

# کاربرد نانوپوشش‌های عایق صوت و حرارت در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی

سال انتشار: ۱۳۹۷

ویرایش نخست

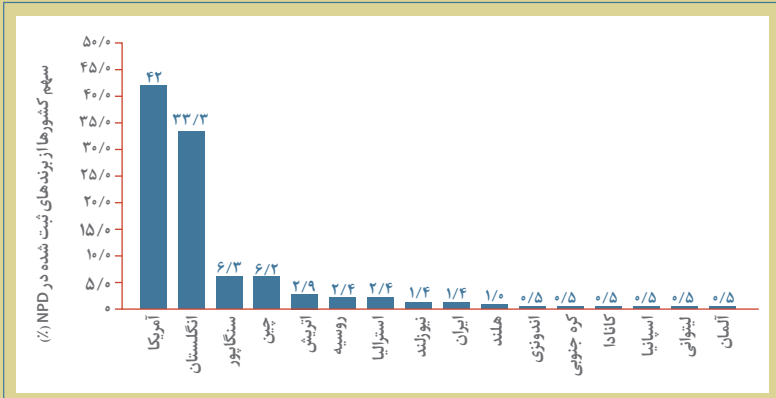


## ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قرایلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
تهیه‌کنندگان:	بهرام وزیری، محمدرضا بسکابادی، علی طالبیان	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
	oil@nano.ir	صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴

- ۳ ..... چکیده مدیریتی
- ۴ ..... تعریف فناوری نانو و اهمیت آن
- ۴ ..... عایق حرارتی
- ۴ ..... عایق‌های حرارتی متداول
- ۵ ..... نانوعایق‌های حرارتی
- ۶ ..... نانومواد استفاده‌شده در انواع عایق‌های حرارتی
- ۸ ..... پوشش‌های عایق حرارتی نانوسرامیک
- ۸ ..... مقایسه عایق‌های حرارتی متداول با نانوعایق‌ها
- ۹ ..... عایق صوتی
- ۱۰ ..... شرکت‌های داخلی تولیدکننده عایق‌های صوتی و حرارتی نانویی
- ۱۳ ..... شرکت‌های خارجی تولیدکننده عایق‌های صوتی و حرارتی نانویی

امروزه استفاده از فناوری نانو در صنایع و به خصوص صنعت نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی رواج زیادی پیدا کرده است. کشورهای پیشرو در این زمینه سرمایه‌گذاری کلانی انجام داده‌اند. با توجه به اطلاعات موجود در بانک محصولات نانو (NPD) آمریکا بیشترین محصولات نانویی را در صنعت نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی دارد.



شکل ۱. سهم کشورهای دارای محصولات فناوری نانو در صنعت نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی در NPD [۱]

عایق کاری مناسب در صنعت نفت و صنایع وابسته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عایق کاری مناسب برای جلوگیری از هدررفت انرژی یکی از موضوعات مهم و مطرح در زمینه حفظ انرژی‌های فسیلی و تجدیدناپذیر است و از طرفی هم باعث کاهش هزینه تولید محصولات می‌شود. امروزه نانوعایق‌ها توانسته‌اند تأثیری بسیار بیشتری نسبت به عایق‌های متداول بر روی پارامترهای مذکور داشته باشند. همچنین استفاده از نانوعایق‌ها نسبت به عایق‌های معمولی علاوه بر صرفه جویی اقتصادی زیادی که ایجاد می‌کنند باعث حفظ منابع انسانی و جلوگیری از ایجاد بیماری‌های خطرناک برای کارکنان مجموعه‌های صنعتی می‌شوند، زیرا استفاده از عایق‌های معمولی مانند پشم شیشه موجب بروز بیماری‌های خطرناکی همچون سرطان می‌شود، از طرفی برای بهبود کارایی عایق‌هایی مانند پشم شیشه که به طور سنتی استفاده می‌شوند باید ضخامت عایق‌ها افزایش یابد که در بسیاری از شرایط چنین امکانی به علت کمبود فضا ممکن نیست. هم چنین افزایش ضخامت باعث افزایش ماده مصرفی و در نتیجه افزایش هزینه عایق کاری می‌شود. در این گزارش به کاربرد نانوپوشش‌های عایق صوت و حرارت در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی و مزایای آن‌ها نسبت به نسل قدیم عایق‌ها پرداخته شده است. ستاد ویژه توسعه فناوری نانو با هدف برطرف کردن نیازها و حل مشکلات صنایع با تکیه بر توان داخلی، سعی می‌کند تا از طریق حمایت‌های مادی و معنوی خود مسیر سوخ و انتقال فناوری‌های مبتنی بر فناوری نانو را در صنایع مختلف از جمله صنعت نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی هرچه بیشتر تسهیل کند.

## تعریف فناوری نانو و اهمیت آن

قرن بیست و یکم، قرن فناوری نانو و مهم‌ترین دوران صنعت به‌شمار می‌رود. قرن نانو، قرن سلامتی، صرفه‌جویی و آرامش نامیده می‌شود. نانو نه یک ماده است نه یک جسم، فقط یک مقیاس است، نانویک میلیاردم متر است و به اندازه‌ای کوچک است که دیده نمی‌شود درحالی‌که تاثیری بسیار بزرگ در زندگی انسان دارد. در مقیاس نانو خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تک‌تک اتم‌ها، مولکول‌ها با خواص توده ماده متفاوت است، نانوذرات در چنین مقیاس و مشخصه‌های منحصر به فردی موجب پیدایش دستاوردهای نوینی در علوم پزشکی و مهندسی می‌شوند.

از نتایج فناوری نانو این است که با افزایش تعداد اتم‌ها در سطح، نسبت سطح به حجم ماده افزایش می‌یابد که در نتیجه تماس ماده با عناصر پیرامون بیشتر می‌شود و واکنش بین آن‌ها افزایش می‌یابد و این افزایش واکنش پذیری، باعث تغییرات عمده در شرایط مکانیکی و ویژگی‌های ماده می‌شود [۲].

دلیل اهمیت فناوری نانو فقط کوچک بودن ابعاد آن نیست. کوچک بودن ابعاد مواد در محدوده نانو باعث تغییر در ویژگی‌های ذاتی آن‌ها از جمله رنگ، استحکام، واکنش‌پذیری و ... می‌شود و همین تغییر در ویژگی‌ها است که باعث می‌شود دانشمندان علاقه‌مند به استفاده از فناوری نانو در رشته‌های مختلف، برای بهتر شدن کیفیت محصولات باشند [۲].

در واقع فناوری نانویک رشته تحقیقاتی جدید نیست، بلکه استفاده از تغییر در ویژگی‌های مواد در محدوده ابعادی نانو است و بر تمام فناوری‌هایی که انسان تاکنون به دست آورده تأثیر می‌گذارد. به دلیل گستردگی بسیار زیاد فناوری نانو و ارتباط نزدیک آن با علوم و فناوری‌های دیگر و به دلیل این که این فناوری یک فناوری بین‌رشته‌ای است، نمی‌توان آن را متعلق به یک رشته یا زمینه علمی خاص دانست و برای پیشرفت در این فناوری همکاری بین رشته‌های مختلف ضروری است [۲].

## عایق حرارتی

پیش از ورود فناوری نانو از پشم شیشه، آزیست و ... برای عایق‌کاری خطوط لوله و تجهیزات استفاده می‌کردند که در ادامه در مورد مزایا و معایب برخی از این عایق‌ها بحث خواهیم کرد و در نهایت آن‌ها را با نانو عایق‌ها مقایسه می‌کنیم.

## عایق‌های حرارتی متداول

### ■ پشم شیشه

پشم شیشه از جمله عایق‌های حرارتی بوده و ساختار البافی و فیبری دارد. پشم شیشه معمولاً از شیشه بازیافتی به همراه مقداری ماسه معمولی و رزین مخصوص ساخته می‌شود و به دلیل مقاومت حرارتی بسیار خوبی که از خود نشان می‌دهد در مقایسه با عایق‌های دیگری از پرکاربردترین آن‌ها است. ساختار فیبری و متخلخل این گونه از عایق‌ها، در مقابل رطوبت و نفوذ بخار و آب، مقاومت کمی از خود نشان می‌دهد و خاصیت عایق بودن آن نیز نسبت به رطوبت حساس بوده و با نفوذ رطوبت و بخار آب به درون عایق، از مقاومت حرارتی کاسته

می‌شود. از معایب پشم شیشه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تماس مستقیم پشم شیشه با پوست، چشم و سیستم تنفسی مشکل‌زا خواهد بود. در بسیاری از گزارش‌ها، تنفس مستقیم گرد پشم شیشه علت افزایش نرخ ابتلا به سرطان، به خصوص سرطان ریه عنوان شده است.
- به دلیل عدم مقاومت پشم شیشه در مقابل رطوبت و بخار، در صورت نصب در فضای باز، استفاده از پوشش‌های ضد رطوبت و فویل‌های آلومینیومی اجباری است.

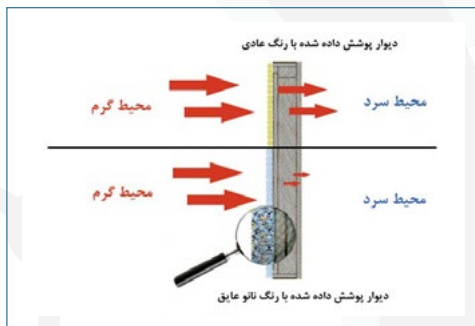
### ■ آزیست

پنبه کوهی یا پنبه نسوز یا آزیست، نام گروهی از ترکیب‌های معدنی منیزیم و سیلیسیم است که بیشتر در طبیعت به صورت الیاف معدنی و سنگ یافت می‌شود. این مواد به خاطر مقاومت زیادی که در برابر حرارت و آتش دارند به عنوان مواد نسوز به‌کار می‌روند. الیاف پنبه کوهی می‌تواند به ذرات بسیار ریز و نامرئی با قطرهایی کمتر از ۵/۰ میکرون تبدیل شوند و در هنگام تنفس به اعماق شش نفوذ می‌کنند و برای همیشه در آنجا می‌مانند. با گذشت زمان این ذرات بر اثر تحریکات مداوم خود می‌توانند سبب بیماری‌های آزیستوسیس، سرطان ریه و یا بیماری مزوتلیوما شوند که همه آن‌ها در نهایت به مرگ منتهی می‌شوند.

## نانوعایق‌های حرارتی

در حال حاضر این فناوری رشد چشم‌گیری در کلیه صنایع داشته است. عایق حرارتی نانویی، محصول جدیدی از فناوری نانو است که محافظ و عایق حرارتی مناسبی در مقابل هر سه نوع انتقال گرما شامل تشعشع، جابجایی و هدایت است. با این خصوصیات می‌توان از آن به راحتی در صنایع مختلف استفاده کرد. نانوعایق یکی از جدیدترین محصولات عایق حرارتی تولید شده در جهان است که با استفاده از فناوری نانو تولید می‌شود و نسبت به عایق‌های سنتی دارای میزان انتقال حرارت کمتری است. انواع تولیدات این فناوری با خاصیت چسبندگی بالا امکان پوشش اکثر سطوح را فراهم کرده و امکان جلوگیری از خوردگی زیر عایق که مهم‌ترین مشکل لوله‌های عایق شده در صنایع نفت و گاز است را فراهم می‌آورد.

### ■ رنگ‌های نانوعایق



رنگ‌های نانوعایق حرارتی را می‌توان به عنوان یکی از این پوشش‌ها دانست که با استفاده از این نانوعایق می‌توان با صرف هزینه نسبتاً کمی و بدون هیچ‌گونه تغییری در فضا از هدر رفتن انرژی جلوگیری کرد. این نوع عایق‌ها دارای انواع مختلفی هستند که یک نوع آن برای سطوح غیرفلزی و نوع دیگر آن برای سطوح فلزی کاربرد دارد. این محصول جهت عایق‌کاری مخازن، لوله‌های انتقال نفت و گاز،

شکل ۲. مقایسه پوشش معمولی با نانو

صنعت کشتی‌سازی [۳]، عایق‌کاری حرارتی برای لوله‌های آب سرد و گرم و منابع انبساط موتورخانه‌ها، مخازن نگهداری مواد فرار، خطوط لوله بخار، بویلرها، موتورخانه‌ها، مخازن و تجهیزات فرآیندی، فلنج‌ها و شیرهای صنعتی، سوله‌ها و سالن‌های نگهداری محصول و مواد اولیه و... مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴]. شکل ۲ تصویری از یک دیوار است که بخشی از آن دارای پوشش نانوعایق و بخش دیگری دارای پوشش رنگ معمولی است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید میزان انتقال حرارت در نانورنگ کمتر است.

### ■ صفحات عایق خلأ

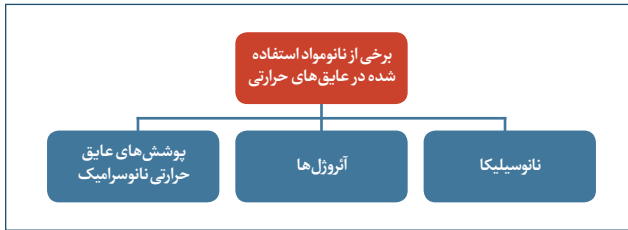
صفحات عایق خلأ نمونه دیگری از این نانوعایق‌ها است که در میان این صفحات از سیلیکای نانومقیاس، گرافیت یا سیلیکون کاربرد تحت خلأ استفاده شده است. در اطراف آن ورقه‌های متراکم و پایدار که از مواد مصنوعی و آلومینیم ساخته شده است، قرار می‌گیرد. در این نوع عایق‌ها با حذف هوا انتقال حرارت کاهش می‌یابد، با استفاده از این پنل‌ها که ضخامت ۲-۴ سانتی متر دارند، می‌توان به خواص عایق‌های سنتی با ضخامت ۲۰ سانتی متر دست یافت. این صفحات در داخل و خارج ساختمان استفاده می‌شوند؛ اما این مواد به آسیب‌های مکانیکی نسبتاً حساس هستند و خلأ آن‌ها از بین می‌رود. در این شرایط امکان برش این مواد وجود ندارد و هزینه تولید آن‌ها هنوز بالاست [۵]. از این صفحات می‌توان در ساختمان تاسیسات مهم در پالایشگاه‌ها همچون کوره‌ها که معمولاً هدررفت انرژی بالایی در آن‌ها صورت می‌پذیرد و همچنین در موتورخانه‌ها برای جلوگیری از هدررفت انرژی استفاده کرد. در هنگام استفاده از این صفحات باید مراقب بود که هیچ‌گونه اتصال مکانیکی و هیچ‌گونه سوراخ‌کاری و حتی یک خراش کوچک نباید روی آن ایجاد شود زیرا باعث می‌شود که به‌طور دائم به فیلم محافظ آن آسیب وارد شود [۶]. در صفحات خلأ ایجاد خلأ بین دو صفحه باعث جلوگیری از انتقال گرما به صورت جابجایی می‌شود [۷]. شکل ۳ نمونه‌ای از صفحات عایق خلأ را نشان داده است.



شکل ۳. صفحات عایق خلأ

## نانومواد استفاده‌شده در انواع عایق‌های حرارتی

برای تهیه نانوپوشش‌های عایق حرارتی از مواد مختلفی استفاده می‌شود که از جمله نانومواد که در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند، موارد زیر است.



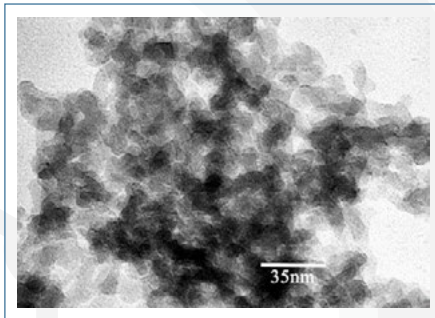
شکل ۴. نانومواد استفاده شده در عایق های حرارتی

### ■ نانوسیلیکا

سیلیکا نام دیگر سیلیکون اکسید شده است که رایج ترین نوع آن ها  $\text{SiO}_2$  است. در طبیعت دسته دیگر از سیلیکای بی شکل وجود دارد که به طور صنعتی در فرم های متفاوتی ساخته می شود که شامل سیلیکاژل، سیلیکای رسوبی، سیلیکای گازی و سیلیکای کلونیدی است [۸].

### ■ آنروژل ها

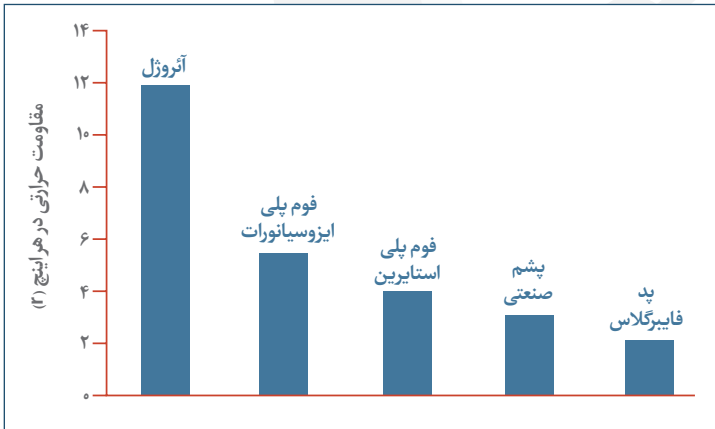
آنروژل ها دارای حفره های بسیار زیادی هستند به طوری که ۹۵٪ درصد حجم آنروژل ها را تخلخل یا حفره هایی با قطرهایی معمولاً تا ۲۰ نانومتر تشکیل داده اند البته سایز این حفره ها در چگالی های مختلف متفاوت است (شکل ۵ ساختار آنروژل سیلیکا را نشان می دهد). همان طور که در شکل ۶ مشاهده می شود میزان انتقال حرارت در آنروژل کمتر از بقیه عایق ها است. آنروژل سیلیکا در دماهای غیر عادی (دمای ۲۶۵- تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد) بهترین عملکرد خود را حفظ می کند. آنروژل ها شبه الاستیک هستند و مقاومت در برابر فشار و تنش جزء خواص مناسب مکانیکی است که این نوع مواد دارند. از ویژگی های مهم آنروژل می توان به انعطاف پذیر بودن و در نتیجه نصب ساده حتی در بخش هایی که دارای هندسه پیچیده هستند اشاره کرد [۶]. از طرفی آنروژل ها از دیدگاه زیست محیطی، جزء عایق های حرارتی بسیار خوب مخصوصاً در صنایع نفت و گاز و



شکل ۵. ساختار آنروژل سیلیکا [۶]

صنایع ساختمان و بسیاری از صنایع مهم دیگر هستند، با به کارگیری آنروژل ها صرفه جویی خوبی در مصرف انرژی خواهد شد به طوری که در اروپای مرکزی در بخش ساختمان به ازای هر مترمربع حدود ۲۰ لیتر نفت صرفه جویی شده در حالی که میزان استاندارد آن ۷ لیتر نفت بوده است [۹]. طبق گزارش های ارائه شده با استفاده از نانوآنروژل ها می توان سالانه تا ۱۴ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی کرد [۱۰]. با توجه به نصب ساده این نوع عایق بر روی

هندسه‌های پیچیده و همچنین بازده بالای آن در صورتی که از نظر اقتصادی به صرفه باشد می‌تواند گزینه مناسبی است در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی علی‌الخصوص در مواردی که بتوان از هدر رفت انرژی جلوگیری کرد یا پوشش دهی مخازن ذخیره گازها که عموماً مشکل تبخیر گازها وجود دارد. لازم به ذکر است که تحقیقات در خصوص استفاده از آئروزل‌ها در صنعت نفت و صنایع وابسته هم اکنون در کشور در حال انجام است.



شکل ۶. مقاومت حرارتی آئروزل در مقابل عایق‌های سنتی [۴]

### پوشش‌های عایق حرارتی نانوسرامیک

در این نوع پوشش‌ها وجود ارتباط کم بین ذرات سرامیک کره‌ای شکل و سلول‌های نازک دیوار باعث کاهش هدایت می‌شوند. پوشش‌های عایق حرارتی نانوسرامیک غیرسمی، انعطاف‌پذیر، قابل شستشو و مقاوم در برابر آتش و مواد شیمیایی هستند. این نوع پوشش‌ها معمولاً برای عایق‌کاری سطح داخلی و خارجی دیوارهای ساختمان‌ها استفاده می‌شوند همچنین این نوع عایق‌ها برای عایق‌کاری لوله‌ها نیز مناسب هستند زیرا از لوله‌ها در برابر خوردگی و آتش محافظت می‌کنند [۷]. با توجه به این ویژگی‌ها می‌توان از این پوشش برای لوله‌های تاسیسات نفتی و همچنین مخازن نفتی استفاده کرد. مهم‌ترین مزیت این عایق‌ها این است که آن‌ها را می‌توان در مکان‌هایی استفاده کرد که امکان استفاده از عایق‌های حرارتی ضخیم در آنجا وجود ندارد. برای استفاده از این نوع عایق‌ها سطح مورد نظر باید عاری از هرگونه آلودگی باشد همچنین این نوع عایق‌ها نیاز به هیچ‌گونه لایه اولیه ندارند [۷].

### مقایسه عایق‌های حرارتی متداول با نانوعایق‌ها

در عایق‌های حرارتی متداول مشکلات و نقطه ضعف‌هایی مانند راندمان پایین، وزن و ضخامت بالا، اشغال فضای زیاد و هزینه تولید بالا وجود دارد. فناوری نانو برای هریک از این معضلات راه‌حلی‌هایی ارائه



می‌دهد. یکی از این راهکارها استفاده از ساختار نانوالیاف با تخلخل‌های فراوان و ضخامت بسیار پایین در ساخت عایق حرارتی استفاده شده است [۱۱].

استفاده از نانوالیاف در ساختار عایق، سبب کاهش رسانایی حرارتی، کاهش ضخامت و وزن عایق تولیدی در مقایسه با عایق‌های متداول است؛ درحالی‌که این امر نه تنها راندمان عملکرد عایق را کم نکرده، بلکه صرفه‌جویی هزینه تولید و انرژی را به دنبال داشته است [۱۱]. به‌عنوان نمونه می‌توان به شرکت سینوپک<sup>۱</sup>، پنجمین شرکت نفتی بزرگ دنیا اشاره کرد، پیمانکار محلی به این شرکت محصول عایق حرارتی سیناوکس<sup>۲</sup> را معرفی کرد و بعد از یک دوره تست، کاهش انتقال حرارت و کاهش میزان خوردگی مخازن مشاهده شد. برطبق ادعای سیناوکس در طی ۶ سال استفاده از رنگ عایق این شرکت، سینوپک بالغ بر ۵۰۰،۰۰۰ هزار دلار ذخیره خواهد کرد [۱۲]. که می‌تواند اثبات‌کننده این باشد که استفاده از نانو عایق‌ها باعث صرفه‌جویی هزینه خواهند شد.

استفاده از عایق‌های حرارتی در صنعت ساختمان، به‌طور غیرمستقیم در صنعت نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی تأثیر دارد زیرا این عایق‌های حرارتی در ساختمان باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود و نتیجه آن جلوگیری از هدر رفتن منابع انرژی است. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در صنعت ساختمان بازسازی ساختمان‌های مسکونی و تجاری موجود از جنبه مسائل حرارتی است. استفاده از مواد عایق بر پایه فناوری نانو سهم بزرگی در این زمینه دارد. در گذشته مصرف انرژی به‌صورت پایدار افزایش می‌یافت. در اتریش در سال ۲۰۰۹ میزان مصرف انرژی ۸۰ درصد بیشتر از سال ۱۹۷۰ بوده است. در مصارف خانگی، حدود ۳۰ درصد انرژی برای گرمایش استفاده می‌شود. این بخش به‌صورت بالقوه برای ذخیره انرژی بسیار مناسب است. ابداعات جدید در حوزه فناوری نانو امکان عایق‌کاری ساختمان را فراهم کرده است [۵]. در ایران محققان دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای افزایش کارایی عایق‌های حرارتی و نیز کاهش قیمت تمام‌شده آن، اقدام به بررسی استفاده از نانوالیاف در ساختار عایق کردند. نتایج این طرح علاوه بر افزایش راندمان محصول، منجر به کاهش ضخامت و وزن آن شده و قابل استفاده در صنعت ساخت و ساز خواهد بود [۱۱].

## عایق صوتی

نانوکامپوزیت عایق صدا برپایه پلی‌پروپیلن برای کاربردهایی که به دانسیته بالا، مدول بالا، پایداری ابعادی خوب، مقاومت شیمیایی و خواص عایق صدا نیاز دارند، طراحی شده است. این محصول برای تزریق لوله و اتصالات پلی‌پروپیلنی با عبورپذیری کم صدا و سایر کاربردهای مشابه مناسب است [۱۳]. با توجه به ویژگی‌هایی که این نوع عایق‌ها دارند و همچنین کاربردی که لوله‌ها و اتصالات پروپیلنی در صنعت نفت و صنایع وابسته از جمله در لوله‌های انتقال گاز دارند می‌توان از این نانوکامپوزیت‌ها برای کاهش آلودگی‌های صوتی در این صنعت استفاده کرد.

انواع پشم سنگ با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر جذب آب را می‌توان یکی دیگر از انواع عایق‌های صوتی، حرارتی دانست. به‌طورکلی پشم سنگ جز عایق‌های حرارتی متشکل از الیاف معدنی با قطر ۴

۹ میکرون و طول ۵ تا ۸۵ میلی‌متر است، به همین دلیل به آن‌ها Mineral Wool هم گفته می‌شود. ماده اولیه برای تولید این نوع عایق‌ها سنگ بازالت است که از بازمانده فعالیت‌های آتشفشانی است به همین دلیل جز سنگ‌های آذرین قرار گرفته است. ساختار الیافی خاص پشم سنگ، خواص آکوستیک و جذب صوت بسیار خوبی برای این نوع عایق فراهم کرده است. همچنین با توجه به وجود خصوصیات ماند مقاوم دمایی بسیار بالا و عدم اشتعال‌پذیری و انتشار دود این نوع عایق‌ها ضد آتش نیز هستند، این نوع پشم سنگ‌ها تا دمای ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند و نقطه ذوب آن‌ها ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و تحمل برودتی آن تا ۳۰- بوده است و قدرت عایق حرارتی این محصولات برابر با ۳۳ دیوار بتنی و ۲۲ دیوار آجری است با توجه به این توضیحات پشم سنگ جز بهترین گروه عایق‌های صوتی و حرارتی برای صنایع نفت، گاز و پتروشیمی و... محسوب می‌شود. پشم سنگ عادی هنگامی که در معرض باران قرار گیرد و یا زمانی که رطوبت موجود در محیط را جذب کند باعث افزایش وزن و ایجاد بوی نامطلوبی در محیط می‌شوند همچنین هنگامی پشم سنگ رطوبت را به خودش جذب می‌کند با توجه به رسانا بودن آب میزان رسانایی حرارتی نیز افزایش می‌یابد و مهم‌تر از همه عایق مرطوب باعث ایجاد خوردگی می‌شود برای جلوگیری از این مشکلات از نانوذرات برای جلوگیری از جذب آب استفاده کردند تا میزان جذب آب توسط پشم سنگ‌ها به حداقل برسد. از ویژگی‌های پشم سنگ‌ها می‌توان به غیرسمی بودن، قابل بازیافت بودن و سازگاری با محیط و نصب ساده، ثبات ابعاد و سبک بودن اشاره کرد [۱۴].

پشم سنگ پتویی، پشم سنگ لحافی، پشم سنگ تخته‌ای، پشم سنگ لوله‌ای از انواع پشم سنگ‌های تولید شده با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر آب هستند.

طرح نانوعایق صوتی آب‌گریز یک محصول دانش‌بنیان است که جزء یکی از طرح‌های موفق نانومچ در سال ۱۳۹۵ محسوب می‌شود. این نانوعایق بسیار سبک و نازک است از این رو می‌توان از آن برای عایق‌کاری در صنایع مختلف از جمله صنایع پرسروصدا و قسمت‌هایی که فضا و دسترسی محدودی دارد استفاده کرد. در حال حاضر پشم سنگ و پشم شیشه از رقبای این محصول به حساب می‌آیند ولی با توجه به کیفیت، ضخامت، آب‌گریزی و وزن بهتر این محصول باعث شده است که نسبت به رقبای دیگر بهتر باشد [۱۵].

## شرکت‌های داخلی تولیدکننده عایق‌های صوتی و حرارتی نانویی

■ شرکت: صنایع عایق سپاهان

■ نام محصول: پشم سنگ لوله‌ای، تخته‌ای، لحافی، پتویی با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر جذب آب

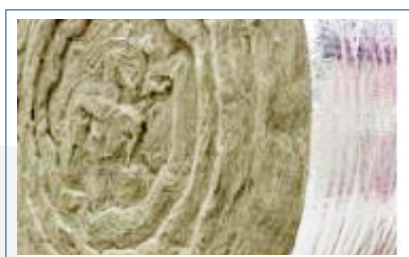
این شرکت پس از بررسی و تحقیق تیم کارشناسی بر پروژه تولید عایق‌های صوتی و حرارتی با هدف ذخیره انرژی و جلوگیری از اتلاف آن با تجهیزات مدرن از شرکت گامامکانیک‌ای ایتالیا و با در نظر گرفتن نیاز روزافزون بخش ساختمان و صنعت به این نوع تولیدات، فعالیت خود را آغاز کرد.

■ پشم سنگ پتویی

این نوع پشم سنگ در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، کوره‌ها و گرم‌خانه‌ها، دیگ‌های بخار،



شکل ۷. پشم سنگ پتیویی با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر جذب آب



شکل ۸. پشم سنگ لحافی با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر جذب آب



شکل ۹. پشم سنگ تخته‌ای با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر جذب آب



شکل ۱۰. پشم سنگ لوله‌ای با پوشش حاوی نانوذرات مقاوم در برابر جذب آب

توربین‌ها، داکت‌ها، شیرها و فلنج‌ها، مخازن و لوله‌هایی با قطر زیاد استفاده می‌شوند [۱۴].

### پشم سنگ لحافی

از این نوع پشم سنگ می‌توان در پوشش سقف کاذب و سقف‌های سوله، ساختمان مسکونی و صنعتی، کانال‌های گردش هوا، دیوارهای سالن کنفرانس برای جذب صدا و جلوگیری از ارتعاشات استفاده کرد [۱۶].

### پشم سنگ تخته‌ای

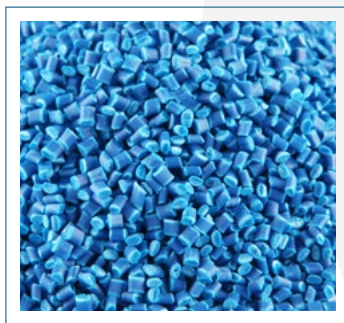
این پشم سنگ جز پرکاربردترین نوعی است که استفاده می‌شود و در مجتمع‌های پتروشیمی، پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها، مراکز تأمین بخار، سالن‌های کنفرانس، سیستم‌های تهویه مطبوع و .. مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۷].

### پشم سنگ لوله‌ای

این نوع پشم سنگ در لوله‌های حاوی سیالات گرم و سرد و بخار آب، سیستم‌های حرارتی برودتی و تهویه مطبوع، صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی و ... قابل استفاده است [۱۸].

محصولات پشم سنگ این شرکت داری گواهی نانومقیاس است.

وبسایت	<a href="https://ayeghsepahan.com">https://ayeghsepahan.com</a>
ایمیل	<a href="mailto:info@ayeghsepahan.com">info@ayeghsepahan.com</a>
آدرس	تهران، خیابان ولیعصر، نرسیده به توابع، شماره ۲۴۴۶، ساختمان امیر ناصر
تلفن	۰۲۱ - ۴۲۸۳۸
فکس	۰۲۱ - ۸۸۷۹۳۷۸۷



شکل ۱۱. نانوکامپوزیت عایق صدا

■ شرکت: پارسا پلیمر شریف

■ نام محصول: نانوکامپوزیت عایق صدا

نانوکامپوزیت عایق صدا بر پایه پلیمر پلی پروپیلن و فاز تقویت‌کننده در مقیاس نانو است. این نانوکامپوزیت برای کاربردهایی که به دانسیته بالا، مدول بالا، پایداری ابعادی خوب، مقاومت شیمیایی و خواص عایق صدا نیاز دارند، طراحی شده است. این محصول مناسب برای تزریق لوله و اتصالات پلی پروپیلنی با عبورپذیری کم صدا است.

■ استانداردها: تأییدیه نانومقیاس

www.parsapolymer.com	وبسایت
info@parsapolymer.com	ایمیل
تهران، خیابان آزادی، خیابان دکتر حبیب‌الله، خیابان شهید قاسمی، شماره ۳۷، واحد ۱	آدرس
۰۲۱-۶۱۹۷۵۱۰۰	تلفن
۰۲۱-۶۱۹۷۵۱۱۰	فکس

■ شرکت: پوشش صنعت نانوفن تهران

■ نام محصول: رنگ عایق حرارتی نانو



شکل ۱۲. تصویر رنگ نانو عایق محصول نانوفن

رنگ عایق حرارتی مبتنی بر فناوری نانو محصولی بر پایه رزین‌های پایه آب و حلال است که حاوی پیگمنت‌های خنثی و نانوافزودنی است که مصارف صنعتی و ساختمانی دارد. این رنگ پوسته پوسته نمی‌شود، ترک نمی‌خورد و چسبندگی بسیار عالی و مقاومت بسیار مناسب در برابر تست سالت اسپری و آلودگی هوا، قارچ‌ها و میکروب‌ها از خود نشان داده است. تأثیر استفاده از این پوشش در روزهای خیلی گرم یا خیلی سرد بسیار بیشتر بوده و می‌تواند اختلاف دمایی تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد بین دمای محیط خارج و داخل ایجاد کند تا به خوبی از انتقال حرارت ناشی از گرادیان دمایی در دو سمتی

که محیط بسته است، جلوگیری کند.

■ استانداردها: تأییدیه نانومقیاس

وبسایت	www.nanoisola.com
ایمیل	info@nanofanco.com
آدرس	تهران، فلکه دوم تهرانپارس، خیابان جشنواره، خیابان سجده ای جنوبی، کوچه طاهریان (۱۷۰/۱)، پلاک ۲۶، طبقه همکف

■ شرکت: واکنش صنعت پارت

■ نام محصول: آئروژل سیلیکا

این شرکت با تولید آئروژل سیلیکات با نام تجاری ایرولیت در مقیاس صنعتی توانسته است تا عایق صوتی مناسبی را تولید کند.

وبسایت	www.vaspart.com
ایمیل	info@vaspart.com
آدرس	اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان، خیابان پانزدهم، ساختمان تواتر صنعت، طبقه دوم، شرکت واکنش صنعت پارت
تلفن	۰۳۱۳۳۹۳۲۴۸۴
فکس	۰۳۱۳۳۹۳۲۴۸۳

## شرکت های خارجی تولیدکننده عایق های صوتی و حرارتی نانویی

■ شرکت: Cabot

■ نام محصول: آئروژل

آئروژل ها یکی از بهترین موادی هستند که از آن ها می توان به عنوان عایق های صوتی و حرارتی در ساختمان و صنایع مختلف استفاده کرد، این شرکت یکی از شرکت های آمریکایی تولیدکننده این محصول است.



www.cabotcorp.com

وبسایت



شکل ۱۳. نانو عایق Heat Shield™ High Heat Coating

■ شرکت: Synavax

■ نام محصول:

#### Heat Shield™ High Heat Coating

این عایق صنعتی برای عایق‌کاری لوله‌های بخار، مبدل حرارتی، بویلرها و غیره استفاده می‌شود. استفاده از این محصول باعث کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات تجهیزات و افزایش طول عمر در نتیجه کاهش هزینه‌ها می‌گردد به عنوان مثال در یک پروژه Steam Boiler & Valves با هزینه ۲۰,۰۰۰ دلار باعث صرفه‌جویی انرژی به میزان ۴۶۰,۰۰۰ دلار در سال شد.

## بی نوشتها

- ۱ Sinopec
- ۲ Synavax

## مراجع

۵ ماهنامه فناوری نانو اسفند ۱۳۹۵

- ۲ <http://www.scseso.com/index.php/worldatclick/nanotechnology/22-nanotechnology/54-importance-nano>
- ۳ [http://www.nano.ir/index.php?ctrl=proposal&actn=proposal\\_info&id=168&lang=1](http://www.nano.ir/index.php?ctrl=proposal&actn=proposal_info&id=168&lang=1)
- ۴ <http://nanisola.com/fa/index.php/2014-03-11-22-19-50>
- ۵ <http://nanoagro.ir/news/58856>
- ۶ J. Božić, "NANO INSULATION MATERIALS FOR ENERGY EFFICIENT BUILDINGS."
- ۷ D. BOZSAKY, "APPLICATION OF NANOTECHNOLOGY-BASED THERMAL INSULATION MATERIALS IN BUILDING CONSTRUCTION."
- ۸ [http://sibekhas.ir/%D8%B3%DB%8C%D9%84%DB%8C%DA%A9%D8%A7-%DA%86%DB%8C%D8%B3%D8%AA\\_%D9%81%D8%B1%D9%88%D8%B4-%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88-sio2-%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88-%D8%B3%DB%8C%D9%84%DB%8C%DA%A9%D8%A7-%D9%86%D8%A7%D9%86/](http://sibekhas.ir/%D8%B3%DB%8C%D9%84%DB%8C%DA%A9%D8%A7-%DA%86%DB%8C%D8%B3%D8%AA_%D9%81%D8%B1%D9%88%D8%B4-%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88-sio2-%D9%86%D8%A7%D9%86%D9%88-%D8%B3%DB%8C%D9%84%DB%8C%DA%A9%D8%A7-%D9%86%D8%A7%D9%86/)

۹ ماهنامه فناوری نانو بهمن ۱۳۸۹ پیاپی ۱۶۰

- ۱۰ A. A. Muhammad Abdul Mujeebu, Noman Ashraf, "Energy performance and economic viability of nano aerogel glazing and nano vacuum insulation panel in multi-story office building."

۱۱ ماهنامه فناوری نانو خرداد ۱۳۹۴

- ۱۲ <https://www.synavax.com/oil-pipe-coatings/>
- ۱۳ محصولات فناوری نانو در حوزه رنگ، رزین، کامپوزیت و پلیمر پاییز ۱۳۹۴ ویرایش اول
- ۱۴ <http://nanoproduct.ir/product/3113/%D9%BE%D8%B4%D9%85%20%D8%B3%D9%86%DA%AF%20%D9%BE%D8%AA%D9%88%DB%8C%DB%8C>, pp. 2-3.
- ۱۵ <http://news.nano.ir/1/60283>
- ۱۶ <http://nanoproduct.ir/product/2988/%D9%BE%D8%B4%D9%85%20%D8%B3%D9%86%DA%AF%20%D9%84%D8%AD%D8%A7%D9%81%DB%8C>, pp. 2-3.
- ۱۷ <http://nanoproduct.ir/product/3111/%D9%BE%D8%B4%D9%85>, pp. 2-3.
- ۱۸ <http://nanoproduct.ir/product/3112/%D9%BE%D8%B4%D9%85%20%D8%B3%D9%86%DA%AF%20%D9%84%D9%88%D9%84%D9%87%E2%80%8C%D8%A7%DB%8C>, pp. 55-56.

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو در زمینه صنعت نفت منتشر شده است



- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- بهره‌گیری از جاذب‌های نانو بر پایه آتروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی
- نانوافزودنی‌های سوخت
- کاربرد فناوری نانو در سیمان و سیال حفاری
- کاربرد فناوری نانو در فرآیندهای ازدیاد برداشت نفت خام
- کاربرد فناوری نانو در آنالیزگرهای جدید صنایع بالادستی نفت
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه پساب‌های صنعتی نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی
- کاربرد نانوفیلترها در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی
- کاربرد نانوکاتالیست‌ها در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی
- کاربرد نانوافزودنی‌های روانکار در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی
- کاربرد نانو جاذب‌ها در ذخیره‌سازی گاز
- کاربرد نانوپوشش‌های آنتی فولینگ در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی