رنگ‌پذیر کردن الیاف پلی پروپیلن با آمیزه‌سازی PP/PET

Producing Dyeable Polypropylene Fibers by Blending PP/PET

نادره گلشن ابراهیمی[1]، مهدی حسن‌زاد[2]، محمدرضا محدث مجتهدی[3]

۱و۲. تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پلیمر، صندوق‌پستی ۱۴۳-۱۴۱۵۵

۳. تهران، خ حافظ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی

دریافت: ۷۸/۴/۲۹، پذیرش: ۷۹/۱/۱۵

چکیده

الیاف پلی‌پروپیلن به دلیل تبلور زیاد و ساختار غیرقطبی آلیفاتیک رنگ‌پذیر نیستند. یکی از روشهای ایجاد خاصیت رنگ‌پذیری اضافه کردن یک ماده افزودنی به پلی‌پروپیلن است. هدف از این پژوهش بررسی خاصیت رنگ‌پذیری الیاف آمیزه‌ای تهیه شده از PP و PET است. بدین‌منظور، الیاف پلی‌پروپیلن تهیه شده، با درصدهای وزنی مختلف پلی‌اتیلن ترفتالات، به وسیله ماده رنگرزی پاشیده رنگ شدند. سپس، به کمک روشهای SEM، طیف‌نورسنجی و میکروسکوپ نوری شکل‌شناسی و میزان جذب و پخش رنگ بررسی شد. نتایج بدست آمده حاکی از توزیع مناسب و خوب فاز پراکنده PET در فاز ماتریس PP است. بدین‌ترتیب مشکل عدم رنگ‌پذیری PP را می‌توان با افزودن PET به آن حل کرد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن ترفتالات، رنگ‌پذیری، آمیزه‌سازی، الیاف

Key Words: polypropylene, polyethylene terephthalate, dyeability, blending, fibers

مقدمه

الیاف پلی‌پروپیلن (PP) را به دلیل تبلور زیاد و داشتن ساختار غیرقطبی آلیفاتیک نمی‌توان رنگرزی کرد، در حالی که پلی‌استرها به دلیل ساختار متراکم و ماهیت آبگریزی در دمای بالا (۱۳۰°C) و تحت فشار یا با استفاده از حامل می‌توانند مواد رنگرزی را جذب کنند [۱]. با وجود تلاشهایی که برای رنگرزی الیاف پلی‌پروپیلن انجام شده، این مشکل هنوز بطور کامل مرتفع نشده است [۵-۲]. برای رفع این نقص، دو روش پیشنهاد شده است [۴]:

- اصلاح پلی‌پروپیلن به عنوان بخشی از فرایند تولید لیف برای بدست آوردن لیف رنگ‌پذیر و
- اضافه کردن دانه‌های رنگی.

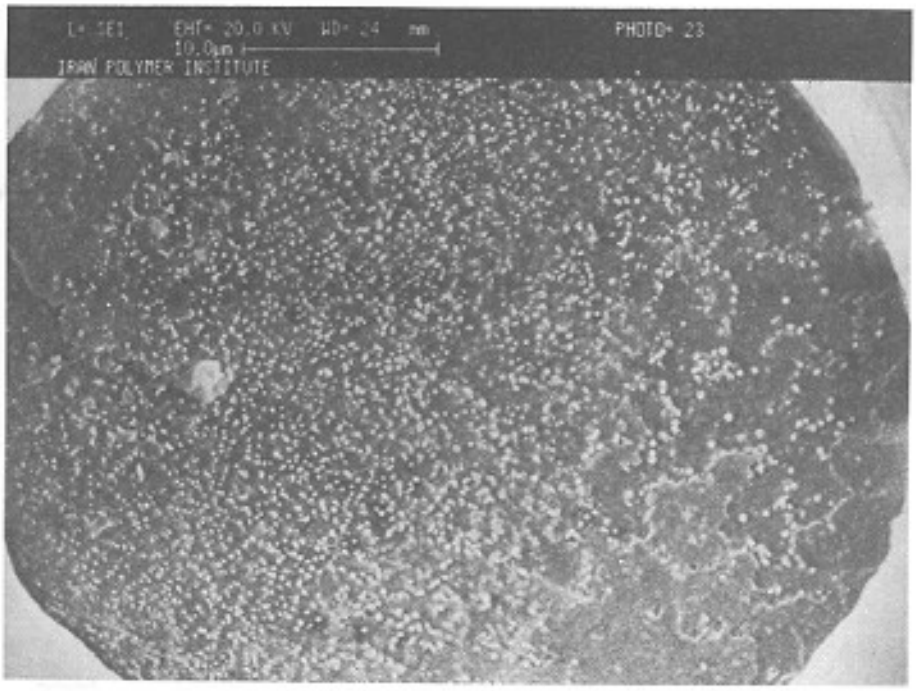
افزودن یک ماده افزودنی به پلی‌پروپیلن، یکی از روشهایی است که باعث ایجاد خاصیت رنگ‌پذیری در الیاف آن می‌شود. این سیستم را می‌توان به صورت تعداد زیادی لیفچه کشیده شده در داخل ماتریس پلی‌پروپیلن تصور کرد. با افزایش مقدار نسبی ماده افزودنی تعداد لیفچه‌ها، سطح فاز میانی و سازگاری بین افزودنی و پلی‌پروپیلن و مقدار برش اعمال شده در حین ساخت لیف افزایش می‌یابد.

نفوذ ماده رنگی از سطح لیف به سطح فاز میانی یا به درون ماده افزودنی براساس یک یا هر دو مکانیسم زیر انجام می‌شود [۵]:

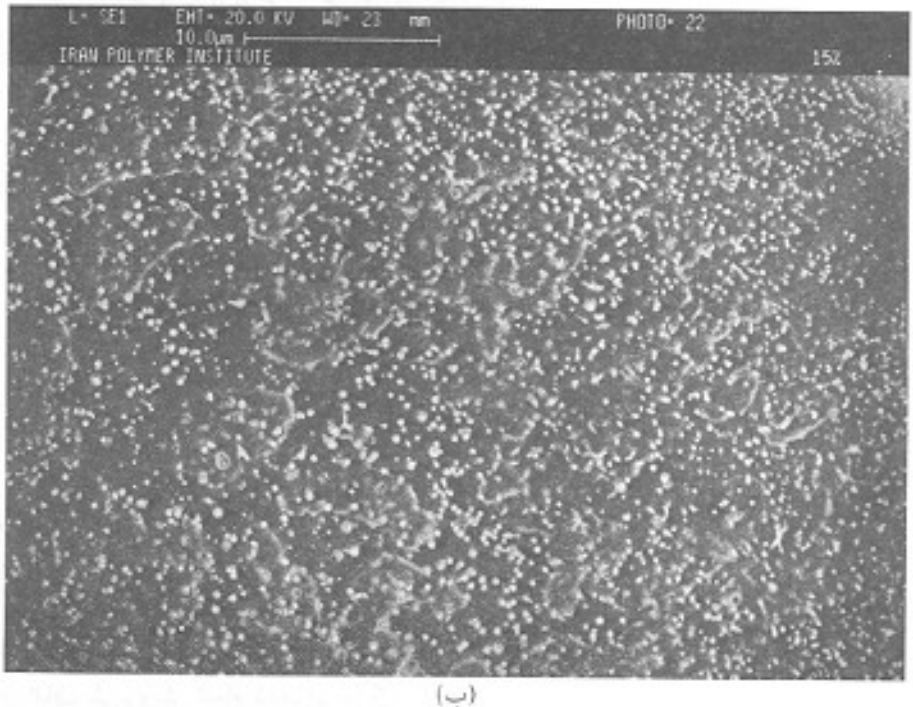
۱- نفوذ مولکول ماده رنگی از سطح لیف، از میان منطقه بی‌شکل PP یا از میان ترکها و حفره‌های ریز موجود در سطح لیف و

۲- نفوذ مولکول ماده رنگی بر اساس مکانیسم قبله‌ای.

هر دو مکانیسم بالا، براساس رنگرزی الیاف پلی‌پروپیلن



(الف)



(ب)

شکل ۱ - عکسهای SEM سطح مقطع الیاف آمیزه‌ای دارای: (الف) ۱۰ درصد PET و (ب) ۱۵ درصد PET.

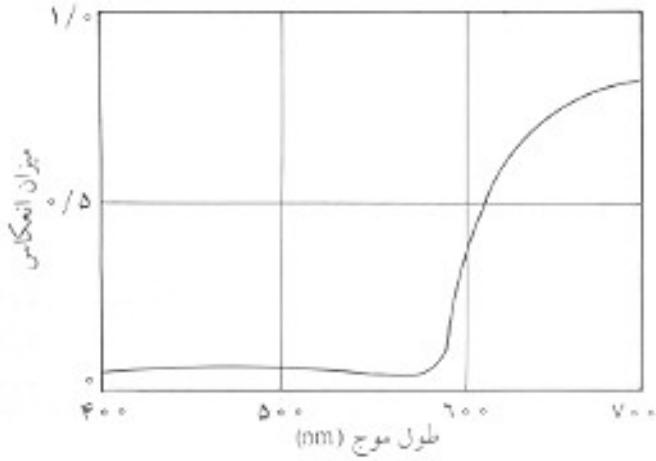
اصلاح شده با مواد رنگرزی پاشیده‌اند.

در این پژوهش، از الیاف پلی‌پروپیلن دارای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) و رنگ قرمز پاشیده برای رنگرزی آنها استفاده شده است.

تجربی

مواد

پلیمرهای مصرفی در این پژوهش، عبارتند از: پلی‌پروپیلن تولیدی



شکل ۲ ـ منحنی انعکاس نور قرمز [۷].

شرکت پتروشیمی اراک با نام تجاری V۰۳۰S و شاخص جریان مذاب ۱۵ g/۱۰min و پلی‌اتیلن ترفتالات نوع بطری تولیدی شرکت سایک عربستان با گرانروی ذاتی ۰/۸۵ - ۰/۸۲ dL/g، حامل کربوون BL و ایرگازول NA از شرکت سیبا، استیک اسید ۱۰ درصد از شرکت مرک و رنگ قرمز پاشیده نوع Dispersol Fast Scarlet و رنگ آبی آسمانی Terasil Gel از بازارهای داخلی.

دستگاهها

در این پژوهش دستگاه میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM) ساخت کمبریج مدل S ۳۶۰ برای بررسی شکل‌شناسی الیاف و دستگاه طیف نورسنج تکس‌فلاش ساخت دیناکالر برای سنجش رنگ الیاف بکار رفته است. همچنین، از دستگاه میکروسکوپ نوری کارل‌زایس مدل Jena برای بررسی سطح مقطعهای عرضی و طولی الیاف استفاده شده است.

روشها

الیاف آمیزه‌ای تولید شده شامل پلی‌پروپیلن با ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی پلی‌اتیلن ترفتالات و نیز پلی‌پروپیلن خالص‌اند. برای مقایسه نتایج حاصل‌از رنگرزی، با توجه به عدم امکان تولید لیف PET نوع بطری،نمونه‌ای از PET نوع الیاف نیز تهیه شد.

الیاف بالا در دمای ۲۶۰ °C و سرعت چرخش ماریچ ۱۸ rpm تولید شده و سپس، در سرعت ۱۶۰m/min ریسیده شدند. پس از آن، الیاف تهیه شده به وسیله ماده رنگرزی قرمز پاشیده به همراه اسیدیک اسید، حامل و ایرگازول، به مدت ۵۰ دقیقه در حالت جوش رنگرزی شدند. سپس، به مدت ۲۰ دقیقه در داخل حمام اکسایش ـ کاهش با دمای ۷۰ °C قرار داده شدند تا ذرات رنگی که جذب نشده و تنها به لیف چسبیده‌اند از آن جدا شوند. حمام اکسایش ـ کاهش شامل سدیم سولفیت، سود و مایع پاک کننده بود. از نمونه‌ها قبل از رنگرزی عکس SEM تهیه شد و بعد از آن به کمک طیف نورسنجی و میکروسکوپ نوری نمونه‌ها بررسی شدند. همچنین، جهت اطمینان بیشتر از دستیابی به هدف، که رنگرزی الیاف است، نمونه‌هایی از الیاف با رنگ آبی که شامل دانه‌های درشت‌تری نسبت به رنگ قرمز پادشده است، رنگرزی شدند که نتیجه عمل همانند رنگرزی با رنگ قرمز بود و عکسهای میکروسکوپ نوری تهیه شده نیز جذب رنگ آبی را نشان دادند.

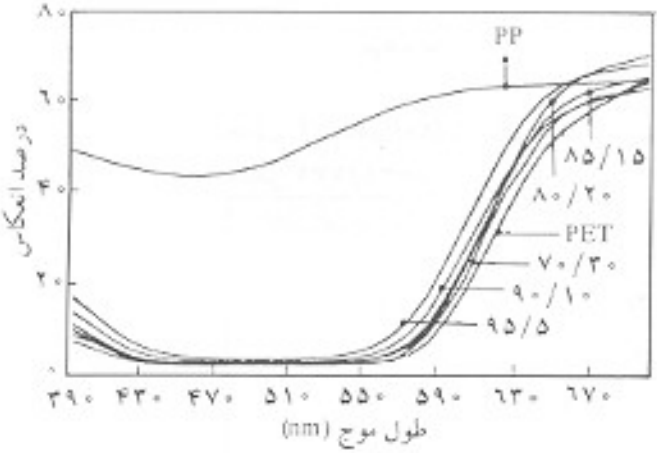
نتایج و بحث

بررسی توزیع فاز PET

از آنجا که ذرات PET موجود در ماتریس PP به عنوان نقاط پذیرنده رنگ عمل می‌کنند، بنابراین پخش یکنواخت و مناسب ذرات PET باعث رنگرزی یک‌دست الیاف آمیزه‌ای می‌شود.به‌منظور بررسی میزان توزیع فاز PET،ازالیاف عکسهای میکروسکوپ‌الکترونی تهیه شد. همان طور که در عکسهای سطوح شکست الیاف (شکل ۱ الف و ب) ملاحظه می‌شود، توزیع مناسبی ازذرات PETدر ماتریس PP صورت گرفته است که این امر بیانگر اختلاط زیاد و همچنین نزدیکی گرانرویهای دو جزء در سرعت برشهای اعمال شده در حین فرایند مذاب‌ریسی است [۵،۶].

آزمایش سنجش رنگ

در این قسمت هر یک از الیاف رنگرزی شده با دستگاه طیف نورسنجی مورد آزمایش سنجش رنگ قرمز قرار گرفته و میزان اختلاط رنگ آنها با لیف PET خالص رنگرزی شده مقایسه شده است.



شکل ۳ ـ منحنیهای انعکاس نور از الیاف آمیزه‌ای.

جدول ۱ - مقادیر اختلاف رنگ الیاف آمیزه‌ای برحسب b^*، a^* و L^* است (برای نمونه مرجع PET خالص $b^*=۳۴/۱۳۴$، $a^*=۵۵/۳۲۷$ و $L^*=۳۷/۰۹۴$ است).

الیاف آمیزه‌ای (PP/PET)	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_1
۱۰۰/۰	۴۲/۲۷۱	-۵۰/۴۲۸	-۲۲/۲۸۴	۶۹/۵
۹۵/۵	۷/۳۴	-۶/۰۷۶	-۰/۱۳۹	۹/۵
۹۰/۱۰	۳/۵۲۳	-۶/۶۵۶	-۰/۷۶۳	۷/۵
۸۵/۱۵	۱/۴۷۷	-۵/۱۷۹	۰/۷۶۵	۵/۴
۸۰/۲۰	۱/۲۵۶	-۴/۴۲۶	۰/۶۳۱	۴/۶
۷۰/۳۰	۰/۹۳۵	-۳/۳۴۶	۰/۴۷۱	۳/۵

شکل ۲ نمایانگر انعکاس نور قرمز برحسب طول موج و شکل ۳ نشان دهنده منحنیهای انعکاس نور از الیاف رنگرزی شده است. با مقایسه این منحنیها با منحنی انعکاس نور قرمز ملاحظه می‌شود که همه الیاف به غیر از لیف PP خالص رنگ قرمز را جذب کرده‌اند و با افزایش میزان PET در سیستم منحنیهای انعکاس نور از الیاف به منحنی انعکاس نور از لیف PET خالص رنگرزی شده نزدیکتر می‌شوند.

در جدولهای ۱ و ۲ نتایج مربوط به اختلاف رنگ لیف PP خالص و الیاف آمیزه‌ای نسبت به لیف PET خالص آورده شده است. مقادیر b^*، a^*، L^*، h، C^* و L^* در استانداردهای نوری D_{65} سیستم CIE مدنظر قرار گرفته‌اند. مقادیر اختلاف رنگ (ΔE) برای لیف PP خالص و آمیزه‌های PP/PET نسبت به نمونه PET خالص رنگرزی شده (نمونه مرجع) طبق معادله‌های زیر محاسبه شده است [۳،۷].

$$\Delta E_1 = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (۱)$$

$$\Delta E_2 = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta h)^2]^{1/2} \quad (۲)$$

$$\Delta L^* = L^* \text{ نمونه} - L^* \text{ نمونه مرجع} \quad (۳)$$

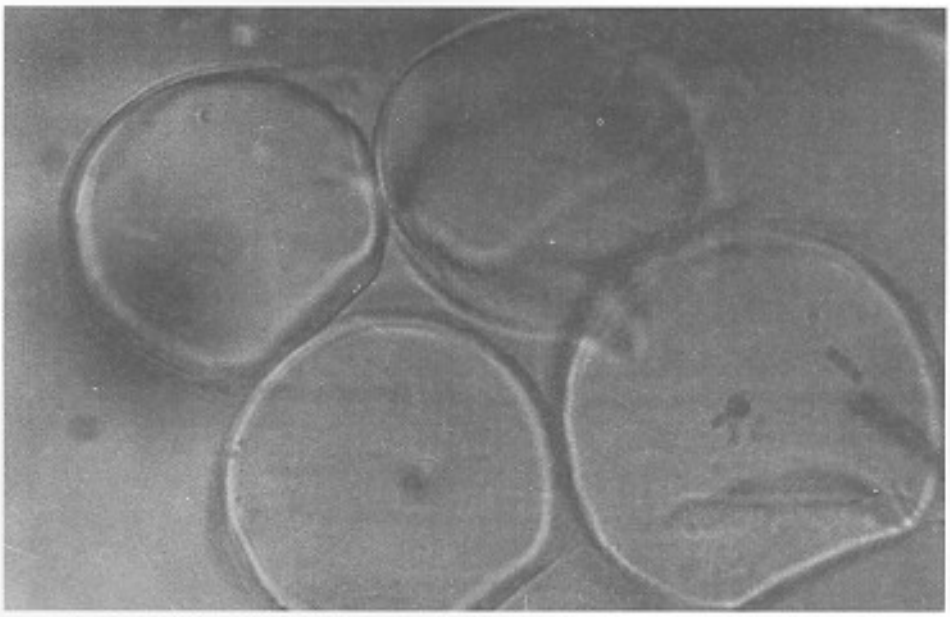
با توجه به مقادیر بدست آمده برای اختلاف رنگ نمونه‌های رنگرزی شده نسبت به لیف PET خالص رنگرزی شده، نتایج بدست آمده از منحنیهای انعکاس در این محاسبات تایید می‌شود. مقادیر محاسبه شده در هر دو سیستم نشان می‌دهند که با افزودن ۵ درصد PET به PP جذب رنگ آمیزه نسبت به PP خالص، که جذب رنگ آن قابل چشمپوشی است، افزایش زیادی پیدا می‌کند. با افزودن PET میزان جذب رنگ نیز افزایش می‌یابد، بطوری که در درصدهای ۱۵ تا ۳۰ از PET نتایج رنگرزی خوب و مناسبی برای نمونه‌ها بدست می‌آید. این موضوع به وسیله پژوهشگران دیگر نیز تایید شده است [۳].

بررسی جذب و پخش رنگ

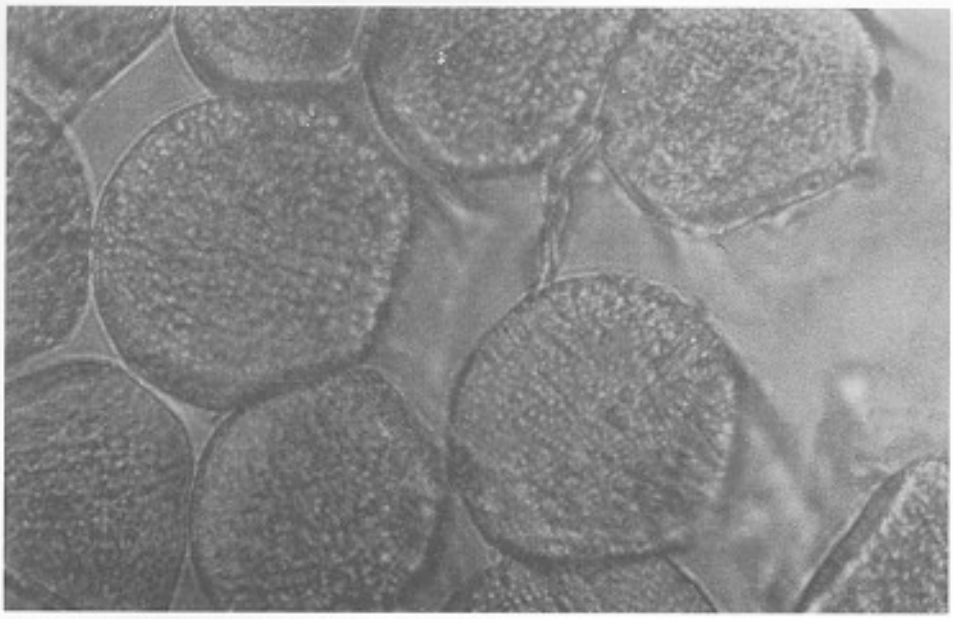
باتوجه به عکسهایی که از سطح مقطع عرضی الیاف رنگرزی شده به کمک میکروسکوپ نوری تهیه شده است (شکل ۴ الف و ب)، ملاحظه می‌شود که الیاف PP خالص رنگ نگرفته‌اند، در حالی که الیاف آمیزه‌ای جذب و پخش رنگ مناسبی را نشان می‌دهند. نتایج بدست آمده از دستگاه طیف نورسنج این مسئله را تایید می‌کند. نکته جالب دیگری که در عکسهای سطح مقطع عرضی دیده می‌شود، این است که سطح خارجی الیاف سفید مانده و رنگ

جدول ۲ - مقادیر اختلاف رنگ الیاف آمیزه‌ای برحسب h، C^* و L^* (برای نمونه مرجع PET خالص $h=۳۱/۷۳۲$، $C^*=۶۴/۸۳۸$ و $L^*=۳۷/۰۹۰$ است).

الیاف آمیزه‌ای (PP/PET)	ΔL^*	ΔC^*	Δh	ΔE_2
۱۰۰/۰	۴۲/۲۷۴	-۵۲/۰۱۵	۳۵/۸۰۶	۷۵/۹
۹۵/۵	۷/۳۴۳	-۴/۹۹۳	۲/۸۸۳	۹/۳
۹۰/۱۰	۳/۵۲۶	-۵/۸۲۵	۲/۷۰۴	۷/۳
۸۵/۱۵	۱/۴۸۸	-۳/۷۵۳	۳/۰۸۷	۵/۱
۸۰/۲۰	۱/۲۵۹	-۳/۱۹۸	۲/۶۰۰	۴/۳
۷۰/۳۰	۰/۹۳۷	-۲/۴۰۷	۱/۹۲۵	۳/۲



(الف)

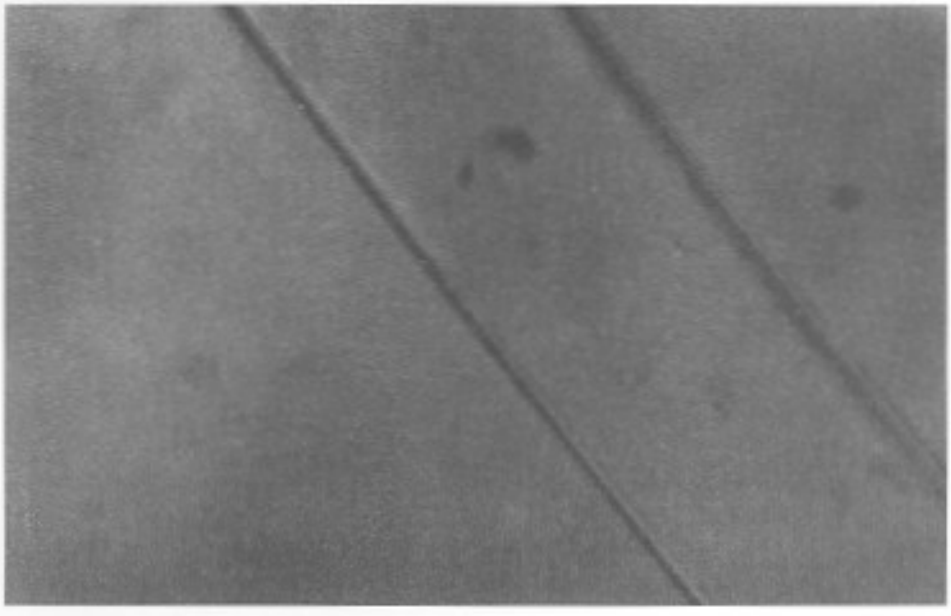


(ب)

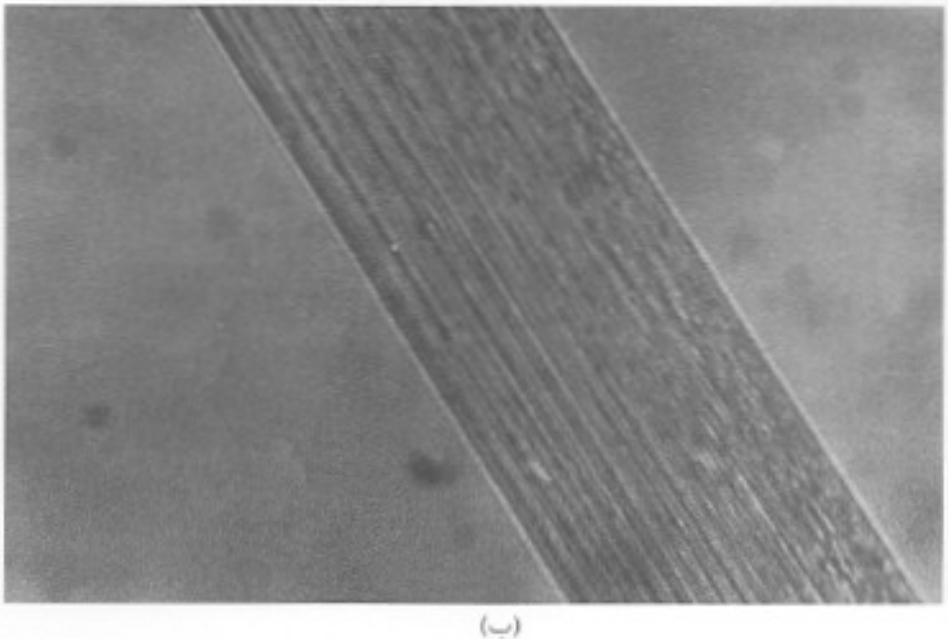
شکل ۴- عکسهای میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۱۲۵ از سطح مقطع لیف PP رنگرزی شده: (الف) PP خالص و (ب) دارای ۱۰ درصد PET.

نگرفته است. به‌عبارت دیگر، با درنظر گرفتن ذرات PET به عنوان نقاط پذیرنده رنگ معلوم می‌شود که سطح خارجی الیاف متشکل از ذرات PP است که بنظر می‌رسد به علت جرم مولکولی کمتر PP و مهاجرت آن به سطح الیاف باشد. این نتایج حاکی از توزیع یکنواخت PET در ماتریس PPاست که در عکسهای SEM نیز این موضوع مشاهده می‌شود.

همچنین، در عکسهای سطح طولی لیف PP خالص (شکل ۵ الف) سطحی شفاف و صاف دیده می‌شود، در حالی که با افزایش میزان PET در آمیزه (شکل ۵ ب) سطح لیف کدر شده و خطوطی به صورت موزای در آن مشاهده می‌شود. با توجه به این نکته که همه الیاف در شرایط یکسانی تولید شده‌اند و تنها تفاوت بین الیاف پلی‌پروپیلن خالص و الیاف آمیزه‌ای بود یا نبود PET است، از این رو خطوط موازی سطح طولی الیاف آمیزه‌ای نشان دهنده ذرات



(الف)



(ب)

شکل ۵- عکسهای میکروسکوب نوری با بزرگنمایی ۱۱۲۵ از سطح طولی لیف PP رنگرزی شده:(الف) PP خالص و (ب) دارای ۵ درصد PET رنگرزی شده.

PET کشیده شده در جهت اکستروژن در داخل ماتریس PP است.

نتیجه‌گیری

روی الیاف آمیزه‌ای PP/PET در درصدهای مختلف از PET به همراه دو لیف PP و PET خالص عمل رنگرزی انجام شد. عکسهای میکروسکوب الکترونی نمونه‌ها نشان دهنده توزیع مناسبی از فاز PET در داخل ماتریس PP است. نتایج مربوط به آزمایش طیف نورسنجی نمایانگر این است که با افزودن ۵ درصد PET به PP می‌توان الیاف رنگ‌پذیر تولید کرد. البته، با افزایش میزان PET می‌توان مقدار پذیرش رنگ الیاف را افزایش داد. نتایج بالا به وسیله عکسهای میکروسکوب

نوری نیز تایید شده است.

مراجع

1. Akrman J. and Prikryl J.; Dyeing Behavior of Polypropylene Blend Fiber. I. Kinetic and Thermodynamic Parameters of the Dyeing System; *J. Appl. Polym. Sci.*; **62**, 235, 1996
2. Sengupta A. K., Sen K. and Mukhopadhyay A., False Twist of Texturization of Polypropylene Multifilament Yarns (Part IV): Structural Influence on Dye Uptake; *Text. Res. J.*; 511-15, 1986.
3. Prchal V., Kristofic M., Lapcik L.(Jr) and Harlinova B.; Colouristic Properties of Blended PP/PA6 and PP/PET Polymer Fibers; *Fib. Text. East. Eur.;* 48-50, 1997.
4. Wishman M. and Hagler G. E.; *Handbook of Fiber Science and Technology (IV)*; Marcel Dekker, New York, 1985.
5. Ahmed M.; *Polypropylene Fibers Science and Technology*; Elsevier, New York, 1982.

۶- ابراهیمیان فریبرز، گلشن ابراهیمی نادره و محراب‌زاده محمود، اصلاح‌سازی پلی‌پروپیلن توسط پلی‌اتیلن ترفتالات (جهت ساخت الیاف)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۷.

۷- مرادیان سیامک، اصول علم و تکنولوژی رنگ، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، تهران ۱۳۷۴.