تکنولوژی نساجی

بررسی و شبیه‌سازی مکانیزم دفتین‌زنی ماشین بافندگی

مینا بهادری[1]/ رسول فشارکی‌فرد[1]/ هوشنگ نصرتی[1]

چکیده

دفتین‌زنی یکی از مهمترین اعمال اصلی فرآیند بافندگی است و نقش زیادی در سلامت پارچه دارد. این مقاله به تحلیل دینامیکی مکانیزم ٤ میله‌ای دفتین زنی که از رایج‌ترین و پرکاربردترین مکانیزم‌های مکانیکی است؛ می‌پردازد.

ابتدا مدل هندسی سه بعدی دفتین به همراه شانه، لنگ و شاتون با دقت ابعادی لازم طراحی می‌شود. در نرم افزار محاسباتی متلب/سیم اسکیپ با تعیین سرعت به عنوان ورودی مدل ، نیرو و شتاب خروجی دفتین مطابق یک دستگاه بافندگی به دست می‌آیند.

جهت صحه‌گذاری نتایج شبیه‌سازی، آزمایش‌هایی برای اندازه گیری نیرو بر روی دستگاه بافندگی انجام گرفته است. کشش تعدادی سرنخ به صورت تصادفی در طول دستگاه بافندگی اندازه گیری شده است. نتایج به‌دست‌آمده برای کشش وارده به نخ تار و شتاب دفتین با استفاده از اندازه‌گیری کشش نخ‌های تار، شبیه‌سازی مکانیزم دفتین‌زنی با نرم‌افزار با هم مطابقت داشته‌اند. خطای حاصل از انجام این مدل سازی در هر دو حالت حداکثر ٤ درصد است که با توجه به تجهیزات مقدار قابل پذیرشی دارد.

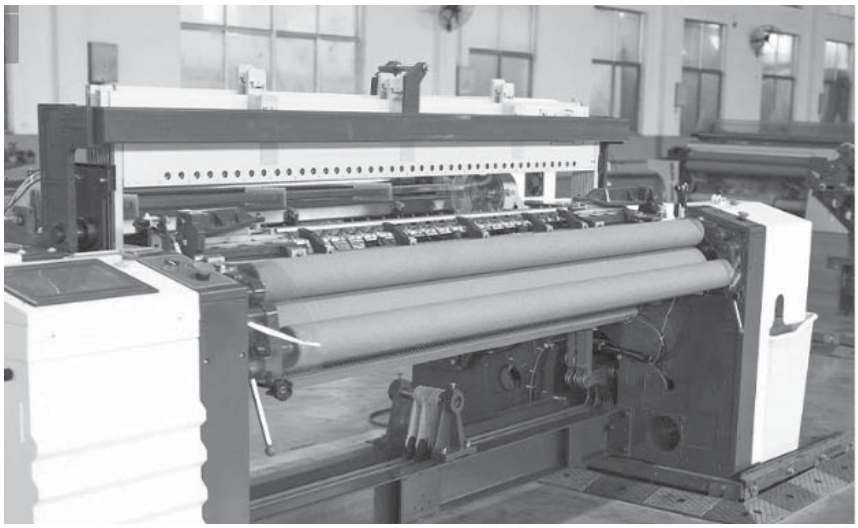
۱-مقدمه

در بافندگی تاری‌پودی، ساختار پارچه بر اساس درهم‌رفتگی دو دسته نخ تار و پود تشکیل می‌شود.

از اصول مشترک در روش‌های مختلف این بافندگی استفاده از دفتین در مرحله دفتین‌زنی است.

دفتین قطعه سنگینی است که برای کوبیدن نخ پود به لبه پارچه در حال بافت، کاربرد دارد و مستحکم کردن بافت پارچه نیز از وظایف دفتین است.

در این مرحله از فرآیند، زمانی که نخ پود در دهنه گذاشته شد، دور از موقعیت نهایی خود قرار می‌گیرد. موقعیت نهایی همان لبه پارچه

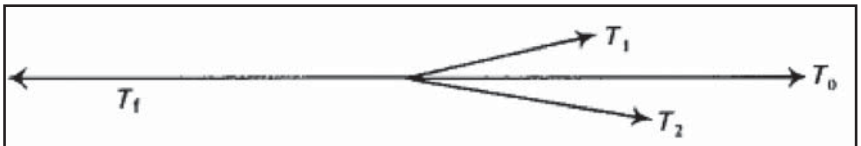


است که یک خط مجازی روی محل شروع پارچه محسوب می‌گردد.

دلیل این موضوع، شکل خاص پودگذاری است که نمی‌تواند دقیقاً به لبه پارچه بچسبد. بنابراین نخ پودی که تازه در دهنه‌کار، قرار داده شده است باید با کمک فشار شانه بافندگی و نخ‌های تار به موقعیت نهائی‌اش آورده شود. کوبیدن دفتین باعث فشار دادن آخرین نخ پود به لبه کار به وسیله شانه است.

به دلایل عملی تا زمانی که دفتین کوبیده نشود پارچه تشکیل نمیشود. ارتباط تنگاتنگی مابین تشکیل دهنه و کوبیدن دفتین وجود دارد که آن را نوع نخ و طرح بافت تعیین می‌کند. برای

پودگذاری مؤثر همراه با کمترین کشش نخ‌های تار، تشکیل دهنه و کوبیدن دفتین باید به نحوه مناسبی زمان‌بندی شده و با همدیگر هماهنگ باشند.



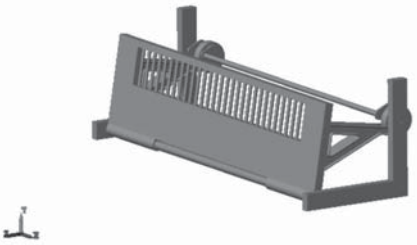
شکل ۱. کشش نخ تار و پارچه[۲]

شکل ۲. اندازه‌گیری کشش نخ تار

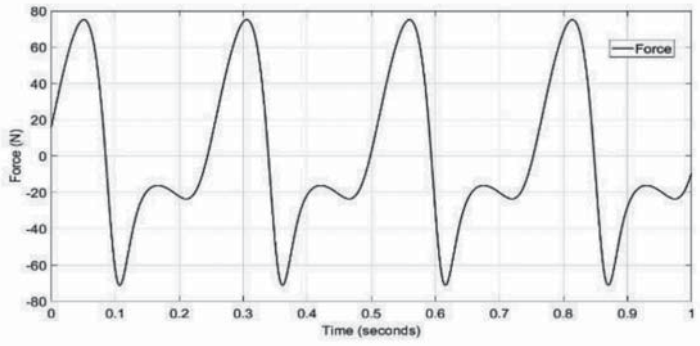
اصولاً کوبیدن دفتین برای نخهای فیلامنت در دهنه باز (دیر) و برای نخهای ریسیده شده در دهنه بسته (زود) اتفاق می‌افتد.
در طول دفتین زنی، نخهای پود در جهت مخالف نیروهای اصطکاکی نخهای تار فشار داده می‌شوند.
کوبیدن نخهای پود به نیروی قابل ملاحظه‌ای نیاز دارد. پروسه دفتین‌زنی نسبتاً پیچیده بوده و هر چه به طرف لبه پارچه نزدیکتر شود، نیروی دفتین زنی بیشتر می‌شود.
در هنگام فشار دادن نخ پود به لبه پارچه، کشش نخ تار افزایش یافته و کشش پارچه کاهش می‌یابد.
مناطقی از پارچه که نزدیک لبه هستند ساختمان واقعی پارچه را نشان نمی‌دهند زیرا فاصله بین نخها یکدست نیست.
پس از کوبیدن دفتین، زمانی که شانه برمی‌گردد، کشش تار نیرویی بر روی چند پود آخر اعمال می‌کند و این پودها تمایل دارند تا به طرف اسنوی تار برگردند. این نیرو با مقاومت اصطکاکی نخهای تار متعادل می‌شود.
زمانی که سیکل بعدی دفتین‌زنی انجام شود، نخهای جدید پود قرار داده شده و توسط شانه به لبه کار فشار داده می‌شوند. نخهایی هم که از قبل در حال لیز خوردن به سمت عقب بودند دوباره به لبه کار فشار داده میشوند.
در بسیاری از حالت به منظور دادن فاصله کمتر به نخهای پود و داشتن ظاهر پارچه مناسب دهنه کار نامتقارن می‌شود.
این دهنه نامتعادل باعث می‌شود موقعیت متفاوتی در دهنه زیر و دهنه رو به وجود آید. نخهای دهنه بالایی کوتاه‌تر شده و کشش کمتری دارند. اما نخهای دهنه زیری، بلندتر شده و کشش بیشتری ایجاد می‌کنند که بر کیفیت پارچه تأ ثیر می‌گذارد.
برای انجام دفتین‌زنی چندین مکانیزم نظیر بادامکی، میل‌لنگی ۴ میله و میل‌لنگی ۶ میله وجود دارد که مکانیزم میل‌لنگی ۴میله از همه رایج‌تر است.
به واسطه آن می‌توان حرکت دورانی موتور را به حرکات دیگر (مثل حرکت های نوسانی) تبدیل نمود.
این مکانیزم، کاربردهای مختلفی در دستگاه‌های بافندگی دارد و از یک قسمت ثابت، عضوهای متحرک با حرکت دورانی حول یک نقطه که لنگ نامیده می‌شوند و عضو رابط بین لنگ‌ها که میله رابط نامیده میشود تشکیل شده است.
بر مبنای این مکانیزم، این مقاله ابتدا به نیروهای مؤثر در عملیات دفتین‌زنی و روش اندازه‌گیری تجربی آن می‌پردازد.
ابتدا یک مدل سه‌بعدی مناسب و کاهش‌یافته برای تحلیل دینامیکی آن ایجاد می‌شود تا در مرحله بعد به کمک شبیه‌سازی نرم افزاری بتوان
نیروهای عملیات را پیش‌بینی نمود. سپس خروجی این مدل با نتایج روابط دینامیکی گزارش شده در مرجع مطابقت داده می‌شوند.
در پایان به کمک نتایج به دست آمده در شرایط مختلف، مقایسه و صحت خروجی مدل مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲-نیروهای مؤثر بر دفتین‌زنی و اندازه‌گیری تجربی

نیروهای متقابل در طی دفتین‌زنی، نیروی دفتین‌زنی (ضربه‌زنی) مقاومت بافندگی و کشش پارچه و نخ تار هستند.
نیروی دفتین‌زنی شامل نیروهای وارد شده به وسیله شانه بر روی نخهای تار و سیستم پارچه در طول دفتین‌زنی است.
این نیرو باید بر مقاومت نخهای تار و پود تحت‌فشار غلبه کند .
مکانیزم‌های دفتین‌زنی توانایی‌های متفاوتی برای انتقال نیروی کافی به پود در طول دفتین‌زنی را دارند.
تراکم پودی، ضریب اصطکاک بین نخ تار و پود، کشش‌های پایه نخ تار و نسبت کششی در صفحات تار، سرعت بافندگی و زمان‌بندی



شکل ۳. نمایی از مدل سه‌بعدی مکانیزم دفتین زنی در محیط سیم‌اسکیپ



شکل ۴. نمودار نیرو حاصل از مدل دینامیکی

دهنـه، از عوامـل کلیدی تأثیرگـذار بـر روی نیروی دفتیـن زنـی و حرکـت نـخ پـود در طـی فرآینـد دفتین‌زنـی اسـت.

نیـروی دفتین‌زنـی فشـار قابـل توجهـی را بـه وسـیله شـانه روی لبـه پارچـه در هنـگام دفتین‌زنـی اعمـال می‌کنـد.

شـانه می‌توانـد تنهـا در صورتـی روی پـود فشـار بیـاورد کـه پـود در برابـر جابجایـی مقاومـت کنـد. ایـن فراینـد مقاومـت بافندگـی نامیـده می‌شـود. نیـروی دفتین‌زنـی و مقاومـت بافندگـی برابـر و معکـوس هـم هسـتند.

پـود از طریـق کشـش پارچـه و تـار در برابـر جابجایـی مقاومـت می‌کنـد.

مطابـق شـکل۱، T_1 و T_2کشـش در صفحـات بالایـی و پاییـنی نخهـای تـار درسـت قبـل از ضربـه زدن شـانه بـه پـود و T_0برآینـد آنهـا را نشـان می‌دهـد.

اگـر T_f کشـش در پارچـه و T_w کشـش در نـخ تـار باشـند، نیـروی دفتین‌زنـی معـادل تفـاوت آنهـا (T_w-T_f) اسـت و ایـن تفـاوت متناسـب بـا جابجایـی شـانه در حیـن دفتین‌زنـی افزایـش می‌یابـد.

مقاومـت بافندگـی معـادل و مخالـف نیـروی دفتین‌زنـی بـوده و متناسـب بـا جابجایـی شـانه از موقعیـت اصلـی خـود اسـت.

اوج نیـروی دفتیـن زنـی متناسـب بـا حداکثـر جابجایـی لبـه پارچـه یعنی معـادل موقعیـت نهایی لبـه پارچـه اسـت.

بـا توجـه بـه معلـوم بـودن نیـروی کشـش پارچـه، بـرای اندازه‌گیـری نیـروی دفتین‌زنـی می‌تـوان بـه صـورت غیرمسـتقیم کشـش در نـخ تـار را اندازه‌گیـری کـرد.

بـرای اندازه‌گیـری کشـش، پنـج نـخ تـار مختلـف بـا فاصلـه مشـخص در پنـج عـرض مختلـف ماشـین بافندگـی اسـمیت انتخـاب شـد.

همانطـور کـه در شـکل ۲ مشـاهده میشـود هـد را بـه صـورت عمـود بـر نـخ تـار قـرار داده، بـه صورتـی کـه نـخ تـار از بیـن حسـگر و راهنماهـای هد عبور کند.

بـرای ایجـاد دقت بـالا در آزمایـش و جلوگیـری از لـرزش ایجـاد شـده بـه وسـیله ماشـین بافندگی در حیـن بافـت بهتر اسـت

از یـک پایـه و گیـره نگهدارنـده بـرای نگهداشـتن هـد اسـتفاده شـود.

سـپس ماشـین بافندگـی روشـن می‌شـود تـا عملیـات بافـت انجـام شـود.

همزمـان دسـتگاه ثبت‌کننـده کشش‌سـنج نیـز فعـال شـده و روی سـرعت ۲۵ میلیمتـر بـر ثانیـه، قـرار داده می‌شـود.

ایـن دسـتگاه ثبت‌کننـده بـرای هـر نـخ تـار منحنـی مشـخصی را رسـم می‌کنـد. تراکـم نمـودار (جمع‌شـدگی و بازشـدگی نمـودار)، بـا دکمه‌هـای تعبیـه شـده روی دسـتگاه ثبـات کـه سـرعت کاغـذ را تغییـر می‌دهـد، تنظیـم و داده‌هـا ذخیـره می‌شـوند.

بـه دلیـل متغیـر بـودن نتایـج دسـتگاه، از میانگین‌گیـری پنـج کشـش اندازه‌گیـری شـده بـه طـور متوالـی اسـتفاده شـد. بـه ایـن صـورت کـه در ابتـدا نقـاط پیـک هـر نمـودار بررسـی و میانگیـن

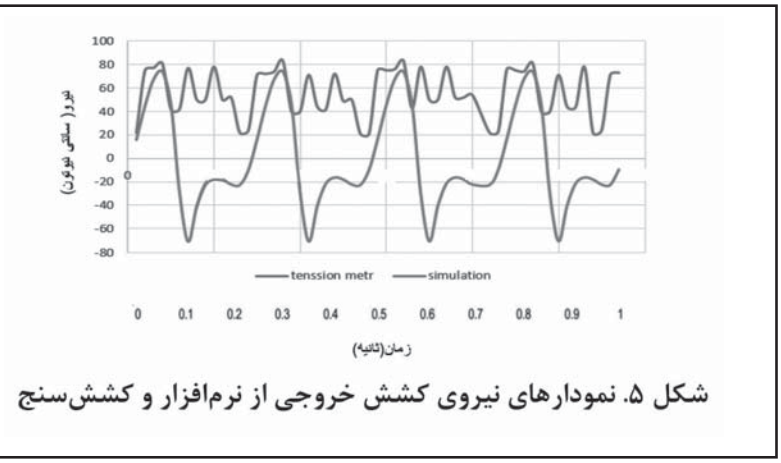
آنهـا محاسـبه شـده اسـت. همچنیـن میانگیـن کلـی پنـج نمـودار)پنـج موقعیـت مختلـف نخ‌هـای تـار(نیـز محاسـبه شـده اسـت.

۳-مدل‌سـازی سـه‌بعدی و تحلیـل دینامیکـی

مدل‌سـازی سـه‌بعدی دفتیـن بـا مکانیـزم ۴ میلـه در نرم‌افـزار طراحـی سـالید ورک انجـام شـد.

به‌منظـور کاهـش مـدل بـرای سـهولت در انجـام شبیه‌سـازی‌ها، تنهـا قطعـات متحـرک دفتیـن و شـانه مدل‌سـازی سـه بعـدی شـدند و مطابـق شـکل ۳ در محیـط سیم‌اسـکیپ نرم‌فـزار متلـب وارد شـدند .

بـه ایـن ترتیـب می‌تـوان مـدل دینامیکـی مجموعـه دفتیـن را ایجـاد نمـود. بـا نصب حسـگر و خروجـی گرفتـن از قسـمت‌های مختلـف مـدل، کمیت‌هـای مـورد نظـر ماننـد شـتاب و نیـرو بـه دسـت آمـد.در میـان پارامترهـای مختلـف ماشـین



شکل ۵. نمودارهای نیروی کشش خروجی از نرم‌افزار و کشش‌سنج

بافندگی، خروج از مرکز دفتین بیشترین اهمیت را دارد و بر اساس آنکه باید دفتین‌زنی آرام انجام شود یا تند و توأم با ضربه، مقدار آن تعیین می‌شود.

باید توجه داشت شاتون با طول بلند امکان استفاده از یک ساختار سبک ماشین بافندگی را فراهم می‌کند ، درحالی که شاتون کوتاه نیاز به ساختار سنگینی برای ماشین بافندگی دارد که به وزن و جرم قطعات نوسان‌کننده می‌افزاید و نیروها را بیشتر می‌کند.

در اینجا داده‌های ماشین راپیری اسمیت ۴۰۰TP Nuvopignone SMIT که برای آزمایش تجربی استفاده شد، به مدل داده شد. سرعت دوران محور مکانیزم در این ماشین، هنگام انجام آزمایش ۲۳۶ دور بر دقیقه است. با اعمال ورودی سرعت به محور موتور، شتاب دفتین در طول فرآیند و نیروی وارد از دفتین به پارچه و در نتیجه نیروی کشش خروجی مطابق شکل ۴ نسبت به زمان به دست می‌آید.

مقایسه شتاب حاصل از محاسبات بر مبنای مرجع شتاب[۲] ۴۲/۷ m/s را برای دفتین پیش‌بینی می‌کند. حال آنکه شتاب خروجی نرمافزار سیم‌اسکیپ [۲] ۴۳/۲ m/s است.

این تقریب مناسب، امکان می‌دهد سایر نتایج مدل هم اعتبارسنجی شود.

در بخش نیروی اندازه‌گیری شده برای دفتین، داده‌های حسگر کشش نخ، برای میانگین ۵ نخ است، در صورتی که نتایج سیم‌اسکیپ به ۲۶۰۰ سرنخ مربوط می‌شود و برای مقایسه داده‌های سیم‌اسکیپ، باید نیروی محاسبه شده توسط سیم‌اسکیپ را بر تعداد سرنخ‌ها تقسیم کرد.

حداکثر مقدار تجربی برای هر سرنخ ۷۵/۱۱سانتی نیوتون بود که از طریق نرمافزار، مقدار حداکثر ۷۸ سانتی نیوتون حاصل شد. ساده‌سازی مدل سه‌بعدی و تقریب در محاسبات عددی منجر به خطاهایی در نتایج می‌شوند که در اینجا محدوده قابل قبولی دارند.

شکل۵، مقایسه‌ای از تغییرات نیرو در مدت ۴ بار رفت و برگشت دفتین که به‌وسیله شبیه‌سازی سیم‌اسکیپ و دستگاه کشش‌سنج به دست آمده است را به ترتیب در دو منحنی قرمز و آبی نشان میدهد.

در نتایج نرم‌افزار، بخش منفی نیرو به دلیل برگشت دفتین هم مشاهده می‌شود که بر روی کشش‌سنج قابل اندازه‌گیری نیستند. همچنین نتایج حاصل از کشش‌سنج دارای نوسانات ناخواسته‌ای است که هنگام رها شدن سرنخ‌ها پس از اعمال ضربه توسط دفتین، در آن به وجود می‌آیند.

با این وجود نتایج کلی حاصل از انطباق دو منحنی در مدت زمان مشخص، اعتبار نتایج مدل را تأیید می‌کند.

٤-نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی مکانیزم دفتین زنی و شبیه‌سازی دینامیکی مکانیزم دفتین‌زنی پرداخته شد.

رایج‌ترین مکانیزم مورد استفاده در دفتین‌زنی، مکانیزم ۴ میله است که چرخش میل‌لنگ باعث ایجاد نیروی لازم دفتین به منظور کوبیدن نخ پود به لبه پارچه می‌شود.

به منظور ایجاد مدل دینامیکی برای تحلیل سینتیک دفتین ابتدا مدل هندسی سه‌بعدی مجموعه دفتین، شانه، میل‌لنگ در ماشین بافندگی موجود در کارگاه، در نرم‌افزار سالید ورک تشکیل شد.

سپس برای دقت بیشتر در نتایج حاصل از مدل‌سازی، ابعاد اجزا با بیشترین دقت اندازه‌گیری گردید.

در مرحله بعد داده‌ها به نرم‌افزار متلب/سیم اسکیپ انتقال پیدا کرد.

با تعیین سرعت دورانی به عنوان ورودی، نیرو و شتاب خروجی دفتین مورد بررسی قرار گرفت و نمودارهای شتاب و نیرو به دست آمد.

جهت صحه‌گذاری نتایج به‌دست‌آمده، آزمایش‌های مشابهی برای اندازه‌گیری نیروی وارده به نخ تار بر روی ماشین بافندگی انجام شد و کشش سرنخ‌های متفاوتی به صورت تصادفی در عرض دستگاه اندازه‌گیری شد و میانگین کشش وارده به یک سرنخ تار به دست آمد.

این مقایسه نشان داد خطاهای مدل‌سازی صورت گرفته در حد قابل قبول است و محاسبات تجربی با خروجی نرم‌افزار مطابقت داشته است.

خطای حاصل از انجام این مدل‌سازی محدود به ۴ درصد بوده و این مدل برای مطالعات کاملتر مجموعه دفتین‌زنی در پژوهش‌های بعد قابل استفاده است.

پی‌نوشت

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر