بررسی خواص فیزیکی و ساختمانی نخ های ریسیده شده در سیستم های اصطکاکی، چرخانه ای و رینگ

ترجمه : نوید هادی عشر

مروری بر تحقیقات اخیر در پدیده مهاجرت نشان می دهد که در بین نخ های رینگ، چرخانه ای و اصطکاکی، بیشترین و کمترین میزان مهاجرت الیاف به ترتیب در نخ های رینگ و اصطکاکی رخ می دهد. استحکام تا حد پارگی نیز متناسب با میزان مهاجرت افزایش می یابد. در مطالعه ای که بر روی تراکم این نخ ها انجام شد، مشاهده گردید که الیاف موجود در نخ چرخانه ای بیشتر در نزدیکی مرکز نخ قرار می گیرند و در نخ های اصطکاکی بیشتر در نزدیکی سطح نخ قرار دارند، در حالی که در نخ های رینگ توزیع نسبتاً یکنواختی از تراکم الیاف وجود دارد.

نتایج بررسی آرایش الیاف در نزدیکی محور طولی نخ نشان می دهد که در نخ های اصطکاکی به دلیل این که آرایش الیاف حول محور نخ به صورت مورب است، بیشترین ازدیاد طول تا گسیختگی را دارا هستند. میزان پرز آلودگی (موییگی) نخ ها نیز بستگی زیادی به موقعیت الیاف میانی داشته و با افزایش تراکم در داخل نخ، این کمیت کاهش می یابد.

مقدمه

در دو دهه گذشته به منظور افزایش قابلیت تولید و دادن خواص جدیدی به نخ های رینگ، تکنیک های جدیدی در زمینه ریسندگی نخ ارائه شد. در میان این تکنیک ها، سیستم های ریسندگی چرخانه ای و ریسندگی اصطکاکی به دلیل دارا بودن قابلیت تولید بالا، مکانیزم های خاص تاب و خواص متفاوت در نخ، توجه بیشتری را از سوی مهندسان و متخصصین به خود جلب نموده اند.

هدف این مقاله توصیف ساختمان نخ های رینگ، چرخانه ای و اصطکاکی و برقراری ارتباط میان خواص و ساختار این سه نوع نخ می باشد. به این منظور بررسی کمیت های مهاجرت الیاف و تراکم آنها در نخ، زاویه آرایش یافتگی و زاویه تاب در نخ ها صورت گرفت و برخی خواص فیزیکی نخ ها از جمله استحکام، ازدیاد طول، یکنواختی نخ و موییگی آنها مورد آزمایش قرار گرفتند.

آزمایشات

برای مقایسه نمونه نخ های ریسیده شده در سیستم های رینگ، چرخانه ای و اصطکاکی از فتیله های پنبه ای با چگالی خطی ۴۲۵۰ tex (۱۴/۰ Ne) و نیمچه نخ هایی با چگالی خطی ۵۸۰ tex (۱/۰ Ne) و شامل ۱٪ الیاف به رنگ سیاه (الیاف ردیاب) استفاده شد. شرایط ریسندگی برای آماده سازی نمونه ها در جدول ۱ آورده شده است.

استخراج داده های مربوط به منحنی مسیر الیاف ردیاب

تجزیه و تحلیل مهاجرت الیاف برای هر یک از انواع نخ شامل یک سیستم شبیه سازی ۳ بعدی با استفاده از روش لیف ردیاب است. با یک دوربین CCD دو تصویر از منحنی مسیر لیف ردیاب، شامل یک تصویر حقیقی و یک تصویر منعکس شده از آینه ای که در پشت نخ با زاویه ۴۵ درجه نسبت به نور فرودی قرار داده شده بود، تهیه گردید. موقعیت الیاف ردیاب به شکل مختصات دکارتی به دست آمدند و با نرم افزارهای پردازش تصویر بررسی شدند. فاصله نمونه گیری برای تصاویر گرفته شده بر روی صفحه نمایش ۲۰ پیکسل بود، که این میزان معادل ۰/۱ میلیمتر در نخ واقعی می باشد. در هر آزمایش ۱۵ لیف ردیاب مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایش خواص نخ

روش های اندازه گیری ویژگی های نخ و شرایط آزمایشگاهی در جدول ۲ نشان داده شده است. تمامی آزمایشات در دمای $20\pm2\ ^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۶۵±۲٪ انجام گرفته اند.

بررسی نتایج

صورت کلی منحنی مسیر لیف

منحنی سه بعدی مسیر حرکت الیاف برای سه نوع نخ در شکل ۱ نشان داده شده است. در یک نخ رینگ، الیاف به طور منظم قرار داشته و در داخل نخ با هم درگیر هستند. این الیاف در فواصل معین مهاجرت می نمایند و از سطح نخ به سمت مرکز آن می روند که بازگشت آنها بی نظم است (back out). شیوه مهاجرت در یک نخ چرخانه ای کمابیش به صورت گروهی و موضعی است و میزان تغییرات و نوسانات آن کمتر از نخ های رینگ می باشد. شیوه مهاجرت در نخ های اصطکاکی ظاهراً با دو نوع نخ قبلی متفاوت است. در نخ اصطکاکی یک سر لیف ردیاب در محدوده مرکز و سر دیگر آن در سطح نخ قرار می گیرد. معکوس شدن جهت مهاجرت به ندرت در این نخ ها اتفاق می افتد.

تجزیه و تحلیل ویژگی های ساختمانی

ساختمان نخ می تواند با توجه به مکان هندسی الیاف توصیف گردد. پارامترهایی که برای توصیف کمیت های ساختمانی نخ انتخاب می شوند عبارتند از مهاجرت الیاف، میزان تراکم الیاف در نخ و زوایای تاب. نتایج حاصل از اندازه گیری این پارامترها در جدول ۳ نشان داده شده است.

مهاجرت

مهاجرت الیاف با استفاده از متوسط موقعیت الیاف، دامنه مهاجرت، متوسط شدت مهاجرت و فرکانس مهاجرت مورد ارزیابی قرار می گیرد. همچنین از فاکتور مهاجرت برای توصیف مهاجرت کلی استفاده شد. متوسط موقعیت الیاف نشان دهنده تمایل کلی

جدول۱- شرایط ریسندگی برای نخ های پنبه ای مختلف

سیستم ریسندگی	نمره نخ	فاکتور تاب α_{tex} (α_{Ne})	سرعت ریسندگی rpm	سرعت تولید m/min	توضیحات
ریسندگی رینگ (WST, Suessen)	Ne۱۰,۲ ۵۷,۸tex	۳۸۲۸ (۴,۰)	سرعت اسپیندل: ۷۰۰۰	۱۴,۱	شیطانک OS 6
ریسندگی چرخانه ای (RU14, Rieter)	Ne۹,۸ ۶۰,۳tex	۳۸۲۸ (۴,۰)	سرعت روتور: ۵۵۰۰۰	۱۱۰	قطر روتور: ۴۸ mm
ریسندگی اصطکاکی (DREF 2, Fehrer)	Ne۹,۳ ۶۳,۴tex	ضریب اصطکاک ۴,۱۰ (سرعت درام اصطکاکی به سرعت تولید نخ)	سرعت درام: ۲۳۰۰	سرعت خالک خروجی: ۱۴۰	سرعت خالک ورودی: ۰,۱۴ m/min فشار مکش: ۳۰mbar

جدول۲- آزمایشات خواص نخ

ویژگی	روش اندازه گیری	دستگاه مورد استفاده	طول نمونه	سرعت	تعداد آزمایش	توضیحات
نامکنواختی جرم و ازدیاد طول، مویینگی	ASTM D 2256 / ASTM D 5647	USTER Tensorapid 4 دستگاه سنجش پرز: Zweigle G565	۲۵۰mm (طول گیج) / ۵۰۰m	۲۰۰mm/min / ۵۰m/min	۱۰۰ / ۵	ازدیاد طول: ۰,۵gr/tex کشش واریدد: ۱۰gr طول پرز اندازه گیری شده: بیش از ۱mm و ۲
ناکنواختی جرم به شکل موج(IPI) نقاط نازک(۵۰٪) نقاط کلفت(۵۰٪) نپ ها (۲۰۰٪)	دوش اوستر	USTER Tester 3	۱۰۰۰m	۴۰۰m/min	۵	IPI/۱%

جدول۳- پارامترهای توصیف کننده ساختمان نخ برای نخ های پنبه ای مختلف (زاویه ها بر حسب رادیان)

نمونه نخ	متوسط موقعیت الیاف/ شعاع نخ	فاکتور مهاجرت (متوسط شدت مهاجرت ± rms)	زاویه آرایش یافتگی واریانس/ میانگین	زاویه تاب واریانس/ میانگین
نخ رینگ	۰,۴۹	۱,۰۳(۰,۲۷±۳,۸۲)	۰,۴۰/۰,۰۱۸	۰,۳۸/۰,۰۲۰
نخ چرخانه ای	۰,۴۰	۰,۷۰(۰,۲۳±۳,۰۵)	۰,۳۴/۰,۰۱۸	۰,۳۰/۰,۰۱۸
نخ اصطکاکی	۰,۶۰	۰,۵۱(۰,۲۳±۲,۲۲)	۰,۷۱/۰,۰۳۰	۰,۶۴/۰,۰۲۶

جدول۴- خصوصیات ظاهری نخ های پنبه ای مختلف

نمونه نخ	نامکنواختی جرم g/tex	ازدیاد طول٪	تعداد پرز در ۱۰m		I/%	تعداد نپ در ۱km		
			بیشتر از ۱mm	بیشتر از ۳mm	نقاط نازک (۵۰٪)	نقاط کلفت (۵۰٪)	نپ (۲۰۰٪)
رینگ	۱۸,۹	۸,۳	۴۹۸۷	۹۸۸	۷,۸	-	۱۰	۲۲
چرخانه ای	۱۴,۲	۷,۴	۴۹۴	۸۱	۱۱,۱	۳	۸۰	۷۳
اصطکاکی	۱۰,۸	۹,۱	۱۴۰۷	۸۷۱	۱۰,۷	۲۵	۲۰۸	۳۷۰

الیاف برای قرار گیری در نزدیکی سطح و یا مرکز نخ می باشد. با توجه به جدول۳، می توان گفت الیاف در نخ های چرخانه ای بیشتر در نزدیکی محور نخ قرار دارند، در حالی که در نخ های اصطکاکی بیشتر در نزدیکی سطح نخ قرار می گیرند. در مورد نخ های رینگ، توزیع الیاف بیشتر در منطقه میانی سطح مقطع عرضی نخ می باشد.

جذر میانگین مربعات تغییرات، دامنه مهاجرت را نشان می دهد. در نخ های رینگ، الیاف با دامنه ۰/۲۷ مهاجرت می نمایند. هنگامی که این عدد با مقدار ۰/۲۹ برای نخ های ایده آل مقایسه می شود، ملاحظه می گردد که الیاف در یک نخ ایده آل با دامنه کمتری مهاجرت می کنند. نخ های چرخانه ای و اصطکاکی هر دو دارای دامنه مهاجرت ۰/۲۳ هستند که این میزان از دامنه مهاجرت نخ رینگ کمتر است. در مورد شدت مهاجرت که نشان دهنده میزان تغییر موقعیت الیاف و نرخ جابجایی الیاف در راستای محور نخ می باشد، نخ رینگ دارای بیشترین و نخ اصطکاکی دارای کمترین میزان شدت مهاجرت هستند.

به نظر می رسد که مهاجرت لیف رابطه زیادی با مکانیزم تشکیل نخ و تنش های ریسندگی دارد. در ریسندگی رینگ، با توجه به این که نیپ غلتک های جلویی حرکت الیاف را مهار می نمایند، در عرض دسته الیاف تغییرات کششی زیادی به وجود خواهد آمد که سبب مهاجرت الیاف می گردند. در ریسندگی چرخانه ای، الیاف در شیار روتور انباشته شده و با تابیده شدن آنها همراه با تغییرات کششی اندک در عرض رشته، به نخ تبدیل می شوند. ساختمان مرکز این نخ ها تقریباً مشابه نخ های رینگ می باشد، اما پوسته آنها شامل الیافی است که دارای تاب های متفاوت بوده و تقریباً مهاجرت نمی کنند. بنابراین الیاف در نخ های چرخانه ای کمتر از نخ های رینگ در مهاجرت شرکت می نمایند. نخ اصطکاکی از الیافی تشکیل شده است که به نخ تقریباً مخروطی شکل و در حال چرخش به دور محور خود منتقل می شوند. یک سر الیاف در سطح نخ و سر دیگر آن در مرکز نخ قرار می گیرد. میانگین کششی که در حین اعمال تاب بر هر یک از الیاف وارد می شود، بسیار اندک است. در نتیجه مهاجرت بسیار ضعیفی تقریباً در یک جهت رخ می دهد.

در مورد فاکتور مهاجرت که بیانگر میزان کلی مهاجرت می باشد، نخ رینگ و نخ اصطکاکی کمترین مقدار فاکتور مهاجرت را داراست. با توجه به این مطالب، اصل ریسندگی یعنی تاب، تغذیه الیاف و میزان تنش نخ همگی به رفتار متفاوت در پدیده مهاجرت منجر می گردد.

تراکم توده الیاف

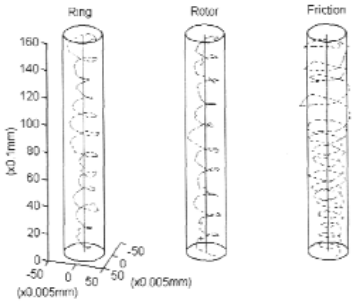
برای تجزیه و تحلیل دقیق تر ساختمان نخ، توزیع موقعیت الیاف در راستای سطح مقطع عرضی هر یک از نخ ها تعیین شد. تراکم الیاف روندی را نشان می دهد که بسیار مشابه میانگین موقعیت الیاف می باشد. در نخ چرخانه ای تراکم الیاف در نزدیکی محور نخ نسبتاً زیاد است، در حالی که در نخ اصطکاکی، تراکم بالا بیشتر در ناحیه پوسته نخ دیده می شود. در نخ رینگ توزیع تراکم الیاف متوسط است.

مقدار زاویه آرایش یافتگی به موقعیت شعاعی الیاف بستگی دارد. با توجه به مقادیر میانگین زاویه آرایش یافتگی در جدول۳، می توان گفت در نخ های رینگ و چرخانه ای، هر چه الیاف به سطح نخ نزدیک تر قرار گیرند، زاویه آرایش یافتگی افزایش می یابد. اما زاویه تمایل در مورد نخ اصطکاکی مستقل از موقعیت شعاعی است و کم و بیش ثابت می باشد. این نتایج بیانگر یگانگی ساختار نخ های اصطکاکی است، بدین معنی که هنگامی که الیاف به این نخ های تقریباً مخروطی شکل تغذیه می شوند، به حالت خوابیده در آن قرار می گیرند.

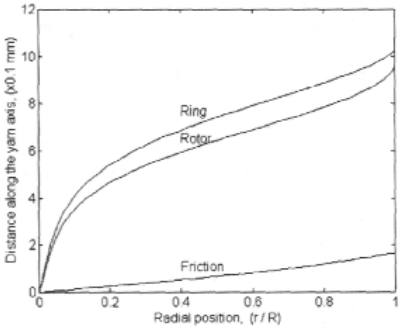
زاویه مارپیچ (که اغلب به آن زاویه تاب گفته می شود) نشان دهنده تاب حقیقی است و بنابراین می تواند با موقعیت شعاعی نخ تغییر یابد. نتایج تجربی نشان می دهد که در نخ رینگ زوایای تاب اندکی بزرگتر از نخ چرخانه ای (با تاب مشابه) است و بدین معنی است که نخ رینگ دارای تاب حقیقی بیشتری نسبت به نخ چرخانه می باشد. در نخ اصطکاکی، مقادیر زاویه تاب به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از انواع دیگر نخ است. زاویه تاب در نخ ها با قرار گیری هر چه بیشتر الیاف در نزدیکی سطح نخ، افزایش می یابد. از نظر تئوری، در صورتی که الیاف بر روی سطح درام اصطکاکی نلغزند، نخ اصطکاکی می بایست زاویه تاب ثابتی مستقل از موقعیت شعاعی داشته باشد. اما نتایج تجربی، وابستگی زاویه تاب به موقعیت شعاعی در این نخ را نشان می دهد و بیانگر این واقعیت است که الیاف در مرکز نخ بیشتر از سطح آن دچار لغزش می شوند.

رابطه خواص فیزیکی نخ با ویژگی های ساختاری

استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی، تغییرات ضخامت و مویینگی مهم ترین پارامتر های فیزیکی نخ



شکل۱- منحنی سه بعدی مسیر حرکت الیاف برای انواع نخ



شکل۲ - مدل ارائه شده برای منحنی مسیر الیاف در سه نوع نخ

می باشند. جدول۴ نتایج حاصل از اندازه گیری این ویژگی ها را نشان می دهند.

استحکام و ضخامت نخ

با توجه به جدول۴ مشاهده می شود که نخ رینگ بیشترین و نخ اصطکاکی کمترین میزان استحکام را دارا هستند. استحکام نخ اصطکاکی در حدود یک سوم استحکام نخ رینگ و استحکام نخ چرخانه ای ۷۵٪ استحکام نخ رینگ است.

نتایج جدول۴ نشان می دهد که نخ رینگ دارای بیشترین یکنواختی و کمترین میزان عیوب می باشد. مقدار U% برای نخ های چرخانه ای و اصطکاکی تقریباً در یک سطح است، در حالی که نخ اصطکاکی دارای عیوب بیشتری نسبت به نخ چرخانه ای است. این امر را می توان به وجود الیاف تا خورده در نخ اصطکاکی نسبت داد. به نظر می رسد که یکنواختی بهتر و عیوب کمتر نخ رینگ در استحکام بهتر آن نقش دارد. عامل دیگر در این زمینه، مهاجرت الیاف است. هر چه مهاجرت الیاف بیشتر باشد، مقاومت آنها در برابر لغزش تحت نیرو بیشتر خواهد بود. با توجه به نتایج تجربی در مورد رابطه بین استحکام و فاکتور مهاجرت، مهاجرت الیاف در استحکام نخ نقش مثبتی ایفا می کند که به دلیل قفل شدن هر چه بیشتر ساختار نخ است که موجب افزایش مقاومت در برابر لغزش بین الیاف و بهره گیری بهتر از استحکام لیف در استحکام نخ می گردد.

درصد ازدیاد طول تا حد پارگی

یکی از خواص مکانیکی مهم که بیانگر تفاوت های بارزی میان نخ های مختلف است، ازدیاد طول تا حد پارگی می باشد. شرایط فرآیندهای پروسه تولید نخ های رینگ، در مورد نخ های چرخانه ای و یا اصطکاکی قابل دسترس نمی باشد و علت این امر عمدتاً به دلیل تفاوت در ازدیاد طول تا حد پارگی آنهاست. در تئوری مهاجرت الیاف فیلامنتی، Treloar به این نتیجه رسید که گسیختگی نخ به پدیده مهاجرت وابسته است، و موقعیت الیاف در نخ، هنگامی که موازی محور نخ قرار می گیرند، می تواند برای ازدیاد طول گسیختگی، بحرانی باشد. ازدیاد طول نخ هنگامی که الیاف به علت آرایش موازی شان با محور نخ و تحت تأثیر نیروی خارجی شروع به لغزیدن بر روی یکدیگر می کنند، می تواند به عنوان ازدیاد طول در نقطه پارگی نخ تلقی شود. شکل۲ نتایج مربوطه را برای نخ های رینگ، چرخانه ای و اصطکاکی نشان می دهد.

با توجه به شکل۲ ملاحظه می شود که نخ های رینگ و چرخانه ای که امتداد الیاف در آنها تقریباً موازی با محور نخ است، منحنی های نزدیک به هم دارند و همچنان که الیاف به سطح نخ نزدیک می شوند، این منحنی ها از هم فاصله می گیرند. در نخ اصطکاکی در مقایسه با دو نوع نخ دیگر، الیاف تغییرات سریع تری را در جهت شعاعی نشان می دهند و منحنی مسیر حرکت آنها در نزدیکی محور نخ، زاویه بزرگ تری با این محور می سازد. این امر نشان می دهد که نخ اصطکاکی با وجود استحکام کم و مهاجرت ضعیفی که دارد، می تواند قابلیت انبساط بیشتری داشته باشد.

جدول۴ نشان می دهد که نخ اصطکاکی دارای بیشترین درصد ازدیاد طول تا حد پارگی است. با وجود این که این نخ کمترین میزان مهاجرت را داراست، همان طور که اشاره شد، این مقدار زیاد را می توان با امتداد الیاف در مرکز نخ توجیه کرد. به طور کلی، نخ چرخانه ای ازدیاد طول تا حد پارگی بهتری (کمتری) نسبت به نخ رینگ دارد. به نظر می رسد علاوه بر موقعیت الیاف موازی با محور لیف، عوامل دیگری نیز بر ازدیاد طول تا حد پارگی تأثیرگذار باشند. بخشی از علت مقدار پایین ازدیاد طول پارگی در نخ چرخانه ای را می توان با الیاف موازی با محور در مرکز نخ، و بخشی را به وسیله ویژگی های ساختاری توضیح داد، یعنی تأثیر ساختار مرکزی - پوسته ای، که تنها الیاف موجود در ناحیه مرکزی نخ در خواص کششی آن نقش دارند.

موییننگی

با توجه به جدول۴، نخ چرخانه ای (قطع نظر از طول پرز) کمترین میزان موییننگی را نشان می دهد. مقدار این کمیت در مورد نخ رینگ و اصطکاکی، تقریباً مشابه است. پرزدهی نخ می تواند از نحوه توزیع الیاف در سطح مقطع عرضی نخ و یا متوسط موقعیت الیاف در نخ تأثیر پذیرد. بدین صورت که هر چه مقدار متوسط موقعیت الیاف بیشتر باشد، تعداد بیشتری الیاف در نزدیکی ناحیه بیرونی نخ قرار می گیرند، بنابراین احتمال این که سر الیاف در لایه خارجی نخ ظاهر شود و پرز به وجود بیاید، افزایش می یابد. با توجه به جدول۳، نخ چرخانه ای دارای حداقل میزان متوسط موقعیت الیاف (۰/۴۰) است و نخ اصطکاکی بیشترین مقدار این کمیت (۰/۶۰) را داراست.

با قرار دادن مقادیر متوسط موقعیت الیاف از جدول۳ و مقادیر موییننگی نخ از جدول۴ در یک گراف، این نتیجه به دست می آید که قرار گیری الیاف در نزدیکی مرکز نخ منجر به کاهش موییننگی خواهد شد.

منابع:

1/ You Huh, Young Ryul Kim, William Oxenham, Analyzing Structural and Physical Properties of Ring, Rotor, and Friction Spun Yarns, Textile Res. J. 72, 156-163 (2002)
2/ Alagha, M. J., Oxenham, W., and Iype, C., Influence of Production Speed on the Tenacity and Structure of Friction Spun Yarns, Textile Res. J. 64, 185-189 (1994).
3/ Hearle, J. W. S., and Bose, O. N., Migration of Fibers in Yarns, Part II: A Geometrical Explanation of Migration, Textile Res. J. 35, 693-699 (1965).
4/ Hearle, J. W. S., and Gupta, B. S., Migration of Fibers in Yarns, Part III: A Study of Migration in a Staple Fiber Rayon Yarn, Textile Res. J. 35, 788-795 (1965).
5/ Hearle, J. W. S., Lord, P. R., and Senturk, N., Fiber Migration in Open-End Spun Yarns, J. Textile Inst. 63, 605-617 (1972).
6/ Kim, Y. R., Huh, Y., and Ryu, W. Y., A Study on the Fiber Migration of Ring Spun Yarns, in "Proc. 4th Asian Textile Conference," Vol. 1, 1997, pp. 402-417.
7/ Kim, Y. R., Huh, Y., and Ryu, W. Y., Application of Image Processing Technology to Fiber Migration Analysis, J. Kor. Fiber Soc. 35, 618-625 (1998).