

# عایق و مدیریت مصرف انرژی

منتشر شده در وب سایت پروژه دات کام

[www.Prozhe.com](http://www.Prozhe.com)

بزرگترین وب سایت دانلود رایگان پروژه و مقالات دانشجویی

با گسترش صنایع در دهه های اخیر و با توجه به معضل سوخت های فسیلی که ذخایر آن رو به پایان می باشد. امروزه نگرش صحیح و استفاده بهینه از منابع انرژی و مبحث آن ، صنعت گران را برآن داشته تا نگاهی جامع به استفاده از عایق در صنایع مختلف داشته باشند. وجود یارانه های انرژی ، اهمیت عایق و عایق کاری را تا حدودی کم رنگ نموده ، لیکن با حذف این یارانه ها ، نیاز هر چه بیشتر آن نه تنها در صنعت ، بلکه در زندگی روزمره به وضوح مشاهده می گردد. در این میان صنایعی چون پالایشگاه ها ، پتروشیمی ها ، نیروگاه ها ، صنایع سیمان ، فولاد ، کارخانه های صنعتی و مواد غذایی و تأسیسات خانگی از مهمترین مصرف کنندگان عایق می باشند.

### روش های کاهش مصرف انرژی در ساختمان ها

اگر از مبحث انرژی مصرفی صنعت ساختمان، که قبل از اجرای بنا و برای مواردی چون تولید، تبدیل و حمل و نقل مصالح و نیز اجرای ساختمان بکار می رود، بگذریم، الگوی مصرف انرژی در ساختمان و مسکن را می توان با ۴ شیوه مختلف اصلاح نمود.

۱- شیوه ساختمانی (افزایش مقاومت حرارتی پوسته ساختمان، افزایش هوابندی و غیره)

۲- شیوه مرتبط با تکنولوژی (تاسیساتی) (بهینه کردن سیستم های حرارتی، برودتی و روشنایی، افزایش سهم منابع انرژی های نو در تامین انرژی ساختمان و غیره)

۳- اصلاح الگوهای رفتاری مصرف شهروندان

۴- شیوه معماری (استفاده از طراحی معماری متناسب با اقلیم جهت کاهش مصرف انرژی ساختمان)

هرچند همه شیوه‌های فوق برای کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها مناسب بوده و بایستی از همه آنها بهره گرفت، لیکن شیوه‌های معماری از جنبه‌های متعدد برای شرایط اقتصادی و اجتماعی ایران مناسبتر بوده و قابلیت عملی شدنشان بیشتر است. شیوه معماری کاهش مصرف انرژی به این امر می‌پردازد که چگونه می‌توان تنها با طراحی معماری و با انتخاب مناسب فاکتورهای معماری برای هر اقلیم، میزان مصرف انرژی ساختمان‌ها را کاهش داد.

کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها با طراحی معماری نسبت به دیگر شیوه‌ها دارای مزایای زیر بوده و به این دلیل برای شرایط ایران از اولویت برخوردار است:

- ❖ اقتصادی بودن
- ❖ مناسب بودن گروه مخاطب طرح
- ❖ میزان بالای اثربخشی

## عایق کاری :

عایقکاری نقش بسیار مهمی در گرم نگه داشتن ساختمان در فصل زمستان و خنک نگه داشتن آن در فصل تابستان دارد. به کمک عایقکاری میتوان یک خانه را در زمستان ۵ درجه گرمتر و در تابستان ۱۰ درجه خنکتر نگه داشت. به این ترتیب علاوه بر کم شدن مصرف انرژی، از آلودگی محیط زیست نیز کاسته میشود و منابع انرژی برای استفاده آیندگان حفظ میگردد. فاکتور مهم در انتخاب عایقها، میزان مقاومت حرارتی آنها است. هر قدر این مقاومت بالاتر باشد، عایق حرارت را کمتر از خود عبور می دهد و صرفه جویی ای که به همراه دارد افزایش می یابد. پس به جای ضخامت عایقها، باید مقاومت حرارتی آنها با هم مقایسه شود. عایق های گوناگون با مقاومتهای حرارتی برابر، از نظر میزان صرفه جویی در انرژی همانند هستند و تنها اختلاف آنها در قیمت و محل کاربرد است.

عایقها دو گروه اصلی دارند که روش کار آنها کاملا متفاوت است :

عایق هایی که در ساختار آنها حبابهای هوا وجود دارد و باعث کاهش هدایت حرارت میشوند .  
عایق هایی که حرارت را باز می تابانند . پشت این عایقها باید حدود ۲۰ میلیمتر فاصله هوایی تعبیه شود .



## انواع عایق کاری :

۱- عایق هایی که در ساختار آنها حبابهای هوا وجود دارد و باعث کاهش هدایت حرارت می شوند.

۲- عایق هایی که حرارت را باز می تابند. پشت این عایق ها باید حدود ۲۰ میلی متر فاصله هوایی تعبیه شود. عایق ها چگونه ارزیابی می شوند ؟

فاکتور مهم در انتخاب عایق ها ، میزان مقاومت حرارتی آن هاست. هر قدر  $n$  مقاومت بالاتر باشد ، عایق حرارت را کمتر از خود عبور می دهد و صرفه جویی که به همراه دارد افزایش می یابد ، پس به جای ضخامت عایق ها ، باید مقاومت حرارتی آن ها با هم مقایسه شوند.

عایق های گوناگون با مقاومت های حرارتی برابر ، از نظر میزان صرفه جویی در انرژی همانند هستند و تنها اختلاف آنها در قیمت و محل کاربرد است.

### چه جاهایی باید عایق کاری شوند؟

- سقفها : با عایق کاری سقف مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان حداقل ۳۵٪ تا ۴۵٪ کاهش می یابد.

- دیوار های خارجی : مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش ساختمان را دست کم حدود ۱۵٪ کاهش می دهد.

- کف : مصرف انرژی در زمستان را ۵٪ کاهش می دهد.

- لوله های آبگرم : برای عایق کاری لوله های آبگرم می توان از عایق های پتویی یا عایقهایی که به طور ویژه برای لوله ها ساخته شده و به راحتی قابل نصب هستند استفاده کرد.

سقف و کف ساختمان های موجود را می توان به راحتی عایق نمود.

بر اساس مقررات ملی ساختمان ، تمامی ساختمانهایی که ساخته می شوند باید به اندازه کافی عایق کاری شوند. میزان عایق مورد نیاز در همین مقررات تعیین شده است.

## چند راهنمایی کلی برای نصب عایق ها

عایق ها در صورتی خوب کار خود را انجام می دهند که به طور صحیح نصب شده باشند. موارد زیر به شما کمک می کند تا بهترین کارایی از عایق هایی که نصب می کنید ببینید:

- هرگز عایق را فشرده نکنید. عایق باید پس از نصب همان ضخامت اولیه خود را داشته باشد، در غیر این صورت مقدار مقاومت حرارتی آن کاهش می یابد و نمی توان آن طور که انتظار می رود جلوی انتقال حرارت را بگیرد.

- عایق کاری را به طور کامل روی تمام سطح انجام دهید. چرا که اگر تنها ۵٪ از سطح خالی بماند ، ممکن است تا ۵۰٪ از کارایی عایق کاری کاسته شود.

- مواد عایق را باید خشک نگه داشت ، زیرا به استثنای پلی استایرن که نسبت به آب مقاوم است ، بقیه عایق ها بر اثر رطوبت کارایی آنها پایین می آید. در برخی عایق های آزاد مقدار مقاومت حرارتی متناسب با تراکم عایق است نه ضخامت آن. در این عایق ها، مقدار مقاومت ممکن است بعد از مدتی تا ۲۰٪ کاهش یابد. از این رو باید بعد از نصب کننده عایق تضمین گرفت.

- از عایق های آزاد در سقف هایی که شیب زیادی دارند استفاده نکنید.

- در صورت استفاده از عایق های بازتابنده باید حتما پشت آنها یک لایه هوای ساکن به ضخامت ۲۰ میلی متر وجود داشته باشد. تمام سوراخها و پارگی ها و درزها باید با نوارچسب پوشیده شوند.

- اطراف کابل های برق و لوازم الکتریکی را هرگز عایق کاری نکنید، ایمن بودن عایق کاری باید توسط یک فرد متخصص بررسی شود.

- در فاصله کمتر از ۹۰ میلی متر فنهای خروجی عایق نصب نکنید.

در فاصله کمتر از ۲۵ میلی متر حبابهای لامپ و سرپیچ آنها عایق کاری نکنید.

برآوردها نشان می دهد که ۹ سانتیمتر عایق حرارتی پشم شیشه معادل ۳ متر سیمان در کاهش مصرف سوخت و جلوگیری از اتلاف حرارت داخل ساختمان و همچنین کاهش ورود سر و صدا به داخل ساختمان عمل می کند.

با ۲ درصد هزینه اضافی در ساختمان سازی برای عایق کاری با پشم شیشه می توان ۴۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی کرد و همچنین مانع ورود صداهای مزاحم به داخل ساختمان شد.

به عقیده کارشناسان صنعتی و دست اندرکاران ساختمان سازی، هزینه عایق کاری ساختمان ها ۱/۸ درصد هزینه کل ساختمان است، اما مزایای استفاده از عایق کاری مانند کاهش مصرف سوخت و جلوگیری از اتلاف گرما و سرمای داخل ساختمان و همچنین اثرات جلوگیری از ورود آلودگی هوا و آلودگی صوتی به داخل محیط زندگی و کار بسیار بالاتر از سرمایه گذاری اولیه برای عایق کاری است. خانوارها و ساکنان ساختمان های عایق کاری شده در سال اول سکونت خود، کل هزینه عایق کاری را از محل صرفه جویی در سوخت و برق پرداخت خواهند کرد.

آمارهای صرف جویی در هزینه ها و کاهش مصرف سوخت در اثر عایق کاری صنایع و ساختمان ها در کشورهای مختلف نشان می دهد که ترکیه در سال ۱۹۹۵ با اجباری کردن عایق کاری با ضخامت ۵ سانتی متر در ساختمان ها ۲۰ هزار تن گازسمی CO2 را کاهش داد، سایر آلاینده ها نیز به میزان قابل توجهی کاهش یافت.

این کشورها علاوه بر کاهش آلودگی هوا از سایر مزایای عایق کاری مانند کاهش مصرف سوخت و برق، جلوگیری از ورود سروصدا به داخل خودروها و ساختمان ها محیط زندگی و کاهش سروصدا و اتلاف انرژی در کارخانه ها، خیابان ها و ساختمان ها، میلیارد ها دلار صرفه جویی داشته اند و محیط زندگی شهری و خانواده ها با آرامش بیشتری همراه شده است.

کارشناسان محیط زیست، متخصصین انرژی و روان شناسان، امروزه اجباری کردن عایق کاری و استفاده از عایق های رطوبتی و حرارتی را عاملی در کاهش ناراحتی های روحی، عصبی، اتلاف انرژی، کاهش آلودگی هوا و بیماری های مختلف معرفی کرده اند. در شرایطی که تولید خودرو در کشور به ۷۰۰ هزار دستگاه در سال رسیده و ساخت و ساز رونق زیادی دارد و به معابر و خیابان های محدود تهران هر روز تعداد زیادی خودرو اضافه می شود، ساختمان های تک واحدی و ۲ واحدی تخریب می شوند و به جای آنها آپارتمان های ۲۰-۱۰ واحدی ساخته می شود، خانوارهای شهری به صورت متراکم در نقاط مختلف شهر سکونت می کنند،

تراکم جمعیت، ترافیک، مصرف سوخت، ایجاد آلودگی هوا، آلاینده سمی CO<sub>2</sub>، صداهای مزاحم و ... هر روز رو به افزایش است، باید راهکارهایی نظیر استفاده از عایق های مختلف در صنایع خودرو سازی مورد توجه قرار گیرد تا علاوه بر کاهش مصرف سوخت از افزایش آلاینده ها و صدای مزاحم، از ورود آلودگی هوا و آلودگی صوتی به داخل ساختمان ها و محیط زندگی خانوارها جلوگیری و محیط زندگی برای خانوارهای شهری با آرامش و رفاه نسبی بیشتری همراه شود.

فرهنگ عمومی استفاده از پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی و عایق های صوتی در کشور ما گسترش نیافته است و متخصصین توجه زیادی به استفاده از عایق های مختلف در صنایع و ساختمان ها ندارند. یکی از دلایل اصلی در این زمینه وجود منابع سرشار نفت و گاز در کشور و ارزانی قیمت نفت، گاز و گازوییل بوده که باعث شده استفاده از عایق های مختلف در ساختمان ها مورد توجه قرار نگیرد. دولت نیز توجهی به کاهش مصرف سوخت در ساختمان ها نداشته و خانوارها هم تمایلی به پرداخت هزینه برای عایق کاری ساختمان، درها و پنجره ها نداشته اند.

اما امروزه با گسترش آپارتمان نشینی در تهران و ساخت ۲۰ واحد جدید به جای یک واحد ساختمان قدیمی، ضرورت کاهش مصرف سوخت بیشتر مورد توجه قرار گرفته است و سروصدای موجود در آپارتمان های مجاور، راه پله ها، کوچه ها و خیابان ها خانوارها را به چاره اندیشی و تفکردرباره راهکار جلوگیری از ورود سروصدا به داخل منازل و ساختمان ها و کاهش مصرف سوخت مشغول کرده است.

دولت نیز از آمار رو به افزایش مصرف سوخت، گاز، گازوییل و بنزین نگران است. در حال حاضر سازمان بهینه سازی مصرف انرژی و سایر نهادهای دولتی طرح هایی برای کاهش مصرف سوخت خودروها با استفاده از پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی و عایق های صوتی در خودروها، ساختمان ها و صنایع مختلف در نظر گرفته اند که البته تا همگانی شدن این طرح ها و گسترش فرهنگ و اجباری شدن عایق کاری راه درازی پیش رو داریم؛ اما با اطمینان باید گفت که اگر عایق کاری همه گیر شود و همه، از مردم و ساختمان سازها تا مدیران صنایع آن را جدی بگیرند علاوه بر صرفه جویی در هزینه ها و بهبود کیفیت کالاهای صنعتی و ساختمان ها، باعث کاهش مصرف سوخت و اتلاف منابع نفت و گاز و همچنین کاهش اثرات مخرب سروصدای خودروها در محیط زندگی شهری خواهد شد و به کاهش عصبیت در بین افراد جامعه نیز کمک خواهد کرد.

یک کارشناس صنعت پشم شیشه در این زمینه می گوید: اگر قانون لزوم استفاده ساختمان های بالای ۸۰۰ متر و ۱۰۰۰ متر زیر بنا از عایق کاری در شهرستان ها و تهران اجرا شود و قوانین تکمیلی دیگری در مورد ضرورت عایق کاری در ساختمان ها و صنایع به اجرا درآید، از محل صرفه جویی در سوخت و انرژی به راحتی می توان علاوه بر تامین مبلغ سرمایه گذاری برای عایق کاری از اتلاف انرژی و سروصدای زیاد محیط زندگی جلوگیری کرد به گونه ای که از محل کاهش مصرف سوخت در یکی دو سال اول می توان هزینه عایق کاری را تامین و پوشش داد و در سال های بعد از مزایای آن سود برد.

## اندازه مطلوب صدا در ساختمان های مختلف

برآورد کارشناسان در پیشنویس آیین نامه صدابندی درساختمان ها که توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن انجام شده است، نشان می دهد که حد مطلوب صدا در ساختمان های مسکونی و در اتاق خواب ۳۰ دسی بل، در اتاق نشیمن ۴۰ دسی بل و در آشپزخانه ۴۵ دسی بل است. همچنین در اتاق بیماران در بیمارستان ها حد مطلوب صدا ۳۰ دسی بل، در اتاق عمل ۳۵ دسی بل، در اتاق انتظار ۴۰ دسی بل و در بانک ها و فروشگاه ها ۴۵ دسی بل برآورد شده است و حداکثر صدا نباید ۵ دسی بل بیش از این مقدار باشد. در غیر این صورت صداهای گوشخراش مانند صدای موتورسیکلت ۱۲۵، مغز انسان را آزار می دهد.

بنابراین صدابندی و استفاده از عایق ها و جداگرهای مناسب درساختمان ها الزامی است، تا از ورود صداهای مزاحم بالای ۵۰ دسی بل به ساختمان ها جلوگیری شود. در نتیجه ضروری است که جداگرها و عایق کاری با حداقل صدابندی ۵۰ دسی بل در محل سکونت و با حداقل صدابندی ۶۰ دسی بل در بیمارستان ها و حداقل صدابندی ۴۰ دسی بل در کلاس های درس مورد توجه قرار گیرد.

اگرچه امروزه از دیوارهای بتنی و سیمانی و گچی بیش از دیوارهای آجری استفاده می شود و تاحدودی صدابندی اجزای ساختمان بیشتر شده است و پنجره ها و شیشه های دوجداره از ورود صداهای مزاحم و با دسی بل بالا تا حدودی جلوگیری می کند؛ اما در شرایطی که تولید موتورسیکلت هایی با صدای بالای ۷۰، ۸۰، ۹۰ دسی بل در کشور افزایش یافته است تنها می توان با دیوار سیمانی و بتنی از ورود صداهای مزاحم و آلودگی های مختلف صوتی جلوگیری کرد.

بنابراین برای آنکه حد مطلوب صدا در مناطق مسکونی و کلاس های درس و بیمارستان ها را داشته باشیم استفاده از عایق های رطوبتی و حرارتی و صوتی بیش از گذشته ضروری به نظر می رسد.

کارشناسان با اشاره به آثار مخرب و آزار صداهای نامناسب حاصل از زندگی ماشینی در سلامت جسم و روان و بروز بیماری های عصبی و حتی ناشنوایی، معتقدند که در طراحی ساختمان های جدید باید شاخص های تعیین شده صدابندی از سوی مراجع رسمی مورد توجه قرار گیرد.

امروزه آیین 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 این همه تراکم جمعیت و ترافیک باید مقررات صدابندی و استفاده از عایق ها، دیوار، سقف و پنجره های مناسب طبق استانداردها و تجربه کشورهای پیشرفته اجباری شود و از معمارها، کارفرمایان و سازندگان ساختمان ها بخواهیم تا برای ایجاد محیط زندگی با آرامش نسبی ساختمان های عایق کاری شده و با صدابندی مناسب را عرضه کنند.

در این مسیر دولت، وزارت مسکن و شهرسازی، اتحادیه های مرتبط با ساخت مسکن و ساختمان های اداری، وزارت صنایع و معادن و .... باید مقررات صدابندی و استفاده از عایق ها را توصیه و اجباری کنند.

اما از هر عاملی موثرتر، خانواده ها هستند که برای آرامش افراد خانواده و فرزندان و جلوگیری از آثار مخرب صداهای مزاحم بر روح و جسم و سلامت خود باید در خرید محل سکونت بر عایق کاری و صدابندی و استفاده از عایق ها و دیوارها و پنجره ها و مصالح ساختمانی مناسب تاکید کنند و آپارتمان و خانه ای را بخرند که عایق کاری و صدابندی در آن رعایت شده باشد تا از ورود آلودگی هوا و آلودگی صوتی به داخل ساختمان جلوگیری به عمل آید.

تشکل های صنفی و نهادهای مدنی و حامی حقوق مصرف کننده نیز باید مصالح ساختمانی و روشهای ساختمان سازی مناسب و با صدابندی مطلوب را به مردم معرفی کنند تا تقاضای مردم برای ساختمان های عایق کاری و صدابندی شده افزایش یابد.

رعایت استانداردهای جهانی در تولید محصولات پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی امروزه در کشورهای مختلف مورد توجه قرار گرفته و در ایران نیز استاندارد ۱۳۱۶۲ -EN -DIN- که استاندارد اروپاست برای تولید محصولات پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی در شرکت های پشم شیشه ایران، ایزوگام و .... مورد توجه قرار گرفته است.

به عقیده کارشناسان اگر این استاندارد توسط دولت، وزارت صنایع و معادن و وزارت بازرگانی برای تولید داخلی و واردات تصویب و اجرای آن الزامی شود به راحتی می توان از واردات اجناس بی کیفیت و تولید عایق های نامطلوب در داخل جلوگیری کرد.

به عقیده کارشناسان بخشی از واردات پشم شیشه و عایق هایی که از کشورهای ترکیه و... وارد کشور میشود استانداردهای لازم را ندارد و حتی می توان گفت که اصلا عایق نیست، بنابراین رعایت استانداردها و قوانین سختگیرانه در واردات عایق ها الزامی است تا از عایق ها و مصالح و اجناس مناسب برای عایق کاری استفاده شود.

به عقیده کارشناسان، عایق کاری علاوه بر مزیت های فراوان، اشتغال زایی نیز به همراه دارد و صنایع پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی در ساختمان ها با صنایع پسمین و پیشین بسیاری در ارتباط است و اشتغال زیادی را درمعادن، صنایع پتروشیمی، شرکت نفت، صنایع ساختمان سازی، نصب وتولید عایق ها در کارخانه ها، خدمات پس از فروش و سایر صنایع پایین دستی دربر میگیرد. در صورتی که استفاده از عایق های رطوبتی و حرارتی و صوتی در ساختمان ها الزامی شود، اشتغال فراوانی را در کشور به صورت گسترده در بخش های تولیدی مواد اولیه و خدمات پس از فروش ایجاد خواهد کرد و مزایای فراوانی نیز در بخش صرفه جویی انرژی و جلوگیری از آلودگی هوا و آلودگی صوتی و جلوگیری از ورود صداهای مزاحم برای خانواده ها خواهد داشت.

تقاضای موجود در بازار پشم شیشه ایران تنها ۷۰ میلیون مترمربع است. به عقیده کارشناسان، مصالح ساختمانی و روش های ساخت دیوار، در، پنجره، سقف و تقاضای موجود بازار برای پشم شیشه و عایق های رطوبتی و حرارتی نشان دهنده وضعیت نامطلوب عایق کاری و صدابندی و طراحی در صنعت خودرو و ساختمان است. خانوارهای شهری هر روز مقادیر زیادی آلودگی هوا، آلودگی صوتی وهزینه مصرف سوخت و برق را تقبل می کنند و خودروها و موتورسیکلت ها عامل ایجاد ۷۰ درصد آلودگی هوا و ۹۰ درصد آلودگی صوتی هستند.

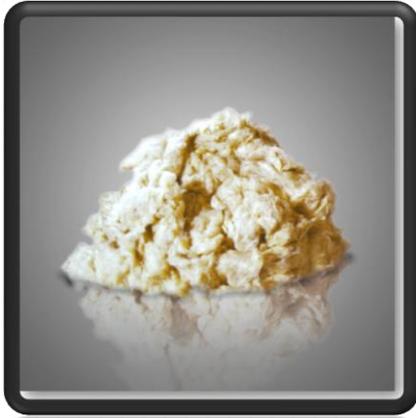
در شرایطی که تولید صدا در خودروها و موتور سیکلت ها بالای ۸۰ دسی بل است و حد مطلوب صدا در اتاق بیمار و اتاق خواب ۳۰ دسی بل است، چگونه انتظار داریم که جامعه ای آرام، سالم، خلاق، باهوش و شاداب داشته باشیم،

چگونه انتظار داریم که خواب افراد جامعه کامل باشد و خستگی و افسردگی و ناتوانی کاهش یابد و فرزندان باهوش، کنجکاو، بدون پرخاشگری و عصبیت و مردمانی شاداب و با آرامش روحی و با بهره وری و کارآیی بالا داشته باشیم؟! بنابراین عایق کاری رطوبتی و حرارتی و صدابندی برای جلوگیری از اتلاف سرمایه های ملی و کاهش مصرف سوخت و ایجاد آرامش نسبی در خانواده ها نیاز به یک عزم ملی دارد و از ساختمان سازی گرفته تا صنایع خودرو سازی و موتورسیکلت سازی و از توجه و دقت کارشناسان گرفته تا انتظار مردم و تقاضای مصرف کننده و حمایت نهاد ها و تشکل های صنفی و مدنی حامی حقوق مصرف کننده، همه و همه باید عزم را جزم کنیم و از خودروساز، موتورسیکلت ساز و ساختمان ساز و تولید کننده موتور و مصالح ساختمانی و .... بخواهیم که استانداردها را رعایت کنند، مصرف سوخت و تولید صدا را کاهش دهند تا آلودگی هوا، آلودگی صوتی و گاز کربنیک و میلیارد ها دلار هزینه برای مردم و دولت را با هم و با مشارکت ملی کاهش دهیم.

## عایق های پشم سنگ و سرباره

عایق های پشم سنگ یا پشم های معدنی (Rockwool Insulation – Mineral Wools)

استاندارد: ASTM C547 برای مقاطع لوله ای – ASTM C553 برای پتویی – ASTM C612 برای تخته ای



### تفاوت پشم سنگ و سرباره

ضریب هدایت حرارتی سرباره : اپتیمم ضریب هدایت حرارتی در دانسیته  $120 \text{ kg/m}^3$  بوده و در دمای  $50^\circ \text{C}$  برابر  $0.040 \text{ W/mk}$  است.

ضریب هدایت حرارتی پشم سنگ : اپتیمم ضریب هدایت حرارتی در دانسیته  $120 \text{ kg/m}^3$  بوده و در دمای  $50^\circ \text{C}$  برابر  $0.039 \text{ W/mk}$  است . (ضریب هدایت حرارتی پایین)

تذکر : این ضریب نشان دهنده قابلیت هدایت حرارتی است و هر چه کمتر باشد عملکرد دقیق بهتر خواهد بود به طوری که محیط گرم را گرم و محیط سرد را سرد نگه می دارد.

ویژگی های آکوستیکی یا صوتی پشم سنگ و سرباره با یکدیگر برابری میکنند . جذب صوت بالا ( $\geq 58\%$ )

پشم سنگ یا پشم معدنی، ماده ای غیرارگانیک و غیرفلزی بوده که از فیبرهای بسیار نازک سنگ های آتش فشانی مانند بازالت و دولومیت به همراه مقدار سرباره کوره های آهن، ساخته می شود. این ترکیب، بیش از  $97\%$  محصول

نهایی را تشکیل می دهد. مقدار ۲ تا ۳ درصد از ترکیب را مواد ارگانیک، شامل رزین های ترموست (به عنوان نگهدارنده و چسب) و مقدار کمی روغن تشکیل می دهند. سنگ در دمای  $1600$  درجه سانتی گراد ذوب شده و بر روی غلتک هایی که با سرعت زیاد می چرخند، ریخته می شود. در این حالت سنگ مذاب به الیاف بسیار نازک به ضخامت

۶ الی ۱۰ میکرومتر تبدیل می شود. به این ترتیب پشم سنگ از دسته عایق های الیافی و فیبری محسوب می شود و خواص عایق حرارتی، صوتی و ضدآتش بسیار خوبی از خود نشان می دهد. پشم سنگ را میتوان با چگالی های مختلف، ابعاد و اندازه های متفاوت و در شکل های متنوع تولید نمود. دامنه محصولات پشم سنگ از پشم خام که به صورت فله ای در محفظه های دیواره ها وارد می شود، تا به شکل های لوله ای، تخته ای، پتویی و لحافی گسترده بوده و محصولات با و یا بدون پوشش های خارجی عرضه می شوند.

عایق های پشم معدنی نزدیک به ۴۴٪ کل عایق های بکار رفته در صنایع مختلف و ساختمان ها را شامل میشوند. کاربردهای عایق های پشم سنگ شامل صنعت ساخت و ساز، صنایع پتروشیمی و پالایشگاهی، صنایعی که در آنها درجه حرارت بسیار بالایی وجود دارد، کوره ها و اجاق ها، کانال های هوای گرم، گازهای شیمیایی و دودکشها، مخازن روغن، دیگ های بخار و پاتیل های مذاب و زمینه های متنوع دیگر می شود. ضریب مقاومت حرارتی پشم سنگ تا ۸ برابر بیشتر از بتون غیرمصلح است. همچنین هزینه پشم سنگ از بسیاری از عایق های پلیمری یا ارگانیک کمتر بوده و در دسترس ترین عایق برای صنایع داخلی محسوب می شود.

### مشخصات عایق های پشم سنگ

مشخصه فیزیکی	توضیح	واحد	استاندارد
ساختار	الیافی	-	-
رنگ	زرد - قهوه ای - سفید	-	-

		- خاکستری	
<b>ASTM E679</b>	-	بی بو	بو
<b>ASTM D1622</b>	[Kg/m <sup>3</sup> ]	متنوع 30~ 150	چگالی
<b>ASTM C209</b>	-	تخته ای و لوله ای صلب بوده لحافی و فلهای انعطاف پذیرند	انعطاف پذیری
<b>ASTM C 165 – C1621</b>	Pa – [N/m <sup>2</sup> ]	بستگی به چگالی دارد	استحکام فشاری
<b>ASTM C547 – C612 – C553</b>	[°C]	[-50]~[+710]	محدوده دمای کاری
<b>ASTM E96</b>	Perm	N/A	ضریب نفوذ رطوبت
<b>ASTM E96</b>	% W/W	N/A	ضریب جذب رطوبت
<b>ASTM C518 – ASTM C335</b>	[W/m.°C]	0.033	ضریب انتقال حرارت در 24°C
<b>ASTM C518 – ASTM C335</b>	[W/m.°C]	0.044	ضریب انتقال حرارت در 100°C
<b>ASTM D1171</b>	-	بسیار خوب	مقاومت در مقابل UV
<b>ASTM E84 - BS 476 Part 7</b>	-	عایق ضد آتش	انتشار اشتعال سطحی
-	-	بسیار خوب	مقاومت شیمیایی

ضریب انتقال حرارت پشم سنگ (همانند همه مواد موجود در طبیعت) با افزایش دما، افزایش می یابد. نمودار زیر تغییرات ضریب انتقال حرارت پشم سنگ با متناسب با افزایش دما را نشان می دهد. (توجه شود که واحد ضریب انتقال حرارت در نمودار Btu است).

## ترکیب شیمیایی پشم سنگ عبارت است از:

Compound	Weight	Compound	Weight
Na <sub>2</sub> O	4.7%	K <sub>2</sub> O	0.96%
SO <sub>3</sub>	0.12%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15%
TiO <sub>2</sub>	2.1%	SiO <sub>2</sub>	33.1%
La & Lu	<1%	CaO	19.5%
MgO	11.5%	SrO	0.23%
Cl	0.33%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.7%
MnO	0.16%		

خواص پشم سرباره بسیار نزدیک به پشم سنگ بوده و تنها تفاوت آن در ماده تشکیل دهنده آن است.

یکی از بزرگ ترین مزایای پشم سنگ این است که نه تنها پشم سنگ خواص عایق حرارتی بسیار خوبی دارد، بلکه به عنوان عایق صوتی و ضد آتش نیز بکار می رود. ساختار الیافی پشم های معدنی، خواص آکوستیک و جذب صوت بسیار خوبی برای این نوع عایق ها فراهم می آورد. همچنین مقاومت دمایی بسیار بالای پشم سنگ و خاصیت عدم انتشار دود و شعله آن، این نوع عایق ها را در زمره عایق های ضدآتش قرار می دهد. به این ترتیب، پشم سنگ به عنوان عایق حرارتی، صوتی و ضدآتش، بهترین نوع عایق برای ساختمان سازی، اعم از مسکونی، اداری، بیمارستان ها، مدارس، کتابخانه ها، ورزشگاه ها، مساجد، رستوران ها و غیره، محسوب می شود.

از دیگر مزایای عمده پشم سنگ در کشور ما، در دسترس بودن و قیمت ارزان آن نسبت به سایر عایق هاست. به این ترتیب، پشم سنگ و پشم سرپاره، پرمصرف ترین نوع عایق در صنایع مختلف، عمدتاً صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بوده و مناسب ترین نوع عایق برای عایق کاری های بسیار حجیم به شمار می رود.

در مقابل، یکی از نقاط ضعف اصلی پشم سنگ، عدم مقاومت آن در مقابل رطوبت است. به دلیل ساختار فیبری و الیافی پشم سنگ و پشم سرپاره و وجود فضای هوایی بین الیاف، این نوع عایق ها را در مقابل رطوبت و بخار آب بسیار نفوذپذیر می سازد. نفوذ رطوبت به درون پشم سنگ، باعث ایجاد پل حرارتی درون پشم سنگ شده و از خواص عایق بودن پشم سنگ می کاهد. بنابراین، اگر پشم سنگ در فضای خارجی و روباز نصب می شود و یا در مکان هایی که رطوبت نسبی در آنها بالاست، حتماً باید پوشش خارجی بر روی آن نصب گردد. خوشبختانه، پوشش های خارجی بسیار متنوعی از جمله فویل های آلومینیومی، کاغذ کرافت و پوشش های پارچه ای نسوز برای پشم سنگ و پشم سرپاره وجود دارد.



کاربری پشم سنگ

- پرمصرف ترین نوع عایق حرارتی گرم می باشند
- عایق کاری ساختمان ها، بناها و سازه ها
- عایق کاری گرم مخصوص صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی، خطوط لوله و فرآیندهایی که دمای آنها به بیش از  $200^{\circ}\text{C}$  می رسد.
- عایق کاری کوره ها، اجاق ها، پاتیل ها و مخازن حرارتی، کانال های گاز گرم

### مزایای پشم سنگ

- محدوده دمای کارکرد بالا، به طوری که این نوع عایق ها از جمله عایق های گرم محسوب می شوند.
- ضریب انتقال حرارت بسیار پایین و R-value بسیار خوب
- امکان سفارش عایق در ابعاد و چگالی های دلخواه (غیراستاندارد)
- امکان سفارش عایق به همراه پوشش های خارجی (جکتینگ) متنوع
- عایق های پشم معدنی، علاوه بر عایق بودن در مقابل حرارت، عایق صوتی و ضد آتش نیز محسوب می شوند.
- هزینه بسیار پایین تر نسبت به عایق های الاستومری، پلیمری و انواع فوم ها
- امکان استفاده آسان در ساختمان ها و بناها

- کاملاً از مواد طبیعی ساخته می شوند و در تولید آنها از مواد شیمیایی مانند رنگ ها، فنول و اکریلیک استفاده نمی شود و مواد بکاررفته در آنها به راحتی قابل بازیافت می باشند.

- پایداری خوب در طول زمان

- قابلیت تعویض و نوسازی آسان

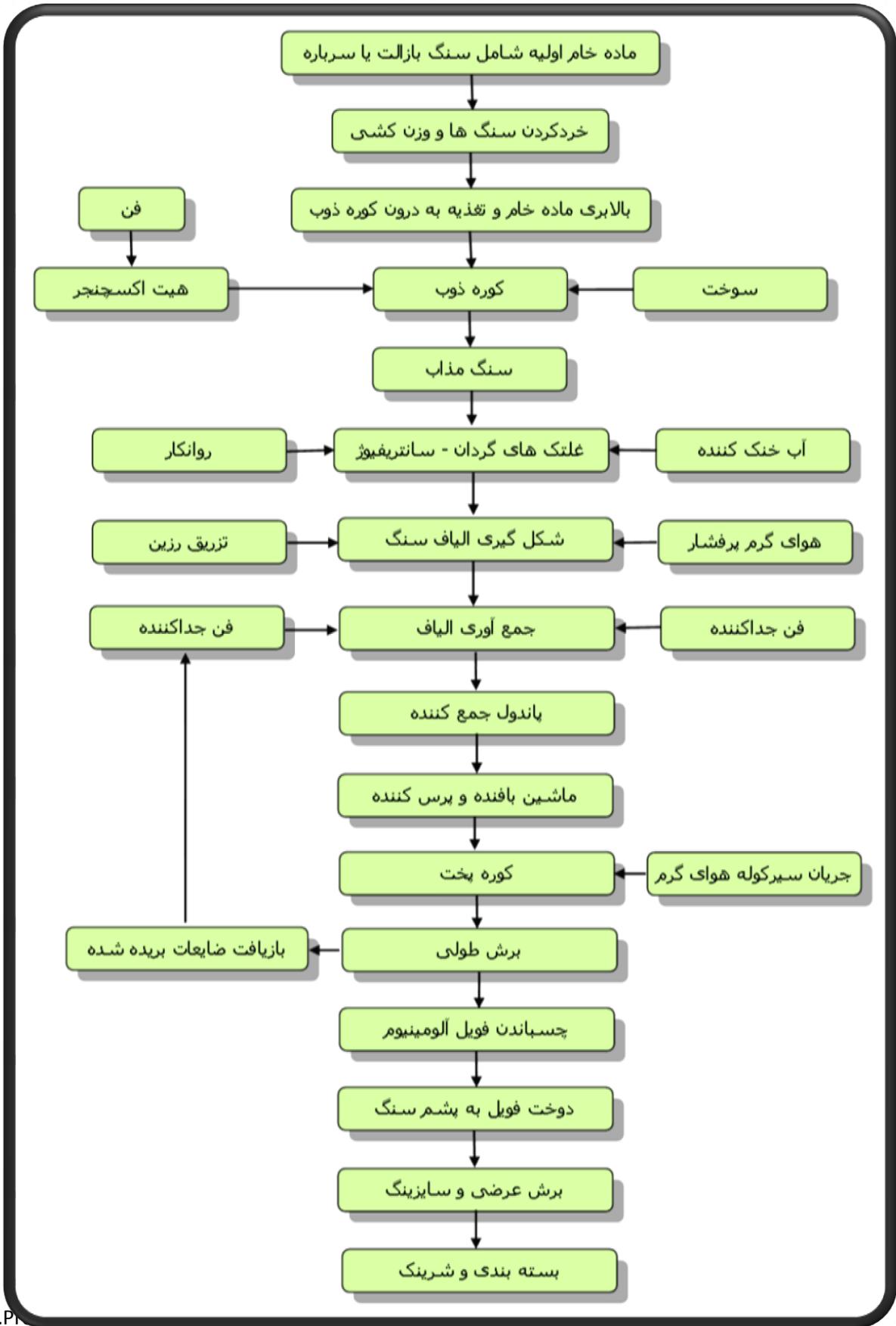
### معایب پشم سنگ

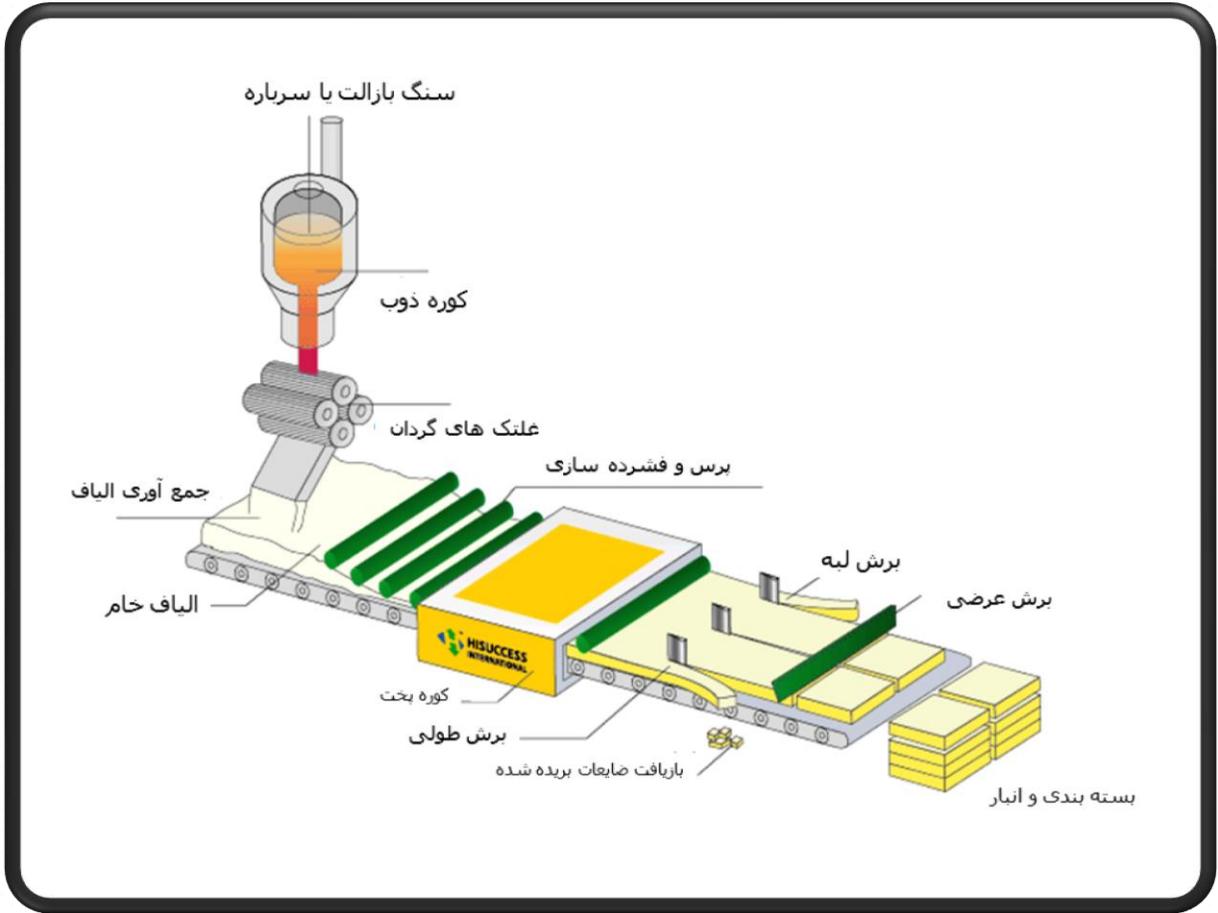
- متخلل هستند و در نتیجه مقاومت آنها در مقابل نفوذ آب و بخار آب پایین است

- در صورت نصب در فضای باز یا در صورت وجود رطوبتی نسبی بالا در فضا، استفاده از پوشش های خارجی اجباری است.

### تولید پشم سنگ

تولید پشم سنگ مطابق فرآیند زیر صورت میگیرد :





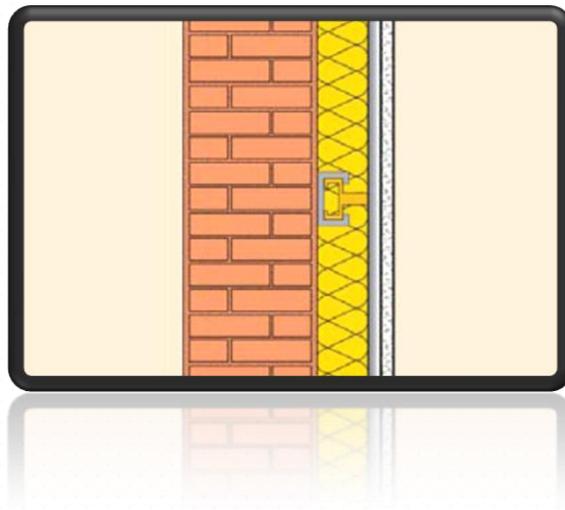
## پنل های دولایه

### سیستم جرم و فنر



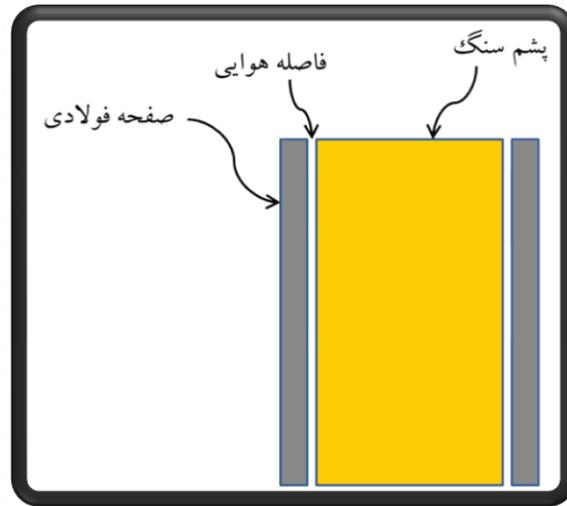
واضح است که هرچه ضخامت دیوارها بیشتر باشد، خاصیت عایق کاری صوتی آنها نیز بهبود می یابد. اما قطور کردن دیوارها محدودیت دارد، چراکه دیوار ضخیم تر، هزینه بیشتر و نیاز به فونداسیون قوی تری دارد و فضای داخلی را نیز اشغال می کند. یکی از روش های مورد استفاده برای عایق کاری صوتی، استفاده از سازه های دو لایه است. در این روش عایق (معمولاً از جنس پشم شیشه، پشم سنگ یا فوم های پلی مری) بین دو صفحه فلزی قرار داده شده و دو صفحه فلزی یکدیگر متصل شده اند. عایق بین دو صفحه فلزی نقش فنر را بازی می کند. می توان به جای ماده عایق، از فنر مکانیکی بین پنل ها استفاده کرد و بین صفحات تنها فاصله هوای وجود داشته باشد. از مزایای این روش، کاهش ضخامت مورد نیاز برای  $Rw$  مشخص است. برای مثال برای داشتن  $Rw > 42dB$  تنها ۷۵ میلیمتر سیستم عایق با فنر کفایت می کند. در صورت استفاده از سیستم عایق - فنر تنها ۲٪ به هزینه کل سازه اضافه می شود. جدول زیر، مقدار ضریب کاهش صوت را برای ضخامت های مختلف دیوار ساده و سازه دو لایه (بدون عایق ارتجاعی) نشان می دهد.

سازه دولایه		عملکرد آکوستیکی	دیوار ساده	
چگالی سطحی [kg/mm <sup>2</sup> ]	ضخامت [mm]	R <sub>w</sub> [dB]	چگالی سطحی [kg/mm <sup>2</sup> ]	ضخامت [mm]
19	75	42	140	100
20	100	45	180	130
21	125	48	220	160



می توان یک طرف سیستم عایق و فنر را بجای صفحه فلزی، دیوار گذاشت. در بیشتر مواقع لازم نیست فنری بین صفحات قرار داد و در صورت استفاده از عایق ارتجاعی، مانند پشم سنگ، پشم شیشه و یا برخی عایق های پلیمری ، خود عایق نقش فنر را بازی می کند .

باید توجه داشت که گاهی ماده عایق بین سیستم های دوساختاری (مانند عایق بین دو صفحه) مانند پل صوتی عمل می کند و نه تنها انتقال صوت را کاهش نمی دهد بلکه به انتشار آن نیز کمک می کند. این مورد بیشتر وقتی رخ می دهد که عایق تماس کامل و صددرصد با صفحات کناری دارند. به همین دلیل، از ساندویچ پنل ها نمی توان به عنوان عایق صوتی استفاده کرد.



## پنل های دولایه (Double Constructions)

این گونه پنل ها از دو صفحه نازک فلزی (فولدی یا آلومینیومی) به همراه تخته عایق ارتجاعی، از قبیل پشم سنگ یا پشم شیشه تشکیل شده اند. ایده اصلی این گونه پنل ها، سیستم جرم - فنر - جرم است به طوری که ماده عایق در بین دو صفحه فولادی نقش فنر را بازی کرده و انرژی صوت را میرا می کند.

باید دقت شود که تخته عایق نباید با صفحات فولادی تماس حاصل کند و یا به آنها چسبانده شود، چرا که ایجاد پل صوتی کرده و از عملکرد آکوستیکی پنل می کاهد.

چهار پارامتر در تعیین میزان راندمان آکوستیکی پنل های دولایه به همراه عایق ارتجاعی مانند پشم سنگ یا پشم شیشه، نقش مهمی ایفا می کنند که عبارتند از: مقاومت در مقابل جریان هوا - فرکانس رزونانس - چگالی - قطر و راستای الیاف .

### مقاومت در مقابل جریان هوا (Air-flow Resistance)

از نقطه نظر آکوستیکی، مقاومت در مقابل جریان هوا برای مواد متخلخل بسیار مهم است. مقاومت در مقابل جریان هوایی با سرعت  $v$  در یک پنل به ضخامت  $t$ ، با اندازگیری نرخ افت فشار هوا (افت فشار در واحد زمان  $-\delta P$ ) پس از عبور از پنل، قابل محاسبه است:

$$(Airflow Resistance) R = \delta P / v \text{ [Pa/m]}$$

با تقسیم مقاومت جریان هوا بر ضخامت پنل، به مقاومت ویژه جریان هوا می رسیم که مستقل از ضخامت عایق است:

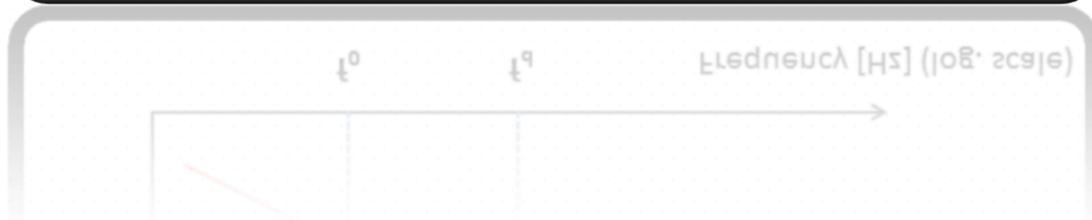
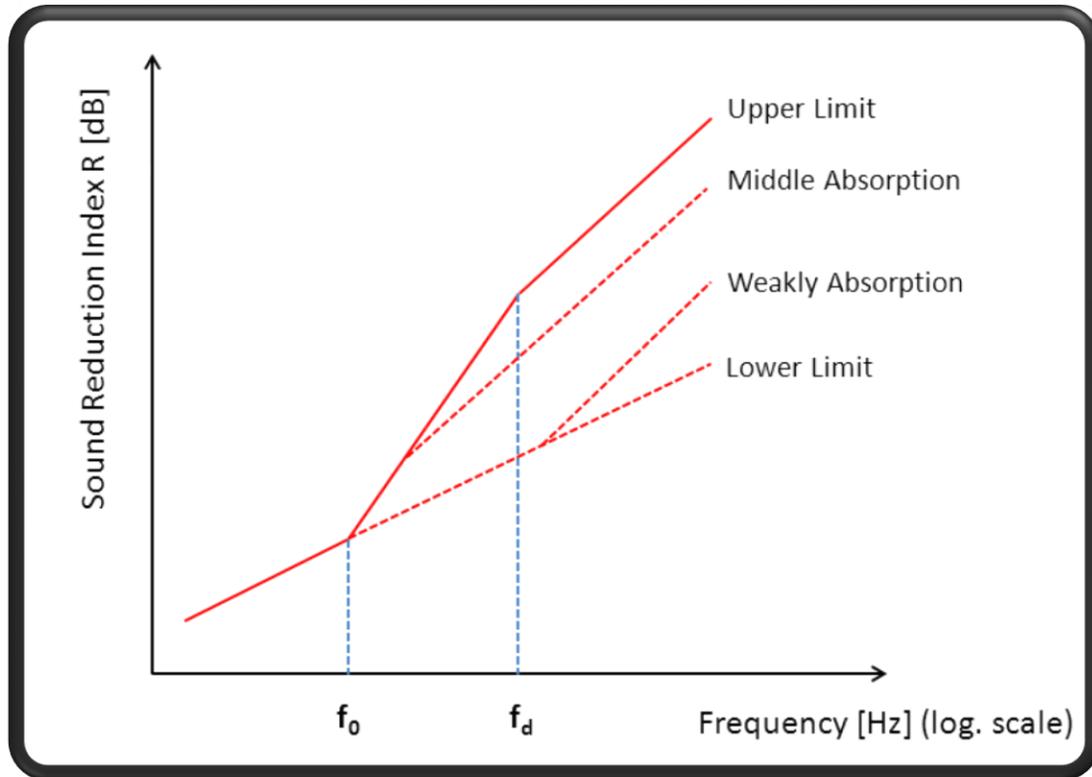
$$(Airflow Resistivity) r = R / t \text{ [Pa/m}^2\text{]}$$

مقاومت ویژه در مقابل جریان هوا، با افزایش چگالی به صورت خطی افزایش می یابد. همچنین با توجه به رابطه فوق میتوان نتیجه گرفت که با مقاومت ویژه جریان هوا، با کاهش ضخامت افزایش می یابد که در نظر اول ممکن است غیر منطقی جلوه کند اما این نتیجه گیری برای ماده عایق کاملاً منطقی است و بدین معنی است که ماده عایق با ضخامت کمتری، همان مقدار افت فشار را نتیجه می دهد و در نتیجه مقاومت در مقابل جریان هوای آن بیشتر است.

خاصیت آکوستیکی عایق های الیافی و متخلخل بستگی زیادی به مقاومت جریان هوای آن دارد. اگر مقاومت جریان هوای پشم سنگ بسیار زیاد باشد، صوت منعکس می شود و اگر مقاومت جریان هوای آن کم باشد، صوت بدون هیچ جذبی، از عایق عبور می کند. مقدار حداقل مقاومت ویژه  $r > 15 \text{ [kPas/m}^2\text{]}$  برای پشم های معدنی توسط شرکت Rockwool توصیه می شود.

## فرکانس رزونانس (Resonance Frequency)

پنل های دولایه، وقتی ضریب کاهش صوت بسیار خوبی از خود نشان می دهند که فرکانس، بالا تر از فرکانس رزونانس آنها باشد.



نمودار مقابل، ضریب کاهش صوت یک پنل نوعی را (متشکل از دو صفحه فولادی و پشم سنگ تخته ای) در فرکانس های مختلف نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود، بعد از فرکانس رزونانس ( $f_0$ ) مقدار ضریب کاهش صوت به صورت پله ای افزایش یافته است. خط مستقیم **lower limit** نشان گر یک پنل تک لایه است که ساده ترین ابزار عایق کاری صوتی محسوب می شود. پنل دولایه، در فرکانس های بالاتر از  $f_0$ ، مزیت کاملاً مشهودی دارد. بنابراین هرچه فرکانس رزونانس پنل دولایه پایین تر باشد، مقدار ضریب کاهش صوت در دامنه فرکانسی وسیع تری، افزایش یافته و عملکرد آکوستیکی پنل بهتر می شود. برای محاسبه فرکانس رزونانس پنل دولایه، رابطه تقریبی زیر وجود دارد:

$$f_0 \approx 1600 \times \sqrt{\frac{1}{d} \cdot \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \text{ [Hz]}$$

که در آن  $m_1$  و  $m_2$  چگالی سطحی هستند و  $d$  ضخامت پنل می باشد. ملاحظه می شود که هرچه چگالی سطحی افزایش یابد، فرکانس روزنانس کاهش یافته و در نتیجه عملکرد آکوستیکی پنل دولایه بهبود می یابد.

### چگالی (Density)

در حالت کلی، افزایش چگالی، مواد متخلخل ماند پشم سنگ و پشم شیشه، مقاومت در مقابل جریان هوا را بیشتر می کند و در نتیجه خاصیت عایق کاری صوت در این عایق ها بیشتر می شود. در عمل با افزایش چگالی، قابل عبور صوت به صورت هوابرد و یا انتشار از درون عایق کمتر شده و ضریب کاهش صوت بهبود می یابد اما افزایش چگالی ممکن است نتایج مختلفی بر خاصیت جذب صوت ماده بگذارد.

### قطر و جهت الیاف (Fiber Diameter and Orientation)

استحکام، مقاومت در مقابل جریان هوا و سایر خواص آکوستیکی پشم های معدنی، بیشتر تابعی از چگالی حجمی، جهت و راستای الیاف ها، ضخامت و قطر الیاف ها، رزین مورد استفاده و سایر چسبنده ها هستند. البته تنها خاصیتی که برای مشتری قبل اندازه گیری است، چگالی است. بنابراین مشتری باید به کاتالوگ سازنده عایق برای شناسایی قطر الیاف و راستای آنها مراجعه کند چراکه ضخامت الیاف و راستای آنها می تواند خواص آکوستیکی، حرارتی و ضد آتش بودن پشم سنگ را تغییر دهد. طبق تئوری ادعا شده در شرکت **Rockwool**، برای اهداف عایق کاری آکوستیک، بهتر است الیاف پنل پشم های معدنی و شیشه مورد استفاده، همراستا باشند.