

Arastırma Makalesi / Research Article

FARKLI ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ İLE KUMAŞ BONCUKLANMA EĞİLİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gonca ÖZÇELİK KAYSERİ

Ege Üniversitesi Emel Akın Meslek Yüksek Okulu

Erhan KIRTAY*

Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

Gönderilme Tarihi / Received: 29.11.2011

Kabul Tarihi / Accepted: 19.12.2011

ÖZET

Genellikle örme kumaşlarda oluşan boncuklanma ciddi bir problem olup kumaşa kötü bir görünüm kazandırmanın yanında, bazen delik oluşumlarına bile yol açan eskimelerin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Normal kullanımı simüle eden, test koşullarında kumaşın boncuk oluşturma eğilimini belirleyen test metotları ve laboratuvar test cihazları geliştirilmiştir. Bu çalışmada, 3 farklı iplik numarası, 3 farklı büküm katsayısı ve 2 farklı kumaş sıklığında toplam 16 kumaş kullanılarak, kumaşların boncuklanma özellikleri yaygın olarak kullanılan 3 boncuklanma test cihazında (Martindale, ICI ve düşey taklalı) test edilmiştir. Boncuklanmanın objektif değerlendirmesi için, PillGrade Otomatik Boncuk Değerlendirme Sistemi kullanılmıştır. Değişken parametrelerin ve boncuklanma test yöntemlerinin, kumaşların boncuklanma derecesi, toplam boncuk sayısı ve toplam ağırlıklı boncuk sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Test sonuçlarına göre, yapısal özellikler arasından sadece iplik numarasının, PillGrade tarafından belirlenen boncuklanma derecesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Martindale ve düşey taklalı boncuklanma test cihazında test edilen kumaşların boncuklanma dereceleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmazken, ICI boncuklanma yöntemine göre test sonuçlarının diğer yöntemlere göre oldukça farklı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Örme kumaş, boncuklanma, pamuk, ölçüm yöntemleri, PillGrade

EVALUATION OF FABRIC PILLING TENDENCY WITH DIFFERENT MEASUREMENT METHODS

ABSTRACT

Pilling which generally occurs in knitted fabrics is a serious problem and in addition to giving an unsightly appearance to the fabric, it can also be a serious source of wear, sometimes eventually causing holes. Test methods and laboratory testing machines are developed for the determination of the propensity of a fabric to form pills from fuzz under test conditions intended to simulate normal wear. In this study, by using 16 different fabrics with 2 different fabric tightness and made of yarns with 3 different yarn counts and 3 different yarn twist coefficient, pilling characteristics of the fabrics were tested using 3 mostly preferred pilling testers (Martindale, ICI and random tumble). For the objective evaluation of the pilling, PillGrade instrument was used. The effects of the changed parameters and the pilling test methods on the pilling degree, total pill count and total weighted pill count values of the fabrics were statistically evaluated. According to the test results, among the structural parameters only the yarn count was found to have statistically significant effect on the pilling degree values evaluated by PillGrade. The difference between the pilling degree values of the fabrics tested with Martindale and random tumble methods have been found statistically not important whereas the results of ICI pilling box method are quite different from the other methods.

Keywords: Knitted fabric, pilling, cotton, measurement methods, PillGrade

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: erhankirtay@gmail.com

1. GİRİŞ

Özellikle örme kumaşlarda karşılaşılan, eskiden beri var olan bir sorun olarak tanımlanabilecek kumaş boncuklanması, kumaşın istenmeyen bir görünüm kazanmasına neden olan, giysi yüzeyine bir veya daha fazla sayıda tutunan küçük, karmaşık hale gelmiş lif kümeleriyle karakterize edilen bir yüzey bozulma problemidir. Gevşek liflerin oluşturduğu ve kumaş yüzeyinde görülen lif dolaşıklıkları boncuk olarak adlandırılmaktadır. Kısa sürede, boncuklanma “havlı” bir kumaş yüzeyinin oluşmasına neden olurken, zaman geçtikçe, özellikle doğal elyaftan üretilen kumaşlarda kumaşın tamamen yıpranıp aşınmasına yol açabilmektedir. Boncuklanma, kumaşın kumaşa, başka kumaşlara ve hatta deri ile sürtünmesi sonucunda ipliklerden kumaş yüzeyine lif göçü olmasıyla gerçekleşmektedir. Boncuklanmaya neden olan dıştan gelen direkt sebepler (a) bir giysinin giyilmesi sırasında oluşan sürtünmenin neden olduğu yoğun etkileşim kuvvetleri (b) yıkama sırasında oluşan hidrodinamik kuvvetler olarak sıralanabilir. Direkt olmayan sebepler ise kullanım ve yıkama sırasında kumaşın hareket etmesi sırasında oluşan karışıklığın neden olduğu iplik yapısındaki liflerin hareketidir [1-3].

Kumaş boncuklanma eğilimi, kumaş yüzeyinde boncuk oluşumuna neden olan spesifik cihazlar kullanarak laboratuvar ortamında test edilmektedir. Bu cihazlar genellikle farklı derecede boncuklar içeren standart fotoğraflarla birlikte tedarik edilmektedir. Zweigle KG-741, ASTM D3512, EMPA, ve JIS L 1076 gibi standart boncuklanma fotoğrafları, boncuklanmış kumaşın görsel olarak kıyaslanmasını kolaylaştırmak için boncukların kumaşın arka planıyla kontrast oluşturulmuş görüntüleridir. Bu standart boncuklanma fotoğrafları, genellikle 1`den 5`e kadar beş derece içermekte, derece 1 çok fazla ve yoğun boncuklanma ve/veya tüylenmeyi ifade ederken 5 çok düşük veya hiç boncuklanmanın oluşmadığı durumu ifade etmektedir. Cihazlar tarafından test edilen örnekler, eğitimli ve deneyimli uzmanlar tarafından bir boncuklanma derecesi verilmektedir. Ancak, uzmanlar tarafından gerçekleştirilen bu subjektif yöntemin önemli bir dezavantajı, derecelendirme sonuçlarının tutarsızlığı ve güvenilirliğinin düşük olmasıdır. Bir değerlendirici, diğerinden farklı değerlendirme yapabilmektedir. Ayrıca, farklı test laboratuvarlarında farklı değerlendirmelerin yapılması tedarik zincirinde yüksek maliyetlerle sonuçlanabilen uyumsuzluklara yol açabilmektedir [4-6].

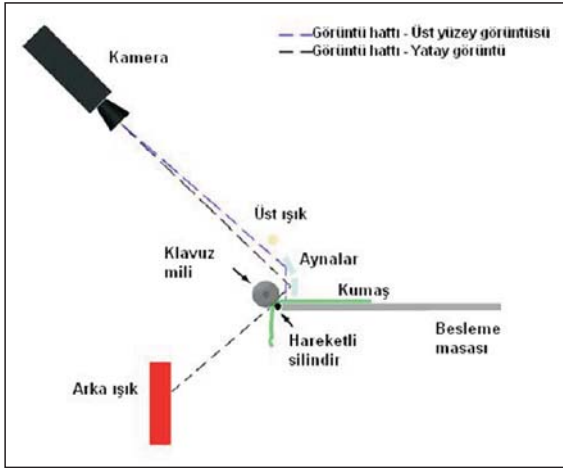
Kumaşların boncuklanma eğiliminin belirlenmesi için pek çok standart ve test yöntemi geliştirilmiştir. Kumaş boncuklanma özelliği açısından kumaşların performanslarının değerlendirilmesi için çeşitli test cihazları kullanarak, kumaşların kullanım sırasındaki koşulları simule edilmekte, kumaş yüzeyinde boncuk oluşumu gerçekleşmektedir. Kumaş boncuklanma eğiliminin ölçümü için en uygun test metoduna karar verilirken, hangi yöntemin gerçek giyim

koşullarını yansıttığının gözlenmesi gerekmektedir. Test koşulları olabildiğince kumaşın maruz kaldığı kuvvetleri dikkate alınmalıdır. Diğer önemli bir faktör, test sonuçlarının tekrarlanabilirliğinin yüksek olması gerektiğidir. Günümüzde çok çeşitli test cihazları mevcuttur. Kumaşların boncuklanma eğilimlerini değerlendiren standart test yöntemleri, boncuk oluşturmak için kumaş yüzeyine temas eden veya kumaşı serbest olarak döndüren cihazlar içermektedir. Bu test cihazları arasındaki temel farklılık, sürtünme kumaşının malzeme çeşidi, sürtünme kumaşına karşı kumaşın hareketi, kumaşa uygulanan kuvvetin yoğunluğu ve test örneğinin değerlendirme yöntemidir [6-8].

Boncuklanma test cihazının test sonuçları üzerine önemli bir etkisi olduğu yapılan çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir. Cooke ve Goksoy, boncuklanma kutusu, Martindale ve Accelerator test cihazlarının sonuçlarını kıyaslamıştır ve Martindale ile accelerator cihazlarının güvenilir sonuçlar verdiğini, ICI boncuklanma test yönteminin ise yanıltıcı olabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, önceki bir çalışmada, Cooke, ICI boncuklanma kutusu ile özellikle normal kullanımda çabuk zarar gören lifler içeren kumaşların test edilmesinden kaçınılması gerektiğini belirtmiştir. Göktepe, üç test cihazının sonuçlarını kıyaslamış ve Martindale test cihazının genelde en kötü sonuçlar verdiğini, ICI boncuklanma kutusu ve düşey taklalı boncuklanma test cihazlarının yakın sonuçlar içerdiği, fakat Martindale ve diğer yöntemler arasında önemli farklılıklar görüldüğünü belirlemiştir. Çalışmada bir test cihazında oldukça iyi dereceler elde edilen kumaşların diğerleriyle çok kötü boncuklanma derecesine sahip olabileceğini belirtmiştir [7].

Boncuklar, renk kontrastı ve içerdikleri yabancı madde varlığına bağlı olarak boyutsal ve görünüş açısından farklılık göstermektedir. Bu faktörler, boncuklanma eğilimi sadece boncuk sayısına göre değerlendirildiğinde dikkate alınmamaktadır. Boncukların gelişimine, örtüçülükte azalma, renk değişimi veya havlanmanın artması şeklinde diğer yüzey sorunları da eşlik edebilmektedir. Belirli bir kumaşın tamamen kabul edilebilirliği, hem boncukların yapısına hem de yüzey görüntüsünü etkileyen diğer faktörlere bağlı olduğundan laboratuvar test edilen kumaşların sadece boncuk sayısına göre değil aynı zamanda diğer yüzey özelliklerine göre de subjektif olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Görsel standartlar, laboratuvar test örnekleri, eskimiş kumaşlarla benzerlik gösterdiğinde ve benzer boncuklanma derecesine sahip olduğunda en avantajlıdır. Boncukların sayılması ve büyüklüğünün bir ölçüsü olarak boncukların tartılması oldukça zaman alıcıdır [9]. Boncuklanma derecesinin objektif olarak belirlenmesi için son yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu, ASTM D3512 standart boncuklanma fotoğraflarının görüntü analiziyle ilgilidir [4].

2003 yılında, büyük bir US polyester lif üreticisi, polyester kesikli liflerinin boncuklanma direncinin geliştirilmesi ile ilgili bir proje kapsamında objektif bir boncuklanma test cihazının gerekliliği konusunda bir ihtiyaç olduğunun farkına varmıştır. Otomatik görüntüleme sistemleri konusunda lif sanayinde önemli bir yeri olan LineTech Industries, objektif derecelendirme sisteminin geliştirilmesi konusunda çalışmaya başlamıştır. PillGrade Otomatik Boncuklanma Derecelendirme Sistemi, bu firmanın çalışmalarının bir sonucu olarak geliştirilmiştir. Daha sonraları, PillGrade, boncuklanmanın objektif ve otomatik olarak derecelendirilmesi için çeşitli test laboratuvarlarında kullanılmaya başlamıştır. PillGrade, kumaş yüzeyindeki boncukları yakalayan, ölçen ve sayan, otomatik bir üç boyutlu görüntüleme cihazıdır. Sistem, Şekil 1'de gösterildiği gibi, bir yazılım programı, kamera, arka ve ön ışık kaynağı, iki ayna, bir besleme masası ve hareketli silindirler içermektedir [10,11].



Şekil 1. PillGrade Sisteminin şematik gösterimi [10]

PillGrade sistemi, hem ASTM hem de ISO test standartlarına göre boncuklanmanın objektif ve tekrarlanabilir bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan otomatik bir derecelendirme sistemidir. Boncuklanmanın değerlendirilmesi için boncuk yüksekliklerinin de değerlendirmeye alınması gerektiğinden, 2 boyutlu olarak yüzeyin incelenmesi, gerçek anlamda bir değerlendirme yapabilmek için yetersiz olmaktadır. Ayrıca kumaş yüzeyinde oluşabilecek tüylenme derecesine bağlı olarak, oluşan boncuklar havlar tarafından gizlenebilmekte ya da kumaş üzerindeki desenler ve kumaşın yapısı, yüzeyde oluşan boncukların rahatça görülmesini engelleyebilmekte ve değerlendirme için yanıltıcı bir faktör olabilmektedir. PillGrade otomatik değerlendirme sistemi, kumaşın döner milin etrafındaki hareketi esnasında, yatay düzleminin taranarak, boncuklanma derecesi, toplam boncuk sayısı, ağırlıklı toplam boncuk sayısı gibi özellikler yanında her bir boncuğun yüksekliği ve havlanmanın ölçülmesi esasına dayanmaktadır [10,11].

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, 3 farklı iplik numarası (Ne 20, Ne 30, Ne 40), 3 farklı iplik büküm katsayısı ($\alpha_c=3.2; 3.6$ and 4.0) ve 2 farklı kumaş sıklığında (sıkı ve gevşek) üretilen %100 pamuk interlok örme kumaşların boncuklanma eğilimleri, en yaygın olarak kullanılan üç boncuklanma test yöntemine göre ölçülmüştür. Bu yöntemler ve test cihazları Martindale boncuklanma ve aşınma test cihazıyla TS EN ISO12945-2 standardı, ICI boncuklanma kutusu ile TS EN ISO 12945-1 standardı ve düşey taklalı boncuklanma test cihazı ile ASTM D 3512 standardıdır.

Düşey taklalı test cihazında, kumaş yüzeyinde boncuklar, mantar kaplı bir aşındırıcı yüzey içeren silindirik bir test haznesinde rasgele gerçekleşen sürtünme hareketi ile oluşturulmaktadır. Gerçek kullanıma benzer yapıda ve görünümde boncuklar oluşturmak için test haznesine numune ile birlikte oldukça kısa gri renkli pamuk elyafı eklenmektedir [9]. Martindale test cihazında, test numunesinin yüzü aynı kumaşa sürtünmektedir. Üst numunelerin hareketi; dairesel hareketle başlayıp, yavaş yavaş daralan elips şeklinden doğrusal hale gelinceye kadar devam eden ve sonra da ters yönde genişleyen elips şeklindeki hareketle devam eden lissajous hareketidir [12]. ICI boncuklanma test kutusunda, genellikle iki, dört ya da altı hazne içeren cihazlarda kumaş numuneleri, mantar kaplı test kutuları içinde 60 devir/dk bir hızla dönme hareketine maruz kalmaktadır.

Test örneklerinin subjektif olarak değerlendirilmesinin dezavantajını ortadan kaldırmak için görüntü analizi prensibine göre çalışan PillGrade Objektif Boncuklanma Derecelendirme Sistemi (Şekil 2) kullanılmıştır. Bu sistem kullanarak, kumaşların boncuklanma derecesi, toplam boncuk sayısı ve toplam ağırlıklı boncuk sayıları ölçülmüştür [6,7]. Toplam boncuklanma sayısı, incelenen alandaki boncukların toplam sayısıdır. Ağırlıklı boncuk sayısı, logaritmik bir skala kullanılarak hesaplanmaktadır. Her boncuk, boyutuna göre matematiksel olarak değerlendirilmekte, en büyük boncuklar ($>\varnothing 3.9\text{mm}$), 5.0 katsayısı ile, en küçük boncuklar ($<\varnothing 0.3\text{mm}$) 0,6 katsayısı ile çarpılmaktadır.



Şekil 2. PillGrade boncuklanma değerlendirme sistemi

Test yöntemine göre PillGrade boncuklanma değerlendirme sisteminde taranan ölçüm alanları Tablo 1'de verilmektedir.

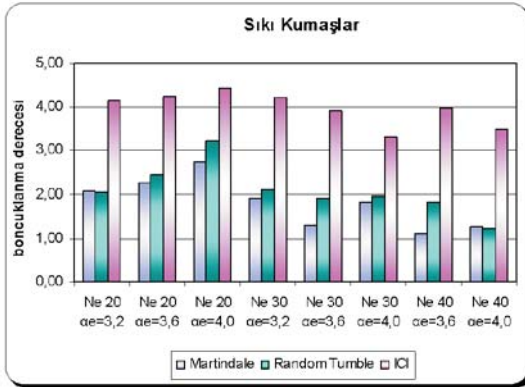
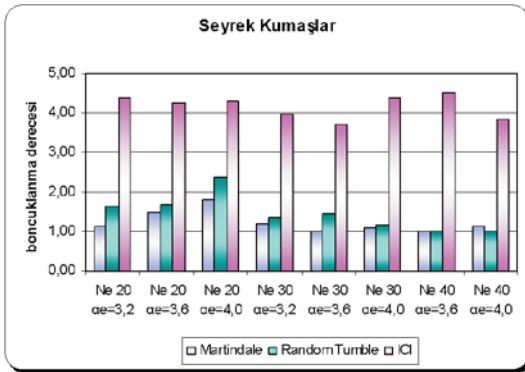
Tablo 1. PillGrade Boncuklanma Değerlendirme Sistemine göre ölçüm alanları

Yöntem	Cihaz	Örnek Büyüklüğü	PillGrade Tarama Alanı
ASTM D 3512	Düşey Taklalı Pilling Cihazı	4.13" x 4.13"	Merkezde 2.0"x2.0"
TS EN ISO 12945-2	Martindale	140 mm çap	Merkezde 50x50 mm
TS EN ISO 12945-1	Pilling Box	113x113 mm	Merkezde 50x50mm

Kumaşların üretim parametrelerinin boncuklanma eğilimleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için, boncuklanma derecesi, toplam boncuk sayısı ve ağırlıklı toplam boncuk sayısı sonuçları için varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Her bir parametrenin kıyaslanması için öncelikle varyans homojenliği testi gerçekleştirilmiş ve daha sonra önem derecesine göre, çoklu karşılaştırma yöntemi seçilmiştir. Ayrıca, üç boncuklanma test yöntemi arasındaki farklılıkları değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi testi gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sıkı yapıdaki örme kumaşların boncuklanma derecesi değerleri Şekil 3'te, seyrek yapıdaki kumaşların değerleri Şekil 4'te verilmektedir.

**Şekil 3.** Sıkı yapıdaki örme kumaşların boncuklanma derecesi**Şekil 4.** Seyrek yapıdaki örme kumaşların boncuklanma derecesi

Şekil 3 ve Şekil 4'den görüldüğü gibi, Martindale ve düşey taklalı boncuklanma test yöntemleri ile benzer sonuçlar elde edilirken, test haznesindeki test numunesinin serbest

harekete maruz kaldığı ICI boncuklanma kutusunda boncuk oluşumunun oldukça az olduğu görülmektedir. En fazla boncuk oluşumu, kumaşların birbirine direkt olarak süründüğü Martindale boncuklanma ve aşınma test cihazında meydana gelmiştir. Parametrelerin kumaşların boncuklanma derecesi üzerine etkileri istatistiksel olarak da incelenmiştir. Varyans analizine göre, sadece iplik numarasının kumaş boncuklanma derecesi üzerine etkisi önemli bulunurken ($p=0.000$), iplik büküm katsayısı ($p=0.232$) ve kumaş sıklığının etkisi ($p=0.570$) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

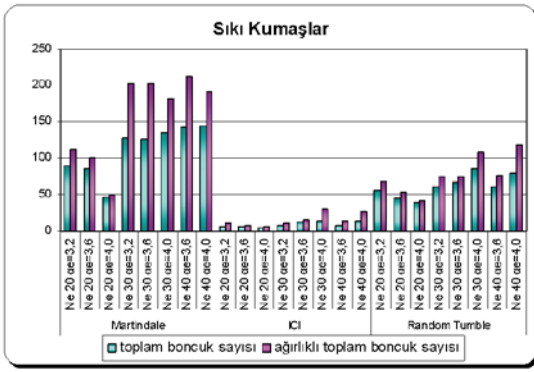
Boncuklanma test yönteminin de boncuklanma derecesi değerleri üzerine önemli bir etkisi vardır. Tablo 2'de iplik numarası, iplik büküm katsayısı, boncuklanma test yöntemi için çoklu karşılaştırma testi ve kumaş sıklığı için gerçekleştirilen bağımsız iki örnek t testi sonucunda belirlenen faktör alt grupları ve önem dereceleri verilmektedir. Ne 30 ve Ne 40 iplik numaralarındaki pamuk ipliklerinden üretilen kumaşların ortalama boncuklanma dereceleri arasındaki farklılık önemsiz iken, Ne 20 iplik numarasındaki kumaşlar daha az boncuklanma eğilimindedir ve boncuklanma derecesi açısından ayrı bir grup olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. İncelenen parametrelerin alt gruplara ayrılmış haldeki ortalama boncuklanma dereceleri

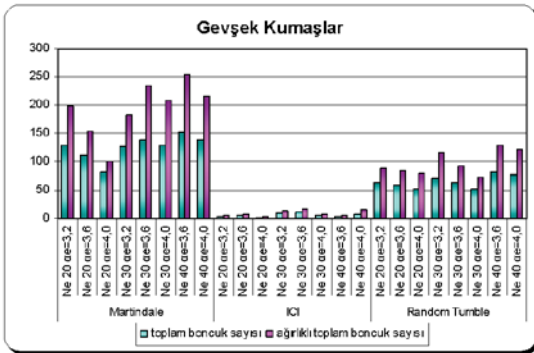
Faktör	Kumaş sıklığı		P	İplik büküm katsayısı			P
	Sıkı	Seyrek		$\alpha_c=3,2$	$\alpha_c=3,6$	$\alpha_c=4,0$	
1	2,385	2,239	0,433	2,313	2,264	2,482	0,481
Faktör	İplik numarası			P			
Subset	Ne 20	Ne 30	Ne 40	P			
1	2,774			1,000			
2		2,142	2,041	0,595			
Faktör	Pilling test yöntemi			P			
Subset	Martindale	Random Tumble	ICI Pilling Box	P			
1	1,531	1,648		0,250			
2			4,104	1,000			

Toplam boncuk sayısı değeri, incelenen alandaki boncukların toplam sayısını ifade ederken, ağırlıklı toplam boncuk sayısı, boncuk büyüklükleri dikkate alınarak, boncuk çapına göre değişen bir katsayı ile boncuk sayıları çarpılarak hesaplanmaktadır. Kumaş yüzeyindeki büyük fakat daha az sayıdaki boncuk içeren kumaşların boncuklanma derecesi, daha çok sayıda fakat daha küçük yapıda boncuklar içeren kumaşların boncuklanma derecesi ile aynı değere sahip olabilmektedir. Bu durumda ağırlıklı toplam boncuk sayısı, kumaş yüzeyinde oluşan boncuk yapısı hakkında bilgi verebilmektedir. Kumaşların toplam boncuk sayısı ve ağırlıklı toplam boncuk sayısı değerleri Şekil 5 ve Şekil 6'de verilmektedir.

Şekil 5 ve Şekil 6'den görüldüğü gibi, genellikle ince ipliklerden üretilen kumaşlar daha yüksek boncuklanma eğiliminde iken, iplik büküm katsayısı ve kumaş sıklığı açısından kumaşların içerdiği boncuk sayıları birbirine yakındır.



Şekil 5. Sıkı yapıdaki kumaşların toplam ve ağırlıklı boncuk sayıları



Şekil 6. Gevşek yapıdaki kumaşların toplam ve ağırlıklı boncuk sayıları

İncelenen parametrelerin boncuk sayıları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için gerçekleştirilen varyans analizine göre, sadece iplik numarasının etkisi önemli bulunmuş (toplam boncuk sayısı için $p=0.000$, ağırlıklı toplam boncuk sayısı için $p=0.000$), ip-lik büküm katsayısı (toplam boncuk sayısı için $p=0.287$, ağırlıklı toplam boncuk sayısı için $p=0.138$) ve kumaş sıklığının (toplam boncuk sayısı için $p=0.778$, ağırlıklı toplam boncuk sayısı için $p=0.325$) etkisi önemsiz olarak belirlenmiştir. Kumaşların boncuklanma dereceleri açısından, en fazla kullanılan boncuklanma ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması amacıyla tek yönlü varyans analizi gerçekleştirilmiş ve yöntemler arasındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir ($p=0.000$). Boncuklanma ölçüm yöntemlerinin çoklu karşılaştırması Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Boncuklanma ölçüm yöntemlerinin çoklu karşılaştırması

Boncuklanma yöntemi	Ortalama farklılık	Standart Hata	Önem derecesi	95% güven aralığı		
				Alt limit	Üst limit	
Martindale	Random tumble	-0,1166	0,1056	0,614	-0,372	0,139
	ICI	-2,5729*	0,0887	0,000	-2,786	-2,359
Random Tumble	Martindale	0,1166	0,1056	0,614	-0,139	0,372
	ICI	-2,4563*	0,1104	0,000	-2,723	-2,190
ICI pilling box	Martindale	2,5729*	0,0887	0,000	2,359	2,786
	Random tumble	2,4563*	0,1104	0,000	2,190	2,723

*Ortalama farklılık 0.05 seviyesine göre önemlidir

Tablo 3'den de görüldüğü gibi, Martindale ve düşey taklalı boncuklanma yöntemleri ile boncuk oluşturulan kumaşların ortalama boncuklanma dereceleri arasındaki farklılık

önemsiz bulunmuştur. Ancak, ICI boncuklanma kutusu diğer yöntemlere göre oldukça farklı boncuk yapısının oluşumuna neden olmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, farklı iplik numaraları, iplik büküm katsayıları ve kumaş sıklıklarında üretilen interlok örme kumaşlar kullanarak, kumaş yüzeyinde oluşan önemli sorunlardan biri olan boncuklanma ölçüm yöntemleri incelenmiştir.

Boncuklanma derecesi açısından, Martindale ve düşey taklalı boncuklanma test yöntemleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, ICI boncuklanma kutusu yönteminin diğer iki yöntemden oldukça farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. En yoğun boncuk oluşumu, kumaş yüzeyleri arasında oluşan direkt sürtünme kuvvetleri nedeniyle Martindale yönteminde gerçekleşmiştir. En düşük boncuk oluşumu ise mantar yüzeyle kaplı test kutusunda, numunenin serbest olarak hareket ettiği ICI boncuklanma test yönteminde elde edilmiştir. Toplam boncuk sayısı ve ağırlıklı boncuk sayısı değerleri açısından da boncuklanma derecesi ile elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Ukponmwan J.O, Mukhopadhyay A., Chatterjee K.N., (1998), *Pilling*, The Textile Institute, 28(3), pp.16-42.
- <http://home.comcast.net/~roadska/alta.pdf>, *Understanding the Science of Pilling: The Untold Story*
- Hearle, J.W.S. Wilkins A.H., (2006), *Mechanistic modelling of pilling. Part I: Detailing of mechanisms*, Journal of The Textile Institute, 97(4), 359-368.
- XI B., Hu I., YAN H., (2002), *Objective Evaluation of Fabric Pilling Using Image Analysis Techniques*, Textile Research Journal, 72(12), 1057-1064.
- Kim S.C, Kang t.j., (2005), *Image Analysis of Standard Pilling Photographs Using Wavelet Reconstruction 1*, Textile Research Journal, 75(12), 801-811.
- Biermann I., (2001), *Pilling Tendency of Textiles-Special Features of Measurement and Assessment*, Melliand, 4, E83-E84.
- Göktepe, Ö., (2002), *Fabric Pilling Performance and Sensitivity of Several Pilling Testers*, Textile Research Journal, 72(7), 625-630
- Esteves M.F, Fonte A. P., Fernandes F.M., (2004), *Comparative Study On Pilling Resistance Standard Methods*, World Textile Conference - 4th Autex Conference Roubaix, June 22-24.
- ASTM D 3512 *Standard Test Method for Pilling Resistance and Other Related Surface Changes of Textile Fabrics: Random Tumble Pilling Tester*
- Jackson T., Keyes N.M., Haris P., Holden J.B., (2005), *A Preliminary Report: Fuzz and Pilling Surface Changes on Cotton Fabrics Measured By Linetech Industries' Image Analysis System*, Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, Louisiana - January 4-7, pp.2219-2228
- PillGrade Automated 3D Pilling & Fuzz Grading System Operating Manual, SDL Atlas, Line Tech Industries
- ASTM D 4970 *Standard Test Method for Pilling Resistance and Other Related Surface Changes of Textile Fabrics: Martindale Tester*
- TS EN ISO 12945-1 Textiles -- *Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling -- Part 1: Pilling box method*

Bu çalışma, "ICONTEX 2011-International Congress of Innovative Textiles" Sempozyumu'nda sunulmuştur.