تولید نخ های هیبریدی با پوشش نانو به روش الکتروریسی

مترجم : پیمان آقاسی‌لو

چکیده:

با پوشش دهی نانوالیاف الکتروریسی شده رو مونوفیلامنت ها یک سطح با ساختار نانو خواهیم داشت. با کنترل فرآیند الکتروریسی می توان این ساختار نانو را تنظیم نمود هرچند مقاومت سایشی پایینی را خواهیم داشت. برای بهبود این مساله در این تحقیق با اعمال تاب به فیلامنت ها سعی شد تا مقاومت سایشی را بالا بریم. در نخ های هیبریدی فیلامنت ها یک ساختار بی نقص با خواص مکانیکی مناسب را فراهم می کند که لایه های نانو می تواند برخی ویژگی های مورد نیاز را به ما بدهد. نتایج نشان از بهبود مقاومت سایشی نخ ها در اثر تابدهی می دهد، گرچه مشکلاتی را هم طی فرآیند ایجاد می نمایند. این مشکل نیز با ایجاد تعادل بوسیله ساختاری ترکیبی از دو رشته بهم تابیده حل می شود.

مقدمه

الکتروریسی به طور روزافزونی در تولید انواع نانوالیاف طبیعی، مصنوعی و کامپوزیت های پلیمری مورد استفاده در پزشکی و فیلتراسیون به کار می رود. این نانو الیاف غالبا به صورت لایه ای بی بافت (بدون آرایش یافتگی) بدست می آیند که کاربرد های زیادی نیز دارند. برای مثال این لایه را می توان به عنوان داربست زیستی تحت بارهای بیولوژیکی به کاربرد، چراکه این لایه ها فضای بیشتری راجهت رشد سلول نسبت پارچه های حلقوی در اختیار قرار می دهند. ساختارهای مختلف منسوج شامل نبافت ها، تاری پودی ها و حلقوی‌ها به عنوان داربست در مهندسی بافت به کار می روند. داربست های نانو/میکرولیفی با مقاومت پارچه‌ها حلقوی و تخلخل ساختارهای نانو از پوشش دهی این لایه ها برروی پارچه‌ها تولید می‌گردند. البته این پوشش ها غالبا مشکلاتی را در زمینه کشش و چسبندگی دارند که موجب گسیختگی آن هامی شود.

در حال حاضر نخ خای با ساختار نانو خصوصا نخ‌های نانو لوله کربنی یک موضوع مورد توجه در تحقیقات هستند زیرا قابلیت بکارگیری در منسوجات الکتریکی و هوشمند، پارچه های محافظ، سکوی پرتاب موشک و مهندسی بافت مانند ماهیچه های مصنوعی را دارا هستند. اخیرا هم توجه به سمت گسترش دسته نانو الیاف خطی الکتروریسی شده که با طراحی خاص رشته سازها و یا جمع کننده‌ها تولید می شوند معطوف شده است. البته تکنیک‌های دیگری نظیر تغییر میدان الکتریکی و استفاده از جریان متناوب هم گزارش شده است که دسته الیاف حاصله غالبا به صورت بدون تاب یا یا با تاب کم بوده که در برابر سایش‌های موجود در فرآیند های متداول نساجی نظیر بافندگی و بریدینگ مقاوم نیستند.

اعمال تاب، بافت نخ (نوار بافی یا همان بریدینگ) و نیز ترکیب این دو برای تولید داربست های میکرولیفی از پلی لاکتیک اسید در تولید رباط صلیبی مصنوعی بکار می رود. گزارش هایی نیز از رسوب نانوالیاف روی فیلامنت ها به منظور تولید نخ های هیبریدی وجود دارد.

تحقیقات پیشین ما نشان می دهد که می توان پوشش نانو روی مونوفیلامنت ها را با تنظیم عوامل مختلف فرآیند مانند ولتاژ اعمالی، فاصله کاری، نرخ جریان، فاصله و زمان پوشش دهی و نیز غلظت محلول الکتروریسی، کنترل نمود.

در این پژوهش با الکتروریسی یک نازل، الیاف نانو روی مونوفیلامنت توزیع می گردند و توسط تابدهی به نخ هیبریدی، چسبندگی بهبود می یابد. انتظار داشتیم تا علاوه بر امکان تنظیم خصوصیات مکانیکی میکروالیاف، همچنین تخلخل بالایی را به علت وجود نانوساختارهای سطحی داشته باشیم. جهت تعیین میزان دوام پوشش نانو نیز آن را مورد ارزیابی قرار دادیم.

تجربیات:

تهیه نمونه‌ها:

در تولید نانو الیاف از پلی اتیلن اکساید استفاده شد. الکتروریسی نیز با نرخ جریان ۰/۵ ml/hr، فاصله ریسندگی ۱۸cm و ولتاژ ۱۵kv انجام گرفت. تنها تفاوت در طی این آزمایش استفاده از سوزن رشته ساز بود مونو فیلامنت تک جهته پلی آمید با قطر ۵۰μm روی مقوایی با فضای ۱۰mm و در ۱۲cm زیر سوزن الکتروریسی قرار گرفت. در ادامه مونوفیلامنت پوشش داده شده با نانو الیاف در هر ۱۰ سانتی متر یک تاب می خورد و در طرف دیگر یک تاب سنج میزان تاب را اندازه می‌گرفت.

شرح کار:

مرفولوژی فیلامنت های پوشیده با نانو الیاف توسط میکروسکوپ SEM بررسی شد. آزمون مقاومت سایشی نیزجهت تعیین میزان چسبندگی لایه ها انجام گردید، به این صورت که یک فشار سنج به لایه نانوی قرارگرفته روی فیلامنت ها چسبانده شد. آزمایش سایش شامل یک محور با قطر ۱۰ میلی متر با یک پارچه ویسکوز پیچیده شده دور آن بود که می توانست از ۱۰۰ تا ۵۰۰ دور بر دقیقه گردش کرده و تا ۱۰

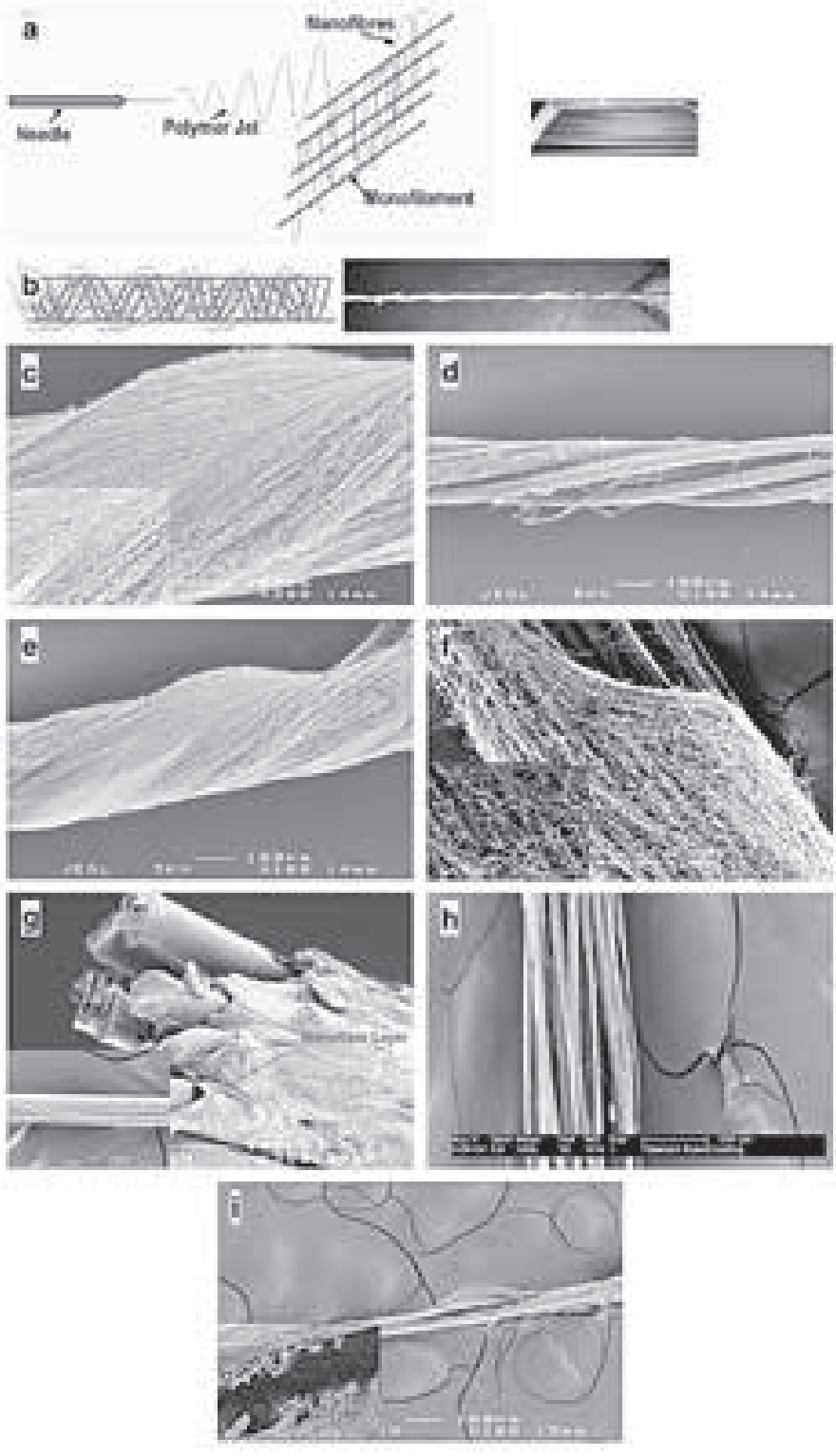
میلی متر بر دقیقه نوسان کند. به این ترتیب در جریان گردش و نوسان محور بر روی لایه نانو سایش اتفاق خواهد افتاد. در مورد زاویه تماس قاب با محور ساینده می توان آن را از صفر تا صد درجه تنظیم نمود. در اژمایشات انجام گرفته جهت تعیین مقاومت سایشی نخ هیبریدی بارگذاری محور ۱۵۰ میلی گرم، زاویه تماس ۱۰۰ درجه و سرعت گردش محور نیز ۳۰۰ دور بر دقیقه بود.

تحلیل نتایج:

در شکل ۱ تصویر نحوه فرآیند آماده سازی نمونه ها آورده شده است. در ابتدا نانوالیاف الکتروریسی شده بر روی مونوفیلامنت پلی آمید پوشانده شد (شکل a۱). سپس به مونوفیلامنت های داخل نخ تاب داده شد(شکل b۱). در شکل c۱ سطح نخ پوشیده شده با نانوالیاف نمایش داده شده است. همانطور که پیش تر گفته شد مورفولوژی ساختار نانو با کنترل عوامل موثر در فرآیند الکتروریسی قابل تنظیم است. برای مثال با تغییر زمان پوشش دهی از ۳ به ۲۰ دقیقه اختلاف را در ظاهر نخ مشاهده می کنیم که در شکل های d۱ و e۱ نمایش داده شده اند.

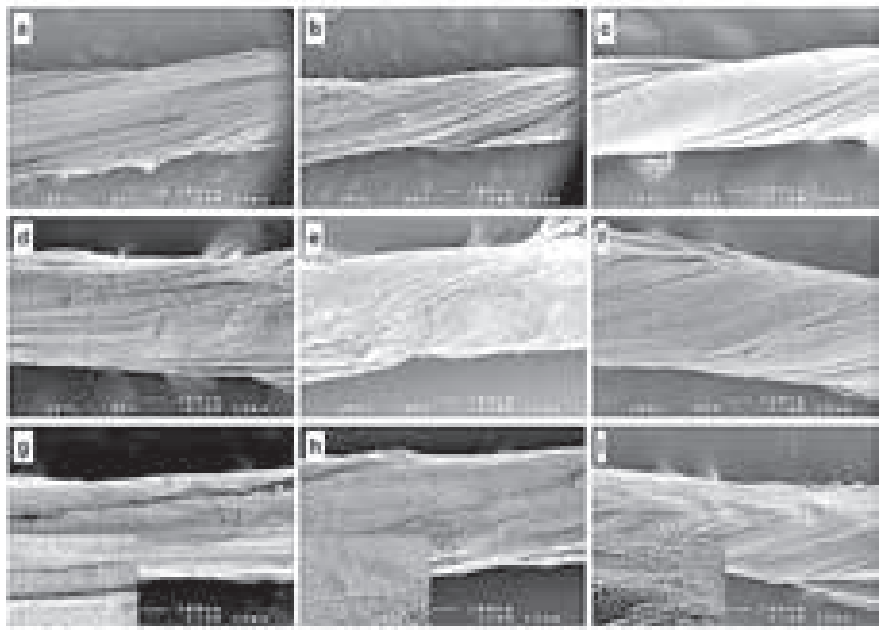
این نخ های هیبریدی با نخ های مولتی فیلامنت با پوشش نانو مقایسه شدند(شکل f۱). همانطور که در شکل مشخص است، لایه نانو روی فیلامنت ها در راستای محور نخ جهت گیری نکرده است و الیاف نانو به صورت بی قاعده و حلقه دار قرار گرفته اند. در مورد این نخ نانو الیاف تنها در سطح نخ قرار نگرفته اند اما به واسطه اعمال تاب به بدنه نخ متصل بودند(شکل g۱). آرایش لایه نانو الیاف روی سطح نخ به صورت مارپیچی است و فضای خالی مابین فیلامنت ها ی مجاور نیز با نانو الیاف پر می شود. با آزمون سایش بر روی لایه نانو روشن شد که این لایه دوام زیادی ندارد چیزی که در طی تحقیقات پیشین نیز این موضوع مشخص شد. شکل i۱ مورفولوژی لایه نانو را در برش مقطع نخ بعد از ۲۰۰۰ دور سایش نشان می دهد.

با اعمال تاب در طی فرآیند تولید انتظار آن می رفت مقاومت سایشی بالاتری را در لایه نسبت به قرارگیری الیاف روی سطح مشاهده نماییم. بر این اساس نخ با تاب های متفاوتی تولید و مورد آزمایش قرار گرفت تا تاثیر تاب بر مقاومت سایشی معین گردد. نشان داده شد که نواحی سست در ساختارهای نانو با اعمال ۱۵۰ و ۲۵۰ تاب در متر به نخ ها محکم شدند. در



شکل ۱. نمایش شکل و آرایش یافتگی نخ‌های هیبریدی. a) سوزن رشته ساز که جهت پوشش دهی فیلامنت های پلی آمید(سمت راست) استفاده می شود. b) تابدهی به مونوفیلامنت‌های با پوشش نانوالیاف. C) تصاویر SEM از نخ هیبریدی. d-e) تصویر SEM از نخ های پوشش دهی شده بعد از ۳ و ۲۰ دقیقه از شروع پوشش دهی. f) تصویر SEM از مولتی فیلامنت با پوشش نانولیفی. g) نمایی از سطح مقطع نخ و قرارگیری نانوالیاف روی فیلامنت ها. h) مولتی فیلامنت با پوشش نانو بعد از چسباندن پوسته سطحی. i) تصویر SEM از مولتی فیلامنت پلی آمید با پوشش نانوالیاف بعد از ۵۰۰ دور سایش طی ٤ دقیقه.

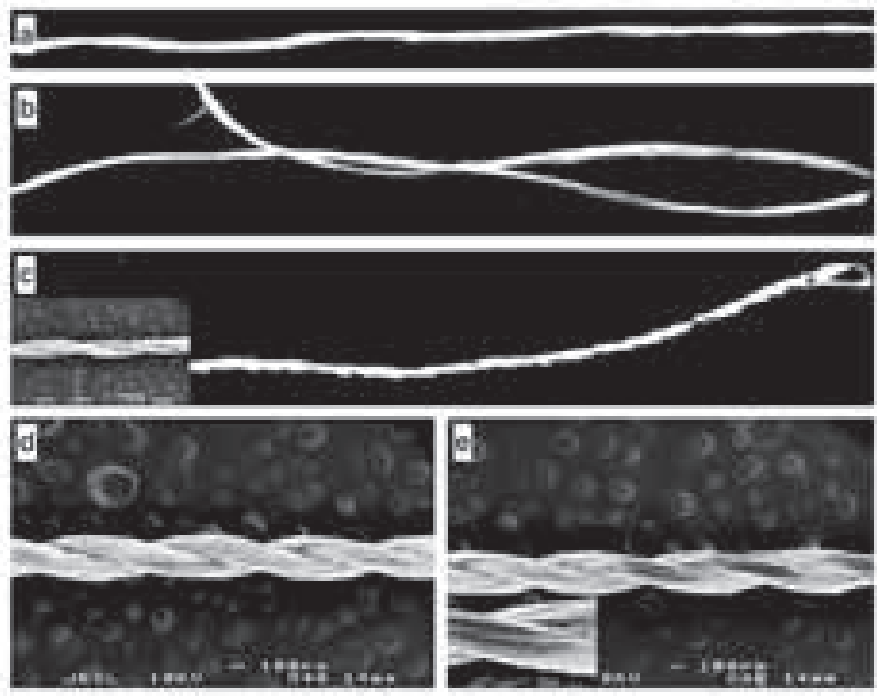
تاب ۱۵۰ نخ فشرده‌تر شد(شکل d۲) و در تاب های بالاتر نخ فشرده‌تر، سطح آن صاف‌تر و توده‌های فشرده گسترده‌تر و کوچکتر گشت(شکل e۲) تا آن که در تاب ۵۰۰ توده های مشاهده نشدند. تاثیر میزان تاب بر مقاومت سایشی نیز بسادگی بعد از ۶ دقیقه سایش نخ ها مشخص شد. نخ با ۱۵۰ تاب در متر از هم گسیخته شد(شکل g۲) اما نخ با ۲۵۰ و ۵۰۰ تاب در متر دچار شکست نشدند(شکل h۲ و i۲). به عبارتی می توان گفت با افزایش میزان تاب چسبندگی نانوالیاف به ساختار نخ بیشتر شده و از این رو مقاومت سایشی افزایش یافته است.



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ SEM از نخ های هیبریدی با a) ۱۵۰ تاب در متر، b) ۲۵۰ تاب در متر و c) ۵۰۰ تاب در متر قبل از سایش و بعد از ۲ دقیقه سایش (d،e و f) و بعد از ٦ دقیقه سایش (g، h، i) با ۳۰۰ دور بر دقیقه و تحت ۱۵۰ میلی‌گرم بارگذاری.

نانو الیاف در نخ های هیبریدی تاب داده شده به شکل محکمی توسط فیلامنت ها قفل شده بودند. در صورتی که این حالت بدون اعمال تاب و صرفا قرارگیری لایه نانو الیاف بر روی سطح فیلامنت ها بوجود نمی آید. نکته ای که در مورد نخ های با تاب کم قابل ذکر است اینکه در طی سایش نخ فیلامنت‌ها تمایل به جابه جایی در درون نخ را دارند که می تواند در اثر شکست الیاف باشد.

مطابق آن چه گفته شد، مقاومت سایشی پوشش نانو با تاب دهی به مونوفیلامنت های درون نخ افزایش می یابد(شکل a۳) اما این نخ ها تمایل دارند تا در جهت رهاسازی تنش ها و رسیدن به گشتاور صفر و تعادل(ناشی از باقیمانده تنش در ساختار نخ بواسطه اعمال تاب) به حالت مارپیچ و گره خورده درآیند(شکل b۳) که این مساله متعاقبا مشکلاتی را ایجاد می نماید. از این رو نخ هایی با ساختار متعادل مطلوب تر هستند. از این رو دو نخ ا تاب s را در کنار یکدیگر قرار داده و به آن ها مقداری تاب z می دهند تا به فرم یک نخ هیبریدی درآیند(شکل c۳). تصاویر SEM تعادل یک نخ دولا را قبل و بعد از سایش نشان می دهند(شکل e۳ و d۳). در ضمن گفتنی است که پوشش های نانو که از ساختاری متعادل برخوردارند مقاومت سایشی بالاتری دارند.



شکل ۳. تصاویر (a-b) نخ هیبریدی با تاب S را در حالت آزاد نشان می دهد
. c) تصویر SEM از تعادل نخ دولا. d) تصویر SEM از نخ دولا تاب داده شده در خلاف جهت تاب نخ ها با ۹۰۰ تاب در متر.
e) تصویر SEM از نخ دولا (d) بعد از سایش با چرخش ۳۰۰ دور دقیقه و بارگذاری ۱۵۰ میلی گرمی.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نخ های هیبریدی از ترکیب فیلامنت ها با پوشش نانوالیاف بر روی سطح آن ها بوسیله تکنیک های ریسندگی، الکتروریسی، تاب دهی و لایه گذاری تولید شدند. نخ های با تاب بالا در برابر سایش مقاوم بودند. همچنین با تاباندن دو نخ هیبریدی می توان به نخی با ساختار متعادل رسید. در نهایت ما معتقدیم که با انتخاب پلیمرهای مناسب می توان این ساختار ها را در تولید رباط‌های صلیبی مصنوعی بکار گرفت.

منبع

http://www.sciencedirect.com/science/article/
Nano-coated hybrid yarns using electrospining