# بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی نخ چرخانه‌ای مرکب کشسان ظریف پلی‌استر/ویسکوز

تهیه کننده: رستم نمیرانیان، سید محمد عترتی، سعید شیخ‌زاده نجار – دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

**چکیده**

**هدف این مقاله بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی نخ چرخانه‌ای مرکب کشسان ظریف پلی‌استر/ویسکوز بود. نمونه‌های نخی با مقادیر مختلفی از نسبت کشش و فاکتور تاب و نیز نخ‌های معمولی مشابه، همگی با وزن خطی ۲۰ تکس، روی یک سیستم ریسندگی چرخانه‌ای اصلاح‌شده تولید شدند. نتایج نشان داد که در نخ‌های مرکب، استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی با افزایش نسبت کشش اسپاندکس افزایش و با افزایش فاکتور تاب کاهش می‌یافت. بیشترین مقدار نسبت بازگشت الاستیک در نسبت کشش ۳٫۷۵ بدست آمد، در حالی که مقدار آن با افزایش فاکتور تاب افزایش می‌یافت. این نخ‌ها در مقایسه با نخ‌های چرخانه‌ای معمولی، مقدار استحکام تا حد پارگی، ازدیاد طول و نسبت بازگشت الاستیک بیشتری داشتند. عکس‌های طولی SEM و نیز تصاویر مقطع عرضی ساختمان نخ چرخانه‌ای مرکب کشسان نشان داد که جزء کشسان ترجیحاً لایه‌های بیرونی ساختمان نخ را اشغال می‌کند.**

**کلمات کلیدی: نخ چرخانه‌ای، نخ کشسان، پلی‌استر، ویسکوز، نخ مرکب، خواص نخ، اسپاندکس، نسبت کشش، تاب.**

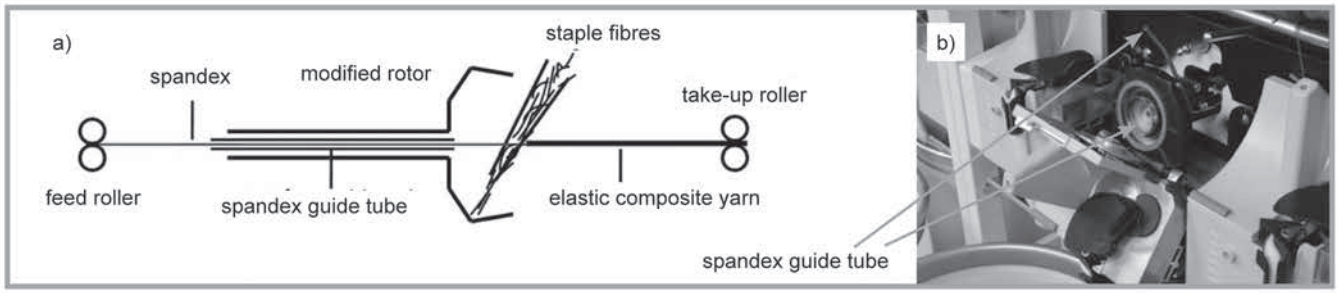
## مقدمه

نخ‌های مرکب کشسان به‌طور گسترده‌ای در صنعت نساجی برای تولید انواع مختلفی از منسوجاتی که باید دارای قابلیت کشش بالا و بازگشت‌پذیری خوبی باشند مانند جوراب، لباس شنا، لباس ورزشی و نوارها و همچنین پوشاک مد روز در سال‌های اخیر استفاده شده‌اند[۱و۲]. از نقطه نظر ساختاری، نخ‌های مرکب کشسان می‌توانند به سه گروه تقسیم شوند: نخ‌های ریسیده با مغزی‌کشسان، نخ‌های تابیده‌ی کشسان و نخ‌های ریسیده با کمربندی کشسان.

در نخ‌های ریسیده با مغزی کشسان، فیلامنت کشسان به‌عنوان مغزی با الیاف استیپل در بر گرفته می‌شود. نخ‌های مرکب تابیده‌ی کشسان با تاباندن دو جزء با یکدیگر توسط یک وسیله‌ی تاب‌دهنده تشکیل می‌شوند. در نخ‌های ریسیده با کمربندی کشسان، رشته‌ی لیف استیپل حول جزء کشسان پیچانده می‌شود یا بالعکس. این نخ‌های مرکب کشسان می‌توانند روی سیستم‌های ریسندگی رینگ اصلاح‌شده[۲-۱۰]، ریسندگی مدرن[۱۱-۱۵] و تابندگی [۱۶] تولید بشوند. در سال‌های اخیر، گرایش‌هایی به‌سوی تولید نخ‌های مرکب کشسان در سیستم‌های ریسندگی جدید وجود داشته است[۱۱-۱۶].

ژانگ و همکارانش اثر نسبت کشش و وزن خطی اسپاندکس را روی خصوصیات نخ‌های مرکب چرخانه‌ای ضخیم (۵۸ تکس) بررسی کردند[۱۱]. نتایج آزمایش نشان داد که در مقایسه با نخ‌های مرکب شامل اسپاندکس ظریف‌تر، نخ‌های مرکب شامل اسپاندکس ضخیم‌تر ازدیاد طول تا حد پارگی بالاتر، نایکنواختی (CV٪) کمتر و تعداد عیوب کمتری را از خود نشان می‌دهند[۱۱]. در مقایسه با نخ ریسیده‌ی چرخانه‌ای معمولی، نخ‌های مرکب کشسان استحکام تا حد پارگی، ازدیاد طول تا حد پارگی و بازگشت‌پذیری الاستیک بیشتر، نایکنواختی (CV٪) کمتر و درجه‌ی پرزینگی پایین‌تری دارند[۱۱]. آنها همچنین اثر فاکتور تاب روی ساختمان و خواص نخ‌های مرکب چرخانه‌ای دارای اسپاندکس را تأیید کردند. فهمیده شد که پارامتر تاب نخ نقش مهمی روی خواص نخ‌های مرکب چرخانه‌ای دارای اسپاندکس دارد. انحراف تاب نخ مرکبِ دارای اسپاندکس همراه با تاب ماشین افزایش می‌یابد. خواص نخ مرکب شامل اسپاندکس ضخیم‌تر بهتر هستند و انحراف تاب، کمتر از مقدار آن برای نخ مرکب شامل اسپاندکس ظریف‌تر می‌باشد. در مقایسه با نخ چرخانه‌ای معمولی، نخ‌های مرکب دارای اسپاندکس استحکام تا حد پارگی، ازدیاد طول و بازگشت الاستیک بیشتر، نایکنواختی (CV٪) کمتر، درجه‌ی پرزینگی پایین‌تر و انحراف تاب کمتری دارند[۱۲]. در مطالعه‌ی دیگری، ژانگ و همکارانش اثر سرعت چرخانه (۴۵۰۰۰، ۴۹۳۰۰ و ۵۳۷۰۰ دور در دقیقه)، نسبت کشش (۳/۵، ۴ و ۴/۵) و فاکتور تاب ($\alpha_m$) (۱۴۲، ۱۴۹ و ۱۵۸) را روی خصوصیات نخ مرکب چرخانه‌ای کشسان ضخیم (۵۸ تکس) بررسی کردند[۱۳]. فهمیده شد که همه‌ی عوامل تأثیرگذار هستند، اما اثر نسبت کشش دارای اهمیت بیشتری می‌باشد[۱۳].

اُرتلک اثر فشار نازل، سرعت تولید و مقدار جزء کشسان را روی خواص مکانیکی نخ‌های ریسیده‌ی مغزی‌داری که روی فریم ریسندگی ام وی اسِ اصلاح‌شده تولید شده بودند بررسی کرد[۱۴]. نتایج بدست‌آمده حاکی از این بود که افزایش فشار نازل و کاهش سرعت تولید منجر به بدتر شدن معنی‌دار خواص مکانیکی نخ‌های ورتکس ریسیده‌ی مغزی‌دار شامل الاستان می‌شود[۱۴]. در تحقیق دیگری، اُرتلک و همکارانش اثر عوامل وزن خطی اسپاندکس و نخ ریسیده‌ی مغزی‌دار را روی خواص نخ‌های ورتکس ریسیده با مغزی کشسان آزمایش کردند[۱۵]. فهمیده شد که نخ‌های ضخیم‌تر نایکنواختی، عیب و مقادیر ازدیاد طول تا حد پارگی پایین‌تری را نسبت به نخ‌های ظریف‌تر از خود نشان




**شکل۱- تصویر استاندارد از سیستم ریسندگی روتور a) نمودار قیاسی b) بخش ریسندگی روتور**

دادند. اسپاندکس ضخیم‌تر منجر به نایکنواختی کمتری در نسبت کشش اسپاندکس ثابت می‌شد[۱۵].

می‌توان مشاهده کرد که کارهای تحقیقاتی موجود روی سیستم ریسندگی چرخانه‌ای بیشتر بر روی تولید نخ‌های ریسیده‌ی پنبه‌ای مرکب کشسان ضخیم متمرکز می‌شوند. با این‌حال، هیچ کار منتشر شده‌ای بر روی نخ‌های ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب کشسان ظریف پلی‌استر/ ویسکوز موجود نیست. بنابراین، هدف این تحقیق بررسی اثر نسبت کشش اسپاندکس و فاکتور تاب نخ روی خواص فیزیکی و مکانیکی نخ‌های ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب کشسان ظریف پلی‌استر/ویسکوز بود.

## مواد و روش‌ها

### مواد

ما از یک فتیله‌ی پلی‌استر/ویسکوز (۳۵/۶۵) کارد شده‌ی کشش‌یافته‌ی ۴ کیلو تکس و نیز یک فیلامنت کشسان (لایکرا) برای تولید نمونه‌های نخی با وزن خطی ۲۰ تکس استفاده کردیم. هم الیاف پلی‌استر و هم الیاف ویسکوز طول ۳۸ میلی‌متر و ظرافت ۱/۳ دسی‌تکس (۱/۲ دنیر) داشتند. وزن خطی اسپاندکس ۴۴/۴ دسی‌تکس بود.

### روش‌ها

در این کار، فتیله‌ی کارد شده روی یک ماشین کارد Litmax ۰۱۰۳ مجهز به فریم کشش‌دهنده قبل از قسمت پیچش تولید شد.

سپس فتیله‌ی کاردشده‌ی کشش‌یافته به یک ماشین ریسندگی چرخانه‌ای اصلاح‌شده (شرکت سائورر و اشلافهورست، Filea ۳۴۰ BD) با طراحی خاص برای تولید نخ‌های چرخانه‌ای کشسان مرکب تغذیه شد. در این ماشین، جزء کشسان توسط یک سیستم محرک مثبت[۱] به یک لوله‌ی راهنمای جزء کشسان تغذیه شود. یک عکس نمونه از این سیستم ریسندگی در شکل ۱ دیده می‌شود. پارامترهای ثابت ماشین به شرح زیر می‌باشند: غلتک باز کننده OK۶۱ با سرعت دوران ۷۰۰۰ دور در دقیقه، لوله‌ی برداشت نخ[۲] R۶KS۵، روتور با قطر داخلی ۵۴ میلی‌متر و سرعت برداشت ۷۰ متر بر دقیقه.

### فرآیند ریسندگی

برای بررسی اثر نسبت کشش اسپاندکس، ۸ نمونه نخ با مقادیر نسبت کشش ۲/۵، ۳، ۳/۲۵، ۳/۵، ۳/۷۵، ۴، ۴/۲۵ و ۴/۵ (D۱ تا D۸) با تغییر سرعت خطی مثبت تغذیه‌ی اسپاندکس در فاکتور تاب ثابت ۱۱۸ ($\alpha_m$) و سرعت چرخانه‌ی ۶۰۰۰۰ دور در دقیقه تولید شدند. در حالت دوم، ۴ نمونه نخ با فاکتورهای تاب متفاوت ۱۰۰، ۱۰۹، ۱۱۸ و ۱۲۷ (T۱ تا T۴) در نسبت کشش ۳/۵ با تغییر سرعت دورانی چرخانه تهیه شدند. ما همچنین به‌منظور مقایسه‌ی خواص نخ ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب کشسان با خواص نخ‌های ریسیده‌ی چرخانه‌ای معمولی، ۵ نمونه نخ ریسیده‌ی چرخانه‌ای معمولی (DN، TN۱ تا TN۴) تولید کردیم. بنابراین ۱۷ نمونه نخ تولید شدند. جزئیات درباره‌ی مشخصات هر نمونه‌ی نخ در جدول‌های ۱ و ۲ لیست شده است.

**جدول۱. ویژگی نمونه‌های نخ با نسبت‌های مختلف کشش و چرخش عادی مربوط به نخ**

| Samples | Twist factor ($\alpha_m$) | 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 | - | - |

**جدول۲. ویژگی نمونه‌های نخ و فاکتورهای مختلف تاب و چرخش عادی مربوط به نخ**

| Samples | Draw ratio | rotational speed of rotor, r.p.m. | Twist factor ($\alpha_m$) |
|---|---|---|---|
| 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 | - | 62800 | 127 |

۱. positive drive system

۲. navel



WWW.ITMA.CO
پرمخاطب‌ترین رسانه نساجی ایران

## آزمایش‌های نخ

خصوصیات فیزیکی و مکانیکی نخ‌های تولیدشده، شامل خصوصیات کششی (استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی، نسبت بازگشت الاستیک)، نایکنواختی‌ها و عیوب و پرزینگی مورد بررسی قرار گرفتند. ما از یک دستگاه استحکام‌سنج اوستر دینامات II جهت اندازه‌گیری بار و ازدیاد طول تا حد پارگی استفاده کردیم. طول نمونه برای هر نوع نخ ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر بود. درصد بازگشت نخ روی یک دستگاه استحکام سنج اینسترون ۵۵۶۶ تعیین شد که ما در آن از ۵ سیکل بارگذاری در بار ثابت ۱۴۷ سانتی نیوتن، با طول مقیاس[۳] نخ ۰/۲۵ متر استفاده کردیم. مقدار نایکنواختی نخ در هر ۲۰۰ متر از طول نمونه روی دستگاه اوستر ۳ در سرعت نخ ۲۰۰ متر بر دقیقه بدست آمد. برای هر نمونه نخ ۵ آزمایش انجام شد. برای اندازه‌گیری پرزینگی نخ، از یک دستگاه سنجش پرزینگی شرلی HTF در سرعت ۶۰ متر بر دقیقه و طول نخ ۵۰ متر استفاده شد. ماشین برای اندازه‌گیری پرزهایی با طول بیشتر از ۳ میلی‌متر تنظیم شد. همه‌ی آزمایش‌ها تحت شرایط استاندارد (۲۲±۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵±۲٪) انجام شدند.

## ساختمان نخ

جهت مطالعه‌ی ساختمان نخ، با استفاده از میکروسکوپ SEM (Philips,XL۳۰) تصاویری در جهت طولی با بزرگنمایی ۳۰x گرفته شد. موقعیت اسپاندکس در ساختمان نخ نهایی نیز با ساختن سطح مقطع‌هایی از نخ برای هر دو نوع نمونه، با مقادیر نسبت کشش متفاوت و فاکتور تاب متفاوت، بررسی شد. سپس سطح مقطع نخ با میکروسکوپ انعکاسی[۴] در بزرگنمایی ×۲۰۰ مشاهده شد. برای هر نوع نخ ۲۰ تصویر مورد تحلیل قرار گرفت و سپس موقعیت اسپاندکس در چهار گروه طبقه‌بندی شد [۵و۶]: نوع Center– در این حالت اسپاندکس در مرکز نخ واقع می‌شود؛ Center–۱/۳R– اسپاندکس بین مرکز و یک سوم شعاع نخ قرار می‌گیرد؛ ۱/۳R–۲/۳R– فیلامنت کشسان بین یک سوم شعاع و دو سوم شعاع نخ قرار دارد؛ و نوع Radius – اسپاندکس در کنار حاشیه‌ی نخ واقع می‌شود. در این حالت نمونه‌هایی با حداکثر و حداقل نسبت کشش و نسبت فاکتور تاب (به‌ترتیب D۱، D۸ و T۱، T۴) استفاده شدند.

۳. gauge length

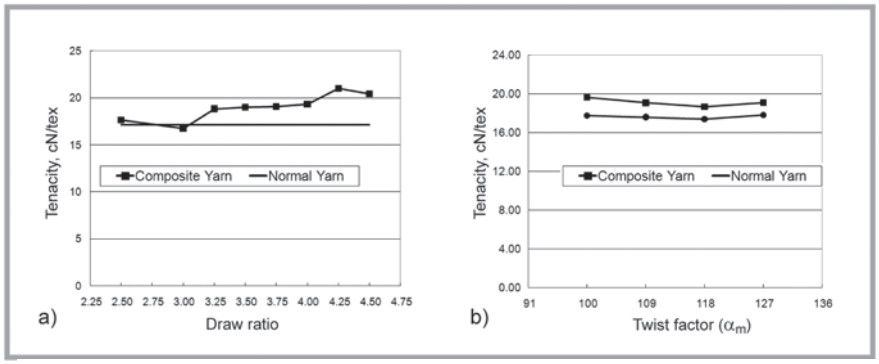
۴. reflective microscope

**جدول۳. مختصات نخ مرکب الاستیک برای ارزش‌های مختلف نسبت کشش ویژگی‌های عادی نخ.**
**s۱: ارزش عمده بدون در نظر گرفتن نمونه‌های عادی. s۲: ارزش عمده با در نظر گرفتن نمونه‌های عادی.**

| 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 (0.82) | 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 |

**جدول٤. مختصات نخ عادی و مرکب الاستیک برای ارزش‌های مختلف فاکتو تاب:**
**s۱: ارزش عمده بدون در نظر گرفتن نمونه‌های عادی. s۲: ارزش عمده با در نظر گرفتن نمونه‌های عادی.**

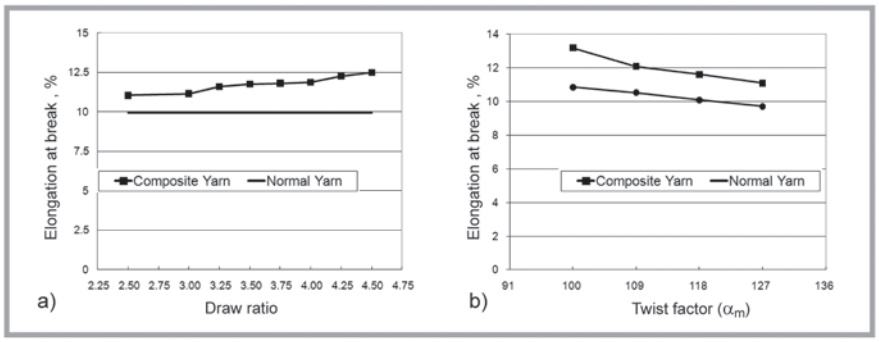
| Samples | Tenacity, cN/tex | Elongation at break, % | Elastic recovery ratio, % | CV% per 200 m | Neps (+140%), km-1 | Thin places (-30%), km-1 | Thick places (+30%), km-1 | Hairiness per 1 m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 19.65 (1.44) | 13.2 (0.70) | 48.41 (1.75) | 12.08 (0.13) | 21.80 (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 |




**شکل۲- تایید نسبت کشش و فاکتور تاب بر استحکام پارگی**

## نتایج و بحث

میانگین نتایج خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های نخ در جدول ۳ و ۴ خلاصه می‌شوند. آزمون‌های تحلیل واریانس یک‌طرفه و LSD با استفاده از برنامه‌ی آماری SPSS ۱۵ اجرا شد تا بررسی شود که آیا نسبت کشش‌های اسپاندکس متفاوت و فاکتور تاب‌های نخ متفاوت روی خواص نخ ریسیده‌ی مرکب کشسان پلی‌استر/ویسکوز اثر می‌گذارد یا خیر.



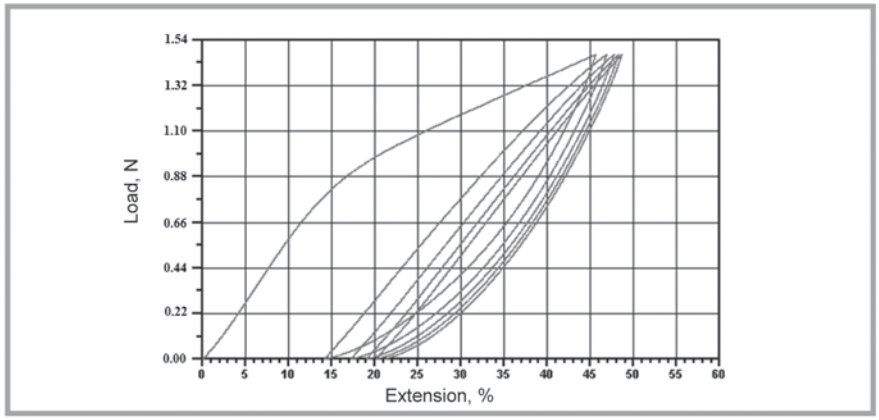

**شکل۳- تایید نسبت کشش و فاکتور تاب بر استحکام نخ‌های مرکب کشسان**

## خصوصیات کششی

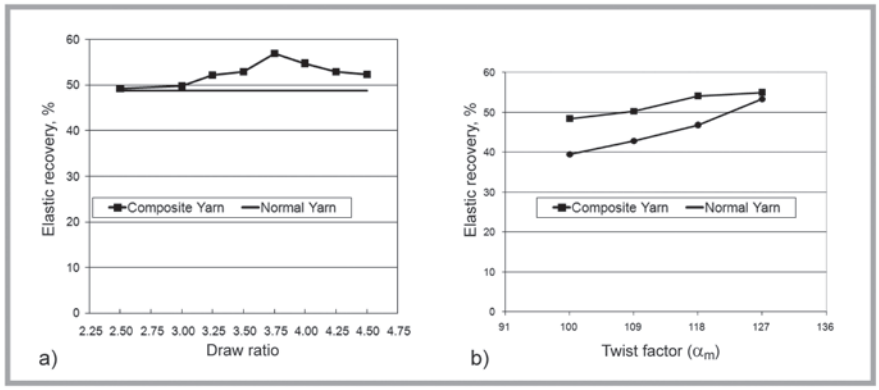
### استحکام

شکل ۲a و ۲b به‌ترتیب اثر نسبت کشش و فاکتور تاب را روی استحکام نخ‌های مرکب کشسان در مقایسه با نخ‌های معمولی نشان می‌دهد. نمونه‌های نخ مرکب تقریباً مقدار استحکام بالاتری نسبت به نخ‌های معمولی دارند، به جز در نسبت کشش ۳ که در آن مقدار استحکام به همان اندازه‌ی استحکام نخ معمولی می‌باشد. در سایر موارد یک روند افزایشی در مقدار استحکام همراه با افزایش نسبت کشش اسپاندکس مشاهده می‌شود. استحکام نمونه‌های نخ مرکب از نسبت کشش ۲/۵ تا ۳ کاهش می‌یابد و سپس دستخوش یک افزایش سریع در نسبت کشش ۳/۲۵ می‌شود. همچنین مشاهده می‌شود که افزایش بیشتر نسبت کشش تا ۴ اثر قابل توجهی روی استحکام کششی نخ ندارد. با این‌حال، نخ ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب کشسان در نسبت کشش ۴/۲۵ بیشترین استحکام را دارد که می‌تواند با در نظر گرفتن این نکته توضیح داده شود که مقادیر بالاتر نسبت کشش اسپاندکس باعث کاهش زاویه‌ی پیچش فیلامنت کشسان می‌شود که از قرار معلوم باعث می‌شود که فیلامنت کشسان به محور مرکزی ساختمان نخ نهایی نزدیکتر شود. در نتیجه، فیلامنت کشسان در استحکام نخ مرکب مشارکت بیشتری دارد. این فرضیه به‌شدت با کار انجام‌شده توسط کاکوان و همکارانش [۹] هماهنگی دارد.

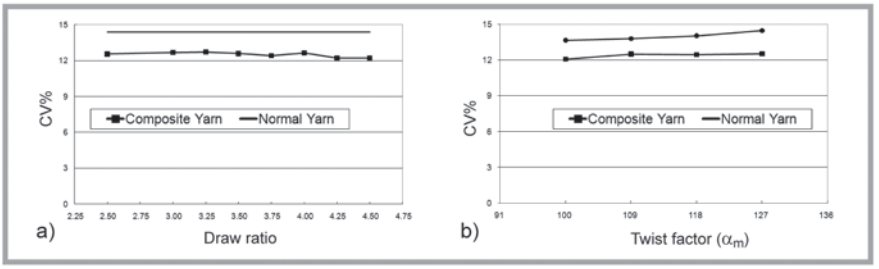
اثر فاکتور تاب روی استحکام نخ در شکل ۲b مشاهده می‌شود. برای نخ‌های مرکب، استحکام در فاکتور تاب ۱۰۰ مقدار بیشتری دارد که به‌آرامی در مقادیر بالاتر فاکتور تاب کاهش می‌یابد. با این‌حال، اختلاف‌های بین مقادیر استحکام نخ مرکب در فاکتور تاب‌های ۱۰۹ تا ۱۲۷ معنی‌دار نیستند. به‌طور کلی، این‌طور استنباط می‌شود که به‌دلیل اثر تابندگی اسپاندکس حول رشته لیف استپیل کوتاه با زاویه‌ی تاب نسبتاً کمتر، استحکام تا حد پارگی نخ‌های ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب کشسان در نسبت کشش‌های متفاوت و مقادیر فاکتور تاب متفاوت بیشتر از نخ‌های معمولی است.




**شکل٤- نمودار استاندارد بهبود کشسان برای نمونه D1**



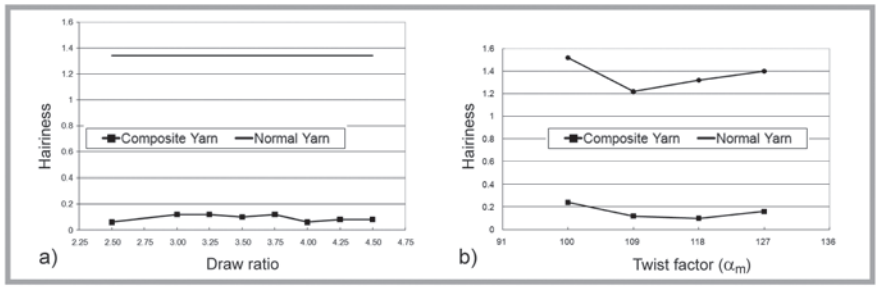

**شکل٥- تایید نسبت کشش و فاکتور تاب بر نسبت بهبود کشسان نمونه‌های نخ**




**شکل٦- تاثیر نسبت کشش و فاکتور تاب بر درصد CV نمونه‌های نخ**



WWW.ITMA.CO
پرمخاطب‌ترین رسانه نساجی ایران




**شکل۷- تاثیر نسبت کشش و فاکتور تاب بر ازدیاد طول نمونه‌های نخ.**

## ازدیاد طول تا پارگی

ازدیاد طول تا پارگی برای مقادیر مختلف نسبت کشش و فاکتور تاب در شکل ۳a و ۳b مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳a مشاهده می‌شود، می‌توانیم ببینیم که با افزایش مقدار نسبت کشش، ازدیاد طول تا پارگی نخ‌ها به‌تدریج تا مقدار کشش ۴ افزایش می‌یابد و سپس با شیب قابل‌توجه‌تری زیاد می‌شود. این نتیجه‌ی قابل قبولی است زیرا مقادیر بالاتر نسبت کشش منجر به مقدار بیشتری انقباض در ساختمان نخ نهایی می‌شوند که به موجب آن باعث افزایش ازدیاد طول نخ می‌شوند. افزایش فاکتور تاب، همان‌طور که در شکل ۳b مشاهده می‌شود، اثر وارونه‌ای دارد که منجر به کاهش معنی‌داری در ازدیاد طول تا پارگی هم برای نخ مرکب و هم برای نخ معمولی می‌شود. مقادیر بالاتر نسبت کشش ممکن است اثر پیچشی جزء کشسان حول رشته‌ی لیف استیپل را تقویت کند که باعث مقدار بیشتری فشار جانبی می‌شود که از لغزیدن الیاف روی یکدیگر جلوگیری می‌کند و باعث ازدیاد طول تا پارگی پایین‌تر می‌شود. به‌طور کلی، ازدیاد طول تا پارگی نخ‌های مرکب بیشتر از نخ‌های معمولی است که ظاهراً ناشی از به‌کارگیری اسپاندکس در ساختمان نخ می‌باشد.

## نسبت بازگشت الاستیک

نمونه‌ای از بازگشت الاستیک نخ مرکب کشسان در شکل ۴ مشاهده می‌شود.

اثر مقادیر مختلف نسبت کشش اسپاندکس و فاکتور تاب روی مقدار بازگشت الاستیک در شکل ۵a و ۵b مشاهده می‌شود.

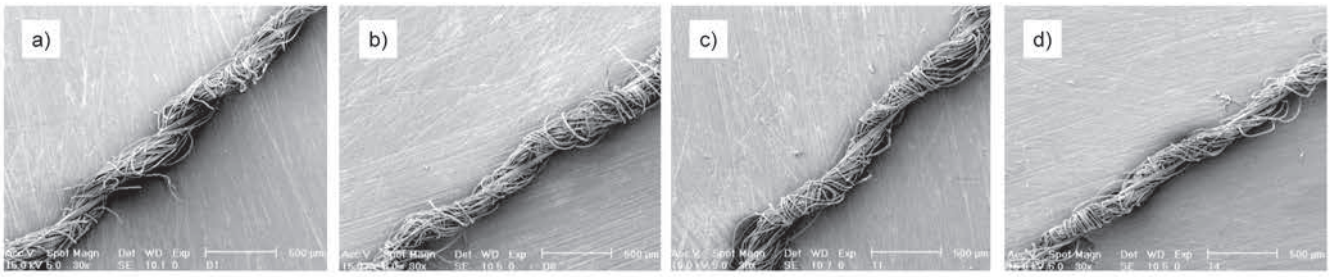
افزایش نسبت کشش تا مقدار ۳/۷۵ منجر به مقدار بیشتر نسبت بازگشت الاستیک می‌شود که می‌تواند با در نظر گرفتن این نکته که افزایش نسبت کشش اسپاندکس قابلیت انبساط فیلامنت کشسان در ساختمان نخ را بهبود می‌بخشد[۵]، توضیح داده شود. بعد از این نقطه، افزایش بیشتر در نسبت کشش رفتار بازگشت‌پذیری الاستیک نخ مرکب را بدتر می‌کند که می‌تواند به پدیده‌ی خزش ثانویه که در مطالعات قبلی[۵و۷و۱۳و۱۵] بیان شده بود نسبت داده شود. در بیشتر موارد، نخ‌های مرکب مقادیر بازگشت الاستیک بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های معمولی از خود نشان می‌دهند. اثر فاکتور تاب روی بازگشت الاستیک در شکل ۵b نمایش داده می‌شود. افزایش فاکتور تاب باعث افزایش نسبت بازگشت الاستیک هم در نمونه‌ی نخ معمولی و هم در نمونه‌ی نخ مرکب کشسان می‌شود. قابل ذکر است که اسپاندکس یک شکل مارپیچی حول رشته‌ی الیاف استیپل دارد (شکل۸). در مقادیر بالاتر فاکتور تاب، این شکل ممکن است تقویت بشود که به ساختمان نخ نهایی خصوصیات بازگشت الاستیک بهتری می‌بخشد.

## نایکنواختی‌های نخ

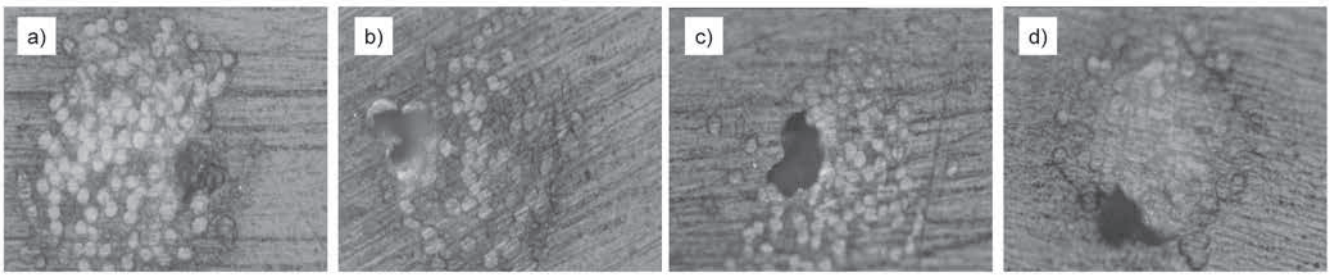
مقادیر نایکنواختی نخ (CV٪) نمونه‌ها در شکل ۶a و ۶b مشاهده می‌شود. مقدار CV٪ نخ برای نخ‌های مرکب به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از مقدار آن برای نمونه‌های نخ معمولی است.

## پرزینگی

اثر نسبت کشش و فاکتور تاب روی خصوصیات پرزینگی نخ‌های ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب کشسان




**شکل۸- نمای طولی نمونه‌های نخ: a) نمونه D۱ نسبت کشش = ۲/۵، نسبت تاب = ۱۱۸ b) نمونه D۸ نسبت کشش = ٤/۵، فاکتور تاب = ۱۱۸**
**c) نمونه T۱ نسبت کشش = ۳/۵، فاکتور تاب = ۱۰۰ d) نمونه T٤ نسبت کشش = ۳/۵، فاکتور تاب = ۱۲۷**




**شکل۹- نمای عرضی نمونه‌های نخ: a) نمونه D۱ نسبت کشش = ۲/۵، نسبت تاب = ۱۱۸ b) نمونه D۸ نسبت کشش = ٤/۵، فاکتور تاب = ۱۱۸**
**c) نمونه T۱ نسبت کشش = ۳/۵، فاکتور تاب = ۱۰۰ d) نمونه T٤ نسبت کشش = ۳/۵، فاکتور تاب = ۱۲۷**

معنی‌دار نیست. با این‌حال، همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، سطح پرزینگی نخ مرکب در مقایسه با نخ‌های معمولی خیلی کمتر است که می‌تواند با در نظر گرفتن اثر پیچشی اسپاندکس توضیح داده شود زیرا اسپاندکس سطح رشته‌ی لیف استیپل را می‌پوشاند و انتهاهای آزاد بیرون آمده از بدنه‌ی نخ را کاهش می‌دهد (شکل ۸).

## ساختمان نخ

### نمای طولی

نمونه‌ای از تصاویر SEM از نماهای طولی برای نمونه‌های نخ مرکب (D۱، D۸، T۱ و T۴) در شکل ۸ نشان داده می‌شوند. به‌روشنی قابل مشاهده است که جزء کشسان و رشته‌ی لیف استیپل کوتاه با یکدیگر تابیده می‌شوند که در آن جزء کشسان از توده‌ی لیف استیپل قابل تشخیص است. با این‌حال، هنگامی که جزء کشسان قسمت مرکزی نخ مرکب را اشغال نمی‌کند، رشته‌های لیف استیپل حول جزء کشسان تابیده می‌شوند.

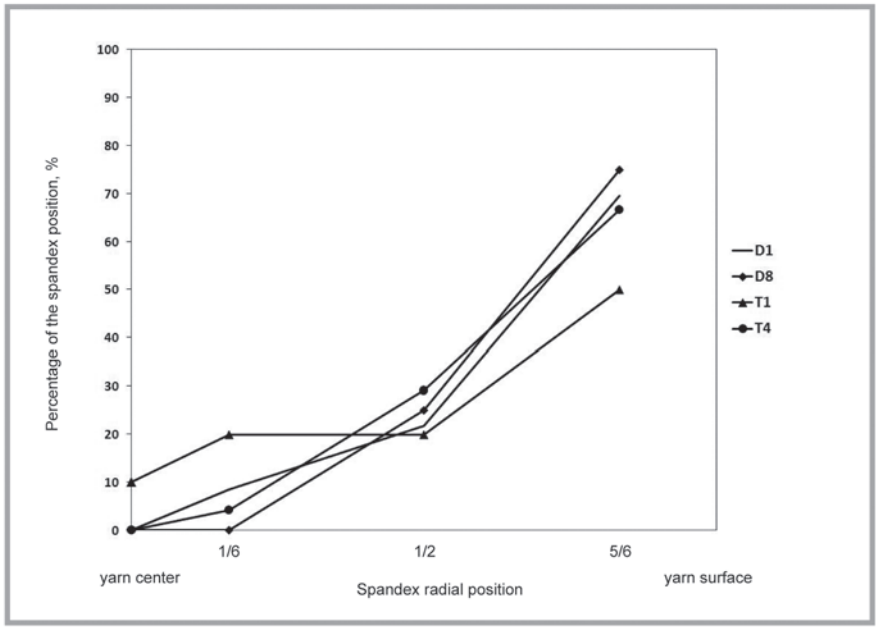
### نمای عرضی

نمونه‌ای از تصاویر نماهای سطح مقطع نمونه‌های نخ ریسیده‌ی چرخانه‌ای مرکب الاستیک (D۱، D۸، T۱ و T۴) در شکل ۹ مشاهده می‌شود. می‌توان دید که جزء کشسان به‌صورت یک لکه‌ی تا حدودی سیاه یا روشن در برش ظاهر می‌شود. جزء کشسان ترجیحاً در سطح خارجی نخ مرکب واقع می‌شود. همان‌طور که قبلاً بحث شد، درصد موقعیت جزء کشسان در ساختمان نخ مرکب طبق روش ذکر شده توسط سو و همکارانش[۵و۶] طبقه‌بندی می‌شود. درصد موقعیت اسپاندکس در هر گروه در جدول ۵ نشان داده می‌شود. نتایج موقعیت اسپاندکس در مقابل موقعیت شعاعی نسبی نیز در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود. واضح است که فیلامنت کشسان به‌طور عمده در لایه‌های بیرونی نمونه‌های نخ قرار می‌گیرد.

در نخ‌های مرکب کشسان با مقدار تاب پایین‌تر (T۱)، فیلامنت کشسان با احتمال بیشتری در مرکز لایه‌های نخ قرار می‌گیرد و ساختمان آن بیشتر شبیه به ساختمان نخ ریسیده‌ی مغزی‌دار خواهد بود. با این‌حال، برای سایر نمونه‌های نخ، جزء کشسان ترجیحاً لایه‌های خارجی برش نخ را اشغال می‌کرد.

## نتایج

نتایج آزمایش نشان می‌دهد که هم نسبت کشش و هم فاکتور تاب اثر قابل ملاحظه‌ای روی خصوصیات کشسی نمونه‌های نخ مرکب کشسان دارند. استحکام تا پارگی نخ در نسبت کشش ۳ کمترین مقدارش را دارد و در نسبت کشش ۴/۲۵ به بیشترین مقدارش می‌رسد. به‌علاوه، استحکام نخ به‌تدریج با افزایش فاکتور تاب کاهش می‌یابد به‌طوری که بالاترین مقدار استحکام در فاکتور تاب ۱۰۰ اتفاق می‌افتد. افزایش نسبت کشش باعث افزایش ازدیاد طول تا پارگی می‌شود، در حالی که افزایش فاکتور تاب این روند را برعکس می‌نماید. در ابتدا، با افزایش نسبت کشش، تا مقدار ۳/۷۵ مقدار بازگشت الاستیک افزایش می‌یابد و سپس کاهش می‌یابد. افزایش فاکتور تاب نخ باعث افزایش بازگشت الاستیک نخ برای همه‌ی نمونه‌های نخ می‌شود. در بیشتر موارد، مقادیر استحکام و ازدیاد طول تا پارگی نخ و بازگشت الاستیک نخ‌های مرکب به‌طور معنی‌داری از مقادیر آنها برای نمونه‌های نخ ریسیده‌ی معمولی بالاتر است. ضریب تغییرات (CV%) و سایر عیوب (نپ‌ها، نقاط نازک و ضخیم) نخ‌های مرکب کشسان به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از نخ‌های معمولی است. مقدار پرزینگی نخ نیز برای نخ‌های کشسان در مقایسه با نخ‌های ریسیده‌ی معمولی پایین‌تر است. تصاویر سطح مقطع‌های نخ نشان می‌دهد که فیلامنت کشسان به‌طور عمده در لایه‌ی بیرونی ساختمان نخ نهایی قرار می‌گیرد، اما در نمونه‌هایی با مقدار فاکتور تاب پایین‌تر، جزء اسپاندکس مکان‌هایی را که به محور مرکزی نخ نزدیکتر هستند اشغال می‌کند.




**شکل ۱۰- درصد موقعیت اسپاندکس در مقابل موقعیت شعاعی نسبی**

## تشکر

ما مایلیم که بدین‌وسیله مراتب قدردانی خود را از آقای اقبال و آقای لطفی، مدیران کارخانه‌ی ترمه آبیک، به‌خاطر فراهم کردن همه‌ی نمونه‌های نخ برایمان، بیان نماییم.

**جدول ۵- درصد موقعیت اسپاندکس در ساختار نهایی نخ مرکب**

| 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 |


WWW.ITMA.CO
پرمخاطب‌ترین رسانه نساجی ایران