بررسی و مقایسه خواص آبگریزی پارچه پنبه‌ای عمل شده با مواد ضد آب متفاوت

الهام اخوه[1*]، شیده صالحی[1]، شیما شایسته‌فر[2]

چکیده

طی سالیان متمادی با شکل‌گیری صنعت نساجی و پیشرفت آن در زمینه‌های مختلف انواع روش‌های تکمیل به منظور بهبود خواص کالا پیشنهاد شده است. اعمال این تکمیل‌ها بر کالا آن را برای استفاده در بازار منسوجات مانند لباس، مصارف خانگی و منسوجات صنعتی مناسب می‌کند. یکی از این تکمیل‌ها، تکمیل دفع آب یا آبگریزی است که از قدیمی‌ترین انواع تکمیل است و همان طور که از نام آن مشخص است، هدف این تکمیل ایجاد شرایطی است تا به واسطه آن قطرات آب موجود بر سطح کالا به داخل آن نفوذ نکنند. در این مقاله هدف اصلی مقایسه و بررسی خواص آبگریزی دو نمونه کالای پنبه‌ای است که یکی با ماده ضدآب بر پایه فلئور کربن (امولسیون فلئور کربن) و دیگری با ماده‌ای بر پایه سیلیکون (Dynasilan۹۱۱۶) ضدآب شده است. بدین منظور ابتدا نمونه‌هایی با این دو ماده پد شده و در دمای مناسب تثبیت شده‌اند. بررسی خواص آبگریزی کالا با استفاده از آزمون اسپری تست و طبق استاندارد AATCC TM۲۲ (۲۰۰۵) انجام شده است. برای بررسی ثبات مواد ضدآب کننده در برابر شستشو طبق استاندارد ISO AATCC۶۱-۲۰۰۱ عمل شده. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ماده بر پایه فلوئور کربن خاصیت ضدآبی بیشتر و همچنین ثبات بیشتری در برابر شستشو از خود نشان داده است در حالی که ماده سیلیکونی زیردست و نرمی بهتری به کالا بخشیده‌است.

مقدمه

طی سالیان متمادی با شکل‌گیری صنعت نساجی و پیشرفت آن در زمینه‌های مختلف انواع روش‌های تکمیل به منظور بهبود خواص کالا پیشنهاد شده است. اعمال این تکمیل‌ها بر کالا آن را برای استفاده در بازار منسوجات مانند لباس، مصارف خانگی و منسوجات صنعتی مناسب می‌کند. یکی از این تکمیل‌ها، تکمیل دفع آب یا آبگریزی است که از قدیمی‌ترین انواع تکمیل است و همان طور که از نام آن مشخص است، هدف این تکمیل ایجاد شرایطی است تا به واسطه آن قطرات آب موجود بر سطح کالا به داخل آن نفوذ نکنند. کالا ضدآب شده بیشتر به عنوان پوشاک مقاوم در برابر نفوذ آب، پارچه‌های رومبلی و کفپوش‌های ضدآب، لکه و ضدروغن و در تهیه البسه نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سطوح آبگریز موجود در طبیعت:

در طبیعت سطوح آبگریز زیادی یافت می‌شوند، مانند برگ گیاهان [۱]، پای حشرات و بال‌های برخی از حشرات.. مفهوم سطوح آبگریز، در اصل، الهام گرفته از برگ‌های گل نیلوفر آبی در طبیعت است. به همین دلیل مقاومت بسیار بالا در برابر آب و ویژگی‌های خود پاک‌کنندگی، که برگ‌های گیاه نیلوفر آبی از خود نشان می‌دهد را تأثیر نیلوفری می‌نامند. ایجاد این خاصیت به علت ناهمواری‌های سطحی گیاه و مواد پوشاننده آن است که حالت پارافینی دارند. طبق معادله یانگ (فرمول ۱)، زمانی که کشش سطحی مایع از انرژی آزاد سطح جامد کمتر باشد، مایع فوراً جامد را خیس خواهد کرد.

فرمول ۱)

$$\cos\theta_{(e)} = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LV}}$$

کشش سطحی آب برابر است ۷۲/۸mN/m است. مواد شوینده با کاهش کشش سطحی آب باعث بهبود خواص شستشو می‌شوند.

برای مقاوم‌سازی کالا در برابر آب باید انرژی سطحی آن تا حدود ۲۴-۳۰mN/m پایین آورده شود.

تئوری خیس شدن سطوح صاف و ناهموار:

زمانی که یک قطره از مایع روی سطحی که از نظر شیمیایی خواصی ثابت و از نظر فیزیکی صاف و یکنواخت است می‌ریزد، خیس شدن سطح وابسته به ترکیب شیمیایی آن است.

زاویه تماس قطره با سطح براساس برهم‌کنش نیروهای جامد–گاز (γ_{SV})، جامد–مایع (γ_{SL}) و مایع– گاز (γ_{LV}) است و طبق معادله یانگ محاسبه می‌شود (فرمول ۱).

θ (زاویه تماس) را می‌توان به وسیله نقاله زاویه‌یاب اندازه‌گیری کرد.

براساس فرمول ۱، آبگریزی سطح با کاهش انرژی آزاد سطح میان جامد و گاز (γ_{SV})، افزایش می‌یابد. زمانی که θ کوچکتر از ۹۰° باشد، سطح به عنوان یک سطح آبدوست در نظر گرفته می‌شود و زمانی که θ بیشتر از ۹۰° باشد، سطح آبگریز است (شکل ۱).

تأثیر ناهمواری‌های سطح بر خیس شدن آن ابتدا توسط Wenzel در سال ۱۹۳۶ و سپس توسط Cassie& Baxter در سال ۱۹۴۴ مورد بحث و بررسی قرار گرفت [۲].

مرز ایجاد شده میان قطره مایع و سطح جسم طبق خواص ظاهری هریک، به یکی از شکل‌های زیر درمی‌آید.

Wenzel بیان نمود که مساحت مؤثر سطح، با افزایش ناصافی آن، افزایش می‌یابد. به این ترتیب آب بر یک سطح آبدوست ناهموار بیشتر توزیع

می‌شود و تماس مایع با جامد بیشتر می‌شود. در حالی که توزیع کمتر مایع روی یک سطح آبدوست ناهموار، تماس مایع با جامد را کم می‌کند. هر دو اینها از نظر ترمودینامیکی قابل قبول هستند. اگر سطح جامد ناهموار است و مایع در تماس نزدیکی با ناهمواری‌های جامد است، قطره مایع در وضعیت Wenzel قرار دارد.

زمانی که مایع بر بالای ناهمواری‌ها قرار می‌گیرد در وضعیت Cassie –Baxter است.

روش‌های کاهش سطح انرژی سطح:

روش‌های مختلفی وجود دارد که باعث کاهش سطح انرژی محصولات نساجی می‌شود. اولین روش اختلاط مکانیکی مواد ضدآب‌کننده درون و یا روی سطح الیاف پارچه، در منافذ الیاف و فضای بین الیاف و نخ‌هاست. نمونه‌های این مواد امولوسیون‌های پارافین است. روش دیگر ایجاد یک فیلم ضدآب روی سطح الیاف است که با موادی مثل سیلیکون و فلوئورکربن‌ها ایجاد می‌شود و در آخر استفاده از الیاف با ساختمان ویژه مانند فیلم‌های پلی‌تترا فلوئورین (Goretex)، فیلم‌های هیدروفوبیک پلی‌استر (Sympoto) و پوشش‌های متخلخل بسیار ریز در حد میکرو (پی‌اورتان‌های اصلاح شده‌ی هیدروفوب) [۳].

یک مشکل اجتناب‌ناپذیر مواد کاربردی جهت تکمیل ضدآب ثبات کم آنها است که ناشی از نیروی کم اتصالات ایجاد شده به وسیله پیوندهای عرضی است. برای تولید این ترکیبات جدید نوع خاصی از فلوئور کربن‌ها و ایزوسیانات‌هایی که تقویت‌کننده نامیده می‌شوند به کار برده شده‌اند. با استفاده از نوع خاصی از فلوئور کربن‌ها کالا طی شستشوی خانگی سریع‌تر تمیز شده و آلودگی‌ها به راحتی از سطح آن پاک می‌شوند.

روش تحقیق

در این تحقیق از کالای ۱۰۰٪ پنبه‌ای پرزسوزی شده آهارگیری شده و سفیدگری شده استفاده گردید. از ماده ضدآب‌کننده بر پایه فلوئور کربن با نام تجاری Water less۶۰۶۴، از محصولات شرکت شیمی پخش ایران و ماده ضدآب‌کننده بر پایه سیلیکون با نام تجاری DYNASYLAN۹۱۱۶ استفاده گردید. ابعاد نمونه‌ها جهت انجام تکمیل ضدآب ۱۸۰×۱۸۰ میلی‌متر تهیه گردید و سپس نمونه‌ها در رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای محیط به تعادل رسیدند. برای بررسی و مقایسه خواص آبگریزی منسوجات ابتدا کالا را با استفاده از روش پد با غلظت‌های مختلف ماده ضدآب‌کننده آغشته نموده در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد خشک کرده و در نهایت کالای تکمیل شده با فلوئوروکربن در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲ دقیقه و کالای تکمیل شده با ماده سیلیکونی در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱/۵ دقیقه تثبیت گردیدند.

مقایسه و درجه‌بندی نمونه‌ها:

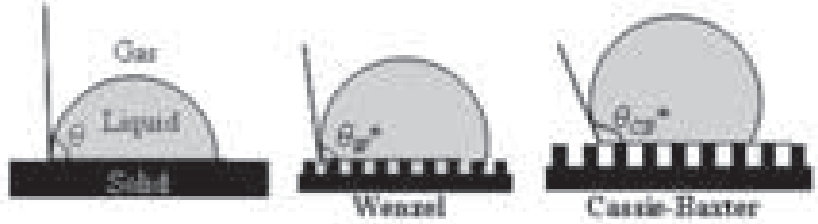
بررسی خواص آبگریزی کالا با استفاده از آزمون اسپری تست و طبق استاندارد (۲۰۰۵) AATCC TM۲۲ انجام شده است [۵]. برای بررسی ثبات مواد ضدآب‌کننده در برابر شستشو طبق استاندارد AATCC ISO۶۱-۲۰۰۱ عمل شده [۶].

نتایج و بحث

طبق استاندارد (۲۰۰۵) AATCC TM۲۲ [۵] و با مقایسه نمونه‌ها با الگوهای موجود در استاندارد خواص آبگریزی نمونه‌ها به شرح زیر می‌باشد. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد ماده ضدآب بر پایه فلوئورکربن با مقدار کمتر ۱۰۰٪ خاصیت ضدآبی به کالا بخشیده است. مواد سیلیکونی که باعث ایجاد خاصیت آبگریزی می‌شوند با کمک کاتالیزور با یکدیگر واکنش داده و پیوندهای سه‌بعدی هیدروژنی را در اطراف الیاف تشکیل می‌دهند. ادامه واکنش با افزایش دما در طول حرارت دادن کالا صورت می‌گیرد. این در حالی است که مواد با پایه فلوئور کربن شامل گروه‌های پرفلوئور می‌باشند که با روش فلوئوردار شدن الکتروشیمیایی پلیمریزه شده و با تشکیل یک لایه متراکم CF_3 باعث کاهش شدید سطح انرژی سطح گردیده و خواص آبگریزی همراه با خواص دفع روغن بر سطح کالا ایجاد می‌نمایند. مواد با پایه سیلیکونی به علت برخی ویژگی‌های خاص باعث ایجاد خواص نرم‌کنندگی و روان‌کنندگی بر سطح کالا می‌شوند. با ایجاد این خاصیت استحکام این دسته از مواد در برابر پارگی بیشتر می‌شود. همچنین به دلیل وجود گروه‌های آمین در مواد با پایه سیلیکونی، این مواد دارای خاصیت آنتی استاتیکی هستند.

مقایسه نتایج آزمون اسپری تست برای نمونه‌های ضدآب شده با امولسیون فلوئور کربن

شکل ۱) زاویه تماس یک مایع بر یک سطح صاف ایده‌آل. برای آب اگر $\theta < 90^{o}$ باشد، سطح آبدوست است (a). و اگر $\theta > 90^{o}$ باشد سطح آبگریز است (b)

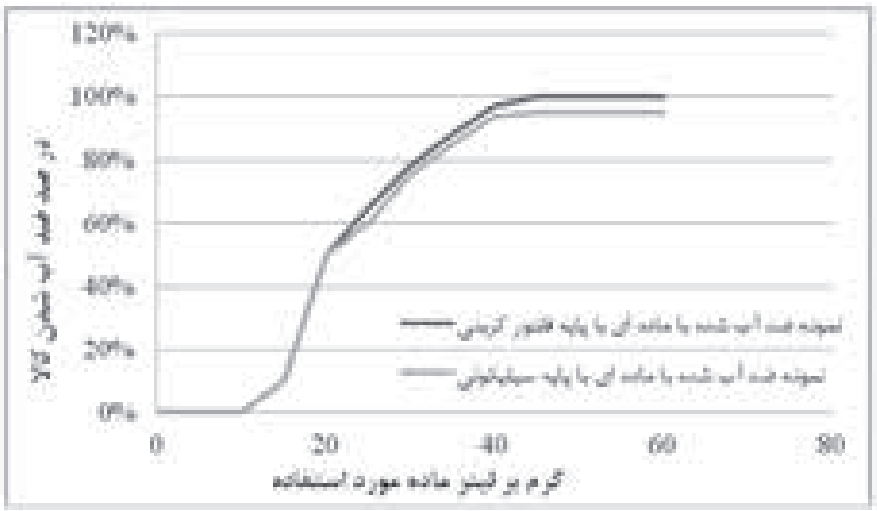


شکل ۲) مرز میان جسم و قطره آب در حالات مختلف

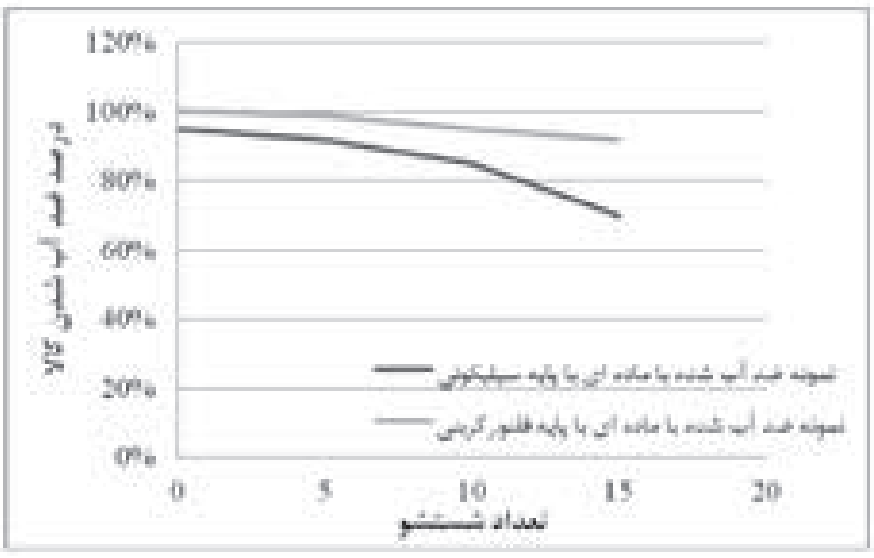
با نمونه‌های ضدآب شده با سیلیکون:
منحنی ۱) رابطه میان مقدار ماده مورد استفاده و درصد ضدآب شدن کالا را نشان می دهد.

تست ثبات تکمیل در برابر شستشو
برای بررسی ثبات تکمیل انجام شده بر کالا به منظور ضدآب کردن آن، آزمایشی شبیه به تست استاندارد ۶۱AATCC-۲۰۰۱ برای بررسی ثبات تکمیل در برابر شستشو طراحی شده است [۶].
منحنی ۲) رابطه میان شستشو و درصد ضدآب شدن کالا را نشان می دهد.
نمونه‌های عمل شده با سیلیکون نیز بعد از ۵ مرحله شستشو تا حدودی خواص آبگریزی خود را حفظ می‌کنند اما بعد از ۱۰ بار شستشو خواص آبگریزی کاهش یافته و نتایج حاصل از اسپری تست به قرار زیر هستند. مواد با پایه فلوئور کربن ثبات شستشویی بیشتری داشته و گاه تا ۸۰ بار شستشو بر سطح کالا باقی می‌مانند.
اما چنانچه خاصیت آبگریزی بر اثر شستشو یا خشک‌شویی کاهش یافت، با اعمال حرارت دوباره می‌توان این خاصیت را در کالا ایجاد کرد. ذرات سیلیکا برای چسبندگی هرچه بیشتر به لیف پنبه درون شیارهای لیف جای می‌گیرند و ثبات شستشویی خود را تا ۵ بار شستشو نیز حفظ می‌کنند [۴] اما ثبات مواد ضدآب‌کننده با پایه سیلیکون بر سطح کالا کمتر از مواد با پایه فلوئور کربن است.

نتیجه‌گیری
با توجه به مطالب بیان شده مشاهده می‌گردد که ماده بر پایه فلوئور و کربن خاصیت ضدآبی بیشتر و همچنین ثبات بیشتری در برابر شستشو از خود نشان داده است در حالی که ماده سیلیکونی زیردست و نرمی بهتری به کالا بخشیده است. در نتیجه در انتخاب ماده ضدآب نهایی باید کاربرد نهایی کالا مورد بررسی قرار داد و با توجه به آن ماده ضدآب مناسب انتخاب گردد.



منحنی ۱) رابطه میان مقدار ماده مورد استفاده و درصد ضدآب شدن کالا



منحنی ۲) رابطه میان شستشو و درصد ضدآب شدن کالا

پی نوشت ها:
۱. گروه مهندسی نساجی، مؤسسه آموزش عالی کار واحد قزوین
۲. دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
*Elham.ekhveh@gmail.com

مراجع:
[1] L.Feng & L.Zhang & Y.Somg & B.Liu & L.Jiang and D.Zhu, Super hydrophobic surfaces : from natural to artificial . Adv . Mater , 2002) 1860-14.1857).
[2] A.B.D. Cassie and S. Baxter, Wettability of porous surfaces, Trans.Faraday Soc, 1944) 551-40.546).
[3] W.D . Schindler & P.J. Hauser , Chemical Finishing Textile, Wood Head Publishing (2004).
[4] M.Yu & G.Gu & W.Dong Meng & F.Ling Qing, Superhydrophobic Cotton Fabric Coating Based On a Complex Layer Of Silica Nanoparticles and Prfluorooctylated Quaternary Ammonium Silane Coupling Agent, Applied Surface Science , 2007) 3673-2533669).
[5] Water Repellency: Spray test AATCC TM 2005) 22) .
[6] colourfastness to Laundering, Home & Commerdial: Accelerated. (AATCC2001- 61 (61.