تکنولوژی نساجی

بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی پلی‌استر ویسکوز–نخ چرخانه کامپوزیت الاستیک

محمود شکوهی

هدف از این مقاله بررسی خواص فیزکی و مکانیکی پلی‌استر / ویسکوز ظریف - نخ چرخانه کامپوزیت الاستیک است. نمونه‌های نخ با مقادیر مختلفی از درجه کشش و فاکتور تاب و همچنین نخ معمولی مشابهی با چگالی خطی ۲۰ تکس بر روی یک سیستم ریسندگی چرخانه اصلاح شده تولید شدند. نتایج نشان داد که در نخ‌های کامپوزیت مقاومت در برابر پارگی و ازدیاد طول با افزایش در درجه کشش اسپندکس افزایش یافت و با افزایش فاکتور تاب کاهش یافت. حداکثر مقدار درجه برگشت‌پذیری الاستیک در درجه کشش ۳,۷۵ بدست آمد، با این حال با افزایش در فاکتور تاب افزایش یافت. این نخ‌ها دارای بیشترین مقدار از مقاومت در برابر پارگی و ازدیاد طول و درجه برگشت‌پذیری الاستیک نسبت به نخ‌های چرخانه‌های معمولی بودند. عکس‌های طولی حاصله از میکروسکوپ SEM و همچنین نمایشی عرضی از ساختار نخ‌های چرخانه موجود در کامپوزیت الاستیک نشان داد که جز الاستیک ترجیحاً لایه بیرونی از ساختار نخ را اشغال کرده است.

مقدمه

نخ‌های کامپوزیت الاستیک بطور گسترده‌ای در صنعت نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا انواع مختلفی از منسوجات با قابلیت کشش بالا و بازیابی خوب از قبیل جوراب‌بافی، لباس‌های مخصوص شنا و لباس‌های ورزشی و توری را بسازند، همچنین به عنوان لباس‌های مد روز در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از نقطه نظر ساختاری نخ‌های کامپوزیت الاستیک را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد یعنی نخ‌های ریسیده شده با مغزی الاستیک، نخ‌های تابیده شده الاستیک، نخ‌های ریسیده شده پیچیده شده الاستیک. در نخ‌های ریسیده شده با مغزی الاستیک فیلامنت الاستیک بعنوان مغزی با الیاف اصلی پوشیده شده‌است.

نخ‌های تابیده شده کامپوزیت الاستیک با تابیدن دو جز با یکدیگر بوسیله‌ی یک دستگاه تاب‌دهنده تشکیل می‌شود. در نخ الاستیک ریسیده شده پیچیده شده، الیاف اصلی بدوره قسمت الاستیک پیچیده می‌شود.

این نخ‌های کامپوزیت الاستیک می‌توانند روی ماشین ریسندگی رینگ اصلاح شده تولید شوند، ریسندگی مدرن و سیستم تابندگی. در سال‌های اخیر روندی به سوی تولید نخ‌های کامپوزیت الاستیک در سیستم‌های ریسندگی جدید بوجود آمده است. zhang و همکارانش اثر درجه کشش و چگالی خطی اسپندکس را روی خواص نخ‌های ضخیم تولید شده توسط چرخانه موجود در کامپوزیت نامبرده را مورد مطالعه قرار دادند (۵۸ تکس)

نتایج آزمون نشان داد که نخ‌های کامپوزیت دارای اسپاندکس‌های ظریف در مقایسه‌ی با نخ‌های کامپوزیت دارای اسپاندکس‌های ضخیم، ازدیاد طول تا حد پارگی بیشتر و نایکنواختی کمتر CV٪ و تعداد عیوب کمتر در مقایسه با نخ ریسیده شده توسط چرخانه های معمولی را دارد. نخ‌های کامپوزیت الاستیک دارای استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی بیشتر و برگشت‌پذیری الاستیک بالاتر و CV٪ و دارای درجه موییننگی کمتری هستند.

آنها همچنین بر روی اثر فاکتور تاب بر روی ساختار و خواص نخ‌های کامپوزیت ریسیده شده توسط چرخانه به همراه اسپندکس تحقیق کردند.

مشخص شد که پارامتر تاب نخ نفوذ و اثر زیادی روی خواص نخ‌های کامپوزیت ریسیده شده توسط چرخانه به همراه اسپندکس دارد.

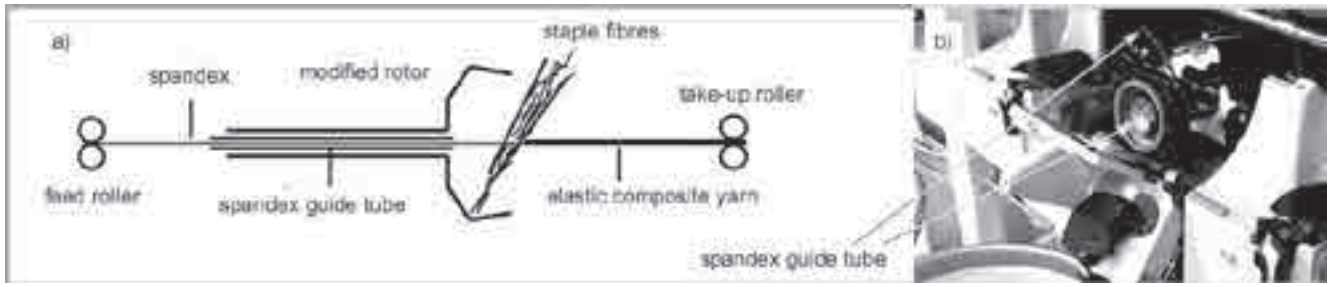
انحراف تاب در نخ کامپوزیت همراه اسپندکس تاب ماشین را افزایش داد

خواص نخ کامپوزیت شامل اسپندکس‌های ضخیم‌تر بهتر است و عیوب از نخ‌های کامپوزیت شامل اسپاندکس‌های ظریف‌تر کمتر است.

در مقام مقایسه با نخ ریسیده شده توسط چرخانه معمولی، نخ‌های کامپوزیت با اسپندکس دارای مقاومت در برابر پارگی و ازدیاد طول و برگشت‌پذیری الاستیک بیشتری و نایکنواختی CV٪ و درجه موییننگی و انحراف تاب کمتری هستند. در تحقیقی دیگر zhang و همکارانش تاثیر سرعت چرخانه (r.p.m ۴۹۳۰۰، ۵۳۷۰۰ ، ۴۵۰۰۰) و درجه کشش (۳،۵،۴،۴،۵) و فاکتور تاب (αm) (۱۴۲،۱۴۹،۱۵۸) را روی خواص نخ کامپوزیت چرخانه با الاستیک ضخیم (۵۸tex) مورد مطالعه قرار دادند و فهمیدند که همه پارامترها موثرند اما نفوذ و تاثیر درجه کشش قابل ملاحظه‌تر است.

در مقایسه با نخ‌های معمولی، نخ‌های سطحی کامپوزیت واضح‌تر و دارای خصوصیات بهتری هستند. ortlek تحقیق کرد بر روی اثرات نازل فشار و به سرعت رسیدن و حجم الاستان روی خواص مکانیکی از نخ‌های مغزی‌دار تولید شده روی سیستم ریسندگی اصلاح شده MVS. نتایج حاصله نشان داد که افزایش فشار نازل و کاهش به سرعت رسیدن در زوال قابل توجه خواص مکانیکی نخ‌های مغزی‌دار شامل الاستان ورتکس نتیجه‌بخش بود.

در تحقیقی دیگر ortlek و همکارانش بر روی اثرات اسپندکس و پارامترهای چگالی خطی نخ مغزی دار روی خواص نخ‌های ورتکس مغزی‌دار الاستیک آزمایش کردند. دانستند که نخ‌های ضخیم‌تر دارای نایکنواختی رنگی و عیب و مقدار ازدیاد طول تا حد پارگی کمتری از نخ‌های ظریف‌تر هستند. اسپاندکس‌های ضخیم‌تر دارای نایکنواختی رنگی کمتر در درجه کشش ثابت در اسپندکس است. معلوم شد که تحقیق اخیر روی سیستم ریسندگی چرخانه



شکل ۱. تصویر نمونه از سیستم ریسندگی چرخانه، a: شماتیک کلی b: قسمت ریسندگی چرخانه

بیشتر روی کامپوزیت الاستیک تولید شده توسط نخ‌های ریسیده پنبه‌ای بود. با این حال هیچ تحقیق منتشر شده‌ای روی نخ‌های چرخانه کامپوزیت‌های الاستیک پلی‌استر / ویسکوز وجود ندارد، به این ترتیب هدف از این مقاله بررسی اثر درجه کشش اسپندکس و فاکتور تاب نخ روی خواص فیزیکی و مکانیکی نخ کامپوزیت چرخانه موجود در کامپوزیت الاستیک پلی‌استر / ویسکوز بود.

مواد اولیه و روش‌ها

مواد اولیه

ما از فتیله ۴ktex پلی‌استر / ویسکوز کشیده شده و کارد شده (۳۵/۶۵) و همچنین فیلامنت الاستیک (لکرا) استفاده کردیم تا نمونه نخ را با دانسیته خطی ۲۰tex تولید کنیم. هر دو لیف پلی‌استر / ویسکوز دارای طول ۳۸ mm و ظرافت dtex ۱،۳ (den ۱،۲) بودند. دانسیته خطی اسپندکس کاربردی نیز dtex ۴۴/۴ بود.

روش‌ها

در این تحقیق فتیله کارد شده روی ماشین کارد Litmax 0103 که به سیستم کشش قبل از قسمت کویلینگ مجهز بود، تولید شد. فتیله مورد نظر سپس به یک ماشین چرخانه اصلاح شده که دارای طراحی ویژه‌ای بود تغذیه شد. برای تولید نخ چرخانه کامپوزیت‌های الاستیک در این ماشین قسمت الاستیک می‌تواند به راهنمای الاستیک با یک سیستم تغذیه مثبت تغذیه شود. (کمپانی BD 340 Filea, saurer and schlafhorst) شکل ۱ تصویر نمونه‌ای از این سیستم ریسندگی است. پارامترهای ثابت ماشین به این شرح هستند: OK61 غلتک بازکننده با سرعت دورانی ۷۰۰۰ r.p.m، R6KS5 ناول، چرخانه با قطر داخلی ۵۴ mm و سرعت برداشت ۷۰m/min

پروسه‌ریسندگی

در این تحقیق اثر درجه کشش اسپندکس ۸ نمونه نخ با درجه کشش ۳،۲/۵، ۳/۲۵، ۳/۵، ۳/۷۵، ۴، ۴/۲۵ و ۴/۵ (D1 تا D8) بوسیله تغییر سرعت خطی تغذیه مثبت اسپندکس در فاکتور تاب ثابت (mα) ۱۱۸ و سرعت چرخانه ۶۰۰۰۰ r.p.m تولید شدند.در مرحله دوم، ۴ نمونه نخ با فاکتورهای تاب مختلف ۱۰۰، ۱۰۹، ۱۱۸، ۱۲۷ (T1–T4) آماده شد در درجه کشش ۳،۵ با تغییر سرعت دورانی چرخانه. بمنظور مقایسه خواص نخ چرخانه کامپوزیت الاستیک با نخ‌های چرخانه معمولی ما ۵ نمونه نخ چرخانه معمولی (DN, TN1-TN) تولید کردیم به این ترتیب ۱۷ نمونه نخ تولید شد. جزئیات و مشخصات نمونه های نخ درجداول ۱ و ۲ آورده شده است.

تست‌های نخ

خواص فیزیکی و مکانیکی نخ‌های تولید شده شامل خواص کششی، مقاومت پارگی و ازدیاد طول و درجه برگشت‌پذیری الاستیک، نایکنواختی‌ها و عیوب و مویینگی مورد تحقیق قرار گرفت.

ما از دستگاه Uster Dynamat ‖ برای انجام تست کشش استفاده کردیم تا نیروی پارگی و ازدیاد طول را اندازه بگیریم. طول نمونه برای هر نوع نخ ۵۰ و ۶۰ سانتی متر بود. درصد برگشت پذیری الاستیک نخ بود معلوم روی 5566 Instron tensile tester که ما استفاده کردیم از ۵ سیکل بارگذاری ثابت با نیرو ۱۴۷ cN و با طول گیج ۰،۲۵ متر نخ ،مقدار نایکنواختی نخ هر ۲۰۰متر از طول نمونه روی تستر۳ با سرعت ۲۰۰ m/min نخ اندازه گیری می‌شد. ۵ تست برای هر نمونه نخ انجام شد تا مویینگی نخ را اندازه بگیرد ،دستگاه HTF Shirly hairness tester در سرعت ۶۰ m/min و طول نخ۵۰ متر استفاده شد. دستگاه برای اندازه‌گیری مویینه‌ها با طول بیشتر از ۳ میلی‌متر راه‌اندازی شد. همه تست‌ها تحت استاندارد با شرایط (۲٪ RH ۶۵± و ۲۲±۲) انجام شد.

جدول ۱. ویژگی‌های نخ نمونه با درجه کشش متفاوت و رابطه با نخ چرخانه معمولی

Samples	Twist factor (α_m)	Linear speed of spandex feed, m/min	Draw ratio
D1	118	28.00	2.50
D2	118	23.33	3.00
D3	118	21.54	3.25
D4	118	20.00	3.50
D5	118	18.67	3.75
D6	118	17.50	4.00
D7	118	16.47	4.25
D8	118	15.56	4.50
DN	118	-	-

جدول ۲. ویژگی‌هایی نخ نمونه با فاکتور تاب متفاوت و رابطه با نخ چرخانه معمولی

Samples	Draw ratio	rotational speed of rotor, r.p.m.	Twist factor (α_m)
T1	3.5	51000	100
T2	3.5	56000	109
T3	3.5	60150	118
T4	3.5	65000	127
TN1	-	49500	100
TN2	-	54000	109
TN3	-	58400	118
TN4	-	62600	127

ساختار نخ

بـرای مطالعـه سـاختار نـخ عکس‌هـای طولـی توسـط میکروسـکوپ SEM (Philips،XL30) بـا بزرگنمایـی ۳۰ برابـر گرفتـه شـد.

موقعیـت اسپندکس در سـاختار نهایـی نـخ در اغلـب تحقیقات انجام شـده در قسـمت عرضـی نـخ بـرای هـر دو نمونـه ی تفـاوت در درجـه کشـش و درجـه فاکتور تـاب بود. قسـمت عرضـی نـخ قابـل نظـاره بود بـا میکروسـکوپ انعکاسـی بـا بزرگنمایـی ۲۰۰ برابـر. بـرای هـر نمونـه از نـخ ۲۰ عکـس آنالیـز شـد و سـپس موقعیت اسـپندکس در ۴ گـروه طبقـه بندی شـد :

نمونه مرکزی: در این مورد نمونه اسپندکس در مرکز نخ واقع شد.

مرکز-۱/۳ شعاع :موقعیت اسپندکس بین مرکز و۱/۳ شعاع نخ واقع شد.

3R/1 - 3/2R

جایگاه فیلامنت الاستیک بین ۲/۳ شعاع و ۱/۳ شعاع از نخ واقع شد.

انـواع شـعاع : اسـپندکس در کنـار حاشـیه نـخ قـرار دارد، در ایـن مـورد نمونه بـا حداکثر و حداقـل درجـه کشـش و درجـه فاکتور تـاب مـورد اسـتفاده قرارگرفت.

(D1،D8&T1،T4 بترتیب)

نتایج و بحث

میانگیـن نتایـج حاصـل از خـواص فیزیکـی و مکانیکـی از نمونه هـای نـخ در جداول ۳ و ۴ خلاصـه شـده اسـت.

یـک روش تسـت ANOVA & LSD اسـت کـه بـا برنامـه آمـاری SPSS15 انجام شـد بـرای بررسـی اینکـه آیـا اثر قابـل توجهـی از تفـاوت دردرجه کشـش اسـپاندکس و فاکتـور تـاب روی خـواص کامپوزیـت الاسـتیک پلـی استر / ویسـکوز وجـود دارد یـا خیـر ؟

خواص کششی

سختی

شـکل ۲a و ۲b اثـرات درجـه کشـش و فاکتـور تـاب را روی سـختی نـخ هـای کامپوزیـت الاسـتیک نشـان میدهـد ، بـه ترتیـب مقایسـه آنهـا بـا نـخ هـای معمولی نمونـه هـای نـخ کامپوزیـت تقریبـا دارای مقدار سـختی بالاتـری از نخ هـای معمولی انـد بجـز در درجـه کشـش ۳، کـه در آن درجـه سـختی همـان مقـدار نـخ معمولـی هسـت. در مـوارد دیگـر رونـد مشـاهده شـده مقـدار سـختی بـا افزایـش در درجـه کشـش اسـپندکس افزایـش یافـت.

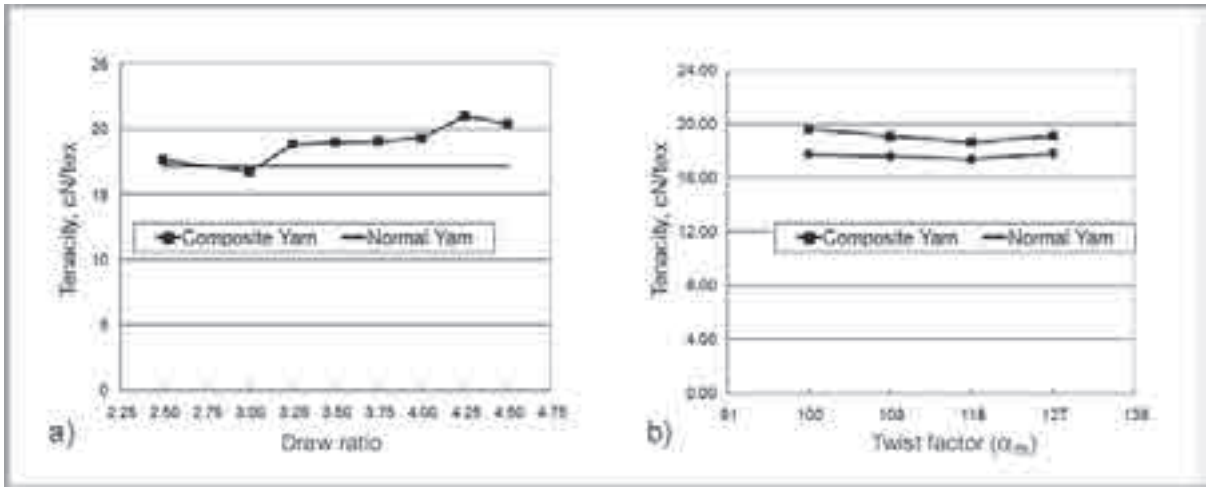
سـختی نـخ هـای نمونـه کامپوزیـت از درجه کشـش ۲/۵ بـه ۳ کاهش یافت و سـپس تحـت یـک افزایش سـریع درجه کشـش بـه ۳/۲۵ رسـید.

ایـن نیـز نشـان میدهـد کـه افزایـش بیشـتر از درجـه کشـش ۴ دارای تاثیـر قابـل توجهـی روی قـدرت کشـش نـخ نیسـت.

بـا ایـن حـال نـخ چرخانـه کامپوزیـت الاسـتیک دارای بیشـترین اسـتحکام دردرجـه کشـش ۴/۲۵ اسـت کـه میتوانـد بوسـیله در نظـر گرفتـن مقـدار درجـه کشـش در کاهـش زاویـه پیچـش فیلامنـت الاسـتیک توجیـه شـود .

احتمالا نزدیکتر به محور مرکزی در ساختار نهایی نخ قرارمیگیرد.

بـه عنـوان یـک نتیجـه فیلامنـت الاسـتیک بیشـتر روی افزایـش اسـتحکام نـخ



شکل ۲ اثر درجه کشش (a) و فاکتور تاب(b) روی استحکام پارگی نمونه های نخ

جدول ۳. خواص نخ کامپوزیت الاستیک برای درجه کشش متفاوت و خواص نخ معمولی

Samples	Tenacity, cN/tex	Elongation at break, %	Elastic recovery ratio, %	CV% per 200 m	Neps (+140%), km^{-1}	Thin places (-30%), km^{-1}	Thick places (+30%), km^{-1}	Hairiness per 1 m
D1	17.64 (1.31)	11.04 (0.6)	49.20 (2.47)	12.55 (0.29)	40 (6.63)	237 (13.78)	21 (5.66)	0.06 (0.05)
D2	16.78 (1.61)	11.15 (0.83)	49.83 (2.14)	12.7 (0.20)	39.6 (7.16)	251 (12.90)	23.2 (6.1)	0.12 (0.04)
D3	18.84 (1.72)	11.59 (0.89)	52.22 (3.25)	12.72 (0.23)	34.2 (4.44)	227.6 (20.37)	21.8 (2.39)	0.12 (0.04)
D4	19.01 (1.55)	11.75 (0.81)	52.89 (1.09)	12.59 (0.25)	30.6 (7.73)	225 (10.49)	20.6 (3.36)	0.10 (0.00)
D5	19.08 (1.71)	11.81 (0.79)	56.98 (4.19)	12.42 ((0.26)	38.8 (5.45)	227 (14.35)	23.8 (4.02)	0.12 (0.04)
D6	19.32 (1.31)	11.86 (0.8)	54.79 (3.61)	12.65 (0.72)	35 (4.8)	225.2 (28.35)	22.4 (6.11)	0.06 (0.05)
D7	21.02 (1.48)	12.25 (0.87)	52.94 (1.20)	12.2 (0.09)	32.2 (6.87)	200 (15.12)	22.4 (2.97)	0.08 (0.04)
D8	20.43 (1.31)	12.48 (0.74)	52.30 (2.16)	12.22 (0.39)	32.8 (7.05)	192 (13.66)	21.6 (2.19)	0.08 (0.04)
DN	17.12 (1.4)	9.93 (0.62)	48.80 (2.64)	14.4 (0.19)	77 (10.22)	476.4 (12.19)	59.6 (8.79)	1.34 (0.26)
S1*	0.000	0.000	0.002	0.150	0.165	0.000	0.948	0.145
S2**	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*S1 مقدار قابل توجهی بدون در نظر گرفتن نمونه های معمولی
**S2 مقدار قابل توجهی با در نظر گرفتن نمونه های معمولی
*** اعدا داخل براکت مقدار S.D را نشان میدهد

جدول ٤. کامپوزیت الاستیک و خواص نخ معمولی برای مقدار های متفاوت از فاکتور تاب

Samples	Tenacity, cN/tex	Elongation at break, %	Elastic recovery ratio, %	CV% per 200 m	Neps (+140%), km^{-1}	Thin places (-30%), km^{-1}	Thick places (+30%), km^{-1}	Hairiness per 1 m
T1	19.65 (1.44)	13.2 (0.70)	48.41 (1.75)	12.08 (0.13)	21.80 (6.3)	206.2 (11.56)	19 (6.00)	0.24 (0.11)
T2	19.06 (1.52)	12.09 (0.73)	50.26 (1.44)	12.51 (0.37)	35.4 (5.08)	214.6 (13.2)	21 (3.67)	0.12 (0.08)
T3	18.64 (1.28)	11.62 (0.85)	54.14 (4.32)	12.45 (0.31)	29.6 (7.92)	213.8 (11.17)	21 (5.89)	0.10 (0.07)
T4	19.07 (1.09)	11.1 (0.80)	55.01 (1.62)	12.54 (0.22)	42.6 (3.05)	245 (9.92)	21 (3.67)	0.16 0.09)
TN1	17.74 (1.48)	10.86 (0.62)	39.47 (1.88)	13.67 (0.21)	51.2 (9.52)	370.8 (33.13)	34.6 (9.00)	1.52 (0.38)
TN2	17.59 (1.39)	10.54 (0.76)	42.80 (2.08)	13.81 (0.30)	63.4 (9.02)	409 (13.72)	45.6 (7.09)	1.22 (0.36)
TN3	17.38 (1.59)	10.1 (0.76)	46.83 (2.93)	14.04 (0.38)	70.2 (7.15)	433.6 (23.89)	55 (9.62)	1.32 (0.13)
TN4	17.81 (1.28)	9.72 (0.77)	53.33 (5.45)	14.48 (0.53)	85.6 (12.99)	508.2 (31.36)	69.4 (7.09)	1.40 (0.34)
S1	0.001	0.000	0.002	0.071	0.000	0.000	0.881	0.114
S2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

*S1 مقدار قابل توجهی بدون در نظر گرفتن نمونه های معمولی
**S2 مقدار قابل توجهی با در نظر گرفتن نمونه های معمولی
*** اعدا داخل براکت مقدار S.D را نشان میدهد

کامپوزیت شرکت میکند . این فرضیه بشدت با نظریه Kakvan و همکارانش مطابقت دارد. اثر فاکتور تاب روی سختی نخ در شکل ۲b نشان داده شده است. برای نخهای کامپوزیت سختی در فاکتور تاب ۱۰۰ دارای مقدار بیشتری است، که کمی کاهش میابد در مقادیر بالا ازفاکتور تاب. با این وجود تفاوت ها بین مقدار سختی نخ کامپوزیت در فاکتور تاب از ۱۰۹ تا ۱۲۷ زیاد قابل توجه و عمده نیست. بطور کلی استنباط این است که با توجه به اثر پیچش اسپندکس دور الیاف کوتاه اصلی با نسبت زاویه تاب کمتر ،استحکام و مقاومت پارگی نخ های چرخانه کامپوزیت الاستیک در درجه کششها ومقدار فاکتور تابهای متفاوت از نخ های معمولی بالاتر است.

ازدیاد طول تا حد پارگی

ازدیاد طول تا حد پارگی نخ برای مقدار های متفاوت از درجه کشش و فاکتور تاب نشان داده شده در شکل ۳a و ۳b. همانطور که در شکل ۳a نشان داده شده است ، ما میتوانینم ببینیم که افزایش مقدار درجه کشش ، ازدیاد طول تا حد پارگی از نخها بتدریج به مقدار ۴ افزایش میابد و سپس با شیب بیشتری افزایش قابل ملاحظه ای میابد. این یک نتیجه قابل قبول است زیرا مقادیر بالاتر از درجه کشش ذکر شده جمع شدگی بیشتری در اسپندکس را در ساختار نخ نهایی سبب میشود که در نتیجه ازدیاد طول نخ افزایش میابد. افزایش فاکتور تاب دارای اثر معکوسی است. بعنوان مثال در شکل ۳b که کاهش قابل توجه در ازدیاد طول تاحد پارگی برای کامپوزیت و نخ ههای معمولی را بیان میکند. مقدار بالاتر از درجه تاب ممکن است اثر پیچش مولفه الاستیک را در اطراف الیاف اصلی کناری تشدید کند که باعث اعمال مقدار بیشتری فشار جانبی میشود که باعث جلوگیری از لغزش الیاف روی هم است و در نتیجه آن ازدیاد طول تا حد پارگی کاهش میابد.

بطور کلی ازدیاد طول پارگی تا حد پارگی نخ های کامپوزیت بیشتر از نخهای معمولی است و ظاهرا دلیل آن وجود اسپندکس در ساختار نخ است.

درجه‌برگشت‌پذیری‌الاستیک

انواع برگشت‌پذیری الاستیک از نخهای کامپوزیت نشان‌داده شده در شکل۴. اثر تفاوت در مقدار درجه کشش اسپندکس و فاکتور تاب روی مقدار برگشت پذیری الاستیک در شکل ۵a و ۵b نشان داده شده است .

افزایش درجه کشش منجر می‌شود به مقدار بالاتری از درجه برگشت‌پذیری الاستیک به‌میزان ۳/۷۵. افزایش به که میتواند توضیح داده شود بوسیله در نظر گرفتن اینکه افزایش درجه کشش اسپندکس باعث بهبود قابلیت کششی نخ فیلامنت الاستیک در ساختار نخ میشود. پس از این مرحله افزایش بیشتر در درجه کشش ، رفتار برگشت پذیری الاستیک نخ های کامپوزیت را ضعیفتر و خرابتر میکند . که میتواند نسبت داده شود به پدیده خزش ثانویه بیان شده در تحقیق قبلی در اغلب موارد نخ های کامپوزیت ارائه شده مقدار برگشت‌پذیری الاستیک بزرگتری در مقایسه با نمونه‌های معمولی دارند.

نفوذ و اثر فاکتور تاب روی برگشت‌پذیری الاستیک در شکل ۵b نشان داده شده است. افزایش فاکتور تاب در افزایش درجه برگشت‌پذیری الاستیک هر دو نمونه نخهای کامپوزیت الاستیک و معمولی نتیجه‌بخش بود.

لازم به ذکر است که اسپندکس دارای شکل مارپیچ اطراف الیاف اصلی است. (شکل۸) در بالاترین مقدار فاکتور تاب این فرم شاید تشدید بخشد که خواص بهتر برگشت‌پذیری الاستیک را به ساختار نهایی نخ ببخشد.

نایکنواختی‌های‌نخ

درجه نایکنواختی نخ (CV٪) از نمونه های نخ نشان داده شده در شکل ۶a و ۶b. مقدار CV٪ نخ های کامپوزیت بطور قابل توجهی در مقایسه با نمونه نخهای معمولی کمتر است.

مویینگی

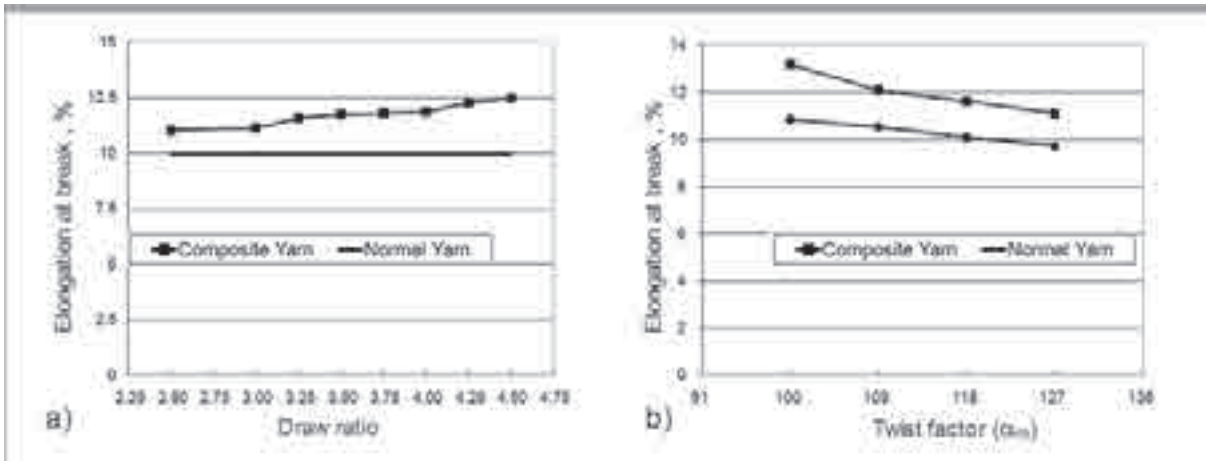
درجه کشش و فاکتور تاب روی خواص مویینه ازنخ های چرخانه کامپوزیت الاستیک اثرات قابل توجهی نیست. با این حال همانطور که در شکل۷ نشان داده شده درجه مویینگی نخ کامپوزیت خیلی پایینتر است در مقایسه با نخ های معمولی که میتوانند توضیح داده شوند بوسیله مورد مطالعه قرار دادن اثر پیچش اسپندکس که پوشاند سطح اطراف الیاف اصلی را تا که انتهای آزاد الیاف بیرون زده از بدنه نخ را کاهش دهد (شکل ۸)

ساختار نخ

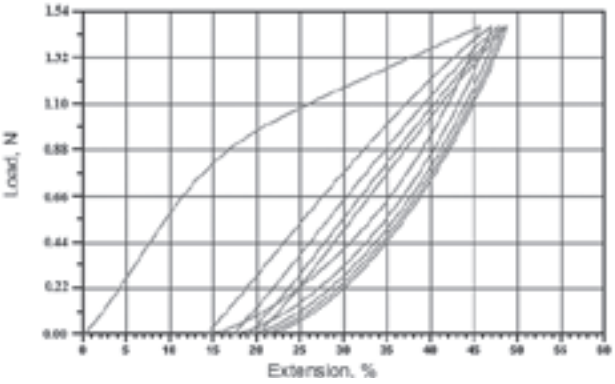
نمایش‌طولی

نمونه عکس های SEM از نمایش های طولی برای نمونه های نخ کامپوزیت (T4 و D1،D8،T1) در شکل۸ نشان داده شده است .

بوضوح قابل رویت است که مولفه الاستیک و الیاف اصلی اطراف با هم تاب



شکل ۳. اثر درجه کشش و فاکتور تاب روی ازدیاد طول تا حد پارگی نمونه‌های نخ



شکل ٤. انواع دیاگرام برگشت پذیری الاستیک برای نمونه D1

خورده‌انـد کـه در آن مولفـه الاسـتیک می‌توانـد از دسـته الیـاف اصلـی برجسـته و مشـخص باشـد. بـا ایـن حـال الیاف اصلـی تابیـده شـده‌اند اطراف قسـمت الاسـتیک. ایـن قسـمت را نمی‌تـوان در قسـمت مغـزی از نـخ کامپوزیـت بـه کار گرفـت.

دیدقسمت عرضی

انـواع عکـس هـا از دیـد از مقطـع عرضـی از نمونـه هـای نـخ چرخانـه کامپوزیـت الاسـتیک (D1،D8،T1 و T4) نشـان داده شـده در شـکل۹ قابـل رویـت اسـت کـه مولفـه الاسـتیک بـا نقـاط سـیاه و بـراق در شـکل ظاهرشـده اسـت. مولفـه الاسـتیک ترجیحـا در سـطح بیرونـی نـخ کامپوزیـت قـرار دارد.

همانطـور کـه قبـلا بحـث شـد درصـد وجـود قسـمت الاسـتیک در سـاختار نـخ کامپوزیـت را Su و همکارانـش طبقـه بنـدی کرده‌انـد. درصـد وجـود قسـمت اسـپندکس در هرگـروه در جـدول ۵ نشـان داده شـده. نتایـج موقعیـت اسـپاندکس بـر اسـاس موقعیـت نسـبی شـعاعی نیـز درشـکل۱۰ نشـان داده شـده اسـت.

آشـکار اسـت کـه فیلامنـت الاسـتیک بیشـتر در لایـه هـای بیرونـی از نمونـه هـای نـخ وجـود دارد. در نخ‌هـای کامپوزیـت الاسـتیک بـا مقـدار تـاب کمتـر (T1) فیلامنت الاسـتیک بیشـتر موقعیتـش در لایـه هـای مرکـزی از نخ وسـاختار آن بیشـتر شـبیه بـه نـخ ریسـیده شـده مغـزی دار خواهـد بـود. بـا ایـن حـال بـرای نمونـه هـای نـخ دیگرمولفـه الاسـتیک ترجیحـا در لایـه هـای بیرونـی از نـخ بـه کار گرفتـه میشـود.

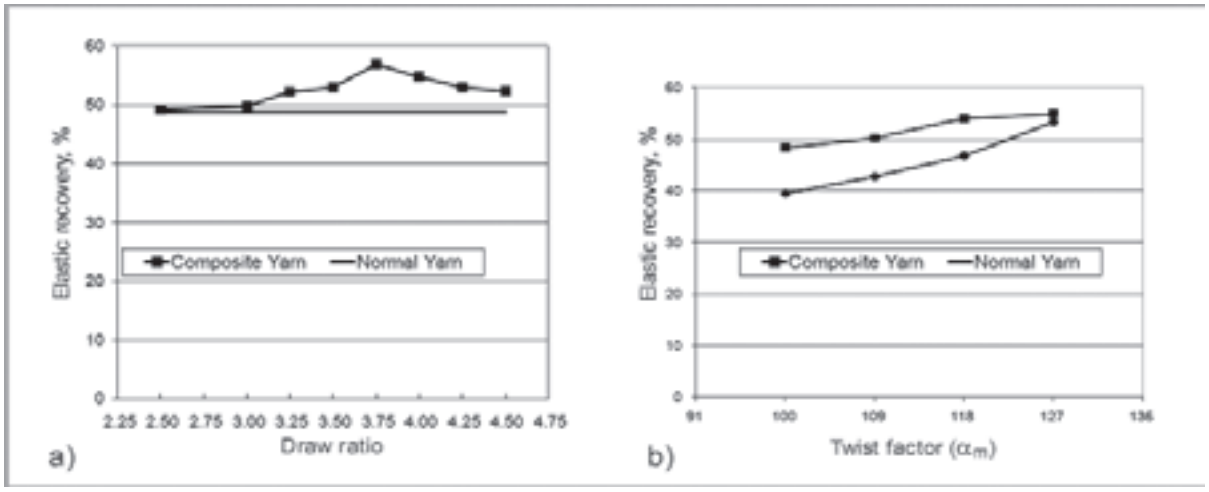
نتیجه‌گیری

نتایـج آزمایـش نشـان می‌دهـد کـه درجـه کشـش و فاکتـور تـاب هـر دو اثـرات قابل ملاحظـه‌ای روی خـواص کششـی از نمونـه نـخ هـای کامپوزیـت الاسـتیک دارنـد. سـختی پارگـی نـخ کمتریـن مقـدار را در درجـه کشـش ۳ دارد و بـه ماکزیمـم مقـدار خـود در ۴/۲۵ می‌رسـد. بـا ایـن حـال سـختی نـخ کاهـش میابـد بتدریـج بـا افزایـش در فاکتـور تـاب، بـا بالاتریـن مقـدار کـه در فاکتـور تـاب ۱۰۰ اتفـاق می‌افتـد.

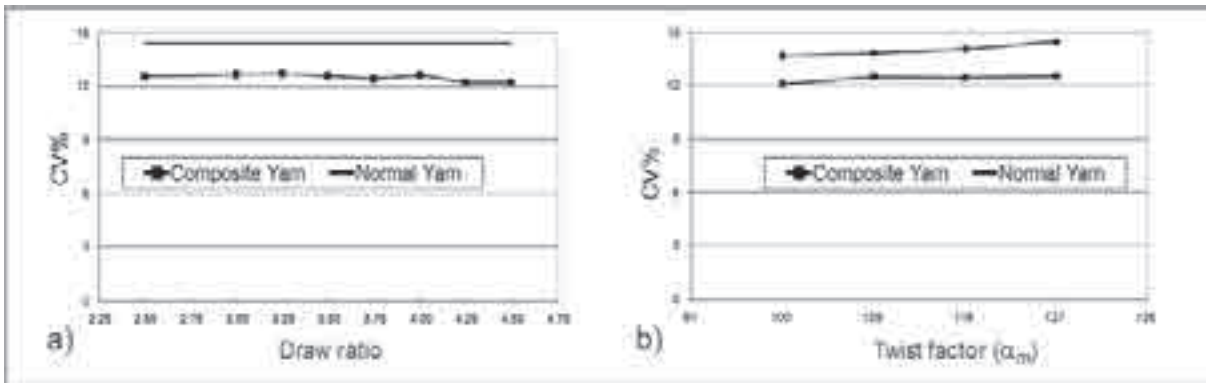
افزایـش درجـه کشـش باعـث افزایـش در ازدیـاد طـول تـا حـد پارگـی نـخ می‌شـود ولـی هنگامی‌کـه فاکتـور تـاب افزایـش میابـد نتایـج و رونـد عکـس می‌شـود.

در اول بـا افزایـش در درجـه کشـش مقـدار برگشـت‌پذیری الاسـتیک افزایـش یافـت بـه مقـدار ۳/۷۵ و سـپس کاهـش میابـد.

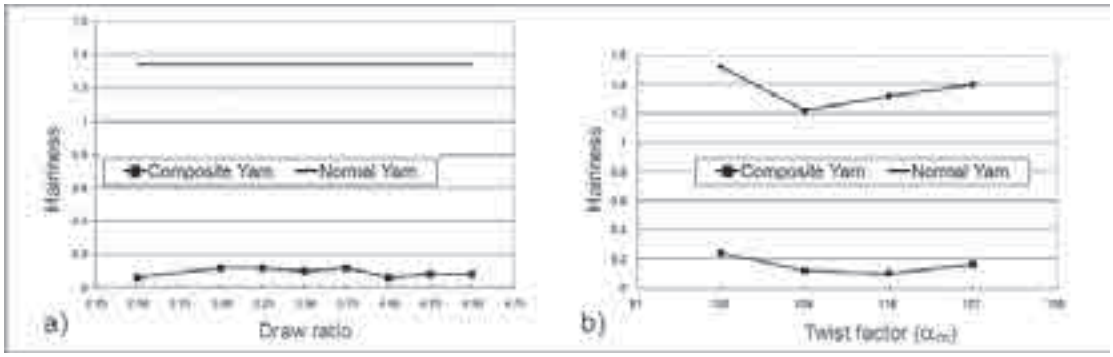
افزایـش فاکتـور تـاب نـخ بـه افزایـش در برگشـت‌پذیری الاسـتیک نـخ در همـه



شکل۵. اثر درجه کشش (a) و فاکتور تاب (b) روی درجه برگشت‌پذیری الاستیک نمونه‌های نخ

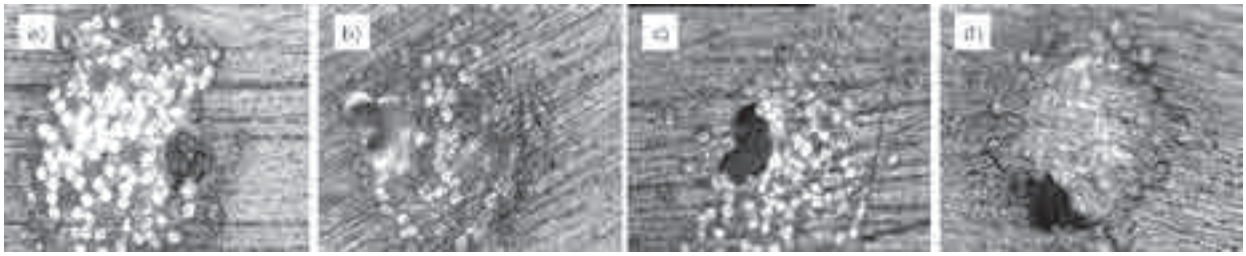


شکل ٦ اثر درجه کشش (a) و فاکتور تاب (b) روی CV% نمونه های نخ



شکل ۷ اثر درجه کشش (a) و فاکتور تاب (b) روی مویینگی نمونه‌های نخ

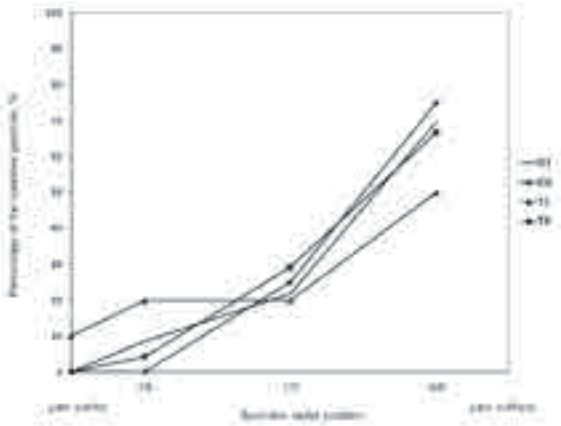
شکل ۸. دید طولی از نمونه‌های نخ؛ (a نمونه D1) درجه کشش=۲/۵ و فاکتور تاب =۱۱۸ (b نمونه D8) درجه کشش=٤/۵ و فاکتور تاب=۱۱۸، (c نمونه T1) درجه کشش=۳/۵ و فاکتور تاب = ۱۰۰ (d نمونه T4) درجه کشش=۳/۵ و فاکتور تاب =۱۲۷



شکل۹. دید عرضی از نمونه‌های نخ؛ (a نمونه D1) درجه کشش=۲/۵ و فاکتور تاب =۱۱۸ (b نمونه D8) درجه کشش=٤/۵ و فاکتور تاب=۱۱۸، (c نمونه T1) درجه کشش =۳/۵ و فاکتور تاب = ۱۰۰، (d نمونه T4) درجه کشش= ۳/۵ و فاکتور تاب=۱۲۷

نمونه‌های نخ منجر شد. در بیشتر موارد مقدار استحکام پارگی نخ، ازدیاد طول و برگشت‌پذیری الاستیک از نخ‌های کامپوزیت بطور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از همه‌ی نمونه‌های ریسیده شده از نخ‌های معمولی هستند.

ضریب نایکنواختی CV% و بقیه عیوب (نپ ، مکانهای نازک و کلفت) از نخهای کامپوزیت الاستیک به طور عمده و قابل توجهی پایین تر از نمونه نخ های معمولی هستند. مقدار مویینگی نخ نیز اغلب برای نخ های الاستیک در مقایسه با نخ های معمولی کمتر است. عکس‌های قسمت عرضی نخ نشان می‌دهد که فیلامنت الاستیک بیشتر موقعیتش در لایه‌های بیرونی ساختار نهایی نخ وجود دارد اما در نمونه‌ها با مقدار فاکتور تاب کمتر، مولفه اسپاندکس به کار گرفته شده در مکان‌هایی نزدیکتر به محور مرکزی نخ قرار دارند.



شکل ۱۰. درصد موقعیت اسپاندکس بر موقعیت شعاعی

جدول ۵. درصد وجود اسپاندکس در ساختار نهایی از نخ

Samples	Spandex content, %			
	Cross-sectional type			
	Center	Center-1/3R	1/3R-2/3R	Radius
D1	0	8.6	21.7	69.6
D8	0	0.0	25.0	75.0
T1	10	20.0	20.0	50.0
T4	0	4.2	29.1	66.6

منابع در دفتر مجله موجود است.