



مروری بر عوامل مؤثر در هیدرولیز قلیایی الیاف پلی استر

دکتر مقدار کمالی مقدم، واحد تحقیق و توسعه شرکت نساجی حجاب شهرکرد

مقدمه

از طرفی، ظرافت یا نمره نخ‌های فیلامنتی در عملیات کاهش وزن حائز اهمیت است به طوری که فیلامنت ظریف‌تر به دلیل مساحت سطح جانبی بالاتر، بیشتر کاهش وزن پیدا می‌کند. برای مثال، کاهش وزن ۲۰٪ نخ فیلامنتی با قطر ۹۹/۴ دسی‌تکس ۳۴ فیلامنتی (۲/۹ دسی‌تکس هر فیلامنت) در مدت‌زمان ۲۰ دقیقه و نخ ۵۵/۵ دسی‌تکس ۲۴ فیلامنت (۲/۳ دسی‌تکس هر فیلامنت) در مدت‌زمان ۱۳ دقیقه صورت می‌گیرد [۴].

با اعمال عملیات قلیایی روی الیاف پلی‌استر حاوی گونه‌های مختلفی از ذرات، طرح‌های مختلفی از حفره‌های سطحی روی الیاف به وجود می‌آید [۵].

در عملیات هیدرولیز، تمام سطح لیف مورد حمله قرار می‌گیرد و خوردگی سطحی اتفاق می‌افتد. با پیشرفت واکنش، خوردگی درون لیف رشد می‌کند و سبب تشکیل حفره‌های طولی یا فضای خالی روی سطح می‌شود [۲].

شکل حفره‌ها بستگی به ساختار فیزیکی الیاف دارد به طوری که الیاف کشیده نشده حفره‌ها مدور و در الیاف کشیده شده حفره‌ها طولی هستند [۱].

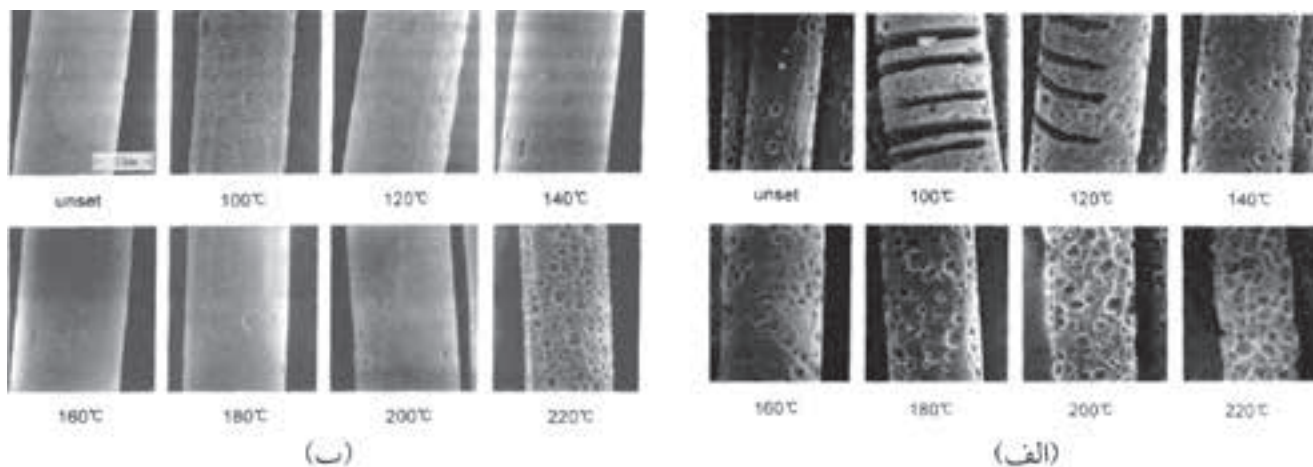
بدین ترتیب، حفره‌های ایجاد شده در الیاف FDY در راستای طولی هستند و حفره‌های مدور بدون نظم نیز روی سطح الیاف با آرایش یافتگی نسبی POY وجود دارند [۶]. حفره‌های ایجاد شده روی سطح الیاف POY (شکل ۱ الف) بسیار بزرگ‌تر از الیاف FDY (شکل ۱ ب) است که نشان‌دهنده حمله آسان قلیا به الیاف POY است.

مقدار حفره‌های ایجاد شده توسط قلیا در دمای تثبیت حرارتی ۱۴۰ °C، کمترین مقدار است و به همین دلیل کمترین مقدار کاهش وزن را دارد [۷]. در دمای تثبیت ۱۰۰ °C و ۱۲۰ °C، حفره‌های سطحی روی الیاف POY به صورت خطوط عمود بر محور لیف ایجاد شده است که دلیل آن مشخص نیست.

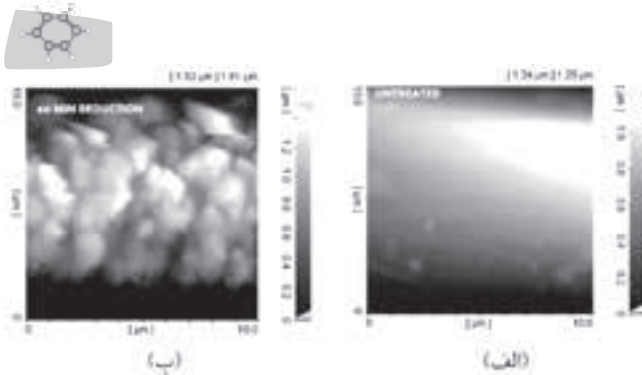
عملیات قلیایی الیاف پلی‌استر به منظور بهبود آویزش، زبردست، خواص آبدوستی و خواص مرتبط با راحتی این الیاف از سالیان دور مورد توجه محققان بوده است به طوری که در سال ۱۹۵۸ فرایند اصلاح سطحی الیاف پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) با محلول قلیایی هیدروکسید سدیم به عنوان نوآوری به ثبت رسید. واکنش الیاف پلی‌استر با محلول هیدروکسید سدیم یک واکنش هتروژنی است و به همین دلیل تحت تأثیر ریزساختار الیاف نظیر آرایش یافتگی بلورها و مناطق آمورف است. از طرفی، عوامل فرایندی نظیر غلظت قلیا، دما و زمان عملیات بر فرایند کاهش وزن اثر گذار است. در این تحقیق به برخی عوامل اثر گذار بر فرایند کاهش وزن پرداخته شده است و خصوصیات آبدوستی و رنگ‌پذیری الیاف کاهش وزن یافته بررسی شده است.

تأثیر نوع الیاف، نخ و بافت پارچه

با بررسی دو نوع بافت تافته و کرپ، نتایج نشان داد که نوع بافت پارچه تأثیر چندانی بر سرعت هیدرولیز پلی‌استر ندارند [۱]. این در حالی است که نوع نخ به کاررفته در میزان کاهش وزن تأثیر گذار است. به طوری که نخ ریسیده شده به دلیل مساحت سطحی بالاتر و ساختار نسبتاً بازتر در مقایسه با نخ فیلامنتی، در شرایط یکسان دارای کاهش وزن بیشتری است [۲]. سرعت هیدرولیز و کاهش وزن منتج از آن به نوع لیف به کاررفته نیز وابسته است. با فرض اینکه تمام پارامترها ثابت باشد، نخ پلی‌استر با سطح مقطع مدور نسبت به نخ با سطح مقطع اصلاح شده، شاید به دلیل مساحت سطحی بالاتر سطح مقطع اصلاح شده، تخلخل کمتری را نشان خواهد داد [۳].



شکل ۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی الیاف هیدرولیز شده قلیایی (الف) POY و (ب) FDY [۷].



شکل ۳. تصویر میکروسکوپ نیروی اتمی الیاف پلی استر نیمه مات، (الف) لیف خام و (ب) لیف هیدرولیز قلیایی شده در مدت زمان ۶۰ دقیقه [۹]

تأثیر ساختار بلورینگی لیف

بلورینگی و نظم زنجیر مولکولی بی استر روی کاهش وزن الیاف تأثیرگذار است به طوری که الیاف با بلورینگی زیاد، واکنش کمتری نسبت به الیاف با درصد بلورینگی کمتر دارند. لذا الیاف POY در مقایسه با الیاف FDY کاهش وزن بیشتری دارند [۶]. الیاف POY در سرعت حدود 3000 m/min تولید می شود و یک لیف آمورف آرایش یافته با درصد بلورینگی ۵/۸٪ است. در حالی که الیاف FDY از کشش الیاف POY در نسبت کشش ۱/۶ در دمای اندکی بالاتر از دمای انتقال شیشه ای به دست می آید. این کشش سبب می شود طول های کوتاه مولکول ها جابجا شوند و اتصالات درون مولکولی پایداری ایجاد کنند که منجر به افزایش بلورینگی تا ۳۱/۴٪ می شود. این نظم مولکولی پایدار به راحتی در واکنش با قلیا در دسترس قرار نمی گیرد.

به همین دلیل مشاهده شده است که هیدرولیز قلیایی (محلول هیدروکسید سدیم ۱٪) در دمای محیط پس از ۱۰۰ ساعت منجر به کاهش وزن ۱۳/۵٪ در نخ (FDY (155d/34f) و ۲۵/۶٪ در نخ (POY (256d/34f) گردیده است [۱۰]. نتایج بیانگر این است که مناطق بانظم ساختاری پایین روی سطح الیاف بسیار سریع تر از مناطق بلورین موردمحله قرار می گیرند. از طرفی آنالیز پراش اشعه ایکس نشان می دهد که تفاوت معناداری بین الیاف عمل شده و عمل نشده وجود ندارد [۶]. با توجه به اینکه چگالی الیاف پلی استر در اثر هیدرولیز تغییر نمی کند؛ لذا درصد بلورینگی الیاف در اثر کاهش وزن بدون تغییر باقی می ماند و این مؤید این مطلب است که واکنش در سطح الیاف اتفاق می افتد [۱، ۲]. این در حالی است که نتیجه تحقیقات دیگر حاکی از آن است که به دلیل کاهش استحکام، ریزساختار و بلورینگی الیاف پس از هیدرولیز قلیایی تغییر می کند و از طرفی، با افزایش کاهش وزن، بلورینگی و اندازه بلور افزایش می یابد. لازم به ذکر است که در تفسیر مطالب باید به مقدار کاهش وزن نیز دقت کرد به طوری که تا ۱۵٪ کاهش وزن، تفاوت معناداری بین داده ها وجود ندارد و کاهش وزن بالای ۴۰٪ منجر به تغییر در شاخص بلورینگی و اندازه سایز بلورها می شود [۹]. بلورینگی الیاف تثبیت حرارتی شده با افزایش دمای تثبیت به دلیل تبلور القا شده در اثر حرارت طی فرایند تثبیت افزایش می یابد (شکل ۴).

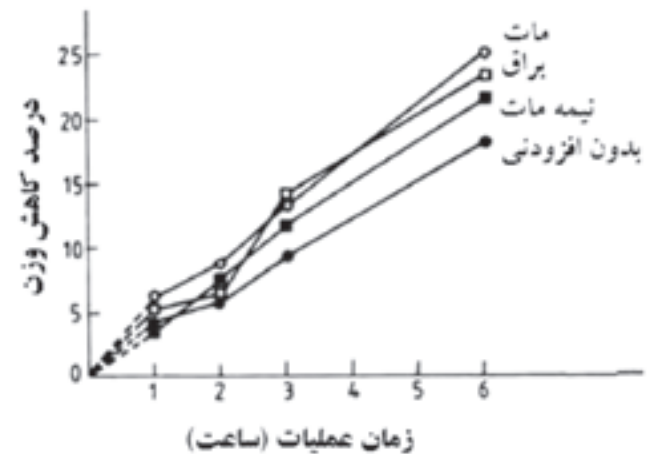
بلورینگی الیاف هیدرولیز شده در تمام دماهای تثبیت اندکی در اثر هیدرولیز افزایش می یابد. این اعتقاد وجود دارد که افزایش در بلورینگی در اثر هیدرولیز می تواند در تفاوت ریزساختار مناطق خارجی نسبت به داخلی لیف بیان کرد [۱۱].

در ابتدای واکنش، زنجیر پلیمری به صورت تصادفی شکسته شده و گروه های هیدروفل در سطح به وجود می آید اما با پیشرفت واکنش، پلیمر بدون افزایش گروه هیدروفل حل می شود [۲]. در اثر حمله یون های هیدروکسیل، حفره های سطحی در الیاف ایجاد می شود که تعداد و عمق این حفره ها در اثر وجود جلاگیرها در الیاف افزایش می یابد [۶]. الیاف براق با سطح مقطع دایره ای شکل کاهش وزن آهسته تری نسبت به نوع مات با سطح مقطع چندضلعی دارد. تفاوت در سرعت کاهش وزن ناشی از چند نکته است:

۱- در یک دانسیته خطی یکسان، الیاف چندضلعی دارای مساحت سطحی بالاتری نسبت به الیاف مدور دارند،

۲- حضور ماده مات کننده (TiO_2)، کاهش وزن لیف را تسریع می بخشد. شکل ۲، درصد کاهش وزن الیاف پلی استر در زمان های مختلف هیدرولیز را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود الیاف پلی استر مات به دلیل حذف ذرات مات کننده بیشتر، کاهش وزن بیشتری داشته است [۸].

فرایند تکسچره کردن لیف نیز بر هیدرولیز الیاف پلی استر اثرگذار است به طوری که الیاف تکسچره شده نسبت به الیاف متداول کاهش وزن سریع تری دارند. برای مثال، کاهش وزن نخ متداول و تکسچره شده با کاستیک سودا ۵٪ در دمای 104°C به مدت یک ساعت به ترتیب ۳۶٪ و ۴۱٪ می باشد [۵].

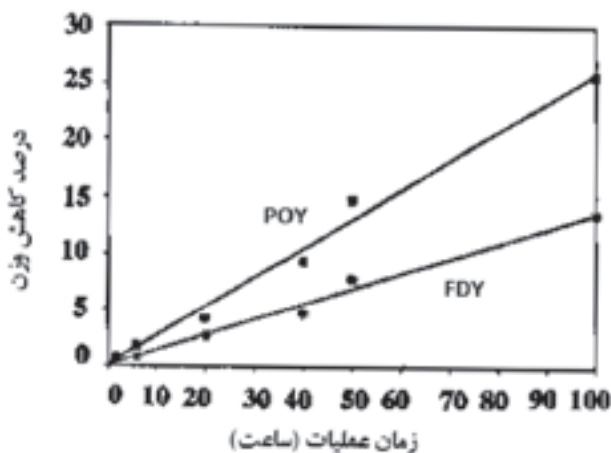


شکل ۲. تغییر کاهش وزن نخ پلی استر براق، نیمه مات و مات طی ۶ ساعت عملیات در محلول ۱۰٪ سود سوزآور [۸]

برخی محققان ناهمواری سطحی موجود در سطح الیاف را به الیگومرهای پلی استر بعد از هیدرولیز نسبت می دهند این در حالی است که پذیرش این مطلب با توجه به حالیت (به عبارتی معلق شدن) الیگومرهای پلی استر در محلول قلیایی نظیر سدیم هیدروکسید چندان قابل قبول نیست. مشاهده شده است که محلول قلیایی کدر رنگ پس از عملیات کاهش وزن، به دلیل رسوب یک لایه سفیدرنگ در ته محلول، به تدریج شفاف می شود. تصاویر میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) نشان می دهد که کاهش وزن نه تنها سبب باریک شدن لیف (افزایش ظرافت) می شود بلکه به عنوان روشی برای ناهموار کردن سطح و افزایش ضریب اصطکاک سودمند است (شکل ۳) [۹].



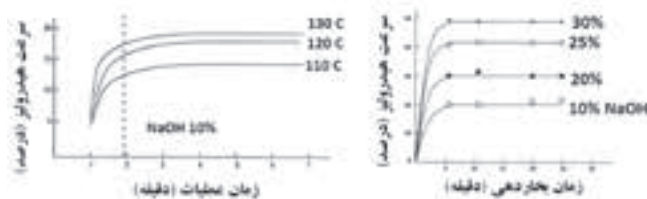
۵، درصد کاهش وزن الیاف پلی‌استر FDY و POY در دمای محیط در مدت زمان ۱۰۰ ساعت را انجام می‌دهد [۱۰].



شکل ۵. رابطه کاهش وزن با زمان عملیات هیدرولیز قلیایی در دمای محیط و غلظت هیدروکسید سدیم ۱۰٪ [۱۰]

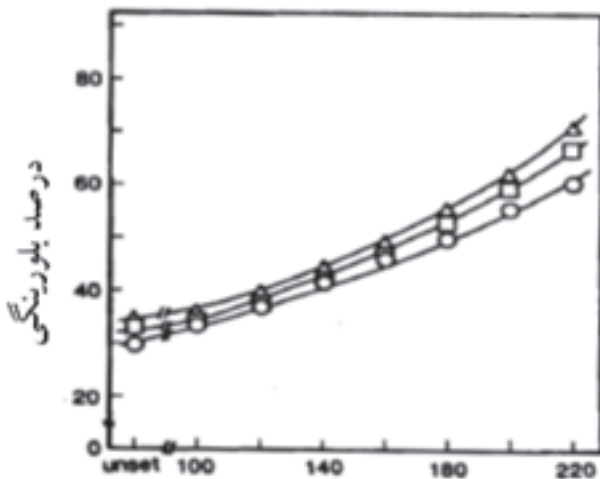
سرعت هیدرولیز قلیایی به دمای بخار اشباع وابسته است به طوری که با افزایش دما از 110°C به 130°C در مدت زمان یکسان، سرعت هیدرولیز را افزایش می‌دهد. همان گونه که در شکل ۶ الف مشاهده می‌شود سرعت هیدرولیز در طی زمان ۲ دقیقه در دمای 110°C حدود ۱۲٪ است در حالی که در دمای 130°C درجه به ۱۷٪ می‌رسد. دمای 120°C و 130°C اختلاف اندک و حدود ۲٪ دارند. آنچه مشخص است این است که افزایش زمان پس از سه دقیقه تأثیر معناداری بر سرعت هیدرولیز ندارد. افزایش غلظت سود از ۱۰ درصد به ۳۰ درصد موجب افزایش ۲/۵ برابری سرعت هیدرولیز شده است به طوری که طی زمان ۵ دقیقه در غلظت ۱۰٪ سرعت هیدرولیز معادل ۲۰٪ و در غلظت ۳۰٪ سرعت هیدرولیز معادل ۵۰ درصد شده است (شکل ۶ ب) [۱۲]. لذا می‌توان پارامترهای مهم در هیدرولیز را به ترتیب دمای عملیات، غلظت قلیا و زمان عملیات در نظر گرفت [۲].

فرایندهای تکمیلی قبل از عملیات کاهش وزن قلیایی نظیر تثبیت پارچه بسیار مهم است [۱۳]. جمع‌شدگی الیاف POY و FDY به دمای تثبیت حرارتی وابسته است. جمع‌شدگی هر دو لیف به تدریج با افزایش دمای تثبیت به دلیل چرخش باند ناشی از حرارت افزایش می‌یابد. در تمام دماهای تثبیت حرارتی، جمع‌شدگی الیاف POY ۴۰٪ بیشتر از FDY است. در حقیقت، تغییر طول ماکروسکوپی خود شاهدهی بر تغییر متناظر در ریزساختار الیاف به ویژه آرایش یافتگی زنجیر مولکولی است (شکل ۷). الیاف POY تثبیت حرارتی شده در مقایسه با FDY، به دلیل جمع‌شدگی



شکل ۶. سرعت هیدرولیز در برابر (الف) زمان بخاردهی و (ب) زمان عملیات [۱۲] تأثیر تثبیت گرمایی

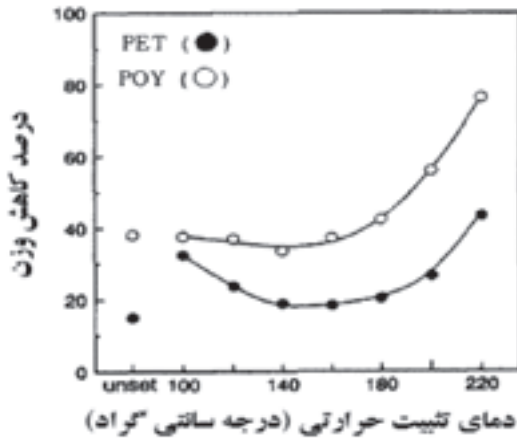
اندازه بلورها در اثر هیدرولیز در مدت زمان ۶۰ دقیقه افزایش می‌یابد. افزایش بلورینگی الیاف تثبیت نشده ناشی از فرایند هیدرولیز به دلیل هیدرولیز قلیایی نمی‌باشد بلکه به دلیل عملیات حرارتی محلول قلیایی در دمای 90°C می‌باشد [۷].



شکل ۴. تأثیر دمای تثبیت حرارتی بر بلورینگی الیاف پلی‌استر تثبیت حرارتی شده (شکل دایره) و هیدرولیز شده در زمان ۶۰ دقیقه (شکل مربع) و زمان ۱۲۰ دقیقه (مثلث) [۱۱]

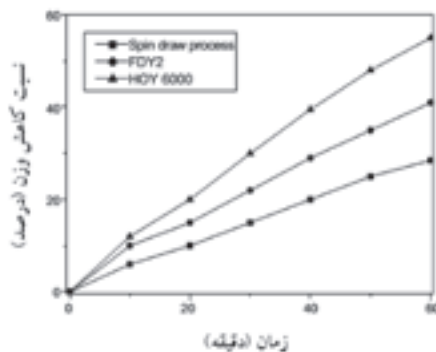
تأثیر دما بر هیدرولیز پلی‌استر

فرایند هیدرولیز پلی‌استر متأثر از دمای فرایند است به طوری که الیاف پلی‌استر در دمای انتقال شیشه‌ای (حدود دمای 80°C) بیش‌ترین میزان کاهش وزن را دارند. بررسی فرایند هیدرولیز پلی‌استر در دمای 25°C تا 100°C طی مدت زمان ۴۰ دقیقه نشان داد که در دمای 76°C – 78°C تغییر ناگهانی در کاهش وزن و استحکام اتفاق می‌افتد و بعد از این دما، تغییرات با شیب بسیار زیادی صورت می‌گیرد [۴]. افزایش ناگهانی کاهش وزن در بالاتر از دمای انتقال شیشه‌ای به حرکت بیشتر زنجیرهای پلیمری و آسان‌تر جدا شدن زنجیره‌های هیدرولیز شده نسبت داده شده است [۱]. محققانی که هیدرولیز قلیایی را در دمای زیر 100°C انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که کاهش وزن الیاف با زمان عملیات رابطه خطی و با غلظت قلیا رابطه غیرخطی دارد [۳]. بدیهی است هر چه غلظت قلیا اضافه شود تعداد یون هیدروکسید افزایش می‌یابد و از طرفی هر چه دما بالاتر باشد انرژی جنبشی یون هیدروکسید و زنجیر پلیمری جدا شده افزایش می‌یابد [۲]. افزایش غلظت هیدروکسید سدیم در محلول به منظور کاهش وزن معین منجر به کاهش مدت زمان عملیات می‌شود. به طوری که ۱۸٪ کاهش وزن فیلامنت در غلظت سود ۵ مولار طی ۷ دقیقه، سود ۴ مولار طی ۹ دقیقه و سود ۲/۵ مولار طی ۱۸ دقیقه صورت می‌گیرد [۲]. هیدرولیز قلیایی پارچه پلی‌استر/پنبه (۳۳/۶۷) با استفاده از محلول کاستیک سودا و روش آغشته کردن با میزان برداشت ۸۰٪ و بخار دادن در بخار اشباع با دمای 120°C به مدت ۵ دقیقه نشان داد که رابطه خطی بین غلظت سود و کاهش وزن وجود دارد [۲]. لازم به ذکر است هیدرولیز قلیایی در دمای محیط نیز امکان‌پذیر است اما مدت زمان عملیات به طول می‌انجامد. شکل



شکل ۹. تأثیر دمای تثبیت حرارتی روی کاهش وزن الیاف طی هیدرولیز قلیایی

شکل ۱۰ کاهش وزن نخ پلی استر FDY تهیه شده به روش spin-draw، بخار دهی برخط (کشش ۱/۳ برابر) و نخ با آرایش یافتگی بالا (HOY) را نشان می دهد. کاهش وزن پلی استر FDY تولید شده به روش spin-draw کمترین مقدار و نخ HOY بیشترین مقدار است. این حالت را می توان به درجه بالای آرایش یافتگی بلورین نخ تولید شده به روش spin-draw نسبت داد. نخ تولید شده به روش HOY دارای درجه بالایی از بلورینگی و درجه پایینی از آرایش یافتگی در منطقه آمورف است لذا هیدرولیز قلیایی در این مناطق ساده تر اتفاق می افتد [۱۴].



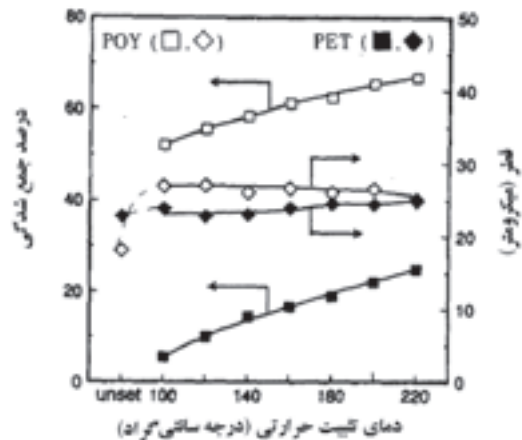
شکل ۱۰. تأثیر شرایط فرایند بر کاهش وزن پلی استر عمل شده با محلول سود [۱۴]

خواص آبدوستی الیاف

تحقیقات نشان داده است که خصوصیات آبدوستی منسوجات پلی استر هیدرولیز شده که با ارتفاع موئینگی، جذب قطره، خیس شوندگی، زاویه تماس، نگهداری آب و غوطه وری سنجیده می شود بهبود یافته است. افزایش خاصیت آبدوستی الیاف پلی استر پس از عملیات هیدرولیز ناشی از عوامل زیر می باشد.

- ۱- افزایش زبری سطح الیاف
- ۲- افزایش احتمالی تعداد گروه های آبدوست در سطح الیاف در اثر پاره شدن زنجیر پلیمری
- ۳- افزایش دسترسی به گروه های آبدوست موجود در الیاف (گروه های انتهایی هیدروکسیل و کربوکسیل) [۱].

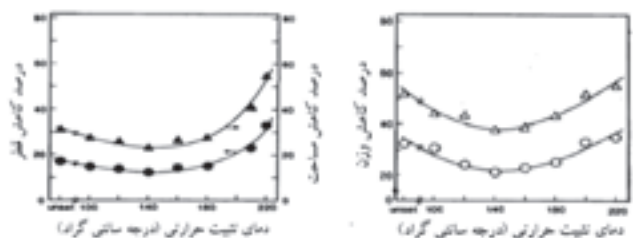
بالای آن از افزایش قطر بیشتری برخوردار است. لازم به ذکر است که تغییرات زیادی با افزایش دما صورت نمی گیرد [۱۱].



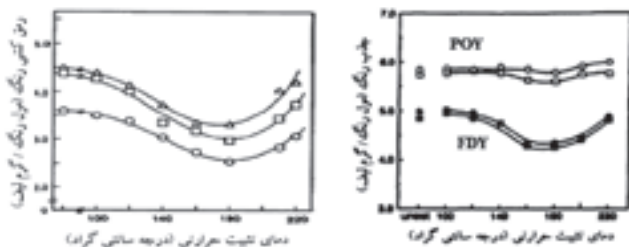
شکل ۷. تغییرات درصد جمع شدگی و قطر الیاف در برابر دمای تثبیت [۱۱]

ساختار خارجی الیاف به شدت به دمای تثبیت گرمایی وابسته است به طوری که میزان تشکیل حفره ها در الیاف تثبیت نشده بسیار کم و در الیاف که در دمای 220°C تثبیت شده اند بسیار زیاد است [۱]. کاهش وزن ناشی از هیدرولیز قلیایی ابتدا با افزایش دما تا 140°C ، کاهش می یابد و سپس در دماهای بالاتر از 140°C افزایش می یابد (شکل ۸ الف). این پدیده به دلیل تغییر در ریزساختار به ویژه در مناطق آمورف لیف ناشی از دماهای مختلف تثبیت حرارتی است. شکل ۸ ب نیز کاهش قطر الیاف هیدرولیز شده را نشان می دهد که روند مشابه شکل ۸ الف می باشد [۱۱]. با کاهش وزن لیف تا مقدار ۷٪، قطر لیف کاهش می یابد اما استحکام لیف علی رغم کاهش نیروی پارگی تقریباً ثابت می ماند. کاهش استحکام لیف در درصد های کاهش وزن بالا ناشی از تشکیل حفره روی سطح لیف است که احتمالاً به عنوان نقاط ضعیف در زمان ازدیاد طول تحت تنش عمل می کند [۲].

همان گونه که پیش از این گفته شد کاهش وزن الیاف POY بسیار بیشتر از FDY است به طوری که این پدیده متأثر از دمای تثبیت نمی باشد. شکل ۹، درصد کاهش وزن الیاف در دماهای مختلف تثبیت را نشان می دهد [۱۳]. همان گونه که مشاهده می شود روند کاهش وزن در برابر تغییرات دمای تثبیت مشابه به هم است و به طور کلی درصد کاهش وزن الیاف POY بیشتر از الیاف FDY می باشد.



شکل ۸. (الف) تأثیر دمای تثبیت حرارتی بر کاهش وزن الیاف پلی استر هیدرولیز شده (دایره زمان ۶۰ و مثلث زمان ۱۲۰ دقیقه)، (ب) درصد کاهش قطر و مساحت سطح مقطع الیاف پلی استر هیدرولیز شده در مدت زمان ۶۰ دقیقه [۱۱]



شکل ۱۲. الف) تأثیر دمای تثبیت حرارتی بر جذب رنگ C.I. Disperse Violet 1 برای پلی استر (شکل مربع) و پلی استر هیدرولیز شده (شکل دایره) [۷] الیاف پلی استر تثبیت حرارتی شده (شکل دایره) و هیدرولیز شده در زمان ۶۰ دقیقه (شکل مربع) و زمان ۱۲۰ دقیقه (شکل مثلث) [۱۱]

قسمت‌های داخلی بیشتر از قسمت‌های سطحی است [۱۵]. تثبیت حرارتی الیاف پلی استر در دماهای کمتر از 180°C منجر به کاهش رمق کشی رنگ می‌شود و در دمای بالای 180°C باعث افزایش رمق کشی می‌گردد (شکل ۱۲ ب). نسبت حجم آمورف به بلورین تعیین کننده جذب رنگ در الیاف پلی استر است. فرض بر این است که تشکیل بلورهای کوچک در دمای تثبیت پایین منجر به کاهش حجم آمورف به بلورین می‌شود و در نتیجه موجب کاهش رنگ‌پذیری می‌شود. در دماهای بالاتر از 180°C ، عمده تغییرات ساختار اتفاق می‌افتد به طوری که بلورهای کوچک‌تر و با پایداری کمتر ذوب می‌شوند و در شکل بلورهای کامل‌تر و بزرگ‌تر مجدداً متبلور می‌شوند. این فرایند تبلور مجدد به دلیل کاهش تعداد بلور در اثر افزایش اندازه آن‌ها، منجر به افزایش حجم آمورف به بلورین می‌شود. در نتیجه، ساختار باز بیشتری شکل می‌گیرد و رنگ می‌تواند راحت‌تر نفوذ کند و سبب افزایش جذب رنگ شود [۱۱].

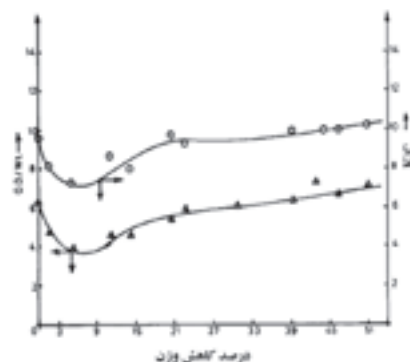
مراجع

- [۱] «محمد حقیقت کیش، مروری کوتاه بر آبکافت قلیایی الیاف پلی استر، علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۷۴.»
- [2] J. Davve, R. Kumar, and H. C. Srivastava, «Studies on modification of polyester fabrics I: Alkaline hydrolysis» *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 33, pp. 455- 477, 1987.
- [3] «Chapter 2. literature review, p7-46.»
- [4] K. V. Datye and B. H. Palan, «Effect of Alkali on Filaments of Poly(ethylene Terephthalate) and Its Copolyesters.» *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 38, pp. 1447- 1468, 1989.
- [5] S. H. Zeronian and M. J. Collins, «Surface modification of polymer by alkaline treatments.» *Textile Progress*, vol. 20, 1989.
- [6] P. Noorpanah and M. H. Kish, «Alkaline hydrolysis of polyester fibers structural effects.» 2001.
- [7] S. Niu, T. Wakida, M. Ueda, S. Ogasawara, and H. Fujimatsu, «Dependence of alkali hydrolysis of poly ethylene terphthalate fibers on temperature of heat setting in the unstressed state.» *SEN-1-GAKKAISHI*, pp. 594- 600, 1993.
- [8] P. Bajaj, «Recent advances in the development of silk like polyester fabrics.» *Indian Journal of Fiber & Textile Research*, vol. 21, pp. 79- 89, 1996.
- [9] H. Tavanai, «A new look at the modification of polyethylene terphthalate by sodium hydroxide.» *The Journal of The Textile Institute*, vol. 100, pp. 633- 639, 2009.
- [10] M. Haghgatkish and M. Yousefi, «Alkaline hydrolysis of polyester fibers, structural effects.» *Iranian Journal of Polymer Science & Technology*, vol. 1, pp. 56- 61, 1992.
- [11] S. Niu and T. Wakida, «Effect of heat setting temperature on alkali hydrolysis of poly ethylene terphthalate fibers.» *Textile Research Journal*, vol. 63, pp. 346- 350, 1993.
- [12] Available at <http://hanayamakogyo.co.jp/en/genyoukakou/>.
- [13] N. Shouhua and T. Wakida, «Effect of heat setting temperature of alkali hydrolysis of poly ethylene terphthalate fibers.» *Textile Research Journal*, vol. 63, pp. 346- 352, 1993.
- [14] Y.-S. Ho, H.-Y. Kim, F.-L. Jin, and S.-J. Park, «Effects of Spinning Conditions on Properties of Polyester Yarn Prepared using an Ultra-high-speed Melt Spinning Technique Equipped with a Steam Chamber.» *Bull Korean Chemistry Society*, vol. 31, pp. 3252-3258, 2010.
- [۱۵] «حاجی امین الدین، محمد علی مالک رضا، مظاهری فیروزمهر، حقیقت کیش محمد، فرایند پد خیار برای عملیات قلیایی پارچه پنبه پلی استر به روش ملوم، نشریه علوم و فناوری رنگ، شماره ۲، ص ۱۴۱-۱۴۹، ۱۳۸۷.»

این در حالی است که نتایج برخی محققان حاکی از آن است که آب‌دوستی توده الیاف با تعیین رطوبت بازیافتی تغییر چندانی نمی‌کند. این محققان بر این عقیده‌اند که تأثیر گروه‌های هیدروفیل سطحی روی رطوبت بازیافتی در اثر حضور حجم وسیعی از مغزی الیافی که به طور ویژه تحت تأثیر عملیات هیدرولیز قرار نمی‌گیرند، اندک است [۲]. از طرفی، آزمون زاویه تماس نشان داد که عملیات هیدرولیز باعث کاهش زاویه تماس می‌شود و این نیز در اثر افزایش گروه هیدروفیل روی سطح و ناهمواری سطحی است.

خصوصیات رنگ‌پذیری الیاف

هیدرولیز قلیایی پلی استر تأثیر چندانی بر خصوصیات رنگ‌پذیری این الیاف ندارد. در حقیقت با وجود اینکه لایه‌های سطحی الیاف از بین می‌رود اما تمایل این الیاف به جذب رنگ تغییری نمی‌کند؛ اما نمونه‌های عمل شده انعکاس کمتری در محور Y دارند و این نشان دهنده افزایش عمق رنگ‌گری این نمونه‌ها نسبت به نمونه خام است [۱]. از طرفی، رنگ‌گری دیسپرس الیاف پلی استر تحت تأثیر برهم کنش هیدروفوب اتفاق می‌افتد، لذا بهبود ویژگی هیدروفیلی انتظار می‌رود که اثر عکس داشته باشد. کاهش جذب رنگ دیسپرس در کاهش وزن پایین حدود ۶٪ ناشی از افزایش آب‌دوستی سطح در اثر تولید گروه‌های هیدروفیل در سطح لیف است. افزایش بیشتر کاهش وزن متناظر با افزایش گروه‌های هیدروفیل نیست اما مساحت سطحی به دلیل تخلخل افزایش می‌یابد که منجر به افزایش جذب رنگ می‌شود [۲]. آنچه مشخص است جذب رنگ تا کاهش وزن ۲۱٪ به جذب رنگ لیف در حالت خام می‌رسد و کاهش وزن بیشتر اندکی جذب رنگ را افزایش می‌دهد (شکل ۱۱) [۲].



شکل ۱۱. وابستگی جذب رنگ دیسپرس پارچه فیلامنت/ریسیده شده به کاهش وزن طی عملیات هیدرولیز [۲]

نوو و همکاران بر این اعتقاد هستند که بخش خارجی الیاف پلی استر طی فرایند ذوب ریزی بیشتر از مرکز الیاف سرد می‌شوند و همین امر منجر به درجه بالای نظم مولکولی در پوست الیاف نسبت به مغز الیاف می‌شود. لذا زمانی که مقدار بیشتری از سطح لیف حذف می‌شود، بخش داخلی لیف رنگ‌پذیرتر خواهد بود [۱۱]. شکل ۱۲ الف، جذب رنگ الیاف POY و FDY را در دو حالت خام و هیدرولیز شده را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود الیاف هیدرولیز شده جذب رنگ بالاتری نسبت به حالت خام دارد [۷]. حاجی و همکاران نیز این فرضیه را تأیید کردند که مورفولوژی لیف پلی استری از پوسته تا مغز متفاوت است و جذب رنگ