

پیشرفت‌هایی در صنعت تولید الیاف بشر ساخته

Developments in the Production
of Man-Made Fibers in Industry.

دکتر محمد حقیقت‌کیش

مقدمه

در سال‌های گذشته بشر به‌طور مستمر مشغول ساخت کسالاها و مصنوعات بوده که خود را نیازمند و محتاج آنها می‌دانسته است. برای سال‌های آینده هم نوبرهای فریبنده تدارک دیده شده یا در حال تولد است. فرآورده‌های جدید در زمینه الیاف نه تنها برای زندگی روزمره مفیدند بلکه برای صنایع دیگر مانند کشاورزی، مخابرات، حمل‌ونقل و نظامی نیز اهمیت حیاتی دارند. منظور از این نوشته نگاهی هرچند اجمالی به چگونگی و مکانیسم پیدایش برخی از این فرآورده‌های جدید در صنعت تولید الیاف بشر ساخته است.

ریسندگی به مفهوم تبدیل الیاف چندسانتی‌متری به نخ طولانی و بافتندگی به معنی تبدیل نخ به پارچه تاریخی بس قدیمی دارد. استفاده از الیاف طبیعی مانند پشم، پنبه، ابریشم، کتان و کنف شاید از ده‌هزار سال پیش شروع شده است [1]. بشر طی قرن‌ها برای پوشاک، بسالاپوش، زیرانداز و ساخت وسایل موردنیاز دیگر تنها متکی به الیاف طبیعی بوده

واژه‌های کلیدی:

ریسندگی، مذاب، خشک، تر، زله، الیاف

این مقاله مروری کوتاه و اجمالی بر صنعت تولید الیاف بشر ساخته است. در سیر تکاملی این صنعت تحولات، تغییرات و نوآوری‌های بسیاری وجود داشته که باعث پیدایش صدها محصول اساسی شده است. با تغییر روش تولید، ساختار شیمیایی و فیزیکی خواص جدیدی در الیاف به وجود می‌آید به طوری که می‌توان از آنها محصولاتی به نرمی و ظرافت 'بسر' تابه خشنی و ستبری طناب کشتی‌های باویری ساخت. برخی از الیاف بشر ساخته نرم و بعضی سخت می‌باشند. گروهی مرتجع‌اند به طوری که انرژی را کلاً در خود ذخیره می‌کنند و دسته‌ای انعطاف‌پذیر. برخی شفاف و همیشه مانند و بعضی مات، کدر و پورسانده‌اند. تعدادی آب دوست و گروهی آبگریز و روغن دوست می‌باشند. برای سود چستن از محاسن و رفع معایب از مخلوط الیاف نیز می‌توان استفاده کرد. در این مقاله چگونگی ایجاد برخی از این خواص در الیاف بشر ساخته، با توجه به ماهیت بلند مولکولی پلیمرهای سازنده، موردبحث قرار خواهد گرفت.

Key Words:

Spinning, Melt, Dry, Wet, Gel, Fibers

است ولی فقط حدود ۱۵۰ سال پیش بود که همراه با پیشرفتهای صنعتی دیگر قادر به تبدیل پلیمرهای طبیعی به الیاف شد. در سالهای بعد پلیمرهای جدیدی از مواد شیمیایی متفاوتی سنتز شد. این پلیمرهای جدید به صورت لیفی شکل در طبیعت وجود نداشتند. در هر صورت تبدیل این مواد پلیمری به الیاف نیز ریسندگی (*Spinning*) نام گرفت.

امروزه صدها نوع لیف برای کاربردهای مختلف از پلیمرهای طبیعی یا سنتزی تولید می‌گردند که شرح روش تولید آنها در کتابهای متعددی وجود دارد [2,3,4]. الیاف مورد استفاده امروزی را می‌توان به گروههای طبیعی و بشر ساخته تقسیم‌بندی کرد. الیافی چون پنبه، پشم، ابریشم، کتف، چتایی، سیسال، رامی و کتان الیاف طبیعی می‌باشند. الیاف بشر ساخته خود به دو گروه تقسیم می‌شوند؛ یکی الیاف بازیافتی که پلیمر آنها به طور طبیعی وجود دارد مانند الیاف ریسون، سلولز استات و پلی‌نوزیک و دیگری الیاف بشر ساخته مصنوعی (سنتزی) مانند پلی‌آمیدها، پلی‌استرها، پلی‌آکریلیک و پلی‌پروپیلن که ماده اولیه پلیمری آنها سنتز می‌شود.

برای نشان دادن اهمیت الیاف بشر ساخته و روند پیشرفت این صنعت آمار و ارقام مربوط ارائه می‌شود:

در سال ۱۹۳۰ میلادی در جهان جمعاً ۲۰۸ هزار تن فقط الیاف بازیافتی تولید شد، در سال ۱۹۴۰ میلادی تولید الیاف مصنوعی در جهان به ۵ هزار تن رسید و در همان سال مجموع الیاف بشر ساخته (شامل مصنوعی و بازیافتی) به ۱۱۳۲ هزار تن بالغ شد [5]. این مقدار جزیره کوچکی (حدود ۵٪) از کل مجموع الیاف طبیعی و بشر ساخته تولیدی جهان بود. در سال ۱۹۸۰ تقریباً نیمی (۵۰٪) از الیاف مصرفی در جهان را الیاف بشر ساخته تشکیل می‌داد. در سال ۱۹۸۹ میزان تولید الیاف بشر ساخته به ۱۹ میلیون تن رسید [6]. اگر همین آهنگ افزایش تولید که در ده سال گذشته برقرار بوده است برای ده سال آینده نیز وجود داشته باشد تولید جهانی در سال ۲۰۰۰ از مرز ۲۴ میلیون تن خواهد گذشت و با همین روند بشر بیش از پیش مستکی به الیاف بشر ساخته خواهد شد. الیاف بشر ساخته امروزی به ترتیب میزان تولید شده در جهان عبارت‌اند از: پلی‌استر، پلی‌آمید، بازیافتی سلولزی، آکریلیک و پلی‌پروپیلن [6].

صنعت تولید الیاف بشر ساخته یک صنعت پویاست و موقعیت کنونی خود را با گذر از پستیها و بلندیهای بسیاری به دست آورده است. فرازهای راه پیموده شده از نظر دست‌اندرکاران ممکن است متفاوت و قابل بحث و تحلیل باشد، ولی از نظر مصرف‌کنندگان برخی از این فرازها مشخصتر است که به صورت زیر خلاصه می‌شود.

— تغییر ساختار فیزیکی الیاف ریون برای تولید الیاف با ضریب کشسانی زیاد در حالت تروتورم کم

— ظهور الیاف وسکوز ریون با استحکام زیاد و انواع دیگر برای مصارف صنعتی

— تولید الیاف شیشه نازک و آغشته و مناسب برای مصارف غیرعادی

مانند لاستیک اتومبیل یا روختی

— ساخت الیاف مصنوعی پلی‌آمید، پلی‌استروآکریلیک

— ظهور رنگینماها و مواد کمکی و روش رنگرزی برخی الیاف آبگریز

— تهیه الیاف با مقطع چندپره‌ای (*multi lobal*) برای فرشهای ماشینی

— تغییر خواص الیاف آکریلیک و آکریلیک اصلاح شده (*modacrylic*)

برای استفاده در خز مصنوعی (*fake fur*) و کلاه‌گیس

— تولید مخلوطهای الیاف مصنوعی و پشم و پنبه برای لباسهای بشور و

پوش

— ظهور الیاف لاستیکی و به کارگیری آن در تولید لباسهای جدید

— تولید پلی‌پروپیلن ایزوتاکتیکی (*isotactic*) و کاربرد آن در فرشهای

ماشینی

— ساخت کفپوشهای ماشینی برای مصارف بیرونی و درونی توأم

— ظهور الیاف تری استات و به کارگیری آن برای تولید برخی البسه که

نگهداری آنها ساده است.

— تولید الیاف پلی‌آمید آروماتیک و پلی‌تترافلورواتیلن.

— تهیه الیاف معدنی و فلزی برای تولید کامپوزیتها

— تولید الیاف دوجزئی موجدار شونده و مستقیم

— ظهور نخهای کششی (نخهایی که در اثر تغییر شکل هندسی رشته‌های

فتری شکل، کش می‌آیند (*stretch yarn*) و حجیم و ابداع تکنولوژی

مناسب تولید آنها

— ساخت الیاف مقاوم در برابر آتش به ویژه از الیاف ریون

— ظهور ماشین سوزن‌زنی (*needle-loom*) برای تولید مستقیم پارچه

از الیاف

— کاربرد روش پلیمر شدن فضا ویژه (*sterio-specific polymerization*)

در تولید الیاف

— ظهور فرشهای دوختنی (*tufed carpet*)

— تولید الیاف رسانا برای از بین بردن الکتریسیته ساکن

— تهیه پارچه‌های «بی‌بافت» یکبار مصرف

— ظهور الیاف با مقاطع مربعی-یاببه اشکال دیگر برای مصارف مشخص

— ابداع روش جدید تولید الیاف پلی‌استروپلی‌آمید با سرعت زیاد

— حذف مرحله کشش در تولید برخی از الیاف

— ظهور الیاف پلی‌اتیلن با استحکام زیاد

— تولید نخهای حجیم از مخلوط دو نوع لیف

— ظهور پارچه و بافتهایی که بسیار جاذب آب می‌باشند.

باید اشاره کرد که کوشش پژوهشگران و صنعتگران همیشه مواجه

با موفقیت نبوده است. برخی از این نشیبهها به شرح زیرند:

— کاربرد زودرس الیاف نایلون در لاستیک اتومبیل

— کاربرد غلط برخی از مخلوط الیاف

— عدم موفقیت در حل مسئله چرک شدن پارچه‌های ساخته شده از الیاف

مصنوعی

— سرمایه‌گذاری بی‌نتیجه برای تولید الیاف پروتئینی بازیافتی.

با توجه به فهرست نسبتاً طولانی فزاینده‌ی روند صنعت الیاف بشر ساخته که مورد اشاره قرار گرفت ملاحظه می‌شود که بحث و تجزیه و تحلیل تمامی آنها بسیار طولانی و گسترده خواهد بود. در این مقاله برخی از تحولات قدیمی و جدید و رایج انتخاب شده‌اند تا مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

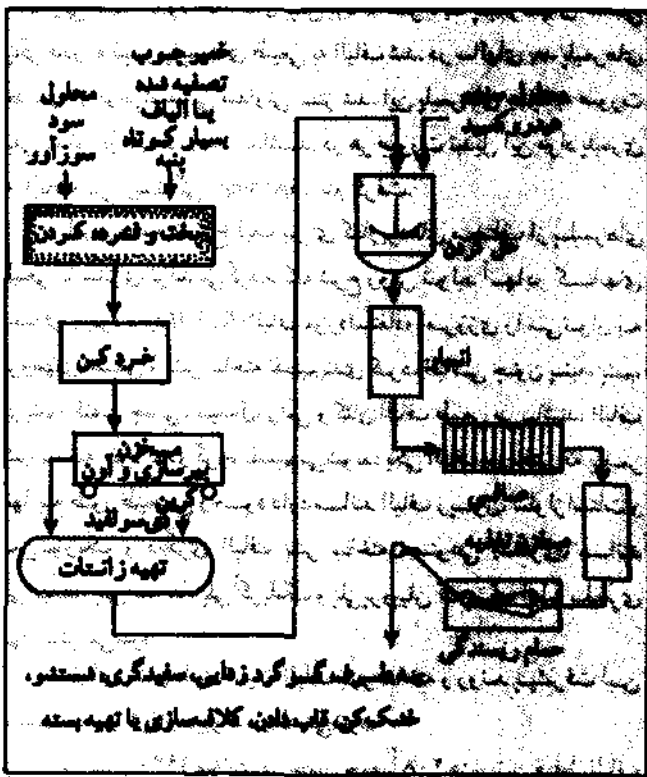
جزئیات و چگونگی اجرای روشهایی که منجر به تولید کالاهای جدید می‌شود غالباً به طور روشن در دسترس همگان قرار نمی‌گیرد. موارد بسیاری وجود دارد که مسائل اقتصادی از جمله مالکیت اختراعات اجازه نشر آنها را نمی‌دهد.

پیشرفتهایی در تولید الیاف ریون

در سال ۱۸۸۴ میلادی یک شیمیدان به نام کنت هیلشاردوننه (Colant Hilaire Chardonnet) (۱۸۳۹ — ۱۹۲۴) پس از سالها تلاش موفق شد که پارچه‌ای از الیاف سلولز نترات نیتروژن زدایی شده تهیه کند و به تماشای عموم بگذارد. پارچه خواص لازم را نداشت. در سالهای بعد کوششها و پژوهشهای دیگران موجب تولید الیافی به نامهای ویسکوززیون از سلولز موجود در چوب و ضایعات پنبه شد و بدین گونه اولین الیاف بشر ساخته تولد یافت. در روشی که به سال ۱۸۹۱ توسط دانشمندانی به نامهای کراس (Cross) و بوان (Bevan) به ثبت رسید، سلولز با سود آمیخته شد و سود اسولوز (C_6H_5ONa) تولید گردید. سپس سوداسولوز با کربن دی‌سولفید (CS_2) ترکیب شد و سدیم سلولز زانتات $(C_6H_5OCS_2Na)$ به دست آمد.

محلول سلولز زانتات در سود به صورت مایعی عسل مانند، چسبنده و قابل ریسیدن در می‌آید. این مایع چسبناک را می‌توان از درون روزنه‌های ظریف و نازک محفظه‌ای به خارج راند که آن را رشته ساز می‌نامند و در داخل مخزنی از سولفوریک اسید و مواد کمکی دیگر قرار گرفته است سلولز زانتات در این مخزن با سولفوریک اسید ترکیب شده و سلولز خالص به شکل تارها یا رشته‌هایی طولانی منعقد می‌شود. این روش یک روش ریسندگی تر (wet spinning) است. پس از انجام عملیات تکمیلی رشته‌های الیاف به صورت یکسره و مداوم یا بریده شده با طول چند سانتیمتر به بازار عرضه می‌شود [1,3,4]. شکل ۱ مراحل اصلی تولید الیاف ویسکوززیون را نشان می‌دهد.

در حال حاضر از سلولز الیاف گوناگون یا نامهای تجارتي و علمی متفاوت ساخته می‌شود. با تغییراتی که در ساختار شیمیایی سلولز داده می‌شود و با تغییر روش ریسندگی الیاف خواص متفاوتی پیدا می‌کند. الیاف نامناسبی که در سال ۱۸۹۹ برای اولین بار تولید گردید، امروزه به انواع الیاف «ریون معمولی»، «ریون با استحکام زیاد»، «ریون با ضریب کشسانی زیاد»، «ریون با ضریب کشسانی زیاد در حالت تر» و چندین نوع دیگر تبدیل شده است. در این زمینه جا دارد که به گفته‌های

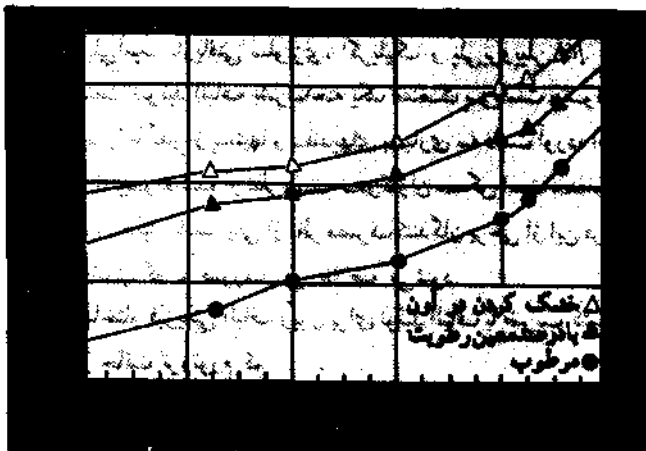


شکل ۱ — مراحل مختلف فرایند تولید الیاف ویسکوز [1]

یکی از پژوهشگران یک شرکت تولیدکننده [7] در سال ۱۹۵۹ اشاره شود که اظهار داشت:

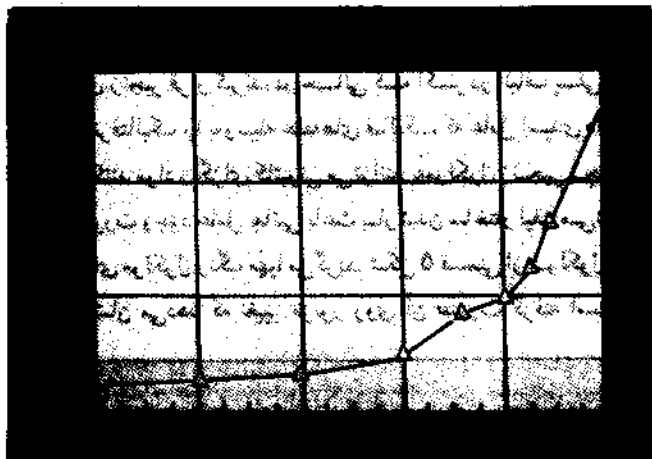
«در همین چند سال گذشته خواص فیزیکی در ارتباط با استحکام الیاف بازیابی شده از سلولز، به خصوص نخهایی که برای استخوانبندی لاستیک اتومبیل مصرف می‌شود، به شدت بهبود یافته است. این تغییرات به حدی زیاد است که «ریون با استحکام زیاد» امروزی را نمی‌توان با محصولات ده سال پیش مقایسه کرد.»

شکل ۲ استحکام نمونه‌هایی از همین نوع الیاف (ریون با استحکام



شکل ۲ — استحکام ریون در سالهای مختلف [7]

زیاد) را در شرایط استاندارد (۶۵٪ رطوبت نسبی و ۲۲ درجه سانتیگراد) و در حالت تر در سالهای مختلف نشان می‌دهد. شکل ۳ نشان دهنده تغییرات عمر خستگی نهضی در سالهای مختلف است.



شکل ۳ - عمر خستگی الیاف ریون در سالهای مختلف [7]

همان‌طور که قبلاً اشاره شد و شکل ۴ نیز نشان می‌دهد در مراحل تهیه ویسکوز، سلولز خام (CELL-OH) به سدیم سلولز زانتات محلول در قلیا تبدیل می‌شود که پس از ورود به حمام اسید تبدیل به سلولز زانتیک اسید (cellulose xanthic acid) و سپس به سرعت به سلولز بازیافته تبدیل می‌شود. بازیابی از این مسیر به سرعت صورت می‌گیرد و زمانی کم برای اعمال کشش و جهت‌گیری (آرایش) مولکولها در دست خواهد بود. در هر حال در حضور یون روی مقداری از سدیم سلولز زانتات به نمک مربوطه تبدیل می‌گردد. در محیط اسیدی حمام انعقاد روی سلولز زانتات پایدارتر از نمک سدیم است. در نتیجه تبدیل روی سلولز زانتات به زانتیک اسید آهسته‌تر خواهد بود زیرا اسید بیشتری باید به درون رشته‌ها نفوذ کند. بنابراین بازیابی سلولز در حمامی شامل محلول اسیدی و روی آهسته‌تر صورت خواهد گرفت. بازیابی آهسته‌تر زمان بیشتری برای کشش و آرایش به دست خواهد داد. زمان طولانی امکان نفوذ تدریجی اسید به داخل الیاف را فراهم می‌کند و الیاف ریونی که ساختار همگن یا تمام پوست (all-skin) دارند، تولید می‌شوند. در حالی که روشهای سریع موجب ایجاد پوسته در الیاف می‌شوند، که فاصله بین پوسته و لیف در این نوع الیاف به سادگی با استفاده از میکروسکوپیهای فازی قابل مشاهده است. الیاف تمام پوست که استحکام بیشتری نسبت به ویسکوز ریون معمولی دارند، برای مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پیشرفت‌هایی در تولید الیاف سنتزی

تولید الیاف سنتزی شامل سه مرحله اصلی است که عبارت‌اند از تولید ماده اولیه پلیمری، رسندگی و کشش، مراحل تکمیلی بعدی که بسته به نوع الیاف تولیدی متفاوت می‌باشند. برای تولید برخی از الیاف مانند نخهای یکسره ممکن است مرحله کشش نیز در مراحل تکمیلی دیگر ادغام گردد. در هر حال در این مقاله ابتدا به طور اجمالی تغییراتی که در سه مرحله اصلی ممکن است به وجود آیند شرح داده شده است و سپس به چند تغییر شگرف یعنی رسندگی با سرعت زیاد، کاهش قطر، الیاف دوجزئی و پلی‌الینها و به جهت تفاوت زیاد در شرایط تولید به الیاف آکریلیک اشاره شده است.

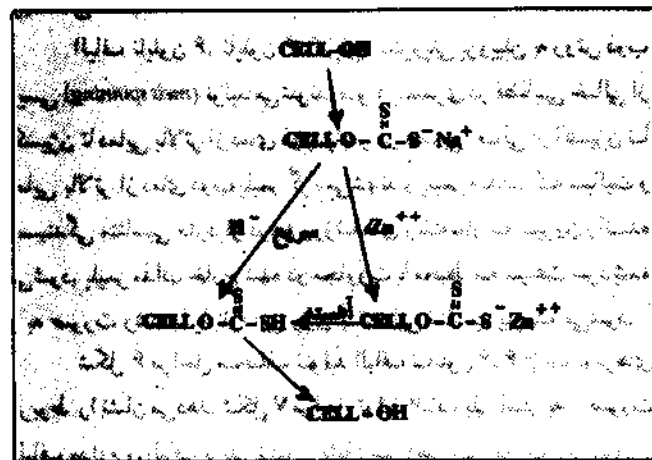
مواد اولیه

در سال ۱۹۲۷ میلادی در جوی که برای به‌دست آوردن اطلاعات علمی در جهان صنعتی وجود داشت، کارخانجات دوپون آمریکا بودجه‌ای در اختیار معدودی دانشمند قرار داد تا به تصور اینکه اطلاعات جدید منجر به پیشرفت علم شیمی می‌شوند، بدون قید و شرط مادی به پژوهشهای پایه‌ای بپردازند.

در حقیقت کار این گروه منجر به کسب اطلاعات وسیع و دستیابی به روش تولید برخی پلیمرها گردید. قدم مهم دیگری در صنعت تولید الیاف برداشته شد و اولین الیاف مصنوعی از موادی که در طبیعت به شکل لیف

پژوهشگر فوق [7] مکانیسمهای مختلف و مواد کمی متفاوت را که باعث بهبود خواص فیزیکی و تغییر ساختار فیزیکی می‌شود، مورد توجه قرار داد و نتیجه‌گیری می‌کند که تغییرات خواص در اثر تغییرات ساختار فیزیکی و شیمیایی توأم است. استفاده از مواد کمی متفاوت مانند روی سولفات، نمکهای چهار و آلانسی آمونیم و غیره باعث طولانیتر شدن مدت زمان پلاستیکی بودن مایع چسبنده در حمام می‌شود. در نتیجه زمان کافی برای اعمال کشش و جهت‌دار شدن و کنار هم قرار گرفتن مولکولهای زنجیری در اختیار قرار می‌گیرد و ساختار به هم پیوسته‌ای به وجود می‌آید.

در فرایند پیچیده رسندگی الیاف ریون تأثیرات فیزیکی و شیمیایی مواد بر هم وجود دارد. واکنشهای شیمیایی اساسی را می‌توان طبق شکل ۴ نشان داد که در آن سلولز به صورت Cell-OH نمایش داده شده است.



شکل ۴ - واکنشهای مختلف در حمام ویسکوز [7]

یافت نمی‌شوند، تولید گردید. واژه جدید به مشابهت با ریون یعنی «نایلون» به فرهنگ لغات اضافه شد [8]. اعداد شش و شش از فرمول شیمیایی ماده پلیمر مورد استفاده استخراج و نایلون ۶،۶ ابداع گردید.

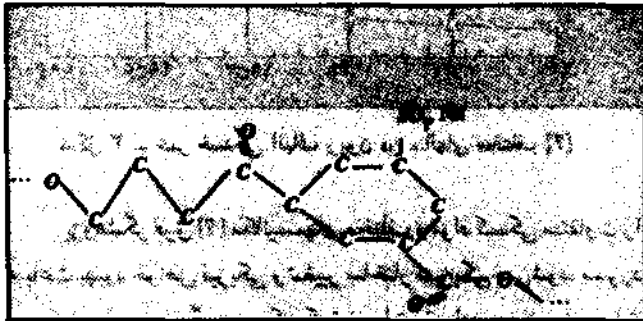
اولین قدم در تولید الیاف مصنوعی تهیه پلیمر مناسب است که خود دارای پیچیدگیها و مسائل فنی و اقتصادی تولید است. اگر از جزئیات بگذریم، پلیمر مناسب برای الیاف نایلون ۶،۶، نایلون ۶ و پلی استر از طریق پلیمر شدن تراکمی (مرحله‌ای) و پلیمر مناسب برای الیاف آکریلیک و پلی پروپیلن از طریق پلیمر شدن افزایشی تولید می‌شود. مونومر مناسب برای تهیه الیاف نایلون ۶، کاپرولاکتام است و برای نایلون ۶،۶ از هگزامتیلن دی آمین و آدیپیک اسید استفاده می‌شود. در یک روش تولید پلی استر، دی متیل ترفتالات (DMT) و اتیلن گلیکول (ethylene glycol) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ساختار شیمیایی مولکولهای پلیمر خواص و رفتار نهایی لیف را تعیین می‌کند. در نایلونها مولکول زنجیری اصلی از چند عامل $-CH_2-$ و یک آمید $-C-NH-$ تشکیل شده است که به طور خطی پشت سرهم قرار گرفته‌اند. در پلی استر، چند عامل $-CH_2-$ به وسیله عامل استر و حلقه بنزن به هم متصل شده‌اند. حلقه بنزن سخت‌تر از عوامل $-CH_2-$ است و امکان تحرک را به آنها نمی‌دهد در نتیجه نایلون نرم‌تر از پلی استر می‌باشد و قابلیت بازگشت به طول اولیه پس از حذف نیروی وارد شده در پلی استر بیشتر از نایلون است. یوندهای شیمیایی و پیوندهای ثانویه (مانند پیوندهای هیدروژنی و الکتروستاتیکی)، مولکولهای زنجیری را به یکدیگر اتصال می‌دهند و تعداد و قدرت این پیوندها، خواصی مانند قابلیت بازگشت به طول اولیه، استحکام، نقطه ذوب و غیره را تعیین می‌کنند. در نایلون ۶ پیوندهای بین مولکولی کمتر از نایلون ۶،۶ تشکیل می‌شود و در نتیجه نایلون ۶ دارای نقطه ذوبی پایین‌تر از نایلون ۶،۶ است.

با انتخاب مواد اولیه و روش مناسب، فاصله بین عوامل $-C-NH-$ در پلی آمیدها را می‌توان تغییر داد و در نتیجه نایلون ۴، نایلون ۶، نایلون ۷، نایلون ۸، نایلون ۱۱ و بسیاری دیگر را تولید کرد. با کم شدن تعداد $-C-NH-$ در مولکول زنجیری این مواد، رطوبت بازیافتی در شرایط استاندارد (میزان رطوبت ۶۵٪ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد) کاهش، نقطه ذوب افزایش و ضریب کشسانی نیز افزایش می‌یابد. چنانچه در پلی آمیدها عوامل $-CH_2-$ به وسیله عوامل حلقوی جایگزین شوند ضریب کشسانی به شدت افزایش یافته و الیاف مقاوم در مقابل حرارت نیز تولید می‌شوند.

حین تولید پلیمرها در شرایطی ویژه تغییراتی را می‌توان در مواد داد تا الیاف تولیدی خواص متفاوت و مناسبی را دارا شوند. مات کننده‌ها (delustrants) ذرات رنگین، مواد جلوه‌گیری کننده از ایجاد الکتریسیته ساکن، مواد پایدار کننده و بازدارنده شعله را نیز می‌توان در موقع مناسب به پلیمر افزود [1,3,4,9]. یکی از مسائل مهم الیاف مصنوعی قابلیت رنگ شدن آنها در مراحل بعدی است. الیاف باید به گونه‌ای ساخته شوند که

رنگرزی آنها آسان باشد و مواد رنگزای معمول را به خود جذب کنند. در این صورت، گاه با تغییر جزئی در ساختار شیمیایی الیاف این امکان فراهم می‌گردد. مثلاً مولکول زنجیری پلی استر قادر نیست که مولکولهای مواد رنگزای واکنش پذیر (reactive) را به‌خود بگیرد. در نتیجه فقط مولکولهای مواد رنگزای واکنش ناپذیر می‌توانند به‌طور فیزیکی بین مولکولهای زنجیر قرار گیرند، در حالی که اگر در الیاف پلی استر حلقه‌های ترفتالیک را به‌وسیله حلقه‌های فتالیک، که عامل اسیدی دارند، جایگزین کنند مواد رنگزای کاتیونی می‌توانند به‌مولکول زنجیر بچسبند. در این صورت وجود عامل جانبی باعث باز شدن ساختار لیف می‌شود و فضایی برای مولکول رنگ مهیا می‌گردد. شکل ۵ قسمتی از مولکول پلی استر را نشان می‌دهد که تغییر مزبور روی آن صورت گرفته است.



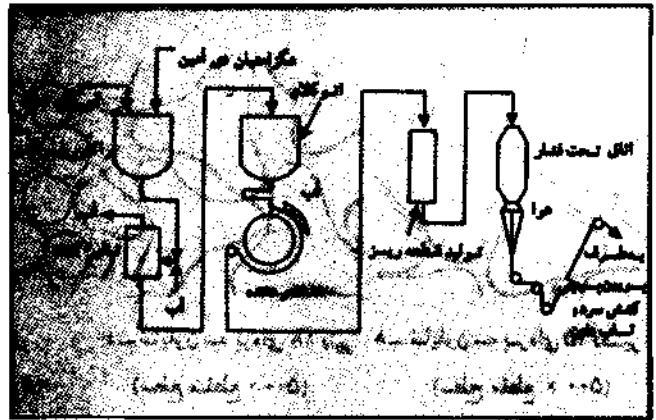
شکل ۵ - قسمتی از مولکول پلی استر که توسط رنگهای بازی قابل رنگرزی است [9]. (برای روشنی هیدروژنهای کربنها حذف شده است.)

سازندگان مواد پلیمری امکانات متعددی در اختیار دارند تا مولکولهای مناسب را برای تولید الیاف طراحی کنند. برخی از این امکانات به‌سهولت در اختیار تولیدکنندگان قرار می‌گیرند و لی دستگاههای تولیدی معمولاً برای پلیمری مشخص طراحی و ساخته می‌شوند.

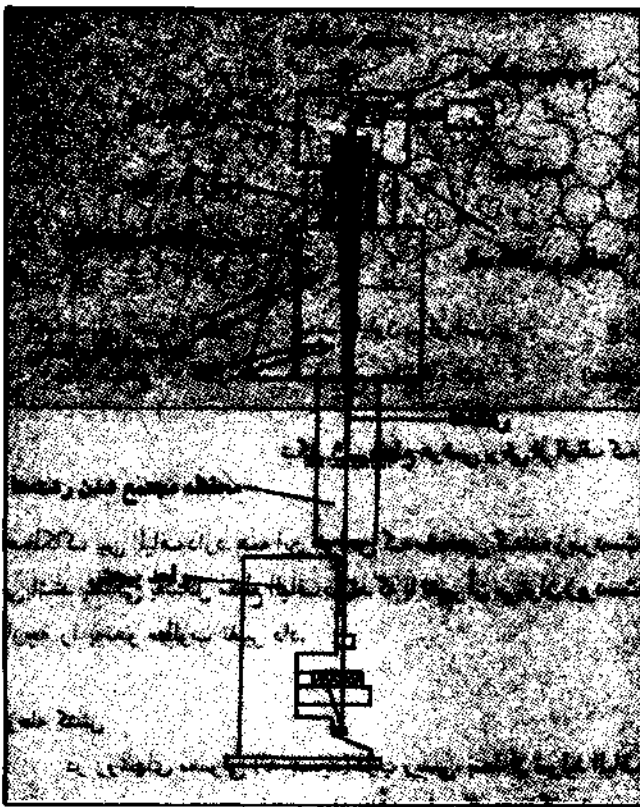
رشدگی مذاب

الیاف نایلون ۶، نایلون ۶،۶، پلی استر و پلی پروپیلن به روش ذوب ریسی (melt spinning) تولید می‌شوند. مواد پلیمری در فضایی خالی از اکسیژن تا دمایی بالاتر از دمای ذوب پلیمر در فضایی خالی از اکسیژن تا دمایی بالاتر از دمای ذوب پلیمر گرم می‌شوند و پلیمر مذاب که سیالیت و چسبندگی متناسبی دارد از درون روزنه‌های رشته‌ساز به بیرون رانده می‌شود. پلیمر مذاب خارج شده در مجاورت با محیط به سرعت سرد شده و به صورت رشته‌ها یا تارهایی روی بسته‌هایی مناسب پیچیده می‌شود.

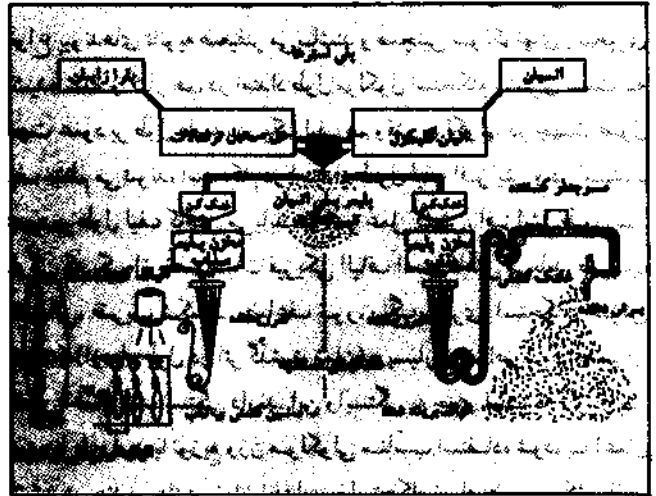
شکل ۶ مراحل مختلف تولید الیاف نایلون ۶،۶ از مونومرهای مربوط را نشان می‌دهد. شکل ۷ مراحل تولید الیاف پلی استر بعدی صورت الیاف مداوم و الیاف بریده شده را نشان می‌دهد. مراحل تولید فوق از مونومر تا الیاف می‌توانند منقطع یا مداوم باشند. شکل ۸ دستگاه تولید



شکل ۶ - مراحل تولید الیاف نایلون ۶، ۶ [11]



شکل ۸ - دستگاه تولید الیاف نایلون ۶ از پلیمر مذاب [13]



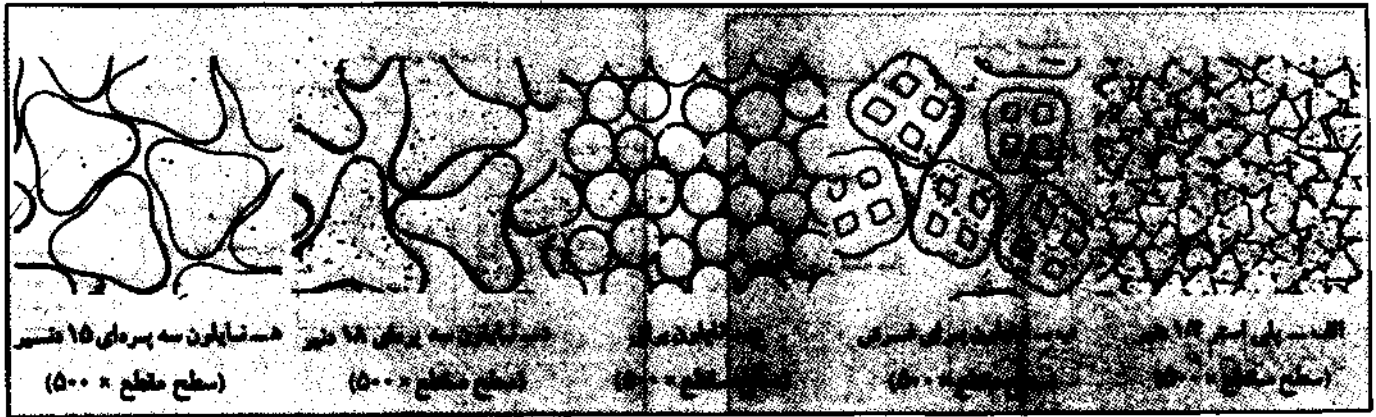
شکل ۷ - مراحل تولید یکی از الیاف پلی استر [13]

اگر سطح مقطع روزنه‌ها به گونه‌ای طرح شود که شکل مقطع الیاف به صورت مربع یا چهار مجرا (مانند شکل ۹ - ب) گردد، در این صورت الیاف تولید شده بیشترین مقاومت را در مقابل فشار در امتداد طول خواهند داشت و در ضمن نور را چنان منعکس می‌کنند که ذرات خارجی (چرک) در لابلای آنها دیده نمی‌شوند. کاربرد تیتان اکسید که معمولاً به عنوان کدر کننده مصرف می‌شود قادر به ایجاد چنین ظاهر دلپذیری نیست. شکل ۹ مقطع برخی از الیاف را نشان می‌دهد.

ظاهر هر کالای نساجی مانند پارچه و فرش، بدون توجه به رنگ آن، در اثر چگونگی بازتاب نور از آن می‌باشد. با استفاده از قوانین نور هندسی (بازتابش و شکست) می‌توان توزیع شدت نور بازتابیده از یک سطح با ساختاری مشخص را محاسبه کرد [12]. در نتیجه جلا یا براقیت فیزیکی، یعنی ظاهر پارچه به طور کمی مشخص می‌شود. چندین سال پیش یکی از پژوهشگران [13] با استفاده از روش تجزیه بافت تصویر (image texture analysis) موفق شد چگونگی ارتباط بین شکل مقطع الیاف و جلا و براقیت سطح فرش ساخته شده از آنها را مشخص کند. ملاحظه شد که هر چه مقطع الیاف ستاره‌ای به مثالی شکل نزدیکتر شود جلای الیاف و فرش ساخته شده از آنها افزایش می‌یابد.

آنچه که امروزه به عنوان زیردست پارچه در ارزیابی خریداران معمول است بستگی به مقاومت خمشی، مقاومت یرسی، ضخامت پارچه و

نایلون ۶ از پلیمر مذاب را با جزئیات بیشتر نشان می‌دهد. در مرحله ریسندگی یعنی تبدیل ماده پلیمری به الیاف نیز تغییرات متعددی ایجاد می‌شود تا خواص الیاف به دلخواه تغییر کند. مواد متفاوتی می‌توان به پلیمر مذاب افزود. هرلینگر (Herlinger) اخیراً تأثیر این گونه مواد را بر خواص نخ پلی استر تولیدی بررسی کرده است [10]. یکی از تغییرات جالب توجه و شاید مشکل در ابزار تولید، تغییر مقطع روزنه‌های رشته ساز است. چنانچه سطح مقطع روزنه‌ها در مرحله ذوب رسی دایره‌ای باشد الیاف تولیدی به صورت استوانه خواهند بود لیکن ایجاد اشکال دیگر نیز امکان‌پذیر است. اگر سطح مقطع روزنه‌ها ستاره‌ای شکل باشد الیاف با مقطع ستاره‌ای تولید می‌شوند که مناسب فرشهای ماشینی (موکت) با ظاهری لوکس است. در این صورت از نم‌گونه شدن الیاف سطح خارجی موکت جلوگیری می‌شود.



شکل ۹ - مقطع عرضی برخی از الیاف که به طریق ذوب ریسی تهیه شده‌اند [9, 11].

از آنجا که پیوندهایی که مولکولها را به هم متصل نگه می‌دارند از انواع پیوندهای ثانویه ضعیفتر می‌باشند و همچنین مولکولهای زنجیری کشیده شده و کنار هم، در امتداد طول مولکول استحکام بیشتری نسبت به جهت عمود بر طول دارند، در یک لیف هم وقتی مولکولها در جهت طول لیف منظم می‌شوند، استحکام در امتداد طول لیف افزایش و در امتداد عمود بر طول لیف کاهش می‌یابد. در اثر عمل کشش، افزایش طول تا پارگی که یکی از خصوصیات فیزیکی الیاف است کاهش می‌یابد. ضریب کشسانی، ضریب شکست مضاعف نور، رنگ‌پذیری، استحکام، خزش (*creep*) (ازدیاد طول در اثر گذشت زمان) و بسیاری خواص دیگر به میزان کشش اعمال شده بستگی دارند. این وابستگی به حدی است که اگر از پلی استر یا پلی آمید با توزیع وزن مولکولی مناسب استفاده شود، با اعمال کشش در چند مرحله می‌توان نخهایی با استحکام زیاد، ضریب کشسانی زیاد و خزش کم که مناسب برای استخوانبندی لاستیک اتومبیل است، تولید کرد. در حالی که برای تولید نخ برای لباسهای معمولی نیازی به اعمال کشش زیاد وجود ندارد زیرا افزایش ضریب کشسانی، مقاومت در مقابل خمش را افزایش می‌دهد که برای لباس چندان مناسب نیست. در دستگاههایی که برای تولید کالای ویژه‌ای طراحی و ساخته می‌شوند کشش را نمی‌توان چندان تغییر داد لیکن همین مقدار جزئی بر کیفیت محصول مؤثر خواهد بود. اخیراً معمول شده است که برای سرعت تولید بیشتر، مرحله کشش در تولید نخهای یکسره، حذف شود [15]. لیکن در روشهایی که هزاران رشته از نخهای یکسره در کنار هم از رشته‌سازی دارای هزاران روزنه جمع‌آوری می‌گردند و به صورت طنابی کلفت (*rope*) به مرحله کشش وارد می‌شوند، چون عامل مهم اقتصادی حاصلضرب وزن در واحد طول طناب در سرعت است، نه سرعت به تنهایی، مرحله کشش، مرحله‌ای متعاقب مرحله ریستدگی باقی خواهد ماند.

ریستدگی با سرعت زیاد

در اوایل سالهای ۱۹۵۰ میلادی ریستدگی با سرعت زیاد به مرحله

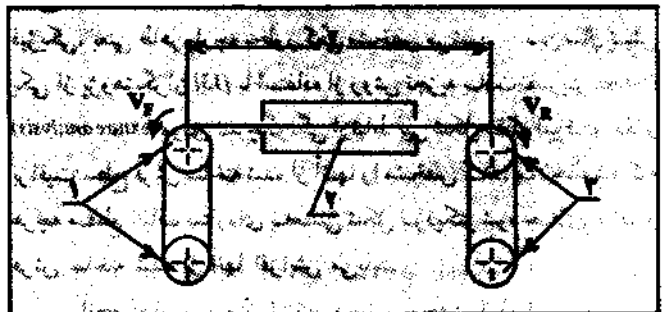
اصطکاک بین الیاف دارد. همه این خواص که مشخص کننده زیردست می‌باشند بستگی به شکل مقطع الیاف دارند که با تغییر آن می‌توان زیردست پارچه را به نحو مطلوب تغییر داد.

مرحله کشش

در روشهای معمولی (نه جدید) ذوب ریسی، بعد از تولید الیاف مرحله کششی وجود دارد. در این مرحله مثلاً نخهای یکسره با گذر از بین و روی غلتکهایی، که پشت سر هم قرار گرفته‌اند و با سرعت مسطحی فزاینده‌ای حرکت می‌کنند، چند برابر طول اولیه خود کشیده می‌شوند. عمل کشش در دمایی که کمی بیشتر از دمای گذر شیشه‌ای (*glass transition temperature*) است صورت می‌گیرد. شکل ۱۰ مکانیسم کار یک دستگاه کشش را به صورت بسیار ساده شده نشان می‌دهد که در آن ۱ - غلتکهای تغذیه، ۲ - گرم‌کن، ۳ - غلتکهای گیرنده، V_F سرعت خطی تغذیه، V_R سرعت کشش و L - محدوده کشش است.

در اثر عمل کشش، مولکولهای زنجیری پلیمر در جهت اعمال تنش، که همان امتداد لیف است، جهت دار، آراسته، منظم و تا حدودی متبلور می‌شوند.

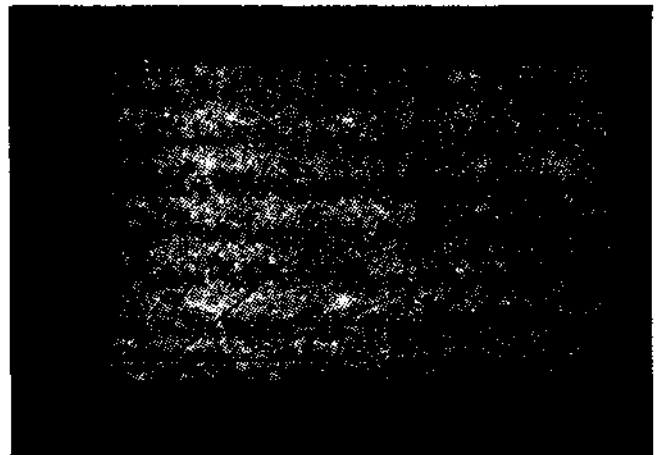
در اثر کشش الیافی که به طریق ذوب ریسی تهیه می‌شوند، تبلور همواره افزایش می‌یابد.



شکل ۱۰ - قسمتهای اصلی دستگاه کشش نخ یکسره [14]

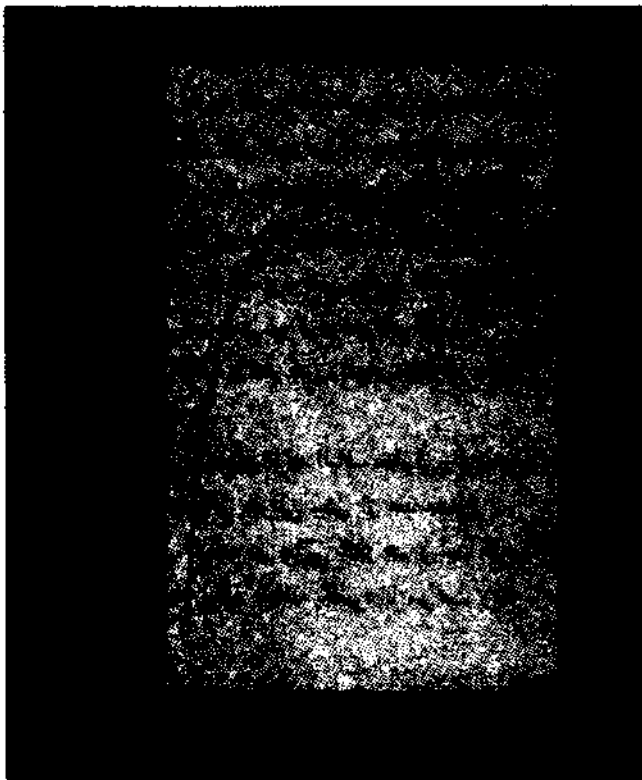
تولید رسید و با ثبت چند اختراع، تولید الیاف یکسره از پلی اتیلن ترفتالات در سرعت زیاد با حذف مرحله کنش مورد توجه قرار گرفت. در سالهای ۱۹۵۰، سرعت تولید الیاف یکسره در کارخانه های ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر در دقیقه (۸/۸ تا ۱۶/۶ متر در ثانیه)، در سالهای ۱۹۶۰ به ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر در دقیقه (۱۶ تا ۲۲/۲ متر در ثانیه) و در سالهای ۱۹۷۰ به ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر در دقیقه (۳۹/۸ تا ۶۶/۴ متر در ثانیه) رسید. اشاره می شود که در آزمایشگاههای پژوهشی سرعت ۱۰۰۰۰۰ متر در دقیقه (۱۶۶ متر در ثانیه) مورد آزمایش قرار گرفته است. دلایل افزایش سرعت متفاوت است و از آن جمله می توان از حذف مرحله کنش برای تولید الیاف جهت دار شده (آرایش یافته) و بلوری و ضرورت های اقتصادی، مصرف انرژی و کارگر و نیز تولید کالاهای جدید برای کاربردهای جدید (جیر یا چرم مصنوعی) نام برد. اگر چه تکنولوژی تولید دستگاههایی که قادر به کار در سرعت های بالا باشند با اشکالاتی روبروست ولی هم اکنون دستگاههایی که با سرعت ۶۰۰۰ متر در دقیقه کار می کنند به بازار راه یافته اند.

با افزایش سرعت تولید که همراه با تغییر دمای پلیمر مذاب و فشار در محفظه بیرون راننده پلیمر از روزه های رشته ساز می باشد، تغییرات فاحشی در خواص مکانیکی الیاف ساخته شده به وجود می آید. شکل های ۱۱ و ۱۲ نمونه ای از این تغییرات را برای الیاف پلی اتیلن ترفتالات و نایلون ۶ نشان می دهند. به طوری که در این شکلها مشاهده می شود با افزایش سرعت تولید می توان استحکام الیاف تولیدی پلی استر را افزایش و افزایش طول تا پارگی آنها را کاهش داد.



شکل ۱۱ - منحنی تنش - کرنش الیاف پلی اتیلن ترفتالات در سرعت های متفاوت [15] (سرعت تولید بر حسب Km/min بالای هر منحنی درج شده است.)

ضرب شکست مضاعف (birefringence) نوری یک ویژگی ساختار داخلی الیاف است که با خواص فیزیکی دیگر ارتباط دارد. با افزایش ضرب شکست مضاعف، استحکام و ضرب کشسانی الیاف افزایش و افزایش طول تا پارگی کاهش می یابد. شکل ۱۲ ضرب شکست مضاعف



شکل ۱۲ - ضرب شکست مضاعف نور در الیاف نایلون ۶ که با سرعت های مختلف تهیه شده اند. اندازه گیری پس از نگهداری طولانی در شرایط معمولی صورت گرفته است [16].

الیاف نایلون ۶ که در سرعت های متفاوت تولید شده است را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می شود خواص فیزیکی الیاف به شدت تحت تأثیر سرعت تولید قرار گرفته است.

اشاره می شود که تغییر سرعت برای دستگاههایی که برای یک سرعت معین طراحی شده اند مشکل است. این گونه تغییرات در خواص برای الیاف پروپیلن و نایلون ۶، ۶ هم ملاحظه شده است که پژوهشگران را در مقابل موضوعات جدید از قبیل: «ایجاد تبلور در اثر سیلان» و «ساختار شبه بلوری در مایع» قرار داده است [15].

ایجاد خواص جدید با کاهش قطر الیاف

یک لیف یا یک رشته از الیاف پلی استر معمولی، که در تولید پوشاک مصرف می شود، با جرم مخصوص $1/28$ گرم بر سانتی متر مکعب و $2/5$ دینر (وزن 9000 متر برابر $2/5$ گرم)، قطری برابر $10^{-3} \times 1/432$ سانتی متر یا حدود 14 میکرون دارد. الیافی با دینر $1/6$ نیز تولید شده است که قطر آن حدود $5/0$ میکرون می باشد [16]. این مقدار فقط دو یا سه برابر حد تشخیص یک میکروسکوپ نوری بسیار خوب است و در حقیقت به وسیله میکروسکوپیهای نوری معمولی قابل رؤیت نیست. اگر چنین الیافی

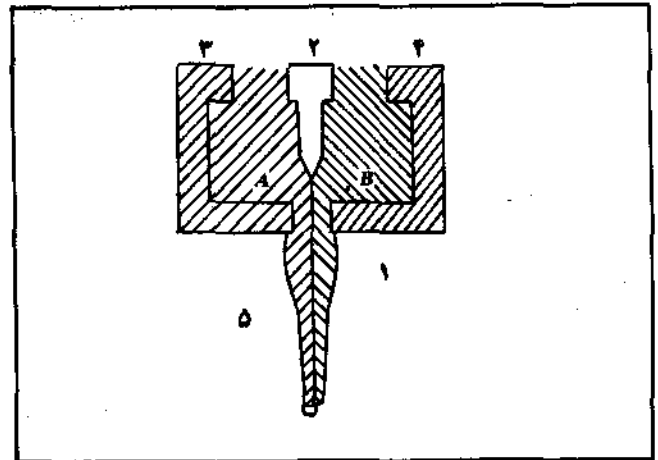
که قطر کمی دارند به صورت مجتمع به پارچه تبدیل گردند، خواص پارچه ک... با پارچه‌های معمولی متفاوت خواهند بود. در اثر پدیده پخش یا پراکندگی نور ظاهر پارچه کدر و مات می‌شود. چون مقاومت در مقابل خمش متناسب با مجذور قطر تغییر می‌کند چنین پارچه‌هایی بی‌اندازه لخت، شل و جیر مانند می‌شوند. چون در این موارد سطح مخصوص (سطح واحد حجم) بسیار زیاد است، در نتیجه مقاومت در مقابل عبور گازها و مایعات نیز بسیار زیاد خواهد بود، یعنی برای واحد حجم، سطح بیشتری برای جذب سطحی در دسترس قرار خواهد گرفت.

برای تولید الیاف با قطر کم روشهای متفاوتی به کار برده می‌شود [16] که عبارت‌اند از:

- استفاده از روشهای تولید الیاف معمولی و توسعه و ترمیم آنها
- انجام کششهای متوالی بیش از حد معمول
- ریسندگی الیاف دو جزئی کنار هم و جدا کردن آنها
- و سرانجام تولید الیاف یکسره با سرعت زیاد

الیاف دو جزئی

الیاف دو جزئی را می‌توان از دو نوع پلیمر متفاوت و به روشهای ذوب رسی یا خشک رسی تولید کرد. در یک روش، دو پلیمر متفاوت از رشته سازی که دارای دو مجرای خروج کنار یکدیگرند به بیرون رانده می‌شوند. شکل ۱۳ یک مجرای این رشته ساز را نشان می‌دهد. چون خواص فیزیکی دو جزء پلیمری با هم متفاوت است در اثر عملیات تکمیلی کشش و حرارت دادن، تغییر طول یکی از دیگری کمتر خواهد بود و در نتیجه لیف به صورت مارپیج در خواهد آمد. این پدیده‌ای است که در الیاف



شکل ۱۳ - یک روزنه رشته ساز در تولید الیاف دو جزئی کنار هم [14] A و B محفظه برای دو نوع پلیمر متفاوت است.

- ۱ - روزنه رشته ساز
- ۲ - صفحه جدا کننده

- ۳ - دو ماده پلیمر در حالت مذاب
- ۵ - رشته خارج شده از روزنه رشته ساز

پشم باعث جمع و موج می‌شود. این گونه الیاف را الیاف دو جزئی خود موجدار شونده می‌گویند. روابطی بین فرکانس موج، دامنه موج و ضریب کشسانی، تابعی است که شکل سطح مقطع را توجیه می‌کند، با استفاده از قوانین استاتیک وضع شده‌اند [14]. در نتیجه می‌توان با طرح شکل سطح مقطع و استفاده از مواد متفاوت، الیافی با جمع و فر مشخص، از پیش طراحی کرد.

اخیراً یک مؤسسه پژوهشی [17] با استفاده از روش ریسندگی الیاف دو جزئی موفق به تولید لیفچه‌هایی (microfibers) به اندازه ۰/۰۵ دسی تکس یا به ضخامت ۲ میکرومتر شده است. پلی استر همراه با پلیمری که به سهولت در یک حلال حل می‌شود از روزنه رشته ساز خارج می‌گردد. پس از تشکیل لیف، پلیمر مزبور در حلالی مناسب حل و خارج می‌شود تا لیفچه‌هایی با مقاطع چند ضلعی و ضخامت بسیار کم حاصل شوند. این گونه محصولات در تهیه پارچه‌های نظیف چون پارچه‌های مناسب برای پاک کردن شیشه بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند [17].

پلی الفینها برای تولید الیاف

میزان تولید الیاف پلی پروپیلن در صنعت کفپوشها به حدی رسیده است که می‌توان آن را چهارمین لیف مصنوعی پر مصرف به حساب آورد. این پیشرفت، در حقیقت به علت ساخت ماده پلیمری است که نه تنها جرم مولکولی زیادی دارد بلکه با انتخاب کاتالیزور مناسب می‌توان توزیع وزن مولکولی آن را به حدی باریک ساخت که تولید الیاف مناسب امکان پذیر شود. استفاده از مواد افزودنی مناسب مقاومت در مقابل حرارت، نور و شعله را افزایش می‌دهد مشکل اساسی در کالای تولیدی رنگرزی الیاف است که در مراحل پژوهشی به نتایج رضایت بخش منتهی شده است [18]. پلی پروپیلنی که دارای توزیع جرم مولکولی باریک است اگر به الیاف تبدیل شود استحکام زیاد و افزایش طول تا پارگی کمی خواهد داشت. انتخاب وزن مولکولی و توزیع وزن مولکولی با توجه به کاربرد الیاف و طرح دستگاههای ریسندگی صورت می‌گیرد [19]. افزایش تبلور، آرایش با جهتگیری مولکولها در قسمتهای بی‌نظم و در نتیجه افزایش استحکام همراه با افزایش سرعت ریسندگی (سرعت غلتک گیرنده) ملاحظه شده است [15].

پلی اتیلن معمولی در مقایسه با پلی پروپیلن دارای دمای ذوب کمتر، استحکام کمتر و نرمتر است، ولی روش جدیدی برای تولید الیاف پلی اتیلن با استحکام بسیار زیاد ارائه شده است [20].

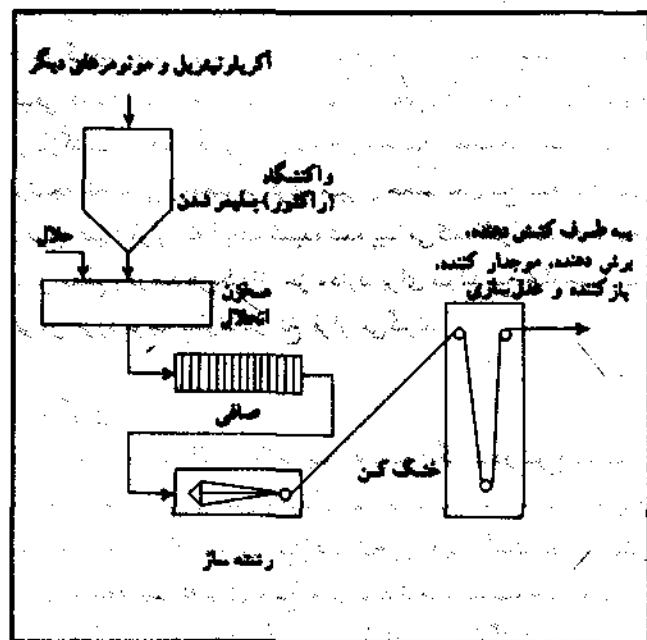
سالها پیش محاسبه استحکام و ضریب کشسانی الیاف از طریق محاسبه انرژی لازم برای کشش و گسستن پیوندهای شیمیایی مورد توجه قرار گرفت. شیمیدانها به شیوه‌های مختلف و با استفاده از واکنشهای متفاوت، انرژی لازم برای گسستن پیوند کووالانسی کربن - کربن را محاسبه کردند. بر مبنای آن و با استفاده از مدل‌های مکانیکی، محاسبه ضریب کشسانی و استحکام یک لیف با فرمول شیمیایی مشخص و

باشد آنها را الیاف آکریلیک اصلاح شده (modacrylic) می نامند. این تعاریف که از طرف اغلب تولید کنندگان پذیرفته شده گویای تنوع خواص و ساختار الیاف آکریلیکی است که امروزه به دست مصرف کنندگان می رسد.

پژوهشها برای تولید الیاف آکریلیک در سال ۱۹۳۱ شروع گردید و در سال ۱۹۴۸ الیاف مزبور به صورت تجارتي به بازار عرضه شد. روشهای مختلف تولید تجاری آکریلیک از پلی پروپیلن وجود دارد (دیون، دیستیلر، Distiller و سوهایو، Sohaio). در حالی که نسیمی از تولید کنندگان از روش ریسندگی تر برای تولید الیاف آکریلیک استفاده می کنند، نسیمی دیگر روش ریسندگی خشک (dry spinning) را مورد استفاده قرار می دهند [1]. شکل ۱۵ مراحل مختلف ریسندگی این الیاف به طریق تر را نشان می دهد.

امکان ریسندگی الیاف آکریلیک به طریق ریسندگی مذاب نیز بررسی شده است. ابتدا مقدار جزئی حلال یا مواد نرم کننده تنها برای نرم کردن به پلیمر افزوده می شود، سپس در دمای ۱۴۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد ریسندگی انجام می گیرد. این روش به صورت تجارتي در نیامده است [23]. برخلاف ریسندگی مذاب، در ریسندگی تر و خشک انجماد مایع خارج شده از روزنه رشته ساز و تشکیل لیف یا انتقال جرم همراه است. این پدیده علاوه بر کشش سطحی مایع خارج شده از روزنه رشته ساز بر شکل مقطع الیاف نیز مؤثر خواهد بود.

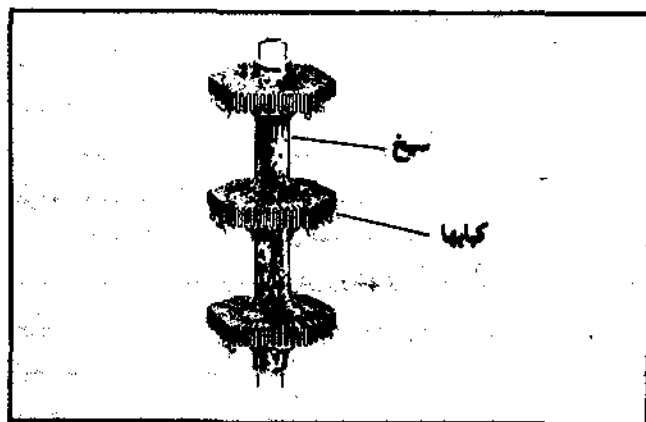
در ریسندگی خشک، مایع خارج شده از رشته ساز حاوی مقدار زیادی حلال است که پس از خروج شروع به تبخیر می کند. سرعت تبخیر حلال بستگی به عوامل متعددی از قبیل سرعت ریسندگی، دمای محیط، قطر رشتهها و غیره دارد. تبخیر، یک پدیده سطحی است و پس از اینکه



شکل ۱۵ - مراحل تولید الیاف آکریلیک [1]

ضخامت مشخص ممکن گردید [21]. ملاحظه شد که این ضریب کشسانی و استحکام معاسبه شده چندین برابر مقداری است که در عمل ملاحظه می شود و در آزمایشگاه با استفاده از دستگاههای اندازه گیری استحکام تعیین می گردد. علت این اختلاف فاحش چه بود؟ وجود نقص در روشهای اندازه گیری، آزمایشهای شیمیایی یا کامل نبودن ساختار الیاف؟ با افزایش وزن مولکولی پلیمر پلی اتیلن به مقداری حدود $10^6 \times 4/5$ در آزمایشگاههای پژوهشی الیافی ساخته شد که استحکام آن ۵۰ تا 70 g/dtex و افزایش طول تا پارگی آن ۳ تا ۵٪ بود (اشاره می شود که استحکام الیاف معمولی بین ۳ تا 10 g/dtex است) [20].

در حقیقت تولید این الیاف را باید مدیون پژوهشگرانی بود که ساختار «شش کیاب» را به هنگام اعمال تنش بر محلول پلیمر در حال تبلور از حلال، کشف کردند [22]. شکل ۱۴ ساختار «شش کیاب» را نشان می دهد.



شکل ۱۴ - ساختار «شش کیاب» در الیاف پلی اتیلن [22]

(سیخ در امتداد لیف و مولکولها به صورت کشیده شده در آن قرار دارند؛ مولکولها در کیاب در حالت تاخورد (folded) قرار گرفته اند.)

در ریسندگی ژله (gel spinning)، ابتدا پلی اتیلن در پارافین حل می شود و پس از ریسندگی و خروج از رشته ساز، رشتهها در مخزن آب و حلال متعقد می گردند. ساختار «شش کیاب» به گونه ای تشکیل می شود که سیخها در امتداد محور لیف قرار می گیرند، در نتیجه نقصهای ساختاری که باعث اختلاف فاحش بین استحکام نظری و عملی بود به حداقل تقلیل می یابد. اگرچه سرعت تولید در این روش ریسندگی کم است ولی تولید تجارتي این الیاف پیشرفتهای آتی را ممکن می سازد. این الیاف در مواردی مورد استفاده قرار می گیرند که نیاز به استحکام زیاد و مقاومت زیاد در مقابل مواد شیمیایی باشد و دما نیز از ۸۰ درجه سانتیگراد تجاوز نکند.

الیاف آکریلیک و آکریلیک اصلاح شده

الیاف آکریلیک عبارتند از الیافی که بیش از ۸۵٪ وزنی آنها را آکریلونیتریل تشکیل داده باشد. اگر درصد آکریلونیتریل بین ۳۵ تا ۸۵٪

حلال از سطح لیف خارج شد، حلال موجود در درون لیف نیز باید به خارج لیف نفوذ کند. اگر سرعت تبخیر از سطح بیرونی لیف برابر E و سرعت نفوذ حلال از مرکز لیف به خارج برابر V باشد، نسبت E/V شکل سطح مقطع را مشخص خواهد کرد.

اگر E کوچکتر یا مساوی V باشد ($E/V < 1$) رشته‌ها هر یک به صورت همگن منجمد خواهند شد و تمام خواص فیزیکی لیف در همه نقاط آن یکسان خواهند بود. در این صورت شکل مقطع لیف نیز دایره‌ای باقی خواهد ماند. اگر سرعت تبخیر حلال از سطح بیرونی لیف بیشتر از سرعت نفوذ حلال از مرکز به خارج لیف باشد ($E/V > 1$)، یک پوسته خارجی روی لیف منجمد شده و لیف مشابه لوله‌ای می‌شود که حاوی مایع ریسندگی است. بدیهی است که حلال باقی مانده در درون به نفوذ خود به بیرون ادامه خواهد داد تا از سطح لیف تبخیر گردد. با خروج حلال، لیف به شکل یک لوله لاستیکی در خواهد آمد که هوای درون آن را تخلیه کرده باشند. بسته به نسبت و غلظت پلیمر در حلال، الیاف دارای مقاطعی متفاوت به شکل استخوان پا یا دایره مضرب خواهند بود. در هر صورت با انتخاب مناسب شکل روزنه، غلظت، حلال، دما و فشار بخار حلال در محفظه ریسندگی می‌توان اشکال مختلفی مانند H ، چند پره‌ای و غیره را به وجود آورد [4].

الیاف آکریلیک بیشترین موفقیت را در تولید نخهای حجیم به دست آورده است. این نخها مشابه نخهایی می‌باشند که در بسافتی‌های دستی کتیاف برای تولید لباسهای زمستانی مصرف می‌شوند. برای تولید نخهای حجیم ابتدا قسمتی از الیاف به دمایی بیش از 60 درجه سانتیگراد می‌رسد که بالاتر از محدوده دمای گذر شیشه‌ای الیاف است. سپس بین 60 تا 100% کشیده شده و در همان حال سرد می‌شود. پس از اینکه این دسته از الیاف با دسته‌ای دیگر از الیاف معمولی مخلوط شد و تبدیل به نخ تابدار گردید، دوباره توسط بخار یا آب حرارت می‌بینند. بسدین ترتیب الیافی که قبلاً اضافه طول پیدا کرده بودند به طول اولیه خود بازمی‌گردند و در بازگشت، الیاف دیگر را به طرف خارج خم و حلقه‌دار می‌کنند. در نتیجه، نخ پفکی و حجیم می‌گردد. میزان حجیم شدن نخ به عواملی از قبیل تقلیل طولی که الیاف کشیده شده پیدا می‌کند، ظرافت، تاب نخ، شکل مقطع و درصد هر یک از اجزاء دارد. برای تولید نخ مناسب این عوامل مورد توجه سازندگان نخ قرار می‌گیرند.

نتیجه‌گیری

صنعت تولید الیاف مانند اغلب صنایع دیگر با دو نوع پرسش روبرو می‌شود. اولین پرسش چگونگی تولید الیاف است. پاسخ به این سؤال همیشه با ارائه بسیاری اطلاعات تجربی همراه است. دوم پرسش چرایی پدیده‌هاست که برای پاسخ به آن باید تجربیات توجه شوند و قوانین حاکم بر آنها مشخص گردند. این گونه سؤال راه‌گشای آینده است و برای پاسخ به آن باید از قوانین ریاضی، فیزیک، شیمی، ترمودینامیک،

مکانیک و غیره استمداد جست. صنعت تولید الیاف مصنوعی در سالهای اخیر از نظر اطلاعات تجربی بسیار غنی شده و به صورت یک «هنر صنعتی» درآمد است. چون تجربیات اولیه توسط شرکت‌های بزرگ و گاه چند ملیتی انجام و گردآوری شده است، برخی مکثوم مانده و فقط به صورت اختراع ثبت شده با قیمتی گزاف در اختیار تولیدکنندگان فرعی قرار می‌گیرند.

این صنعت از نظر تئوری و پژوهشهای پایه‌ای ضعفها و کاستیهای دارد. کتابهایی که موضوع را به طور عمومی مورد بررسی قرار داده‌اند کم‌اند و مقالات منتشر شده به ندرت به توجیه پدیده‌های متفاوت پرداخته‌اند.

تنها ریسندگی مذاب، شاید به علت سادگی مراحل تولید، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و روابط حاکم بر انتقال حرارت و پایداری خط ریسندگی مشخص شده است.

در ریسندگی تر و خشک انجماد با تغییر ساختار لیف و تغییر ضریب نفوذ همراه است. خواص ویسکوکشنسانی غیر خطی پلیمر در حال تغییر فاز بر مشکلات تجزیه و تحلیل می‌افزاید.

باتوجه به موارد فوق و بسیاری دیگر که مجال بیان آن نیست، برای طراحی و مهندسی الیاف نمی‌توان تنها به اصول و روابط علمی مقید بود. به طوری که در قسمتهای قبل نشان داده شد، زمینه‌های متفاوتی

برای تحقیق و پژوهش و پیدا کردن روشهای طراحی و مهندسی در صنعت تولید الیاف وجود دارد. زمینه تولید مواد خام گسترده و پیچیده است و در ابتدا نیاز به دانشی در مورد اصول تبدیل مواد پلیمری به الیاف و ارتباط خواص و ساختار شیمیایی پلیمر به خواص الیاف است که خود داشتن امکانات کامل را از وسایل آزمایشگاهی تا دستگاههای سنجش و سرانجام در زمینه تبدیل آزمایشگاهی به صنعتی لازم دارد. زمینه افزایش سرعت باید با پیشرفت تکنولوژی ساخت همراه باشد، چه پایداری خطوط جریان الیاف به ارتعاشات مکانیکی حاصل از سرعت زیاد بستگی دارد. تا امکانات ساخت ابزار دقیق و دستگاهها میسر نشود راه پیشرفت در این زمینه مسدود خواهد ماند. در زمینه کاهش قطر و تغییر ساختار فیزیکی امکانات کمتری مورد نیاز است و چنانچه یک کارگاه تولید الیاف با امکانات متنوع ایجاد گردد راه برای پژوهش و توسعه گشوده خواهد شد. استفاده از مخلوط پلیمر زمینه بسیار خوب و ساده‌ای تشخیص داده می‌شود. چه شناخت چگونگی تأثیر مواد مخلوط شدنی بر خواص الیاف تولیدی راهنمای پیشرفت در یک زمینه جدید خواهد شد.



شیمی‌دان آمریکایی (بزرگی‌الاصل) در ۱۸۶۳ در بلژیک زاده شد. در هفت سالگی شرح حالی از قرائت‌کنین، نوآورد و سیاستمدار آمریکایی خواند و بسیار تحت تأثیر آن قرار گرفت. از آن پس در خواندن درسهای خود پشتکار، کوشش و عشق بیشتری نشان داد و در ۱۶ سالگی دوره دبیرستان را به پایان رساند. در سال ۱۸۸۶ یعنی در بیست و یک سالگی درجه دکترایی با عنوان بسیار خوبی دریافت کرد. در ۱۸۸۷ عنوان اسنادی گرفته. دو سال بعد به آمریکا رفت و در آنجا یک کارخانه تهیه کاغذ و وسائل عکاسی ایجاد کرد و استاد شیمی مسندسی در دانشگاه کلمبیا گردید. پس از پژوهش فراوان و مطالعه زیاد، تهیه فیلم به شیوه نورا پایه‌گذاری کرد. وی دو نوع کاغذ عکاسی تهیه کرد که با نور ساختگی هم‌شکار می‌شد. وی نوآوری خود را به بهای یک میلیون دلار به کمپانی ایستمن - کداک (Eastman-Kodak) فروخت. پژوهشهای بکلند تنها در این زمینه خلاصه نمی‌شود. مدتها بود که معمای رزینهای فنولی توجه بکلند را به خود جلب کرده بود و حال وقت آن رسیده بود که وی تمام تلاش خود را برای حل آن به عمل آورد. پس از سالیان بسیاری تلاش و آزمایش، موفقیت حاصل شد و می‌توان گفت که تولد واقعی صنعت پلاستیکهای تقویت شده در آزمایشگاه منزل وی در نیویورک به وقوع پیوست. او روشی برای کنترل واکنش یافته بود. بکلند قادر به متوقف کردن واکنش در جایی شده بود که رزین هنوز در مرحله گدازپذیری به سر می‌رسد. مرحله (A)، وی دریافت که این رزین در این مرحله می‌تواند در حلالها حل شود و یا با مواد پرکننده و تقویت‌کننده مخلوط گردد و سپس اقدام به ادامه واکنش تا مرحله (B) کرد که در این مرحله گرچه رزین گدازناپذیر و انفعال‌ناپذیر بود ولی هنوز از خاصیت گرمی - نرمی خود برخوردار بود و می‌توانست شکل نهایی را بگیرد که در آنجا پخت کامل صورت می‌گرفت و به مرحله (C) کاملاً می‌رسید. محصول حاصل باکلیت (Bakelite) نام گرفت شکل (۱). اولین قطعات باکلیت قالبگیری شده پلاستیک تقویت شده‌ای بودند که بعضی با پنبه نسوز (کوهی) و بعضی با خاک اره (پودر چوب) به عنوان پرکننده و تقویت‌کننده قالبگیری شده بودند (شکل ۲).

بکلند در ۱۹۰۹ اولین مقاله درباره کار خود را با عنوان سنتز اجزای سازنده و کاربردهای باکلیت در بخش نیویورک انجمن شیمی آمریکا ارائه داد که مورد توجه و تمجید بسیاری از دانشمندان و دانش‌دوستان قرار گرفت و نقطه عطفی در تجارت و صنعت قالبگیری گرماسخت گردید. تهیه ساده باکلیت یکی از عمده دلایل پیشرفت سریع این صنعت بود. برای مثال در ۱۹۱۰ تولید ساده این رزین، تنها به وسیله یک دیگ دو جداره چدنی امکان‌پذیر بود (شکل ۳).

تنها مشکلی که بر سر راه این تولید قرار داشت چگونگی استفاده از این ماده توسط قالبگیران عامی بود که اکثراً به عادت قدیم از دما و فشار پایین، در حد لازم برای لاستیکها، استفاده می‌کردند حال آنکه، باکلیت به فشار و دمای بسیار بالاتری نیاز داشت و این موضوع باعث ایجاد نارضایتی در بین خریداران می‌شد.

بکلند در سال ۱۹۲۴ رئیس انجمن شیمی آمریکا گردید و در سال ۱۹۲۴ در بیکن (Bacon) نزدیک نیویورک درگذشت.

منابع:

دایرة المعارف شیمی‌دانان جهان تألیف سید رضا آقاپور ۱۳۶۵ چاپ اول
History of Polymer Science and Technology R.B. Seymour

REFERENCES

- [1] Joseph M. "Introductory Textile Science" Second Edition, Holt Rinehart and Winston Inc., N. Y. 1972.
- [2] دبیری اصفهانی، حسن «پتروشیمی» واحد فوق برنامه بخش فرهنگی جهاد دانشگاهی - تهران ۱۳۶۴
- [3] Moncrieff R. W. "Man - Made Fibers" Sixth Edition, Newnes - Butterworth, London, 1975.
- [4] Mark H. F., Atlas S.M. and Cernia E. "Man - Made Fibers: Science and Technology" Vol. 1, 2 and 3, N. Y., 1967.
- [5] Annone "Man - Made Fibers in 1984 - A world View." Textile Monthly P 24 - 27, May 1985.
- [6] Annone "World Production of Man - Made Fibers 19 Mill. t." Chemie faern Textilindustri Vol. 40/90, P 294, 1990.
- [7] Smith D. K. "High Strength Regenerated Cellulose Fibers" Textile Research J. No.1, P. 32 - 40, 1959.
- [8] Meikle J.L. and Spivak S.M. "Nylon: What's in A Name?" Textile Chemists and Colorists Vol. 20, No.6, P 13, Jan 1988.
- [9] Godhen D.G. "How Fiber is Engineered" Modern Textiles No.12, P 60 - 65, 1972.
- [10] Herlinger H. and Gutmann R. "Influence of Additives on the Properties of Flat Yarns and the Textiles Made From them" Man - Made Fibers Year Book p42, 1989.
- [11] AATCC Manual "American Association of Textile Chemist and Colorists." 1988.
- [12] Werny F., Correlation of Subjective Carpet Luster with Specular Reflectance., Textile Research J. 55, P 686, 1985.
- [13] Anton A., Johnson K. A. and Janson P. A., Characterization of Fabric Luster via Image Analysis Textile Research J. 48, P247, 1978.
- [14] Ziabicki A. "Fundamentals of Fiber Formation, the Science of Fiber Spinning and Drawing", John Wiley and Sons, London, 1976.
- [15] Ziabicki A. and Kawai H. (Editors) "High Speed Fiber Spinning" Wiley, New York, 1985.
- [16] Miroslawska M. "Spinning Ultrafine Filaments" America's Textile International P F W3, Jan 1990.
- [17] Annone "Miracle Fibers are Clearly Booming" Textile Horizons, P 8, Nov 1989.
- [18] Ahmed A. "Textile Science and Technology Vol. 5. Polypropylene Fibers Science and Technology" Elsevier, Amsterdam, 1982.
- [19] Schafer K.m. "P P Polymer for Fiber Sectors: State of Development" Man - Made Fibers Year Book. CTI. P36, 1988.
- [20] Annon "High Performance Polyethylene Fiber" Man - Made Fiber Year Book. CTI., 1989.
- [21] Layon W.J. "Theoretical Values of Dynamic Stretch Moduli of Fiber Forming Polymers." J. of Applied Physics, Vol: 29, No. 10, P 1429, 1958.
- [22] Mukhopadhyay S.K. "The Structure and Properties of Typical Melt Spun Fibers" Textile Progress, Vol. 18, No.4, 1989.
- [23] Hughes A.J. and Mc Intyre J.E. "The Production of Man - Made Fibers" Textile Progress Vol.8, No.1, The Textile Institute Manchester, 1976.

