



مطالعه رفتار لول خوردگی پارچه های حلقوی پودی یکروسیلندر با ساختمان های بافت متفاوت (تجربی و تئوری)

هدی امام جمعه^۱، سعید شیخ زاده نجار^{۲*}، علی اصغر اصغریان جدی^۳، محمدرضا بصیری^۴

چکیده

هدف پژوهش حاضر تجزیه و تحلیل رفتار لول خوردگی پارچه های حلقوی پودی یکروسیلندر می باشد. بدین منظور پارچه حلقوی پودی ۳۵٪ پنبه - ۷۵٪ پلی استر در سه طول حلقه و چهار طرح بافت متفاوت شامل بافتهای ساده، حصیری، فرد پرتی و بافت با نام تجاری جودون تولید گردید. رفتار لول خوردگی این پارچه ها پس از استراحت خشک به دو روش تئوری و تجربی مورد بررسی قرار گرفتند. پس از اندازه گیری پارامترهای اولیه پارچه و فاصله لول خوردگی، نیروی بازکردن لول خوردگی پارچه ها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش طول حلقه فاصله لول خوردگی و نیروی بازکردن لول خوردگی پارچه ها کاهش می یابد و همچنین مشخص گردید که بافت حصیری بیشترین لول خوردگی را در راستای ردیف و سپس بافتهای ساده، فرد پرتی در راستای رج به ترتیب بشتین لول خوردگی را دارند. کمترین میزان لول خوردگی مربوط به پارچه با بافت جودون است.

سپس به منظور استفاده از تئوری ضریب پواسون و مدول اولیه کششی نمونه ها اندازه گیری شد. بر اساس نتایج حاصل از مقایسات انجام شده، مشخص گردید نیروی بازکردن لول خوردگی به صورت تئوری نسبت به نیروی باز کردن تجربی ۶۲٪/۳/۷۸٪ و ۶٪/۶/۷۲٪- به ترتیب برای بافتهای حصیری، ساده و فرد پرتی اختلاف نشان می دهند.
کلمات کلیدی: لول خوردگی، حلقه، پارچه حلقوی، رج، ردیف.

Abstract

The aim of this study is analyzing of curling behaviour of single weft knitted fabrics. For doing this study, cotton / polyester (35/65) weft knitted fabrics were produced in four different structures including Plain, Plain Inlay, Fred Perty and Jodon with three different loop lengths. Curling behavior of these fabrics was studied theoretically and experimentally in the dry relaxation condition. After measuring physical properties and curling distance of fabrics, decurling force of fabrics was measured. The results indicate that with increase of loop length, curling distance and decurling force decrease. Thus, Plain Inlay structure has the most curling distance on wale direction among others fabric structures, while Jodon, Fred Perty and Plain knitted structures show the most curling distance in course direction, respectively.

In order to apply the theoretical method, initial modulus and Poisson's ratio were measured. The results also indicate that theoretically obtained decurling force compared with experimental values show 62%, 78.3% and 724.6% differences for Plain Inlay, Plain and Fred Perty knitted structures, respectively.

Key Words: Curling, loop, Knitting Fabric, Course, Wale.

۱. دانش آموخته و کارشناس ارشد نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲. دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران. مسئول مکاتبات: Saeed@aut.ac.ir

۳. دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

۴. گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران.

۱. مقدمه

لول خوردگی، لوله شدن و پیچیدن از واژه curl بدست آمده است، که در نساجی بمفهوم لوله شدن و یا پیچ خوردگی کنار پارچه بکار می رود. لول خوردگی لبه پارچه مسئله مهمی است که مخصوصاً در پارچه های حلقوی پودی با بافت ساده بعلت وجود گشتاورهای خمشی نخ غیر متعادل و ساختار سه بعدی پارچه اتفاق می افتد. لول خوردگی در لبه های بالایی و لبه های پائینی یک تکه از پارچه به سمت روی جلویی و لبه های راست و چپ پارچه به سمت روی پشت پارچه اتفاق می افتد. لول خوردگی می تواند مشکلاتی در حین تولید پوشاک از پارچه های حلقوی ساده ایجاد کند. برخی پیشنهادات برای غلبه بر مشکلات لول خوردگی لبه قبل از عملیات پوشاک ارائه شده است، این پیشنهادات شامل، (a) چسباندن کاغذ به پشت پارچه (b) (laying out) قراردادن ماده شیمیایی سنگین تر در هر دو طرف پارچه در حین عملیات عرض باز در تکمیل. (c) میخ کوب کردن بر روی میز پخش قبل از برش و غیره می باشد. علاوه بر مشکلات بالا، اثرات مثبت و مزایایی بوسیله لول خوردگی لبه بوجود می آید. بعنوان مثال، لول خوردگی لبه بالایی برای شکل دادن یقه پلیور که در زمان گذشته مد بود استفاده می شد.

به دلیل اهمیت لول خوردگی پارچه ها، محققین بسیاری به تحقیق در این خصوص پرداختند. تعدادی از محققان در بررسی جهت ارائه روابطی برای محاسبه خواص لول خوردگی از روش های مختلفی استفاده کردند، که در این میان محققینی جهت محاسبه خواص لول خوردگی از روش انرژی، قضیه کستیلیانو، مدل هندسی و مکانیکی استفاده نموده اند [۴]. در روابط تئوری ارائه شده خصوصیات مکانیکی نخ مانند قطر، ضریب اصطکاک، ضریب کشسانی نخ، فاکتور سفتی، نمره نخ و پارامترهای ساختمانی پارچه شامل مدول الاستیسیته، فاصله رج، فاصله ردیف، طول حلقه و ضریب پواسون لحاظ شده است [۲]. هنگامی که فاکتور سفتی و سختی خمشی نخ افزایش می یابند، مقادیر گشتاورها حول محور X و Y افزایش خواهند یافت. مقادیر گشتاورها در حدود محور X بیشتر از مقادیر گشتاورها در حدود محور Y است [۴]. یک مدل ساختمانی جهت لول خوردگی عرض پارچه ارائه شده است با این مدل به دست آمده هرگونه تغییراتی در شکل حلقه که بر اثر تغییر در میزان انحناء حاصل می گردد، قابل نشان دادن است. بر اساس این مدل، میزان انرژی پیچشی و خمشی مخصوصاً در نقاط وسط بازوی حلقه، در اثر لول خوردگی کاهش می یابد [۵]. با افزایش مدول الاستیسیته، ضریب سختی (k)، مدول برشی (G) و ممان اینرسی قطبی (J) افزایش یافته و جسم به حالت جسم صلب نزدیک تر می گردد. بنابراین نیرو و انرژی لازم جهت باز نمودن لول خوردگی افزایش می یابد [۷].

نتایج تجربی نشان می دهد که لول خوردگی بالا و پائین پارچه به سمت روی پارچه و لول خوردگی کنار پارچه به سمت پشت آن صورت می گیرد [۶]. با افزایش تعداد نبافت در ساختمان بافت نمونه پارچه ها، میزان لول خوردگی لبه های آن ها کاهش می یابد و همچنین با افزایش درصد الیاف پلی استر موجود در ساختمان نمونه پارچه ها نیز میزان لول خوردگی لبه های آن ها

کاهش می‌یابد [۳].

با یک روش جدید برای مطالعه رفتار لول خوردگی لبه پارچه‌های حلقوی پودی یکرو سیلندر، منحنی تغییرات نیرو- باز شدن لول خوردگی، نسبت به فاصله یا میزان لول خوردگی بدست آمد و نشان داد شد که با افزایش طول حلقه، خواص باز کردن لول خوردگی کاهش می‌یابد [۷].

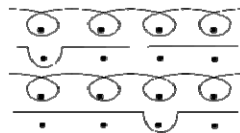
هدف از انجام این تحقیق، مطالعه تاثیر پارامترهایی چون طول حلقه و نوع بافت بر فاصله لول خوردگی، نیروی باز شدن لول خوردگی و نیز بررسی تطابق مدل‌های تئوری ارائه شده با نتایج بدست آمده تجربی، می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

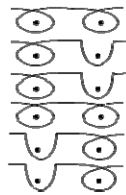
جهت بررسی خواص لول خوردگی پارچه‌های حلقوی پودی یکروسیلندر، ۴ طرح بافت مختلف شامل بافت ساده (Plain)، بافت حصیری (Plain-inlay)، بافت فرد پرتی (Fred Perty) و بافت با نام تجاری جودون که متشکل از بافت و نیم بافت است، هر کدام در ۳ طول حلقه بر روی ماشین گردباف یکروسیلندر (Mayer & Cie) بافته شد، در مجموع ۱۲ نمونه پارچه تولید گردید. چهار طرح بافت مختلف در شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ آمده است.



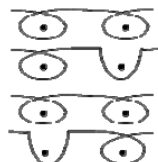
شکل ۱. ساختمان بافت پارچه با بافت ساده (Plain)



شکل ۲. ساختمان بافت پارچه با بافت حصیری (Plain Inlay)



شکل ۳. ساختمان بافت پارچه با بافت جودون



شکل ۴. ساختمان بافت پارچه با بافت فرد پرتی (Fred Perty)

پارامترهای ساختمانی پارچه و نخ مطابق با استانداردهای موجود اندازه‌گیری شد، که در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی پارچه های مورد استفاده

کد نمونه	طول نخ مصرفی (mm)	وزن در واحد سطح (g/m ²)	تراکم رج (c.p.c)	تراکم ردیف (w.p.c)	تراکم بافت (s.d)	ضخامت (mm)
PL	۴/۷۸۵ (۰/۲۱)	۱۰۲ (۷/۶۵۱)	۱۱/۶۶ (۱/۵)	۹/۹۲ (۷/۹)	۱۱۵/۶۶۷ (۳/۱)	۰/۴۹۷ (۰/۰۰۶۷)
PM	۳/۹۷۸ (۰/۸۲)	۱۰۵/۲۷۲ (۲/۳۰۹)	۱۱/۵۸۶ (۳/۵)	۱۰/۰۶۶ (۷)	۱۱۶/۶۲۵ (۴/۷)	۰/۴۹۴ (۰/۰۰۵۲)
PS	۲/۶۷۲ (۰/۶۶)	۱۳۰/۱۳۶ (۴/۰۲۸)	۱۶/۱۲ (۵/۹)	۱۱/۹۷۳ (۴)	۱۹۳/۰۰۵ (۷/۲)	۰/۵۲ (۰/۰۰۶۷)
PIL	۴۶/۸۶ (۰/۵۱)	۱۲۵/۰۳۴ (۲/۳۷۸)	۱۱/۵۸۶ (۲/۱)	۹/۰۴ (۳/۸)	۱۰۴/۷۳۷ (۲/۳)	۰/۶۲ (۰/۰۲۹۴)
PIM	۴۵/۵۲ (۰/۵۵)	۱۲۵/۸۱۸ (۱/۳۶۶)	۱۱/۶ (۵)	۹/۶۱۳ (۱)	۱۱۱/۵۱۱ (۶/۶)	۰/۶۳۲ (۰/۰۲۷۸)
PIS	۴۲/۷۶ (۰/۳۷)	۱۲۹/۵۸ (۲/۹۹۳)	۱۱/۷۳ (۳/۸)	۹/۹۶ (۵/۹)	۱۱۶/۸۳۱ (۲/۴)	۰/۶۲۶ (۰/۰۱۷۸)
FPL	۲۵/۷۴ (۰/۸۳)	۱۲۸/۰۲ (۱/۳۷۱)	۱۴/۵۶ (۶/۵)	۹/۰۸ (۳/۵)	۱۳۲/۳۸۶ (۴)	۰/۶۷۸ (۰/۰۲۸۲)
FPM	۲۳/۳۱ (۲/۲۲)	۱۴۵/۳۸ (۱/۶۳۸)	۱۴/۶۴ (۷/۶)	۹/۸۱۳ (۳/۱)	۱۷۳/۱۰۱ (۱/۶)	۰/۷۰۸ (۰/۰۳۲۹)
FPS	۲۰/۸۹ (۱/۸۵)	۱۷۱/۸ (۱/۳۳۲)	۱۲/۵۷۳ (۸/۴)	۱۰/۲۵۳ (۱/۵)	۲۲۱/۱۸۸ (۴/۲)	۰/۷۱ (۰/۰۱۲۹)
JL	۳۹/۴۴ (۰/۶۶)	۱۴۵/۴۲ (۱/۸۴۱)	۱۶/۷۰۶ (۷/۱)	۸/۴۴ (۴)	۱۴۰/۹۹۹ (۱/۸)	۰/۸۰۷۲ (۰/۰۳۲۳)
JM	۳۶/۱۴ (۰/۵۳)	۱۶۶/۴۶ (۳/۲۳۶)	۱۳/۷۳۳ (۴/۶)	۹/۲۱۳ (۱/۶)	۱۲۶/۵۲۲ (۷/۱)	۰/۸۲ (۰/۰۲۶۷)
JS	۳۰/۵۳ (۰/۴۲)	۱۸۵/۶۳ (۱/۸۴۹)	۲۲/۷۷۳ (۶/۱)	۹/۸۱۳ (۶/۴)	۲۲۳/۲۷۱ (۷/۶)	۰/۸۲۸ (۰/۰۲۵۷)

* اعداد داخل پرانتز انحراف استاندارد هستند. P= پارچه Plain, PI= بافت Plain Inlay, FP= بافت Fred Perty, J= بافت جودون

L= طول حلقه بزرگ، M= طول حلقه متوسط، S= طول حلقه کوچک

برای اندازه گیری طول حلقه موثر (طول نخ مصرفی در ساختمان بافت پارچه)، با استفاده از روش نبتون محاسبه شده

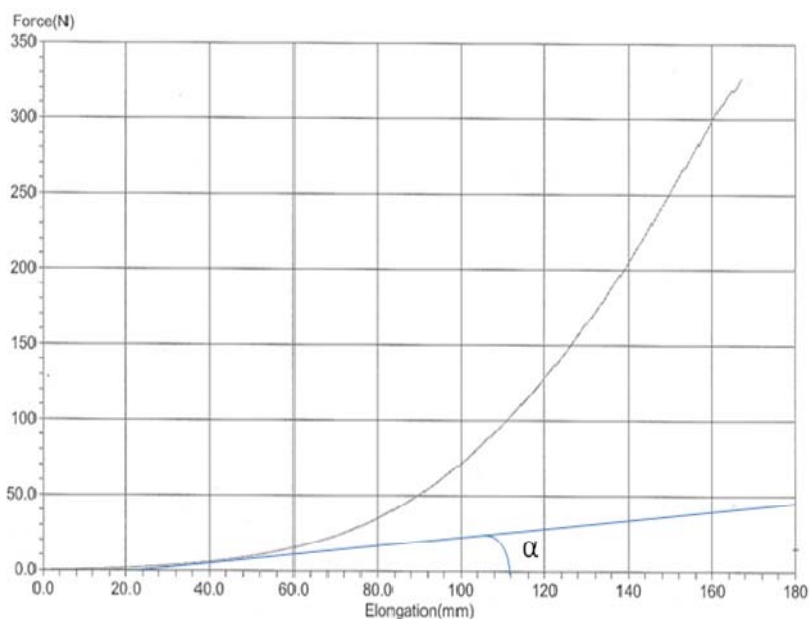
است. [۱۰]

جدول ۲. مشخصات فیزیکی نخ مورد استفاده

Elong. @ Break (mm)	Elong. @ Peak (mm)	Energy @ Break (N.m)	Energy @ Peak (N.m)	Load @ Break (N)	Load @ Peak (N)	Strain @ Break (%)	Strain @ Peak (%)	Initial Modulus (cN/Tex)	Tenacity (cN/Tex)	
۳۳/۴۷۵	۳۳/۴۷۵	۰/۰۴۵۶	۰/۰۴۵۶	۰/۷۲۳۹	۲/۲۹۴	۶/۶۸۲۷	۶/۶۸۲۷	۱۳۳/۶۹	۱۱/۲۹۲	Min
۳۹/۵۲۴	۳۹/۳۶۶	۰/۰۵۸۴	۰/۰۵۸۰	۲/۱۵۹۰	۲/۵۹۸	۷/۸۸۸۳	۷/۸۵۶۷	۱۷۶/۷۶	۱۲/۷۸۹	Mean
۴۴/۵۵۲	۴۴/۵۵۲	۰/۰۶۹۴	۰/۰۶۹۴	۲/۸۷۸۲	۲/۸۷۸	۸/۸۸۹۷	۸/۸۸۹۷	۲۵۸/۵۳	۱۴/۱۷۱	Max
۲/۷۸۵	۲/۷۹۹	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۴	۰/۶۳۰۴	۰/۱۴۰	۰/۵۵۴۲	۰/۵۵۶۹	۳۴/۳۷	۰/۶۸۸	S.D.

۳. اندازه گیری خواص مکانیکی پارچه

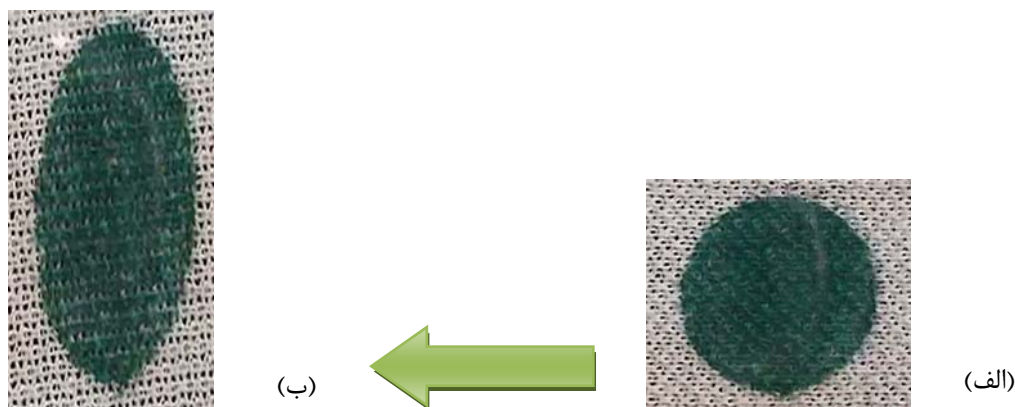
جهت اندازه گیری مدول الاستیسیته نمونه‌ها به ابعاد ۲۵×۵ سانتیمتر مربع در راستای رج و ردیف در بین دو فک دستگاه کشش (SDL Micro ۲۵۰) که بر اساس نرخ ثابت ازدیاد طول (C.R.E) کار می کند قرار داده شد. سرعت فک به گونه ای تنظیم شد که نمونه ها در زمان ۲۰ ± ۳ ثانیه گسیخته شوند. آزمایشها در جهت لول خوردگی پارچه انجام شد، به عبارتی برای پارچه با ساختمان بافت حصیری در جهت ردیف و برای ساختمان بافت ساده و فردپرتی در جهت رج انجام گرفت. و مطابق شکل ۵ با تعیین شیب اولیه این نمودارها، مدول الاستیسیته برحسب نیوتن بر میلی متر محاسبه گردید. از هر طول حلقه - ساختمان بافت ۵ بار آزمایش به عمل آمد. میانگین نتایج حاصل از این آزمایشها در جدول ۳ ارائه گردیده است.



شکل ۵. نمودار حاصل از آزمایش استحکام و نحوه محاسبه مدول اولیه پارچه

برای بدست آوردن مقدار ضریب پوآسون، نمونه‌هایی با ابعاد ۲۵×۵ سانتیمتر مربع مطابق شکل ۶ تهیه شد، و از آنجایی که این نمونه پارچه‌ها تمایل به لول خوردگی دارند، از یک شابلون برای بیرون آوردن نمونه‌ها استفاده گردید. برای جلوگیری از لول خوردگی کناره‌های پارچه، نمونه‌ها در یک قاب شفاف قرار داده شدند. سپس پارچه را در درون فک دستگاه استحکام سنج به گونه ای قرارداده شد که ۱۰×۵ سانتی متر مربع آن در بین دو فک دستگاه قرار گیرد و سرعت دستگاه را به مقدار ۵۰mm/min تنظیم شد، و پس از کالیبره کردن دستگاه، آزمایش انجام شد. در حین آزمون کشش، از سطح نمونه‌ها فیلمبرداری نموده و در فواصل ۵ ثانیه از آن عکس تهیه گردید. آزمایشات در جهت لول خوردگی پارچه انجام شد. به عبارتی برای پارچه با بافت حصیری در جهت ردیف و برای پارچه‌ها با بافتهای ساده و فردپرتی در جهت رج انجام گرفت. از هر طول حلقه-ساختمان بافت ۵ بار آزمایش به عمل آمد. میانگین نتایج حاصل از این آزمایشها در جدول ۳ ارائه گردیده است. تغییرات قطری دایره در اثر کشش اعمال شده در ناحیه خطی در نظر گرفته شد و آنالیز این تغییرات بوسیله پردازش تصویر صورت گرفت. سپس با توجه به تعریف ضریب پوآسون مطابق با رابطه ۱، تغییرات قطر دایره‌ای که به شکل بیضی در آمده است، بدست آمد:

$$(۱) \quad \text{ضریب پوآسون} = \frac{\text{تغییرات جانبی}}{\text{تغییرات شعری}}$$



شکل ۶. نمونه عکسهای تهیه شده از پارچه‌ها در حین انجام آزمایش جهت ضریب پوآسون پارچه

(الف) در ابتدای آزمایش، (ب) در انتهای آزمایش

جدول ۳. نتایج میانگین آزمایش های مدول الاستیسیته (N/mm) ضریب پواسون نمونه ها

کد نمونه	مدول الاستیسیته (N/mm)	ضریب پواسون
PL	۰/۰۱۵۲	۰/۲۹۸ (۰/۱۱)
PM	۰/۰۱۵۷	۰/۳۳۴ (۰/۱۰۷)
PS	۰/۰۲۷۸	۰/۳۹۶ (۰/۰۸۸)
PIL	۰/۰۴۵۶	۰/۶۳ (۰/۰۷۷)
PIM	۰/۰۵۳۶	۰/۶۴ (۰/۰۸۷)
PIS	۰/۰۸۳۷	۰/۶۸ (۰/۰۹۷)
FPL	۰/۰۳۵۵	۰/۳۷ (۰/۰۲)
FPM	۰/۰۷۰۸	۰/۴۴ (۰/۰۳)
FPS	۰/۱۱۱۱	۰/۴۷ (۰/۰۳)

*اعداد داخل پرانتز انحراف استاندارد هستند

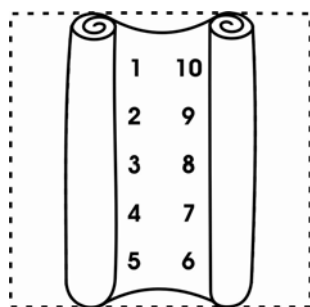
۴. اندازه گیری رفتار لول خوردگی نمونه ها

۴.۱. فاصله و قطر لول خوردگی

جهت اندازه گیری فاصله لول خوردگی، نمونه ها را به ابعاد $30\text{cm} \times 30\text{cm}$ بریده شد، و به مدت ۲۴ ساعت روی یک سطح صاف پهن شد، و پس از استراحت خشک هریک از نمونه را در جهتی که لول می خوردند (برای پارچه با بافت ساده و فرد پرتی در جهت رج و برای پارچه با بافت حصیری در جهت ردیف) در ۱۰ نقطه در هر طرف علامت گذاری شد (مطابق شکل ۷)، و فاصله لول خوردگی آنها تا لبه بر حسب سانتی متر اندازه گیری شد. این عمل برای هر نمونه ۵ بار تکرار گردید و در مجموع ۵۰ عدد برای هر نمونه پارچه بدست آمد. به منظور از بین بردن تاثیر ابعاد پارچه در فاصله لول خوردگی، مطابق رابطه ۲، درصد فاصله لول خوردگی محاسبه شد. میانگین اعداد بدست آمده را در جدول ۴ مشاهده می نمائید. از آزمایشات انجام شده مشخص گردید که با افزایش طول حلقه، درصد فاصله لول خوردگی در تمامی ساختمان بافتها کاهش یافته و

پارچه با بافت حصیری بیشترین میزان لول خوردگی را در جهت ردیف و پارچه با بافت ساده بیشترین میزان لول خوردگی را در جهت رج و پس از آن بافت فردپرتی و در نهایت بافت جودون کمترین میزان لول خوردگی را دارند.

$$(۲) \quad \text{درصد فاصله لول خوردگی} = \frac{\text{فاصله لول خوردگی نمونه}}{\text{طول نمونه}} \times 100$$



شکل ۷. نحوه علامتگذاری نمونه پارچه ها

در فرآیند لول خوردگی پارچه ها، لایه های پارچه با فاصله از یکدیگر قرار گرفته و مابین لایه ها فاصله ای ایجاد می گردد. به همین منظور قطر لول خوردگی به صورت تجربی اندازه گیری گردید. جهت اندازه گیری قطر لول خوردگی، نمونه ها را به ابعاد ۳۰cm×۳۰cm بریده شد، و پس از استراحت خشک به مدت ۲۴ ساعت، نمونه ها روی سطح صاف پهن شد و پس از لول خوردن نمونه ها، قطر لول خوردگی بوسیله خط کش در ۱۰ نقطه اندازه گیری گردید. (مطابق شکل ۷). این عمل برای هر نمونه ۵ بار تکرار گردید و در مجموع ۵۰ عدد برای هر نمونه پارچه بدست آمد. میانگین نتایج بدست آمده در جدول ۴ آمده است.

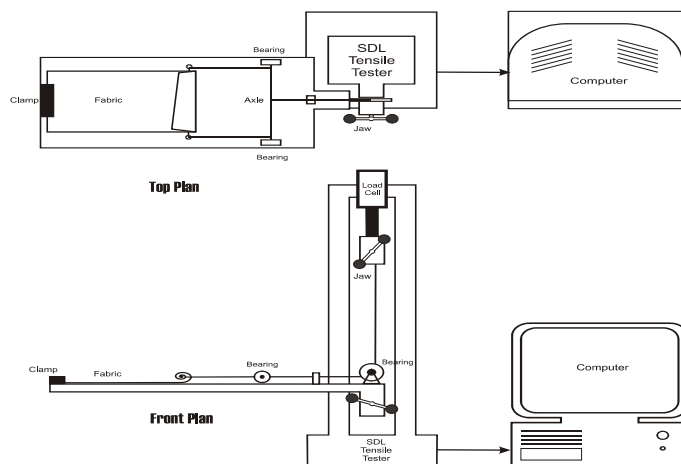
جدول ۴. میانگین درصد فاصله لول خوردگی و قطر لول خوردگی نمونه پارچه ها

کد نمونه	درصد فاصله لول خوردگی	قطر لول خوردگی (mm)	جهت لول خوردگی
PL انحراف استاندارد	۱۹/۲	۱/۵	رج
	۱/۵	۱/۴۸	ردیف
PM انحراف استاندارد	۲۱/۷	۳/۶	رج
	۳/۶	۰/۹۳	ردیف
PS انحراف استاندارد	۳۸/۴	۳/۵	رج
	۳/۵	۱/۰۱	ردیف
PIL انحراف استاندارد	۲۳/۷	۲/۲	ردیف
	۲/۲	۱/۱۴	رج
PIM	۲۸	۳	ردیف

	۰/۹۴	۳	انحراف استاندارد
	۳/۷	۳۳	PIS
ردیف	۰/۷۶	۳/۷	انحراف استاندارد
	۱/۲	۹/۵	FPL
رج	۱/۰۷	۱/۲	انحراف استاندارد
	۱/۸	۱۶/۵	FPM
رج	۱/۰۸	۱/۸	انحراف استاندارد
	۱/۴	۲۰	FPS
رج	۰/۸۳	۱/۴	انحراف استاندارد
	.	.	JL
رج-ردیف	.	.	انحراف استاندارد
	.	.	JM
رج-ردیف	.	.	انحراف استاندارد
	.	.	JS
رج-ردیف	.	.	انحراف استاندارد

۲،۴. نیروی بازکردن لول خوردگی

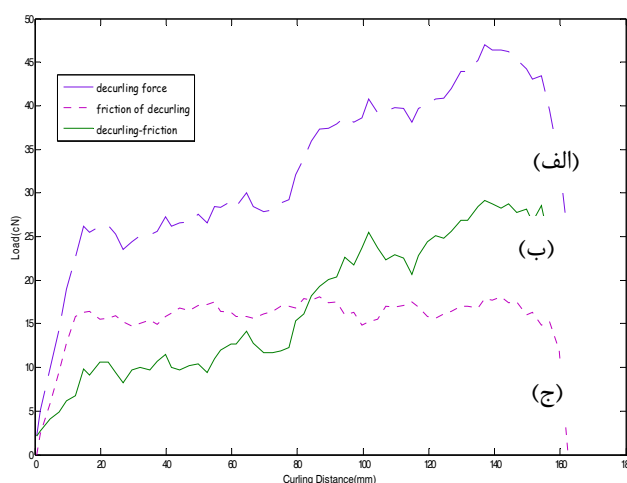
در این قسمت مطابق با روش بصیری و با استفاده از دستگاه طراحی شده توسط ایشان [۴]، (شکل ۸) نیروی باز شدن لول خوردگی، نسبت به فاصله لول خوردگی اندازه گیری شد. قبل از شروع آزمایشها، اصلاحاتی برای کاهش خطا بر روی دستگاه صورت گرفت. ابتدا بلبرینگ دستگاه به علت داشتن نوساناتی در حرکت آن، تعویض گردید. و از روغن برای کاهش اصطکاک بلبرینگها استفاده گردید. و نخ آن با یک نخ غیر کشسان تعویض شد. سپس دستگاه طراحی شده توسط بصیری و همکارانش [۴]، ا بر روی دستگاه اندازه گیری کشش (Elima) متصل شد و برای اطمینان از صاف و افقی بودن آن بر روی دستگاه با یک تراز تنظیم شد.



شکل ۸. دستگاه اندازه گیری نیروی بازکردن لول خوردگی [۲]

برای آزمایش، نمونه ها را به ابعاد $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ بریده و برای استراحت خشک به مدت ۲۴ ساعت بر روی سطح صاف پهن کرده و سپس از هر نمونه ۵ مرتبه آزمایش به عمل آمد. به این ترتیب که نمونه را بر روی صفحه پلاستیکی صاف پهن کرده و انتهای آن با گیره ثابت گردید و سپس میله نازک عقبی دستگاه، پشت لول خوردگی قرار داده شد، سرعت دستگاه را بر روی 50 mm/min تنظیم شد و کلید شروع دستگاه زده شد. به این ترتیب نمودارهای باز کردن لول خوردگی بدست آمد. در ابتدای آزمایشات به دلیل اینکه میله ی بازکننده لول خوردگی در انتهای حرکت از روی لول حرکت می کرد و نمی توانست لول خوردگی آن را باز کند، از وزنه هایی برای سنگین کردن میله مذکور استفاده گردید. البته وزن این وزنه ها به صورت تجربی برای پارچه های مختلف بدست آمد، وزنه های استفاده شده برای پارچه با بافت ساده، ۱۰ گرم، برای پارچه با بافت حصیری ۲۰ گرم، و برای پارچه با بافت فرد پرتی نیازی به اضافه کردن وزنه نبود. نتایج بدست آمده از نیروی باز کردن لول خوردگی در جدول ۵ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می شود، با افزایش طول حلقه نیروی باز کردن لول خوردگی کاهش می یابد و پارچه با بافت حصیری بیشترین میزان نیروی باز کردن لول خوردگی و پارچه با بافت جودون کمترین میزان نیروی باز کردن لول خوردگی را دارد.

برای اندازه گیری اصطکاک بین دستگاه و پارچه در حین باز کردن لول خوردگی، پارچه را صاف و بدون لول خوردگی بر روی صفحه پهن کرده و نمودار و نیروی حاصل از حرکت میله بر روی پارچه را بدست آمد. در نهایت نیروی واقعی باز کردن لول خوردگی، از کم کردن نیروی اصطکاک از باز کردن لول خوردگی حاصل گردید. سپس برای تحلیل نتایج، نمودارها را با استفاده از دستور MOVAVG(۵/۵) در نرم افزار MATLAB، Smooth گردیدند. نمونه ای از نمودارهای بدست آمده را در شکل ۹ آمده است.



شکل ۹. نمودار Smooth شده (الف) منحنی نیروی باز کردن لول خوردگی (ب) منحنی نیروی اصطکاک باز کردن لول خوردگی

(ج) منحنی حاصل از کم کردن نیروی باز کردن لول خوردگی از اصطکاک آن

جدول ۵. نتایج آزمایش نیروی بازکردن لول خوردگی

نیروی بازکردن لول خوردگی منهای	نیروی بازکردن لول خوردگی (cN)	کد نمونه
۴/۹۸	۳۶/۷۵۶	PL
۲/۵	۳/۹۳	انحراف استاندارد
۷/۰۶	۴۱/۴۲	PM
۳/۲	۳/۶۲	انحراف استاندارد
۱۶/۹۲	۴۲/۷۷۸	PS
۷/۶	۵/۳۱	انحراف استاندارد
۳۳/۹۶	۵۰/۱۷۴	PIL
۷/۴	۴/۰۲	انحراف استاندارد
۳۵/۵۲	۵۱/۶۹	PIM
۹/۷	۷/۶۳	انحراف استاندارد
۳۷/۹۱	۵۶/۱۶۲	PIS
۱۲/۲	۹/۱۶	انحراف استاندارد
۲/۱۰	۱۶/۶۹	FPL
۰.۵	۲/۶۸	انحراف استاندارد
۳/۴۰	۱۸/۵۷	FPM
۰.۷۳	۲/۹۱	انحراف استاندارد
۱۰/۸۸	۲۶/۷۳	FPS
۳/۴	۳/۹۳	انحراف استاندارد

۵. محاسبه نیروی بازکردن لول خوردگی بر اساس تئوری [۷]

جهت محاسبه مقادیر نیروی بازکردن لول خوردگی بصورت تئوری از رابطه (۳) برای پارچه های حلقوی پودی

ساده [۷] استفاده شد.

$$F = -\frac{X}{\sin(\beta X)} * \frac{E}{1 - \nu^2} \beta^2 \sin(\beta x) + \frac{k}{(r\gamma)^2} x \quad (3)$$

$$\beta = (2m - 1) \frac{\pi}{2X}$$

$$K = \frac{GJ}{X}$$

$$G = \frac{E}{2(n+1)}$$

$$r = (n-1) * t$$

در این رابطه F: نیروی بازکردن لول خوردگی، X: فاصله لول خوردگی، E: مدول الاستیسیته، v: ضریب پواسون، m+1: تعداد لایه های لول خوردگی پارچه، r: شعاع لول خوردگی، G: مدول برشی، J: ممان اینرسی قطبی، K: ضریب سختی پارچه است.

به دلیل حجم زیاد عملیات از نرم افزار مطلب برای MATLAB 7.5 برای انجام محاسبات با توجه به رابطه (۱) استفاده گردید. کلیه اطلاعات لازم برای انجام محاسبات در جدول های (۱)، (۳) و (۴) آمده است.

۶. نتایج و مباحث

۶.۱. اثر طول حلقه و ساختمان بافت بر رفتار لول خوردگی پارچه

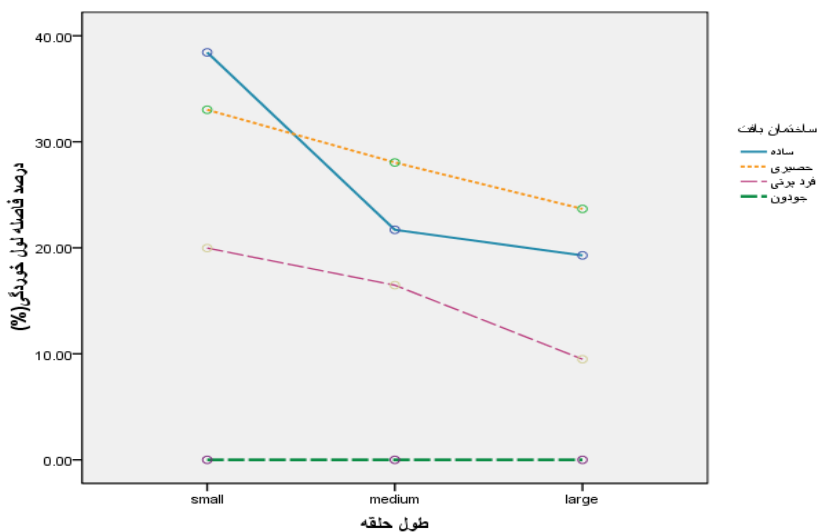
جهت انجام تجزیه و تحلیل آماری نتایج بدست آمده از آزمایش های مختلف از نرم افزار (spss۱۶) استفاده شد. پس از احراز نرمال بودن توزیع آنها، نتایج آزمایشات با بکارگیری روش ANOVA و آزمون Duncan در سطح اطمینان آزمایشات ۹۵٪ و در نتیجه درجه اهمیت ۰/۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. خلاصه نتایج آزمون ANOVA در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶. مقادیر سطح معنی داری و تاثیر ساختمان بافت و طول حلقه بر رفتار لول خوردگی پارچه

سطح معنی دار بودن		تیمارها
نیروی بازکردن لول خوردگی	فاصله لول خوردگی	
۰/۰۱۵	۰/۰۰	طول حلقه
۰/۰۰۰	۰/۰۰	ساختمان بافت
		اثر متقابل طول حلقه و
۰/۵۶۴	۰/۰۰	ساختمان بافت

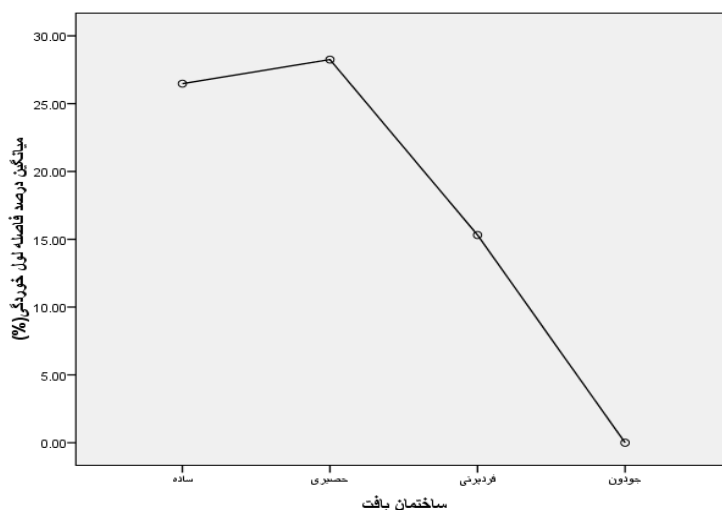
با توجه به جدول ۶ طول حلقه و ساختمان بافت بر درصد فاصله لول خوردگی و همچنین نیروی بازکردن لول خوردگی موثر می باشد. اثر متقابل طول حلقه و ساختمان بافت بر فاصله لول خوردگی موثر می باشد، حال آنکه بر نیروی بازکردن لول

خوردگی موثر نمی باشد. شکل ۹، درصد فاصله لول خوردگی را برحسب طول حلقه برای چهار ساختمان بافت مختلف نشان می دهد.



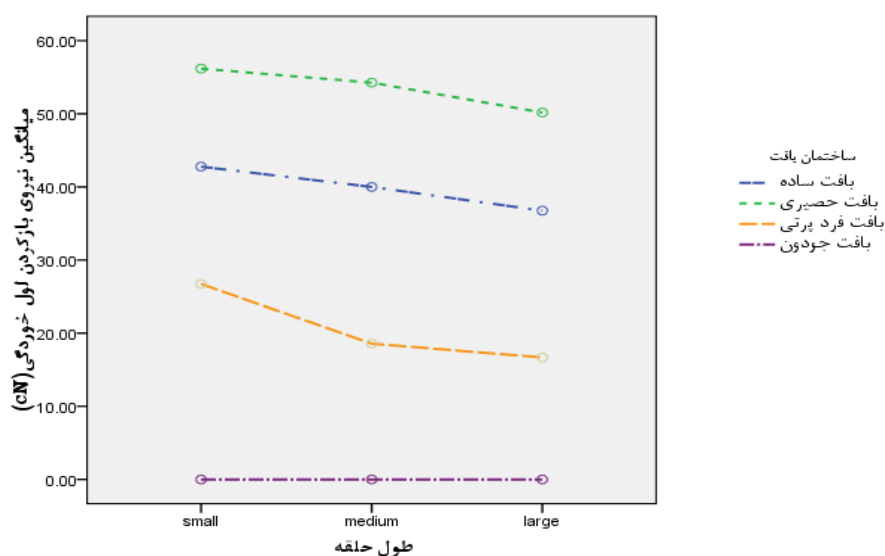
شکل ۹. نمودار تاثیر ساختمان بافت و طول حلقه بر درصد فاصله لول خوردگی

از آنجا که مهم ترین فاکتور در تعیین خواص فیزیکی پارچه های حلقوی پودی طول حلقه می باشد، در این آزمایش ها با کاهش طول حلقه تعداد حلقه ها در واحد سطح افزایش پیدا می کند، یا به عبارتی تراکم حلقه ها زیاد گشته و بنابراین عوامل مربوط به حلقه از جمله گشتاور های ایجاد شده، که لول خوردگی را موجب می گردد افزایش می یابد و باعث زیاد شدن میزان لول خوردگی می شود. اما این افزایش بستگی به نوع ساختمان بافت پارچه دارد. بیشترین میزان لول خوردگی را پارچه با بافت ساده با کوتاه ترین طول حلقه و کمترین لول خوردگی را پارچه با بافت جودون دارد.



شکل ۱۰. تاثیر ساختمان بافت بر میانگین درصد فاصله لول خوردگی

با توجه به شکل ۱۰ بافت حصیری بیشترین میانگین درصد فاصله لول خوردگی را دارا می باشد. البته این لول خوردگی در جهت ردیف و به سمت روی پارچه بوده و این پارچه در جهت رج لول خوردگی ندارد. پس از آن در بافت ساده که در آن همه سوزنها عمل بافت را انجام می دهند، بیشترین میانگین درصد فاصله لول خوردگی در جهت رج و به سمت پشت پارچه را دارد. بعد از آن بافت فرد پرتی که دارای تعداد نیم بافت کمتر و در انتها بافت جودون که بیشترین تعداد نیم بافت را دارد، دارای کمترین درصد فاصله لول خوردگی در جهت رج را دارا می باشد.



شکل ۱۱. تاثیر طول حلقه و ساختمان بافت بر نیروی بازگشت لول خوردگی

در شکل ۱۱، نمودار طول حلقه را بر نیروی بازگشت لول خوردگی و برای چهار ساختمان بافت متفاوت نشان می دهد. با بررسی روند این نمودارها مشخص می شود که با افزایش طول حلقه، نیروی بازگشت لول خوردگی کاهش می یابد. این روند در تمامی ساختمان بافتها به استثناء بافت جودون مشاهده می شود. در هر حال همانطور که قبلاً بحث شد، پارچه با بافت جودون، لول خوردگی از خود نشان نمی دهد. به عبارتی با افزایش طول حلقه، فاکتور سفتی کاهش می یابد و در نتیجه نیروی کمتری برای بازگشت لول خوردگی لازم است.

۷. مقایسه نتایج تئوری نیروی بازکردن لول خوردگی در دو حالت تئوری و تجربی

در این بخش نتایج حاصل از تئوری با نتایج حاصل از مقادیر تجربی با یکدیگر مقایسه گردید. برای اندازه گیری میزان خطای موجود مابین مقادیر تئوری و تجربی از رابطه (۴) استفاده گردید. و نتایج حاصل در جدول (۶) آمده است.

$$\text{درصد خطا} = \frac{\text{مقدار تئوری} - \text{مقدار تجربی}}{\text{مقدار تجربی}} \times 100 \quad (4)$$

جدول ۶. مقایسه نتایج محاسبه نیروی بازکردن لول خوردگی و مقادیر تجربی بدست آمده

کد نمونه	نیروی تئوری (N)	نیروی تجربی (N)	درصد خطا
PL	۰/۰۱۶۱	۰/۳۶۷۶	٪۹۷
PM	۰/۰۱۱۱	۰/۴۰۰۰	٪۹۸
PS	۰/۰۲۴۶	۰/۴۲۷۸	٪۹۵
PIL	۰/۰۳۵۹	۰/۵۰۱۷	٪۹۵
PIM	۰/۰۵۲۱	۰/۵۴۲۶	٪۹۳
PIS	۰/۰۸۲۱	۰/۵۶۱۸	٪۹۰
FPL	۰/۰۴۴۰	۰/۱۶۶۹	٪۸۷
FPM	۰/۰۱۶۹	۰/۱۸۵۷	٪۷۴
FPS	۰/۳۷۸۴	۰/۲۶۷۳	-٪۲۹

سپس نتایج با قرار دادن قطر تجربی بدست آمده و سایر پارامترها در تئوری ارائه شده و مقایسه آن با مقادیر تجربی

بدست آمده باردیگر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده در جدول (۷) نشان داده شده اند.

جدول ۷- مقایسه نتایج بدست آمده با قراردادن مقادیر قطر تجربی در تئوری و نیروی تجربی

کد نمونه	نیروی تئوری (N)	نیروی تجربی (N)	درصد اختلاف نیرو
PL	۰/۰۹۷۸	۰/۳۶۷۶	٪۷۳
PM	۰/۰۵۱۷	۰/۴۰۰۰	٪۸۷
PS	۰/۱۰۷۹	۰/۴۲۷۸	٪۷۵
PIL	۰/۱۶۵۴	۰/۵۰۱۷	٪۶۸
PIM	۰/۲۰۵۹	۰/۵۴۲۶	٪۶۶
PIS	۰/۳۲۰۹	۰/۵۶۱۸	٪۵۲
FPL	۰/۳۷۳۳	۰/۱۶۶۹	-٪۱۲۰
FPM	۰/۶۵۷۳	۰/۱۸۵۷	-٪۷۶۳
FPS	۰/۹۴۰۷	۰/۲۶۷۳	-٪۱۲۹۱

در مقایسه بدست آمده مشخص گردید که نیروی بدست آمده از این طریق تطابق بهتری با تئوری ارائه شده برای پارچه هایی با بافت ساده و بافت حصیری نشان می دهد حال آنکه برای پارچه با بافت جودون به علت داشت قطر لول خوردگی زیاد و متراکم نبودن لول خوردگی و فاصله خالی زیاد بین لایه های لول خوردگی تطابق خوبی را نشان نمی دهد. و درصد خطای زیادی را نشان می دهد.

۸. نتیجه گیری

در این تحقیق تأثیر طول حلقه و ساختمان بافت پارچه بر روی مقدار لول خوردگی، و همچنین نیروی باز شدن لول خوردگی پارچه های حلقوی یکروسیلندر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. بررسی نتایج بدست آمده نشان داد که هر دو عامل، تأثیر مشهودی بر میزان لول خوردگی و همچنین نیروی باز شدن لول خوردگی پارچه های حلقوی پودی یکروسیلندر دارند، اما تأثیر ساختمان بافت پارچه نسبت به طول حلقه، روی این پدیده بیشتر می باشد.

- میزان لول خوردگی دو لبه کناری پارچه های با بافت ساده و فرد پرتی، بسمت پشت فنی آن بسیار بیشتر از میزان لول خوردگی دو لبه بالایی و پایینی پارچه بسمت روی فنی آن می باشد. حال آنکه برای پارچه حصیری میزان لول خوردگی بالا و پائین آن به سمت روی فنی پارچه بسیار بیشتر از دو لبه کناری آن است.

- نتایج آزمایشات در خصوص تأثیر ساختمان بافت بر میزان لول خوردگی پارچه‌های حلقوی پودی یکروسیلندر نشان می‌دهند که با افزایش نیم بافت در ساختمان بافت پارچه، میزان لول خوردگی لبه‌های کناری این پارچه‌ها کاهش می‌یابد.
- نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با کاهش طول حلقه، میزان لول خوردگی افزایش می‌یابد.
- بیشترین مقدار نیروی باز شدن لول خوردگی مربوط به نمونه‌هایی با طول حلقه کم بیشتر بوده و یا به عبارتی هر چه میزان لول خوردگی در نمونه‌ها بیشتر شده، نیروی باز نمودن لول خوردگی نیز افزایش یافته است.
- نیروی باز کردن لول خوردگی به صورت تئوری نسبت به نیروی باز کردن تجربی $۰/۶۲$ ، $۰/۷۸$ و $۰/۷۲۴$ به ترتیب برای بافتهای حصیری، ساده و فرد پرتی اختلاف نشان می‌دهند. بطوریکه بافت حصیری کمترین درصد خطا و بافت فردپرتی بیشترین درصد خطا را نشان می‌دهد.
- برای اصلاح تئوری ارائه شده، قطر لول خوردگی به صورت تجربی دوباره اندازه گیری شد. با این فرآیند تطابق بهتری بین نیروی تجربی بدست آمده و نیروی تئوری محاسبه شده با استفاده از قطر تجربی، برای پارچه‌هایی با بافت ساده و حصیری حاصل شد حال آنکه برای پارچه فردپرتی نتایج با اختلاف بسیار زیادی بدست آمد.

۹. منابع

- [1] D.Spenser., "Mechanism of weft knitting"., published by Amir Kabir University., Vol.68., 1379.
- [2] M.R.Basiri., PhD Thesis., " Research and modeling of curling behavior of single-jersey weft knitted fabrics "., Science and Research university., 1387.
- [3] S.B. Mansori, BS.c Thesis., "Studying the effect of fiber blend percentage and fabric structure on the curling behavior of weft knitted fabrics"., Science and Research university., 1387.
- [4] N.Ucar., J. Text. Eng., Vol.46. pp.109 – 117.,2000
- [5] A.Kurbak , O.Ekmen., Textile Research Journal., Vol.78(3)., pp.198-207., 2008.
- [6] N. Ucar., J .Text .Eng, Vol.46., pp.118 – 122.,2000.
- [7] M.Basiri, S.Sheikhzadeh Najar, M.E.Yazdan-Shenas, M.M.Najafizadeh., J.T.I., 2008.
- [8] R.j.Hamilton, R.Pastel., Text. Res. J., Vol.44., pp.336 – 343.,1974.

[9] A.Schonholze., U.S.Patent .,Vol. 2.,pp.215-938.,1940.

[10] J.J.F. Knapton., Textile research journal., Vol.39(9)., pp.889-892.,1969.