شیمی نساجی

کنترل پارامترهای فرایند کشش جهت تولید نخ های خاص از پلی استر POY

ترجمه: مهندس شاهین کاظمی

مقدمه

امروزه بازار نخ‌های خاص با مشخصات ویژه در حوزه‌هایی نظیر نخ‌های صنعتی و پزشکی بسیار گسترده شده است. علاوه بر پیچیدگی‌های فنی فرایند تولید اینگونه نخ‌ها، یکی از مشکلات تولید صنعتی آنها میزان کم سفارش و تنوع بسیار قابل ملاحظه بازارهای مصرف آن می‌باشد که تولید انبوه و صنعتی نخ‌های فیلامنتی مذکور را دچار مشکل نموده است. با توجه به تنوع بسیار زیاد مشخصات فنی مورد درخواست توسط صنایع پایین‌دستی مصرف‌کننده، بهترین راه حل، تولید نخ‌های فیلامنتی با آرایش یافتگی پایین (LOY) می‌باشد. در اینگونه نخ‌ها با توجه به اینکه ساختار بلوری نخ فیلامنتی در حین فرایند تولید شکل نگرفته است می‌توان با توجه به درخواست‌های مشتری هرگونه ساختار دلخواهی را در فرایند کشش ایجاد نمود.

اما بزرگترین مشکل نخ‌های فیلامنتی LOY عدم قابلیت نگهداری و انبارداری به مدت طولانی و همچنین مشکل بودن فرایند حمل و انتقال آنها به دلیل حساسیت بسیار زیاد می‌باشد، به همین دلیل در این تحقیق سعی شده است تا پتانسیل نخ‌های فیلامنتی POY به عنوان یک کالای میانی استاندارد با قابلیت نگهداری طولانی‌مدت مورد بررسی قرار گیرد.

آزمایش شناخت خصوصیات کشش‌پذیری (CDT[1])

به منظور پیش‌بینی و ارزیابی قابلیت کشش‌پذیری نخ‌های فیلامنتی نیمه آرایش یافته (POY) از یکسری آزمایش متوالی کشش نخ‌های فیلامنتی و ثبت خصوصیات و مشخصات اولیه و نهایی آنها استفاده گردید تا به کمک آنها بتوان ارتباطی بین پارامترهای فرایند کشش، مشخصات اولیه نخ‌ها و خصوصیات نهایی مورد انتظار از آنها بدست آورد. شاید بتوان گفت اولین و مهمترین مشخصه کیفی مورد ارزیابی از نخ‌های فیلامنتی منحنی تنش- کرنش آنها می‌باشد و به همین دلیل شاید بهتر باشد که این منحنی مبنای اجرای آزمایش شناخت خصوصیات کشش‌پذیری نخ‌های فیلامنتی قرار گیرد.

- به کمک آزمایش شناخت خصوصیات کشش‌پذیری می‌توان تخمینی از استحکام و میزان ازدیاد طول تا حد پارگی قابل دسترس از هر نمونه نخ پلی‌استر فیلامنتی POY را قبل از اجرای عملیات کشش بدست آورد و یا به عبارت دیگر می‌توان نخ فیلامنتی POY مناسب با میزان ازدیاد طول تا حد پارگی مناسب باقیمانده را جهت کاربردهای مختلف انتخاب نمود.

- با توجه به اینکه مبنای آزمایش CDT بر اصول نرم‌افزار طراحی آزمایش (DOE[2]) استوار می‌باشد، می‌توان از آن جهت تعیین حدود تغییر متغیرهای فرایند نظیر میزان کشش نواحی مختلف و حد حساسیت فرایند به بازه تغییر این متغیرها را دریافت.

- در صورتی‌که در آزمایش CDT هیچگونه فیلامنت پارگی در اثر نیروی کشش و یا عملیات حرارتی در سیستم اتفاق نیافتد می‌توان با اطمینان بسیاری از نخ فیلامنتی مذکور را در فرایند کشش صنعتی با شرایط مشابه و یا خفیف‌تر تحت عملیات قرار داد.

تاثیر ویسکوزیته چیپس پلیمری بر روی خصوصیات نخ POY

ویسکوزیته ذاتی (IV) چیپس پلیمری مورد استفاده در تولید نخ فیلامنتی POY را می‌توان اولین پارامتر تاثیرگذار بر مشخصات نخ نهایی دانست. به همین دلیل به منظور ارزیابی تاثیر افزایش میزان ویسکوزیته بر روی استحکام نخ نهایی از سه پلیمر اولیه با ویسکوزیته ذاتی متفاوت نخ فیلامنتی POY در دستگاه آزمایشگاهی تولید گردید. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که با افزایش ویسکوزیته ذاتی میزان ازدیاد طول تا حد پارگی نخ‌های مذکور در نسبت‌های کشش کم تا زیاد افزایش می‌یابد (شکل ۳-۱). همچنین نتایج این آزمایشات نشان می‌دهد که با

۱. Characterization Drawing Test

۲. Design Of Experiment

انتخاب پلیمر مناسب و همچنین نسبت کشش کافی می‌توان میزان استحکام نهایی نخ را تا حد cN/ ۷۰tex نیز افزایش داد و یا در موارد خاصی نظیر نخ‌های پزشکی می‌توان نخی با استحکام در حد cN/ ۴۰tex و ازدیاد طول تا حد پارگی نزدیک به ۵۰٪ را به راحتی با انتخاب شرایط مناسب تولید نمود.

یکی دیگر از پارامترهای تاثیرگذار بر فرایند، سرعت ریسندگی در فرایند ذوب ریسی می‌باشد. بررسی‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که که اجرای فرایند ذوب ریسی با سرعت برداشت در حد ۳۰۰۰ متر بر دقیقه می‌تواند بهترین خصوصیات فیزیکی را در نخ فیلامنتی POY ایجاد نماید. از نخ‌های فیلامنتی تولید شده در این شرایط می‌توان با اجرای مناسب عملیات کشش نخ‌هایی با استحکام و مدول بالا و جمع‌شدگی پایین تولید نمود.

تاثیر فرایند کشش

همانگونه که توضیح داده شد راحت‌ترین راه تولید نخ‌های با مشخصات کیفی متنوع جهت کاربردهای فنی و تخصصی استفاده از فرایند کشش می باشد، به همین دلیل در این تحقیق علاوه بر بررسی تاثیر متغیرهای اصلی فرایند کشش بر روی خصوصیات نهایی نخ‌ها روش‌های مختلفی جهت گرم نمودن نخ در حین فرایند کشش و همچنین تثبیت خصوصیات نهایی نخ مورد ارزیابی قرار گرفت که عبارت بودند از:

– استفاده از بخار اشباع در ناحیه کشش و یا ناحیه تثبیت

– استفاده از هیتر صفحه‌ای تماسی در ناحیه کشش و یا هیتر با سیستم انتقال حرارتی همرفت در ناحیه تثبیت

– استفاده از غلطک‌های گرم گودت در ناحیه کشش و یا ناحیه تثبیت

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که حداکثر میزان استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی قابل حصول تقریباً مستقل از نوع سیستم اعمال عملیات حرارتی می‌باشد. البته باید توجه داشت که حداقل میزان انحراف از معیار و پراکندگی استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی بدست آمده در سیستم مجهز به بخار اشباع جهت اجرای عملیات کشش می‌باشد که از این لحاظ این روش نسبت به سایر روش‌ها بسیار قابل اطمینان‌تر می‌باشد. جهت کاهش میزان جمع‌شدگی نخ‌ها نیز می‌توان از پلیمر با ویسکوزیته بالا و یا دمای نسبتاً زیاد ناحیه تثبیت استفاده نمود که در این حالت استفاده از غلطک گودت ترجیح داده می‌شود زیرا بیشترین زمان قرارگیری نخ در حالت گرم به همراه انتقال حرارت بهینه سیستم به نخ تنها در صورت استفاده از غلطک گودت امکان‌پذیر است.

البته لازم به ذکر است که میزان جمع‌شدگی باقی‌مانده در نخ به میزان اضافه تغذیه در ناحیه تثبیت نیز وابسته است.

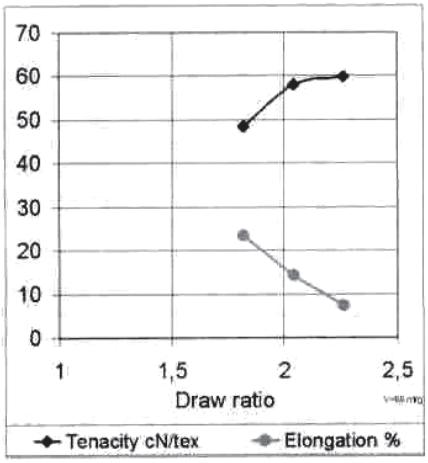
بطور کلی می‌توان گفت که جهت رسیدن به میزان جمع‌شدگی کمتر از ۴٪ در هوای داغ باید دمای غلطک‌های گودت را تا حد ۲۰۰ درجه سانتیگراد افزایش داد و به منظور تامین زمان مورد نیاز جهت اجرای فرایند انتقال حرارت باید تعداد دور پیچش نخ به دور غلطک‌های گودت را بالا برد.

نتایج کلی آزمایشات که در شکل ۴ رسم شده است نشان می‌دهد که بطور کلی تاثیر میزان نسبت کشش بر روی میزان جمع‌شدگی بسیار کمتر از تاثیر دمای گودت دوم می‌باشد و علاوه بر این در سرعت‌های کمتر از ۸۰۰ متر در دقیقه، سرعت اجرای فرایند تاثیر بسیار کمی بر روی میزان جمع‌شدگی نخ‌ها دارد.

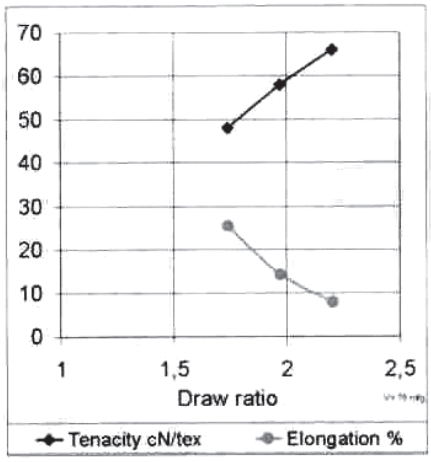
تاثیر بخار اشباع بر فرایند کشش

از لحاظ قدرت عملکردی تاثیر گرم کردن با بخار اشباع در ناحیه حرارتی به طول ۲۰ سانتیمتر برابر با تاثیر هیتر صفحه‌ای تماسی در ناحیه حرارتی به طول ۴۰ سانتیمتر می‌باشد اما از لحاظ میزان حرارت انتقالی باید درجه حرارت بخار اشباع را ۳۰–۲۰ درجه سانتیگراد بیشتر از هیتر صفحه‌ای تماسی در نظر گرفت، که البته این تاثیر در هنگام بررسی میزان قابلیت جمع‌شدگی باقیمانده بسیار آشکار و واضح می‌باشد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی فیلامنت‌ها در هنگام استفاده از بخار اشباع در ناحیه کشش و یا استفاده از گودت داغ در ناحیه تثبیت تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. مقایسه فرایند گرم کردن با بخار اشباع و استفاده از غلطک‌های گودت نیز نشان می‌دهد که جهت حصول نتایج یکسان باید دمای بخار اشباع را در حدود ۲۰–۱۰ درجه سانتیگراد بیشتر از غلطک‌های گودت در نظر گرفت که این تفاوت به دلیل ۸ مرتبه پیچش نخ به دور غلطک‌ها در سیستم دوم و در نتیجه طول ناحیه عملیاتی در حد ۷۵ سانتیمتر می‌باشد.

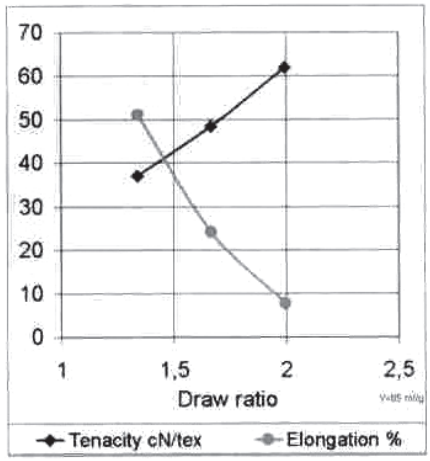
به همین دلیل در مجموع می‌توان گفت که در اثر استفاده از سیستم گرمایش بخار اشباع می‌توان



شکل ۱ – میزان استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ POYتولید شده از پلیمر با ویسکوزیته ۶۹ ml/g

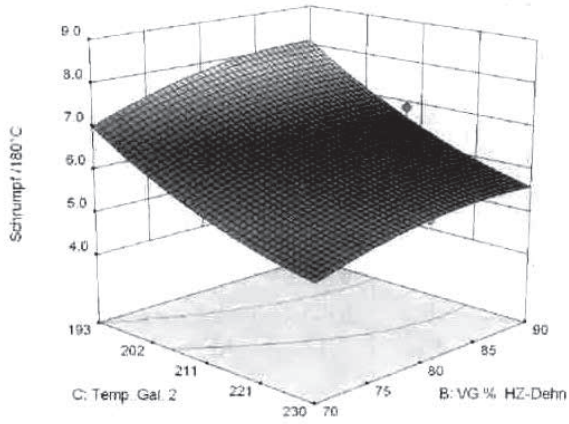


شکل ۲ – میزان استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ POYتولید شده از پلیمر با ویسکوزیته ۷۵ ml/g

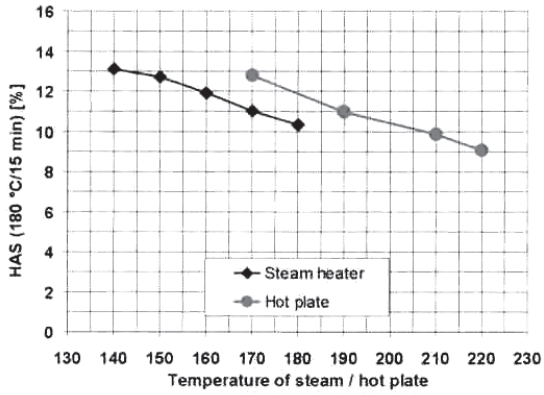


شکل ۳ – میزان استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ POYتولید شده از پلیمر با ویسکوزیته ۸۵ ml/g

WWW.ITMA.CO
پرمخاطب‌ترین رسانه نساجی ایران



شکل ٤ – منحنی تغییرات جمع شدگی در هوای داغ (۱۸۰ درجه سانتیگراد/ ۱۵ دقیقه) به عنوان تابعی از نسبت کشش (VG٪) و دمای غلطک گودت دوم (سرعت تولید ۶۰۰ m/min و ویسکوزیته ذاتی ۷۵ ml/g)



شکل ۵ – تاثیر دمای بخار اشباع و هیتر صفحه ای داغ بر روی میزان جمع شدگی در هوای داغ (۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه)

طول ناحیه کشش را کاهش داد و همچنین میزان نایکنواختی در نخ نیز بطور قابل ملاحظه‌ای در این سیستم کمتر از حالت استفاده از غلطک‌های گودت گرم می‌باشد.

زمان ماندگاری نخ‌های فیلامنتی POY

به منظور ارزیابی قابلیت انبارداری نخ‌های فیلامنتی POY، نخ‌های تولید شده از چیپس‌های پلیمری با ویسکوزیته متفاوت به مدت ۳ تا ۶ ماه در انبار نگهداری شده و سپس بطور همزمان با نخ‌های تازه تحت عملیات کشش قرار گرفتند. نتایج این آزمایش مقایسه‌ای تفاوت چندانی بین خصوصیات نخ‌های تولید شده نشان نداد و مشخص گردید که بر خلاف نخ‌های نایلونی قابلیت نگهداری نخ‌های فیلامنتی پلی‌استری در حد بسیار بالایی می‌باشد. این مساله از دیدگاه تولیدکنندگان بسیار کوچک که خواستار تولید نخ‌های متنوع در بازه زمانی طولانی هستند بسیار حائز اهمیت است.

سیستم بازیابی جهت اطلاعات مهندسی شده

به منظور دستیابی به تنظیمات بهینه جهت فرایند تولید نخ‌های صنعتی و یا بهداشتی بیش از ۴۰۰ رکورد اطلاعاتی در نرم‌افزار طراحی شده جهت بازیابی اطلاعات مهندسی شده ذخیره گردید.

به کمک این نرم افزار با ورود مشخصات کیفی نخ نهایی مدنظر می‌توان پارامترهای فرایند تولید و مشخصات کیفی نخ اولیه مطلوب فرایند را بدست آورد. البته لازم به ذکر است که این تنظیمات را با لحاظ نمودن ضرایب اصلاحی نیز می‌توان در مورد سیستم‌های کشش سه غلطکی که در صنعت بسیار رایج می باشد نیز بکار برد.

نکات کلیدی در مورد دستیابی به تنظیمات بهینه جهت تولید نخ‌های صنعتی

– جهت تعیین بهترین تنظیمات دستگاه کشش باید ابتدا منحنی تنش–کرنش و حداکثر استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی نخ را مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد.

– به کمک سیستم CDT سه نسبت کشش متفاوت برای هر نخ مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که از روی آنها می‌توان بطور تقریب نسبت کشش مناسب جهت اجرای عملیات کشش به منظور حصول خصوصیات نهایی را بدست آورد. هرچند که جهت افزایش دقت شاید بهتر باشد که تعداد مراحل انجام آزمایش را افزایش داد ولی با حداقل ۳ بار آزمایش اولیه می‌توان تخمین مناسبی داشت.

– بهتر است دمای گودت اول دستگاه را در محدوده ۹۰–۸۰ درجه سانتیگراد تنظیم نمود.

– بهترین راه جهت کاهش میزان جمع‌شدگی باقیمانده در نخها استفاده از سیستم غلطک‌های گودت داغ با دمای ۲۳۰–۲۰۰ درجه سانتیگراد در انتهای ناحیه کشش به عنوان غلطک‌های گودت سوم می‌باشد.

– جهت کاهش بیشتر میزان جمع‌شدگی باقیمانده استفاده از مقداری اضافه تغذیه نیز راه‌حل مناسبی تلقی می‌شود.

جمع بندی

در این پروژه با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای طراحی آزمایش نرم افزاری تهیه شد که در آن با ورود اطلاعات و مشخصه‌های کیفی نخ نهایی می‌توان خصوصیات کیفی نخ فیلامنتی POY اولیه و همچنین تنظیمات فرایند کشش را در حد بهینه تنظیم نمود. همانگونه که توضیح داده شد جهت آموزش اولیه این نرم افزار در ابتدا باید یکسری داده‌های اولیه به نرم افزار تغذیه شود که هر چقدر تعداد این داده ها بیشتر باشد قدرت و دقت عملکرد نرم افزار افزایش می‌یابد. این داده‌های اولیه عبارتند از خصوصیات کیفی نخ اولیه و نهایی و تنظیمات خاص فرایند کششی که منجر به تبدیل نخها به یکدیگر شده است. سپس این نرم افزار به کمک روابط و فرمول‌هایی سعی در شبیه‌سازی این فرایند با ورود یکسری از داده‌ها به عنوان ورودی و ارائه بهترین تنظیمات به عنوان خروجی می نماید.

پی نوشت:
دانشجوی دکتری مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ماخذ:

Schindler, S., Bauder H., Planck H., "Tailor made special yarns from PET POY for technical and medical products", Chemical Fibers International,4/2011, pp. 214-216.