

استفاده از پلی اورتان های سخت در عایق بندی ساختمان

مهندس سحر صبا
شرکت تولیدی سیستمهای یورتان

مقدمه

با توجه به تقلیل منابع انرژی فسیلی و مشابه ، در سالهای اخیر بحث استفاده از انواع عایقهای حرارتی به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی بطور جدی مطرح گردیده است . ساختار سلولی پلی اورتان های سخت جایگاه خاصی را در امر عایق بندی بخود اختصاص داده است . جدول زیر خواص اصلی عایقهای حرارتی موجود را خلاصه می نماید .

مواد	دانسیتته ($l\ g/m^3$)	ضریب انتقال حرارت ، λ (w/mk)	ضخامت لازم برای ایجاد مقاومت حرارتی یکسان
پلی اورتان سخت (نفوذ پذیر)	۳۲	۰،۰۱۷	۲۰
پلی اورتان سخت (نفوذ نپذیر)	۳۲	۰،۰۲۲	۲۷
کاپوک مابین کاغذ	۱۶	۰،۰۳۵	۴۴
ورق چوب پنبه (دانسیتته پایین)	۸۶	۰،۰۳۶	۴۵
پشم سنگ (دانسیتته پایه)	۱۰۰	۰،۰۳۷	۴۶
پشم شیشه	۵-۱۶۰	۰،۰۴۱	۵۱
پشم سنگ (دانسیتته بالا)	۳۰۰	۰،۰۴۱	۵۱
ورق چوب پنبه (دانسیتته بالا)	۲۲۰	۰،۰۴۹	۶۱
چوب درخت کاج سفید	۳۰-۵۰۰	۰،۱۱۲	۱۴۰

جدول فوق نشان میدهد که عایقهای حرارتی پلی اورتان با ضریب انتقال حرارت کم در رده بالا قرار دارند. ضریب انتقال حرارت شاخص اصلی انتخاب عایق محسوب است. با نگاهی به جدول فوق می توان دریافت که فوم سخت یکی از بهترین عایق های حرارتی است فوم سخت دارای پایین ترین ضریب انتقال حرارت Thermal Conductivity می باشد و این امر سبب می شود تا برای عایق کاری احتیاج به ضخامت های کمتر عایق پلی اورتان باشد. قابل توجه است که پرت اصلی انرژی از سقف می باشد.

λ ضریب انتقال حرارت

λ به صورت حرارت منتقل شده در ضخامت انتقال حرارت بر روی مساحت عمود بر جهت انتقال ضرب در دما بیان می شود.

در دستگاه SI واحد λ به صورت زیر بیان می گردد.

$$\lambda = \text{J/s} \cdot \text{1/m}^2 \cdot \text{m/k} \Rightarrow \lambda = \text{W/m.k}$$

W = watt

K = Kelvin

J = jole

S = second

M = meter

اندازه گیری میزان گذردهی حرارتی تحت فرآیند پایا steady state صورت می گیرد. میزان گذردهی حرارتی به میزان زیادی به دما وابسته است و به این دلیل معمولاً آن را برای دماهای کاربردی اندازه گیری می کنند. این دماها عبارتند از 0 °C برای مصارف یخچالی و 10 °C برای مصارف ساختمانی.

ضریب انتقال حرارت فوم های سخت پلی اورتان

ضریب انتقال حرارت پایین فوم های سخت پلی اورتان به دلیل دانسیته پایین و سلولهای بسته ای است که با گاز پر شده اند. فوم سخت پلی اورتان با دانسیته ۳۲ kg/m³ به طور معمول از ۳٪ حجمی پلیمر و ۹۷٪ حجمی گاز تشکیل شده است که این گاز در سلولهای بسته فوم قرار دارند. به این ترتیب گذردهی حرارتی فوم به میزان زیادی وابسته به گذردهی حرارتی گاز موجود در سلولهای وابسته است کمترین میزان هدایت حرارتی به وسیله گاز فریون ۱۱ بدست می آید که امروز به دلیل ملاحظات محیط زیستی استفاده از آن رو به کاهش است. شاید بتوان ضریب انتقال حرارت فوم را با استفاده از فرمول زیر بیان نمود.

$$\lambda F = \lambda G + \lambda R + \lambda S + \lambda C$$

λG = هدایت در طول سلول های حاوی گاز

λR = تشعشع از سلولهای حاوی گاز

λS = هدایت در طول مواد جامد

λC = جابجایی در داخل سلولهای گاز

معمولاً λC به دلیل قطر کوچک سلولها در بسیاری از اهداف صنعتی در نظر گرفته می شود . با کاهش دانسیته حجم گاز افزایش و بنابراین سلولها بزرگتر می شود در این بین سهم λR افزایش می یابد و زمانی که دانسیته افزایش پیدا کند λR کاهش پیدا می کند . در عین حال ۳۰٪ از مجموع حرارت منتقل شده از قسمت جامد پلیمری انتقال می یابد و با کاهش دانسیته ای میزان کاهش می یابد بنابراین بایستی از یک میزان اپتیسم دانسیته برای بدست آوردن بهترین خاصیت عایق استفاده کرد . به این ترتیب خارج شدن از محدود $28-50 \text{ kh/m}^3$ جهت عایق کاری مطلوب نمی باشد . اما میزان عمده ای از λ به λG بستگی دارد یعنی به هدایت حرارتی در درون گاز و این نیز به نوع گاز داخل حفره های سلولی مربوط می شود .

میزان انتقال حرارت به جهت گیری سلولهای درون فوم نیز مربوط می شود . سلولها در جهت رشد فوم درازتر شده و بنابراین λ در این جهت افزایش می یابد . این میزان کشیدگی سلولی به میزان واکنش مواد شیمیایی و روش تولید فوم مربوط است و به این ترتیب به نسبت کشیدگی سلولی، λ از ۰،۱۳ تا ۰،۱۷ w/mk تغییر می یابد . تحقیقات نشان می دهد که تولید فوم بروش لایه ریزی افقی Lamination بهترین نتیجه و کمترین λ را می دهد چراکه سلولها دارای کمترین طول در جهت گرادیان دما می باشند .

تغییرات λ فوم با زمان

پلی اورتان های سخت و پلی ایزوسیانات ها دیواره های سلولی تشکیل می دهند که گازهایی با وزن ملکولی پایین را از خود عبور می دهند به این ترتیب فوم در مجاورت هوا به مرور دچار افزایش در میزان λ می گردد و این ناشی از نفوذ هوا به درون حفره های سلولی است فریون ۱۱ و ۱۲ دارای ملکولهای با حجم بالا بوده و نمی توانند از این دیواره ها نفوذ کنند اما در دمای بالا این امکان وجود دارد تغییرات λ به میزان زیادی به ابعاد نمونه، دمای محیط و نفوذ پذیری مواد به کار برده شده در روکش فوم بستگی دارد .

در این بین نقش روکش ها بسیار مهم است مواد غیر قابل نفوذ مانند ورق استیل، آلومینیوم و بسیاری از ورقه های ترموپلاستیک برای این منظر استفاده می شوند و به این ترتیب فوم تا حد زیادی λ اولیه خود را حفظ می کند .

تأثیر آب بر روی پلی اورتان های سخت

جذب آب در پلی اورتان های سخت در فشار معمولی ناچیز است و برای یک نمونه کوچک 100mm x 100mm x 25mm پس از گذشت یک ماه در آب میزان نفوذ صرفاً ۳٪ تا ۵٪ است که این مقدار نیز فقط سطوح نمونه را از آب اشباع می کند. بررسی نشان می دهد فوم هایی که برای عایق کاری سقف استفاده می شوند در طول ۱۵ سال فقط ۱٪ آب اضافی به همراه دارند. اثر بخار آب و رطوبت

نفوذ بخار آب در داخل فوم سخت بسیار ناچیز است بنابراین استفاده از این عایق در سطوح گرم در مجاورت محیط سرد بسیار مفید است با این حال استفاده از یک پوشش مقاوم در برابر رطوبت برای بهبود در خواص عایق رطوبت پیشنهاد می شود در بسیاری از مصارف ساختمانی از فیلم های پلی اورتان یا فویل آلومینیوم استفاده می شود استفاده از این روکشها ی مقاوم در برابر رطوبت به طور اخص در عایق کاری سطوح سرد و فریزر و یخچال امری ضروری است. نفوذ رطوبت در سطح گرم و انتقال آن به سطح سرد عایق و تراکم احتمالی و انجماد باعث افزایش λ گشته و حتی خرابی دیوارهای سلولی را موجب می گردد.

برخی از مصارف فوم پلی اورتان بشرح زیر می باشد:

سقف تخت Flat Roof

برای این سقف ها موادی با قابلیت تطبیق با تغییرات جوی و میزان کم جذب آب مورد نیاز است عایق این "سطوح گرم" بایستی به آسانی تهیه و نصب گردد و در برابر تردد افراد و وزن آنها مقاوم باشد. با توجه به موارد گفته شده در صفحات قبل فوم پلی اورتان سخت برای این منظور مناسب است. می توان فوم را از ورقه بریده شده از رول تهیه کرد که بدون روکش می باشند تا از ورق های لمینسیت با روکش استفاده نمود فوم هایی نیز با روکش قیر، ورقه های شیشه ای و فویل آلومینیوم تهیه شده است ورق های عایق به وسیله چسب یا به وسیله گوشه ها مربعی نصب می گردند. یکی دیگر از خواص جالب عایق های فوم اینست که می توانند قیر ذوب شده را تحمل کنند و فوم می تواند حالت چسبندگی را تا دمای 250°C (480°F) بدون ذوب شدن حفظ کند. فوم می تواند دمای بیشتری را نسبت به سایر مواد به کار برده شده در عایق سقف تحمل کند.

سقف با قابلیت تهویه

این سقف ها دارای یک قسمت تهویه بین طاق زیرین و سقف بالایی هستند عایق در قسمت بالای طاق قرار گرفته و بایستی که نفوذ پذیر باشد . این عایق می تواند در نقاط مختلف چسبانده شود یا به طور آزاد نصب گردد.

سقف شیب دار

سقف های شیب دار سقف هایی هستند با قابلیت تهویه که در برخی از کشور های اروپایی غالب سقف ها به این شکل ساخته می شوند .

عایق پلی اورتان را می توان در جدار بین طاق و سقف قرار داد به نحوی که فاصله ای به منظور تهویه در نظر گرفته شود . (حد اقل ۴cm)

روش دیگر نصب عایق زیر طاق است که در این حالت لازم است از چوب، سیمان و یا گچ برای نما سازی سقف استفاده شود .

در ساختمان های جدید ورق عایق می تواند در بالای سقف قرار بگیرد که این حالت بهترین عایق کاری با کمترین تلفات حرارتی رابه دست می دهد. این نوع عایق معمولا از دو طرف با فویل آلومینیوم روکش می گردد.

در برخی موارد یک قالب از یک نئوپان مخصوص تهیه می شود اجزاء قالب بوسیله بست به هم متصل می شوند و فوم در داخل قالب ریخته می شود پس از پایان واکنش یک سقف یکپارچه با خواص عایق مناسب بدست می آید سپس این سقفهای پیش ساخته به شاه تیر افقی متصل می گردد قسمت داخل سقف دارای سطح صافی بوده که قابل رنگ کردن یا روکش کردن است .

نماهای قابل تهویه

این اجزاء ساختمانی یک سطح قابل تهویه برای کنترل دما و رطوبت ایجاد می کنند استفاده از پلی اورتان های سخت در دیواره خارجی ساختمان باعث بهبود راندمان حرارتی می گردد . استفاده از فوم اجازه می دهد تا از لایه نازک تری از عایق استفاده شود بنابراین اجزاء بدست آمده را می توان به عنوان در و پنجره مورد استفاده قرار داد.

دیوارهای دوجداره قابل تهویه

در این اجزاء ساختمانی سیستم دارای دود دیواره است، دیواره بیرونی به ساختمان استحکام می دهد و با فوم عایق می شود رطوبت از سطح دیواره داخلی وارد محفظه هوا شده و سپس به فضای بیرون انتقال می یابد به این منظور لازم است تا دیواره از بالا و پایین با هوا ارتباط داشته باشد .

دیوارهای دوجداره غیر قابل تهویه

در این نوع دیوارها فاصله بین دو دیواره را می‌توان به طور کامل با مواد عایق پر کرد و مهمترین خاصیت این نوع عایق کاری حداقل جذب رطوبت و آب می‌باشد.

دیوارهای منفرد (سطوح مقاوم در برابر حرارت)

برای این منظور ورقهای عایق به وسیله چسب به دیواره تمیز متصل شده و سپس به وسیله نوعی گچ مخصوص که با مواد پلاستیکی استحکام داده شده است روکش می‌شود.

کف و سقف

استفاده از فوم پرت حرارتی را کاهش داده و بنابراین کف دارای حرارت قابل قبولی خواهد بود در مورد سیستمهای گرم کننده کف، فوم دارای نتایج مطلوبی به دلیل ضخامت کم مورد نیاز خواهد بود و نیز عایق کاری ساختمان های قدیمی به وسیله فوم بسیار مناسب است چرا که ممکن است فضای کافی برای این امر با سایر مواد موجود نباشد.

کف و سقف پارکینگها معمولاً به صورت یک دیواره منفرد بدون تهویه عایق می‌شود که عایق مورد نظر باید دارای خواص مکانیکی مناسب باشد در فوم این خواص را با افزایش دانسیته و مقاومت فشاری compressive Strength بهبود می‌دهند میزان این مقاومت فشاری بر طبق استاندارد DIN53H21 و ISO884 و 1N/m^2 است بر طبق DIN 4109 مکان های پرتردد وسایل نقلیه و افراد بایستی به مقدار زیاد در برابر صدا عایق گردد و می‌توان از ترکیبات مواد با لختی های مختلف استفاده کرد. (مانند ترکیب فوم PUR و فوم PE).

سازه های ساندویچی

این المنت ها می‌تواند به وسیله قالب ریزی تولید شوند به این ترتیب که مواد به همراه روکش قالب ریزی شوند یا اینکه پس از پایان واکنش روکش به آنها چسبانده شود. انتخاب نوع روکش به مسائل گوناگونی از قبیل نوع مصرف و قیمت و رنگ و چسبندگی، پایداری خواص فیزیکی مقاومت در برابر رطوبت و بسیاری از مسائل مربوطه دیگر است المنت های روکش شده با گالوانیزه که رنگ شده یا با پلاستیک روکش شده اند در ساختمان کارخانه ها، انبارهای سرد و نماها و درهای گاراژ مورد استفاده قرار می‌گیرد. المنت های روکش شده با پلی استر استحکام یافته با شیشه برای محفظه های خنک کننده استفاده می‌شود.

بعضاً PS, PVC, ABS بعنوان روکش استفاده می‌شود المنت های روکش شده با فیبرهای سیمان و پلاستیک معمولاً در خانه های پیش ساخته مورد استفاده قرار می‌گیرند.

بلوک های مخصوص

یک راه ساده سریع و کم هزینه عایقکاری استفاده از بلوک های حفره دار مخصوصی است که داخل حفره ها با مخلوط در حال واکنش فوم پر می شود و پس از پایان واکنش بلوک مرکبی بوجود می آید که دارای خواص مناسب عایق بندی است به این ترتیب خواص عایق بلوک تا ۶۰ درصد افزایش می یابد البته بدلیل اینکه مسیر حرکت رطوبت باز است مقاومت در برابر رطوبت آنقدرها مناسب نیست در ساختمانهایی که از این بلوکها استفاده شده است اگر وسایل حرارتی خاموش شود هوا به کندی سرد شده و درتابستان بغیر از گرمای ذخیره شده در خانه گرمایی وارد نخواهد شد .

در پایان:

با توجه به خواص خوب عایق حرارتی پلی اورتان و ارجحیت آنها نسبت به سایر عایق ها لازم است که صرف مقایسه قیمت کار ساز نبوده بلکه با به عنایت به کاربرد این عایق قیمت و هزینه آن در طول عمر ساختمان و صرفه جویی حاصل در مصرف انرژی مستهلک می گردد . هنوز الگو و فرهنگ صرفه جویی در مصرف انرژی در ایران پدیدار نیست با تشویق مسئولان امر و ارگان های زیربط و با تشکیل و ادامه چنین همایشهایی میتوان امیدوار بود که صرفه جویی در مصرف منابع مختلف انرژی در برنامه زندگی روزمره شهروندان قرار گیرد.