شیمی نساجی

تهیه پارچه پنبه‌ای آب‌گریز با استفاده از روش سل ژل

مرضیه ذاکری‌زاده[1] | مجتبی اکبری دوگلسر[2] | اکبر خداپرست حقی[3]

چکیده

سطوح آب‌گریز در صنعت و علم به علت خواص خود تمیزشوندگی موردتوجه قرار دارند. به‌منظور تولید سطوح منسوج فوق آب‌گریز، در این پژوهش نانو ذرات سیلیکای آبگریز با روش غوطه‌وری سل ژل در دمای محیط (۲۰ درجه سانتیگراد) به‌وسیله یک پیش ماده غیر فلوئوردار روی سطح منسوج ایجاد شد. اثر کاتالیست‌های اسید و باز و غلظت‌های مختلف پیش ماده به‌عنوان پارامترهای مؤثر بر فرایند مورد بررسی قرار گرفت و زاویه تماس و خصوصیت مورفولوژی سطح برای نمونه‌های مختلف ارزیابی شد. بیشترین زوایه تماس که متناسب با اثر فوق آب‌گریزی بیشتر می‌باشد در غلظت بهینه ٤١ درصد (حجمی –حجمی) از پیش ماده متیل تری اتوکسی سیلان و کاتالیست آمونیوم هیدروکسید (pH=٩) برابر با ° ١ / ١٤٦ بود. تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی سطح عمل شده و مقایسه آن با نمونه خام نشان داد که نانو ذرات با ابعادی در محدوده ٣٦ – ٤٦ نانومتر بروی الیاف قرار گرفته که یکنواختی و مقدار این ذرات بر روی نمونه بهینه نسبت سایر نمونه‌ها بیشتر بود. همچنین زمان جذب قطره آب بر روی پارچه پنبه‌ای با غلظت بهینه نسبت به بقیه غلظت‌ها بیشتر است. این تحقیق نشان داد که این روش، می‌تواند روشی ساده، کم‌هزینه و دوستدار محیط زیست به منظور تولید منسوجات خود تمیز شونده باشد.

۱-مقدمه

مواد آبگریز با ایجاد ناهمواری‌های سطحی در مقیاس میکرومتر و نانومتر، اجازه پخش و یا جذب شدن آب به روی سطح را نمی‌دهد و باعث سرخوردن قطرات آب می‌شود . تولید سطوح ابرآب‌گریز به دو روش ایجاد زبری در یک ماده با انرژی سطحی پایین و اصلاح یک سطح زبر توسط یک ماده با انرژی سطحی پایین انجام می‌گیرد. در این میان می‌توان به روش‌های لیتوگرافی، سل‌ژل، پلاسما، رسوب‌گذاری از بخار شیمیایی، رسوب‌گذاری به روش الکتروشیمیایی و ... اشاره کرد. از میان روش‌های ذکرشده، روش سل‌ژل به علت قیمت پائین، کارآیی بالاتر، یکنواختی بهتر و تکمیل راحت‌تر سطوح پیچیده و بزرگ در شرایط محیطی آسان بیشتر مورد توجه می‌باشد . کاربرد مواد فوق آب‌گریز در زمینه‌هایی همچون تولید پوشش‌های ضد خوردگی، ضد یخزدگی، سطوح دافع آب و منسوجات خود تمیز شونده می‌باشد. در تحقیقات صورت گرفته روش‌های متعددی برای انجام فرآیند سل‌ژل بر روی سطوح ارائه شده‌است.

سنجی و همکاران فیلم‌های سیلیکای آبگریز حاوی پیش ماده وینیل تری اتوکسی سیلان را به‌منظور بالا بردن خواص دافع آب تهیه کردند. روسا تارینو و همکاران پوشش فوق آبگریز چندلایه را بر روی سطح شیشه با استفاده از فرآیند سل‌ژل ایجاد کردند. پوشش گزارش شده شامل یک چسب آلی دارای گروه هیدروکسید به عنوان زیر لایه مستقیم بر روی شیشه، اصلاح‌کننده سیلان دارای گروه‌های آزاد که می‌تواند در فرآیند سل‌ژل واکنش دهد، پیش ماده‌های غیرآلی و پر فلوئورو پلی اتر به‌عنوان بالاترین لایه داری انرژی سطحی بسیار پایین است. لایه زیرین حاوی رزین وینیل استر است که به طور مستقیم بر روی شیشه به‌کار رفته است. قطبیت بالای رزین، چسبندگی بهتر بین شیشه و لایه‌های غیرآلی ایجاد می‌کند. درنهایت یک پوشش فوق آب‌گریز، مقاوم در برابر خراش و با زاویه تماس بالا حاصل شد. ونگ و همکاران با مقایسه اثر دو عامل اصلاحی‌تری متیل کلروسیلان و هگزامتیل‌دی‌سیلازن بر سطوح آب‌گریز به این نتیجه رسیدند که تری‌متیل کلروسیلان سطوح فوق آبگریز با زاویه تماس بالاتر، مقاوم در برابر رطوبت و حرارت ایجاد کرد.

هدف تحقیق پیشرو ایجاد پوششی فوق آب‌گریز و دوستدار محیط‌زیست بر روی پارچه پنبه‌ای به روش سل‌ژل می‌باشد. با مطالعه صورت گرفته بر پیش ماده‌های مختلف، پیش ماده متیل تری اتوکسی سیلان به علت دارا بودن گروه متیل زیاد و امکان ایجاد خاصیت آب‌گریزی بهتر انتخاب شد. غلظت پیش ماده و نوع کاتالیست متغیرهایی بودند که برای رسیدن به نتیجه بهینه موردبررسی قرار گرفتند.

۲-تجربی

۲-۱-مواد و تجهیزات

تمامی مواد شیمیایی نظیر متیل تری اتوکسی سیلان (MTES)، هیدروکلریک اسید و آمونیوم هیدروکسید که شرکت مرک تهیه شدند به منظور اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب روی سطح منسوج تکمیل شده از دستگاه 10-Jikan CAG در دمای محیط(۲۵ درجه سانتیگراد) استفاده شده است . زاویه تماس قطرات با استفاده از نرم‌افزار -im ageJ اندازه‌گیری شد.نوع سیال به‌کاربرده شده،آب مقطر و حجم قطرات استفاده‌شده در این آزمایش ۸ میکرو لیتر بود. مورفولوژی سطح نمونه‌ها با استفاده از الکترونی پویشی گسیل میدانی (FESEM) مدل SEM-550-02 ساخت شرکت TESCAN کشور جمهوری چک در ولتاژ ۲۰ ولت بررسی شد. قطره آب به‌طور عمودی و با استفاده از قطره‌چکان در فاصله ۵ سانتیمتری سطح پارچه قرار گرفت و میانگین زمان جذب قطره آب بر روی پارچه اندازه‌گیری شد.

۲-۲-روش آزمایش

ابتدا ۱/۱ میلی‌لیتر اتانول با غلظت‌های (حجمی /حجمی) ۲۰ درصد، ۴۱ درصد و ۸۳ درصد با متیل تری اتوکسی سیلان مخلوط شدند. سپس مقدار ۰/۳ میلی‌لیتر از آمونیاک (هیدرو کلریک اسید) ۲ مولار قطره‌قطره به مخلوط اضافه و به مدت ۴۸ ساعت هم زده شد. سپس پارچه پنبه به ابعاد ۲/۵ × ۳ سانتیمتر بریده شد. نمونه‌ها با آب و درجنت آنیونیک و نانیونیک شستشو داده شد سپس در دمای محیط در محلول سل ژل آماده‌شده به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شد. در آخر نمونه‌ها در دمای محیط خشک شدند.

۳-بحث و نتایج

۳-۱-اندازه‌گیری زاویه تماس

کنترل میزان تر شوندگی سطوح جامد از لحاظ تئوری و علمی مسئله‌ای حائز اهمیت است. میزان ترشوندگی به توپوگرافی سطح و ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد که معمولاً با اندازه‌گیری زاویه تماس یک قطره آب بر روی سطح جامد مشخص می‌شود . زمانی که قطره مایعی بر روی یک سطح جامد قرار می‌گیرد، سه سطح تماس مایع– جامد، مایع– بخار و جامد – بخار به وجود می‌آید.

هر یک از این سه سطح، مقداری انرژی آزاد سطحی دارند و در جهتی به قطره نیرو وارد می‌کنند که بتوانند این انرژی را به حداقل برسانند . در حالت تعادل، قطره در حالتی

جدول ۱: زاویه تماس اندازه‌گیری شده غلظت‌های مختلف پیش ماده و کاتالیست های اسید و باز

هیدرو کلریک اسید			آمونیاک			
غلظت CC۲	غلظت CC۱	غلظت CC۰,۵	غلظت CC۲	غلظت CC۱	غلظت CC۰,۵	زاویه تماس متیل تری اتوکسی سیلان (°)
۱۳۴/۳	۱۴۰/۱	۱۳۹/۳	۱۴۰/۳	۱۴۶/۱	۱۴۳/۰	
۱ ساعت	۴ ساعت و ۵۰ دقیقه	۲ ساعت و ۳۰ دقیقه	۸ ساعت و ۲۰ دقیقه	۹ ساعت و ۴۰ دقیقه	۷ ساعت و ۴۰ دقیقه	زمان جذب قطره

قرار می‌گیرد که برآیند این نیروها صفر شود. در این حالت قطره با سطح تماس زاویه‌ای می‌سازد که به آن زاویه تماس ایستا ۱۰ می‌گویند.

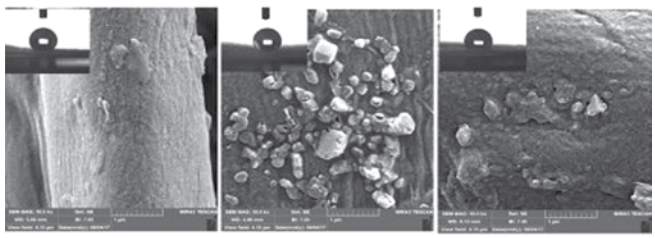
مقادیر غلظت پیش ماده متیل تری اتوکسی سیلان در بازه ۲۰ تا ۸۳ درصد (حجمی / حجمی) در نظر گرفته شد. به‌منظور مقایسه اثر کاتالیست‌ها از دو نوع کاتالیست مختلف (آمونیوم هیدروکسید و هیدرو کلریک اسید) استفاده شد. اندازه زاویه تماس سطوح عمل شده با درصدهای مختلف پیش ماده و کاتالیست‌های مختلف اسید و باز در جدول ۱ آمده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، بیشترین زاویه تماس، در غلظت ۴۱ درصد (حجمی/ حجمی) حاصل‌شده است. افزایش در میزان غلظت پیش ماده، باعث ازدیاد تعداد گروه‌های متیل متصل به سطح سیلیکا می‌شود و درنتیجه زاویه تماس را افزایش می‌دهد. این نتیجه مطابق با نتایج به‌دست آمده توسط سنجی است؛ به همین علت غلظت ۴۱ درصد (حجمی/ حجمی) دارای زاویه تماس بیشتری نسبت به غلظت ۲۰ درصد (حجمی/حجمی) است. در غلظت ۸۳ درصد (حجمی/حجمی)، به علت اشباع گروه‌های متیل (تشکیل چندلایه و عدم نظم مولکولی) بر روی سطح زاویه تماس کاهش می‌یابد. بررسی نوع کاتالیست اسید و باز نشان داد که کاتالیست آمونیوم هیدروکسید نسبت به هیدرو کلریک اسید دارای زاویه تماس بیشتری بوده است. در شرایط اسیدی ژل تشکیل نشد درحالیکه در حالت بازی، ساختار متراکم ژل در محلول تشکیل شد. می‌توان نتیجه گرفت عملکرد کاتالیست باز در این فرآیند در تشکیل ژل و اصلاح خواص سطحی بهتر بوده است. به بیان دیگر، در شرایط کاتالیست بازی، واکنش تراکم سریعتر از واکنش هیدرولیز رخ می‌دهد. از این رو تجمع ذرات بیشتر و ساختار بسیار متخلخل سیلیکا بر سطح ایجاد می‌شود.

۳-۲- آزمون جذب قطره

هرچه زمان جذب قطره بیشتر باشد، خاصیت آبگریزی سطح پارچه بیشتر است. همانطور که مشاهده میشود زمان جذب قطره در غلظت ۴۱ درصد (حجمی/حجمی) بیشتر است و سطح سیلیکای آبگریز بهتری ایجاد می‌شود. همچنین غلظت ۴۱ درصد (حجمی/حجمی) به همراه کاتالیست آمونیاک دارای بیشترین زمان جذب قطره است.

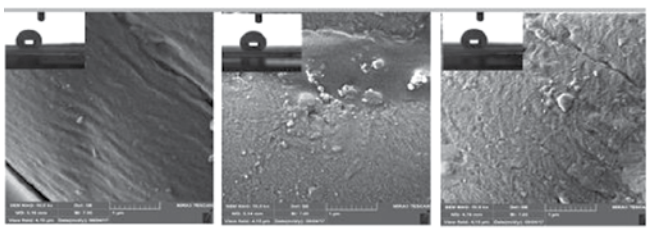
۳-۳- مورفولوژی سطح

اندازه نانو ذرات ایجادشده در سطح نمونه‌ها در بازه (۳۶ ۴۶) نانومتر اندازه‌گیری شد. در شکل ۱ و ۲ (الف، ب، ج) به ترتیب نانوذرات تشکیل شده در غلظت‌های (حجمی/ حجمی) ۲۰ درصد، ۴۱ درصد، ۸۳ درصد و سی‌سی(۰/۵، ۱، ۲) از پیش ماده، کاتالیزهای مختلف آمونیاک و هیدرو کلریک اسید نشان داده‌شده است. نانو ذرات در شکل ۱(الف) و (ج) و ۲ (خ) و (ذ) به صورت پراکنده و به مقدار کم بر روی سطح نمونه قرارگرفته است. ولی در شکل ۱ (ب) و ۲(د) نانو ذرات بیشتر و متراکم‌تری بر روی سطح تشکیل شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تراکم و یکنواختی نانو ذرات در شکل ۱ (ب) نسبت به ۲(ج) بیشتر است. بنابراین میتوان گفت نمونه بهینه (غلظت ۴۱ درصد حجمی/حجمی) دارای بیشترین میزان نانوذره در سطح الیاف و یکنواختی بهتر است.



(ج) (ب) (الف)

شکل ۱ : میکروسکوپ الکترونی روبشی پارچه پنبه‌ای غلظت‌های مختلف پیش ماده و کاتالیست آمونیاک (الف)غلظت ۲۰ درصد ،(ب)غلظت ۱۴ درصد،(ج)غلظت ۸۳ درصد



(ذ) (د) (خ)

شکل ۲ : تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پارچه پنبه‌ای غلظت‌های مختلف پیش ماده و کاتالیست هیدروکلریک اسید (الف) غلظت ۲۰ درصد ،(ب) غلظت۴۱ درصد،)ج) غلظت ۸۳ درصد

٤-نتیجه‌گیری

خاصیت آب‌گریزی به‌طور موفقیت‌آمیزی با استفاده از پیش ماده متیل تری اتوکسی سیلان بر روی پارچه پنبه‌ای ایجاد شد. پژوهش حاضر اثر کاتالیست‌ها و غلظت‌های مختلف پیش ماده در ایجاد اثر فوق آب‌گریزی بر روی نمونه پارچه پنبه‌ای را بررسی کرده است. بهترین خاصیت آبگریزی در غلظت ۴۱ درصد و در شرایط کاتالیست شده با آمونیاک (pH=۹) حاصل شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی گسیل میدانی نشان داد که غلظت بهینه تراکم ذرات و یکنواختی آن نسبت به بقیه غلظت‌ها و کاتالیست اسید بیشتر است. غلظت بهینه ۴۱ درصد در شرایط بازی دارای بیشترین زاویه تماس (۱۴۶/۱°) است و خاصیت آب‌گریزی بهتری را از خود نشان داد. همچنین زمان ماندگاری قطره آب بر روی پارچه در غلظت بهینه نسبت به بقیه غلظت‌ها بیشتر است.

منابع در دفتر مجله موجود است.

پی‌نوشت:

۱- گروه مهندسی نساجی دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۲- استادیار دانشکده فنی دانشگاه گیلان * Mojtaba.makbari@gmail.com

۳- استاد دانشکده فنی دانشگاه گیلان