



توليد فوم سخت پلي يورتان تقويت شده با نانوذرات SiO_2 و بررسي رفتار مکانیکی و حرارتی آن

سمیرا نوحاسته^۱، سهیلا مهدوی^۱، سید مجتبی زبرجد^۲، سید عبدالکریم سجادی^۲

دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

یکی از دغدغه های جدی محققین در رابطه با فوم های پلی یورتان، افزایش استحکام فشاری آنها با استفاده از ذرات تقویت کننده می باشد. بدین منظور در تحقیق حاضر با استفاده از نانوذرات SiO_2 ، سعی در افزایش استحکام دیواره های فوم پلی یورتان شده است. برای تعیین مقاومت فشاری، نمونه های پلی یورتان تقویت شده با درصد های متفاوت وزنی نانوذرات SiO_2 (۰، ۱۰ و ۲۰) تولید شدند. آزمون فشار توسط دستگاه کشش یونیورسال و با نرخ کرنش $1/2 \text{ mm/min}$ انجام گرفت. نتایج حاصل از این آزمون، وابستگی خواص مکانیکی را به پودر افزوده شده نشان می دادند. طوریکه با افزایش این نانوذرات از ۰ تا ۲۰٪، حداکثر نیروی قابل تحمل در اثر نیروی فشاری قبل از تخریب، از حدود ۱۰۰ نیوتن تا نزدیکی ۲۰۰ نیوتن افزایش یافت. جهت مشخص شدن نقش و اثر نانوذرات SiO_2 بر روی شکل و اندازه حفرات فوم تولیدی، ارزیابی میکروسکوپ الکترونی نیز صورت گرفت. تصاویر SEM نشان دادند که نانو پودرهای مورد استفاده موجب افزایش تعداد حفرات و همزمان، کاهش اندازه آنها می شدند، که این تغییرات مطلوب در نمونه حاوی ۱۰٪ از این نانوذرات محسوس تر بود. همچنین تغییرات رفتار حرارتی ناشی از فاز ثانویه در نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. این کار توسط آزمون TGA (Thermal Gravimetric Analysis) انجام شد و نتیجه، حاکی از آن بود که نمونه حاوی ۱۰٪ نانوذرات SiO_2 ، بهینه ترین رفتار حرارتی را در این تحقیق از خود نشان داد.

واژه های کلیدی: فوم پلی یورتان، نانوذرات SiO_2 ، استحکام فشاری، رفتار حرارتی، پلی آل، پلی ایزوسیانات.

^۱ کارشناس

^۲ دانشیار

تولید فوم سخت پلی یورتان تقویت شده با نانو ذرات SiO_2 و بررسی رفتار مکانیکی و حرارتی آن

سمیرا نوخاسته[□]، سهیلا مهدوی^۱، سید مجتبی زبرجد[□]، سید عبدالکریم سجادی^۲

چکیده

یکی از دغدغه های جدی محققین در رابطه با فوم های پلی یورتان، افزایش استحکام فشاری آنها با استفاده از ذرات تقویت کننده می باشد. بدین منظور در تحقیق حاضر با استفاده از نانو ذرات SiO_2 سعی در افزایش استحکام دیواره های فوم پلی یورتان شده است. برای تعیین مقاومت فشاری، نمونه های پلی یورتان تقویت شده با درصد های متفاوت وزنی SiO_2 (۰، ۱۰ و ۲۰) تولید شدند. آزمون فشار توسط دستگاه کشش یونیورسال و با نرخ کرنش $1/2 \text{ mm/min}$ انجام گرفت. نتایج حاصل از این آزمون، وابستگی خواص مکانیکی را به پودر افزوده شده نشان می دادند. یعنی با افزایش این نانو ذرات از ۰ تا ۲۰٪، حداکثر نیروی قابل تحمل در اثر نیروی فشاری قبل از تخریب، از حدود ۱۰۰ نیوتن تا نزدیکی ۲۰۰ نیوتن افزایش یافت. جهت مشخص شدن نقش و اثر نانو ذرات SiO_2 بر روی شکل و اندازه حفرات فوم تولیدی، ارزیابی میکروسکوپ الکترونی نیز صورت گرفت. تصاویر SEM نشان دادند که نانو پودرهای مورد استفاده، موجب افزایش تعداد حفرات و همزمان، کاهش اندازه آنها می شوند. که این تغییرات مطلوب در نمونه حاوی ۱۰٪ از این نانو ذرات محسوس تر بود. همچنین تغییرات رفتار حرارتی ناشی از فاز ثانویه در نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. این کار توسط آزمون (Therm Gravimetry TGA Analysis) انجام شد و نتیجه، حاکی از آن بود که نمونه حاوی ۱۰٪ نانو ذرات SiO_2 ، بهینه ترین رفتار حرارتی را در این تحقیق از خود نشان داد.

واژه های کلیدی: فوم پلی یورتان، نانو ذرات SiO_2 ، استحکام فشاری، رفتار حرارتی، پلی آل، پلی ایزوسیانات،

[□] کارشناس متالورژی و مواد - دانشگاه فردوسی - دانشکده مهندسی - گروه متالورژی و مواد

[□] دانشیار متالورژی و مواد - دانشگاه فردوسی - دانشکده مهندسی - گروه متالورژی و مواد

۱. مقدمه

فوم های پلی یورتان گروه بسیار متنوعی از مواد گرماسخت (ترموست) هستند که کاربرد فراوانی در محصولات صنعتی مانند صفحات عایق، تشک ها، یخچال ها و ... دارند. در این طیف، فوم های سخت با سلول های بسته، زیر مجموعه مهمی هستند و زمانیکه با عامل پف زای مناسب با رسانایی حرارتی پایین منبسط شوند، خواص عایق حرارتی عالی دارند [۱ و ۲]. این کارایی بدلیل ترکیب خواص عامل پف زا، اندازه سلول و شکل ظاهری (مورفولوژی) سلول است. علی رغم این مهم که کاربرد فوم پلی یورتان سخت عمدتاً به دلیل عملکرد عالی آن به عنوان عایق حرارتی است، ویژگی های دیگر آن نیز این ماده را در کاربردهای مختلف صنعتی وارد کرده است. مهمترین امتیاز آن استحکام مکانیکی بالا، تمایل به چسبندگی بالا و فراورش و تولید آسان است که ترکیب هر سه مورد، در یخچال ها و صفحه های ساندویچی دیده می شود [۳ و ۴]. قابلیت تهیه آسان، امکان ساخت در جا^۳ را برای فوم، حتی در قالب ها و فرم هایی با اشکال بسیار پیچیده میسر می سازد.

بطور کلی رفتار حرارتی فوم پلی یورتان تحت تأثیر دو عامل ضریب رسانایی (K) و میعان است. رسانایی حرارتی کلی، که با λ فاکتور K نشان داده می شود و با مجموع عوامل کنترل کننده انتقال گرما (رسانایی پلیمر، رسانایی گاز و تابش) و همچنین با دانسیته فوم و توزیع ماده در روزه ها تعیین می شود [۵-۷]. افزایش دانسیته باعث افزایش تعداد روزه های سلول در واحد حجم شده، بنابراین سهم تابش کاهش می یابد همان طور که فاکتور K کاهش می یابد. در دانسیته های بالاتر، این اثر با افزایش مشهودی در رسانایی پلیمر خنثی می شود، که افزایش فاکتور K را توصیف می کند [۸].

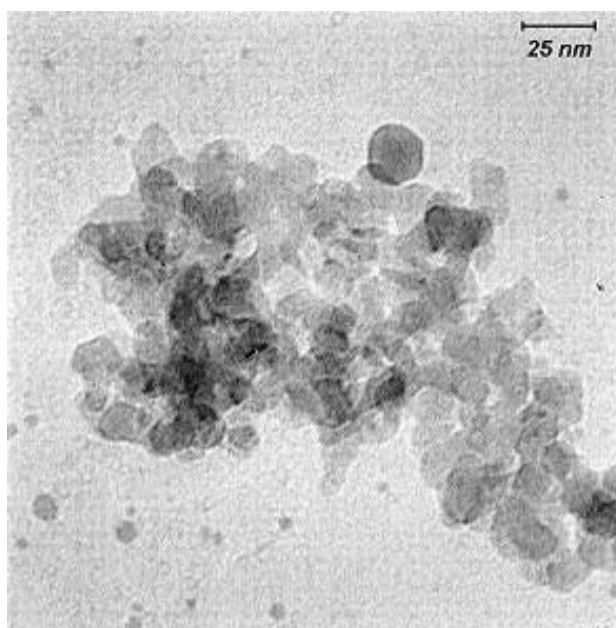
مقاومت پلی یورتان ها در برابر سایش، ضربه و ترک خوردگی بسیار خوب است. از جمله ویژگی های آنها پخت سریع و کامل در دمای محیط است. خواص مکانیکی فوم ها وابسته به ماده دیواره سلول و هندسه سلول است [۹]. فوم پلی یورتان دارای مقاومت خمشی و فشاری مناسبی بوده که مقاومت آن تابع دانسیته و وزن مخصوص می باشد. تحقیقات گسترده ای در زمینه مواد مرکب پایه پلی یورتان صورت گرفته است. نتایج تحقیقات بیانگر این مطلب است که به دلیل مقاومت حرارتی پایین و نرمی بیش از اندازه پلی یورتان ها برای پاره ای از کاربردها، اضافه کردن افزودنی ها به پلی یورتان خالص باعث بهبودی خواص آن می گردد. یکی از دغدغه های جدی محققین در مورد فوم های پلی یورتان، افزایش استحکام فشاری این فوم ها با استفاده از ذرات تقویت کننده می باشد. مطالعات انجام گرفته توسط نویسندگان مقاله حاضر، بیانگر عدم توجه محققان گذشته در این زمینه، به نقش نانو ذرات SiO_2 در بهبود خواص مکانیکی فوم پلی یورتان می باشد. بدین منظور در تحقیق حاضر با استفاده از نانو ذرات SiO_2 ، سعی در افزایش استحکام دیواره های فوم پلی یورتان و بهبود خواص حرارتی آن شده است.

³ pour in place

۲. مواد و روش تحقیق

۱.۲. مواد اولیه

جهت تولید نانو کامپوزیت متخلخل پلی یورتان تقویت شده با SiO_2 ، از پلی آل و پلی ایزوسیانات به عنوان مواد اولیه تولید فوم استفاده گردید. نانو ذرات SiO_2 ، تولید شرکت Nano Lin با خلوص ۹۹/۹٪ و اندازه متوسط ۳۰ nm، به عنوان عامل تقویت کننده در تحقیقی حاضر استفاده شدند.



شکل ۱. تصویر TEM نانو ذرات SiO_2 .

۲.۲. آماده سازی نمونه

با توجه به وابستگی شدید خواص فوم پلی یورتان به نسبت ترکیبی پلی آل و پلی ایزوسیانات، درصد های متفاوتی از این مواد مطابق جدول ۱ در دمای محیط با هم مخلوط و تولید شدند.

جدول ۱. درصد های مختلف پلی آل و پلی ایزوسیانات و مدت زمان فوم شدن آنها.

نمونه	درصد پلی آل	درصد پلی ایزوسیانات	زمان فوم شدن (دقیقه)
۱	۷۰	۳۰	۱۵
۲	۶۰	۴۰	۱۴
۳	۵۰	۵۰	۱۲
۴	۴۰	۶۰	۲۰
۵	۳۰	۷۰	۳۰

پس از مشخص شدن درصد بهینه^۴، نانو ذرات SiO_2 در ابتدا به دو صورت به ترکیب فوق افزوده شدند: ۱- افزودن نانو ذرات SiO_2 به پلی آل، ۲- افزودن نانو ذرات SiO_2 به پلی ایزوسیانات. که در هر دو مورد، این نانو ذرات قبل از مخلوط کردن این دو ماده با هم به آنها اضافه گردید. در نهایت نانو کامپوزیت های متخلخل پلی یورتان با ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی از SiO_2 ، در قالبی با ابعاد $۱۲ * ۲۵ * ۲۵$ میلی متر، تولید گردیده و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۳.۲. ارزیابی میکروسکوپی

با استفاده از میکروسکوپ SEM مدل Leo1450VP، شکل و اندازه های حفرات فوم و نقش نانو ذرات SiO_2 بر روی پایداری آنها، مورد نقد و بررسی قرار گرفت. قابل ذکر است که نمونه ها قبل از ارزیابی با پوشش هادی از طلا، پوشیده شدند.

۴.۲. ارزیابی مکانیکی

جهت تشخیص نقش نانو ذرات SiO_2 بر روی استحکام فشاری فوم، نمونه ها توسط دستگاه کشش یونیورسال Zwick، مدل Z250 و تحت نرخ کرنش $۱/۲ \text{ mm / min}$ مورد آزمایش قرار گرفتند.

۵.۲. ارزیابی حرارتی

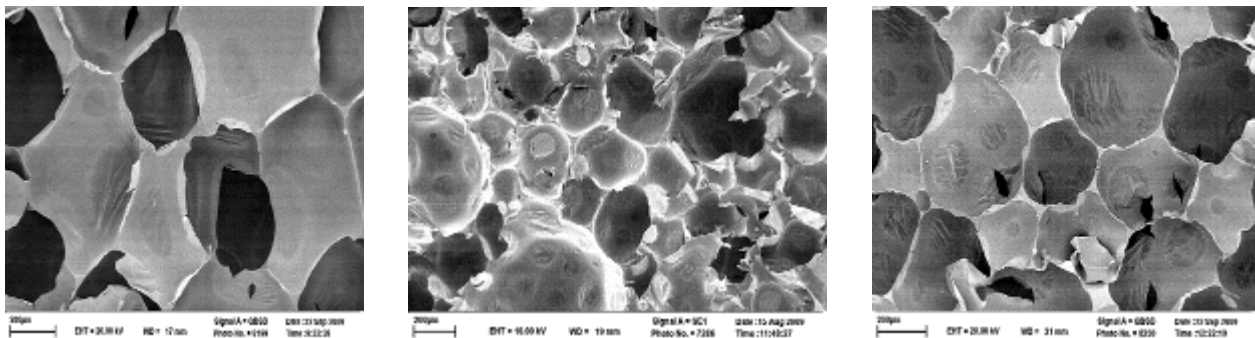
همچنین به منظور مشخص شدن نقش نانو ذرات SiO_2 بر روی رفتار حرارتی فوم، نمونه های تولیدی تحت آزمون TGA قرار گرفتند. دمای شروع در این آزمون ۲۵°C ، دمای نهایی ۵۵۰°C و نرخ افزایش دما ۱۰°C / min بود.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

جهت مشخص شدن نقش نانو ذرات SiO_2 بر روی مورفولوژی و اثر آنها بر اندازه و شکل حفرات فوم تولیدی، تصاویری از SEM تهیه شدند.

^۴ درصد بهینه درصدی است که فوم تولیدی زیاد نرم یا ترد نبوده و زمان فوم شدن آن کوتاه باشد و همچنین پس از پخت کامل دچار تغییر شکل نشود.

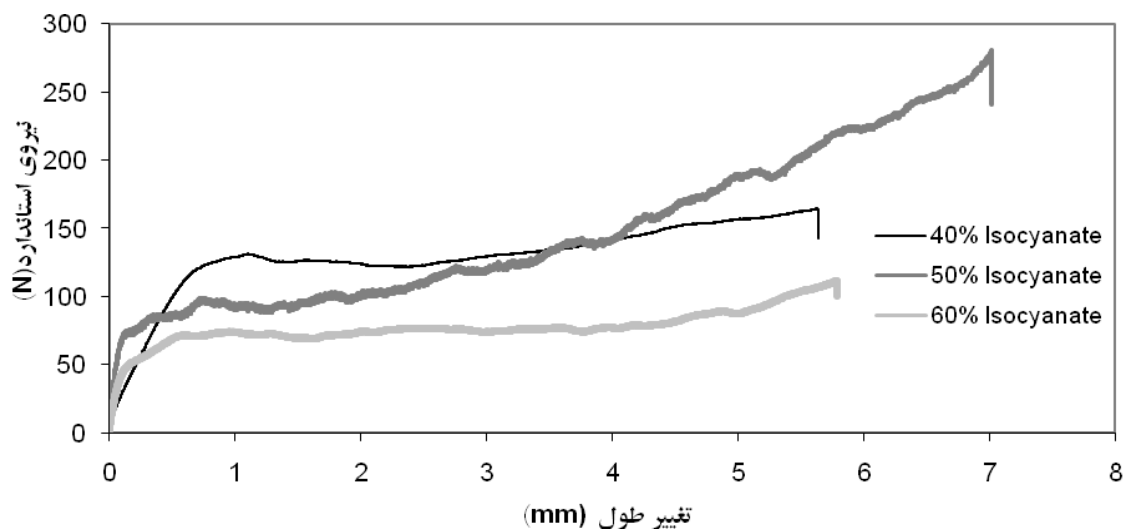


شکل ۲. تصاویر SEM نانو کامپوزیت زمینه پلی یورتان تقویت شده با SiO_2 ، با بزرگنمایی 200X (از چپ به راست، نمونه های حاوی ۰٪، ۱۰٪ و ۲۰٪ نانو ذرات SiO_2).

نتایج حاصل از ارزیابی میکروسکوپی نشان دادند که مورفولوژی سلول ها با افزودن نانو ذرات SiO_2 ، تغییر می کند، یعنی تعداد حفرات نسبت به حالت فوم خالص، بیشتر شده و همزمان، اندازه آنها نیز کوچکتر می شود. همانطور که مشخص است این تغییر در مورد نانو کامپوزیت حاوی ۱۰٪ SiO_2 ، بیشتر می باشد.

۲.۳. آزمون فشار

جهت تعیین بهترین نمونه از نقطه نظر استحکام فشاری، نمونه های انتخاب شده با درصد های بهینه، به شماره های ۲، ۳ و ۴ (جدول ۱) تحت آزمون فشار قرار گرفتند که نتایج آن در شکل ۳ خلاصه شده است.



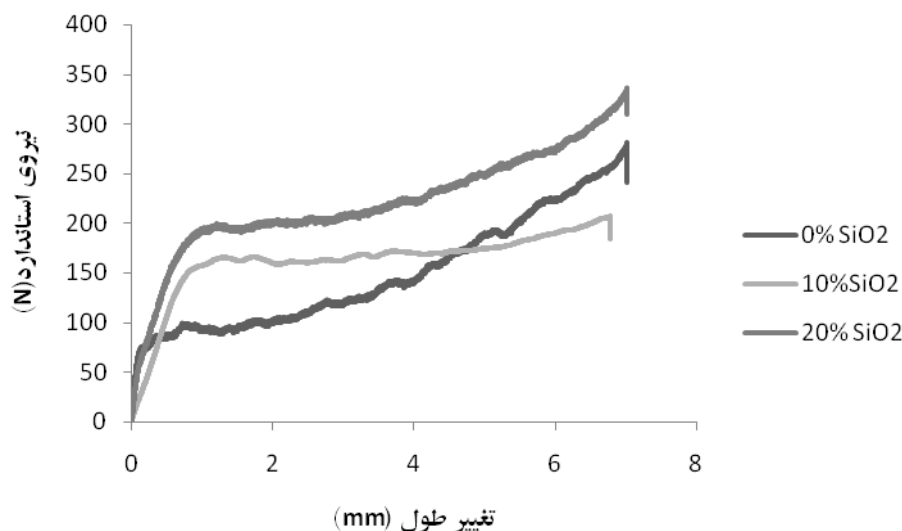
شکل ۳. نمودار نیروی اعمالی بر حسب جابجایی در نسبت های متفاوت فوم پلی یورتان خالص.

با توجه به شکل، درصد ۵۰-۵۰، نسبت به سایر نمونه های منتخب، خواص استحکامی بهتری از خود نشان داد. دیواره مقاوم به تخریب دیواره سلول، در اثر اعمال نیروی فشاری بیشتر بود. در نتیجه اضافه کردن نانو ذرات SiO_2 به نمونه ای با نسبت ۵۰-۵۰ صورت گرفت.

شکل ۴. نتایج آزمون فشار را بر روی نمونه های نانو کامپوزیت زمینه پلی یورتان تقویت شده با درصد های مختلف SiO_2 نمایش می دهد. با توجه به نمودار مشخص است که بدلیل استحکام بخشیدن این نانو پودرها به دیواره های سلولی با افزایش درصد نانو ذرات SiO_2 ، استحکام فشاری نمونه ها افزایش می یابد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که افزودن نانو ذرات SiO_2 باعث بهبود رفتار مکانیکی فوم می شوند. با استفاده از نمودار مقدار تغییر طول در نیروی ثابت (ناحیه ای از منحنی که شیب در آن تقریباً ثابت است)، یعنی از شروع مرحله فشرده شدن حفرات تا شروع مرحله گُلپس شدن آنها، و به عبارتی میزان مقاومت نمونه ها در برابر نیروی فشاری، اندازه گیری شد و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

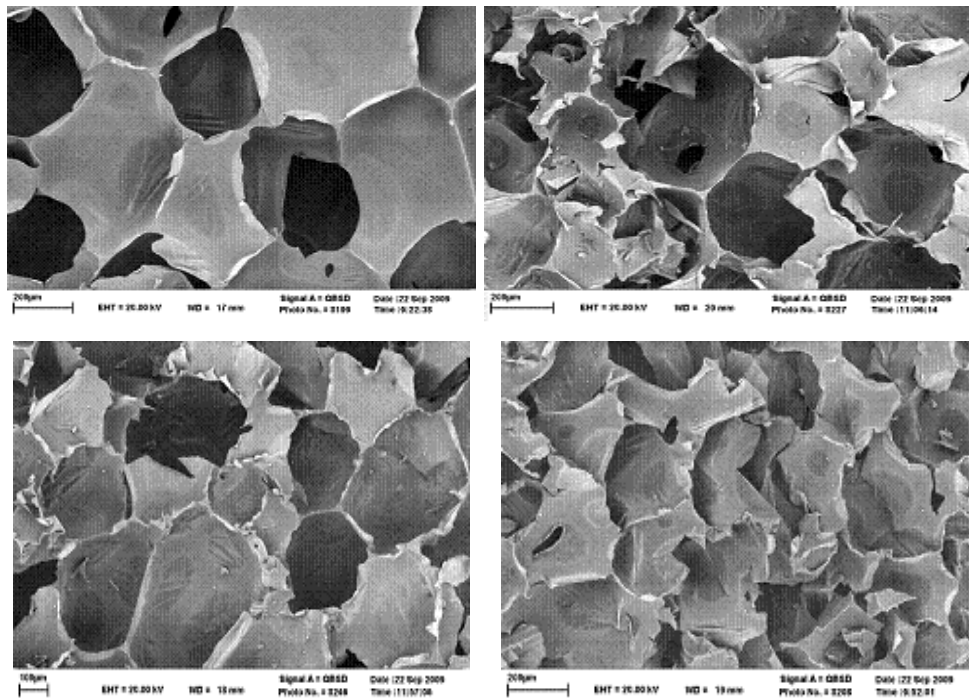
جدول ۲. تغییر طول در نیروی ثابت برای هر نمودار.

تغییر طول (mm)	درصد SiO_2
۰/۳۷	۰
۲/۴	۱۰
۱/۰۲	۲۰



شکل ۴. نمودار نیروی اعمالی بر حسب جابجایی در درصد های مختلف نانو ذرات SiO_2 .

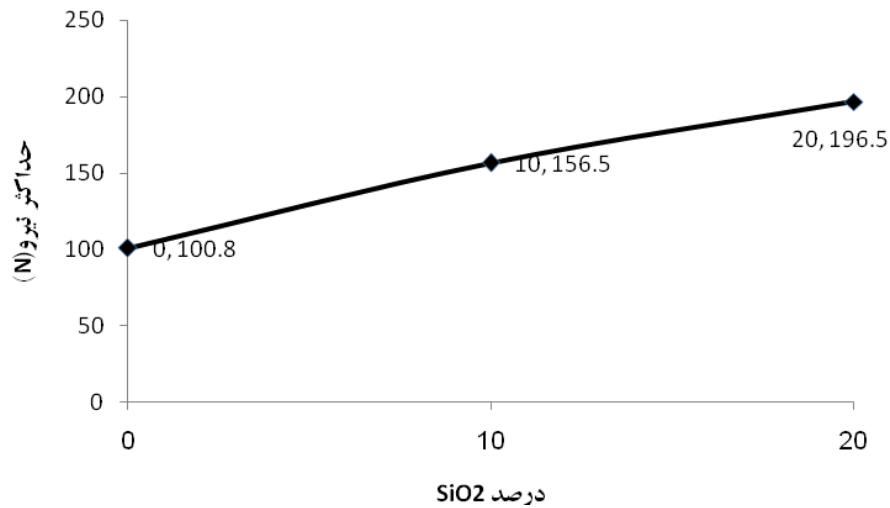
همانطور که از جدول مشخص است، نکته قابل توجه اينست که اين ميزان تغيير طول در نمونه نانو کامپوزيت حاوی ۱۰٪ SiO_2 ، نسبت به دو نمونه ديگر نانو کامپوزيت بيشتراست. که اين مطلب را تصاوير حاصل از SEM نيز تأييد می کنند.



شکل ۵. تصاوير SEM نانو کامپوزيت های زمينه پلی يورتان تقويت شده با نانو ذرات SiO_2 بعد از مرحله فشردن با بزرگنمایی 200X (تصاوير بالا از سمت چپ به ترتيب، فوم پلی يورتان خالص قبل از فشردن، فوم پلی يورتان خالص بعد از فشردن شدن و تصاوير پايين از سمت چپ به ترتيب، نانو کامپوزيت حاوی ۱۰٪ SiO_2 بعد از فشردن، نانو کامپوزيت حاوی ۲۰٪ SiO_2 بعد از فشردن شدن).

با مشاهده تصاوير می توان دريافت که نانو پودرهای SiO_2 باعث مستحکم تر شدن ديواره ها حین اعمال نيروی فشاری و کاهش شدت تخريب آنها می شوند. همچنين اين تصاوير مشخص می کنند که اين نقش مفيد در مورد نانو کامپوزيت حاوی ۱۰٪ SiO_2 بسيار محسوس تر می باشد.

پس از انجام آزمون فشار بر روی نمونه ها، حداکثر نيروی قابل تحمل توسط ديواره های نانو کامپوزيت ها قبل از مرحله تخريب نيز بر حسب درصد نانو ذرات SiO_2 اندازه گيري شد و نتايج آن بصورت نمودار در شکل ۶. جمع آوری شد.

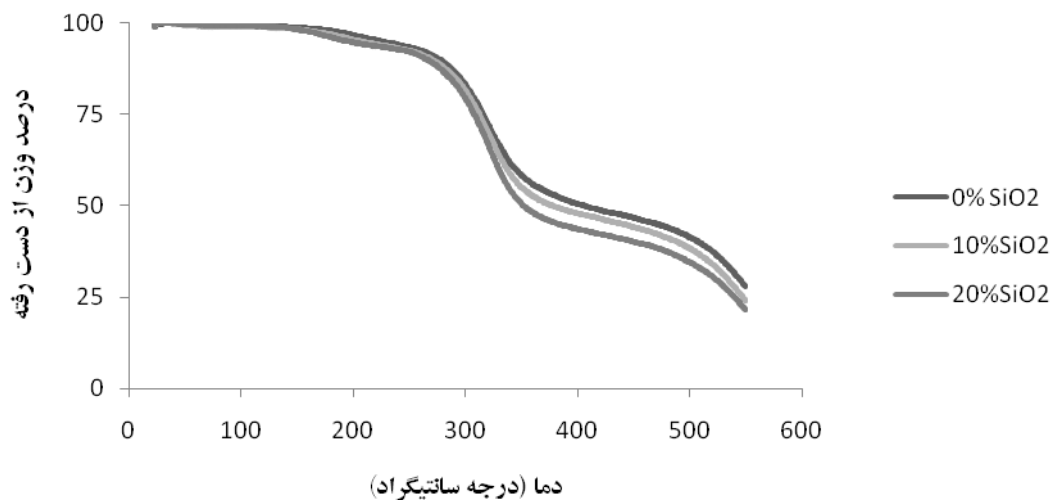


شکل ۶. نمودار درصد ذرات نانو SiO_2 بر حسب حداکثر نیروی قابل تحمل دیواره سلولی نمونه ها قبل از تخریب.

این نمودار نشان می دهد که با افزایش درصد ذرات نانو SiO_2 از ۰ تا ۲۰ درصد، این نیرو افزایش می یابد و این یعنی، با مستحکم تر شدن دیواره های فوم توسط نانو ذرات SiO_2 ، فشرده شدن آنها به تعویق افتاده و به این ترتیب مقاومت نانو کامپوزیت ها در اثر نیروی فشاری، افزایش می یابد. که در این مورد خاص، نانو کامپوزیت حاوی ۲۰٪ SiO_2 اثر مطلوب تری را از خود به نمایش گذاشته است.

۳.۳. آزمون TGA

همچنین به منظور مشخص شدن نقش نانو ذرات SiO_2 بر روی رفتار حرارتی فوم، نمونه های تولیدی تحت آزمون TGA قرار گرفتند و درصد وزن از دست رفته فوم برای مقادیر مختلف نانو ذرات SiO_2 در دمای آزمون محاسبه شد که نتایج آن بصورت نمودار در شکل ۷. نشان داده شده است.



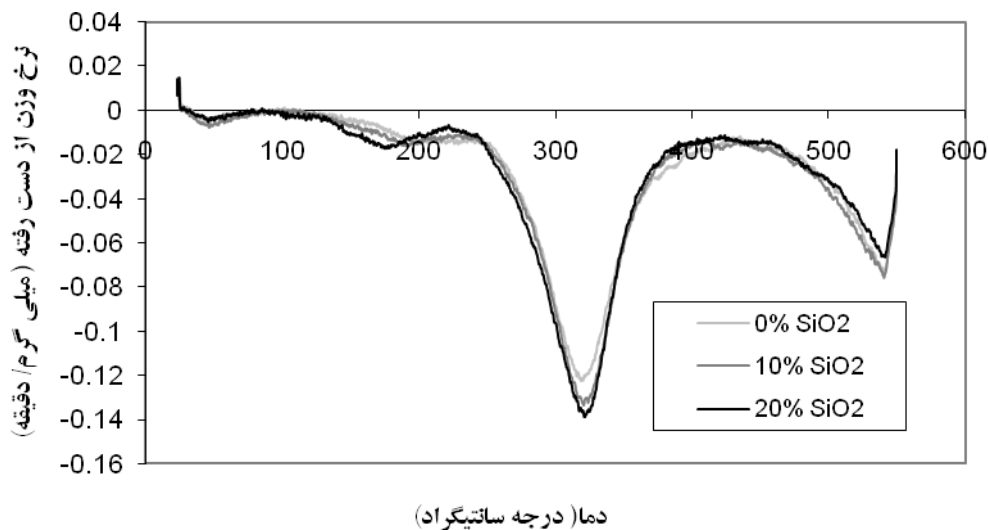
شکل ۲. نمودار دما-درصد وزن از دست رفته، حاصل از آزمون TGA.

همانطور از شکل مشخص است با افزایش درصد نانو ذرات SiO_2 ، دمای تخریب حفرات کاهش و میزان یا شدت تخریب، افزایش یافته است. به عبارت دیگر تخریب حفرات زودتر آغاز شده است که دلیل آن را می توان به کوچکتر شدن اندازه حفرات و در نتیجه بیشتر شدن سطوح در تماس با اتمسفر نسبت داد. البته این اثر نامطلوب در درصدهای پایین تخریب بسیار ناچیز و قابل صرف نظر کردن است. اما در درصدهای بالای تخریب، شدت می یابد که این اثر نامطلوب در مورد نانو کامپوزیت حاوی ۲۰٪ SiO_2 بسیار قابل توجه می باشد. همچنین دمای تخریب در درصد های استاندارد کاهش وزن، برای درصد های مختلف این نانو ذرات محاسبه شد که نتیجه حاصل از آنها با نتایج قبلی همخوانی داشتند.

جدول ۳. دمای تخریب فوم با درصد های مختلف SiO_2 در درصد های استاندارد کاهش وزن فوم.

درصد SiO_2	$T_{10\%} \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{50\%} \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_{80\%} \text{ } ^\circ\text{C}$
۰	۲۶۷	۳۳۶	۴۹۹
۱۰	۲۶۰	۳۳۵	۴۹۸
۲۰	۲۵۹	۳۳۰	۴۸۸

علاوه بر آن، منحنی نرخ وزن از دست رفته فوم، یک تخریب ۴ مرحله ای را برای این نانو کامپوزیت ها نشان می دهد که مفهوم آن عدم تغییر مکانیزم تخریب فوم پلی یورتان خالص در اثر افزودن نانو ذرات SiO_2 می باشد. یعنی... (شکل ۸).



شکل ۸. نمودار نرخ وزن از دست رفته بر حسب دما.

۴. نتیجه گیری

در تحقیق حاضر رفتار مکانیکی فوم پلی یورتان سخت، قبل و بعد از افزودن نانو ذرات SiO_2 و نقش آن بر روی استحکام و رفتار حرارتی فوم، مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون فشار، وابستگی خواص مکانیکی را به پودر افزوده شده، نشان می دادند. بطوریکه با افزایش میزان پودر از ۰ تا ۲۰ درصد، رفتار مکانیکی فوم بهبود یافته و بر مقاومت دیواره های سلولی نانو کامپوزیت ها در برابر نیروی فشاری افزوده شد. همچنین این نانو کامپوزیت ها مورد آنالیز حرارتی قرار گرفتند که بدلیل کوچکتر شدن حفرات و در نتیجه بیشتر شدن سطوح در تماس فوم ها در اثر افزودن نانو ذرات SiO_2 ، دمای تخریب دیواره های فوم کاهش و همزمان درصد (میزان) تخریب افزایش یافته است. ارزیابی میکروسکوپ الکترونی نیز تأثیر نانو ذرات SiO_2 را در تغییر مورفولوژی سلول ها یعنی کوچکتر شدن اندازه و بیشتر شدن تعداد آنها را نشان می دهد. در نهایت، از بررسی های صورت گرفته در این تحقیق، می توان نتیجه گرفت که برای دستیابی به بهترین نمونه فوم تولیدی، با استحکام مکانیکی بالا و رفتار حرارتی مناسب با استفاده از نانو ذرات SiO_2 ، مطلوب است که ۱۰٪ درصد وزنی از این نانو پودرها به فوم پلی یورتان خالص افزوده شود.

۵. مراجع

1. Shau-Tarng Lee, Natarajan S. Ramesh, Polymeric foams, Mechanisms and Materials, 2004, USA, CRC Press.

2. M.F. Ashby, R.F.M. Medalist, the mechanical properties of cellular plastics, 1983, The Metallurgical Society of AIME.
3. Poursang, Synthesize High strength polyurethane nanocomposite, 2006, Nanotechnology website (In Persian).
4. Lee L J, Zeng C, Cao X, Han X, Shen J and Xu G 2005 Polymer nanocomposite foams Composite Science and Technology 65 2344-2363.
5. Cao X, Lee L J, Widya T and Macosko C 2005 Polyurethane/clay nanocomposites foams: processing, structure and properties Polymer 46 775-783.
6. Peterovic Z S, Jani I, Waddon A, Banhegyi G 2000 Structure and 10 properties of polyurethane-silica nanocomposites Journal of Applied Polymer Science 76 133-151.
7. Javni I, Zhang W, Karajkov V and Petrovic Z S 2002 Effect of nano- and micro-silica fillers on polyurethane foam properties Journal of Cellular Plastics 38 229-239.
8. M F Uddin, H Mahfuz, S. Zainuddin, and S Jeelani 2009 Improving Ballistic Performance of Polyurethane Foam by Nanoparticle Reinforcement.
9. L. James Lee, Changchun Zeng, Xia Cao, Xiangming Han, Jiong Shen and Guojun Xu," nanocomposite Polymer foams", Composites Science and Technology, (2005), 65 2344–2363.

A Study on the Role of Nano Size SiO₂ on the Mechanical Properties and Thermal Behaviours of Rigid PU Foam

S. Nokhaste, S. Mahdavi, S.M.Zebarjad*, S.A.Sajjadi

*Department of Materials Science and Metallurgical Engineering, Engineering Faculty,
Ferdowsi University of Mashhad, P.O. Box 91775-1111, Mashhad, Iran*

E-mail: Zebarjad@um.ac.ir

Abstract

In the current study, the role of nano size SiO₂ on thermal and mechanical properties of PU foam was studied. For this purpose compression samples of PU foams consist of different weight percents of SiO₂ nano particles were produced. Compression test was done by using an universal tensile plant with 1.2 mm/min strain rate. The results of test showed that addition of SiO₂ nano particles made an increase in the maximum tolerable load before failure. In order to indicate the role of SiO₂ nano particles on the cells morphology, microscopic evaluation was done. So as a result nano particles caused an increase in the number of cells and a decrease in the cell size simultaneously. Thermal behaviour changes of samples due to secondary phase would therefore be considered. Thermo gravimetry analysis (TGA) test was done and the results confirmed that the sample containing 10% nano particles has the best performance.

Keywords: Pu Foam, Nano Size SiO₂, Compression Strength, Thermal Behaviour, Polyisocyanate, Polyol