Applied Research in Chemical - Polymer Engineering

Vol. 1, No. 1, Issue No. 1, Autom 2017, Quartery, Page: 31-38

Synthesis and properties of super hydrophobic silica aerogel/basalt fibers blanket by ambient drying method

Zahra Talebi*[1], Negar Habibi[1], Ali Zadhoush[1]

1- Department of Textile Engineering, Isfahan University of Technology, Isfahan

Archive of SID

Abstract

Recently, flexible and environmental-friendly aerogel blankets have attracted considerable attention. In this work, the novel silica aerogel/basalt blanket was prepared using basalt fibers via a two-step sol-gel process followed by an ambient drying method and immersing the basalt fiber layer into silica sol. The silica aerogel particles were characterized by FTIR, FE-SEM and nitrogen adsorption analysis. The morphology, hydrophobic properties and surface roughness of neat basalt fiber and its aerogel blanket were also investigated. The density if 0.34 g/cm^3, the porosity of 85%, mean pore size of 7±1.5 nm and the surface area of 750 m^2/g for the nanostructured silica aerogel particles are obtained. The formation of nanostructured silica aerogel particles on the surface of basalt fibers in the sol-gel process were efficiently occurred leading to a strong hydrophobicity the blanket samples (contact angle of 114°) compared to the hydrophilic neat basalt fibers. The surface roughness of basalt fiber in the blanket samples was increased due to the fiber surface coating with silica aerogel particles. Increasing the sol volume in the synthesis process increased the basalt surface roughness from 3.6μ to 11μ.

Keywords

Basalt fiber
Silica aerogel
Aerogel blanket
Hydrophobicity
Surface roughness

*To whom correspondence should be addressed:
z.talebi@cc.iut.ac.ir

www.SID.ir

پژوهش‌های کاربردی
مهندسی شیمی- پلیمر

فصلنامه علمی - پژوهشی
سال اول، شماره۱، شماره پیاپی۱،
پاییز ۱۳۹۶، صفحه ۳۸-۳۱

تهیه و شناسایی سازه لیفی فوق آب گریز سیلیکاایروژل/بازالت خشک‌شده در فشار محیط

زهرا طالبی*[۱]، نگار حبیبی[۱]، علی زادهوش[۱]

۱- اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی

چکیده

در سال‌های اخیر، تهیه سازه‌های لیفی ایروژلی منعطف، مستحکم و دوست‌دار محیط‌زیست، مورد توجه محققان قرار گرفته است. در تحقیق حاضر، سازه لیفی جدید سیلیکاایروژل/الیاف بازالت برای اولین بار با استفاده از الیاف بازالت و نانوساختار سیلیکاایروژل بر اساس فرآیند سل-ژل دومرحله‌ای و روش خشک‌کردن در فشار محیط و با غوطه‌ورسازی لایه‌ی الیاف بازالت در سل سیلیکا تهیه شد. ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل با استفاده از آزمون‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی میدان وسیع (FE-SEM) و جذب و واجذب نیتروژن، شناسایی و گروه‌های شیمیایی، خواص آب‌گریزی و زبری سطح الیاف بازالت و سازه با استفاده از آزمون‌های مختلف شامل آزمون طیف سنجی مادون قرمز (FTIR)، زاویه تماس و زبری سطح بررسی شد. نتایج نشان دادکه ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل حاصل، چگالی ۰/۳۴ g/cm^3، تخلخل ۸۵% و سطح مخصوص ۷۵۰ m^2/g دارند. اندازه حفرات در محدوده ۲-۲۲ نانومتر بوده و میانگین آن‌ها ۱/۵±۷ نانومتر است. بررسی ریخت‌شناسی الیاف و سازه حاصل نشان داد که تشکیل ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل و پوشش آن‌ها بر سطح الیاف بازالت در اثر فرایند سنتز سل-ژل به‌طور موثری صورت گرفته و منجر به ایجاد خواص آب‌گریزی شدید در الیاف بازالت آب‌دوست شده است. به‌طوری‌که زاویه تماس الیاف بازالت با آب از ۰ درجه به ۱۱۴ درجه در سازه حاصل افزایش پیدا کرد. همچنین زبری سطح الیاف بازالت در اثر پوشش‌دهی با سیلیکاایروژل، به میزان قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته و افزایش حجم سل در تهیه سازه حاصل منجر به پوشش‌دهی بیشتر سطح الیاف بازالت با ذرات سیلیکاایروژل شده و بنابراین افزایش زبری سطح الیاف از ۳/۶ به ۱۱ میکرومتر را درپی داشت.

واژه‌های کلیدی

الیاف بازالت
سیلیکاایروژل
سازه لیفی ایروژلی
آب‌گریزی
زبری سطح

* مسئول مکاتبات:
z.talebi@cc.iut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

نانوساختار سیلیکاایروژل جزء سبک‌ترین جامداتی است که تا به حال شناخته شده‌اند؛ به‌طوری‌که چگالی آن در محدوده ۰/۰۰۳-۰/۵ g/cm³ تغییر می‌کند. ساختار شبکه‌ای سه‌بعدی با حفرات نانومتری (کمتر از ۴۰ نانومتر) و میزان تخلخل بالای ایروژل (بیش از ۸۰%)، ویژگی‌های منحصر به فردی شامل سطح مخصوص بسیار بزرگ (۵۰۰-۱۲۰۰ m²/g) و هدایت حرارتی بسیار کم (۰/۰۰۵-۰/۱ W/m.K) به این نانوساختار بخشیده است؛ به‌طوری‌که در سال‌های اخیر برای کاربردهای مختلف به ویژه عایق حرارتی، عایق صوتی، کاتالیزور، حس‌گر و تهیه لباس‌های ضدحریق در صنایع نظامی، ساختمان و هواوفضا مورد استفاده قرارگرفته است [۱و۲]. این مواد عموماً به روش سل-ژل تهیه می‌شوند و در نهایت به منظور ممانعت از تخریب و فروپاشی ساختار متخلخل در اثر تنش‌های مویینگی، با روش فوق‌بحرانی خشک می‌شوند. خشک‌کردن ایروژل در شرایط فوق-بحرانی به دلیل هزینه بالای تولید و نیاز به اتوکلاو در فشار و دمای بالا، روشی گران‌قیمت و خطرناک است که توسعه تجاری ایروژل را محدود می‌کند. روش دیگر تهیه ایروژل که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است، خشک‌کردن ایروژل در شرایط فشار محیط است که شامل یک مرحله اصلاح سطح حفرات بوده که طی آن گروه‌های آب‌گریز متیل بر سطح ساختار حفرات ایروژل ایجاد شده و از انجام واکنش تراکم در طول مرحله خشک‌کردن جلوگیری می‌کند [۳-۵].

علاوه بر مشکلات خشک‌کردن ایروژل‌ها، شکنندگی ذاتی و خواص مکانیکی ضعیف ناشی از ساختار متخلخل این مواد، تجاری‌سازی آن‌ها را دشوار و کاربرد آن‌ها را محدود ساخته است. در سال‌های اخیر سازه لیفی ایروژلی که شامل سازه لیفی پرشده با ذرات ایروژل است توجه زیادی را به خود جلب کرده است. قرارگیری ایروژل در بستر لیفی، منجر به حفاظت ایروژل شکننده و افزایش خواص مکانیکی آن می‌شود. خواص بی‌نظیر این سازه‌ها مانند وزن کم، فوق آب‌گریزی و هدایت حرارتی بسیار کم باعث شده در زمینه‌های مختلف نظیر صنایع گاز، هوافضا، ساختمان و صنایع نظامی مورد استفاده قرار گیرند [۶]. نتایج حاصل از بررسی محققان بر روی سازه لیفی ایروژل/الیاف شیشه که به روش خشک‌کردن در فشار محیط تهیه شده بیان‌گر خواص آب‌گریزی قوی این سازه است [۷]. در تحقیق دیگری در سال ۲۰۰۹ سازه منعطف ایروژلی به دو روش مختلف تهیه شد. روش اول شامل غوطه‌ورسازی لایه بی‌بافت پلی‌استر در محیط واکنش و تشکیل مستقیم ژل بر روی الیاف بوده و در روش دوم، لایه الیاف در محیط واکنش حضور نداشته و بعد از تشکیل ژل، در تعلیق سیلیکاهیدروژل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پوشش الیاف به‌وسیله ذرات سیلیکاایروژل در روش اول، به‌طور موثرتری صورت گرفته و خواص عایق حرارتی و جذب صوت لایه بی‌بافت را افزایش داده است [۸]. در تحقیق انجام شده در سال ۲۰۱۲، سازه ایروژلی تقویت‌شده با چند لایه از الیاف شیشه را با استفاده از غوطه‌ورسازی الیاف در سل سیلیکا و روش خشک‌کردن در شرایط محیط تهیه کردند. نتایج ارزیابی آن‌ها بیان‌گر اهمیت نحوه چیدمان لایه‌های لیفی در تهیه این کامپوزیت و تأثیر آن بر ساختار و خواص کامپوزیت است [۶]. طالبی و همکاران درسال ۲۰۱۴ با قراردادن ذرات سیلیکاایروژل بر روی الیاف بی‌بافت پلی‌استر به روش سل-ژل دومرحله‌ای وخشک‌کردن در شرایط محیط، موفق به تولید سازه ایروژلی با خواص آب‌گریزی زیاد و عایق حرارتی خوب شدند [۹].

الیاف بازالت مانند الیاف شیشه و کربن جزء الیاف با کارایی بالا و از نظر ترکیب شیمیایی و روش تولید بسیار شبیه الیاف شیشه نوع E بوده و عمدتاً از سیلیکا تشکیل شده‌اند [۱۰]. از ویژگی‌های مهم بازالت، سازگاری آن با محیط زیست است. همچنین الیاف بازالت از استحکام کششی و مدول بالاتر نسبت به الیاف شیشه نوع E، مقاومت شیمیایی بالاتر نسبت به الیاف شیشه و مقاومت در مقابل خوردگی بالا برخوردارند [۱۰].

خواص مقاومت در مقابل ضربه از دیگر خواص مهم الیاف بازالت بوده به‌طوری‌که کامپوزیت تقویت شده با الیاف کربن بسیار ضعیف‌تر از کامپوزیت مشابه

Archive of SID
www.SID.ir

تقویت‌شده با الیاف بازالت است. همچنین خاصیت عایق حرارتی الیاف بازالت ۳ برابر بیشتر از پنبه نسوز (آزبست) بوده و می‌تواند به عنوان محافظ حرارتی در مقابل حریق مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به ویژگی‌های بی‌نظیر بازالت، این الیاف می‌توانند به طور وسیعی در صنایع مختلف نظیر هوافضا، اتومبیل و کشتی‌سازی و برای کاربردهای متنوع مورد استفاده قرار گیرند [۱۰و۱۱].

در تهیه سازه‌های لیفی ایروژلی تاکنون از الیاف مختلف نظیر الیاف شیشه و الیاف پلیمری استفاده شده است. از آنجا که صنایع مختلف در پی استفاده از الیاف بازالت به عنوان جایگزین مناسب برای شیشه در ساخت محصولاتی با هزینه کمتر و دوست‌دار محیط‌زیست هستند، در این تحقیق تهیه سازه لیفی سیلیکاایروژل/بازالت با استفاده از الیاف بازالت و نانوساختار سیلیکاایروژل مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین از آنجا که زبری سطح الیاف و خواص سطحی آن‌ها، دو عامل مهم موثر بر میزان چسبندگی بین الیاف و رزین زمینه در کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف و خواص مکانیکی این نوع کامپوزیت به شمار می‌روند؛ در تحقیق، حاضر تغییرات زبری و خواص سطحی الیاف بازالت در اثر پوشش‌دهی با ذرات سیلیکاایروژل در سازه نیز ارزیابی خواهد شد.

تجربی

الیاف بازالت مورد استفاده از نوع تک‌جهته، ۲۰۰ g/m^2 و ضخامت ۰/۳۵ mm خریداری شد و مواد شیمیایی شامل تترااتوکسیلان (TEOS) و تری‌متیل‌کلروسیلان (TMCS) از شرکت مرک و حلال‌های مورد استفاده شامل اتانول از شرکت مرک و n-hexane از شرکت دکتر مجللی تهیه شد. برای تهیه سازه مورد نظر، از روش ارائه شده در تحقیق قبلی برای تهیه‌ی سیلیکاایرژول و سازه لیفی آن با الیاف پلی‌استر در شرایط فشار محیط استفاده شده است [۹و ۱۲]. الیاف بازالت در فرایند سل-ژل بعد از مرحله آب‌کافت و تهیه سل سیلیکا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰ °C در داخل محلول سل قرار گرفتند. سایر مراحل تهیه سازه شامل تشکیل ژل، تبادل حلال، اصلاح شیمیایی سطح ژل با محلول TMCS ۵% در ان‌هگزان و شست‌وشو نیز مطابق روش ارائه شده در تحقیقات قبلی صورت گرفت؛ با این تفاوت که خشک‌کردن نمونه‌ها در ۴ مرحله شامل ۱۲ ساعت در دمای محیط، ۷ ساعت در ۶۰°C، ۷ ساعت در ۸۰°C و در پایان ۲ ساعت در ۱۲۰°C انجام شد [۹ و ۱۲]. در تحقیق حاضر، نمونه‌های سازه لیفی سیلیکا ایروژل/بازالت با حجم سل و مقدار ایروژل متفاوت تهیه شد که کد نمونه‌ها و مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

آزمون FTIR برای ارزیابی گروه‌های شیمیایی موجود در نمونه‌های مختلف با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز مدل MB-100 ساخت کشور کانادا در محدوده‌ی عدد موجی ۴۰۰۰ nm-۴۰۰ انجام شد. ریخت شناسی ذرات سیلیکاایروژل تهیه شده به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی میدان وسیع FE-SEM (Hitachi S 4160) مدل ساخت کشور ژاپن بررسی شد. سطح مخصوص، متوسط اندازه حفرات و توزیع اندازه حفرات ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل به‌وسیله آزمون جذب و واجذب نیتروژن و با روش BET و BJH با دستگاه Belsorp mini2 ساخت کشور ژاپن انجام شد. چگالی ذرات ایروژل بر اساس استاندارد ASTM D1895B و با محاسبه نسبت وزن به حجم نمونه تعیین شد. همچنین میزان تخلخل نمونه‌ها با استفاده از روابط (۱) محاسبه گردید.

$$\rho_b = \rho_s(1-P) \qquad (۱)$$

جدول ۱- کدبندی و شرایط تهیه نمونه‌های سازه لیفی سیلیکاایروژل/بازالت.

کد نمونه	B	B/A1	B/A2	B/A3
نسبت حجم سل به حجم لایه لیفی بازالت	۰	۱/۸	۳/۶	۷/۲

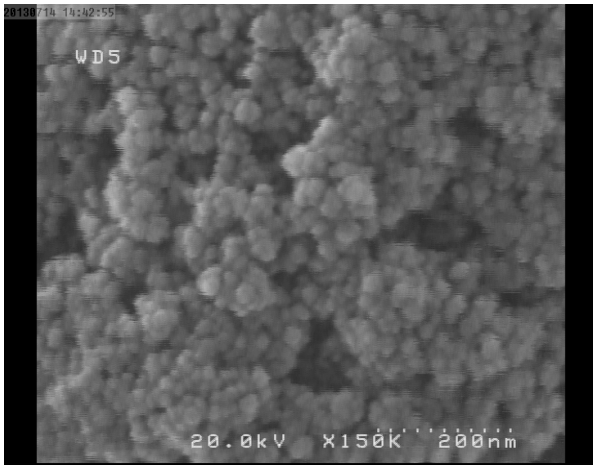
Archive of SID
www.SID.ir

که P میزان تخلخل، ρ_b چگالی توده (پودر ایروژل)، ρ_s چگالی تئوری بخش جامد که برای سیلیکای آمورف برابر $2/2\ g/cm^3$ است. ریخت‌شناسی الیاف بازالت و نمونه‌های سازه تهیه‌شده از آن با سیلیکاایروژل به‌وسیله‌ی میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل EM-3200 بررسی شد. خواص آب‌گریزی نمونه‌ها به‌وسیله‌ی آزمون دافعیت آب (3M water repllency test) و اندازه‌گیری زاویه تماس با آب ارزیابی شد و از نرم‌افزار Digimizer هم به‌منظور تعیین زاویه تماس بین قطره و سطح الیاف استفاده شد. زبری سطح بازالت و سازه‌های آن به‌کمک دستگاه زبری‌سنج Mitutoyo مدل Sj-210 ساخت کشور ژاپن و طبق استاندارد ISO1997 تعیین شد که سرعت حرکت سوزن روی نمونه $0/5\ s/mm$ و طول حرکت سوزن روی نمونه 10 mm بوده و آزمایش برای هر نمونه ۳ مرتبه تکرار شد.

نتایج و بحث

در این بخش ابتدا نتایج مربوط به آزمون‌های مختلف مورد استفاده برای شناسایی ذرات سیلیکاایروژل موجود در سازه ارائه شده و سپس به شناسایی و بررسی خواص سازه لیفی سیلیکاایروژل/بازالت پرداخته خواهد شد. شکل ۱، تصویر FE-SEM ذرات سیلیکاایروژل را نشان می‌دهد که بیان‌گر ساختار شبکه‌ای متخلخل آن با اندازه حفرات و اندازه ذرات نانومتری است.

میزان تخلخل، چگالی ذرات سیلیکاایروژل و نیز اندازه حفرات و سطح مخصوص آن که بر اساس نتایج حاصل از آزمون جذب-واجذب نیتروژن محاسبه شده در جدول ۲ گزارش شده است. نتایج نشان می‌دهد که ذرات



شکل ۱- تصویر FE-SEM ذرات سیلیکاایروژل با بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰۰۰.

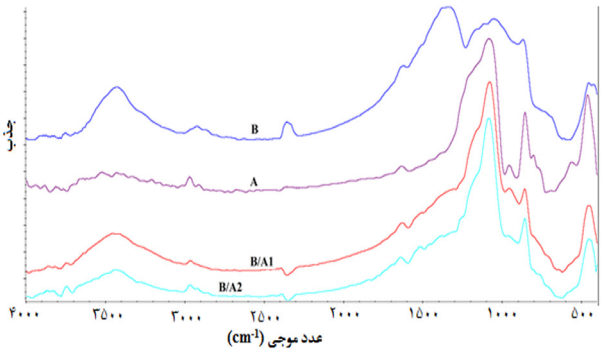
نانوساختار سیلیکاایروژل حاصل، چگالی $0/34\ g/cm^3$، تخلخل 85% و سطح مخصوص $750\ m^2/g$ دارند. اندازه حفرات در محدوده ۲-۲۲ نانومتر بوده و میانگین آن‌ها $7\pm1/5$ نانومتر است.

طیف FTIR الیاف بازالت، سیلیکاایروژل و سازه تهیه‌شده از آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است. ارتعاشات کششی OH در محدوده‌ی $3420-3435\ cm^{-1}$ قابل مشاهده است. ارتعاشات نامتقارن پیوند Si-O-Si سیلیکاایروژل به شکل پیکی قوی در $1085\ cm^{-1}$، ارتعاشات کششی متقارن پیوند Si-O-Si در $803\ cm^{-1}$ و ارتعاشات کششی مربوط به Si-O-Si الیاف بازالت در $1034\ cm^{-1}$ مشاهده می‌شود. ارتعاشات کششی Si-OH ذرات سیلیکاایروژل در محدوده $951\ cm^{-1}$ قابل مشاهده است. پیک‌های جذبی در محدوده‌ی $1262\ cm^{-1}$ و $854\ cm^{-1}$ مربوط به

جدول ۲- خواص فیزیکی ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل.

سطح مخصوص (m^2/g)	حجم کل حفرات (cm^3/g)	متوسط اندازه حفرات (nm)	تخلخل (٪)	متوسط قطر ذرات (nm)	چگالی (g/cm^3)
۷۵۰	۱/۴۴	۷	۸۵	۳	۰/۳۴

Archive of SID
www.SID.ir



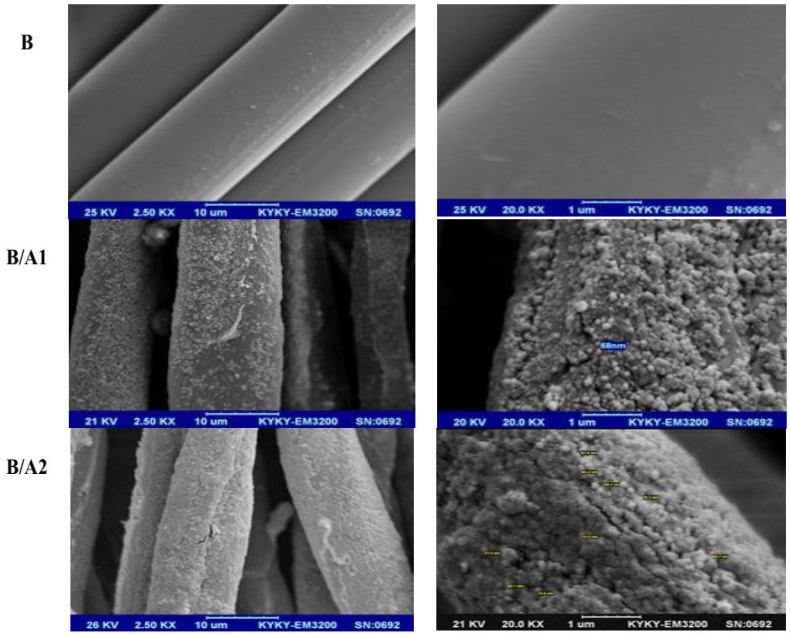
شکل ۲ – طیف FTIR ذرات سیلیکاایروژل (A)، الیاف بازالت (B) و نمونه‌های حاوی ایروژل B/A1 و B/A2.

پیوندهای Si-C و پیک محدوده $2959\ cm^{-1}$ ناشی از ارتعاشات پیوند C-H متیل انتهایی سیلیکاایروژل است. همچنین پیک جذبی $872\ cm^{-1}$ بیانگر ارتعاشات CaO_2 موجود در الیاف بازالت است [۹ و ۱۳].

شکل ۳، تصاویر SEM الیاف بازالت و سازه‌های لیفی حاوی ایروژل حاصل را با ۲ بزرگ‌نمایی مختلف نشان می‌دهد و حاکی از پوشش بسیارخوب سطح الیاف بازالت توسط ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل است.

با افزایش حجم سل، مقدار ایروژل موجود در سازه افزایش می‌یابد و پوشش سطح الیاف بازالت به وسیله ذرات سیلیکاایروژل بهبود یافته و نیز توزیع ذرات ایروژل روی سطح الیاف بازالت یکنواخت می‌شود.

نتایج حاصل از دو آزمون زاویه تماس و 3M برای ارزیابی آب‌گریزی الیاف بازالت و نمونه‌های سازه لیفی ایروژلی تهیه شده در جدول ۳ ارائه شده است. پوشش سطح الیاف بازالت آب‌دوست با ذرات سیلیکاایروژل منجر به آب‌گریزی شدید آن می‌شود، به‌طوری‌که زاویه تماس الیاف بازالت آب‌دوست از صفر به ۱۱۴ درجه در نمونه‌سازه B/A1 افزایش می‌یابد. هم‌چنین با افزایش حجم سل و مقدار ایروژل بر سطح الیاف، در میزان آب‌گریزی سازه حاصل، تغییر زیادی مشاهده نمی‌شود. این تغییرات شدید در خواص سطحی الیاف بازالت در نمونه‌های حاوی ایروژل را می‌توان به گروه‌های آب‌گریز متیل موجود در سطح نانوساختار سیلیکاایروژل که در مرحله اصلاح سطح جایگزین گروه‌های OH موجود در سطح سیلیکا شده‌اند، نسبت داد. همچنین این نتایج بر اصلاح موفقیت‌آمیز سطح ایروژل با TMCS در



شکل ۳ – تصاویر SEM الیاف بازالت و نمونه‌های سازه سیلیکا ایروژل/بازالت با بزرگنمایی ۲/۵ KX (سمت چپ) و ۲۰/۰ KX (سمت راست).

www.SID.ir
Archive of SID

جدول۳- خواص آب‌گریزی لایه الیاف بازالت و نمونه‌های سازه سیلیکاایروژل/بازالت.

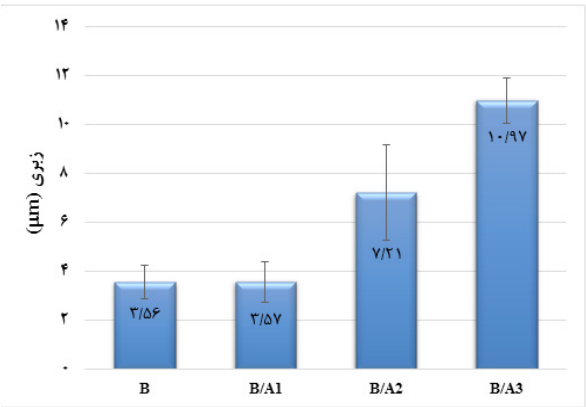
آزمون	B	B/A1	B/A2	B/A3
3M	W	۵	۵	۴
زاویه‌ی تماس با آب (درجه)	۰	۱۱۴	۱۱۱	۱۰۶

مرحله اصلاح سطح دلالت دارد.

نمودار ۴ نشان می‌دهد که زبری سطح الیاف بازالت با حضور ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل به طور قابل‌ملاحظه افزایش یافته است. با افزایش حجم سل و مقدار ذرات ایروژل بر سطح الیاف، زبری نیز افزایش یافته به طوری که مقدار زبری سطح الیاف بازالت در نمونه سازه B/A3 با بیشترین مقدار حجم سل، ۳ برابر نسبت به الیاف بازالت اولیه افزایش نشان می‌دهد. با قرار گرفتن ایروژل روی سطح، میزان پستی و بلندی سطح افزایش یافته و به دنبال آن زبری سطح نیز افزایش می‌یابد. این افزایش زبری در تهیه کامپوزیت‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار است. زیرا افزایش زبری سطح الیاف منجر به افزایش چسبندگی بین الیاف و رزین زمینه در کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف بازالت می‌شود. همچنین، عامل مهم دیگر تأثیرگذار بر فصل مشترک الیاف و رزین، خواص سطحی الیاف و رزین است. با تغییر خواص سطحی الیاف بازالت با ویژگی آب‌دوستی و جذب رطوبت بالا به الیاف پوشش‌دهی شده با سیلیکاایروژل با خواص آب‌گریزی بسیار شدید، میزان چسبندگی و اتصال بین الیاف و رزین زمینه در کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف بازالت نیز تغییر خواهد کرد که در مورد رزین‌های آبگریز می‌تواند باعث بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت حاصل شود.

نتیجه‌گیری

سازه لیفی جدید سیلیکاایروژل/بازالت با استفاده از الیاف بازالت و نانوساختار سیلیکاایروژل به روش سل-ژل دومرحله‌ای و خشک‌کردن در شرایط فشار محیط تهیه شد. ذرات سیلیکاایروژل حاصل، چگالی ۰/۳۴ g/cm^3، تخلخل ۸۵%، متوسط اندازه حفرات ۷ نانومتر و سطح مخصوص ۷۵۰ m^2/g برخوردارند. نتایج نشان داد که در سازه حاصل، ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل به‌طور موثری سطح الیاف بازالت را پوشانده و منجر به ایجاد خواص آب‌گریزی شدید در الیاف بازالت آب‌دوست و افزایش زبری سطح الیاف شده است. اثر حجم سل در تهیه سازه حاصل مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که افزایش حجم سل، منجر به پوشش‌دهی بیشتر سطح الیاف بازالت با ذرات نانوساختار سیلیکاایروژل و توزیع بهتر ذرات بر سطح الیاف شده و بنابراین افزایش زبری سطح الیاف را تا ۳ برابر درپی داشت. اما با تغییر حجم سل، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص آب‌گریزی



شکل ۴- زبری سطحی الیاف بازالت و نمونه‌های سازه سیلیکاایروژل/بازالت.

www.SID.ir
Archive of SID

سـطح الیـاف بازالـت و سـازه حاصـل مشـاهده نشـد. افزایـش قابل‌ملاحظـه در زبـری سـطح الیـاف بازالـت در اثـر پوشـش‌دهی بـا ذرات سـیلیکاایروژل منجـر بـه چسـبندگی بیشـتر بیـن الیـاف و رزیـن زمینـه در کامپوزیت‌هـای تقویـت شـده بـا الیـاف بازالـت بـه عنـوان جایگزیـن مناسـب بـرای الیـاف شیشـه شـده و می‌توانـد خـواص مکانیکـی کامپوزیـت را تـا حـد زیـادی بهبـود دهـد. هم‌چنیـن حضـور نانوسـاختار سـلیکاایروژل در کامپوزیـت حاصـل، مقاومـت حرارتـی آن را افزایـش خواهـد داد. بنابرایـن اسـتفاده از ایـن سـازه لیفـی ایروژلـی در تهیـه کامپوزیت‌هـای مـورد نیـاز بـرای صنایـع نظامـی بسـیار مفیـد خواهـد بـود.

مراجع

1- Shi F., Wang L., Liu J., Synthesis and Characterization of Silica Aerogels by a Novel Fast Ambient Pressure Drying Process, Mater. Lett., 60, 3718–3722, 2006.

2- Ge D., Yang L., Li Y., Zhao J., Hydrophobic and Thermal Insulation Properties of Silica Aerogel/epoxy Composite, J. Non-Cryst. Solids., 355, 2610–2615, 2009.

3- Maleki H., Durães L., Portugal A., An Overview on Silica Aerogels Synthesis and Different Mechanical Reinforcing Strategies, J. Non-Cryst. Solids., 385, 55–74, 2014.

4- Pierre A.C., Pajonk G.M., Chemistry of Aerogels and Their Applications, Chem. Rev., 102, 4243-4266, 2002.

5- Sarawade P.B., Kimb J.K., Kimb H.K., Kima H.T., High Specific Surface Area TEOS-based Aerogels With Large Pore Volume Prepared at an Ambient Pressure, Appl. Surf. Sci., 254, 574-579, 2007.

6- Liao Y., Wu H., Ding Y., Yin Sh., Wang M., Cao A., Engineering Thermal and Mechanical Properties of Flexible Fiber-reinforced Aerogel Composites, J. Sol-Gel Sci. Technol., 63, 445-456, 2012.

7- Liu J., Wang X., Shi F., Luo J., Preparation and Characterization of Silica Aerogels/glass Wool Composites, Adv. Mater. Res., 534, 106-109, 2012.

8- Oh K.W., Kim D.K., Kim S.H., Ultra-porous Flexible PET/Aerogel Blanket for Sound Absorption and Thermal Insulation, Fiber. Polym., 10, 731-737, 2009.

9- Talebi Mazraeh-shahi Z., Mousavi Shoushtari A., Bahramian A.R., Abdouss M., Synthesis, Structure and Thermal Protective Behavior of Silica Aerogel/PET Nonwoven Fiber Composite, Fiber. Polym., 15, 2154-2159, 2014.

۱۰- مسلم نجفی، میلاد نورآبادی، محمدحسین کریمی، بهرام زینلی، کاربرد الیاف بازالت در بهبود خواص ضربه‌ای کامپوزیت‌های دریایی پایه پلیمری تقویت شده با الیاف کربن، سیزدهمین همایش ملی صنایع دریایی ایران، ۱۳۹۰.

11- Wei B., Cao H., Song Sh., Surface Modification and Characterization of Basalt Fibers With Hybrid Sizings, Composites Part A., 42, 22–29, 2011.

12- Talebi Mazraeh-shahi Z., Mousavi Shoushtari A., Abdouss M.., Bahramian A.R., Relationship Analysis of Processing Parameters With Micro and Macro Structure of Silica Aerogel Dried at Ambient Pressure, J. Non-Cryst. Solids., 376, 30–37, 2013.

13- Talebi Mazraeh-shahi Z., Mousavi Shoushtari A., Bahramian A.R., Abdouss M., Synthesis, Pore Structure and Properties of Polyurethane/Silica Hybrid Aerogels Dried at Ambient Pressure, J. Ind. Eng. Chem., 21,797–804, 2015.

Archive of SID

www.SID.ir