

Extraction of Micro- and Nano-Fibrils from Nylon 6/ Polypropylene Grafted with Maleic Anhydride/Polypropylene Blended Films

E. Bagheban Kochak¹, E. Fallahi², and M. Haghghat Kish^{1*}

1. Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology,
P.O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran

2. Iran Polymer and Petrochemical Institute, P.O. Box: 14965-115, Tehran, Iran

Received 10 February 2010, accepted 12 June 2010

ABSTRACT

A technical feasibility study has been conducted on production of nano- and micro-fibrils from nylon 6/polypropylene grafted with maleic anhydride/polypropylene blended films. Fibrils are prepared in four consecutive steps. In the first step the polymers melt blended in an extruder with and without compatibilizers to produce chips; in the second step films are extruded from polymer blends chips, in the third step films are cold drawn with different draw ratios at room temperature and in the fourth step fibrils are extracted by Soxhlet extraction with formic acid as solvent for nylon 6. The films and fibrils were examined by scanning electron microscope and FTIR spectroscopy. It is found that the polypropylene dispersed phase deforms and coalesces into elongated fibrils during drawing operation. The fibrils' diameters in the blends containing compatibilizer are more uniform and are smaller than those from films without compatibilizers. The thinnest polypropylene fibril observed has a diameter around 300 nm with the aspect ratio above 150. The stress-elongation curves show three distinctive regions, elastic, yield and hardening-leading to breakage. The elastic region is short and follows by necking and yield, i.e., elongation without increase in load. The hardening region is accompanied by the increase in the slope. The deformations of the polypropylene particles are noticed during the last regions of the extension; the fibril deformations seem to be more severe during breakage.

Key Words:

nano, micro, fibril,
polypropylene,
nylon 6, blend,
extraction

(*)To whom correspondence should be addressed.

E-mail: mhkish@aut.ac.ir

استخراج نانولیفچه و میکرولیفچه از فیلم‌های آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن پیوندی با مالئیک انیدرید - پلی پروپیلن

احسان باغبان کوچک^۱، الهام فلاحی^۲، محمد حقیقت کیش^{۱*}

۱- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۴۴۱۳-۱۵۸۱۷۵

۲- تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، صندوق پستی ۱۱۵-۱۴۹۶۵۶

دریافت: ۸۸/۱۷/۲۱، پذیرش: ۸۹/۳/۲۲

چکیده

در این پژوهش، امکان تولید میکرولیفچه و نانولیفچه پلی پروپیلن از فیلم بررسی شده است. فیلم از آمیخته نایلون ۶ و پلی پروپیلن و پلی پروپیلن پیوندی با مالئیک انیدرید تولید شد. آمیخته پلیمری در دو حالت همراه با سازگارکننده و بدون آن تهیه شد. پس از آن لیفچه‌ها در چهار مرحله متوالی تولید شدند. در مرحله اول از آمیخته پلیمر به وسیله اکسترودر دانه و در مرحله بعد، از این دانه‌های مخلوط در اکسترودر دیگری فیلم تهیه شد، سپس، فیلم‌ها با نسبت‌های کشش مختلف در دمای محیط زیر عملیات کشش سرد قرار گرفتند. در مرحله چهارم با دستگاه سوکسله و با استفاده از فرمیک اسید، نایلون ۶ حل و لیفچه‌ها استخراج شدند. فیلم‌ها و لیفچه‌ها به کمک میکروسکوپ الکترون پویشی و طیف جذبی زیرقرمز مطالعه و بررسی شدند. مشاهده شد، ذرات فاز پراکنده پلی پروپیلن طی فرایند اکستروژن و کشش تغییر شکل می‌دهند و در نهایت به شکل ذراتی دراز و باریک (لیفچه) درمی‌آیند. قطر لیفچه‌های نهایی در مخلوط پلیمری حاوی سازگارکننده، کوچک‌تر و یکنواخت‌تر از مخلوط پلیمری فاقد سازگارکننده بود. کوچک‌ترین لیفچه‌های به دست آمده دارای قطری نزدیک به ۳۰۰ nm بودند و نسبت طول به قطر آنها بیش از ۱۵۰ تخمین زده شد. منحنی تنش - ازدیاد طول فیلم‌ها سه ناحیه متمایز کشسان، تسلیم و سخت شدن را نشان می‌دهد. ناحیه کشسان ناحیه کوچکی است و پس از آن گردنی شدن و افزایش طول بدون افزایش تنش مشاهده می‌شود. در ناحیه سخت شدن، ازدیاد طول همراه با افزایش شیب در منحنی تنش - ازدیاد طول مشاهده می‌شود. تغییر شکل ذرات پلی پروپیلن در ناحیه انتهایی دیده شد و تغییر شکل آنها حین پاره شدن فیلم شدیدتر است.

واژه‌های کلیدی

نانولیفچه، میکرولیفچه،

پلی پروپیلن،

نایلون ۶، آمیخته،

استخراج

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار:

مقدمه

با توجه به توسعه روز افزون نانو فناوری در زمینه‌های مختلف صنعتی، هم‌زمان در صنعت نساجی و پلیمر نیز استفاده از نانوذرات برای تقویت و بهبود خواص کامپوزیت‌ها و هم‌چنین تولید الیاف در مقیاس نانو مورد توجه قرار گرفته است. برای این منظور، روش‌های مختلفی برای تولید نانوالیاف ابداع و پیشنهاد شده است که بعضی از این روش‌ها در مقیاس صنعتی نیز استفاده می‌شوند. در صنعت نساجی معمولاً نانوالیاف به الیافی گفته می‌شود که میانگین قطر آنها کمتر از ۱ میکرون باشد. هم‌چنین، نسبت طول به قطری حدود ۱۰۰ یا بیشتر داشته باشند [۱].

از روش‌هایی که برای تولید الیاف و ذرات نانو به کار می‌رود، استفاده از لیفچه‌ای کردن مواد مختلف است. لیفچه‌ای شدن در معنای ساده‌تر شکستن ساختار اولیه ماده مورد نظر و تبدیل آن به ذراتی است که دارای اندازه بسیار کوچک‌تر و تقریباً تک بعدی هستند. یعنی نسبت طول به قطر بزرگ دارند [۲]. به طور کلی، لیفچه‌ای می‌تواند به عنوان ساختاری مستقل با ویژگی ماده‌ای در نظر گرفته شود که لیفچه‌ای از آن به دست می‌آید و به طور کاملاً مشخص به داشتن ابعاد خطی تمایل دارد. در طبیعت در موادی مانند سلولوز، الیاف حاصل از آن و پلیمرهای بشر ساخته مانند پلیمرهای بلوری شونده جامد زیر کشش زیاد و پلیمرهای بلورم‌ایچ چنین ساختاری دیده شده است [۳].

در برخی سامانه‌های پلیمری که بر اثر کشش به ساختار آرایش یافته‌ای می‌رسند، می‌توان لیفچه‌ای شدن را مشاهده کرد. البته شدت آن در بعضی پلیمرها بیشتر و در بعضی ضعیف‌تر دیده شده است و اندازه لیفچه‌های به دست آمده محدود گسترده‌ای دارد. نوع پلیمر مورد استفاده نیز در مقدار لیفچه‌ای شدن بسیار مؤثر است. بررسی‌ها نشان داده که فیلم‌هایی که از پلیمرهای پلی اولفینی تولید شده‌اند در مقایسه با فیلم‌های پلیمرهای تراکمی مانند پلی استر و نایلون قابلیت لیفچه‌ای شدن بیشتری دارند. این امر را به ضعیف بودن پیوندهای بین مولکول‌ها نسبت داده‌اند. در واقع، ضعیف بودن پیوندهای ضعیف و اندروال‌س موجود در پلی اولفین‌ها در مقایسه با پیوندهای دوقطبی و هیدروژنی بین مولکول‌ها در پلیمرهای تراکمی دیگر باعث می‌شود که استحکام عرضی در فیلم پلیمری کاهش یابد. این امر، سبب افزایش راحت‌تر انجام می‌شود. در بین پلیمرهای پلی اولفینی رایج نیز پلی پروپیلن نسبت به پلی اتیلن بهتر لیفچه‌ای می‌شود که علت این امر وجود گروه اتیلن بین زنجیرهای مولکولی و ممانعت فضایی و در نتیجه کاهش قدرت پیوند و اندروال‌س بین مولکول‌هاست [۴].

لیفچه‌ای شدن را می‌توان روی پلیمرهای خالصی بررسی کرد که زیر

کشش سرد قرار گرفته‌اند [۶،۵]. برای ایجاد ساختار لیفچه‌ای در یک پلیمر، می‌توان از همراه کردن پلیمر مورد نظر با سایر پلیمرها و تشکیل کوپلیمر [۶] یا آمیخته پلیمری استفاده کرد [۹-۲۴]. به تازگی موضوع ماتریس - لیفچه‌ای چند آمیخته‌ای نیز مرور شده است [۲۵].

هنگام آمیخته کردن پلیمرها، از نظر ترمودینامیکی و شکل‌شناسی دو حالت اتفاق می‌افتد. حالت اول این است که اجزای پلیمری امتزاج پذیر باشند. در این حالت محصول حاصل از آمیخته‌سازی، مشابه یک پلیمر جور یکنواخت است و جدایی فازی در آن مشاهده نمی‌شود. اما، در حالت دوم که اجزا در آمیخته پلیمری امتزاج ناپذیرند، یک ساختار چندلیفچه‌ای تشکیل می‌شود که به آن ساختار ماتریس - لیفچه‌ای نیز گفته می‌شود. پلیمر جزء بیشتر به شکل یک فاز پیوسته است و پلیمر جزء کمتر به شکل پراکنده در این فاز پیوسته قرار دارد که شکل این فاز پراکنده بستگی به عوامل مختلف دارد [۷].

به طور کلی در آمیخته پلیمرها، پلیمر با جزء کمتر نسبت به حالت خالص خود تمایل بیشتری به لیفچه‌مانند شدن از خود نشان می‌دهد. زیرا در آمیخته پلیمر، جزء کمتر به شکل ذرات ریز پخش شده در فاز پیوسته قرار دارد و می‌تواند بر اثر کشش دراز و باریک شوند. از سوی دیگر، جزء پیوسته به عنوان مانعی از به هم پیوستن این لیفچه‌ها جلوگیری می‌کند [۸].

پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد، پس از فرایند آمیخته‌سازی پلیمرها می‌توان نسبت طول به قطر ذرات فاز پراکنده را، که می‌تواند کروی، بیضی شکل یا میله‌مانند باشند، با زیر کشش قرار دادن افزایش داد و به میکرو لیفچه‌ای و حتی نانولیفچه‌ای تبدیل کرد. کشش می‌تواند پس از تهیه آمیخته پلیمری و در یک مرحله جداگانه به دو حالت کشش سرد [۹-۱۳] و کشش گرم و در دمای بیشتر از دمای انتقال شیشه‌ای هر دو پلیمر اعمال شود [۱۴، ۱۵]. به طور کلی، کشش سرد باعث به صف شدن بیشتر مولکول‌ها درون لیفچه‌ها می‌شود. از طرفی، کشش گرم امکان کشش آمیخته پلیمری را تا نسبت‌های زیاد کشش فراهم می‌کند [۱۶].

در آمیخته پلیمری ناسازگار اجزای پلیمری سطح مشترک ضعیفی دارند و تنش را از یک جزء به جزء دیگر منتقل نمی‌کنند. معمولاً برای غلبه بر این مشکل و بهبود خواص فیزیکی حاصل از آمیخته پلیمری از سازگارکننده استفاده می‌شود. سازگارکننده به عنوان ماده‌ای است که قابلیت پیوند با اجزای آمیخته پلیمری را دارد و مقدار تنش‌های موجود در سطح بین اجزای آمیخته پلیمری را کاهش می‌دهد. مهم‌ترین اثر سازگارکننده روی شکل‌شناسی آمیخته پلیمری، کاهش اندازه ذرات فاز پراکنده در پلیمر ماتریس و هم‌چنین باریک کردن توزیع اندازه ذرات است [۱۲، ۱۳، ۱۷]. سازگار سازی به روش‌های مختلف ممکن است انجام

دستگاه ها

دستگاه دانه ساز مدل ZSK25 دوماریچی ساخت شرکت Coperion کشور آلمان، دستگاه کشش دهنده Instron مدل ۵۵۶۶ ساخت انگلستان، میکروسکوپ الکترون پویشی مدل XL 30 ساخت شرکت Philips کشور هلند و طیف سنج زیرقرمز Nicolet670 به کار گرفته شد.

روش ها

آمیخته پلی پروپیلن و نایلون در دو حالت همراه با سازگار کننده و بدون سازگار کننده با نسبت درصدهای مطابق با جدول ۱ تولید شد. ابتدا پلی پروپیلن، نایلون ۶ و پلی پروپیلن عامل دار شده در گرم خانه خلاء به مدت ۲۴ h در دمای 80°C خشک شدند. تهیه فیلم پلیمری از این آمیخته ها شامل دو مرحله است. مرحله اول تهیه دانه آمیخته و مرحله بعد تهیه فیلم پلیمری از آمیخته است. برای تهیه دانه آمیخته از دستگاه دانه ساز استفاده شد که دارای اکسترودری به طول ۱ m و نسبت طول به قطر ۴۰ بود. تغییرات دمایی اکسترودر از ناحیه تغذیه تا منفذ خروجی به ترتیب: ۲۲۰، ۲۳۰، ۲۲۰، ۲۱۰، ۲۰۰ و 190°C و دور موتور ۳۰۰ rpm بود. پس از خروج از منفذ، آمیخته پلیمری درون آب سرد شد و به شکل دانه برش داده شد. انتخاب برنامه دمایی بر اساس خواص مواد و تجربه های متعدد کار با دستگاه بود که محصول با این شرایط تولیدی تغییر رنگ نداده و به طور یکنواخت و پایدار تولید شد.

در مرحله بعد، دانه های آمیخته تهیه شده دوباره برای مدت ۲۴ h در گرم خانه خلاء در دمای 80°C خشک شدند و پس از آن برای تهیه فیلم از دستگاه اکسترودر Brabender دارای ماریچ با نسبت طول به قطر ۲۴ و سرعت ۶۰ rpm با روزنه مخصوص تهیه فیلم استفاده شد. تغییرات دمایی دستگاه در ناحیه های مختلف به ترتیب ۲۲۸، ۲۳۰، ۲۲۰ و 200°C بود. فیلم پس از خروج به کمک یک غلتک روی نوار نقاله قرار گرفت و در هوای آزاد سرد و سپس جمع آوری شد. در این بخش نیز برنامه دمایی بر اساس خواص مواد و تجربه های متعدد کار با دستگاه که برای پلی آمید ۶ به تکرار انجام شده بود، انتخاب شد.

فیلم تهیه شده بر اساس استاندارد ASTM D882، به شکل نواری

جدول ۱ - ترکیب درصد نمونه ها.

نمونه	پلی پروپیلن عامل دار شده با مالئیک انیدرید (%)	نایلون ۶ (%)	پلی پروپیلن (%)
۱	۰	۸۰	۲۰
۲	۵	۷۵	۲۰

شود. یکی از این روش ها، استفاده از پلیمرهای پیوند شده با گروه های مختلف است. این گروه ها می توانند با جزء دیگر آمیخته واکنش داده و باعث سازگاری شوند [۱۹، ۱۸، ۱۲]. با توجه به کوچک تر شدن اندازه ذرات فاز پراکنده نشان داده شده است که لیفچه های نهایی به دست آمده از آمیخته پلیمری حاوی سازگار کننده دارای قطر کمتری هستند [۱۲، ۱۳].

به کمک آمیخته پلیمری توانسته اند، لیفچه های پلیمر پلی استر را از آمیخته های پلی اتیلن ترفتالات و پلی آمید ۶ (PA6/PET) [۱۲، ۱۱، ۱۰، ۳] پلی اتیلن ترفتالات و پلی اتیلن (PE/PET) [۱۴، ۱۶] و پلی پروپیلن و پلی اتیلن ترفتالات (PP/PET) [۲۱، ۱۵، ۱۲] مشاهده کنند. هم چنین، لیفچه پلی آمید با استفاده از آمیخته پلی پروپیلن و پلی آمید ۶ (PP/PA6) [۲۲، ۱۹، ۱۸] و لیفچه پلی پروپیلن از آمیخته های PA6/PP و [۲۳] PE/PP [۱۹] نیز به دست آمده است. مشاهده شده است که کوچک ترین لیفچه های به دست آمده از الباف حاصل از آمیخته پلی پروپیلن و نایلون ۶ قطری نزدیک به ۱۵۰ nm دارند و مقدار کشش هنگام تولید، در اندازه و قطر لیفچه ها مؤثر است [۱۹].

در این مقاله نشان داده شده است، لیفچه در مقیاس میکرو و نانو از فیلم پلیمری نیز قابل استخراج است و بیشترین تغییر در نسبت طول به قطر لیفچه ها در ناحیه سخت شدن هنگام کشش فیلم رخ می دهد. این موضوع برای تولید پلی پروپیلن به شکل نانو راه گشا خواهد بود. در این پژوهش تلاش شده است تا با تهیه فیلم آمیخته پلی پروپیلن و نایلون ۶ و پس از آن اعمال کشش روی آن به تولید نانولیفچه دست یافت. هم چنین، اثر سازگار کننده بر لیفچه ها و چگونگی شکل گیری لیفچه ها در آمیخته نیز بررسی شده است.

تجربی

مواد

چیپس نایلون ۶ از شرکت الیاف ایران تهیه شد که دارای تیتانیم دیوکسید با چگالی 14 g/cm^3 و شاخص جریان مذاب $10\text{ min } 30\text{ g}$ بود. از دانه پلی پروپیلن تک نظم 730 S با شاخص جریان مذاب $10\text{ min } 16\text{ g}$ تولید پتروشیمی اراک و پلی پروپیلن عامل دار شده با مالئیک انیدرید به عنوان سازگار کننده استفاده شد. چیپس این سازگار کننده با شاخص جریان مذاب $10\text{ min } 237\text{ g}$ و درصد مالئیک انیدرید ۷۵ از شرکت DuPont آمریکا تهیه شد. از فرمیک اسید با خلوص ۹۸ درصد و زایلین با خلوص ۹۸ درصد شرکت Merck استفاده شد.

پرشدن محفظه سوکسله، فرمیک اسید و نایلون حل شده در آن به وسیله لوله جانبی مخصوص تخلیه دوباره به درون ارلن تخلیه می شود. این فرایند چند مرتبه (حدود ۱۰۰ مرتبه) تکرار می شود. هر نمونه برای ۲۴ h درون سوکسله قرار گرفت تا نایلون ۶ به طور کامل خارج شود.

با توجه به این که جزء نایلون ۶، با داشتن نزدیک به ۸۰ درصد وزن آمیخته پلیمری، باید خارج می شد، بنابراین ساختار آمیخته پلیمری متلاشی شده و پلی پروپیلن باقی مانده به شکل ذرات ریز پراکنده در می آمد. برای جلوگیری از پخش شدن پلی پروپیلن در سوکسله، از کیسه دوخته شده از پارچه الیاف شیشه استفاده شد که فرمیک اسید و دمای بالا اثری بر آن نداشت. انتظار می رود، ذرات پلی پروپیلن که وزن مخصوص کمتر از فرمیک اسید دارند، در بخش بالایی مایع قرار گیرند و هنگام تخلیه که از پایین ظرف حاوی کیسه نگه دارنده انجام می شود، درگیر باقی بمانند (شکل ۱). با استفاده از سوکسله فاز نایلون ۶ از دانه آمیخته پلیمری، فیلم آمیخته پلیمری پیش از کشش و فیلم آمیخته پلیمری پس از عملیات کشش، خارج شد و ذرات پلی پروپیلن به دست آمده بررسی شد.

برای خارج کردن پلی پروپیلن در چند نمونه از زایلن استفاده شد که نمونه ها به شکل قطعاتی بریده شده و در زایلن به مدت ۸ h جوشانده شد (دمای 130°C). وزن این نمونه ها پیش و پس از عمل کردن با زایلن اندازه گیری شد.

طیف سنجی زیرقرمز در محدوده عدد موجی $4000-400\text{ cm}^{-1}$ با قدرت تفکیک 4 cm^{-1} و متوسط ۳۲ پویش انجام شد. برای مشاهده ریزساختار در مراحل مختلف از میکروسکوپ الکترون پویشی استفاده شد. به طور معمول برای نمونه های پلیمری، نمونه ها با طلا پوشش داده شدند. اندازه گیری ابعاد ذرات به کمک برنامه رایانه Measure روی عکس های تهیه شده انجام شد. برای نمونه فیلم های کشیده شده پیش از پارگی حداقل ۳۰ مورد و برای سایر نمونه ها ۷۰ مورد اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

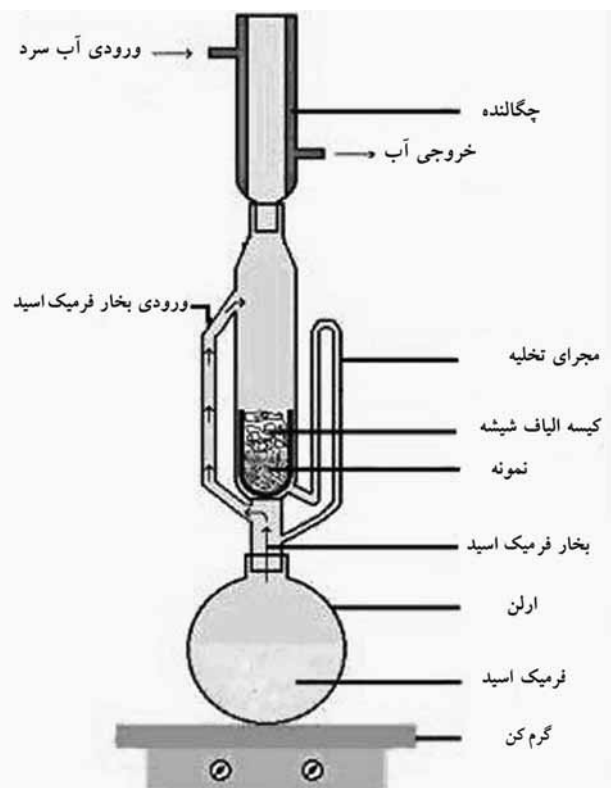
بررسی ساختار شیمیایی فیلم ها

طیف زیرقرمز نمونه های فیلم های آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن و نایلون ۶- پلی پروپیلن در شکل ۲ آمده است. در شکل ۲ الف و ب به ترتیب ستیغ مربوط به پیوند آمید در 1637 cm^{-1} و 3085 cm^{-1} و ستیغ مربوط به گروه کربونیل در 1637 cm^{-1} نشان داده شده است [۲۷].

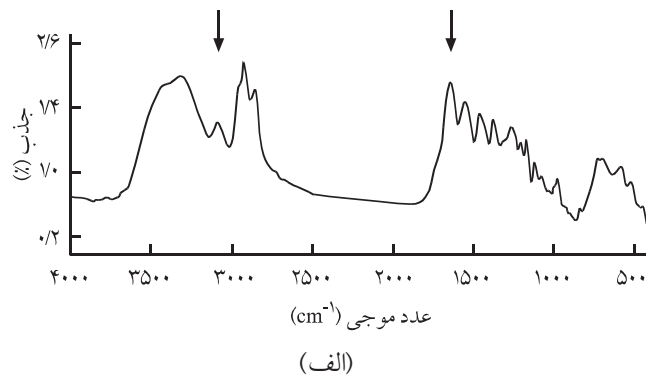
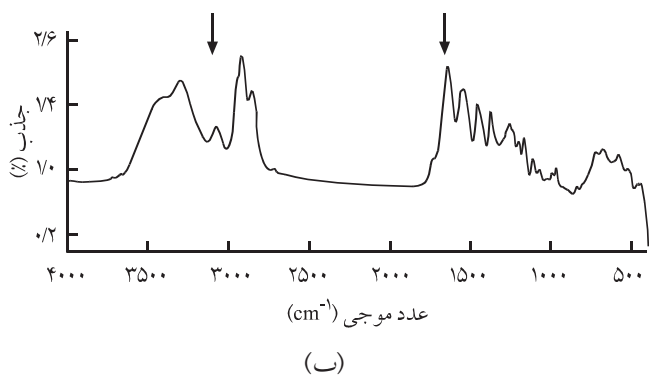
اعتقاد بر این است [۱۸، ۲۴] که در آمیخته پلی پروپیلن و نایلون گروه

شکل با ضخامت $400 \pm 20\ \mu\text{m}$ ، عرض ۱ cm و طول ۱۰ cm بریده شد که ۵ cm آن بین فک های دستگاه کشش دهنده قرار می گرفت. سپس، نوارها به کمک دستگاه کشش دهنده در دمای محیط و با سرعت ثابت 20 mm/min کشیده شد.

برای خارج کردن نایلون ۶ از آمیخته پلیمری از دستگاه سوکسله با ظرفیت ۲۵۰ mL که در آزمایشگاه شیمی معمول است و از فرمیک اسید به عنوان حلال نایلون ۶ استفاده شد. برای گرمادهی و نگه داشتن فرمیک اسید در دمای جوش و هم چنین جلوگیری از تغییرات دمایی، از گرم کننده مجهز به حس گر دمایی برای ثابت نگه داشتن دمای عملیات در 110°C استفاده شد. دمای جوش فرمیک اسید 101°C است [۲۶]. به نظر می رسد، دمای فرمیک اسید که روی پلیمر مخلوط می ریزد کمتر از 100°C باشد. تصویر دستگاه سوکسله در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه آمیخته پلیمری در یک کیسه از الیاف شیشه، درون محفظه سوکسله و فرمیک اسید درون ارلن قرار می گیرد. پس از گرما دادن و رسیدن به دمای جوش، فرمیک اسید تبخیر شده و به کمک لوله کناری تعبیه شده به درون چگالنده رفته و به مایع تبدیل می شود و روی نمونه می ریزد که باعث حل شدن جزء نایلون ۶ در نمونه می شود. پس از



شکل ۱ - تصویر سوکسله و محل قرار گرفتن کیسه الیاف شیشه، حاوی نمونه.



شکل ۲- طیف جذبی زیرقرمز: (الف) نمونه فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن و (ب) نمونه آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن.

طور بیان کرد که واکنش مزبور بین نایلون ۶ و سازگارکننده انجام شده است و سازگارکننده توانسته پیوند مناسب بین دو پلیمر ایجاد کند.

بررسی کشش

فیلم‌های تهیه شده با دستگاه کشش در دمای محیط کشیده شدند. نمونه‌ای از نمودار تنش - ازدیاد طول برای فیلم‌های حاوی سازگارکننده و بدون آن در شکل ۳ دیده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ الف مشاهده می‌شود، استحکام فیلم آمیخته پلیمری در فیلم با سازگارکننده نسبت به فیلم بدون سازگارکننده (شکل ۳ ب) افزایش یافته است که با نتایج پژوهش‌های دیگران مطابقت دارد [۱۷، ۱۳]. شکل منحنی تنش - ازدیاد طول مشابه سایر نمونه‌های پلیمری نیمه بلوری است که همراه با ایجاد گردن، ناحیه تسلیم و کشش‌پذیری طولانی است. کاهش استحکام در آمیخته پلیمری بدون سازگارکننده را می‌توان به چسبندگی ضعیف و تنش زیاد در فصل مشترک پلی پروپیلن و نایلون ۶ مرتبط دانست که منجر به ایجاد نقاط ضعیف و تمرکز تنش می‌شود. سازگارکننده با بهبود فصل مشترک و کاهش تمرکز تنش موجود بین فصل مشترک دو پلیمر، امکان انتقال بهتر تنش از یک جزء به جزء دیگر را فراهم می‌کند که در نتیجه استحکام افزایش می‌یابد.

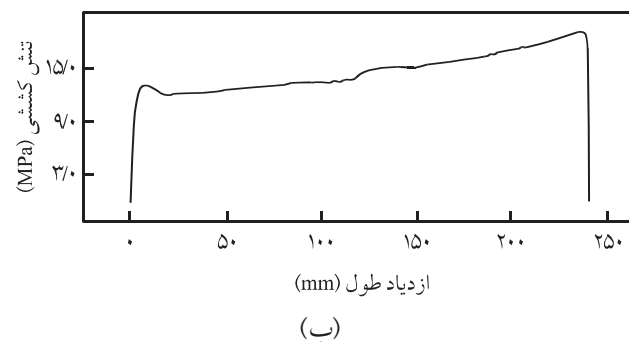
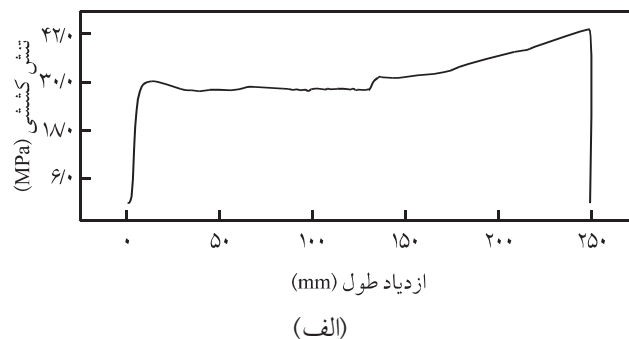
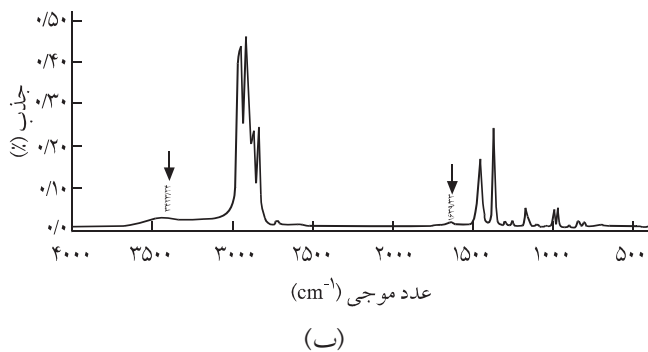
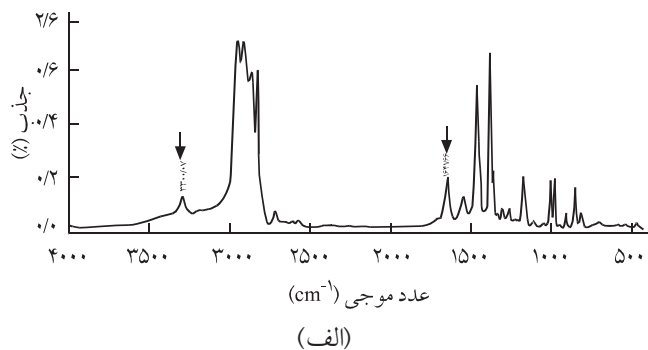
شکل‌شناسی ذرات پراکنده

به منظور نمونه‌گیری تصادفی از نمونه‌ها برای بررسی شکل‌شناسی و این که شانس انتخاب هر جزء مستقل از شرایط خاص آن باشد، پس از تولید فیلم پلیمری، از بخش‌های مختلف آن قطعاتی با مشخصات یاد شده تهیه شد. برای هر مرحله آزمایش از ۳ نمونه استفاده شد که در شرایط یکسان کشیده شده بودند. در نهایت، شکل‌شناسی آمیخته‌ای از ۳ نمونه بررسی شد. در هر مرحله، جزء نایلون ۶ با فرمیک اسید از

مالئیک‌انیدرید با گروه آمین انتهایی نایلون وارد واکنش شده و با تشکیل پیوند آمید یک کوپلیمر نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار ایجاد می‌شود. از سوی دیگر، پلی پروپیلن عامل دار شده با مالئیک‌انیدرید نیز با پلی پروپیلن مورد استفاده در آمیخته به طور فیزیکی درگیر می‌شود. در نتیجه، پلی پروپیلن عامل دار شده با مالئیک‌انیدرید به عنوان سازگارکننده، به شکل پلی بین دو پلیمر مورد استفاده در آمیخته پلیمری عمل می‌کند.

با توجه به این واکنش بین نایلون ۶ و پلی پروپیلن پیوند شده با مالئیک‌انیدرید مقدار گروه آمید در نمونه افزایش می‌یابد. مشاهده می‌شود، شدت ستیغ مربوط به پیوند آمید در نمونه حاوی سازگارکننده (شکل ۲ الف) مقداری بیشتر از شدت همین ستیغ در نمونه فاقد سازگارکننده (شکل ۲ ب) است. هم‌چنین، شدت ستیغ مربوط به گروه کربونیل در نمونه حاوی سازگارکننده (شکل ۲ الف) کاهش اندکی نسبت به شدت همین ستیغ در نمونه فاقد سازگارکننده یافته است. این نتایج با توجه به این که مقدار نایلون ۶ در نمونه حاوی سازگارکننده ۷۵ درصد وزن کل نمونه و در نمونه بدون سازگارکننده ۸۰ درصد وزن کل نمونه است، بیان‌گر آن است که بر اثر وجود سازگارکننده مقدار پیوند آمید افزایش یافته است که حدس اولیه مبنی بر انجام واکنش بین نایلون ۶ و پلی پروپیلن پیوند شده با مالئیک‌انیدرید را تأیید می‌کند.

این نتایج مشابه نتایج ارائه شده توسط سایر پژوهش‌گران [۲۴، ۱۸] است. از سوی دیگر، در حالت واکنش ندادن گروه انیدرید با نایلون ۶ باید در طیف جذبی مربوط به آمیخته پلیمری حاوی سازگارکننده دو ستیغ مربوط به گروه C=O در انیدرید در حدود 1750 cm^{-1} و 1850 cm^{-1} ظاهر شود [۲۷]. در حالی که در شکل ۲ الف چنین ستیغ‌هایی دیده نمی‌شود و این امر به دلیل واکنش بین گروه کربونیل موجود در انیدرید، با آمین انتهایی نایلون ۶ است. بنابراین، می‌توان این



شکل ۴ - طیف جذبی زیرقرمز نمونه‌ها پس از خارج کردن نایلون ۶: (الف) باقی مانده آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن در حالت دانه و (ب) باقی مانده آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن در حالت دانه آمیخته.

شکل ۳ - نمودار تنش - ازدیاد طول برای: (الف) فیلم آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن و (ب) فیلم آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن.

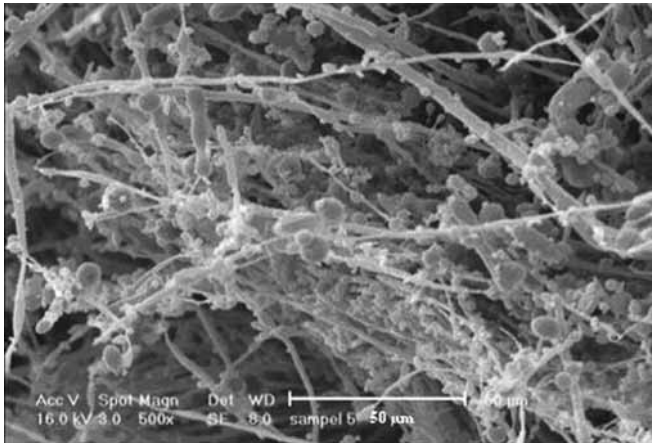
دانه آمیخته پلیمری نایلون ۶ و پلی پروپیلن

تصاویر تهیه شده از پلی پروپیلن استخراج شده در دو حالت همراه با سازگار کننده و بدون آن به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ دیده می‌شود. به طوری که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، ذرات پلی پروپیلن با سازگار کننده اغلب به شکل کروی هستند، ولی در حالت بدون سازگار کننده در شکل ۶ ذرات به شکل مجموعه‌ای از ذرات کروی، بیضی شکل و استوانه‌ای هستند. هم چنین، میانگین اندازه ذرات در نبود سازگار کننده به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. نتایج به دست آمده با آن چه درباره آمیخته‌های پلیمری ناسازگار امتراج ناپذیر شرح داده شد، مطابق است [۷].

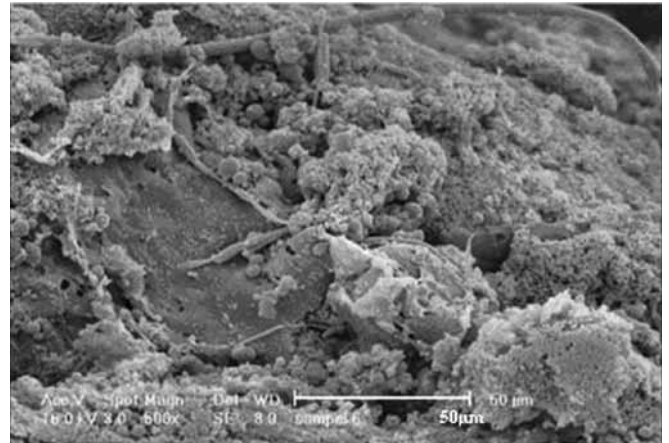
به طور کلی، پلیمرهای امتراج ناپذیر و ناسازگار چسبندگی بین سطوح کمی دارند. همین امر باعث می‌شود، اندازه ذرات در آمیخته ناسازگار نایلون و پلی پروپیلن بزرگ باشد. به علت بزرگ بودن اندازه ذرات، اثر نیروی هیدرودینامیکی درون اکسترودر و نیروی کششی هنگام خروج از روزنه اکسترودر، روی آنها بیشتر می‌شود که موجب تغییر شکل و کشیده شدن برخی ذرات پلی پروپیلن درون فاز نایلون

آمیخته پلیمری خارج و برای بررسی مقدار خروج مؤثر نایلون ۶ از آمیخته، از باقی مانده آن پس از عمل آوری با فرمیک اسید طیف جذبی زیرقرمز تهیه شد.

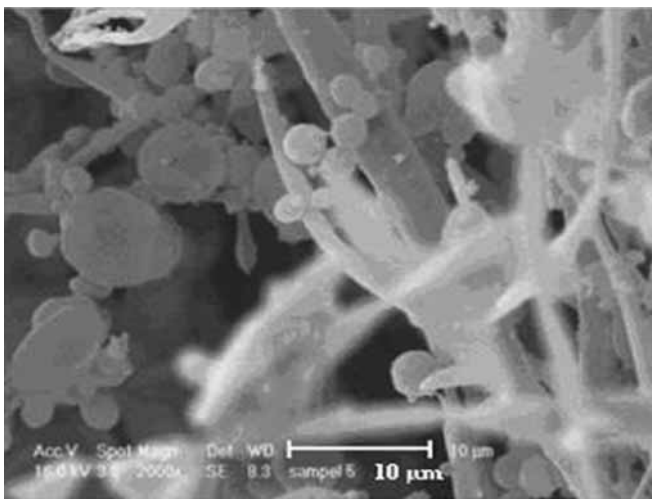
شکل ۴ طیف جذبی زیرقرمز مربوط به نمونه آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن و آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن پس از حل کردن و خارج کردن نایلون ۶ در حالت دانه است. با بررسی طیف‌های جذبی زیرقرمز مربوط به باقی مانده آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن پس از عمل آوری با فرمیک اسید (شکل ۴ ب)، از بین رفتن ستیغ امید در حدود 3070 cm^{-1} و از طرفی کاهش شدید در ستیغ مربوط به حالت کششی پیوند N-H و گروه کربونیل، به ترتیب در 3300 cm^{-1} و 1640 cm^{-1} [۲۷] مشاهده شد که گواه بر خروج مؤثر نایلون ۶ از آمیخته پلیمری است. در حالی که در شکل ۴ الف به دلیل وجود سازگار کننده این کاهش کمتر است. این امر به دلیل ایجاد پیوند بین نایلون و پلی پروپیلن بر اثر وجود سازگار کننده است. بررسی ریزساختار آمیخته پلیمری برای آمیخته همراه با سازگار کننده و بدون آن در سه مرحله انجام شد که عبارتند از: دانه آمیخته پلیمرها، فیلم تولید شده پیش از کشش و فیلم پس از پارگی.



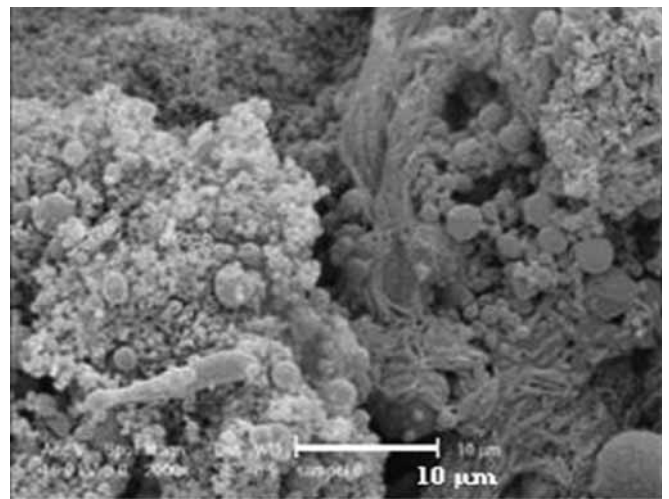
(الف)



(الف)



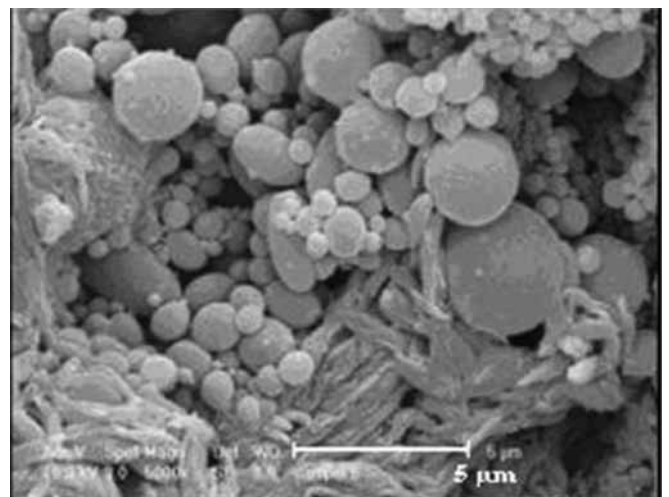
(ب)



(ب)



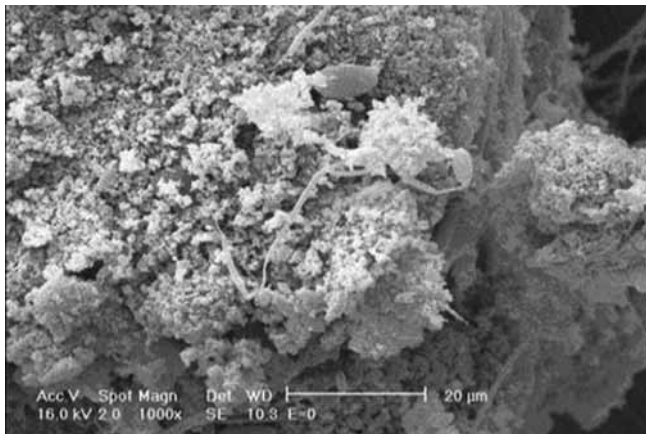
(ج)



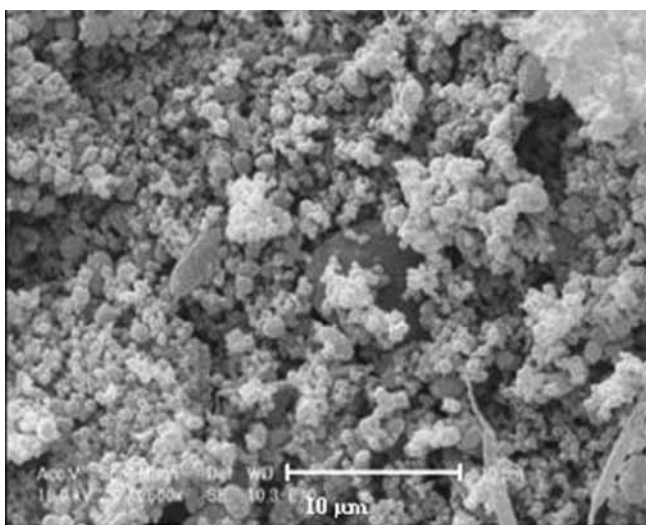
(ج)

شکل ۶- تصاویر SEM از فاز پراکنده پلی پروپیلن در مرحله دانه آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن پس از جداسازی نایلون ۶، با بزرگ‌نمایی‌های مختلف.

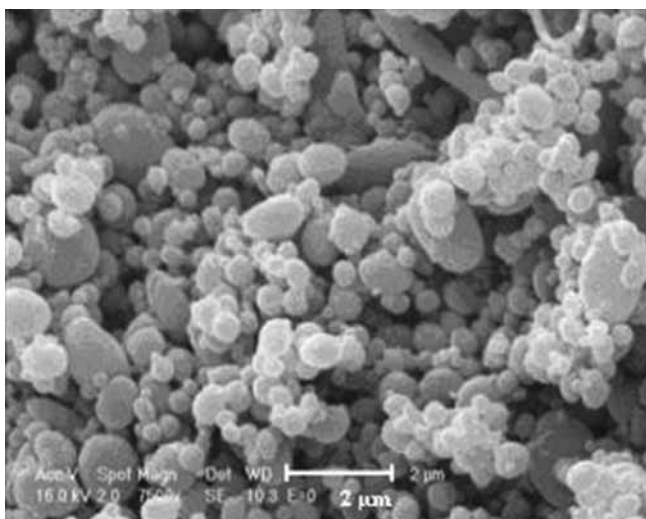
شکل ۵- تصاویر SEM از فاز پراکنده پلی پروپیلن در مرحله دانه آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن پس از جداسازی نایلون ۶، با بزرگ‌نمایی‌های مختلف.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۷- تصاویر SEM از فاز پراکنده پلی پروپیلن در مرحله فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار- پلی پروپیلن پیش از کشش و پس از جداسازی نایلون ۶ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف.

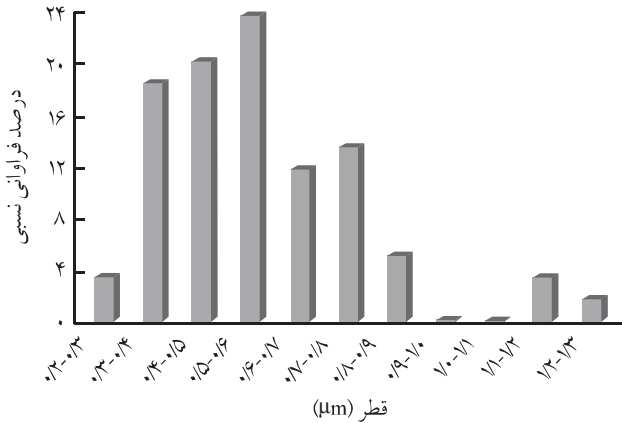
می‌شود. در حالی که بر اثر اضافه کردن سازگارکننده خواص چسبندگی در سطح مشترک دو پلیمر بهبود و تنش سطحی بین دو فاز کاهش می‌یابد. در نتیجه دو پلیمر تمایل به ایجاد سطح مشترک بیشتری بین خود دارند. بنابراین، به حالت آمیخته پلیمری شکل می‌گیرند که فاز پراکنده با اندازه ذرات ریزتری درون فاز پیوسته قرار دارد. از سوی دیگر به دلیل اندازه کوچک‌تر ذرات، نیروی هیدرودینامیکی درون اکسترودر روی آنها اثر کمتری دارد. بنابراین، شکل کروی خود را حفظ می‌کنند. می‌توان این طور بیان کرد که در اکسترودر و زیر جریان‌های برشی و کششی تمایل فاز پراکنده برای تغییر شکل و کشیده شدن، در پلیمرهای ناسازگار بیشتر از پلیمرهای سازگار شده است [۷].

فیلم‌های آمیخته پلیمری پیش از کشش

دانه‌های آمیخته پلیمری دوباره به وسیله اکسترودر برابندر ذوب شد و با روزنه مخصوص تولید فیلم، به شکل فیلم پلیمری در آمد. در این مرحله نیز فاز پیوسته نایلون ۶ با استفاده از فرمیک اسید خارج و از باقی‌مانده تصاویر میکروسکوپی الکترون پویشی تهیه شد. این عکس‌ها در شکل‌های ۷ و ۸ به ترتیب در حالت فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن و حالت فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن نشان داده شده است. هم‌چنین، در شکل‌های ۹ و ۱۰ توزیع فراوانی اندازه قطر ذرات فاز پراکنده به ترتیب در حالت فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن پیش از کشش و حالت دانه آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن نشان داده شده است.

به طوری که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود، در این مرحله نیز ذرات اغلب کروی شکل‌اند. در شکل ۹ توزیع فراوانی باریک‌تر اندازه قطر ذرات و میانگین قطر کمتر، در حالت فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن در مقایسه با حالت دانه آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود. بنابراین، در حالت آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن با دو مرحله اکسترودر کردن اندازه ذرات نسبت به مرحله پیش، کاهش یافته و هم‌چنین توزیع آنها یکنواخت‌تر شده است. می‌توان این طور بیان کرد که در مرحله اولیه اکستروژن، اندازه ذرات از مقیاس میلی‌متر به میکرون کاهش می‌یابد و در مرحله بعدی آن توزیع اندازه ذرات باریک‌تر می‌شود.

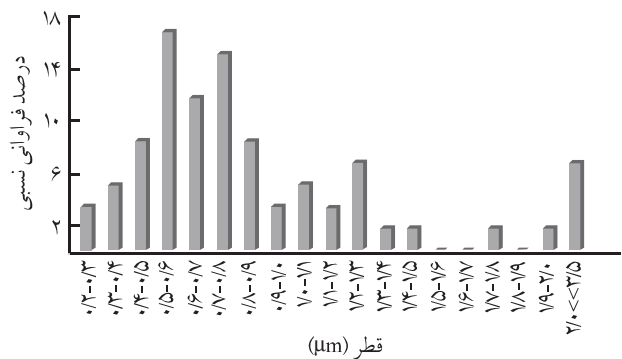
در شکل ۸، مجموعه‌ای از ذرات بیضی، استوانه‌ای و لیفچه‌ای شکل دیده می‌شود. در مقایسه با شکل ۶ می‌توان گفت که تعداد ذرات تغییر شکل نداده و کروی در حالت فیلم آمیخته پلیمری پیش از کشش در مقایسه با حالت دانه آمیخته بسیار کمتر است.



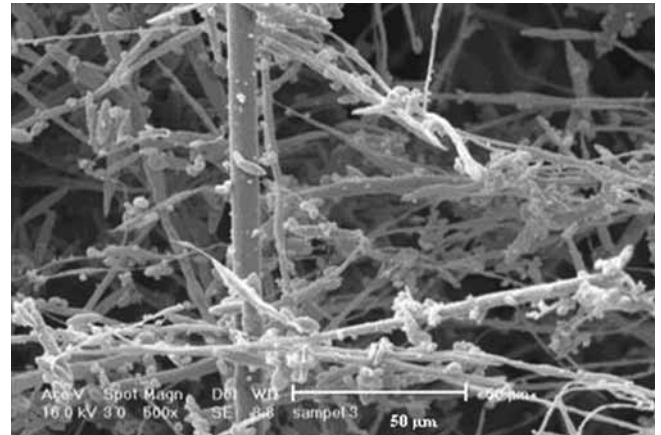
شکل ۹ - توزیع فراوانی قطر ذرات پراکنده پلی پروپیلن در حالت فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالٹیک دار - پلی پروپیلن پیش از کشش.

فیلم آمیخته پلیمری پس از پارگی

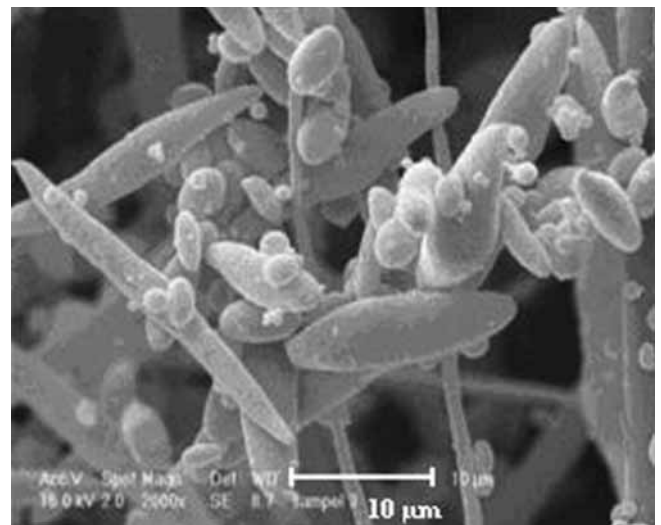
عکس‌های میکروسکوپی الکترون پویشی به دست آمده در این مرحله نشان‌دهنده ساختار کاملاً لیفچه‌ای در جزء پلی پروپیلن باقی مانده پس از حذف جزء نایلون است (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ توزیع فراوانی اندازه قطر ساختار لیفچه‌ای پلی پروپیلن، به ترتیب با سازگارکننده و بدون آن نشان داده شده است. به طوری که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، ذرات پلی پروپیلن با سازگارکننده به شکل لیفچه‌ای آمده‌اند و قطر کمتری دارند، در مقایسه با شکل ۱۲ که لیفچه‌های پلی پروپیلن را در نبود سازگارکننده نشان می‌دهد. از طرفی، تعیین طول لیفچه‌ها در هر دو حالت به دلیل نامشخص بودن ابتدا و انتهای آنها در شکل مشکل به نظر می‌رسد. بر اساس عکس‌های میکروسکوپ الکترونی، با کمترین بزرگ‌نمایی این لیفچه‌ها طولی بیش از ۱۰۰ میکرومتر را دارند.



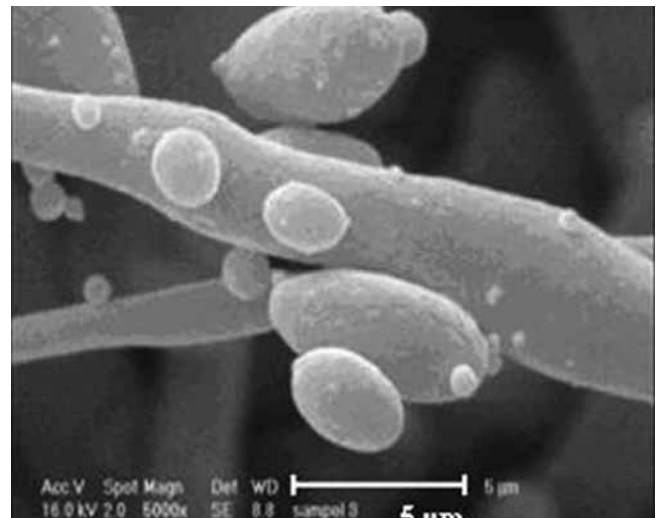
شکل ۱۰ - توزیع فراوانی قطر ذرات پراکنده پلی پروپیلن در حالت دانه آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالٹیک دار - پلی پروپیلن.



(الف)

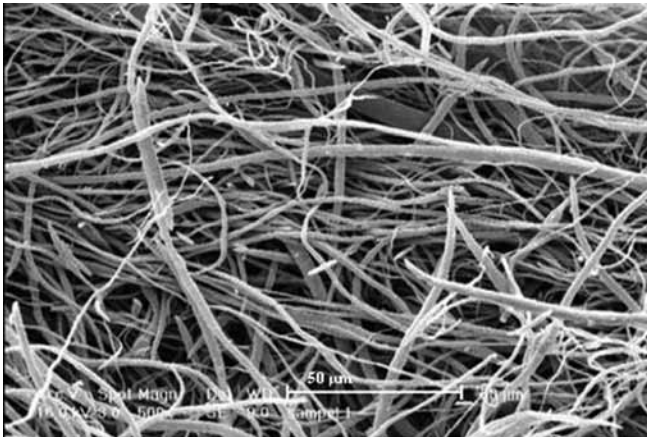


(ب)

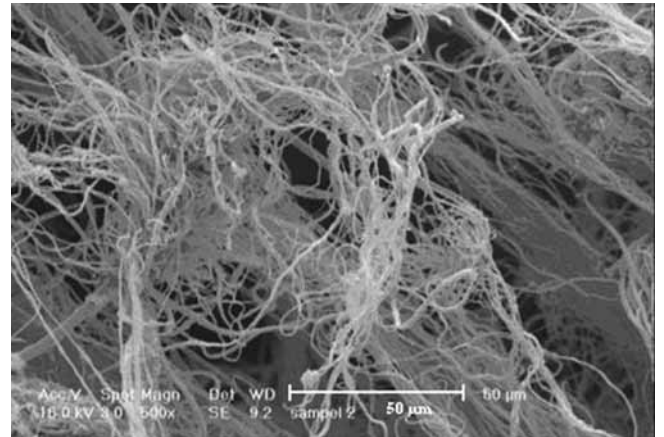


(ج)

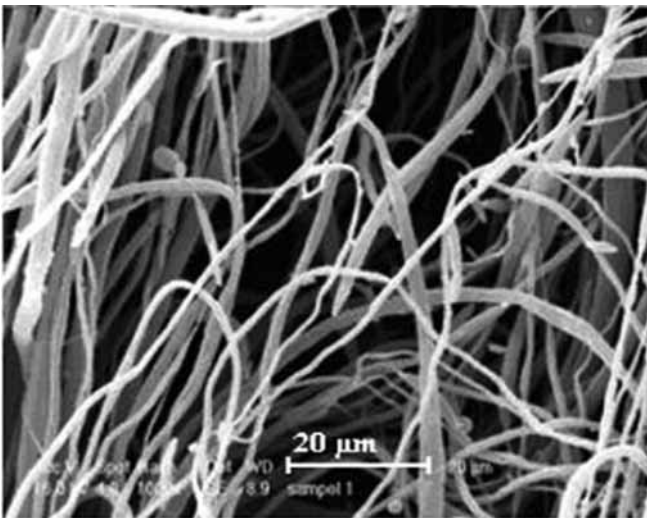
شکل ۸ - تصاویر SEM از فاز پراکنده پلی پروپیلن در مرحله فیلم آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن پیش از کشش و پس از جداسازی نایلون ۶ با بزرگ‌نمایی‌های مختلف.



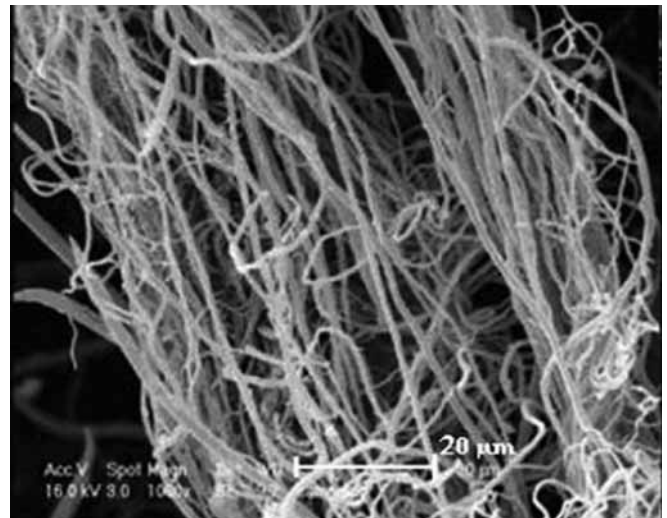
(الف)



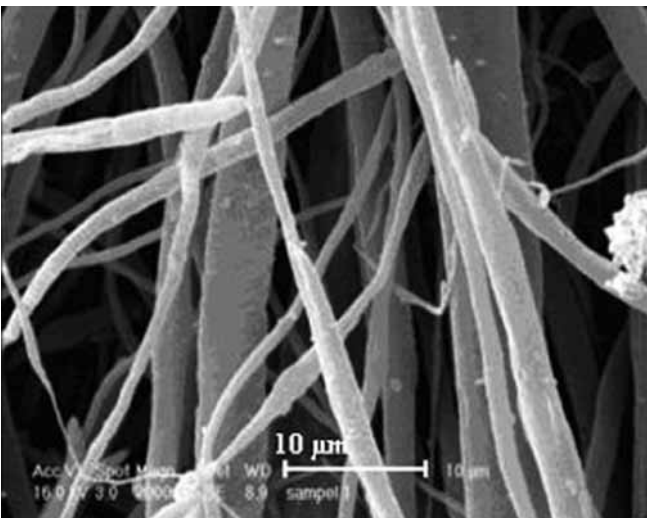
(الف)



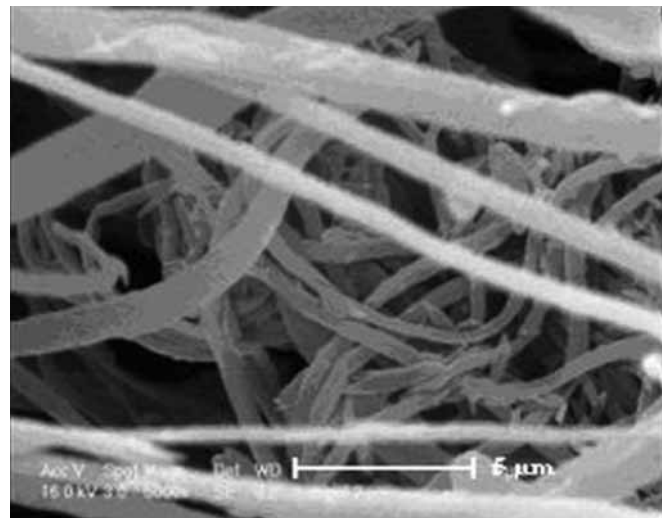
(ب)



(ب)



(ج)



(ج)

شکل ۱۲- تصاویر SEM از ساختار لیفچه ای پلی پروپیلن در مرحله فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن پس از پارگی و جداسازی نایلون ۶ با بزرگ نمایی های مختلف.

شکل ۱۱- تصاویر SEM از ساختار لیفچه ای پلی پروپیلن در مرحله فیلم آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالٹیک دار - پلی پروپیلن پس از پارگی و جداسازی نایلون ۶ با بزرگ نمایی های مختلف.

جدول ۲ - قطر ذرات پراکنده پلی پروپیلن در آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن در مراحل مختلف.

انحراف معیار	میانگین قطر (μm)	شکل ذرات	نمونه
۰/۶	۰/۹	کروی	دانه آمیخته
۰/۲	۰/۶	کروی	فیلم آمیخته پیش از کشش
۰/۳	۰/۷	لیفچه ای	فیلم آمیخته پس از پارگی

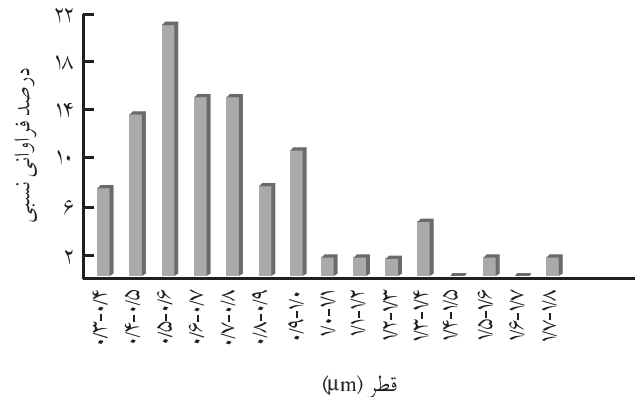
آمیخته پیش از کشش و فیلم آمیخته پس از پارگی آمده است. با توجه به مقدار انحراف معیار ملاحظه می شود که قطر ذرات در دانه نسبت به فیلم کاهش داشته، اما در اثر کشش فیلم، میانگین قطر تغییر قابل قبول آثاری ندارد.

تغییر شکل فاز پراکنده در طول عملیات کشش

با توجه به نمودار تنش - ازدیاد طول فیلم آمیخته پلیمری حاوی سازگارکننده، فیلم های پلیمری با ازدیاد طول های ۶۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۱۰ و ۲۳۰ mm تهیه شدند. پس از خروج جزء نایلون ۶، پلی پروپیلن باقی مانده به کمک میکروسکوپ الکترون پویشی بررسی شد. به اختصار فقط نمونه ای از عکس های تهیه شده برای ازدیاد طول ۶۰ و ۲۳۰ mm در شکل ۱۵ الف و ب ارائه شده است. با توجه به نمودارهای تنش ازدیاد طول نشان داده شده در شکل ۳ ملاحظه می شود، ازدیاد طول ۶۰ mm مربوط به ناحیه پس از گردنی شدن و ازدیاد طول ۲۳۰ mm مربوط به ناحیه پس از افزایش شیب منحنی، در مرحله سخت شدن و

جدول ۳ - تغییر ابعاد ذرات پلی پروپیلن در ازدیاد طول های مختلف برای فیلم نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن (حدود اطمینان آماری در سطح ۹۵ داده شده است).

نسبت طول به قطر	میانگین طول (μm)	میانگین قطر (μm)	ازدیاد طول نمونه (mm)
$3/5 \pm 0/8$	$1/3 \pm 0/7$	$0/4 \pm 0/2$	۶۰
$3/9 \pm 0/8$	$1/4 \pm 0/6$	$0/4 \pm 0/2$	۱۰۰
$3/1 \pm 0/5$	$1/5 \pm 0/5$	$0/5 \pm 0/1$	۱۵۰
$3/5 \pm 0/8$	$1/4 \pm 0/4$	$0/4 \pm 0/1$	۲۰۰
$4/0 \pm 2/2$	$2/0 \pm 0/9$	$0/5 \pm 0/2$	۲۱۰
> 20	> 15	$0/9 \pm 0/4$	۲۳۰
> 150	> 100	$0/7 \pm 0/3$	پس از پارگی



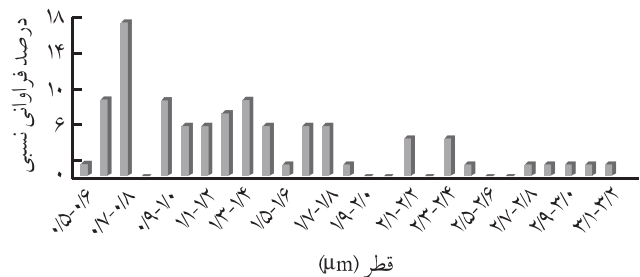
شکل ۱۳ - توزیع فراوانی قطر لیفچه ها برای آمیخته نایلون ۶- پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن در فیلم پس از پارگی.

در شکل ۱۴ توزیع فراوانی قطر لیفچه ها در آمیخته بدون وجود سازگارکننده مشاهده می شود که یک توزیع پهن است، در حالی که در شکل ۱۳ توزیع باریک تر و هم چنین میانگین قطر کمتری برای قطر لیفچه ها با سازگارکننده دیده می شود.

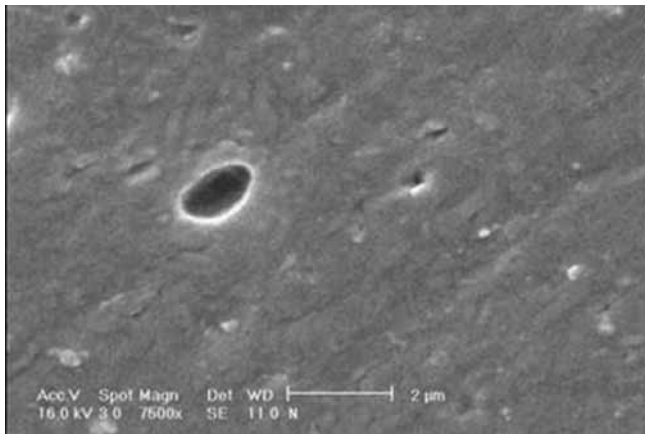
می توان این طور بیان کرد، به علت چسبندگی ضعیف بین پلی پروپیلن و نایلون ۶، انتقال تنش روی ذرات پلی پروپیلن کاهش یافته و نمی توان کاهش قطری به خوبی هنگام وجود سازگارکننده مشاهده کرد. البته باید به این نکته نیز اشاره کرد که در نبود سازگارکننده اندازه ذرات بزرگ تر شده و در نتیجه قطر لیفچه های تولید شده نیز ممکن است، افزایش یابد.

در این جا این سوال مطرح است که حین تولید لیفچه از آمیخته پلیمری، آیا تنها یک ذره از فاز پراکنده پلی پروپیلن به شکل یک لیفچه درآمده است، یا این که یک لیفچه حاصل به هم پیوستن چند ذره فاز پراکنده است؟

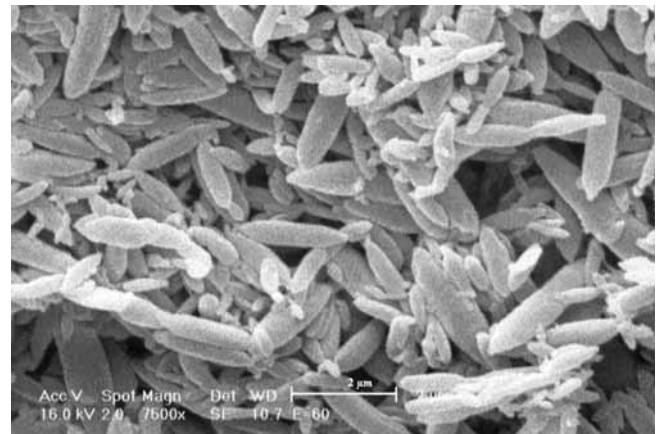
در جدول ۲ میانگین قطر ذرات فاز پراکنده در آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن، در مراحل دانه آمیخته، فیلم



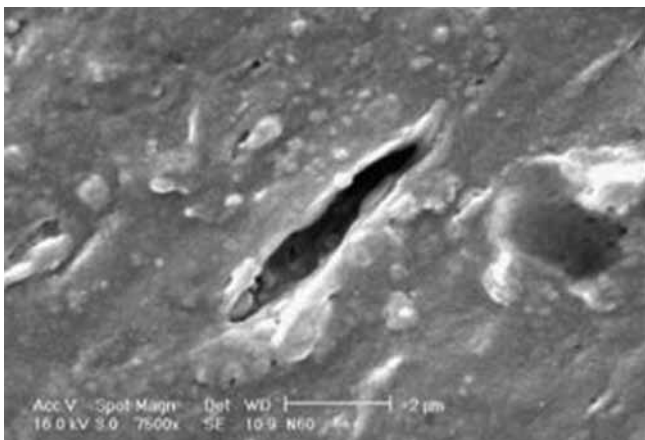
شکل ۱۴ - توزیع فراوانی قطر لیفچه ها برای آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن در فیلم پس از پارگی.



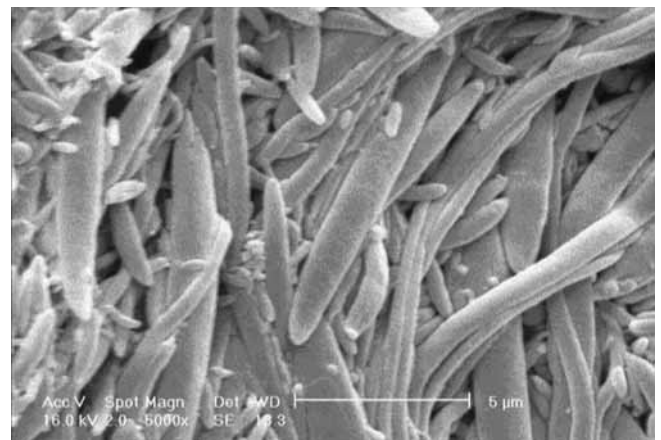
(الف)



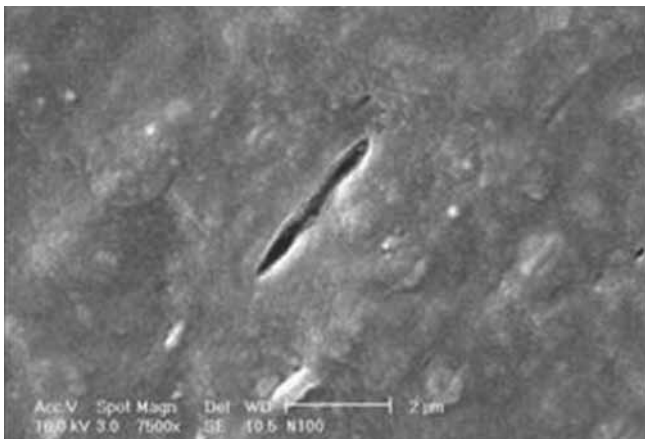
(الف)



(ب)



(ب)



(ج)

شکل ۱۶ - فیلم آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن پس از اثر زایلن: (الف) پیش از کشش، (ب) پس از ازدیاد طول ۶۰ mm و (ج) پس از ازدیاد طول ۱۰۰ mm.

شده جالب توجه است. قطر لیفچه‌ها در این پژوهش مطابق جدول ۳ از ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ nm بسته به شرایط تولید متغیر بوده است. در حالی که در

شکل ۱۵ - شروع لیفچه‌ای شدن پلی پروپیلن برای آمیخته نایلون ۶ - پلی پروپیلن مالئیک دار - پلی پروپیلن: (الف) ازدیاد طول ۶۰ mm و (ب) ازدیاد طول ۲۳۰ mm.

نزدیک به نقطه پارگی و هنگامی است که اجزای روی یک دیگر می‌لغزند. در جدول ۳ نتایج حاصل از تجزیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی، که از پلی پروپیلن در ازدیاد طول‌های مختلف به دست آمده، نشان داده شده است.

با توجه به روند تغییر شکل ذرات کروی و تبدیل آنها به بیضی شکل، در ازدیاد طول‌های تا ۲۱۰ mm و شروع تشکیل لیفچه‌ها در ازدیاد طول ۲۳۰ mm در شکل ۱۵ ب، می‌توان این طور بیان کرد که لیفچه‌ای شدن در مرحله آخر و در نزدیک نقطه پارگی اتفاق می‌افتد، یعنی هنگامی که جزء نایلون ۶ بیشتر تنش اعمال شده را به جزء پلی پروپیلن انتقال می‌دهد و باعث کشیده شدن ذرات استوانه‌ای و بیضی شکل پلی پروپیلن و تبدیل آنها به لیفچه می‌شود.

مقایسه قطر لیفچه‌های به دست آمده در این پژوهش با نتایج منتشر

کشش تا حد پارگی اعمال شد، باریک‌ترین لیفچه‌هایی که به وسیله میکروسکوپ الکترون پوشی ملاحظه شد دارای قطری نزدیک به ۳۰۰ nm بودن و طول آنها با توجه به مقیاس عکس‌ها غیرقابل اندازه‌گیری و بیش از ۱۰۰ μm بود. با توجه به شروع لیفچه‌ای شدن در مرحله پایانی کشش و در مرحله سخت شدن، به نظر می‌رسد، برای به دست آوردن لیفچه‌ها با قطر کمتر باید کشش در دو مرحله انجام شود. لیفچه‌های به دست آمده با سازگارکننده به مراتب باریک‌تر از لیفچه‌های به دست آمده در نبود سازگارکننده است. در مراحل پیش از کشش، فیلم آمیخته پلیمری (دانه و فیلم آمیخته) با وجود سازگارکننده، ذرات پراکنده به طور کلی کروی شکل بوده و تغییر شکل محسوسی در آنها دیده نمی‌شود. اما، در نبود سازگارکننده ذرات کروی به ذرات کشیده تغییر شکل می‌دهند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، عوامل مختلفی بر شکل، اندازه و ساختار لیفچه‌های استخراج شده مؤثرند. وقتی پروپیلن به مدت طولانی در دمای نزدیک به ۱۰۰°C قرار می‌گیرد، به احتمال زیاد مواجه با تغییرات ساختاری، ابعادی و تخریب می‌شود. دمای محیط حین کشش، سرعت کشش، مشخصه‌های تولیدی (دستگاه‌ها و برنامه‌های دمایی) نوع و مقدار سازگارکننده از مواردی هستند که در پژوهش‌های آینده باید به آن توجه داشت.

قردانی

از آقای حمید محمد حسینی از کارگاه پلاستیک پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران که در تهیه فیلم‌ها ما را یاری کردند، هم‌چنین آقای مهندس رضایی از آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی دانشگاه تربیت مدرس که عکس‌های میکروسکوپی را تهیه کردند، تشکر می‌شود. چرا که بدون تحمل و بردباری و دانش این عزیزان امکان انجام این پژوهش میسر نبود. از قطب علمی هویت‌یابی‌های نوین در نساجی (CENMIT) به دلیل کمک مالی برای تهیه برخی امکانات پژوهشی قردانی می‌شود.

مراجع

- Hagewood J. and Shuler B., Potential of Polymeric Nanofibers for Nonwoven and Medical Applications, *Int. Fiber J.*, **23**, 26-30, 2008.
- Homonoff E., Nanofibrillated Fibers: Opening New Markets to Nanofiber Usage, *Int. Fiber J.*, **23**, 22-26, 2008.
- Fakirov S. and Evstatiev M., Microfibrillar Reinforced Composites - New Materials from Polymer Blends, *Adv. Mater.*, **6**, 395-398, 1994.
- Krassig H.A., Lenz J., and Mark H.F., *Fiber Technology*, Marcel

رجع دیگر [۱۹]، که در مقدمه نیز به آن اشاره شد، در نحی که به طور آزمایشگاهی تولید شده بود برای آمیخته پلیمری مشابه قطری کمتر از ۱۵۰ تا ۳۹۹ nm گزارش شده است.

شکل ۱۶ تصاویر میکروسکوپی الکترون پوشی فیلم آمیخته پلیمری را نشان می‌دهد که برای مدت ۸ h در زایلن جوشان بوده است. بررسی وزنی نشان داد، به کمک زایلن در حال جوش جزء پلی پروپیلن از فیلم خارج نشده و در تصاویر هم فقط در نقاط محدودی اثر ذرات پلی پروپیلن خارج شده با زایلن روی فیلم پلیمری مشاهده می‌شود. این پدیده با سازگارکننده و بدون آن نیز دیده شد که علت این امر قرار گرفتن جزء پلی پروپیلن در لایه‌های درونی فیلم و عدم دست‌یابی زایلن به آن نواحی است. این امر نشان می‌دهد، جزء پلی پروپیلن به خوبی در نایلون ۶ پخش شده است، زیرا اگر عمل پخش به خوبی انجام نمی‌شد در یک پخش جمع شده و هنگام عمل کردن با زایلن کاهش وزن مشهود در نمونه اتفاق می‌افتاد، درحالی که به دلیل پخش مناسب، دسترسی زایلن به پلی پروپیلن به عنوان جزء کمتر، به راحتی میسر نشده است.

نتیجه‌گیری

با استفاده از روش آمیخته کردن نایلون ۶ و پلی پروپیلن و تهیه فیلم با استفاده از اکسترودر و انجام عملیات کشش روی آن و سپس خارج کردن نایلون ۶ با کمک فرمیک اسید، میکرو و نانولیفچه‌های پلی پروپیلن به دست آمد. در همین راستا، اثر پلی پروپیلن پیوند شده با مالئیک‌انیدرید به عنوان سازگارکننده در شکل‌شناسی ذرات فاز پراکنده پلی پروپیلن و هم‌چنین اندازه لیفچه‌های نهایی بررسی شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد، شکل‌شناسی آمیخته پلیمری نایلون ۶ و پلی پروپیلن در کشش تا نزدیک مرحله پارگی به شکل ساختار لیفچه‌ای است. پس از این که

Dekker, 1984.

- Volynskii A.L., Lukovkin G.M, and Bakeyev N.F., Polymer Fibrillation During Cold Drawing, *Polym. Sci. USSR*, **19**, 910-919, 1977.
- Dasari A., Rohrmann J., and Misra R.D.K., Microstructure Evolution During Tensile Deformation of Polypropylenes, *Mater. Sci. Eng. Part A*, **351**, 200-213, 2003.
- Utracki L.A., *Commercial Polymer Blends*, National Research Council of Canada, Chapman and Hall, 1998.

8. Berger W., Ludwig U., Hauffe W., and Karasz F.E., Cold Drawing of Polyethylene Terephthalate/Polyethylene Films, *J. Appl. Polym. Sci.*, **34**, 919-929, 1987.
9. Monticciolo A., Cassagnau P., and Michel A., Fibrillar Morphology Development of PE/PBT Blends: Rheology and Solvent Permeability, *Polym. Eng. Sci.*, **38**, 1882-1889, 1998.
10. Evstatiev M., Fakirov S., and Friedrich K., Effect of Blend Composition on the Morphology and Mechanical Properties of Microfibrillar Composites, *Appl. Compos. Mater.*, **2**, 93-106, 1995.
11. Evstatiev M., Fakirov S., Bechtold G., and Friedrich K., Structure-Property Relationship of Injection- and Compression-Molded Microfibrillar-Reinforced PET/PA6 Composite, *Adv. Polym. Technol.*, **19**, 249-259, 2000.
12. Friedrich K., Evstatiev M., Fakirov S., Evstatiev O., Ishii M., and Harrass M., Microfibrillar Reinforced Composites from PET/PP Blends: Processing, Morphology and Mechanical Properties, *Compos. Sci. Technol.*, **65**, 107-116, 2005.
13. Prakashan K., Gupta A.K., and Maiti S.N., Effect of Compatibilizer on Micromechanical Deformation and Morphology of Dispersion in PP/PDMS Blend, *J. Appl. Polym. Sci.*, **105**, 2858-2867, 2007.
14. Li Z., Yang M., and Xe B., In-Situ Microfiber Reinforced Composite Based on PET and PE via Slit Die Extrusion and Hot Stretching: Influences of Hot Stretching Ratio on Morphology and Tensile Properties at a Fixed Composition, *Polym. Eng. Sci.*, **43**, 615-628, 2003.
15. Jayanarayanan K., Bhagawan S.S., Thomas S., and Joseph K., Morphology Development and Nonisothermal Crystallization Behavior of Drawn Blends and Microfibrillar Composites from PP and PET, *Polym. Bull.*, **60**, 525-532, 2008.
16. Shields R.J., Bhattacharyya D., and Fakirov S., Fibrillar Polymer-Polymer Composites: Morphology, Properties and Applications, *J. Mater. Sci.*, **43**, 6758-6770, 2008.
17. Tedesco A., Barbosa R.V., Nachtigall S.M.B., and Mauler R.S., Comparative Study of PP-MA and PP-GMA as Compatibilizing Agents on Polypropylene/Nylon 6 Blends, *Polym. Test.*, **21**, 11-15, 2002.
18. Afshari M., Kotek R., Kish M.H., Dast N.H., and Gupta B.S., Effect of Blend Ratio on Bulk Properties and Matrix-Fibril Morphology of Polypropylene/Nylon6 Polyblend Fibers, *Polymer*, **43**, 331-341, 2002.
19. Fallahi E., Kish M.H., and Barmar M., Micro and Nano Fibrils from Polypropylene/Nylon 6 Blends, *J. Appl. Polym. Sci.*, **108**, 1473-1481, 2008.
20. Evstatiev M., Nicolov N., and Fakirov S., Morphology of Microfibrillar Reinforced Composites PET/PA 6 Blend, *Polymer*, **37**, 4455-4463, 1996.
21. Krumova M., Michler G.H., Evstatiev M., Friedrich K., Stribeck N., and Fakirov S., Transcrystallisation with Reorientation of Polypropylene in Drawn PET/PP and PA66/PP Blends. Part 2. Electron Microscopic Observations on the PET/PP Blend, *Prog. Colloid Polym. Sci.*, **130**, 167-173, 2005
22. Li X., Chen M., Huang Y., Lin G., Zhao S., Liao B., Wang C., and Cong G., In-Situ Composite Based on Polypropylene and Nylon 6, *Adv. Polym. Technol.*, **16**, 331-336, 1997.
23. Hong J.S., Ahn K.H., and Lee S.J., Strain Hardening Behavior of Polymer Blends with Fibril Morphology, *Rheologica Acta*, **45**, 202-208, 2005.
24. Afshari M., Kish M.H., Nazockdast H., and Oromiehie A., Effect of Mixing Ratio and Compatibilizer on Rheological, Morphological and Thermal Properties of Polypropylene Nylon 6 Alloy, *Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian)*, **14**, 201-211, 2001.
25. Tavanaie M.A., Shoushtari A.M., Goharpey F., and Mojtahedi M.R.M., Matrix-Fibril Morphology and Structure of Polyblend Fibers in Melt Spinning Process: A Review *Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian)*, **21**, 367-388, 2008.
26. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, Lide D.R., (Ed.), 86th ed., 3-262, 2005-2006.
27. Pavia D., *Introduction to Spectroscopy*, 2nd ed., Washington University belling Washington (Translated by Movasagh B., Persian, Scientific and Technical, 2001).