دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده نساجی

بررسی میزان برجستگی نخ و خواص مکانیکی پارچه های بافته شده از نخهای پلی استر فیلامنتی تابدار

پایان نامه کارشناسی ارشد تکنولوژی نساجی

حسین عابدی

استاد راهنما

دکتر محمد قانع

تابستان ۱۳۹۲

عنوان | صفحه

فهرست مطالب هشت

چکیده ۱

فصل اول ۲

مطالعات ۲

مقدمه ۲

۱-۱-هدف ازانتخاب موضوع ۳

۱-۲-پلی استرها ۳

۱-۲-۱- خواص پلی استرها ۳

۱-۲-۲- میکروالیاف ۴

۱-۲-۳- تابندگی نخ ها فیلامنتی ۶

۱-۲-۴- کاهش وزن پارچه پلی استر ۷

۱-۳-برجستگی نخ از سطح پارچه و مفاهیم مرتبط ۷

۱-۳-۱-بررسی تئوری میزان انحراف نخ در ساختار پارچه ۷

۱-۳-۲-پردازش تصویر ۱۰

۱-۳-۳-برخی مطالعات قبلی در زمینه برجستگی نخ های تار و پود ۱۲

۱-۴-خمش پارچه ۱۷

۱-۴-۱- ارزیابی سختی خمشی در حالت استاتیکی ۱۷

۱-۴-۲- ارزیابی سختی خمشی در حالت برخط ۱۸

۱-۴-۳- دستگاههای ارزیابی خواص خمشی پارچه ۱۸

۱-۵-کشش در پارچه ۲۲

۱-۵-۱- تغییر شکل پارچه در اثر کشش ۲۲

۱-۵-۲-اندازه گیری و محاسبه مشخصات کشش ۲۴

۱-۵-۳-مطالعه قبلی در بررسی خواص کششی پارچه ۲۶

فصل دوم ۲۸

تجربیات ۲۸

۲-۱- مشخصات نمونه ها و روش آزمایشات ۲۸

۲-۲-تولید نمونه ها ۳۰

۲-۳-مشخصات پارچه های تولیدی ۳۱

۲-۴-اندازه گیری میزان برجستگی نخ های تار و پود ۳۱

۲-٤-۱- تدوین برنامه نرم افزاری متلب ۳۱

۲-٤-۲- آماده سازی نمونه پارچه ۳۲

۲-٤-۳- تصویر برداری از سطح پارچه ۳۲

۲-٤-٤- پردازش تصویر ۳٤

۲-۵-آزمایش خمش ۳۶

۲-۵-۱- روش آزمایش ۳٦

۲-۵-۲- محاسبات خمش ۳٦

۲-۶-آزمایش کشش ۳۸

۲-٦-۱- روش آزمایش ۳۸

۲-٦-۲- داده های آزمایش ۳۸

۲-٦-۳- محاسبه خطی بودن ٤۰

۲-٦-٤- محاسبه جهندگی ٤۱

فصل سوم ۴۲

بحث و تجزیه و تحلیل داده ها ۴۲

مقدمه ۴۲

۳-۱-تحلیل آماری میزان برجستگی نخ های تار و پود از سطح پارچه ۴۲

۳-۱-۱- مقایسه و تحلیل برجستگی نخ های تار و پود در بافت تافته ٤۳

۳-۱-۲- مقایسه و تحلیل برجستگی نخ های تار و پود در بافت سرژه۲/۲ ..... ٤۳

۳-۱-۳- مقایسه و تحلیل برجستگی نخ های تار و پود در بافت ترکیبی ۲/۲-۱/۱-۱/۱ ..... ٤٤

۳-۱-٤- مقایسه و تحلیل برجستگی نخ های تار و پود در بافت ترکیبی ۲/۲-۳/۱ ..... ٤۵

۳-۱-۵- مقایسه و تحلیل برجستگی در نخ های تار و پود بافت های چهارگانه ٤۷

۳-۲-تحلیل آماری خمش ۵۰

۳-۲-۱- مقایسه و تحلیل سختی خمشی در جهت نخ های تار و پود در بافت تافته ۵۰

۳-۲-۲- مقایسه و تحلیل سختی خمشی در جهت نخ های تار و پود در بافت سرژه۲/۲ ..... ۵۱

۳-۲-۳- مقایسه و تحلیل سختی خمشی در جهت نخ های تار و پود در بافت ترکیبی۲/۲-۱/۱-۱/۱ ..... ۵۱

۳-۲-٤- مقایسه و تحلیل سختی خمشی در جهت نخ های تار و پود در بافت ترکیبی۲/۲-۳/۱ ..... ۵۲
۳-۲-۵- مقایسه و تحلیل سختی خمشی در جهت نخ های تار و پود بافت های چهارگانه..... ۵٤
۳-۳-تحلیل آماری خطی بودن کشش..... ۵۸
۳-۳-۱- مقایسه و تحلیل خطی بودن کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب در بافت تافته..... ۵۸
۳-۳-۲- مقایسه و تحلیل خطی بودن کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب در بافت سرژه ۲/۲ ..... ۵۹
۳-۳-۳-مقایسه و تحلیل خطی بودن کشش پارچه درراستای نخ های تار،پود و اوریب در بافت ترکیبی۲/۲-۱/۱-۱/۱ ٦۰
۳-۳-٤- مقایسه و تحلیل خطی بودن کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب در بافت ترکیبی ۳/۱-۲/۲ .. ٦۱
۳-۳-۵- مقایسه و تحلیل خطی بودن کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب بافت های چهارگانه..... ٦۳
۳-۴-تحلیل آماری جهندگی..... ۶۶
۳-۴-۱- مقایسه و تحلیل جهندگی کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب در بافت تافته ٦٦
۳-٤-۲- مقایسه و تحلیل جهندگی کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب در بافت سرژه ۲/۲ ..... ٦۷
۳-٤-۳- مقایسه و تحلیل جهندگی کشش پارچه در راستای نخ های تار، پود و اوریب در بافت ترکیبی۲/۲-۱/۱-۱/۱ .٦۸
۳-٤-٤- مقایسه و تحلیل جهندگی کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب در بافت ترکیبی ۳/۱-۲/۲ ..... ٦۹
۳-٤-۵- مقایسه و تحلیل جهندگی کشش پارچه در راستای نخ های تار ، پود و اوریب بافت های چهارگانه..... ۷۱
فصل چهارم..... ۷۴
خلاصه نتایج و پیشنهادات..... ۷۴
۴-۱-نتایج..... ۷۴
۴-۲-پیشنهادات..... ۷۵
فصل پنجم..... ۷۶
پیوست ها..... ۷۶
پیوست۱..... ۷۶
پیوست۲..... ۸۰
پیوست۳..... ۸۴
پیوست۴..... ۸۹
پیوست۵..... ۹۴
پیوست۶..... ۹۹
مراجع:..... ۱۰۴

چکیده

پارچه های پلی استری بدلیل خواصی مانند استحکام بالا، عمر طولانی ، انعطاف پذیری، قیمت مناسب و غیره، نسبت به بقیه الیاف مصنوعی از اقبال بیشتری جهت تولید پوشاک برخوردار است. به منظور دسترسی به خواص ظاهری وحسی مطلوب مانند زیردست، اصطکاک سطحی، خواص نوری، آویزش، ضرورت دارد تا ویژگیهایی مانند برجستگی نخ های تار و پود از سطح، خواص خمشی و کششی پارچه بررسی و براساس نتایج حاصله، به بهسازی عملی محصولات پلی استری پرداخته شود.

بنابراین تعداد ۲۰ نمونه پارچه متشکل از نخ های فیلامنتی با تاب بالا، در۴ نوع طرح بافت و ۵ نوع تراکم پودی بافته شد.برای هر یک از پارچه ها ۳ گروه آزمایش شامل اندازه گیری برجستگی نخ های تار و پود به کمک پردازش تصویر، اندازه گیری میزان خمش و محاسبه سختی خمشی در جهت تار و پود و همچنین آزمایش کشش در سه جهت تار، پود و اوریب انجام شد. تمامی آزمایشات براساس روش های استاندارد و به تعداد مورد نیاز صورت گرفت.

نتایج آماری نشان می دهدکه تراکم پود و طرح بافت اثر معنی داری روی برجستگی سطحی، خواص خمشی و کششی دارد. نتایج آزمایشات کشش نشان داد که برای همه نمونه های بافته شده،جهندگی و خطی بودن کشش پارچه در راستای اوریب نسبت به راستای تار و پود بسیار کمتر است.

کلمات کلیدی: پارچه های پلی استر، برجستگی سطحی، خواص خمشی، خواص کششی

فصل اول

مطالعات

مقدمه

توسعه و ارتقاء سطح زندگی بشر از یک طرف و نقش بی جایگزین منسوجات در آن موجب گردیده تا صنایع ، متخصصین و دست اندرکاران، تمامی سعی و تلاش خود را در تولید محصولاتی با رضایتمندی بیشتر بکارگیرند. دامنه گسترده مصارف، محدوده وسیعی از خصوصیات را طلب می کند. مواد اولیه طبیعی موجود نمی تواند جوابگوی تمامی نیازها باشد. لذا ضرورت تولید و گسترش منسوجی با منشاء نا محدود اجتناب ناپذیر است.

پارچه های پلی استری بدلیل خواصی مانند نگهداری آسان، استحکام بالا، ثبات ابعادی، انعطاف پذیری، رنگ پذیری آسان، عمر نسبتا طولانی، قیمت پایین و غیره، نسبت به بقیه الیاف مصنوعی از اقبال بهتری برخوردار بوده است. اما وجود برخی معایب مانند زیردست نامطلوب، الکتریسیته ساکن بالا، آبگریزی، رطوبت بازیافتی پایین، گلوله ای شدن و غیره، محققان را بر آن داشته تا اصلاحاتی را در خواص آن ایجاد و نگرانیهای مصرف کنندگان را مرتفع نمایند. افزایش ظرافت الیاف، نقطه شروعی بر بهبود شرایط بوده است که منجر به تولید میکروالیاف گردید.

در این راستا، تلاشهای مختلف برای بهبود خواص پارچه های پلی استر تولید شده از الیاف ظریف و کمتر از ۱دنیر (میکروالیاف) انجام شد. در طول سالهای اخیر، مصرف میکروفیلامنت پلی استر در حال افزایش بوده و به دلیل عملکرد بهتر در مقایسه با نخهای فیلامنت پلی استر معمولی، به عنوان یک جایگزین خوب برای کاربردهای مختلف مانند پوشاک- صنعتی- ساختمانی- پزشکی- نظامی - فن آوری فضایی و غیره، مورد توجه است. بیش از ۵۰٪ الیاف مصنوعی و ۲۵٪ از الیاف نساجی جهان را پلی استرها تشکیل می دهند. استحکام کششی خوب، انعطاف پذیری، مقاومت در مقابل سایش، اختلاط میکروالیاف پلی استر با الیاف طبیعی بمنظور افزایش سرعت تولید بافندگی که بهمراه بهبود خواص لطافت، آویزش، ثبات ابعادی می باشد، موجبات رشد شدید سهم خود در بازار را فراهم نموده است[۱].

قابلیت های مختلف پلی استر باعث گردیده تا محدوده وسیعی از تنوع منسوجات را به خود اختصاص دهد. منسوجات خانگی و پوشاک بخشی از این گستره می باشد.

در بخش پوشاک می توان از انواع روسری- چادر- پیراهن- شلوار- مانتو- لباس مجلسی زنانه و غیره نام برد که هرکدام گروهی از البسه را شامل می شوند. در حیطه منسوجات خانگی انواع پرده ای- رومبلی- روتختی- کاور و غیره قابل بیان است.

۱-۱-هدف ازانتخاب موضوع

در حال حاضر بخش عمده منسوجات ذکر شده در مقدمه فصل از بیرون مرزها وارد کشور می شود. این در حالی است که زیرساخت های تولید آن در گوشه و کنار کشور به وفور در دسترس می باشد. دلایل متفاوتی در این راستا قابل بیان است که به نمونه هایی از آنها می توان اشاره نمود:

- فقر دانش فنی کاربردی، تخصصی و تکنیکی در صنایع نساجی
- عدم تطابق دانش فنی دانشگاهی با امکانات صنایع
- عدم انجام فعالیتهای تحقیقاتی کاربردی منطبق با نیازهای واقعی بازار و صنعت در مراکز تحقیقاتی و علمی
- عدم طراحی و انتخاب مناسب خطوط تولید، ماشین آلات و تجهیزات بر اساس نیازها، امکانات و دانش فنی موجود
- عدم ارتباط منطقی بین تولیدکننده علم و دانش فنی با مراکز مصرف واقعی آن

موارد ذکر شده از جمله عوامل اساسی در عقب ماندگی صنعتی در بخش نساجی بوده و سالانه مبالغ هنگفتی از سرمایه های کشور را خارج می کند. مقدار اندکی از این منسوجات در داخل تولید می گردد. اما متاسفانه نیازها را تامین نکرده و گاها" از کیفیت قابل قبولی نیز برخوردار نیست. حجم تقاضای بالاو مصرف گرایی روزافزون، زمینه عالی جهت ورود کالا از مبادی مجاز و غیر مجاز را فراهم کرده است.

عنوان این پایان نامه تحصیلی صرفا به لحاظ ارزیابی انجام شده روی بازار و شرایط و امکانات صنعتی موجود و در دسترس تعریف گردیده است. مطمئنا" با فرصت موجود و در حد تحقیقات محدود نمی توان دامنه گسترده موضوع را بررسی و تحلیل نمود. اما سعی خواهد شد تمام تلاش در جهت دستیابی به نتیجه کاربردی هر چند کوچک بکار گرفته شود. بعبارتی منظور اصلی از تعریف عنوان مذکور دستیابی به نتیجه کاربردی می باشد.

با توجه به موضوع مورد نظر جهت تحقیق، در بخش مطالعات به بررسی کلی در مورد الیاف پلی استر ، ویژگیها و خصوصیات آن، مفهوم برجستگی[۱] برای نخ های تار و پود در پارچه، خمش[۲] و کشش[۳] در پارچه پرداخته شده و به برخی کارها و تحقیقات صورت گرفته قبلی در این زمینه اشاره می شود.

۱-۲-پلی استرها

این الیاف از ترکیب شیمیائی اسید ترفتالیک و اتیلن گلیکول تولید می شود.پس از طی مراحل پلیمریزاسیون پلیمری بصورت زیر حاصل میگردد:

$$(-OCH2-CH2OOC-C6H4-CO-)_n$$

۱-۲-۱- خواص پلی استرها

الیاف پلی استر بسته به روش تولید که در ادامه توضیح داده خواهد شد، دارای خواص متفاوتی هستند. برخی مشخصات اصلی الیاف پلی استر معمولی عبارتست از:

---

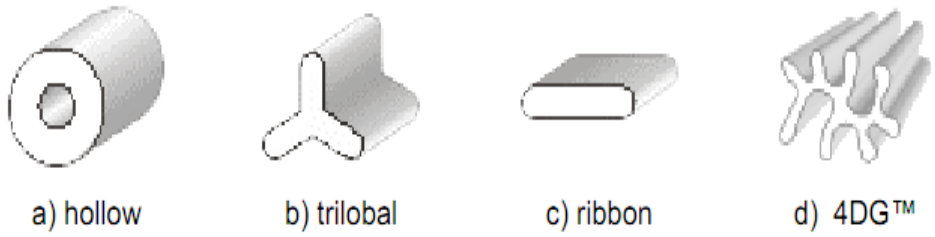
۱ - Protrusion
۲ - Bending
۳ - Tensile

استحکام کششی: حدود ۴-۳,۵ گرم بر دنیر

ازدیاد طول تا حد پارگی: حدود ۴۰-۲۵ درصد

جذب رطوبت: درشرایط معمولی جذب رطوبت این الیاف حدود ۰,۴٪ میباشد.

شکل سطح مقطع: بسته به نوع مصرف و روش تولید دارای سطح مقطع متفاوت می باشد که در شکل ۱-۱ آورده شده است:



شکل ۱-۱ سطح مقطع الیاف میکرو(توخالی- سه پره- نواری- هشت پا)

چگالی: الیاف پلی استر دارای چگالی ۱,۳۸ گرم برسانتی متر مکعب هستند.

مقاومت در برابر نور: عموما" مقاومت خوبی در برابر نور دارند.

۱-۲-۲- میکروالیاف

عموما" میکروالیاف به الیافی اطلاق میگردد که هر ۱۰۰۰۰ متر آن وزنی کمتر از یک گرم داشته باشد و یا به عبارتی دیگر ظرافت آن کمتر از یک دسی تکس باشد.

میکروالیاف ها برای اولین بار درسال ۱۹۷۰ توسط ژاپنی ها تولید شد. در سال ۱۹۸۰ در اروپا و در سال ۱۹۹۰ در آمریکا تولید گردید. در ابتدا میکرو الیافی از پلی استر، سپس نایلون و اکریلیک نیز پا به عرصه تولید نهادند[۲].

خواص عمومی منسوجات میکرولیفی

میکرولیف های مصنوعی تولیدی اغلب از جنس نایلون و پلی استر می باشد که با نامهای تجاری مختلف به بازار عرضه می گردد. در خصوص مزایا و معایب این دو لیف مواردی مطرح شده است[۲]. برای نایلون ادعا دارند که نسبت به پلی استر از پوشش بهتر، نیاز به تراکم کمتر، مقاومت بیشتر و مقاوم تر در مقابل سایش می باشد. در مقابل تولید و ریسندگی الیاف پلی استر ظریف به مراتب راحت تر از نایلون است که این خصیصه موجب گردیده تا بازار پوشاک و لباسهای ورزشی را تصاحب نماید[۳]. محصولات میکروئی از جنسهای استات، اکریلیک و پلی پروپیلن نیز در دسترس مصرف کنندگان وجود دارد[۴]. میکروالیاف می توانند به صورت خالص یا مخلوط با الیاف مصنوعی یا طبیعی معمولی مانند پنبه، پشم، ویسکوز و ابریشم استفاده شوند[۴]. این به خواص ظاهری، زیردست، آویزش و کارائی پارچه ها بهبود می بخشد[۵].

ویژگی های اساسی میکروالیاف ها

۱. از آنجا که سختی خمشی و پیچشی نسبت عکس با قطر الیاف دارند، الیاف ظریف بسیار انعطاف پذیر هستند[۶]. و به همین دلیل نخ حاصل ازمیکروالیاف قابلیت آویزش عالی به پارچه می دهد[۴]و[۵]و[۷].
۲. با توجه به تعداد بالایی از الیاف در هرنقطه از سطح مقطع، استحکام نخ بالا است . پارچه های میکرو در مقایسه با پارچه های دیگر با وزن مشابه، نسبتا قوی و با دوام می باشند[۴].
۳. نخ ساخته شده از لیف میکرو دنیر شامل فیلامنت های بسیار بیشتر از نخ با الیاف معمولی می باشد که برای تولید پارچه ضد آب و ضد باد و با قابلیت تنفس خوب، مناسب است[۵].
۴. فیلامنت های بیشتر و در نتیجه سطح جانبی زیادتر وجود دارد. این امر باعث می شود که چاپ روی این پارچه ها نسبت به پارچه های معمولی روشن تر و شادتر باشند. با سطح جانبی زیادتر رنگهای عمیق تر، غنی تر و شاد تر در رنگرزی حاصل می گردد[۵].
۵. پارچه های میکرولیفی دارای سطحی نرم، کاملاً یکدست ابریشم مانند و چرم جیری دارند[۴]و[۷].
۶. رهایی از تنش در میکروالیاف سریع است بطوری که پارچه های میکرولیفی در برابر چین و چروک مقاوم بوده و شکل خود را حفظ می کنند[۴]و[۸].
۷. قابلیت شستشو و خشک شدن خوب دارند.
۸. پارچه های میکرو عایق خوبی در برابر باد، باران و سرما و همچنین تنفس آنها بیشتر و راحت تر برای پوشاک است.
۹. سوپر جاذب بودن میکرو الیاف، جذب بیش از ۷ برابر وزن خود را در آب رقم زده است.
۱۰. خشک شدن میکروالیاف در یک سوم از زمان نسبت به الیاف معمولی می باشد[۴].
۱۱. نسبت طول به قطر بالا و در نتیجه تماس بیشتر الیاف وجود دارد
۱۲. ظرفیت خوب نفوذ مواد دیگر بداخل خود را دارا می باشند.
۱۳. سازگاری منحصر بفرد زیستی به بافت زنده و مایعات[۸].

تولید میکروالیاف ها

تولید این گروه از الیاف به دو روش کلی انجام می شود.

۱- تولید میکرو الیاف در پروسه ریسندگی به روشهای مختلف مانند مستقیم ومزدوج
۲- دستیابی به میکروالیاف از نخ های حاوی الیاف با دنیر نزدیک به محدوده میکرو(تا ۱,۲ دنیر) بکمک عملیات سبک سازی(پس از بافت منسوج)

۱-۲-۳- تابندگی نخ ها فیلامنتی

از علل اصلی اعمال تاب به نخ می توان به افزایش استحکام، تغییر زیر دست پارچه، تغییر در انعکاس نورو ایجاد امکان بافت اشاره نمود.

نخهای فیلامنتی در شرایط تاب صفر، دارای استحکامی معادل مجموع استحکام تک تک رشته های الیاف می باشد. اما نگه داشتن الیاف در کنار یکدیگر و جلوگیری از متفرق شدن آنها، نیاز به مقدار حداقلی از تاب دارد که معمولا اعمال می گردد. با توجه به تقسیم نیروی کشش وارده به نخ تابدار به دو مولفه در راستای محور نخ و عمود بر محور که به ترتیب استحکام کششی و استحکام فشاری با آن مقابله می کند، و از طرفی مرور منحنی فاکتور تاب و استحکام نخ، جهت دستیابی به استحکام مطلوب، نقطه بهینه برای مقدار تاب، قابل تعریف است. زاویه بهینه تاب نخ، ۷۰ درجه تعیین شده که این زاویه مربوط به لایه رویی الیاف تشکیل دهنده نخ می باشد. زاویه تاب از داخل به طرف خارج روبه افزایش است.

تاب درنخهای فیلامنتی باعث می گردد تا الیاف پرانرژی سطحی جهت رسیدن به حداقل انرژی به سمت داخل نخ حرکت کرده و خود را جایگزین الیاف کم انرژی بخش میانی نمایندکه موضوع مهاجرت را حادث میشود.

چنانچه فرضیه چیدمان متحدالمرکزالیاف را برای نخهای فیلامنتی درست فرض کنیم، فضاهای خالی، تشکیل فضای کپیلاری را میدهد که به عایق حرارتی شدن و امکان انتقال رطوبت کمک می کند.

الیاف فیلامنتی در راستای مستقیم خود در مواجه ی با تابش نور، انعکاس مشخصی از خود بروز میدهند که با ایجاد تاب در آن، باز تابش با تفرق همراه شده و از درخشندگی آن کاسته می شود.

با توجه به مطالب ذکر شده، از تاثیر تاب بر نخهای میکروفیلامنتی به موارد زیر می توان اشاره نمود:

۱- با افزایش تعداد الیاف در سطح مقطع، تعداد لایه ها زیاد می شود. در شرایط بدون تاب، نخ موجود از خواص عایقی وانتقال رطوبت خوبی برخوردار است. ولی با اعمال و افزایش تاب، فضاها بسته شده و فشارهای جانبی به الیاف باعث کاهش سطح کپیلاری می گردد که نتیجه آن، زوال خصوصیات عایقی و تبادل رطوبتی است.

۲- افزایش تعداد الیاف و تعداد لایه ها، در نهایت مهاجرت بین لایه ها را افزایش میدهد که سبب ایجاد فرو موج در الیاف می گردد. این فروموج بر خواصی مانند زیر دست اثر زبر شدن و بر انعکاس نور اثر کاهش انعکاس را بهمراه دارد.

۳- الیاف میکرو با توجه به قطر بسیار کوچک خود، نمی توانند ازعمق رنگی بالایی برخوردار باشند. فشرده سازی آن در اثر تاب دادن، کاهش جذب وعمق رنگی را تشدید می کند.

بنابراین لازم است بسته به نوع کاربری نهائی و امکانات پروسه تولید، مقدار تاب مناسب به نخ داده شود.

به جهت کارآئی مناسب نخ تابدار در مراحل بعدی تولید، عملیات تثبیت حرارتی(خشک یا مرطوب) برای آن در نظر گرفته می شود تا دچار تاب زندگی نباشد.

حساسیت های میکروالیاف در مقابل سطوح غیر صیقلی و حرارت بایستی در جریان تابندگی و تثبیت حرارتی کاملا" مد نظر قرار گیرد.

۱-۲-٤- کاهش وزن پارچه پلی استر[۹]

تلاشهای بسیاری برای بهبود خواص پلی استر پس از تولید الیاف تاکنون صورت گرفته که نشان داده است با افزایش ظرافت الیاف خواص بسیار بهتری در پارچه ایجاد می شود . تقلیل وزن پارچه پلی استر سبب بهبود خواص پارچه می شود و در واقع می توان گفت هر چه تقلیل وزن بیشتر باشد کاهش قطر بیشتر بوده و بالطبع رابطه مستقیم غیر خطی میان کاهش وزن و کاهش قطر وجود دارد[۱۰].

در یک تحقیق بر روی پارچه بافته شده از نخهای پلی استر که در سال ۲۰۰۳ انجام شد، به بررسی اثر کاهش وزن میکرو الیاف توسط سود بر روی خواص مکانیکی پارچه می پردازد. آمده است که تقلیل بر روی پلی استر سبب کاهش قطر الیاف پلی استر و به عبارتی تبدیل الیاف معمولی به میکرو الیاف می شود. در سال ۱۹۸۲ این کاهش قطر توسط زرونیان[۱] محاسبه شده است [۱۰].

مکانیزم کاهش وزن درمنسوجات بدین ترتیب است که حلال بر روی غشاء بیرونی الیاف با عمق یکسان اثر کرده و آنرا درخود حل میکند. عمق فعالیت حلال وابسته به عواملی مانند غلظت، زمان و دمای محلول می باشد.

۱-۳-برجستگی نخ از سطح پارچه و مفاهیم مرتبط

در نقاط تقاطع نخ های تار و پود، نخ از بدنه پارچه برآمده می شود که در اینجا با اصطلاح برجستگی خوانده می شود. نخ برآمده از سطح پارچه نشانه مهمی از مکانیزم تاثیر متقابل نخ ها در پارچه و پیشگوئی خصوصیات سطحی پارچه است. عوامل موثر روی برجستگی نخ از سطح پارچه به دو گروه تقسیم شده اند: یکی مشخصات ساختاری پارچه و دیگری خصوصیات مکانیکی نخ. بعبارتی برجستگی نخ از سطح پارچه تنها به هندسه پارچه وابسته نیست، بلکه به ساختار نخ که توسط سیستم های مختلف ریسندگی تولید می شود و رفتار خمشی نخ نیز بستگی دارد. سطح پارچه از شیارهایی که به صورت دوره ای در دو جهت منظم شده، تشکیل شده است. برجستگی به طور جدی روی یکنواختی و خصوصیات اصطکاکی و ظاهر سطح پارچه اثر می گذارد. بدون اثر متقابل نخ های تار و پود در نقاط تقاطع، پارچه بافته شده مانند دو صفحه جدا از هم می باشد که از نخهای موازی و جدا از هم تشکیل شده است.

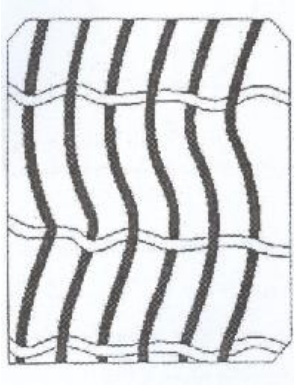
مطالعات صورت گرفته و در دسترس در زمینه برجستگی نخ های تار و پود از سطح پارچه براساس مدل های تئوری و پردازش تصویر سطحی از پارچه بوده است. لذا در این قسمت به بررسی برخی مدل های تئوری مرتبط، نگاه کلی به بحث پردازش تصویر و در نهایت مروری بر چند کار عملی صورت گرفته در قبل، پرداخته می شود.

۱-۳-۱-بررسی تئوری میزان انحراف نخ در ساختار پارچه

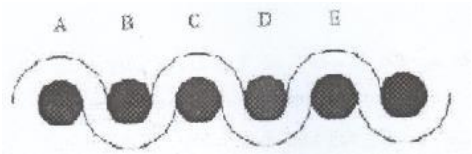
شکل ۱-۲ دیاگرام شماتیک سطحی و شکل ۱-۳ یک مقطع از پارچه با بافت ساده را نشان می دهد.

---

[۱] - Zeronian

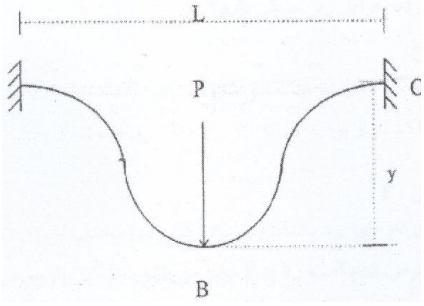


شکل۱-۲ شمای سطحی یک پارچه با بافت ساده [۱۱]



شکل۱-۳ شمای یک مقطع از پارچه با بافت ساده [۱۱]

دایره های A،B،C،D،E مقاطع تارها هستند و موجی از پود در بین آنها مشاهده می شود. در شکل ۱-۴ نخ پود توسط نیروی عمودی P (اعمال شده توسط تار در نقطه B) منحرف شده است. تارهای مجاورA،C به عنوان تکیه گاههایی برای نخ پود خم شده می باشند. مطلب فوق با جابجایی نخ های تار و پود نیز صادق است.



شکل۱-۴ شمای نخ پود منحرف شده توسط نیروی عمودی P [۱۱]

با توجه به تئوری الاستیسیته و تئوری خمش تیرها تحت نیروی عمودی، یک مدل تئوریکی می تواند برای انحراف نخ در پارچه با بافت ساده مورد استفاده قرار گیرد. چون مماس بر منحنی ها در تکیه گاه ها برابر صفر است(شکل۱-۴)، مدل مورد استفاده می تواند تیر در دوانتها ثابت باشد که در وسط توسط نیروی عمودی P خم شده است. فرض های مورد استفاده در محاسبات عبارتنداز[۱۱]:

۱) سطح مقطع نخ دایره ای است.

۲) مراکز نخ ها در یک خط مستقیم قرار دارند.(شکل۱-۳)

۳) فاصله بین دو تار متوالی بسیار کم است، در نتیجه رفتار نخ پود بین تکیه گاهها (تارهای A،C) بصورت الاستیک است.

۴) انحراف به عنوان یک تغییر شکل کوچک در نظر گرفته شده، و معادلات تغییر شکلهای کوچک مورد استفاده قرار گرفته است.

بیشینه انحراف در تیر خمیده با دو انتهای ثابت (شکل۱-۴) عبارتست از:

$$Y = \frac{PL^3}{192EI} \quad (۱-۱)$$

Y: بیشینه انحراف در وسط (انحراف نخ پود در نقطه B در شکل(۱-۴))

P: نیروی عمودی (اعمال شده توسط تار در نقطه B)

L: فاصله بین تکیه گاهها (فاصله بین تارهای C، A یا ۲× فضای تاری)

E : مدول الاستیک نخ پود

I: ممان اینرسی سطح مقطع عرضی نخ پود

E،I ثابت هستند و P،L متغیر می باشند.

با اعمال لگاریتم به هر دو قسمت معادله ۱-۱ داریم :

$$\log y = \log(\frac{p}{192EI}) + 3\log L \quad (۱-۲)$$

میزان انحراف نخ های برجسته عموما" به عوامل زیر بستگی دارد:

۱) خصوصیات خمشی نخ

۲) تنشی که در حین بافندگی روی نخ ها تحمیل شده است.

۳) هندسه پارچه مانند تراکم تار و پود

برجستگی نخ پود

در این مورد I و E برای نخ پود و L فاصله بین دو تار متوالی ثابت است و معادله ۱-۲ به صورت زیر تبدیل می شود[۱۱]:

$$\log Y = \log\frac{P}{K_1} + K_2 \quad (۱-۳)$$

K_1 و K_2 ثابت می باشند.

Y شدت نخ پود برآمده تحت تاثیر نیروی عمود P می باشد و P متناسب با تنشی است که روی نخ های تار در حین بافندگی اعمال می شود.

برجستگی نخ تار

در این مورد I و E برای نخ تار ثابت است و L (فاصله بین دو پود متوالی) و P متغیر است، و معادله ۱-۲ بصورت زیر تبدیل می شود[۱۱]:

$$\log Y = \log\frac{P}{K_1} + 3\log L \quad (۱-۴)$$

شدت نخ برآمده(برجستگی) تار وابسته به دو عامل P و L است.

نیروی عمود (P)

جهت این ارزیابی نخ های تار و پود بلحاظ ساختاری کاملا" یکسان، تراکم تار ثابت و تراکم پود متغیر در نظر گرفته شده است. در جهت پود، مقادیر I ،E ،L از معادله ۱-۲ ثابت فرض شده و تنها P متغیر می باشد. تشکیل پارچه در حین بافندگی در ازدیاد طول کم برای نخ ها انجام شده است و با توجه به تکیه گاه ها ، نیروی عمود P برای پارچه در نیروی ازدیاد طول کم می تواند بر اساس معادله زیر محاسبه شود:

$$(\frac{M_f}{M_y})^{\frac{2}{3}} + (\frac{P}{2F_s})^{\frac{2}{3}} = 1 \qquad (۵-۱)$$

M_f : مدول پارچه در جهت پود بدست آمده از منحنی تنش - کرنش

M_y : مدول نخ پود بدست آمده از منحنی تنش - کرنش (ثابت و برابر g/tex ۷۵/۰۹۸ است)

F_s : نیروی اصطکاکی استاتیکی (نقاط تقاطع $gf/$)(بدست آمده از نیروی بیرون کشیدن نخ پود[۱])

۱-۳-۲-پردازش تصویر

بسیاری از فن آوری های نوین، متضمن بکار گیری این بخش، جهت ادامه رشد و توسعه هستند که از میان آنها می توان به پردازش موازی (با ریز پردازنده های ارزان قیمت)، ابزار ارزان قیمت دیجیتالی کردن تصاویر(دوربین های CCD)، فن آوری های جدید ذخیره اطلاعات و سیستم های نمایش رنگی دارای وضوح بالا اشاره کرد. انگیزه دیگری برای توسعه ، ریشه در جریان مداومی از کاربردهای جدید دارد که کاربردهای تصاویر دیجیتالی در تجارت، صنعت ، پزشکی، نظامی و تحقیقات از جمله آنها هستند[۱۲].

پردازش تصویر معمولا" در دو راستای اصلی انجام می گیرد که یکی مربوط به بهسازی اطلاعات تصویری مربوط به انسان و دیگری پردازش داده ها، جهت درک ماشین خودکار می باشد.

بهسازی تصاویر اشعه ایکس در پزشکی، تصاویر ماهواره ای از سطح زمین در زمین شناسی، تصاویر یافته های باستان شناسی و همچنین زمینه های بسیاری در نجوم، بیولوژی، پزشکی هسته ای، دفاع، کاربردهای صنعتی و غیره، همگی بیان کننده استفاده از پردازش تصویر در تغییر و تفسیر مسائل مرتبط با انسان است[۱۳].

دومین ناحیه در کاربرد پردازش دیجیتالی تصویر، چنانچه پیش از این ذکر شد، به درک ماشین مربوط می شود. در این ناحیه توجه عمده معطوف فرایندهای استخراج اطلاعات یک تصویر به نحوی گردیده است که جهت پردازش رایانه ای مناسب باشد. در اغلب موارد، این اطلاعات شباهتهای اندکی به ترکیبهای مورد استفاده در گروه نخست دارند. محاسبات آماری، ضرایب تبدیلات فوریه و اندازه گیری های چند بعدی فواصل، مثالهایی از نوع اطلاعات مورد نیاز در این بخش را تشکیل می دهند.

---

[۱] - Pull-Out

تبدیل فوریه

مفاهیم تبدیل فوریه، یک دیدگاه ریاضی جهت مطالعه دامنه وسیعی از پدیده های فیزیکی و مهندسی فراهم می نماید. شکل موجی یک سیگنال الکتریکی، نوری یا اکوستیکی، تغییرات زمانی آن را توصیف می نماید و می تواند روی یک اسیلوسکوپ (یا تحلیلگر طیفی) به نمایش درآید. دستگاه اوستر نخ ، یک کاربرد مشهور تبدیل فوریه است که جهت نشان دادن نوسانات ضخامت، طول مشخصی از نخ را اسکن می کند و تغییرات جرمی برحسب طول را به یک طیف فرکانسی تبدیل می کند. پیک های قوی و برجسته در طیف، نمایانگر تناوب عیوبی در نخ است که ممکن است ناشی از خطای فرایند تولید و یا در ارتباط با مشخصه های فیزیکی الیاف تشکیل دهنده نخ باشد.

اساس تبدیل فوریه یک شکل موجی، تجزیه و یا تفکیک شکل موجی به مجموعه ای از اموج سینوسی با فرکانس های تناوب است.

طیف توان زاویه ای[۱]

عبارتست از شدت روشنایی نقاط مختلف یک تصویر که از اندازه گیری شدت روشنایی نقاط روی زوایای یک دایره یا بخشی از دایره مربوط به تصویر بدست می آید. بدین ترتیب که بخشی از تصویر از بقیه نواحی جدا و پس از تعیین نقطه ای بعنوان مرکز، ، شدت روشنایی روی نقاط تک تک زوایا اندازه گیری می شود.

نرم افزار برنامه نویسی متلب

از آنجا که در این تحقیق ما از نرم افزار برنامه نویسی متلب استفاده کرده ایم، لذا پیش از وارد شدن به هر گونه بحثی، ذکر مقدمه ای از خصوصیت ها و قابلیت های این زبان ضروری به نظر می رسد. متلب یک زبان سطح بالا جهت محاسبات تکنیکی است که شامل محاسبه ، نمایش و برنامه نویسی در یک محیط برنامه نویسی راحت می باشد. در محیط متلب، مسائل و راه حل ها به روش های مشهور ریاضی بیان می گردند. برخی از کاربردهای آن عبارتند از[۱۴]:

- ریاضیات و محاسبه
- ارائه الگوریتم
- مدل سازی، شبیه سازی و ساخت نمونه
- تجزیه و تحلیل داده ها، شناسایی و نمایش
- توسعه کاربری نظیر ساخت رابط گرافیکی کاربر

تصاویردر متلب

ساختار اصلی داده ها در متلب، آرایه است و آرایه مجموعه ای آرایش یافته از عناصر حقیقی یا مختلط می باشد که طبیعتا" برای نمایش تصویر مناسب است. یک تصویر مجموعه ای آرایش یافته با مقادیر حقیقی از رنگ یا

[۱] - Angular power spectrum (APS)

داده های شدت است. متلب، تصاویر سطح خاکستری را در آرایه های دوبعدی(ماتریس) ذخیره می کند که هر عنصر ماتریس به یک پیکسل منفرد در تصاویر نمایش داده شده، مربوط می شود. برای مثال تصویری که از ۴۰۰ ردیف و ۳۰۰ ستون از نقاط با شدت روشنایی متفاوت تشکیل یافته است، در متلب به صورت یک ماتریس ۳۰۰×۴۰۰ ذخیره می شود[۱۴و۱۵].

تبدیل ها در متلب

نمایش ریاضی متعارف یک تصویر تابعی از دو متغیر تصادفی است. مقدار تابع $f(x,y)$ در هر موقعیت خاص (x,y)، شدت تصویر را در آن نقطه نشان میدهد. اصطلاح تبدیل، به نمایش ریاضی جایگزینی برای یک تصویر مرتبط می شود. برای مثال تبدیل فوریه نمایشی از یک تصویر به صورت حاصل جمعی از دامنه ها، فرکانس ها و فازهای نمایی مختلط است. این نمایش در دامنه وسیعی از کاربردها مفید می باشد. کار کردن با تبدیل فوریه روی یک کامپیوتر معمولا شامل شکلی از تبدیل شناخته شده به عنوان تبدیل فوریه گسسته است.

دو دلیل عمده برای استفاده از چنین فرمی وجود دارد. دلیل نخست آنکه داده های ورودی و خروجی گسسته[۱] هستند که آنها را مناسب عملیات کامپیوتری می نماید و دیگر آنکه جهت محاسبه داده هاس گسسته الگوریتم سریعی تحت عنوان تبدیل فوریه سریع[۲] شناخته شده است. توابع الگوریتم های تبدیل فوریه سریع و عکس آن در متلب موجود و به راحتی قابل به کارگیری هستند[۱۴و۱۵].

۱-۳-۳-برخی مطالعات قبلی در زمینه برجستگی نخ های تار و پود

مطالعات زیادی در این خصوص انجام شده است که به دو مورد آن اشاره می شود:

تاثیر تراکم پود روی برجستگی نخ از سطح پارچه بکمک پردازش تصویر[۱۱]

در این تحقیق، محاسبه شدت برجستگی نخ توسط جمع آوری مقدارهای طیف توان دوبعدی از سطح پارچه $P(v,u)$ بدست آمده است. مقدار پیک برجسته طیف توان زاویه ای ، محاسبه شدت نخ برجسته را محیا می کند. شدت نخ برآمده برای پارچه توسط شدت نخ های برآمده در طول جهت معین توصیف شده است.

جهت بررسی مدل تئوریکی، شدت برجستگی نخ های برآمده تار و پود با استفاده از روش APS محاسبه شده و در جدول ۱-۱ و۱-۲ ارائه شده است [۱۱].

برای انجام آزمایش، نمونه های پارچه پنبه ای با تراکم های مختلف پود و سایر مشخصات ثابت تهیه شد. به عبارتی دیگر تنها متغیر مستقل تراکم پود می باشد. نمره نخ های تار و پود Tex ۲۸/۱ و Tex ۷/۱ می باشد و تراکم تار ۳۶ است. پنج مورد مختلف تراکم پود و در هر مورد ده نمونه مختلف آزمایش شد و همه نمونه ها ۴۸ ساعت قبل از آزمایش در اطاق استاندارد(۲۰ درجه سانتی گرادو ۶۵٪ رطوبت نسبی) قرار گرفتند. رابطه بین نیروی عمود P و شدت نخ برآمده در جدول ۱-۱ و ۱-۲ ارائه شده است.

---

۱ - (DFT) Discrete Fourier Transformation

۲ - (FFT) Fast Fourier Transformation

شکل ۱-۵ نمودار تغییرات $log\,Y$ (شدت نخ برآمده) در مقابل $log\,P$ را نشان می دهد. مشاهده می شود که نقاط داده رابطه خطی معکوس قابل قبولی با ضریب رگرسیون R^2= ۰٫۸۶ دارد.

شکل ۱-۶ نمودار تغییرات $\log Y$ (شدت نخ برآمده تار) در مقابل $log\,L$ (فاصله پودی × ۲) را نشان می دهد. می توان مشاهده کرد که نقاط داده در رابطه خطی قابل قبول با ضریب رگرسیون $R^2 = 0.86$ هستند. مقدار ثابت $a=4.93$ است و ضریب زاویه خط 2.58 بدست آمده است. مقدار ضریب زاویه ($b=2.58$ در شکل ۱-۶) از آزمایش عملی بدست آمده در توافق خوبی با مقدار تئوریکی ۳ می باشد. تفاوت مقدار تئوریکی از مقدار آزمایشگاهی می تواند به علت متغیر P باشد.

نتایج نشان می دهد که شدت نخ برآمده به طور موثر توسط تاثیر متقابل نخ با نخ در نقاط تقاطع و فضای نخی تحت تاثیر قرار می گیرد.

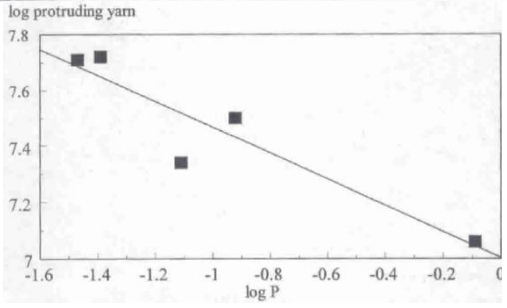
جدول ۱-۱ بعضی از مشخصات نمونه های استفاده شده [۱۱]

Weft density (thds/cm)	Fabric modulus M_f (g/tex)	Normalized static force, F_s (g/thd)	Normal Force, P (g)	Weft protruding density (se/mps)*
12.7	69.24	0.5	0.23	2342.2
15.6	72.2	0.8	0.25	2247.6
17	72.02	1	0.33	1538.9
20.3	72.98	1.45	0.4	1736.3
23.6	68.94	1.95	0.91	1168.2

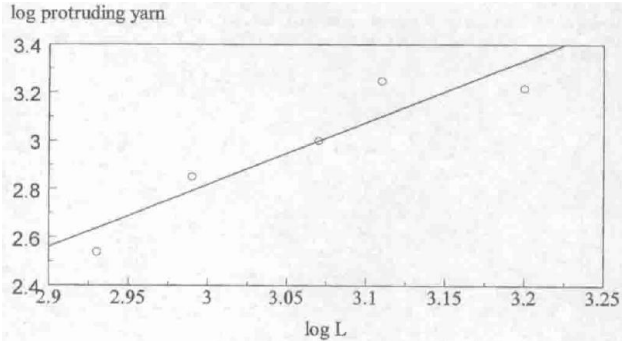
*se/mps: Spectral energy/mean of power spectrum (Hosseini Ravandi and Toriumi, 1995).

جدول ۱-۲ شدت برجستگی نخ حاصل از روش APS [۱۱]

Weft density (thds/cm)	Weft yarns spacing (μm)	Warp protruding density* (se/mps)
12.7	787	1639.4
15.6	641	1762.8
17	588	1005.8
20.3	492	706.5
23.6	423	344.8



شکل ۱-۵ نمودار تغییرات $log\,Y$ در مقابل $log\,P$ [۱۱]



شکل۱-۶ نمودار تغییرات $\log Y$ در مقابل $\log L$ [۱۱]

تاثیر سختی خمشی نخ روی میزان برجستگی نخ از سطح پارچه[۱۶]

به منظور بررسی تاثیر سختی خمشی نخ روی میزان برجستگی نخ ، نمونه هایی از پارچه های با طرح ساده که دارای نخ پود تولید شده در پنج سیستم ریسندگی مختلف (شانه شده- کاردشده – جت هوا- چرخانه –نخ مغزی[۱]مورد استفاده قرار گرفت. همه مشخصات دیگر نخ پود و تار و پارچه ثابت است و تنها متغیر سیستم تولید نخ های پود می باشدکه منجر به سختی خمشی های(EI) مختلف برای نخ پود می شود. نخ های پود همگی پنبه ای و با نمره Tex ۲۸/۱ می باشد و نخ های تار پنبه ای و با نمره Tex ۷/۲ است . تراکم تار و پود به ترتیب ۲۷و۱۸ می باشد. شدت نخ برآمده توسط شدت نخ های برآمده گروهی در طول یک مسیر، معین و متناسب است با بزرگی پیک های APS برجسته. APS توسط جمع آوری مقدارهای طیف توان دوبعدی به دست آمده است $P(u,v)$[۱۶].

در این آزمایش مدل تیر با دو انتهای ثابت و در وسط توسط نیروی عمودی منحرف شده ، فرض شده است که بیشینه انحراف از معادله ۱-۱ محاسبه می شود.سختی خمشی نخ به صورت $E.I$ محاسبه می شود که E مدول الاستیک نخ پود و I ممان اینرسی مقطع عرضی نخ پود است.

تصاویر طولی نخ های آماده شده پود توسط دوربین CCD[۲] که روی میکروسکوپ مرکب قرار داده شده بود گرفته شد و سپس تصاویردرکامپیوتر دیجیتالی شد و قطر نخ ها با استفاده از نرم افزار محاسبه بدست آمد. در هر مورد ۵۰ نمونه مختلف آزمایش شد و در نهایت ممان اینرسی مقطع عرضی نخ ها محاسبه شد($I=\frac{\pi r^4}{4}$)[۸].

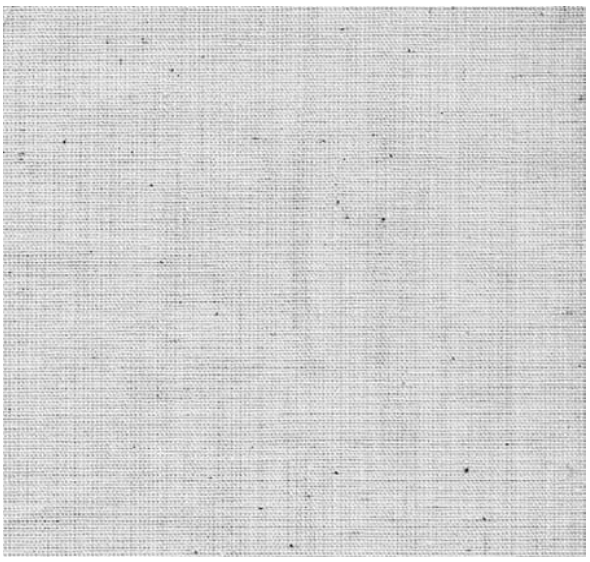
مدول الاستیک نخ های پود از منحنی تنش- کرنش نمونه ها بدست آمده است. آزمایش کشش بر روی نمونه ها در نرخ ازیاد طول 80mm/min و با طول نمونه 500mm انجام شد. برای هر کدام از ۵ نوع نخ، ۳۰ نمونه مختلف مورد آزمایش قرار گرفت. همه نمونه ها قبل از آزمایش در اتاق استاندارد (۲۰ درجه سانتی گراد و ۶۵٪ رطوبت) برای ۴۸ ساعت قرار گرفتند. در نهایت مدول نخ های پود مطابق با شیب منحنی های تنش- کرنش در مبدا بدست آمد[۱۶].

---

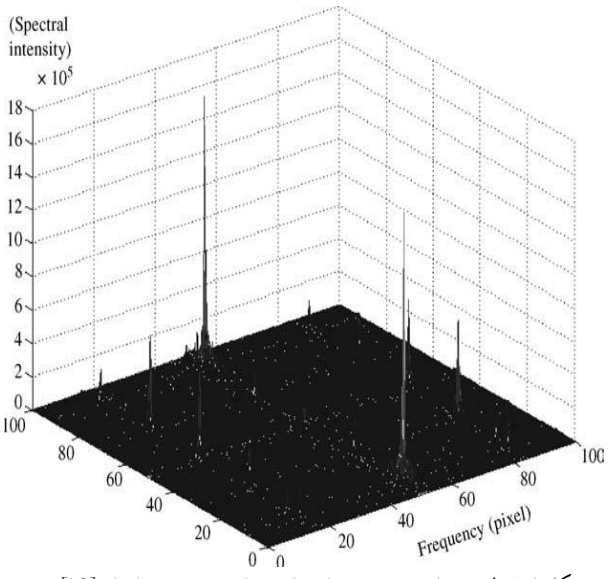
۱ - Core Spun

۲ - Charge Coupled Device

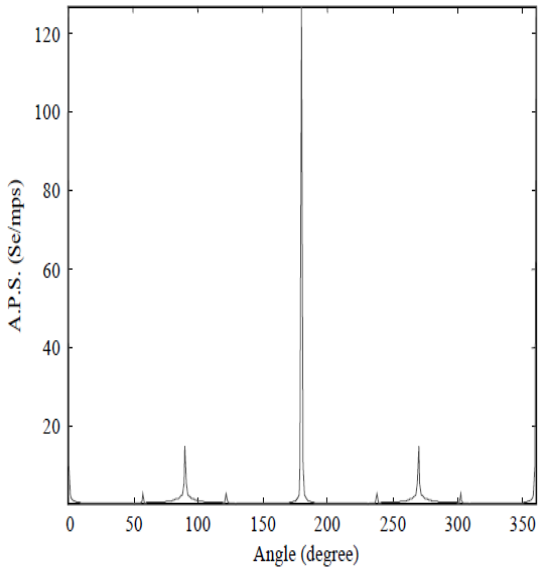
شکل های ۱-۷ و۱-۸ و۱-۹ تصاویر سطح پارچه و طیف توان دو بعدی و طیف توان زاویه ای را برای نمونه های چرخانه ای به ترتیب نشان می دهد. شدت نخ های برآمده که با استفاده از روشAPS محاسبه شده در جدول ۱-۳ ارائه شده است. بزرگی پیک های برجسته روی APS در زوایای ۹۰و۱۸۰ درجه به ترتیب شدت نخ برآمده تار و پود می باشد. به منظور ارزیابی رابطه بین شدت برجستگی نخ (y) و سختی خمشی نخ ، مقادیر E,I مورد نیاز است در جدول ۱-۳ ارائه شده است[۱۶].



شکل ۱-۷ تصویر سطح پارچه با نخ پود چرخانه ای[۱۶]



شکل ۱-۸ طیف توان دو بعدی برای پارچه با نخ پود چرخانه ای[۱۶]

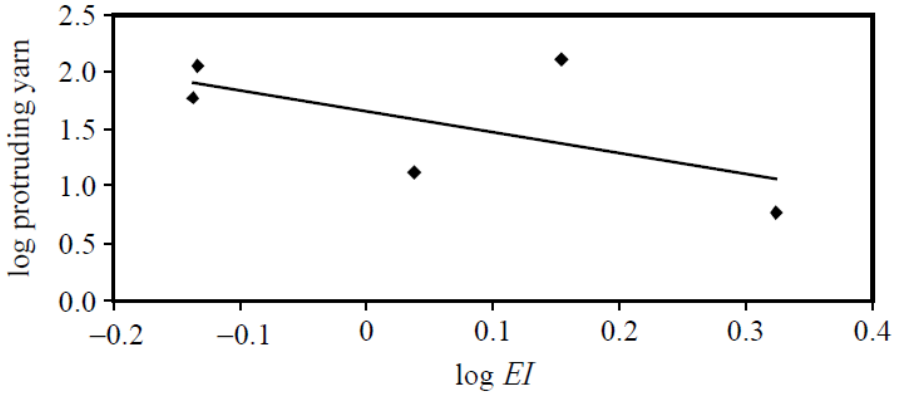


شکل ۱-۹ طیف توان زاویه ای برای پارچه با نخ پود چرخانه[۱۶]

جدول۱-۳ برخی مشخصات نمونه ها و نخ های پود[۱۶]

Sample	Weft Protruding Density(y) (Se/mps)*	Diameter (d) (mm)	The Moment of Inertia (I) (mm^4)$\times 10^{-4}$	Modulus (E) (gf/mm^2)	Bending Rigidity(EI) ($gf\text{-}mm^2$)
Combed	5.8	0.202	0.817	25829	2.110
Carded	13	0.158	0.306	35624	1.090
Open-end	130	0.204	0.850	16787	1.427
Air-jet	112	0.152	0.262	28106	0.736
Core-spun	60	0.146	0.223	32688	0.729

*Se/mps: spectral energy/mean of power spectrum.



شکل ۱-۱۰ نمودار تغییرات لگاریتم شدت برجستگی نخ (Y) در مقابل لگاریتم EI [۱۶]

مطابق شکل ۱-۱۰ مشاهده می شود که نقاط داده[۱] رابطه خطی معکوسی با ضریب رگرسیون R=-0.61 دارند. مقدار ثابت $a=1.65$ است و ضریب زاویه خط ۱/۸- میباشد. مقدار ضریب زاویه بدست آمده از آزمایش های عملی($b=-1.8$ در شکل ۱-۱۰) در توافق نزدیکی با مقدار تئوریکی ۱- است (در معادله ۱-۸). برخی دلایل برای تفاوت مقدار تئوری از مقدارعملی (آزمایشگاهی) وجود دارد:

۱) در مدل تئوریکی فرض شده بود که مقطع عرضی نخ دایره ای است، در حالیکه در مواردعملی مقطع عرضی نخ های پود از حالت دایره ای منحرف شده است که این منجربه تفاوت مقدار تئوری ازعملی می شود.

۲) این تفاوت ها ممکن است به علت نیروی عمود P باشد. (نیروی عمود P در معادله ۱-۶)

۳) فرض شده بود که نیروی عمود برای همه نمونه ها ثابت است که در شرایط عملی این گونه نیست.

۴) تولید نخ های پود در سیستم های مختلف باعث اصطکاک سطحی مختلف در نخ های پود می شود که این عامل ممکن است باعث بعضی تفاوت ها بین مقدارهای تئوری از عملی شود.

در پایان نتایج نشان داد که سختی خمشی نخ بصورت معکوس روی برجستگی نخ از سطح پارچه اثر می گذارد[۱۶].

[۱] Data Point