



بررسی تأثیر سه حلال یوتکت یک عمیق سبز در فرآیند بدون آب ضدنمدی شدن الیاف پشم

بهمن بوستانی^۱ / سید منصور بیدکی^۱ / سعید فتاحی^۲

چکیده

فرآیند ضدنمدی کردن رایج کالای پشمی موجب تخلیه و رهاسازی چندین تن مواد حاوی کلر در محیط زیست و بروز آسیب‌های جبران‌ناپذیر بوم‌شناسی می‌شود. در این مطالعه حلال‌های یوتکتیک عمیق (دس‌ها) به نام‌های رلین، اگزالین و فسفولین سنتز شده و اول به عنوان عامل ضدنمدی کننده سبز برای الیاف پشمی و دوم در نقش محیط واکنش غیرآبی، با موفقیت جایگزین هیپوکلریت سدیم که موادی مضر و غیرسازگار بوده، شده‌اند. درصد جمع‌شدگی پشم عمل‌شده با هیپوکلریت، رلین، اگزالین و فسفولین به ترتیب برابر با ۸/۵۶، ۱۰، ۱۲/۳۸ و ۲۴/۳۶ درصد، در مقایسه با ۳۲ درصد الیاف عمل‌نشده بوده است. مشاهدات میکروسکوپی و طیف‌سنجی انعکاسی به علاوه نتایج آزمون‌های استحکام‌سنجی و نمدی کردن نشان دادند که استفاده از دس‌ها علاوه بر حفظ مطلوب خواص مکانیکی الیاف، بهبود شاخص سفیدی و زردی را در کنار برخورداری از مزایای بسیار دیگری مانند عدم مصرف آب، کاهش پساب و مهم‌تر از آن قابلیت بازیافت و استفاده مجدد از دس داشته است.

مقدمه

صنعت نساجی نقش اساسی در پیشرفت تمدن ایفا کرده و جایگاه آن در اقتصاد، سیاست و زندگی روزمره بارزتر شده است.

این صنعت مقادیر زیادی از مواد شیمیایی را در فرآیندهای مختلف مصرف می‌کند که منجر به نگرانی‌های بوم‌شناسی و مشکلات زیست‌محیطی به دلیل انتشار حجم زیادی از مواد شیمیایی و آلاینده‌ها در هوا، آب و خاک می‌شود. بنابراین یافتن جایگزین‌های مناسب برای مواد مضر و سمی و عدم استفاده از فرآیندهای غیرسازگار با محیط زیست در این صنعت ضروری است.

تولید مواد شیمیایی ایمن و استفاده از فرآیندهای سازگارتر با محیط‌زیست یکی از رویکردهایی است که امروزه از آن به عنوان شیمی سبز یاد می‌شود و بهترین راهکار کنونی برای حل مشکلات آلاینده‌های صنعت نساجی، پیروی از اصول شیمی سبز است. به این ترتیب مایعات یونی (IL) در دو دهه گذشته، به عنوان زیرگروهی از حلال‌های

سبز، در نقش جایگزین حلال‌های آلی سمی و

فرار، به جهت برخورداری از ویژگی‌های مطلوب گوناگون از جمله ثبات حرارتی بالا که موجب عدم تبخیر آسان و نشر به درون جو می‌شود، توجه بسیاری از جوامع علمی را به خود جلب کرده‌اند.

این حلال‌های سبز را می‌توان به عنوان بستر واکنش، حلال، جاذب، مواد کمکی و اصلاح‌کننده نیز به کار برد. حلال‌های یوتکتیک عمیق یا دس‌ها زیرشاخه‌ای از مایعات یونی بوده و به عنوان ترکیبی از دو یا چند جزء جامد یا مایع که دارای نسبت اختلاط خاص و نقطه ذوب بسیار کاهش‌یافته‌ای هستند که معمولاً موجب مایع شدن در دمای اتاق شده، تعریف می‌شوند. نقطه ذوب دس‌ها از نقطه ذوب اجزای تشکیل‌دهنده آن بسیار پایین‌تر است. دمای ذوب یک دس به میزان نسبت مولی از ترکیب مواد سازنده آن بستگی دارد. به مقدار نسبت مولی که در آن دمای ذوب دس یا حلال یوتکتیک عمیق به پایینترین (اشاره به واژه عمیق DEEP) مقدار خود می‌رسد، دمای یوتکتیک یا

نقطه یوتکتیک گویند.

به طور کلی دس‌ها به عنوان یک کلاس جدید از مایعات یونی محسوب شده و اصولاً از مخلوط کردن یک نمک به عنوان گیرنده پیوند هیدروژنی HBA (با ماده دهنده پیوند هیدروژنی) HBD (تشکیل می‌شوند).

در سال ۲۰۰۱، برای اولین بار، ابوت ABBOTT و همکارانش شیوه تهیه دس را از طریق ترکیب نمک فلزی کلرید روی و کولین کلراید در دمای محیط ارائه دادند.

دس‌ها به دلیل تنوع زیاد و سازگاری با محیط زیست، کاربردهای گسترده‌ای در زمینه‌های گوناگون مانند حلال‌های سبز، الکتروشیمی، شیمی آلی، جداسازی، کروماتوگرافی، صنعت نساجی، واکنش‌های آنزیمی، روان‌کننده‌ها، سنتز نانومواد، نانوکامپوزیت‌ها، مواد تغییر فازدهنده، نانوسیال‌ها و غیره دارند.

استفاده از دس‌ها در صنعت نساجی هنوز جایگاه اصلی خود را پیدا نکرده و گاهی به عنوان حلال



نسبت به نمونه الیاف شاهد اولیه بعد از فرآیند اصلاح توسط دستگاه طیفسنجی انعکاسی با مدل BENCHTOP COLOR IV و با زاویه مشاهده کننده ۲ درجه و در استاندارد نوری D 65 اندازه گیری شده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تجزیه و تحلیل مورفولوژی سطح

تصویرهای میکروسکوپی از نمونه الیاف شاهد و نمونه های اصلاح شده جهت بررسی ساختار مورفولوژیکی در شکل ۱ ارائه شده اند.

تصویرهای نمونه الیاف شاهد پشمی شسته شده نشان دهنده فلس های تیز و سالم بوده و تصویرهای نمونه الیاف کلرینه شده و نمونه های اصلاح شده توسط دس ها گویای سطحی نسبتاً صاف، هموار و بدون حضور فلس هایی که عامل نمدی شدن بوده است که می تواند دلیلی بر اثبات مؤثر بودن عملیات اصلاح، انحلال و جدایش فلس های سطح نمونه ها باشد که در نهایت منجر به بهبود خواص ضدنمدی شدن الیاف پشم می شوند (به استثنای نمونه فسفولین که فرآیند اصلاح بر روی آن ضعیف تر انجام شده است).

۳-۲- بررسی نتایج آزمون میزان نمدی شدن یا جمع شدگی الیاف

قطر هر گلوله نمدی تشکیل شده در دستگاه تکان دهنده سه بعدی به عنوان درجه نمدی شدن اندازه گیری شد که در آن قطر گلوله نمدی بزرگتر، مقاومت در برابر نمدی شدن بالاتری را نشان می دهد. میانگین قطر، چگالی و درصد جمع شدگی گلوله های نمدی شده، قبل و بعد از فرآیند تکان دادن نمونه ها، اندازه گیری شده و در جدول ۱ مشخص شده است.

نتایج نشان دادند که قطر گلوله های نمدی شده در نمونه های اصلاح شده با دس ها و هیپوکلریت سدیم همگی بیشتر از الیاف عمل نشده هستند. این را می توان به حذف جزئی فلس ها از سطح الیاف پشمی متناسب دانست که منجر به ایجاد یک سطح صاف (با توجه به تصاویر FESEM) در الیاف اصلاح شده می شود و بنابراین خطر درگیری الیاف و درهم رفتگی فلس ها را کاهش می دهد و

کلراید ۹۸ درصد از شرکت HEBEI چین، آب مقطر دو بار تقطیر، اسید سولفوریک ۹۸ درصد، اسید فسفریک ۸۵ درصد، اسید اگزالیک ۹۹/۵ درصد، محلول هیپوکلریت سدیم (۶-۱۴ درصد) کلر فعال (۹۹ درصد و کربنات سدیم ۹۹/۹ درصد از شرکت مرک در آزمایشها استفاده شده اند. دس های شفاف و یکنواخت مانند روش ابوت و توسط ترکیب کولین کلراید به عنوان گیرنده پیوند هیدروژنی، با اوره، اسید اگزالیک و اسید فسفریک به عنوان دهنده پیوند هیدروژنی، در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و به ترتیب با نسبت مولی ۱:۲، ۱:۱ و ۱:۲ تهیه شده اند.

در روش اصلاح سطحی توسط دس رلین، نمونه الیاف پشم در ظرفی با نسبت مایع به کالای ۱:۱۰۰ غوطه ور شده و روی همزن مغناطیسی با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۲۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت و برای دس های اگزالین و فسفولین دمای محلول ۸۰ درجه سانتیگراد و زمان اصلاح ۴۵ دقیقه بود.

کلرزی نمونه الیاف پشم در محلول آبی حاوی ۴ گرم در لیتر هیپوکلریت سدیم و اسید سولفوریک ۲۰ گرم در لیتر و با نسبت مایع به کالا ۱:۱۰۰، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد انجام شد. آزمون نمدی کردن گلوله های پشمی توسط دستگاه DATACOLOR AHIBA IR تکان دادن سه بعدی، بر اساس روش های آزمایش استاندارد (E) ۶۹-۲۰ IWTO اصلاح شده انجام شده است. اندازه گیری خواص مکانیکی الیاف با دستگاه ELIMA EMT-۳۰۵۰ و بر اساس استاندارد ASTM D ۳۸۲۲ انجام شد.

میزان تغییر رنگ (ΔE) نمونه های پشمی اصلاح شده

در فرآیند ریسندگی، الکتروریسی برخی از الیاف، بهبود شرایط ریسندگی، اصلاح سطح برخی از الیاف، نانوالیاف، نانوکامپوزیت های لیفی استفاده می شوند.

بعضی از مطالعات، بهبود رنگ پذیری الیاف سلولز و پشم را پس از اصلاح سطح با مایعات یونی نشان داده اند. کانتوج و همکاران اثر دو مایع یونی متفاوت، بر روی میزان اصلاح سطح با هدف فلس زدایی یا ضدنمدی کردن الیاف پشم را بررسی کرده اند.

لازم به ذکر است که در مطالعه کانتوج، به دلیل استفاده از مایع های یونی با داشتن محدودیت هایی شامل تهیه مشکل، گران بودن، سنتز همراه با پسماند، زیست تخریب پذیری پایین و زیست سازگاری کم، نسبت به دس ها؛ این مطالعه در صنعت توجیه پذیر و مطلوب نیست. دس ها در مقایسه با مایعات یونی از سنتزی آسان، ارزان و بدون پسماند علاوه بر قابلیت های بازیافت مجدد حلال، قابلیت پایداری تکمیل، زیست تخریب پذیری و زیست سازگاری مطلوب برخوردار هستند.

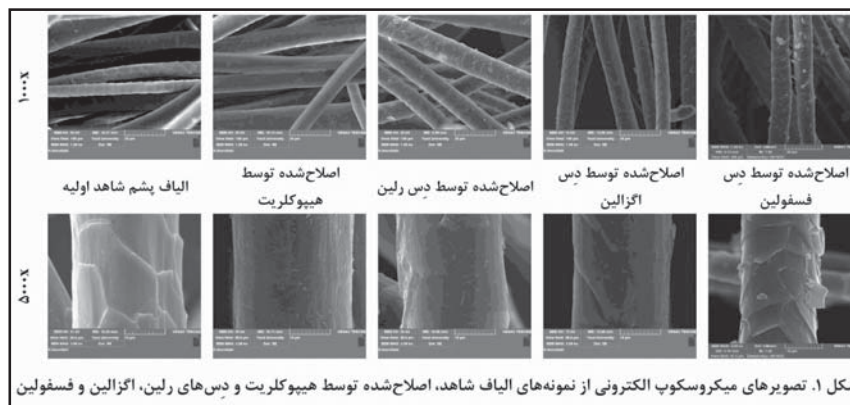
نوآوری این تحقیق جایگزینی دس های مختلف به عنوان عامل ضدنمدی کننده سبز و نیز در نقش محیط واکنش غیرآبی، به جای مواد کلردار و مایعات یونی ناسازگار و مضر سابق در فرآیندهای ضدنمدی کردن الیاف پشمی است که برای حل مشکل مصرف آب و رهاسازی پساب ها و زباله های خطرناک در محیط زیست برای صنعت نساجی بسیا

ر مهم و مفید خواهد بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و روش ها

الیاف پشم ایرانی از نژاد نائینی با طول متوسط ۴/۸ سانتیمتر و قطر متوسط ۳۱/۱۵ میکرون، کولین



شکل ۱. تصویرهای میکروسکوپ الکترونی از نمونه های الیاف شاهد، اصلاح شده توسط هیپوکلریت و دس های رلین، اگزالین و فسفولین



۴-۳- تجزیه و تحلیل تغییر رنگ نمونه‌های پشمی اصلاح‌شده با کمک آزمون طیف‌سنجی انعکاسی

میزان اختلاف رنگ، مقادیر شاخص سفیدی و زردی و میزان روشنایی برای نمونه الیاف پشمی شاهد و نمونه‌های اصلاح‌شده، بعد از فرآیند اصلاح، به کمک دستگاه طیف‌سنجی انعکاسی محاسبه و در جدول ۳ گزارش شده است.

با توجه به نتایج بیشترین میزان اختلاف رنگ متعلق به نمونه کلرینه‌شده بوده و کمترین میزان اختلاف رنگ متعلق به نمونه اصلاح‌شده توسط دس رلین بوده است. همچنین بیشترین میزان شاخص سفیدی متعلق به نمونه شاهد و کمترین آن متعلق به نمونه کلرینه‌شده بوده و بالعکس بیشترین میزان شاخص زردی متعلق به نمونه کلرینه‌شده و کمترین میزان آن متعلق به نمونه شاهد است. بیشترین میزان روشنایی متعلق به نمونه اصلاح‌شده توسط اگزالین است.

۴-۴- نتیجه‌گیری

فرآیندهای ضدندمدی کردن الیاف پشم توسط مشتقات کلر، یکی از منابع آلاینده محیط زیست در صنعت نساجی بوده که اگر حلال‌های سبز بتوانند جایگزین ترکیبات مضر کلردار شوند، بسیار باارزش خواهد بود؛ بنابراین دس‌های رلین، اگزالین و فسفولین برای نخستین بار به عنوان عامل ضدندمدی شدن سبز معرفی و با روش‌های اصلاح توسط مواد کلردار مقایسه شده‌اند.

به استثنای نمونه اصلاح‌شده توسط دس فسفولین، در نهایت بهبود نسبتاً بالایی در خواص ضدندمدی شدن برای تمامی نمونه‌ها حاصل شده است. فرآیند ضدندمدی کردن الیاف پشمی به کمک دس‌ها، علاوه بر مزایای تهیه آسان، ارزان، بدون پسماند، زیست‌تخریب‌پذیر بودن و زیست‌سازگار بودن حلال، آسیب کمتر به الیاف و عدم تغییر رنگ ذاتی نمونه‌ها، ویژگی‌های مطلوب دیگری از جمله عدم مصرف آب، کاهش پساب تولیدی و مهمتر از آن قابلیت بازیابی مجدد را دارد.

پی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد

جدول ۱. میانگین قطر، میزان چگالی و مقادیر درصد جمع‌شدگی گلوله نم‌دی، قبل و بعد از فرآیند تکان دادن نمونه‌های پشمی				
نام نمونه	قطر گلوله پشمی قبل از نم‌دی کردن (mm)	میانگین قطر گلوله نم‌دی شده (mm)	میانگین درصد جمع‌شدگی گلوله نم‌دی شده (%)	میانگین چگالی گلوله نم‌دی شده (gr/cm ³)
	d_1	d_2	$S\% = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100$	$\delta = \frac{m}{v} = \frac{m}{\frac{\pi}{6} d^3} = \frac{6m}{\pi d^3}$
الیاف پشم شاهد	۲۳	۰/۲۲±۰/۲۳	۰/۲۲±۰/۲۳	۰/۰±۰/۰۳۵/۱۷۲
اصلاح‌شده توسط هیپوکلریت	۳۳	۰/۳۰±۰/۳۱	۰/۸±۱۲/۵۶	۰/۰±۰/۰۱۰/۰۷۰
اصلاح‌شده توسط دس رلین	۳۳	۰/۲۹±۰/۳۰	۰/۱۰±۰/۱۱	۰/۰±۰/۰۱۷/۰۷۳
اصلاح‌شده توسط دس اگزالین	۳۳	۰/۲۸±۰/۲۹	۰/۱۲±۰/۱۳	۰/۰±۰/۰۱۵/۰۷۹
اصلاح‌شده توسط دس فسفولین	۳۳	۰/۲۴±۰/۲۵	۰/۲۴±۰/۲۵	۰/۰±۰/۰۱۸/۱۲۳
جدول ۲. مقادیر نیروی اعمالی، ازدیاد طول و مدول نمونه الیاف پشمی شاهد و نمونه‌های اصلاح‌شده				
نام نمونه	حداکثر نیروی اعمالی (cN)	حداکثر ازدیاد طول (%)	مدول ۵-۲ (cN/dTex)	
الیاف پشم شاهد شسته شده اولیه	۸/۳۳±۸/۹۰	۴/۳۱±۱۹/۸۱	۱۹/۵۴±۳۰/۸۳	
نمونه اصلاح‌شده توسط هیپوکلریت	۶/۲۵±۵/۴۷	۴/۲۶±۶/۰۹	۱۰/۳۰±۹/۸۳	
نمونه اصلاح‌شده توسط دس رلین	۹/۳۱±۹/۵۵	۳/۳۱±۶/۴۲	۱۷/۲۳±۸/۶۹	
نمونه اصلاح‌شده توسط دس اگزالین	۸/۲۹±۵/۹۲	۶/۲۷±۶/۰۸	۱۸/۴۲±۳/۸۷	
نمونه اصلاح‌شده توسط دس فسفولین	۶/۲۹±۸/۱۸۲	۶/۲۸±۵/۱۶۶	۱۲/۴۴±۱/۹۷۰	
جدول ۳. مقایسه میزان اختلاف رنگ، مقادیر شاخص سفیدی و زردی و میزان روشنایی نمونه الیاف پشمی شاهد و نمونه‌های اصلاح‌شده				
نام نمونه	اختلاف رنگ در مقایسه با پشم شاهد (DE-cmc)	مقادیر شاخص سفیدی (ASTME313-WI)	مقادیر شاخص زردی (ASTM E313-YI)	مقادیر شاخص روشنی و تاریکی (L*)
الیاف پشم شاهد شسته شده اولیه	-	۲۰/۷۴	۱۹/۵۳	۸۱/۴۳
نمونه اصلاح‌شده توسط هیپوکلریت	۶/۹۵	-۶/۷۱	۳۶/۳۴	۷۸/۵۹
نمونه اصلاح‌شده توسط دس رلین	۱/۸۹	۱۲/۰۵	۲۳/۹۳	۸۰/۹۲
نمونه اصلاح‌شده توسط دس اگزالین	۳/۴۸	۷/۱۷	۲۶/۴۶	۸۳/۱۸
نمونه اصلاح‌شده توسط دس فسفولین	۲/۴۳	۱۱/۲۷	۲۴/۹۴	۸۲/۳۹

شده است. همچنین برای نمونه‌های اصلاح‌شده توسط دس رلین، دس اگزالین و دس فسفولین تنها به ترتیب ۱/۲۳ درصد، ۱۲/۶۱ درصد و ۹/۹۰ درصد کاهش در ازدیاد طول، در مقایسه با ۱۷/۹۸ درصد کاهش در ازدیاد طول برای نمونه عمل شده با کلر، مشاهده شده است. مکانیزم انحلال و اصلاح الیاف پشمی توسط دس‌ها از ماهیت یونی ذاتی و قدرت یونی بالای آنها نشأت می‌گیرد و مبتنی بر آن پیوندهای هیدروژنی درون مولکولی و بین مولکولی زنجیره‌های پپتیدی و پروتئینی الیاف پشم را که انسجام ساختاری لیف را تثبیت کرده، می‌شکند و موجب حل شدن زنجیره‌ها می‌شود.

دس‌ها دارای ساختاری حجیم بوده که به آسانی قابلیت نفوذ به ساختار لیف را نداشته و فقط ساختارهای سطحی را تحت‌تأثیر قرار داده و نظم ساختار درونی لیف و ویژگی‌های آن مانند استحکام را حفظ می‌کند.

کلر موجود در سدیم هیپوکلریت از قدرت اکسیدکنندگی بالایی برخوردار بوده و باعث شکسته شدن پیوندهای دی‌سولفیدی و پپتیدی شده و چون به همراه آب استفاده می‌شوند، موجب تورم و بازتر شدن ساختمان‌های الیاف پشم و سهولت ورود مواد کلردار به ساختار شده و نهایتاً موجب تخریب داخلی بیشتر الیاف و کاهش فاحش استحکام می‌شود.

موجب بهبود خاصیت ضدندمدی شدن نمونه‌های اصلاح‌شده می‌شود. خواص ضدندمدی شدن برای نمونه اصلاح‌شده توسط دس رلین و هیپوکلریت سدیم تقریباً نزدیک به همدیگر بوده و نیز پایین‌ترین خواص ضدندمدی شدن برای نمونه اصلاح‌شده توسط دس فسفولین است. میزان نم‌دی شدن، در نمونه‌های اصلاح‌شده توسط دس‌های رلین و اگزالین نشان‌دهنده نرخ ضدندمدی شدن قابل قبول آنها نسبت به نمونه‌های کلرینه‌شده و نمونه شاهد است.

۳-۳- بررسی نتایج آزمون خواص مکانیکی الیاف پشم

مقادیر نیروی اعمالی، ازدیاد طول و مدول برای نمونه الیاف پشمی شاهد و نمونه‌های اصلاح‌شده در جدول ۲ ارائه شده است.

داده‌های جدول ۲ به وضوح نشان می‌دهد که خواص استحکامی و ازدیاد طول نمونه‌های عمل شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد عمل نشده کاهش می‌یابد.

برای نمونه‌های اصلاح‌شده توسط دس رلین، دس اگزالین و دس فسفولین تنها به ترتیب ۶/۰۴ درصد، ۱۱/۷۴ درصد و ۱۲/۳ درصد کاهش در نیروی پارگی، در مقایسه با ۲۴/۸۶ درصد کاهش در نیروی پارگی برای نمونه عمل شده با کلر مشاهده