فناوری نانو درعایق کاری ساختمان

تهیه کنندگان:

علیرضا مهریزی (کارشناس ارشد مصالح ساختمانی)

سید ایمان طباطبائی قمشه (رئیس امور بهینه سازی مصالح و معماری ساختمان)

عایق کاری نقش بسیار مهمی در گرم نگه داشتن ساختمان در زمستان و در خنک نگه داشتن آن در تابستان دارد، و به کمک عایق کاری می توان یک خانه را در زمستان 5 درجه گرمتر و در تابستان 10 درجه خنک تر نگه داشت. با عایق کاری، هزینه های ساختمان کمتر از 5 درصد افزایش می‌یابد اما سبب حداقل 4 درصدی کاهش هزینه های گرمایش و سرمایش ساختمان می شود.

در خصوص مکانیزم عملکرد عایق به طور خلاصه می توان گفت عبور انرژی حرارتی از یک ماده عایق، در حقیقت تلاش مولکول های گرم و پرتحرک برای انتقال انرژی به مولکول های سرد وکم تحرک است که در نهایت سیستم در دو طرف عایق به تعادل می رسد. این انتقال به سه طریق رسانش، جریان همرفت و تابش امکان پذیر است. در اغلب سیستم ها از هوای به دام افتاده در فضای خالی برای عایق کاری استفاده می شود.

روش های زیادی برای عایق کاری ساختمان ها وجود دارد، از جمله پشم شیشه، پلی استایرن و... در همه این سیستم ها لازم است دیوارها و سقف دوجداره گردند که عایق بتواند بین آنها قرار گیرد. در ساختمان های در حال ساخت این مسئله چندان مهم نیست و فقط قسمتی از فضای داخلی ساختمان اشغال می گردد ولی در ساختمان هایی که قبلاً ساخته شده اند و عایق کاری نگردیده اند، دوجداره کردن دیوارها و سقف امری بسیار مشکل است. همچنین عایق های متداول به دلیل جذب رطوبت در طول زمان کارایی خود را از دست می دهند و به دلیل اینکه در ساخت برخی از این نوع عایق ها از مواد مضر آزبست استفاده می شود، باعث مشکلات تنفسی، ریوی و پوستی می گردند.

1. فناوری نانو:

فناوری نانو مجموعه ای از روش ها و اصول آفرینش مواد، ساختارها، سیستم های مفید و کنترل آنها در مقیاس نانومتر به همراه بهره برداری از آن خصوصیات و پدیده های جدید حاصل در مقیاس نانومتر است. به عبارت دیگر فناوری نانو کلیه فعالیتها

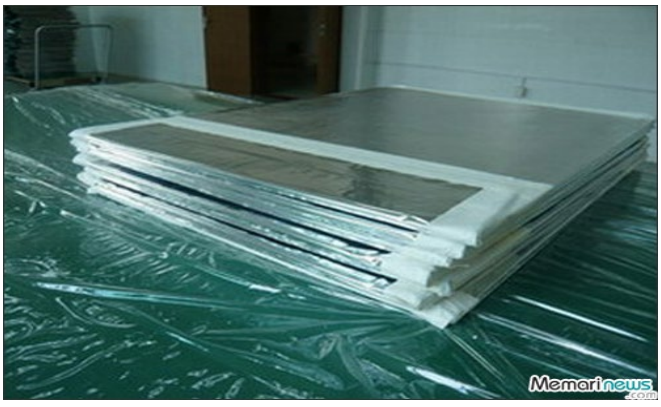
جهت ایجاد ساختاری ظریف در مقیاس نانو برای تغییر در تک تک اتم ها و مولکول ها را شامل می شود، به طوری که مواد و وسایل جدید با خواص مورد نظر و مطلوبتر ساخته می شوند.

2. رنگ نانو عایق

با بهره مندی از فناوریهای نانو محصولاتی بصورت رنگ وارد بازار شده اند که دارای خواص منحصر بفردی می باشد. تصور کنید شما می توانید خانه خود را با رنگ کردن عایق کاری کنید، این نوع رنگ برای عایق کاری دیوارها، سقف، تاسیسات، لوله ها، مخازن و .... به کار می رود. این رنگ به روشهای بسیار ساده اسپری، رول و یا قلمو اعمال می شود و علاوه بر زیبایی، از ورود و خروج گرما از مکانی به مکان دیگر جلوگیری می کند. رنگ نانو عایق در صنعت و ساختمان سازی به عنوان عایق حرارتی لایه نازک (در ابعاد میکرون) به کار می رود. این رنگ عایق ترین ماده شناخته شده در جهان می باشد، در عین برآورده ساختن مسائل زیست محیطی، انجام عایق کاری حرارتی با پوشش لایه نازک را به همراه خاصیت ضدباکتری و قارچ، یکجا به ارمغان آورده است.

سطحی که بوسیله رنگ نانو عایق، رنگ آمیزی گردیده است، از تونل های نانومتری درهم رفته تشکیل شده است که دیواره این تونل ها فقط چند نانومتر ضخامت دارد، هوای به دام افتاده در این تونل ها بهتر از سایر عایق ها عمل می کند. با این تفاوت که در رنگ نانو عایق از «اثر نودسن» استفاده می شود. اثر نودسن بیان می کند که انرژی توپ داخل تونل سریع تر از انرژی توپ خارج تونل کاهش می یابد لذا علی رغم اینکه هوا و سایر گازها ذاتاً انتقال دهنده حرارت هستند، اما در این بستر انتقال حرارت مؤثری ندارند. به این ترتیب هدایت کنندگی محدود می شود زیرا فضا تنها به اندازه مورد نیاز برای برخورد مولکلول هاست. ترکیبی که باعث بوجود آمدن خاصیت عایق کاری در رنگ نانو عایق می گردد NANO SILICASOL XL100 است که از محصولات فناوری نانوست. ضریب انتقال حرارت این نانو کامپوزیت بسیار کم و در حدود w/mk 0/017 است.

3. پانل های عایق خلأ

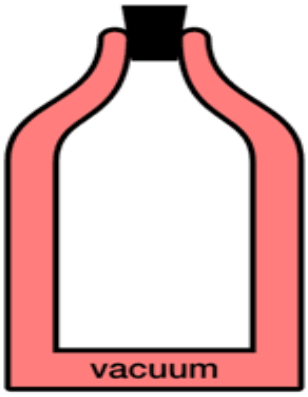


پانل های عایق خلأ(VIP[1]) با امکان ایجاد لایه های عایقی نازک تر از عایق های معمولی، برای کاربرد ساختمانی بسیار مناسب بوده و از ضخامت عایق و به تبع آن، ضخامت جداره ها به نحو چشمگیری می کاهند. در مقایسه با مصالح عایق کاری سنتی (مانند پلی استایرن)، هدایت حرارتی این پانل ها بیش از ده برابر کمتر است که به این معناست که می توان به کمک این مواد، با ضخامت مشابه عایق های سنتی، مقاومت حرارتی به مراتب بیشتری را پدید آورد. به بیان دیگر، نیازمند لایه نازک تری از عایق برای دستیابی به همان مقاومت حرارتی هستیم.

[1] - Vacuum insulation panels

بنابراین عایق های جدید، این امکان را فراهم آورده اند که بتوان با نازک ترین لایه عـایق ممکـن، بـه بیشـترین مقاومـت حرارتـی دست یافت. انتقال حرارتی VIPها ناچیز و تنها در حدود $0/004-0/005\ W/m^{\circ}K$ است[1].

شروع پیدایش پانل های عایق خلأ، با ساخت فلاسک های چای آغاز شد. اصول اولیه کارکرد فلاسـک هـا، مشـابه پانـل هـای عایق است، که برخلاف سایر روش های عایق کاری که مبتنی بر حبس هوا می باشد، با میکده شدن و تخلیه کامل هـوای بـین دو جداره فلاسک انجام می شد.



تنها مشکلی که در این زمینه وجود داشت، پیاده کردن این ایده برای عایق های سـاختمانی بود که به طور معمول مسطح هستند. فرم فلاسـک، معمـولاً بـه شـکل یـک اسـتوانه شیشـه ای دوجداره است که هوای بین دو جداره شیشه مکیده شده و شیشه ها با توجـه بـه انحنـای بدنـه فلاکس توانایی تحمل فشار زیاد ناشی از فشار هوای بیرون را دارند. اما عایق های سـاختمانی بـه دلیل مسطح بودن توانایی تحمل این فشار را ندارد. راه حل این مشکل بهره مندی از نانوفنـاوری و استفاده از مواد پرکننده بسیار ریزی است که دارای تخلخلی در مقیاس نـانو و حفـره هـایی در حدود 100nm می‌باشند. با این روش فشار لازم برای مکیدن هوا داخل پانل های عـایق مـورد اسـتفاده در سـاختمان بـه مقـدار زیادی کاهش می‌یابد. پانل های عایق خلأ، هم در ساختمان های جدید و هم بازسازی و نوسازی ساختمان های فرسوده، در دیـوار و کف قابل کاربرد است.

روش ساخت پانل های یاد شده به این صورت است که ابتدا یک پوسته نازک از ورق پلاستیکی انعطاف پذیر که معمولاً دارای پوششی از جنس آلومینیوم است یا ورقی از فولاد ضد زنگ، مصالح میانی را که در خلأ هواگیری می شوند دربر می گیرند. مصـالح میانی، شکلی شبیه فوم، پودر یا الیاف شیشه داشته و دارای تخلخل زیادی هستند که در عین حالی که هـوای آن هـا مکیـده مـی شود، می توانند در برابر فشار هوای بیرونی نیز مقاومت کنند. برای درزبندی خوب، لبه ها را جوش داده می شود.

در هنگام اجرا باید مسایل ذیل را مد نظر قرار داد. نخست اینکه، اگرچه علاوه بر اندازه های استاندارد، می توان از ابعاد غیر استاندارد هم استفاده کرد، اما نباید فراموش کرد که مشابه هر قطعه پیش ساخته دیگر، سفارش ابعاد پانل عایقی که ابعادی خارج از الگوی استاندارد پـیش بینی شده دارد، گران تر و زمان برتر خواهد بود. نکته بسیار مهمی که باید به آن توجه داشت (والبته در مورد هر نوع عایق دیگری نیز صـدق می کند) این است که باید مراقب بود تا به هنگام نصب، پوسته بیرونی پانل سوراخ نشود. این بدان معناسـت کـه نمـی تـوان سـر کارگـاه بـه راحتی مبادرت به بریدن قطعات پانل و ایجاد پانل هایی با اندازه دلخواه کرد[2]. برای عایق کاری اطراف بازشوها یا حفره هـای پـیش بینی شده در جداره و کف، باید از ترکیبی از ابعاد مختلف پانل استفاده کرد یا از پانل های پیش ساخته کارخانـه ای کـه بـا پـیش

---

[2] این ضریب برای عایق های قدیمی به مراتب بیشتر است. برای مثال ضریب انتقال حرارتی فیبرهای معدنی، حدود $0/037\ W/m^{\circ}K$ و برای فوم پلی یورتان حدود $0/024\ W/m^{\circ}K$ است.

[1] درست شبیه به شیشه های دوجداره که با برش خوردن، هوابندی و ارزش عملکرد خود را از دست می دهند.

بینی ابعاد بازشو، به شکل سفارشی تولید می شوند، استفاده نمود. نکته حائز اهمیت دیگری که باید بـه آن توجـه داشـت، پوسـته نازک و طبعاً حساس پانل است که باید چه به هنگام حمل و نقل و چه در زمان نصب، مراقـب آن بـود. از ایـن رو، حمـل، نصـب و پرداخت اطراف پانل های VIP توجه ویژه ای را در کارگاه های ساختمانی می طلبد. معمولاً کارخانه ها، لایـه هـایی از فـوم را بـه عنوان محافظ موقت پانل ها پیش بینی می کنند که لازم است پس از جاگذاری و نصب اولیه برداشته شوند. آخرین نکتـه ای هـم که باید به هنگام نصب به آن توجه داشت، درزبندی مناسب بین پانل هاست به قسمی که تا حد امکان پانل های مجاور به یکدیگر چسبیده و درز بین آن ها به حداقل ممکن برسد تا پل حرارتی ایجاد نشود. علاوه بر خود بازشوها، اتلاف حرارت می تواند از طریق رسانش از لبه های پانل های عایق هم اتفاق بیفتد، به ویژه زمـانی کـه بـه جـای ورق پلاسـتیکی، از ورق بـا پوشـش آلومینیـومی استفاده می‌شود.

بازدهی و کیفیت عایق بودن این پانل ها، صرف نظر از ضریب انتقال حرارتی که گفته شد، نه فقط به نحوه نصب و اجرا، بلکـه به ابعاد و اندازه پانل نیز بستگی دارد. بدون تردید، هرچه پانل عایق بزرگ تری انتخاب شود، درزهای کمتری وجود خواهـد داشـت و از مزایای عایق بودن بیشتری بهره مند خواهیم شد.

متأسفانه عایق های VIP نسبت به نمونه های سنتی خود بسیار گران بـوده و از همـین روسـت کـه هنـوز نتوانسـته انـد بـه جایگزین کاملی برای روش های عایق کاری سنتی تبدیل شوند. از برتری های این گونه پانل ها بـر نمونـه هـای پیشـین خـود،می توان به استفاده از این پانل ها در محل های با فضا بسیار محدود و با ضخامت عایق بسیار اندک در ساختمان اشاره کرد. به عـلاوه، با توجه به قیمت زمین و ساختمان، با ضخیم تر گرفتن جداره ها، در عمل از فضای مفید ساختمان کاسته خواهد شد و سـازندگان و بهره برداران دچار نوعی ضرر عدم نفع خواهند شد. برای مثال، فرض کنید قرار است جداره های فضایی بـه ابعـاد 10×10 متـر عایق کاری شود. به طور معمول ضخامت حداقلی که برای عایق دیوار لحاظ می شود، حدود 5سانتی متر است، اما چنانچه از عـایق های VIP استفاده گردد، ضخامت عایق را می توان به 1 سانتی متر کاهش داد. حال با یک مقایسه ساده می توان دریافـت کـه 4 سانتی متر از ضخامت دیوارهای پیرامونی کاسته شده و اگر این 4 سانتی متر در محیط فضا (40متر) ضـرب شـود، در حـدود 1/6 مترمربع به زیربنای مفید ساختمان افزوده خواهد شد. حال در نظر آورده شود این تغییر کوچک مـی توانـد چـه تـأثیر بزرگـی در ساختمان های بزرگ و برج های مسکونی- تجاری، داشته باشد بطوریکه شاید این مزیت بتواند هزینه بیشـتر ناشـی از اسـتفاده از عایق های VIP را جبران کند. البته کیفیت حرارتی عالی این نوع پانل ها به همراه ضخامت بسیار کمی که دارنـد، از گزینـه هـای جذاب برای نوسازی و بهسازی ساختمان های قدیمی به شمار می رود. در مثالی دیگر می‌توان در نظر گرفت قرار است یـک منـزل مسکونی با انرژی غیرفعال[1] طراحی شود. برای این منظور نیاز به دست کم 30 سانتی متر عایق کاری پیرامونی با اسـتفاده از پانـل های عایق سنتی است که با لحاظ کردن ضخامت اتصالات و دیگر عناصر ملحق به آن، ضخامت عایق کاری جداره ها به حـدود 50

[1]) Passive house

سانتی متر خواهد رسید. حال اگر برای همین منزل مسکونی از پانل های VIP استفاده شود، به عایقی با ضخامت 4 سانتی متر نیاز است که با لحاظ ملزومات اتصال، ضخامت کلی عایق کاری، حدود 24 سانتی متر خواهد بود.

بی شک، استفاده از پانل های VIP، بازدهی مصرف انرژی در ساختمان ها را افزایش داده و به دنبال آن، از انتشار گاز دی اکسید کربن می کاهد. نخستین نمونه های پانل VIP در دهه 1950 ساخته شد که از آن زمان تاکنون، در زمره روش های عایق کاری گران قیمت و غیراقتصادی به حساب می آید. در سال های اخیر، به کمک استفاده از مصالح جدید (مانند آئروژل ها به عنوان مصالح پرکننده) سعی شده تا از هزینه و زمان تولید آن ها کاسته شود.

عمر مفید پانل های عایق VIP ، متوسط بین 30 تا 50 سال برآورد می شودکه عواملی چند مانند یکپارچگی پوسته پانل، میزان خلأ ایجاد شده، کیفیت درزبندی و نصب بر طول عمر آن تأثیرگذاراست. البته رطوبت نسبی محیط نیز می تواند از عمر این عایق ها بکاهد. در حقیقت، یکی از بزرگ ترین مشکلاتی که در زمینه استفاده از این عایق ها وجود دارد، پیشگیری از نفوذ گازها (به ویژه بخار آب) به کالبد پانل است، که سبب می گردد به شکل چشمگیری از مقاومت حرارتی آن کاسته شود. بی تردید لایه بیرونی پانل نقش بسیار مهمی در جلوگیری از نفوذ گازها به درون پانل عایق دارد لذا پوشش نهایی آن باید از کیفیت عالی (برای مثال لایه های آلومینیومی یا لایه های پلیمری با روکش فلزی) ساخته شود. عمر مفید این گونه پانل های عایق را می توان به کمک افزودن مواد خشک کننده ای که از جذب رطوبت ناشی از بخار آب موجود در هوا پیشگیری می کنند، تا چند سال بیشتر افزایش داد. لازم به ذکر است که می توان به کمک فناوری نانو برای این مشکل هم چاره اندیشی کرد. استفاده از ماده نانو متخلخل اسپن آئروژل، که ماده ای آب گریز است، می تواند دیواره نازکی در اطراف عایق ایجاد کند که قطرات آب را پس زده و مانع از نفوذ آن ها به کالبد عایق شود. ماده ای که معمولاً نقش پرکننده بین این نوع پانل ها را ایفا می کند، آئروژل یا سیلیکای گازی است. مواد یادشده، رسانایی حرارتی بسیار کمی داشته، نمی سوزند، و از ویژگی های آکوستیکی عالی برخودارند.

در آخر نیز باید اشاره کرد که حوزه کاربرد پانل های VIP، محدود به عایق کاری ساختمان نیست، بلکه برای عایق کاری لوله کشی، صنایع الکترونیک و زنجیره انتقال سرد داروها هم کاربرد دارد.