

اصلاحات مواد نساجی با سیلان‌های کاربردی، نرم‌کننده‌های سیلیکونی مایع و لاستیک‌های سیلیکونی - مطالعه مروری

چکیده

بطور کلی اطلاعاتی در مورد انواع مختلف افزودنی‌های شیمیایی مورد استفاده در صنعت نساجی در این مطالعه شرح داده می‌شود. خواص و کاربردهای سیلان‌ها و پلی‌سیلوکسان‌ها (سیلیکون‌ها) با عملکرد ارگانیک برای اصلاحات شیمیایی و فیزیکی مواد نساجی، با تمرکز بر نرم‌کننده‌های سیلیکونی، سیلان و پوشش‌های فوق‌آبگریز مبتنی بر سیلیکون بر روی منسوجات متشکل از الاستومرهای سیلیکونی و لاستیک بررسی می‌شود. خواص مواد نساجی اصلاح شده با سیلان‌ها، سیلیکون‌ها و کاربردهای عملی و بالقوه آن‌ها، عمدتاً در صنعت نساجی، مورد بحث قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: الیاف، مواد نساجی، سلولز، پنبه، پلی‌استر، مواد شیمیایی کمکی، سیلان‌های کاربردی، پلی‌سیلوکسان‌ها (سیلیکون)، نرم‌کننده‌های سیلیکونی، روغن‌های سیلیکونی، الاستومرها و لاستیک‌های سیلیکونی، خواص فوق‌آبگریز.

خلاصه، نتیجه‌گیری و چشم اندازهای آینده

بسیاری از تغییرات ارزشمند خواص الیاف طبیعی و مصنوعی و مواد نساجی با سیلان‌های کاربردی، سیلوکسان‌ها و سیلیکون‌ها و همچنین کاربردهای عملی متعدد آن‌ها در صنعت نساجی و علم مواد در این بررسی شرح داده می‌شوند. در بین نرم‌کننده‌ها، سیلان‌های عملکردی واکنش‌پذیر و افزودنی‌های سیلیکون بدون شک نقش غالبی در بازار مواد شیمیایی کمکی برای صنعت نساجی دارند. با این حال، انتخاب نهایی نوع

آماده‌سازی نرم‌کننده همیشه هم به کیفیت فنی و زیبایی شناسی مورد انتظار محصول نساجی و هم به جنبه‌های اقتصادی بستگی دارد. بنابراین، فرمول‌های تجاری توصیه‌شده در حال حاضر از عوامل نرم‌کننده به‌طور مناسب برای یک هدف معمولاً محدود، مخلوطی از ترکیب شیمیایی پایه، مسئول به دست آوردن اثر نرم‌کننده و انواع مختلف افزودنی‌های حالت‌دهنده، به عنوان مثال؛ آماده‌سازی امولسیون‌های پایدار در فرآیند تکنولوژیکی یا برجسته کردن ویژگی‌های اضافی خاص پایانی بهینه‌سازی شده‌اند. استرهای اسیدهای چرب ارزان‌تر (موم‌ها و پارافین‌ها) اغلب به عنوان افزودنی به اسیدهای آمینه چرب استفاده می‌شوند که باعث افزایش اثر صافی یک محصول نساجی می‌شود. افزودن پارافین‌های حاوی 24 تا 32 اتم کربن در پیکره پلیمری نیز بسیار سودآور می‌باشد. مواد افزودنی با زنجیره کربن کوتاه‌تر دارای نقطه‌جوش بسیار پایینی هستند و آن‌هایی که زنجیره‌های بلندتر دارند امولسیون‌های پایداری از نوع روغن در آب را تحت شرایط فشار بالا تشکیل می‌دهند. استرهای اسیدهای چرب (موم‌ها)، به عنوان مثال؛ گلیسرین مونواستر استتاریک اسید و مشتقات پلی‌اتیلن عامل‌دار شده با گروه‌های هیدروکسیل، اپوکسی، کربوکسیل و آلدهید متعلق به چند مورد از رایج‌ترین افزودنی‌های مورد استفاده در فرمول‌های تجاری نرم‌کننده‌ها هستند. سیلیکون‌ها همچنین به عنوان افزودنی به انواع دیگر نرم‌کننده‌ها استفاده می‌شوند.

چندین تکنیک نانو تکنولوژیکی در فرآوری منسوجات و عملکرد آن‌ها به کار گرفته می‌شود. آن‌ها شامل تشکیل نانو پوشش‌ها، از جمله استفاده از پلازما برای تکمیل و حمایت از آنزیم‌ها بر روی منسوجات می‌باشند. اگرچه حداقل تأثیر بر استحکام، احساس، دسته یا قابلیت تنفس منسوجات مشاهده می‌شود، برخی از این فناوری‌ها در مقیاس آزمایشگاهی آزمایش و تأیید می‌شوند، در حالی که بیشتر آن‌ها هنوز در مراحل تحقیقاتی هستند و پیشرفت‌هایی در این زمینه‌های تکمیلی همچنان رو به گسترش است. بنابراین، انتظار می‌رود که به تدریج از آن‌ها برای تهیه لباس‌های هوشمند و تعاملی در آینده استفاده شود.

حوزه کاربرد افزودنی‌های سیلیکون در فرآوری منسوجات به ساختار مولکولی آن‌ها بستگی دارد.

1. برای روان کننده نخ دوخت پلی استری، از روغن های سیلیکونی ¹ permethyl PDMS بر پایه غیر آبی و PDMS های اصلاح شده با هیدروکسی، هر دو به صورت روغن یا امولسیون استفاده می شوند. روغن های سیلیکونی permethyl PDMS بر پایه غیر آبی و PDMS های اصلاح شده با هیدروکسی نیز به عنوان نرم کننده های بدون-زردشدگی استفاده می شوند. روغن های 100 % PDMS در دستگاه های کیس رول و امولسیون های PDMS در دستگاه های exhaust استفاده می شوند.

2. مواد افزودنی اولیه که برای تمیز کردن و سفید کردن مواد نساجی استفاده می شوند، مواد مرطوب کننده و شوینده ها هستند. به عنوان عوامل ضد کف در فرمولاسیون، از امولسیون سیلیکون یا PDMS های 100 % اتوکسیله و پروپوکسیله استفاده می شود.

3. برای تکمیل الیاف، به ویژه برای الیاف مصنوعی مانند پلی پروپیلن و پلی استر، که ذاتاً آبگریز هستند، از یک سورفکتانت سیلیکونی مبتنی بر پلی اتر به عنوان افزودنی مرطوب کننده استفاده می شود.

2. سیلیکون های جایگزین آمین و آمینوسیلیکون های مبتنی بر پلی اتر عمدتاً برای کاربردهای نرم کننده استفاده می شوند تا از خواص آبدوست اطمینان حاصل شود. بیش از 95 % منسوجات با سیلیکون ها به عنوان نرم کننده اصلاح می شوند تا بستری بسیار صاف، نرم، ابریشمی، الاستومری و انعطاف پذیر داشته باشند.

5. سیلیکون خاصیت ذاتی افزایش قدرت رنگ یک بستر رنگی، به ویژه رنگ پراکندگی به مشکی، قرمز و آبی سرمه ای را دارد.

بسته به نوع و غلظت امولسیفایر و ماهیت آمینوسیلیکون، از یک میکرو یا ماکرو امولسیون به عنوان نرم کننده ای بادوام و آبگریز با درجه نرمی بالا استفاده می شود. با این حال، به دلیل عملکرد استثنایی و ویژگی های سفارشی آنها و تأثیر کم شان بر محیط زیست، استفاده از سیلیکون ها در صنعت نساجی به طور پیوسته در حال افزایش است که می تواند آینده روشنی را پیش بینی نماید. همانطور که قبلاً پیش بینی شده

¹ polydimethylsiloxane

است، آن‌ها هنوز هم یکی از خلاقانه‌ترین کلاس‌های افزودنی تکمیل نساجی هستند. مزایای استفاده از مواد کمکی سیلیکونی و طیف وسیعی از مزایای آن‌ها برای اصلاح منسوجات و منسوجات نفاخته ناشی از غلظت کم آن‌ها است. بنابراین، آن‌ها قادر به جایگزینی مواد ارگانیک هستند. علاوه بر این، متیل سیلیکون‌ها بی‌اثر هستند و تأثیر منفی قابل توجهی بر محیط زیست ندارند. مزایای اصلاح منسوجات و منسوجات نفاخته با عوامل سیلیکونی بر اساس PDMS منجر به جایگزینی‌های متعدد مواد آلی شده و شامل عملکرد برتر و حداقل نگرانی برای محیط‌زیست می‌شود.

بر اساس تحلیل‌های بازار جهانی، آینده بازار نرم‌کننده‌های سیلیکونی بسیار خوش‌بینانه به نظر می‌رسد. به دلیل قابلیت مخلوط شدن آسان در طول چرخه آبکشی ماشین‌های لباسشویی، ترجیح داده می‌شود که این نوع نرم‌کننده‌های سیلیکونی مایع برای منسوجات باشد. انتظار می‌رود عوامل فوق باعث تقویت بازار جهانی نرم‌کننده‌های نساجی سیلیکونی در سال‌های آینده شود. اگرچه هزینه نرم‌کننده‌های نساجی سیلیکونی نسبتاً بالا است، اما روند فعلی استفاده از محصولات جدید و بهبود یافته برای عملکرد فنی بهتر و کیفیت زیبایی منسوجات، نشان می‌دهد که انتظار می‌رود تقاضای جهانی برای نرم‌کننده‌های نساجی سیلیکونی در آینده نزدیک افزایش یابد.

ترکیبات سیلیکونی جدید یا مخلوط‌های آن‌ها هنوز پتانسیل زیادی برای توسعه یا ایجاد خواص عملکردی به منسوجات دارند و انتظار می‌رود که کاربردهای جدید منسوجات سیلیکونی در حوزه پزشکی درمانی باشد.

پیشرفت‌های جدیدتر و هیجان‌انگیزی در صنعت نساجی معرفی شده‌اند تا به منسوجات عملکردهای بدیع و خلاقانه‌ای، به‌عنوان مثال؛ تمیز کردن آسان یا مقاوم در برابر لک، ضد شعله و خواص ضد میکروبی و ضد مه (دود) بدهند. علاوه بر این، منسوجات برای الکترونیک منسوجات رسانا مبتنی بر نانولوله‌های کربنی (CNT¹)، گرافن و سایر نانومواد، منسوجات برای عملکردهای حسگر، منسوجات برای باتری‌ها و ذخیره

¹ carbon nanotubes

انرژی)، کاتالیزورهای تثبیت شده روی منسوجات، منسوجات به عنوان بسترهای مهندسی بافت و منسوجات برای جداسازی روغن حاصل از آب، به لطف روش‌های نوآورانه تکمیل پارچه، به عنوان مثال؛ از طریق تکنیک‌های اصلاح سطح مناسب و استفاده از مفاهیم بیومیمتیک موجود در طبیعت، اهمیت بیشتری پیدا می‌نمایند.

توسعه آتی بازار نرم‌کننده‌های پارچه در صورت پذیرش توسط مصرف‌کنندگان، احتمالاً تحت تأثیر استفاده از مواد فوق‌کنسانتره خواهد بود. حوزه دوم به نقشی مربوط می‌شود که چند کارکردی نرم‌کننده‌های پارچه در آینده، با مواد جدید و مؤثرتر و پتانسیل بیشتر برای مزایای محسوس بیشتر برای مصرف‌کنندگان، ایفا خواهد نمود. آخرین روند، آماده‌سازی چند منظوره برای نرم کردن پارچه‌ها است. این محصولات جدید نه تنها لباس‌ها را نرم، بلکه اتو کردن را نیز آسان‌تر می‌سازند، چین‌خوردگی در خشک‌کن‌ها را کاهش می‌دهند و در برابر لکه‌ها محافظت می‌نمایند. در نهایت، تولیدکنندگان نیز ممکن است شکل‌های جدیدی از تحویل را برای تسهیل استفاده از نرم‌کننده‌ها پیدا نمایند.

در سرتاسر جهان، بیش از 900 ترکیب شیمیایی مختلف در تولید پوشاک استفاده می‌شود که خواص فیزیکی و شیمیایی و مکانیکی منسوجات را اصلاح می‌نماید. در اواخر دهه 1990، فروش سالانه نرم‌کننده‌های مایع پارچه در ایالات متحده تقریباً 700 میلیون دلار (در سوپرمارکت‌ها، داروخانه‌ها و فروشگاه‌های انبوه) بوده است. بازار لوازم جانبی نساجی جهان (از جمله تکمیل شیمیایی) در سال 2004 به 17 میلیارد دلار رسیده است که تقریباً دو برابر بازار جهانی رنگ می‌باشد. بر اساس آمار ناقص، در سال 2004، تولید جهانی لوازم جانبی نساجی از 3.1 میلیون تن، در مجموع نزدیک به 100 دسته، 15 هزار رقم و مصرف سالانه 2.70-2.80 میلیون تن فراتر رفته است. تولید جهانی مواد شیمیایی کمکی برای صنعت نساجی در سال 2017، 2.6 میلیون تن با ارزش تقریبی 7.8 میلیارد دلار برآورد شده است. ارزش بازار جهانی نرم‌کننده‌ها و نرم‌کننده‌های پارچه در سال 2018 به 17545 میلیون دلار رسیده است و انتظار می‌رود تا سال 2025 به 23529 میلیون دلار برسد و نرخ رشد سالانه تجمعی 4.3% (CAGR) از سال 2018 تا 2025 را ثبت نماید.

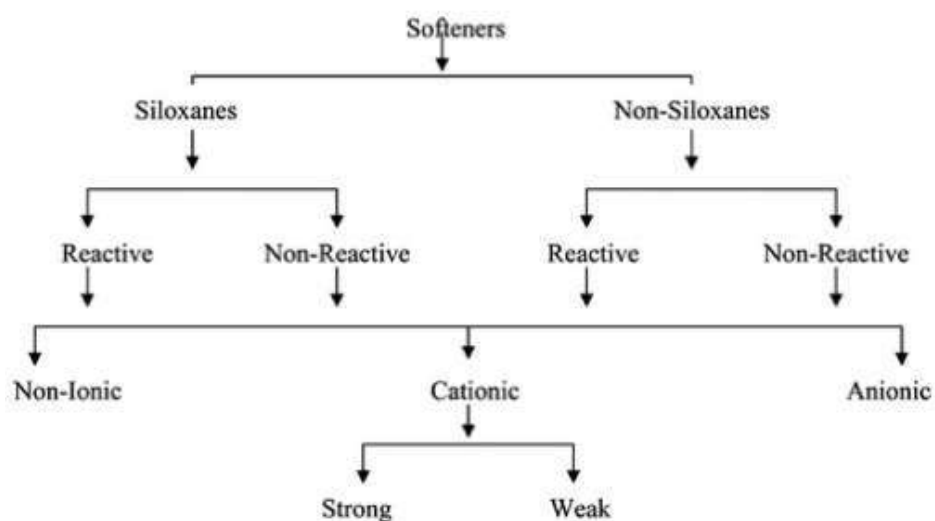
بر اساس تحلیل‌های دیگر در سال 2020، ارزش بازار جهانی نساجی کمکی 9.52 میلیارد دلار بوده است و انتظار می‌رود در دوره پیش‌بینی تا سال 2025 با CAGR %4.2 به 12.70 میلیارد دلار برسد.

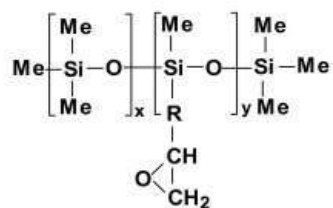
Reference

Chruściel, J. J. (2022). Modifications of Textile Materials with Functional Silanes, Liquid Silicone Softeners, and Silicone Rubbers—A Review. *Polymers*, 14(20), 4382.

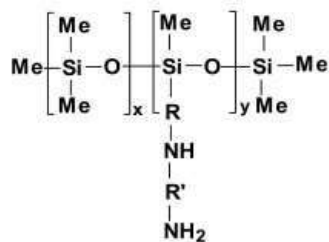
<https://doi.org/10.3390/polym14204382>

ترجمه و ویرایش: جواد برزوئی

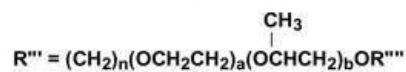
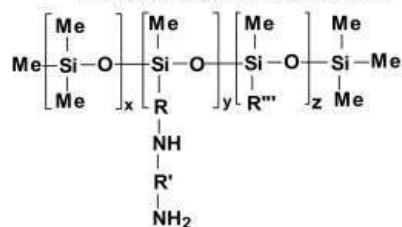
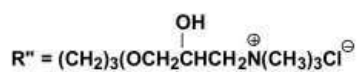
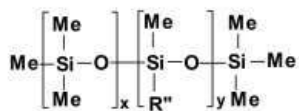




Epoxy functional silicone softener



Aminofunctional silicone softener



$$y + z = 1-20, \text{ and } x \approx 50-200$$

Cationic quaternary ammonium silicone softener

Hydrophilic silicone softener

(R, R', R'', R''', and R''''—organic connecting groups)