

بررسی ضریب جذب صوتی نسبت‌های مختلف نانو کامپوزیت پلی استایرن / نانو خاک رس در فرکانس‌های مختلف

فرهاد فروهر مجده، مسعود مصیبی، مسعود ریسمانچیان، غلامعلی کوهمره، زهرا محمدی، جعفر صالحیان*

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: یکی از روش‌های کنترل صدا استفاده از مواد جاذب صدا (به خصوص فوم‌های پلیمری) می‌باشد. در سال‌های اخیر نانو کامپوزیت‌های پلیمری به دلیل بهبود خواص پلیمرها مورد توجه قرار گرفته است. مقاله حاضر، به بررسی تأثیر نانو خاک‌های رس بر روی ضریب جذب صوتی مواد پلیمری پرداخت.

روش‌ها: با استفاده از تکنیک پلیمریزاسیون درجا نانو کامپوزیت پلی استایرن / خاک رس سنتز شد. برای مقایسه ضریب جذب پلیمر استایرن نیز سنتز گردید. مواد سنتز شده با استفاده از روش قالب‌گیری تراکمی به فوم تبدیل شد. ضریب جذب صوتی فوم‌ها با استفاده از لوله امپدانس مشخص گردید.

یافته‌ها: ضریب جذب پلیمر استایرن دارای یک در محدوده فرکانسی ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز می‌باشد. بیشترین میزان ضریب جذب در فرکانس ۲۵۰۰ هرتز به میزان ۷۵٪ است. ۵/ در صد خاک رس باعث شد که بیشترین میزان ضریب جذب در فرکانس ۲۵۰۰ هرتز به میزان ۸۹٪ رسید. در ۳ درصد خاک رس بیشترین ضریب جذب در فرکانس ۳۱۵۰ هرتز به میزان ۹٪ بود و در ۷ درصد خاک رس نیز بیشترین ضریب جذب در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز به میزان ۵۴٪ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: با اضافه شدن ۵٪ درصد خاک رس به پلیمر، فقط ارتفاع پیک فرکانس افزایش یافت. در ۳ درصد خاک رس علاوه بر افزایش میزان ضریب جذب، مکان محدوده پیک فرکانسی جایه‌جا شد و در ۷ درصد خاک رس نیز با تغییر محدوده پیک فرکانسی، افزایش میزان ضریب جذب مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: ضریب جذب صوت، پلی استایرن، نانو خاک رس

ارجاع: فرهاد مجده فرهاد، مصیبی مسعود، ریسمانچیان مسعود، کوهمره غلامعلی، محمدی زهرا، صالحیان جعفر. بررسی ضریب جذب صوتی نسبت‌های مختلف نانو کامپوزیت پلی استایرن / نانو خاک رس در فرکانس‌های مختلف. مجله تحقیقات نظام سلامت (۱۲؛ ۱۳۹۵: ۴۵۹-۴۵۴).

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۳

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۴/۹

پلیمری با سلول‌های باز بیشترین کاربرد را دارد (۵). این مواد کنترل صدا را به وسیله دمپینگ یا کاهش انعکاس موج‌های صوتی از طریق تبدیل انرژی صوتی به انرژی گرمایی فراهم می‌کند (۶). در سال‌های اخیر در محیط‌های صنعتی و دانشگاهی نانو کامپوزیت‌های پلیمر / سلیکات‌لایه‌ای به دلیل این که بهبود قابل ملاحظه‌ای در خواص مواد نسبت به پلیمرها یا کامپوزیت‌های میکرو و ماکرو ایجاد کرده، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۷، ۸). قابل ذکر است که مونت‌موریلونیت بیشترین استفاده را در بین نانو خاک رس‌ها دارد (۹). دلیل بهبود خواص مختلف نانو کامپوزیت‌ها مربوط به اندازه ذرات فاز پرکننده است. با کاهش اندازه ذرات فاز پرکننده، سطح ویژه افزایش و متوسط فاصله بین ذرات کاهش می‌یابد و ناحیه بین سطحی که مسؤول ارتباط بین ماتریس و پرکننده است، افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد. در نتیجه، تعداد برهم‌کنش‌های بین ماتریس و پرکننده افزایش می‌یابد. این امر باعث بهبود خواص نفوذپذیری و مکانیکی فیلم‌های نانو کامپوزیت نسبت به فیلم‌های معمولی می‌شود (۱۰، ۱۱). از آن جایی که امروزه مشکلات ناشی از سر و صدا به طور کامل جدی و

مقدمه

صدا یکی از خطرهای محیطی مهم جهان امروز است و مواجهه شغلی با صدا سلامت بسیاری از کارکنان را تهدید می‌کند؛ به طوری که سر و صدا یکی از رایج‌ترین و شایع‌ترین عوامل زیان اور محیط کار در دنیا محسوب می‌شود (۱). بررسی و ارزیابی اثرات سر و صدا حاکی از آن است که عوارض بسیاری از قبیل تغییرات موقت و دائم آستانه شنوایی، وزوز گوش، افزایش فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، مشکلات مربوط به خواب، افزایش ضربان قلب، اختلال در زندگی روزمره، کاهش عملکرد افراد، احساس استرس، ناراحتی و بسیاری از عوارض دیگر ناشی از تماس طولانی مدت با عامل زیان اور صدا می‌یابشد (۲-۴). دستیابی به یک محیط مطلوب از نظر صدا، توسط تکنیک‌های متعددی امکان‌پذیر بوده است که یکی از این روش‌ها استفاده از مواد جاذب صدا می‌باشد. مواد جاذب اغلب به منظور مقابله با اثرات نامطلوب صدای انعکاس یافته از سطوح سفت و سخت استفاده شده و باعث کاهش سطح صدای معنکس شده می‌شود. مواد پلیمری، لیفی، متخلخل و انواع دیگری از مواد به طور گسترده برای جذب صدا مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این بین فومنهای متخلخل

- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفا، دانشکده پهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
- دانشجویی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفا، دانشکده پهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفا، دانشکده پهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
- دانشیار، گروه شیمی پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده مسؤول: مسعود ریسمانچیان

Email: rismanchian@hlth.mui.ac.ir

(۲۱)، توده (۲۲) و امولسیونی انجام می‌گیرد. برای جلوگیری از پلیمریزاسیون استایرن خالص در هنگام نگهداری و انبار نمودن، به آن ترکیبات فنولی (اغلب ۴-tert-butylcatechol) اضافه می‌شود. برای شروع پلیمریزاسیون استایرن باید این ترکیبات استایرن حذف شود. این کار توسط شستن با سدیم هیدروکساید و آب مقطر انجام شد. نانو خاک رس اصلاح شده به نسبت‌های ۷-۳-۰/۵ (درصد وزنی نسبت به مونومر پلی استایرن) به مونومر پلی استایرن اضافه شد و به مدت یک ساعت به کمک دستگاه حمام فراصوت عمل پراکنش ذرات داخل ماتریس پلیمری انجام گرفت. بعد از این مرحله، بتزوئیل پروکساید به عنوان آغازگر اضافه شد و به مدت سه ساعت در حمام روغن با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت تا پلیمریزاسیون تکمیل گردد. در این مرحله با استفاده از یک همزن با سرعت ۵۰۰ RPM عمل همزدن انجام شد.

برای خارج کردن پلیمر از خلف، تولوئن اضافه گردید تا پلیمر را حل کند و سپس، محلول را درون یک بشر حاوی متانول (خند حلال) ریخته شد. پلیمر حاصل چندین بار با متانول شسته شد و بعد به مدت یک هفته در دمای محیط گذاشته شد تا به وزن ثابت رسید. در این مرحله برای تولید اسفنج پلی استایرن / نانو خاک رس از روش قالب‌گیری تراکمی به همراه یک عامل فرمزای فیزیکی (Azodicarbonamide) استفاده شد. در ابتدا، کامپوزیت پلی استایرن / نانو خاک رس به طور کامل پودر شد و سپس، همراه با Azodicarbonamide (۰/۵ درصد وزنی کامپوزیت) به کمک دستگاه ایترنال میکسر مخلوط شد. مخلوط حاصل در دستگاه Hot press با دمای ۲۱۰ درجه گراد به مدت ۵ دقیقه قرار گرفت و سپس، در زیر پرس سرد شد تا اسفنج پلی استایرن / نانو خاک رس تهیه شود.

روش مورد استفاده در این مطالعه، روش لوله آکوستیک وتابع انتقال بوده که پس از کالیبراسیون دستگاه، نمونه مورد آزمایش در یک انتهای لوله آکوستیک و منبع صوت در انتهای دیگر قرار داده شد در لوله آکوستیک به جای استفاده از موج سینوسی، سیگنال‌های صوتی با باند پهن فرکانسی توسط بلندگو که در انتهای دیگر لوله قرار دارد تولید می‌گردد. این موج پس از عبور از مسیر میکروفون اول توسط میکروفون دوم دریافت و به نرم‌افزار متقل می‌شود. لوله اپیلانس به شکل استوانه بوده که در یک انتهای آن محل قرارگیری نگه دارنده نمونه و در انتهای دیگر منبع صوت قرار گرفت. همچنین، دو میکروفون در موقعیت‌های مشخص بر روی لوله نصب شد این لوله از جنس فولاد با سطحی یکنواخت، مستقیم، سخت و غیر مختلط خالکشیده بوده که به غیر از خفره‌های مربوط به محل میکروفون‌ها هیچ گونه خفره و شکافی بر روی آن وجود ندارد. نوع استاندارد مورد نظر جهت اندازه‌گیری که در این طرح، استاندارد ISO-10534-2:2002 (Va-lab) و تابع انتقال بود همچنین، از نرم‌افزار (version 4, BSWA Technology Co., Ltd. Beijing, China) پردازش نتایج استفاده گردید (۲۳).

یافته‌ها

الگوی XRD (X-ray diffraction) برای بررسی فاصله صفحات کریستالی مربوط به نانو ذرات در زمینه پلیمری و همچنین، راه مناسبی برای تشخیص تشکیل نانو کامپوزیت بود. اگر نانو کامپوزیت تشکیل شود، دو حالت محتمل است: پیک ظاهر شود که نشان دهنده ساختار لایه‌ای (Intercalated) است یا این که هیچ پیکی ظاهر نشود که مشخص کننده ساختار پراکنده (Exfoliated) می‌باشد (۲۴).

پیچیده شده است، تقاضا برای محیط و زندگی بهتر افزایش یافته است. بنابراین، مواد سبک، نازک و کم هزینه که بتواند صدا را در ناحیه‌های فرکانسی وسیع‌تر جذب کند، به شدت مورد نیاز می‌باشد. در تحقیق حاضر، با اضافه کردن خاک رس به ساختار پلیمری، تأثیر نانو مواد بر افزایش میزان ضربی جذب صوتی بررسی شد. مواد جاذب صدا به وسیله اصلاح پلیمر استایرن با نانو خاک رس تهیه گردید. ضربی جذب صوتی ارزیابی شده و تأثیر پارامترهای ساختاری پلیمر دارای نانو ذرات بر روی خواص آکوستیکی ماده بررسی شد. قابل ذکر می‌باشد که در مورد تأثیر سیلیکات‌های لایه‌ای بر روی پلیمرها تحقیقات کمی صورت گرفته است؛ در صورتی که بیشتر این تحقیقات بر روی ضربی جذب و افت انتقال کامپوزیت پلی اورتان / نانو خاک رس بوده است (۱۲). تاکنون تحقیقی بر روی ضربی جذب صوتی پلیمر استایرن اصلاح شده با سیلیکات‌های لایه‌ای صورت نگرفته است. در بین پلیمرها، پلی استایرن یکی از پرکاربردترین مواد در صنایع پلاستیک و چهارمین حجم تولید پلیمرهای ترمومیلانستیک را در اختیار دارد. پلی استایرن در وسایل الکترونیکی، بسته‌بندی، ساختمان، مبلمان، صنایع، حمل و نقل و عایق‌بندی‌های حرارتی کاربرد دارد (۱۴، ۱۵).

روش‌ها

مطالعه صورت گرفته یک پژوهش کاربردی بود. نانو خاک رس مورد استفاده در مقاله حاضر مونت‌موریلوئیت اصلاح شده با گرید تجاری (Cloisite 15) با متوسط سایز ذرات کمتر از μm از شرکت Southern clay products خردیاری شد. نانو خاک رس خردیاری شده با ظرفیت مبادله کاتیون ۱۲۵ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم خاک رس و فاصله بین لایه‌ای ۳۱/۵ آنگستروم، در بین سایر نانو خاک رس‌های تجاری از بیشترین ظرفیت مبادله و بیشترین فاصله بین لایه‌ای برخوردار می‌باشد (۱۶). بتزوئیل پروکساید (وزن مولکولی = $232/44\text{ g/mol}$) از شرکت Merck، تولوئن (وزن مولکولی = $14/92\text{ g/mol}$) از شرکت Merck و Azodicarboxamide (آزمایش دیگر) (وزن مولکولی = $8/16\text{ g/mol}$) نیز از شرکت Merck تهیه شد. مونومر استایرن، سدیم هیدروکساید، تولوئن و متانول با گرید صنعتی خردیاری گردید. یکی از مزیت‌های این طرح انتخاب و خرد مواد در گرید صنعتی در نظر گرفته شد تا امکان کاربردی بودن طرح را افزایش دهد.

تفرق اشعه ایکس توسط دستگاه PHILIPS X'PERT صورت گرفت. الگوهای پراش اشعه X با تاوش $\text{CuK}\alpha$ در 40 mA و جریان 30 mA تهیه شد. همچنین، تصاویری از ساختار فوم با استفاده از میکروسکوپ نوری مجهر به دوربین به دست آمد.

برای سنت نانو کامپوزیت‌های پلیمر خاک رس چهار تکنیک اختلاط مذاب، اختلاط در محلول با استفاده از حلال‌های قطبی، روش سل / ژل، پلیمر درجا شدن مطرح شده است (۱۷). در روش پلیمریزاسیون درجا، مونومر به طور مستقیم برای متورم کردن صفحات خاک رس مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۸). در این روش، به دلیل نسبت پایین وزن مولکولی مونومر به پلیمر صفحات خاک رس آسان تر و در نتیجه به طور عده ساختار ورقه‌ای حاصل می‌شود. در تیجه روش پلیمریزاسیون درجا بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹، ۲۰). پلیمریزاسیون درجا به روش‌های ریز امولسیونی (۸)، تعلیقی (۲۱)، در محلول

جدول ۱. چگالی و نسبت‌های چگالی

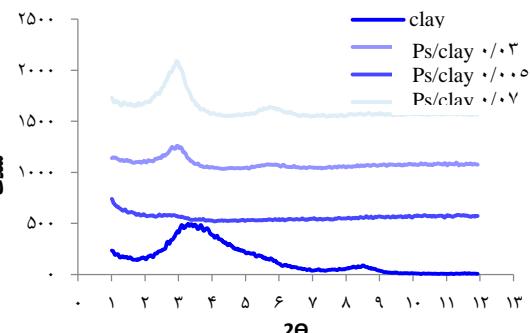
مواد	چگالی (g/cm ³)	پلی استایرن	پلی استایرن/ خاک رس	پلی استایرن/ خاک رس	نسبت‌های چگالی
پلی استایرن	۰/۶۱۰	۱/۰۰۰	۱/۰۲۰	۰/۰۵	۰/۰۷
پلی استایرن/ خاک رس	۰/۵۹۸	۹/۸۰	۱/۰۰۰	۰/۹۶۶	۰/۹۷۷
پلی استایرن/ خاک رس	۰/۶۱۹	۱/۰۱۴	۱/۰۳۵	۱/۰۰۰	۰/۹۹۱
پلی استایرن/ خاک رس	۰/۶۲۴	۱/۰۲۲	۱/۰۴۳	۱/۰۰۸	۱/۰۰۰

آورده شده است.

تصاویر تهیه شده از فوم‌های پلیمری و نانوکامپوزیت سنتز شده توسط میکروسکوپ نوری در شکل‌های زیر آورده شده است. این تصاویر از برش عرضی فوم‌ها گرفته شده است. از این تصاویر می‌توان چگونگی فوم‌های تشکیل شده را نشان داد. همچنین، می‌تواند نشان دهنده اولیه‌ای برای پراکنش مناسب نانو ذرات در زمینه پلیمری باشد؛ چرا که همان گونه که در شکل ۲ مشخص است، در تمامی نمونه‌ها هیچ ذراتی در زمینه پلیمری دیده نشد.

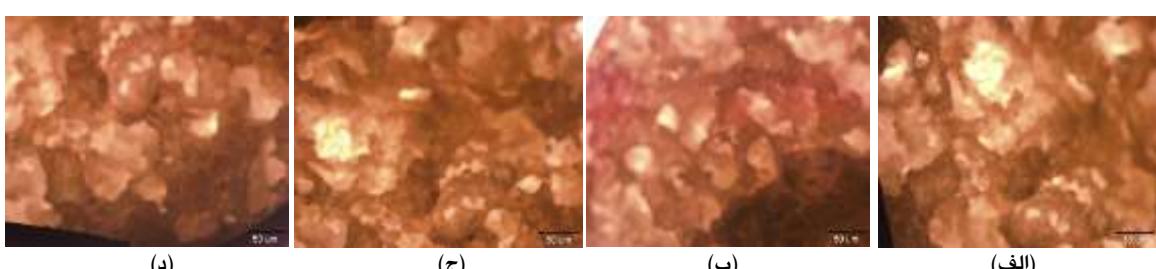
در شکل ۳ تغییرات ضریب جذب صوت ناشی از اضافه شدن درصدهای متغیر نانو خاک رس بر روی فوم سلول باز پلی استایرن آورده شده است. با توجه به استاندارد ضریب جذب هر نمونه ۳ بار اندازه‌گیری شد و میانگین آن در جدول آورده شد. پیک ضریب جذب فوم پلی استایرن در محدوده فرکانسی ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز بود که بیشترین مقادیر آن در فرکانس ۲۵۰۰ هرتز به میزان ۰/۷۵ به دست آمد. با اضافه شدن ۰/۵ درصد نانو خاک رس محدوده پیک فرکانسی باریکتر شده و در فرکانس ۲۵۰۰ هرتز میزان ضریب جذب به ۰/۸۹ (۱۸/۶ درصد افزایش) رسید. در زمانی که ۳ درصد نانو خاک رس به پلیمر اضافه شد، هرچند که در فرکانس ۲۵۰۰ هرتز ارتفاع پیک به ۰/۹۴ (۵۸/۶ درصد) کاهش پیدا کرد، اما با باریکتر شدن باند و جابه‌جایی محدوده پیک فرکانس از ۲۵۰۰ به ۳۱۵۰ هرتز، میزان ضریب جذب آن را از ۰/۶۹ به ۰/۹ (۱۳۰/۴ درصد) رساند. نانوکامپوزیت پلی استایرن به همراه ۷ درصد نانو خاک رس خواص متغیری را نسبت به سایر درصدهای نانو خاک رس نشان داد. برخلاف این که در فرکانس ۲۵۰۰ هرتز میزان ضریب جذب از ۰/۷۵ به ۰/۴۲ (۵۶ درصد کاهش) رسید، با این وجود، بلندترین پیک در فرکانس ۲۰۰۰ هرتز رخ داد که میزان ضریب جذب نسبت به فوم پلی استایرن از ۰/۰ به ۰/۵۴ (۱۳۵ درصد) افزایش نشان داد.

همان طور که در شکل ۱ مشخص است، پیک پنهانی که در حدود ۳/۳۷۱۳ م مشاهده شد که مربوط به خاک رس بود. همچنین، الگوهای XRD مربوط به نمونه‌های نانوکامپوزیت ارایه شده است. همان طور که مشخص است، پیک‌ها به سمت زوایای کمتر شیفت پیدا کرد که نشان دهنده تشکیل نانوکامپوزیت بود. هیچ پیک تفرقی در الگوی XRD نمونه حاوی ۰/۵ درصد از خاک رس وجود نداشت که نشان دهنده ساختار پراکنده در زمینه پلیمری بود. همچنین، وجود پیک در نمونه‌های ۳ و ۷ درصد از خاک رس ساختار لایه‌ای را نشان داد. از طرف دیگر، میزان شدت پیک در نمونه حاوی ۳ درصد خاک رس کمتر بود که پراکنش بهتر را نشان داد.



شکل ۱. نمودار نتایج حاصل از آزمون تفرق اشعه ایکس

در جدول ۱ مشخصات چگالی هر کدام از مواد تهیه شده آورده شده است. برای کاهش تأثیر چگالی بر روی ضریب جذب سعی شد که میزان اختلاف چگالی‌ها به حداقل برسد. برای مقایسه بهتر، نسبت‌های چگالی نمونه‌ها نیز



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ نوری فوم‌های نانوکامپوزیت پلی استایرن/ خاک رس. (الف) فوم پلیمر استایرن، (ب) فوم پلی استایرن/ خاک رس، (ج) فوم پلی استایرن/ خاک رس ۳ درصد، (د) فوم پلی استایرن/ خاک رس ۷ درصد ۰/۵ درصد

پیدا کرد. در زمانی که از ۳ درصد نانو خاک رس استفاده شد، ساختار نیمه لایه‌ای به دست آمد و علاوه بر افزایش ارتفاع، مکان محدوده پیک فرکانسی نیز به سمت فرکانس‌های بالاتر جایه‌جا شد. هنگامی که ۷ درصد نانو خاک رس به پلیمر استایرن اضافه گردید، ساختار به طور کامل نانو لایه‌ای مشاهده شد و ضمن تغییر مکان محدوده فرکانسی به سمت فرکانس‌های پایین‌تر، ارتفاع آن در فرکانس مشخص ۲۰۰۰ هرتز افزایش یافت. از آنجایی که پلیمر استایرن فقط در یک محدوده فرکانسی محدود (۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز) دارای ضربی جذب صوتی بالا و قابل توجهی بود، فقط در مکان‌هایی می‌تواند به عنوان ماده جاذب استفاده شود که فرکانس صدا در آن محیط نزدیک به محدوده فرکانسی ضربی جذب صوتی پلی استایرن باشد. اگر محدوده فرکانسی صدای محیط کوچک، اما با محدوده فرکانسی ضربی جذب صوتی پلی استایرن همپوشانی کامل نداشته باشد، این امکان وجود دارد که با اضافه کردن خاک رس به پلیمر استایرن و در نتیجه، جایه‌جایی محدوده فرکانسی ضربی جذب صوتی آن، بتوان صدا را کنترل کرد. همچنین، در صورتی که از نانو کامپوزیت‌های پلی استایرن با درصدهای متفاوت از خاک رس به صورت ترکیبی در کنار پلی استایرن استفاده شود، این ماده جاذب می‌تواند در مکان‌هایی که محدوده‌های فرکانسی صدا بزرگ‌تر می‌باشد، نیز مورد استفاده قرار گیرد.

اگرچه مطالعه‌ای شبیه به مطالعه حاضر صورت نگرفته است، اما در مطالعاتی نزدیک که تأثیر نانو لوله‌های کربنی بر روی پلی‌پورتان انجام شده است، به این نتیجه رسیده‌اند که این نانو مواد بدون جایه‌جایی محدوده پیک فرکانسی ضربی جذب، فقط سبب افزایش ارتفاع آن شده است (۲۵). در مطالعه دیگری در زمانی که به صورت همزمان از نانو خاک رس و نانو لوله‌های کربنی در زمینه پلی‌پورتان استفاده شده است، مشخص شد که با افزایش درصدهای این نانو مواد به صورت همزمان در ابتدا ضربی جذب صوت افزایش می‌یابد، اما در ادامه با کاهش مواجه می‌شود (۳).

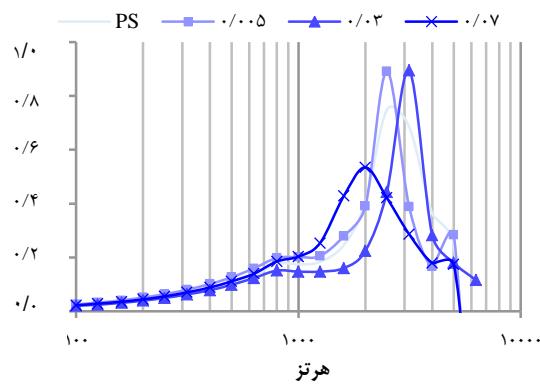
تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد به شماره ۳۹۳۲۹۷ می‌باشد. بدین وسیله، نویسنده‌گان مراتب قدردانی خود را از آزمایشگاه‌های صدا، ارتعاش و عوامل شیمیایی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به جهت تأمین وسایل و تجهیزات اعلام می‌نمایند. همچنین، از پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران که در مراحل فوم کردن پلیمر و نانو کامپوزیت همکاری داشته‌اند، قدردانی می‌گردد.

References

1. Jakovljevic B, Belojevic G, Paunovic K, Stojanov V. Road traffic noise and sleep disturbances in an urban population: Cross-sectional study. Croat Med J 2006; 47(1): 125-33.
2. Ising H, Babisch W, Kruppa B. Noise-induced endocrine effects and cardiovascular risk. Noise Health 1999; 1(4): 37-48.
3. Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. Noise Health 2000; 2(7): 7-24.
4. Persson WK, Bengtsson J, Kjellberg A, Benton S. Low frequency noise "pollution" interferes with performance. Noise Health 2001; 4(13): 33-49.
5. Seddeq HS. Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials. Aust J Basic Appl Sci 2009; 3(4): 4610-7.
6. Ersoy S, Küçük H. Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. Appl Acoust 2009; 70(1): 215-20.
7. Chen Y, Jiang N. Carbonized and Activated Non-wovens as High-Performance Acoustic Materials: Part I Noise Absorption. Text Res J 2007; 77(10): 785-91.
8. Sinha Ray S, Okamoto M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing. Prog Polym Sci

در اینجا هم در پیک محدوده فرکانسی جایه‌جایی رخ داد. با مقایسه ۰/۵ و ۳ درصد از نانو خاک رس با یکدیگر مشخص شد که هرچند ارتفاع بلندترین پیک به طور تقریبی بیکسان بود و باند باریکی از محدوده پیک فرکانسی دیده شد، با این وجود، در ۳ درصد از نانو خاک رس، محدوده پیک فرکانسی به سمت فرکانس‌های بالاتر شیفت پیدا کرد.



شکل ۳. نمودار ضربی جذب صوت

بحث

در مطالعه حاضر، نانو کامپوزیت پلی استایرن / نانو خاک رس با موقیت سنتز شد و به بررسی تأثیر و مقایسه درصدهای متفاوت (۰/۵، ۰/۳ و ۰/۷) نانو خاک رس بر روی ضربی جذب صوت فوم پلی استایرن سلول باز پرداخته شد. تأثیر پارامترهایی از قبیل درصد نانو خاک رس، میزان پراکنش پلیمر در نانو خاک رس بر روی ضربی جذب صوتی با استفاده از دستگاه لوله امپدانس بررسی گردید. نتایج حاصل از آزمون تفرق اشنه ایکس نشان داد که با کاهش درصد نانو خاک رس میزان جای دهی بالاتری از نانو خاک رس در زمینه پلیمری به خاک رس مشاهده شد و ساختار پراکنده‌ای از نانو خاک رس در زمینه پلیمری به دست آمد. با آنالیز نتایج حاصل از تست ضربی جذب صوتی، می‌توان اعلام کرد که درصدهای مشخص از نانو خاک رس‌ها تأثیرات متفاوت بر روی خواص صوتی مواد دارد. در زمانی که از ۰/۵ درصد نانو خاک رس استفاده شد، ساختار به طور کامل پراکنده مشاهده گردید و ارتفاع محدوده پیک فرکانسی نیز افزایش

- 2003; 28(11): 1539-641.
9. Shi H, Lan T, Pinnavaia TJ. Interfacial effects on the reinforcement properties of polymer-organoclay nanocomposites. *Chem Mater* 1996; 8(8): 1584-7.
 10. Gacitua W, Ballerini A, Zhang J. Polymer nanocomposites: synthetic and natural fillers a review. *Maderas Ciencia y tecnologia* 2005; 7(3): 159-78.
 11. Dufresne I A, Belgacem MN. Cellulose-reinforced composites: from micro-to nanoscale. *Polímeros* 2010; 23(3): 1-10.
 12. Sung CH, Lee KS, Lee KS, Oh SM, Kim JH, Kim MS, et al. Sound damping of a polyurethane foam nanocomposite. *Macromol Res* 2007; 15(5): 443-8.
 13. Bahrambeygi H, Sabetzadeh N, Rabbi A, Nasouri K, Mousavi Shoushtari A, Babaei MR. Nanofibers (PU and PAN) and nanoparticles (Nanoclay and MWNTs) simultaneous effects on polyurethane foam sound absorption. *J Polym Res* 2013; 20: 72.
 14. United States Environmental Protection Agency. AP-42: Compilation of air emission factors [Online]. [cited 2009]; Available from: URL: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors>
 15. Wondmagegn WT, Curran SA. A study of C60-poly(m-phenylenevinylene-co-2,5-dioctoxy-p-phenylenevinylene) nanocomposite. *Thin Solid Films* 2006; 515(4): 2393-7.
 16. Koohmarch GA, Hajian M, Fallahi H. Graft Copolymerization of Styrene from Poly (vinyl alcohol) via RAFT Process. *Int J Polym Sci* 2010; 2012; 190349.
 17. Zanetti M, Lomakin S, Camino G. Polymer layered silicate nanocomposites. *Macromol Mater Eng* 2000; 279(1): 1-9.
 18. Nguyen QT, Baird DG. Preparation of polymer-clay nanocomposites and their properties. *Adv Powder Technol* 2006; 25(4): 270-85.
 19. Roghani-Mamaqani H, Haddadi-Asl V, Najafi M, Salami-Kalajahi M. Synthesis and characterization of clay dispersed polystyrene nanocomposite via atom transfer radical polymerization. *Polym Compos* 2010; 31(11): 1829-37.
 20. Roghani-Mamaqani H, Haddadi-Asl V, Najafi M, Salami-Kalajahi M, Najafi M, Salami-Kalajahi M. Preparation of tailor-made polystyrene nanocomposite with mixed clay-anchored and free chains via atom transfer radical polymerization. *AIChE Journal* 2011; 57(7): 1873-81.
 21. Wang D, Zhu J, Yao Q, Wilkie CA. A Comparison of Various Methods for the Preparation of Polystyrene and Poly(methyl methacrylate) Clay Nanocomposites. *Chem Mater* 2002; 14(9): 3837-43.
 22. Liu G, Zhang L, Zhao D, Qu X. Bulk polymerization of styrene in the presence of organomodified montmorillonite. *J Appl Polym Sci* 2005; 96(4): 1146-52.
 23. International Organization for Standardization (IOS). ISO 10534-2 Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part 2: Transfer-function method [Online]. [cited 1998]; Available from: URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:10534:-2:ed-1:v1:en>
 24. Ashhari S, Sarabi AA, Kassiriha SM, Zaarei D. Investigation of rheological behavior to the state of dispersion in polyurethane-montmorillonite nanocomposites. *Journal of Color Science and Technology* 2009; 3(3): 89-96.
 25. Bandarian M, Shojaei A, Rashidi AM. Thermal, mechanical and acoustic damping properties of flexible open-cell polyurethane/multi-walled carbon nanotube foams: effect of surface functionality of nanotubes. *Polym Int* 2011; 60(3): 475-82.

Evaluation of Sound Absorption Coefficient of Various Proportions of Nanocomposite Polystyrene/Nanoclay at Different Frequencies

Farhad Forouhar-Majd¹, Masoud Mosayebi², Masoud Rismanchian³, Gholamali Kohmreh⁴, Zahra Mohammadi², Jafar Salehian²

Original Article

Abstract

Background: One way to control sound is the use of sound absorbing materials (especially polymer foams). In recent years, nanocomposite polymers have received much attention because of the improved properties of polymers. In this study, the effects of nanoclay on sound absorption coefficient of polymeric materials have been investigated.

Methods: Nanocomposite polystyrene/clay was synthesized using in-situ polymerization technique. For comparison of absorption coefficient, styrene polymer was also synthesized. The synthesized compounds were converted into foam using compression molding. Sound absorption coefficient was determined using impedance tube.

Findings: Absorption coefficient of styrene polymer had a peak in the frequency range of 2000 to 4000 Hz. The maximum absorption coefficient (0.75) was observed at a frequency of 2500. With 0.5% nanoclay, the highest absorption coefficient at the frequency of 2500 Hz reached a rate of 0.89. In 3% nanoclay, maximum absorption coefficient at the frequency of 3150 Hz was 0.9. In addition, in 7% nanoclay, maximum absorption coefficient (0.54) was observed at the frequency of 2000 Hz.

Conclusion: With the addition of 0.5% nanoclay to polymer, only the height of the frequency peak increased. In 3% nanoclay, in addition to increasing of absorption coefficient, the location of the frequency peak shifted. In 7% nanoclay, with the variation in the frequency peak range, an increase was observed in the absorption coefficient.

Keywords: Sound absorption coefficient, Polystyrene, Nanoclay

Citation: Forouhar-Majd F, Mosayebi M, Rismanchian M, Kohmreh G, Mohammadi Z, Salehian J. Evaluation of Sound Absorption Coefficient of Various Proportions of Nanocomposite Polystyrene/Nanoclay at Different Frequencies. J Health Syst Res 2017; 12(4): 454-9.

1- Assistant Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
 2- MSc Student, Department of Occupational Health Engineering, Student Research Committee, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
 4- Associate Professor, Department of Polymer Chemistry, School of Chemistry, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Masoud Rismanchian, Email: rismanchian@hlth.mui.ac.ir