

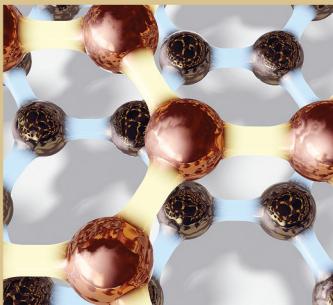
# کاربرد فناوری نانو در عایق‌های صوتی

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی و پدیده‌ای عظیم است که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته و از فناوری‌های نوینی است که با سرعت هرچه تمام تر در حال توسعه است. این فناوری فهم و به کار گیری خواص جدیدی از مواد و سیستم‌ها، در ابعاد ۱۰۰ تا ۱۰۰ نانومتر است. از جمله کاربردهای این فناوری در صنعت ساختمان و بخصوص در عایق‌های صوتی بکار برده شده در ساختمان‌ها است. از مزیت‌های مواد عایق صدای مبتنی بر فناوری نانو می‌توان به کیفیت بالا و ضخامت کمتر آنها اشاره کرد. در این نوشتار اصول و انواع عایق‌های صوتی نانویی شرح داده شده و به کاربردهای آن‌ها در صنعت ساخت و ساز اشاره شده است.



مقدمه

### عایق‌های صوتی

به منظور کاهش و مقابله با صوت انتقالی (آلودگی صوتی) از محیط به محیط دیگر از عایق‌های صوتی استفاده می‌شود. مزایای استفاده از عایق‌های صوتی بطور کلی عبارتند از:

- بهبود صدای ریک اتاق (اتاق بدون پژواک) و کاهش سر و صدا
- کاهش نشت به از اتاق مجاور و یا خارج از منزل

در مواد عایق صوتی سرعت حرکت امواج صوتی کاهش می‌یابد. هرچه عایق صوتی قابلیت بیشتری در کاهش دادن سرعت صوت در یک محیط داشته باشد، به ضخامت کمتری نیز از آن ماده‌ی عایق مورد نیاز است.

مواد و مصالح قدیمی و سنتی از جمله پشم‌شیشه، پشم‌سنگ، یونولیت، کناف، دیوارپوش و بلوک‌های سیمانی به عنوان عایق صوتی، نمی‌توانند از لحاظ کیفیت جوابگوی انتظارات مشتریان باشند و این نوع مواد به علت معایب و نواقصی که دارند دیگر جایگاهی در صنعت ساختمان نداشته و با گذشت زمان، مواد و مصالح جدیدتری در بازار جایگزین مواد قدیمی و سنتی می‌شود.

### استفاده از فناوری نانو در عایق‌های صوتی

محصولات عایق صوتی که در آن‌ها از فناوری نانو استفاده شده است به عنوان عایق‌های مدرن مطرح هستند. مزیت‌های کلی عایق‌های صوتی مدرن نسبت به عایق‌های قدیمی در زیر آمده است:

- کیفیت بالا و توانایی بیشتر عایق‌های صوتی مدرن
- نیاز به ضخامت کمتر از این مواد که باعث بیشتر شدن فضای مفید ساختمان می‌شود

در ادامه به انواع عایق‌های صوتی که در آن از فناوری نانو استفاده شده است اشاره می‌شود.

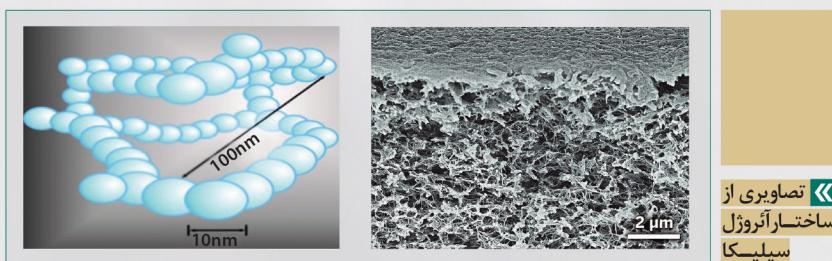
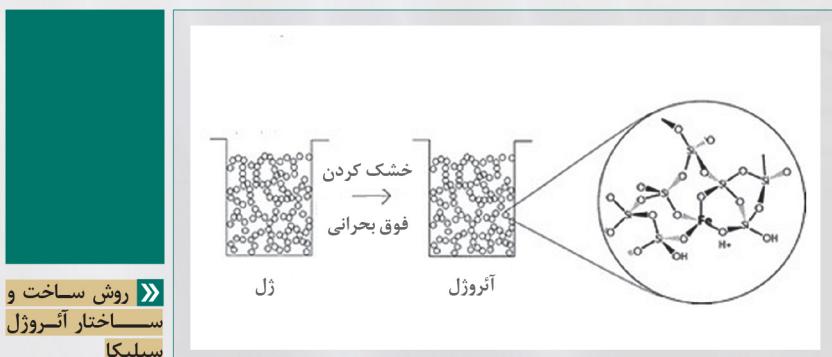
### آنروژل

■ ساختار آنروژل و خاصیت عایق صوتی آن

آنروژل نوعی ماده جامد متخلخل فوق سبک با چگالی کم و شبیه ژل است که حفره‌های بسیار ریز درون

ساختارش دارد و مایع درون آن تحت شرایط خشک کردن فوق بحرانی خارج شده است. برای مثال قطر این حفره ها در آئروژل سیلیکا از  $100$  تا  $100$  نانومتر می باشد.

این مواد بطور شگفت انگیزی دارای چگالی و تراکم بسیار اندک هستند. امواج صوتی به هنگام گذراز میان حفره های ریز درونی عایق ها که پر از هواست، با سرعت به مراتب کمتری نسبت به آنچه در هوای معمولی رخ می دهد، حرکت می کنند. آئروژل ها که از متخلخل ترین مواد هستند، این وظیفه را به نحو احسن انجام می دهند. افزون بر این، معمولاً ارتعاشات اندکی که در بخش جامد ماده ای عایق رخ می دهد، سبب انتقال بخشی از انرژی صوتی می شود، که به سبب اینکه آئروژل ها، دارای حداقل ماده ای جامد در ساختار خود هستند و همین بخش های جامد نیز با پیوند و اتصالی باریک و ظرفیق، به یکدیگر متصل هستند، انتقال انرژی صوتی از ماتریس جامد را نیز به حداقل می رسانند. سرعت حرکت صوت در آئروژل سیلیکا یک پارچه کمتر از هواست و حدود کمتر از  $40$   $m/s$  اندازه گیری شده است و در آئروژل دانه ای سرعت حرکت صوت حدود  $100$   $m/s$  است [۱].



## کاربرد آثروژل به عنوان ماده‌ی عایق صوتی در ساختمان

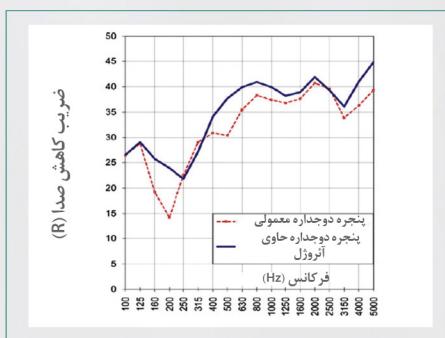
در کاربردهای ساختمانی، معمولاً آثروژل‌ها به شکل نهفته در میان مواد دیگر استفاده می‌شوند تا ساختار آنها توسط این مواد محافظت شود. پاله‌های شیشه‌ای دوجداره که فضای میان آنها اباسته از آثروژل است برای نمازی و استفاده در فضاهای داخلی ساختمان مناسب هستند و از آنجا که این سیستم نیمه‌شفاف است، در کاربردهای گوناگون معماری با اقبال زیادی مواجه خواهد شد.



پانل شیشه‌ای دوجداره که مابین آنها اباسته از آثروژل است در فضاسازی داخلی و خارجی ساختمان‌ها

مطالعات آکوستیکی نشان داده است که ضریب عایق صوتی ( $R$ ) برای پنجره‌های که مابین جدارهای آن از آثروژل دانه‌ای استفاده شود به مقدار  $3\text{dB}$  بیشتر از پنجره‌ی دوجداره‌ی معمولی است. نمودار زیر ضریب کاهش صدا ( $R$ ) را بر حسب فرکانس برای پنجره‌ی دوجداره‌ی معمولی و پنجره‌ی دوجداره‌ی حاوی آثروژل دانه‌ای نشان می‌دهد. [۲]

» اندیس کاهش صدا ( $R$ ) بر حسب فرکانس برای پنجره دوجداره معمولی و پنجره دوجداره حاوی آثروژل [۲]



## مزیت استفاده از آثروژل به عنوان عایق صوتی

آثروژل علاوه بر خاصیت عایق صوتی، دارای خاصیت عایق حرارتی نیز می‌باشد و با کاربرد آن در ساختمان، در مصرف انرژی صرف‌جویی می‌شود. در واقع آثروژل‌ها به همان نسبت که می‌توانند به عنوان عایق صوتی ایفای نقش کنند، در نقش عایق حرارتی نیز خود را کارآمد نشان داده‌اند و می‌توانند به عنوان نماینده‌ای از نوعی عایق

چند منظوره در ساختمان استفاده شوند. از دیگر مزیت‌های این ماده نیمه‌شفاف بودن آن است که در بسیاری از کاربردهای معماری جذاب می‌باشد و وزن سبک و کیفیت بالای آن امکان ایجاد عایق‌های نازک را می‌دهد. در واقع کارایی عایق‌سازی بالای آثروژل‌ها سبب شده است که ضخامت عایق نیز کاهش یابد به خصوص در صنعت ساختمان‌سازی، فضای اختصاص یافته به مواد عایق نیز کاهش پیدا می‌کند و از جمله مزایای ویژه آثروژل‌ها در طراحی ساختمان به شمار می‌آید.

### ■ فرم نانوتخلخل<sup>۱</sup>

موادی که تخلخل‌های نانومتری داشته باشند، می‌توانند به عنوان عایق صوتی و حرارتی عمل کنند. ماده‌ی نانوتخلخل چگالی پایینی دارد و ضخامت کمی از آن می‌تواند کارایی خوبی به عنوان عایق صوتی داشته باشد. پلن‌های مواد نانوتخلخل می‌توانند به فرم‌های مختلف بسته به کاربرد ایجاد شوند و فرایند ساخت طوری کنترل می‌شود که در نهایت یک فرم نانوتخلخل داشته باشیم.

مواد عایق صوتی سنتی معمولاً دارای میکروتخلخل‌ها هستند. مثلاً در فوم پلی اورتان اندازه‌ی تخلخل‌ها و حفره‌ها میکرومتر و بیشتر است. اندازه‌ی این حفره‌ها بزرگ است و امواج صوتی مقاومت زیادی را در هنگام عبور از حفره‌ها حس نمی‌کند ولی ایجاد تخلخل‌های نانومتری کیفیت عایق صوتی را بالا می‌برد بطوری که میزان تضعیف صدا در این عایق‌ها بین ۵۰dB/cm تا ۲۰dB/cm است.

این مواد از نانوذرات سیلیکا، نانوذرات پلیمری و ذرات و الیاف دیگر ساخته می‌شوند و قطر حفرات آنها بین ۵ نانومتر تا ۱۰ میکرومتر می‌باشد. پلیمرهای انتخابی معمولاً پلی‌پوریا، پلی‌متیل‌تکریلات، پلی‌استایرن و پلی‌نوربرن هستند.

از خصوصیات این فرم‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:



این عایق‌ها با ضخامت‌های مختلف برای کاربردهای متفاوت ساخته می‌شوند و می‌توان از آنها در ساختمان‌سازی به عنوان عایق‌کاری دیوارها، کف، سقف، درزها یا لوله‌ها استفاده کرد. بعد از ایجاد این فرم‌ها روی دیوار می‌توان از لایه‌های محافظتی زیر برای پوشاندن آن استفاده کرد:

- تشکیل دیوار جدید
- پالن گچی
- کاغذ دیواری
- کامپوزیت
- MDF و چوب

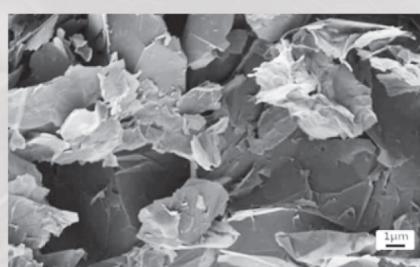
» فوم نانومتختخلخل  
عایق صدا



■ کامپوزیت‌های بر پایهٔ نانورس (nanoclay)

نانورس‌ها، کانی‌هایی هستند که حداقل یکی از ابعاد آنها در حد نانومتر باشد. این مواد به دلیل ارزانی و در دسترس بودن، توجه زیادی در زمینهٔ فناوری نانو به خود جلب کرده‌اند. نانورس‌ها شامل صفحات کوچک و نامنظم رسی هستند که در حدود ۱ نانومتر ضخامت و ۱۰۰ نانومتر قطر دارند.

» تصویر  
میکروسکوپی  
نانورس



یک کامپوزیت عایق صدای ایده‌آل باید داری ویژگی‌های زیر باشد:

استحکام بالا

سختی بالا

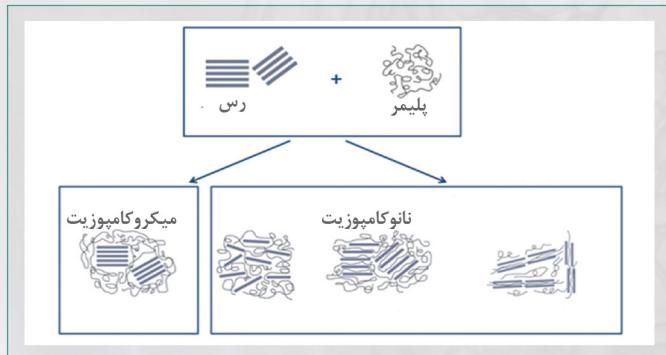
خاصیت عایق  
صوتی خوب

نانورس‌ها یکی از مواد پر کننده مهم برای پلیمرها هستند که به دلیل ساختارشان باعث ایجاد استحکام، مدول بالا، مقاومت حرارتی و جذب صدامی شوند. بنابراین کامپوزیت‌هایی بر پایه نانورس دارای ویژگی‌های بالا هستند و معمولاً با حل کردن مواد پلیمری مانند پلی‌پروپیلن و نانورس در یک حلal و تبخیر کردن حلal ایجاد می‌شوند.

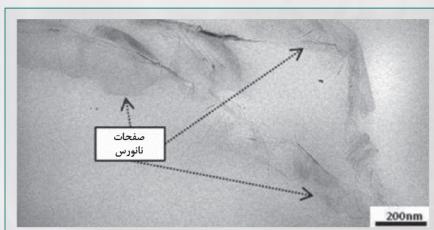
خواص این کامپوزیت‌ها به نحوه ایجاد کامپوزیت و درصد اجزای تشکیل دهنده آنهاستگی دارد.

نانورس می‌تواند بصورت نانو‌کامپوزیت یا میکرو‌کامپوزیت با پلیمر تشکیل شود اما نشان داده است که نانو‌کامپوزیت آن خواص بهتری از خود نشان می‌دهد.

این نانو‌کامپوزیت‌ها اکثرًا برای عایق صدا نمودن لوله‌هایی که در آن‌ها سیالاتی جریان دارد، استفاده می‌شود.



تَهْيِيَه نانو كامپوزيت و ميكرو كامپوزيت پليمر و نانورس



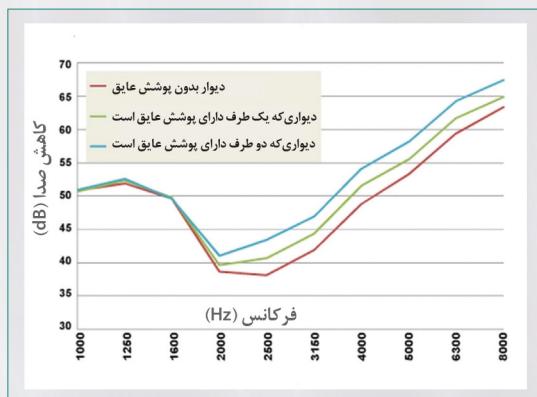
تصویر میکروسکوپی کامپوزیت پلی بروپیلن و نانورس

### پوشش‌های عایق صوتی

رنگ‌ها و پوشش‌های عایق صوتی به راحتی می‌توانند در ساختمان‌ها به کار روند و قیمت آنها نیز نسبت به سایر عایق‌های صوتی کمتر است. صدای‌هایی که توسط دیوار و سطوح دیگر جذب نمی‌شوند عامل ایجاد صدای اضافه در ساختمان‌ها هستند. اما اگر این سطوح توسط مواد عایق‌کننده‌ی صدا پوشش داده شوند کاهش صدا در ساختمان را خواهیم داشت. ایجاد پوشش‌های عایق صدا معمولاً در فرایند دومرحله‌ای انجام می‌شود. ابتدا یک پوشش پایه ایجاد می‌شود و سپس یک پوشش نهایی. پوشش پایه غشاهاهای نانویی ایجاد می‌کند که موج جذب و انکسار امواج صوتی می‌شوند و پوشش نهایی به ایجاد یک پوشش پیوسته در طول دیوار کمک می‌کند. این پوشش‌ها به راحتی و به همان روش‌های رنگ معمولی روی دیوار ایجاد می‌شوند.

یک نمونه‌ی تجاری شده از این پوشش‌ها توسط کمپانی Acoustical surfaces به Coat Of Silence نام معروفی شده و میزان کاهش صدا برای دیوار معمولی، دیواری که یک طرف آن از این پوشش داده شده و دیواری که دو طرف آن پوشش داده شده، اندازه‌گیری شده است. این پوشش‌ها در کل حدود  $5-5\text{dB}$  در کاهش صدا مؤثر بودند.

» میزان کاهش صدا در دیوارهای پوشش داده شده توسط پوشش عایق [۳] coat of silence



## وضعیت فناوری عایق‌های صوتی در ایران و جهان

کارشناسان با اشاره به آثار مغرب و آزار صدایی‌های نامناسب حاصل از زندگی ماشینی در سلامت جسم و روان و بروز بیماری‌های عصبی و حتی ناشنوایی، معتقدند که در طراحی ساختمان‌های جدید باید شاخص‌های کاهش صدا<sup>۱۰</sup> از سوی مراجع رسمی مورد توجه قرار گیرند.

امروزه آین نامه و مقررات صدابندی در کشورهای سوئد، سوئیس، کانادا، آمریکا و انگلیس در دستور کار قرار گرفته است. در کشور ما و بخصوص در تهران نیز با تراکم جمعیت و ترافیک بالا باید مقررات استفاده از عایق‌ها در دیوار، سقف و پنجره‌های مناسب طبق استانداردها و تجربه کشورهای پیشرفته اجباری شود و از معماران، کارفرمایان و سازندگان ساختمان‌ها بخواهیم تابعایی ایجاد محیط زندگی با آرامش نسبی ساختمان‌های عایق کاری شده و با صدابندی مناسب راعرضه کنند.

در این مسیر دولت، وزارت مسکن و شهرسازی، اتحادیه‌های مرتبط با ساخت مسکن و ساختمان‌های اداری، وزارت صنایع و معدن و... باید مقررات صدابندی و استفاده از عایق‌ها، به خصوص عایق‌های مدرن که کیفیت بالایی نسبت به عایق‌های سنتی دارند را توصیه و اجباری کنند.

## شرکت‌های فعال در زمینه نانو عایق‌های صوتی

لوله‌های بی صدا مبتنی بر فناوری نانو یکی از دستاوردهای ارائه شده از سوی شرکت (پارساپلیمر شریف) است. لایه‌ی میانی این لوله‌ها از انتقال صوت جلوگیری می‌کند و لایه داخلی و خارجی لوله‌ها نیز در برابر ضربه و خراشیدگی مقاوم است.

- شرکت (واکنش صنعت پارت) آثروژل سیلیکا را با نام تجاری ایرولیت در مقیاس صنعتی تولید می کند.
- شرکت (نانو عایق دانش) محصولات آثروژلی همانند آثروژل سیلیکایی و نانو کامپوزیتی و پتوی عایق آثروژلی را تولید می کند.

## مجموعه نرم افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است.

تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «انساجی»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: [www.nanosun.ir](http://www.nanosun.ir) - ۶۶۸۷۱۲۵۹

### پی‌نوشت‌ها

- 1 Nanoporous foam
- 2 Sound reduction index

### مراجع

- 1 نانوفناوری در معماری و مهندسی ساختمان، دکتر محمود گلابچی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
- 2 Soun control in buildings, M. W. Simons, J. R. Waters, Australia Blackwell Publishing, 2004.
- 3 <http://www.coatofsilence.com/>
- 4 Sound-insulation noise-reduction wall coating, CN 103483948 A, 2014.
- 5 Environment protecting sound-proof noise reducing wall surface paster, CN 203295901 U, 2013.
- 6 Soundproofing nanoclay composite and method of manufacturing the same, WO 2011010830 A2, 2011.
- 7 Porous nano-material and sound attenuator based on porous nano-material, CN 103694669 A, 2014.
- 8 [www.nano.ir](http://www.nano.ir)

## از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



### آلابیندهای نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی

■ کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌استاتیک

■ داروهای متصل شده به پادتن

■ تصفیه آب با استفاده از غشاء پلیمری نانوفیلتراسیون

■ نانوحسگرها جهت آزمایش‌های بیوشیمیایی

■ متدائل خون (تعیین میزان قند، چربی و...)

■ نانوکامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای

بسته‌بندی مواد غذایی

■ کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خودتمیزشونده

■ کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های ضدخش

■ فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌باکتریال

■ کاربرد فناوری نانو در عایق‌های حرارتی

■ کاربرد فناوری نانو در عایق‌های رطوبت

### نماهای کامپوزیتی نانویی

■ کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم

■ ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی

■ تکمیل ضدآتش و دیرسوزی منسوجات

■ نانوذرات لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای دارورسانی

■ نانومیسل‌ها و نقش آنها در رهایش دارو

■ نانوبلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای

کم محلول

■ نقش فناوری نانو در توسعه پیچه‌های پوستی

■ کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری

■ کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری

■ کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی

■ بهره‌گیری از جاذبهای نانو بر پایه آئروژل‌هادر حذف

## ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۰۲۱-۶۳۱۰۰

تلفن:

طراحی و اجراء: توسعه فناوری مهر و بیژن

۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

نامابر:

نظرات: داود قرایلو

[www.nano.ir](http://www.nano.ir)

پایگاه اینترنتی:

report@nano.ir

۱۴۵۶۵-۳۴۴

صندوق پستی:

تهریه‌کننده: شرکت توسعه نانوفناوری افشار

civil@nano.ir