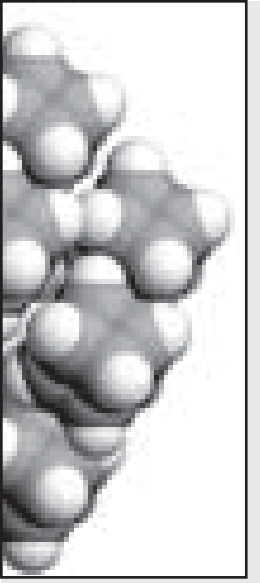
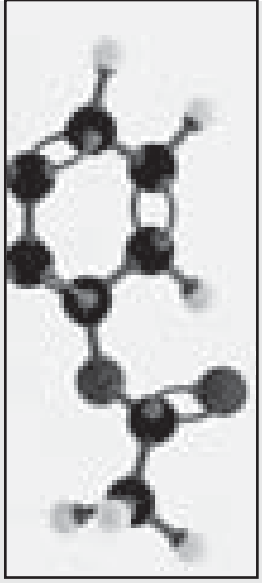



الیاف

پیشرفت در تولید الیاف پلیمری بلور مایع

ترجمه و تلخیص: **مهندس شاهین کاظمی***

مقدمه

الیاف مصنوعی برای اولین بار از پلیمرهای آمورفی نظیر پلی آمیدها و پلی استرها در دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ تولید شدند. پلیمرهای آمورف از قابلیت ریسندگی بسیار مناسبی برخوردار هستند و در فرایندهای ذوب ریسی می توان آنها را به راحتی به الیاف مصنوعی تبدیل نمود، به همین دلیل در طی چند دهه گذشته این پلیمرها توانسته‌اند استفاده های متعددی در فرایندهای نساجی بیابند.

اما در چند سال گذشته علاوه بر پلیمرهای آمورف استفاده از پلیمرهای بلوری نیز در تولید الیاف مصنوعی رایج شده است. الیاف تولید شده از این پلیمرها در مقایسه با پلیمرهای آمورف هم خانواده خود ۴-۳ برابر قوی‌تر و مستحکم تر می باشند.

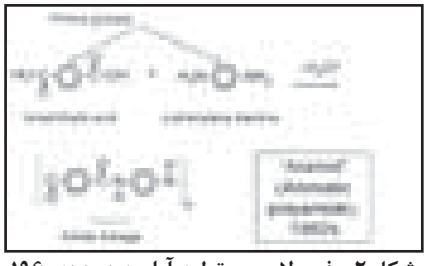
اولین الیاف با استحکام بسیار بالا از پلی‌آمیدهای آروماتیک تولید شدند و تحت نام کلی آرامیدها به بازار عرضه گشتند و پس از آن الیاف دیگری نظیر الیاف پلی اتیلن با مدول بسیار بالا (UHMPE) نیز به بازار عرضه گشتند.

بسیاری از الیاف با استحکام بالا را از پلیمرهای بلور مایع (LCP) تولید می کنند. از واژه پلیمرهای بلور مایع در صنایع تولید صفحات نمایشگر نیز استفاده می شود، اما در صنعت نساجی معنی این واژه متفاوت می باشد. آرایش نواحی بلوری در پلیمرهای بلور مایع مورد استفاده در صنعت تولید نمایشگرهای تصویری تحت میدان الکتریکی تغییر می‌نماید، اما در پلیمرهای بلور مایع مورد استفاده در تولید الیاف مصنوعی هنگامی‌که پلیمر در فاز مایع قرار می گیرد (به صورت محلول یا مذاب) نواحی بلوری در آن آرایش می یابند.

تشکیل و آرایش یافتگی نواحی بلوری در این پلیمرها منجر به افزایش استحکام، مدول، مقاومت حرارتی و سایر خصوصیات فیزیکی در مقایسه با الیاف تولید شده از هم خانواده های آمورف آنها می شود.

بهترین مثال در مورد الیاف تجاری تولید شده از پلیمرهای بلور مایع عبارتند از کولار (از خانواده آرامیدها) که از محلول اسیدی پلیمر بلور مایع لایوتروپیک ریسیده شده است و وکتران (از خانواده آر-استرها) که به روش ذوب ریسی از مذاب پلیمر بلور مایع ترموتروپیک ریسیده شده است.

شکل ۱ – فرمولاسیون تولید نایلون ۶۶ در دهه ۱۹۴۰



شکل ۲ – فرمولاسیون تولید آرامید در دهه ۱۹۶۰

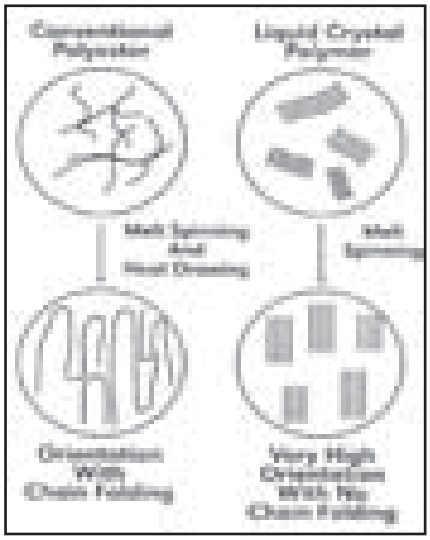
شکل ۳ – فرمولاسیون تولید پلی استر در دهه ۱۹۵۰

پلی آمیدهای آروماتیک

پلی آمیدها (نایلـون) یکی از اولین پلیمرهایی بودند که در دهه ۱۹۴۰ به صورت تجاری جهت تولید الیاف مصنوعی مورد استفاده قرار گرفتند. بـه عنوان مثال پلی آمیـد ۶۶ در یک واکنش پلیمری شدن تراکمی بین یک اسیددی اوییک و یک دی آمین و تولید زنجیره‌ای از کربن های آلیفاتیـک که با پیوندهـای آمیدی به یکدیگر متصل شده اند تولید می شود (شکل ۱).

اولیـن ترکیب آرامیدی مشـتق از پلی آمیدها نیز در دهه ۱۹۶۰ توسط کوولک و همکارانش در مرکز تحقیقات دوپونت به وسیله جایگزینی زنجیـر کربنـی آلیفاتیـک با حلقـه ۶ کربنی آروماتیک تولید شد (شکل ۲). سپس مولکول حاصله به وسـیله به اشتراک گذاشتن الکترون بین حلقه هـای کربنی مجاور در اطراف پیوند آمیدی پایدار گردید. به همین دلیل حلقه های کربنی در این سـاختار به صـورت هم صفحه بـوده و در نتیجه می توانند حالت میله ای و یا روبانی به خود بگیرنـد. زمانیکه گروهی از این مولکولهـا در حالت مایـع در کنار یکدیگر قرار می گیرند تمایل دارند به یکدیگر متصل شـده و هماننـد الوار در کنار یکدیگر منظم شـوند و به عبارت دیگر بـه حالت بلوری درآیند. پلیمر حاصلـه در این روش بسـیاری از خصوصیات بسـیار ویژه پلیمرهای بلور مایع نظیر افزایش اسـتحکام، سـختی و مقاومت حرارتی را دارا هستند.

شکل ۴ – فرمولاسیون تولید آراستر در دهه ۱۹۸۰



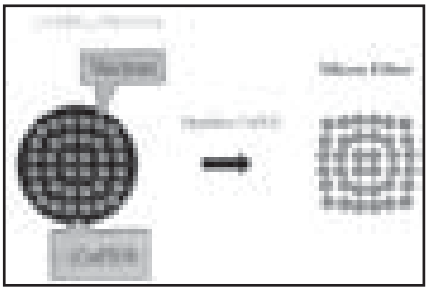
شکل ۵ – نحوه آرایش نواحی بلوری در فرایند ذوب ریسی

پلی استرهای آروماتیک

پلی اتیلن ترفتالات (PET) که تحت نام عمومی پلی استر شناخته می شود نیز یکی از رایج ترین پلیمرهـا جهت صنعـت تولید الیـاف مصنوعی می‌باشـد. این پلیمر یک پلیمر نیمه بلوری بوده که از واکنش بین یک اسید دی اوییک آروماتیک نظیر ترفتالیک اسـید خالـص و اتیلن گلایکول تولید می‌شود (شکل ۳). در این مورد گروه اتیلن گلایکول از لحاظ رزونانسی پایدار نمی‌باشد (زیرا هیچگونه اشـتراک الکترونی در طول این پیوند وجـود ندارد) به همین دلیـل مولکول می تواند حالـت دورانـی و لولایی به خـود بگیرد و کمتر متمایل به ایجاد حالت سخت میله ای شکل و در نتیجه تولید بلور در حالت مایع شود.

اولین پلی استر کاملاً آروماتیک پلیمر Vectra بود که توسـط شرکت سـلانز در دهه ۱۹۸۰ تولیـد شـد و در اوایل دهـه ۱۹۹۰ به صورت الیاف تحت نام تجاری Vectran به بازار عرضه گردید. این پلیمر در حقیقت معادل آرامید در خانواده پلی اسـترها بود. در این ترکیب گروه اتیلـن به وسـیله نفتالات کـه دارای ۲ حلقه بنزنی اسـت جایگزین گردیده است به همین دلیل سـاختار این ترکیب به صورت صفحه ای پایـدار درآمده و در نتیجه اسـتحکام، مدول و پایداری حرارتی آن در مقایسه با پلی‌استرهای اسـتاندارد به میزان قابل توجهی افزایش یافته است (شکل ۴).

در فرایند ذوب ریسی در اثر تنش برشی بسیار زیاد فرایند خواص فیزیکی پلیمرهای بلورمایع



شکل ۶ – سطح مقطع الیاف دوجزئی جزیره در دریا و تولید الیاف میکرو

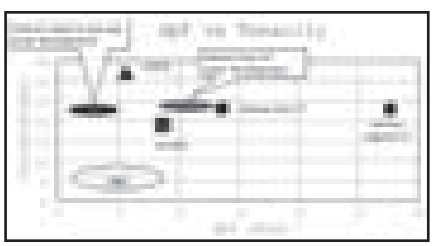
گرمانرم به وسـیله آرایش نواحـی بلوری آنها ارتقای قابل ملاحظه ای می یابد (شکل ۵).

همانگونـه کـه گفته شـد الیـاف Vectran الیاف پلی اسـتر آروماتیکی (آر-اسـتر) معادل الیـاف آرامیـد تولید شـده از پلـی آمیدهای آروماتیـک می باشـند. با توجه بـه اینکه این الیاف از خانواده کلی پلی اسـترها می باشند و شیمی ساختمان آنها شباهت زیادی به شیمی پلی‌استرها دارد در مقایسـه با آلیاف آرامیدی که دارای شیمی سـاختمانی مشابه به نایلونها اسـت از مزایایی نظیر اسـتحکام بیشتر، ثبات ابعادی بالاتر و رطوبت بازیافتی بسـیار پایین در حـد صفر برخوردار می باشـند. البته الیاف آرامیـدی در برابر درجه حرارت های بالا نظیر تماس مسـتقیم با شعله پایداری بهتری نسبت به آر-استرها دارند.

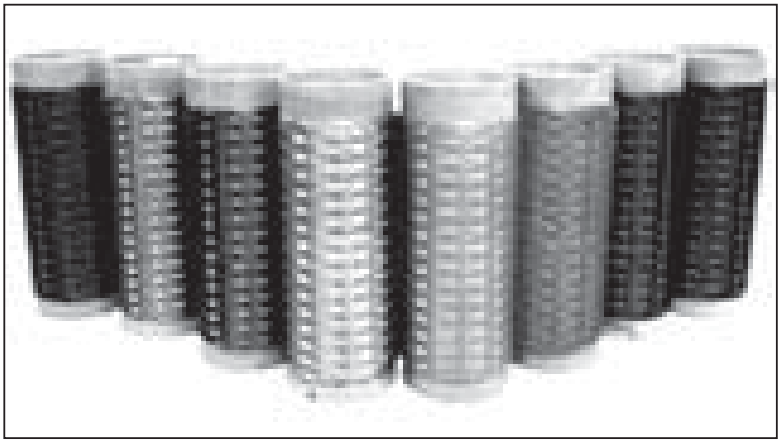
پیشرفتهای جدید

شرکت کیوراری به تازگی اعلام کرده است که قصـد دارد ظرفیت تولید ایـن الیاف را دوبرابر نمـوده و به ۱۰۰۰ تن در سـال برسـاند. این افزایش ظرفیت در هر دو کارخانه این شـرکت در ژاپن و آمریکا اجرا خواهد شد.

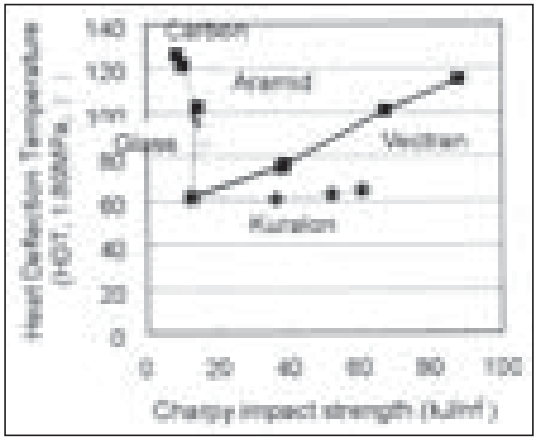
مهمترین عرصه های ارتقای کیفی الیاف پلیمری بلور مایع Vectran تولید این شرکت عبارتند از: کاهش اندازه فیلامنتها، تولید الیاف خودرنگ، تولید نخهای ریسـیده شـده و اجرای عملیات تکمیلی



شکل ۷ – نمودار ارتباط استحکام و ظرافت الیاف



شکل ۸ – الیاف خودرنگ در شیدهای مختلف



شکل ۹ – خصوصیات فیزیکی الیاف صنعتی مختلف

کاربردی بر روی آنها.

اندازه فیلامنتها

قطر الیاف Vectran استاندارد با ظرافت ۵/۶ دسی تکس برابر است با ۲۳ میکرومتر. شرکت کیورارای ژاپن که از ژوئن سال ۲۰۰۷ به عنوان تنها تولیدکننده تجاری این الیاف شناخته می شود تحقیقات بسیار زیادی جهت کاهش اندازه قطر این الیاف جهت استفاده در صنایع خاص انجام داده است. یکی از روشهای آزمایش شده توسط این شرکت استفاده از تکنولوژی تولید الیاف دوجزئی جزیره در دریا می باشد. در این روش الیاف آرامستر به صورت جزایری در بستر پلیمری قابل حل می باشند که با حل شدن بستر در حلال آزاد می‌شوند (شکل ۶).

علاوه بر این، شرکت کیورای تحقیقاتی نیز جهت تولید الیاف با قطرهای بسیار زیاد جهت کاربردهای ویژه نیز داشته است به همین دلیل این شرکت در حال حاضر می تواند الیافی با قطر ۰/۵ الی ۵۶ دسی تکس عرضه نماید که در آنها استحکام مستقل از قطر لیف تقریباً ثابت می باشد (شکل ۷).

الیاف خودرنگ

جهت تولید الیاف رنگی و خودرنگ نیز این شرکت اقدام به تولید و عرضه پیگمنتهای جدیدی نموده است. البته باید توجه داشت که قطر الیاف خود رنگ کمی بیشتر از الیاف متداول است و از ثبات رنگی بسیار عالی، استحکام بالا و مقاومت سایشی خوبی برخوردار هستند (شکل ۸).

نخهای ریسیده شده

الیاف Vectran را می توان همانند سایر الیاف مصنوعی مجعد نموده و در طول مورد نظر برید تا در فرایندهای ریسندگی به نخهای ریسیده شده تبدیل شود. از طرف دیگر آزمایشاتی نیز جهت تولید نخهای ریسیده شده از آنها در اختلاط با سایر الیاف مصنوعی نظیر پلی استر و نایلون نیز انجام شده است.

تکمیل کاربردی

همانند سایر انواع الیاف تولید شده از پلیمرهای بلور مایع، الیاف Vectran نیز از ظاهر نسبتاً سختی برخوردار هستند و ضریب اصطکاک آنها بسیار زیاد است. به همین دلیل عملکرد آنها در کاربردهایی که در معرض اصطکاک نخ با نخ می‌باشد وابسته به نوع روغن و تکمیل انجام شده بر روی منسوج می‌باشد. اما از طرف دیگر در انواع دیگری از کاربردها نظیر تولید کامپوزیتها به تکمیل های خاصی جهت بالا بردن چسبندگی آنها نیازمندیم.

الیاف با طول کوتاه

الیاف Vectran را می توان در طولهای بسیار کوتاه (۰/۵ میلیمتر) نیز برید تا بدین وسیله نسبت سطح به حجم آنها را افزایش داد. بدین ترتیب می‌توان از این الیاف به عنوان پرکننده در صنایع تولید پلاستیک استفاده نمود. پلاستیک‌های تقویت شده با این الیاف از پایداری حرارتی بسیار بالایی برخوردار هستند و علاوه بر این مقاومت ضربه پذیری آنها نیز در حد قابل توجهی ارتقا می یابد.

جمع بندی

در هنگام استفاده از الیاف فنی با خصوصیات ویژه آگاهی از پایه شیمیایی که منجر به ایجاد خصوصیات ویژه در آنها می شود بسیار حائز اهمیت است. در این مقاله سعی شد تا حد امکان ویژگی های شیمیایی این الیاف در قیاس با سایر هم خانواده های آنها نظیر الیاف پلی استر معمولی و با الیاف آرامیدی تشریح شود.

همانگونه که گفته شد، الیاف Vectran دارای ساختار بلور مایعی بر پایه شیمی ساختمانی پلی استرها است که از خصوصیات ویژه ای نظیر ثبات ابعادی بالا، رطوبت بازیافتی بسیار پایین و مقاومت بسیار عالی در برابر نیروی خمشی و اصطکاکی برخوردار است.

پیشرفتهای جدید در عرضه الیاف با قطرهای مختلف، رنگی، با طول برش کوتاه و ... توانسته است بازار مصرف این الیاف را به سرعت گسترش دهد.

پی نوشت:

* دانشجوی دکتری مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

1- Ultra High Modulus Poly Ethylene
2- Liquid Crystal Polymer
3- Kevlar
4- Vectran
5- Celanese
6- Kuraray

ماخذ:

Sloan, F., "New developments in Vectran LCP fiber", Chemical Fibers International, 4/2008, pp. 231-233.