نانو تکنولوژی

مروری بر کاربرد نانوالیاف در عایق های صوتی

عطیه قاجاریه [۱] | اعظم طالبیان [۲] | سیما حبیبی [۲]

چکیده

در سال های اخیر، سر و صدا به یک خطر جدی تبدیل شده و می تواند اثرات بیولوژیکی و روانی دائمی بر روی انسان و سایر ارگانیسم‌های طبیعی داشته باشد.کاهش سر و صدا با استفاده از مواد جاذب صوت روش مهمی برای کاهش آسیب های ناشی از آلودگی صوتی است.در میان مواد مختلف جاذب صوت، مواد نساجی به خصوص نانوالیاف،به عنوان جاذب صوت،از اهمیت و کاربرد بیشتری برخوردار هستند. نانوالیاف، به دلیل داشتن خواص فوق العاده ای چون نسبت طول به قطر زیاد،تخلخل و سطح ویژه بالا منجر به بهبود چشمگیری در خواص آکوستیکی ماده می شوند؛ بدون اینکه اثرات منفی مانند افزایش وزن و حجم را ایجاد نمایند. بنابراین در کاهش نویز پتانسیل بسیار خوبی دارند. از این رو، در این مقاله مکانیسم جذب صدا توسط نانوالیاف و پیشرفتهای اخیر در خصوص جذب صوت نانوالیاف مختلف به طور خلاصه شرح داده شده است.

۱- مقدمه

با توسعه شهرنشینی و پیشرفت حمل و نقل ، آلودگی صوتی در سراسر جهان به یک مشکل رو به رشد برای سلامتی انسان ها تبدیل شده است. آلودگی صوتی باعث ایجاد خطرات جدی همچون افت موقت یا دائم شنوایی ، وزوز گوش ، اختلال حافظه، مختل شدن خواب و حتی افزایش فشار خون ، ضربان قلب و اضطراب گشته است. در نتیجه کنترل صدای محیط زندگی از اهمیت بالایی برخوردار است. سر و صدا عمدتا از دو بخش کنترل می شود.

راه اول حذف منبع صدا یا کاهش شدت صدا و راه دوم ایجاد انواع ساختارهای مختلف برای جذب صوت است؛ بنابراین تهیه یک ماده سازگار با محیط زیست که بتواند باعث کاهش آلودگی صوتی در محیط شود ، چالشی مهم است.

جاذب‌های صوتی صدا را از طریق جذب کاهش می‌دهند ، بدین صورت که مقداری یا تمام انرژی صوتی را به گرما تبدیل می کنند و یا به صوت اجازه می دهند بدون بازتاب به بیرون، از داخل ماده جاذب عبور کند. در میان جاذب‌های مختلف، غشاهای نانو لیفی می‌توانند با افزایش ضریب جذب صدا و کاهش ضخامت و وزن جاذب، مزایای رقابتی را در بین محصولات عایق صوتی بهبود بخشند

برخلاف جاذب‌های صدا رایج، غشاهای جذب صدا بر پایه الیاف زیر میکرون، توانایی جذب صدای بالاتری را نشان می دهند. از آنجا که این غشاء مجبور است توسط امواج صوتی با فرکانس پایین لرزش داشته باشد، انرژی جنبشی غشاء به دلیل اصطکاک الیاف، اصطکاک غشاء با هوا و سایر لایه های مواد چیده شده، به انرژی حرارتی تبدیل می شود. بخشی از انرژی را نیز می‌توان از طریق پراکندگی الیاف و لرزش ناشی از الیاف یا بخشهای آن جذب کرد.

این خصوصیات منحصر به فرد از طبیعت لایه های نانوالیافی از جمله قطر کوچک نانوالیاف (مساحت سطح مخصوص بالا) و تخلخل بالا ناشی می گردد. این امر باعث از بین رفتن ویسکوزیته بالا در کنار مواد دیگر شده و در نتیجه انرژی آکوستیک بیشتری از بین می رود. این غشاء به دلیل رزونانس در فرکانس طبیعی خود قادر به جذب انرژی صوتی با فرکانس پایین است. عناصر نانو لیفی و استحکام مطلوب غشاء می تواند منجر به لرزش بیشتر سیستم آکوستیک شود؛ بنابراین، در این مطالعه خصوصیات و مکانیسم جذب صدا توسط نانوالیاف و پیشرفت‌های اخیر در خصوص جذب صوت نانوالیاف مختلف شرح داده شده است.

۲ .مواد جاذب صوت

مواد جاذب صوت به سه دسته تقسیم می شوند: جاذب‌های متخلخل، جاذب‌های پنلی و جاذب‌های رزونانسی. به طور کلی در فرکانس‌های بالا جاذب‌های متخلخل مؤثرتر هستند و در فرکانس‌های پایین، جاذب‌های پنلی و رزونانسی تأثیر بیشتری دارند. مواد جاذب صوت متخلخل متداول را می‌توان به فوم جاذب صوت و مواد جاذب صوت لیفی طبقه بندی کرد. فوم های جاذب صوت از ساختارهای سلولی تشکیل شده است که به یکدیگر متصل می شوند ، در حالی که مواد جاذب صوت لیفی حاوی کانال های زیادی بین الیاف تولید شده هستند و این الیاف ممکن است شامل رشته های پیوسته یا الیاف کوتاه باشند. برای بهبود عملکرد جذب صوت معمولاً از نانوالیاف الکتروریسی شده برای ترکیب با جاذب‌های متخلخل معمولی استفاده می شود.

.فرکانس جذب صوت غشای نانولیفی با افزایش تراکم سطح غشاء کاهش می‌یابد و با کاهش متوسط قطر نانوالیاف افزایش می یابد. از طرفی امکان حرکت نانوالیاف در ساختار نانولیفی بر جذب صوت حاصل از آن تأثیر مستقیم دارد. بنابراین ، لایه نانو لیفی در مقایسه با الیاف معمولی دارای خاصیت جذب آکوستیک متفاوتی است. ثابت شده است که بر هم کنش بین امواج صوتی و سطح مخصوص بالای نانوالیاف ، اصطکاک هوای داخل نانوذرات و ارتعاشات نانولایه ها همه در بهبود جذب آکوستیک نانوالیاف نقش داشته اند.

۲,۱ مکانیسم جذب صوت

مکانیسم جذب انرژی صوتی الیاف عمدتاً شامل سه فرآیند فیزیکی است: اولاً در اثر برخورد موج صدا با سطح ماده متخلخل، ذرات هوایی که در داخل خلل و فرج وجود دارند، به لرزش در می آیند . همچنین مسیر حرکت موج به علت اصطکاک سایشی که با ذرات ماده وجود دارد تغییر کرده و اندازه حرکتش کاهش می یابد.

از طرف دیگر اثر ویسکوزیته بین لیف و حفره های هوا بخشی از انرژی صوتی را ضعیف کرده که این پدیده باعث می شود که انرژی صدا به گرما تبدیل شود.

ثانیا انتقال حرارت به دلیل تمایز دما بین الیاف مختلف اتفاق می افتد و این فرایند باعث کاهش بیشتر انرژی صدا می شود. سوما اکثر الیاف با پراکندگی انرژی و لرزش جداگانه هر لیف، انرژی صوت را جذب می کنند. با این حال، میزان جذب انرژی به شدت وابسته به خصوصیات فیزیکی الیاف می باشد.

۲,۲ عوامل موثر در جذب صوت

از جمله عوامل مؤثر بر عملکرد صوتی مواد جذب کننده صدا می توان به طول لیف، ظرافت لیف ، میزان مقاومت در برابر جریان هوا ، تخلخل ، ضخامت ، چگالی، فشردگی، فرکانس موج صدا ، فاصله هوایی در پشت جاذب، سطح امپدانس ، قرارگیری یا موقعیت مواد جذب کننده صدا ، عملکرد مواد جاذب صدا اشاره کرد.

۲,۳ جاذب های صوت نانولیفی

نانوالیاف با مساحت سطح بالا در اثر اصطکاک و ویسکوزیته تا حد زیادی موجب اتلاف انرژی صوتی می گردند. الکتروریسی روشی مستقیم و ساده برای تولید الیاف با قطر میکرومتر تا نانومتر است.با توجه به راحتی تولید و فرآیند قابل کنترل، نانوالیاف الکتروریسی شده برای تهیه جاذب های صوتی با کارآیی بالا مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای بهبود عملکرد جذب صدا معمولاً از نانو الیاف برای ترکیب با جاذب‌های متخلخل معمولی استفاده می گردد.

درپژوهشی ربی و همکاران کامپوزیت لیفی حاوی لایه‌های نانوالیاف پلی اکریلونیتریل و لایه‌های بی‌بافت پلی استری را تهیه کردند و جذب صوت نمونه‌ها توسط دستگاه امپدانس اندازه گیری شد.نتایج این محققان نشان داد که حضور لایه‌های نانولیفی با وزن و ضخامت بسیار پایین باعث افزایش چشمگیر درصد جذب صوت گردیده است. همچنین جذب‌صوت با افزایش تعداد و دانسیته سطحی لایه نانولیفی افزایش یافت.

نانوالیاف پلی وینیل الکل فلوراید پیزوالکتریک(PVDF و PVDF /گرافن) Gp جهت جذب صدا توسط Wu و همکاران الکتروریسی شدند.

اوج فاز شفاف در پیک‌های ۸۴۰ و ۱۲۷۸ ۱ – cm در طیف سنجی FTIR در نمونه‌های کشش داده شده و غشای نانولیفی FPVD و PVDF/Gp الکتروریسی شده مشاهده شد.

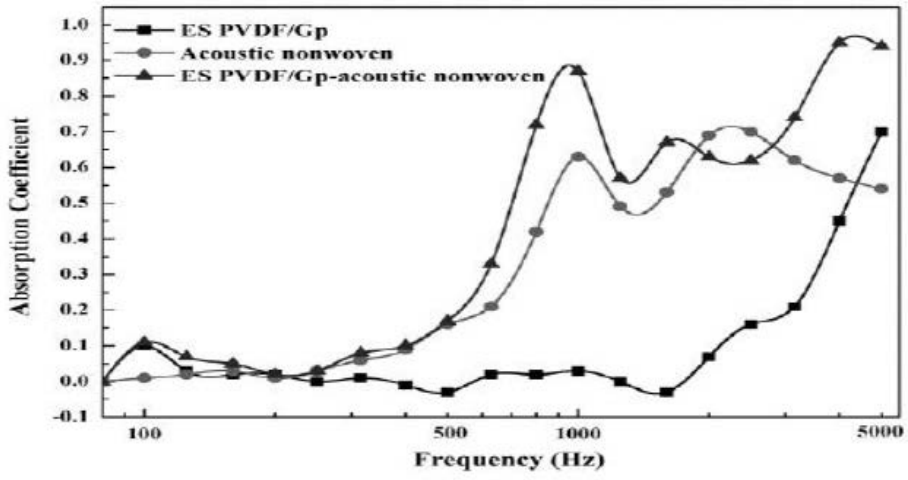
همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، غشای نانولیفی PVDF/Gp می‌تواند باعث افزایش خاصیت جذب صدا در فرکانس متوسط شود که به دلیل رزونانس غشای نانوالیاف در این‌فرکانس ، ابتدا انرژی صوتی به ارتعاش مکانیکی و سپس انرژی به انرژی الکتریکی تبدیل شده و از بین می رود. غشاء نانولیفی با استفاده از الکتروریسی با مقادیر مختلف پلی وینیل الکل) PVA (و پلی اتیلن اکساید) PEO (توسط Liu و همکاران تهیه شد. نتایج این پژوهشگران نشان داد که افزودن PEO به PVA بر مورفولوژی ، ساختار و خاصیت جذب صدا تأثیر می گذارد.

با افزودن PEO ، پیک جذب به فرکانس متوسط میانی تغییر یافت و خاصیت جذب صدا در کل محدوده فرکانس بهبود یافت. به طور خلاصه ، با افزایش بی نظمی سطح و کرک داخلی فیلم ها، باند جذب گسترده تر خواهد شد.

در بررسی دیگری، جنت آبادی و همکارانش نانوالیاف نایلون ۶ را از طریق الکتروریسی تهیه نموده و تاثیر برخی پارامترها را بر روی مورفولوژی و قطر الیاف مورد ارزیابی قرار دادند.این نانوالیاف از لحاظ خصوصیات جذب صدا مورد بررسی قرار گرفتند و توسط روش لوله آمپدانس،ضریب جذب صدا تعیین گردید.

برای تهیه غشای نانوالیاف جهت بررسی ضریب جذب صدا، سه غلظت ۱۵ ، ۲۲ و ۳۰ درصد و زمان‌های الکتروریسی ۱۵ الی ۶۰ دقیقه در نظر گرفته شد.

همچنین جهت ارزیابی خصوصیات جذب صوت غشای نانولیفی تهیه شده،ضریب جذب صدا توسط روش لوله آمپدانس در زمان و غلظت الکتروریسی مختلف آنالیز و



شکل۱. جذب صوت توسط غشاء و فرآیندهای غشایی نانوالیاف پلی وینیل الکل فلوراید / گرافن

تحلیل شد. نتایج نشان داد که الزاما افزایش این دو عامل منجر به جذب بهتر امواج صدا نمی گردد؛ بلکه با توجه به اندازه ی فرکانس مورد نظر، می توان با تنظیم مقدار این دو عامل، بیشترین میزان جذب صدا را فراهم نمود.

در مطالعه دیگری محتشمی و همکاران فوم پلی‌یورتان را با استفاده از نانوالیاف پلی وینیل الکل، پلی متیل متاکریلات و پلی یورتان الکتروریسی شده، اصلاح نموده و مشخصات جذب صوت و مقاومت مکانیکی آنها را مورد بررسی قرار دادند.

نتایج مطالعات آنان نشان داد که با توجه به نتایج آزمون لوله امپدانس ، فوم پلی یورتان خالص در فرکانسهای بالا جذب صوت مناسبی دارد (بالای ۸۰ درصد) ولی در فرکانسهای پایین جذب صوت قابل قبولی ندارد.

با اضافه شدن ۱۰ درصد نانوالیاف پلیمری پلی وینیل الکل، پلی متیل متاکریلات و پلی یورتان به فوم، ضریب جذب در فرکانس های بالا افزایش یافت؛ علت این افزایش در جذب صوت، فضای کوچک بین لایه های نانوالیاف در ساختار فوم است به طوری که منجر به کاهش میزان نفوذپذیری هوا و افزایش امکان جذب صوت می شود. نانوالیاف با قطر کمتر و الاستیسیته کمتر، میزان جذب صوت بالاتری دارند. در دانسیته برابر، نانوالیاف با قطر کمتر دانسیته حجمی بیشتری داشته و در نتیجه در هم تنیدگی بیشتری در آنها مشاهده می‌شود؛ بنابراین میزان انتقال صوت را کاهش و امکان جذب صوت افزایش می یابد.

نمونه فوم اصلاح شده با نانوالیاف پلی یورتان به همین دلیل رفتاری مشابه با فوم خالص دارد و از سایر نانوالیاف پلیمری عملکرد ضعیف تری دارد .

مقاومت بیشتر فوم پلی یورتان در حضور نانوالیاف به دلیل مشخصه های مکانیکی بالای نانوالیاف پلیمری است. در پژوهشی دیگر، برهانی و همکارانش لایه حجیم نانولیفی پلی اکریلونیتریل از طریق دستگاه الکتروریسی دونازله تولید کردند. با تغییر سرعت چرخش سیلندر جمع کننده و همچنین مدت زمان الکتروریسی به ترتیب لایه‌های با تخلخل های متفاوت و ضخامتهای مختلف، تولید شد. نتایج آنها نشان داد که با افزایش تخلخل لایه نانولیفی،نفوذپذیری هوا و ضریب جذب صوت افزایش می یابد. همچنین افزایش ضخامت لایه نانولیفی، منجر به کاهش نفوذپذیری هوا و افزایش ضریب جذب صوت می شود. نتایج نشان داد که نمونه ها با ضخامت متفاوت و همچنین نمونه ها با تخلخل متفاوت،در فرکانس ۵۰۰ هرتز از بالاترین ضریب جذب صوت برخوردارند.

اخیرا جاذب صوت بر پایه غشای نانولیفی فلوئورید پلی وینیلیدن الکتروریسی شده انعطاف پذیر) PVDF (توسط wu و همکارانش ساخته شد. تأثیر الکتروریسی و افزودن نانوذرات نقره) AgNPs (بر ساختار کریستالی و خصوصیات پیزوالکتریک غشای نانولیفی PVDF مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های PVDF الکتروریسی شده برای تبدیل انرژی صوتی به پتانسیل الکتریکی و جذب امواج صوتی حائز اهمیت بودند. تبدیل صوت به انرژی الکتریکی برای غشاهای PVDF/AgNP در فرکانسهای پایین رخ داد. انرژی الکتریکی تولید شده در منطقه با فرکانس پایین بالاتر از مناطق با فرکانس متوسط و بالا بود.

بر اساس نتایج آنان، غشای PVDF/AgNP خواص پیزوالکتریک و ویژگی‌های تبدیل صوت به انرژی الکتریکی بسیار عالی را ارائه می دهد.

در پژوهش دیگری، Ozturk و همکاران سعی کردند با تعیین فرکانس رزونانس ، رفتار جذب صوتی غشای نانو الیاف را پیش بینی کنند. آنها نشان دادندکه نانوالیاف پلی وینیلیدین فلوراید پوشش داده شده با فوم آکوستیک ، یک جاذب صوت کارآمد است ، بخصوص در مناطق با فرکانس پایین و متوسط . غشای الکتروریسی شده پیزوالکتریک نقش مهمی در تبدیل انرژی صوتی به پتانسیل الکتریکی بازی می کند و امواج صوتی را جذب می کند.

٤. نتیجه‌گیری

در دهه اخیر، پژوهشها و آزمایشات فراوانی برای بررسی نانوالیاف به منظور بهره‌گیری در کاربردهای جاذب صدا انجام شده است. در میان جاذب های مختلف، غشاهای نانو لیفی می توانند با افزایش ضریب جذب صدا و کاهش ضخامت و وزن جاذب، مزایای رقابتی را در بین محصولات عایق صوتی بهبود بخشند.

لایه نانو لیفی در مقایسه با الیاف معمولی دارای خاصیت جذب آکوستیک متفاوتی است. بررسی پژوهشهای انجام شده اخیر در این خصوص ثابت کرده است که بر هم کنش بین امواج صوتی و سطح مخصوص بالای نانوالیاف ، اصطکاک هوای داخل نانوذرات و ارتعاشات نانولایه ها همه در بهبود جذب آکوستیک نانوالیاف نقش داشته‌اند. ترکیب لایه های نانوالیاف با منسوجات بی بافت می تواند به طور موثر موجب تقویت جذب صدا گردد. همچنین غشای نانو لیفی تأثیرات مثبتی بر جذب آکوستیک دارد. به علاوه افزودن نانوالیاف به سایر پلیمرهای جاذب می تواند با بهبود خواص آنها ، تاثیر به سزایی در جذب صوت داشته باشد. بنابراین به کارگیری نانوالیاف بعنوان یک جاذب کارآمد و با وزن و اشغال فضای کم می‌تواند گزینه مناسبی برای استفاده در صنایع مختلف باشد.

پی‌نوشت

۱–دانشجوی دکتری،عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان،دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام

۲– استادیار،دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام