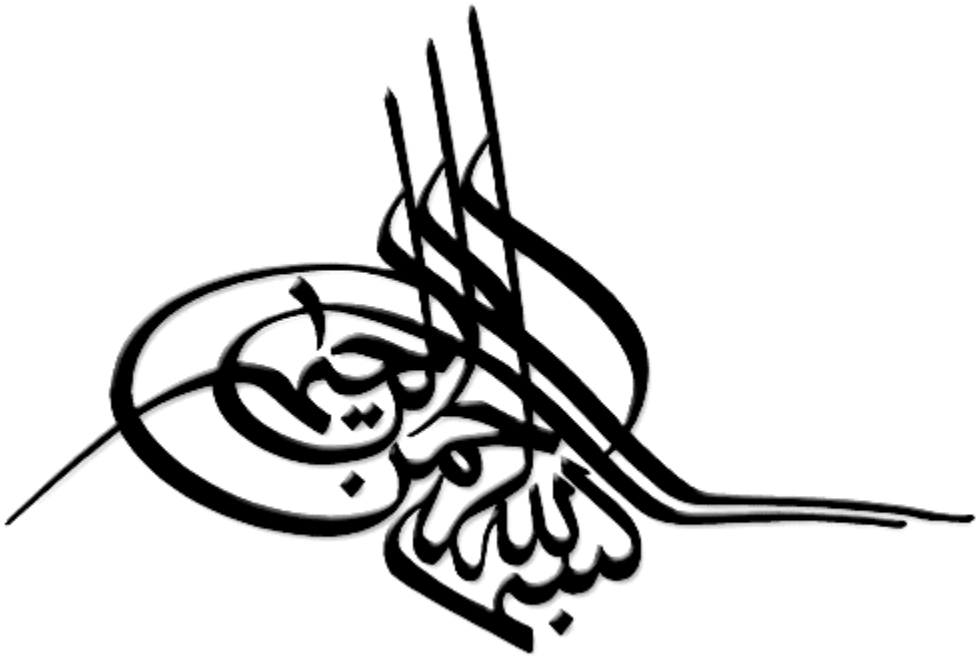

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

بهینه سازی تنظیمات بافت جهت کمینه نمودن set-marks پارچه های دو جزئی پلی استر- اسپاندکس

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی- تکنولوژی نساجی

سمانه السادات یزدانپرست تفتی

استاد راهنما

دکتر سیدعبدالکریم حسینی راوندی

۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته نساجی- تکنولوژی نساجی خانم سمانه السادات یزدانپرست

تحت عنوان

بهینه سازی تنظیمات بافت جهت کمینه نمودن set-marks پارچه های دو جزئی پلی استر-اسپاندکس

در تاریخ ۱۳۹۲/۰۶/۲۲ توسط کمیته تخصصی ذیل مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید عبدالکریم حسینی راوندی
۲. استاد مشاور پایان نامه	مهندس محسن شنبه
۳. استاد داور	دکتر محمد ذره بینی
۴. استاد داور	دکتر محمد شیخ زاده
۵. سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر صدیقه برهانی

تشکر و سپاس

حمد و سپاس خداوند را که به نام او کار را آغاز کردیم و به یاری حضرتش به پایان رساندیم.

بر خود لازم می‌دانم مراتب سپاس و قدردانی خود را نسبت به همه عزیزان و بزرگوارانی که در تکمیل این پایان نامه مرا یاری داده اند ابراز نمایم. بدین وسیله از زاساتید راهنما و مشاور گرامی جناب آقای دکتر حسینی و جناب آقای مهندس شنبه که در تمام مراحل پژوهش، یاری گر و پشتیبان بنده بوده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از جناب آقای دکتر ذره بینی و دکتر شیخ زاده به خاطر قبول زحمت داوری، مطالعه پایان نامه و ارائه پیشنهادات ارزنده-شان بسیار سپاسگزارم.

از سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی، سرکار خانم دکتر برهانی، سپاسگزارم.

در پایان از حمایت های بی دریغ خانواده عزیزم که همواره در این مدت از هیچ کوششی جهت انجام هرچه بهتر این اثر فروگذار ننمودند سپاسگزاری می نمایم و از خدای متعال برای همه عزیزان سعادت و بهروزی طلب می نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج
مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از
تحقیق موضوع این پایان نامه(رساله) متعلق به
دانشگاه صنعتی اصفهان است

اگر شایسته باشد...

تقدیم به صنعت

و

تقدیم به صنعتگران موفق نساجی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ شناخت پدیده ست مارک ۳

۱-۳ علل پیدایش ۴

۱-۳-۱ استراحت و یا خزش در ساختمان نخ و پارچه ۴

۱-۳-۲ خصوصیات دینامیکی ماشین در زمان راه اندازی مجدد ماشین ۹

۱-۳-۴ تنظیمات ماشین ۱۱

۱-۴ عوامل موثر ۱۳

۱-۴-۱ ویژگی های ساختمان نخ ۱۳

۱-۴-۲ ویژگی های ساختمان پارچه ۱۵

۱-۴-۳ کشش نخ های تار ۱۵

۱-۴-۴ طول های آزاد نخ تار و پارچه ۱۷

۱-۴-۵ شرایط محیطی ۱۸

۱-۵ روش های اندازه گیری ۱۸

۱-۵-۱ میکروسکوپی ۱۸

۱-۵-۲ نوری ۱۹

۱-۵-۳ سنجش ترکیبی ۱۹

۱-۵-۴ چرخ سوزنی الکترونیکی ۲۰

۱-۵-۵ سیستم های تصویربرداری سرعت بالا ۲۰

۱-۵-۶ سنجش فاصله با لیزر ۲۱

۱-۵-۷ سنجش طول معینی از نخ تار و پارچه ۲۲

۱-۵-۸ سوزن حسگر ۲۲

۱-۵-۹ سوزن مکانیکی ۲۳

۱-۵-۱۰ محاسبه فاصله زمانی جابجایی لبه پارچه ۲۴

۱-۵-۱۱ آخرین روش ۲۴

۱-۶ راهکارهای پیشگیرانه و کنترل کننده ۲۵

۱-۶-۱ اتوماسیون و تنظیم کشش استاتیکی و انحراف لبه ۲۵

۱-۶-۲ اتوماسیون و نیروهای دینامیکی ماشین ۲۸

۱-۶-۳ اتوماسیون و سایر مکانیزم ها ۳۱

۱-۷ آشنایی با ساختار یک آزمایش مبتنی بر سنجش جابجایی ۳۲

۱-۷-۱ مروری بر عملکرد حسگرهای سنجش جابجایی ۳۲
۱-۷-۲ آشنایی با انواع روش های انتقال حرکت ۳۵
۱-۷-۳ آشنایی با روش تاگوچی ۳۷
۱-۸ هدف از انجام تحقیق ۳۸
فصل دوم: اساس تجربی
۲-۱ مقدمه ۳۹
۲-۲ معرفی شیوه نوین سنجش جابجایی ۳۹
۲-۲-۱ تعیین موقعیت نصب ماژول ۴۰
۲-۲-۲ تعیین حسگر ۴۰
۲-۲-۳ نحوه انتقال جابجایی لبه به حسگر ۴۲
۲-۲-۴ تایید نسبی ماژول ۴۲
۲-۲-۵ تدوین برنامه ۴۲
۲-۳ نحوه پیاده سازی طرح ۴۳
۲-۴ متدولوژی تحقیق ۴۸
۲-۴-۱ مواد و روش طرح مسئله ۴۹
۲-۴-۲ انتخاب روش حل مسئله ۴۹
۲-۵ مشخصات مواد مورد استفاده ۵۰
۲-۶ مشخصات دستگاه های مورد استفاده ۵۲
۲-۷ مشخصات نرم افزارهای مورد استفاده ۵۲
فصل سوم: نتایج و بحث
۳-۱ مقدمه ۵۳
۳-۲ طراحی آزمایشات و ارزیابی نیروهای دینامیکی ماشین ۵۳
۳-۲-۱ انجام آزمایش و جمع آوری داده ها ۵۸
۳-۲-۲ تجزیه و تحلیل داده های جمع آوری شده ۵۸
۳-۲-۳ تحلیل عوامل موثر بر اساس نسبت های عملکردی **S/N** و میانگین ۵۸
۳-۲-۴ ارزیابی درجه اهمیت یا تست معنی داری عوامل موثر ۶۲
۳-۲-۵ تعیین و آنالیز شرایط بهینه ۶۲
۳-۲-۶ تعیین رتبه بندی عامل های عاملی ورودی ۶۲
۳-۳ طراحی آزمایشات و ارزیابی پدیده خزش ۶۲
فصل چهارم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات
۴-۱ نتیجه‌گیری کلی ۶۴
۴-۲ پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ۶۵
پیوست شماره ۱: نقشه های مکانیکی ۶۶
پیوست شماره ۲: نقشه های برقی ۶۷

پیوست شماره ۳: برنامه های نرم افزاری..... ۶۸
پیوست شماره ۴: نمودارها..... ۸۰
پیوست شماره ۵: داده ها..... ۱۰۱
مراجع..... ۱۰۸

چکیده

تمرکز بر خلق ایده های نو مبتنی بر رفع چالشها در صنعت، چشم انداز اکثر واحدهای تحقیق وتوسعه در سراسر دنیا میباشد. ست مارک از جمله مباحثی است که به علت جذابیت و پیچیدگی های ذاتی ازدهه سوم قرن ۲۰ تاکنون نظر پژوهشگران متعددی را به سمت خود جلب نموده است، تا آنجا که گستره نسبتا وسیعی از مطالعات و پژوهش ها در حوزه عیوب پارچه را، پدیده ست مارک با ارائه مدل های ریاضی، تجربی یا تجربیات آزمایشگاهی بخود اختصاص داده است. چنانچه پیکره بندی منسوجات تاری-پودی را مشابه صفحه مشبکی متشکل از دو دسته میله های صلب موازی با چیدمان متعامد در نظر گرفت، فواصل ما بین میله های مذکور، در واقع منافذی را تشکیل میدهند، که تاثیر بسزایی بر خصوصیات متعدد منسوجات از جمله نفوذپذیری در مقابل سیالات، نحوه شکست نور، ناهمگونی در سیمای منسوج بعد از تکمیل و ... خواهند گذشت. ست مارک معرف افزایش و یا کاهش تراکم پودی ایجاد شده در منسوج بعد از راه اندازی مجدد ماشین میباشد. تفاوت رفتار خزش در ساختمان نخ و پارچه، و ناپایداری نیروهای دینامیکی، موقع راه اندازی مجدد دو عامل عمده ایجاد انحراف لبه پارچه از موقعیت صحیح و لذا پیدایش عیب ست مارک در منسوج میباشند. هدف از انجام این تحقیق تعیین شرایط بهینه تنظیمات بافت جهت کمینه نمودن ست مارک منسوجات کشسان میباشد. همگام با پیشرفت تکنولوژی، تکنیک های متعددی جهت تصحیح پدیده مذکور ارائه شده است. لکن به علت اعمال بارهای سیکلی به نخ ها در دو فاز تشکیل دهنه و دفتین زدن، و عدم مرز فیزیکی حد فاصل المان های نخ و پارچه، سنجش پدیده خزش و نیروهای دینامیکی را بر روی ماشین بافندگی پیچیده نموده است. بازخورد صحیح و مطمئن از موقعیت لبه پارچه، فرایند شناسایی و لذا اصلاح عیوب را تسهیل مینماید. با عنایت به تحقیقات میدانی انجام شده در این تحقیق سعی بر این شده است، تا نخستین بار ماژولی کاملا صنعتی بر پایه دانش مکاترونیک با قابلیت عملکرد مطمئن و خصوصیات منحصربفردی همچون عملکرد بدون تاخیر، استقرار در فاصله کمینه ای از موقعیت مرگ جلو، نصب بسیار آسان بدون ایجاد هرگونه خلل بر روند فرایند بافندگی توامان با قابلیت قابل حمل بودن جهت سنجش کمیت فوق الذکر طراحی و ارائه گردد. با عنایت به استقبال فراوان از منسوجات کشسان در عصر حاضر، پدیده ست مارک مبتنی بر روش طراحی آزمایشات تاگوچی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین در این پژوهش متغیرهای زاویه توقف، زاویه راه اندازی، زمان تشکیل دهنه و موقعیت عمودی پل تار بعنوان عامل های ورودی و کمینه نمودن میزان پراکندگی فواصل پودی از مقدار صحیح خود بعنوان تابع هدف در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که با توجه به سطوح عاملی انتخابی متغیرهای زاویه راه اندازی بیشترین تاثیر و زاویه توقف کمترین تاثیر را در بهینه سازی فرایند ایفا مینمایند.

کلمات کلیدی: موقعیت لبه پارچه، بهینه سازی تنظیمات بافت، حسگرهای سنجش جابجایی، روش تاگوچی

فصل اول
کلیات

۱-۱ مقدمه

شناخت دقیق و جامع ست مارک منوط به داشتن درک و آگاهی بسیط و عمیق از ساختار ماشین آلات بافندگی و همچنین فرایند تولید منسوج می باشد. عوامل متعددی در نحوه پیدایش آن نقش دارند، بعلاوه بحث تداخل، تاثیرات غیر خطی[1] و بعضا متناقض عامل ها، پیچیدگی های خاصی را در توصیف نحوه پیدایش ست مارک و لذا چگونگی رفع آن ایجاب نموده است.

با لحاظ نمودن جایگاه ست مارک در زیرمجموعه ارزیابی های کیفی منسوج، میتوان مبحث ست مارک را بعنوان یک شاخص[2] کیفی ارزیابی منسوج در نظر گرفت. مبحث کنترل کیفیت[3] نیز در ارتباط مستقیم با تولید محصول عاری از عیب می باشد، این در حالی است که نتایج مطالعات و کنکاش در این زمینه نشان میدهد که ست مارک نقش بسزایی را نیز در ارتقاء تکنولوژی ماشین آلات بافندگی و حتی تولید ایفا نموده است. با پیشرفت تکنولوژی مخصوصا در صنعت برق و ارتقاء کیفی نوع راه اندازی مکانیزم های اصلی شدت اثر پدیده setmark حتی در سرعت های بالا تا حدود زیادی کاهش یافته است، لکن هنوز وقوع این پدیده در منسوجات حساس منتهی به پیدایش ایجاد اثرات نامطلوب در منسوج میگردد.

آشنایی با چگونگی پیدایش این پدیده، تشخیص و اندازه گیری، و ابداع روش های پیشگیرانه و اصلاح کننده مبتنی بر آنالیزهای تئوری و تجربی، پیکره بندی مطالعات مزبور را شامل میشود. در نتیجه در نخستین قدم ضروری

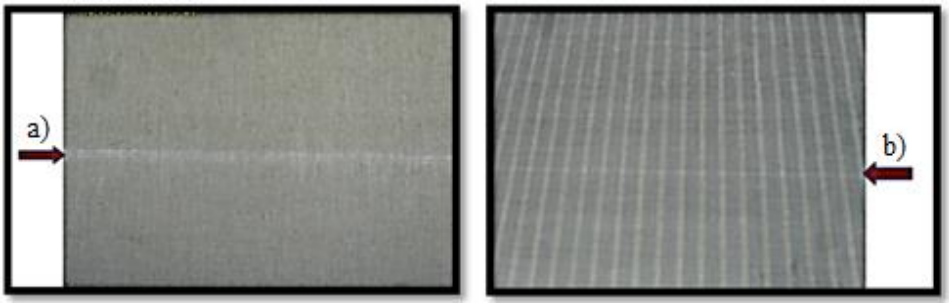
---

[1] non linearity
[2] indicator
[3] quality control (QC)

به نظر میرسد که در راستای ارائه این پژوهش مروری اجمالی بر پدیده ست مارک با عنایت به مطالعات کتابخانه ای صورت گرفته مرتبط با این تحقیق، با هدف شناخت بنیادین موضوع مذکور ارائه گردد.

۱-۲ شناخت پدیده ست مارک

پدیده ست مارک به عیوب[۱] مرئی در منسوج اشاره مینماید که منتهی به تولید منسوج با نایکنواختی در تراکم پودی[۲] با نمود تغییر در روشنایی یا درجه رنگ[۳] محدوده معیوب بافت میباشد. همچنین به موجب تغییرات تجعد و حتی قطر نخ ها، و ظهور نواحی ضخیم[۴] و نازکتر[۵] از بافت اصلی در پارچه، این پدیده زیر مجموعه عیوب "نایکنواختی در ضخامت"[۶] نیز بشمار می آید. خط اثر این پدیده را میتوان در امتداد طولی ماشین در زمان توقف به شکل یک سری خطوط عرضی[۷] به وضوح مشاهده نمود. همچنین ست مارک در دسته عیوب با ماهیت غیر تناوبی[۸] نیز شناخته میشود[۳, ۴, ۵].



شکل ۱-۱ طرحی از ست مارک در منسوج : (a) کاهش تراکم پودی، (b) افزایش تراکم پودی[۲۰]

در شکل ۱-۱ نمود اثر عیب مذکور در منسوج نشان داده شده است. نوع و طرح بافت زمینه و حتی نحوه تکمیل منسوج بر شدت اثر عیب مذکور تاثیر مستقیم دارد. از آنجا که عیوب ست مارک غیر قابل مرمت میباشند، در نتیجه تشخیص آن در مراحل رنگریزی و چاپ، بر مسائل خاص این پدیده می افزاید. در تحقیقی مطرح شده است که، نمود عیب در حالت تراکم کم اثر مشهودتری در قیاس با تراکم زیاد در منسوج باقی میگذارد[۶].

با لحاظ نمودن تشابه سیمای بصری عیب مذکور با عیوب دیگر، از جمله عیب نواری شدن[۹]، که یک رگه سرتاسری در عرض با منشا نایکنواختی در قطر نخ پود و یا اشکالات ماشین در پارچه ایجاد مینماید، میتوان به مشخصه بارز دیگر پدیده مذکور در قیاس با موارد مشابه یعنی زمان شکلگیری اشاره نمود. بدین نحو که این خطا در راه اندازی مجدد بعد از توقف ماشین[۱۰] در منسوج رویت میگردد.

---

[1] defects or faults
[2] irregular “insufficient/excessive” weft sett
[3] brightness or shade
[4] dense or jammed region
[5] thin or open region
[6] “unevenness of thickness”
[7] lateral & narrow
[8] non frequent occurrence or random
[9] barre
[10] in resume weaving after loom stoppage or interruption or standstill

معمولا، وسعت بافت معیوب ارتباط معنی داری با ساختمان پارچه و ساختار فرایند بافندگی دارد. توجه به این نکته نیز ضروری میرسد که این رده از خطاها در نخ های فیلامنت تنها با فاصله پودی بیش از ۲۰ میکرومتر و در نخ های استیپل با فاصله بیش از ۵۰ میکرومتر، قابل رویت میباشند[۷].

ست مارک از عیوب رایج، جدی، شدید و مهم[1] در صنعت نساجی بافندگی بوده است، و با تمام پیشرفت هایی که در طراحی مکانیزم ها روی داده است و نیز کاهش توقفات، به دلیل پیچیدگی های بارز خود هنوز به عنوان یک معضل، مخصوصا در ماشین های کارآمد[2] و منسوجات ظریف به شمار می آید، که با عناوین ذیل نیز شناخته میشود:

Start Up Marks; Stop Marks; Stoppage Marks; "Starting Places" Faults; Setting-On Areas; Repping Mark; Thick & Thin Places; Weft Streaks; Weft Stripes; loom Bar; (Heavy or Light) Weft or filling Bar; Standing Places; Pullback Places;

۱-۳ علل پیدایش

با هرگونه تداخل در مکان هندسی لبه پارچه حتی پود آخر، پدیده ست مارک رخ میدهد. نمود عیب در منسوج، بعلت تغییر ناگهانی فواصل پودی و سپس تغییر تدریجی شید کاملا بارز میباشد. منشا ظهور این پدیده را میتوان در عناوین ذیل مطرح نمود[۶].

- استراحت و یا خزش در ساختمان نخ و پارچه
- خصوصیات دینامیکی ماشین در زمان راه اندازی مجدد ماشین
- تنظیمات ماشین

در مورد اینکه کدام عامل با لحاظ نمودن اثر تداخل، بیشترین تاثیر را دارد، نظرات متفاوتی ارائه شده است. در ادامه مبحث، عوامل مذکور به طور مفصل مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

۱-۳-۱ استراحت و یا خزش در ساختمان نخ و پارچه

واکنش مواد پلیمری و برخی فلزات درزمانیکه تحت اثر یک نیرو از نوع کششی قرارمیگیرند، متفاوت با سایر اجسام میباشد. به طوریکه خاصیت مواد ویسکوز و الاستیک را در خود جمع نموده و عکس العمل غیر خطی از خود نشان میدهند. این رفتار درالیاف به علت ساختار پلیمری آنها نیز صدق مینماید[۱۰].

بخشی از ازدیاد طول لیف آنی و مستقل از زمان میباشد. بدین نحو که طبق قانون هوک عملکردی مشابه با سیستم فنر[3] دارد، که با رابطه ذیل تعریف میشود :

Hooke's Law $F = E^{[4]}.e$

در حالیکه بخش دیگر ازدیاد طول لیف تدریجی بوده و تابع گذر زمان میگردد. و طبق قانون نیوتون عملکردی

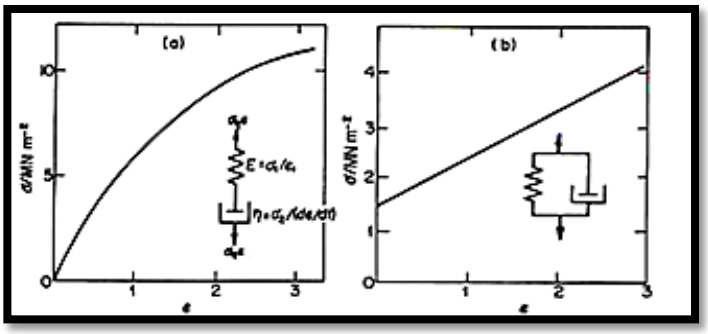
---

[1] ordinary & serious & severe & major
[2] high performance : able to produce a wide range of fabric widths & patterns at very high speeds
[3] Hookean spring or purely elastic
[4] Young's modulus or elasticity module

مشابه با سیستم کمک فنر[۱] دارد،که با رابطه ذیل تعریف میشود :

Newton's Law $F = \eta^{۲} . (de / dt)$ or $\sigma = \eta . (d\varepsilon / dt)$

دو نمونه از مدل های متنوع ارائه شده در رابطه با این نوع رفتار الیاف در شکل ۱-۲ نشان داده شده است[۱۰].



شکل ۱-۲ دو مدل رائه شده از رفتار متفاوت الیاف: (a) مدل ماسکول[۳]، (b) مدل کلوین-ویت[۴] [۱۰]

میتوان چنین ذکر نمود که ازدیاد طولی که در اثر اعمال نیرو در الیاف بوجود می آید و یا تنشی که در اثر کشیدن الیاف تا طول معین حاصل می شود، بستگی به مدت زمانی دارد که نیرو و یا ازدیاد طول در آن نمونه وجود داشته است. خزش واستراحت دو نوع تعریف مکمل در راستای توصیف کنش مذکور یعنی عملکرد الیاف تحت تاثیر عامل مشترک گذشت زمان بر خواص مکانیکی الیاف میباشند. البته عواملی همچون دما، رطوبت، نحوه آزمایش، سرعت آزمایش نیز باید در طول آزمایش مد نظر گرفته شوند. ویژگی های منحصربفرد فیزیکی و شیمیایی ساختار مولکولی هر ماده، مقدار و چگونگی روند تغییرات را توجیه مینماید[۱۰].

در پژوهش های آقای گرین وود، پدیده افت تنش یا خزش به عنوان عامل غالب جابجایی لبه پارچه و ایجاد عیوب ست مارک شناخته شده است[۱].

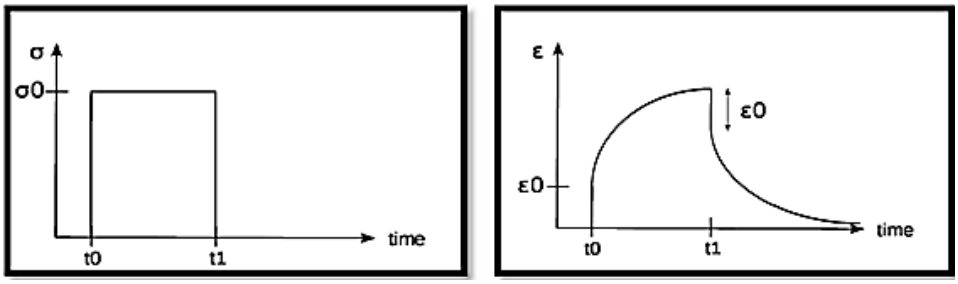
خزش[۵]

خزش روند ازدیاد طول لیف را تحت شرایط اعمال نیروی ثابت، در گذر زمان توصیف مینماید. بدین نحو که در امتداد اعمال نیرو به لیف نخست مقداری از طول لیف ناگهانی و آنی[۶] اضافه میشود که در صورت حذف نیرو نیز این ازدیاد طول باز بصورت آنی بازیابی[۷] میگردد، این ازدیاد طول و برگشت پذیری آنی معرف خصوصیت الاستیسیته ماده است. در مرحله بعد ازدیاد طول یا برگشت پذیری لیف تدریجی و در گذر زمان[۸] رخ میدهد، که

[1] Newtonian dashpot or purely viscous
[2] Young's modulus or elasticity module
[3] Maxwell model
[4] Kelvin-Voigt model
[5] creep
[6] immediate or instantaneous elastic deformation
[7] elastic recovery
[8] delayed extension

نشاندهنده خصوصیت ویسکوزی ماده است و خزش اولیه[1] نامیده میشود. بعد از حذف نیرو مشاهده میگردد که طول نمونه حتی با گذشت زمان به طور کامل بازیابی نمیگردد، توجیه این رفتار به خصوصیت پلاستیکی ماده باز میگردد. این تغییرات برگشت ناپذیر و همیشگی در ماده بنام خزش ثانویه[2] معرفی میگردد. در شکل ۱-۳ شماتیکی از پدیده خزش ترسیم شده است. جهت محاسبه خزش ثانویه در آزمایشات، چنانچه نمونه قبل از آزمایش تحت تاثیر یک نیروی ثابت در مدت زمان طولانی قرار گیرد، ازدیاد طول نشان داده شده در آزمایشات تنها نمایشگر مقدار خزش ثانویه است که به دنبال حذف نیرو، نمونه به طول اولیه خود باز میگردد [۹].

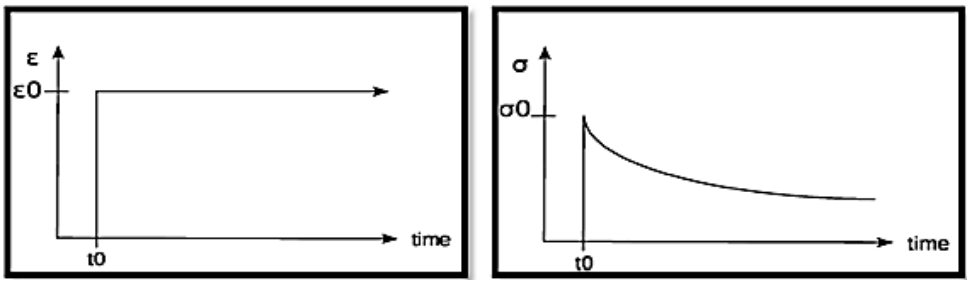
در ماشین آلات بافندگی در راه اندازی مجدد ماشین بعد از توقف، اگر ازدیاد طول نخ های تار در گذر زمان تنها خزش اولیه را شامل گردد، تنها موقعیت لبه تغییر مینماید. در حالیکه اگر ازدیاد طول نخ های تار در گذر زمان، ترکیبی از خزش اولیه و ثانویه باشد، علاوه بر جابجایی لبه، در مواردی به تغییرات در قطر نخ تار نیز منتهی گردد. مدل کلوین-ویت پدیده خزش را به وضوح نشان میدهد، لکن بازیابی با این مدل قابل استدلال نمیباشد.



شکل ۱-۳ کنش مواد ویسکوالاستیک تحت شرایط اعمال نیروی ثابت[۹]

استراحت[3]

استراحت روند افت تنش را در لیف تحت شرایط ازدیاد طول ثابت، در گذر زمان توصیف مینماید. مدل ماکسول رفتار الیاف را در این حالت نشان میدهد[۹]. در شکل ۱-۴ شماتیکی از پدیده استراحت ترسیم شده است.

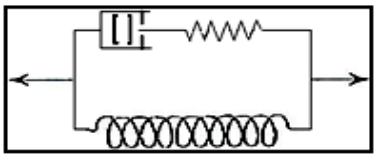


شکل ۱-۴ کنش مواد ویسکوالاستیک تحت شرایط اعمال ازدیاد طول ثابت[۹]

در ماشین بافندگی با عنایت به فرایند تناوبی تولید پارچه و متاثر بودن پدیده خزش یا استراحت از حضور نیروهای دینامیکی، توصیف آن در قیاس با حالت عادی متفاوت میباشد. چندین مدل آموزشی[1] تاکنون در راستای تخمین

[1] primary creep
[2] secondary creep
[3] stress relaxation

مقدار جابجایی لبه، منشا گرفته از خصوصیت ویسکوالاستیک نخ و پارچه، جهت اصلاح و جبران ارائه شده است. در یک مدل ارائه شده همانطور که در شکل۱-۵ مشخص است، جهت نمایش عملکرد الیاف در ماشین بافندگی از مدل ماکسول موازی با فنر با کرنش غیر خطی استفاده شده است. نتایج تجربی حاصل از آزمایشات و روابط تئوری مدل مذکور همبستگی خوبی را نشان میدهند[۱۰].



شکل ۱-۵ مدل ترسیمی از کنش مجموعه الیاف و نخ بر روی ماشین[۱۰]

هرگاه رفتار مکانیکی نخ ها بر روی ماشین در دستگاه tensile tester شبیه سازی[۲] شود، انتظار میرود سه نوع واکنش متفاوت ذیل مشاهده شود.

۱- استراحت معمول[۳]: کاهش تنش در ازدیاد طول ثابت

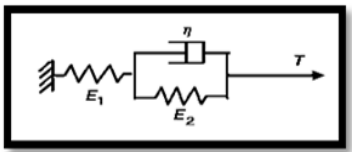
۲- استراحت وارونه[۴]: افزایش تنش در ازدیاد طول ثابت

۳- استراحت مرکب[۵]: نخست افزایش تنش و سپس کاهش تنش تحت ازدیاد طول ثابت

بنابراین سطح نیرویی که افت تنش در آن شروع میشود، در مبحث استراحت مهمترین عامل میباشد. نحوه سنجش استراحت به صورت تئوری به شکل ذیل میباشد :

*residual f = f(during relaxation test/at which of measurement relaxation begins)*100*

بنابر مدل دیگری که از مجموعه المان های نخ تار و پارچه روی ماشین منطبق با شکل ۱-۶ ترسیم شده است، ادعا شده است مقدار جابجایی لبه بعد از توقف کاملا قابل پیش بینی و احتساب میباشد[۱۱].



شکل ۱-۶ مدل ترسیمی از کنش مجموعه نخ و پارچه بر روی ماشین[۱۱]

به طور کلی میتوان چنین بیان نمود که، چنانچه در بارهای متناوب اعمال شده سطح بالای نیرو از نقطه تسلیم عبور نماید، مقدارتغییرات برگشت پذیر تا کاهش و برگشت ناپذیر افزایش می یابد. و چنانچه دو سطح نیرو ثابت بماند، نرخ خزش اولیه نیز ثابت میماند ونرخ خزش ثانویه نیز بعد از هر آزمایش کاهش می یابد. پس از گذشت

---

[1] instron models
[2] simulate
[3] ordinary relaxation
[4] inverse relaxation
[5] mixed relaxation

مدت زمانی با ثابت شدن این دو نرخ لیف حالت ارتجاعی و فنریت پیدا میکند و منحنی تنش-کرنش در این موقع به شکل یک حلقه در می آید، یعنی برای حالت بازیابی در یک سطح نیروی ثابت پدیده هیسترسیس واقع میشود. اتلاف گرمایی ایجاد شده ناشی از این پدیده در موقع انتخاب جنس نخ با توجه به شرایط اعمال نیرو حتما باید در نظر گرفته شود، این مبحث در نخ های دو جزئی بیشتر باید توجه شود.

تغییر شکل در الیاف از هر دو منظر ازدیاد طول در نیروی ثابت و تغییرات تنش در ازدیاد طول ثابت تحت اثر زمان، متاثر از عوامل متعدد دیگری همچون موارد ذیل نیز است. لذا در تنظیمات بافت نباید تنها به نتایج آزمایشات اعمال شده بر نخ اکتفا نمود[۱۲ ,۹].

- فاصله زمانی اعمال شده در هر مبحث خزش یا استراحت مستقیما بر خواص مکانیکی الیاف تاثیر گذار است. چنانچه تغییر شکل در لیف در گذر زمان تا ثبات و یکنواختی توزیع تنش در تمام نمونه ادامه دارد. البته در مواردی ممکن است حتی منتهی به گسیختگی گردد.
- اعمال نیرو با سرعت کم و یا زیاد تاثیر مستقیم بر تغییر دمای نمونه خواهد داشت. واکنش الیاف در مقابل نیروها به شکل ایستا یا پویا متفاوت میباشد.
- با افزایش تعداد معینی بارهای تکراری در یک سطح نیرو، خزش الاستیک ثابت و خزش پلاستیک تا حدی افزایش و سپس ثابت میگردد. در نتیجه لیف رفتارکاملا برگشت پذیری از خود نشان میدهد.
- مقدار خزش یا افت تنش ارتباط مستقیم با اندازه سطوح نیروی اعمالی دارد.
- سر گذشت لیف، نیروها و تغییر طول های اعمال شده از زمان ساخت لیف تا زمان تولید نخ، بر خواص مکانیکی و نوع کنش نخ در مرحله بافندگی موثر میباشد.
- و در آخر نکته ای که کمتر در آزمایشات مورد توجه قرار گرفته است، تفاوت نرخ خزش یا شدت روند استراحت در الیاف، حتی با ثابت ماندن جنس، از یک لیف به لیف دیگر میباشد.

بنظر میرسد، ذکر مطالب ذیل در درک عمیقتر این مباحث تا حدودی مفید واقع بشود.

در ماشین بافندگی، روند تاثیرگذاری عامل خزش بدین نحو میباشد که موقع توقف، به علت تغییر طول نخ تار یا پارچه و یا هر دو، مرز[1] بین پارچه و نخ های تار در اثر ازدیاد طول نخ ها تا حدی از جایگاه اصلی خویش یا به عبارتی محل برخورد دفتین با آخرین پود، فاصله میگیرد. جابجایی بنابر نوع نخ ها و خصوصیات ماشین در دو جهت ممکن است، صورت پذیرد. چنانچه خزش در پارچه بیش از نخ های تار باشد، یا به هر علت دیگری جابجایی، منفی، یعنی به سمت چله باشد، رگه پودی از نوع "کوبش اضافی"[2] در موقع راه اندازی در پارچه شکل میگیرد. به عبارتی دیگر پود گذاشته شده در زمان راه اندازی نزدیکتر از حد معمول قبل از توقف قرار میگیرد و در نتیجه افزایش ضخامت در راستای این انطباق[3] به طور کاملا محسوسی در منسوج پدیدار میگردد. بالعکس چنانچه خزش در نخ های تار بیش از پارچه باشد، یا به هر علت دیگری جابجایی، مثبت، یعنی به سمت غلتک

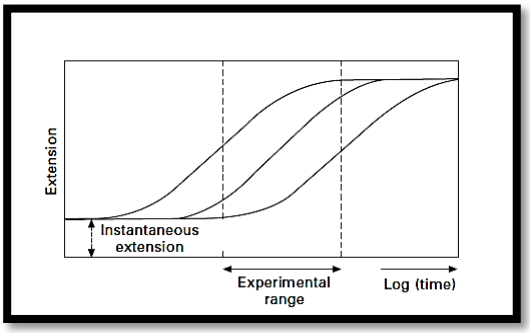
[1] fell point (boundary or borderline)
[2] overbeating
[3] superposition

پارچه[1] باشد، یک رگه پودی به شکل یک شکاف[2] در موقع راه اندازی در پارچه شکل میگیرد. به عبارتی دیگر پود گذاشته شده در زمان راه اندازی دورتر از حد معمول قبل از توقف قرار میگیرد[۴].

با در نظر گرفتن رفتار ویسکو الاستیک[3] الیاف، لکن ملاحظه میگردد که المان های نخ و پارچه رفتار متفاوتی را در شرایط برابر مقابل اعمال یک نیروی ثابت از خود بروز میدهند، که علت را میتوان در ساختار متفاوت و حضور عنصر دیگری بنام نخ پود بررسی نمود[۱۳].

به عبارتی دیگر نخست باید کنش ویژگی مشترک این دو المان یعنی لیف و ساختار داخلی آن مورد بحث قرار گرفته، و سپس ویژگی های غیر مشترک که همان آرایش فیزیکی نخ و پارچه و نخ پود میباشد، ارزیابی شود. در مبحث خزش، بسته به مقدار نیروی اعمالی، نخست ماکرومولکول ها و پیوند بین آنها تحت تنش قرار میگیرند، که منتهی به کشیده شدن ماکرو مولکول ها و پیوند بین آنها، گسیختگی پیوندها، لغزش ماکرومولکول ها و در نهایت پارگی میگردد. در مبحث استراحت نیز بسته با مقدار کشیده شدن نخست تنش بین ماکرومولکول ها و پیوند ما بین آنها پخش میشود و پس از شکسته شدن پیوندها تا اکتساب حد تعادل افت مینماید[۹].

به علت خاصیت ویسکو الاستیک الیاف، زمان، عامل اصلی در نوع رفتار نخ و پارچه در برابر اعمال نیرو هستند. در بررسی عامل گذشت زمان، معمولا آزمایشاتی بر روی نمونه ای از نخ و پارچه، جهت تنظیم صحیح تنظیمات بافت قبل از تعویض کالیته انجام میگیرد. علیرغم ارتباط مستقیم ما بین گذشت زمان و شدت اثر عیب، باید این نکته نیز در نظر گرفته شود که گرچه شکل منحنی خزش و استراحت الیاف با یکدیگر متفاوت است، لکن این به دلیل محدودیت زمان میباشد. همانطور که در شکل ۱- ۷ مشخص است، با حذف محدودیت زمان منحنی تمام الیاف هلالی[4] شکل میباشد. به عبارتی دیگر روند طی منحنی در مواد ویسکو الاستیک یکسان میباشد، لکن زمان رخداد این نغییر وضعیت که در شکل به صورت تغییر شیب خود را نشان داده است، متفاوت میباشد[۹, ۱۴].



شکل ۱- ۷ نمایش منحنی در محدوده وسیعی از زمان[۹]

۱-۳-۲ خصوصیات دینامیکی ماشین در زمان راه اندازی مجدد ماشین

جابجایی لبه پارچه در زمان توقف، سبب تداخل در نیروی کوبش شده و تراکم پودی از حالت صحیح انحراف

[1] take-up rolling
[2] gap
[3] viscose-elastic
[4] sigmoidal

پیدا میکند. در مورد نیروی کوبش و ارتباط آن با مقدار پیشروی سه تئوری ارائه شده است، که هر سه مورد به این مطلب اذعان دارند که در راستای اعمال نیروی لازم جهت ایجاد تراکم حتما پیشروی در لبه پارچه لازم است. عناوین این سه تئوری به شرح ذیل میباشند[۱۵]:

- سرعت[1] : چنانچه لبه پارچه در موقعیت مرگ جلو باشد، سرعت صفر است. در حالیکه جهت رسیدن نیرو به انرژی کافی به مقداری سرعت نیاز است، در نتیجه لازم است دفتین قبل از رسیدن به مرگ جلو با لبه پارچه برخورد نماید.
- تماس (زمان)[2]: چنانچه لبه پارچه در موقعیت مرگ جلوی دفتین باشد، تماس تقریبا صفر است. در صورتیکه نیروی اعمالی با مدت زمان تماس رابطه مستقیم دارد.
- کشش اضافی[3] : چنانچه لبه پارچه در موقعیت مرگ جلو باشد، برخوردی بین لبه و دفتین نمیباشد. با پیشروی لبه و برخورد دفتین با آن کشش پارچه و نخ تار تغییر میکند. به عبارتی در موقع کوبش با افزایش کشش نخ های تار و کاهش کشش پارچه، نخ پود در دهنه قرار میگیرد.

از بین تئوری های مذکور تنها تئوری کشش اضافه است که طبق روابط ذیل فرموله شده است.

1. $BF^{4} = T_W - T_F$
2. $T_W = T_0 + E_W \,.\, Z \,/\, L_W$
3. $T_F = T_0 - E_F \,.\, Z \,/\, L_F$
4. $BF = Z \,.\, (E_W / L_W + E_F / L_F)$

BF : نیروی دفتین؛ T : کشش؛ Z : پیشروی بعد از هر پودگذاری؛ E : مدول الاستیسیته؛ L : طول آزاد

در زمانیکه نیروی دفتین به لبه پارچه اعمال میشود، نیرویی تحت عنوان مقاومت بافندگی در جهت عکس از طرف لبه پارچه به شانه وارد میشود، که متاثر از اصطکاک بین نخ های تار و پود میباشد. مقدار این مقاومت در موقعیت مرگ جلو برابر با نیروی دفتین میشود. برای این عامل رابطه تجربی ذیل به اثبات رسیده است[۱, ۲].

5. $W.R^{5} = K / (P - D)$
6. $(1)\ \&\ (2) : K^{*} = (L^{*} + P) \,.\, (P - D)$
7. $(1)\ \&\ (2) : K^{*} = K / (E_W / L_W + E_F / L_F)$

K : مقدار ثابت؛ P : متوسط فاصله پودی[6]؛ D : قطر نخ پود؛ K^{*} : ثابت گرین وود؛ L^{*} : پیشروی لبه

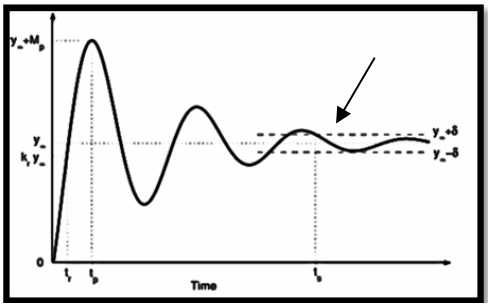
همانطور که در رابطه گرین وود یا معادله شماره (۶) ملاحظه گردید، از لحاظ تئوری کوچکترین تغییری در هر

---

[1] velocity
[2] contact (time)
[3] excess tension
[4] beat up force
[5] weaving resistance
[6] average pick spacing

یک از متغیرها منتهی به ناپایداری کل سیستم میگردد. نکته ای که باید در نظر گرفته شود اینست که برخی از این تغییرات جزئی از خصوصیت ذاتی سیستم و مطلوب میباشد. در راه اندازی مجدد یکی از این ناپایداری های نامطلوب، لختی یا همان قانون اینرسی می باشد، که ماشین نمیتواند سریع به سرعت نامی خود دست یابد. علاوه بر لختی مکانیکی، پسماند مغناطیسی هم تاحدودی تاثیرگذار است. در سایر مکانیزم هایی هم که نیروی خود را از طریق شافت اصلی تامین مینمایند، لختی به شکل یک تابع غیر خطی یا نمایی افزایش می یابد. مدت زمانی که در یک سیستم به طول می انجامد، تا آن سیستم به نقطه کار خود برسد، تحت عنوان زمان نشست یا تثبیت یا قرار[۱] شناخته میشود. نقطه کار در فرایند بافندگی، به معنای اکتساب سرعت وشتاب[۲] واقعی خود میباشد.

همانطور که در شکل ۱-۸ مشاهده میفرمایید، میتوان پاسخ پله یک سیستم درجه دوم را برای درک بهتر این زمان به صورت فرضی صرف مقایسه، مطرح نمود. در مقالات به این زمان تاخیر در موقع راه اندازی ماشین اشاره شده است، لیکن در موقع توقف نیز این لختی میتواند تا حدی موثر باشد و در نیروی کوبش پود آخر و حتی مقدار لغزش پود آخر[۳] خلل ایجاد نمایند. در سیستم های پایدار و موفق زمان نشست کمترین مقدار را دارد. موقعیت نخ ها در زمان توقف یکی از مباحثی است که میتواند بر مقدار زمان مذکور تا حدودی تاثیر داشته باشد.



شکل ۱-۸ نمایی از پاسخ پله یک سیستم درجه دوم

ناپایداری در سرعت و لذا نیرو و مسافت طی شده توسط دفتین، نوسانات پل تار[۴] و سایر مکانیزم های اصلی و حتی فرعی ماشین از جمله متغیرهای متاثر از ناپایداری دینامیکی نیروها قبل از وضعیت پایدار[۵] می باشند[۵].

۱-۳-۳ تنظیمات ماشین[۶]

مبحث فوق از دو جنبه قابل ارزیابی است، در حالیکه تنظیمات ماشین خود یکی از علل ایجاد عیب ست مارک شناخته میشوند، به شکل قابل تاملی نیز در شدت اثر پدیده ست مارک ناشی از دو مبحث استراحت یا خزش و خصوصیات دینامیکی ماشین در زمان راه اندازی مجدد تاثیرگذار است[۱۶].

ست مارک سابقه دیرینی در صنعت نساجی دارد. در همین راستا برخی از عواملی که در سال های گذشته بر این

---

[1] settling time (t_s)
[2] full working speed or acceleration
[3] pick slipping back
[4] back rail
[5] steady or stationary running state
[6] loom operational features