نخستین کنفرانس ملی مواد نوین
۱۲-۱۳ اسفند ۱۳۹۹
دانشگاه یزد
جهاد دانشگاهی
پژوهشکده مواد نوین سرامیکی

تاثیر نانو ذره رس بر میرایی ارتعاش نانوکامپوزیت آکریلیک آب پایه

ساره موسوی[۱]، غلامحسین ظهوری[۲*]، محمد نورمحمدی[۳]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد شیمی پلیمر، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران. (کد طرح: ۵۳۵۵۶)

۲- استاد، عضو هیئت علمی گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۳- مدیر تحقیق و توسعه، شرکت عایق خودروتوس (گروه کارخانجات پارت لاستیک)، مشهد، ایران.

چکیده

اثر افزودن نانورس آبدو ست Cloisite 5a به رزین آکریلیکی پایه آبی به عنوان زمینه (با در صدهای ۱،۰، ۳، ۵ و۷) بر میرایی ارتعاش کامپوزیت مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها در شرایط یکسان تنها با اختلاف درصد نانوذره آماده شدند. از آزمون ارتعاش نانوکامپوزیت‌ها برای تعیین میرایی نمونه‌ها استفاده شد. مشاهده شد با افزودن نانوذرات میرایی ارتعاش نمونه‌ها نسبت به رزین آکریلیکی روند تقریبا صعودی دارد. افزایش ناگهانی شدید در ضریب میرایی (از ۰/۰۳۲۳ به ۰/۳۰۸۳) با افزایش نانوذره رس (از ۵٪ به ۷٪) مشاهده گردید که برای کاربردهای نظیر اعمال برروی نواحی در معرض لرزش و ارتعاش مانند بدنه اتومبیل و غیره کابرد مفیدی دارد.

کلمات کلیدی: نانورس، میرایی ارتعاش، ضریب میرایی، رزین آکریلیکی پایه آبی.

۱. مقدمه

در بسیاری از سازه‌های مهندسی، از جمله خودرو، تجهیزات نظامی، هواپیما، قایق، مسئله لرزش و ارتعاش حائز اهمیت است. ارتعاش موجب بوجود آمدن میکروترک‌ها در ساختار و خرابی زودرس می‌شود [۱]. در موتور خودروها به منظور کاهش ارتعا شات موتور از قطعات لرزه گیرا ستفاده می‌گردد. همچنین از قطعات لا ستیکی در اجزای مختلف فلزی خودرو به همین منظور استفاده می‌شود که میرایی صدا و ارتعاش را کاهش می‌دهد. میرایی باعث کاهش نوسانات سیستم و یا مانع از آن می‌گردد. هنگامی میرایی اتفاق می افتد که یک نیروی نوسانی خارجی به سیستم اعمال

*عهده دار مکاتبات

نشانی: خراسان رضوی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه شیمی، تلفن:۰۵۱۳۸۸۰۵۵۴۸، دورنگار: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶.

پیام نگار: zohuri@um.ac.ir

می‌گردد و با اتلاف انرژی مکانیکی (در واقع تبدیل آن به شـــکل‌های دیگر انرژی مانند گرما) اتفاق می‌افتد. در واقع میرایی تخفیف ارتعاش ایجاد شده در اثر تشدید اکوستیکی/ سازه‌ای، در سامانه است [۲].

در مواد ویسکوالاستیک آرایش‌های میرایی به دو طرح اصلی تقسیم بندی می‌شوند: لایه ویسکوالاستیک آزاد و لایه ویسکوالاستیک محدود شده. لایه ویسکوالاستیک آزاد بر روی صفحه‌ای که نیاز به میرایش آن است، متصل می‌شود. لایه ویسکوالاستیک تحت ارتعاش خمشی صفحه، در صفحاتی موازی با سطح صفحه به صورت کششی و فشاری تغییر شکل می‌دهد ولایه محدود شده شامل دو لایه الاستیک بیرونی با یک ماده ویسکوالاستیک به‌عنوان هسته است. هنگامی که ساختار پایه دچار ارتعاش خمشی می شود، ماده ویسکوالاستیک به دلیل سفت‌تر بودن لایه بالایی، ملزم به تغییر شکل برشی شده، میرایی قابل ملاحظه در محدوده‌ای از بسامد به دست می‌آید که میان سفتی برشی لایه ویسکوالاستیک و سفتی کششی لایه محدودکننده تعادل ایجاد می‌شود [۳].

رزین‌های آکریلیک که در پوشـــش‌ها اســـتفاده می‌شـــوند، به طور عمده شـــامل مونومرهای متاکریلیک اســـید و استرهای آکریلیک هستند که از طریق پلیمریزاسیون افزایشی تولید می شوند [٤]. پوشش‌های آب پایه، سامانه‌هایی هستند که حلال آن‌ها آب است. پژوهش درباره پوشش‌های آب پایه از دهه ۱۹۵۰ آغاز شد و امروزه این پوشش‌ها کاربردهای متعددی پیدا کرده‌اند [۵]. میزان مواد آلی فرار (VOCs) در پوشش‌های آب پایه باید کمتر از ۲۵٪ باشد و به دلیل اینکه این نوع پوشـــش‌ها بجای حلال ابتدا با آب رقیق می‌شـــوند، می‌توان آن‌ها را با آب و صـــابون پاک کرد، بنابراین موجب صرفه جویی زیادی در هزینه حلال می‌شود [۵].

پلیمرهای پر شده با نانولایه‌های خاک‌رس به سبب خواص فیزیکی نظیر نفوذ ناپذیری، نوری و غیره و خواص مکانیکی نظیر کشش، ضربه و غیره مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته‌اند. به طورکلی افزودن نانورس به زمینه پلیمری منجر به دو نوع شکل شناسی مختلف می‌شود: شکل‌شناسی در میان لایه‌ای و شکل‌شناسی ورقه‌ای. درحالت اول پلیمر وارد فضـــای مابین لایه‌ها شـــده و درحالت دوم صـــفحات ســـیلیکاتی به‌طور نامنظم در زمینه پلیمری پخش می‌شـــوند. ساختار ورقه‌ای شده به دلیل مساحت سطح بالاتر زمینه پلیمری با لایه‌های سیلیکاتی و پخش یکنواخت آن‌ها در بیشتر موارد خواص برتری نسبت به شکل‌شناسی در میان لایه‌ای دارد [٦].

۲. روش تحقیق

۲-۱. مواد مورد استفاده

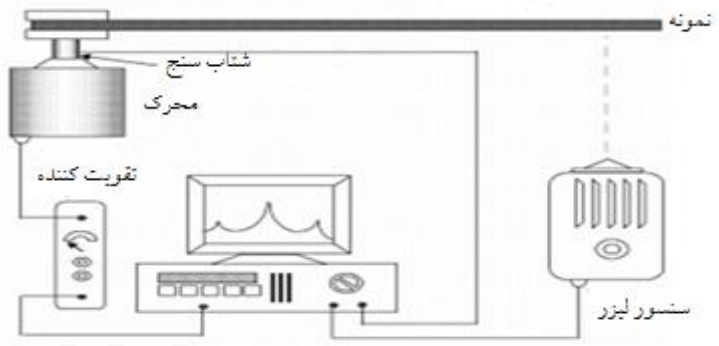
از دو رزین اکریلیک استر/ اکریلونیتریل و استایرن اکریلات با نام تجاری Acronal A378 و Acronal S504 به عنوان فاز زمینه، Cloisite 5a آبدوست به عنوان نانوذره و پودر میکا به عنوان فیلر استفاده شد.

۲-۲. روش آماده سازی

پخش نانوذرات رس درون رزین‌های آبی اکریلیکی به دو روش حمام فراصوت و هم زن مکانیکی انجام شد. ابتدا ذرات رس در درصد وزنی‌های ۰، ۱، ۳، ۵ و ۷ در آب با فرایند فراصوت به مدت ۱ ساعت باز شده و سپس درون مخلوط دو رزین آکریلیک توسط هم زن مکانیکی با دور (۲۰۰۰ rpm) و حمام التراسونیک (به مدت ۲ ساعت) پخش شدند تا خمیر یکنواختی ایجاد گردد. به منظور ساخت نمونه‌های آزمون میرایی ارتعاش، خمیر را یک طرف تیرچه‌های فلزی از جنس فولاد ضدزنگ به ابعاد ۱×۲٤ سانتی‌متر به ضخامت ۲ میلی‌متر اعمال نموده و سپس در آون (به مدت ۲۰ دقیقه) در دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد پخت شد.

۲-۳. آزمون تعیین میرایی ارتعاش

آزمون ارتعاش نانوکامپوزیت‌ها به منظور اندازه گیری میرایی آن‌ها انجام می‌شود. تیرچه نانوکامپوزیتی به ابعاد ۱× ۲٤ سانتی‌متر توسط نگهدارنده در یک انتها ثابت می‌شود. ترانزیستور پروکسیمیتی به عنوان تحریک کننده نزدیک به گیره تکیه گاه، تیرچه را در محدوده ۸۰۰-۰ هرتز تهییج می‌کند. نو سان سنج لیزری علایم‌های ارتعاش را از انتهای آزاد تیرچه جمع آوری کرده، به تحلیل‌گر علائم می‌فرستد و نمودار پاسخ بسامدی تیرچه که بسامدهای تشدید و مقدار میرایی هر مد ارتعاش درآن قابل مشاهده و ارزیابی است، ثبت می‌شوند. نسبت ورودی به خروجی به صورت دو بخش موهومی و حقیقی ثبت می‌شود که می‌توان با ترسیم مجذورات بخش موهومی و حقیقی نسبت به بسامد، پاسخ بسامد را به دست آورد. شکل ۱ طرح کلی آزمون را نشان می‌دهد [٦].



شکل ۱. طرح کلی آماده سازی آزمون ارتعاش [٦].

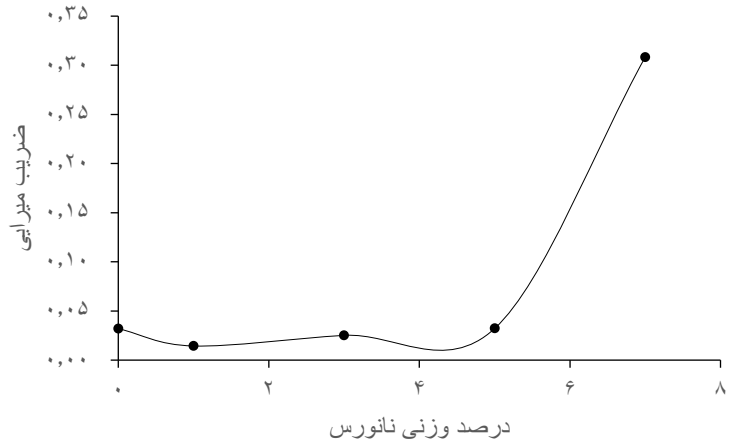
۳. نتایج و بحث

پاسخ بسامدی حاصل از تهییج یک نمونه سرگیردار به طور مستقیم توسط نرم افزار اندازه گیری شد. سه اوج در پاسخ بسامدی نمایش داده شد که بیانگر بسامدهای تشدید در سه مد ارتعاش خمشی نمونه است. جدول۱ نتایج به دست آمده را نشان می‌دهد.

جدول۱. ضریب میرایی سه مد اول آزمون میرایی ارتعاش.

نمونه	مد اول ۲۰۰ Hz	مد دوم ۳۰۰ Hz	مد سوم ۵۰۰ Hz
آکریلیک	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۰٤	۰/۰۳۲
آکریلیک+ ۱٪ نانورس	۰/۰۱۵۸	۰/۰۱۵۵	۰/۰۱٤٤
آکریلیک+ ۳٪ نانورس	۰/۰۳۱۰	۰/۰۲۹۹	۰/۰۲۵۲
آکریلیک+ ۵٪ نانورس	۰/۰۲۹۸	۰/۰۳۰٤	۰/۰۳۲۳
آکریلیک+ ۷٪ نانورس	۰/۲٦۰۳	۰/۰۵٤۸	۰/۳۰۸۳

مشاهده می‌شود مد ارتعاش اکثر نانوکامپوزیت‌ها درمقایسه با نمونه فاقد نانورس افزایش یافته. همچنین مشاهده می شود مقدار میرایی در نانوکامپوزیت‌های حاوی نانورس با افزایش درصد نانوذره روند تقریبا افزایشی دارد. شکل۲ نمایانگر ضریب میرایی ارتعاش نمونه‌های ۰، ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد وزنی نانورس در مد سوم ارتعاش (۵۰۰ Hz) است. باتوجه به نتایج در نمونه حاوی ۷ درصد نانورس بیشترین ضریب میرایی مشاهده گردید.



شکل۲. ضریب میرایی نانوکامپوزیت‌های آکریلیک نانورس Cloisite 5a در مد سوم ارتعاش.

ساز و کار میرایی برای این سامانه، ساز و کار چسبندگی- لغزش است. اینگونه که با اعمال تنش عمودی، نانوکامپوزیت شروع به افزایش طول کرده و زمینه آکریلیک تنش برشی را به نانو رس وارد می‌کند. بنابراین در نتیجه انتقال بار، کرنش عمودی در نانوذرات ایجاد شده و باعث افزایش طول در آن می‌شود. اگر تنش اعمالی کم باشد، نانورس به آکریلیک متصل خواهد بود (فاز چسبندگی). آکریلیک و نانو رس هر دو در طول این فاز همراه یکدیگر حرکت می‌کنند و کرنش‌های یکسانی دارند. با افزایش تنش اعمالی، تنش برشی روی نانو رس افزایش می‌یابد. این امر موجب افزایش طول بیشتر در آکریلیک و نانو رس خواهد شد. در مقدار مشخصی از تنش برشی (تنش برشی بحرانی)، نانو رس از آکریلیک جدا می‌شود. وقتی که تنش برشی روی نانو ذره به بیشتر از این مقدار افزایش یابد، آکریلیک شروع به لغزش بر روی سطح نانوذره می‌کند. کرنش در نانو رس در مقدار بیشینه خود ثابت می‌ماند درحالیکه کرنش در آکریلیک در حال افزایش است (فاز لغزش). در اثر لغزش میان آکریلیک و نانو رس اتلاف انرژی وجود خواهد داشت و منجر به میرایش در سامانه خواهد شد. اگر چسبندگی مناسبی بین نانو رس و رزین آکریلیک برقرار باشد، لغزش کمی رخ می‌دهد بعبارتی دیگر اگر چسبندگی بین نانو رس و آکریلیک ضعیف باشند، انتقال بار قابل ملاحظه‌ای وجود نخواهد داشت و لغزش بیشتری در سطح مشترک رخ می‌دهد که منجر به اتلاف انرژی و میرایی می‌گردد. هرچه درصد نانو ذرات رس در زمینه بیشتر شود فاز چسبندگی کاهش و فاز لغزش افزایش می‌یابد و بطور کلی میرایش سامانه بیشتر می‌شود. به همین علت در نمونه شامل ۷٪ نانو رس بیشترین میرایی مشاهده گردید.

٤. نتیجه‌گیری

نانوکامپوزیت‌هایی با درصد وزنی (۰، ۱، ۳، ۵ و ۷) نانو رس تهیه شد. نتایج آزمون ارتعاش میرایی نشان داد نمونه حاوی ۷٪ نانورس در مد سوم (فرکانس ۵۰۰ Hz) بیشترین ضریب میرایی را دارد. دو عامل مهم چسبندگی نانوذره-زمینه و پخش نانوذره عوامل تاثیر گذار در میرایی ارتعاش هستند. نانوصفحات خاک رس در میرایی ارتعاش

همانند لایه‌های میرا کننده آزاد و محدود شده بی‌شماری عمل می‌کنند. طبق نتایج حا صل از آزمایش به منظور دا شتن خواص میرایی بهتر نسبت به رزین آکریلیکی خالص، استفاده از۷٪ نانوذره رس توصیه می‌شود.

مراجع

[1] Prabhakaran, S., Krishnaraj, V., Zitoune, R., "Sound and vibration damping properties of flax fiber reinforced composites", *Procedia Engineering*, Vol. *97*, No.1, 573-581, 2014.

[2] Geethamma, V. G., Asaletha, R., Kalarikkal, N., Thomas, S., " Vibration and sound damping in polymers", *Resonance*, Vol. 19, No. 9, 821-833, 2014.

[3] Sperling., Howard, L., " Sound and vibration damping with polymers: Basic viscoelastic definitions and concepts" *ACS Publications*, Vol. 424, No. 1, 5-22, 1990.

[4] Koleske, J. V., "Paint and coating testing manual: of the Gardner-Sward handbook; Paint testing manual", Fourtheenth edition, Philadelphia, ASTM, 1995.

[۵] سلیمانی، ح، میقانی، ح، "مروری بر پوشش‌های پایه آبی آکریلیک اصلاح شده با پلیمرهای با عملکرد بالا و نانو مواد"، نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ، دوره ٦، شماره۱، ۱۳۹۵.

[6] Mohan, T. P., Ramesh Kumar, M., Velmurugan, R., "Thermal, mechanical and vibration characteristics of epoxy-clay nanocomposites", *Journal of materials science*, Vol. 41, No. 18, 5915-5925, 2006.

[7] Yeh, M. K., Hsieh, T. H.,"Dynamic properties of MWNTS/epoxynano composite beams", *In Key Engineering Materials*, Vol. 334, No.1, 709-712, 2007.