

# تأثیر استفاده از مخلوط های پلیمری پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ و پلیمر بلور مایع بر قابلیت تکسچره شدن آن

علی خسرو شاهی  
دانشجوی دکتری

میرهادی سیّد اصفهانی  
دانشیار

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

## چکیده

پلی پروپیلن از قابلیت تکسچره شدن ضعیفی برخوردار می باشد که بر کاربردهای نساجی آن تأثیر گذار است و افزودن پلیمرهای دیگر به آن، سبب تغییراتی در ویژگیهای آن می شود. اضافه نمودن یک پلیمر بلور مایع و پلی آمید ۶ به پلی پروپیلن سبب تغییراتی در خواص فیزیکی و بویژه تکسچره شدن آن گردید. بهترین تأثیر مربوط به مخلوط ۵٪ پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ و سازگار کننده بود. مخلوطهای با پلیمر بلور مایع خواص فیزیکی آنرا کاهش داده ولی مخلوط دارای ۳٪ پلیمر بلور مایع خواص فرو موج را بهبود قابل ملاحظه ای بخشید. تشکیل فیبریل و چسبندگی آنها به ماتریس عامل مهمی در بهبود خواص تکسچره شدن نخ مخلوط پلیمری می باشد.

## کلمات کلیدی

مخلوط پلیمرها، پلیمر بلور مایع، تکسچرایزینگ، پلی پروپیلن، مخلوط پلی پروپیلن/ پلی آمید ۶، مخلوط پلی پروپیلن / نایلون ۶، مخلوط پلی پروپیلن/ پلیمر بلور مایع، الیاف مخلوط پلیمری، نخ مخلوط پلیمری.

## The Effect of Polymer Blends of Polypropylene with Polyamide 6 and Liquid Crystal Polymers on its Texturability

M.H.Seyed-Esfahani  
Associate Professor

A. Khosroshahi  
Ph.D. Student

Textile Department, Amirkabir University of Technology. Tehran/Iran

## Abstract

*Polypropylene yarn has poor textureability, which affects its textile uses. Textureability of PP filament yarns have been improved by adding liquid crystal polymer (LCP) and polyamide 6 (PA6). The best condition was achieved by using 5% PA6 together with compatibilizers in PP. The blends with liquid crystal polymer decreased the physical properties of the yarn, but blends of 3% LCP improved the crimp properties of the yarn. fibrillar formation and its adhesion to the matrix improved the textureability of the polyblends.*

## Key words

*polymer blends, polyblend, PP, liquid crystal polymer, LCP, texturing, PP/PA6 polyblend, polypropylene/polyamide 6, polypropylene/liquid crystal polymer, polypropylene/nylon 6, polypropylene, PP/PA6, PP/LCP, poly blend fiber, polyblend yarn.*

است.

Mukhopadhyay و همکارانش معتقدند که تبلور بالا و ضریب هدایت حرارتی پایین دو عامل محدود کننده بر قابلیت تکسچره شدن نخ پلی پروپیلن به روش تاب مجازی می باشند. لذا کاهش تبلور در نخ تغذیه پلی پروپیلن را یکی از راههای اساسی جهت بهبود قابلیت تکسچره شدن آن می دانند.

آنها دو فرض مختلف را برای کاهش تبلور نخ خام پلی پروپیلن مورد استفاده در تکسچرایزینگ به روش تاب مجازی مطرح نموده اند:

- ۱- آنیلینگ تحت کشش (tension annealing) در دمایی کمتر از دمای حداکثر سرعت تبلور و بدنال آن سرد کردن تا از میزان تبلور الیاف کاسته شود [۳]. نخ آنیلینگ شده تحت کشش و در دمای پایین، پس از تکسچره شدن سختی فرو موج بیشتری را نشان می دهد. هر اندازه دمای آنیلینگ افزایش یابد از مقدار سختی فرو موج در نخ تکسچره کاسته می شود. نتایج نشان دادند که تبلور نخ تغذیه، اهمیت زیادی در بهبود خواص تکسچره شدن دارد و این تبلور نخ قبل از تکسچره است که بر سختی فرو موج مؤثر می باشد، در حالیکه میزان تبلور پس از تکسچره کردن از اهمیت چندانی در این مورد برخوردار نیست.
- ۲- مخلوط نمودن مقدار اندکی از یک پلیمر ناسازگار مانند پلی استر یا پلی استایرن با پلی پروپیلن و سپس ذوب ریسی آنها، تا بدین ترتیب در اثر حضور پلیمر ناسازگار، از میزان تبلور پلی پروپیلن به مقدار قابل ملاحظه ای کاسته شود [۴ و ۵].

با این هدف Sengupta و همکارانش بمنظور کاهش تبلور در نخ پلی پروپیلن، اضافه نمودن مقدار کمی پلی استر یا پلی استایرن به پلی پروپیلن قبل از اکستروژن آنرا مورد بررسی قرار دادند. آزمایشات نشان داد که اضافه نمودن مقدار کمی از یک پلیمر ناسازگار، از تبلور پلی پروپیلن به مقدار قابل ملاحظه ای جلوگیری مینماید. اندازه گیری ضریب شکست مضاعف و آرایش یافتگی قسمتهای بلوری و بی شکل کاهش مشابهی را نشان دادند. در نتیجه کاهش تبلور، زمان مورد نیاز برای فرآیند تاب مجازی کاهش قابل ملاحظه ای پیدا کرد.

آنها نخهایی از مخلوطهای پلیمری ۲ و ۵ درصد پلی استر و پلی استایرن را تهیه نموده و پس از تکسچره خواص فرو موج آنها را اندازه گیری نمودند. بالاترین مقدار سختی فرو موج برای نمونه دارای ۵٪ پلی استایرن گزارش شده، که در آن تبلور از ۷۰٪ برای نخ اصلی به ۲۴٪ برای نخ

یکی از ویژگیهای مهم مورد نیاز جهت کاربردهای نساجی نخهای یکسره، قابلیت تکسچره شدن مطلوب می باشد، تا ویژگیهای عایق حرارتی، نفوذ ناپذیری هوا، قدرت پوشش دهی، زبردست نرم و حجیم بودن و در برخی موارد ازدیاد رطوبت پذیری نسبت به نخ اولیه بهبود یابد.

روش تاب مجازی یکی از روشهای عمده برای تکسچره نمودن نخهای یکسره است. این روش فرایندی ترمومکانیکی بوده، شامل عملیاتی است که طی آن لیف تا نزدیکی نقطه نرم شدن آن حرارت داده می شود، که در اثر آن قسمتی از بلورها ذوب گردیده و پیوندهای میان واحدهای مولکولی سست شده، از بین رفته و آرایش یافتگی مولکولی جدیدی را امکان پذیر می سازند. در همین زمان فیلامنتها که تحت تأثیر تاب قرار گرفته اند، پس از سرد شدن، پیوندهای جدیدی میان واحدهای مولکولی ایجاد می شود (تبلور مجدد) و لیف را در شکل جدید خود باقی نگاه میدارند.

بنابراین چنانچه فیلامنتها دارای سختی کمتری در حین پیچیده شدن و تاب دیدن باشند، تاباندن آن در حالت گرم راحت تر خواهد بود. از سوی دیگر تبلور بیشتر و شکل بلورها بیانگر آن است که نیاز به انرژی حرارتی بیشتری می باشد. بررسی های محققین بر روی میزان تراکم موج (crimp contraction)، بعنوان عاملی برای مقایسه میزان فرو موج در نخ تکسچره شده نشان داده است که این عامل برای نخ تکسچره شده پلی پروپیلن در محدوده ۵۰-۳۵٪ است، در حالیکه برای پلی آمید ۶، ۷۰-۵۵٪ می باشد که در حد قابل توجهی است.

با توجه به دلایلی که بیان گردید، علت ضعیف بودن خاصیت فریاد شدن نخهای یکسره پلی پروپیلن در این واقعیت نهفته است که نخ پلی پروپیلن مورد استفاده دارای تبلور به مراتب بیشتر و هدایت حرارتی و دمای انتقال شیشه ای کمتری نسبت به پلی آمید و پلی استر می باشد. از اینرو نخهای فیلامنتی پلی پروپیلن را جزء نخهای فیلامنتی کششی متوسط (medium stretch type) طبقه بندی نموده اند [۱ و ۲].

عواملی که بر کیفیت تکسچره شدن نخ فیلامنتی مؤثر می باشند عبارتند از:

- ۱- میزان تبلور
  - ۲- آرایش یافتگی بلورها
  - ۳- شکل بلورها
- تبلور بالای پلی پروپیلن (بدون توجه به شکل بلور) توسط Sengupta, Sen و Mukhopadhyay [۲] و از نظر شکل بلورها توسط مجتهدی [۱] مورد مطالعه قرار گرفته

ریسیده شده از مخلوط دو پلیمر رسیده است. این امر بهبود قابل توجه در مقدار سختی فرو موج از ۵٪ به ۱۵٪ و کاهش زمان لازم برای تثبیت تغییر شکل را در پی داشته است [۴ و ۵]. Cao, Jiang, Qi, Zhong در مطالعات خود دریافتند که در کنار میزان تبلور، آرایش یافتگی و شکل بلورها نیز بر تکسچر شدن نخ پلی پروپیلن مؤثر می باشند. زیرا با توجه به مکانیزم تغییر شکل، الاستیسیته فرموج در نخهای تکسچر شده پلی پروپیلن ارتباط بسیار نزدیکی با سختی فیلامنتهای کشیده شده دارد و آرایش یافتگی بیشتر، سختی بالاتری را در فیلامنتهای کشیده شده بوجود می آورد. علاوه بر این درجه تبلور و کامل بودن ساختمان بلوری در فیلامنت های کشیده شده، قطعات ماکرومولکولی فشرده تری را ایجاد خواهند نمود. از اینرو فضای آزاد کاهش یافته و در اثر آن از حرکات زنجیرهای مولکولی کاسته می شود.

### تأثیر استفاده از مخلوط های پلیمری بر خواص الیاف پلی پروپیلن

بمنظور اصلاح خواص الیاف پلی پروپیلن و ایجاد ویژگیهای جدید در آنها روشهای مختلفی مورد بررسی محققین قرار گرفته، که به طور عمده بر پایه اصلاح خواص الیاف بوده است. در برخی موارد سعی گردیده تا با استفاده از پارامترهای تولید الیاف، مانند شرایط ریسندگی مذاب و فرآیندهای کشش و تکسچر کردن، خواص لیف بهبود بخشیده شود، و در برخی موارد با اضافه نمودن مواد افزودنی پلیمری، مانند پلی آمید ۶، پلی اتیلن ترفتالات، پلی استایرن و یا پلیمرهای بلور مایع (Liquid crystal polymer) این امر صورت پذیرفته است [۱۰-۲].

پلیمر اضافه شده به پلی پروپیلن حتی در درصدهای کم می تواند موجب تغییرات اساسی در خواص لیف گردیده و حتی برخی از عیوب آنرا برطرف نماید. این تأثیرات بستگی به نوع پلیمر و شرایط افزوده شدن آن به پلی پروپیلن و ویژگیهای مخلوط پلیمری که ایجاد می گردد، دارد.

ساختمان الیاف مخلوط پلیمری توسط ساختمان شیمیایی هر یک از اجزاء و شرایط فرآیند تحت تأثیر قرار می گیرد و از آنجایی که اغلب مخلوط های پلیمری ناسازگار هستند، هر یک از اجزاء در فازهای جداگانه ای حضور خواهند داشت، که متشکل از یک پلیمر اصلی یا غالب (major) و یک جزء فرعی یا مغلوب (minor) است. با توجه به ترکیب درصد اجزاء در مخلوط، سازگاری آنها و ساختاری که دارا می باشند، به یکی از صورت های زیر وجود خواهند داشت:

۱- ذره (particle)

۲- رشته (fibril)

۳- شبکه درهم نفوذ کرده (interpenetrating network) در این بررسی تأثیر دو گروه خاص از افزودنیها بر خواص نخ یکسره پلی پروپیلن مورد بررسی قرار گرفته است. دسته اول شامل پلیمرهای بلور مایع بوده و گروه دوم پلی آمید ۶ می باشد. این دو گروه در اثر تفاوت های قابل توجهی که با یکدیگر دارند، می توانند تأثیرات گوناگون و متفاوتی را بر خواص نخ تولیدی بر جای گذارند [۱۶-۱۱ و ۶].

پلیمرهای بلوری مایع طبقه جدیدی از مواد پلیمری می باشند که ترکیبی از خواص پلیمرها و بلورهای مایع (Liquid crystal) را دارا هستند. این مواد از زنجیرهای سخت و میله ای تشکیل یافته و در حالت مذاب بصورت غیر ایزوتروپیک بوده و ساختمان بلور مایع را ایجاد می نمایند. گرانبوی بسیار کمتر نسبت به پلیمرهای متداول (که دارای ساختمان ایزوتروپیک هستند) از خود نشان می دهند. چنانچه در حالت مذاب تحت جریانهای برشی یا کششی قرار گیرند، این ماکرو مولکولهای سخت براحتی با قرار گیری در مسیر جریان آرایش یافته و به صورت الیاف و فیبریل در زمان سرد شدن مذاب فرم می گیرند.

در ذوب رسی مخلوط های پلیمری بلور مایع با پلی پروپیلن، پلیمر بلور مایع بصورت فاز مغلوب در ماتریس پلی پروپیلن پراکنده می گردد. چگونگی این پراکندگی تابع عواملی مانند شرایط ذوب رسی، ساختمان مولکولی پلیمر بلور مایع، نسبت ویسکوزیته دوفاز در دمای ذوب رسی و نسبت دو جزء در مخلوط می باشد که بر خواص الیاف حاصل تأثیرات مهمی می گذارند.

تحقیقات منتشر شده در مورد ریسندگی مذاب و خواص الیاف مخلوط پلیمری پروپیلن با پلیمرهای بلور مایع اندک می باشد. تأثیر این افزودنیها بر خواص نساجی الیاف همچون تکسچر شدن و رنگریزی مورد مطالعه قرار نگرفته است.

ذوب رسی مخلوط های پلیمری پلی پروپیلن با پلی آمید ۶، با هدف اصلاح ویژگیهای پلی پروپیلن مورد توجه بوده است. ذوب رسی مخلوط آنها با یکدیگر راحت تر بوده و حضور افزودنی مانند پلی آمید ۶ می تواند تأثیرات مطلوبی را بر خواص پلی پروپیلن بگذارد. در اختلاط پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ به واسطه وجود ناسازگاری میان اجزاء، جزء کمتر بصورت فیبریل در ماتریس پراکنده شده و با توجه به چسبندگی پایینی که میان آنها وجود دارد، فیلامنت حاصل از استحکام بسیار پایینی برخوردار خواهد بود. بنابراین چگونگی پراکندگی اجزاء و کیفیت آن دارای تأثیر مهمی بر خواص لیف می باشد. شبکه سه بعدی و یا فیبریل های طولی که از یک جزء در جزء دیگر تشکیل می گردد، به شدت بر

دستگاه مدل STATIMAT M ساخت TEXTECHNO استفاده شد. برای کلیه آزمونها طول آزمون ۱۰۰ mm و سرعت ۱۰۰ mm/min با load cell ۱۰ نیوتن اختیار گردید. برای بر طرف نمودن فرو موج نخ، کلیه نمونه ها تحت بار اولیه ۰/۱ CN/ Tex قرار گرفتند.

### اندازه گیری جمع شدگی

جمع شدگی تحت اثر هوای داغ °C ۱۳۰ و زمان ۱۵ دقیقه اندازه گیری شد. نمونه ها قبل از اندازه گیری طول (قبل و بعد از حرارت دیدن) برای زمان ۱۰ ثانیه تحت بار ۲ CN/ Tex قرار داده شده و سپس طول آنها اندازه گیری گردید.

### خواص فرو موج

اندازه گیری فرو موج بر اساس روش آزمون «تعیین پارامترهای فرو موج نخهای فیلامنتی تکسچره» (determination of the parameters for the crimp of DIN 5384 opart 1 textured filament yarns) صورت گرفت. بدین منظور یک کلاف با نمره کل حدود ۲۵۰۰ دسی تکس تهیه، بار اولیه ۰/۱ CN/ Tex به آن اعمال و پس از آماده سازی، جهت گسترش فرو موج در آون °C ۸۰ برای زمان ۱۰ دقیقه قرار داده شد [۱۷ و ۱۸].

### نتیجه آزمایشات

#### ۱- خواص نخ تغذیه

جدول های ۱ و ۲ نتایج آزمایشات نمونه های کشیده شده را نشان می دهند. نتایج حاصل نشانگر تأثیر افزودنی بکار رفته بر خواص نخ کشیده شده می باشد. با توجه به آنکه گرانروی هردو افزودنی بکار رفته در دمای ذوب ریزی کمتر از پلی پروپیلن بوده است، بنابراین انتظار میرود تا افزودنیها بصورت فیبریل در ماتریس پلی پروپیلن ظاهر گردند، مقایسه استحکام نمونه های مخلوط پلیمری (بویره مخلوط های دارای پلی آمید و سازگار کننده) مؤید این امر می باشند. نمونه نخهای پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ (با وبدون سازگار کننده) دارای تطویل تقریباً یکسانی می باشند، ولی در مخلوط پلی پروپیلن با پلیمر بلور مایع با اضافه شدن بر مقدار افزودنی، به سرعت از میزان تطویل کاسته شده است (شرایط کشش برای تمام نمونه ها یکسان بوده است). مقایسه استحکام نمونه های مختلف نیز نشان می دهد که هر دو افزودنی در مقدار کم (۱٪) تأثیر قابل توجهی بر استحکام نخ ندارند ولی با افزایش مقدار پلی آمید ۶ در مورد مخلوط بدون سازگار کننده کاهش استحکام ناچیزی دیده می شود، ولی برای مخلوط دارای سازگار کننده کمی افزایش استحکام ملاحظه

خواص استحکامی مخلوط مؤثر میباشند. هر چه این فیبریلها کوتاهتر باشند، لیف ضعیف تری بدست خواهد آمد، زیرا فیبریلهای کوتاه بعنوان پرکننده های ناسازگار عمل نموده و منجر به بروز پارگی در سطوح مشترک تحت کشش می گردند. ازاینرو وجود فیبریلهای با طول کافی برای تقویت لیاف ریسیده شده ضروری می باشد [۲۲-۱۸].

تشکیل فیبریلها علاوه بر غلظت جزء اضافه شده پلی آمید، به گرانروی آن نسبت به پلی پروپیلن نیز بستگی دارد. چنانچه جزء پلی آمید از گرانروی کمتری نسبت به پلی پروپیلن در دمای ذوب ریزی برخوردار باشد، در اینصورت در اثر فیبریل شدن، منجر به تقویت ماتریس و بهبود خواص مکانیکی لیاف ریسیده شده می گردد. ولی چنانچه گرانروی جزء افزوده شده در دمای فرآیند بیشتر از ماتریس باشد، هیچگونه فیبریل شدنی روی نداده و جزء افزودنی بصورت گویچه هایی در ماتریس ظاهر می گردد، که تأثیر مثبتی بر بهبود خواص مکانیکی لیف نخواهد داشت [۲۶، ۲۵، ۲۱، ۱۲، ۱۱، ۶].

فیبریل شدن جزء افزودنی علاوه بر این سبب می گردد تا خواص جذب رنگ و رطوبت لیف نیز بهبود نیابد. زیرا پلی پروپیلن بدلیل تبلور بالا و ساختمان آلفاتیک غیر قطبی که فاقد هر گونه محل فعال در زنجیر مولکولی خود است، قادر به جذب مواد رنگزا و رطوبت نمی باشد و تنها در صورت فیبریل شدن مؤثر جزء پلی آمید است که امکان جذب رنگ و رطوبت برای آن فراهم گردیده و تأثیر تقویت کنندگی فیبریلهای پلی آمید به بهبود قابلیت تکسچره شدن آن کمک خواهد نمود. ویژگیهایی که از نظر کاربرد آن بعنوان یک لیف نساجی بسیار مهم می باشند [۲۸، ۲۷، ۲۴].

### مواد اولیه و شرایط انجام آزمایشات

جهت انجام آزمایشات نخ ریسیده شده (as-spun) در سرعت ذوب ریزی ۲۰۰۰ متر در دقیقه با نمره نخ حدود ۱۴۰ دسی تکس و ۲۶ فیلامنت از مخلوط پلی پروپیلن با پلیمر بلور مایع Vectra LKX 1170 و مخلوط پلی پروپیلن با پلی آمید ۶ با ۳،۱ و ۵٪ افزودنی از هر یک و نیز مخلوط ۳ و ۵٪ پلی پروپیلن (pp) با پلی آمید ۶ (PA6) و سازگار کننده (OR) Orevac CA100 (compatibilizert) (پلی پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالیک) تهیه و کشیده شد. خواص فیزیکی نخ کشیده شده اندازه گیری گردید. در مرحله بعد نخ توسط دستگاه تکسچرایزر Scragg CS12 در دمای °C ۱۴۵، زمان تماس ۰/۸۱ ثانیه و تاب در متر ۲۹۵۳ تکسچره گردید.

### اندازه گیری استحکام - ازدیاد طول

برای اندازه گیری استحکام - ازدیاد طول نمونه ها از یک

می گردد. تغییرات استحکام برای مخلوطهای با پلی آمید ۶ اگر چه ناچیز است ولی در مورد مخلوط با پلیمر بلور مایع این تغییرات قابل توجه بوده و نشانگر تاثیر قوی آن بر خواص مخلوط، بویژه افزایش مدول نمونه ۱٪ آن می باشد. این تأثیرات بر خواص تکسچره شدن نخ مخلوط پلیمری مؤثر هستند.

جدول (۱) نتایج آزمایش نمونه نخ کشیده شده پلی پروپیلن خالص و مخلوط آن با پلیمر بلور مایع.

PP	۱۰۰	۹۹	۹۷	۹۵
LCP	-	۱	۳	۵
ازدیاد طول	۳۵/۰	۳۰/۸	۲۳/۵	۱۰/۴
(%)	(۱/۵)	(۲/۹)	(۱/۳)	(۰/۷)
کار تا حد پارگی	۵۶۰	۴۶۶	۲۵۷	۱۰۵
(CN/cm)	(۴۴)	(۸۶)	(۲۰)	(۷)
استحکام	۲/۲۹	۳/۱۷	۲/۰۲	۱/۴۸
(CNdtex)	(۰/۶۰)	(۰/۰۹)	(۰/۰۳)	(۰/۰۶)
نمره نخ	۶۹	۷۰	۷۰	۷۱
(dtex)	(۰/۲)	(۰/۳)	۰/۴	(۰/۶)
مدول (۵-۲٪)	۲۱/۳	۲۱/۷۱	۱۵/۲	۱۶/۰۵
(CN/dtex)	(۰/۴)	(۱/۷۵)	(۰/۲)	(۰/۴۶)
جمع شدگی (%)	۸/۹	۹/۱	۹/۲	۹/۸

-مقادیر داخل پرانتز نشانگر انحراف معیار میباشد.

حداکثر ۶۰ متر در دقیقه مورد بررسی قرار داده بودند، در حالیکه در اینجا ظرافت فیلامنتها در حدود یک بیستم و سرعت ریسندگی نیز ۳۳ برابر یا بیشتر گردیده است. هر دوی این عوامل تأثیرات زیادی را بر ویژگیها و رفتار مخلوط و حساسیت آن نسبت به عوامل مختلف تولید برجای می گذارند، که مشهودترین آن کاهش غلظت بحرانی می باشد.

جدول (۲) نتایج آزمایش نمونه نخ کشیده شده پلی پروپیلن خالص و مخلوط آن با پلی آمید ۶ (با و بدون سازگار کننده)

PP	۹۹	۹۷	۹۵	۹۷	۹۵
PA6	۱	۳	۵	۳	۵
سازگار کننده	-	-	-	۳	۵
ازدیاد طول	۳۳/۲	۳۳/۸	۳۱/۵	۳۳/۰	۳۶/۵
(%)	(۱۵/۱)	(۳/۱)	(۱۱/۰)	(۲/۱)	(۲/۲)
کار تا حد پارگی	۵۹۱	۵۱۷	۴۲۶	۳۹۱	۵۸۰
(CN/cm)	(۳۲۲)	(۶۶)	(۱۶۹)	(۵۵)	(۵۳/۳)
استحکام	۲/۲۹	۳/۲۷	۲/۷۳	۲/۱۰	۳/۲۳
(CNdtex)	(۰/۰۳)	(۰/۰۳)	(۰/۰۸۹)	(۰/۰۸)	(۰/۰۵)
نمره نخ	۶۶	۶۷	۶۷	۶۹	۶۷
(dtex)	(۰/۲)	(۰/۱)	(۰/۲)	(۰/۳)	(۰/۳)
مدول (۵-۲٪)	۲۰/۶	۲۰/۵	۱۶/۴	۱۸/۸	۱۹/۷
(CN/dtex)	(۰/۳)	(۰/۶)	(۵/۸)	(۰/۹)	(۰/۵)
جمع شدگی (%)	۹	۸/۹	۹/۲	۷/۹	۱۰/۴

-مقادیر داخل پرانتز نشانگر انحراف معیار میباشد.

البته در مورد مخلوط دارای پلی آمید ۶، بدلیل تشابه بیشتر آن با پلی پروپیلن هماهنگی بهتری میان آن دو دیده می شود. این امر با حضور سازگار کننده بهتر شده و پلی آمید تأثیر تقویت کنندگی نیز بر مخلوط می گذارد. خواص مخلوط های دارای پلی آمید ۶ بسیار نزدیکتر به پلی پروپیلن بوده و چنین بنظر می رسد که تأثیر مثبت اختلاط این دو بر یکدیگر به مراتب بیشتر از اثرات منفی اختلاط آنها(که در هر مخلوط پلیمری کم و بیش وجود خواهد داشت) می باشد.

## ۲- تکسچر ایزینگ

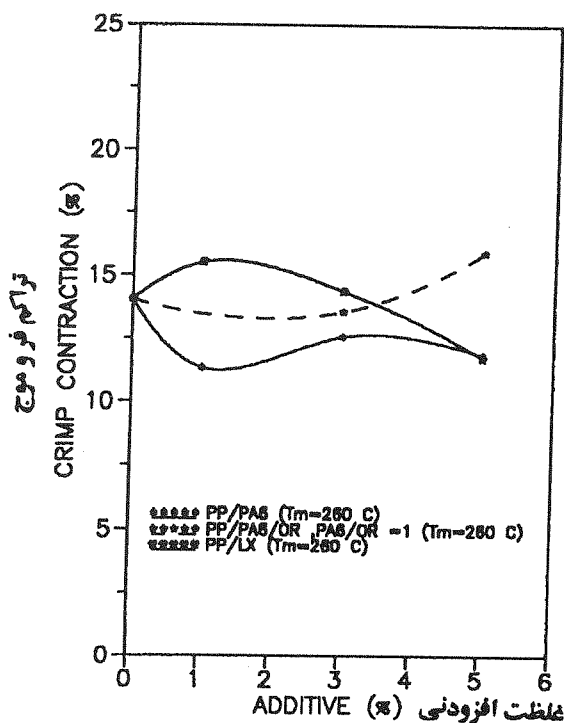
نمونه های نخ با خصوصیات فوق در شرایط ذکر شده تکسچره گردید و سپس تحت آزمایشات استحکام - ازدیاد طول و فرو موج قرار گرفتند. نتایج این آزمایشات در جداول ۲ و ۴ آورده شده است.

شکل (۱) تأثیر افزودنیها بر روی تراکم فرو موج (crimp contraction) را نشان می دهد. مخلوط دارای ۱ و ۳٪ پلیمر بلور مایع تراکم فرو موج بالاتری را نسبت به پلی پروپیلن خالص نشان می دهد. این تأثیر را میتوان ناشی از ساختار زنجیرهای سخت پلیمر بلور مایع مذکور دانست. ولی با رسیدن مقدار پلیمر بلور مایع به ۵٪، از تراکم فرو

به طور کلی می توان در مورد تأثیر مخلوطهای پلیمری بر روی خواص نخ پس از کشش نتیجه گرفت، که کاهش تطویل و استحکام، با اضافه شدن به مقدار پلیمر بلور مایع و تغییرات ناچیز در خواص مشابه برای مخلوطهای دارای پلی آمید ۶ روی می دهد. این تغییرات در مورد مخلوطهای پلیمر بلور مایع شدیدتر بوده و آنرا می توان ناشی از تأثیر ناسازگاری در مخلوط و تفاوت زیاد در خصوصیات اجزا مخلوط دانست.

مخلوط با ۱٪ پلیمر بلور مایع تغییرات مثبتی را نسبت به پلی پروپیلن خالص نشان داده و یا در مواردی بدون تغییرمانده، ولی با اضافه شدن بر مقدار پلیمر بلور مایع، این امر روند منفی در جهت کاهش خصوصیات لیف را گرفته و چنین بنظر می رسد که مقدار بحرانی برای غلظت این دسته پلیمرها تحت شرایط آزمون و با توجه به ظرافت و کیفیت نخ تولیدی در محدوده کمتر از ۳٪ پلیمر بلور مایع قرار داشته باشد. در حالیکه درکاری مشابه توسط Qin و همکارانش بر روی مخلوط پلی پروپیلن و پلیمر [۱۱-۱۲] این محدوده غلظت بحرانی در حدود ۱۰٪ بود. البته آنها در کار خود نخ منوفیلامنت با ظرافت ریسیده شده ۴۷۰ دسی تکس و نمره نخ پس از کشش حدود ۴۰ دسی تکس را در سرعت ریسندگی

موج کاسته شده و کمتر از پلی پروپیلن خالص می گردد. نمونه های دارای پلی آمید ۶ بدون سازگار کننده، برای تمامی مقادیر، تراکم فرو موج کمتری را نسبت به پلی پروپیلن خالص نشان می دهند. بالاترین مقدار تراکم فرو موج برای مخلوط دارای ۵٪ پلی آمید (با سازگار کننده) می باشد.



شکل (۱) تأثیر نوع و غلظت افزودنی بر تراکم فرو موج نخ تکسچره شده پلی پروپیلن.

آنچه که در این قسمت دارای اهمیت بوده و تأثیرات خود را بصورت تغییر در خواص فرو موج نشان داده است، دو تأثیر ناشی از تقویت ماتریس توسط فیبریل‌های ماده افزودنی و تضعیف نمودن آن در اثر ناسازگاری میان اجزاء می باشد. در مخلوط دارای ۵٪ پلی آمید با سازگار کننده، حضور مقدار زیاد پلی آمید منجر به ایجاد فیبریل‌های بیشتر و احتمالاً طولی تری می گردد، که در حضور سازگار کننده اتصال مناسب و خوبی میان این فیبریل‌ها و ماتریس پلی پروپیلن ایجاد می گردد. در اثر شرایط تکسچره شدن، فیبریل‌ها راحت تر تغییر فرم را قبول کرده و با قرار گیری در فرم جدید (بدلیل دمای انتقال شیشه ای و هدایت حرارتی بالاتر نایلون و گرمای ویژه کمتر آن نسبت به پلی پروپیلن) پس از عبور از ناحیه حرارتی تکسچرایزر، راحت تر و زودتر سرد شده و در حالت جدید خود تثبیت می شود، در نتیجه فیبریل‌ها بهتر می توانند ماتریس را تقویت نموده و از تغییر فرم آن بکاهند. در این حالت از خواص خوب تکسچره شدن پلی آمید (ناشی از ظرفیت

حرارتی ویژه کمتر، هدایت حرارتی و دمای انتقال شیشه ای بالاتر آن) استفاده شده است.

البته عامل مهم در این بین اتصال مناسب میان ماتریس پلی پروپیلن و فیبریل پلی آمید می باشد، چه در غیاب یک اتصال خوب میان ماتریس و فیبریل، حتی برای مخلوط دارای ۵٪ پلی آمید (بدون سازگار کننده) تراکم فرو موج کمتر از پلی پروپیلن خالص می باشد. آنچه که فرض تقویت اتصال ماتریس پلی پروپیلن توسط پلی آمید در اثر حضور سازگار کننده را قوت می بخشد، افزایش استحکام نخ دارای ۵٪ پلی آمید با سازگار کننده، نسبت به پلی پروپیلن خالص می باشد. ولی در مورد مخلوط های آن بدون سازگار کننده، این تأثیر در غلظت‌های کم بدلیل کم بودن مقدار و اثر فیبریل‌ها و در غلظت ۵٪ در اثر تأثیر منفی ناسازگاری اجزاء ناچیز بوده و پلی آمید در واقع نقش روان کننده را ایفا می نماید. این تأثیر اگر چه در ابتدای تکسچرایزینگ کمک به تغییر شکل راحت تر لیف مینماید، ولی باید توجه داشت که حفظ تغییر شکل در لیف پس از تکسچرایزینگ نیز عامل بسیار مهمتری می باشد. بطور مشابه می توان همین تأثیر را برای پلیمر بلور مایع و اثر آن بر تقویت ماتریس و جلوگیری از تغییر شکل در نظر داشت. ولی با توجه به ناسازگاری میان پلی پروپیلن و پلیمر بلور مایع با افزایش مقدار پلیمر بلور مایع به ۵٪، بدلیل ناسازگاری میان اجزاء از تأثیر تقویت کنندگی فیبریل‌های پلیمر بلور مایع کاسته می شود.

پلیمر بلور مایع با توجه به خواص زنجیرهای مولکولی آن دارای سختی بالایی بوده و حضور اجزاء سخت آن در مخلوط از میزان تبلور کاسته و در عین حال نقش تقویت کننده را نیز برای ماتریس ایفا می نماید. زمانیکه در تکسچرایزینگ در اثر حرارت، بلورها ذوب شده و در محل جدید خود شکل می گیرند، فیبریل‌های پلیمر بلور مایع با قرار گیری در ساختار جدید برای خود وضعیتی را ایجاد می نمایند که لیف براحتی قادر به تغییر وضعیت و برگشت به حالت اولیه (صاف) نباشد.

این موضوع فرض قابل قبولی است که در مخلوط‌های پلیمری غیرقابل اختلاط، ضعیف شدن چسبندگی و جدایی فازی در دماهای بالاتر بهتر صورت می پذیرد. بنابراین دمای بالا در تکسچرایزینگ، ضمن کاهش درگیری بین مولکولی، با افزایش تحرک مولکولی، سبب راحت تر جابجا شدن فیبریل‌ها در ماتریس در اثر تاب گردیده و از سوی دیگر، زمانیکه لیف مخلوط پلیمری در حالت تغییرشکل یافته سرد می گردد، نیروی جمع شدگی ناشی از انبساط حرارتی، منجر به بهبود چسبندگی میان دو فاز می گردد، پدیده ای که بطور مشابه برای کشش مخلوط‌های پلیمری پروپیلن با پلیمرهای بلور مایع

دستگاه و سایر تجهیزات مورد نیاز تشکر و قدر دانی می شود.

گزارش شده است [۱۴-۱۱ و ۶].

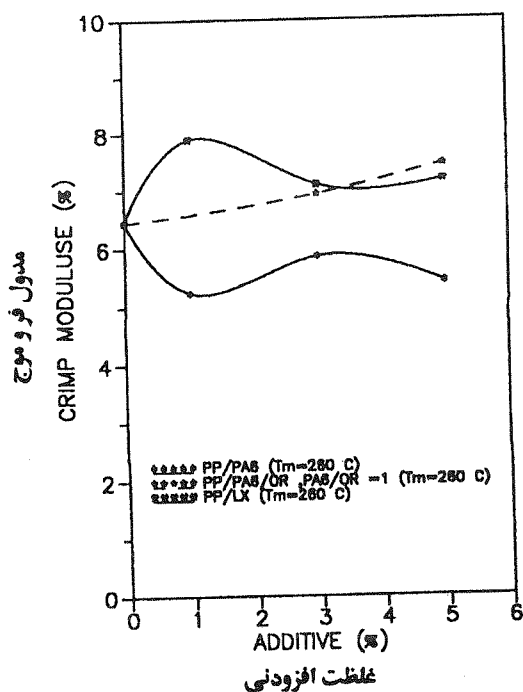
در مورد پلیمر بلور مایع بدلیل قابلیت تطویل کم آن (کمتر از ۵٪) این تأثیر خود را بخوبی نشان می دهد. ولی در مورد پلی آمید بدلیل قابلیت تطویل و انعطاف پذیری بالاتر آن این امر براحتی صورت نمی پذیرد. لذا مخلوطهای بدون سازگار کننده آن بهبود در خواص فرو موج را از خود نشان نمی دهند، ولی با اضافه نمودن سازگار کننده، این افزایش بطور مشهود دیده میشود. این امر خود تأیید دیگری بر فرضیه تأثیر چسبندگی میان ماتریس و فیبریل بر بهبود خواص فرو موج لیف می باشد.

شکلهای ۲ و ۳ این تأثیرات را بر روی مدول و پایداری فرو موج نشان می دهند.

جدول (۳) نتایج آزمایش نمونه نخ تکسچره شده پلی پروپیلن خالص و مخلوط های آن با پلیمر بلور مایع.

PP	۹۵	۹۷	۹۹	۱۰۰
LCP	۵	۳	۱	-
ازدیاد طول (%)	۱۶/۰	۲۳/۶	۳۴/۸	۳۲/۰
کار تا حد پارگی (CN/cm)	۸۶	۲۵۵	۴۹۳	۴۵۲
استحکام (CNdtext)	۱/۴۲	۲/۴۲	۲/۹۶	۲/۹۹
نمره نخ (dtex)	۷۴	۷۵	۷۵	۷۲
مدول (۵-۲) (%)	۱۰/۸	۱۵/۵	۱۷/۵	۱۸/۱
جمع شدگی (%)	۶/۶	۶/۱	۶/۶	۵/۴
تراکم فرو موج (%)	۱۱/۷	۱۲/۳	۱۵/۵	۱۴/۰
مدول فرو موج (%)	۷/۲	۷/۱	۷/۹	۶/۵
پایداری فرو موج (%)	۸۰/۹	۸۷/۱	۸۱/۵	۸۱/۳

- مقادیر داخل پرانتز نشانگر انحراف معیار میباشد.



شکل (۲) تأثیر مقدار و نوع افزودنی بر مدول فرو موج نخ تکسچره شده (OR: سازگار کننده).

### نتیجه گیری

اضافه نمودن مقدار کمی پلی آمید یا پلیمر بلور مایع به پلی پروپیلن می تواند تأثیرات جالب توجهی بر خواص تکسچره شدن آن بگذارد.

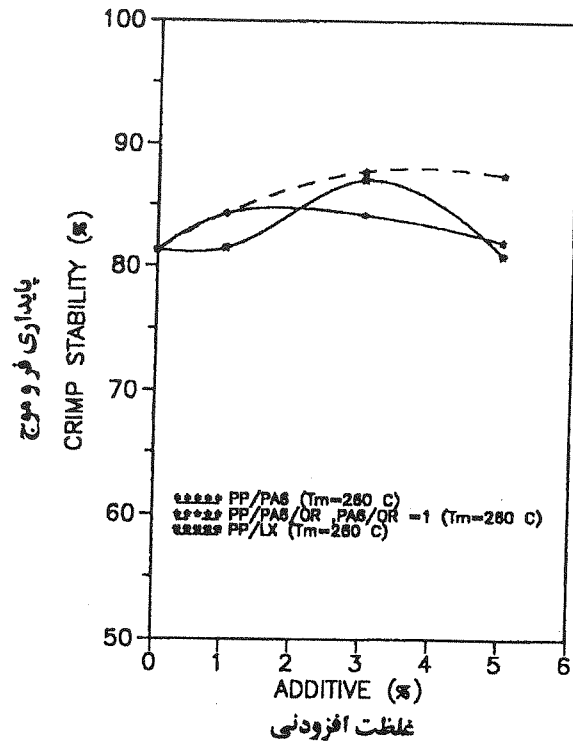
پلیمر بلور مایع بدلیل ساختار ویژه ای که داراست، با سرعت خواص فروموج لیف را بهبود می بخشد. مکانیزم حاکم را می توان تأثیر زنجیرهای سخت پلیمر بلور مایع و چسبندگی فیبریلهای آن به ماتریس در اثر عملیات حرارتی در تکسچرایزینگ در نظر گرفت. ولی از سوی دیگر با اضافه شدن بر مقدار پلیمر بلور مایع ناسازگاری میان اجزاء تأثیرات منفی را در خواص تکسچره شدن و استحکام نخ می گذارد. چنین بنظر می رسد که غلظت بحرانی برای بهبود خواص فرو موج وجود دارد که پس از آن دوباره خواص فروموج و استحکام نخ کاهش می یابند. این غلظت بحرانی تابع ظرافت نخ و خواص مخلوط ایجاد شده می باشد. در مقایسه نتایج حاصل از مخلوطهای مختلف پلی آمید ۶ (با و بدون سازگار کننده) این امر بهتر مشخص می گردد. اگر چه تأثیر تقویت کنندگی فیبریلها مهم است، ولی بواسطه ضعیف بودن این اثر در مورد پلی آمید ۶ و قابلیت تطویل بیشتر آن (نسبت به پلیمر بلور مایع) اولاً این تأثیر خود را در مقادیر کم نشان نداده و ثانیاً چسبندگی میان ماتریس و فیبریل ضعیف بوده ولی با حضور سازگار کننده و افزایش چسبندگی میان دو فاز تأثیر خود را در روی بهبود خواص فرو موج بطور چشمگیری نشان می دهد.

### تشکر و قدر دانی

از برنامه عمران ملل متحد که بودجه مورد نیاز برای خرید دستگاه ذوب ریسی جهت مرکز تحقیقات الیاف مصنوعی و صنایع نساجی را تأمین نموده و نیز از مرکز تحقیقات الیاف مصنوعی و صنایع نساجی به خاطر در اختیار گذاشتن این

جدول (۴) نتایج آزمایش نمونه نخ تکسچره شده پلی پروپیلن خالص و مخلوط آن با پلی آمید ۶ (با و بدون سازگار کننده).

۹۵	۹۷	۹۵	۹۷	۹۹	PP
۵	۳	۵	۳	۱	PA6
۵	۳	-	-	-	سازگار کننده
۲۴/۵	۲۹/۵	۳۰/۲	۳۰/۳	۲۸/۲	ازدیاد طول
(۲/۸)	(۳/۲)	(۳/۹)	(۲/۰)	(۵/۹)	(%)
۲۴۷	۲۰۰	۲۱۰	۲۹۷	۲۵۵	کار تا حد پارگی
(۵۵)	(۶۰)	(۷۷)	(۱۱۳)	(۱۳۵)	(CN/cm)
۲/۸۳	۲/۹۲	۳/۰۶	۲/۹۲	۲/۷۰	استحکام
(-/۱۱)	(-/۱۸)	(-/۱۳)	(-/۳۳)	(-/۵۲)	(CNdtex)
۷۱	۷۳	۷۰	۷۰	۷۰	نمره نخ
(-/۵)	(-/۳)	(-/۴)	(-/۲)	(-/۲)	(dtx)
۱۶/۳	۱۶/۷	۱۸/۱	۱۸/۳	۱۷/۰	مدول (۲-۵)
(-/۶)	(۱/۵)	(-/۷)	(۲/۰)	(۳/۱)	(CN/dtex)
۵/۳	۲/۰	۶/۱	۵/۷	۷/۳	جمع شگمی (%)
۱۵/۹	۱۳/۵	۱۱/۹	۱۲/۶	۱۱/۳	تراکم فرو موج
(۱/۱)	(-/۶)	(-/۶)	(-/۶)	(-/۵)	(%)
۷/۵	۶/۹	۵/۴	۵/۹	۵/۲	مدول فرو موج
(-/۲)	(-/۵)	(-/۳)	(-/۳)	(-/۳)	(%)
۸۷/۵	۸۷/۸	۸۲/۰	۸۴/۲	۸۲/۳	پایداری فرو موج
(۲/۶)	(-/۵)	(۲/۰)	(۱/۷)	(۲/۸)	(%)



شکل (۳) تأثیر مقدار و نوع افزودنی بر پایداری فرو موج (OR: سازگار کننده).

#### مراجع

- [1] M.R. Mohaddes Mojtahedi, "False twist texturing of polypropylene yarns", PhD. thesis, Leeds university, 1996.
- [2] A.K. Sengupta, K. Sen, A. Mukhopadhyay, "false twist texturization of polypropylene multifilament yarn part 1: time - temperature effects", Textile Res. J., 1986, (5), 281-286.
- [3] A.K. Sengupta, K. Sen, A. Mukhopadhyay, "false twist texturization of polypropylene multifilament yarn part 2: reducing feeder yarn crystallinity through tension annealing", Textile Res. J., 1986, (6), 389-392.
- [4] A.K. Sengupta, K. Sen, A. Mukhopadhyay, "false twist texturization of polypropylene multifilament yarn part 3: reducing feeder yarn crystallinity through melt bleeding with small amounts of polyester and polystyrene", Textile Res. J., 1986, (7), 425-430.
- [5] A.K. Sengupta, K. Sen, A. Mukhopadhyay, "false twist texturization of polypropylene multifilament yarn part 4: structural influences on dye uptake", Textile Res. J., 1986, (8), 511-515.
- [6] Y. Qin, L. Brydon, R.R. Mather, R.H. Wardman, "fibers from polypropylene and liquid crystal polymer (LCP) blends: 1. Effect of LCP concentration", Polymer 1993, 34(6), 1196-1201.
- [7] B. Wulfhorst, K. Meier, "Influence of different spinning speeds and resultant structural Parameters on the properties of polypropylene filament yarns in simultaneous draw-texturing", Melliand Textilberichte, 1991, 72, 716.
- [8] V.B. Gupta, Y.C. Bhuvanesh, "Studies on shrinkage characteristics of yarns made from polypropylene and polypropylene containing 5% (by wt) polystyrene", Indian J. of fiber & Textile res., 1996, 21, 167-178.
- [9] P. Batailles, S. Boisse, H. P. Schreiber, "Mechanical properties of polypropylene and poly (ethylene terephthalate) Mixtures", Polymer Eng. and Sci., 1997, 27(9), 622-626.
- [10] P.V. Papero, E. Kubu, L. Roldan, "Fundamental property considerations in tailoring a new fiber", Textile Res. J., 1967(10), 823-833.
- [11] Y. Qin, L. Brydon, R.R. Mather, R.H. Wardman, "fibers from polypropylene and liquid crystal polymer (LCP) blends: 2. Effect of extrusion and drawing conditions", Polymer 1993, 34(6), 1202-1206.



- [12] Y.Qin, L.Brydon, R.R.Mather, R.H. Wardman, "fibers from polypropylene and liquid crystal polymer (LCP) blends:3. A comparison of polyblend fibers containing Vectra A900, Vectra B950 and Rodrun LC3000," *Polymer* 1993,34(17), 3597-3604.
- [13] Y.Qin, M.M.Miller, D.L. Brydon, J.M.G. Cowie, R.R.Mather, R.H.Wardman, "fibers drawing from blends of PP and LCP", *Textile Asia*, 1996, 12, 54-56.
- [14] Y.Qin, D.L. brydon, R.R.Mather, "Production of thermally stable polypropylene fibers", *J. of Appl. Polymer Sci.*, 1996, 61, 1287-1292.
- [15] J.G. Tomka, "fiber engineering - the way ahead", *Iranian textile conf. 1992, tehran*.
- [16] K G. Blizard, D.G. Baird, "the morphology and rheology of polymer blends containing a liquid crystal copolyester", *Polymer Eng. and Sci.*, 1997, 27(9),653-662.
- [17] P.A. Koch "Polypropylene fiber table - second issue 2000", *Chemical fibers international*, 2000,50(5),233-253.
- [18] T.Kitao, H. Kobayashi, S. Ikegami and S. Ohya, "Fibers from polyblend containing nylon 6 as basic component. I-melt spinning and physical properties of blend fibers" *J. of polymer Sci.- polymer chem.*, 1973,11, 2633-2651.
- [19] F.Ide, A. Hasegawa, "studies on polymer blends of Nylon 6 and polypropylene or nylon and polystyrene using the reaction of polymer", *J. of Appl. polymer Sci.*, 1974, 18, 963-974.
- [20] M.Heion, P.Hietaoja, J.Seppala, T.Harmia, K.Friedrich, "Studies on fracture behaviour of tough PA6/PP blends", *J. of Appl. polymer Sci.*, 1997, 66, 2209-2220.
- [21] P.R. Subramanian and A. I. Isayev, "Blends of a thermotropic liquid - crystal polyester with poly(phenylene sulphide), *polymer*, 1991, 32(11), 1961-1969.
- [22] R. Fayt, R. Jerome and P. Teyssie, "Multiphase polymers: blended and ionomers", *American chemical society*, 1989.
- [23] P.Stefanik and M. Lesny, "surface dyeable modified PP BCF yarns", *Chemiefasern/ Textilindustrie*, 1993, 41(10), 1173-1174.
- [24] J. Akrman and J.prikryl, "dyeing behavior of polypropylene blend fiber: I. kinetic and thermodynamic parameters of the dyeing system", *J. of Appl. polymer Sci.*, 1996,62.
- [25] F. P. La Mantia, m. Sau, A. Valenza, M. Paci and P.L.Magagnini, "Relationships between mechanical properties and structure for blends of nylon-6 with a liquid crystal polymer", *Euro. polymer J.*, 1990, 26(3), 323-327.
- [26] G.Kiss, "In situ composites: blends of isotropic polymers and thermotropic liquid crystalline polymers", *polymer Eng.& sci.*, 1987, 27(6), 410-423.
- [27] M.Ahmed, "Polypropylene fibers - science and technology", *Elsevier, New York*, 1982.
- [28] P.L.Beltrame, A. Castelli, m. Canauz, M. Canetti and A. Seves, "Effects of an interfacial agent on the physico- chemical characteristics of poly (propylene) polyamide 6 blends", *Macromol. chem. phys.*, 1995, 196, 2751-2766.