نهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی ایران
۱۶ الی ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۳ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

بررسی خصوصیات نخ‌های غلاف-مغزی حاوی نخ نانولیفی PAN

صدیقه برهانی، محسن شنبه*، مژگان سراج و محمدرضا جمشیدی
دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان-کدپستی:۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱

چکیده

در سال‌های اخیر تولید نانوالیاف توسط فرایند الکتروریسی توجه زیادی را به خود معطوف داشته است. تولید نانوالیاف به شکل نخ دامنه کاربرد این الیاف را افزایش خواهد داد. از جمله محدودیتهای عمده نخهای تولید شده از الیاف نانو به استحکام و مقاومت سایشی پایین آنها می توان اشاره کرد به گونه‌ای که عملاً امکان تولید ساختار مشبک با استفاده از فرایند بافندگی تاری- پودی را غیرممکن کرده است. هدف از این تحقیق بررسی امکان پذیری تولید نخهای غلاف- مغزی حاوی جزء نانو می‌باشد تا ضمن دستیابی به خواص جدید در نخهای ریسیده شده متداول، امکان بافندگی آنها میسر شود. در این تحقیق از نخهای نانولیفی پلی‌اکریلونیتریل به عنوان جزء مغزی و الیاف پنبه به عنوان جزء غلاف، استفاده شد. پس از تولید نخ‌های مذکور، سطح مقطع عرضی و طولی نمونه‌ها، قطر و خصوصیات کششی آنها بررسی شد. بررسی خواص نخ-های حاصله نشان داده است که نخ‌های نانولیفی ظریفتر، دارای ساختار فشرده-تر و استحکام کمتری می‌باشند. پوشش دهی نخ نانولیفی توسط الیاف پنبه با افزایش قابل ملاحظه استحکام و کاهش ازدیاد طول نخ حاصله همراه است. براساس نتایج بدست آمده با استفاده از روش تولید نخ غلاف – مغزی می‌توان استحکام نخ نانولیفی را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: *نخ غلاف- مغزی - نخ نانولیفی – خصوصیات کششی*

مقدمه

وقتی قطر الیاف از میکرومتر به زیرمیکرون یا نانومتر کاهش می‌یابد، خصوصیات ویژه‌ای مانند نسبت سطح به حجم فوق‌العاده زیاد ، انعطاف پذیری و کارایی بالا (برای مثال سختی و استحکام کششی)، وزن و چگالی کم مشاهده میگردد[۲و۱]. فرآیندهای متداول تولید نانوالیاف منجر به تولید لایه-ای از نانوالیاف می‌شود؛ لیکن به منظور توسعه کارایی نانوالیاف تلاش‌هایی جهت تولید نانوالیاف بصورت لایه‌های آرایش‌یافته و همچنین بصورت نخ شده است[۲]. نخ‌های نانولیفی تولید شده جهت تولید پارچه بافته شده دارای استحکام کافی نمی‌باشد. تحقیقاتی به منظور افزایش استحکام نخ‌های نانولیفی مانند اعمال کشش، تثبیت حرارتی و تولید نخ‌های هیبریدی انجام شده است[۳].

نخ‌های غلاف- مغزی شامل یک مغزی از نخ‌های ممتد یا منقطع می‌باشند و اطراف آن بوسیله الیاف منقطع پوشیده شده است[۴]. هدف عمده استفاده از نخ‌های مغزی، بدست آوردن فوایدی متفاوت از دو جز تشکیل‌دهنده می‌باشد. روش‌های تولید الیاف غلاف- مغزی خیلی ساده می‌باشد و جزء مغزی و الیاف رویه می‌تواند از الیاف مختلف انتخاب شود.

هدف از انجام این تحقیق تولید و بررسی خواص نخ غلاف- مغزی حاوی جزء مغزی نخ حاصل از الکتروریسی پلی‌اکریلونیتریل و رویه پنبه با استفاده از ماشین ریسندگی رینگ اصلاح شده می‌باشد. در واقع انتظار می‌رود با این عمل علاوه بر دستیابی به خواص جدید در نخ تولید شده، امکان بافت نخ‌های حاوی نانوالیاف فراهم گردد.

تجربیات

مواد و روش‌ها

پلیمر پلی‌اکریلونیتریل(PAN) با متوسط وزن ملکولی وزنی ۱۰۰۰۰۰ g/mol تهیه شده از شرکت پلی‌اکریل ایران و حلال دی متیل‌فرمامید(DMF) خریداری شده از شرکت مرک جهت تهیه نانوالیاف استفاده شد.

نخ نانولیفی از الکتروریسی محلول پلیمری PAN/DMF در دو غلظت ۱۱ و ۱۵ درصد وزنی، به روش دو نازله تولید شد[۲].

نخ غلاف- مغزی با استفاده از ماشین ریسندگی رینگ اصلاح شده تولید شدند. برای تغذیه جزء مغزی از راهنمای سرامیکی و کشش‌دهنده دیسکی استفاده شده است. راهنمای سرامیکی در نزدیکی غلتک کشش جلو، به گونه‌ای تنظیم شد که جزء مغزی در مرکز رشته کشش دیده الیاف تغذیه شود. راهنمای سرامیکی به گونه‌ای قرار گرفت که جزء مغزی در مرکز رشته الیاف تغذیه شود. برای رویه نخ، از الیاف پنبه با ظرافت ۴/۲ میکروگرم بر اینچ و طول متوسط ۲۸ میلیمتر استفاده شد. برای تولید نمونه‌ها کشش اعمالی به جزء مغزی در مقادیر صفر،۳ ویا ۴ گرم در نظر گرفته شد.

ظرافت و استحکام نخ‌های تولیدی به ترتیب با استفاده از روش توزین توسط ترازوی با دقت ±۰،۰۰۰۰۰۱ گرم و دستگاه زوئیک اندازه‌گیری شد. مورفولوژی نخها توسط میکروسکوپ نوری ماتیک مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. برای تهیه مقاطع عرضی نمونه، از قالب‌گیری نمونه‌ها در رزین اپوکسی و سپس برش مقاطع ۵ میکرومتری توسط میکروتوم چرخشی استفاده شد.

نتایج و بحث

برای سهولت بررسی نتایج، مشخصات نمونه‌های تولید شده در این تحقیق به همراه کد اختصاص یافته در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود که نخ نانولیفی حاصل از محلول پلیمری با غلظت ۱۱٪ بدلیل گرانروی کمتر و تولید نانوالیاف ظریفتر، از ظرافت بالاتری(۳۴/۹ دنیر) نسبت به نخ نانولیفی تولید شده از محلول پلیمری با غلظت ۱۵٪ (۶۶/۲ دنیر)برخوردار است.

شکل سطح مقطع نخ نانولیفی نمونه‌های۱و۴ به ترتیب در شکل ۱- الف و ۱- ب مشاهده می‌شود. با توجه به شکل دیده می‌شود که در مورد نخ حاصل از محلول ۱۵٪ در مقایسه با نخ حاصل از محلول ۱۱٪ هم قطر نخ بیشتر است و هم اینکه نانوالیاف در سطح نخ آزادتر می‌باشند. به عبارت دیگر پراکندگی الیاف در نخ ۳۴ دنیری کمتر از نخ ۶۶ دنیری است. در توجیه این روند به ظریفتر بودن نمونه۱ می توان اشاره کرد که این ویژگی منجر به

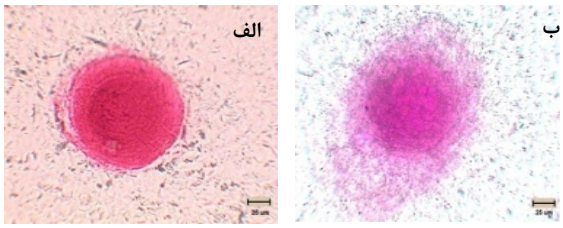
* - mshanbe@cc.iut.ac.ir

مقاومت در برابر پیچش کمتر و نفوذ بیشتر تاب در ساختمان نخ شده و در نهایت پراکندگی الیاف کمتر می‌شود؛ اما به علت ضخیم بودن نمونه۴، مقاومت در برابر پیچش بیشتر و نفوذ تاب در ساختمان نخ کمتر بوده و لذا پراکندگی الیاف در نخ بیشتر است. مطالعه سطح طولی نمونه‌ها نیز تائید کننده نتایج فوق بود.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی- مکانیکی نخ‌های غلاف-مغزی

نمونه	غلظت محلول پلیمری (٪)	کشش اولیه	ظرافت نخ غلاف- مغزی (den)	میانگین قطر نخ (μ)	کرنش (%)	تنش (cN/tex)
۱	۱۱	-	-	۱۵۴/۹	۲۶/۷	۴/۰
۲	۱۱	۰	۴۱۰/۹	۶۱۵/۹	۵/۸	۹/۳
۳	۱۱	۴	۴۵۸/۴	۸۸۱/۰	۷/۱	۸/۸
۴	۱۵	-	-	۱۸۲/۷	۲۰/۵	۵/۲
۵	۱۵	۰	۴۲۱,۷۰	۹۳۲/۴	۵/۲	۷/۵
۶	۱۵	۳	۴۴۲/۰	۷۴۹/۷	۵/۸	۷/۱

در مطالعه شکل سطح مقطع نخ‌های غلاف- مغزی نمونه‌های تولید شده بدون اعمال کشش اولیه به جزء مغزی، تغییر شکل سطح مقطع جزء نانو مشاهده شد. در توجیه این روند به احتمال بیرون آمدن نخ نانولیفی و لذا تماس با سطح غلتک‌ها و قطعات ماشین به دلیل عدم اعمال کشش و در نتیجه کنترل آن در حین فرایند تولید می‌توان اشاره کرد. با اعمال کشش نخ نانولیفی تمایل به سمت مرکز نخ دارد. در تصاویر گرفته شده از سطح مقطع طولی نمونه‌ها نیز تغییر موقعیت جزء مغزی نانو در ساختمان نخ مشاهده گردید.



شکل ۱- نمایی از سطح مقطع عرضی نخ نانولیفی الف: نمونه ۱، ب-نمونه ۴

میزان کشش اولیه اعمالی به جزء مغزی تولید شده، ۴ و ۳ گرم به ترتیب برای مغزی حاصل از محلول با غلظت ۱۱٪ و ۱۵٪ در نظر گرفته شد. میزان کشش اعمالی به گونه‌ای انتخاب شد که پارگی جزء مغزی در حین فرایند تولید نخ مشاهده نشود.

باتوجه به نتایج ارایه شده در جدول ۱، مشاهده شد که تولید نخ غلاف-مغزی منجر به افزایش قابل ملاحظه استحکام نخ نانولیفی شده است. مقایسه نمونه‌های ۵ و ۶ که مربوط به نخ غلاف- مغزی حاصل از نخ نانولیفی ضخیم‌تر می‌باشد، نشان می‌دهد که با اعمال کشیدگی اولیه به جزء مغزی، قطر نخ کاهش می‌یابد. در توجیه روند فوق به پراکندگی الیاف در لایه‌های بیرونی نمونه‌های تولید شده در این شرایط و همچنین تغییر شکل جزء مغزی، می‌توان اشاره‌کرد. از سوی دیگر در نمونه های ۲ و ۳ که مربوط به نخ غلاف-مغزی تولید شده با جزء مغزی ظریف می‌باشند، افزایش قطر نخ مشاهده شد، در توجیه روند مشاهده شده به تاثیر بیشتر جمع‌شدگی جزء مغزی به واسطه اعمال کشش به آن در ساختار نخ و در نتیجه افزایش قطر نخ حاصل، می‌توان اشاره کرد[۵]. بررسی آماری نتایج با استفاده از تحلیل واریانس یکطرفه در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد که تاثیر کشیدگی اولیه جزء مغزی، بر قطر نخ معنی‌دار است ولی تغییر استحکام معنادار نمی‌باشد. علت عدم تغییر معنادار استحکام در اثر اعمال کشش اولیه را می‌توان به تاثیر غالب جزء رویه بر استحکام نخ در مقایسه با جزء مغزی نسبت داد. به طور کلی استحکام نخ‌های حاصل از نانوالیاف بسیار پایین می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که ساختار نخ‌های مغزی‌دار حاوی جزء نخ نانولیفی به عنوان مغزی، نیاز به بررسی و مطالعه دقیق‌تری دارد.

نتیجه‌گیری

در بررسی نتایج حاصل از این تحقیق مشاهده شد که نخ نانولیفی حاصل از محلول پلیمری با غلظت کمتر، از قطر کمتر، ظرافت بیشتر و ساختار فشرده‌تر و استحکام کمتری برخوردار است. قطر نخ مغزی‌دار بطور معناداری در اثر اعمال کشیدگی اولیه تغییر یافت. تحقیق انجام شده نشان داد که با استفاده از این روش امکان تولید نخ‌های غلاف- مغزی حاوی جزء مغزی نخ نانولیفی وجود دارد و به این طریق می‌توان استحکام نخ‌های نانولیفی را افزایش داد. بنابراین با تولید این نخ امکان بافت نخ‌های حاصل از نانوالیاف با استفاده از ماشین‌های بافندگی میسر می‌شود. همچنین در صورت استفاده از الیاف قابل حل در آب به عنوان جزء رویه می‌توان پس از فرایند بافندگی، با حل کردن این جزء به ساختار مشبک حاوی نخ‌های نانو لیفی دست یافت.

مراجع

1. S. Ramakrishna, K. Fugihara, W. Teo, T. Lim, and Z. Ma, "An introduction to electros pining and nanofibers", World Scientific Publishing Co., Singapore, (2005).
2. F. Dabirian, S. A. Hosseini Ravandi, R. Hashemi Sanatgar and J. P. Hinestroza, "Manufacturing of twisted continuous PAN nanofiber yarn by electrospinning process" Fibers and Polymers, **12**, 610-615 (2012).
3. R. Hashemi Sanatgar, S. Borhani, S. A. Hosseini Ravandi and A. A. Gharehaghaji, "The influence of solvent type and polymer concentration on the physical properties of solid state polymerized PA66 nanofiber yarn" Journal of Applied Polymer Science, **126**, 1112-1120 (2012).
4. A. P. S. Sawhney, G. F. Ruppenicker, "Special Purpose Fabrics Made with Core-Spun Yarns" Indian Journal of Fiber & Textile research, **22**, 246-254 (1997).
5. A.A.A. Jeddi, M.S. Johari, A.A. Merati, " A study of Structural and Physical Properties Cotton covered Nylon Filament Core-spun Yarns", The Journal of the Textile Institute,**88**,12-20(1997).