هفتمین همایش ملی پلیمر ایران
7th National Seminar on Polymer

بررسی اثر افزودن ضایعات چرم فراوری شده بر روی خواص مکانیکی کامپوزیت چرم و پلی‌استر

علی رادمرد [۱]، محمد رسول میرزائی [۱]، مسعود طهانی [۱*]، زهرا مقصود [۲]

۱- مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی مکانیک

۲- مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی شیمی

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: mtahani@um.ac.ir

چکیده

کامپوزیت‌ها به علت داشتن خصوصیات مکانیکی مناسب و وزن سبک، در صنایع مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تحقیق فعلی، از پودر ضایعات چرم دباغی شده با کروم (چرم فراوری‌شده) به عنوان یک افزودنی به پلیمر ترموست پلی‌استر استفاده شد. همچنین با استفاده از فرآیند هیدرولیز قلیایی، درصدی از کروم موجود در چرم حذف شد که نتیجه‌ی آن تولید چرم اصلاح‌شده است که این چرم نیز به پلی‌استر اضافه گردید. میزان استخراج کروم از چرم توسط آزمون‌های استاندارد اندازه‌گیری شد و کامپوزیت‌های تولید شده از نظر مقاومت در برابر کشش و درصد افزایش طول با یکدیگر مقایسه شدند. این تحقیق می‌تواند راهکاری موثر و با هزینه کم برای بازیافت ضایعات چرم و تولید کامپوزیت‌هایی با خواص مکانیکی بهبود یافته و اقتصادی باشد.

کلمات کلیدی: ضایعات چرم فرآوری شده، حذف درصدی کروم، پلی‌استر، خواص مکانیکی

۱. مقدمه

کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف و ذرات را می‌توان در کاربردهای مختلف نظامی، هوافضا، خودرویی، پزشکی و کاربردهای عمومی شهری و ساختمانی استفاده کرد [۱]. در بعضی از این کاربردها، الیاف و ذرات مصنوعی را می‌توان با الیاف و ذرات طبیعی جایگزین کرد، زیرا مواد طبیعی آلودگی‌های زیست‌محیطی را به حداقل می‌رسانند [۲].

در حال حاضر روش معمول برای دفع ضایعات چرم، سوزاندن کنترل شده یا دفن زباله است [۳]. سوزاندن گسترده موجب تولید دی‌اکسیدکربن می‌شود و همچنین انرژی حرارتی آزاد می‌کند. فرایند سوزاندن علاوه بر آزادسازی دی‌اکسیدکربن، امکان اکسیدشدن کروم سه‌ظرفیتی Cr (III) موجود در چرم را به کروم شش ظرفیتی Cr (VI) دارد که عنصری سرطان‌زا است و می‌تواند آسیب جبران‌ناپذیری به ریه وارد کند [۳].

۲. پیشینه پژوهش

پژوهش‌های متعددی بر مبنای تهیه مواد کامپوزیتی از ذرات چرم دباغی شده با کروم به‌عنوان تقویت‌کننده و موادی مانند پلیمرهای ترموپلاستیک یا ترموست، الاستومرها و مواد دیگر به‌عنوان زمینه انجام شده است.

طالب و همکاران [۳] در سال ۲۰۱۷ رزین پلی‌استر غیراشباع را با ذرات چرم مخلوط کردند که نتیجه آن کاهش مقاومت کششی، چگالی و دمای انتقال شیشه‌ای نسبت به پلی‌استر بدون افزودنی بود. باتوجه به این پژوهش، آنها بیان نمودند که افت خواص مکانیکی کامپوزیت ممکن است به دلیل عدم هماهنگی قطبیت بین الیاف و ماتریس، تجمع الیاف در یک نقطه و تشکیل حفره در کامپوزیت و برهم‌کنش سطحی ضعیف بین ماتریس و الیاف باشد.

ونگ و همکاران [٤] ساختار چرم پس از دباغی با کروم را بررسی نمودند. با توجه به این پژوهش عنصر کروم با برقراری پیوند عرضی بین زنجیرهای کلاژن نقش پایدارکننده کلاژن، جلوگیری از پوسیدگی

چرم و حفظ انعطاف آن را دارد. از طرفی پیوند عرضی ایجاد شده موجب شبکه‌ای شدن ساختار چرم می‌شود.

در این پژوهش از ضایعات چرم فراوری شده با کروم به عنوان تقویت‌کننده پلیمر پلی‌استر استفاده گردید. از طرفی وجود پیوندهای عرضی کروم موجب اتصال سطحی ضعیف بین چرم و پلی‌استر می‌شود لذا می‌توان با حذف درصدی از کروم موجود در چرم فراوری‌شده، دانسیته پیوندهای عرضی را کاهش داد.

۳. مواد و روش‌ها

۱,۳. مواد

از رزین پلی‌استر به‌عنوان زمینه کامپوزیت استفاده شد. همچنین از کبالت به‌عنوان سخت‌کننده، از متیل اتیل کتون پراکسید به‌عنوان آغازگر واکنش و از پودر ضایعات چرم به‌عنوان تقویت کننده استفاده گردید. مقادیر مواد استفاده شده در هر یک از نمونه‌ها و شماره‌گذاری نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است. برای حذف درصدی کروم چرم، از پتاسیم تارترات و سدیم هیدروکسید استفاده شده است. تمام مواد شیمیایی استفاده شده از درجه آزمایشگاهی بودند.

۲,۳. استخراج کروم

استخراج کروم با توجه به کار انجام شده توسط مالک و همکاران [۵] انجام شد. ابتدا چرم‌ها در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حاوی پتاسیم تارترات با غلظت ۰/۵ مولار قرار گرفتند. سپس، مخلوط به مدت ۷۲ ساعت در یک ظرف درب‌دار قرار داده شد. پس از این مرحله، چرم‌ها به کمک یک بشر و صافی فلزی سه بار با آب مقطر شسته شدند و محلول باقی‌مانده از عملیات شستشو با کاغذ صافی تصفیه و چرم‌ها از آن جدا شدند. در مرحله بعد، چرم‌ها در مخلوطی در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حاوی NaOH با غلظت ۰/۲۵ مولار قرار گرفتند. سپس مخلوط به دست آمده، به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد. پس از آن مخلوط از آون خارج گردید و چرم‌ها ۳ بار با آب مقطر شسته شدند.

به‌منظور پودر کردن چرم‌ها از دستگاه میکسر میل با دو مخزن استفاده شد. ابتدا مخازن دستگاه در محلول ازت مایع قرار گرفت تا دمای آن به زیر دمای انتقال شیشه‌ای برسد. در مرحله بعد مخازن بر روی دستگاه نصب و بسامد دستگاه روی ۲۰ هرتز تنظیم گردید و به مدت ۱۰ دقیقه با این بسامد نوسان کرد.

۳,۳. فرایند نمونه‌سازی

برای ساخت ابتدا پلی‌استر و کبالت (با مقدار phr ۰/۱) با یکدیگر مخلوط شدند تا کاملاً همگن شوند. سپس چرم با مقادیر ۰/۵، ۱ و ۲ قسمت به ازای ۱۰۰ قسمت رزین پلی‌استر، به مخلوط اضافه گردید و به‌وسیله یک هیتر مخلوط گرم شد. در پایان پراکسید (با مقدار phr ۱) به مخلوط اضافه گردید و بعد از همگن شدن، مخلوط در قالب سیلیکونی ریخته شد. لازم به ذکر است که برای نمونه‌سازی از دو نوع چرم فراوری شده و چرم اصلاح‌شده استفاده گردید.

۴,۳. آزمون طیف‌سنج نشر اتمی (ICP)

آزمون ICP برای تعیین میزان کروم انجام گرفت. نمونه‌های چرم اصلاح شده با مقدار یکسان در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد بررسی شدند. برای اطمینان از دقت نتایج، تکرارپذیری نمونه‌ها بررسی شد و نتایج به‌صورت مقدار میانگین گزارش شده‌اند (جدول ۲).

۵,۳. آزمون کشش

آزمون کشش طبق استاندارد ASTM D-412 با حسگر نیرو با ظرفیت ۲۰۰ کیلوگرم و نرخ بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه در دمای محیط انجام گرفت.

۴. نتایج و بحث

۱,۴. نتایج آزمون ICP

استخراج کروم به روش هیدرولیز قلیایی تا حد زیادی دانسیته پیوندهای عرضی کروم را کاهش داده است. این مطلب را نتایج آزمون ICP (جدول ۲) تایید می‌کند زیرا مقدار کروم موجود در چرم از ۳/۵۴ درصد به ۱/۵۵ درصد کاهش یافته است. با استفاده از این روش ۵۵/۳ درصد از کروم موجود در چرم استخراج شده‌است.

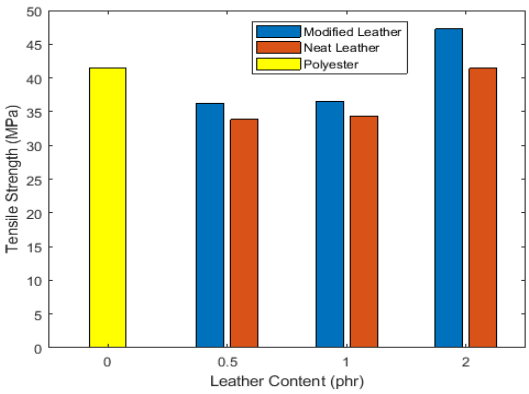
جدول ۲: نتایج آزمون ICP

	Cr (ppm)	Cr (%)
چرم فراوری شده	۳۵۴۵۰/۶	۳/۵۴
چرم اصلاح شده	۱۵۵۴۵/۷	۱/۵۵

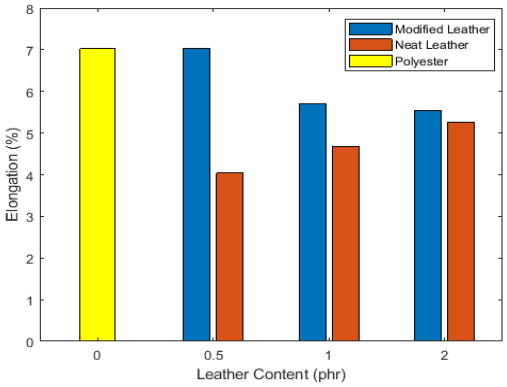
۲,٤. نتایج آزمون کشش

شکل‌های ۱ و ۲ مربوط به نتایج آزمون کشش نمونه‌های با چرم حاوی کروم، چرم اصلاح شده و نمونه پلی‌استر بدون افزودنی است. باتوجه‌به نتایج می‌توان مشاهده نمود که نمونه‌های حاوی چرم اصلاح‌شده نتایج بهتری را نسبت به نمونه‌های تولید شده با چرم فراوری‌شده نشان می دهند. مقدار مقاومت کششی نمونه تولید شده با ۲ phr چرم اصلاح‌شده بهتر از نمونه پلی‌استر بدون افزودنی است. همچنین با افزایش میزان چرم اصلاح‌شده مقادیر مقاومت کششی روندی صعودی را طی می‌کند. انتظار می‌رود این روند با افزایش مقدار چرم، ادامه یابد. به طور کلی می‌توان گفت با حذف درصدی از کروم موجود در چرم، استحکام کششی بهبود می‌یابد. همچنین در نمونه‌های تولیدشده با چرم اصلاح‌شده نسبت به چرم فراوری‌شده مقادیر ازدیاد طول در نقطه شکست بهبود یافته‌است اما نمونه‌های تولیدشده در مقادیر ۱ phr و ۲ phr نسبت به نمونه پلی‌استر بدون افزودنی، ازدیاد طول در هنگام شکست کمتری دارند.

نمونه‌های چرم اصلاح شده بدلیل کاهش دانسیته پیوندهای عرضی کروم، پیوند بهتری را نسبت به چرم فراوری شده با پلی‌استر دارند. از طرفی فرایند هیدرولیز قلیایی باعث می‌شود تا ذرات چرم اصلاح شده ابعاد کوچکتری را نسبت به ذرات چرم فراوری شده داشته باشد و در نتیجه چرم اصلاح شده بصورت یکنواخت در کامپوزیت پخش می‌شود و از تجمع ذرات چرم در یک نقطه جلوگیری می‌شود. این دو مورد می‌توانند دلایلی برای افزایش مقاومت کششی کامپوزیت تولیدشده با چرم اصلاح‌شده نسبت به چرم فراوری شده باشند.



شکل ۱: مقادیر مقاومت کششی نمونه‌های تولیدشده



شکل ۲: مقادیر درصد ازدیاد طول نمونه‌های تولیدشده

۵. نتیجه‌گیری

در کار حاضر اثر افزودن ضایعات چرم فراوری شده به‌عنوان تقویت‌کننده در زمینه پلی‌استر بر روی خواص مکانیکی کامپوزیت مورد بررسی قرار گرفت. همچنین استخراج کروم به روش هیدرولیز قلیایی بررسی شد که نتیجه آن حذف ۵۵/۳ درصد از کروم موجود در چرم بود. نتایج آزمون کشش حاکی از آن بود که تمامی نمونه‌های تولید شده با چرم اصلاح‌شده از لحاظ مقاومت کششی و درصد تغییر طول عملکرد بهتری نسبت به نمونه‌های تولید شده با چرم فراوری‌شده دارد. همچنین این یک روش جایگزین مناسب برای بازیافت ضایعات چرم است.

مرجع‌ها

[1] Ahmadi R, Alivand MS, Tehrani NH, Ardjmand M, Rashidi A, Rafizadeh M, Seif A, Mollakazemi F, Noorpoor Z, Rudd J. Chemical Engineering Journal 2021, 33 : 1-11.
[2] John MJ, Thomas S. Carbohydrate Polymers 2008, 71.3 : 343-364.
[3] Talib S, Romli AZ, Saad SZ. InAIP Conference Proceedings 2017, Vol. 1901
[4] Wang, Xuechuan, Siwei Sun, Xing Zhu, Peiying Guo, Xinhua Liu, Chunlin Liu, and Meng Lei. Journal of Leather Science and Engineering 2021, 3 : 1-9.
[5] Malek, Ammar, Messaoud Hachemi, and Villemin Didier. Journal of Hazardous Materials 2009, 170.1 : 156-162.