مجله علوم و فناوری نساجی
سال پنجم، شماره ۳، شماره پیاپی ۱۶
صفحه ۱۷-۹، ۱۳۹۴
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

مروری بر بررسی رفتار کاسه‌ای‌شدن منسوجات براساس پارامترهای ساختاری پارچه

An Overview of Textile Bagging Behavior Based on Fabric Structural Parameters

زهرا عباسی، پدرام پیوندی*، رستم نمیرانیان

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

چکیده

کاسه‌ای‌شدن، تغییرشکل سه‌بعدی پایدار در پوشاک مصرف شده است که زیبایی لباس و نیز کارایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دلیل وقوع این پدیده، به پارامترهای پارچه، نخ و به‌طور جزئی‌تر به الیاف تشکیل‌دهنده آن مرتبط می‌شود. بررسی رفتار کاسه‌ای‌شدن و اندازه‌گیری آن از مهم‌ترین مراحل تولید و مصرف منسوج است. پژوهش حاضر مروری بر روش‌های اندازه‌گیری کاسه‌ای‌شدن پارچه را ارائه می‌دهد و به دلیل نقش اساسی ساختار پارچه در این پدیده فیزیکی، پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاسه‌ای‌شدن پارچه با توجه به ساختار پارچه (حلقوی-تاری پودی-بی بافت) مورد توجه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی
رفتار کاسه‌ای‌شدن،
ساختار منسوج،
تغییرشکل منسوج

مقدمه

کاربرد روزافزون انواع پارچه‌ها در مصارف پوشاک و صنعت باعث شد که بررسی استحکام و مقاومت کاسه‌ای‌شدن از اهمیت بسیاری برخوردار شود. کاسه‌ای‌شدن تغییرشکل سه‌بعدی پارچه در اثر نیروی خارجی است. مسئله کاسه‌ای‌شدن منسوج به دلیل اینکه هنگام مصرف در اکثر مواقع منسوج در معرض اعمال نیروی فشاری و کاسه‌ای‌شدن قرار می‌گیرد، از مهم‌ترین مسائل در حوزه تولید و مصرف منسوجات است که در بعضی مواقع این تغییرشکل لازم است و اما گاهی آسایش مصرف‌کننده را مختل می‌کند[۱]. به همین علت بررسی رفتار تغییرشکل منسوج حین قرارگیری در معرض اعمال نیرو، اندازه‌گیری نیروی لازم برای ایجاد تغییرشکل کاسه‌ای آن، مقدار ماندگاری تغییرشکل در آن و پیش‌بینی مقدار کاسه‌ای‌شدن پارچه در شرایط مختلف حائز اهمیت است. از این‌رو، پژوهش‌های زیادی در این زمینه توسط پژوهشگران انجام شده است. برای پیشبرد و تکمیل این بحث لازم است، ابتدا پژوهش‌های پیشین مرور شود.

شرح مسئله

پارچه‌ها با کاربردهایی نظیر پوشاک، منسوجات فنی یا پزشکی، در طول استفاده در زندگی روزمره در

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: peivandi@yazd.ac.ir

شکل۱- لباس تحت تغییرشکل کاسه‌ای‌شدن [۹].

معرض نیروهای مختلف قـرار می‌گیرند. در برخی از موارد، به‌کمک عوامل مانع از بازگشـت‌پذیری، پارچه نمی‌تواند به شکل اصلی خود بازگردد. در نتیجه، تغییرشـکل دائمی یا پلاسـتیکی در پارچه رخ می‌دهد. معمولاً بدن انسان دارای دامنه حرکتی مشخصی است. حتی در موقعیت نشسته، زانوها، زاویه خم‌شدن خود را به‌طور متناوب بین زاویه‌هـای ۸۰ تا ۱۲۰ درجه تغییر می‌دهند. پوسـت روی زانو، باید تا ٪۵۰ قابلیت کشیدگی داشته باشـد تا بتواند حرکت‌های خمشی وکششی بدن را به‌طور مناسب انجام دهد (شکل۱). به هرحال بیشتر لباس‌ها از انبسـاط و کشیدگی اعضای مختلف بدن پیروی می‌کنند که این کار با سـرخوردن پارچه روی پوسـت یا کشـیدگی پارچه امکان‌پذیر است [۱].

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاسه‌ای‌شدن پارچه

مهم‌تریـن پارامترهایی که بر رفتار و اسـتحکام کاسه‌ای‌شـدن اثر می‌گذارد، عبارت‌اند از:

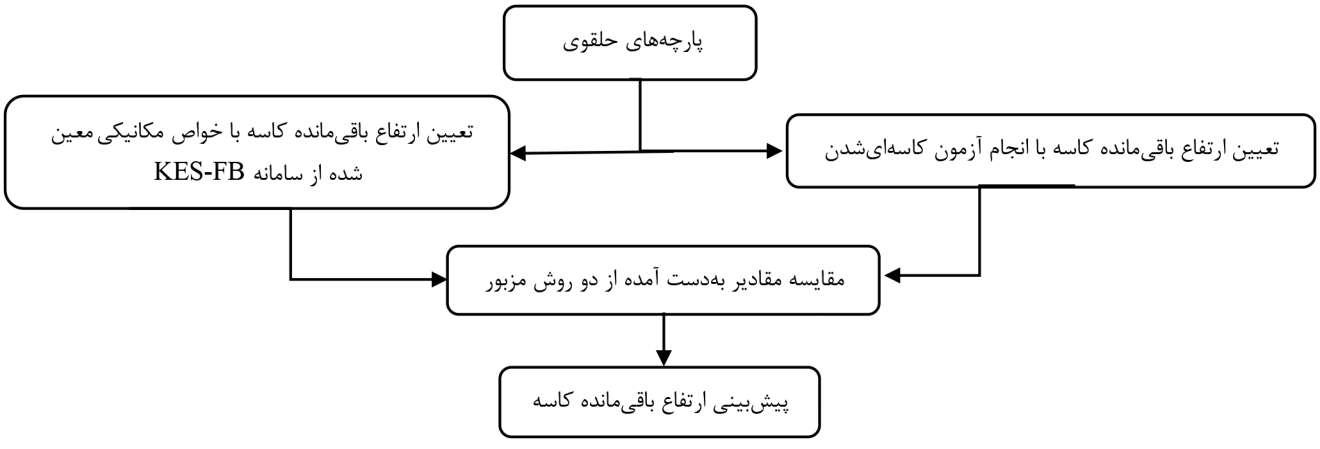
اسـتحکام الیاف، نخ مصرفی و استحکام پارگی پارچه، اصطکاک بین الیاف مصرفی و نمونه پارچه و توپ فولادی فشارنده برای ایجاد کاسه (پارامتر ماشـین اندازه‌گیری)، ازدیاد طول نخ، ازدیاد طول تا پارگی پارچه، سـاختار پارچه (حلقوی، تاری پودی و بی‌بافت)، الگوی بافت، تراکم تار و پود و تعداد رج و ردیف در سـانتی‌متر، طول حلقه پارچه حلقوی، ضخامت و تراکم سـوزن‌زنی در پارچه‌های بی‌بافت. ساختار پارچه اثر بسـیار مهمی بر کاسه‌ای‌شدن دارد، به همین علت در این مقاله براساس ساختار پارچه موضوع کاسه‌ای‌شدن بررسی شد.

کاسه‌ای‌شدن پارچه‌های حلقوی

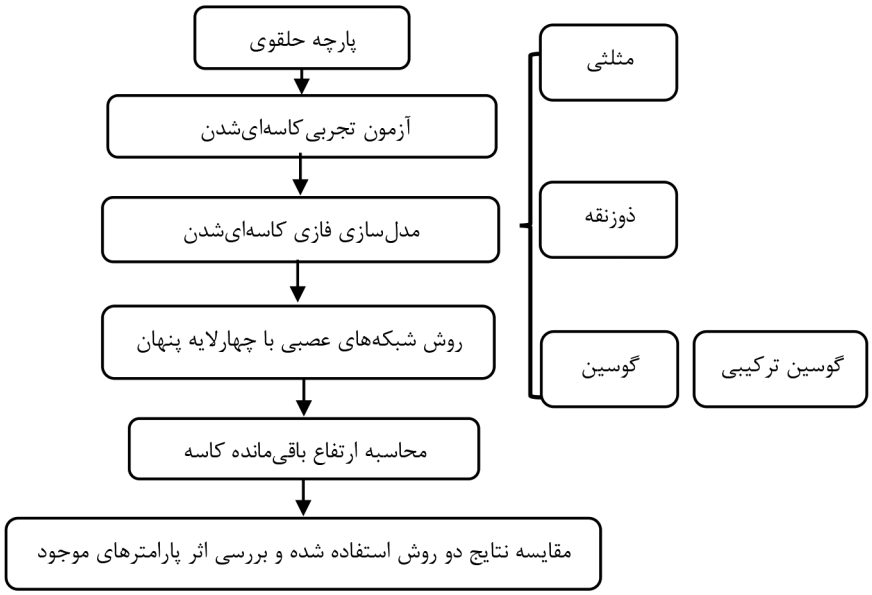
Zhang و همـکاران [۲]، برای انجام آزمون، از دسـتگاه کششـی استحکام‌سنج استفاده و بیان کردند، استراحت از تنش لیف در پارچه در طول فرایند کاسه‌ای‌شـدن به‌طور متوسط سریع‌تر از لیف منفرد اسـت. Ucar و همکاران [۳]، اثر عامل سفتی و نسبت کاسه‌ای‌شدن چند طرح یک‌روسـیلندر و دوروسـیلندر پارچه‌هـای حلقوی را با مراحلی که در شـکل۲ نشان داده شده است مطالعه کردند. تجزیه و تحلیل‌ها نشـان داد، وقتی طرح پیچیده باشد، سفتی پارچه افزایش می‌یابد، به دلیل اصطکاک زیاد، ارتفاع کاسه باقی‌مانده کمتر است.

Strazdiene و همـکاران [۴]، روش جدیـدی بـرای بررسـی کاسه‌ای‌شدن با استفاده از دستگاه سنجش KTU-Griff، ارائه دادند، که هـدف آن تعیین خواص مکانیکی مواد پلیمـری با دیواره نازک (منسوجات، غشا و کاغذ) اسـت. در این مقاله، توصیف نظری رفتار مواد و روش بهینه برای تحقق آزمون کاسه‌ای‌شـدن ارائه شده است. Jaouachi و همکاران [۵]، سهم هر یک از پارامترهای ورودی شامل نمره نخ، وجود و عدم وجود الاستان در نخ، گیج ماشین، دور ماشین و سـاختار پارچه (ریب ۱×۱ (rib) دوروسیلندر و ساده یک‌روسیلندر (jersey) پارچه بر ارتفاع کاسـه را با روش مدل‌سازی فازی و روش شـبکه‌های عصبی با چهارلایه پنهان پیش‌بینی کردند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، مدل شبکه عصبی، پیش‌بینی دقیق‌تری از فازی ارائه می‌دهد که نمودار مراحل پژوهش در شـکل۳ نشان داده شده است.

در پژوهـش دیگری، حسـنی و همـکاران [۶]، روی اثر نسـبت ترکیب (ویسکوز و پلی‌استر) در نخ و ساختار پارچه (اینترلاک ساده، هاف میلانو و هاف کاردین) بر ارتفاع باقی‌مانده کاسـه ایجاد شـده در پارچـه حلقوی تولید شـده از نخ چرخانه مخلوط با اسـتفاده از



شکل۲- محاسبه ارتفاع باقی‌مانده کاسه توسط Ucar[۳].

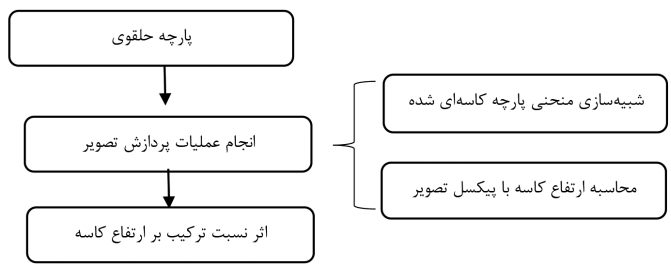


شکل۳- بررسی کاسه‌ای‌شدن توسط Jaouachi و همکاران با روش شبکه‌های عصبی [۵].

روش پردازش تصویر، تمرکز کردند. مشخص شد، هر چه نسبت ویسکوز بیشتر باشد، ارتفاع باقی‌مانده بیشتر می‌شود. در ساختار هاف میلانو (Halfmilano) نسبت به دو ساختار دیگر، درصد خستگی کاسه‌ای‌شدن بیشتر است (شکل ۴).

درباره پیش‌بینی درصد خستگی کاسه‌ای‌شدن پارچه حلقوی، حسن‌زاده و حسنی [۷]، در سال ۲۰۱۲، طی انجام پژوهشی، مدل رگرسیون ترکیبی با دو مؤلفه طول حلقه ساختاری و نسبت اختلاط را برای پیش‌بینی درصد خستگی کاسه ایجاد کردند. ضریب همبستگی ۰/۹۸۳، بین درصد خستگی کاسه پیش‌بینی شده و درصد خستگی کاسه مشاهده شده بود که نشان‌دهنده قابلیت پیش‌بینی قوی مدل رگرسیون ساخته شده است.

Jaouachi [۸]، در مقاله‌ای ارتفاع باقی‌مانده کاسه را با استفاده از روش نظری فازی بررسی کرد. وی از دو ساختار مختلف نخ، یکی با رشته (filament) الاستان و دیگری بدون رشته الاستان در پارچه حلقوی استفاده کرد. در میان دیگر توابع عضویت آزمایش شده، تابع عضویت مثلثی ارزیابی موثرتری می‌دهد. روش تاگوچی، اثر تغییر یک پارامتر را در یک فرایند مطالعه می‌کند و بهترین روش انجام آزمون‌ها از لحاظ حداقل خطا را روش چندعامل در یک زمان



شکل۴- اثر نسبت ترکیب در نخ بر ارتفاع کاسه در پژوهش حسنی و همکاران [۶].

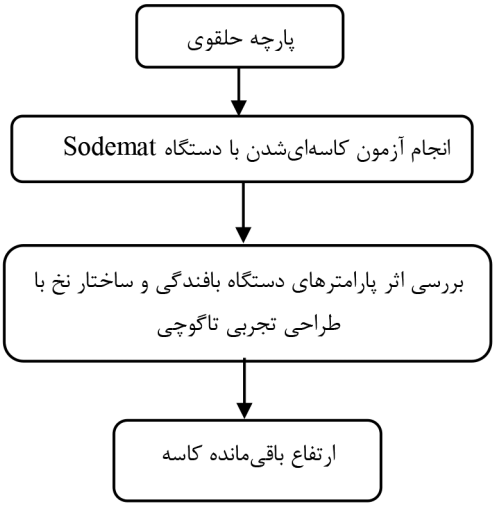
می‌داند. عامل کلیدی فلسفه روش تاگوچی کاهش تغییرپذیری و کمینه‌سازی هزینه‌هاست و با تغییر سطح یک عامل اثر آن عامل به‌دست می‌آید. همچنین می‌توان اثر متقابل عوامل را محاسبه کرد.

Jaouachi [۹]، از این روش استفاده کرد و به ارزیابی و مقایسه سهم برخی از پارامترهای دستگاه بافندگی و ساختار نخ در ارتفاع باقی‌مانده کاسه پرداخت. براساس تجزیه و تحلیل مقایسه انجام گرفته، مشخص شد که ترکیب نخ به‌طور گسترده‌ای ارتفاع باقی‌مانده کاسه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل۵). در پژوهش دیگری، کریمیان [۱۰] با روش تاگوچی اثر متغیرهای لیف، نخ و پارچه را بر رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه حلقوی پودی از نظر درصد خستگی کاسه‌ای‌شدن بررسی کرد. یافته‌ها نشان می‌دهد، ساختار پارچه بیشترین اثر را بر کاسه‌ای‌شدن پارچه دارد. نتایج بررسی نشان داد، نخ با درصد پلی‌استر کمتر و ساختار ساده پارچه، خستگی کاسه‌ای‌شدن کمتری دارد.

در برخی مقالات، پژوهشگران از مدل ماکسول برای پیشبرد اهداف خود بهره بردند. Bouatay و Ghith [۱۱]، اثر تغییرشکل کاسه ایجاد شده به وسیله تنش را بر پارچه یک‌روسیلندر حلقوی مطالعه کردند. مطالعه رئولوژی مدل کلی ماکسول با چهار پارامتر، واکنش پارچه حلقوی پس از کاربرد تنش چندجهتی را روی آن نشان داد. همچنین مطالعه آماری نشان می‌دهد، ترکیب الیاف با جنس متفاوت، از پارامترهای مهم در پدیده کاسه‌ای‌شدن است (شکل۶).

بررسی با هر دو پارچه‌های تاری پودی و حلقوی

Bendkowska و Zurek [۱۲] برخی از شرایط زندگی روزمره را در دستگاه جدید برای تعیین قابلیت انعطاف‌پذیری پارچه شبیه‌سازی و بیان کردند، شکل ایجاد شده در نمونه آزمایش شده به قسمتی از یک کره شباهت ندارد. در ادامه بیان کردند، اثر اصطکاک از نقطه‌ای



شکل۵- آزمون کاسه‌ای‌شدن با دستگاه سودمات [۹].

که جابه‌جایی در پارچه شروع شد، مشاهده می‌شود. پارچه نمونه در دو جهت تغییرشـــکل یافته به دلیل آنکه زیر تنش دومحوری است. آن‌ها همچنین نتیجه گرفتند، تغییرشکل در جهت تار در پارچه‌های تاری پودی و جهت رج در پارچه‌های حلقوی کمتر است.

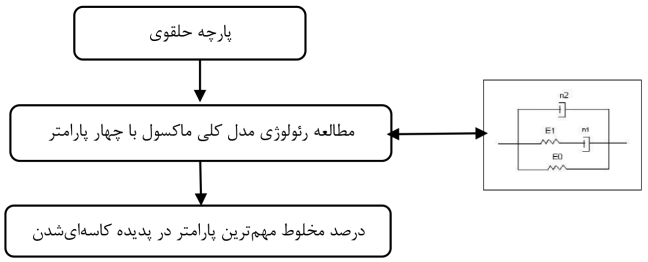
نتایج پژوهش‌های Juodsnukyte و همکاران [۱۳] در سال ۲۰۰۷ نشان داد، پارامترهای نفوذپذیری هوا در پارچه را می‌توان با توجه به تغییرات شکل پارچه مثل کاسه‌ای‌شدن آن مشخص کرد (شکل۷).

کاسه‌ای‌شدن پارچه‌های تاری پودی

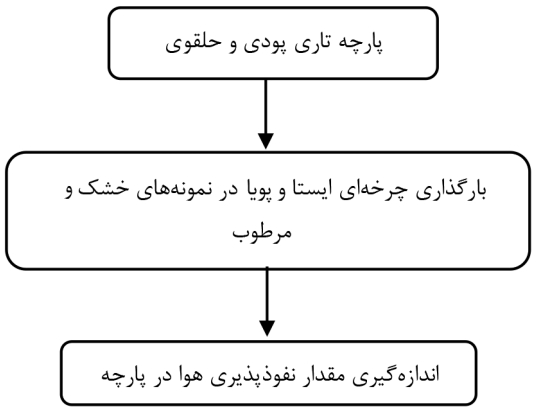
Womersley [۱۴] برای اولین بار با هندســـه دیفرانسیل تغییرشکل پارچه زیر تنش را مطالعه کرد. در شرایط ایده‌آل در پارچه تاری پودی، نخ پود، نخ تار را قطع می‌کند و برهم عمود هستند.

Womersley تغییرشـــکل تار و پود را زیـــر هر نوع تنش، خمش و شرایط تازه، به‌کمک سامانه مختصات منحنی تعریف کرده و معادلات تعادل کلی از پارچه را که از دو طرف کشـــیده شده و زیر فشار است، ارائه داد. وی، هندسه پارچه پیرس را به‌عنوان اساس کار خود قرار داد.

Lindberg و همکاران [۱۵]، چگونگی پوشـــش ســـطوح منحنی با پارچه تاری پودی را بررسی کردند. پارچه‌ای که شکل منحنی می‌گیرد، باید مانند پوســـته رفتار کند. آن‌ها یک تکه گاز پانســـمان را به شکل



شکل۶- بررسی پدیده کاسه‌ای‌شدن با مدل کلی ماکسول [۱۱].



شکل۷- اثر بارگذاری بر قابلیت پارامتر نفوذپذیری هوا پارچه در مطالعه Juodsnukyte [۱۳].

نیم‌کره در آورده و با اســـتفاده از تجزیه و تحلیل ساده، متوسط ازدیاد طول مورب و فشرده‌سازی محیطی گاز را محاسبه کرده‌اند.

Shanahan و همکاران[۱۶]، رفتار کشسان پارچه در تغییرشکل‌های پیچیده را مطالعه کردند. آن‌ها بر افتایش پارچه تمرکز کردند و پارچه را به عنوان سطح پیوسته دوبعدی درنظر گرفتند. آن‌ها پیشنهاد کردند، تجزیه و تحلیل کامل پارچه با اضافه‌کردن اثر ضخامت پارچه به آزمایش انجـــام می‌گیرد و در انجام آزمون و تحلیل نتایج پارچه باید به شـــکل سه‌بعدی درنظر گرفته شود. Scardino و Ko [۱۷]، از پارچه سه‌بعدی اســـتفاده کردند که نخ‌ها در ۶۰ درجه تقاطع دارند و تغییرشـــکل زیر کشیدگی، برش و ترکیدگی در دستگاه اندازه‌گیری شد. آن‌ها دریافتند، توزیع نیرو در پارچه ســـه‌بعدی زمانی که تغییرشکل رخ داد، حتی از پارچه دوبعدی بیشتر بود و در آزمون با نیروی یکسان، پارچه سه‌بعدی به‌طور دائم تغییرشکل می‌یابد، اما پارچه دوبعدی پاره می‌شود.

Yokura و همکاران [۱۸] برای بررسی گرایش پارچه به کاسه‌ای‌شدن، از تحلیل رگرسیون چندگانه با متغیرهای به‌دست آمده از روی سامانه KES-FB اســـتفاده کردند. آن‌ها بیان کردند، کاسه‌ای‌شدن در پارچه کشـــی زمانی که با گروه پارچه‌های معمولی مقایسه شود، بستگی به اصطکاک بین الیاف و نخ دارد.

در پژوهش دیگری، Postle و Norton [۱۹]، تغییرشـــکل پارچه را در حالت استراحت، بدون هیچ اعمال کرنش یا تنش روی آن مطالعه کردند. مدلی از هر دو نظریه کشســـانی و نظریه پوســـته را ایجاد کرده و بیان کردند، اگر چه این نظریه‌ها، برای مواد نســـاجی مناســـب نیست، اما محاسبه کرنش و تغییرشکل برشـــی در پارچه‌های تاری پودی ساده ممکن است. امیربیات و هرل[۲۰]، بیان کردند، برخی از مفروضات در مکانیک کاربردی مناسب مواد نساجی نیست. ساختار نساجی پیوسته نیست و متشکل از تکه‌های کوچک‌تر اســـت. آن‌ها دریافتند، تعریف ذهنی از کاسه‌ای‌شـــدن، بیشتر به ارتفاع باقی‌مانده کاسه پارچه و پس از آن به شـــکل کاسه باقی‌مانده بستگی دارد. شکل کاسه ایجاد شده با ناهمگنی پارچه مرتبط است. Baser [۲۱] راه‌حلی به‌کمک برنامه‌های رایانه‌ای با مدل‌های ریاضی برای پیش‌بینی تغییرشـــکل فضایی در پارچه، که به‌طور عمده به سطح پارچه عمود هستند، ارائه کرد. برای

نیروی لازم در تغییرشکل با لحاظ‌شدن نیروی اصطکاک در آن، برای ابعاد متوسط قاب‌ها نتایج مشابه با نتایج تجربی به‌دست آمد.

Bassett و Postle [۲۲]، چگونگی پوشش سطح کروی با پارچه تاری پودی را با فرض اینکه موقعیت موازی نخ تار و پود نسبت به یکدیگر هنگامی که نیرو روی آن ها اعمال می‌شود، ثابت می‌ماند، مطالعه کردند. رفتار پوششی یک پارچه را می‌توان از خمش پارچه برای زاویه‌های مختلف متقاطع محاسبه کرد. همچنین، Postle [۲۳] اعلام کرد، نظریه پوسته قابلیت حل بسیاری از مشکلات پیچیده را در مهندسی نرم‌افزار دارد، اما این نظریه به اندازه کافی قادر به مدل‌سازی کاربردی مواد نساجی تحت تنش نبود.

Kisilak [۲۴] با شبیه‌سازی کرنش پارچه در زانو و آرنج با بارگذاری چرخه‌ای، رفتار پارچه با جنس و نوع بافت متفاوت را زیر تنش چرخه‌ای مطالعه کرد. از تصویر گرافیکی گرفته شده از آزمون Kisilak نتیجه‌گیری شد، تغییرشکل در پارچه ۱۰۰٪ پشم بیشتر از پشم-پلی‌استر بود. تغییرشکل در پارچه جناغی بیشتر از تغییرشکل در پارچه تافته است. Zhang و همکاران [۲۵] سازوکار فیزیکی در طول کاسه‌ای‌شدن پارچه تاری پودی را مطالعه کردند. الیاف کشسان با یک فنر، گرانروکشسان لیف با فنر پیستون در سری قرار داده شده و اصطکاک بین الیاف با عنصر اصطکاکی نشان داده شده است. آن‌ها مدلی ریاضی از مدل رئولوژی خود را برای به‌دست آوردن توصیف کمی از سازوکار فیزیکی ارائه دادند. نیروی کاسه‌ای‌شدن طبق معادله (۱) یک تابع غیرخطی از پارامترهای ورودی است. پارامترهای معادله (۱) در جدول ۱ آمده است.

$$\begin{aligned} P(t)= {} & 2\pi r_0 \sin^2\alpha_0(t) \times Y_2 \times C_3 \times C_2 \times \frac{Y_1}{C_1}\Big\{k_3 E_1 \varepsilon_{fab}(t) \\ & + k_4 E_2\left[\varepsilon_{fab}(t) - \frac{1}{\tau}\int_0^t e^{-[(t-\xi)/\tau]}\,\epsilon_{fab}(\xi)\,d\xi\right]\Big\} \\ & \pm k_5 \mu Z \frac{4p_y(t-\Delta t)}{\lambda(t-\Delta t)y_{01}}\{h_{m1} - k\lambda(t-\Delta t)\} \times 2\pi r_0 \tan\alpha_0(t) \\ & \ln\frac{r_0 \sin\alpha_0(t)}{R_0} \end{aligned} \qquad (۱)$$

Zhang و همکاران [۲۶]، رفتار گرانروکشسان الیاف در طول کاسه‌ای‌شدن پارچه تاری پودی را بررسی کرده و مدلی ریاضی را برای شبیه‌سازی کاسه‌ای‌شدن ایجاد کردند (شکل۸). با آزمون‌های محاسباتی، آن‌ها مدول کشسانی E_1، مدول گرانروکشسان E_2، زمان استراحت لیف τ، سه ضریب وزن (K_3، K_4، K_5) برای پارچه‌های مختلف با K_3، ضریب وزنی کشسانی K_4، ضریب گرانروکشسان. K_5 و ضریب اصطکاک الیاف مختلف را معین کردند. آن‌ها اندازه‌گیری‌های تجربی را با رفتار پیش‌بینی شده کاسه‌ای‌شدن پارچه مقایسه کرده و دریافتند، مدل ریاضی توسعه یافته، رفتار کاسه‌ای‌شدن را با دقت مناسب پیش‌بینی کرد.

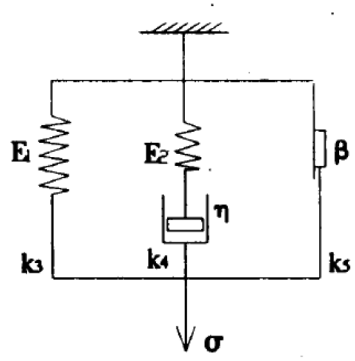
Zhang و همکاران [۲۷]، آزمونی برای بررسی رابطه کشسانی و گرانروکشسانی الیاف و اصطکاک بین الیاف در رفتار کاسه‌ای‌شدن انجام داده و همچنین مدل‌های ریاضی را برای شبیه‌سازی رفتار پارچه در شرایط آزمون کاسه‌ای‌شدن به‌کار بردند و با محاسبه نتایج آزمون، زمان استراحت الیاف τ و سه ضریب وزنی (K_3، K_4، K_5) را پیدا کردند. Zhang و همکاران [۲۸]، توزیع تنش‌های داخلی پارچه کاسه‌ای شده را مطالعه کردند. آن‌ها یک مدل با استفاده از نظریه غشا ارائه داده و تنش در شرایط مختلف مرزی را برای پارچه‌های همگن بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند، توزیع تنش در امتداد جهت عمودی کره نایکنواخت و در جهت محیط کره ناپیوسته است. این تنش‌ها و ارتفاع کاسه، عوامل مهم و موثر بر تغییرشکل باقی‌مانده کاسه پارچه هستند. Zhang و همکاران [۲۹]، اثر خواص لیف، نخ، پارچه بر رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه تاری پودی را با توسعه مدل‌های رئولوژی مطالعه کردند. آن‌ها با استفاده از معادلات رگرسیون (معادله ۲) برای سه پارامتر (U انرژی کشسان و δ مقدار کاهش نیرو، Q_0 انرژی اولیه گرانروکشسان و اصطکاک و t زمان)، نشان دادند که رفتار خستگی کاسه‌ای‌شدن و ارتفاع باقی‌مانده کاسه با توجه به خواص مکانیکی لیف و نخ و پارامترهای ساختاری پارچه قابل پیش‌بینی هستند:

$$W(t) = U + Q = U + Q_0 e^{-\delta t} \qquad (۲)$$

با هدف توسعه روشی جدید برای ارزیابی کاسه‌ای‌شدن پوشاک، Yeung و همکاران [۳۰]، از پردازش تصویر با روش‌های مختلف مدل‌سازی استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند، ظاهر کاسه را می‌توان از پارامترهای تصاویر گرفته شده از پارچه کاسه‌ای شده مثل شدت در تصاویر مختلف از پارچه به پارچه دیگر که به دلیل ناهمگنی پود و تار اتفاق می افتد، پیش‌بینی کرد. عبقری و همکاران [۳۱]، برای بررسی ارتباط خواص کششی در سطح پارچه با رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه‌های تاری پودی از دستگاه سنجش جدید که در شکل ۹ نشان داده شده، استفاده کردند. دستگاه استفاده شده دارای چهار فک بود،

جدول۱- معرفی پارامترهای معادله (۳) مربوط به بررسی Zhang [۲۵].

نماد	توضیحات	نماد	توضیحات	نماد	توضیحات
E_1	مدول کشسانی متوسط لیف	C_3	تراکم بافت پارچه در واحد سطح	Y_2	ضریب نیروی کششی پارچه
E_2	مدول گرانروکشسان متوسط	ε_{fab}	کرنش پارچه	t	زمان اعمال نیرو
τ	زمان استراحت	r_0	شعاع کره فولادی	K_3	سهم نسبی کشسانی الیاف
μ	ضریب اصطکاک بین الیاف	R_0	شعاع نمونه پارچه	K_4	سهم نسبی گرانروکشسانی الیاف
C_1	نمره نخ	α_0	زاویه کاسه	K_5	سهم نسبی اصطکاک بین الیاف
C_2	تراکم پارچه	Y_1	ضریب کرنش	P	نیروی کاسه‌ای‌شدن

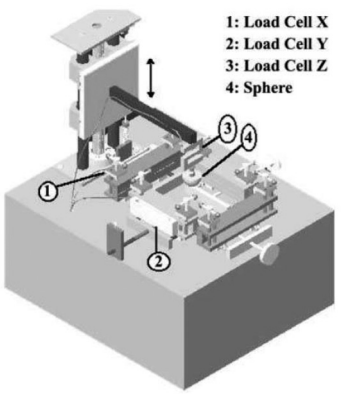


شکل۸- مدل رئولوژی برای شبیه‌سازی کاسه‌ای‌شدن [۲۶].

که حساس‌تر و دقیق‌تر از نوع پیشین خود بود. تغییرشکل کششی پارچه تاری پودی در جهت تار و پود اندازه‌گیری شد.

همچنین، آن‌ها [۱] از مقاومت کاسه‌ای‌شدن، خستگی کاسه‌ای‌شدن، ارتفاع باقی‌مانده کاسه و پسماند کاسه برای توصیف رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه استفاده کرده و آن را با روش اجزای محدود نیز شبیه‌سازی کردند. روش اجزای محدود که به اختصار FEM نامیده می‌شود، روشی عددی برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل جزئی و نیز حل معادله‌های انتگرالی است. اساس کار این روش حذف کامل معادلات دیفرانسیل یا ساده‌سازی آن‌ها به معادلات دیفرانسیل معمولی است که با روش‌های عددی مثل اویلر حل می‌شوند. تنش و برش دومحوری نقش مهمی در کاسه‌ای‌شدن پارچه دارند، توزیع تنش در پارچه‌های همگن و ناهمگن به تنش‌های داخلی ایجاد شده به‌کمک نیروی کاسه‌ای‌شدن در پارچه مرتبط است.

پژوهشگران توزیع نیروی کاسه‌ای‌شدن بین نخ تار و پود را به‌طور تجربی اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان می‌دهد، شبیه‌سازی اجزای محدود از پارچه‌های تاری پودی به‌عنوان روش قابل اعتماد است و می‌توان با این روش رفتار کاسه‌ای پارچه تاری پودی را در شرایط کشش دومحوری پیش‌بینی کرد. رفتار تغییرشکل دائمی پارچه تاری پودی را Sengoz [۱] بررسی کرد. وی، توزیع نیرو در پارچه را اندازه‌گیری کرد و نشان داد، می‌توان با بهبود هندسه و مکانیک تغییرشکل دائمی، پارچه‌ای با عملکرد مناسب طراحی کرد.



شکل۹- آزمون کاسه‌ای‌شدن با دستگاه نیروسنج عبقری [۳۱].

امیربیات [۳۲]، توزیع تنش در ورق انعطاف‌پذیر مدور را تجزیه و تحلیل کرد. از آنجا که نسبت پواسون نقش مهمی را بر سازوکار تغییرشکل، محدودکردن ازدیاد طول ورق و تقویت ناپیوستگی کرنش در مرکز دارد، اثر نسبت پواسون پارچه برکاسه‌ای‌شدن آن در این مقاله بررسی شد. در پژوهش دیگری امیربیات و نمیرانیان [۳۳] به روش تجربی، اثر اندازه جسم اعمال‌کننده نیرو نسبت به شعاع نمونه را نیز بررسی کردند و دقت روش اندازه‌گیری کاسه ایجاد شده را با درنظرگرفتن اثر نسبت پواسون پارچه افزایش دادند.

Ozdi [۳۴]، عملکرد پنج پارچه جین مختلف حاوی درصدهای مختلف از نخ الاستان را مقایسه کرد. پارچه در دستگاهی شبیه به بازوی انسان قرار گرفت. نتایج آزمون نشان داد، افزایش مقدار استفاده از نخ الاستان در پارچه جین خواص راحتی و کاسه‌ای‌شدن و برگشت‌پذیری بیشتری ارائه می‌دهد. پارامترهای کاسه‌ای‌شدن پارچه تاری پودی کشسان تحت نیروی چرخه‌ای خستگی را باغایی و همکاران [۳۵]، مطالعه کردند. نتایج نشان داد، مقدار خستگی پارچه وقتی نسبت کشش بخش مغزی به بخش روکش بیشترین مقدار و ضریب تاب در کمترین سطح باشد، کاهش می‌یابد.

دوستار و همکاران [۳۶]، در پژوهشی اثر طراحی بافت و تراکم پود پارچه بر رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه تاری پودی پنبه‌ای از نظر خواص مکانیکی (برش و خمش) پارچه را با استفاده از سامانه Siro Fast بررسی کردند. نتیجه این کار نشان داد، پارچه پنبه‌ای با ساختار پارچه سرژه ۲/۲ کمترین استحکام برشی و بیشترین شکل‌پذیری را دارد. Sular [۳۷] ابزار آزمون جدید متشکل از یک بازوی مصنوعی با مفصل آرنج برای شبیه‌سازی کاسه‌ای‌شدن پارچه را در شرایط دینامیکی طراحی و تولید کرد. نتایج نشان داد، بازوی طراحی شده به‌خوبی شرایط پوشش لباس را شبیه‌سازی می‌کند.

Daukantiene و Lapinskiene [۳۸] در مطالعه‌ای اثر پنج نوع تغییرشکل را بر حالت قرارگیری لبه‌های پارچه کنار هم در دوخت بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش ثابت کرد، لغزش درز پارچه‌های تاری پودی بررسی شده به حالت تغییرشکل وابسته بوده و در کشیدگی نمونه دوخته شده، در محل حرکت خط دوخت به نوع بافت پارچه و جهت پارچه تاری پودی وابسته است. برای بررسی اثر تغییرشکل کاسه‌ای پارچه بر عملکرد نفوذپذیری هوای آن، Buyukbayraktar [۳۹] طی مطالعه تجربی نشان داد، خواص ساختاری پارچه می‌تواند تغییرشکل و خواص نفوذپذیری پارچه را معین کند. پارامترهای آزمون، به‌ویژه زمان انتظار، در مقدار تغییرشکل و افزایش نفوذپذیری هوا مؤثر بودند. کریمیان و همکاران [۴۰]، بر کاربرد روش اجزای محدود متمرکز شده و رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه حلقوی پودی سینگل چرخی ساده (با طول حلقه، وزن، ضخامت و تراکم رج و ردیف متفاوت) در مدت مقاومت در برابر کاسه‌ای‌شدن را با این روش، تجزیه و تحلیل کردند. یافته‌ها نشان می‌دهد، نتایج مدل‌سازی عددی مقاومت کاسه پارچه حلقوی ساده با استفاده از اجزای محدود و خواص همگن متقاطع نخ، با مقادیر تجربی توافق خوبی دارد.

Gazzah [۴۱]، اثر اصطکاک نخ به نخ در پارچه جین و پارچه جین با کره فلزی بر سرعت بازگشت‌پذیری کاسه‌ای‌شدن آن را با رگرسیون خطی و برنامه Matlab بررسی کرد. وی [۴۲]، با استفاده از

روش تاگوچی و مدل رگرسیون، بهترین مقدار اصطکاک در پارچه جین برای حداقل ارتفاع و حجم کاسه باقی‌مانده و بیشترین مقدار بازگشت پارچه از کاسه‌ای‌شدن را به‌دست آورد. وی [۴۳]، اثر تنش داخلی و ازدیاد طول پارچه حین کاسه‌ای‌شدن را با روش PCA، بر مقدار کاسه‌ای‌شدن پارچه اندازه‌گیری کرد. وی در این مطالعه، برای رسیدن به حداقل ارتفاع باقی‌مانده کاسه، از سامانه ارزیابی کاواباتا، پارامترهایی مانند ویژگی‌های اصطکاکی، خم، فشرده‌سازی، کششی و برشی را اندازه‌گیری و بررسی کرد که اثرهای آن‌ها بر خواص کاسه‌ای‌شدن متفاوت است.

مقایسه روش‌های استفاده شده در پیش‌بینی رفتار کاسه‌ای‌شدن

در مقالات مرور شده، نمونه‌ها و روش‌های مختلفی توسط پژوهشگران برای رسیدن به هدف و بررسی نتایج به‌کار گرفته شده است. از این‌رو، چون ابزاراستفاده شده برای انجام آزمون و پارچه‌های مصرفی به‌عنوان نمونه در مطالعه پژوهشگران، متفاوت است، امکان مقایسه دقیق روش‌های مدل‌سازی با یکدیگر وجود ندارد. اما، در ادامه مقایسه‌ای کلی بین روش‌های استفاده شده در پژوهشی که در این مقاله بررسی شده، آورده شده است.

مدل‌سازی شبکه عصبی [۵]

با توجه به پیچیدگی ارتباط پارامترهای پارچه و پدیده کاسه‌ای‌شدن استفاده از شبکه عصبی در صورت موجودبودن تعداد نمونه‌های زیاد نسبت به سایر روش‌ها دارای نتایج بهتری است.

مدل‌سازی شبکه فازی [۵،۸،۹]

طبق مقایسه‌ای که در مقاله مدنظر انجام شد، دقت این روش از روش شبکه عصبی کمتر است.

- استفاده از روش مدل‌سازی اجزای محدود [۱،۴۰]

این روش برای بررسی فرایند کاسه‌ای‌شدن دارای نتایج دقیقی است. البته مقدار دقت این روش به نوع مدل‌سازی ساختار پارچه بستگی دارد. باید توجه داشت، این روش برای بررسی فرایند کاسه‌ای‌شدن در پارچه استفاده می‌شود و برای پیش‌بینی فرایند کاربردی ندارد.

مدل‌سازی براساس نظریه پوسته و غشا [۱۵،۱۶،۱۹،۲۳،۲۸]

مدل‌سازی رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه با استفاده از نظریه پوسته و غشا به علت عدم تشابه رفتار پارچه و پوسته دقت زیادی ندارد.

مدل‌سازی براساس مدل ماکسول [۱۱،۲۵،۲۶]

مدل‌سازی رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه با استفاده از روش جرم و فنر نسبت به روش اجزای محدود دقت کمتری دارد، اما سرعت مدل‌سازی در این روش نسبت به روش اجزای محدود بیشتر بوده و دقت این روش به نوع ساختار جرم و فنر معرفی شده برای مدل‌سازی پارچه بستگی دارد.

مدل‌سازی براساس رگرسیون [۷،۴۱،۴۲]

استفاده از روش‌های آماری برای مشخص‌کردن ارتباط پارامترها با یکدیگر روشی شناخته شده است، در بسیاری از مسائل برای پیش‌بینی تغییر رفتار پارامترها روی نتایج آزمون از روش رگرسیون چندمتغیری استفاده می‌شود. اما، در مواردی مانند رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه که اثر پارامترهای پارچه روی مقدار کاسه‌ای‌شدن بسیار پیچیده است، این روش آماری دقت کافی ندارد. در این گونه موارد استفاده از روش مبتنی بر شبکه عصبی دقت بیشتری دارد.

مدل‌سازی با هندسه دیفرانسیل [۱۴]

این روش بیشتر توجه به هندسه نمونه مورد آزمون قرار گرفته دارد و فیزیک مسئله در پارامترهای هندسی درنظر گرفته نشده است، به همین علت نتایج برای پیش‌بینی رفتار فیزیکی دقت لازم را ندارد. مدل ماکسول دقیق‌تر از روش هندسه دیفرانسیل عمل می‌کند.

نتیجه‌گیری

با مروری که بر پژوهش‌های انجام شده در زمینه کاسه‌ای‌شدن پارچه‌ها انجام شده مشخص شده است، پیش‌بینی مقاومت کاسه‌ای‌شدن پیش از تولید منسوج و نیز وجود روشی ساده برای اندازه‌گیری این خصوصیت پس از تولید منسوج در صنعت نساجی بسیار حائز اهمیت است. هدف از بررسی این مسئله تعیین مقدار کارایی تولیدات نساجی زیر نیروهای فشاری است. پژوهشگران زیادی برای رسیدن به این هدف تلاش کرده و مقالاتی منتشر کردند که در آن از روش‌های متفاوت برای پیش‌بینی و بررسی رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه استفاده شده است. اما هنوز ناشناخته‌هایی در زمینه این موضوع وجود دارد که باید تحلیل و بررسی شود. با مقایسه روش‌های استفاده شده در پژوهش‌های مرور شده، مشاهده شد، مدل‌سازی با شبکه عصبی و فازی به دلیل دقت بیشتر این روش‌ها نسبت به سایر روش‌های مدل‌سازی و پیچیده‌بودن پارامترهای بررسی شده در مسئله کاسه‌ای‌شدن، برای پیش‌بینی رفتار کاسه‌ای‌شدن پارچه مؤثرتر از سایر روش‌هاست. روشی که با آن محاسبه این ویژگی پارچه ساده‌تر انجام شود، فراگیرتر خواهد بود.

مراجع

1. Şengöz N.G.T, Bagging in textiles, *Text. Prog.*, 36, 1-64, 2004.
2. Zhang X., Li Y., Yeung K.W., and Yao M., Fabric bagging Part II: Objective evaluation and physical mechanism, *Text. Res. J.*, 69, 598-606, 1999.
3. Ucar N., Realff M.L., Radhakrishnaiah P., and Ucar M.,

Objective and subjective analysis of knitted fabric bagging, *Text. Res. J.*, 72, 977-982, 2002.
4. Strazdienė E., Daukantienė V., and Gutauskas M., Bagging of thin polymer materials: Geometry, resistance and application, *Mater. Sci.* (Medžiagotyra), 1320, 3-9, 2003.
5. Jaouachi B., Louati H., and Hellali H., Predicting residual bagging bend height of knitted fabric using fuzzy modelling and neural networks, *Autex. Res.*, 10, 110-115, 2010.
6. Hasani H., Zadeh S.H., and Behtaj S., Bagging behavior of different fabric structures knitted from blended yarns using image processing, *J. Eng. Fiber*, 7, 8-15, 2012.
7. Hasani H. and Zadeh S.H., Regression model for the bagging fatigue of knitted fabrics produced from viscose/polyester blended rotor yarns, *Fiber Text. East. Eur.*, 4, 67-71, 2012.
8. Jaouachi B., Evaluation of the residual bagging height using the regression technique and fuzzy theory, *Fibers Text. East. Eur.*, 21, 92-98, 2013.
9. Jaouachi B., Study of knitting factors contribution on residual bagged fabric behavior, *J. Text. Inst.*, 104, 1132-1140, 2013.
10. Karimian M., Hasania H., and Ajeli S., Numerical modeling of bagging behavior of plain weft knitted fabric using finite element method, *Ind. J. Fiber. Text. Res.*, 39, 204-208, 2014.
11. Bouatay F. and Ghith A., Bagging phenomenon on jersey knitted fabrics, *J. Text. Appa. Technol. Manage*., 8, 2014.
12. Zurek W. and Bendkowska W., Phenomena occurring in bursting tests of circular fabric samples part I: Geometry of distended samples, *Text. Res. J.*, 53, 19-24, 1983.
13. Juodsnukyte D., Daukantiene V., and Gutauskas M., Investigating the implications of static and dynamic loading in high-performance fabrics for outdoor clothing, *Int. Cloth Sci. Technol.*, 20, 7-14, 2008.
14. Womersley J.R., The application of differential geometry to the study of the deformation of cloth under stress, *J. Text. Inst. Transact.*, 28, 97-113, 1937.
15. Lindberg J., Waesterberg L., and Svenson R., Wool fabrics as garment construction materials, *J. Text. Inst. Transacti.*, 51, 1475-1493, 1960.
16. Shanahan W.J., Lloyd D.W., and Hearle J.W.S., Characterizing the elastic behavior of textile fabrics in complex deformations, *Text. Res. J.*, 48, 495-505, 1978.
17. Scardino F.L. and Ko F. K., Triaxial woven fabrics part i: behavior under tensile, shear, and burst deformation, *Text. Res. J.*, 51, 80-89, 1981.
18. Yokura H., Nagae S., and Niwa M., Prediction of fabric bagging from mechanical properties, *Text. Res. J.*, 56, 748-754, 1986.
19. Postle R. and Norton A.H., Physical and mathematical considerations for the modelling of fabric deformation, *Appl. Math. Phys. Wool Indus.*, 624, 63-73, 1988.
20. Amirbayat J. and Hearle J.W. S., The anatomy of buckling of textile fabrics: Drape and conformability, *J. Text. Inst.*, 80, 51-70, 1989.
21. Baser G., A mechanical approach to the determination of the geometry of a woven fabric and to the analysis of subsequent changes in its geometry part i: a theory for the crimping of the weft yarn during weaving, *J. Text. Inst.*, 80, 507-520, 1989.
22. Bassett R. J. and Postle R., Fabric mechanical and physical properties: Part 4: The fitting of woven fabrics to a three-dimensional surface, *Int. J. Cloth. Sci. Technol.*, 2, 26-31, 1990.
23. Postle J.R. and Postle R., Nonlinear mechanics and dynamics of fabric manipulation, *In Proceedings of the 3rd Asian Textile Conference, Text. Inst.*, 1, 569-573, 1922.
24. Kisilak D., A new method of evaluating spherical fabric deformation, *Text. Res. J.*, 69, 908-913, 1999.
25. Zhang X., Li Y., Yeung K.W., and Yao M., Mathematical simulation of fabric bagging, *Text. Res. J.*, 70, 18-28, 2000.
26. Zhang X., Li Y., Yeung K.W., and Yao M., Viscoelastic behavior of fibers during woven fabric bagging, *Text. Res. J.*, 70, 751-757, 2000.
27. Zhang X., Li Y., Yeung K. W., and Yao M., Relative contributions of elasticity and viscoelasticity of fibres and inter-fibre friction in bagging of woven wool fabrics, *J. Text. Inst.*, 91, 577-589, 2000.
28. Zhang X., Li Y., Yeung K. W., Miao M. H., and Yao M., Fabric-bagging: Stress distribution in isotropic and anisotropic fabrics, *J. Text. Inst.*, 91, 563-576, 2000.
29. Zhang X., Li Y., Yeung K.W., and Yao M., Bagging of woven fabrics: The rheological mechanism predictions, *J. Text. Inst.*, 92, 235-255, 2001.
30. Yeung K. W., Li Y., Zhang X., and Yao M., Evaluating and predicting fabric bagging with image processing, *Text. Res. J.*, 72, 693-700, 2002.
31. Abghari R., Shaikhzadeh Najar S., Haghpanahi M., and

Latifi M., Contributions of in-plane fabric tensile properties in woven fabric bagging behaviour using a new developed test method, *Int. Cloth Sci. Technol.*, 16, 418-433,2004.

32. Amirbayat J., An improved analysis of bagging of textile fabrics. Part I: Theoretical, *Int. J. Cloth Sci. Technol.*, 18, 303-307, 2006.
33. Amirbayat J. and Namiranian B., An improved analysis of bagging of textile fabrics. Part II: Experimental work, *Int. J. Cloth Sci. Technol.*, 18, 308-313, 2006.
34. Özdil N., Stretch and bagging properties of denim fabrics containing different rates of elastane, *Fibers Text. East. Eur.*, 16, 66, 2008.
35. Baghaei B., Shanbeh M., and Ghareaghaji A. A., Effect of tensile fatigue cyclic loads on bagging deformation of elastic woven fabrics, *Indian J. Fiber. Text. Res.*, 35, 298, 2010.
36. Doustar K., Shaikhzadeh Najar S., and Maroufi M., The effect of fabric design and weft density on bagging behavior of cotton woven fabrics, *J. Text. Inst.*, 101, 135-142, 2010.
37. Sular V., A new testing instrument with artificial arm to simulate fabric bagging by human elbow, *Indian J. Text.*, 62, 259-264, 2011.
38. Daukantienė V. and Lapinskienė M., Influence of the deformation mode on seam slippage in woven fabrics, *Fiber Polym.*, 13, 1086-1093, 2012.
39. Büyükbayraktar R.B., The relationship between the bagging deformation and air permeability performance of woven fabrics, *Ind. Text.*, 65, 1-10, 2014.
40. Karimian M., Hasania H., and Ajeli S., Numerical modeling of bagging behavior of plain weft knitted fabric using finite element method, *Indian J. Fiber. Text. Res.*, 39, 204-208, 2014.
41. Gazzah M., Jaouachi B., and SakliF., Recovery velocity evaluation of bagged denim fabrics as function of frictional parameters, *Int. J. Cloth Sci. Technol.*, 27, 302-314, 2015.
42. Gazzah M., Jaouachi B., and Sakli F., Optimization of bagged denim fabric behaviors using the genetic algorithms and the ant colony optimization methods, *Int. J. Cloth Sci.* Technol., 27, 772-792, 2015.
43. Gazzah M., Jaouachi B., Schacher L., Adolphe D.C., and Sakli F., Study of the influential inputs on the bagged denim fabric behaviors using the principal component analysis method, *Int. J. Cloth Sci. Technol.*, 27, 922-939, 2015.

Journal of
Textile Science
and Technology
Vol. 5, No.3, 9-17
Autumn 2015
ISSN: 2151-7162

An Overview of Textile Bagging Behavior Based on Fabric Structural Parameters

Zahra Abassi, Pedram Payvandy*, and Rostam Namiranian

Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran

Abstract

Bagging is a permanent three-dimensional deformation occurred in clothing that affects both the appearance and performance of garments considerably. The deformation depends on the properties of fibers, yarns, and fabrics. The study of bagging behavior and its measurement is one of the most critical stages of production and end-use of textiles. The present paper reviews the methods of bagging measurement in garments and discusses the effect of fabric structure (knitted, woven, or non woven) on bagging.

Keywords

bagging behavior,
fabric structure,
fabric deformation

(*) Address Correspondence to P. Payvandi, Email: peivandi@yazd.ac.ir