



# BEZAYAĞI DOKUMA KUMAŞLARDA ÇÖZGÜ GERGINLIĞI İLE ÇÖZGÜ VE ATKI KIVRIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Gülcan ÖZKAN  
Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Görükle/BURSA

## ÖZET

Bu çalışmada, bezayağı dokuma kumaşlarda çözgü gerginliği ile çözgü ve atkı kıvrımı arasındaki ilişki deneysel olarak incelenmiştir. Dokuma kumaşlarda bükümlü polyester çözgü ipliği ile tekstüre bükümlü polyester ve karde pamuk atkı iplikleri kullanılmıştır. Denemeler sonucunda, çözgü gerginliğindeki artışla ham kumaştaki çözgü kıvrımının azaldığı, atkı kıvrımının arttığı gözlenmiştir. Regresyon denklemlerinin eğimi, çözgü gerginliğindeki artış karşısında ham kumaştaki çözgü kıvrımındaki azalmanın atkı sıklığı arttıkça ve atkı ipliği kalınlaştıkça daha belirgin hale geldiğini göstermiştir. Yine regresyon denklemlerinin eğimi, çözgü gerginliğindeki artış karşısında ham kumaştaki atkı kıvrımındaki artışın atkı sıklığı arttıkça ve atkı ipliği inceldikçe daha belirgin hale geldiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çözgü kıvrımı, atkı kıvrımı, çözgü gerginliği, dokuma.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF RELATION BETWEEN WARP AND WEFT CRIMPS AND WARP TENSION IN PLAIN WEAVE WOVEN FABRICS

## ABSTRACT

Relation between warp crimp and warp tension and weft crimp and warp tension is investigated experimentally for plain weave grey woven fabrics. Twisted poliester warp yarn and textured twisted poliester and cotton carded ring spun weft yarns are used in weaving fabrics. It is shown that an increase in warp tension decreases warp crimp and increases weft crimp. It is observed from the slope of regression equations that warp crimp decreases more with increasing warp tension as weft yarn gets thicker and/or weft density increases. It is also observed from the slope of regression equations that increase in warp tension increases weft crimp change as weft density becomes higher and increase in weft crimp with warp tension decreases with weft yarn getting thicker.

Key Words: Warp crimp, weft crimp, warp tension, weaving.

# 1. GİRİŞ

Dokuma kumaşlar, birbirlerine dik yönde kesişen iki dizi ipliğin bu kesişme sırasında birbirine bağlanarak örgü dediğimiz bir düzende doku oluşturmasıyla elde edilen yapılardır. Bir dokuma kumaşı tam anlamıyla tanımlayabilmek için gerekli parametreleri başlıca iki grupta toplamak mümkündür. Bunlardan ilki, kumaşın yapısını tanımlamada yeterli olan iplik numaraları, örgü, çözgü ve atkı sıklıkları ile kıvrım değerlerini içine alan “temel parametrelerdir”. İkincisi ise, temel parametrelere bağımlı olan kumaş kalınlığı, kumaş birim ağırlığı ve iplikle ilgili büküm değeri, hacimlilik faktörü gibi büyüklükleri içeren “yardımcı parametrelerdir”. Temel parametrelerden çözgü ve atkı iplik numaraları ile örgü dokuma işlemi öncesinde belirlenirken, çözgü sıklığı tarak numarası, atkı sıklığı da kumaş çekme silindirin hızı tarafından ayarlanır. Çözgü ve atkı sıklıkları temelde bu ayarlar yardımıyla belirlenmesine rağmen dokuma esnasında çözgü ve atkı kıvrımından etkilenirler. Bu nedenle, kumaş yapısını ve özelliklerini tam anlamıyla kontrol edebilmek için dokuma esnasında çözgü ve atkı kıvrımını da kontrol edebilmek önemlidir. Dokuma işlemi esnasında çözgü ve atkı kıvrımını kontrol eden bir mekanizma yoktur ancak, kumaş temel parametreleri tarafından belirlenen çözgü ve atkı kıvrımı özellikle çözgü ve atkı gerginliğinden etkilenmektedir (Greenwood, 1975).

Dokumanın gerçekleştirilmesi için teorik olarak çözgü ve atkı iplik sistemlerinden en az birinin kıvrım alması gerekir. Kumaş geometrisi üzerine yapılan çalışmaların amacı, kumaş yapısının gözlemlenebilir niceliklerinden sıklık, numara (veya çap) ve kıvrım arasındaki temel bağıntıların çıkarılmasıdır. Bu noktada, başta Peirce'in (1937) modeli olmak üzere pek çok kumaş geometrisi modeli geliştirilmiştir. Bu teorik çalışmalar çözgü ve atkı iplik numaraları, sıklıkları, kıvrımları ve örgü arasındaki ilişkiyi incelerken kumaşın oluşumu esnasında etki eden kuvvetleri dikkate almamıştır (Hamilton, 1964; Kemp 1958). Daha sonraki yıllarda gerçekleştirilen mekanik ve geometrik-mekanik modeller ise kıvrım oluşumunu ve kumaşın mekanik davranışını incelerken çözgü ve atkı gerginlikleri ile ipliklere etkileyen diğer kuvvetleri ele almıştır (Olofsson, 1964; Kawabata ve ark., 1973; Leaf ve Anandjiwala, 1985; Başer, 1989)

Çözgü ve atkı kıvrımı ile çözgü ve atkı gerginliği arasındaki ilişkileri inceleyen deneysel çalışmalar literatürde oldukça sınırlı sayıdadır. Chahal ve Mohamed'e (1986) ait deneysel çalışma, atkı gerginliğinin ham ve yıkanmış kumaşlarda çözgü ve atkı kıvrımına etkisini araştırmıştır. Çalışma, atkı gerginliğindeki artışla hem ham hem de yıkanmış kumaşta çözgü kıvrımının arttığını, atkı kıvrımının azaldığını göstermektedir. Eren (1993), pamuklu bezayağı kumaşlarda çözgü gerginliğinin çözgü kıvrımı üzerine etkisini incelemiştir. Eren (1993), çözgü

gerginliği arttıkça çözgü kıvrımının azaldığını ve bu azalmanın aynı çözgü gerginlik artışı için atkı örtme faktörü yüksek olan kumaşlarda daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, bükümlü polyester çözgü ipliği ile üç farklı numarada polyester ve pamuk atkı iplikleriyle dokunan kumaşlarda çözgü gerginliği ile ham kumaştaki çözgü ve atkı kıvrımı arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Kumaşlar beş farklı çözgü gerginliği ve üç farklı atkı sıklığında dokunmuştur. Bu şekilde, sadece çözgü gerginliği ile çözgü ve atkı kıvrımı arasındaki ilişki değil aynı zamanda bu ilişki üzerinde atkı ipliği cinsinin, numarasının ve sıklığının etkisini de görmek amaçlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Materyal

Deneysel çalışmada kullanılan kumaşlar Picanol Omni hava jetli dokuma makinasında dokunmuştur. Dokuma makinasına ve kumaşa ait parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Çözgü gerginliğinin ölçümünde ölçüm aralığı 0-200 cN olan Schmidth marka bir gerginlik ölçer kullanılmıştır. Dokuma makinası ana milinin dönüş açısı dokuma makinasının ana miliyle aynı hızda dönen bir mile bağlanmış olan yerdeğiştirme sensörüyle ölçülmüştür. Gerginlik ölçer ve yerdeğiştirme sensörü ile kişisel bir bilgisayar arasındaki bağlantıyı sağlamak için de bir arabirim kartı kullanılmıştır. Ölçme cihazlarından verilerin okutulması ve elde edilen verilerin dosyalanabilmesi için Turbo C programlama dilinde bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program her tezgah devrinde 200 okuma yapmaktadır.

Tablo 1. Dokuma makinası ve kumaş parametreleri

Makina Parametreleri	Kumaş Parametreleri
Atkı Atma Sistemi : Hava Jetli	Çözgü İpliği Cinsi : Polyester(yarı mat-bükümlü)
Ağızlık Açma Sistemi : Kamlı	Çözgü İpliği Numarası (den/flaman sayısı) : 150/36
Makine Devri : 710 dev/dak	Çözgü İpliği Bükümü : 400 tur/m
Makine Eni : 190 cm	Taraktaki Çözgü Sıklığı : 33.5 tel/cm
Atkı Renk Adedi : 2	Atkı İpliği Cinsi : Polyester (tektüre-yarı mat), pamuk (karde)
Çözgü Salma Sistemi : Elektronik	Atkı İpliği Numarası : Tablo 2'de verilmiştir
Kumaş Çekme Sistemi : Elektronik	Tezgahtaki Atkı Sıklığı : Tablo 2'de verilmiştir
Ağızlık Kapanma Açısı : 320°	Toplam Ortalama Çözgü Gerginliği : Tablo 2'de verilmiştir
	Örgü : Bezayağı

## 2.2. Metot

Deneysel çalışma için, 150 denye polyester çözgü ipliğiyle bezayağı örgüde, farklı atkı ipliği cins ve numaralarında ve her bir atkı ipliği için farklı çözgü gerginliğinde ve atkı sıklığında kumaşlar dokunmuştur. Tablo 2'de deneysel çalışma planı sunulmuştur. Toplam ortalama çözgü gerginliği, dokuma makinasında elektronik çözgü salma mekanizmasına ait gerginlik ölçme sensörü tarafından ölçülen bütün çözgü ipliklerinin gerginliğini ifade etmektedir. Bu parametre dokuma makinasının bilgisayarına girilmekte ve dokuma işlemi boyunca elektronik çözgü salma mekanizması tarafından sabit değerde tutulmaktadır. Bulgular bölümünde grafiklerde x ekseninde yer alan ortalama çözgü gerginliği ise, farklı atkı ipliği numarasında ve sıklığında 5 farklı toplam ortalama çözgü gerginliğiyle dokunan her bir kumaşta gerginlik ölçme sensörü tarafından 20 tezgah devri için ölçülen çözgü gerginliği değerlerinin ortalamasıdır. Dokuma işlemi esnasında çözgü gerginliğinin ölçümü, gerginlik ölçerin pozisyonu 4. çerçevede ve makina sol kenarından itibaren 60 cm içerideki çözgü ipliğinden ölçüm alacak şekilde ayarlanarak yapılmıştır. Farklı dokuma koşullarında dokunan kumaşlar kondisyonlama işleminden sonra ham kumaştaki çözgü ve atkı kıvrımlarının ölçümü ASTM D388304 standardına göre yapılmıştır.

Tablo 2. Deneysel çalışma planı

Polyester Atkı İplikleri İle Dokunan Kumaşlar			Pamuk Atkı İplikleri İle Dokunan Kumaşlar		
Atkı İplik Numarası (den/flaman sayısı)	Toplam Ortalama Çözgü Gerginliği(kN)	Tezgahta Ayarlanan Atkı Sıklığı (atka/cm)	Atkı İplik Numarası (Ne)	Toplam Ortalama Çözgü Gerginliği(kN)	Tezgahta Ayarlanan Atkı Sıklığı (atka/cm)
300/70	0,5	14,18	24/1	0,5	18,22
	0,9	14,18,22		0,9	18,22
	1,25	14,18,22		1,25	18,22,26
	1,5	14,18,22		1,5	18,22,26
	1,75	14,18,22		1,75	18,22,26
150/96	0,5	18,22	36/1	0,5	18,22
	0,9	18,22,26		0,9	18,22,26
	1,25	18,22,26		1,25	18,22,26
	1,5	18,22,26		1,5	18,22,26
	1,75	18,22,26		1,75	18,22,26
100/35	0,5	18,22,26	50/1	0,5	18,22,26
	0,9	18,22,26		0,9	18,22,26
	1,25	18,22,26		1,25	18,22,26
	1,5	18,22,26		1,5	18,22,26
	1,75	18,22,26		1,75	18,22,26

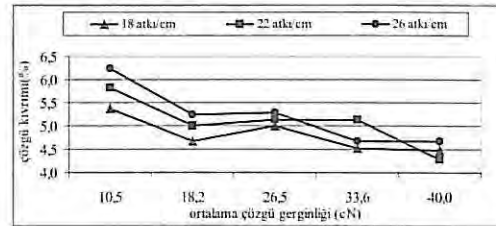
## 3. BULGULAR

### 3.1. Çözgü Gerginliği-Çözgü Kıvrımı İlişkisi

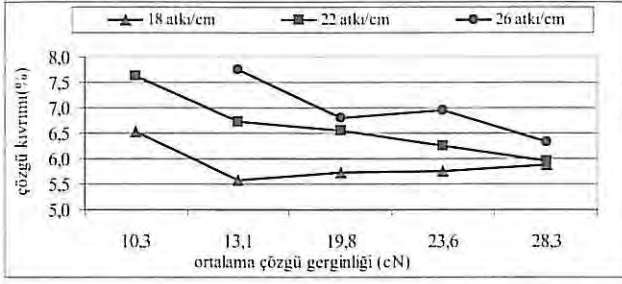
Şekil 1 ve Şekil 6 arasındaki şekiller, 100, 150, 300 denye polyester ve Ne 50/1, Ne 36/1, Ne 50/1 pamuk atkı iplikleriyle beş farklı çözgü gerginlik değerinde ve üç farklı atkı sıklığında dokunan kumaşlarda çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisini göstermektedir. Şekillere göre, çözgü gerginliği arttıkça ham kumaştaki çözgü kıvrımı atkı sıklığına ve atkı ipliği numarasına bağlı olarak düşmektedir. Hem pamuk hem de polyester atkı iplikleri ile dokunan kumaşlarda, kumaş yapısına bağlı olarak yaklaşık 20 cN'luk çözgü gerginlik artışı yaklaşık %2.0-2.5'lik bir çözgü kıvrım düşüşüne neden olmaktadır. 5 cN'luk çözgü gerginlik artışında bile çözgü kıvrım düşüşü %0.5-%1.0 arasında değişmektedir.

Tablo 3, çözgü gerginliği ile ham kumaştaki çözgü kıvrımı arasındaki regresyon ve korelasyon analizi sonuçlarını göstermektedir. Çözgü gerginliği ile ham kumaştaki çözgü kıvrımı arasındaki korelasyon oldukça yüksektir. Korelasyon katsayılarının negatif işareti çözgü gerginliğindeki artış nedeniyle ham kumaştaki çözgü kıvrımının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum aynı zamanda regresyon eşitliklerinin negatif eğimlerinde de görülmektedir. Regresyon eşitliklerinde "x" çözgü gerginliği, "y" ise çözgü kıvrımıdır. x'in önünde yer alan sabit ise lineer eğrinin eğimidir. Regresyon denklemlerinde daha yüksek eğim aynı çözgü gerginlik artışı için daha yüksek çözgü kıvrım düşüşünü ifade etmektedir. Tablo 3 incelendiğinde, genellikle atkı sıklığı arttıkça ve ipliği kalınlaştıkça regresyon eşitliklerindeki bu negatif eğim değerinin de arttığı görülmüştür. Bu durum, çözgü gerginliğindeki artış karşısında ham kumaşta çözgü kıvrımındaki azalmanın atkı sıklığı arttıkça ve atkı ipliği kalınlaştıkça daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.

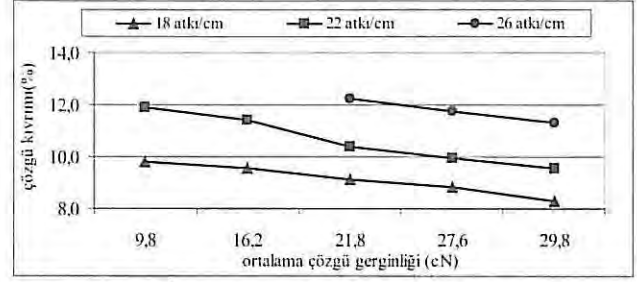
Ne 50/1 (106.3 denye) ve Ne 36/1 (147.7 denye) pamuk atkı iplikleri 100 denye ve 150 denye polyester atkı ipliklerine yakın numarada ipliklerdir. Ne 50/1 ile 100 denye ve Ne 36/1 ile 150 denye atkı ipliklerinin çözgü kıvrım seviyeleri ve regresyon eşitliklerinin negatif eğimleri karşılaştırıldığında her iki değerinde pamuk atkı iplikleri için daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuç, kesikli ipliklerin daha hacimli yapısından kaynaklanabilir.



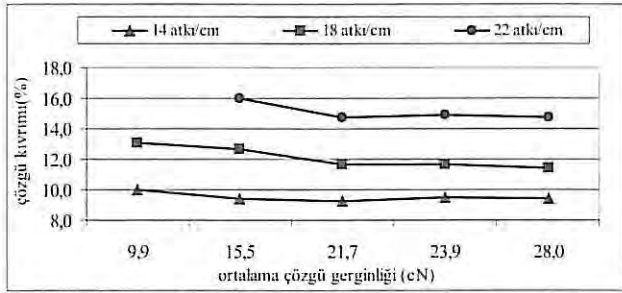
Şekil 1. Çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisi (100 denye polyester atkı ipliği için)



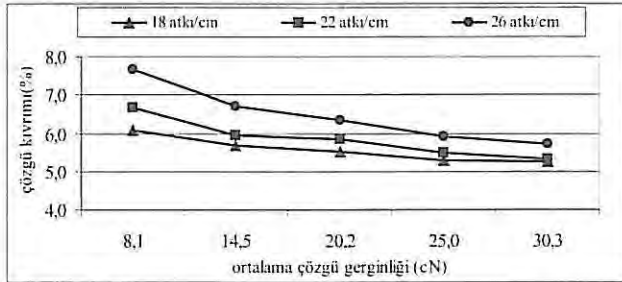
Şekil 2. Çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisi (150 denye polyester atkı ipliği için)



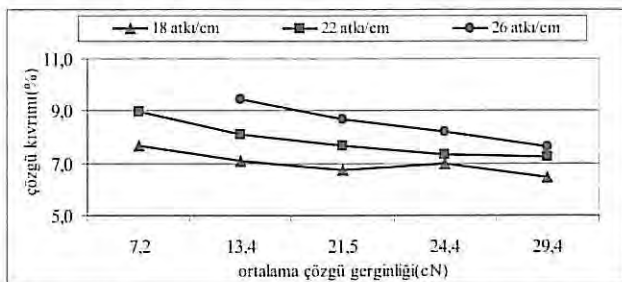
Şekil 6. Çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisi (Ne 24/1 pamuk atkı ipliği için)



Şekil 3. Çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisi (300 denye polyester atkı ipliği için)



Şekil 4. Çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisi (Ne 50/1 pamuk atkı ipliği için)



Şekil 5. Çözgü gerginliği-çözgü kıvrımı ilişkisi (Ne 36/1 pamuk atkı ipliği için)

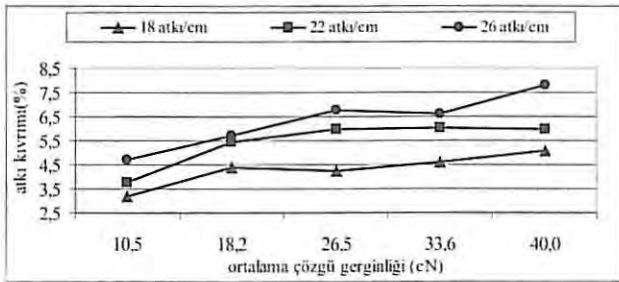
Tablo 3. Çözgü gerginliği ve çözgü kıvrımı arasındaki ilişkiye ait regresyon ve korelasyon analizi

Atkı İplik Numarası	Atkı sıklığı (atk/cm)	Regresyon denklemi	Korelasyon Katsayısı(r2)
300 denye	14	$y=-0,102x+9,802$	-0,69
	18	$y=-0,428x+13,39$	-0,95
	22	$y=-0,356x+16,01$	-0,81
150 denye	18	$y=-0,11x+6,222$	-0,41
	22	$y=-0,384x+7,768$	-0,92
	26	$y=-0,412x+7,98$	-0,91
100 denye	18	$y=-0,196x+5,4$	-0,82
	22	$y=-0,296x+5,956$	-0,82
	26	$y=-0,368x+6,328$	-0,91
Ne 24/1	18	$y=-0,374x+10,242$	-0,97
	22	$y=-0,622x+12,502$	-0,99
	26	$y=-0,46x+12,673$	-0,99
Ne 36/1	18	$y=-0,252x+7,732$	-0,93
	22	$y=-0,42x+9,108$	-0,96
	26	$y=-0,6x+9,98$	-0,99
Ne 50/1	18	$y=-0,208x+6,184$	-0,97
	22	$y=-0,32x+6,816$	-0,97
	26	$y=-0,472x+7,896$	-0,97

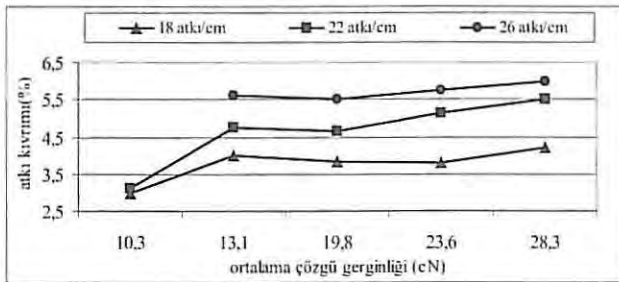
### 3.2. Çözgü Gerginliği-Atkı Kıvrımı İlişkisi

Şekil 7 ve Şekil 12 arasındaki şekiller, 100, 150, 300 denye polyester ve Ne 50/1, Ne 36/1, Ne 50/1 pamuk atkı iplikleriyle beş farklı çözgü gerginlik değerinde ve üç farklı atkı sıklığında dokunan kumaşlarda çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisini göstermektedir. Şekillere göre, çözgü gerginliği arttıkça ham kumaştaki atkı kıvrımı atkı sıklığına ve atkı ipliği numarasına bağlı olarak artmaktadır. Ancak, 300 denye polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlarda bu artış ciddi değerlerde değildir. Bunun nedeni bu ipliğin sahip olduğu yüksek eğilme rijitliği değeridir. Hem pamuk hem de polyester atkı iplikleri ile dokunan kumaşlarda, kumaş yapısına bağlı olarak yaklaşık 20 cN'luk çözgü gerginlik artışı yaklaşık %2.5-3.0'luk bir atkı kıvrım artışına neden olmaktadır. 5 cN'luk çözgü gerginlik artışında bile atkı kıvrım artışı %0.5-%1.0 arasında değişmektedir.

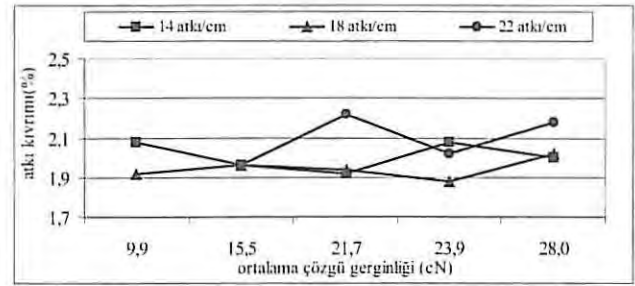
Tablo 4, polyester ve pamuk atkı iplikleri ile farklı çözgü gerginliklerinde ve farklı atkı sıklıklarında dokunan kumaşlarda çözgü gerginliği ile ham kumaştaki atkı kıvrımı arasındaki regresyon ve korelasyon analizi sonuçlarını göstermektedir. Çözgü gerginliği ile ham kumaştaki atkı kıvrımı arasındaki korelasyon oldukça yüksektir. 300 denye polyester atkı ipliği ile dokunan kumaşlara ait korelasyon katsayıları ise yukarıda belirtilen sebepten dolayı oldukça düşüktür. Çizelgede, korelasyon katsayılarının işareti pozitif olup bu durum çözgü gerginliğindeki artış nedeniyle ham kumaştaki atkı kıvrımının artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, regresyon eşitliklerinin eğimleri de pozitif işaretlidir. Regresyon eşitliklerinde “x” çözgü gerginliği, “y” ise atkı kıvrımıdır. Genellikle atkı sıklığı arttıkça ve iplik inceldikçe regresyon eşitliklerindeki pozitif eğimin (x’in katsayısı) değeri de büyümektedir. Bu ise, çözgü gerginliğindeki artış karşısında ham kumaştaki atkı kıvrımındaki artışın, atkı sıklığı arttıkça ve atkı ipliği inceldikçe daha belirgin hale geldiğini göstermektedir.



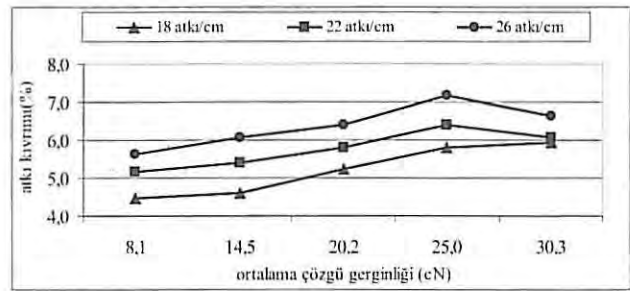
Şekil 7. Çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisi (100 denye polyester atkı ipliği için)



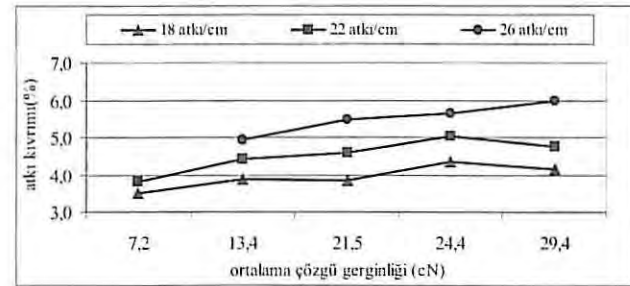
Şekil 8. Çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisi (150 denye polyester atkı ipliği için)



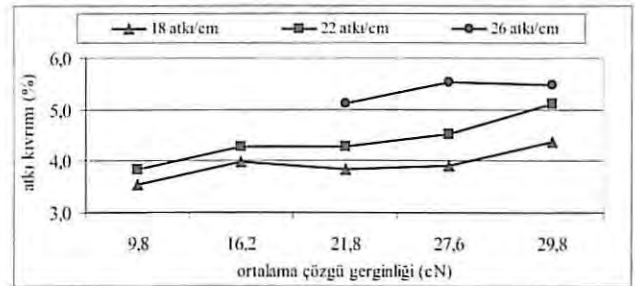
Şekil 9. Çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisi (300 denye polyester atkı ipliği için)



Şekil 10. Çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisi (Ne 50/1 pamuk atkı ipliği için)



Şekil 11. Çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisi (Ne 36/1 pamuk atkı ipliği için)



Şekil 12. Çözgü gerginliği-atkı kıvrımı ilişkisi (Ne 24/1 pamuk atkı ipliği için)

Tablo 4. Çözgü gerginliği ve atkı kıvrımı arasındaki ilişkiye ait regresyon ve korelasyon analizi

Atkı İplik Numarası	Atkı sıklığı (atki/cm)	Regresyon denklemi	Korelasyon Katsayısı(r2)
300 denye	14	$y=-0,004x+2,02$	-0,22
	18	$y=0,012x+1,908$	0,36
	22	$y=0,046x+1,98$	0,54
150 denye	18	$y=0,224x+3,092$	0,70
	22	$y=0,52x+3,068$	0,85
	26	$y=0,144x+5,36$	0,86
100 denye	18	$y=0,404x+3,088$	0,89
	22	$y=0,502x+3,93$	0,81
	26	$y=0,706x+4,202$	0,96
Ne 24/1	18	$y=0,16x+3,448$	0,79
	22	$y=0,28x+3,568$	0,93
	26	$y=0,18x+5,02$	0,72
Ne 36/1	18	$y=0,176x+3,424$	0,84
	22	$y=0,252x+3,772$	0,88
	26	$y=0,34x+4,66$	0,98
Ne 50/1	18	$y=0,408x+3,984$	0,97
	22	$y=0,284x+4,916$	0,90
	26	$y=0,308x+5,46$	0,86

#### 4. SONUÇ

Farklı numaralarda polyester ve pamuk atkı iplikleriyle farklı çözgü gerginliklerinde ve farklı atkı sıklıklarında dokunan kumaşlarda yapılan çözgü ve atkı kıvrım ölçüm sonuçları, ham kumaşta çözgü ve atkı kıvrımının çözgü gerginliğinden bağımsız olmadığını göstermiştir. Gerek çözgü gerginliği-kıvrım eğrilerinden gerekse korelasyon katsayılarından (r2), artan çözgü gerginliğiyle ham kumaşta çözgü kıvrımının azaldığı, atkı kıvrımının ise arttığı görülmüştür. Buna göre, yüksek çözgü gerginliği altında dokunan kumaşlarda, yüksek çözgü gerginliği, kumaşa dahil olan çözgü miktarının azalmasına yol açmıştır. Böylece, yüksek çözgü gerginliği bir yandan çözgü ipliğinin kıvrım almasını engelleyerek çözgü kıvrımının düşmesine neden olurken diğer yandan da atkı ipliğini daha fazla kıvrım almaya zorlayarak ham kumaştaki atkı kıvrımının artmasına yol açmıştır. Çözgü gerginliğindeki değişim karşısında çözgü ve atkı kıvrımında meydana gelen bu değişimler, kumaşın uzunluğu, kumaşın eni ve diğer kumaş parametrelerini etkilemektedir. Bu nedenle, bir dokuma makinasının çözgü salma mekanizması dolu levenden boş levende kadar dokuma işleminin aynı çözgü gerginlik değerinde gerçekleştirilmesini sağlamalıdır. Aynı kumaşın farklı tezgahlarda dokunması sözkonusu ise bütün tezgahlardaki çözgü gerginliğinin aynı olmasına dikkat edilmelidir.

#### KAYNAKLAR

- ASTM standards specifications IS: ASTM D3883-04 (ASTM International, West Conshohocken, USA), (2004).
- Başer, G. A Mechanical Approach to the Determination of the Geometry of a Woven Fabric and to the Analysis of Subsequent Changes in This Geometry. Part I: A Theory for the Crimping of the Weft Yarn During Weaving. Journal of the Textile Institute, 80(4): 507-520. (1989).
- Başer, G. A Mechanical Approach to the Determination of the Geometry of a Woven Fabric and to the Analysis of Subsequent Changes in This Geometry. Part II: The Development of a Geometry of Plain-Woven Fabric in the Loomstate and a Theory of Weaving Contractions. Journal of the Textile Institute, 80(4): 521-535.(1989).
- Chahal, V. and H. Mohamed. Measuring Filling Yarn Tension and Its Influence on Fabrics Woven on Projectile Weaving Machine. Textile Research Journal, 56(5):324-333.(1986).
- Eren, R. An Integrated Electronic Control of Take-up and Let-off Motions in a Weaving Machine. Ph.D thesis, UMIST, Manchester. (1993).
- Eren, R. Feasibility of a Positive Warp Feed System in Weaving. Melliland Textilberichte, 79(4):234-237.(1998).
- Greenwood, K. Weaving: Control of Fabric Structure. Merrow Publishing. Co. Ltd, England. p.25-60. (1975).
- Hamilton, J.B. A General System of Woven Fabric Geometry. Journal of the Textile Institute, 55: 66-82. (1964).
- Kawabata, S., N. Masako and H.Kawai. The Finite Deformation Theory of Plane-Weave Fabrics. Part II: The Uniaxial-Deformation Theory. Journal of the Textile Institute, 64(2): 47-61.(1973).
- Kemp, A. An Extension of Pierce's Cloth Geometry to the Treatment of Non Circular Threads. Journal of the Textile Institute, Vol:49.T44. (1958).
- Leaf, G.A.V. and R.D. Anandjiwala. A Generalized Model of Plain Woven Fabrics. Textile Research Journal, 55:92-99.(1985).
- Olofsson, B. A General Model of a Fabric As a Geometric-Mechanical Structure. Journal of the Textile Institute, 55(11): 541-557.(1964).
- Peirce, F.T. Cloth Geometry. Journal of the Textile Institute, Vol:28(3). p 45-96. (1937).