مجله علوم و فناوری نساجی
سال دوم، شماره ۱، شماره پیاپی ۲
صفحه ۲۰-۱۵، ۱۳۹۱
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

مطالعه امکان تولید نخ چند رشته‌ای پلی استر یکسره با استحکام زیاد با استفاده از بهینه سازی متغیرهای فرآیند کشش

A Feasibility Study on Production of High Tenacity Polyethylene Terephthalate Multifilament Yarn with Optimization of Drawing Process Parameters

فرزانه امامی[۱]* ، احمد موسوی شوشتری[۲]، محمدعلی توانایی[۳]

۱- تهران، پژوهشگاه صنایع رنگ ایران، گروه رنگ و محیط زیست، صندوق پستی ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۲- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۷۴
۳- یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

در این پژوهش تاثیر برخی از عوامل فرآیند کشش مانند نسبت کشش، تعداد دور پیچش نخ حول غلتک گادت و دمای عملیات حرارتی بر خواص فیزیکی نخ پلی استر یکسره مورد مطالعه قرار گرفته است. دو روش عملیات حرارتی همزمان با کشش یعنی اعمال حرارت بین غلتک تغذیه و کشش و عملیات حرارتی در انتهای کشش یعنی اعمال حرارت روی غلتک کشش با استفاده از یک دستگاه کشش صنعتی، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.
نتایج نشان داد که با افزایش نسبت کشش، استحکام و مدول اولیه افزایش یافته و میزان این افزایش شدیدا به نحوه عملیات حرارتی و نسبت کشش بستگی دارد. از میان دو روش عملیات حرارتی اعمال شده، روش عملیات حرارتی در انتهای کشش نتایج مطلوب‌تری را در خواص فیزیکی مانند استحکام، مدول اولیه، کار تا حد پارگی و جمع شدگی نسبت به عملیات حرارتی همزمان با کشش ایجاد می نماید.

کلمات کلیدی
فرآیند کشش،
عملیات حرارتی،
خواص فیزیکی،
نخ یکسره پلی استر

۱- مقدمه

الیاف پلی استر پر مصرف ترین لیف بشرساخت در جهان است که در تولید پوشاک، کاربردهای صنعتی، منسوجات خانگی و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. خصوصیاتی از قبیل نیرو تا حد پارگی زیاد، الاستیسیته خوب، مقاومت سایشی، ثبات نوری بسیار خوب، مقاومت در برابر اسیدهای معدنی و آلی، ضد چروک و نمدی شدن، راحتی شستشو وخشک شدن سریع، باعث شده تا پلی استر در شمار پرکاربردترین الیاف قرار گیرد [۱،۲].

کشش و تثبیت حرارتی فیلم یا الیاف پلیمری به بهبود مدول و استحکام و سایر خواص مکانیکی منسوجات (تهیه شده از آنها) کمک نموده و این تاثیرات بستگی به زمان و شرایط تثبیت حرارتی دارد [۳].

تثبیت حرارتی نخ های فیلامنتی چند رشته ای در دمای بهینه با کاهش تنش های باقیمانده در ساختار نخ که از فرآیند کشش حاصل شده، یکی از روش های مناسب برای ایجاد پایداری حرارتی در لیف است[۴]. دمای تثبیت حرارتی از جمله متغیرهای تعیین کننده در تولید نخی با خواص فیزیکی خوب بوده و به طور کلی، دمای تثبیت حرارتی عامل مهمی در تعیین خواص فیزیکی و مورفولوژی الیاف تثبیت شده تلقی می‌شود [۵،۶].

بررسی های انجام شده در زمینه تاثیر عملیات حرارتی و کشش بر روی آرایش یافتگی نشان می دهد که آرایش یافتگی مناطق بی شکل، در اثر عملیات کشش افزایش

*مسئول مکاتبات،پیام نگار: fnemami@icrc.ac.ir

پیدا کرده اما در اثر عملیات حرارتی در کلیه دماها، کاهش می‌یابد [۷]. الیاف پلی اتیلن ترفتالات نیمه بلوری بوده و در فرآیند کشش، طی عملیات حرارتی به صورت آرایش یافته در می آیند [۸]. اندازه بلورها با افزایش درجه حرارت عملیات حرارتی، افزایش پیدا می کند [۹]. طی عملیات حرارتی، به تدریج اندازه و میزان تکامل بلور ها بهبود یافته و نقطه ذوب آنها افزایش پیدا می کند [۱۰]. پاریسوت[1] و باریوت[2] تغییر در ساختار داخلی به واسطه آزاد شدن زنجیرهای مولکولی و دوباره آرایش یافتن آنها را توسط حرارت به صورت تجربی اثبات کرده اند. مطالعات دامبلتون[3] بر روی الیاف پلی استر نشان می دهد که استحکام الیاف پلی استر پس از انجام تثبیت حرارتی در دمای زیاد و تحت شرایط آزاد از تنش، به شدت کاهش می یابد [۱۱]. در تایید نتایج دامبلتون، محققین دیگر نیز نشان دادند اگر عملیات کشش همراه با حرارت انجام شود، در شرایطی که دما تحت کنترل و کمتر از دمای تخریب لیف باشد (برای مثال $170^{\circ}C$ برای پلی استر)، استحکام الیاف افزایش می‌یابد [۱۲]. با افزایش نسبت کشش، میزان تبلور و آرایش یافتگی و در نهایت جرم مخصوص افزایش پیدا می‌کند. علت این امر تکامل ساختار بلوری و افزایش میزان بلورینگی در لیف می باشد [۶]. کشش، استحکام الیاف را افزایش داده و مدول اولیه که در ارتباط با تغییر شکل نواحی بی نظم است، با کاهش تحرکات زنجیری و افزایش آرایش یافتگی افزایش می یابد [۱۲]. نتایج تحقیقی دیگر در خصوص تاثیر نسبت کشش و عملیات حرارتی همزمان با کشش نشان می دهد که مدول اولیه با زیاد شدن نسبت کشش به صورت خطی افزایش و جمع شدگی باقیمانده با افزایش دما به صورت خطی کاهش می یابد [۱۴]. هر لیف نیمه بلوری دارای دو ناحیه بی‌شکل و بلوری است و مقدار بلورینگی نقش مهمی را در رفتار جمع شدگی ایفا می‌کند [۱۵]. جمع شدگی حرارتی در نتیجه تخریب آرایش یافتگی مناطق آرایش یافته غیر بلوری در الیاف اتفاق می‌افتد و این موضوع در آرایش یافتگی زیاد و بلورینگی کم به حداکثر می‌رسد [۲].

عملیات کشش باعث می شود برخی از زنجیرهای مولکولی که پیش از کشش به طور تصادفی در ساختار مولکولی لیف قرار گرفته اند، پس از عملیات کشش به بلورهای آرایش یافته تبدیل شوند و نهایتا موجب افزایش آرایش یافتگی و میزان تبلور در نخ کشیده شده شوند[۱۶].

در این تحقیق اثر نسبت کشش و نوع روش عملیات حرارتی بر نخ یکسره پلی استر مورد بررسی قرار گرفته و اثر سه متغیر بر روی خواص فیزیکی نخ پلی استر بررسی شده است. این سه متغیر عبارتند از:

۱- نسبت کشش در عملیات حرارتی همزمان با کشش و در انتهای کشش، شامل: ۱/۳و ۱/۵ و۱/۷ و۱/۹ و۲/۱.

۲- تعداد دور پیچش نخ حول غلتک دوم، شامل: ۱، ۴، ۷، ۱۰، ۱۳، ۱۶ و ۱۹ دور

۳- حداکثر نسبت کشش قابل اعمال همزمان با تولید در هر دو روش عملیات حرارتی همزمان و در انتهای کشش.

۲- تجربیات

۲-۱- مواد اولیه

در این پژوهش، یک نمونه نخ پلی استر یکسره چند رشته‌ای تجاری با آرایش یافتگی نسبی (POY) مورد استفاده قرار گرفته است. برخی خواص فیزیکی این نخ در جدول (۱) ارائه شده است.

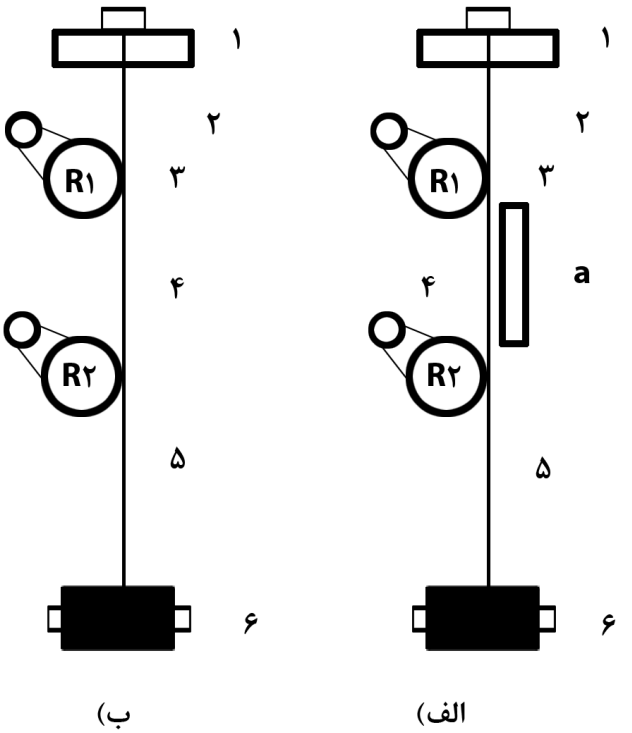
جدول ۱- خواص نخ پلی استر POY به کار گرفته شده در پژوهش

تعداد فیلامنت	چگالی خطی نخ (tex)	ازدیاد طول تا حد پارگی ٪	استحکام (cN/tex)	مدول اولیه (cN/tex)	کار تا حد پارگی (cN/tex)	جمع شدگی ٪
۴۸	۲۸/۲ (۰) *	۱۲۷/۵ (۲/۵)	۱۹/۹ (۴/۴)	۱۱۵/۵ (۷/۹)	۱۲/۵ (۵/۹)	۶۲/۴ (۶/۰)

* اعداد داخل پرانتز انحراف از معیار اندازه گیری هاست.

۲-۲- روش تولید نمونه ها

برای تولید نمونه ها در این پژوهش از دستگاه کشش ساخت شرکت Zinser آلمان مدل ۳-۵۲۰ استفاده شده است. نواحی مختلف این دستگاه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- نمای دستگاه کشش به کار رفته در تولید نمونه ها
الف- روش عملیات حرارتی همزمان با کشش
ب- روش عملیات حرارتی در انتهای کشش
۱- بسته نخ تغذیه، ۲- ناحیه کشش اولیه، ۳- غلتک اول، ۴- ناحیه کشش اصلی، ۵- غلتک کشش، ۶- ناحیه پیچشی، a: هیتر تماسی

دو روش تثبیت به کار رفته در این پژوهش در قسمت های (الف) و (ب) شکل (۱) ارائه شده است. در روش عملیات حرارتی همزمان با کشش، عملیات حرارتی در ناحیه کشش اصلی یعنی بین غلتک های R۱ و R۲ و با عبور نخ از روی صفحه تماسی انجام شده و در عملیات حرارتی پس از کشش، عملیات حرارتی بعد از عبور نخ از ناحیه کشش اصلی و روی

1- Parisot
2- Bouriot
3- Dumbeltom
4- Amorphous

غلتک گرم R۲ انجام می شود. در تولید نمونه ها بر اساس متغیر های انتخابی عوامل ذکر شده در جدول ۲ ثابت نگه داشته شده اند.

جدول ۲- مشخصات ثابت نمونه های تولید شده

نوع عملیات حرارتی	سرعت اسپیندل دوردر دقیقه	سرعت تولید متر بر دقیقه	نسبت کشش ناحیه اول	دمای غلتک اول(°C)	تعداد دور نخ حول
در انتهای کشش	۸۰۰۰	۸۰۰	۱/۰۰۸	۹۰	۸
همزمان باکشش	۸۰۰۰	۸۰۰	۱/۰۰۸	۹۰	۸

۲-۳-روش های ارزیابی نمونه ها

اندازه گیری چگالی خطی: این آزمون با تهیه کلاف هایی با پیچش صد دور از نخ های تولید شده، توسط کلاف پیچ با محیط یک متر انجام شد و برای بالا بردن دقت آزمایش از هر پرن یا بسته نخ، ۱۰ کلاف تهیه، توزین و میانگین آنها گزارش گردید.

اندازه گیری خواص کششی: این آزمایش با دستگاه آزمون خواص کششی، ساخت شرکت ایرانی الیما انجام گردید. آزمایش ها به روش نرخ ثابت ازدیاد طول، برروی نخ کشیده شده انجام شد، فاصله دو فک برای نخ کشیده شده ۵۰ سانتیمتر، در طول آزمایش سرعت فک ۵۰ سانتیمتر بر دقیقه و تعداد تکرار آزمایش برای هر نمونه ۱۰ بار بوده است. این آزمون برای تعیین خواصی چون استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی، مدول اولیه و کار تا حد پارگی به کار گرفته شد.

جمع شدگی: به درصد کاهش طول نخ در اثر حرارت، درصد جمع‌شدگی اطلاق می گردد. آزمایش جمع شدگی طبق استاندارد DIN 53840 انجام شد که در آن برای محاسبه تعداد دور کلاف از رابطه ۱ استفاده می شود.

$$N=dtex\times 2/2500 \qquad (1)$$

N: تعداد دور کلاف

dtex: چگالی خطی نخ بر حسب دسی تکس

تعداد دور کلاف در این آزمایش ۴ دور پیچش محاسبه گردید. در این روش پس از تهیه کلاف ۴ دوری، طول اولیه نمونه (L_1) تحت وزنه ۲۵ گرمی (۰/۵ cN/tex) اندازه گیری شده و سپس در آون با دمای ۱۲۰ °C به مدت ۱۰ دقیقه قرار می گیرد. پس از خروج و سرد شدن نمونه ها، طول آنها مجددا (L_2) اندازه گیری می شود. درصد جمع شدگی از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$S_h = L_1 - L_2/L_1 \times 100 \qquad (2)$$

S_h:درصد جمع شدگی

L_1: طول اولیه نمونه

L_2: طول نمونه بعد از جمع شدگی

پس از اتمام آزمایش از ۵ نمونه متعلق به هر نمونه، میانگین و CV٪محاسبه شدند.

۲-۴- ارزیابی های آماری

بر روی داده های حاصل از آزمایش ها تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) به وسیله نرم افزار SPSS نسخه ۱۰ در سطح اطمینان ۰/۹۵ انجام شد.

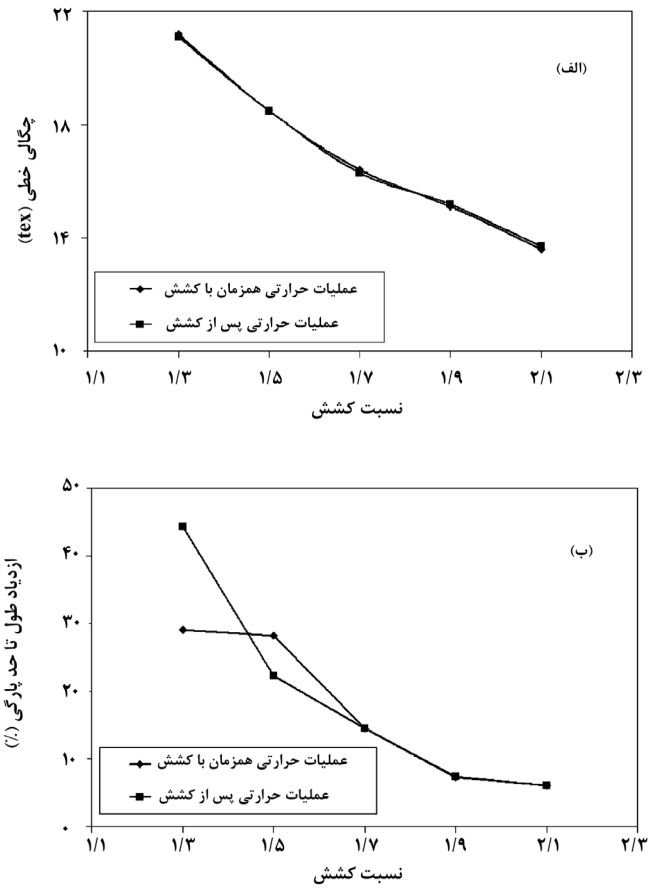
۳- نتایج و بحث

در این قسمت نتایج حاصل از این تحقیق به تفکیک متغیرهای مورد بررسی ارائه و مورد بحث قرار گرفته است.

۳-۱- تأثیر نسبت کشش

مطالعات پیشین انجام شده نشان داد که دمای بهینه برای تثبیت نخ پلی استر ۱۸۰ °C می باشد [۱۷]. لذا عملیات کشش در این پژوهش در این دما انجام شد.

همانطور که انتظار می رود و طبق شکل (۲- الف)، در عملیات حرارتی همزمان با کشش و در انتهای کشش، با افزایش نسبت کشش، چگالی خطی نخ کاهش می یابد، زیرا کشش باعث کاهش قطر نخ و درنتیجه موجب کاهش وزن در طول ثابت می شود. در هر دو نوع عملیات حرارتی، چگالی خطی و روند کاهش آن تقریباً برابر است و از لحاظ آماری نیز این تغییرات معنی دار است.



شکل۲ – نمودار تأثیر متغیر نسبت کشش بر چگالی خطی و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ یکسره پلی استر

الف)چگالی خطی ، ب) ازدیاد طول تا حد پارگی

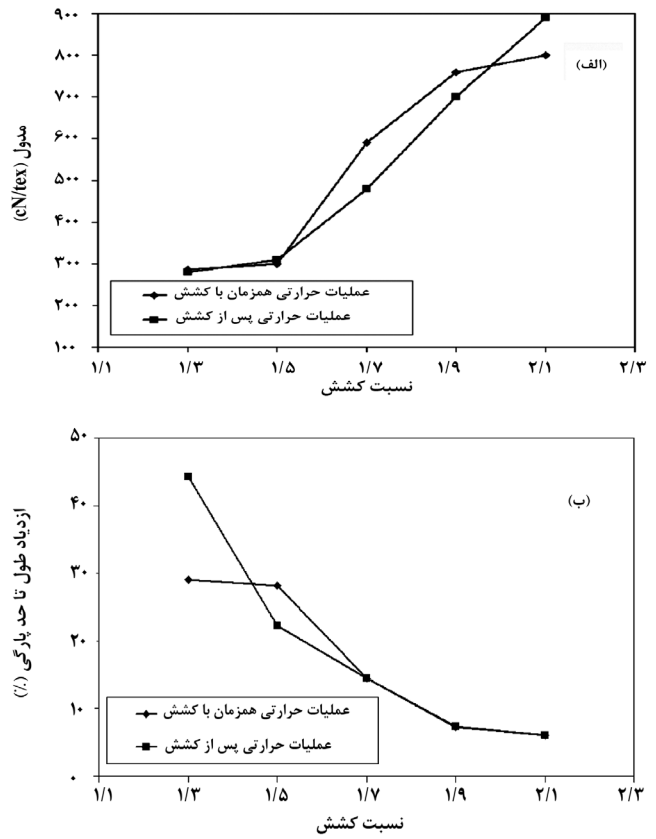
بر اســاس نمودار (۲- ب) مشاهده می شود که در هر دو روش عملیات حرارتی با افزایش نســبت کشش، ازدیاد طول کاهش می یابد ولی با دو روند متفاوت به گونه ای که از نســبت کشش ۱/۷ به بعد، مقدار آن در هر دو روش عملیات حرارتی برابر می گردد. بررسی های آماری وجود دو روند متفاوت برای تغییرات ازدیاد طول در هر دو روش عملیات حرارتی اعمال شده را نیز تایید می نمایند.

بر اســاس نمودار (۳- الف) در هــر دو روش عملیات حرارتی، با افزایش نسبت کشش، مدول افزایش می یابد که این را می‌توان به این امر نسبت داد که افزایش در نسبت کشش باعث افزایش آرایش یافتگی زنجیرهای مولکولی شده و در نتیجه با افزایش تبلور، مدول بالاتری در ساختار لیف ایجاد می‌شود[۷،۱۱].

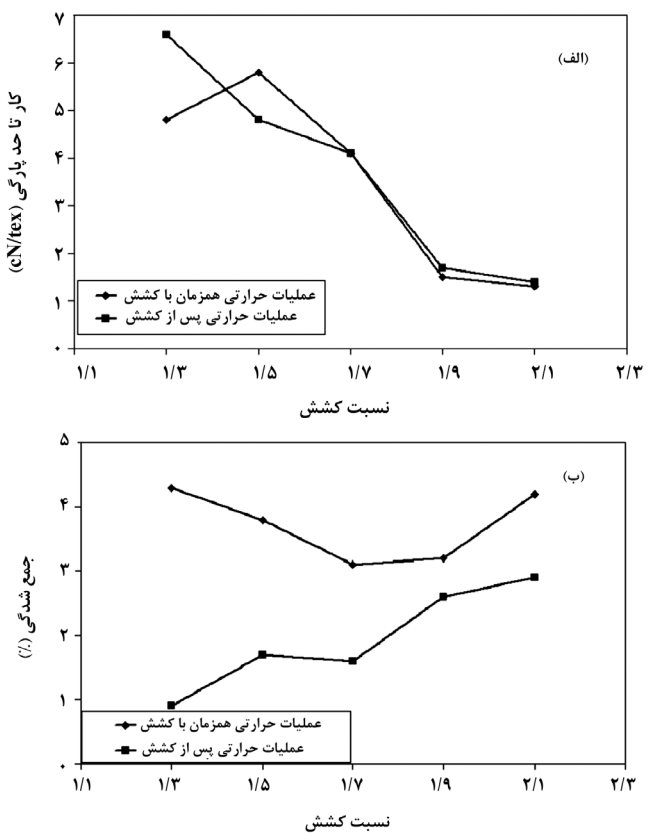
بــا توجه به نمودار (۳- ب) در هــر دو روش عملیات حرارتی، با افزایش نسبت کشــش، اســتحکام افزایش می یابد که این امر را نیز می توان بــه افزایش آرایش یافتگی زنجیرهای مولکولی نســبت داد که محققین دیگری نیز بدان اشــاره داشــته‌اند [۱۱،۱۶]. همچنان که قابل مشاهده می‌باشــد در نسبت های کشش ۱/۳و ۱/۵ استحکام به دست آمده از هر دو روش تقریباً یکســان بوده ولی در نسبت های بالاتر، با افزایش نسبت کشــش، اســتحکام مربوط به عملیات حرارتی در انتهای کشش بیشتر از روش دیگــر می باشــد. پیرو نتایج قبلی، امکان دســتیابی به مقادیر اســتحکام بالاتر در عملیات حرارتی در انتهای کشش، مطلوب تر بودن این روش را نسبت به روش دیگر تصدیق می کند.

طبق نمودار (۴- الف) با افزایش نســبت کشــش در هر دو روش عملیات حرارتی، کار تا حد پارگــی به علت کاهش ازدیاد طول، تقلیل می یابد. در نسبت های کشــش پایین (۱/۷-۱/۳) اختلاف زیادی در مقادیر کار تا حد پارگی دو روش مشــاهده می شــود، اما در نســبت های کشش بالاتر این اختلاف کم شده به طوری که در نسبت کشش ۲/۱، با هم برابر می‌شوند.

شــکل (۴- ب) نشان می دهد که روند جمع شــدگی در دو روش کاملا متفاوت می باشــد، به طوری که در عملیات حرارتی همزمان با کشــش تا نســبت کشش ۱/۷ جمع شــدگی کاهش و پس از آن با افزایش نسبت کشــش، افزایش پیدا می کند؛ اما در عملیات حرارتی در انتهای کشش با افزایش نســبت کشش، یک روند افزایشی در مقدار جمع شدگی ملاحظه می‌شود. با توجه به این نمودار می توان تاکید کرد که روند جمع شدگی، شــدیدا به روش و شرایط عملیات حرارتی بســتگی دارد. مشاهده روند افزایشــی در مقادیر جمع شــدگی در روش عملیاتی در انتهای کشش را می‌توان به افزایش تنش های درون زنجیری ناشی از افزایش نسبت کشش، نسبت داد. لیکن در عملیات حرارتی همزمان با کشش به دلیل توأم بودن عملیات حرارتی با فرآیند کشش، کاهش و افت تنش های درون زنجیری رخ داده و لذا ثبات ابعادی لیف یا به عبارت دیگر کاهش جمع شدگی در مقابل شرایط حرارتی را به دنبال خواهد داشت. کمتر بودن فاحش مقادیر جمع شدگی حاصله در روش عملیات حرارتی در انتهای کشش نسبت به عملیات حرارتی همزمان با کشــش می تواند دلیل دیگری بر مطلوب تر بودن روش عملیات حرارتی در انتهای کشش باشد.



شکل ۳- تاثیر نسبت کشش بر مدول اولیه و استحکام نخ پلی استر کشیده شده
الف) مدول اولیه ، ب)استحکام



شکل ۴- تاثیر نسبت کشش بر خواص فیزیکی نخ پلی استر کشیده شده
الف) کار تا حد پارگی ، ب)جمع شدگی

۳-۳- تأثیر تعداد دور پیچش نخ حول غلتک کشش

جدول ۳ تأثیر متغیر تعداد دور پیچش نخ حول غلتک تثبیت حرارتی را بر خواص فیزیکی نخ پلی استر نشان می دهد.

همچنان که در جدول مشاهده می شود، خواص فیزیکی تحت تاثیر تعداد دورهای پیچشی پایین به ویژه از ۱ تا ۳ دور می باشند و به طور کلی تعداد بالای پیچش نخ حول غلتک تثبیت حرارتی (از ۳ دور تا ۱۹ دور) بر هیچ یک از خواص فیزیکی نخ مورد آزمایش تاثیر محسوسی ندارد. این آزمایش نشان می‌دهد که برای به دست آوردن خواص فیزیکی مطلوب، باید تعداد دور پیچش در یک مقدار بهینه تنظیم شود که در این پژوهش مقدار بهینه ۳ دور می باشد.

۳-۴- تأثیر روش عملیات حرارتی بر نسبت کشش ماکزیمم قابل دستیابی

در هر در روش عملیات حرارتی تحت دو شرایط دمایی مختلف، برای رسیدن به نسبت کشش ماکزیمم، نسبت کشش اعمال شده بر نخ به تدریج افزایش داده شد و با مشاهده شروع فیلامنت گسیختگی نسبت کشش ماکزیمم تعیین گردید.

در جدول ۴ نتایج خواص ارزیابی شده دو نمونه با حداکثر کشش ممکن در دو روش عملیات حرارتی همزمان و در انتهای کشش بر خواص نخ‌های کشیده شده پلی استر ارائه شده است (در جدول ۴ بر روی نمونه‌ها حداکثر مقدار کشش قابل تحمل توسط الیاف اعمال شده است).

با توجه به جدول فوق نتایج زیر در رابطه با خواص کششی نخ پلی استر به دست می‌آید:

۱- در عملیات حرارتی در انتهای کشش و در شرایط دمایی C ° ۱۸۰، ماکزیمم کشش قابل دستیابی بیشتر بوده و لذا چگالی خطی نخ یکسره حاصله کمتر است.

۲- تغییر چندانی در ازدیاد طول تا حد پارگی نمونه ها با تغییر نسبت کشش ماکزیمم و تغییر شرایط دمایی عملیات حرارتی، مشاهده نمی‌شود.

۳- استحکام در نسبت های کششی ماکزیمم در هر دو دمای C ° ۱۸۰و C ° ۲۱۰ در مقایسه با شرایط موجود در نسبت کشش های پایین تر، از مقدار بیشتری بر خوردار بوده که این امر را می توان به افزایش شدید آرایش یافتگی زنجیر های مولکولی در نسبت های کشش ماکزیمم نسبت داد [۱۱].

نتایج آزمایش ها نشان می دهد که با کنترل فرآیند کشش به ویژه با تغییر شرایط عملیات حرارتی، حتی با ایجاد ۰/۱ تفاوت در نسبت کشش ماکزیمم، خصوصیات نخ یکسره پلی استر کشیده شده می تواند از دسته نخ فیلامنتی نساجی به محدوده نخ یکسره صنعتی ارتقا یابد.

۴- کار تا حد پارگی از مساحت زیرین منحنی نیرو- ازدیاد طول به دست می‌آید و به عبارت دیگر تحت تاثیر مستقیم این دو عامل است. در این آزمایش، از آنجا که دو عامل نیرو و ازدیاد طول در نمونه کشیده شده و تحت عملیات حرارتی قرار گرفته در انتهای کشش بیش از سایر نمونه ها می باشد، لذا کار تا حد پارگی آن نیز بیشتر است.

۵- چنانچه در جدول ۴ مشاهده می شود، نحوه انجام عملیات حرارتی بر مقدار جمع شدگی شدیدا تاثیر گذار می باشد. به عنوان مثال در عملیات حرارتی همزمان با کشش تحت شرایط دمایی C ° ۲۱۰ و نسبت کشش ماکزیمم ۲/۲، مقدار جمع شدگی ۳٪ بوده اما برای نمونه تولید شده تحت عملیات حرارتی بعد از کشش در شرایط دمایی C ° ۲۱۰ و نسبت کشش ماکزیمم ۲/۲، مقدار جمع شدگی ۲/۹٪ ملاحظه می شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به طور کلی پایداری حرارتی نخ تولید شده تحت عملیات حرارتی پس از کشش، نسبت به روش دیگر، بیشتر می باشد.

از کاهش چشمگیر استحکام و مدول در اثر افزایش دما از ۱۸۰°C به ۲۱۰°C نیز می توان چنین نتیجه گرفت که بهترین دمای عملیات حرارتی، همیشه بیشترین دما نبوده و افزایش بی رویه دما ضمن هدر دادن انرژی می تواند تأثیر منفی بر خواص فیزیکی نخ پلی استر داشته باشد.

جدول ۳- تاثیر متغیر تعداد دور پیچش نخ حول غلتک تثبیت حرارتی بر خواص فیزیکی نخ یکسره پلی‌استر

خواص کششی و جمع شدگی / متغیر		دانسیته خطی (tex)	ازدیادطول (٪)	استحکام (cN/tex)	مدول (cN/tex)	کار تا حد پارگی (cN/tex)	جمع شدگی (٪)
تعداد دور نخ حول غلتک تثبیت حرارتی	۱	۱۸/۲ (۰)*	۳۹/۳ (۷/۹)	۲۸/۶ (۶/۹)	۲۸۸/۶ (۷/۱)	۶/۵ (۱۳/۴)	۱/۹ (۵/۱)
	۴	۱۸/۷ (۰)	۲۶ (۷/۹)	۲۷/۶ (۰/۵)	۲۷۹/۵ (۴/۸)	۴/۹ (۱۰/۱)	۱/۴ (۷/۴)
	۷	۱۸/۷ (۰)	۲۶/۷ (۹/۲)	۲۷/۴ (۵/۲)	۲۷۳/۵ (۵/۶)	۵ (۱۲/۷)	۱/۳ (۱۰/۷)
	۱۰	۱۸/۸ (۰)	۲۷/۵ (۹/۱)	۲۷/۶ (۴/۸)	۲۶۸/۹ (۵/۴)	۵/۲ (۱/۱)	۱/۲ (۲۱/۶)
	۱۳	۱۸/۸ (۰)	۲۸/۲ (۵/۸)	۲۸/۵ (۴/۴)	۲۷۲/۵ (۳/۸)	۵/۵ (۸/۵)	۱/۳ (۰)
	۱۶	۱۸/۷ (۰)	۲۷/۱ (۶/۳۳)	۲۸/۱ (۴/۱)	۲۸۰/۲ (۴/۸)	۵/۲ (۸/۲)	۱/۹ (۳/۲)
	۱۹	۱۸/۷ (۰)	۲۷/۳ (۵/۹)	۲۶/۶ (۵/۷)	۲۶۷/۶ (۴/۷)	۵/۱ (۸/۴)	۱/۱ (۳/۳)

* اعداد داخل پرانتز انحراف از معیار اندازه گیری هاست.

جدول ۴- تاثیر حداکثر کشش قابل اعمال در دو روش تثبیت و در دمای C ° ۲۱۰ و C ° ۱۸۰ بر خواص فیزیکی نخ یکسره پلی استر

نحوه تثبیت		نسبت کشش ماکزیمم قابل اعمال در حال کشش	دانسیته خطی (tex)	ازدیاد طول تا حد پارگی (٪)	استحکام (cN/tex)	مدول اولیه (cN/tex)	کار تا حد پارگی (cN/tex)	جمع شدگی (٪)
تثبیت حرارتی همزمان با کشش	۱۸۰درجه سانتیگراد	۲/۱	۱۳/۴ (۰)*	۵ (۸/۱)	۴۲/۸ (۱۰)	۸۰۲/۶ (۰/۸)	۱/۰۲ (۱۸/۳)	۲/۱ (۰)
تثبیت حرارتی در انتهای کشش		۲/۲	۱۲/۸ (۰)	۵/۲۷ (۸/۱)	۶۵/۵ (۹/۵)	۱۲۰۱ (۱۱/۵)	۱/۶ (۱۶/۵)	۳/۷ (۲/۳)
تثبیت حرارتی همزمان با کشش	۲۱۰ درجه سانتیگراد	۲/۲	۱۲/۹ (۰)	۵/۱ (۲/۶)	۴۴/۱ (۷/۳)	۸۱۷/۳ (۱/۳)	۱/۱ (۱۳/۴)	۳ (۴/۲)
تثبیت حرارتی در انتهای کشش		۲/۲	۱۲/۸ (۰)	۵/۱ (۹/۲)	۵۸/۱ (۱۲/۹)	۱۱۶۵ (۴/۷)	۱/۴ (۱۵/۷)	۲/۹ (۰)

* اعداد داخل پرانتز انحراف از معیار اندازه گیری هاست.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر برخی از مهم‌ترین متغیرهای دستگاه کشش بر خواص کششی و جمع شدگی نخ یکسره پلی‌استر مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین سعی شده است با استفاده از یک دستگاه کشش صنعتی و متغیرهای مورد بررسی، امکان تولید نخ یکسره پلی‌استر با استحکام زیاد مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد، نسبت کشش عامل بسیار مهمی در تعیین خواص فیزیکی نخ پلی‌استر می باشد. با افزایش نسبت کشش، چگالی خطی، ازدیاد طول تا حد پارگی و کارتا حد پارگی کاهش می یابند، درحالی که استحکام، مدول و جمع‌شدگی نخها افزایش می یابد. نوع عملیات حرارتی نیز در چگونگی خواص فیزیکی عامل تعیین کننده ای بوده و در مجموع عملیات حرارتی پس از انجام کشش نسبت به عملیات حرارتی همزمان با کشش، بر خواص فیزیکی موثرتر است. و می توان به خواص فیزیکی بهتری به ویژه در زمینه استحکام، مدول، کار تا حد پارگی و ازدیاد طول تا حد پارگی در روش عملیات حرارتی بعد از کشش نسبت به روش دیگر، می توان دست پیدا نمود. علت این امر آن است که در عملیات حرارتی بعد از کشش، پس از رها شدن نخ از ناحیه کشش، عملیات حرارتی به عنوان تثبیت حرارتی ساختار مولکولی (آرایش یافتگی، تبلور) نخ عمل می نماید و به همین علت عملیات حرارتی پس از کشش نسبت به روش دیگر ترجیح داده می‌شود. در مجموع با افزایش نسبت کشش، استحکام و مدول اولیه افزایش می‌یابد و میزان این افزایش شدیدا به نحوه عملیات حرارتی بستگی دارد. همچنین با اعمال نسبت کشش مناسب همراه با عملیات حرارتی پس از کشش، مشاهده می شود که استحکام و مدول نخ حاصل به نخ صنعتی بسیار نزدیک می شوند. ولیکن دستیابی قاطع به مقادیر استحکام زیاد به‌ویژه به مقدار حداکثر محدوده این نخها (۱۰-۷ گرم بر دنیر [۱۱]) قطعاً با استفاده از نخ اولیه مناسب آن میسر خواهد بود.

۵- مراجع

[۱] موسوی شوشتری الف.، توانایی م.ع. ، فرهنگ تشریحی علوم وتکنولوژی الیاف، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۴.

[2] Gupta, V.B., Heat setting, *J. Appl. Polym. Sci.*, 69, 33-44, 1998., 83, 586-609, 2002.

[3] Fouda, I.M., M.A. Kabeel and F.M.El-Sharkawy, Optothermal properties of fibers. XIV. Invetigation of some optical structural parameters of annealed and cold drawn polyester fibers, *J. Appl. Polym. Sci.*, 69, 33-44, 1998.

[۴] توانایی م.ع.، مجتهدی م.ر.، و حقیقت کیش م.، اثر تعدادی از متغییرهای کشش بر برخی خواص نخ چند رشته ای یکسره نایلون ۶، علوم و تکنولوژی پلیمر، سال ۱۶، ۶۶ (۴)، ۲۲۱-۲۱۱، ۱۳۸۲.

[5] Yao, D., Kim, B., Developing rapid heating and cooling system using pyrolytic grafit, *Appl. Therm. Eng*, 23(3), 341-352, 2003.

[6] Suesat, J., Phillips, D.A.S., Wilding, M.A., Farrington, D.W., The influence of yarn processing parameters on the tensile properties and structure of poly (l-lactic acid), *Fibres and Polymers*, 44, 5993-6002, 2003.

[7] Murthy, N.S., Bray, R.G., Correale, S.T., Moore, R.A.F., Drawing and annealing nylon 6 fibres: Studies of crystal growth, Orientation of amorphous and crystalline domains and their influence on properties, *Polymer*, 36(20), 3863-3873, 1995.

[8] Maruhashi, Y., Primary structure physical properties of poly ethylene terephetelate/Poly ethylene naphthalene resin blend, *J.Poly. Eng. Sci.*, 43(1), 169-179, 2003.

[9] Ahmed, M., Polypropylene fibre science and thecnology, *Elsevier Amesterdam*, 282- 294, 1982.

[10] Hearl, J.W.S., Hollic, L., and Wilson, D.K., Yarn texturing technology, Woodhead publishing, CRC Press, 2001.

[11] Guptat, V.B., Kothari, V.K. Manufactured fibre technology, Chapman and Hall, India, 1977.

[12] Slater, K., The effect of thermal treatment on fibre properties, *Textile progress*, 8(3), 67-74, 1979.

[13] Ziabicki. A., high speed fibre spinning, *John Wiley and Sons*, 470-471, 1985.

[14] Naik, V.M., Effect of drawing and setting on polyester, *J. textile month*, 3, 43-44, 1987.

[15] Hotter, J.F., Cuculo, J.A., Tucker, P.A., Annis, B.K., Effect of initial take-up speed on properties and structure of as-spun and draw/heat-set polyester poly (ethylene terephethalate) filament, *J. Appl. Polym. Sci.*, 69, 2115-2131, 1998.

[16] Fourne, F., Synthetic fibres, Hanser publisher, Munich, 1998.

[۱۷] امامی، ف.، سربندی، ش.، تاثیر تثبیت حرارتی خشک قبل و بعد از عملیات کشش بر روی خواص فیزیکی نخ پلی استر با آرایش یافتگی نسبی POY، پایان نامه کارشناسی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، مهر ۸۵.

Journal of Textile Science and Technology

Journal of Textile Science and Technology
Vol.2, No.1, Spring 2012
ISSN: 2151-7162

A Feasibility Study on Production of High Tenacity Polyethylene Terephthalate Multifilament Yarn with Optimization of Drawing Process Parameters

F.Emami[1], A.M. Shushtari[2], M.A.Tavanaie[3]

1- Department of Environmental Research, Institute for Color Science and Technology, Tehran, Iran, P.O.Box: 16765-654
2- Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, P.O.Box: 15874-4413
3- Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, University of Yazd, Yazd, Iran, P.O.Box: 89195-741

Received 19 February 2011; Accepted 20 August 2011

Abstract

In this research, the effect of some drawing parameters on the physical properties of polyester filament yarn was investigated. Heating operations were carried out with two methods: simultaneous (heating with drawing) and sequential (heating after drawing). The results showed that the tenacity and initial modulus of PET yarns increased with increasing the draw ratio at a selected optimum heating operation. The simultaneous method gives rise to the resultant drawn yarn with superior tensile properties and low shrinkage.

Keywords

drawing process,
heat treatment,
physical properties,
PET flament yarn

(*) Address Correspondence to F.Emami, Email: fnemami@icrc.ac.ir