



مروری بر تلاش‌های انجام شده برای تولید چرم مصنوعی

مهران افراشی^۱ | داریوش سمنانی^۱

انسان‌های اولیه از پوست حیوانات برای بسیاری از نیازهای خود استفاده می‌کردند. تبدیل پوست به چرم را می‌توان اولین صنعت بشر پس از دستیابی به فن تیز کردن ابزارهای سنگی دانست. اما صنعت چرم‌سازی، هم به دلیل مصرف زیاد آب و دورریز آن به صورت پساب و هم به دلیل شدت آلودگی پساب آن، برای محیط زیست زیان‌آور است. همچنین، از آنجا که چرم یک محصول جانبی صنعت تولید گوشت است، قیمت و عرضه آن همیشه تابع وضعیت تولید گوشت بوده است. با توجه به منابع محدود و قیمت بسیار بالای چرم طبیعی، در گذشته تلاش‌هایی برای یافتن جایگزین‌های مناسب برای چرم صورت گرفته است. مقاله حاضر مروری بر دستاوردهای به دست آمده در زمینه توسعه چرم‌های مصنوعی است.

۱- مقدمه

چرم طبیعی یک زیست‌ماده منحصربه‌فرد با بافتی سه‌بعدی شامل الیاف ظریف و ضخیم کلاژن است که با استفاده از پردازش پوست حیوانات برای کاربردهای متداول مانند پوشاک، کفش، اثاثه منزل، روکش مبلی، صندلی اتوموبیل و سایر. چرم از زمان‌های قدیم کالای مهم به‌شمار می‌آمده است. افزون بر عایق‌بودن در برابر گرما و - لوازم تهیه می‌شود. الکتروسیسته، در برابر هوا و آب نیز مقاوم است و در عین حال، بخار آب را از خود عبور می‌دهد و انعطاف‌پذیری قابل توجهی دارد. چرم طبیعی مهم‌ترین فراورده‌های است که در فرایند پوست‌پیرایی از تأثیر برخی از مواد شیمیایی بر پوست به‌دست می‌آید و در صنعت مد و منسوجات فنی کاربرد دارد. اما صنعت چرم‌سازی، هم به دلیل مصرف زیاد آب و دورریز آن به صورت پساب و هم به دلیل شدت آلودگی پساب آن، برای محیط زیست زیان‌آور است. به طور کلی میزان پساب تولیدی ناشی از هر کیلوگرم پوست تر نمکی، بین ۴۰ تا ۱۰۰ لیتر و در موردهایی حتی تا ۱۴۰ لیتر است. این پساب آلوده به آلاینده‌های گوناگون است.

حدود ۸۰ درصد تولید ۱۲ درصد مربوط به فرایند پوست‌پیرایی و باقی مانده مربوط فرایندهای - پساب مربوط به مراحل قبل از پوست‌پیرایی، تکمیل و پرداخت چرم است. باقیمانده ضایعات ناشی از دباغی چرم باعث نگرانی عمده در سراسر جهان شده است، سیانید هیدروژن، اکسید Cr_6+ تبدیل شده به Cr_3+ زیرا روش‌های دفع سنتی در مورد ضایعات چرم دباغی شده مانند $3+$ نیتروژن و آمونیاک قابل استفاده نیست. همچنین، از آنجا که چرم یک محصول جانبی صنعت تولید گوشت است، قیمت و عرضه آن همیشه تابع وضعیت تولید گوشت بوده است. علاوه‌براین، استفاده از پوست‌های حیوانی برای تولید چرم به عقیده گروه‌های طرفدار حقوق حیوانات، عملی ناپسند است. اکثر چرم‌ها از کشورهای هستند که از قوانین حمایت

از حیوانات پیروی نمی‌کنند. با توجه به منابع محدود و قیمت بسیار بالای چرم طبیعی، در گذشته سعی می‌شد که با پوشش دادن پارچه‌ها با پلاستیک و یا نترات سلولز، ماده‌ای شبیه به چرم تولید کنند.

این تلاش‌ها به‌طور معمول ناموفق بود و این مواد توسعه چندانی نیافتند. پس از جنگ جهانی دوم و با تجاری‌شدن و تولید انبوه پلی‌وینیل کلراید، نایلون، پلی‌استر، پلی‌اورتان و سایر پلیمرها، از آنها به عنوان جایگزین چرم در تولید کفش، لباس، کیف و مبل‌مان استفاده شد.

امروزه، دلیل اصلی جایگزین شدن چرم مصنوعی با چرم طبیعی توسعه الیاف نساجی و رزین پلی‌اورتان است که می‌توانند خصوصیات چرم طبیعی را شبیه‌سازی کند. در این مطالعه، روشهای استفاده شده برای توسعه چرم مصنوعی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- چرم مصنوعی، از گذشته تا امروز

چرم مصنوعی یک پارچه چند جزئی است که تکمیل شیمیایی و مکانیکی روی آن انجام شده است و دارای محاسنی مانند قیمت کم، استحکام مناسب، یکنواختی تولید، قابل دسترسی به صورت رول، تولید آسان، ضایعات کم و امکان به وجود آوردن طرح‌های جدید با نقوش مختلف در رنگ‌های متنوع است.

در تولیدات اولیه چرم مصنوعی، از پارچه‌ای بافته شده که لایه‌ای از پی‌وی‌سی نرم روی آن کشیده شده استفاده می‌کردند.

این محصولات دارای وزن زیاد، قابلیت گذردگی بخار آب بسیار کم، زبردست سرد و عمر خمشی کم بودند.

پارچه‌هایی که در دهه ۶۰ میلادی با پوشش پلی‌اورتان وارد بازار شدند خواص بهتری از خود نشان دادند و به دلیل ساختار شیمیایی که دارند تا حدی بخار آب را از خود عبور می‌دادند.



نخستین انواع فراورده‌های جدید چرم مصنوعی، متشکل از سه لایه بود که شامل یک لایه پارچه بی‌بافت، یک لایه پارچه نازک بافته شده و یک پوشش پلیمری متخلخل بود. فراورده‌هایی که امروزه تولید می‌شود شامل دو لایه است که یک لایه پارچه بی‌بافت آغشته به پلی‌اورتان و یک لایه پوشش پلی‌اورتان متخلخل است. در چرم‌های مصنوعی جدید از الیاف ظریف‌تر از میکرون استفاده می‌شود. ویژگی چرم‌های مصنوعی به ساختار پارچه زیرلایه، پلیمر مورد استفاده در پوشش آنها و یا آغشته‌سازی آنها وابسته است.

ضخامت چرم بسته به کاربرد می‌تواند متفاوت باشد. پارچه‌های با پوشش پی‌وی‌سی چگالی زیادی دارند و سنگین هستند. اما چگالی چرم‌های متخلخل پلیمری حدود دو سوم تا نصف چگالی چرم طبیعی است. مقاومت کششی و کرنش پارگی محصول بیش از همه تابع پارچه بستر است. چرم‌های متخلخل پلیمری به دلیل داشتن ساختاری شبیه به چرم طبیعی، خواص مکانیکی مشابه دارند. قابلیت عبوری آب در چرم طبیعی و چرم مصنوعی تابع نوع فرایند تکمیل است. پارچه‌هایی که پوشش پی‌وی‌سی دارند، بخار آب را به سختی از خود عبور می‌دهند در حالی که تراوایی چرم‌های متخلخل پلیمری در حد چرم طبیعی است.

جونگ و همکاران، چرم مصنوعی با استفاده از شش نوع پارچه بی‌بافت سوزن زنی شده به عنوان بستر و پوشش پلی‌اورتان به روش انعقاد تر تهیه کردند.

این پارچه‌ها با تغییر در ضخامت، وزن و نسبت‌های پلی‌استر/نایلون متفاوت به عنوان بستری برای چرم مصنوعی تهیه شدند و به روش حمام انعقاد، بر روی آنها رزین پوشش دادند. ابتدا خواص فیزیکی نمونه‌ها، شامل ضخامت و چگالی را اندازه‌گیری و محاسبه کردند و سپس خواص انتقالی آنها را به عنوان پارامتر بسیار مهم در خصوصیات راحتی پوشاک مورد بررسی قرار دادند.

در مواردی که از چرم مصنوعی برای تهیه کفش استفاده می‌شود، خواص انتقال هوا و رطوبت از اهمیت بالایی برخوردار می‌شود. نتایج نفوذپذیری هوا برای نمونه‌های پارچه بی‌بافت سوزن زنی شده که از نسبت نایلون به پلی‌استر بیشتری برخوردار بودند نشان داد که اثر افزایش چگالی بر روی میزان عبوردهی هوا اثر معنی‌داری ندارد، اما در نمونه‌های با درصد پلی‌استر بالاتر، با افزایش چگالی پارچه، میزان عبوردهی هوا کاهش یافت.

همچنین میزان نفوذپذیری بخار آب در نمونه‌های چرم مصنوعی تهیه‌شده از پارچه‌ای با نسبت نایلون به پلی‌استر بالاتر، از سایر نمونه‌ها اندکی بالاتر بود، اما در مورد انتقال گرما، تغییر در نسبت جنس الیاف سازنده پارچه اثر معناداری را نشان نداد.

چرم‌های مصنوعی تهیه شده، دارای قابلیت عبور بخار آب، درحالی که آب از آن عبور نکند بود. علت این خاصیت تفاوت زیاد در اندازه مولکول‌های بخار آب و قطرات آب است.

وادسورد و همکاران خواص فیزیکی و شیمیایی چرم مصنوعی تهیه‌شده از پارچه‌های نساجی، از جمله نیروی پارگی و ازدیاد طول تا حد پارگی، که از مهمترین عوامل اثرگذار بر دوام چرم مصنوعی است را بررسی کردند.

آنها از پارچه تار-پودی ساده و پارچه حلقوی تار از جنس پنبه که توسط عملیات حرارتی تثبیت ابعادی شده است، برای تهیه چرم مصنوعی استفاده کردند.

همچنین، رزین متخلخل پلی‌اورتان با استفاده از اتصالات حرارتی، به پارچه‌های بستر متصل کردند. استفاده از این نوع پارچه‌ها در تهیه چرم مصنوعی، خواص استحکام، دوام و انعطاف‌پذیری محصول نهایی را بهبود داد. باساران و همکاران با استفاده از الیاف پودر شده و رزین پلی‌اورتان، سطح چرم را به منظور ایجاد نقوش مختلف تکمیل و پوشش دهی کردند تا از این طریق چرم‌های دارای عیوب سطحی را به جای دور انداختن، تبدیل به کالایی مورد استفاده در دنیای مد کنند. برای این کار از الیاف بسیار کوتاه نایلون، به دلیل خواص سایشی مناسب استفاده کردند.

عیوب سطح چرم طبیعی شامل نقاط سخت، سوراخ، آسیب‌های ناشی از فرایندهای مکانیکی و عیوب رنگی است که بر روی ظاهر و زبردست چرم اثر منفی می‌گذارد. این الیاف با قرار گرفتن در میدان الکتریکی در حدود ۴۰ کیلوولت، به صورت هم‌راستا و عمود بر سطح چرم آرایش یافته و توسط یک لایه چسب، بر روی سطح چرم تثبیت شدند.

یانگ و همکاران با افزودن ذرات فلزی به لایه رزین چرم مصنوعی، خواص انتقال حرارت و ظاهر محصول نهایی را بهبود دادند. دو روش برای بهبود خواص انتقال حرارت در کامپوزیت‌های پلیمری وجود دارد.

در روش اول، سنتز پلیمر به نحوی انجام می‌شود که هدایت گرمایی آن بالا باشد. برای مثال سنتز پلیمر کاملاً بلورین. در روش دیگر می‌توان با افزودن پرکننده‌ها به درون پلیمر، خواص انتقال حرارت پلیمر را افزایش داد.

بیشتر این افزودنی‌ها، فلزی و غیر آلی هستند. آلومینیوم اکسید، سیلیکون کاربید و آلومینیوم نیتريد، از جمله پرکاربردترین این افزودنی‌ها هستند.

همچنین آنها می‌توانند خواص سایشی، عایق الکتریکی و مقاومت شیمیایی پلیمرها را بهبود دهند. در حین فرایند تولید چرم مصنوعی به روش تر، آلومینیوم نیتريد با آب واکنش داده و در لایه رزین حباب ایجاد می‌شود.

همچنین، سیلیکون کاربید اضافه شده به رزین به خوبی پخش نمی‌شود. به همین دلیل، محققان برای تهیه چرم مصنوعی مذکور از اکسید آلومینیوم استفاده کردند.



وانگ و همکاران، یک روش دو مرحله‌ای برای اصلاح شیمیایی چرم مصنوعی تهیه شده از الیاف فوق ظریف پلی‌آمید/پلی‌اورتان پیشنهاد دادند که کلاژن/تانن گیاهی-کروم بر روی الیاف نایلون تثبیت شود و از این طریق نفوذپذیری و جذب رطوبت (خواص تنفسی) چرم مصنوعی بهبود یابد، زیرا این نوع لایه‌های مشابه چرم طبیعی دارد. اما در مقایسه با چرم طبیعی، راحتی پوشش چرم مصنوعی به واسطه جذب و نفوذ پایین رطوبت نامطلوب است و با اصلاح شیمیایی آن، خواص استحکام کششی، ازدیاد طول تا حد پارگی، خصوصیات ضد الکتریسیته ساکن، ضخامت و یکنواختی نمونه اصلاح شده در سطوح مختلف بهبود می‌یابد. مهمتر این که با این روش، نفوذپذیری و جذب رطوبت نمونه اصلاح شده نسبت به نمونه معمولی ۳۴۴ درصد بهبود یافت.

گارکوبی و همکاران با استفاده از رایحه‌های طبیعی و مصنوعی، بوی ناخوشایند چرم مصنوعی را که ناشی از به‌کارگیری مواد شیمیایی مختلف است حذف کردند. آنها دریافتند که افزودن هر دو نوع رایحه در مخفی کردن بوی چرم مصنوعی اثرگذار است، اما رایحه مصنوعی ترکیب شده با روغن پارافین اثر بهتری دارد. از آنجا که بوی نامطبوع چرم مصنوعی تولیدشده تا مدت‌ها پس از تولید باقی می‌ماند، حذف آن برای سلامت محیط کار و رضایت مشتری اهمیت زیادی دارد.

یکی دیگر از پیشنهادات مطرح شده برای کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی و همچنین بهبود کیفیت و خواص فیزیکی و شیمیایی چرم‌های مصنوعی، استفاده از کلاژن بازیابی شده از ضایعات تولید چرم طبیعی به منظور پوشش دهی سطح پلیمری چرم مصنوعی است.

پوست دام‌هایی مانند خوک، گاو و گوسفند دارای بیش از ۹۰ درصد کلاژن است. اگرچه این پوست‌ها برای تولید چرم طبیعی استفاده می‌شود ولی ضایعات آنها قابل توجه است.

برای مثال کشور چین که به عنوان کشوری با تولید انبوه چرم طبیعی شناخته می‌شود، میزان ضایعات جامد ناشی از تولید چرم طبیعی ۱ میلیون تن در سال برآورد می‌شود. در این ضایعات، بیش از ۸۰ درصد کلاژن وجود دارد در کلاژن، گروه‌های قطبی فراوانی از قبیل NH_2 و CONH_2 ، COOH ، OH وجود دارد. درحالی‌که گروه‌های فعال نایلون حدود ۱۰ درصد گروه‌های فعال در کلاژن هستند. این گروه‌های قطبی می‌توانند جذب و انتقال رطوبت را در مواد سازنده چرم مصنوعی بهبود دهند.

تحقیقاتی در مورد بهبود خواص انتقال رطوبت چرم مصنوعی انجام شده است. برای مثال هیدرولیز اسیدفرمیک، هیدرولیز تری‌اتانول آمین، پانکراتیک‌هیدرولیز و مواد کلاژنی برای اصلاح الیاف ظریف چرم مصنوعی استفاده شده‌اند.

نتایج نشان می‌دهد که اسید فرمیک ۲۷ درصد، تری اتانول آمین ۳۱ درصد، پانکراتیک هیدرولیز ۳۰ درصد و مواد پروتئینی ۷۰ درصد بهبود در خواص زیر دست چرم مصنوعی ایجاد می‌کند.

ساکمات و همکاران، چرم مصنوعی مبتنی بر لاستیک طبیعی پر شده با الیاف چرم طبیعی با استفاده از روش پرس حرارتی تهیه کردند.

وارد شدن الیاف چرم طبیعی به فرایند تولید لاستیک باعث اختلال در فرایند می‌شود و لازم است این الیاف قبل از اضافه شدن به لاستیک، اصلاح شوند.

محققان از سه عامل اصلاح کننده شامل ۱٪ محلول آبی سدیم هیدروکسید، اوره و سدیم بی‌کربنات برای اصلاح الیاف چرم استفاده کردند. نتایج نشان داد که خواص استحکامی و سایشی محصول تولیدی آنها به میزان قابل توجهی بهبود یافت.

وانگ و همکاران، برای بهبود خواص جذب و انتقال رطوبت چرم مصنوعی متشکل از الیاف ظریف از دو جزء الیاف نایلون و پلی‌اورتان، یک اصلاح سطح سه مرحله‌ای انجام دادند. این مراحل شامل شست و شو اولیه، هیدرولیز اولیه با اسیدسولفوریک و پیوندزدن کلاژن-تانن‌های کروم بر روی چرم مصنوعی بود.

نتایج نشان داد که این چرم دارای عملکرد عالی و خواص مکانیکی خاص است، اما نسبت به چرم طبیعی زیر دست گرمتری دارد، زیرا جذب و انتقال رطوبت آن ضعیف است. نرخ عبور بخار آب از چرم طبیعی ۷۰۰ گرم بر متر مربع در ۲۴ ساعت است

و برای چرم مصنوعی تنها حدود ۴۰۰ است. آنها غلظت

اسیدسولفوریک و تانن‌های کروم، نسبت حمام، دما و زمان واکنش برای نفوذ کلاژن و کراس‌لینک شدن تانن کروم با استفاده از آزمون‌های تک عاملی را بهینه کردند. کارایی آنها با اندازه‌گیری نرخ انتقال استاتیک بخار آب و نرخ رمق کشی مایعات تعیین شد. ن

نتایج نشان داد که غلظت اسید سولفوریک ۱۵ درصد و تانن کروم ۵ درصد، نسبت حمام ۱۵۰۰ درصد، دمای واکنش ۶۰ درجه سانتیگراد و زمان نفوذ کلاژن و کراس‌لینک تانن‌های کروم ۳ ساعت مناسب هستند.

در این شرایط نرخ انتقال رطوبت ۹۸۶ گرم بر متر مربع در ۲۴ ساعت بود و نرخ رمق کشی ۱/۳۲۳ میلی‌متر بر ثانیه بود که نسبت به چرم مصنوعی پیوندزده نشده به ترتیب ۹۰/۳۵ درصد و ۳۴۴ درصد بهبود را نشان می‌دهد.

حال حاضر، چرم مصنوعی بازار خوبی را به واسطه ثبات در کیفیت تولید و قیمت تمام شده پایین به دست آورده است و توسعه سریع این صنعت موجب رقابت شدید بازار برای بهبود عملکرد چرم مصنوعی شده است.

۳- نتیجه‌گیری

چرم طبیعی به دلیل دارا بودن خواصی مانند عایق بودن در برابر گرما و الکتریسیته، مقاومت در برابر عبور هوا و آب و انعطاف‌پذیری بالا، از زمان‌های قدیم کالای مهم به‌شمار می‌آمده است. اما صنعت چرم‌سازی، به دلیل مصرف زیاد آب و همچنین تولید پساب سمی، برای محیط زیست زیان‌آور است.

از طرفی دیگر، با توجه به محدود بودن منابع و هزینه‌های تولید بالا، صنعت چرم‌سازی پاسخگوی نیاز جوامع امروزی نیست. به همین دلیل، محققان در سال‌های اخیر به دنبال جایگزین‌های مناسبی برای چرم طبیعی بوده‌اند.

در اکثر این تحقیقات، با استفاده از ترکیب لایه منسوج با روکش پلیمری، سعی بر شبیه‌سازی محصولی با خواص چرم طبیعی شده است. اما با وجود پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای که در صنعت چرم مصنوعی به‌وجود آمده است، این محصولات نتوانسته‌اند که به طور کامل جایگزین چرم طبیعی شوند.

پی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان