



مطالعه رفتار رنگرزی الیاف پلی پروپیلن اصلاح شده به روش تولید الیاف آمیخته پلیمری بخش اول: تأثیر عملیات کشش الیاف و وزن مولکولی ماده رنگزای دیسپرس

طیبه قاسمی^۱، محمدعلی توانایی^۲، مهدی صفی^۳، احمد موسوی شوشتری^۴
۱- کارشناس، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵
۲- استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، مجتمع فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران، صندوق پستی: ۷۴۱-۸۹۱۹۵
۳- استادیار، گروه پژوهشی فیزیک رنگ، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۴- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۴
تاریخ دریافت: ۹۰/۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۱ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۱/۶/۲۰

چکیده

در این پژوهش رفتار جذب ماده رنگزا توسط الیاف اصلاح شده پلی پروپیلن که به روش تولید الیاف آمیخته‌ای پلی پروپیلن/پلی بوتیلن ترفتالات در یک فرآیند ذوب ریسی صنعتی تولید شده است، مورد مطالعه قرار گرفته است. در این راستا تأثیر دو عامل بسیار مهم نسبت کشش الیاف و وزن مولکولی ماده رنگزای دیسپرس بر رفتار جذب ماده رنگزا توسط الیاف اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از گرماسنجی پویسی تفاضلی (DSC) نشان می‌دهد افزایش نسبت کشش سبب افزایش بلورینگی الیاف خالص و اصلاح شده گردیده است و به تبع آن میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف کاهش می‌یابد. همچنین ملاحظه گردید کاهش جذب ماده رنگزا به وزن مولکولی ماده رنگزای به کار رفته نیز وابسته است، به طوری که کمترین اختلاف در میزان جذب ماده رنگزا بین نمونه‌های نوریس و کشیده شده در نمونه‌های رنگرزی شده توسط ماده رنگزای با وزن مولکولی متوسط ملاحظه گردیده است. تصاویر میکروسکوپی الکترونی پویسی (SEM) جزء پراکنده الیاف آمیخته‌ای نشان می‌دهد، ویژگی‌های ساختاری الیاف (بلورینگی و نواحی بی‌شکل) به نسبت تغییرات ریخت‌شناسی اجزاء تأثیر بسیار بیشتری بر میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف دارد. مطالعات کیفی رنگرزی‌ها نیز با ارزیابی ثبات‌های شستشویی و نوری الیاف اصلاح شده انجام گرفت. نتایج این ارزیابی‌ها نشان می‌دهد، ثبات‌های شستشویی و نوری به هر دو عامل نسبت کشش الیاف و وزن مولکولی ماده رنگزا وابستگی دارد.

واژه‌های کلیدی: الیاف پلی پروپیلن اصلاح شده، الیاف آمیخته‌ای پلیمری، جذب ماده رنگزا، نسبت کشش، وزن مولکولی ماده رنگزا.

A study on Dyeing Behavior of Modified PP Fibers Produced as Polyblend Fibers Part 1: The Effects of Fibers Draw Ratio and Disperse Dyes Molecular Weight

T. Ghasemi¹, M. A. Tavanaie^{*1}, M. Safi², A. M. Shushtari³

¹ Textile Engineering Department, University of Yazd, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran.

² Department of Color Physics, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.

³ Textile Engineering Department, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15874-4413, Tehran, Iran.

Received: 15-05-2011

Accepted: 03-10-2011

Available online: 10-09-2012

Abstract

In this investigation the dye absorption behavior of modified polypropylene (PP) fibers were studied. The modified PP fibers were produced as polyblend polypropylene/poly(butylene terephthalate) (PP/PBT) fibers with an industrial melt spinning machine. The effects of two very important parameters including; draw ratio of fibers and molecular weight of dispersed dyes were considered on dye absorption of pure and modified PP fibers. The results of differential scanning calorimetric (DSC) analysis showed that increasing the draw ratio resulting in decreasing the dye absorption of both pure and modified PP fibers due to the increasing the total crystallinity of fibers. Also, the dye absorption of as-spun and drawn fiber samples have a significant dependency on molecular weight of the dispersed dyes too. So that the lowest dye absorption decrease between as-spun and drawn pure and modified PP fiber samples were observed in the medium molecular weight of the dispersed dye. Scanning electron micrographs of the PBT dispersed phase of polyblend fiber samples showed that the structural variations (such as crystallinity and amorphous regions) are more effective on dye absorption than the morphological properties. Fastness studies of dyed samples were carried out by washing and light fastness of PP modified fibers. The results showed that the mentioned fastnesses depend on both draw ratio of fibers and molecular weight of dispersed dyes. *J. Color Sci. Tech.* 6(2012), 103-114 © Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Modified PP fibers, Polyblend fibers, Dye absorption, Draw ratio, Dye molecular weight.

*Corresponding author: ma.tavanaie@yazduni.ac.ir

۱- مقدمه

پلی استایرن^{۱۰} [۱۹،۲۴] بیش از سایر پلیمرها مورد مطالعه قرار گرفته است. هلیووا^{۱۱} و همکارانش [۲۷] در خصوص اصلاح رنگ پذیری الیاف PP با تولید الیاف آمیزه PP/PBT و مقایسه آن با الیاف آمیزه PP/PET ملاحظه نمودند که اولاً با افزایش جزء پلی استری (PET, PBT) رنگ پذیری الیاف اصلاح شده PP افزایش می یابد و همچنین در دماهای حدود ۱۰۰ °C رنگ پذیری الیاف PP/PBT بهتر از PP/PET است. لیکن در دماهای کمتر (حدود ۸۲ درجه سانتی گراد) حالت عکس آن دیده شده است. در مجموع دماهای رنگرزی بالاتر را سبب افزایش مقادیر ثابت نرخ رنگرزی و ضریب نفوذ ماده رنگزا گزارش نموده اند [۲۷].

مارسین سین^{۱۲} و همکارانش [۲۸] نیز جزء PBT را نسبت به PET در رنگ پذیر نمودن الیاف آمیخته ای با بستر PP بویژه در دماهای حدود ۱۰۰ °C مناسب تر و دلیل این بهبود را تغییرات ساختار (یکنواختی بیشتر ابعاد جزء پراکنده) که در الیاف آلیاژ PP/PBT نسبت به PP/PET ایجاد گردیده است، عنوان نموده اند. در مجموع تولید الیاف آمیزه به دلایلی چون تشکیل لیفچه ها و ایجاد فصل مشترک^{۱۳} دو فاز که با ایجاد فضاهای آزاد و مراکز فعال همراه است [۲۸،۲۹] همچنین کاهش تبلور در ساختار الیاف نهایی [۳۰-۳۲] سبب ایجاد مناطقی برای جذب مواد رنگزا گردیده و در بهبود خواص رنگ پذیری الیاف آمیزه با بستر پلی پروپیلن بسیار مؤثر می باشند. در تمامی پژوهش های ذکر شده بر روی اصلاح رنگ پذیری الیاف پلی پروپیلن، نکته مشترک تولید الیاف در ابعاد آزمایشگاهی بوده است و می توان ادعا نمود تعمیم قطعی آن به شرایط تولید صنعتی دشوار می باشد. در پژوهش قبلی [۲۱]، شرایط تولید و بهینه سازی الیاف اصلاح شده قابل رنگرزی PP با تولید الیاف آلیاژ PP/PBT توسط یک دستگاه ذوب ریزی آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل از رنگرزی نمونه ها با یک نوع ماده رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی متوسط نشان داد که افزودن ۱۰ درصد PBT به الیاف PP می تواند در حد قابل توجهی جذب ماده رنگزا توسط این الیاف را در حالت کشیده نشده بهبود بخشد. همچنین در آن پژوهش، ملاحظه گردید خواص مکانیکی الیاف در اثر رنگرزی تغییر قابل ملاحظه ای پیدا نکرده و الیاف رنگرزی شده از ثبات های شستشویی بسیار خوبی نیز برخوردارند [۲۱]. در این تحقیق از الیاف آمیخته PP/PBT به عنوان الیاف اصلاح شده رنگ پذیر استفاده شده است. همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، اغلب پژوهش های انجام شده در اصلاح رنگ پذیری الیاف پلی پروپیلن به روش تولید الیاف آمیخته ای، در دستگاه های آزمایشگاهی یا نیمه صنعتی صورت گرفته است، در حالی که تولید الیاف در این پژوهش

صرف الیاف پلی پروپیلن^۱ در صنایع نساجی طی دو دهه اخیر روند افزایشی داشته و نرخ رشد آن نسبت به الیاف اکریلیک و پلی آمید بیشتر بوده است [۱]. بیشترین میزان مصرف این الیاف از گذشته تا کنون در صنعت کفپوش ها اعم از موکت و فرش ماشینی بوده و در سال های اخیر مصرف این الیاف در منسوجات بی بافت^۲ افزایش قابل ملاحظه ای داشته است [۳-۱]. همچنین به دلیل ویژگی تراوایی^۳ زیاد و قابلیت تکسچره شدن در البسه کشیاف زیر و پوشاک ورزشی [۴] و اخیراً الیاف بریده آن نیز در اختلاط با الیاف پنبه برای ریسندگی نخ مخلوط ریسیده^۴ [۵] مورد توجه قرار گرفته است.

از نکات قابل توجه در رنگرزی الیاف PP عدم دستیابی به شیدهای متوسط تا عمیق است که به دلیل غیر قطبی بودن زنجیرهای پلیمری و بلورینگی زیاد این الیاف است [۶]. در شرایط متداول صنعتی، این الیاف هم زمان با ذوب ریزی به روش جرمی^۵، رنگرزی می شوند [۷]. از معایب این روش رنگرزی می توان به افت خواص مکانیکی الیاف، سخت شدن شرایط ذوب ریزی (نایکنواختی جریان مذاب)، افزایش هزینه های تولید و مهم تر از آن عدم دستیابی به شیدهای متنوع به دلیل کمبود مواد رنگزای مناسب با مقاومت حرارتی بالا اشاره نمود [۸].

طی چند دهه اخیر اصلاح خاصیت رنگ پذیری الیاف PP به روش های مختلف، مورد مطالعه محققین بوده است. برای نمونه می توان به استفاده از پرتو گاما [۹] و استفاده از عملیات پلاسما [۱۰، ۱۱] با ایجاد تغییرات سطحی و ساختاری این الیاف، اکسیداسیون شیمیایی [۱۲] و عامل دار کردن [۱۳]، کوپلیمریزاسیون شاخه ای [۱۴، ۱۵] و تولید الیاف آمیخته پلیمری [۱۶-۲۲] اشاره نمود. روش های دیگری نیز در سال های اخیر مورد مطالعه بوده است از آن جمله می توان به استفاده از ترکیبات با وزن مولکولی کم و نانو ذرات در بستر الیاف PP [۲۳، ۲۴]، دندریمرها [۲۵] و پلیمرهای شاخه ای جانبی بزرگ^۶ [۲۶] اشاره نمود. با وجود نتیجه بخش بودن اغلب روش های فوق الذکر، روش تولید الیاف آمیخته پلیمری، اقتصادی ترین، کم آلاینده ترین، انعطاف پذیرترین و ساده ترین روش تولید الیاف PP اصلاح شده است که بیش از سایر روش ها مورد توجه بوده است. در این خصوص نیز پلیمرهای مختلفی از جمله پلی اتیلن ترفتالات^۷ [۱۶]، پلی بوتیلن ترفتالات^۸ [۲۱، ۲۲]، پلی آمید^۹ [۱۸] و

- 1- Polypropylene (PP)
- 2- Non-woven
- 3- Wicking
- 4- Spun yarn
- 5- Mass dyeing
- 6- Hyperbranched
- 7- Polyethylene terephthalate (PET)
- 8- Polybutylene terephthalate (PBT)
- 9- Polyamide (PA)

- 10- Polystyrene (PS)
- 11- Uhelyiova
- 12- Marcincin
- 13- Interface

زیادی نگذاشته و استفاده از ماده سازگار کننده پلی پروپیلن شاخه دار شده با انیدرید مالئیک^۱ به عنوان سازگار کننده دو جزء، با مقدار ۱ درصد، سبب سازگاری مطلوب دو جزء آمیزه گردید و الیافی با قابلیت کشش مناسب ایجاد گردید. لازم به ذکر است حضور جزء PBT در الیاف اصلاح شده باعث افزایش ازدیاد طول تا حد پارگی الیاف نورسی آمیخته‌ای و به تبع آن افزایش قابلیت کشش این الیاف می‌گردد که در تحقیقات پیشین تأیید شده است [۳۳]. این الیاف توسط دستگاه کشش صنعتی که مشخصات آن و شرایط تولید آن در بخش بعدی ارائه شده است با نسبت کشش‌های مناسب جهت تولید الیاف کشیده شده^۲ مورد عملیات کشش در یک دستگاه صنعتی قرار گرفته‌اند. برای مطالعه عامل اندازه مولکولی ماده رنگزای دیسپرس بر میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف اصلاح شده، از مواد رنگزایی با وزن مولکولی‌های مختلف مطابق با اعداد گزارش شده در جدول ۱ استفاده شد، همچنین ساختمان شیمیایی این مواد رنگزا در شکل ۱ ارائه شده است. در حمام رنگزایی نیز از ماده پراکنش کننده و اسید فرمیک ۹۸٪ برای تنظیم pH حمام رنگزایی استفاده شده است.

- 1- PP-g-MA
2- Fully Drawn Yarn (FDY)

در یک فرآیند ذوب‌ریسی با شرایط کاملاً صنعتی تولید شده و سپس در یک دستگاه صنعتی مورد عملیات کشش قرار گرفته است. بنابراین نتایج آن کاملاً به طور کاربردی قابل استفاده در شرایط صنعتی می‌باشد. بدین منظور دو لیف خالص PP و آمیخته PP/PBT با میزان ۱۰ درصد جزء پراکنده PBT تولید و مورد استفاده قرار گرفته و تأثیر دو متغیر نسبت کشش الیاف و وزن مولکولی ماده رنگزای دیسپرس بر رفتار رنگزایی الیاف اصلاح شده پلی پروپیلن مورد مطالعه قرار گرفته است. به منظور تحلیل دقیق‌تر تغییرات حاصل در رنگ‌پذیری الیاف اصلاح شده از ارزیابی‌های ساختاری و ریخت‌شناسی الیاف اصلاح شده نیز استفاده شده است.

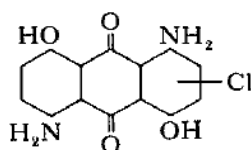
۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

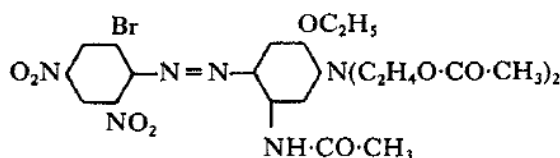
در این پژوهش الیاف اصلاح شده پلی پروپیلن خالص نورسی و الیاف آلیاژ پلی پروپیلن/پلی بوتیلن ترفتالات (PP/PBT) نورسی با آرایش یافتگی کم (LOY) تولید شده در خط تولید صنعتی شرکت سهامی الیاف مورد استفاده قرار گرفته است (شرایط تولید در بند ۲،۲ ارائه شده است). در مرحله تولید الیاف نورسی کشیده نشده، حضور جزء پراکنده (PBT) با مقدار ۱۰ درصد در قابلیت ریسندهی الیاف تأثیر

جدول ۱: مشخصات مواد رنگزای دیسپرس به کار گرفته شده.

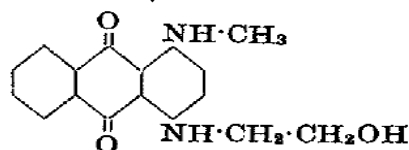
C.I. Disperse Yellow3	C.I. Disperse Blue3	C.I. Disperse Blue 56	C.I. Disperse Blue 79	نام ماده رنگزا
۲۶۹،۳	۲۹۶،۳۲	۳۴۹،۱۴	۶۳۹،۴۱	وزن مولکولی
DY3	DB3	DB56	DB79	کد به کار رفته در مقاله



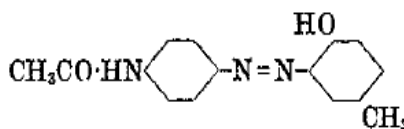
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۱: ساختار مواد رنگزای دیسپرس استفاده شده:

(الف) C.I. Disperse Blue 79 – (ب) C.I. Disperse Blue 56

(ج) C.I. Disperse Blue 3 – (د) C.I. Disperse Yellow 3

۲-۲-۲-۲-۲ روش کار

۲-۲-۲-۱-۲-۲ تولید الیاف خالص و اصلاح شده PP/PBT

تولید الیاف خالص و اصلاح شده پلی پروپیلن با استفاده از دستگاه ذوب ریسی صنعتی واقع در شرکت سهامی الیاف انجام شد. مشخصات تولید الیاف به شرح جدول ۲ بوده است.

جدول ۲: مشخصات فرآیند در دستگاه ذوب ریسی صنعتی.

مقادیر کمی	متغیرها (واحد)
۲۶۰	دمای نهایی اکستروژن، هد ریستدگی و رشته ساز (°C)
۸	دور پمپ دنده ای (RPM)
۰,۳	سرعت هوای خنک سازی (m/min)
۱۹	دمای هوای خنک سازی (°C)
۸۰۰	سرعت برداشت (m/min)
۹۰	فشار مذاب انتهای اکسترودر در ناحیه خروجی (bar)
۲۰	دور پیچ اکسترودر (RPM)

اکسترودر دستگاه ساخت شرکت بارمگ^۱ آلمان، مدل 6E4 و دارای نسبت طول به قطر (L/D) ۲۴، پمپ دنده ای با ظرفیت ۰,۸ میلی لیتر در هر دور ساخت شرکت آلمانی زینت^۲، رشته ساز ۱۷ روزنه با شکل روزنه دایره ای، ساخت شرکت آلمانی المر^۳ و دستگاه پیچش^۴، ساخت شرکت آلمانی آی دلبیو کی آ^۵ بوده است.

۲-۲-۲-۲-۲ کشش الیاف خالص و آلیاژ PP/PBT

حداکثر نسبت کشش قابل اعمال به الیاف آلیاژ نوریس، در عملیات کشش گرم با استفاده از یک دستگاه کشش صنعتی ساخت شرکت آلمانی زینسر^۶ مدل ۵۰۲-۲ به این الیاف اعمال شد. در این فرآیند کشش در دو مرحله، شامل: مرحله اول، اعمال کشش اولیه (Pre-Drawing) با نسبت کشش $D.R < 1,1$ و مرحله دوم، اعمال کشش اصلی بر اساس حداکثر نسبت کشش قابل اعمال به الیاف (D.R.=۴,۵۵)، انجام گردید. سه نسبت کشش به ترتیب ۳,۵، ۴,۰ و ۴,۵ مورد استفاده قرار گرفته است. لازم به ذکر است الیاف خالص PP با نسبت کشش ۴,۵ قابل کشش نبودند و تنها با دو نسبت کشش ۳,۵ و ۴,۰ مورد عملیات کشش قرار گرفتند. شرایط فرآیند کشش در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: تنظیمات فرآیند در دستگاه کشش صنعتی برای کشش

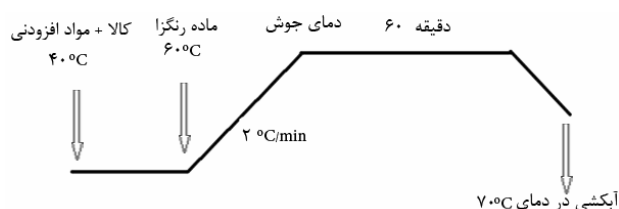
گرم الیاف.

مقادیر	تنظیمات
۸۰	دمای کشش (°C)
۱۴۰	دمای تثبیت حرارتی (°C)
۲۰۰	سرعت تولید (m/min)
۲۵۰۰-۳۰۰۰	دور دورانی اسپیندل تابنده (min ⁻¹)
۱۳	تعداد تاب در متر نخ
۲-۳	فشار هوای جت (بار)

* دمای کشش، دمای گادت تغذیه ناحیه کشش اصلی است.
** دمای تثبیت حرارتی، دمای گرم کن تماسی (به طول ۴۰ cm) در ناحیه مابین غلتک تغذیه و کشش در ناحیه کشش اصلی است.

۲-۲-۲-۳-۲-۲ رنگرزی الیاف

در رنگرزی الیاف از حمامی شامل ۰,۳ گرم بر لیتر از ماده رنگزای دیسپرس، ۰,۵ گرم بر لیتر ماده پراکنش کننده و اسید فرمیک به منظور تنظیم pH=۵,۵ با L:R = ۶۰:۱ استفاده شد. عملیات رنگرزی مطابق نسخه ارائه شده در شکل ۲ انجام شد.



شکل ۲: نسخه رنگرزی الیاف خالص و اصلاح شده پلی پروپیلن.

۲-۲-۲-۴-۲-۲ تعیین میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف به روش

طیف سنجی نوری جذبی

پساب های حاصل از رنگرزی الیاف توسط دستگاه طیف سنج جذبی ساخت کمپانی میلتن روی^۷ مدل اسپکترونیک ۲۱^۸، مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور حل نمودن ماده رنگزای دیسپرس از حلال دی متیل فرم آمید^۹ به نسبت ۳:۱ با آب مقطر استفاده شد. محدوده طول موج مورد بررسی ۴۰۰-۷۶۰ نانومتر بوده است و برای قرارگیری میزان جذب در محدوده ۰,۱ تا ۱ پسابها با غلظت های مناسب توسط حلال DMF حل گردیده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت با استفاده از مقدار جذب هر یک از نمونه ها و مقدار بیشینه جذب که مربوط به حمام رنگرزی شاهد (حمام بدون انجام رنگرزی) می باشد، مقادیر رمق کشی محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت. درصد رمق کشی

7- Milton Roy
8- Spectronic 21
9- Dimethyl formamide (DMF)

1- Barmag
2- Zenite
3- Elmer
4- Winder
5- IWKA
6- Zinser

طبق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$(1) \quad A = [A(\text{شاهد}) - A(\text{نمونه})] / A(\text{شاهد}) \times 100$$

۲-۲-۵- ارزیابی خواص حرارتی نمونه‌ها

جهت بررسی رفتار حرارتی و تغییرات ساختاری الیاف نوریس و کشیده شده، روش گرماسنجی پویشی تفاضلی به کار گرفته شد. برای این منظور از دستگاه آنالیز حرارتی ساخت شرکت آمریکایی تی.ای. اینسترومنت^۱ استفاده گردید و برای انجام آزمایشات نرخ گرمایش 10°C در دقیقه تنظیم شد. برای کلیه نمونه‌ها، محدوده گرمایی از 30°C تا مقدار کمی بالاتر از نقطه ذوب تنظیم گردید. محاسبه درصد بلوری شدن الیاف خالص و الیاف آلیاژ قبل و بعد از کشش با استفاده از منحنی‌های حاصل و با توجه به رابطه‌های ۲ تا ۴ محاسبه گردیده است:

$$(2) \quad X_{c,PP} = (\Delta H_{f,PP} / \Delta H_{f,PP}^0) (1 / \Phi_{PP}) \times 100$$

$$(3) \quad X_{c,PBT} = (\Delta H_{f,PBT} / \Delta H_{f,PBT}^0) (1 / \Phi_{PBT}) \times 100$$

$$(4) \quad X_{c,total} = X_{c,PP} \Phi_{PP} + X_{c,PBT} \Phi_{PBT}$$

در روابط بالا، $\Delta H_{f,PP}^0$ آنتالپی ذوب الیاف پلی پروپیلن در حالت 100°C درصد بلورین (برابر با 209 J/g)، $\Delta H_{f,PBT}^0$ آنتالپی ذوب الیاف پلی‌بوتیلن ترفتالات در حالت 100°C درصد بلورین (برابر با 222 J/g)، Φ_{PP} و Φ_{PBT} به ترتیب ترکیب درصد جزء پلی پروپیلن و پلی‌بوتیلن ترفتالات در الیاف است. رابطه ۲ جهت محاسبه درصد بلورینگی بخش PP الیاف، رابطه ۳ جهت محاسبه بلورینگی بخش PBT الیاف آمیخته و رابطه ۴ برای محاسبه بلورینگی کل، مورد استفاده قرار گرفت.

۲-۲-۶- ارزیابی‌های ریخت‌شناسی

برای مطالعه ریخت‌شناسی جزء پراکنده پلی بوتیلن ترفتالات (PBT)، جزء بستر الیاف اصلاح شده آلیاژی (پلی پروپیلن) توسط حلال دکاهیدروفتالین (دکالین) در دمای 100°C درجه سانتی‌گراد و به مدت ۵ دقیقه حل گردیده و اجزای باقی‌مانده به صورت لایه‌ای از لیفچه‌ها، پس از خشک‌شدن در هوای آزاد آزمایشگاه، نمونه‌برداری و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

به منظور مطالعه نحوه تغییرات ریخت‌شناسی جزء پراکنده در بستر الیاف آلیاژ تولید شده (لیفچه‌ها)، میکروسکپ الکترونی روبشی

ساخت شرکت فیلیپس^۲ هلند مدل XL 30 مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر لیفچه‌های حاصل از الیاف آمیخته‌ای در بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر تهیه و مورد مطالعه قرار گرفتند. محاسبات قطر لیفچه‌های استخراج شده از الیاف آلیاژی با استفاده از نرم‌افزار Microstructure Measurement انجام گرفته و برای هر نمونه چند تصویر تهیه و قطر حداقل ۳۰ لیفچه اندازه‌گیری شده است.

۲-۲-۷- تعیین ثبات شستشویی و نوری

برای اندازه‌گیری ثبات شستشویی پس از رنگرزی، نمونه‌ها کاملاً آب‌کشی شده و در یک حمام صابونی توسط یک سطح فعال غیر یونی با غلظت ۱٫۵ گرم در لیتر و نسبت L:R ۳۰ در دمای 50°C درجه سانتی‌گراد شسته شده تا از عدم حضور ماده رنگزای باقیمانده اطمینان حاصل شود. سپس به روش استاندارد ISO 105-C02 ثبات‌های شستشویی ارزیابی گردید. جهت تعیین ثبات نوری نیز نمونه‌های آبکشی و خشک شده مطابق با استاندارد Xenotest ISO 105-B02 مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج آن ارائه گردیده است.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش الیاف پلی پروپیلن (PP) خالص و الیاف آمیخته پلی پروپیلن/پلی بوتیلن ترفتالات (PP/PBT) نوریس با آرایش یافتگی کم تولید شده در شرایط صنعتی توسط یک دستگاه کشش صنعتی مورد عملیات کشش قرار گرفت و تأثیر نسبت کشش و وزن مولکولی ماده رنگزا بر میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف نوریس و الیاف کشیده شده مورد مطالعه قرار گرفته است. در جدول ۴ تغییرات جذب ماده رنگزا توسط الیاف خالص و اصلاح شده با تغییر وزن مولکولی ماده رنگزا و نسبت کشش ارائه شده است. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود حضور حدود 10% درصد جزء فرعی PBT در الیاف آمیخته تولید شده تأثیر بسزایی در اصلاح رنگ‌پذیری و افزایش جذب ماده رنگزا توسط الیاف پلی پروپیلن (PP) داشته است. البته نتایج مطالعات بخش دیگر این پژوهش در خصوص تأثیر متغیر وزن مولکولی ماده رنگزا بر میزان جذب توسط الیاف اعم از خالص یا اصلاح شده که در جدول ۴ ارائه شده است نشان می‌دهد این میزان رنگ‌پذیری به شدت به وزن مولکولی ماده رنگزا نیز وابستگی دارد. به طوری که در بین کلیه نمونه الیاف نوریس (کشیده نشده) یا کشیده شده، بیشترین میزان جذب ماده رنگزا برای ماده رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی متوسط (DB56) و کمترین میزان جذب برای ماده رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی بسیار کم (DY3) بوده است.

2- Philips

1- TA Instrument

جدول ۴: تغییرات جذب ماده رنگزا توسط الیاف با تغییر نسبت کشش و وزن مولکولی ماده رنگزا.

ماده رنگزا								نسبت کشش	نوع لیف
DY3		DB3		DB56		DB79			
تغییرات %	درصد جذب	درصد تغییرات	درصد جذب	تغییرات %	درصد جذب	تغییرات* %	درصد جذب		
-	۳۹	-	۴۰	-	۸۰	-	۳۲	۱	
-۱۲,۸	۳۴	-۱۲,۵	۳۵	-۷,۵	۷۴	-۷,۸	۲۹,۵	۳,۵	
-۱۱,۷	۳۰	-۱۴,۳	۳۰	-۱۶,۲	۶۲	-۸,۰	۲۷,۳	۴,۰	
-۵۳,۳	۱۴	۰	۳۰	-۳,۲	۶۰	-۸,۴	۲۵	۴,۵	
-	۳,۴	-	۲۵	-	۳۲	-	۲۲,۷	۱	
-۲۹,۴	۲,۴	-۹۰,۰	۲,۵	-۶,۶	۳۰	-۲۰,۷	۱۸	۴,۰	
-۴۱,۶	۱,۴	۰	۲,۵	-۱۶,۶	۲۵	-۲۴,۴	۱۳,۶	۴,۵	

* مقصود تغییرات جذب ماده رنگزا نسبت به نمونه قبلی با افزایش نسبت کشش بوده است.

جدول ۵: تغییرات تبلور الیاف خالص و اصلاح شده (رنگ پذیر) PP/PBT با تغییر نسبت کشش.

$X_{c,total}$ (%)	$X_{c,PBT}$ (%)	$X_{c,PP}$ (%)	$\Delta H_f, PBT$ (J/g)	$\Delta H_f, PP$ (J/g)	نسبت کشش D.R.	ترکیب درصد الیاف آلیاژ (PP/PBT)
۴۱,۵	-	۴۱,۵	-	۸۶,۸	**۱,۰	*۱۰۰,۰
۴۱,۷	-	۴۱,۷	-	۸۷,۳	۳,۵	۱۰۰,۰
۴۹,۵	-	۴۹,۵	-	۱۰۳,۴	۴,۰	۱۰۰,۰
۳۰,۵	۱,۸	۳۳,۷	۴,۱	۷۰,۴	۱,۰	۹۰,۱۰
۳۳,۴	۲,۰	۳۶,۹	۴,۴	۷۷,۱	۳,۵	۹۰,۱۰
۳۵,۲	۲,۰	۳۸,۹	۴,۵	۸۱,۳	۴,۰	۹۰,۱۰
۳۷,۶	۲,۵	۴۱,۵	۵,۵	۸۶,۷	۴,۵	۹۰,۱۰

* مقصود الیاف خالص پلی پروپیلن است. ** مقصود نخ با آرایش یافتگی کم^۱ است.

کاهش در بلورینگی این الیاف به وجود آمده است که این کاهش بلورینگی به معنای کاهش نقاط سخت و غیر قابل نفوذ و به جای آن افزایش مکان‌های جذب قابل دسترس برای مولکول‌های ماده رنگزا است که در پژوهش‌های قبلی [۲۱] و گزارش برخی از محققین [۳۲,۳۰,۱۶] نیز بدان اشاره شده است. با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌شود، افزایش نسبت کشش در هر دو نمونه الیاف خالص و اصلاح شده پلی پروپیلن سبب افزایش تبلور کلی نمونه‌ها گردیده است و در الیاف آمیخته‌ای نیز تبلور هر دو جزء PP و PBT به تفکیک نیز افزایش

1- Low Oriented Yam (LOY)

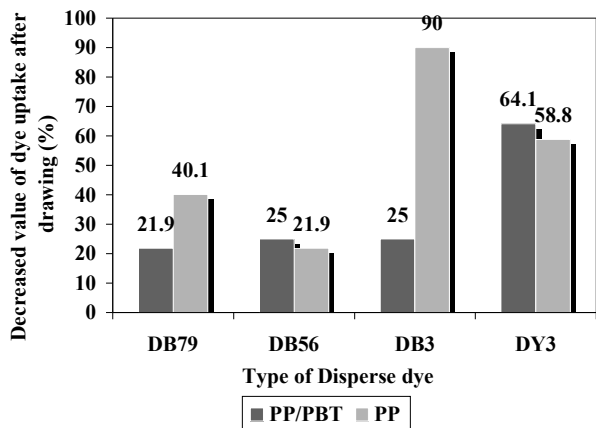
افزایش رنگ‌پذیری حاصل در الیاف اصلاح شده به طور عمده به دلیل کاهش میزان بلورینگی کلی و به تبع آن افزایش نواحی بی‌شکل در الیاف آمیخته تولید شده است. نتایج حاصل از آزمون‌های گرماسنجی پویشتی تفاضلی (DSC) نمونه‌های الیاف PP خالص و اصلاح شده PP/PBT در جدول ۵ نیز کاملاً این موضوع را تأیید می‌نماید.

با توجه به نتایج جدول ۵ ملاحظه می‌شود با افزوده شدن ۱۰ درصد جزء پلیمری PBT به الیاف اصلاح شده، حدود ۱۰ درصد

داشته است.

جذب ماده رنگزا توسط الیاف با اعمال کشش، در مواد رنگزای با وزن مولکولی کم و بسیار کم بوده است. این در حالیست که انتظار داشتیم با کوچک شدن اندازه مولکولی، ماده رنگزای مورد استفاده راحت تر به داخل ساختمان الیاف نفوذ نماید [۳۶، ۳۵] و جذب ماده رنگزا افزایش یابد در حالی که ظاهراً به دلیل کوچکی اندازه مولکولی، افزایش مهاجرت ماده رنگزا علاوه بر مهاجرت حمام به لیف از لیف به حمام نیز افزایش پیدا کرده است. بدین ترتیب میزان جذب ماده رنگزا کاهش یافته است. بنابراین انتخاب ماده رنگزای مناسب برای حصول بهترین نتیجه رنگرزی در الیاف پلی پروپیلن اصلاح شده نیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در بخشی دیگر از این پژوهش به مطالعه ریخت شناسی الیاف اصلاح شده PP/PBT نیز پرداخته شد تا ارتباط آن با میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف نیز تبیین گردد. در شکل ۴ تصاویر تهیه شده توسط میکروسکپ الکترونی پویشی (SEM) از لیفچه‌های استخراج یافته از الیاف آمیخته‌ای که تحت کشش‌های مختلف قرار گرفته اند ارائه گردیده است.

با توجه به شکل ۴ می‌توان ملاحظه نمود که به طور مشهود با افزایش نسبت کشش در الیاف آمیخته، لیفچه‌های جزء پراکنده ظریف‌تر شده‌اند در حالی که از یکنواختی ظاهری خوبی نیز برخوردارند. این مشاهدات بصری با ارزیابی‌های کمی انجام شده در شکل ۵ نیز کاملاً مطابقت دارد. همان‌طور که در بخش تجربیات نیز بیان شد با استفاده از نرم افزار ویژه دستگاه SEM به نام میژمنت^۲ حدود ۴۰ قطر از لیفچه‌های هر نمونه اندازه‌گیری و میانگین نتایج حاصل و ضریب یکنواختی آنها در شکل ۵ ارائه گردیده است.



شکل ۳: میزان کاهش (اختلاف) جذب ماده رنگزا بعد از اعمال کشش (با حداکثر کشش قابل اعمال^{*}) نسبت به مقدار جذب قبل از اعمال کشش (الیاف نوریس (LOY)) با تغییر وزن مولکولی ماده رنگزا.

^{*}حداکثر نسبت کشش برای الیاف خالص ۴۰، و برای الیاف اصلاح شده ۴،۵ بوده است

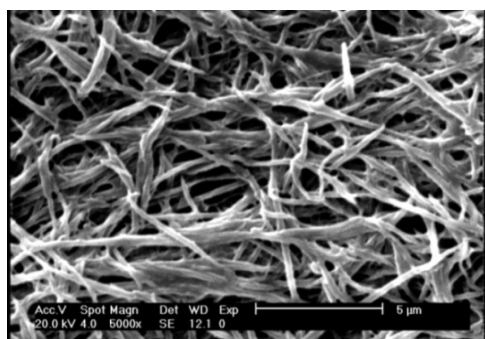
این افزایش تبلور ملاحظه شده به دلیل افزایش آرایش یافتگی زنجیره‌های پلیمری در اثر افزایش نسبت کشش است که با کنار هم قرار گرفتن و نزدیک‌تر شدن زنجیره‌های مولکولی امکان ایجاد بلورهای بیشتر را فراهم آورده است [۶، ۲]. همان‌طور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود با افزایش نسبت کشش در هر دو الیاف خالص PP و الیاف اصلاح شده PP/PBT جذب ماده رنگزا توسط الیاف کاهش یافته است که این موکداً به دلیل افزایش تبلور در ساختمان مولکولی الیاف و به تبع آن کاهش نواحی بی‌شکل و مکان‌های جذب قابل دسترس برای ماده رنگزا توسط الیاف می‌باشد. در شکل ۳ میزان کاهش (اختلاف) جذب ماده رنگزا بعد از اعمال کشش (با حداکثر کشش قابل اعمال) نسبت به مقدار جذب ماده رنگزا قبل از اعمال کشش (الیاف نوریس با آرایش یافتگی کم) با تغییر وزن مولکولی ماده رنگزا رسم شده است. این مقادیر به صورت درصد تغییرات این مقدار با استفاده از رابطه (۵) محاسبه گردیده است:

$$\Delta A = (A_{LOY} - A_{D.R. max}) / A_{LOY} \times 100 \quad (5)$$

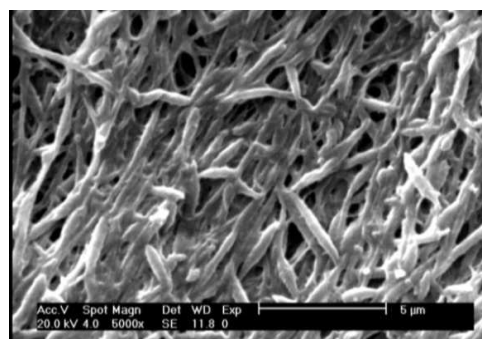
ΔA ، درصد تغییرات جذب بین نمونه کشیده نشده و نمونه با حداکثر کشش اعمال شده است. این کاهش در جذب ماده رنگزا مشاهده شده با افزایش کشش به ویژه در برخی از مواد رنگزای به کار رفته بسیار فاحش است. به طوری که بین نمونه‌های کشیده نشده و نمونه‌های کشیده شده با حداکثر کشش قابل اعمال، حداقل ۲۳ درصد و حداکثر ۹۰ درصد کاهش در میزان جذب ماده رنگزا توسط انواع مواد رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی‌های مختلف قابل ملاحظه است (شکل ۳). این نتیجه خود مؤید تأثیر فاحش عملیات کشش بر رنگ‌پذیری الیاف اصلاح شده است و می‌تواند به عنوان یک عامل منفی در اصلاح خاصیت رنگ‌پذیری الیاف پلی پروپیلن تلقی شود. البته توجه به این نکته ضروری است که عملیات کشش انجام شده در میزان جذب ماده رنگزای با وزن مولکولی متوسط (DB56) تأثیر ناچیزی داشته است و با حدود ۳،۵ برابر کشش، جذب ماده رنگزا تنها از مقدار ۸۰ درصد به ۷۴ درصد کاهش یافته که مقدار قابل توجهی نبوده و کماکان این الیاف کشیده شده را می‌توان با قابلیت جذب ماده رنگزا با عمق زیاد محسوب نمود. بدین ترتیب برای حصول بهترین نتیجه در جذب رنگ الیاف اصلاح شده پلی پروپیلن، تنظیم نسبت کشش بهینه از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

همان‌طور که پیش از این نیز اشاره شد و در شکل ۳ نیز مشاهده می‌شود، میزان کاهش جذب ماده رنگزا با اعمال کشش به الیاف برای مواد رنگزا با وزن مولکولی مختلف، متفاوت می‌باشد. بر خلاف انتظار مشاهده می‌شود که با کوچک شدن اندازه مولکولی ماده رنگزا، کاهش بیشتری در مقادیر جذب بروز کرده است. بیشترین کاهش در درصد

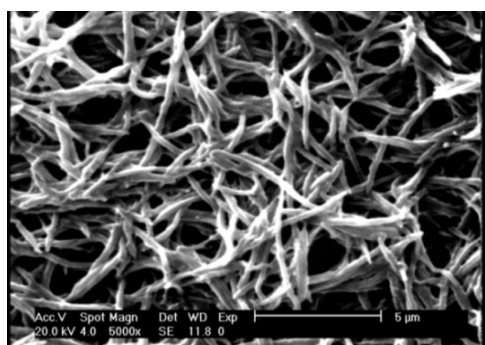
1- Scanning Electron Microscopy (SEM)
2- Measurement



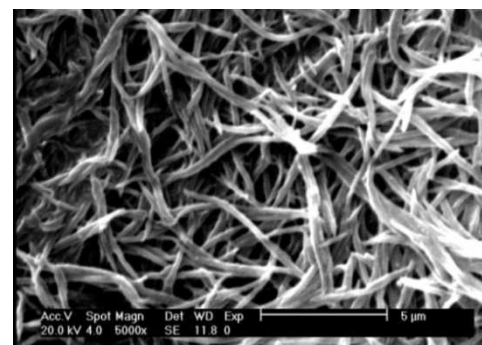
(ب)



(الف)



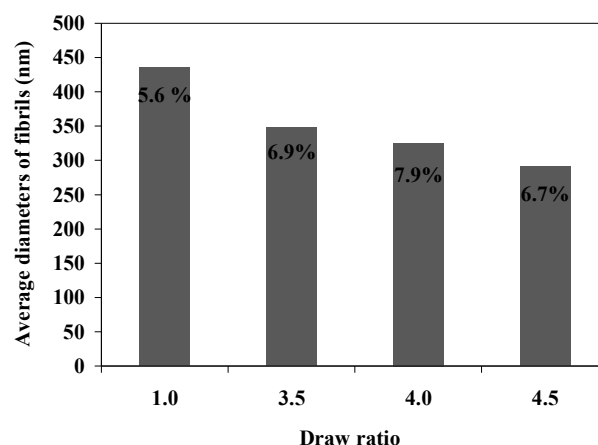
(د)



(ج)

شکل ۴: تصاویر SEM از لیفچه‌های استخراج یافته جزء پراکنده PBT از الیاف با نسبت کشش‌های متفاوت (با بزرگنمایی $\times 5000$)
 (الف) نمونه الیاف نوریس با آرایش یافتگی کم PP/PBT (LOY)؛ (ب) نمونه الیاف آمیخته PP/PBT کشیده شده با نسبت کشش ۳,۵
 (ج) نمونه الیاف آمیخته PP/PBT کشیده شده با نسبت کشش ۴,۰؛ (د) نمونه الیاف آمیخته PP/PBT کشیده شده با نسبت کشش ۴,۵

با توجه به نتایج شکل ۵ ملاحظه می‌شود افزایش نسبت کشش سبب کاهش قطر لیفچه‌های جزء پراکنده گردیده است. به طوری که قطر لیفچه‌ها از مقدار حدود ۴۳۵ نانومتر برای الیاف نوریس کشیده نشده به حدود ۲۹۱ نانومتر در الیاف کشیده شده با نسبت کشش ۴,۵ رسیده است. ضمن اینکه یکنواختی‌های بسیار مطلوبی نیز در میانگین قطرهای اندازه‌گیری شده دیده می‌شود که در نتایج سایر تحقیقات که در ابعاد آزمایشگاهی انجام شده است به چشم نمی‌خورد [۲۰-۱۶].
 مارسینسن و همکارانش [۱۶] در بررسی ریخت‌شناسی الیاف اصلاح شده PP/PBT و PP/PET در ابعاد آزمایشگاهی بیان نموده‌اند که کاهش قطر لیفچه‌ها در ترکیب درصد ثابت جزء پراکنده باعث افزایش سطح تماس اجزاء پراکنده با بستر الیاف آمیخته‌ای است و آن را عاملی در جهت افزایش مکان‌های فعال جهت جذب ماده رنگزا عنوان



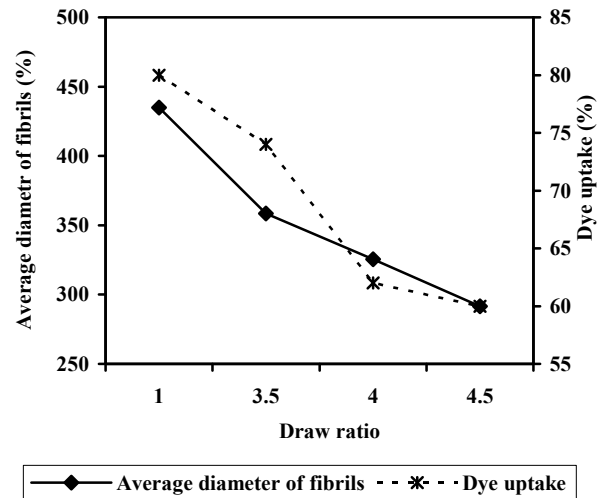
شکل ۵: تأثیر نسبت کشش بر میانگین قطر و ضریب یکنواختی قطر لیفچه‌های جزء پراکنده الیاف آمیخته‌ای.

با توجه به نتایج حاصل از این بخش به نظر می‌رسد افزایش ۱۰ درصدی تبلور کلی الیاف با افزایش نسبت کشش، نسبت به افزایش مکان‌های جذب ماده رنگزای احتمالی در اثر کاهش قطر لیفچه‌ها، تأثیر بسیار بیشتر و غالبی در کاهش میزان جذب ماده رنگزا دارد. بدین ترتیب کاهش قطر لیفچه‌ها و به تبع آن افزایش سطح تماس دو جزء پلیمری تشکیل دهنده لیف آمیخته‌ای نمی‌تواند در هر شرایط عامل افزایش جذب ماده رنگزا باشد.

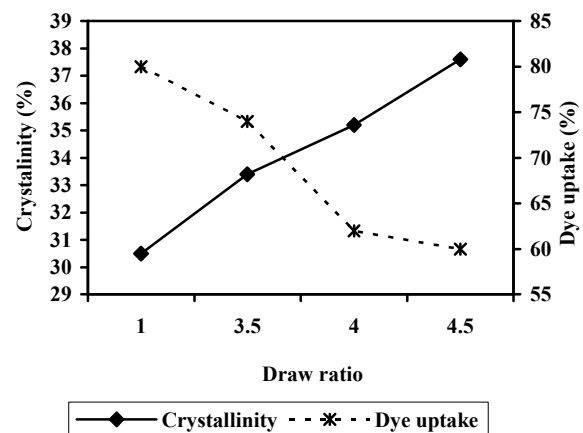
در جدول ۷ نتایج ارزیابی‌های ثبات شستشویی و نوری نمونه الیاف اصلاح شده پلی پروپیلن رنگرزی شده با استفاده از مواد رنگزای با وزن مولکولی متفاوت و کشیده شده با نسبت کشش‌های مختلف ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، بالاترین ثبات‌های شستشویی به نمونه الیاف اصلاح شده و رنگرزی شده توسط ماده رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی‌های زیاد مربوط است که می‌تواند به دلیل افزایش اندازه مولکولی آنها با افزایش حبس فیزیکی در ساختار الیاف توجیه گردد. البته باید ذکر نمود ثبات شستشویی حاصل در رنگرزی الیاف به عوامل دیگری مانند برهم‌کنش‌های بین مولکولی، نوع پیوندهای بین ماده رنگزا و ساختار پلیمر در الیاف نیز بستگی دارد [۳۶-۳۹]. با توجه به سازوکار انحلال مواد رنگزای غیر یونی توسط الیاف آبریز، تأثیر حبس مولکولی و بالتبع وزن مولکولی ماده رنگزا نسبت به دیگر موارد بیشتر می‌باشد.

در تحلیل نتایج جدول ۷ و بررسی تأثیر وزن مولکولی رنگزا بر مقادیر بدست آمده برای ثبات شستشویی، دو سازوکار زیر قابل وقوع است. مواد رنگزا با وزن مولکولی بیشتر یا ساختار کروموفوری بزرگتری دارند و یا از وجود گروه‌های جانبی بیشتری بهره می‌برند. در صورت وقوع حالت اول، افینیتته و یا تمایل ماده رنگزا به لیف بالاست. در شرایط دوم به واسطه شانس برقراری پیوندهای متعدد و بیشتر بین لیف و ماده رنگزا احتمال جذب بیشتر برای ماده رنگزا وجود دارد [۳۷]. بنابراین با توجه به اهمیت ارتباط ثبات شستشویی با کیفیت برهم‌کنش‌ها و پیوندهای بین ماده رنگزا و لیف، مقادیر بیشتری برای ثبات شستشویی برای مواد رنگزایی با وزن مولکولی بالاتر در جدول ۷ نتیجه شده است. همچنین نتایج جدول ۷ نشان می‌دهند که ثبات نوری الیاف اصلاح شده با کاهش اندازه مولکولی تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد. ثبات نوری یک ماده رنگزا در یک بستری لیفی، تابع غلظت و پایداری ساختار مولکولی آن است. علاوه بر آن انتظار می‌رود با کوچک شدن اندازه مولکولی (وزن مولکولی) ماده رنگزا، انرژی لازم برای تجزیه آن نیز کاهش یابد و ثبات‌های نوری کم شود که این انتظار با نتایج حاصل کاملاً مطابقت دارد. همچنین مشاهده می‌شود با افزایش نسبت کشش الیاف، ثبات‌های نوری به مقدار کمی کاهش یافته است که می‌تواند نظریه کاهش نفوذپذیری ماده رنگزا به داخل ساختار را تایید نماید و بدین ترتیب، در دسترس بودن مقدار بیشتری از ماده رنگزا در مجاورت نور باعث کاهش ثبات‌های نوری گردیده است.

نموده‌اند. بر اساس این ادعا با کاهش قطر لیفچه‌ها و افزایش سطح تماس دو جزء باید انتظار داشت تا با افزوده شدن به مکان‌های قابل دسترس برای جذب ماده رنگزا، میزان جذب ماده رنگزا نیز افزایش نشان دهد در حالی که نتایج جالب این پژوهش که در نمودارهای شکل ۶ نیز ارائه شده است نشان می‌دهد که با کاهش قطر لیفچه‌ها و افزایش تبلور الیاف در اثر افزایش نسبت کشش، میزان جذب ماده رنگزا کاهش یافته است.



نسبت کشش
(الف)



نسبت کشش
(ب)

شکل ۶: تأثیر نسبت کشش بر میانگین قطر لیفچه‌های جزء پراکنده، میزان تبلور الیاف اصلاح شده و میزان جذب ماده رنگزای DB56 (الف) تأثیر بر میانگین قطر لیفچه و میزان جذب ماده رنگزا، تأثیر بر درصد تبلور الیاف و میزان جذب ماده رنگزا.

جدول ۷: ثبات‌های نوری و شستشویی الیاف PP اصلاح شده و رنگریزی شده با مواد رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی مختلف.

ثبات نوری	ثبات شستشویی	نسبت کشش Draw Ratio	ثبات نوری ماده رنگزا *	ثبات شستشویی ماده رنگزا *	وزن مولکولی ماده رنگزا
۶	۴	۱,۰			
۵-۶	۴-۵	۳,۵	-	۵	DB79
۵-۶	۵	۴,۰			
۵-۶	۵	۴,۵			
۶	۴-۵	۱,۰			
۶	۴-۵	۳,۵	۶-۷**	۴-۵	DB56
۶	۴-۵	۴,۰			
۶	۴-۵	۴,۵			
۵-۶	۴	۱,۰			
۵-۶	۳	۳,۵	۴	۴	DB3
۵	۳	۴,۰			
۴	۳	۴,۵			
۵	۴-۵	۱,۰			
۵	۴	۳,۵	۵	۴-۵	DY3
۴	۴	۴,۰			
۴	۴	۴,۵			

* ثبات‌های گزارش شده از جداول کالر ایندکس هر ماده رنگزا و داده‌های استاندارد بر اساس ISO می‌باشند

** داده‌های ثبات نوری استاندارد جدول مربوط به عمق رنگ‌های روشن است

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن تنها مقدار کمی از جزء پراکنده پلیمر پلی‌بوتیلن ترفتالات PBT به الیاف پلی‌پروپیلن PP و تولید الیاف آمیخته‌ای می‌تواند در شرایط تولید صنعتی نیز سبب اصلاح خاصیت رنگ‌پذیری الیاف پلی‌پروپیلن گردد که البته این میزان جذب ماده رنگزا به وزن مولکولی ماده رنگزای به کار رفته نیز به شدت وابستگی دارد.

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از تغییر دو عامل نسبت کشش الیاف نوریس و وزن مولکولی ماده رنگزای دیسپرس مورد استفاده در میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف اصلاح شده پلی‌پروپیلن در رنگریزی به روش محلول می‌توان نتایج زیر را خلاصه نمود:

میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف اصلاح شده پلی‌پروپیلن به شدت به وزن مولکولی ماده رنگزای به کار رفته وابسته است. بیشترین جذب ماده رنگزا توسط الیاف رنگریزی شده با ماده رنگزای دیسپرس با وزن مولکولی متوسط (۳۴۹,۱۴) حاصل شده است.

عملیات کشش با افزایش آرایش یافتگی زنجیرهای مولکولی و به تبع آن افزایش تبلور سبب کاهش در میزان جذب ماده رنگزا توسط

الیاف گردیده است و لیکن میزان این کاهش به وزن مولکولی ماده رنگزای مورد استفاده نیز وابسته است به طوری که افزایش نسبت کشش بیشترین تغییرات را در نمونه الیاف رنگریزی شده با ماده رنگزای با اندازه مولکولی کم (۲۹۶,۳۲) و کمترین تغییر را در نمونه الیاف رنگریزی شده با ماده رنگزای دیسپرس با اندازه مولکولی متوسط (۳۴۹,۱۴) نشان می‌دهد.

کوچک شدن اندازه مولکولی ماده رنگزا نمی‌تواند لزوماً باعث افزایش نفوذ و جذب ماده رنگزا توسط الیاف باشد و این کوچکی می‌تواند با افزایش میزان مهاجرت ماده رنگزا از لیف به حمام جبران گردد که نتایج حاصل از این تحقیق این موضوع را کاملاً تأیید می‌نماید.

ریخت‌شناسی جزء پراکنده الیاف اصلاح شده آمیخته‌ای نمی‌تواند عامل قطعاً مؤثری در میزان جذب ماده رنگزا توسط الیاف باشد. در این پژوهش برخلاف نظر برخی محققین، دیده شد که کاهش قطر لیفچه‌های جزء پراکنده که با افزایش سطح تماس اجزاء لیف همراه است نمی‌تواند تأثیر به‌سزایی بر افزایش مکان‌های جذب رنگ داشته باشد و تغییرات بلورینگی حاصل از افزایش نسبت کشش، عامل

افزایش نسبت کشش هم باعث کاهش در ثبات‌های شستشویی گردیده است.

بنابراین برای ایجاد الیاف اصلاح شده رنگ‌پذیر پلی پروپیلن که در روش تولید الیاف آمیخته‌ای تهیه می‌شوند تنظیم شرایط عملیات بعدی از جمله کشش و رنگرزی نیز اهمیت به سزایی دارد. در همین راستا پژوهش دیگری نیز در دست انجام است که به تأثیر متغیرهای عملیات رنگرزی الیاف اصلاح شده پلی پروپیلن اختصاص دارد.

مؤثرتری در تغییرات میزان جذب ماده رنگزا است.

نتایج ثبات‌های شستشویی و نوری ارزیابی شده نشان داد که ثبات نوری رنگ‌های به کار رفته عمدتاً به نوع این ماده رنگزاها و به وزن مولکولی آنها وابسته است، هرچند افزایش کشش نیز باعث کاهش در ثبات‌های نوری کلیه مواد رنگزا گردیده است. ثبات‌های شستشویی نیز به شدت به وزن مولکولی ماده رنگزا وابسته است به طوری که با کاهش وزن مولکولی ماده رنگزا ثبات‌های شستشویی نیز کاهش می‌یابد. لیکن

۵- مراجع

1. The fiber year 2009/2010, Oerlikon Corporation AG, Issue 10, 2010.
2. V. B. Gupta and V. K. Kothari, Manufactured fiber technology, Chapman & Hall, London, 1997.
3. F. Fourne, Polypropylene fibers: production, properties and application fields, *Chemiefasern / Textilindustrie*, 43, 1993, 811-822.
4. Fast coloring of textiles or industrial products with spundyed polyolefine fibers, <http://www.swicofil.com>, accessed on line 6 may 2011.
5. Cool visions dyeable fibers, FiberVisions Corporation. <http://www.Fibervisions.com>, accessed on line 6 may 2011.
6. M. Ahmed, Polypropylene fibers - science and technology. Elsevier, New York, 1982.
7. J. C. Cook, Handbook of Polyolefin Fibers. Merrow Publishing, Watford, 1972.
8. K. V. Dathy, A. A. Vaidya, Chemical processing of synthetic fibers and blends, Wiley Int., New York, 1984.
9. I. Kaur, B. N. Misra, Gamma radiation induced graft copolymerization of acrylate monomers onto isotactic polypropylene. *Desalination*. 64(1987), 271-284.
10. C. Klein, H. Thomas, H. Hocker, Plasma-induced surface modification of polypropylene: Effect on the dyeability of polypropylene. *DWI Rep.* 123(2000), 502-507.
11. N. Yaman, E. Ozdogan, N. Seventekin, H. Ayhan, Plasma treatment of polypropylene fabric for improved dyeability with soluble textile dyestuff. *Appl. Surf. Sci.* 255(2007), 6764-6770.
12. A. R. Tehrani Bagha, A. M. Shoushtari, R. M. A. Malek, M. Abdous, Effect of chemical oxidation treatment on dyeability of polypropylene. *Dyes Pigm.* 63(2004), 95-100.
13. Y. B. Choi, O. O. Park, Preparation of sulfonated polypropylene and its dyeability: Thiol as a functionalization template of polypropylene. *J. Appl. Polym. Sci.* 109(2008), 736-748.
14. S. D. Bhattacharya, M. S. Inamdar, Polyacrylic acid grafting onto isotactic polypropylene fiber: Methods, characterization, and properties. *J. Appl. Polym. Sci.* 103(2007), 1152-1165.
15. J. Jang, W. S. Go, Continuous photografting of HEMA onto polypropylene fabrics with benzophenone photoinitiator. *Fibers Polym.* 9(2008), 375-379.
16. A. Marcincin, O. Brejka, O. Jacanin, V. Golob, T. Marcincinova, Polypropylene fibres dyeable by exhaust process. *Fibres Text. East. Eur.* 4(2000), 66-70.
17. V. Prchal, M. Kristofic, J. L. Lapcik, B. Havlikova, Colouristic properties of blended PP/PA6 and PP/PET polymer fibres. *Fibres Text. East. Eur.* 5(1997), 48-50.
18. R. Kotek, M. Afshari, B.S. Gupta, M. H. Kish, D. Jung, Polypropylene alloy filaments dyeable with disperse dyes. *Color. Technol.* 120(2004), 26-29.
19. X. Huang, H. Yu, M. Zhu, Y. Chen, Blends of polypropylene and modified polystyrene for dyeable fibers. *J. Appl. Polym. Sci.* 96(2005), 2360-2366.
20. C. Yu, C. Jiang, Y. Chen, Ytria-polystyrene/polypropylene composite for fine dyeable fibers. *J. Appl. Polym. Sci.* 107(2007), 1563-1567.
21. M. A. Tavanaie, A. M. Shoushtari, F. Goharpey, PP/PBT melt spun alloy fibers dyeable with carrier-free exhaust dyeing as an environmentally friendlier process. *J. Cleaner Production*. 18(2010), 1866-1871.
22. M. D. Teli, R. V. Adivarekar, V. Y. Ramani, A. G. Sabale, Imparting disperse and cationic dyeability to polypropylene through melt blending. *Fibers Polym.*, 5(2004), 264-269.
23. L. Toshniwal, Q. Fan, S. C. Ugbole, Dyeable polypropylene fibers via nanotechnology. *J. Appl. Polym. Sci.* 106(2007), 706-711.
24. C. Yu, C. Jiang, L. Chen, Y. Chen, Fine disperse dyeable polypropylene fiber from polypropylene/polystyrene nanoceria blends. *J. Appl. Polym. Sci.* 113(2009), 1953-1958.
25. P. E. Froehling, S. Burkinshaw, Dendritic polymers: New concept for dyeable polypropylene fibers. In: Man-Made Fiber Year Book, 2001.
26. S. M. Burkinshaw, P. E. Froehling, M. Mignanelli, The effect of hyperbranched polymers on the dyeing of polypropylene fibers. *Dyes Pigm.* 53(2002), 229-235.
27. A. Ujhelyiova, E. Bolhova, J. Oravkinova, A. Marcincin, Kinetics of the dyeing process of blend Polypropylene/Polyester fibers with disperse dyes. *Fibers and Textiles*. 11(2004), 82-87.
28. A. Marcincin, O. Brejka, A. Ujhelyiova, E. Kormendyova, R. Staruch, Morphology and properties of polypropylene/polyester blend fibres. *Fibres Text.* 10(2003), 3-8.
29. Y. X. Pang, D. M. Jia, H. J. Hu, D. J. Houston, M. Song, Effects of a compatibilizing agent on the morphology, interface and mechanical behavior of PP/PET blends. *Polymer*. 41(2000), 357-365.
30. A. Ujhelyiova, E. Bolhova, Crystallisation behaviour of polypropylene in blend PP/PET fibers, *Fibres Text.* 10(2003), 163-167.
31. X. Huang, H. Yu, M. Zhu, Y. Chen, Blends of

- polypropylene and modified polystyrene for dyeable fibers. *J. Appl. Poly. Sci.* 96(2005), 2360-2366.
32. Yu, C. Jiang, Y. Chen, Ytria-polystyrene-polypropylene composite for fine dyeable fibers. *J. Appl. Poly. Sci.* 107(2007), 1563-1567.
33. M. A. Tavanaie, A Study of effective parameters on morphology and their relation to mechanical and physical properties of pp/pbt melt spun polyblend fibers in melt spinning, Ph.D. thesis, Amirkabir University of Technology, Iran, 2009.
34. Wunderlich, Thermal analysis of polymeric materials, 1st ed., Springer-Verlag, Berlin, 2005.
35. F. Jones, The physical chemistry of dyeing. *Rev. Prog. Color.* 4(1973), 64-72.
36. K. H. Park, M Casetta, V Koncar, Diffusion of disperse dyes into microfibrils and conventional polyester fibres. *Color. Technol.* 118(2002), 319-324.
37. M. Safi, Study of adsorption isotherm of nanionic dyes on nylon 6 fibers. *J. Color Sci. Technol.* 4(2011), 223-231.
38. D. M. Lewis, Dyestuff-fibre interactions. *Rev. Prog. Color.* 28(1998), 12-17.
39. T. Shibusawa, Y. Chigira, Dual-Mode sorption of nonionic dyes by nylon 6. *J. Appl. Poly. Sci. Part B, Polym. Phys.* 30(1992), 563-568.