekirdeği) oluşturacak filamentin buradan rotora beslenmesinin sağlandığı görülmüştür. Filament beslenirken, rotor eksenini boyunca gergin kalabileceği uygun gerilim sağlanmalıdır. Şekil 2.2’de filamentin beslenmesi verilmiştir.



Şekil 2.2. Roton® üretiminde filament beslemesi (Alaşehirli, 2009)

Üretim daha detaylı incelendiğinde başlangıç aşamasında, kesikli liflerden oluşan bir şerit bilinen şekilde rotora beslenir. Bu sistemde üretimin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için rotor shaftı eksenini boyunca beslenecek çekirdek materyal ile rotora lif beslemesinin uyumlu bir şekilde çalışması zorunlu kılmaktadır. Daha sonra rotora beslenen filament, eğilmekte olan kesikli liflere bağlanarak çıkış tüpü boyunca çekilir. Ayrıca çıkış tüpüne dönme hareketi de vererek iplik üzerinde yalancı büküm etkisi oluşturmak mümkündür. Böylece, rotorun dönme hareketi, iplik oluşumunu ve bu ipliğin filament etrafına sarılmasını sağlarken; çıkış tüpünün dönme hareketi de elyafın rotor yivinden ayrılma noktasında eğrilen ipliğe ekstra büküm verir. Şekil 2.3’de üretim şekli verilmiştir.



Şekil 2.3. Roton® iplik üretimi

Su ve arkadaşları (2004), tarafından yapılan çalışmada pamuk kılıflı elastan özlü ipliklerin yapılarına elastan inceliği ve çekim oranı özelliklerinin etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, 22 dtex/2f inceliğe sahip elastan öz ve 4.00 çekim değerinde kullanıldığında 10 tex numara değerindeki ipliklerin en yüksek elastik geri dönme değerleri olduğunu tespit etmişlerdir.

Elmalı (2008), çalışmasında, elastan iplik kullanımının kumaş patlama mukavemetine, kopma mukavemetine ve uzama özelliklerine etkisini incelemiştir. Bunun için diğer tüm özellikleri aynı, sadece elastan oranı farklı olacak şekilde kontrollü koşullarda üretilmiş poliamid kumaşlar ve piyasada bulunan ticari kumaşlar arasından seçilen kumaş örnekleri kullanmıştır. Elde edilen bulguları varyans ve korelasyon analizleri yaparak değerlendirmiştir. Sonuç olarak kumaş kopma mukavemeti ile patlama mukavemeti testleri sonuçları arasında istatistiksel açıdan önemli korelasyon katsayıları belirlemiştir. Ayrıca çalışmada uzama testi sonuçları ile patlama ve kopma testleri sonuçları arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayılarını da tespit etmiştir.

Stepanovic ve ark. (2010), çalışmalarında open end ve ring ipliklerinde bükümün kopma mukavemeti üzerine etkisini incelemişlerdir. Kopmanın; bileşen ipliklerin mukavemeti, tel sayısı, büküm miktarı, iplikler arasındaki sürtünme kuvvetleri ve uygulanan büküm yöntemi gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu görülmüştür. Bükümlü ipliklerin fiziksel özelliklerinin incelenmesi, kopma kuvvetlerini tanımlayan parametrelerin belirlenmesine olanak tanımıştır. Ayrıca, deneysel bulgular ile teorik formüllere dayanarak çift kat büküm yöntemiyle üretilen ring ve rotor tipi bükümlü ipliklerin kopma kuvvetlerini modelleyen matematiksel ilişkiler geliştirmişlerdir.

Yılmaz ve ark. (2012), çalışmalarında, farklı harmanlarda ve aynı üretim parametreleri ile üretilmiş olan tek kat ring ipliklerinin direkt büküm işlemi sonrasında özelliklerinde meydana gelen değişiklikleri deneysel olarak incelenmişlerdir. Çalışma sonucunda büküm işlemi, düzgünsüzlük (%U), düzgünsüzlük katsayısı (%CV) ve tüylülük (S3) değerlerinde tüm numune grupları üzerinde iyileşme görülürken, iplik hataları, kopma mukavemeti ve kopma uzaması (%) değerlerinde tüm harman grupları için iyileşme görülmemiştir.

Kaplan (2016), çalışmasında termoplastik malzemelerin çalışma şartlarını zorlaştıran ve üretim maliyetlerini arttıran yüksek erime viskozitesi gibi problemlerin çözülmesi için güçlendirici elyaf ve matrisin katı halde karıştırılması fikrini geliştirmiştir. Bunun sonucunda termoplastik kompozit üretiminde yarı mamul olarak birçok hibrit iplik kullanmıştır. Çalışma kapsamında farklı iplik üretim yöntemlerini kullanmıştır. Hibrit iplik üretim yöntemleri, iplik yapıları ve özelliklerini ayrıntılı olarak incelemiştir. Proses parametrelerinin, iplik yapısına ve özelliklerine etkisi de incelenmiştir.

Sinha ve ark. (2017), çalışmalarında denim kumaş üretimine uygun elastan özlü pamuk ipliklerinin uzama ve mukavemet özellikleri üzerine araştırma yapmışlardır. Araştırma sonucunda iplik kalınlığında artma görüldüğünde iplik mukavemet oranında azalma olduğu görülmüştür.

Öner (2019), çalışma kapsamında modifiye edilmiş kompakt eğirme makinası kullanılarak dört farklı iplik numarasında, iki farklı büküm katsayısında olmak üzere toplam sekiz adet elastan

özlü pamuk iplik ürettirmiştir. İpliklerde kaplama lifi olarak pamuk fitilleri, özde kullanılan elastan olarak ise Lycra® kullanmıştır. Üretilen ipliklerin kalite parametrelerini incelemek üzere, iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps olarak adlandırılan iplik hataları, iplik tüylülüğü, iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri gerçekleştirmiştir. Çalışmanın tüm bulguları birlikte dikkate alındığında, bu çalışma için üretilmiş olan elastan özlü pamuk ipliklerine uygulanan testlerin sonuçlarına göre iplik doğrusal yoğunluğunun azalmasıyla (ipliğin incilmesiyle) ipliklerin kopma mukavemeti, kopma uzaması ve tüylülük değerlerinin düştüğü; iplik hataları ve düzgünsüzlük değerlerinin ise yükseldiği tespit edilmiştir. İplik numarasının artışıyla iplik incelmekte ve iplik kesitinde bulunan lif sayısı azalmaktadır. Bu durumda iplik kesitinde azalan sargı lifi sayısı sebebiyle elastanın oransal olarak artışı söz konusu olmaktadır. Buna bağlı olarak iplik özelliklerine elastanın etkisi daha belirginleşmekte, sargı liflerinin özellikle iplik mukavemetine desteği azalmaktadır sonucuna varmıştır.

Özkan (2019), çalışmasında PTT (Politrimetilen Tereftalat) esaslı olan kesikli Sustans® liflerinin pamuk ile birlikte open-end rotor iplik üretim sisteminde eğrilmelerini hedeflemiştir. Bu sayede Sustans® liflerinin sahip olduğu, iyi elastikiyet ve boyutsal stabilite, düşük statik elektriklenme, yumuşak tuşe gibi olumlu özelliklerin yüksek verimlilikteki bir eğirme tekniği ile kesikli iplik yapısına aktarılmasını amaçlamıştır. Bu kapsamda 5 farklı oranda Sustans®/Pamuk karışımı harman ve %100 Pamuk harman kullanılarak, Ne 8,25 numarada 6 farklı open-end rotor ipliği ürettirmiş ve bu ipliklerin kalite özelliklerini incelemiştir. Ardından bu ipliklerin atkı olarak kullanıldığı, 6 farklı denim kumaş üretilmiş ve kumaşların kalite özelliklerini incelemiştir. Sustans®/Pamuk karışımı harmanlar open-end rotor sistemi ile başarıyla eğrilebilir sonucuna varmıştır. Elde edilen tüm verilere uyguladığı istatistiki analizler sonucunda; %100 pamuk ipliğe göre, Sustans® içeren ipliklerin kopma uzaması, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerleri iyileşirken, mukavemet değerleri ise bir miktar azaldığı görülmüştür. Sustans® içeren denim kumaşlarda %100 pamuk kumaşa göre, daha yüksek boyutsal stabilite ve kopma uzaması sağlanabilmiş, elastikiyet ve kalıcı uzamada ise bir miktar iyileşme görülmüştür. Sonuç olarak elde edilen tüm iplik ve kumaş bulguları ışığında, open-end rotor ipliği üretiminde optimum karışım oranının % 50/50 Sustans®/Pamuk olduğu kanısına varılmıştır.

Erbil ve ark. (2022), çalışmalarında denim kumaşların performans özelliklerini; çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti, hava geçirgenliği, kütle değişimi, boyutsal stabilite, dikiş kayması, kumaş çekmesi ve esneklik parametreleri üzerinden karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Atkı yönünde 100% pamuk, core-spun ve dual-core spun iplikler (Ne 16/1) kullanmışlardır. Çözgü ipliği olarak %100 pamuk ring iplik (Ne 13.5/1) tercih etmişlerdir. Test sonuçları sayısal olarak ölçülüp tek yönlü varyans analizi (Anova) kullanılarak istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Analiz sonuçları, atkı ipliği yapılarındaki değişimlerin kumaşlar arasında anlamlı farklılıklara yol açtığını göstermiştir.

Şahin ve Babaarslan (2022), çalışmalarında Hamel büküm sisteminde beş farklı büküm değerinde Ne 70/2 iplik kullanmışlardır. Üretilen iplik numunelerinin Uster, CV, kalın yer, ince yer, neps, mukavemet ve tüylülük değerlerini tespit ederek, elde edilen verileri değerlendirmişlerdir. Elde edilen bulgular, büküm etkisi altında incelenen kalite parametrelerinde tüm numune grupları üzerinde iyileşme olduğunu ve bu sistemde de büküm seviyesinin kalite parametreleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Olgun (2024), çalışmasında çift özlü ipliklerin (dual core-spun yarn) üretiminde kullanılan çeşitli yöntem ve filamentler ile bunların kumaş özelliklerine etkisi üzerinde durmuştur. Deneysel çalışmasın da, Ne 18/1 çift özlü ipliklerin üç farklı yöntemle üretimini yapmıştır. Bu yöntemler Invista yöntemi, Tekstüre yöntemi ve Hamel büküm yöntemi ('Z' ve 'S' yönü)'dir. Çeşitli filamentler kullanılarak, T400® (elastomultiester), Polibütlen tereftalat (PBT), Polyester (PES) ve Lycra® (elastan) içeren iplikler ürettirmiştir. Ayrıca, geliştirilen bu iplikler kullanılarak 3/1 Z dimi dokuma denim kumaşlar üretilmiş, yıkama ve şartlandırma sonrasında kumaş özellikleri değerlendirilmiştir. Tüm bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde, kullanılan öz malzemesinin türüne bağlı olarak iplik ve kumaş özelliklerinde önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Çift özlü ipliklerin kopma mukavemet, uzama %'si, kopma işi, düzgünsüzlük %'si, tüylülük, neps (+200), kalın yer (+50) ve ince yer (-50) gibi temel parametrelerin yanı sıra kumaş ağırlığı, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, çekme %'si, sertlik, elastikiyet, growth (kalıcı uzama) ve recovery (geri düzelme) gibi kumaş özelliklerinde, öz malzemeye bağlı olarak farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak Urfa pamuğu ve elastan lifleri kullanılmıştır. Pamuk liflerinin özellikleri Uster HVI 1000 (High Volume Instruments) cihazında ölçülmüştür. 10 balyadan 1'er ölçüm yapılmıştır ve ortalama değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan pamuk liflerinin özellikleri

HVI Test Parametreleri	Ortalama Değerler
SCI (Spinning Consistency Index-İplik Eğrilebilirlik İndeksi)	129,67
Mic (Mikroner)	4,49
Mat (Maturity-Olgunluk)	0,87
Len (Length-Lif uzunluğu) (mm)	29,26
Unf (Uniformity-Uzunluk üniformitesi) (%)	82,28
SFI (Short Fiber Index-12,7 mm'den kısa lif oranı) (%)	7,45
Str (Strength-Mukavemet) (cN/tex)	32,2
Elg (Elongation-Kopma uzaması) (%)	6,56
Moist (Moisture-Nem Değeri) (%)	7,3
Rd (Reflectance Degree-Parlaklık)	68,54
+b (Yellowness Degree-Sarılık Değeri)	9,06

Çalışmanın bilimsel bağlamında iplik eğirme potansiyelini değerlendirmede önemli bir ölçüt olan *SCI İplik Eğirme İndeksi* de dikkate alınmıştır. Bu indeks, özellikle liflerin eğrilebilirlik kapasitelerini tahmin etmek amacıyla kullanılan çok değişkenli regresyon denklemlerine dayalı bir hesaplama yöntemi sunar. İndeks değeri yükseldikçe, iplik mukavemetinin yanı sıra lif eğrilebilme potansiyelinin de arttığı gözlemlenmektedir (Uster HVI 1000 Uygulama El Kitabı, 2008).

Pamuk liflerinin mikroner değerleri incelendiğinde, daha ince liflerin artırılmış yüzey alanı nedeniyle daha az hava geçirgenliği sergilediği belirtilmektedir. Bu çalışmada kullanılan pamuk elyafının mikroner değerine bağlı olarak, orta kalınlıkta bir pamuk elyafı ile çalışıldığı tespit edilmiştir.

Mat değeri olgunluk indeksidir ve elyafın hücre duvarı kalınlığının derecesini göstermektedir. 0,87 mat değeri ise elyafın olgun olduğunu göstermektedir.

Lif uzunluğu ise özellikle iplik eğrilebilme sınırını, iplik mukavemetini, düzgünsüzlüğü ve tüylülüğü etkileyen en kritik faktörlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Uygun Nergis, 2008). Lif uzunluğunun artışıyla birlikte ipliğin genel kalitesinin de olumlu yönde etkilendiği bilinmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan pamuk elyafı, 29.26 mm uzunluk değeriyle orta uzunlukta bir materyal sınıfına girmektedir.

Üniformite indeksi, iplik düzgünsüzlüğünü, mukavemet özelliklerini ve eğirme işleminin verimliliğini etkileyen bir diğer önemli değişkendir. Düşük üniformite indeks değerine sahip pamukların genellikle yüksek oranda kısa lif içerdiği ve bu nedenle işleme zorluklarının yanı sıra

düşük kaliteli iplik üretimine yol açabileceği belirtilmiştir. Dolayısıyla, liflerin üniformite derecesi, tekstil üretim süreçlerinde oldukça dikkatle değerlendirilmesi gereken bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Wright, 1982). Lif uzunluğunun fibrogramdaki dağılımını ifade eden üniformite indeksin(UI) de çalışmada kullanılan pamuk elyafı 82,87 değeri ile orta statüye yer almaktadır.

SFI değeri kısa lif indeksidir. SFI, uzunluğu 0,5 inçten (12,7 mm) az olan liflerin miktarının yüzde olarak göstergesidir. Çalışmada kullanılan pamuk, 7,45 SFI değerine sahip olup indeks aralığı düşüktür.

Str elyaf demet mukavemeti demektir. Pamuk liflerinin cN/tex biriminde kopma mukavemetidir. 32 değeri ile kullanılan elyaf çok sağlam aralığına girmektedir.

Elg- uzama, demet içindeki liflerin elastik özelliklerinin bir göstergesidir. Lifler, 1/8 inç çene aralığında demetler halinde yerleştirilir. Sabit bir pozisyondaki birinci çenenin ardından, arka çeneler sabit bir hızla çekim yapar. Liflerin kopmadan önce kazandığı uzama miktarı ölçülür ve bu değer yüzde uzama olarak ifade edilir. 6,56'lık bir uzama değeri, çalışmada kullanılan pamuk elyafının orta bir kalite seviyesinde olduğunu göstermektedir.

Nem, test edilen örnekte bulunan suyun yüzde miktarıdır. Pamuktaki nem, elyafın maruz kaldığı zaman, sıcaklık ve neme göre değişkenlik göstermektedir. HVI test sonuçlarını aynı doğruluk ve hassasiyet seviyesinde elde etmek için sabit nem gereklidir. En iyi hassasiyet ve doğruluk, ortalama %6,5-%8 nem ile elde edilir. Materyalin nemi %7,3'tür.

Rd bu değer pamuk lifleri tarafından yansıtılan ışığın beyazlığını ifade etmektedir. Pamuğun renk derecesini belirlemek için Sarılık (+b) ile bağlantılı olarak kullanılmaktadır.

Sarılık (+b) , bu değer pamuk lifleri tarafından yansıtılan ışığın sarılığını ifade etmektedir. Elyafın sarılığı, sarı bir filtre kullanılarak belirlenmektedir. Bir pamuk numunesinin renk derecesi iki filtreli bir kolorimetrede belirlenmektedir. Bu objektif yöntem, USDA pamuk derecesi standartlarını kontrol etmek için 1940'ların başında Nickerson ve Hunter tarafından geliştirilmiştir. Renk değerlendirmelerinde beklenti sarılık değerinin düşük parlaklık değerinin yüksek olmasıdır.

Çalışma kapsamında kullanılan Hyosung TNC'nin ürettiği Creora™ marka elastanın özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Creora™ marka elastanın özellikleri

Sınıflama	Birim	Özellikler	Test sonuçları
Denye	d/9000m	70 ± 2,0	70,8
	(dtex)	77,8 ± 2,0	78,7
Kırılma Dayanımı (Tenacity)	g/d	0,90↑	1,14

3.2. Metot

3.2.1. Elastan İçerikli Rotor İplik Üretimi

Öncelikle tek kat rotor iplikleri üretilmiştir. Denimde sıklıkla kullanılan elastan içerikli ring iplikleri, Ne 10/1 (core spun) olduğundan tek kat rotor ipliği Ne 20/1 olarak BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş bünyesinde üretilmiştir. Rotor iplik üretim süreci ve üretim parametreleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Rotor iplik üretim süreci ve üretim parametreleri

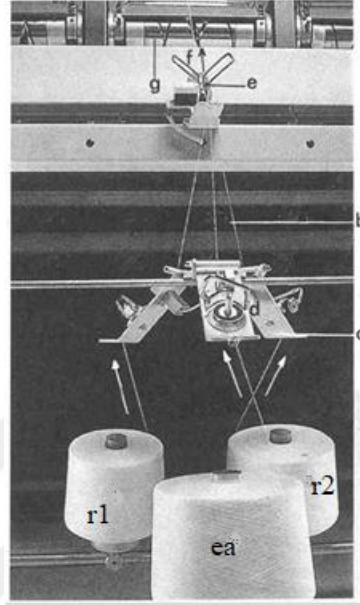
Üretim Aşaması	Makinenin Markası-Modeli-Üretim Yılı	Makine Çıktısı
Balya Açıcı- Karıştırıcı	Rieter B 34 - 1989	Harman karışımı
İnce Açıcı- Temizleyici	Rieter B 5/5 ERM - 1989	Homojenliği arttırılmış harman karışımı
Tarak	Trützschler DK 760 - 1995	Şerit - Ne 0,100
Cer	Rieter RSB D50 - 2017	Şerit - Ne 0,110
Cer	Rieter RSB D50 - 2017	Şerit - Ne 0,110
Rotor İplik Makinesi	Saurer Schlafhorst Autocoro 9- 2017	
	Rotor Tipi/Çapı	T 640 BD/40 mm
	Navel Tipi	K 4-A
	Torquestop Tipi	30-0G (Yeşil)
	Açıcı Silindiri Tipi	B 174DN
	Büküm Katsayısı (α_e)	4,5
	Büküm (tur/inç)	20,12
	Büküm Yönü	Z
	Rotor Hızı (devir/dk)	60.000
	Açıcı Hızı (devir/dk)	7000
		İplik - Ne 20

Elastomer filamentin dokuma işlemlerinde tek başına kullanımı oldukça güçtür. Elastik yapısı nedeniyle filament formunda atkı ya da çözgü olarak doğrudan işlenmesi zorluklara yol açar. Bu nedenle, dokuma işleminden önce elastomer filamentin genellikle normal dokuma ipliği ile katlanarak işleme hazırlanması gerekmektedir. (Yıldırım, Şahin, Kırtak., 2010). Üretilen Ne 20/1 rotor iplikleri elastan ile iki farklı yöntemle göre birleştirilerek elastan içerikli katlı rotor iplikleri (Ne 20/2) üretilmiştir. Bu yöntemler two for one (TFO) ve hamel (HML) olarak seçilmiştir. Katlama büküm yönü her iki yöntem için de ‘S’ ve ‘Z’ olarak ayrı ayrı uygulanmıştır.

a) Two For One Büküm ile Elastan İçerikli Rotor İplik Üretimi

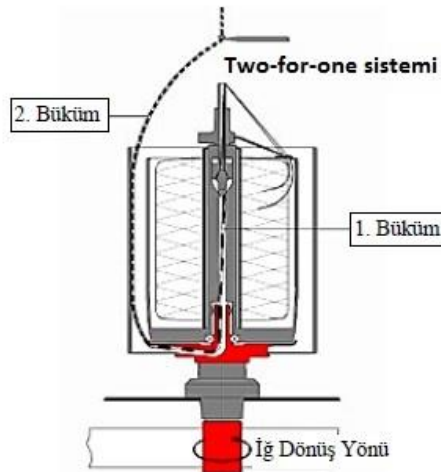
Two for one büküm makineleri birden fazla tek katlı ipliğin bobinden sağılıp birbiri üstüne bükülerek tekrar bobin halinde sarıldığı makinelerdir. Bu sistemde iplik katlama ve büküm aşamaları vardır.

Katlama aşamasında açıktan gelen elastomer filament üretilen rotor iplikleri ile bir araya getirilerek katlanır. Şekil 3.1.'de 2 adet rotor bobini (r1 ve r2) ve elastan bobininin (ea) katlama sistemine katılımı şematik olarak verilmiştir. Şekilde; c) İplik klavuzları, d) Gerginlik ayarlayıcılar, e) Katlama noktası, f) Katlanmış iplik, g) Yarıklı kasnak olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Üç İplik Katlama şematik görünümü

Katlama işleminin ardından büküm aşamasına geçilir. Katlanmış iplik bobini, "two-for-one" büküm makinesinde yer alan içi boş bir iğn üzerine yerleştirilir. Bobinden alınan iplikler, iğn içinden geçirilir ve ardından iplik çıkış kanalı yardımıyla balon kırıcıdan geçerek bobinleme ünitesine ulaşır. İğn her dönüşünde ipliğe hem iğn içinde hem de balon bölgesinde eşzamanlı olarak büküm uygulanır (Şekil 3.2.). Bu iki büküm, ipliğe aynı yönde ve eş zamanlı olarak verilmektedir. Böylece iğn bir turunda iplik iki büküm almış olur.



Şekil 3.2. Two for one bükü sistemin de büküm bölgelerinin gösterimi

BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş bünyesinde two for one büküm tekniği ile gerçekleştirilen üretim parametreleri Çizelge 3.4’de belirtilmiştir.

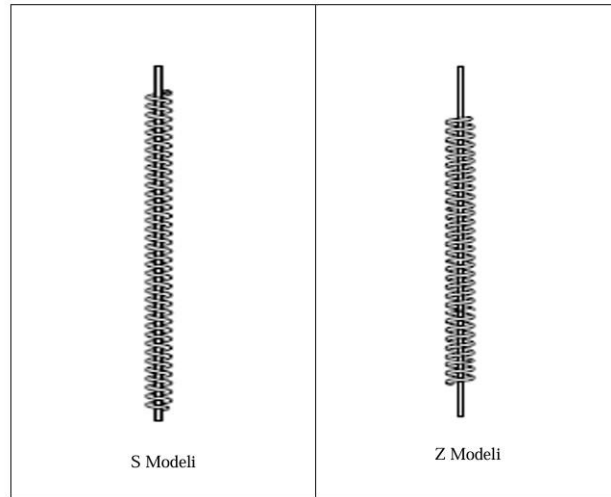
Çizelge 3.4. Two For One üretim parametreleri

İplik Numarası (Ne)	20 /2
Elyaf Karışım Oranı	% 96,52 pamuk % 3,48 elastan
Makine Adı	SAURER Büküm Makinası
Makine İğ devri	8000 devir/dk

b) Hamel Büküm ile Elastan İçerikli Rotor İplik Üretimi

İçi boş iğli büküm tekniğinin en dikkat çekici özelliği, merkez iplik üzerine sarılmış olan dış ipliklerin, kendi aralarında ayrı bir şekilde sarmalanmasıdır. Sargı ipliği olarak kullanılan katlanmış bobin, iğn üzerinde bulunur; merkez iplik ise iğn ortasındaki oyukun içinden kılavuzlanır. Bu yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, kısa ştapel ipliklere çok az miktarda bir ön büküm verilerek flanşlı bir bobine sarılır. İkinci aşamada ise bu flanşlı bobin, kapalı tüp içerisindeki içi boş iğn üzerine yerleştirilir ve elastan pozitif olarak sağılır. Elastan, iğn döndürülmesi esnasında flanşlı bobin üzerindeki katlı ipliğe gerçek büküm verilir ve elastanın üzerine de dolaylı olarak sarılma sağlar (Örtlek, 2011).

Şekil 3.3’ de ‘S’ ve ‘Z’ yönlerinde sarılı hamel büküm tekniği ile üretilen iplikler görülmektedir.



Şekil 3.3. ‘S’ ve ‘Z’ yönlü hamel bükümlü iplikler

Kapfil San.ve Tic. A.Ş.'de hamel büküm tekniği ile gerçekleştirilen üretime ait parametreler Çizelge 3.5.'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.5. Hamel büküm üretim parametreleri

İplik Numarası (Ne)	20 /2
Elyaf Karışım Oranı	% 96,52 pamuk % 3,48 elastan
Makine Adı	Saurer Elasto Twister by hamel
Makine İğ devri	12.650 devir/dk

Elastan ile rotor iplikleri birlikte bükülürken seçilen parametreler ve ipliklerin kodlaması Çizelge 3.6'da verilmiştir. T ile kodlanan ipliklerin üretiminde two for one büküm tekniği, H ile kodlanan ipliklerin üretiminde ise hamel büküm tekniği kullanılmıştır.

Çizelge 3.6. Seçilen parametreler ve ipliklerin kodlaması

İplik Türü		Büküm katsayısı (α_e)	Elastan Çekimi	Büküm Yönü
TFO İplik Kodu	HML İplik Kodu			
T1	H1	3,6	3,6	S
T2	H2	3,8	3,6	S
T3	H3	4,1	3,6	S
T4	H4	4,3	3,6	S
T5	H5	3,6	3,8	S
T6	H6	3,8	3,8	S
T7	H7	4,1	3,8	S
T8	H8	4,3	3,8	S
T9	H9	3,6	3,6	Z
T10	H10	3,8	3,6	Z
T11	H11	4,1	3,6	Z
T12	H12	4,3	3,6	Z
T13	H13	3,6	3,8	Z
T14	H14	3,8	3,8	Z
T15	H15	4,1	3,8	Z
T16	H16	4,3	3,8	Z

3.2.2. Elastan İçerikli Ring İplik (Core spun) Üretimi

Özlü (Core Spun) iplikler iki farklı özellikteki bileşenin özelliklerinden aynı anda optimum ölçüde yararlanabilmek için geliştirilmiş öz ve kılıf/manto liflerinden oluşan bir iplik yapısıdır. Bu lif demetlerinden ilki, ipliğe fonksiyonel özellik katmak için kullanılan ve iplik merkezinden bulunan öz, diğeri ise daha çok konfor özeliğinden dolayı kullanılan ve özü kaplayan (sargı) dış tabakadır.

Çalışmada kapsamında, denimde sıklıkla kullanılan elastan içerikli ring iplikleri olan Ne 10/1 core-spun ring iplik üretimi BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş bünyesinde gerçekleştirilmiş ve üretim parametreleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Core-spun ring iplik üretim süreçleri ve üretim parametreleri

Üretim Aşaması	Makinenin Markası-Modeli-Üretim Yılı		Makine Çıktısı
Balya Açıcı- Karıştırıcı	Rieter B 34 - 1989		Harman karışımı
İnce Açıcı- Temizleyici	Rieter B 5/5 ERM - 1989		Homojenliği arttırılmış harman karışımı
Tarak	Trützschler DK 760 - 1995		Şerit - Ne 0,100
Cer	Rieter RSB D50 - 2017		Şerit - Ne 0,110
Cer	Rieter RSB D50 - 2017		Şerit - Ne 0,110
Fital	Toyota - 1995		Fital - Ne 0,55
Core-Spun Ring İplik Makinası	Marzoli - 2011		İplik - Ne 10
	İğ devri	9500 d/dk	
	Kopça hızı	25 m /sn	
	Kopça tipi	B2 H1 DR 10	
	Bilezik çapı	51 mm	
	Elyaf Karışım Oranı	% 96,52 pamuk % 3,48 elastan	
	Büküm Katsayısı (α_e)	4,5	
	Büküm (tur/inç)	14,23	
	Büküm Yönü	Z	
	Elastan Numarası	78 dtex	
	Elastan Çekimi	3,8	

3.2.3. Elastan İçerikli Denim Kumaş Üretimi

Çalışma kapsamında üretilen elastan içerikli rotor ve ring iplikleri atkıda atılarak 3’er metre denim kumaş üretimi BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Aynı dokuma makinesinde, aynı çözgülerle kancalı (rapier) tezgahlarda dokunmuştur. Dokuma bilgileri Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Dokuma parametreleri

Makine	Picanol kancalı (Rapier)
Makine devri	620 d/dk
Çözgü ipliği hammaddesi	%100 Pamuk Ring
Çözgü ipliği numarası	Ne 7/1 Şantuklu
Tarak No	56/4
Tarak Eni	185 (cm)
Toplam Çözgü Tel Sayısı	4144
Mekanik Sıklık	16,3
Örgü	3/1 Z Dimi

Bu çalışmada amaç, farklı atkılar kullanılarak dokunmuş olan 32 kumaşın referanslarla benzer görsel ve fiziksel test değerlerine sahip olmasını sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda tüm kumaşlara aynı terbiye işlemleri tek adımda ve ardışık olarak uygulanmıştır. Uygulanan terbiye işlem adımları şu şekilde sıralanmıştır:

- Çift yüz yakma
- Yıkama (teknele 40°C)
- Apre (55 m/dk , 190°C)
- Sanfor

3.2.4. İplik Testleri

Tez çalışması kapsamında üretimi gerçekleştirilen ipliklere fiziksel testler (düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük) ve performans (kopma mukavemeti ve uzaması) testleri BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş bünyesinde uygulanmıştır.

Üretilen ipliklerin düzgünsüzlük ve iplik hataları “ ISO 16549 standardına göre yapılmıştır. Uster Tester 4 cihazında (UT4), her bir bobinden 5 ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır. Test hızı 400 m/dk olarak ölçümler yapılmıştır. UT4 cihazı kapasitif ölçüm prensibine göre çalışmakta olup, iplik numunesi, cihaz üzerinde iki paralel plakadan oluşan kondansatörler arasından geçirilerek, birim uzunluk boyunca kütleli değişim incelenmektedir. Cihaz ile elde edilen bilgiler; iplikteki düzgünsüzlük (%U), ince yer adedi, kalın yer adedi, neps adedi ve tüylülük (H)'tür.

Uster Tensojet-4 cihazında ise iplik numunelerinin mukavemet (Rkm) ve kopma uzaması (%) değerleri ölçülmüştür. Burada testler, 400 m'de 100 kopuş olarak 0,5 cN/tex kuvvet uygulanarak yapılmıştır. Her bir bobinden 5 ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır.

3.2.5. Kumaşlara Uygulanan Testler

Çalışma kapsamında üretilen kumaşlara uygulanan testler Çizelge 3.9.' da verilmiştir. Tez çalışması kapsamında mamül kumaşlara fiziksel testler uygulanmıştır. Uygulanan tüm fiziksel testler ISO 139'a göre standart atmosfer şartlarında (20±2 °C ve % 65±4 nem) yapılmıştır.

Çizelge 3.9. Numunelere Uygulanan Testler

Test Adı	Birim	Test Standardı
En	cm	ASTM D 3774
Boyutsal Değişim (Çekme)	%	ISO 6330
Elastikiyet	%	ASTM D 3107
Kalıcı Uzama (Growth)	%	ASTM D 3107
Gramaj	g/m ²	ASTM D 3776
Atkı-Çözümlü Yırtılma Mukavemeti	gf	ASTM D 1424
Atkı-Çözümlü Kopma Mukavemeti	kgf	ASTM D 5034

Tüm testler BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş bünyesinde yapılmıştır. Ancak kısa metre üretim sebebi ile testler tek ölçüm olarak gerçekleştirilmiştir. Test değerlendirmeleri Levis standartları baz alınarak yapılmıştır. Bu standart gereği tüm testler öncesinde tüm mamül kumaşlara 3 kere 60°C de ev tipi yıkama yapılmıştır.

En

Kumaş eninin dıştan dışa olacak şekilde cm cinsinden ölçülmesidir. Metot olarak ASTM D 3774 kullanılmıştır.

Gramaj Testi

Gramaj, kumaşların 1 m²'sinin gram ağırlığını ifade eder. Bir kumaşın gramajı mukavemetini, hidrofilitesini ve yumuşaklık gibi sonuçlarını da etkiler. ASTM D 3776 metodunda, 10x10 cm ebatlarında madeni bir levha ile numuneler alınır. Daha sonra alınan numuneler hassas terazide tek tek tartılır. Tartım işlemi sonrasında ise kumaşın 1m² sinin ağırlığı hesaplanır.

Boyutsal Değişim Testi

ISO 6330 “Elastik Kumaşların Yıkama ve Kurutulmaları Esnasında Boyutsal Değişimi” metoduna göre Electrolux Wascator yıkama cihazında yapılmıştır. Kumaşların boyutsal değişim testlerinde 50 cm x 50 cm boyutlarında boyutsal değişim şablonu kullanılmıştır. Yıkama öncesinde kumaşlar bu şablon üzerinde bulunan referans noktalarına göre işaretlenmiştir. Yıkama sonrasında kumaştaki en ve boy yönündeki çekme ve uzama değişimleri yüzde olarak belirlenmiştir.

Kopma Mukavemet Testi

Dokuma kumaşların dayanabileceği maksimum kopma kuvvetini belirlemek için yapılan testlerde, müşterilerin talepleri doğrultusunda hem atkı hem de çözgü yönünde yüksek kopma mukavemeti istenmektedir. Çözgü yönündeki iplik yoğunluğunun atkı yönüne göre daha fazla olması ve bu ipliklere verilen yüksek büküm sayesinde çözgünün dokuma sırasında maruz kalacağı kuvvetlere karşı daha dayanıklı olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle, çözgü yönündeki kopma mukavemeti genellikle atkı yönünden daha yüksek olmaktadır (Ayyıldız ve Koç, 2004).

Kopma mukavemeti testi grap (kavrama) ve şerit metodu olacak şekilde iki farklı metotla yapılabilmektedir. Deney numunesine kopuncaya kadar bir çekme işlemi uygulanır ve bu esnada elde edilen kuvvet kopma mukavemetini verir. Uygulanan kuvvet birimi newton veya kg kuvvet olarak ölçülür. Şerit testinde numunenin kısa kenarları çekme makinesinin çeneleri tarafından tam kavranır ve daha sonra kuvvet uygulanır. Atkı ve çözgü yönünde 50x200 mm boyutlarında numuneler hazırlanır. Grap (kavrama) test metodu ise cihazın çenelerine numune eninin tam orta noktalarından tutturularak gerçekleştirilen kopma mukavemet testidir. Grap metodunda 100±2 mm en, 150 mm boy ölçülerinde numuneler hazırlanır. Çalışma kapsamında numunelerin kopma

mukavemet tayininde grap metodu uygulanmıştır. Numune, ortasından 25 mm'den tutacak şekilde cihazın alt ve üst çenelerine yerleştirilmiştir. Cihazın çene aralığı 75 mm'dir. Kopma mukavemeti testi ASTM D 5034 metoduna göre yapılmıştır. Ticari açıdan değerlendirildiğinde kumaşlarda istenen kabul edilebilir minimum değer 20 kgf'dir.

Yırtılma Mukavemet Testi

Yırtılma mukavemeti testi dokuma kumaşların dayanabildiği maksimum yırtılma kuvvetini belirlemek amacıyla yapılmaktadır.

Bir arada toplanmış iplikler, gerilimi eşit şekilde dağıtarak daha yüksek bir mukavemet sunar. Eğer kumaş içerisindeki iplikler kolayca yer değiştirebiliyorsa, uygulanan yırtılma kuvveti ardışık iplikleri koparmayacak, bunun yerine yalnızca hareket ederek bir arada bulunan elyaf demetlerinin kopmasına neden olacaktır.

Yırtılma mukavemet testi, sabit hızla çalışan dinamometreler kullanılarak veya düşen sarkaç yöntemi (Elmendorf) ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışma kapsamında, çözgü ve atkı yönündeki yırtılma mukavemetini belirlemek için ASTM D 1424 standardı uygulanmıştır. Test için kullanılan dikdörtgen kumaş numunesi, kısa kenarının ortasından itibaren 2 cm kadar kesilerek hazırlanır. Daha sonra numune, kesik kısmın kopmaya sebep olacak şekilde cihazın iki germe çenesine yerleştirilir. Test sırasında kumaş, yırtılma belirli bir uzunluğa ulaşıncaya kadar sabit bir hızda çekilerek üzerine kuvvet uygulanır. Yırtılma mukavemet değeri, elde edilen kuvvetin tepe noktalarından hesaplanır. Sonuçlar gf (gram-kuvvet) birimiyle raporlanır.

Elastikiyet ve Kalıcı Uzama (Growth) Testi

Esneme özelliğine sahip dokuma kumaşlarda, özellikle yüksek elastikiyet değerleri taşıyanlarda, belirli bir kuvvet veya yüke maruz kalındığında meydana gelen ve orijinal boyutlarına geri dönülemeyen uzama miktarı, yüzdesel olarak ifade edilerek "kalıcı uzama" olarak adlandırılmaktadır. Kumaşın, uygulanan kuvvet veya yük sonrası, başlangıçtaki formuna geri dönme kabiliyetinin azalması ya da tamamen kaybolması, artan bir kalıcı uzama değerini işaret eder. Kalıcı uzama değerlerinin iyileştirilmesi üzerinde etkili olan faktörler ise oldukça çeşitlidir ve kumaş yapısına dahil edilen ipliklerin üretim yöntemi ile içerik özelliklerinden başlayarak; kumaş konstrüksiyonu, gerçekleştirilen terbiye işlemleri ve kumaşa uygulanan yıkama süreçlerine kadar uzanan kapsamlı bir parametreler bütünü olarak ifade edilebilir. Kumaş dinamik yapısını koruyamayıp, deforme olmaya meyillense buna bağlı olarak esneme yeteneğini kaybeder. (3.2) nolu eşitlikte görüldüğü gibi ASTM D3107 metodu ile kalıcı uzama değeri elastikiyet ölçümü sonucunda kumaş serbest duruma getirilip, ilk uzunluğu ile relax haldeki uzunluk arasındaki fark belirlenerek elde edilmiştir (Kavuzlu ve Çelik, 2019). ASTM D 3107 yöntemiyle numune kumaş üzerine 25 cm'lik çizgi çekilerek sabit bir referans işareti koyulur. Kumaşa esneme yönünde ağırlık olarak 1.360,8 g (3 libre)'lık yük uygulanır. (3.1) nolu eşitlikte görüldüğü üzere kuvvet etkisi

sonucunda işaretler arasındaki mesafenin ölçülmesiyle kumaştaki elastikiyet yüzde (%) olarak tespit edilir.

$$\text{Elastikiyet} = \left(\frac{1,3608 \text{ kg altındaki uzama} - \text{İlk uzunluk}}{\text{İlk uzunluk}} \right) * 100 (\%) \quad (3.1)$$

$$\text{Kalıcı uzama} = \left(\frac{\text{Bekleme sonrası uzunluk} - \text{İlk uzunluk}}{\text{İlk uzunluk}} \right) * 100 (\%) \quad (3.2)$$

(3.1) ve (3.2) nolu eşitlikte geçen ilk uzunluk değeri; numune üzerinden ilk etapta alınan uzunluktur, (3.2) nolu eşitlikte geçen kalıcı uzama değeri ise; uygulanan kuvvetten kurtulmuş numunenin 1 saat (60 dakika) sonraki son uzunluk değeri kullanılarak hesaplanır (Baylak, 2024).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İplik Test Sonuçları

Ring core -spun üretim tekniği kullanılarak üretilen referans kumaş atkısı Ne 10/1 Karde + Elastan (78 dtex) olup söz konusu referans ipliğin (Ref.) test değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelgedeki değerler, 5 farklı ölçümün ortalamasını göstermektedir.

Çizelge 4.1. Ne 10/1 ring core-spun iplik test sonuçları

İplik Kodu		% U	İnce yer -40%	İnce yer -50%	Kalın yer 35%	Kalın yer 50%	Neps 200%	Neps 280%	H	Rkm	Uzama %
Ref.	Ort.	10.03	42.5	0.5	939.5	203.5	250.5	61.5	6.7	19.25	7.46
	%CV	1.3	69.7	223.6	13.1	18.6	10.5	11.0	3.8	6.56	6.8

Two for one büküm yöntemi kullanılarak üretilen Ne 20/2 OE-rotor + Elastan (78 dtex) ipliklerin test sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ne 20/2 elastan içerikli rotor iplik (two for one büküm) test sonuçları

İplik Kodu		% U	İnce yer -40%	İnce yer -50%	Kalın yer 35%	Kalın yer 50%	Neps 200%	Neps 280%	H	Rkm	Uzama %
T1	Ort.	6.91	0.0	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	5.13	14.77	6.76
	%CV	1.1	0.0	0.0	136.9	0.0	136.9		1.9	5.59	6.35
T2	Ort.	7.08	0.0	0.0	13.5	1.0	1.5	1.0	5.42	14.31	6.37
	%CV	1.0	0.0	0.0	33.6	223.6	149.1	223.6	1.8	5.04	5.30
T3	Ort.	6.91	0.0	0.0	5.5	1.5	2.5	1.5	5.31	14.43	7.02
	%CV	1.0	0.0	0.0	38	149.1	141.4	149.1	1.7	5.19	7.71
T4	Ort.	6.98	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	5.10	14.58	6.56
	%CV	1.6	0.0	0.0	47.5	0.0	0.0	0.0	1.5	5.86	5.36
T5	Ort.	6.81	0.0	0.0	4.5	0.5	1.5	0.0	5.14	14.30	6.93
	%CV	0.3	0.0	0.0	46.5	223.6	149.5	0.0	1.0	6.98	6.58
T6	Ort.	6.86	0.0	0.0	9.5	0.5	0.5	0.5	5.26	14.21	6.68
	%CV	0.6	0.0	0.0	34.3	223.6	223.6	223.6	1.0	5.41	5.58
T7	Ort.	6.88	0.5	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	4.96	14.92	7.40
	%CV	1.2	223.6	0.0	55.9	0.0	0.0	0.0	1.7	6.13	6.27
T8	Ort.	6.95	0.5	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	5.11	14.29	7.33
	%CV	1.6	223.6	0.0	34.2	0.0	0.0	0.0	1.0	5.6	5.14
T9	Ort.	6.24	0.0	0.0	6.0	2.5	5.5	4.5	3.97	17.32	10.03
	%CV	0.7	0.0	0.0	63.2	173.2	74.7	106.9	0.3	8.73	6.90
T10	Ort.	6.56	0.0	0.0	3.0	0.5	1.0	0.5	3.89	17.42	10.14
	%CV	0.9	0.0	0.0	136.9	223.6	136.9	223.6	1.1	7.24	6.74

Çizelge 4.2'nin devamı

T11	Ort.	6.39	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	4.36	17.79	9.83
	%CV	0.8	0.0	0.0	91.3	0.0	0.0	0.0	1.1	5.89	5.13
T12	Ort.	6.33	0.0	0.0	2.5	1.0	1.5	0.5	4.05	17.77	9.64
	%CV	1.1	0.0	0.0	100.0	136.9	149.1	223.6	1.1	6.40	5.68
T13	Ort.	6.39	0.0	0.0	2.5	1.0	1.0	1.0	3.69	17.64	9.73
	%CV	0.5	0.0	0.0	122.5	223.6	223.6	223.6	0.7	6.78	7.04
T14	Ort.	6.35	0.0	0.0	3.5	0.5	2.0	1.0	3.59	17.92	10.31
	%CV	0.7	0.0	0.0	81.4	223.6	163.0	223.6	1.0	6.32	6.74
T15	Ort.	6.33	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	4.12	17.42	9.64
	%CV	0.8	0.0	0.0	223.6	0.0	0.0	0.0	0.4	7.81	6.25
T16	Ort.	6.40	0.0	0.0	3.5	0.5	1.0	0.0	4.24	17.19	9.66
	%CV	0.9	0.0	0.0	63.9	223.6	136.9	0.0	0.7	5.53	5.77

Hamel büküm ile üretilen 20/2 OE+ Elastan (78 dtex) ipliklerin test sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ne 20/2 elastan içerikli rotor iplik (hamel büküm) test sonuçları

İplik Kodu		% U	İnce yer -40%	İnce yer -50%	Kalın yer 35%	Kalın yer 50%	Neps 200%	Neps 280%	H	Rkm	Uzama %
H1	Ort.	7.45	1.0	0.0	22.0	1.5	5.0	1.0	4.97	15.25	5.73
	%CV	0.6	136.9	0.0	34.5	149.1	35.4	136.9	2.7	7.37	5.94
H2	Ort.	7.35	2.0	0.0	18.5	1.5	3.5	1.5	4.98	15.30	6.35
	%CV	1.4	104.6	0.0	29.6	91.3	81.4	91.3	1.6	5.61	5.05
H3	Ort.	7.41	0.5	0.0	17.5	0.0	0.5	0.0	4.98	14.67	6.50
	%CV	0.7	223.6	0.0	50.5	0.0	223.6	0.0	1.1	6.42	6.11
H4	Ort.	7.25	0.5	0.0	14.0	1.0	1.5	1.0	4.75	15.39	6.84
	%CV	1.4	223.6	0.0	16.0	136.9	149.1	136.9	2.2	4.73	5.53
H5	Ort.	7.37	0.0	0.0	14.5	0.5	1.5	0.5	4.95	15.22	6.48
	%CV	1.7	0.0	0.0	7.7	223.6	149.1	223.6	0.9	6.13	5.36
H6	Ort.	7.27	0.0	0.0	13.0	0.0	0.5	0.0	4.98	15.31	6.41
	%CV	0.5	0.0	0.0	25.1	0.0	223.6	0.0	0.9	5.73	4.65
H7	Ort.	7.58	1.0	0.0	23.5	1.0	0.5	0.5	5.02	15.10	6.67
	%CV	1.0	223.6	0.0	16.1	136.9	223.6	223.6	1.3	5.69	5.86
H8	Ort.	7.44	0.0	0.0	19.0	1.5	2.0	1.5	4.98	15.17	6.42
	%CV	0.4	0.0	0.0	35.6	149.1	163.0	149.1	1.8	5.80	6.75
H9	Ort.	6.92	0.0	0.0	7.0	0.5	0.5	0.5	3.66	19.50	10.35
	%CV	1.7	0.0	0.0	77.4	223.6	223.6	223.6	4.3	7.14	6.26
H10	Ort.	6.95	0.0	0.0	4.5	0.0	1.0	0.5	3.51	19.59	9.53
	%CV	0.8	0.0	0.0	91.3	0.0	136.9	223.6	0.3	7.03	7.15
H11	Ort.	6.89	0.0	0.0	7.0	0.5	1.0	0.5	3.70	19.47	11.06
	%CV	0.8	0.0	0.0	46.6	223.6	136.9	223.6	3.8	6.73	7.30

Çizelge 4.3'ün devamı

H12	Ort.	6.83	0.0	0.0	1.5	0.5	0.5	0.5	3.56	19.47	10.43
	%CV	0.5	0.0	0.0	91.3	223.6	223.6	223.6	5.5	7.32	5.75
H13	Ort.	7.01	0.5	0.0	7.5	1.0	3.0	2.0	3.66	19.31	10.13
	%CV	0.9	223.6	0.0	66.7	136.9	108.7	136.9	0.9	6.62	6.73
H14	Ort.	7.12	0.5	0.0	12.0	2.5	3.5	3.0	3.47	19.58	9.56
	%CV	3.0	223.6	0.0	40.1	173.2	148.1	136.9	1.3	7.4	8.02
H15	Ort.	7.05	0.5	0.0	5.0	1.0	1.5	1.0	3.34	18.87	8.93
	%CV	1.2	223.6	0.0	61.2	136.9	149.1	136.9	0.4	7.31	8.07
H16	Ort.	6.87	0.0	0.0	31.0	25.0	25.0	24.0	3.59	19.08	11.40
	%CV	1.5	0.0	0.0	41.7	37.4	37.4	30.9	0.4	7.08	6.15

4.1.1. İplik Kopma Mukavemeti (Rkm) Test Sonuçları

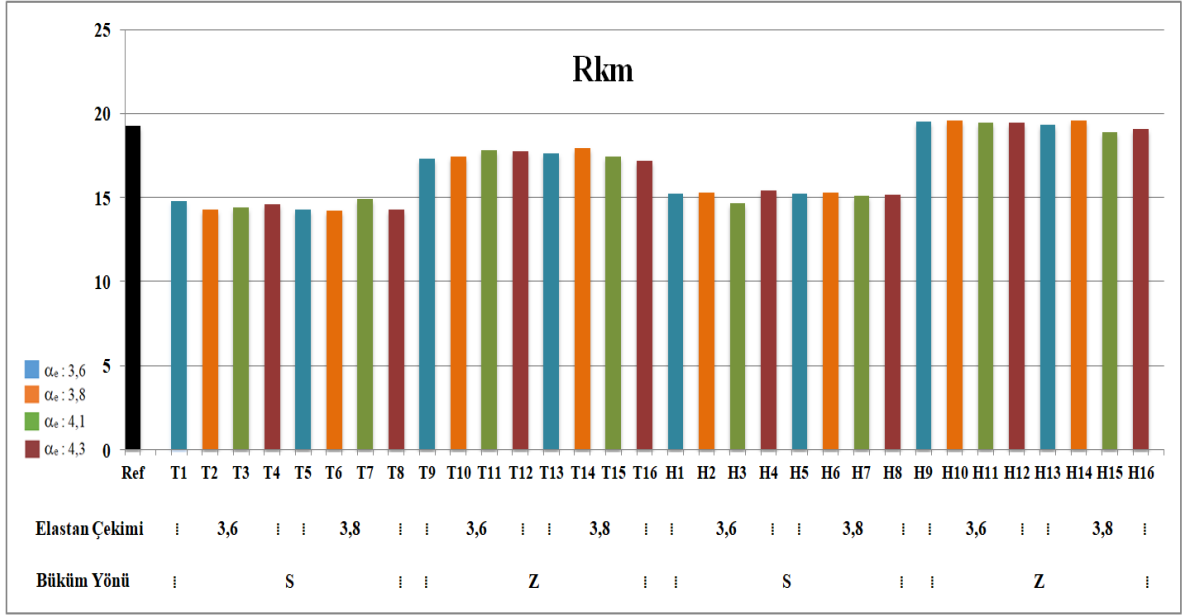
Bu çalışmada kullanılan iplik yapılarının mukavemet değerindeki değişim Şekil 4.1'deki grafikte verilmiştir. Referans ipliği, ring core-spun üretim tekniği ile üretilmiş elastanlı ipliklerdir. Ring ipliklerin mukavemet değerleri eşdeğer open end rotor ipliklerinin mukavemet değerlerinden daha yüksektir. Bu nedenle genel olarak Ne 20/2 elastanlı rotor ipliklerinin mukavemet değerleri eşdeğer Ne 10/1 elastanlı ring ipliklerinden düşük çıkmıştır.

Two for one büküm yöntemi ile üretilen elastanlı rotor ipliklerinin mukavemetleri Hamel büküm yöntemi ile üretilenlere göre düşük çıkmıştır. Bunun nedeni Hamel büküm tekniğinde hava direnci ve iplik balonu olmadan bükümün gerçekleşmesidir (Şahin, 2022).

Her iki büküm yönteminde de Z büküm yönü daha yüksek mukavemet değerleri vermiştir. Open end rotor iplik üretiminde rotorun dönme yönü ipliğin büküm yönü olup Z yönüdür. Katlı iplik üretiminde katlama-büküm yönünün Z oluşu ipliklerin büküm yönünü desteklemiş ve iplikte artan sargı sayısı sebebiyle mukavemet değerlerinin daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur.

Hamel büküm yöntemi ile Z yönünde üretilen elastanlı rotor ipliklerinin geneli referans iplik olarak alınan ring core spun ipliğinden daha yüksek mukavemet değerleri göstermiştir. En yüksek mukavemete sahip iplikler H10 (Rkm 19,59) ve H14 (Rkm 19,58) nolu iplikler olmuştur. Rkm değerlerindeki değişimde büküm katsayısı ve elastan çekiminden ziyade büküm yönü ve büküm yöntemi etkili olmuştur.

Çift katlı ipliklerde gerçekleştirilen büküm işlemi, iplik eksenlerine doğru basınç uygulayarak spiraller oluşturur ve temas bölgelerinde lifleri birbirine yaklaştırır. Bu durum, lifler arasındaki temas yüzey alanını ve temas kuvvetini artırır. Sonuç olarak, iplik içerisindeki lifler arasındaki kohezyon güçlenir ve bu da ipliğin mukavemetinin yükselmesine katkı sağlar. Ancak, büküm işlemi sırasında büküm organları ile iplikler arasında meydana gelen iplik-metal sürtünmesi ve bir arada bükülen tekstil materyalleri arasındaki iplik-iplik sürtünmesi iplik yapısını olumsuz etkiler. Bunun sonucunda, bükümlü iplik yapısının dayanıklılığı beklenenden daha düşük bir seviyede kalır (Yılmaz ve ark., 2012)

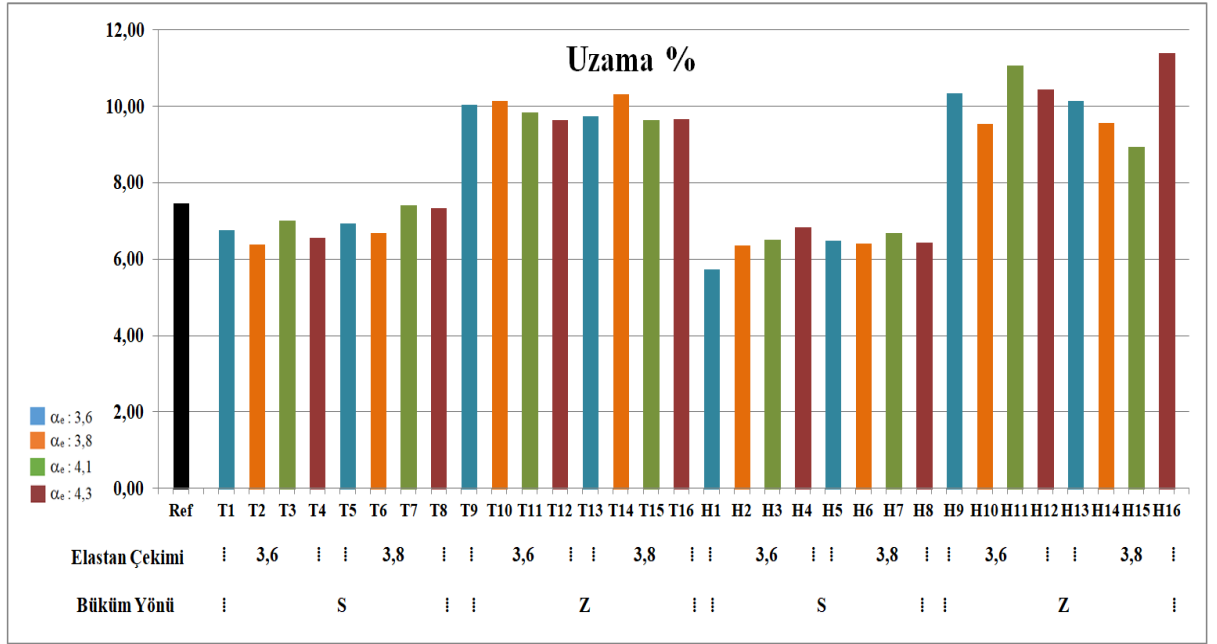


Şekil 4.1. Çalışmada kullanılan ipliklerin mukavemet değerleri

4.1.2. İplik Kopma Uzaması (%) Sonuçları

Çift katlı ipliklerin kopma uzaması (%) değerindeki değişimi etkileyen iki temel yapısal faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden biri, kopma uzamasını artırıcı yönde etkiye bulunur ve çift katlı ipliği oluşturan tek kat ipliklerin, çift katlı ipliğin eksenine etrafında spiral şeklinde sarılmasıyla ilişkilidir. Bu özel yapıda, birim uzunluktaki çift katlı ipliği meydana getirmek için birim uzunluktan daha fazla miktarda tek kat iplik kullanılmaktadır. Böylesi bir çift katlı iplik üzerinde eksenine doğrultusunda gerilme uygulandığında, lifler üzerine doğrudan esneme kuvveti binmeden önce spiral yapı sayesinde tek kat iplikler bir miktar daha birbirine yaklaşıp uzama sağlar. Bu aşamadan sonra esas yük, liflere iletilir. Kopma uzaması (%) üzerinde olumsuz etki yaratacak ikinci faktör ise çift katlı iplik elde etmek için uygulanan büküm yönünün, tek kat ipliklerin büküm yönüne zıt olmasıdır. Bu durumda, ipliğin yapısını oluşturan lifler çift katlı yapı içinde eksene daha dik bir konum alır ve bu durum liflerin esneklik kabiliyetini sınırlar. Ayrıca, büküm işleminin ipliğin merkezine doğru oluşturduğu baskı lifler arasındaki kohezyonu artırarak ipliğin rijitliğini yükseltir. Bu sebeple, ipliğin esneklik özelliği yani kopma uzaması (%) değeri azalır (Yılmaz ve ark., 2012).

Bu bilgiler ışığında Şekil 4.2 incelendiğinde, büküm yönüne göre ipliklerin uzama değerlerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Her iki büküm yöntemi ile Z yönünde üretilen elastan içerikli rotor ipliklerinin kopma uzaması değerleri eşdeğer referans ipliğe göre oldukça yüksek çıkmıştır. En yüksek kopma uzaması değeri H16 nolu iplikte görülmüştür (%11,40). Yine burada da büküm katsayısı ve elastan çekimi etkili olmamıştır.

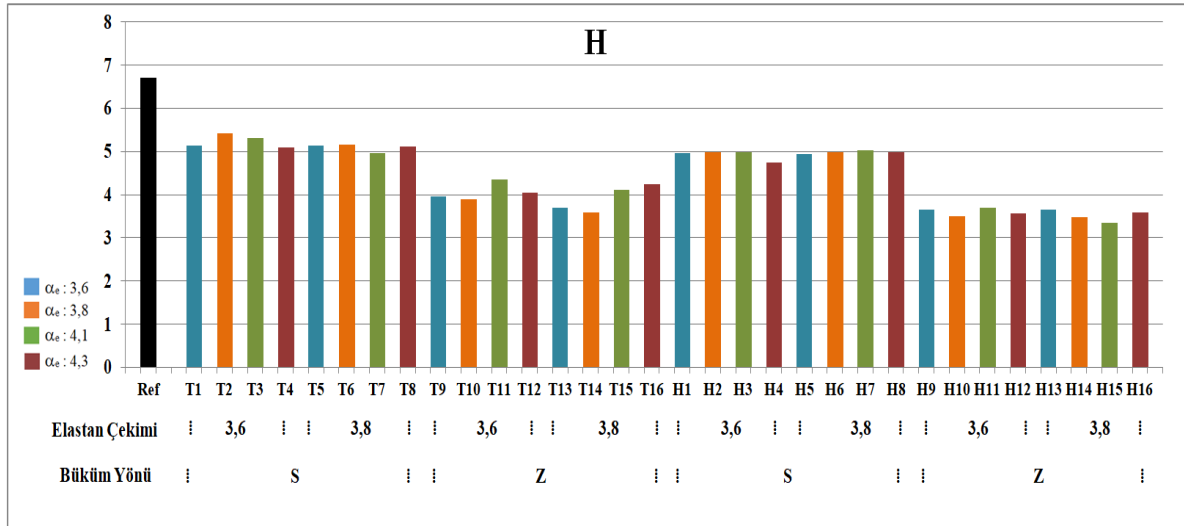


Şekil 4.2. Çalışmada kullanılan ipliklerin uzama (%) değerleri

4.1.3. İplik Tüylülüğü (H) Test Sonuçları

Tüylülük (H), iplik yüzeyinden çıkan lif uçlarıdır. Çalışmada üretilen ipliklerin Uster test cihazı ile ölçülen tüylülük değeri (H), 1 cm uzunluğundaki ipliğin yüzeyine çıkan liflerin toplam uzunluğunun birim iplik uzunluğuna oranını ifade etmektedir. Üretilen ipliklerin tüylülük testinin sonuçları Şekil 4.3’de verilmektedir.

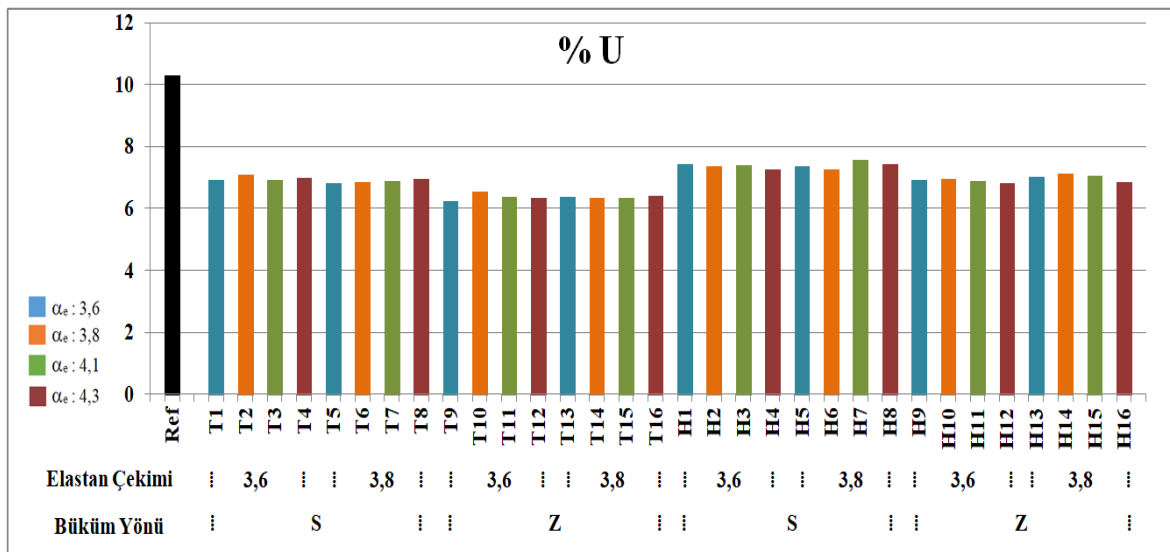
Büküm işlemi sırasında iplik ile büküm sistemi elemanlarının birbirlerine sürtünmeleri iplik yapısında deformasyonlara neden olmaktadır (Barella,1991). Bu ise tüylülüğü artıran bir etkidir. Ancak büküm işleminin iplik yapısı üzerine asıl etkisi, işlem esnasında birbirine göre sarmal etki gösteren katlı ipliklerin birbirlerine ait dışarı doğru çıkıntı yapmış lifleri yani tüyleri, büküm noktalarında kısırmaları ve/veya kendi üzerlerine sarmaları ile elimine etmesidir. Bu etki iplik yapısında tüylülük değerini azaltmaktadır (Yılmaz ve ark., 2012). Literatürü destekler şekilde çalışma kapsamında üretilen elastan içerikli katlı rotor ipliklerinin tüylülük değerleri referans iğliğinin tüylülüğünden çok daha az çıkmıştır. Gerek hamel büküm gerekse two for one büküm tekniği ile üretilen ipliklerde ‘Z’ büküm yönü iplik tüylülüğünü daha olumlu etkilemiştir. Bu da beklenen bir durumdur çünkü tek kat iplik büküm yönü de ‘Z’ bükümdür. Ayrıca hamel büküm yöntemi ile üretilen ipliklerin tüylülüğü diğer yöntemle göre daha düşük çıkmıştır. Hamel büküm tekniğinde hava direnci ve iplik balonu olmadan bükümün gerçekleşmesi bu durumu açıklamaktadır. Tüylülük değerlerindeki değişimde büküm katsayısı ve elastan çekiminden ziyade büküm yönü ve büküm yöntemi etkili olmuştur.



Şekil 4.3. Çalışmada kullanılan ipliklerin tüylülük değerleri

4.1.4. İplik Düzgünsüzlüğü (%U) Test Sonuçları

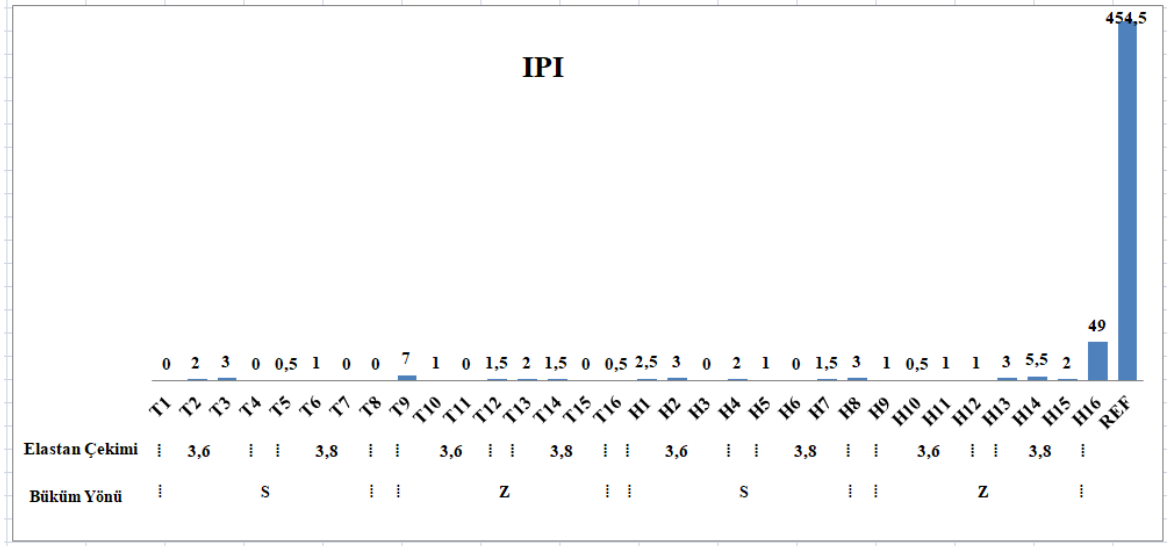
Düzgünsüzlük, iplik kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kesikli liflerden üretilen ipliklerde lif uzunluk ve incelik varyasyonu, üretim parametreleri gibi faktörler nedeniyle ipliklerin birim uzunluklarında ağırlık varyasyonları meydana gelmektedir. Çalışmada üretilen ipliklerin düzgünsüzlük değerleri Şekil 4.4’de verilmiştir. Referans ipliğin düzgünsüzlük değeri katlı rotor ipliklerinin düzgünsüzlük değerlerinden çok daha yüksektir. Bu sonuç, katlama (dublaj) ile düzgünsüzlüklerin azaldığı literatür bilgisini desteklemektedir. Hamel büküm yöntemi ile üretilen ipliklerin düzgünsüzlük değerleri TFO büküm yöntemi ile üretilen ipliklerin düzgünsüzlük değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. Genel olarak her iki büküm yönteminde de ‘Z’ büküm yönü daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan ipliklerin düzgünsüzlük değerleri

4.1.5. İplik Hataları (IPI) Test Sonuçları

İplik hata indeksi (IPI), iplikteki ince (-50) ve kalın yerler (+50)/km ile birlikte toplam neps (+200) sayısının birleşimi ile ifade edilir (Haque ve ark., 2021; Raian ve ark., 2023). Çalışmada üretilen ipliklerin IPI değerleri Şekil 4.5’ de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.5. İplik hata indeksi (IPI)

Katlama-büküm ile iplikte düzgünsüzlük ile birlikte iplik hataları da azalmaktadır. Çalışma kapsamında üretilen tüm katlı ipliklerin iplik hata indeksi (IPI) değerleri referans ipliğe göre ciddi seviyede düşmüştür.

4.2. Kumaş Test Sonuçları

Üretilen mamul kumaşların test sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Deneysel çalışma sonucu elde edilen test değerlerinin, standart değeri karşılayıp karşılamadığı Levi’s Global firmasına ait kumaş performans test sınır değerlerine göre değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular çizelge ve grafikler yardımıyla karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Çizelge 4.4. TFO büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları

Kumaş Kodu	Kesilebilir En (cm)	Yıkama sonrası En (cm)	Çözü Çekmesi (%)	Atkı Çekmesi (%)	Atkı Elastikiyet (%)	Atkı Growth (%)
REF	152	128,8	-2	-17,5	28,8	2,4
T1	150	127	-1,5	-15	29,6	2,8
T 2	150,3	126,5	-1,3	-16,6	30,4	3,2
T 3	150	126	-1	-15	30,8	4,4
T 4	149,5	125,5	-1,5	-15	31,6	4,4
T 5	149,5	126	-1	-17	32	4,8
T 6	153,3	127	-1,5	-17	30,8	4,4
T 7	149,4	127	-1,5	-15,5	30	2,8
T 8	149,8	126,4	-2	-16,8	30,8	2,4
T 9	149,5	125	-1,5	-16	30	4
T 10	149	126	-1,5	-15	31,6	4
T 11	149,8	127,8	-2	-15,5	29,6	2,4
T 12	150	127	-2	-15,5	29,2	2,8
T 13	149,7	126	-1,8	-16,3	30,4	3,2
T 14	149,5	126,5	-2,8	-15	28	3,2
T 15	149,5	126	-2	-16	29,6	2
T 16	150	128	-2,1	-15	28,8	2

Çizelge 4.5. TFO büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları

Kumaş Kodu	Yıkama Öncesi Gramaj (g/m ²)	Yıkama Sonrası Gramaj (g/m ²)	Çözü Kopma Kuvveti (kgf)	Çözü Yırtılma Kuvveti (gf)	Atkı Kopma Kuvveti (kgf)	Atkı Yırtılma Kuvveti (gf)
REF	405	501	131,3	6766	60	4837
T1	414	503	122,9	6766	52,2	3022
T 2	405	471	142,1	6766	49,2	3231
T 3	419	504	142,8	6807	50,8	3750
T 4	413	504	139,5	6830	50,1	3563
T 5	410	495	133,8	6523	50,7	3516
T 6	410	500	150,1	6766	53,3	3213
T 7	411	491	138,7	6766	49	2873
T 8	412	488	153,4	6630	52	3133
T 9	421	525	134,8	6781	58,1	5386
T 10	429	514	138,9	6758	56,6	5073
T 11	431	494	143,3	6766	54,5	4636
T 12	431	530	128,4	6766	54,9	4672
T 13	431	519	142,1	6749	58,6	5109
T 14	429	514	132,7	6740	39,7	5386
T 15	432	541	128,8	6766	60	4587
T 16	432	522	124,8	6766	56,3	4957

Çizelge 4.6. Hamel büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları

Kumaş Kodu	Kesilebilir En (cm)	Yıkama sonrası En (cm)	Çözümlü Çekmesi (%)	Atkı Çekmesi (%)	Atkı Elastikiyet (%)	Atkı Growth (%)
REF	152	128,8	-2	-17,5	28,8	2,4
H1	154	136	-1,5	-12,5	25,6	9,2
H2	154	140	-1,5	-10	22	7,6
H3	151,5	135	-3,5	-11	24,4	6,4
H4	153	134,5	-1,8	-12,5	24,8	4,8
H5	153	128	-1,5	-15	29,2	6
H6	150,8	128	-1	-15	29,2	2,8
H7	153	137	-2,5	-11,5	23,2	6,4
H8	151	128	-2	-17	31,2	5,6
H9	150	125	-2,8	-17	32	3,6
H10	151	129	-2,5	-15	30	5,2
H11	151	130	-2	-14,5	28	6
H12	151	128,5	-2	-15	30,4	5,2
H13	149,5	126,5	-2,1	-15,8	30,4	5,6
H14	149	126	-2	-17	29,2	2,8
H15	149	129	-2	-15	29,2	5,2
H16	149,6	127,5	-1,8	-14,5	29,2	1,6

Çizelge 4.7. Hamel büküm ile üretilen mamul kumaşların test sonuçları

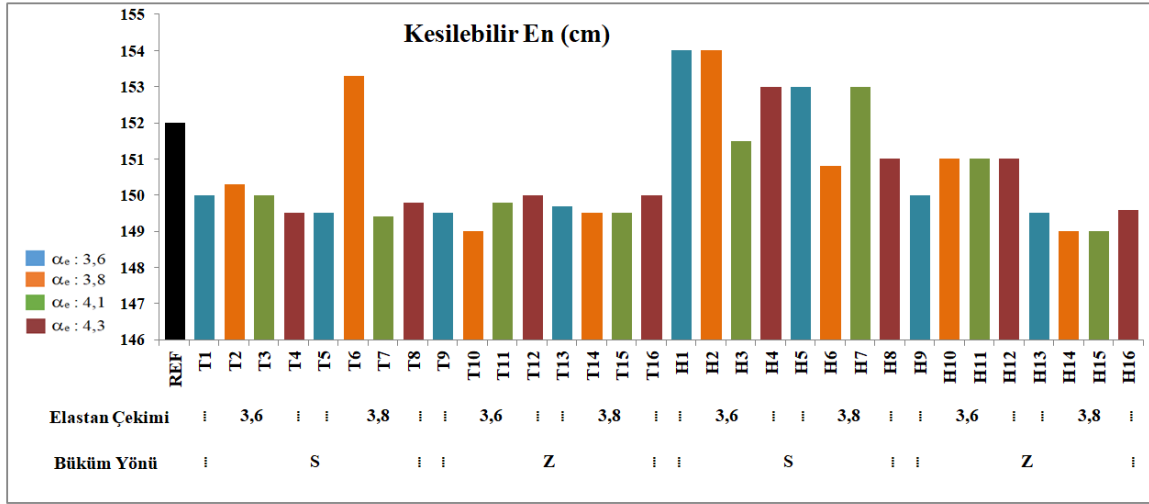
Kumaş Kodu	Yıkama Öncesi Gramaj (g/m ²)	Yıkama Sonrası Gramaj (g/m ²)	Çözümlü Kopma Kuvveti (kgf)	Çözümlü Yırtılma Kuvveti (gf)	Atkı Kopma Kuvveti (kgf)	Atkı Yırtılma Kuvveti (gf)
REF	405	501	131,3	6766	60	4837
H1	405	460	129,7	6727	58,6	3630
H2	394	434	116,7	6707	54,9	3880
H3	394	448	118	6801	54,6	3738
H4	398	460	123,3	6523	52,1	3541
H5	406	480	135,6	6834	52,3	3704
H6	410	486	111,7	6766	54,6	3505
H7	399	452	121,2	6719	57,7	4195
H8	415	505	131,4	6830	51,6	4241
H9	431	552	135,8	6749	60	5352
H10	419	509	116,3	6728	60,1	4963
H11	426	490	112,4	6738	66,5	5445
H12	429	505	128,7	6767	65,1	4972
H13	429	507	132	6785	66	5152
H14	432	499	148,6	6766	58,9	4790
H15	449	497	138,6	6793	60,1	5445
H16	431	510	143,3	6766	63	5846

4.2.1. En Değişimi Sonuçları

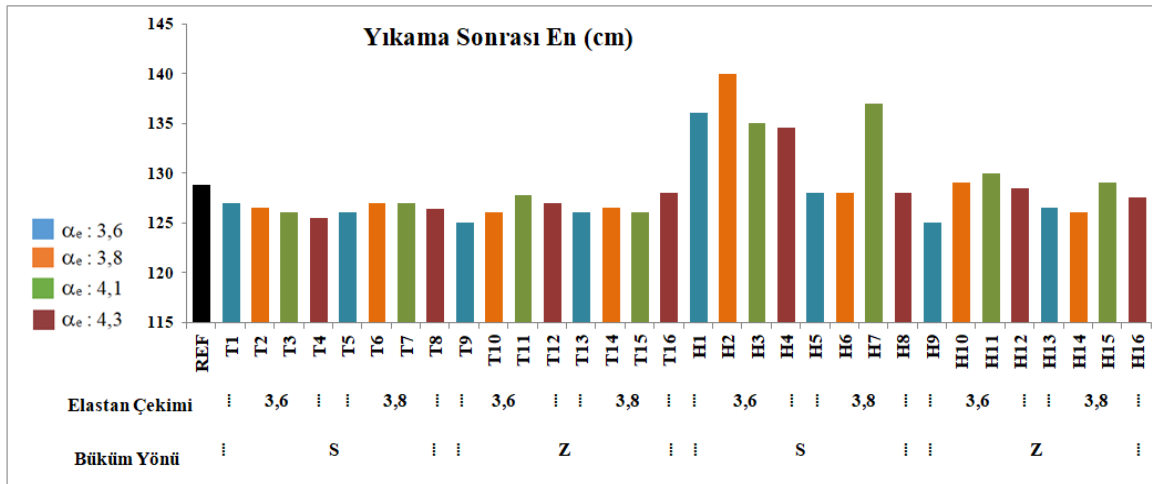
Üretilen kumaşların kesilebilir en değerleri grafiksel olarak Şekil 4.6’ de verilmiştir. Ayrıca, yıkama sonrası en değişimi ise Şekil 4.7’da gösterilmiştir.

Kesilebilir en değerleri incelendiğinde, TFO büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların en değerleri referans kumaşa göre bir miktar düşmüştür (T6 hariç). Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların çoğunun en değerleri referans kumaşa göre düşmüştür (H1, H2, H4, H5 ve H7 hariç).

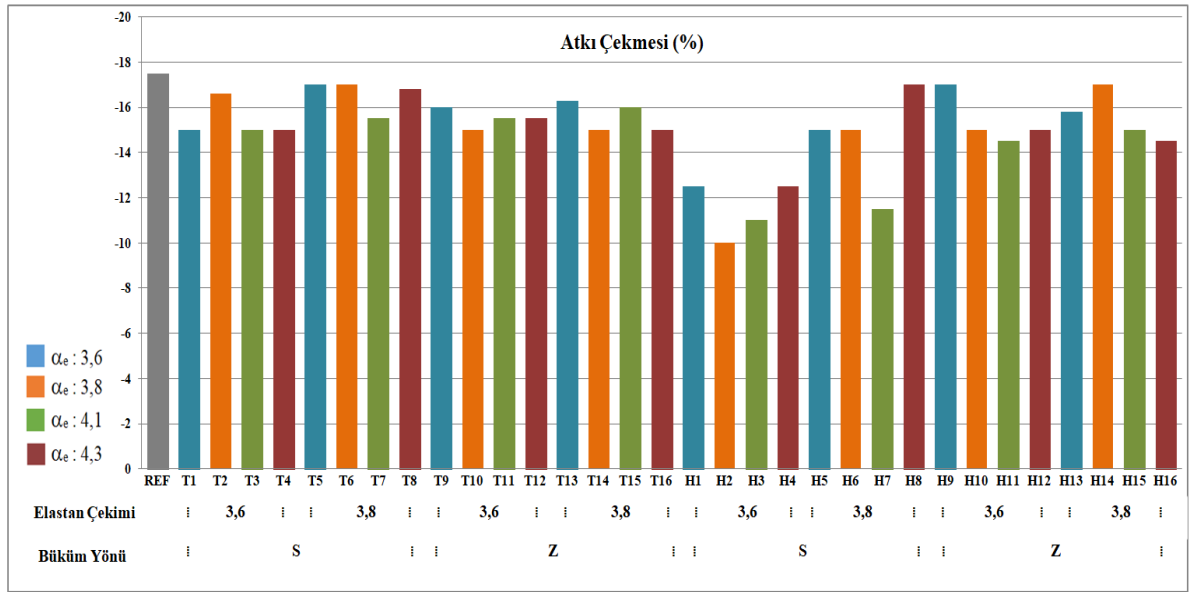
Yıkama sonrası en değerleri incelendiğinde, hem referans kumaşta hem de diğer kumaşlarda beklenildiği gibi çekme neticesinde en değerleri düşmüştür. Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların yıkama sonrası en değerleri genel olarak referans kumaşa yakın ya da daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.6. Numune kumaşların kesilebilir en değerlerinin grafiksel gösterimi



Şekil 4.7. Numune kumaşların yıkama sonrası en değerlerinin grafiksel gösterimi

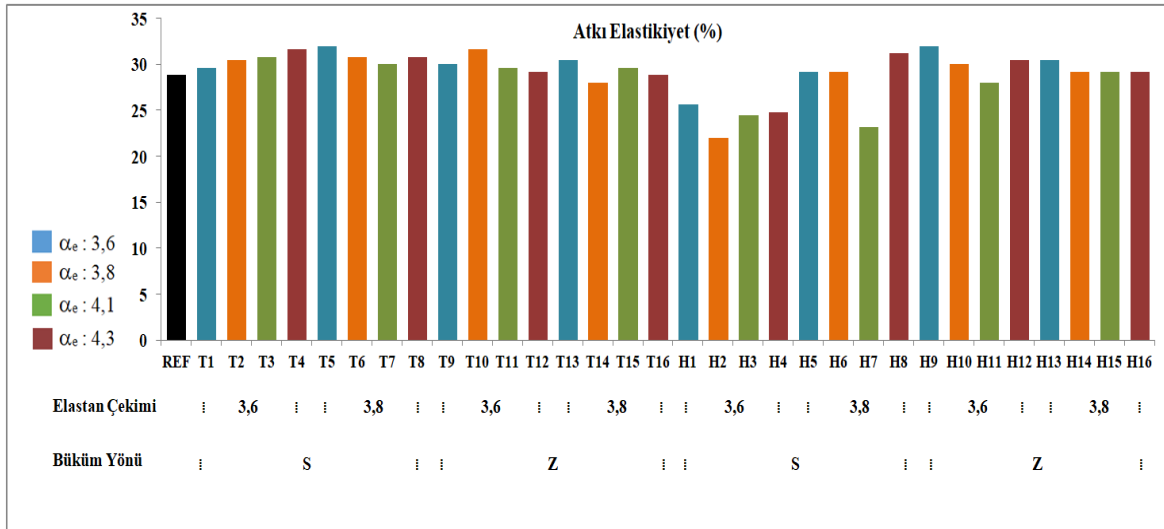


Şekil 4.9. Numune Kumaşların Atkı Çekmesi(%) Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

4.2.4. Atkı Elastikiyet (%) Test Sonuçları

Şekil 4.10'da numune kumaşların atkı elastikiyet değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. İyi seviyede streç (elastik) denim kumaşlardan yüksek elastikiyet ve düşük kalıcı uzama (growth) beklenmektedir. Bununla birlikte artan elastikiyet değerlerinin kalıcı uzama eğilimlerini de arttırdığı bilinmektedir.

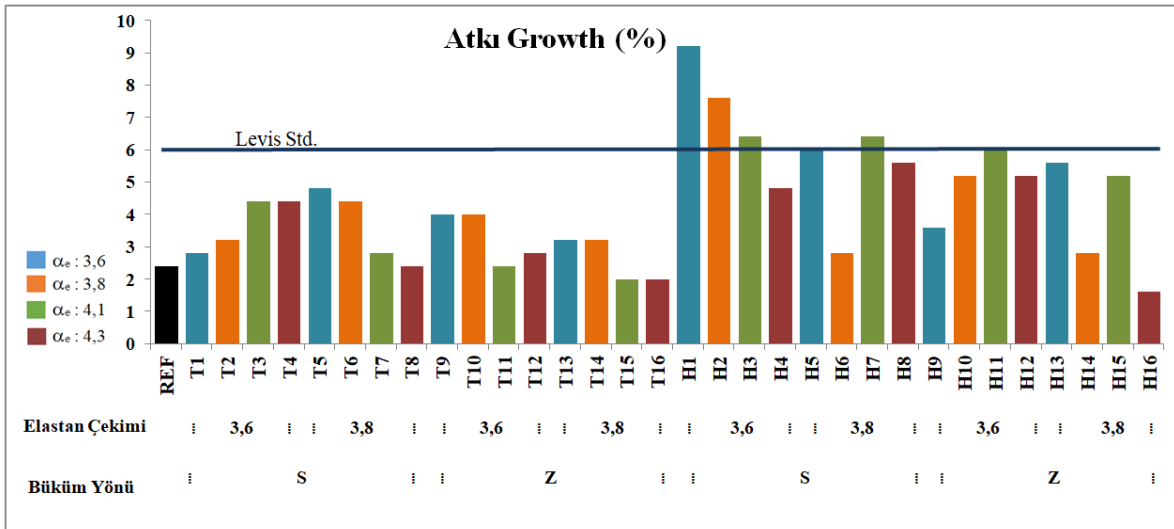
TFO büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların büküm yönü ayırt edilmeksizin referans kumaş ile benzer veya daha yüksek (ortalama 4,5%) elastikiyet değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların bazılarının elastikiyet değerleri referans kumaşa göre düşük çıkarken bazıları ise yüksek çıkmıştır. Hamel yönteminde elastikiyet için Z büküm yönü daha iyi sonuçlar vermiştir. Üretilen kumaşlar içerisinde en yüksek elastikiyet değerini T5 ile H9 numaralı kumaşlar vermiştir (%32). Bu kumaşın atkı elastikiyet değerleri referans kumaşa göre yaklaşık %11 oranında yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.10. Numune Kumaşların Elastikiyet (%) Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

4.2.5. Atkı Growth (%) Test Sonuçları

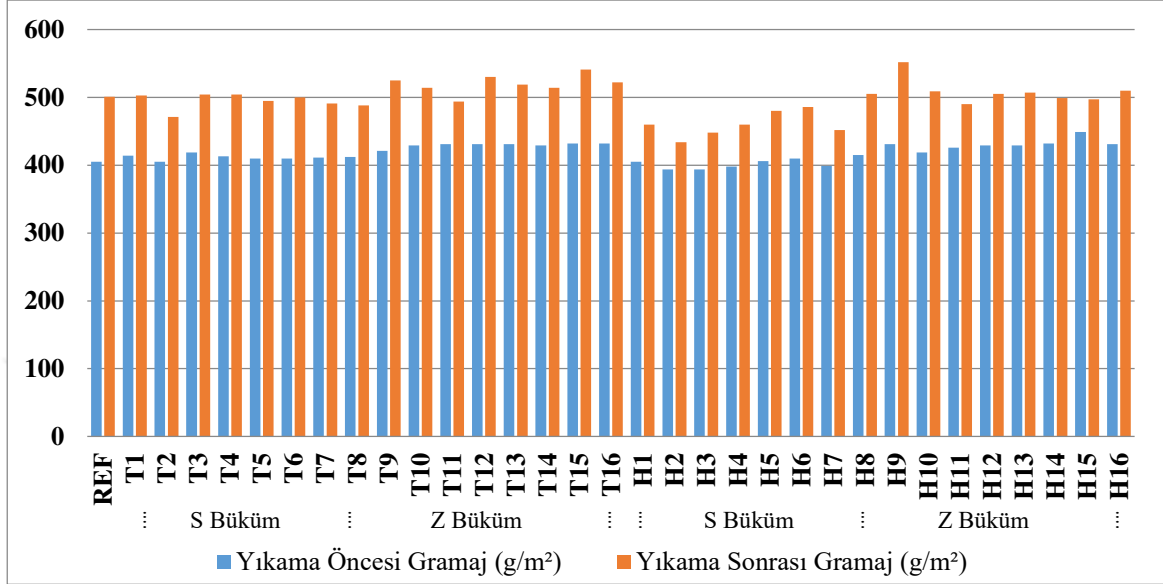
Şekil 4.11’de numune kumaşların atkı growth değerlerinin grafiksel değişimi verilmiştir. Numunelerin elastikiyet değerleri Levis test standartlarına göre %20,1 ile % 34,9 aralığında olup bu kumaşlar için istenen maksimum growth değeri % 6’ dır. TFO numune grubu referans gibi % 6 growth değerinin altındadır. Hamel ürün grubunda ise H1, H2, H3 ve H7 numuneleri sırası ile %9,2, %7,6, %6,4, %6,4 değerleri ile Levis test standartlarına göre olması gereken maksimum değerlerin üzerinde kalmaktadır. Bu numuneler S bükümlüdür. Diğer yandan T16 ve H16 numuneleri sırası ile %2 ve %1,6 growth değerleri ile referans kumaştan daha iyi sonuçlar vermiştir. Her iki numunede elastan çekimi %3,8, büküm katsayısı 4,3 ve büküm yönü Z’dir.



Şekil 4.11. Numune Kumaşların Atkı Growth Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

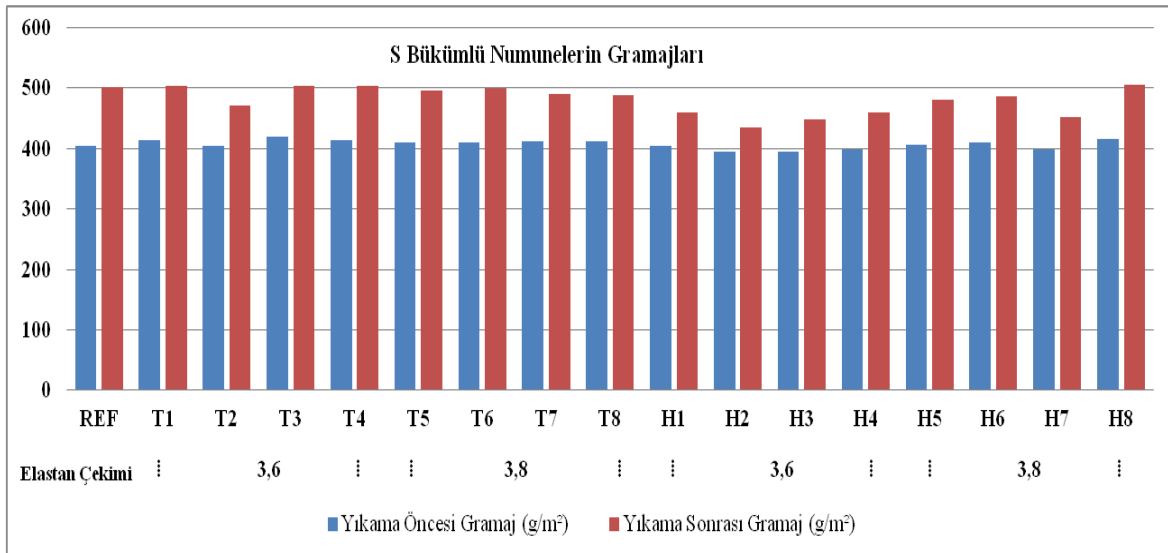
4.2.6. Gramaj (g/m²) Testi Sonuçları

Şekil 4.12’ de numune kumaşların yıkama öncesi ve sonrası gramaj (g/m²) değerlerinin grafiksel gösterimi verilmiştir. Tüm numunelerin genel olarak referans kumaş ile benzer gramaj aralığında olduğu görülmektedir.

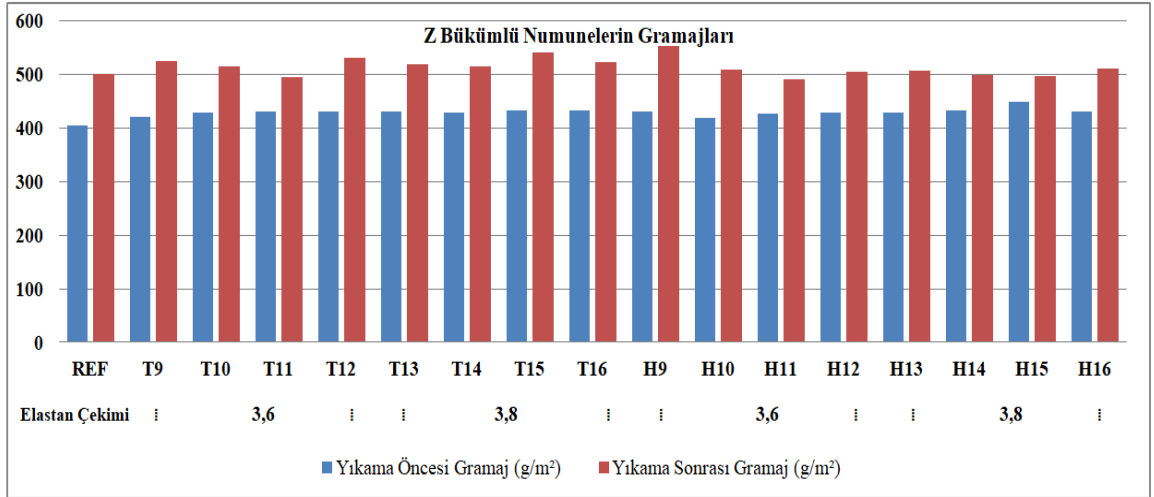


Şekil 4.12. Numune Kumaşların Gramaj Değerlerinin Grafiksel Gösterimi

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’ de S büküm yöntemi ile üretilen atkılarının kullanıldığı numuneler ve Z büküm yöntemi ile üretilen atkılarının kullanıldığı numuneler kendi içerisinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 4.13. S Bükümlü Numune Kumaşların Gramaj Değerlerinin Grafiksel Gösterimi



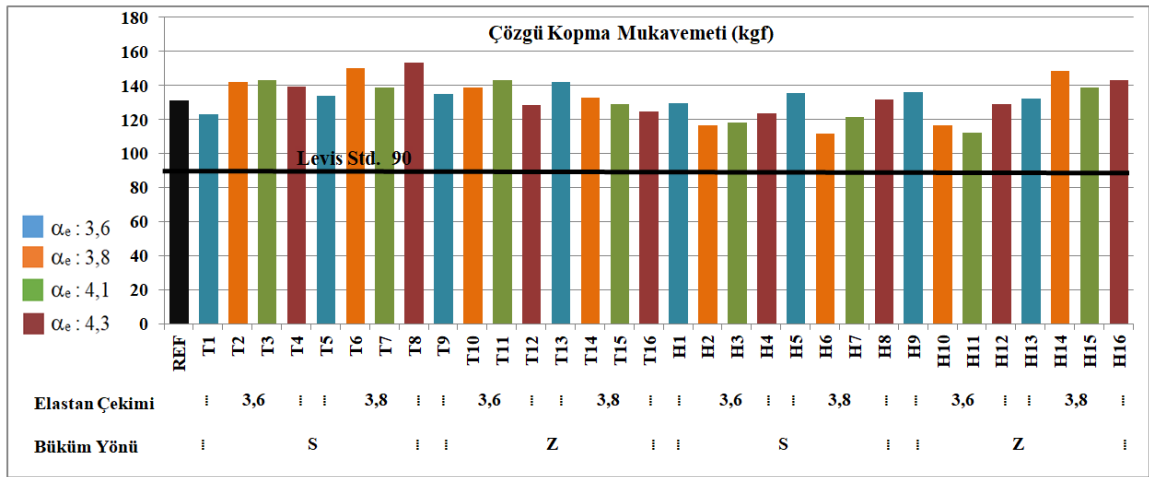
Şekil 4.14. Z Bükümlü Numune Kumaşların Gramaj Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi

Grafikler incelendiğinde her iki yöntem için de Z bükümlü numunelerin S bükümlü numunelere göre gramajlarının daha ağır olduğu görülmektedir. Bu beklenen bir durumdur. Tek kat büküm yönü ile aynı yönde katlanıp bükülen Z bükümlü ipliklerin boyu kısalmakta ve numune kumaşlarda birim uzunluktaki iplik miktarı ve dolayısıyla da gramaj artmaktadır. Ayrıca yıkama sonrası kumaşların en ve boy yönünde meydana gelen çekmeler neticesinde kumaş yapısı sıkılaşmakta ve buna bağlı olarak gramaj değerleri artmaktadır.

4.2.7. Çözü Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

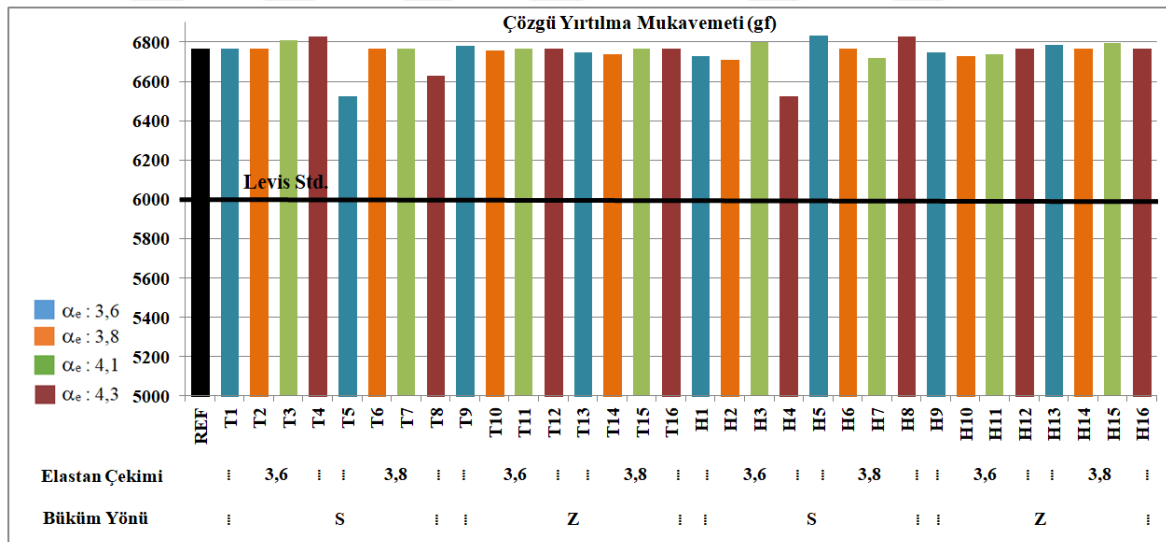
Şekil 4.15' de numune kumaşların çözgü kopma mukavemeti, Şekil 4.16'de ise çözgü yırtılma mukavemeti değerlerinin grafikselsel gösterimleri verilmiştir.

Şekil 4.15'de çözgü kopma mukavemeti incelendiğinde TFO büküm yöntemi ile üretilen kumaşların büküm yönü ayırt etmeksizin referans ile benzer veya daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Hamel büküm yöntemi ile üretilen kumaşlar içerisinde H2, H3, H6, H10, H11 nolu kumaşların kopma mukavemeti değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Ancak tüm kumaşların çözgü kopma mukavemeti değeri Levis standartları minimum değerinin üzerinde kalmaktadır.



Şekil 4.15. Numune Kumaşların Çözü Kopma Mukavemet Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi

Şekil 4.16' de çözü yırtılma mukavemeti incelendiğinde TFO ve Hamel büküm yöntemleri ile üretilen T5, T8 ve H4 dışında kalan tüm numunelerin mukavemet değerlerinin referans ile benzer veya daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak tüm kumaşların çözü yırtılma mukavemeti değeri Levis standartları minimum değerinin üzerinde kalmaktadır. Çözü yırtılma mukavemetinde yırtılma çözü ipliklerinde gerçekleşmektedir. Tüm kumaşların çözüleri aynı olduğu için genel olarak benzer çözü yırtılma değerleri söz konusudur.



Şekil 4.16. Numune Kumaşların Çözü Yırtılma Mukavemet Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi

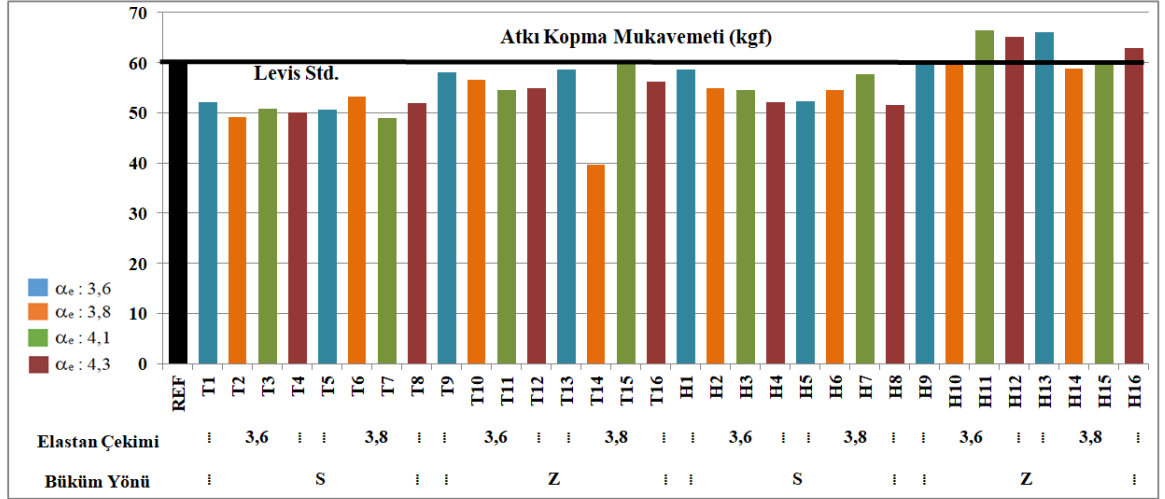
4.2.8. Atkı Kopma ve Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

Şekil 4.17'da numune kumaşların atkı kopma mukavemeti, Şekil 4.18'de ise atkı yırtılma mukavemeti değerlerinin grafikselsel değişimleri verilmiştir.

TFO büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşlardan sadece T15 numaralı kumaşın atkı kopma mukavemeti referans kumaşla (60 kgf) aynı olup, Levis standart

değerini (60 kgf) sağlamaktadır. Diğer yandan Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşlardan 7 tanesi (H9, H10, H11, H12, H13, H15 ve H16) referans kumaş ile benzer veya daha daha yüksek atkı kopma mukavemeti değerleri göstermiştir. Bu numuneler Z bükümlüdür. Çünkü Z bükümlü ipliklerle dokunan kumaşların gramaj değerleri de yüksektir.

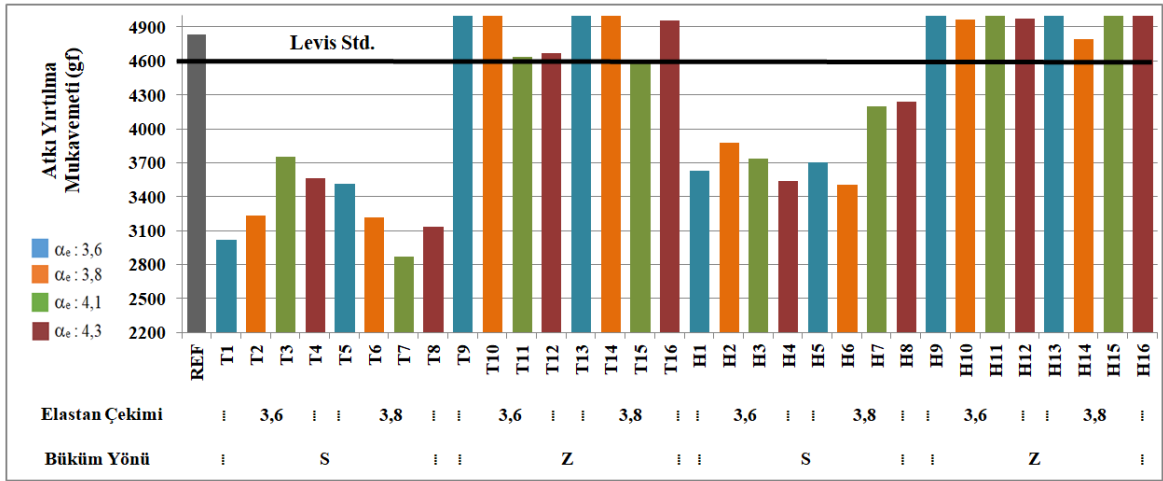
Hamel büküm yöntemi ile üretilen numunelerin atkı kopma mukavemetinin TFO büküm yöntemi ile üretilen numunelere göre daha iyi olduğu görülmektedir. Çünkü üretilen atkı ipliklerinin mukavemetleri de benzer eğilim göstermiştir.



Şekil 4.17. Numune Kumaşların Atkı Kopma Mukavemet Değerlerinin Grafıksel Gösterimi

Şekil 4.18’de numunelere ait atkı yırtılma mukavemeti değişimi incelendiğinde atkı ipliğinin mukavemet (Rkm) değişimi ile benzer olduğu söylenebilir. Çünkü yırtılma mukavemetinde iplikler tek tek kopmaktadır. Bu nedenle yırtılmada tek ipliklerin mukavemeti önemlidir (Özdil ve Özçelik Kayseri, 2006). Her iki büküm yöntemi için de S büküm ile üretilmiş atkıların kullanıldığı numune kumaşların atkı yırtılma mukavemeti değerleri Z büküm ile üretilmiş atkıların kullanıldığı numune kumaşlara göre belirgin şekilde düşüktür. Katlı iplik üretiminde katlama-büküm yönünün Z oluşu ipliklerin büküm yönünü desteklemiş ve iplikte artan sargı sayısı sebebiyle iplik mukavemet değerlerinin daha yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Ayrıca bu numunelerin gramaj değerleri de yüksek olduğu için Z bükümlü numuneler Levis standardı minimum değerini karşılamış ve hatta bazıları üzerinde çıkmıştır.

Hamel büküm yöntemi kullanılarak üretilen Z büküm yönüne sahip atkıların kullanıldığı kumaşların atkı yırtılma mukavemeti değerleri aynı parametrelere sahip TFO büküm yöntemi ile üretilmiş kumaşlara göre daha stabildir ve dalgalanma daha azdır.



Şekil 4.18. Numune Kumaşların Atkı Yırtılma Mukavemet Değerlerinin Grafikselsel Gösterimi

4.3. Numune Kumaş Görselleri

Denim kumaş ürünleri için temel aşamalardan biri yıkama işlemidir. Bu işlem, dikilmiş denim giysilerin, özel yıkama makinelerinde belirli reçeteler ve teknikler doğrultusunda yıkanarak üzerlerindeki haşıl kalıntıların giderilmesi, farklı renk efektleri ve dokusal özellikler kazandırılması sürecidir.

Kullanılmış görünüme sahip denim ürünlere olan talebin artışıyla birlikte, yıkama işletmelerinde denim kumaşlar çeşitli aşındırma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Bu bağlamda, denim kumaştaki üretilen ürünlere fiziksel yöntemler arasında yer alan kumlama, zımparalama ve lazer işlemlerinin yanı sıra taş yıkama, enzim yıkama ve ağartma gibi kimyasal eskitme teknikleri de uygulanabilmektedir (Oğulata ve Nergis, 2017).

Çalışma kapsamında üretilen kumaşların her birine Rins, Enzim, Taş ve Taş+Ağartma olarak yıkama işlemleri uygulanıp görsel kontrolleri yapılmıştır. Yıkama değerlendirmeleri ve fotoğraf çekimi ışık kabini içinde D65 ışığı altında gerçekleştirilmiştir. Çizelgelerde yıkama proseslerinin detayları verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Rins yıkama reçetesi

Yıkama adı	Proses	Zaman (dk)	Sıcaklık °C	Kimyasal	Miktar
Rins Yıkama	Yumuşatma	10	30	Evosoft Ucl	4 ml/lt
	Sıkma				
	Kurutma				

Çizelge 4.9. Enzim yıkama reçetesi

Yıkama Adı	Proses	Zaman (dk)	Sıcaklık °C	Kimyasal	Miktar
Enzim Yıkama	Haşıl Sökme	10	45	Lavazyme Aen 01	1 ml/lt
				Lavasperce Kk Conz	1 ml/lt
	Boşaltma				
	Durulama	2	-		
	Boşaltma				
	Sıkma				
	Enzim Yıkama	30	30	Hıdros Rtl	3 ml/lt
				Lavasperce Kk Conz	1 ml/lt
	Boşaltma				
	Durulama	2	-		
	Boşaltma				
	Durulama	2	-		
	Sıkma				
	Yumuşatma	5	30	Evosoft Ucl	4 ml/lt
	Sıkma				
	Kurutma				

Çizelge 4.10. Taş yıkama reçetesi

Yıkama Adı	Proses	Zaman (dk)	Sıcaklık °C	Kimyasal	Miktar
Taş Yıkama	Haşıl Sökme	10	45	Lavazyme Aen 01	1 ml/lt
				Lavasperce Kk Conz	1 ml/lt
	Boşaltma				
	Durulama	2	-		
	Boşaltma				
	Sıkma				
	Taş Yıkama	30	30	Hıdros Rtl	1 ml/lt
				Lavasperce Kk Conz	1 ml/lt
				Pumice	100%
	Boşaltma				
	Durulama	2			
	Boşaltma				
	Durulama	2			
	Sıkma				
	Taşları Çıkart				
	Boşaltma	2			
	Durulama				
	Sıkma				
	Yumuşatma	10	30	Evosoft Ucl	4 ml/lt
	Sıkma				
	Kurutma				

Çizelge 4.11. Taş+ Ağartma yıkama reçetesi

Yıkama Adı	Proses	Zaman (dk)	Sıcaklık °C	Kimyasal	Miktar
Taş + Ağartma	Haşıl Sökme	10	45	Lavazyme Aen 01	1 ml/lt
				Lavasperce Kk Conz	1 ml/lt
	Boşaltma				
	Durulama	2	-		
	Boşaltma				
	Sıkma				
	Taş Yıkama	40	30	Hidros Rtl	1 ml/lt
				Lavasperce Kk Conz	1 ml/lt
				Pumice	100%
	Boşaltma				
	Durulama	2			
	Boşaltma				
	Durulama	2			
	Boşaltma				
	Sıkma				
	Taşları Çıkart				
	Durulama	2			
	Boşaltma				
	Sıkma				
	Ağartma	15	40	Hipoklorit	30 ml/lt
	Boşaltma				
	Nötralize	10	40	Peroksit	3 ml/lt
	Boşaltma				
	Durulama	2			
	Boşaltma				
	Durulama	2			
	Boşaltma				
	Sıkma				
	Yumuşatma	10	30	Evossoft Ucl	4 ml/lt
	Sıkma				
	Kurutma				

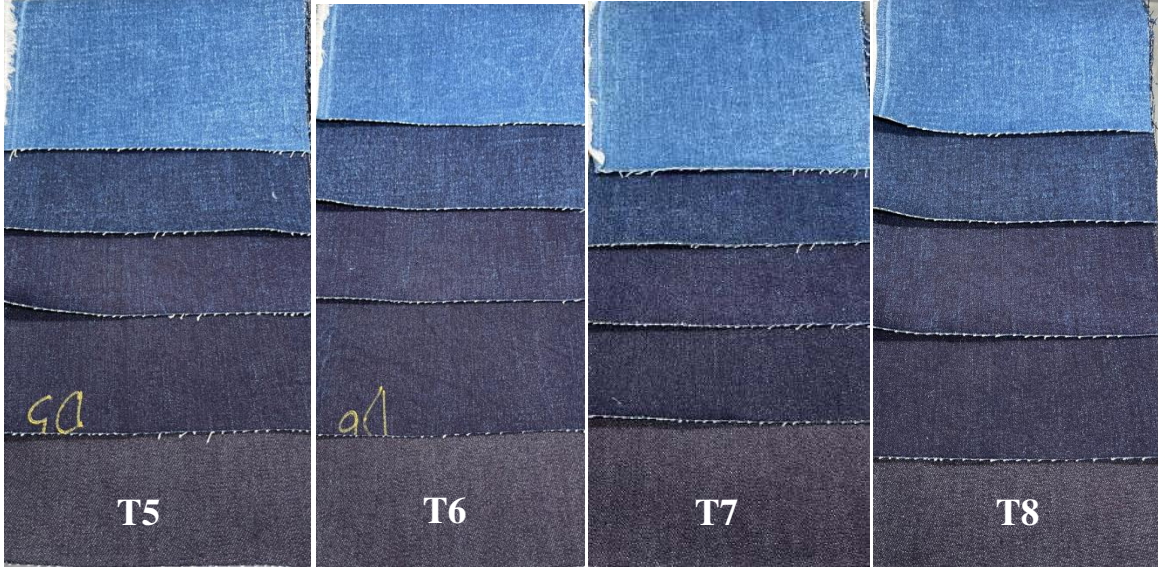


Şekil 4.19. Çalışma kapsamında kullanılan referans kumaşın yıkama görüntüsü

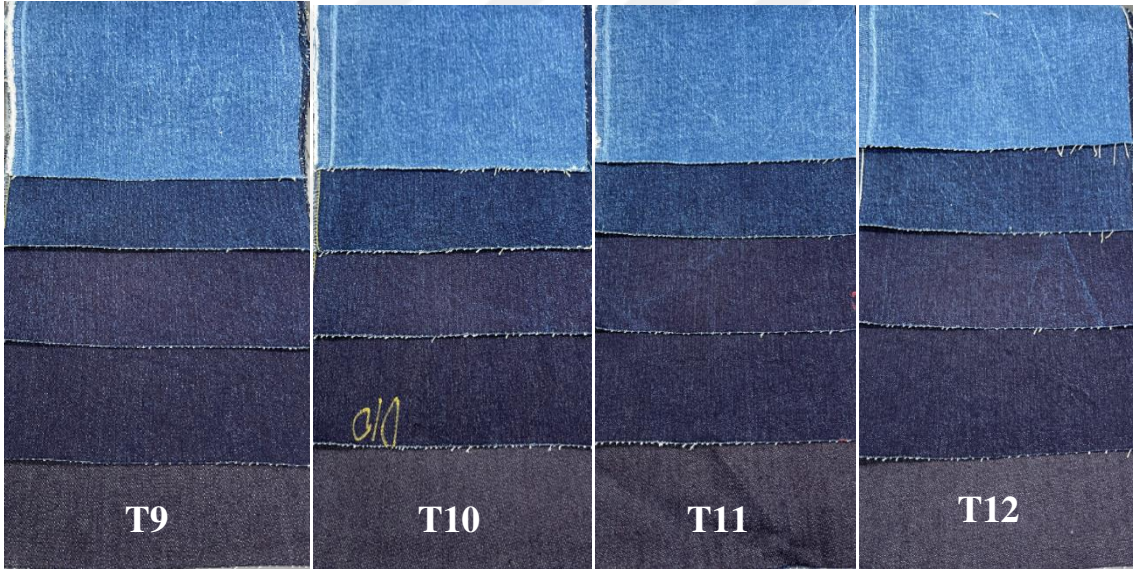
Şekil 4.19’de referans kumaşın görseli incelendiğinde, yıkama işleminin her aşamasında düz ve kararlı bir görüntüye sahip olduğu görülmektedir. Çözüğü şantığu belirgindir.



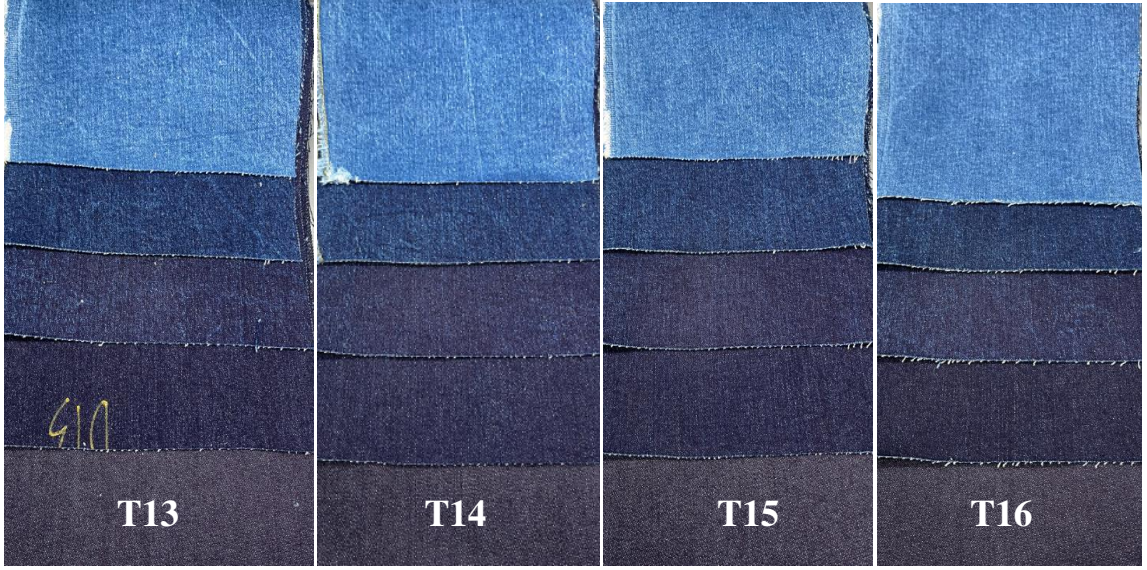
Şekil 4.20. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri



Şekil 4.21. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri



Şekil 4.22. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri

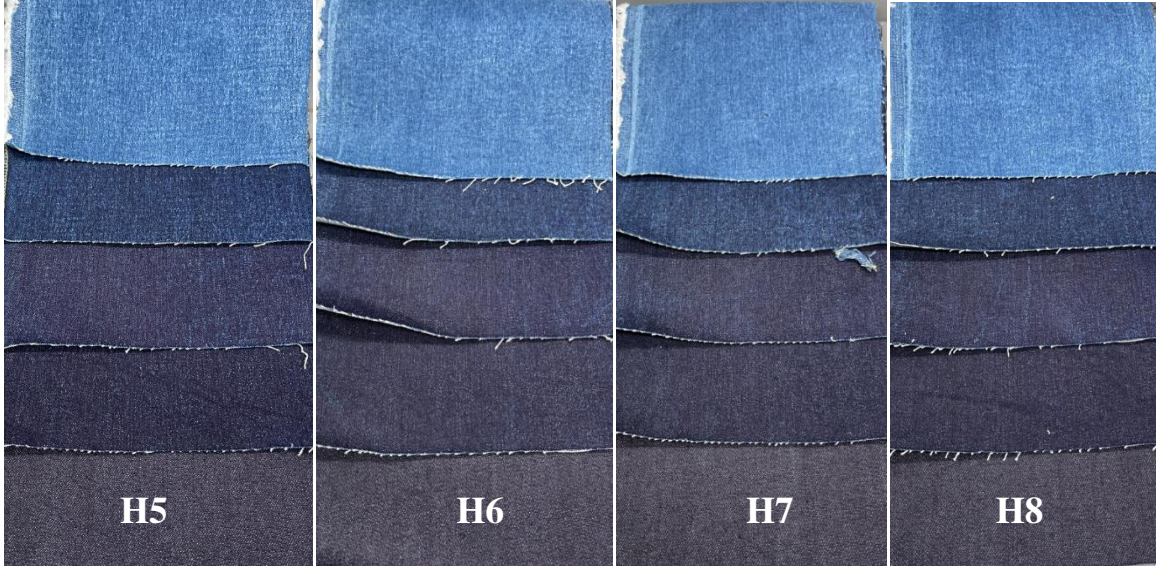


Şekil 4.23. TFO büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri

TFO büküm yöntemi ile üretilen elastan içerikli rotor atkılar ile dokunmuş kumaşların görüntüleri genel olarak denimde rotor kullanımı ile elde edilen üç boyutlu ve kumlu efektlere benzer görüntüler vermiştir. TFO büküm yöntemi ile üretilen atkılar ile dokunmuş kumaşların görüntüleri referans ile karşılaştırıldığında, kumaşların tuşe olarak daha dolgun olduğu, görüntü olarak referansa yakın fakat hafif kumlu bir görüntüye sahip oldukları görülmektedir. Yıkama açılımlarındaki şantuk yapılarının referansa göre daha sönük ve daha az belirgin olduğu görülmektedir.



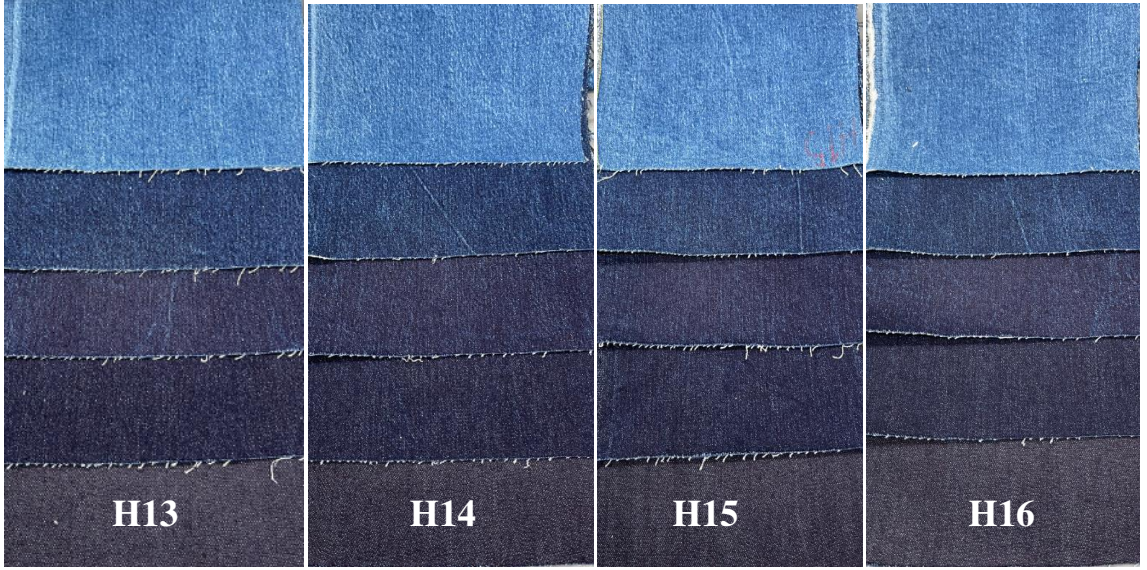
Şekil 4.24. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri



Şekil 4.25. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri



Şekil 4.26. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri



Şekil 4.27. Hamel büküm yöntemi kullanılan kumaşların yıkama görüntüleri

Hamel büküm yöntemi ile üretilen elastan içerikli rotor atkılar ile dokunmuş kumaşların görüntüleri genel olarak denimde rotor kullanımı ile elde edilen üç boyutlu ve kumlu efektlere benzer görüntüler vermiştir. Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkılar ile dokunmuş kumaşların tuşe olarak TFO ve referansa göre daha dolgun olduğu, görüntü olarak referanstan fazlaca uzak olduğu görülmektedir. Hamel yöntemi kullanılan kumaşların görüntüleri oldukça kumlu ve dağınıktır. Çözüdeki Şantuk yapıları kaybolmuş atkıdaki open end iplik görüntüsü öne çıkmıştır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Denimde yaygın olarak kullanılan elastan içerikli ring core spun ipliklere alternatif olarak elastan içerikli rotor ipliklerinin üretilerek denimde kullanımının amaçlandığı tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir.

Elastan içerikli rotor iplikleri, two for one büküm ve hamel büküm yöntemleri ile üretilmiştir. Genel olarak uygulamada katlı ipliklerde büküm yönü tek kat büküm yönünün tersi olacak şekilde seçilir. Bu çalışmada katlama büküm yönü S ve Z olarak iki yönde de uygulanmış ve gerek iplik ve gerekse de kumaş performansı ve görünümü olarak en iyi sonucu verecek yön tespit edilmeye çalışılmıştır.

Büküm yöntemi fark etmeksizin üretilen Z yönlü ipliklerin mukavemet değerlerinin genellikle daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Hamel büküm yöntemiyle üretilen Z yönlü ipliklerin mukavemetinde belirgin bir artış görülmüştür. Hamel büküm yöntemiyle Z yönünde üretilen elastanlı rotor ipliklerinin büyük bir çoğunluğu, referans iplik olarak alınan ring core spun ipliklerine kıyasla daha yüksek mukavemet değerleri göstermiştir. Çift katlı ipliklerde büküm işlemi, spiraller oluşturarak iplik eksenlerinin merkezindeki temas bölgelerinde bir basınç yaratır. Bu basınç, ipliği oluşturan liflerin birbirine yaklaşmasını sağlar ve temas yüzeyi ile kuvvetini artırır. Böylece iplik içindeki lif kohezyonu güçlenir ve bu durum mukavemet değerlerini artırır.

Rkm değerleri üzerinde seçilen aralıktaki büküm katsayısı ve elastan çekiminden çok, büküm yönünün etkili olduğu saptanmıştır. Katlı iplik üretiminde, katlama-büküm yönünün tek kat ipliklerin büküm yönüyle aynı olması, artan sargı sayısı nedeniyle mukavemet değerlerini önemli ölçüde yükseltmiştir.

Two for one büküm yöntemi ile üretilen elastanlı rotor iplikleri, Hamel büküm yöntemiyle üretilenlere göre daha düşük mukavemet değerleri göstermiştir. Bunun temel nedeni, Hamel büküm tekniğinde hava direnci ve iplik balonu bulunmaksızın büküm işleminin gerçekleştirilmesidir.

Her iki büküm yöntemiyle Z yönünde üretilen elastan içerikli rotor ipliklerinin kopma uzaması değerleri, referans ipliğe göre oldukça yüksek bulunmuştur.

Literatürü destekler şekilde çalışma kapsamında üretilen elastan içerikli katlı rotor ipliklerinin tüylülük değerleri referans olarak üretilen ring core spun ipliğinin tüylülüğünden çok daha az çıkmıştır. Gerek hamel büküm gerekse two for one büküm tekniği ile üretilen ipliklerde 'Z' büküm yönü iplik tüylülüğünü daha olumlu etkilemiştir. Ayrıca hamel büküm yöntemi ile üretilen ipliklerin tüylülüğü diğer yöntemlere göre daha düşük çıkmıştır. Hamel büküm tekniğinde hava direnci ve iplik balonu olmadan bükümün gerçekleşmesi bu durumu açıklamaktadır.

Referans ipliğin düzgünsüzlük değeri katlı rotor ipliklerinin düzgünsüzlük değerlerinden çok daha yüksektir. Bu sonuç, katlama (dublaj) ile düzgünsüzlüklerin azaldığı literatür bilgisini desteklemektedir. Genel olarak her iki büküm yönteminde de 'Z' büküm yönü daha iyi sonuçlar vermiştir.

Elastan içerikli denim kumaşlardan yüksek elastikiyet ve düşük kalıcı uzama (growth) beklenmektedir. Bununla birlikte artan elastikiyet değerlerinin kalıcı uzama eğilimlerini de arttırdığı bilinmektedir. TFO büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların büküm yönü ayırt edilmeksizin referans kumaş ile benzer veya daha yüksek (ortalama 4,5%) elastikiyet değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşların bazılarının elastikiyet değerleri referans kumaşa göre düşük çıkarken bazıları ise yüksek çıkmıştır. Hamel yönteminde elastikiyet için Z büküm yönü daha iyi sonuçlar vermiştir. Üretilen kumaşlar içerisinde en yüksek elastikiyet değerini T5 ile H9 numaralı kumaşlar vermiştir (%32). Bu kumaşın atkı elastikiyet değerleri referans kumaşa göre yaklaşık %11 oranında yüksek çıkmıştır.

TFO numune grubu referans kumaş gibi Levis test standartlarına göre olması gereken maksimum growth değerinin (% 6) altındadır. Hamel ürün grubunda ise H1, H2, H3 ve H7 numuneleri maksimum değer üzerinde kalmıştır ve bu numuneler S bükümlüdür. Diğer yandan T16 ve H16 numuneleri sırası ile %2 ve %1,6 growth değerleri ile referans kumaştan daha iyi sonuçlar vermiştir. Her iki numunede elastan çekimi %3,8, büküm katsayısı 4,3 ve büküm yönü Z'tir.

Tüm numunelerin genel olarak referans kumaş ile benzer gramaj aralığında olduğu görülmüştür. Her iki yöntem için de Z bükümlü numunelerin S bükümlü numunelere göre gramajlarının daha ağır olduğu görülmektedir. Tek kat büküm yönü ile aynı yönde katlanıp bükülen Z bükümlü ipliklerin boyu kısalmakta ve numune kumaşlarda birim uzunluktaki iplik miktarı ve dolayısıyla da gramaj artmaktadır. Ayrıca yıkama sonrası kumaşların en ve boy yönünde meydana gelen çekmeler neticesinde kumaş yapısı sıkılaşmakta ve buna bağlı olarak gramaj değerleri artmaktadır.

Tüm kumaşların çözgü kopma ve çözgü yırtılma mukavemetleri genel olarak referans kumaş ile benzerdir ve Levis standardını sağlamaktadır. Atkı kopma mukavemetinde ise TFO numune grubundan sadece T15 numaralı kumaş, referans kumaşla aynı olup, Levis standardını sağlamaktadır. Diğer yandan hamel büküm yöntemi ile üretilen atkı iplikleri ile dokunan denim kumaşlardan bir çoğu referans kumaş ile benzer veya daha yüksek atkı kopma mukavemeti değerleri göstermiştir. Her iki büküm yöntemine göre Z bükümle üretilen elastan içerikli rotor atkılar ile dokunan denim kumaşların atkı yırtılma mukavemetleri Levis standardını sağlarken bunlardan bir kısmı referans kumaştan daha yüksek değerler vermiştir. Diğer yandan S bükümlü olanlar ise hem referans kumaşın hem de standardın altında kalmıştır.

Gerek atkı kopma ve gerekse de atkı yırtılma mukavemetlerinde Z büküm yönü daha yüksek değerler vermiştir. Tek kat büküm yönü ile aynı yönde katlanıp bükülen Z bükümlü ipliklerin boyu kısılacığından ve numune kumaşlarda birim uzunluktaki iplik miktarı artacağından gramaj da artmaktadır. Gramajları daha yüksek olan Z yönlü numunelerin mukavemetlerinin de daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Gramajın kumaşın kopma ve yırtılma mukavemetini etkileyen faktörler olduğu, kumaş gramajı arttıkça kumaşın kopma mukavemetinin konstrüksiyondan bağımsız

olarak arttığı, kumaş gramaj artışının yırtılma mukavemetine olumlu etki yaptığı (Çetin, 2007), kumaş gramajı arttıkça yıkama sonrası denim kumaşların kopma ve yırtılma mukavemet kayıp oranının azaldığı (Çetinaslan, Mezarcıöz ve Çetiner, 2013) literatürde vurgulanmıştır.

Üretilen tüm iplik ve kumaşların test sonuçları üzerinde, seçilen aralıktaki büküm katsayısı ve elastan çekiminden çok, büküm yönünün etkili olduğu saptanmıştır. Levis standardını sağlayan kumaşlar için (+), diğerleri için (-) kullanılarak Çizelge 5.1 oluşturulmuştur.

Çizelge 5.1. Üretilen kumaşların Levis standardına göre değerlendirilmesi

Kumaş No	Atkı Growth (%)	Çözü Kopma Mukavemeti (kgf)	Çözü Yırtılma Mukavemeti (gf)	Atkı Kopma Mukavemeti (kgf)	Atkı Yırtılma Mukavemeti (gf)
Levis Std.	6,0	90,0	6000	60,0	4600
REF	+	+	+	+	+
T1	+	+	+	-	-
T2	+	+	+	-	-
T3	+	+	+	-	-
T4	+	+	+	-	-
T5	+	+	+	-	-
T6	+	+	+	-	-
T7	+	+	+	-	-
T8	+	+	+	-	-
T9	+	+	+	-	+
T10	+	+	+	-	+
T11	+	+	+	-	+
T12	+	+	+	-	+
T13	+	+	+	-	+
T14	+	+	+	-	+
T15	+	+	+	+	-
T16	+	+	+	-	+
H1	-	+	+	-	-
H2	-	+	+	-	-
H3	-	+	+	-	-
H4	+	+	+	-	-
H5	+	+	+	-	-
H6	+	+	+	-	-
H7	-	+	+	-	-
H8	+	+	+	-	-
H9	+	+	+	+	+
H10	+	+	+	+	+
H11	+	+	+	+	+
H12	+	+	+	+	+
H13	+	+	+	+	+
H14	+	+	+	-	+
H15	+	+	+	+	+
H16	+	+	+	+	+

Denimde sıklıkla kullanılan ve referans olarak alınan kumaş, seçilen performans test sonuçlarına göre Levis standardını sağlamıştır. TFO grubu kumaşlarda seçilen tüm performans test sonuçlarını sağlayan tip bulunmamaktadır. Bununla birlikte T15 sadece atkı yırtılma mukavemeti bakımından standardı sağlamamıştır. Ancak bu değer (4587 gf) standardın istediği minimum değere oldukça yakındır. Hamel grubu kumaşlarda seçilen tüm performans test sonuçlarını sağlayan tipler (H9, H10, H11, H12, H13, H15 ve H16) bulunmaktadır. Elastan içerikli denim kumaşlarda özellikle growth değeri çok önemlidir. H16 numaralı kumaşın growth değeri tüm tipler arasında en düşüğü olup (%1,6), bu değer referans kumaşın da altındadır. Dolayısıyla diğer performans sonuçları da olumlu (+) olan H16 numaralı kumaş ön plana çıkmaktadır.

Kullanılmış görünüme sahip denim ürünlere olan talebin artışıyla birlikte denim kumaşlar için temel aşamalardan biri yıkama işlemi olmuştur. Çok farklı yıkama işlemleri ile denime çok farklı etkiler kazandırılabilir. Bu nedenle çalışma kapsamında üretilen kumaşların her birine yaygın olarak uygulanmakta olan Rins, Enzim, Taş ve Taş+Ağartma yıkamaları yapılmış ve kumaşlar görsel olarak da değerlendirilmiştir.

TFO ve hamel büküm yöntemleri ile üretilen elastan içerikli rotor atkılar ile dokunmuş kumaşların görüntüleri genel olarak denimde rotor kullanımı ile elde edilen üç boyutlu ve kumlu efektlere benzer görüntüler vermiştir. TFO kumaşlar referans ile karşılaştırıldığında, kumaşların tuşe olarak daha dolgun olduğu, görüntü olarak referansa yakın fakat hafif kumlu bir görüntüye sahip oldukları görülmüştür. Yıkama açılımlarındaki şantuk yapılarının referansa göre daha sönük ve daha az belirgin olduğu görülmüştür. Hamel büküm yöntemi ile üretilen atkılar ile dokunmuş kumaşların tuşe olarak TFO ve referansa göre daha dolgun olduğu, görüntü olarak referanstan fazlaca uzak olduğu görülmüştür. Hamel yöntemi kullanılan kumaşların görüntüleri oldukça kumlu ve dağınıktır. Çözüdeki Şantuk yapıları kaybolmuş atkıdaki open end iplik görüntüsü öne çıkmıştır. Bu değerlendirmeler ışığında TFO grubu içerisinde T1, T2 ve T16, Hamel grubu içerisinde H1 ve H7 numaralı kumaşlar referans kumaşa en yakın görüntüyü vermiştir. Ancak görüntü bakımından referans kumaşa yakın olmasalar da tüm tipler, open-end rotor ipliklerinin denim kumaşa sağladığı efekti vermiştir ve talep doğrultusunda tercih edilebilirler.

KAYNAKLAR

- Alaşehirli, G., 2009. Ring İplik Eğirme Makinesinde İçi Boş İplik (Hollow Yarn) Eğirme Tekniklerinin Araştırılması ve İplik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Anonim, Volkmann / Saurer ElastoTwist® Makine Kataloğu, Volkman Systems Kesikli İplikler Bükümü.
- Ayan, H.E., 2010. Güneydoğu Anadolu bölgesinden elde edilen pamuklardan üretilen ipliğin kalite özelliklerine eğirme makinesi parametrelerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Ayyıldız, Ç., Koç, E., 2004. Denim Kumaşlarda Performans Analizi I-Kumaş Mukavemeti ve Aşınma Dayanımı Değerlendirmesi, Ç.Ü.Müh.Mim.Fak. Dergisi,2: 71-72.
- Barella, A., Bardi, X., Castro, L., (1991), Hairiness Modification by Yarn/Yarn and Yarn/Metal Friction, Melliand Textilber, 72(1), E3-E4.
- Baylak, F., 2024. İndigo Boyalı İpliklerden Geri Dönüşüm ile Elde Edilen Liflerin İplik ve Kumaş Performansına Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Çetin, C., 2007. Dokuma Kumaş Özelliklerinin ve Görmüş Olduğu Mekanik Bitim İşlemlerinin Dokuma Kumaş Mukavemetine Etkisi, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetinaslan, K., Mezarcıöz, S., & Çetiner, S., 2013. Yıkama İşleminin Denim Kumaşların Kopma ve Yırtılma Mukavemetine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1), 38-42.
- Elmalı, H., 2008. Elastan İplik Kullanımının Kumaş Özelliklerine Etkileri. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Erbil, Y., Babaarslan, O., Islam, M.R. ve Sırlıbaş, S., 2022. Performance of Core & Dual-Core Cotton Yarn Structures on Denim Fabrics, Journal of Natural Fibers, 19:14, 9500-9513, DOI: 10.1080/15440478.2021.1982837.
- Ercan, M.N. (1983). Open-End (Açık Uç) Rotor İplikçiliği, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayınları: 2, 113, İzmir.
- Günaydın, G. K., Abdulla, G., 2014. Düünden Bugüne Kısa Stapel İplik Üretim Teknolojileri, SDU Teknik Bilimler Dergisi 4(2) , ss 18-28.
- Haque, M. A., & Iqbal, S. F., 2021. Simulation of Cotton Yarn Properties Produced in Ring Spinning System. Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE), e-ISSN: 2348-019X, p-ISSN: 2348-0181, Volume 8, Issue 5, 36-45.
- Hehl, R. (2004). Rottona-A New Elastic Rotor-Spun Yarn. Melliand Textilberichte International Textile Reports, 437-437.

- Kaplan, M., 2016. Termoplastik Kompozitler için Hibrit İplik Üretimi, *Tekstil ve Mühendis*, 23: 101, 61-79.
- Kavuzlu, M., Çelik, N., 2019. Denim ve Spor Giyim Ürünlerinde PBT'nin Kumaş Fiziksel Performansına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Adana, 93 s.
- Kılıç, M., 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.
- Küçük, N., 2009. Vortex İpliklerinin Ring Ve Open-End Rotor İplikleri İle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Lord, P. R., 2003. Handbook of Yarn Production, CRC Press, USA and Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Offerman, P., Putzger, G., 1998. Ring ve Open End İpliklerinin Tüylülük Açısından Değerlendirilmesi, *Tekstil Maraton*, Yıl:8, Sayı:4, S:2830, Ağustos.
- Oğulata, R.T., Nergis, A., 2017. Farklı Yıkamaların Denim Kumaş Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(4), 87-98.
- Olgun, Y., 2024. Öz Bileşenlerin Farklı Tekniklerle Birleştirildiği Dual Core Spun (Çift Özlü) İpliklerin Eğrilmesi ve Kumaş Performanslarının Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Öner, E., 2019. Elastan Özlü Pamuk İpliklerinin Kalite Özelliklerinin Araştırılması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Araştırma Makalesi, Sayı 7, ss 342- 351.
- Örtlek, G., H. Ve Babaarslan O., 2003. Spandex (Lycra) İçerikli Core-Spun İpliklerin (Pes/Viskon) Tüylülük Özelliklerinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1.
- Özgül, N., & Özçelik Kayseri, G., 2006. Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Test Yöntemlerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(3), 174-179.
- Özkan, M., 2019. PTT/pamuk karışımı OE-rotor ipliklerinin ve bu ipliklerin kullanıldığı denim kumaşların performans özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Raian, S., Saha, S.K., Hossen, J., Baral, L.M., Begum, H.A., Islam, M.R., Hossain, M.M., 2023. Assessing the Impact of Spacer Size Variations on the Ring-Spun Yarn Quality Ranking. *Textile & Leather Review*, 6:582-609.
- Şahin, M., Babaarslan, O., 2022. İnce Numara Kompakt İpliklerin Katlama Bükümünde Hamel Büküm (Elasto-Twist) Teknolojisinin Kullanımı ve İplik Özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(1), 159-170.

- Sinha, S. K., Bansal, P. ve Maity, S., 2017. Tensile and elastic performance of cotton/lycra core spun denim yarn, *Journal of the Institution of Engineers (India), Series E*, pp. 1–8.
- Stepanovic, J., Radivojevic, D., Petrovic, V., Golubovic, S., 2010. Analysis of the Breaking Characteristics of Twisted Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 18, No. 2 (79) pp. 40-44.
- Su, C. I., Maa, M. C. ve Yang, H. Y. Z., 2004. Structure and performance of elastic core-spun yarn, *Textile Research Journal*, vol. 74, no. 7, pp. 607–610.
- Tekstil Teknolojisi, Açık uç (open end) İplik Makinası, Milli Eğitim Bakanlığı Eğitim Materyali 2012, Ankara.
- Uster HVI 1000 Uygulama El Kitabı, 2008. Pamuk elyaf demeti test sistemi, *Textile Technology / V1.0/ Mart 2008 / 245 678-04070*.
- Uygun Nergis, B., 2008. İplik Teknolojisine Giriş. İstanbul Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Sayı:1642, 1. Baskı, İstanbul, 148 s.
- Vuruşkan, D., 2019. Sargı Lifi Ve Öz Materyalinin Çift Özlü İpliklerin Kalite Özelliklerine Etkileri, *Tekstil ve Mühendis*, 26: 115, ss 289-298.
- Vuruşkan, D., Babaarslan, O., İlhan, İ., 2013. Ring İplik Eğirme Makinesinin Elastan İçerikli Özlü (Kor) İplik Üretmek Üzere Modifikasyonu, *Tekstil ve Mühendis*, 20: 89, 1-10.
- Wright, J., W., 1982. Cotton Testing Service: Tests Available, Equipment and Techniques, and Basis for Interpreting Results. *Forgotten Books*, 55 s.
- Yıldırım, B., 2010. Bobinleme Katlama ve Katlı büküm iplikçiliği Makinaları (Ring Büküm, Çift Büküm, Hamel makinaları). Gaziantep Meslek Yüksek Okulu Teknik Programlar Tekstil Bölümü Tez çalışması. 30 syf.
- Yıldırım, B., Şahin, M. U., Kırtak. 2010. Bobinleme, Katlama ve Katlı Büküm İplikçiliği Makineleri (Ring Büküm, Çift Büküm, Hamel Makineleri), Gaziantep Meslek Yüksek Okulu Teknik Programlar Tekstil Bölümü, Tez çalışması.
- Yılmaz, D., 2010. Yeni İplik Eğirme Sistemleri; İplik Oluşumunda Yeni Teknolojileri. Süleyman Demirel Üniversitesi İplik Teknolojisi Ders Notları, Isparta.
- Yılmaz, R., Babaarslan, O., Mörel, A., 2012. Eş Zamanlı Uygulanan Katlama ve Büküm İşleminin Katlı İplik Özellikleri Üzerindeki Etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 19(86), 24-33.



ÖZGEÇMİŞ

Selda YILDIZ, İlköğretim, Lise ve Üniversiteyi Adana’da okudu. 2004-2007 yılında Adana Koleji Lisesinden Mezun oldu. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimimi 2012 yılında tamamladı. 2012 yılında özel sektörde çalışmaya başladı. 2013 -2024 yılları arasında BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş’de çalıştı. Bu süreçte birçok Ür-Ge ve Ar-Ge çalışmaları içerisinde yer aldı. Çalışma süresi boyunca Ürün Geliştirme Uzmanı, Ürün Geliştirme Koleksiyon Şefi, Ar-Ge Yıkama Lab. Şefi görevlerinde bulundu. 2021 yılında tezli Yüksek Lisans yapma hakkı kazandı.





EKLER

LS & Co. Global Performance Standards Denim Fabrics

	REQUIREMENTS											
	DF-A	DF-B	DF-C	DF-D	DF-E	DF-F	DF-G	DF-01 Classic STF	UOM	TEST METHOD	TEST AS	TEST REMARKS
Fabric Weight Category after 3HL	<3.5	3.5-5.9	6.0-7.9	8.0-9.9	10.0-11.4	11.5-12.9	13.0+	13.5 +	oz/yd ²			
	0-118	119-202	203-267	268-335	336-387	388-437	438+	460+	g/m ²			
FABRIC WEIGHT	Purchase Agreement ± 5.0%									LS&Co. 21	AR	
STIFFNESS	N/A					1.5 to 4.5			Kg	ASTM D4032	AR	Not applicable for stretch fabrics
ELONGATION - warp	N/A					6.0 to 13.0		2.0 to 5.0	%	ASTM D3107 (modified)	AR	Not applicable for stretch fabrics Agreed warp elongation range must be ≤4%
TENSILE STRENGTH (minimum) – warp x weft	15 x 13	20 x 15	30 x 20	40 x 30	55 x 35	65 x 40	75 x 55	90 x 60	kg	ASTM D5034 (modified)	3HL	
TEAR STRENGTH (minimum) – warp x weft	1100 x 900	1200 x 1000	2000 x 1600	3100 x 2100	4000 x 2800	4300 x 3300	5100 x 4300	6000 x 4600	g	ASTM D1424 (modified)	3HL	
STRETCH	Mill Spec ± 4.0%								%	ASTM D3107 (modified)	3HL	Only applicable to elastomeric stretch fabrics
GROWTH (maximum)				4.0 6.0 8.0					%	ASTM D3107 (modified)	3HL	Only applicable to elastomeric stretch fabrics
DIMENSIONAL STABILITY IN LAUNDERING – warp x weft	Non-stretch direction - preshrunk			-5.0 to -1.0 / ± 1.5% range					%	ISO 6330 ISO 5077 (2A) Modified APPENDIX 12	3HL	Heatset or low shrink includes T400, polyester PBT for example
	Shrink-To-Fit			-11.8 x -6.5 (target) -10.0 to -13.5 x -5.2 to -7.8 (range)								
	Stretch direction – heatset			-8.0 to -1.0 / ± 1.5% range								
	Stretch direction – non-heatset			-14.0 to -8.0 / ± 2.0% range								
	Shrink-To-Fit Weft Stretch			-10.5 to -13.5 x -8.5 to -11.5								
SKREW MOVEMENT	N/A		± 3.0						%	LS&Co. 2	3HL	
SEAM SLIPPAGE (minimum) – warp x weft	7.0 x 7.0		N/A						Kg	ASTM D1683 (at 6.35mm)	3HL	Only applicable for fabrics <3.5 oz/yd ² and linen/hemp fabrics (and their blends), less than 6.0 oz/yd ²
PILLING (minimum)				3.5					Rating	BS EN ISO 12945-1 (18,000 cycles)	AR	Only applicable for wool, viscose & lyocell content fabrics, all weights
CF HOME LAUNDERING (minimum)	Change	3.0						Rating	ISO 6330 ISO 5077 (2A) Modified	3HL		
CF PERSPIRATION – ACID & ALKALINE (minimum)	Change Staining				3.0 3.0			Rating	ISO 105-E04	AR		
CF WATER (minimum)	Change Staining				3.0 3.0			Rating	ISO 105-E01	AR		
CF CROCKING (minimum)	Dry	3.5 3.0 (denim for garment washed programs only)						Rating	AATCC 8	AR		
	Wet	1.5										
CF RUBBING (minimum)	Dry	3.5 3.0 (denim for garment washed programs only)						Rating	BS EN ISO 105-X12	AR		
CF LIGHT (minimum)	Change	3.5 3.0 (light colors)						Rating	AATCC 16 (Option 3), 20 AFU	AR	Light colors defined as 1/12 or lighter as per ISO 105 A01 Standard Depth Chart	
pH	4.5 – 7.5 5.0 – 7.5 for sulphur dyed fabrics								Value	ISO 3071	AR	Fabrics exceeding this range must be used in garment washed programs