

تکمیل همزمان ضدچروک و ضدآتش کالای سلولزی با کربوکسیلیک اسیدها

چکیده:

کالای سلولزی در مقایسه با سایر کالاهای تمایل بیشتری به چروک‌پذیری دارد و این مسئله با توجه به ساختار فیزیکی پنبه و نداشتن نقطه تسلیم توجیه می‌شود. از طرف دیگر این کالا نسبت به سایر الیاف اشتعال‌پذیری بیشتری دارد. بوتان تتراکربوکسیلیک اسید و پلی کربوکسیلیک اسیدهای مشابه می‌توانند جایگزین مناسبی برای تکمیل‌های ضدچروک بدون فرمالدئید باشند. از واکنش بین کربوکسیلیک اسید و گروه‌های هیدروکسیل سلولز، پیوندهای استری و اتصالات عرضی تشکیل می‌گردد که نه تنها فعالیت گروه‌های هیدروکسیل سلولز را محدود ساخته و چروک‌پذیری را کاهش می‌دهد، بلکه در فرآیند تجزیه حرارتی، محصولات جدیدی تولید می‌گردد که اشتعال‌پذیری کمتری دارند. در این تحقیق از بوتان تتراکربوکسیلیک اسید و هیپوفسفیت سدیم به روش مداوم استفاده شده است که پس از بهینه کردن، بهترین شرایط برای تکمیل همزمان ضدچروک و ضدآتش کالای سلولزی به دست آمد.

عطیه زرگر کاظمی^{۱*}، الهه عزتی^۱، ناهید همتی‌نژاد^۱

مقدمه

کالای سلولزی به جهت ویژگی‌های منحصر به فرد خود از جمله جذب آب بالا، قدرت انتقال خوب رطوبت و راحتی در پوشش، از مصرف بالایی در جوامع مختلف برخوردار است. جهت بهبود کیفی برخی از خواص این کالا، انجام عملیات تکمیل متعددی از قبیل ضدآب کردن، ضد چروک کردن، ضدآتش کردن، ضد چروک کردن و ضد میکروب کردن و ... نیاز است. کالای سلولزی در مقایسه با سایر کالاهای تمایل بیشتری به چروک‌پذیری دارد و این مسئله به ساختار فیزیکی پنبه (درصد کریستالی بالا) و نداشتن نقطه تسلیم ربط داده می‌شود. تراکم، تاب و ضخامت از عوامل مؤثر در چروک شدن پنبه می‌باشد [۱، ۲].

اولین دلیل جمع‌شدگی و آبرفتگی سلولز، این است که این الیاف رطوبت را به سرعت جذب می‌کنند و این رطوبت جذب شده باعث روان شدن و تسهیل حرکت زنجیرهای پلیمری داخلی الیاف در نواحی آمورف می‌شود. این مسئله باعث شکسته شدن باندهای هیدروژنی بین زنجیرهای پلیمری می‌گردد. هنگامی که به یک لیف سلولزی مملو از آب، تنش وارد می‌شود، زنجیرهای پلیمری داخلی در ناحیه آمورف برای رهایی از فشار این تنش، به طور آزادانه حرکت می‌کنند و در نتیجه پیوندهای هیدروژنی جدیدی بین زنجیرهای

پلیمری در محل جدیدشان تشکیل می‌گردد. این پیوندهای جدید در موقعیت جدیدشان تثبیت می‌گردند. اگر هیچ نیروی ترمیم‌کننده‌ای وجود نداشته باشد، چین و چروک تشکیل شده مدت‌ها در جای خود باقی می‌ماند، مگر آنکه فرآیند تکمیل اضافی (اتو کردن)، رطوبت و نیروهای مکانیکی لازم را برای غلبه بر نیروهای داخلی لیف تأمین کند [۳].

سوختن یک فرآیند گرمازا است که نیازمند سه جز گرما، اکسیژن و ماده سوختنی مناسب می‌باشد. وقتی حرارت اعمال می‌شود، دمای الیاف افزایش می‌یابد تا زمانی که به دمای تجزیه حرارتی برسد. در این دما لیف دچار تغییرات غیرقابل بازگشتی شده و گازهای غیرقابل اشتعال و بسیاری از مولکول‌های آلی قابل اکسید تولید می‌شود [۱].

سرانجام وقتی لیف به دمای سوختن می‌رسد، گازهای قابل اشتعال در حین فرآیند سوختن با اکسیژن ترکیب می‌شوند و یک سری واکنش‌های رادیکالی فاز گازی انجام می‌شود. این واکنش‌ها بسیار گرمازا هستند و گرمای تولید شده، انرژی مورد نیاز برای ادامه تجزیه حرارتی الیاف را تأمین می‌کند [۱].

از طرف دیگر کالای سلولزی به علت تولید محصولاتی که در فرآیند تجزیه حرارتی بسیار آتش‌پذیر هستند، نسبت به سایر الیاف اشتعال‌پذیری بیشتری دارد،

که این مسئله نیز به کمک تکمیل‌های متعددی با مکانیزم‌های شیمیایی متفاوتی از قبیل پوشش آن به وسیله نمک‌های آمونیوم، سیلیکات سدیم و ... قابل کنترل است [۴].

از واکنش بین کربوکسیلیک اسید و گروه‌های هیدروکسیل سلولز پیوندهای استری و اتصالات عرضی تشکیل می‌گردد که نه تنها فعالیت گروه‌های هیدروکسیل سلولز را محدود ساخته و چروک‌پذیری را کاهش می‌دهد همچنین در فرآیند تجزیه حرارتی محصولات جدیدی تولید می‌گردد که اشتعال‌پذیری کمتری دارند [۵، ۶].

در فرآیند تجزیه حرارتی الیاف سلولزی (پنبه، ریون، کتان و ...) لولوگلوکوزان یک محصول دی‌پلیمریزه شده کوچک است. لولوگلوکوزان و محصولات فرار تجزیه حرارتی موادی بسیار آتش‌پذیر هستند که در سوختن سلولز نقش اصلی را ایفا می‌کنند. ترکیباتی که می‌توانند از تشکیل لولوگلوکوزان جلوگیری کنند اثر ضدآتش بر سلولز دارند. تشکیل پیوندهای عرضی و استریفیکاسیون شاخه‌های پلیمری سلولز توسط فسفریک اسید تولید لولوگلوکوزان را کاهش می‌دهد. همچنین واکنش آبیگری و کربونیزاسیون انجام می‌گیرد در نتیجه به عنوان یک مکانیزم ضدآتش مناسب است [۷].



روش تحقیق

نمونه‌ها در ابعاد ۱۵×۱۰ بریده شده و پس از توزین، مطابق روش ذیل به بررسی عوامل مؤثر در آزمایش پرداخته شد.

۱- تهیه حمام‌های تکمیل

حمام‌هایی مطابق جدول ۱ و جدول ۲ تهیه گردید. کالاهای به خوبی در این محلول‌ها آغشته شده و سپس توسط دستگاه پد با درصد برداشت ۷۰ پد شدند و بلافاصله در دستگاه استنتر به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نسبت حجم حمام به کالا ۲۰:۱ در نظر گرفته شده است. همچنین pH حمام‌ها حدود ۳-۴ می‌باشد.

۲- اندازه‌گیری طول سوختگی

جهت اندازه‌گیری طول سوختگی از روش ISO به شماره ۶۹۴۱ و AATCC به شماره ۳۳ استفاده می‌شود، که در آن کالا در کابینت فلزی به طور عمودی قرار داده می‌شود و انتهای آزاد آن در معرض شعله گاز متان به مدت ۱۲ ثانیه قرار داده می‌شود. ارتفاع شعله ۲ سانتی‌متر و فاصله نمونه تا شعله ۴ سانتی‌متر است [۸]. ارتفاع سوختگی از انتهای آزاد کالا تا قله سوختگی اندازه گرفته می‌شود. شایان ذکر است نتیجه قابل پذیرش زمانی حاصل می‌شود که ارتفاع سوختگی بیشتر از یک اینچ نباشد.

۳- اندازه‌گیری زاویه بازگشت از چروک

برای اندازه‌گیری زاویه بازگشت از چروک نمونه‌ها در ابعاد ۱×۲ اینچ بریده می‌شوند سپس نمونه‌ها از وسط تا شده و تحت وزنه ۲ کیلوگرمی به مدت ۱ دقیقه قرار می‌گیرند. نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه به حالت آزاد و رها شده از بار قرار داده می‌شوند و با استفاده از صفحه مدرج دستگاه، زاویه بازگشت از چروک برحسب درجه خوانده می‌شود [۸].

نتایج و بحث

۱- طول سوختگی

۱-۱- بررسی اثر غلظت ۱، ۲، ۳ و ۴ بوتان

تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA)

تأثیر غلظت کربوکسیلیک اسید بر طول سوختگی در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به نمودار با افزایش غلظت BTCA طول سوختگی کاهش می‌یابد.

با افزایش غلظت BTCA احتمال استری شدن شاخه‌های پلیمری و ایجاد پیوندهای عرضی افزایش

می‌یابد لذا از تولید محصولاتی چون لوگلوکوزان در حین سوختن جلوگیری می‌شود. با توجه به این که محصولات جدید تولیدی از اشتعال‌پذیری کمتری برخوردارند در نتیجه طول سوختگی کالا با تغییر غلظت کربوکسیلیک اسیداز ۳ به ۱۰ درصد نسبت به وزن کالا به میزان ۷۵ درصد کاهش می‌یابد.

۱-۲- بررسی اثر دما

واکنش استری شدن و اتصال کربوکسیلیک اسید به سلولز شامل دو مرحله است. در مرحله اول کربوکسیلیک اسید در حضور حرارت و کاتالیزور به انیدرید حلقوی واسطه تبدیل شده و در مرحله بعد

انیدرید حاصل با سلولز واکنش داده و پیوندهای استری تشکیل می‌دهد. نتایج حاصل در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در دمای ۱۲۰°C چون گرمای لازم جهت واکنش تأمین نمی‌گردد؛ تکمیل مورد نظر بر روی کالا به خوبی انجام نمی‌شود. اما در دو دمای دیگر نتایج به دست آمده مطلوب است. توجه به این نکته حائز اهمیت است که در دمای ۱۸۰°C امکان زردی کالا وجود دارد زیرا در دماهای بالا ممکن است سلولز به اکسی سلولز تبدیل گردد و با آنکه ماده تکمیلی بر روی کالا تغییر ماهیت داده و اثر زردی برجای گذارد. بنابراین دمای ۱۶۰°C به عنوان دمای بهینه انتخاب می‌گردد.

جدول ۱. ترکیب نسبی ۱، ۲، ۳ و ۴ بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) و دی‌سدیم هیدروژن فسفات (Na₂HPO₄)

شماره نمونه	غلظت BTCA (درصد نسبت به وزن کالا)	غلظت کاتالیزر (دی‌سدیم هیدروژن فسفات)	دمای تثبیت (درجه سانتی‌گراد)
۱	۱۰	۶	۱۶۰
۲	۱۰	۱۰	۱۶۰
۳	۱۰	۱۵	۱۶۰

جدول ۲. ترکیب نسبی ۱، ۲، ۳ و ۴ بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) و هیپوفسفیٹ سدیم (Na₂HPO₄)

شماره نمونه	دمای تثبیت (درجه سانتی‌گراد)	غلظت کاتالیزر (هیپوفسفیٹ سدیم) (درصد نسبت به وزن کالا)	غلظت BTCA (درصد نسبت به وزن کالا)
۱	۱۶۰	۴	۱۰
۲	۱۶۰	۶	۱۰
۳	۱۶۰	۸	۱۰
۴	۱۶۰	۱۰	۱۰
۵	۱۶۰	۱۲	۱۰
۶	۱۶۰	۵	۳
۷	۱۶۰	۵	۷
۸	۱۶۰	۵	۵
۹	۱۶۰	۵	۱۰
۱۰	۱۲۰	۱۰	۱۰
۱۱	۱۸۰	۱۰	۱۰





در مقادیر ثابتی از غلظت کاتالیزور (سدیم هیپوفسفیته)، با افزایش مقادیر کربوکسیلیک اسید، گروه‌های هیدروکسیل بیشتری از سلولز درگیر واکنش استری می‌گردند.

در نتیجه از فعالیت این گروه‌ها کاسته می‌شود و در فرآیندهای تر چروک‌پذیری کالا کاهش می‌یابد. نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

۳- تعیین غلظت بهینه

از میان نمونه‌هایی که با غلظت‌های متفاوتی از BTCA و سدیم هیپوفسفیته تکمیل گردیدند غلظت‌هایی که نتایج بهتری داشتند دوباره تکرار شدند و لذا با در نظر گرفتن میزان کارایی و اقتصادی بودن تکمیل، نسبت ۱۰:۱۰ از دو جز را می‌توان به عنوان مقدار بهینه پیشنهاد داد.

۴- بررسی ثبات شستشویی کالا

آزمایش ثبات شستشویی مطابق استاندارد CO₁ انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش ثبات شستشویی نمونه بهینه مورد آزمایش در جدول ۳ آورده شده است [۸]. طول سوختگی نمونه تغییر ناچیزی دارد که می‌توان علت آن را حضور و اثربخشی ترکیبات فسفری در مکانیزم ضدآتش، علاوه بر استری شدن دانست و از آنجایی که ترکیبات فسفری قابلیت ایجاد اتصالات عرضی در کالا را دارند می‌توان این تکمیل را تا حدی پایدار در برابر شستشو دانست.

نتیجه‌گیری

۱، ۲، ۳ و ۴ بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) و سدیم هیپوفسفیته را می‌توان به عنوان ترکیبی مناسب برای تکمیل همزمان ضدچروک و ضدآتش کالای پنبه‌ای به کار برد.

البته انتخاب غلظت و ترکیب نسبی آنها با توجه به مسائل اقتصادی و اثری که این مواد بر خصوصیات فیزیکی کالا دارند، مهم است. بهترین میزان غلظت کربوکسیلیک اسید انتخابی و سدیم هیپوفسفیته جهت حصول تکمیلی مناسب بر کالا ۱۰ درصد به دست آمده است. کالای تکمیل شده با این روش دارای ثبات شستشویی مناسبی است.

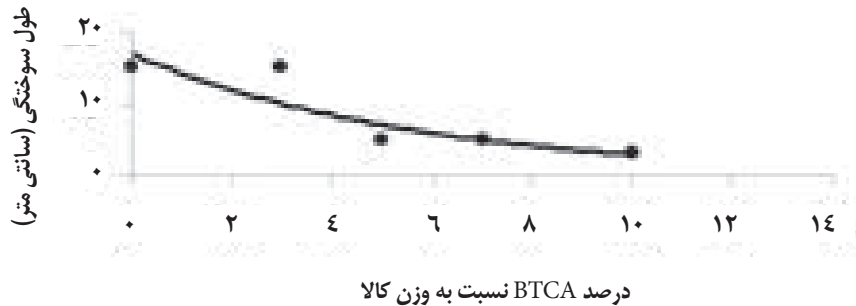
پی‌نوشت‌ها:

۱ دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
* zargarkazemi@aut.ac.ir

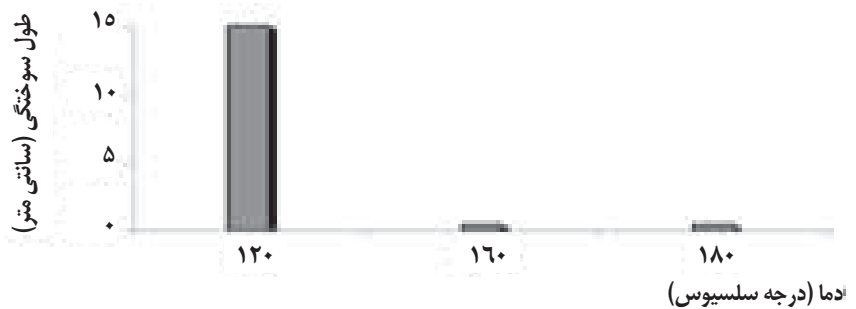
منابع در دفتر مجله موجود است.

ایجاد پیوندهای بین مولکولی است، با تشکیل پیوندهای جدید در سلولز امکان تغییر مکان ماکرومولکولها محدود گشته و به این ترتیب خاصیت مقاومت در برابر چروک با توجه به تعداد پیوندهای تشکیل شده افزایش می‌یابد.

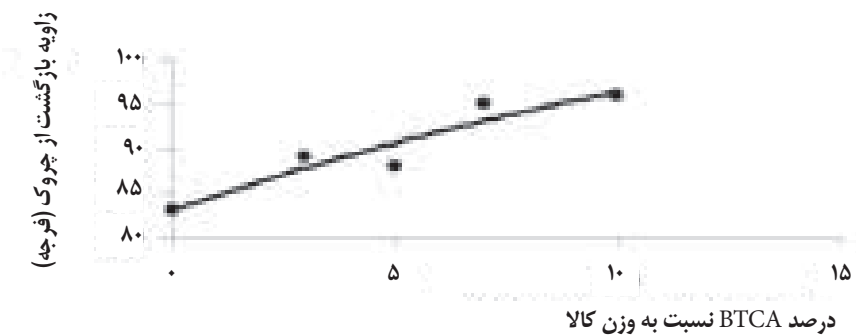
۲- زاویه بازگشت از چروک
۱-۲- بررسی اثر غلظت ۱، ۲، ۳ و ۴ بوتان تتراکربوکسیلیک اسید (BTCA) با توجه به اینکه مکانیزم عملیات ضدچروک از طریق



شکل ۱. اثر غلظت پلی کربوکسیلیک اسید (BTCA) بر طول سوختگی نمونه‌های تکمیل شده با غلظت ثابت ۵ درصد سدیم هیپوفسفیته



شکل ۲. بررسی اثر دما بر طول سوختگی



شکل ۳. اثر غلظت پلی کربوکسیلیک اسید (BTCA) بر زاویه بازگشت از چروک نمونه‌های تکمیل شده با غلظت ثابت ۵ درصد سدیم هیپوفسفیته

جدول ۳. نتایج تست ثبات شستشویی کالا

نوع کالا	زاویه بازگشت از چروک (درجه)	طول سوختگی (سانتی متر)
نمونه تکمیل شده (۱۰:۱۰) قبل از شستشو	۱۱۰	۰/۵
نمونه تکمیل شده (۱۰:۱۰) پس از یک بار شستشو	۹۸	۰/۷

