قابلیت ریسندگی و ویژگی های الیاف پلی سولفون آمید

ترجمه: مهندس آزاده موحد

چکیده

در این مقاله ویژگی های اساسی الیاف پلی سولفون آمید مورد بررسی قرار گرفته است. دلیل اصلی برای ضعیف بودن نیروی چسبندگی در هنگام ریسندگی این است که الیاف پلی سولفون آمید دارای خواص آنتی استاتیک ضعیف، مدول اولیه بالا، ضریب اصطکاک کم و عوامل دیگری هستند که منجر به استحکام پایین نخ و مویینگی بیشتر می شود. برای رفع این مشکلات، پیش از ریسندگی تکمیل قلیایی روی الیاف به کار گرفته می شود. این تکمیل باعث افزایش اصطکاک و همچنین کاهش مدول و تجمع سطحی بار روی الیاف و در نتیجه افزایش نیروی چسبندگی بین الیاف می شود. به این ترتیب می توان فرایند ریسندگی را مدیریت کرد و کیفیت نخ نهایی را بهبود بخشید.

در سال های اخیر و هم زمان با توسعه ی صنایع نساجی، کاربرد الیاف و منسوجات در بخش های بیشتری مشهود است از جمله آسمان خراش‌ها، ساختمان های تجاری، هتل ها، فرودگاه ها، تالارهای کنفرانس، حمل و نقل و غیره. البته لازم به ذکر است که بیشتر منسوجات دارای خاصیت اشتعال پذیری هستند که این باعث افزایش ریسک آتش سوزی می‌شود. بر اساس آمار به دست آمده بیش از ۴۰درصد آتش سوزی ها از منسوجات ناشی می شود. در نتیجه مبحث خاصیت کندکنندگی شعله در منسوجات توجه زیادی را به خود جلب کرده است.

در دهه ی ۱۹۷۰ نوع جدیدی از PSA در چین تولید شد. نتایج آزمایشات نشان داد که مقاوت حرارتی، مقاومت در برابر شعله، رنگ پذیری و پایداری PSA در حد الیاف کولار کمپانی دوپونت بود. البته در آن زمان این الیاف صنعتی نشده بودند. در سال ۲۰۰۲ کمپانی Shanghai Textile، ۱۰ میلیون یوآن برای تاسیس یک پایگاه تحقیقاتی با هدف تحقق صنعتی شدن PSA سرمایه‌گذاری کرد و همچنین ساخت سیستم پایلوت با میزان تولید سالانه‌ی ۵۰ تن را تکمیل کرد. تولید PSA در چین توجه شرکت های بین المللی به ویژه دوپونت آمریکا و تیجین ژاپن را به خود جلب کرده است. پروژه‌ی صنعتی شدن PSA(فاز ۱) با تولید سالانه ۱۰۰۰ تن از ژوییه سال ۲۰۰۶ آغاز شده است. علاوه بر آن یک زنجیره صنعت نیز برای الیاف PSA طرح ریزی شده است. ظهور الیاف PSA جای خالی الیاف با مقاومت حرارتی بیش از ۲۵۰°c در چین را پر کرده است.

عملکرد الیاف پلی سولفون آمید

ترکیب شیمیایی PSA در شکل ۱ نشان داده شده است. این ماده به خانواده ی PPTA تعلق دارد که یک لیف پلی آمیدی آروماتیک با ساختار کوپلیمری سه تایی رندوم می باشد که در زنجیر اصلی حاوی گروه سولفون ($-SO_2-$) است. این پلیمر که از پارافتالول کلراید، ۴و۴ دی آمینو دی فنیل سولفون و ۳و۳ دی آمینو دی فنیل سولفون تشکیل شده است، در متیل استامید قابل حل بوده و می توان آن را طی یک فرایند ریسندگی تر یا خشک مورد عملیات ریسندگی قرار داد. این پلیمر از ماکروملکول های خطی تشکیل شده است که توسط گروه‌های آمید یا سولفون به هم متصل می شوند. ویژگی های اصلی الیاف پلی سولفون آمید در جدول ۱ نشان داده شده است.

عملکرد حرارتی

در زنجیره اصلی الیاف PSA گروه های سولفون فعالیت زدا وجود دارد. حفظ استحکام در الیاف PSA در دمای ۲۵۰°c، ۷۰٪ و در دمای ۳۰۰°c، ۵۰٪ است که نسبت به الیاف کولار ۱۳۱۳، ۵ تا ۱۰٪ بالاتر می باشد. این الیاف حتی در دمای ۳۵۰°c، ۳۸٪ استحکام خود را حفظ می کنند در حالی که الیاف کولار ۱۳۱۳ در این دما آسیب می‌بینند. می توان نتیجه گرفت که الیاف PSA دارای مقاومت گرمایی و پایداری حرارتی بهتری نسبت به الیاف کولار ۱۳۱۳ می باشند. الیاف PSA دارای خواص کندکنندگی شعله بوده و میزان LOI آن ها ۳۳ است(میزان LOI[1] برای الیاف کولار ۱۳۱۳، ۲۸ است).

عملکرد الکتریکی

پیش از این از الیاف PSA در الکترودهای عایق بندی در دماهای بالا استفاده می شد. رسانایی الکتریکی ورق های عایق PSA Ω.cm، ۱۰۱۶×۲/۶ و رسانایی سطحی آن ۱۰۳Ω×۲/۰۵ است.

عملکرد مکانیکی

در ساختار ملکولی PSA گروه های آمید (-CONH-)، سولفون ($-SO_2-$) و حلقه ی بنزنی به چشم می خورد. هر دو ساختار متا و پارا در زنجیره ی ماکروملکولی وجود دارد و ساختمان ماکروملکولی نیز پایدار است. دیفراکسیون اشعه ایکس نشان می دهد که این ماده دارای آرایش یافتگی خوبی بوده و ۱۸-۱۴٪ آن بلوری است که این امر از چرخش آزادانه ی ملکول ها جلوگیری می کند و فعالیت زنجیر را کاهش می دهد. در نتیجه ملکول ها انعطاف پذیری و شکنندگی نسبتا

پایینی از خود نشـان می دهند و به آسـانی در نقطه اتصال از هم جدا می‌شوند. البته این ویژگی ها باعث افزایش استحکام و مدول اولیه الیاف می شود.

عملکرد شیمیایی

الیاف PSA از پایداری شـیمیایی خوبی برخوردارند. این الیاف علاوه بر حـلال های آلی قطبی قوی(نظیر DMF،DMAC،DMSO وغیره) و اسـید سـولفوریک غلیظ در مقابل مواد شیمیایی مختلف در دمای اتاق نیز پایداری شیمیایی خوبی از خود نشان می دهند.

جدول۱-ویژگی های اساسی الیاف PSA

استحکام کششی dtex/cN	۳/۱~۴/۴
مدول کششی dtex/cN	۵۲/۸
ازدیاد طول(٪)	۲۰~۲۵
دانسیته cm/g^3	۴۱۶/۱
T_g(°c)	۲۵۷
T_s(°c)	۳۶۷
T_m(°c)	-
دمای تخریب اولیه(°c)	>۴۰۰
LOI	۳۳
قابلیت اشتعال	قابل اشتعال، خود خاموش شونده
حفظ استحکام در دماهای بالا(٪)	
۲۰۰°c	۸۳
۲۵۰°c	۷۰
۳۰۰°c	۵۰
۳۵۰°c	۳۸
نرخ حفظ استحکام در هوای داغ	
۲۵۰°c ۱۰۰h	۹۰
۳۰۰°c ۱۰۰h	۸۰
۳۵۰°c ۵۰h	۵۵
۴۰۰°c ۵۰h	۱۵

عملکرد رنگرزی

از آن جایی که الیاف PSA آبگریز هستند، برای رنگرزی آن ها از رنگزاهای دیسپرس اسـتفاده می شود. در این رنگزاهای هیچ گروه یونی وجود ندارد در نتیجه اتصالات هیدروژنی و نیروهای وان در والس نقش مهمی را در فرایند رنگرزی ایفا می کنند. عـلاوه بـر آن ضریب پخش بالا و وزن ملکولی پایین انتقال رنگزا را در دماهای بالا آسـان می سازد. رنگزاهای دیسـپرس از هر نظر برای رنگرزی الیاف PSA مناسب هستند

فرایند ریسندگی

در حین فرایند ریسندگی مشکلاتی وجود دارد که به طور خلاصه آورده شده است. نخست این که رسانایی الکتریکی الیاف PSA بسیار زیاد و خواص آنتی استاتیکی آن ها ضعیف است، بنابراین در هنگام اصطکاک بین الیاف و ماشین یا بین الیاف، تجمع بار رخ می دهد. دوم سطح الیاف PSA صاف بوده و تجعد آن پایدار نیست، علاوه بر آن در حین فرایندهای باز کردن الیاف و کاردینگ، تجعد کاهش می یابد. این منجر به چسبندگی ضعیف بین الیاف و در نتیجه کاهش چشمگیر استحکام نخ می شود. آخر این که الیاف PSA دارای مدول بالایی هستند و بنابراین به راحتی از درون نخ خارج و منجر به مویینگی نخ می شوند.

جدول۲-تغییرات حاصل در ویژگی های الیاف در اثر عملیات قلیایی

موارد مورد آزمایش	پیش از عملیات	پس از عملیات
استحکام تا حد پارگی(cN/dtex)	۳/۲۲	۳/۴۳
ازدیاد طول تا حد پارگی(٪)	۲۴/۱	۲۵/۴
مدول اولیه(cN/dtex)	۶۵/۸	۶۴/۴
تعداد موج/mm۲۵	۸	۹
نرخ بازیابی از موج(٪)	۵/۵	۵/۸
الاستیسیته موج(٪)	۸۴/۷	۸۷/۲
مقاومت مخصوص(Ω.cm)	$۲/۵۰\times۱۰^{۹}$	$۱/۱۰\times۱۰^{۷}$
رطوبت بازیافتی(٪)	۸/۱	۶/۳
استحکام تا حد پارگی در محل اتصال (cN/dtex)	۰/۵	۰/۵
ازدیاد طول تا حد پارگی در محل اتصال (cN/dtex)	۲/۰	۲/۰
تکمیل قلیایی باقیمانده روغن	۰/۱۸	۰/۲۲

به منظور بهبود قابلیت ریسندگی الیاف PSA، کاهش مویینگی و افزایش استحکام تا حد پارگی نخ باید پیش از انجام عملیات ریسـندگی تکمیل قلیایی را روی پلی سـولفون آمید به کار گرفت. پارامترهای مورد نیاز در این عملیات عبارتند از: یک محلول با غلظت ۲۰g/l، نسبت حمام ۱:۲۰، دما ۸۰°c، زمان ۵۰min، الیاف mm D۲/۵۱.

مراحل فرایند به صورت زیر است:

۱-شستشـو در آب داغ ۷۰°c به مدت ۲۰min برای برطرف کردن بقایای چربی موجود بر سطح الیاف PSA.

۲-عمل با سود سوزآور در دمای ۸۰°c به مدت ۵۰min.

۳-شستشو در آب داغ ۷۰°c به مدت ۱۰min برای برطرف کردن محلول قلیایی از روی سطح الیاف PSA.

۴-خنثی سازی با محلول اسید استیک

۵-آبکشی و خشک کردن

تغییر خصوصیات الیاف پس از تکمیل در جدول ۲ آورده شده است.

شکل۱-ملکول های PSA

فرایند ریسندگی

-آماده سازی اولیه الیاف

رسـانایی الکتریکی الیاف PSA بالاست که به دلیل تاثیری که بر فرایند ریسندگی دارد فاکتور مهمی محسـوب می شـود. از آن جایی که این عامل قابل چشمپوشی نیست بنابراین آماده سازی اولیه ی الیاف با افزودن مقداری روغن آنتی استاتیک به

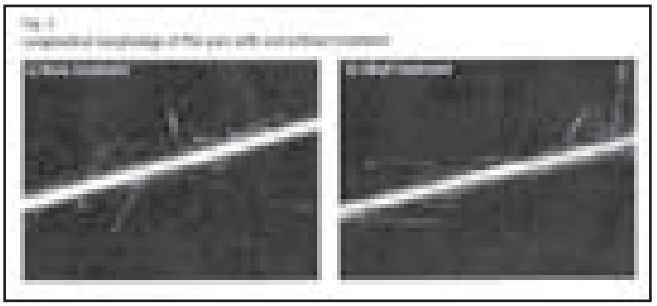
آن ها پیش از فرایند ریسندگی ضروری است. در حال حاضر روغن آنتی استاتیک double-S مقدم اســت چون به خوبی به الیاف متصل می شود و الیاف حتی ۲۴ ساعت پس از انجام تکمیل نیز همچنان برای فرایند ریسندگی مناسب می‌باشند.

جدول۳-تغییرات ناشی از تکمیل آنتی استاتیک در ویژگی‌های الیاف

موارد مورد آزمایش	پیش از تکمیل		پس از تکمیل	
	عملیات قلیایی	-	عملیات قلیایی	-
رطوبت بازیافتی(٪)	۸/۱	۶/۳	۸/۵	۶/۶
مقاومت مخصوص (Ω.cm)	۲/۵۰×۱۰^{۹}	۱/۱۰×۱۰^{۷}	۵/۳۰×۱۰^{۶}	۳/۹۰×۱۰^{۶}
استحکام تا حد پارگی (cN/dtex)	۳/۲۲	۳/۴۳	۳/۱۵	۳/۳۵
ازدیاد طول تا حد پارگی (٪)	۲۴/۱	۲۵/۴	۲۳/۲	۲۵/۲

-حلاجی

در هنگام حلاجی لازم اســت تا به منظور جلوگیری از صدمه به الیاف و تشــکیل الیاف کوتاه، ضربه کمتر و کاردینگ بیشــتری در طول عملیات داشته باشیم. لازم اســت تا سرعت بازکننده ی خارپشتی A۰۳۶ کاهش پیدا کند. سرعت عدل شکن ۷۰۰rpm، ســرعت غلتک بازکننده ی خارپشــتی ۴۵۰rpm و سرعت زننده ها ۹۰۰rpm می باشد.



شکل۲-موروفولوژی طولی نخ PSA با و بدون تکمیل

-کاردینگ

به منظور کاهش تولید الیاف کوتاه باید فاصله ی بین اجزای کاردینگ را زیاد کرد. برای اطمینان از این که الیاف به درستی منتقل شده و به صورت فتیله درآمده اند باید تدابیری را به کار گرفت نظیر افزایش مقدار فتیله کارد، کاهش صحیح نیروی کشیدگی تارعنکبوتی، افزایش نرخ سرعت غلتک دافر و برداشت و کاهش فاصله ی بین آن ها. به دلیل نیروی چسبندگی ضعیف بین الیاف احتمال شکستگی انتهای الیــاف، پارگی تارعنکبوتی و پیچش به دور دافر وجــود دارد. پارامترهای اصلی در جدول ۴ نشان داده شده است.

-کشش

اعمال نسبت کشــش بیش از حد برای الیاف PSA صحیح نیست چون باعث شل شــدن فتیله می شــود.پارگی و خارج شــدن الیاف از نخ از مشــکلات جدی حین ریســندگی محسوب می شــود که نه تنها از میزان مووینگی نمی کاهد بلکه آن را تشــدید هم می کند.در این مرحله کشش دوتایی که هر کدام دارای ۸ فتیله است به کار گرفته می شود.

جدول۴-پارامترهای کاردینگ

گیج	تیکرین-سیلندر	۰/۲mm
	سیلندر-وایر	۰/۲۵/۰/۲۲۵/۰/۲۲۵/۰/۲۲۵/۰/۲۵Mm
	سیلندر-دافر	۰/۱۲۵mm
	دافر-برداشت	۰/۲mm
سرعت	تیکرین	۸۵۰rpm
	سیلندر	rpm۳۳۰
	دافر	۱۸rpm
نوع پوشش کارد	تیکرین	۵۶۱۱P×A۷۵۰۱۰
	سیلندر	۱۵۶۰×۲۵۲۰
	وایر	۳۶MCC
	دافر	۲۰۹۰P×۴۰۳۰

-نیمتاب

مشکلات اصلی در این مرحله چسبندگی به غلتک چرمی، مووینگی نخ، شل شدن بدنه ی نخ و کثیف شــدن سطح می باشــد. بنابراین لازم است تا رطوبت کارگاه را بالا برد، فشــار بیشتری بین غلتک ها اعمال کرد و تاب بیشتری به نخ داد، سرعت اسپیندل ها و کشش را در ناحیه‌ی پشتی کاهش داد. پس از تکمیل قلیایی یکنواختی نیمچه نخ تا حد زیادی بهبود می یابد.

-ریسندگی

الیاف PSA با و بدون تکمیل قلیایی در شرایط یکسان و بر روی یک دستگاه تحت عملیات ریســندگی قرار می گیرند. ظرافت نخ ۲۹/۵tex است و پارامترهای آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول۵-پارامترهای ریسندگی

ضریب تاب	۳۲۱
سرعت اسپیندل(r/min)	۱۲۰۰۰
سرعت غلتک جلویی(rpm)	۲۵۰
فاصله غلتک ها(mm)	۲۷×۳۸
توزیع کشش عقبی×جلویی	۱/۲×۱۱/۴۲
فاصله بین دو غلتک(mm)	۶
نوع عینکی	PG۴۲
نوع شیطانک	F۰ ۳/۰

-آزمایش ها و آنالیز ویژگی های نخ

ویژگی های نخ ریسیده شده نظیر استحکام، یکنواختی، مووینگی و مورفولوژی طولی آن با و بدون تکمیل قلیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت:

۱-خواص کششی

استحکام نخ با استفاده از دستگاه استحکام سنج نخ یک لا (CRE YG۰۶۱) بررسی شــد. در هنگام آزمایش، ســرعت روی ۵۰۰mm/min و گیج بر روی ۵۰۰mm تنظیم شد. با میانگین گیری از ۳۰ آزمایش بر روی هر بوبین نتایج به دست آمد که در جدول ۶ نشان داده شده است.

استحکام تا حد پارگی الیاف PSA پس از انجام عملیات قلیایی تا ۶٪ کاهش یافت اما استحکام نخ ۶/۴٪ زیاد شد. عملیات قلیایی باعث افزایش چسبندگی بین الیاف می شود. کاهش استحکام الیاف، اثرات منفی و افزایش ضریب اصطکاک بین آن ها، اثرات مثبت به همراه دارد. به نظر می رسد اثرات فوق نقش مهمی در استحکام نخ ایفا می کند.

جدول۶-آزمایش نخ پارگی قبل و بعد از عملیات قلیایی

	پیش از عملیات	پس از عملیات
ظرافت(tex)	۲۹/۵	۲۹/۵
ضریب تاب	۳۲۱	۳۲۱
استحکام تا حد پارگی(cN)	۵۳۸/۴	۵۷۲/۸
استحکام مخصوص تا حد پارگی(cN/dtex)	۱۸/۲۵	۱۹/۴۲
ازدیاد طول در نقطه پارگی(٪)	۱۷/۲۹	۱۷/۸۳
کار تا حد پارگی(cN/cm)	۲۵۹/۳	۲۸۰/۷

۲-موییننگی

برای بررسی موییننگی نخ از دستگاه موییننگی نخ فتوالکتریک YG۱۷۲ استفاده شد. پیش از انجام آزمایش نمونه های نخ به مدت ۴۸ ساعت در شرایط رطوبت ۶۵٪ و دمای $20^{\circ}c$ قرار گرفتند. هر نمونه ۲ بوبین دارد که هر بوبین ۱۰ بار مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمایشات طول نخ $10m$، سرعت $30m/min$ و کشش اولیه $0/1\pm0/5 cN/tex$ می باشد. نتایج در جدول ۷ نشان داده شده است.

همان طور که از جدول پیداست، پس از انجام عملیات قلیایی، موییننگی مضر بیش از $3mm$ حدود ۹/۵٪ کاهش می یابد. قلیایی کردن باعث افزایش ضریب اصطکاک سطحی الیاف و در نتیجه افزایش نیروهای تقابلی بین آن های می شود که این باعث مشکل شدن خارج شدن الیاف مویی از نخ در حین فرایند کشش می گردد. البته این اثر چندان واضح نیست چون فاکتورهای دیگری نیز وجود دارند که بر موییننگی اثر می گذارند نظیر خواص الکترواستاتیکی و مدول اولیه.

۳-یکنواختی

برای بررسی یکنواختی نخ از دستگاه YG۱۳۵G استفاده می شود. نمونه ها پیش از انجام آزمایش به مدت $48h$ در دمای $20^{\circ}c$ و رطوبت ۶۵٪ قرار می گیرند. هر نمونه دارای ۲ بوبین است که هر بوبین ۵ بار آزمایش می شود. سرعت آزمایش $400m/min$ و زمان آزمایش $1min$ است. نتایج در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول۷-موییننگی نخ

	موییننگی(m۱۰)								
طول موییننگی(mm)	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	مجموع
پیش از عملیات قلیایی	۱۴۶	۴۲/۴	۱۴/۵	۵/۷	۳/۷	۰/۷	۰/۷	۲۱۳/۵
پس از عملیات قلیایی	۱۳۲	۳۸	۱۲/۷	۵/۲	۳/۸	۰/۹	۰/۷	۱۹۳/۳

جدول۸-یکنواختی نخ

	یکنواختی ٪CV	نقاط ظریف در ٪۵۰- km	نقاط ضخیم در ٪۵۰+ km	نپ در ٪۲۰۰+ km
پیش از عملیات قلیایی	۱۳/۷۱	۲۲	۱۷	۱۸
پس از عملیات قلیایی	۱۲/۱۳	۱۵	۱۰	۱۲

۴-موروفولوژی طولی

برای مشاهده ی مورفولوژی طولی نخ از سیستم دیجیتال سه بعدی New Hope تولید کمپانی Questar استفاده می شود. نخ های عمل شده و عمل نشده ی PSA با فاکتور بزرگ نمایی یکسان در شکل ۲ نشان داده شده است. به نظر می رسد که عملیات قلیایی باعث کاهش موییننگی می شود.

نتیجه گیری

به منظور برطرف کردن مشکلات موجود در حین فرایند ریسندگی الیاف PSA باید قبل از انجام عملیات قلیایی مقدار روغن آنتی استاتیک به الیاف اضافه کرد. دما و رطوبت حین ریسندگی نیز باید به درستی کنترل شود چون نقش مهمی در قابلیت ریسندگی الیاف PSA ایفا می‌کند.

مقایسه ی کیفیت نهایی نخ های عمل شده و عمل نشده با قلیایی نشان می دهد که استحکام تا حد پارگی ۶/۴٪ و موییننگی مضر بیش از $3mm$ در آن ها تا ۹/۵٪ زیاد می شود.

1. Limited Oxygen Index

مرکز خرید
ماشین آلات فرسوده

بهترین خریدار خط تولید دستگاه‌های مستهلک و از کارافتاده نساجی، ریسندگی، بافندگی، پارچه‌بافی، گردبافی و غیره

در سراسر ایران - حسن رضوان
همراه: ۰۹۱۲-۲۵۱۵۳۸۷
تلفن: ۰۲۵۱-۶۷۰۰۶۸۰