بررسی اثر نانوذره سیلیکا بر ویسکوزیته و میرایی ارتعاش نانوکامپوزیت آکریلیکی 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

تاثیر افزودن نانوسیلیکا آبدوست با درصد وزنی متفاوت (۱،۰، ۳، ۵ و۷) به بستر آکریلیک آب پایه بر ویسکوزیته فیلم قبل از پخت، میزان ریزش و میرایی ارتعاش نانوکامپوزیت مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین ویسکوزیته نمونه‌ها از ویسکومتر چرخشی و برای تعیین میرایی از آزمون میرایی ارتعاش نانوکامپوزیت‌ها استفاده شد. مشاهده گردید که با افزایش درصد نانوذرات ویسکوزیته و میرایی ارتعاش نمونه‌ها روند صعودی دارد. افزایش ناگهانی شدید در ضریب میرایی از ۰/۰۱۷۵ به ۰/۳۳۴۸ با افزایش نانوذره سیلیکا (از ۳٪ به ۵٪) مشاهده گردید. همچنین مشاهده شد هرچه درصد نانوذره در نمونه‌ها بیشتر شد به دلیل افزایش ویسکوزیته، میزان ریزش آن‌ها بر روی صفحات فلزی عمودی کمتر می‌شود.

کلمات کلیدی: نانوسیلیکا، آکریلیک آب پایه، میرایی ارتعاش، ویسکوریته.

۱. مقدمه

بسیاری از سامانه‌های عمومی در معرض حرکت‌های ارتعاشی هستند. ارتعاش، امواج مکانیکی از جنس انرژی هستند که از طریق اجسام جامد منتقل می‌شود. به منظور کنترل ارتعاشات دو روش وجود دارد روش اول هدف کنترل منبع صدا ست تا تجهیزی با نویز کمتر تولید شود. این روش به دلیل هزینه و تکنولوژی بالا به صرفه نخواهد بود. در روش دوم به منظور کاهش یا از بین بردن موج ارتعاش در طول مسیر انتقال، از اعمال مواد جاذب استفاده می‌گردد[۱].

*عهده دار مکاتبات

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

پیام نگار: zohuri@um.ac.ir

میرایی باعث کاهش نوسانات سیستم می‌شود از این رو میرایی را می‌توان ظرفیت جذب انرژی تعریف نمود [۲]. میرا کردن سامانه منجر به کاهش لرزش‌های هوا الاستیک، افزایش عمر خستگی قطعات سازه و کاسته شدن صدای داخل اتاقک می شود. در واقع دا شتن میرایی بالا از عوامل مهم طراحی اجزای ما شین‌ها و تجهیزات صنعتی ا ست [۳]. مواد ویسکوالاستیک با قابلیت بالای میرایی ارتعاش و جذب صوت، انتخاب مناسبی برای کاهش سطح ارتعاشات می‌باشد [٤].

رزین‌های آکریلیک آب پایه کاربردهای فراوانی دارند از جمله دربسیاری از چسب‌ها و پوشش‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. فیلم حاصل از رزین آکریلیکی، ویژگی‌هایی نظیر مقاومت بالا در برابر شرایط جوی، مقاومت در برابر پرتو فرابنفش و براقیت بالا از خود ن شان می‌دهند و ن سبت به پو شش‌های پایه حلالی، ماندگاری بالاتر، گرانروی قابل تنظیم با آب، مقاومت شیمیایی و استحکام بالاتر دارند. رزین‌های آکریلیک به علت آب پایه بودن و خواصی که دارند دارای مزایای بسیاری هستند که از جمله می‌توان به دوام بسیار خوب، مقاومت بالا در برابر نور خور شید، مقاومت خوب در برابر رطوبت، مقاومت در برابر ترک بردا شتن، مقاومت در برابر سایش و خراش، حفظ براقیت با گذشت زمان و حفظ رنگ در سطح با گذشت زمان اشاره نمود. مهم‌ترین معایب این رزین‌ها نسبت به رزین‌های حلال پایه عبارتند از نیاز به کنترل رطوبت محیط در مرحله تشکیل فیلم، مقاومت ضعیف این پو شش‌ها در برابر شوینده‌ها و حساسیت زیاد به آماده سازی سطح به علت کشش سطحی بالای آب [۵].

مواد ویسکوالاستیک به دلیل خاصیت میرایی قابل توجه خود در کاربردهای میرایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. با وجود اینکه مواد الا ستومری برای کاربردهای میرایی موثر بوده‌ا ست اما این مواد محدودیت‌هایی ازقبیل ازد ست دادن وزن، عملکرد میرایی ضعیف در دماهای بالا، هدایت حرارتی ضعیف وابستگی بالای کارایی به دما و بسامد ارتعاش دارند [٦]. فناوری نانو قادر به حل مسائل مربوط به میرایی ارتعاش و صوت در صنعت خودرو و هوا فضا شده‌است [۷]. باتوجه به اینکه چه تعداد از ابعاد نانومواد در مقیاس نانومتری ا ست، به سه د سته تقسیم می شود. اگر هر سه بعد در مقیاس نانو باشد، نانوذرات هم بعد خواهندبود، مانند نانوذرات سیلیکا، اگر دو بعد درمقیاس نانو باشند مانند نانولوله‌کربنی و اگر تنها یک بعد در مقیاس نانو باشد نانو ماده صفحه‌ای مانند خاک‌رس خواهیم داشت [۸]. ویسکوزیته یک پارامتر مهم در تعیین میزان ریزش نانوکامپوزیت پس از اعمال روی سطح است.

هدف از اجرای این طرح برر سی تاثیر نانوذره سیلیکا بر میرایی ارتعاش نانوکامپوزیت‌های آکریلیک آب پایه و ویسکوزیته آن است.

۲. روش تحقیق

۲-۱. مواد مورد استفاده

از رزین‌های آکریلیک استر/ آکریلونیتریل و استایرن اکریلات با نام تجاری Acronal A378 و Acronal S504 به عنوان فاز بستر و نانوسیلیکا آبدوست با نام تجاری XYSIL 200 به عنوان نانوذره استفاده شد.

۲-۲. روش آماده سازی

در ابتدا نانوذرات سیلیکا در درصد وزنی‌های متفاوت (۰، ۱، ۳، ۵ و ۷) در آب با فرایند فراصوت به مدت یک ساعت باز شد و سپس به رزین آکریلیکی تحت هم زن مکانیکی با دور rpm ۲۰۰۰ و حمام التراسونیک (به مدت ۲ ساعت) اضافه گردید تا بطور یکسان پخش شوند و فیلم یکنواختی ایجاد گردد. پس از آن ویسکوزیته فیلم‌های تهیه شده توسط دستگاه ویسکومتر چرخشی Brookfield مدل DV2T اندازه گیری شد. همچنین نمونه‌ها پس از آماده سازی برای مشاهده میزان ریزش روی صفحه فلزی به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر و ضخامت ۳ میلی‌متر اعمال شدند و (به مدت ۲۰ دقیقه) به حالت عمودی در محیط قرار گرفتند.

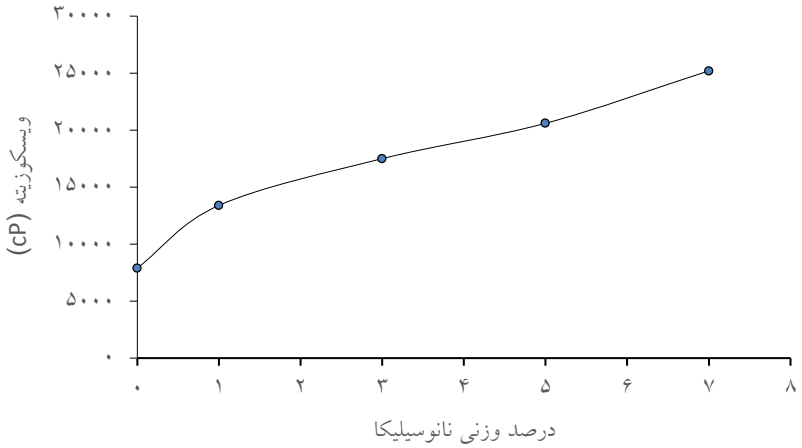
به منظور آماده سازی نمونه‌ها برای آزمون میرایی ارتعاش، فیلم را یک طرف تیرچه‌های فلزی به ابعاد ۱×۲٤ سانتی‌متر از جنس فولاد ضدزنگ به ضخامت ۲ میلی‌متر اعمال کرده و سپس در آون (به مدت ۲۰ دقیقه) در دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد پخت شد.

۲-۳. آزمون تعیین میرایی ارتعاش

به منظور اندازه گیری میرایی نانوکامپوزیت‌ها از آزمون میرایی ارتعاش استفاده می‌شود [۹]. نگهدارنده تیرچه نانوکامپوزیتی به ابعاد ۱× ۲٤ سانتی‌متر را در یک انتها ثابت نگه می‌دارد. تیرچه توسط ترانزیستور پروکسیمیتی به عنوان تحریک کننده نزدیک به گیره تکیه گاه، در محدوده ۸۰۰-۰ هرتز تهییج می شود. 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 [۹].

۳. نتایج و بحث

تاثیر نانو ذره سیلیکا بر ویسکوزیته فیلم‌های نانوکامپوزیت قبل از پخت در دمای محیط مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). افزایش فزایند ویسکوزیته نانوکامپوزیت (به دلیل برهمکنش بین نانوذرات سیلیکا آبدوست و زنجیرهای پلیمری آکریلیک) بر اثر افزایش درصد وزنی نانو ذره سیلیکا مشهود می‌باشد. همچنین برای بررسی ریزش نمونه‌هایی که به صورت عمودی قرار گرفته بودند مشاهده شد هرچه درصد نانو سیلیکا در نمونه بیشتر شود (ویسکوزیته نمونه‌ها بیشتر شود) میزان ریزش کمتر می شود. با توجه به اینکه کم بودن میزان ریزش ویژگی مثبت و کاربردی برای اعمال فیلم‌های میرایی بر روی مناطق در معرض لرزش در اتومبیل و غیره است پس با افزایش درصد نانوذره میزان ریزش فیلم‌ها کاهش یافته و کاربرد آن بیشتر می‌گردد.



شکل۱. تاثیر نانوذره سیلیکا بر ویسکوزیته نانوکامپوزیت قبل از پخت.

پاسخ بسامدی حاصل از تهییج یک نمونه سرگیردار به طور مستقیم توسط نرم افزار اندازه‌گیری 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٪ نانوسیلیکا	۰/۰۲۳٤	۰/۰۱۸۳	۰/۰۱٤٤
آکریلیک+ ۳٪ نانوسیلیکا	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۱۷	۰/۰۱۷۵
آکریلیک+ ۵٪ نانوسیلیکا	۰/۲۷۵۰	۰/۰۵۲۸	۰/۳۳٤۸
آکریلیک+ ۷٪ نانوسیلیکا	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱٦٦	۰/۰۸۳

مد ارتعاش اکثر نمونه‌ها در مقایسه با نمونه‌های فاقد سیلیکا افزایش یافته است (جدول۱). همچنین مشاهده می شود مقدار میرایی با افزایش درصد نانوذره سیلیکا تا ۵٪ تقریبا روند صعودی دارد. ساز و کار اتلاف انرژی برای این سامانه، ساز و کار چسبندگی- لغزش است. به اینگونه که با اعمال تنش، نانو کامپوزیت شروع به افزایش طول کرده و زمینه آکریلیک تنش را به ذرات نانو سیلیکا وارد می‌کند. اگر تنش اعمالی کم باشد فاز چسبندگی بوجود می‌آید و نانوسیلیکا به آکریلیک متصل خواهد بود و هردو در این فاز همراه یکدیگر حرکت می‌کنند و اگر تنش اعمالی از حدی بیشتر شود فاز لغزش بوجود می‌آید و آکریلیک شروع به لغزش بر روی سطح نانو ذره می‌کند که در اثر لغزش، اتلاف انرژی بوجود آمده و منجر به میرایی سامانه می شود. هرچه درصد نانو ذرات سیلیکا در زمینه بیشتر شود فاز چسبندگی کاهش و فاز لغزش افزایش می‌یابد و بطور کلی میرایش سامانه بیشتر می شود. با توجه به نتایج در نمونه حاوی ۵٪ نانوسیلیکا در مد سوم (۵۰۰ Hz) بیشترین ضریب میرایی مشاهده گردید. علت کاهش میرایی از ۵٪ به ۷٪ احتمالا به دلیل تجمع و کلوخه ای شدن نانوذرات در فاز زمینه و کاهش مقدار سطح در تماس نانوسیلیکا و زمینه است. همچنین نانوصفحات سیلیکا در میرایی ارتعاش همانند لایه‌های میرا کننده بیشماری عمل می‌کنند.

٤. نتیجه‌گیری

نانوکامپوزیت‌هایی با درصد وزنی (۰، ۱، ۳، ۵ و ۷) نانو سیلیکا تهیه شد. ویسکوزیته نمونه‌های تهیه شده قبل از پخت اندازه‌گیری شد و نتیجه نشان داد با افزایش درصد نانوذره سیلیکا ویسکوزیته نیز روند صعودی داشت و میزان ریزش کمتر شد. نتایج آزمون ارتعاش میرایی نشان داد نمونه حاوی ۵٪ نانوسیلیکا در مد سوم (فرکانس ۵۰۰ Hz) بیشترین ضریب میرایی را دارد. طبق نتایج حاصل از آزمایش به منظور داشتن خواص میرایی بهتر و ریزش کمتر نسبت به رزین آکریلیکی خالص، استفاده از ۵٪ نانوذره سیلیکا توصیه می‌شود.

مراجع

[1] Atan, M., Akmal, B., "Influence of UV irradiated on high doping TiO2 of polymer foam for acoustic study", Masters thesis, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia, 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] Koratkar, N., Wei, B. Q., Ajayan, P. M., "Carbon nanotube films for damping applications", *Advanced Materials*, Vol. 14, No. 13-14, 997-1000, 2002.

[4] Chen, C. P., Lakes, R. S., "Analysis of high-loss viscoelastic composites", *Journal of materials science*, Vol. *28*, No. 16, 4299-4304, 1993.

[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] Suhr, J., Koratkar, N. A., Ye, D., Lu, T. M., " Damping properties of epoxy films with nanoscale fillers". *Journal of intelligent material systems and structures*, Vol. 17, No. 3, 255-260, 2006.

[7] Chandradass, J., Bae, D. S., " Influence of barium titanate nanopowder on the thermo-mechanical, damping and vibration characteristics of epoxy laminates", *Journal of reinforced plastics and composites*, Vol. 28, No. 10, 1235-1243, 2009.

[8] Chandradass, J., Ramesh Kumar, M., Velmurugan, R., "Effect of clay dispersion on mechanical, thermal and vibration properties of glass fiber-reinforced vinyl ester composites", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 27, No. 15 ,1585-1601, 2008.

[9] 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.