

# بناهای خدا

## پروژه:

### اجزای ساختمان

(عایق‌های رطوبتی و حرارتی)  
به همراه جزئیات اجرایی

استاد راهنما:

مهندس جعفری

تهیه کننده گان:

ایمان رئیسی-محسن دیواندری

## فهرست

| صفحه | عنوان                          |
|------|--------------------------------|
|      | عایق رطوبتی                    |
| ۱    | کلیات                          |
| ۲    | گستره و اهداف                  |
| ۳    | مواد و مصالح عایقکاری رطوبتی   |
| ۴    | ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول |
| ۵    | اجرای عایق رطوبتی              |
| ۶    | آزمایش عایقکاری                |
| ۷    | حفظ و مراقبت عایقهای رطوبتی    |
| ۸    | حفظ و مراقبت عایقهای رطوبتی    |
| ۹    | تخریب و اصلاح عایقکاری         |
| ۱۰   | دیتالیهای اجرایی               |

## عایق حرارتی

- ۱ کلیات ۲۷
- ۲ مصالح عایق حرارتی ۲۷
- ۳ شناخت ضرایب متداول در عایقکاری حرارتی ۲۸
- ۴ میزان عایقکاری ۳۰
- ۵ مصالح عایق حرارتی و سیستمهای عایقکاری ۳۰
- ۶ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول ۳۳
- ۷ مصالح عایق حرارتی و سیستمهای عایقکاری مناسب و متداول در ساختمان ۳۳
- ۸ مصالح نصب ۳۵
- ۹ حمل و نقل و نگهداری ۳۵
- ۱۰ راههای فرار گرما ۳۵
- ۱۱ اجرای عایق حرارتی ۳۷
- ۱۲ نصب عایقهای حرارتی ۴۰
- ۱۳ بخاربندی عایقهای حرارتی ۴۰
- ۱۴ مبدل حرارتی هوا به هوا ۴۱
- ۱۵ رعایت نکات ایمنی به هنگام عایقکاری حرارتی ۴۲
- ۱۶ دیتالیهای اجرایی

## عایق رطوبتی

### ۱ کلیات

با وجود اینکه در حین اجرای کارهای ساختمانی نیازمند به مصرف آب هستیم، ولی پس از اتمام کار، قسمتهای مرطوب ساختمان باید خشک شوند و خشک بمانند تا بتوان از ساختمان به عنوان محل زیست و کار مناسب بهره‌برداری کرد. خشک شدن اجزای ساختمانی در نواحی خشک، خواه ناخواه با گذشت زمان صورت می‌گیرد، ولی در مناطق مرطوب مدت زمان لازم برای خشک شدن بیشتر است و در فصول گرم بر سرعت خشک شدن مصالح افزوده می‌شود. در شرایط مرطوب، بخار آب موجود در محیط به داخل مصالح نفوذ کرده و هنگام سرد شدن عمل تعریق صورت می‌گیرد. برای خشک ماندن قسمتهایی از ساختمان که در معرض رطوبت قرار می‌گیرند، به ناچار باید اقدام به عایقکاری رطوبتی نمود.

### ۲ گستره و اهداف

وجود نم در ساختمان سبب فساد و خوردگی اجزای باربر و غیر باربر می‌شود و به استحکام و زیبایی آنها لطمه می‌زند، کیفیت عایقکاری حرارتی را به مخاطره می‌افکند و به خاطر فراهم آوردن شرایط مساعد برای رشد قارچ، کفک و میکروارگانیسمها، بهداشت ساختمان را با اشکال مواجه می‌سازد.

از این رو برای دوام بیشتر و حفظ پایایی، ایمنی، زیبایی، راحتی و بهداشت ساختمان، عایقکاری رطوبتی، امری الزامی است. در این فصول تحقق اهداف زیر موردنظر می‌باشد:

#### ۱-۲ نمبندی

نمبندی یعنی جلوگیری از نفوذ نم، بدون اینکه رطوبت به شکل آب وجود داشته و زیر فشار باشد. این عمل، بیشتر در پی ساختمانها و دیوار زیرزمینها که اجزای ساختمان به نحوی با زمین نمدار در تماسند، انجام می‌شود.

#### ۲-۲ آببندی

آببندی یا جلوگیری از نفوذ آب، که در برخی موارد ممکن است تحت فشار نیز باشد، مانند بام ساختمانها، بدنه و کف استخرها و برخی زیرزمینها در نقاطی که سفره آب زیرزمینی بالا است.

#### ۳-۲ بخاربندی

ممانعت از نفوذ بخار آب در مصالح به ویژه مصالح عایق حرارتی به منظور حفظ کیفیت آنها با استفاده از لایه‌های بخاربند.

### ۳ مواد و مصالح عایقکاری رطوبتی

#### ۱-۳ کلیات

نمبندی به جلوگیری از نفوذ نم گفته می‌شود، بدون اینکه رطوبت به شکل آب وجود داشته و تحت فشار باشد. آب‌بندی به جلوگیری از نفوذ آب می‌گویند که ممکن است گاهی اوقات زیر فشار هم باشد. بنابراین پی ساختمانها و کف و بدنه زیرزمینها را معمولاً نم‌بندی می‌کنند و بام و منابع آب، نیاز به آب‌بندی دارند. بام هر ساختمان عملاً از سه قسمت تشکیل شده است: قسمت باربر یا استخوان‌بندی مشتمل بر قابها، تیرهای اصلی و فرعی، پوسته صلب داخلی که به قسمت باربر متصل شده و بار لایه رویی را تحمل می‌کند و لایه خارجی که در معرض عوامل جوی قرار می‌گیرد و نقش آن آب‌بند کردن بام است و بامپوش نام دارد.

#### ۲-۳ انواع

مصالح عمده‌ای که برای نم‌بندی، آب‌بندی و بامپوش ساختمانها به کار می‌روند، عبارتند از: خاک رس، مواد قیری و قطرانی، فلزات و آلیاژهای آنها، فرآورده‌های پنبه کوهی - سیمان، کاشیهای سفالی و سیمانی، شیشه، مواد پلاستیکی و لاستیکی، چوب و ملتهای ویژه.

#### ۳-۳ خاک رس

خاک رس از مصالح بسیار مناسب برای آب‌بندی است، بخصوص خاک رسهایی که حاوی مقدار زیادی بنتونیت باشند. در گذشته بامها را با کاهگل و کف و دیواره حوضها را با خاک رس پرمایه، اندود می‌کردند، اکنون نیز کاهگل در بام مناطق روستایی مصرف می‌شود و دیواره و کف منابع آب موقت، در کارگاههای ساختمانی با خاک رس پرمایه اندود می‌شود. خاک رس به هنگام خشک شدن، جمع شده و ترک می‌خورد، وجود کاه در کاهگل از ترک خوردگی آن جلوگیری می‌کند. افزودن آهک به خاک رس باعث کاهش انقباض و انبساط ناشی از خشک و تر شدن آن می‌گردد. در بعضی مناطق، مصرف شفته برای شیب‌بندی بام مرسوم است که در عین حال، آب‌بند کننده مناسبی نیز به شمار می‌رود. چنانچه به خاک رس قدری مواد قیری افزوده شود، در این صورت باعث بهتر چسبیدن آن به ویژه به سطوح قائم می‌شود. کاربرد یک ورقه پلاستیکی نازک به همراه خاک رس به منظور اقدامی اضافی و احتیاطی، مناسب است.

#### ۴-۳ مواد قیری و قطرانی

مواد قیری و قطرانی (چسباننده‌های سیاه) از پرمصرف‌ترین مواد در عایقکاری رطوبتی به شمار می‌روند این مواد را ممکن است با گرم کردن، حل کردن در حلالهای مناسب یا به صورت امولسیون در ساختن لایه‌های آب‌بندی و نم‌بندی مصرف نمود. مصالحی مانند چوب، مقوا و مواد نساجی را در کارخانه با این مواد آغشته نموده و به صورت پیش‌ساخته برای مصرف آماده می‌کنند. تغییر مکانها

و جابه‌جایی اجزای ساختمان در اثر پدیده‌هایی چون نشست پی، نیروهای زلزله، اختلاف درجه حرارت بین اجزای ساختمانی، تغییرات شبانه‌روزی و فصلی دما، هر کدام به تنهایی یا مجموعاً می‌توانند تنش‌های کششی و برشی در قشر عایق ایجاد کنند و در نتیجه سبب پارگی آن شوند. از این رو برای جلوگیری از ایجاد ترک‌های ریز، الیاف و بافته‌هایی در لایه‌های نم‌بندی قرار می‌دهند. معمول‌ترین مصالحی که برای تقویت قشر عایق در آن قرار می‌دهند، عبارتند از: مواد نساجی از انواع (کنف - چتانی یا گونی)، پنبه، مواد مصنوعی پلاستیکی و لاستیکی، الیاف شیشه، پشم شیشه، نم شیشه، کاغذ و مقوا.

برای محافظت عایق‌های رطوبتی نمایان قیری، آنها را با ماسه ریزدانه سفید یا رنگی روشن می‌پوشانند یا با لایه‌ای از مواد منعکس‌کننده نور و گرما، مانند رنگ‌های آلومینیومی اندود می‌کنند.

لایه‌های عایق رطوبتی را به کمک چسبها و مواد قیری و قطرانی در محل مورد نظر اجرا می‌کنند. معمول‌ترین روش آب‌بندی و نم‌بندی در ایران استفاده از قیر به همراه لایه‌هایی از گونی (چتانی) می‌باشد که قیرگونی نام گرفته است. قیر جامد را حرارت داده و به حالت گرم بر روی بستری از اندود ماسه سیمان می‌مالند. لایه‌ای از گونی بر روی آن می‌کشند و از نو قشری از قیر گرم را بر روی گونی می‌مالند و در صورت نیاز این عملیات را تکرار می‌کنند. در سال‌های اخیر، ساختن و مصرف انواع عایق‌های پیش‌ساخته با مواد قیری و پلاستیکی به همراه مقوا، گونی، منسوجات پنبه‌ای، شیشه‌ای و نظایر آن رایج شده است. در کشورهای صنعتی قطعات کوچک عایق‌های پیش‌ساخته از این نوع به نام شینگل رایج است.

### ۳-۵ فلزات و آلیاژها

فلزات و آلیاژها مصالح بسیار مناسب و مطلوبی برای عایق‌کاری هستند، ولی به علت گرانی، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمده‌ترین فلزات که در پوشش بام‌های شیب‌دار (شیروانیها) به صورت صاف و موج‌دار و نیز در ساختن آبروها و درزبندی و درزپوشی مصرف می‌شود، ورق فولادی گالوانیزه (یا اصطلاحاً آهن سفید) است. از حلبی یا ورق فولادی قلع‌اندود نیز به طور محدود استفاده می‌شود. فولاد زنگ‌نزن و مس، فلزاتی گرانبها هستند که جز در موارد استثنائی مصرف آن مقرون به صرفه نیست. آلومینیوم نیز مانند مس گران است، ولی دوام آن بسیار خوب بوده و جبران گرانی قیمت آن را می‌کند. این فلز را به صورت ورق‌های صاف و موج‌دار بزرگ و شینگل، در پوشش شیروانی بامها مصرف می‌کنند، از ورقه‌های بسیار نازک آلومینیوم، مس، سرب، روی، قلع و آلیاژهای گوناگون به همراه عایق‌های پیش‌ساخته قیری و لایه‌لای آنها به صورت مغزی استفاده می‌شود.

### ۳-۶ فرآورده‌های پنبه کوهی - سیمان

فرآورده‌های پنبه کوهی - سیمان به صورت ورق‌های بزرگ موج‌دار با موج کوتاه و بلند (سازه‌ای) به همراه قطعات اتصال آنها، مانند آبرو، کنگی (تیزه زوج)، کناره و مانند اینها، برای پوشش بام‌های شیب‌دار استفاده می‌شود. روی هم افتادگی لبه ورق‌ها، جزئی و حدود (۱۰٪) است.

نوع دیگر از فرآورده پنبه کوهی - سیمان که به "اردواز" مشهور شده، قطعات صاف با ابعاد کم است

که به تقلید از سنگ لوح ساخته شده‌اند و در موقع سوار شدن روی هم حدود  $\frac{4}{7}$  سطح همپوشانی دارند، ضخامت قطعات حدود ۴ میلیمتر است.

### ۷-۳ پوشش بامهای شیبدار

پوشش بامهای شیبدار با سفال از زمانهای گذشته در نواحی شمالی ایران، معمول و متداول بوده است، امروزه نیز سفال یکی از بهترین مصالح برای پوشش بام به شمار می‌رود. قطعات سفال در جهت عرضی و طولی روی هم را می‌پوشانند و به اشکال گوناگون ساخته می‌شوند. از محاسن بامپوشهای سفالی می‌توان زیبایی، دوام، عایق بودن نسبی حرارتی و سهولت در تعویض قطعات معیوب و شکسته را نام برد. در مقابل، سنگینی نسبی آنها از معایبشان به شمار می‌رود. ساختن سفال سقفی امروزه به صورت کارخانه‌ای درآمده است و همانند آجر تولید می‌شود، ولی در انتخاب خاک مناسب آن باید دقت کافی به عمل آید. خاک سفال باید دارای مواد گدازآور کمی باشد تا ضمن پخت، شکل خود را حفظ کند. سفالهای بامپوش در انواع بدون لعاب و لعابدار در رنگهای متنوع تولید می‌شوند. بامپوشهای سیمانی به شکل قطعات سفالی و به روش بلوکهای سیمانی تولید می‌شوند.

### ۸-۳ مواد پلاستیکی و لاستیکی

مواد پلاستیکی و لاستیکی به صورت مخلوط با مواد قیری و قطرانی در ساخت عایقهای رطوبتی مصرف می‌شوند و یا به شکل ورقه و بافته برای تقویت لایه‌های عایق به کار می‌روند و یا به حالت امولسیون و خمیر برای تعمیرات، مورد مصرف قرار می‌گیرند. از ورقه‌های پلاستیکی نیز برای آببندی و نمبندی می‌توان بهره گرفت. استفاده از ورقه‌های سخت پلاستیکی برای کارهای تعمیراتی نتایج مطلوبی در بر داشته است. از ورقه‌های صاف و موجدار شفاف و نیم‌شفاف پلاستیکی برای نورگیر بام به همراه ورقه‌های فلزی و آزیست - سیمان استفاده می‌شود. نوعی وینیل پاشیدنی نیز برای پوشش نهایی عایقها و کارهای تعمیراتی به مصرف می‌رسد.

### ۹-۳ ملاتهای ویژه

با افزودن مواد آببند کننده به مخلوط ملاتها، می‌توان ملاتهای ویژه‌ای ساخت که در نمبندی پی‌ها و سطوح قائمی که در معرض باران توأم با باد قرار می‌گیرند و در کف و بدنه استخرها و منابع آب به کار می‌روند. ملاتهای ویژه ممکن است از اختلاط ماسه به عنوان ماده پر کننده و چسبهای پلیمری ساخته شوند. باید توجه داشت که مصرف پاره‌ای از ملاتهای ویژه و روشهای اجرایی آنها، نیاز به مطالعه و تخصص کافی دارد و بهتر است قبل از اجرا، نمونه‌های آزمایشی آنها ساخته شود.

### ۱۰-۳ چوب

از چوب گونه‌های مختلف، در کشورهایی که دارای چوب خوب و فراوان هستند، قطعاتی به نام شینگل و شیک می‌تراشند و همانند سنگ لوح یا آزیست - سیمان روی یکدیگر قرار می‌دهند، به قسمی که آب باران و برف نتواند از لابه‌لای آنها به درون ساختمان نفوذ کند. در بعضی از کشورها مصرف چوب یا تخته فیبری مصنوعی که با مواد قیری و قطرانی آغشته شده‌اند، در پوشش شیروانیها رایج است. ابعاد شینگلها و شیکها از ۴۰۰ تا ۶۰۰ و ضخامت آنها از ۱۰ تا ۱۳ میلیمتر می‌باشد.

### ۱۰-۳ شیشه

در پوشش بام، شیشه به دو صورت مصرف می‌شود، یکی موجدار همانند ورقهای سیمان - پنبه کوهی به ضخامت حدود ۱۰ میلیمتر که به همراه این ورقها و ورقهای فلزی به عنوان نورگیر به

کار می‌رود و دیگری به صورت تخت و مسلح با توری فلزی به ضخامت حدود ۶ میلیمتر که در قاب فلزی، نصب و در نورگیرهای بام به مصرف می‌رسد. از الیاف شیشه و پشم و نمد شیشه نیز همانطور که قبلاً ذکر شد، برای تقویت عایق‌های رطوبتی استفاده می‌شود.

ممکن است به جای قلع از مخلوطی از ۲۵٪ قلع و ۷۵٪ سرب برای پوشش ورق فولادی استفاده شود که در این صورت آن را Tin Plate می‌نامند.

#### ۴- ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

##### ۱-۴- ویژگیهای گونی

گونی باید کاملاً تمیز، نو، خشک و بدون آلودگی و حتی‌الامکان بدون چروک باشد. ویژگیهای گونی کنفی برای عایق‌کاری رطوبتی، باید مطابق جدول باشد.

##### جدول ویژگیهای گونی کنفی برای عایق‌کاری رطوبتی

| ردیف | شرح ویژگی                               | حدود قابل قبول                  | روش آزمایش                    |
|------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| ۱    | وزن یک متر مربع به گرم (حداقل)          | ۳۱۰                             | استاندارد ایران به شماره ۱۱۴۸ |
| ۲    | تعداد تار در یک دسیمتر                  | $43 \pm 3$                      | استاندارد ایران به شماره ۶۸۲  |
| ۳    | تعداد پود در یک دسیمتر                  | $43 \pm 3$                      | استاندارد ایران به شماره ۶۸۳  |
| ۴    | مقاومت در جهت تار به نیوتن (حداقل)      | ۶۸۶                             | استاندارد ایران به شماره ۱۱۴۷ |
| ۵    | مقاومت در جهت پود به نیوتن (حداقل)      | ۷۸۴                             | استاندارد ایران به شماره ۱۱۴۸ |
| ۶    | چربی نخ درصد وزنی (حداکثر)              | ۲                               | استاندارد ایران به شماره ۳۰   |
| ۷    | اندازه چشمه در جهت تار و پود به میلیمتر | حداقل ۲/۲                       | چشمی                          |
|      |   | حداکثر ۲/۵                      |                               |
| ۸    | یکنواختی                                | در ظاهر دارای بافت یکنواخت باشد |                               |

##### ۲-۴- ویژگیهای گونی قیراندود

الف: کشیده شدن



گونی قیراندود باید دارای چنان مقاومتی باشد که اگر حداقل به اندازه دو درصد طول آن کشیده شود، پاره نگردد و ترک در آن ایجاد نشود.

ب: خم شدن

گونی قیراندود اگر به دور استوانه‌ای به شعاع ۲۵ میلیمتر پیچیده شود، در دمای صفر درجه سلسیوس، نباید ترک بخورد.

پ: مقاومت در مقابل حرارت

چنانچه سطح خارجی گونی قیراندود در ۷۰ درجه سلسیوس به مدت دو ساعت نگه داشته شود، نباید قیر آن نرم و روان شود.

ت: وزن

وزن هر متر از گونی قیراندود به عرض ۱۱۷ سانتیمتر، حداقل باید سه کیلو و دو بیست گرم باشد.

ث: ضخامت

ضخامت گونی قیراندود باید حداقل ۳ میلیمتر باشد.

ج: تردی

پس از حرارت دادن گونی قیراندود به مدت ۵ ساعت در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و خنک کردن آن تا دمای معمولی، گونی قیراندود نباید ترک بخورد.

چ: عدم آلودگی

گونی قیراندود نباید با مواد معدنی محلول در آب، آغشته باشد و در هنگام کار نیز نباید با این مواد آغشته شود.

ح: همواری آغشتگی

گونی قیراندود باید دارای ظاهر یکنواخت و هموار بوده و فاقد حباب هوا باشد.

#### ۴-۳ مصالح مناسب برای مصارف گوناگون

برای مصارف مختلف، عایقها و بامپوشهایی باید انتخاب شوند که در جدول آمده است.

جدول مشخصات عایقهای رطوبتی و بامپوشهایی مناسب برای کارهای مختلف

| ردیف | محل مصرف  | مصالح مناسب   | ملاحظات   |
|------|---|---|---|
| ۱    | سطوح افقی و قائم<br>پی‌ها، دیوار<br>زیرزمینها، کف و<br>بدنه استخرها و<br>منابع آب | قیرگونی (درجا) - مشمع<br>قیراندود با قیر (درجا)،<br>ملتهای ویژه   | نوع قیر انتخابی<br>مطابق جدول ۲-<br>۷-۶-۵ خواهد بود   |
| ۲    | بامهای تخت با<br>شیب کم   | قیرگونی (درجا) - مشمع<br>قیراندود با قیر (درجا)،<br>ملتهای ویژه - کاهگل   | عایقهای نمایان<br>باید با قشری از<br>ماسه به رنگ<br>روشن یا رنگ<br>منعکس کننده مانند<br>آلومینیومی پوشانده<br>شوند.<br>حداقل شیب<br>ورقه‌ها و شینگلها<br>برای مقوای<br>قیراندود، (۱۸٪)<br>و برای سایر<br>مصالح، (۱۴٪)<br>است. |
| ۳    | بامهای شیبدار   | - ورقه‌های صاف از مس،<br>فولاد روی‌اندود و قلع‌اندود ( )<br>یا قلع و سرب اندود،<br>آلومینیوم، فولاد زنگ‌نزن و<br>قیرگونی<br>- ورقه‌های موجدار شامل<br>فولاد روی‌اندود، آلومینیوم،<br>پنبه کوهی - سیمان، مقوای<br>قیراندود، پلاستیک، کاشی<br>سفالی و کاشی سیمانی<br>- شینگل از انواع چربی،<br>نمد قیراندود،<br>آلومینیوم و پنبه کوهی-<br>سیمان |   |
| ۴    | گنبدها  | ورقه‌های فلزی نظیر ردیف<br>۳، شینگلها، قیرگونی،<br>خمیرها و امولسیونها  |   |
| ۵    | نورگیر بام  | شیشه و پلاستیک نورگذران   |   |
|      |   |   |   |

|  |  |             |   |
|--|--|-------------|---|
|  | و پشت پیدا   |             |   |
|  | شینگل از نمذ قیراندود،<br>وینیل پلاستیک شفاف<br>پاشیدنی در رنگهای<br>مختلف، قیر و گونی،<br>خمیرها و امولسیونها | تعمیرات بام | ۶ |

## ۵ اجرای عایق رطوبتی

۵-۱ عایقکاری رطوبتی بامهای تخت (با شیب تا ۶ : ۱)، تراسها و بالکنها

الف: عایقکاری با خاک رس

ابتداییترین روش عایقکاری بام، استفاده از گاهگل است که به علت کمی دوام در برابر بارندگی، یخزدگی و فرسایش، امروزه منسوخ گردیده و جز در روستاها و نواحی خشک و کم بارش، معمول و متداول نیست. استفاده از گل نیمچه گاه در آجر فرش بامها نیز در برخی مناطق خشک رایج بوده که هم اکنون از رونق افتاده است. بنابراین چون مورد استفاده‌ای در طرحها ندارند، از ذکر آنها خودداری می‌شود.

ب: عایقکاری با قیر و گونی

معمولترین روش آببندی بامها و سایر قسمتهای ساختمان، استفاده از قیر و گونی است که در استاندارد شماره ۱۳۴۵-۲۱۱ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تحت عنوان "عایقکاری ساختمان به وسیله قیر" جزئیات آن شرح داده شده است. در عایقکاری با قیر و گونی رعایت نکات زیر علاوه بر مراعات مفاد استاندارد ۲۱۱ الزامی است.

- عایقکاری به هنگام بارندگی مجاز نیست.

- عایقکاری بر روی سطوح مرطوب مجاز نیست، زیرا در غیر این صورت حبابهایی در زیر قشر عایقکاری تشکیل می‌شود که با گرم و سرد شدن هوا و حرکات جزئی اجزای ساختمان و یا وارد شدن ضربه به سطوح عایق، ممکن است دچار پارگی و صدمه گردند.

- قیرهای جامد را تا هنگامی که گرم و روانند، باید به مصرف رساند.

- عایقکاری در دمای کمتر از  $+4$  درجه سلسیوس، نباید انجام شود.

- قیرهای مورد مصرف را نباید بیش از  $+177$  درجه سلسیوس گرما داد، زیرا مواد فرار آنها جدا شده و ویژگیهای مطلوب قیر از دست می‌روند.

- راه رفتن روی سطوح عایقکاری شده و مصالح عایق پیش‌ساخته، باید با احتیاط و با استفاده از کفشهای بدون میخ انجام شود، در صورتی که کفش مخصوص در دسترس نباشد، می‌توان با یک قطعه گونی زیر و روی کفشهای عادی را پوشاند و از آنها استفاده کرد.

- مصرف میخ برای محکم کردن لایه‌های عایقکاری، به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد.

- از افتادن اشیاء بر روی سطوح عایقکاری شده، باید جداً جلوگیری نمود.

- لایه‌های عایق باید از هر طرف حداقل ده سانتیمتر همدیگر را ببوشانند و با قیر مناسب کاملاً به هم چسبانده شوند. در همپوشانی لایه‌ها باید دقت نمود که لایه‌های رویی در سمتی قرار گیرند که مطابق شیب‌بندی انجام شده، آب از روی آنها به سمت لایه زیری سرازیر گردد.

- هنگامی که عایقکاری در بیش از یک لایه انجام می‌شود لایه‌های متوالی عایق، باید عمود بر هم قرار گیرند. هر لایه از عایقکاری پس از تکمیل و پیش از شروع لایه بعدی، باید مورد بازدید و تأیید دستگاه نظارت قرار گیرد. سطوح عایقکاری شده باید در هنگام اجرای کارهای ساختمانی از هر گونه آسیب و رویارویی با عوامل مضر و مصالح خورنده مانند آهک محافظت گردند و چنانچه صدمه‌ای دیده باشند، با دستور و زیر نظر دستگاه نظارت به نحو مطلوب تعمیر و مرمت گردند.

- سطوح عایقکاری شده باید پس از تکمیل با لایه محافظی پوشانده شوند.

ایجاد زیرسازی مناسب برای انجام عایقکاری ضروری است.

پس از ایجاد شیب جزئی [ بین (۱%) تا (۳%) ] با بتن سبک، پوکه و نظایر اینها، باید زیرسازی عایقکاری بام با اندود ماسه سیمان نرم به نسبت ۳ : ۱ یا با ماسه آسفالت نرم به ضخامت ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر انجام شود و سطح آن کاملاً صاف گردد. سطوح زیر عایقکاری باید کاملاً محکم، صاف و تمیز باشند، زیرا جزئی از عایقکاری به شمار می‌روند.

عایقکاری بامهای تخت، تراسها و بالکنها به ترتیب زیر است:

۱- سطح زیرسازی سیمانی یا ماسه آسفالت باید کاملاً تمیز شود.

۲- یک قشر قیر ۶۰/۷۰ به صورت مذاب و به میزان حدود ۲ کیلوگرم در مترمربع به طور یکنواخت بر روی سطوح افقی و قائم بام پخش گردد، به نحوی که این سطوح را کاملاً ببوشاند. مصرف قیر مایع زودگیر RC2 در هوای سرد بهتر از قیر مذاب است.

۳- یک گونی خشک تمیز بر روی سطح قیراندود پهن نموده و پس از رفع چروک خوردگیهای احتمالی آن را بر روی سطح بام فشار دهند، به قسمی که در همه جا کاملاً به لایه قیر بچسبد.

۴- لایه‌ای از مخلوط هموزن قیر ۶۰/۷۰ و قیر دمیده (برای اقلیمهای معتدل و سرد قیر ۸۵/۲۵ و برای نواحی گرمسیر و نقاط گرم ساختمان قیر ۹۰/۱۵) به حالت مذاب و به اندازه ۱/۵ کیلوگرم در هر مترمربع به صورت یکنواخت بر روی گونی پخش گردد.

۵- یک لاگونی دیگر با شرایطی که در بند ۳ گفته شد، عمود بر لایه زیرین بر روی سطح قیراندود گسترده شود.

۶- چنانچه عایقکاری مطابق نقشه‌ها و مشخصات بیش از ۲ لاگونی و سه قشر قیر باشد، لایه‌های بعدی قیر و گونی بر طبق بندهای ۳ و ۴ اجرا گردند.

۷- قشری از مخلوط قیر مذاب ۶۰/۷۰ و قیر دمیده به نسبت ۱ به ۲ به میزان ۱/۵ کیلوگرم در مترمربع بر روی آخرین لایه گونی پخش گردد.

۸- لایه‌های عایق قائم دیوارهای دست‌انداز پیرامون بام، دور محل عبور کانالهای کولر و هواکشها و دودکشها و لوله‌های تأسیسات و مانند اینها را باید حداقل ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح بام اجرا نموده و به عرض حداقل ۱۰ سانتیمتر به طور افقی روی دیوار برگرداند و لایه محافظ عایق روی آنها را اجرا کرد. برای جلوگیری از تماس لایه‌های عایق قائم با سطوح گرم و دودکشها، باید قبل از عایقکاری دور دودکشها را با یک لایه عایق حرارتی یا مصالح مجوف پوشانده و سپس اقدام به عایقکاری قائم نمود.

۹- در لبه‌های بالکنها و تراسها در نقاطی که به جای دیوار جان‌پناه، نرده پیش‌بینی شده است، باید ماهیچه‌ای از ملات سیمان ۳ : ۱ به ضخامت حداقل ۵ سانتیمتر ایجاد گردد و عایقکاری روی آن اجرا شود.

۱۰- عایقکاری محل لگنچه، ناودان باید با دقت کافی انجام گیرد و در این محل لایه اول عایق باید تا داخل لوله آبرو ناودان اجرا شود، سپس کفخوابی به ابعاد حداقل ۵۰ \* ۵۰ سانتیمتر از ورق مسی یا فولاد گالوانیزه بر روی این لایه عایق قرار داده شود، لایه‌های بعدی عایق روی این کفخواب، اجرا و تا داخل لوله کفخواب ادامه یابد و بالاخره صافی آبرو بر روی آنها قرار داده شود. چنانچه محل ناودان در گوشه بام قرار گیرد، کفخواب باید به شکل هندسی مناسب بوده و در محل برخورد با دست‌انداز یا دیوار دارای لبه‌های قائم باشد.

پ: عایقکاری با گونی قیراندود

عایقکاری با گونی قیراندود مشابه عایقکاری با قیر و گونی است و باید به ترتیب زیر اجرا شود:

۱- سطح زیرسازی باید کاملاً تمیز شود.

۲- یک قشر قیر از نوعی که در عایقکاری با قیر و گونی ذکر شد، ولی به مقدار حداقل یک کیلوگرم در مترمربع بر روی سطوح افقی و قائم بام پخش گردد.

۳- یک لاگونی قیراندود بدون چروک و تمیز بر روی سطح قیراندود شده، پهن نموده و آن را بر روی سطح بام فشار دهند تا در همه جا کاملاً به لایه قیر زیر آن بچسبد. همپوشانی طولی و عرضی ورقهای گونی قیراندود حداقل ۱۰ سانتیمتر می‌باشد و محل اتصال آنها باید توسط قیر مذاب کاملاً به هم چسبانده شود.

۴- لایه‌های بعدی قیر و گونی قیراندود به ترتیبی که در (ب) ذکر شد، باید اجرا شود، میزان قیر مصرفی در هر لایه حداقل ۰/۵ کیلوگرم در مترمربع خواهد بود.

۵- در محل‌هایی مانند محل برخورد دست‌اندازها با سطح افقی بام که ورق‌های عایق‌کاری باید خم شوند، شعاع انحنای نباید از ۲/۵ سانتیمتر کمتر باشد، در غیر این صورت باید با ایجاد پخی با زاویه ۱۳۵ درجه، عایق‌کاری را اجرا کرد.

ت: عایق‌کاری با مشمع و مقوای قیراندود یا قطران اندود

نحوه اجرای این نوع عایق‌ها همانند روشی است که در (پ) توضیح داده شده است. به علاوه توجه به نکات زیر ضروری است.

۱- چنانچه کارخانه سازنده این محصولات دستورالعمل‌های خاصی در مورد نحوه اجرا داشته باشد، باید آنها را رعایت و در مقابل، تضمین کافی از فروشندگان و اجرا کنندگان این عایق‌ها اخذ نمود.

۲- چون ممکن است ناسازگاری بین مواد تشکیل دهنده این عایق‌ها با قیرها یا چسب‌های مصرفی وجود داشته باشد (به ویژه هنگامی که لایه‌های عایق قطران‌اندود باشند)، در این مورد باید دقت کافی مبذول گردد.

۳- قبل از مصرف هر نوع مشمع یا مقوای آغشته به چسباننده‌های سیاه، نمونه آن باید به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ث: عایق‌کاری با مصالح پیش‌ساخته

روش عایق‌کاری با مصالح پیش‌ساخته مطابق دستورالعمل‌های سازنده این فرآورده‌ها خواهد بود که باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد. چنانچه نوع فرآورده ناشناخته بوده و سابقه کاری از آن وجود نداشته باشد، پیمانکار ملزم به سپردن تضمین کافی برای حسن اجرای کار خود در مدتی که دستگاه نظارت تعیین می‌کند، خواهد بود.

۵-۲ عایق‌کاری رطوبتی بام‌های شیبدار، قوسی و گنبد‌ها

هرگاه شیب از ۶ : ۱ تجاوز کند، در این صورت بام "شیبدار" تلقی شده و عایق‌کاری آن تابع شرایطی به شرح زیر خواهد بود:

الف: عایق‌کاری بام‌های شیبدار پوشش شده

به طور کلی چنانچه بام شیب‌داری مطابق مندرجات فصل چهاردهم، "پوشش سقف‌های شیبدار" دارای پوشش باشد، به لحاظ رطوبتی عایق شده تلقی می‌گردد و نیازی به عایق اضافی ندارد، لکن توجه به نکات زیر ضروری است:

۱- در مناطقی که شیب بام کم بوده و بوران‌خیز است و امکان ورود آب به زیر سقف وجود دارد، محل درز قطعات پوشش باید با ماستیک مناسبی که به تأیید دستگاه نظارت می‌رسد، کاملاً آب‌بندی شود.

۲- محل برخورد قطعات شیبدار با دیوارهای قائم نظیر دیوار همسایه، دیوار دودکش، دست انداز، محل عبور هواروها و دودروها و نظایر آن، باید با قطعات فلزی یا ماستیک و یا اعمال تمهیدات دیگر، کاملاً درزبندی و آببندی شوند. قطعات فلزی ممکن است از انواع فولاد روی اندود (گالوانیزه) یا مسی انتخاب شوند، ماستیکها و مصالح دیگر باید به تصویب دستگاه نظارت برسند.

۳- محل تخلیه آب به آبروها و ناودانها به همین ترتیب باید درزبندی و آببندی شود.

۴- کناره‌های بام نیز باید با ورقه‌های فلزی پوشانده شده و در انتهای بیرونی به صورت آبچکان، خمکاری و یا فتیله شوند تا از ریختن آب بر روی نمای ساختمان جلوگیری شود.

#### ب: عایقکاری بامهای شیبدار صاف، قوسی و گنبدها

عایقکاری بامهای شیبدار با شیب بیش از ۶ : ۱ (نظیر خرپشته‌ها)، بامهای قوسی شکل و گنبدها، نیاز به دقت و مهارت کافی داشته و معمولاً به خاطر در دست نبودن مصالح مناسب و اجرا کنندگان ماهر، این نوع بامها را به دشواری می‌توان با قیر و گونی به نحو شایسته‌ای عایقکاری کرد. در این موارد بهتر است از عایقهایی که در برابر گرما و تابش آفتاب، نرم و روان نمی‌شوند و در سرمای زمستان ترک نمی‌خورند، بهره برد. زیرسازی عایقکاری باید همان طور که در قسمتهای قبل توضیح داده شده است، انجام گیرد و پس از ایجاد سطحی صاف و تمیز اقدام به عایقکاری گردد.

اجرای عایق سطوح شیبدار باید موافق اسلوب فنی و مطابق دستورالعملهای تولیدکنندگان این نوع عایقها باشد و قبلاً به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد، بدیهی است اخذ تضمین کافی از پیمانکار در مورد عایقهای ناشناخته و امتحان نشده، ضروری است.

#### ۳-۵ عایقکاری رطوبتی کف و شالوده

شالوده و کف قسمتی از ساختمان که در تماس با زمین نمناک قرار می‌گیرند، نیاز به عایقکاری رطوبتی دارند. عایقکاری شالوده‌ها مستلزم اعمال دقت کافی و مصرف مصالح مرغوب است، زیرا از یک سو رعایت جزئیات نسبتاً ظریف ساختمانی و یکپارچگی عایقکارهای افقی و قائم را می‌طلبد و از سوی دیگر دوام عایق باید معادل عمر مفید پیش‌بینی شده برای ساختمان باشد، زیرا چنانچه عایقکاری پی دچار صدمه‌ای شود، مرمت آن کاری دشوار و پر هزینه است.

#### الف: عایقکاری رطوبتی کفها

کف زیرزمین و طبقه همکف ساختمان که در مجاورت خاک نمناک است به خاطر رعایت مسائل بهداشتی، حفظ دیوارهای در تماس با آنها از رطوبت بالا رونده و محافظت کفپوشهای حساس به رطوبت (مانند کفپوشهای چوبی و لاستیکی)، باید در برابر نفوذ رطوبت عایقکاری شود. این عایقکاری باید با عایقکاری شالوده یکپارچه شده و چنانچه اختلاف رطوبتی بین آنها وجود داشته باشد، با عایقکاری قائم پی، این پیوستگی تأمین گردد.

زیر فرش کف طبقات زیرین ساختمان که در تماس مستقیم با زمین هستند، باید با ارتفاع حدود ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر لاشه سنگ یا قلوه سنگ درشت چیده و روی آن یک لایه مخلوط شن و ماسه بریزند تا فواصل خالی بین سنگهای درشت پر شود و حدود ۲ سانتیمتر روی تمام سطح را بپوشانند. این عمل باعث قطع لوله‌های موئین و نفوذ رطوبت به سمت بالا می‌شود. در مناطق خیلی مرطوب می‌توان کفها را به صورت معلق اجرا کرد. در این طریقه دیوارهایی به موازات هم و به ضخامت یک آجر و به فاصله حدود ۵۰ الی ۷۰ سانتیمتر و به ارتفاع حدود ۵۰ تا ۹۰ سانتیمتر می‌سازند و بین آنها را با طاق ضربی می‌پوشانند و سپس کفسازی اصلی روی آن انجام می‌شود. فضای خالی بین دیوارها که به هم راه دارند و گریه‌رو نامیده می‌شوند، توسط مجراهایی به خارج ساختمان ارتباط داده می‌شوند. در مناطقی که چوب به حد کافی یافت می‌شود، کف معلق را می‌توان با تیر، تیرچه و تخته نیز اجرا نمود، به هر حال به علت انجام عمل تهویه در زیر کفهای معلق، کفسازی بالنسبه خشک‌تر است. عایقکاری کفها را می‌توان با قیر و گونی، انواع مشمع و مقوای قیراندود، مواد پلاستیکی، آسفالت ماستیک و مواد قیری بر روی قشری از بتن یا اندود ماسه سیمان که بر روی کف اجرا می‌شود، انجام داد.

روش اجرای عایق با قیر و گونی و مشمع و مقوای قیراندود، مشابه عایقکاری بام است که در (ب) و (پ) توضیح داده شده است. روشهای یاد شده نسبت به سایر روشها این مزیت را دارند که چنانچه کف ساختمان در مواقعی تحت فشار آب قرار گیرد، در برابر آن مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند.

استفاده از مواد پلاستیکی در عایقکاری کفها به دو صورت ممکن است انجام گیرد. در حالت اول روی بتن کفسازی را با قشری از رزین اپوکسی می‌پوشانند. این لایه چسبندگی بسیار خوبی با زیرسازی دارد، ولی در مقابل جابه‌جایی اجزا و ترک‌خوردگی حساس است. به هر حال انواع کفپوش را می‌توان روی آن اجرا کرد.

حالت دیگر استفاده از ورقه‌های نازک پلی‌تن به ضخامت ۰/۱۵ میلیمتر است، میزان همپوشانی ورقه‌ها حداقل ۱۰ سانتیمتر است و در موقع نصب باید دقت نمود، ضربه و یا ناصافی زیرسازی باعث پارگی آنها نشود. محل روی هم افتادگی ورقه‌ها را می‌توان تا زد یا با گرم کردن آنها را به هم جوش داد.

آسفالت ماستیک یا ماستیک قیری چنانچه به عنوان کفپوش به کار رود، دیگر نیازی به نمبندی کف نیست

از قیرهای خالص مذاب، امولسیونهای قیری و قطرانی و قیرهای مایع نیز برای نمبندی می‌توان استفاده کرد. هنگام مصرف قیر مذاب، ضخامت آن به حدود ۳ میلیمتر می‌رسد که زیرسازی مناسبی برای کفپوشهای چوبی است و در عین حال به عنوان چسب هم از آن بهره‌گیری می‌شود.

مصرف امولسیونهای قیری، قطرانی، قیری / لاستیکی و قطرانی / لاستیکی و قیرهای مایع نظیر RC2، نیز برای نمبندی کفها معمول است. این مواد را می‌توان در چند دست پاشید یا آنها را بر روی سطوح موردنظر مالید، اما اجرای آن نیاز به نظارت دقیق دارد. حداقل ضخامت این مواد پس از خشک شدن، ۰/۶ میلیمتر است.

ب: عایقکاری رطوبتی شالوده‌ها



کف تمام شده ساختمانها معمولاً حدود ۳۰ تا ۹۰ سانتیمتر (۲ تا ۶ پله) از کف محوطه بالاتر ساخته می‌شوند. فاصله بین شالوده تا کف، با مصالح بنایی مانند سنگ، بلوک بتنی و آجر با ملات ماسه سیمان یا باتارد یا ماسه آهک کرسی‌چینی می‌شود و دیوارهای ساختمان بر روی کرسی‌چینی بنا می‌شوند. چون بتن و مصالح بنایی و ملات مربوط نمکش هستند، چنانچه حد فاصل شالوده و دیوار ساختمان نمبندی نشود، رطوبت موجود در زمین از طریق لوله‌های مومین مصالح به سمت بالا نفوذ کرده و سبب نمزدگی دیوارها می‌شود. لایه افقی عایق رطوبتی دیوارها، باید بالاتر از کرسی‌چینی و در ارتفاع حداقل ۱۵ سانتیمتر بالاتر از رقوم محوطه و به صورت یکپارچه و پیوسته اجرا شود. عایقکاری قائم دیوارها به اندازه حداقل ۱۰ سانتیمتر نیز ضروری است. بدیهی است پیوستگی عایق افقی و قائم دیوارها از جمله عایق قائم دیوارهای زیرزمین باید رعایت گردد. همچنین عایق کفها نیز در صورت اجرا، باید با عایق دیوارها پیوستگی داشته باشد.

بهتر است از اره ساختمان در نما تا تراز لایه نمبند دیوار، سنگی باشد تا در صورت نمزدگی، آثار آن بر روی نما ظاهر نشود. بندکشی درز محاذی لایه نمبند باعث ایجاد پلی برای نفوذ رطوبت از قسمت مرطوب زیر لایه نمبند به بالای دیوار می‌شود، از اینرو از بندکشی این قسمت باید خودداری شود، همچنین برای جلوگیری از نفوذ رطوبت باید از تجمع برف و نخاله‌های ساختمان و نظایر آن در پای دیوار جلوگیری نمود.

مصالح مورد مصرف در لایه نمبند عبارتند از فلزات شامل سرب، مس و ورق فولاد گالوانیزه و مواد قیری و قطرانی و مواد پلاستیکی.

فلزات دارای این مزیت هستند که بار وارده را به خوبی تحمل می‌کنند، ولی بهتر است برای جلوگیری از فساد و خوردگی، آنها را قیراندود نمود. ضخامت ورقه‌های فلزی حدود ۱ تا ۲ میلیمتر انتخاب می‌شود و اتصال آنها به صورت چند پیچه یا لحیم و جوش انجام می‌گیرد.

مواد قیری و قطرانی به تنهایی برای نمبندی دیوارها چندان مناسب نیستند و بهتر است آنها را به همراه منسوجاتی مانند گونی کنفی و مواد پلاستیکی، مقوا، نمدها و نظایر آن مصرف نمود تا لایه نمبند بتواند در برابر نشستهای جزئی ساختمانی مقاومت کند. آسفالت ماستیک تا حدودی نمبند است، ولی در برابر حرکات جزئی اجزای ساختمانی ترک می‌خورد و از محل ترکها رطوبت به بالای دیوار نفوذ می‌کند. اجرای قیرگونی، مشمع، مقوا و گونی قیراندود، همانند عایقکاری کف و بام صورت می‌گیرد. مصرف مواد پلاستیکی برای نمبندی شالوده همانند نمبندی کف است که قبلاً توضیح داده شد، ولی این مواد بهتر است در مکانهای کم بارش و خشک به مصرف برسند. مصرف ملاتی از ماسه کوارتزی و رزین اپوکسی به ضخامت ۶ میلیمتر نیز در پی‌ها می‌تواند موثر واقع شود. دیوارهایی که تحت اثر بارهای افقی قرار می‌گیرند، باید دارای عایقکاری پله‌ای باشند تا از لغزش آنها جلوگیری شود.

#### ۵-۴ عایقکاری رطوبتی دیوار زیرزمین

عایقکاری دیوار زیرزمین باید همانند عایقکاری شالوده ساختمان و به صورت یکپارچه و همراه با آن، انجام شود. چنانچه فاصله زمانی بین اجرای عایق افقی و قائم و دیوارها پیش بیاید، باید به منظور یکپارچه کردن عایق تدابیر لازم اتخاذ گردد.

معمولترین عایقکاری برای دیوار زیرزمینها استفاده از قیر و گونی یا قیر و مشمع یا گونی یا مقوای قیراندود است که باید مانند عایق بام اجرا شود. ترتیب عایقکاری قائم، باید از بالا به پایین باشد و لایه‌های گونی طوری روی هم قرار گیرند که رطوبت نتواند از زمین به داخل دیوار زیرزمین نفوذ کند.

دو روش برای عایقکاری دیوار زیرزمین متداول است: روش اول در مواقعی به کار گرفته می‌شود که عمق زیرزمین، کم و خطر ریزش خاک اطراف زیرزمین وجود نداشته باشد، در این روش ابتدا تیغه محافظ عایق اجرا شده و روی آن ملات ماسه سیمان و عایق قائم، انجام و سپس دیوار اصلی زیرزمین ساخته می‌شود. در روش دوم که مخصوص زمینهای ریزشی و عمقهای زیاد است، ابتدا عایق افقی زیر دیوار زیرزمین را اجرا می‌کنند و پس از دیوارسازی، پشت آن را با ملات ماسه سیمان اندود نموده و بعد از عایقکاری اقدام به ساختن تیغه محافظ عایق می‌کنند. در هر دو روش در تمام مراحل باید سعی شود پیش‌بینیهای لازم برای پیوستگی عایق در قسمتهای افقی و قائم صورت گیرد. محل عبور لوله‌ها و دودکش و سایر مجاری، باید قبلاً در دیوار زیرزمین پیش‌بینی شود، به قسمی که عایق پس از اجرا پاره یا زخمی نشود. لوله‌های آب گرم و شوفاژ و دودکش، نباید مستقیماً در تماس با عایق قیری قرار گیرند، زیرا ممکن است آن را ذوب کرده و کیفیت آن دچار اشکال گردد.

#### ۵-۵ عایقکاری کف آشپزخانه، سرویسهای بهداشتی و فضاهای مشابه

در مکانهایی که احتمال ریزش آب در کف و قسمت پایین دیوارها وجود داشته باشد عایقکاری کف و پای دیوار امری ضروری است. معمولترین عایق که در این موارد به کار می‌رود، قیر و گونی، مشمع، مقوا و گونی قیراندود است که به ذکر آنها اکتفا می‌شود.

نحوه عایقکاری عیناً همانند عایقکاری بام است با این تفاوت که عایقکاری قائم پای دیوارها در این مکانها تا ۱۵ سانتیمتر بالاتر از بالاترین نقطه‌ای که امکان ریزش آب و تجمع آن وجود دارد (مانند لبه وان و زیر دوش) ضروریست. نظر به اینکه تغییرات درجه حرارت در داخل ساختمان از بام آن کمتر است، لذا مصرف قیر ۱۰۰/۱۵ در استاندارد ۲۱۱ ایران مرجح شمرده شده است.

در محل کفشور آشپزخانه و حمام و محل نصب کاسه توالت باید دقت شود که لایه‌های عایق تا داخل لوله فاضلاب امتداد یابد و سپس نسبت به نصب لوازم بهداشتی اقدام گردد. محل کاسه توالت را ابتدا باید با ماسه نرم و کم سیمان اندود کرد و با فشار دادن کاسه توالت بر روی آن سطح ملات را به شکل کاسه توالت درآورد و روی آن را با ماسه سیمان لیسهای اندود نمود. پس از خشک شدن اندود عایقکاری کف انجام خواهد شد.

لازم به یادآوری است که شیببندی کف حمام، آشپزخانه، توالت و فضاهای مشابه به سمت کفشور و کاسه توالت به منظور تخلیه آبهایی که احتمالاً در کف جاری می‌شود، امری ضروری است.

#### ۵-۶ عایقکاری رطوبتی سایر قسمتهای ساختمان

الف: عایقکاری کف پنجره‌ها، درپوش دست‌انداز بام، دودکشها، کف پنجره، درپوش دست‌انداز بام و دیوار حیاط چنانچه در طول کوتاه و به صورت یکپارچه با سنگ، بتن و نظایر آن اجرا شود، معمولاً مشکلی را به وجود نخواهد آورد، ولی در طولهای زیاد که این مصالح نیاز به درز انبساط و انقباض دارند آب از محل درزها نفوذ کرده و علاوه بر یخ زدن مصالح بالای دیوار و خرابی آنها، سبب

زشتی و آلودگی نماسازی نیز می‌شود، از این رو برای جلوگیری از خطرات ناشی از یخزدگی و حفظ زیبایی در این قسمت‌ها، زیر درپوش‌های درزدار یا روی آنها باید عایقکاری شود. چنانچه بخواهیم زیر درپوش‌ها را عایق کنیم، اجرای یک لایه قیر و گونی به روشی که در عایقکاری بام توضیح داده شد، کافیست. برای عایقکاری روی درپوش‌ها بهترین مصالح، فلزاتی مانند مس و فولاد گالوانیزه هستند و بدیهی است در محل درز باید چند پیچه یا لحیم یا جوشکاری شوند. فلزاتی که برای این منظور به کار می‌روند، باید در انتها خمکاری یا فیتیله شوند و به صورت آبچکان در آیند تا آب به راحتی از روی آنها تخلیه شود، بدون اینکه بر روی دیوار ترشح نماید.

**ب: عایقکاری کف و بدنه استخرها و منابع آب**

عایقکاری کف و بدنه استخرها به منظور جلوگیری از گریز آب و هدر رفتن آن انجام می‌شود و در مواقعی لازم است که ارتفاع و در نتیجه فشار آب زیاد باشد. عایقکاری استخرها و منابع آب، بیشتر با مواد قیری، ندرتاً با فلزات و بعضی مواقع با رزین‌های پلیمری نظیر رزین اپوکسی انجام می‌گیرد. روش عایقکاری همانند دیوار زیرزمین و بام می‌باشد. رنگ‌آمیزی بدنه استخر با رنگ ضد آب به عنوان یک اقدام اضافی و احتیاطی مفید است.

**پ: عایقکاری کف پارکینگ در طبقات**

چنانچه کف پارکینگ در طبقات شسته می‌شود، در این صورت عایقکاری آن الزامی است. روش عایقکاری همانند سایر کفها است، فقط باید توجه داشت که لایه‌های عایق در کف پارکینگها زیر فشار بیشتری قرار می‌گیرد و از این رو تعداد لایه‌های بیشتری برای عایقکاری لازم است.

**ت: عایقکاری نماها**

دیوارهای ساختمان که در معرض بوران قرار می‌گیرند، پس از مدتی از سمت داخل ساختمان خیس می‌شوند. از این رو در مناطق بوران‌خیز علاوه بر اتخاذ تدابیری نظیر پیش‌بینی ایوان و پیش‌آمدگی در سمت وزش باد باید قسمت‌هایی از دیوار را که در معرض بوران قرار می‌گیرند، عایقکاری کرد. چنانچه میزان بارندگی کم یا مدت آن کوتاه باشد می‌توان با افزودن قدری آهک در ملات اندود سیمانی نما، آن را تا حدود زیادی آب‌بندی کرد.

در موارد شدیدتر مصرف مواد آب‌بند کننده بتن در ملات اندود، مصرف ملات‌های پلیمری از قبیل ملات‌های رزین اپوکسی (بدون سیمان یا به همراه سیمان) و بالاخره اجرای رنگ‌های ضد آب بر روی نما مفید است و می‌تواند مؤثر واقع شود.

در بعضی کشورهای صنعتی از قطعات چوب و سایر مصالح همانند آنچه که در سقفها مرسوم است، برای ناپوش استفاده می‌شود.

**ث: عایقکاری درزهای انبساط در بام، نما و کف طبقات**

درزهای انبساط باید مطابق نقشه‌های جزئیات اجرا شده و در محل بام، نماهای بوران‌گیر و کف طبقاتی که امکان شستشو یا جریان آب در آنها وجود دارد، کاملاً درزبندی و عایق شوند. عایقکاری رطوبتی درزهای انبساط در بام و کف طبقات با ورقه‌های مسی یا فولادی گالوانیزه و در مواردی با موادی نظیر انواع ماستیک و لاستیک انجام می‌گیرد. بهترین مصالح برای عایقکاری درزهای نما،

ماستیک یا نوارهای لاستیکی است و چنانچه روی آنها با مصالح فلزی پوشانده شود، اطمینان بیشتری برای عدم نفوذ آب به وجود می‌آید.

## ۶ آزمایش عایقکاری

پس از اتمام عایقکاری و قبل از اجرای قشر محافظ روی آن، باید نسبت به آزمایش عایقکاری اقدام نمود. سطوح شیبدار را می‌توان با پاشیدن آب بر روی آنها مشابه یک بارندگی شدید آزمایش کرد. چنانچه نقصی در بامپوش وجود داشته باشد معمولاً در فاصله کوتاهی پس از آبپاشی ظاهر شده و از زیر سقف می‌توان با مشاهده قطرات آب به وجود نقص و محل آن پی برد.

برای آزمایش عایق بامهای تخت و کف سرویسها و نظایر آن باید تمامی آب‌روها و کف‌شورها را موقتاً با مصالحی مانند ورقه‌های پلاستیکی و پارچه کهنه و گل رسی مسدود نمود و روی عایق را به ارتفاع حدود ۵ سانتیمتر از بالاترین نقطه آب بست و به مدت ۲۴ ساعت به همین حال نگاه داشت، چنانچه نقطه ضعیفی در عایق مشاهده نشد، جلو آب را باز و قشر محافظ عایق را اجرا می‌کنند، ولی در صورت بروز نمزدگی در زیر سقف باید محل آن را مطابق دستورالعملهای فصل بیست و چهارم تعمیر کرده و مجدداً آزمایش را تکرار نمود تا نقص عایق برطرف شود.

## ۷ حفظ و مراقبت عایقهای رطوبتی

عایقهای رطوبتی را در حین اجرا و در دوره بهره‌برداری از ساختمان باید از سرمای زیاد (یخزدگی)، گرمای زیاد و اشعه ماوراء بنفش خورشید، اوزون، شعله حریق، صدمات مکانیکی و حرکات سازه‌ای و ساختمانی، صدمات شیمیایی (معدنی و آلی)، ریشه دوانی گیاهان، فشار آب و بخار آب حفظ کرد.

سرمای زیاد باعث ترک خوردگی عایق می‌شود، به ویژه اگر از قیر نامناسب که دارای خاصیت آنگمی مطلوب نیست، استفاده شده باشد. قیر مورد مصرف در عایق مخصوصاً در لایه نهایی، باید مناسب منطقه انتخاب شود.

گرمای زیاد سبب روان شدن قیر می‌شود. در مناطق گرم خصوصاً در لایه نهایی باید قیر مناسبی انتخاب شود که در گرمای زیاد روان نشود. در مناطقی که اختلاف درجه حرارت روز تابستان با شب زمستان زیاد باشد، باید از قیرهای دمیده  $R 90/15$  یا  $R 80/25$  در عایقکاری لایه آخر و از مخلوطی از این قیرها با قیر  $80/100$  یا  $60/70$  یا  $40/50$  استفاده کرد. در صورت دسترسی به قیر معدنی از این قیر نیز می‌توان به جای قیر اکسیده بهره برد. (در مناطقی که گرمای هوا در فصل تابستان در سایه حداکثر به ۵۰ درجه سلسیوس و بیشتر برسد، باید از قیر خالص  $40/50$  استفاده شود، چنانچه حداکثر گرما به ۴۰ درجه برسد، باید از قیر خالص  $60/70$  استفاده گردد و در حالی که حداکثر گرما به ۳۰ درجه برسد، باید قیر خالص  $80/100$  مصرف شود).

تابش مستقیم خورشید که دارای اشعه ماوراء بنفش است، سبب تجزیه مواد قیری و قطرانی و از دست رفتن ویژگیهای مطلوب آنها می‌شود.

اوزون که در لایه‌های بالایی جو وجود دارد باعث حفاظت بسیاری از موجودات و مواد از اشعه ماوراء بنفش می‌شود، ولی وجود آن در نواحی کوهستانی بر اثر رعد و برق یا در شهرها در اثر سوخت ناقص موتورهای درون‌سوز بر قیر اثر نامطلوب دارد و آن را تجزیه می‌کند.

شعله و حریق نیز سبب سوختن مواد قیری و قطرانی شده و باعث خرابی عایق رطوبتی می‌شود، صدمات مکانیکی و حرکات سازه‌ای و ساختمانی نیز در صورتی که جدي باشند، می‌توانند به پارگی قشر عایق منجر شوند.

بسیاری از مواد شیمیایی مانند حلالها و روغنهای معدنی، قیر و قطران را در خود حل می‌کنند، همچنین قلیاهای قوی و اسیدها و گازهای اسیدی باعث خرابی عایق می‌شوند.

ریشه‌دوانی گیاهان نیز علاوه بر فساد عایق، به خاطر جابه‌جایی آن می‌تواند مخاطره‌انگیز باشد، چنانچه فشار آب وارده بر سطح عایق از حدی تجاوز کند (این حد به نوع عایق، ضخامت و تعداد لایه‌های آن بستگی دارد)، می‌تواند منجر به پارگی عایق شود. چنانچه بخار یا جریان آب داغ دائماً روی عایق جاری شود، آن را از آب‌بندی می‌اندازد.

برای محافظت عایق از عوامل یاد شده باید به ترتیب زیر عمل شود:

۱-۷

لایه محافظ در مورد سطوح افقی بام می‌تواند از موزائیک فرش یا حدود ۳ سانتیمتر ماسه آسفالت انتخاب گردد. چون در نواحی گرم و خشک روغنهای موجود در قیر پس از مدت کوتاهی می‌پزند و قشر ماسه آسفالت ترک می‌خورد و به تدریج خرد و از هم متلاشی می‌گردد، بهتر است در این مناطق از پوشش موزائیک به رنگ روشن روی ماسه آسفالت به عنوان یک اقدام احتیاطی و اضافی استفاده گردد. بدیهی است در این صورت ماسه آسفالت را می‌توان به ضخامت ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر اجرا کرد و از ضخامت ملات یا ماسه زیر موزائیک کاست. به هر حال بار مرده ناشی از اجرای هر نوع عایق با قشرهای محافظ آن باید در محاسبات ایستایی منظور گردد.

۲-۷

استفاده از پوشش کاهگل در بام نواحی گرم و خشک مشروط بر اینکه مراقبت مداوم و مستمر در نگهداری آن منظور گردد و آمد و شد زیادی روی آن صورت نگیرد، بلااشکال است.

۳-۷

آجر فرش با ملات گل نیمچه کاه نیز در نواحی گرم و خشک پوشش مطلوبی برای بامهای تخت، شبیدار، قوسی و گنبدها به شمار می‌رود.

۴-۷

در سرویسها، حمام و آشپزخانه، کفپوش و کاشی دیوارپوش نقش محافظ عایقکاری را ایفا می‌کنند.

۵-۷

عایق قائم دست‌انداز بام، دیوار زیرزمین، دیوار شالوده و نظایر آن را با اجرای تیغه آجری به ضخامت ۱۱ سانتیمتر و بیشتر محافظت می‌کنند، در مواردی که فضای کافی برای آجرچینی به ضخامت ۱۱ سانتیمتر وجود نداشته باشد، ممکن است از تیغه ۶ سانتیمتری و یا اندود ماسه سیمان استفاده شود.

۶-۷

در صورتی که عایق قائم با تیغه نازک، اندود سیمانی، کاشی دیواری یا سرامیک (در سرویسها) محافظت شود، برای جلوگیری از ترک‌خوردگی قشر محافظ و جابه‌جایی آن به ویژه هنگام گرما، قبل از پوشش عایق، باید از توری سیمی به عنوان نگهدارنده آن استفاده شود.

۷-۷

فلزات به ویژه مس بهترین محافظ عایق برای بامهای قوسی و گنبدی به شمار می‌روند.

۸-۷

انجام کاشیکاری روی قشر عایق گنبدها، علاوه بر زیبایی، محافظت کافی را برای عایق تأمین می‌کند.

۹-۷

استفاده از شن ریزدانه برای محافظت عایق بامهای تخت که رفت و آمد روی آنها کم است نیز مرسوم می‌باشد، در این صورت باید با نصب توری جلو آبرو ناودانها از ورود دانه‌های شن به داخل لوله ناودان جلوگیری شود.

۱۰-۷

برخی عایق‌های پیش‌ساخته با قشر نازکی از ماسه نرم یا خرده سنگ ریز به رنگ‌های متنوع روشن پوشانده می‌شوند، در این صورت پس از عایق‌کاری بام نیازی به محافظت عایق وجود ندارد.

۱۱-۷

چنانچه عایق بام با رنگ‌های مخصوص منعکس کننده نور و گرما پوشانده شود، در این حالت نیز اجرای قشر محافظ اضافی روی آن لازم نیست.

۱۲-۷

برای جلوگیری از سوراخ شدن عایق باید از بارگذاری زیاد روی آن خودداری شود. از وارد شدن ضربه به آن جلوگیری گردد و ماسه تیز گوشه در ملات مجاور آن مصرف نگردد.

۱۳-۷

باید از ریخته شدن مواد شیمیایی مضر به ویژه روغن‌ها و چربی‌ها و حلال‌ها بر روی عایق، جلوگیری به عمل آید. همچنین اجتناب از تماس ملاتهای آهکی با عایق ضرورت دارد، زیرا در صورت تماس، گونی عایق می‌پوسد و پاره می‌شود.

۱۴-۷

در مناطق مرطوب که امکان رویش گیاهان و رشد خز و مانند اینها وجود دارد، باید از سموم علف‌کش که در فرمولاسیون آنها مواد مضر برای عایق و پوشش آن وجود نداشته باشد، به منظور جلوگیری از رویش و رشد گیاهان استفاده شود.

## ۸ حفظ و مراقبت عایق‌های رطوبتی

عایق‌های رطوبتی را در حین اجرا و در دوره بهره‌برداری از ساختمان باید از سرمای زیاد (یخزدگی)، گرمای زیاد و اشعه ماوراء بنفش خورشید، اوزون، شعله حریق، صدمات مکانیکی و حرکات سازه‌ای و ساختمانی، صدمات شیمیایی (معدنی و آلی)، ریشه دوانی گیاهان، فشار آب و بخار آب حفظ کرد.

سرمای زیاد باعث ترک خوردگی عایق می‌شود، به ویژه اگر از قیر نامناسب که دارای خاصیت آنگمی مطلوب نیست، استفاده شده باشد. قیر مورد مصرف در عایق مخصوصاً در لایه نهایی، باید مناسب منطقه انتخاب شود.

گرمای زیاد سبب روان شدن قیر می‌شود. در مناطق گرم خصوصاً در لایه نهایی باید قیر مناسبی انتخاب شود که در گرمای زیاد روان نشود. در مناطقی که اختلاف درجه حرارت روز تابستان با شب زمستان زیاد باشد، باید از قیرهای دمیده  $R 90/15$  یا  $R 80/25$  در عایق‌کاری لایه آخر و از مخلوطی از این قیرها با قیر  $80/100$  یا  $60/70$  یا  $40/50$  استفاده کرد. در صورت دسترسی به قیر معدنی از این قیر نیز می‌توان به جای قیر اکسیده بهره برد. (در مناطقی که گرمای هوا در فصل تابستان در سایه حداکثر به  $50$  درجه سلسیوس و بیشتر برسد، باید از قیر خالص  $40/50$  استفاده شود، چنانچه حداکثر گرما به  $40$  درجه برسد، باید از قیر خالص  $60/70$  استفاده گردد و در حالی که حداکثر گرما به  $30$  درجه برسد، باید قیر خالص  $80/100$  مصرف شود).

تابش مستقیم خورشید که دارای اشعه ماوراء بنفش است، سبب تجزیه مواد قیری و قطرانی و از دست رفتن ویژگی‌های مطلوب آنها می‌شود.

اوزون که در لایه‌های بالای جو وجود دارد باعث حفاظت بسیاری از موجودات و مواد از اشعه ماوراء بنفش می‌شود، ولی وجود آن در نواحی کوهستانی بر اثر رعد و برق یا در شهرها در اثر سوخت ناقص موتورهای درون‌سوز بر قیر اثر نامطلوب دارد و آن را تجزیه می‌کند.

شعله و حریق نیز سبب سوختن مواد قیری و قطرانی شده و باعث خرابی عایق رطوبتی می‌شود، صدمات مکانیکی و حرکات سازه‌ای و ساختمانی نیز در صورتی که جدی باشند، می‌توانند به پارگی قشر عایق منجر شوند.

بسیاری از مواد شیمیایی مانند حلالها و روغنهای معدنی، قیر و قطران را در خود حل می‌کنند، همچنین قلیاهای قوی و اسیدها و گازهای اسیدی باعث خرابی عایق می‌شوند.

ریشه‌دوانی گیاهان نیز علاوه بر فساد عایق، به خاطر جابه‌جایی آن می‌تواند مخاطره‌انگیز باشد، چنانچه فشار آب وارده بر سطح عایق از حدی تجاوز کند (این حد به نوع عایق، ضخامت و تعداد لایه‌های آن بستگی دارد)، می‌تواند منجر به پارگی عایق شود. چنانچه بخار یا جریان آب داغ دائماً روی عایق جاری شود، آن را از آب‌بندی می‌اندازد.

برای محافظت عایق از عوامل یاد شده باید به ترتیب زیر عمل شود:

۱-۸

لایه محافظ در مورد سطوح افقی بام می‌تواند از موزائیک فرش یا حدود ۳ سانتیمتر ماسه آسفالت انتخاب گردد. چون در نواحی گرم و خشک روغنهای موجود در قیر پس از مدت کوتاهی می‌پزند و قشر ماسه آسفالت ترک می‌خورد و به تدریج خرد و از هم متلاشی می‌گردد، بهتر است در این مناطق از پوشش موزائیک به رنگ روشن روی ماسه آسفالت به عنوان یک اقدام احتیاطی و اضافی استفاده گردد. بدیهی است در این صورت ماسه آسفالت را می‌توان به ضخامت ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر اجرا کرد و از ضخامت ملات یا ماسه زیر موزائیک کاست. به هر حال بار مرده ناشی از اجرای هر نوع عایق با قشرهای محافظ آن باید در محاسبات ایستایی منظور گردد.

۲-۸

استفاده از پوشش کاهگل در بام نواحی گرم و خشک مشروط بر اینکه مراقبت مداوم و مستمر در نگهداری آن منظور گردد و آمد و شد زیادی روی آن صورت نگیرد، بلاشکال است.

۳-۸

آجر فرش با ملات گل نیمچه کاه نیز در نواحی گرم و خشک پوشش مطلوبی برای بامهای تخت، شبیدار، قوسی و گنبدها به شمار می‌رود.

۴-۸

در سرویسها، حمام و آشپزخانه، کفپوش و کاشی دیوارپوش نقش محافظ عایقکاری را ایفا می‌کنند.



۵-۸

عایق قائم دست‌انداز بام، دیوار زیرزمین، دیوار شالوده و نظایر آن را با اجرای تیغه آجری به ضخامت ۱۱ سانتیمتر و بیشتر محافظت می‌کنند، در مواردی که فضای کافی برای آجرچینی به ضخامت ۱۱ سانتیمتر وجود نداشته باشد، ممکن است از تیغه ۶ سانتیمتری و یا اندود ماسه سیمان استفاده شود.

۶-۸

در صورتی که عایق قائم با تیغه نازک، اندود سیمانی، کاشی دیواری یا سرامیک (در سرویسها) محافظت شود، برای جلوگیری از ترک‌خوردگی قشر محافظ و جابه‌جایی آن به ویژه هنگام گرما، قبل از پوشش عایق، باید از توری سیمی به عنوان نگهدارنده آن استفاده شود.

۷-۸

فلزات به ویژه مس بهترین محافظ عایق برای بامهای قوسی و گنبدی به شمار می‌روند.

۸-۸

انجام کاشیکاری روی قشر عایق گنبدها، علاوه بر زیبایی، محافظت کافی را برای عایق تأمین می‌کند.

۹-۸

استفاده از شن ریزدانه برای محافظت عایق بامهای تخت که رفت و آمد روی آنها کم است نیز مرسوم می‌باشد، در این صورت باید با نصب توری جلو آبرو ناودانها از ورود دانه‌های شن به داخل لوله ناودان جلوگیری شود.

۱۰-۸

برخی عایق‌های پیش‌ساخته با قشر نازکی از ماسه نرم یا خرده سنگ ریز به رنگ‌های متنوع روشن پوشانده می‌شوند، در این صورت پس از عایق‌کاری بام نیازی به محافظت عایق وجود ندارد.

۱۱-۸

چنانچه عایق بام با رنگ‌های مخصوص منعکس کننده نور و گرما پوشانده شود، در این حالت نیز اجرای قشر محافظ اضافی روی آن لازم نیست.

۱۲-۸

برای جلوگیری از سوراخ شدن عایق باید از بارگذاری زیاد روی آن خودداری شود. از وارد شدن ضربه به آن جلوگیری گردد و ماسه نیز گوشه در ملات مجاور آن مصرف نگردد.

۱۳-۸

باید از ریخته شدن مواد شیمیایی مضر به ویژه روغن‌ها و چربی‌ها و حلال‌ها بر روی عایق، جلوگیری به عمل آید. همچنین اجتناب از تماس ملاتهای آهکی با عایق ضرورت دارد، زیرا در صورت تماس، گونی عایق می‌پوسد و پاره می‌شود.

۸-۱۴

در مناطق مرطوب که امکان رویش گیاهان و رشد خزه و مانند اینها وجود دارد، باید از سموم علف‌کش که در فرمولاسیون آنها مواد مضر برای عایق و پوشش آن وجود نداشته باشد، به منظور جلوگیری از رویش و رشد گیاهان استفاده شود.

## ۹ تخریب و اصلاح عایقکاری

به طور کلی ترمیم عایقکاری در ساختمان بخش وسیعی از کارهای تعمیراتی را شامل می‌گردد. مختصراً به شرح مواردی از آن مبادرت می‌شود.

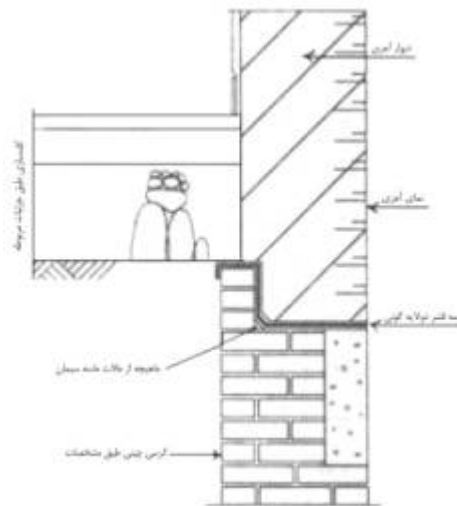
۹-۱ عایقکاری دیوارهای داخلی ساختمان که در حین ساخت از اجرای عایقکاری روی پی خودداری شده.

چنانچه دیوار ساختمانی فاقد عایقکاری باشد، طبعاً رطوبت از سطح پی و کرسی‌چینی به مرور زمان به طرف بالا کشیده می‌شود و مشکلات اساسی را ظاهر می‌نماید. اشکالات مهم در مورد این دیوارها، شوره زدن، پوسته کردن، ورقه شدن و بالاخره طبله کردن گچکاری دیوار است. چنین محوطه‌ای چنانچه مسکونی باشد عوارض گوناگونی برای ساکنین آن به وجود می‌آورد و اگر از محوطه یاد شده، مثلاً به صورت انبار کالا استفاده شود، نیز به احتمال زیاد موجبات خرابی اجناس انبار شده را فراهم می‌آورد. در چنین مواردی برای ترمیم عایقکاری انجام اقدامات زیر ضروری است. ابتدا در سرتاسر طول دیوار کانالی که عمق آن تا روی پی و عرض آن بسته به میزان عمق، ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر باشد، ایجاد می‌نمایند، سپس طول دیوار را بسته به نوع ملات آن به قطعات ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر تقسیم می‌کنند و پس از شماره‌گذاری، ابتدا در قسمت ۱ با قلم و چکش، کلیه آجرهای نم زده و پوسته شده را با احتیاط کامل از محل خود خارج می‌سازند و پس از تمیزکاری اقدام به ساخت مجدد دیوار با ملات ماسه و سیمان می‌نمایند. پس از رسیدن تراز آجرچینی که کف ساختمان روی آن را صاف و سپس با ملات ماسه و سیمان روی آجرکاری را اندود می‌کنند، پس از خشک شدن اندود با سه لایه قیر و دو لایه گونی ممتاز روی دیوار را عایق، و رج اول روی قیر و گونی را با ملات ماسه و سیمان و آجر می‌چینند و ادامه آن را تا انتهای قسمت خالی شده با استفاده از ملات گچ زنده آجر چینی می‌کنند. علت انتخاب ملات گچ زنده آن است که ملات یاد شده در موقع خودگیری به میزان (۱٪) تا (۱/۵٪) ازدیاد حجم پیدا نموده و محل خالی شده را بهتر و محکم‌تر پر می‌کنند. پس از اتمام کار این قسمت عملیات مشابه را در قسمتهای ۳ و ۵ و ۷ و ... انجام داده و پس از آن اقدام به انجام عملیات ترمیم عایقکاری در قسمتهای ۲ و ۴ و ۶ و ... می‌کنند. ذکر این نکته ضروری

است که قیر و گونی قسمتهای زوج باید حدود ۱۰ سانتیمتر با قیر و گونی قسمتهای فرد همپوشانی داشته باشد، همچنین هنگام آجرچینی، باید ترتیبی داد که آجرچینی قسمتهای فرد و زوج به نحو رضایتبخشی به یکدیگر قفل و بست شوند.

۹-۲ عایقکاری دیوارهای خارجی که در حین ساخت از اجرای عایقکاری روی پی آن خودداری شده.

اگر بخواهند عایقکاری شرح داده شده در بند ۲۴-۲-۶-۱ را در مورد دیوارهای خارجی اجرا کنند، روش کار تفاوت چندانی با مورد قبل ندارد. فقط باید در نظر داشت که پس از برداشتن آجرهای خیس و مرطوب، اختلاف ارتفاع کف گذرگاه و یا محوطه و کف ساختمان به صورت یک سکو ظاهر می‌شود. در این حالت باید پس از آجرچینی روی پی تا کف محوطه، برای جلوگیری از ریزش خاک سکو، در جلوی آن یک دیوار ۱۱ سانتیمتری ایجاد نمود و پس از اندود ماسه سیمان روی دیوار ۱۱ سانتیمتری و آجرچینی روی پی، اقدام به ایجاد سه لایه قیر و دو لایه گونی روی اندود ماسه سیمان و سپس اتمام آجرکاری دیوار تخریب شده نمود.



۹-۳ عایقکاری دیوارهای کم اهمیت فاقد عایقکاری

اگر بخشی از ساختمان مانند دیوار بعضی از انبارها دارای اهمیت زیادی نباشد، ابتدا گچ و اندود زیر آن را از کف انبار تا ۲۰ سانتیمتر بالاتر از حد رطوبت می‌تراشند، روی قسمت تراشیده شده را پس از تمیزکاری اندود ماسه و سیمان می‌کنند و پس از انجام سه لایه قیر و دو لایه گونی و بستن رابیتیس، روی آن را با اندود دلخواه می‌پوشانند. باید توجه داشت که در این حالت سطح داخل انبار چنانچه در موقع ساخت بلوک‌ها شده باشد، خشک خواهد ماند، ولی نفوذ رطوبت در داخل دیوار ادامه خواهد داشت.

۹-۴ ترمیم عایق پشت‌بام و سرویسها

به طور کلی عایق کفها به علل گوناگون احتیاج به ترمیم پیدا می‌کند که مهمترین آنها عبارتند از:

- فرسودگی قیراندود روی پشت‌بام و آسفالت آن به علت تماس با هوای آزاد، تأثیرات جوی، استفاده مداوم، بارانهای شدید و بخصوص آفتاب داغ.

- شکستن اندود قیر در اثر ضربه زدن به هر شکل به ویژه در هوای سرد.

- استفاده از قیر نامناسب هنگام عایقکاری اولیه ساختمان، مثلاً استفاده از قیر ۸۵/۲۵ به جای قیر ۹۰/۱۵ در مناطق گرمسیر، عدم رعایت نسبت اختلاط صحیح انواع مختلف قیرها، بیشتر یا کمتر از اندازه لازم حرارت دادن قیر هنگام عایقکاری که در این حالت عمر عایق کوتاه می‌شود.

- نشستهای احتمالی ساختمان که به نوبه خود می‌تواند باعث باز شدن و در نتیجه عدم کارایی لایه‌های عایق گردد.

- دستکاریهای ناآگاهانه در سقف ساختمان مثلاً وصل جار، بادبزن یا اشیای مشابه به سقف که می‌تواند صدمه جدی به عایق کف فوقانی وارد نماید.

## عایق حرارتی

### ۱ کلیات

آیین‌نامه‌ها و مقررات ساختمانی هر کشور از جمله ایران، تأمین شرایط آسایش حرارتی در فضاهای گوناگون زیست و کار را به صورت اجباری و اختیاری مقرر داشته‌اند.

درجه حرارت فضای داخلی ساختمان از عوامل مهم در تأمین آسایش حرارتی است. از آنجا که درجه حرارت محیط خارج ساختمان در فصول مختلف سال و ساعات شبانه‌روز دائماً در تغییر است و بین فضاهای داخلی و محیط خارج تبادل حرارتی از راه‌های گوناگون صورت می‌گیرد، فضای داخلی کم و بیش تحت تأثیر تغییرات درجه حرارت محیط قرار می‌گیرد. برای ثابت نگه داشتن درجه حرارت داخل ساختمان در دامنه تغییرات مجاز، در فصول سرد به گرمایش و در اوقات گرم به سرمایش نیاز است.

گرمایش و سرمایش، هرکدام به نوعی مستلزم مصرف انرژی هستند که علاوه بر از دست رفتن ذخایر تجدید نشدنی انرژی، سبب آلودگی محیط زیست می‌شوند. به این ترتیب نقش عایقکاری حرارتی ساختمانها در جهان امروز که در آن توجه فوق‌العاده‌ای به حفظ منابع انرژی و کاهش آلودگی محیط می‌شود، روشن می‌گردد.

تبادل گرما از راه هدایت به وسیله پوسته خارجی ساختمان و از طریق تهویه انجام می‌گیرد. در این نوشته از نحوه عایقکاری حرارتی و جلوگیری از نشست هوا از درزها و ترکهای پوسته ساختمان بحث می‌شود. عایقکاری حرارتی تأسیسات گرمایش و سرمایش ساختمان در فصول و بخشهای مربوط به تأسیسات توضیح داده شده‌اند.

### ۲ مصالح عایق حرارتی

به همراه پیدایش مصالح ساختمانی جدید که نسبت به مصالح قدیمی مقاوم‌ترند، ابعاد اعضای ساختمانی از جمله ضخامت جدار خارجی ساختمانها (یعنی دیوارها، سقفها و کفها یا پوسته

ساختمان) به حداقل کاهش پیدا کرده‌اند. به دنبال این کاهش گریز گرما از پوسته خارجی آسان‌تر صورت می‌گیرد.

در کشورهای صنعتی که تولید انرژی و گرما گران تمام می‌شود با تعبیه عایق حرارتی در پوسته ساختمانها مقاومت حرارتی آنها را به میزان قابل توجهی افزایش داده‌اند، ولی در کشور ما به دلیل ارزانی سوخت و وجود منابع سرشار نفت و گاز، مسئله عایقکاری حرارتی ساختمانها از نظر دور مانده است. عایقکاری حرارتی ساختمانها در اقلیمهای گرم نیز سبب کاهش بار تبرید و در نتیجه کاهش مصرف برق در فصول گرم خواهد شد. تقلیل سرمایه‌گذاری در تأسیسات تهویه و شوفاژ، جلوگیری از تعریق بخار در سطح داخلی پوسته ساختمانها در نواحی مرطوب و سالمسازي محیط زیست از دیگر نتایج عایقکاری حرارتی است. ذکر این نکته نیز ضروری است که استفاده از انرژی خورشید برای گرمایش در فصول سرد نیز مستلزم عایقکاری حرارتی است و بدون آن عملی نمی‌باشد.

میزان صرفه‌جویی در انرژی و کاهش آلودگی محیط و تقلیل سرمایه‌گذاری در تأسیسات حرارتی و بروی ساختمان بستگی به شرایط اقلیمی منطقه و کیفیت عایق بودن ساختمان دارد. در برخی کشورهای صنعتی با اعمال روشهای نو در عایقکاری حرارتی ساختمانها به نتایج شگفت‌انگیزی رسیده‌اند. احداث خانه‌هایی با تکنیک سوپر عایق در کشورهای صنعتی سردسیر، علیرغم تنزل درجه حرارت محیط به حدود ۳۰- درجه سلسیوس، سبب شده است که مقدار انرژی و سوخت در آنها به حدود ثلث آنچه در نواحی معتدل کشور ما مصرف می‌شود، برسد.

علاوه بر هدایت حرارت از میان پوسته خارجی ساختمان یعنی سقفها، دیوارهای خارجی، در و پنجره‌ها و بالاخره کف طبقه زیرین ساختمان اعم از اینکه روی زمین چسبیده و یا معلق باشد، راه دیگر تبادل گرما باز و بسته کردن در و پنجره‌ها و عمل تهویه است.

### ۳- شناخت ضرایب متداول در عایقکاری حرارتی

#### ۳-۱ ضریب هدایت حرارتی

ضریب هدایت حرارتی یا  $K$  مقدار توان حرارتی از دست رفته بر حسب وات از میان یک متر مربع سطح و یک متر ضخامت هر نوع مصالح است. مشروط بر اینکه اختلاف درجه حرارت دو طرف آن

یک درجه سلسیوس باشد. واحد ضریب هدایت حرارتی مصالح  $\frac{W \times m}{m^2 \times C} = W / m^2 \times C$  می‌باشد.

ضریب  $K$  با وزن فضایی، تخلخل و مقدار درصد رطوبت محتوی مصالح متغیر است.

#### ۳-۲ ضریب مقاومت حرارتی

ضریب مقاومت حرارتی عکس ضریب هدایت حرارتی است و برای سادگی در محاسبات بسیاری از

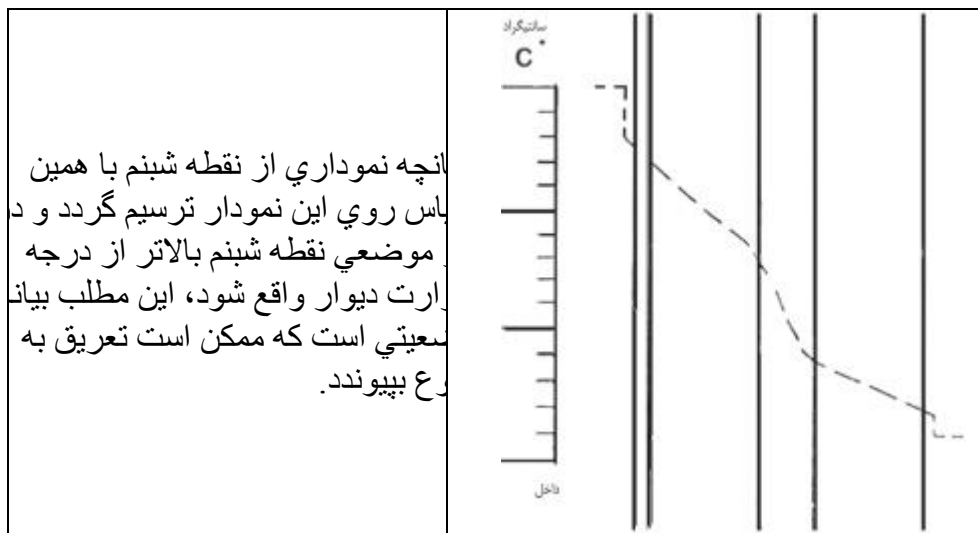
اوقات به جای  $K$  از  $(\frac{1}{K})$  استفاده می‌کنند و واحد آن  $m^2 \times C / W$  می‌باشد.

#### ۳-۳ مقاومت حرارتی

مقاومت حرارتی یا  $R$  مقدار مقاومت در مقابل جریان حرارت در یک نوع مصالح یا ترکیبی از آنها با ضخامت معین می‌باشد. مقاومت حرارتی هر نوع مصالح با ضخامت معین از ضرب کردن ضریب  $\frac{1}{K}$  در ضخامت آن به دست می‌آید و واحد آن  $m^2 \cdot ^\circ C / W$  است. هرگاه ترکیبی از چند نوع مصالح داشته باشیم که به صورت لایه‌های موازی روی هم قرار گرفته باشند، مثلاً دیواری آجری با اندودهای داخلی و خارجی آن، کل مقاومت این دیوار معادل مجموع مقاومت‌های آجری و اندودهای طرفین آن خواهد بود.

### ۳-۴ میزان انتقال حرارت

ضرایب  $(K)$  و  $(\frac{1}{K})$  و  $(R)$ ، هر سه بستگی به درجه حرارت سطح مصالح دارد که اندازه‌گیری آن بسیار دشوار است، ولی درجه حرارت محیط داخلی و خارجی را به آسانی می‌توان اندازه گرفت. در فصول سرد، گرمای فضای داخل ساختمان نخست به سطح پوسته خارجی آن وارد شده و سپس از میان جدار عبور کرده و از سطح خارجی پوسته به محیط خارج تغییر مکان می‌دهد. (شکل)



شکل نمودار افت نسبی گرما

به طوری که ملاحظه می‌شود علاوه بر قسمت‌های مختلف پوسته، سطوح داخلی و خارجی آن نیز در برابر عبور گرما مقاومت می‌کنند. در انتقال حرارت  $U$ ، این مقاومت‌های سطحی نیز به حساب آمده‌اند.  $U$ ، میزان گرمایی است که از میان واحد سطح پوسته ساختمان عبور می‌کند، به شرطی که اختلاف درجه حرارت بین محیط داخل و خارج ساختمان یک درجه سلسیوس باشد و واحد آن  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  است. برای مجموعه‌ای از مصالح، این مقدار عبور گرما از هوا به هوا برابر عکس مجموع

مقاومت حرارتی مصالح و مقاومت سطحی آنها در جهت جریان گرما می‌باشد. مقادیر  $V$  برای مقایسه پوسته‌های مختلف می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

مقاومت سطوح داخلی دیوارها، کفها و سقفها در برابر عبور گرما تقریباً مقادیری ثابت هستند، ولی مقاومت سطوح خارجی دیوارها و بامها متغیر بوده و بستگی به عواملی مانند نوع مصالح، ارتفاع طبقه و محل وقوع ساختمان در محیطهای مختلف دارد.

وجود حفره در پوسته به عرض حدود ۲۰ تا ۵۰ میلیمتر، مقاومت حرارتی آن را افزایش می‌دهد. آسترکاری یک طرف حفره در دیوار توخالی با لایه‌ای منعکس کننده، مانند ورق نازک آلومینیومی، به مقدار قابل توجهی مقاومت حرارتی را بالا می‌برد.

#### ۴ میزان عایقکاری

میزان عایقکاری در اقلیمهای مختلف متغیر بوده و بستگی به درجه حرارت محیط خارج ساختمان دارد. در مناطق سردسیر حداقل درجه حرارت در زمستان و در مناطق گرمسیر حداکثر درجه حرارت در تابستان، تعیین کننده میزان عایقکاری هستند. مقادیر  $V$  که در طراحی و محاسبات حرارتی ساختمانها در کشورهای صنعتی منظور می‌گردد، در کدهای ساختمانی هر کشور برای سقفها، دیوارها و کفها تعیین شده و در برخی از کشورها رعایت این مقادیر برای سازندگان اجباری است.

بدیهی است کاهش مقادیر ( $V$ ) صرف هزینه‌های بیشتری را ایجاب می‌نماید، ولی ارتباط بین این دو رابطه‌ای خطی نیست، بلکه در برخی موارد می‌توان در قبال تحمل مخارجی جزئی، به عایق برتر یعنی  $V$  کمتر و صرفه‌جویی زیادتر در مصرف انرژی دست یافت. در برخی تکنیکهای پیشرفته، صرفه‌جویی در انرژی سالیانه را معادل هزینه اضافی عایقکاری ذکر کرده‌اند.

#### ۵ مصالح عایق حرارتی و سیستمهای عایقکاری

مصالح عایق حرارتی عموماً از مواد سبک ساخته می‌شوند. همچنین عایقکاری حرارتی ممکن است به وسیله ایجاد فاصله هوایی (حفره) بین دو جدار یک عضو ساختمانی تأمین گردد.

مصالح عمده‌ای که برای جلوگیری از گریز گرما به مصرف می‌رسند، به نام عایق حرارتی شناخته شده‌اند و به صورتهای: مصالح انباشته به صورت آزاد/عایقهای پتویی/به شکل توپ یا قطعه/تخته‌های عایق/تاوه‌ها یا بلوکهای عایق/عایقهای منعکس کننده/عایقهای پاشیدنی/کفهای تزیینی درجا، عایقهای موجود دارند.

جنس مصالح مصرفی در ساخت این عایقها به شرح زیر می‌باشند:

۵-۱ عایقهای انباشته به صورت آزاد

عایق‌های انباشته به صورت آزاد یا فله به دو صورت رشته‌ها (یا تارها) و دانه‌های سبک وجود دارند. رشته‌ها شامل پشم سنگ، پشم شیشه، پشم سرپاره یا الیاف گیاهی (که معمولاً پشم چوب است) می‌باشند. دانه‌ها از مواد معدنی منبسط شده مانند پرلایت، ورمیکولیت، خاک رس و نظایر آن یا از مواد گیاهی مانند خرده‌های چوب‌پنبه تهیه می‌شوند.

#### ۵-۲ عایق‌های پتویی

این عایق‌ها از پشم سنگ، پشم شیشه، پشم سرپاره، پشم چوب، پنبه، پشم حیوانات در ضخامت‌های متفاوت تا ۱۰۰ میلیمتر، تهیه و به عرض‌های مختلف بریده می‌شوند و گاهی دارای پوششی از ورقه آلومینیوم یا کاغذ صنعتی (کرافت) هستند.

#### ۵-۳ عایق‌های قطعه‌ای

عایق‌های قطعه‌ای، در اصل مشابه عایق‌های پتویی هستند، ولی طولشان محدودتر، و معمولاً در حدود ۱/۲۰ متر و کمتر، و ضخامتشان تا ۱۸۰ میلیمتر می‌رسد. برخی از آنها دارای پوشش کاغذی هستند که در لبه‌ها به صورت باریکه‌ای روی قطعات را پوشانده و نصب آنها در قاب را سهل‌تر می‌سازد.

#### ۵-۴ تخته‌های عایق

تخته‌های عایق از مصالح گوناگونی مانند نی، چوب و پشم سنگ ساخته می‌شوند. تخته‌های عایق برای منظوره‌های مختلفی از قبیل پوشش بیرونی و درونی دیوارها و عایق سقف‌ها به کار می‌روند.

#### ۵-۵ تاوله‌ها یا بلوک‌های عایق

تاوه‌ها یا بلوک‌های عایق به صورت قطعات صلب ساخته می‌شوند و ابعاد آنها تا حدودی از عایق‌های قطعه‌ای کمتر است. گاهی اوقات تاوه‌ها ممکن است برای استحکام بیشتر به صورت دو لایه و بیشتر به هم چسبانده شوند.

تاوه‌ها از مصالحی چون چوب‌پنبه، خرده چوب و سیمان، پشم سنگ با یک ماده چسباننده، ورمیکولیت با قیر، کف شیشه، بتن متخلخل (کفی یا گازی)، پلاستیک‌های متخلخل، لاستیک سخت متخلخل، بتن سبک دانه از انواع پرلیتی، ورمیکولیتی یا پوکه رسی ساخته می‌شوند.

#### ۵-۶ عایق‌های منعکس کننده

عایق‌های منعکس کننده از سطوح فلزی و نظایر آن ساخته می‌شوند و ممکن است بدون پشت‌بند یا با پشت‌بند به کار روند. میزان گرم‌بندی عایق‌های منعکس کننده بر خلاف سایر عایق‌ها، به ویژگی‌های سطحی عایق، فاصله هوایی و اختلاف درجه حرارت بستگی دارد. در مورد عایق‌های منعکس کننده، نکته مهم این است که فاصله هوایی حداقل ۲۰ میلیمتر رعایت شود. این عایق‌ها چنانچه به نحو شایسته‌ای نصب شوند، می‌توانند به عنوان لایه بخاربندی نیز به کار روند.



## ۵-۷ عایق‌های پاشیدنی

عایق‌های پاشیدنی از مخلوط کردن تارها یا مصالح متخلخل با یک چسب، ساخته شده و بر روی سطوح مورد نظر پاشیده می‌شوند و در نقاطی از ساختمان به کار می‌روند که شکل یا وضع قرار گرفتن اجزای ساختمانی، استفاده از آنها را ایجاب می‌نماید. معمول‌ترین مصالح مخلوط‌هایی از آزبست، پرلیت، ورمیکولیت یا پوکه رسی با دوغاب سیمان و در برخی موارد با دوغاب گچ است. کف پلی‌اورتان نیز ممکن است بعضی اوقات در چند مرحله پاشیده شود.

## ۵-۸ عایق‌های کفی تزریقی درجا

عایق‌های کفی تزریقی درجا یا توده‌های متخلخل، از رزین‌های مایع مصنوعی ساخته می‌شوند. دو جزء تشکیل دهنده عایق، هنگام مخلوط شدن، کفی تولید می‌کنند که پس از مدتی سخت شده و فضای تزریق شده را در بر می‌گیرند.

## ۵-۹ عایق‌های موجدار

عایق‌های موجدار از کاغذ ساخته می‌شوند که به صورت موجدار در آورده شده و در چند لایه به هم چسبانده می‌شوند. برخی از انواع این عایق با یک لایه چسب که بر روی آنها پاشیده می‌شود، دارای استحکام بیشتری می‌شوند. در حالی که در انواع دیگر با یک ورقه پوشانده می‌شوند و دارای ویژگی گرمابندی بهتری هستند.

در طراحی جزئیات عایق‌کاری ترجیحاً باید از مصالحی استفاده شود که می‌توان آنها را به راحتی و در داخل کشور تهیه نمود.

مقاومت حرارتی مصالح به کار رفته در پوسته ساختمان، بستگی به ضخامت، میزان رطوبت محتوی و وزن مخصوصشان دارد. در مناطق مرطوب عایق‌ها را باید بخاربندی کرد.

مقاومت حرارتی برخی از مصالح متداول، در جدول آمده است. جز آجر و بتن (اعم از سنگین یا سبک)، سایر مصالح منحصراً باید در اقلیم‌های خشک به کار رفته و در نتیجه مقاومت حرارتی آنها، باید معادل شرایط خشک به حساب آید. جدول مقاومت حرارتی برخی از مصالح ساختمانی

| مصلح                            | ضخامت<br>(میلی‌متر) | وزن مخصوص<br>(متر مکعب/کیلوگرم) | مقاومت حرارتی<br>(وات/درجه متر مربع) |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| عایق سیمان و پنبه کوهی          | ۵                   | ۱۶۰۰                            | ۰/۰۱۳                                |
| آسفالت بام                      | ۲۰                  | ۲۲۵۰                            | ۰/۰۱۷                                |
| قیر و گونی                      | ۱۰                  | ۱۱۰۰                            | ۰/۰۵                                 |
| آجرکاری با ۵٪ رطوبت             | ۱۰۵                 | ۱۷۰۰                            | ۰/۱۲۵                                |
| آجر توخالی ۴ سوراخه با ۳٪ رطوبت | ۱۰۰                 | ۱۷۰۰                            | ۰/۱۷                                 |
| بلوک بتنی هوادار با ۳٪ رطوبت    | ۱۰۰                 | ۷۵۰                             | ۰/۴۵                                 |
| بلوک توخالی بتنی با ۳٪ رطوبت    | ۲۰۰                 | ۲۱۰۰                            | ۰/۱۸                                 |

|             |         |     |   |
|-------------|---------|-----|---|
| ۰/۱۲        | ۲۱۰۰    | ۱۵۰ | تاوه بتنی با ۳٪ رطوبت                             |
| ۰/۳۳        | ۱۳۰     | ۱۳  | تخته از چوب پنبه                                  |
| ۰/۳۷        | ۱۵      | ۱۳  | پلی استایرین منبسط                                |
| ۰/۵۷        | ۳۰      | ۱۳  | پلی یورتان منبسط                                  |
| ۰/۱۵        | ۷۰۰     | ۱۲  | تخته های فیبری متوسط                              |
| ۱/۵۶        | ۳۰      | ۵۰  | کف فرم آلومینیم اوره                              |
| ۰/۰۰۳       | ۲۵۰۰    | ۳   | شیشه تکی  |
| ۰/۱۱        | ۱۳۳۰    | ۱۱  | شیشه مضاعف با ۵ میلی متر فاصله هوایی، درزبندی شده |
| ۰/۶۴ - ۰/۷۵ | ۱۲ - ۴۸ | ۲۵  | پشم شیشه یا معدنی یا سنگ به صورت کرک یا پتو       |
| ۰/۶۹ - ۰/۷۸ | ۱۶ - ۴۸ | ۲۵  | فیبر معدنی به صورت لوحه                           |
| ۰/۰۱        | ۱۳۰۰    | ۵   | اندود گچی   |
| ۰/۵۰        | ۲۲۰     | ۱۶  | بامپوش گلاس فایبر با چسباننده رزینی               |
| ۰/۴۵        | ۳۸۰     | ۵۰  | لوحه از ساقه گندم فشرده                           |
| ۰/۲۰        | ۶۱۰     | ۲۵  | چوب و چوب سفید                                    |
| ۰/۶۳        | ۴۰۰     | ۵۰  | لوحه ساختمانی از خرده چوب                         |

## ۶ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

مواد و مصالح عایق حرارتی، باید از نظر شکل ظاهری یکنواخت و بدون عیب و عاری از موادی باشد که در اثر عوامل جوی و هوازگی خراب شوند یا مورد حمله حشرات و میکروارگانیسمها قرار گیرند و به استحکام و کیفیت آنها لطمه وارد شود.

تاب فشاری، برشی، کششی، وزن ویژه، جذب آب، تخلخل، قابلیت هدایت حرارتی، پایداری در برابر هوازگی، بخار آب، حمله موجودات زنده و قابلیت حمل مصالح عایق حرارتی که در معرض عوامل گوناگون قرار می گیرند، باید با استانداردهای مربوطه تطابق نماید. در مناطق مرطوب حتی المقدور، باید از عایقهایی استفاده شود که جذب آب آنها کم باشد و در غیر این صورت باید با لایه های بخار بند به نحو مقتضی از نفوذ رطوبت به آنها جلوگیری نمود، زیرا عایق مرطوب کیفیت خوبی ندارد.

استفاده از مصالح کهنه و غیر استاندارد در صورتی مجاز است که در نقشه ها و مشخصات ذکر شده و نمونه آنها قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد

## ۷ مصالح عایق حرارتی و سیستمهای عایقکاری مناسب و متداول در ساختمان

برای مصارف مختلف، مصالح و سیستمهای عایقکاری مناسبی انتخاب می شود که در جدول آمده است. بدیهی است در اقلیمهای خاص (بسیار گرم و بسیار سرد) تلفیق مناسبی از مصالح و روشهای سنتی با نیازهای استفاده کنندگان از ساختمانها می تواند نتایج مطلوبی را در زمینه عایقکاری حرارتی ساختمانها به دنبال داشته باشد.

جدول مصالح عایق حرارتی و سیستمهای عایقکاری مناسب و متداول در ساختمان

| ردیف | محل کاربرد                     | نوع مصالح یا سیستم مناسب  |
|------|--------------------------------|---|
| ۱    | اقلیمهای خشک<br>(سرد و گرم)    | پشم شیشه، پشم سنگ، پشم سر باره (با روکش کاغذی یا بدون روکش)<br>انواع الیاف و دانه‌های سبک به صورت انباشته یا آزاد یا پاشیدنی<br>انواع تخته‌ها، تاول‌ها و بلوکهای عایق (فیبری، چوب پنبه و مواد پلاستیکی)<br>عایقهای منعکس کننده (بدون پشت‌بند یا با پشت‌بند)<br>صاف یا موجدار<br>انواع بتن سبک (کفی، گازی و دانه‌سبک)<br>عایقهای موجدار<br>کفهای تزریقی درجا |
| ۲    | اقلیمهای مرطوب<br>(سرد یا گرم) | مانند ردیف ۱، مشروط بر اینکه مواد و مصالح نم‌کش با ورقه‌های نازک آلومینیومی یا پلی‌تن بخاربندی شوند.  |
| ۳    | سردخانه‌ها                     | اسفنج پلی‌اورتان سخت تزریق شده درجا<br>قطعات پلی‌استایرن منبسط<br>مصالح نم‌کش ردیف ۱، مشروط بر اینکه به طور جدی بخاربندی شوند.  |
| ۴    | اعضای باربر<br>(دیوار و سقف)*  | پنلهای ساندویچی از بتن معمولی با لایه‌ای از عایق مناسب اقلیم<br>(قطعات توخالی یا ایجاد فاصله هوایی)   |

|  |                             |   |
|--|-----------------------------|---|
| بتن یک پارچه با دانه سبک از نوع پوکه رسی یا مشابه  |                             |   |
| مانند ردیف ۴ به علاوه انواع بتن سبک کفی و گازی، اندوذهای سبک، عایقهای پاشیدنی، پنجره‌های دو شیشه‌ای. | اعضای غیر<br>باربر (نماها)* | ۵ |
| انواع الیاف و دانه‌ها (روی سقف کاذب) و انواع تخته‌ها و تاو‌ها به صورت نمایان                         | سقفهای کاذب*                | ۶ |
| انواع عایقهای پاشیدنی  | مکانهای غیر<br>قابل دسترسی* | ۷ |

\* عایق باید مناسب با منطقه (مرطوب یا خشک) انتخاب شود.

## ۸ مصالح نصب

مصالح نصب ترجیحاً باید غیر فلزی انتخاب شوند تا باعث افزایش انتقال گرما نگردند. در موارد اجباری مصالح نصب فلزی باید حتماً زنگ‌نزن باشند یا با مواد محافظ ضد زنگ پوشانده شوند. چسبها باید در هر مورد مناسب با مصالح عایق و سطح کار، انتخاب و در نقاط مرطوب از چسب ضد رطوبت استفاده گردد.

## ۹ حمل و نقل و نگهداری

بارگیری، حمل و باراندازی مصالح عایق حرارتی، باید با دقت صورت گیرد و انواع گوناگون مصالح باید جداگانه، دسته‌بندی و انبار شوند.

مصالح عایق حرارتی باید در مکانهای تمیز و سرپوشیده نگهداری شده و از آلودگی آنها با خاک، مواد مضر و به ویژه یخ و برف و رطوبت جلوگیری شود، مصالح عایق نمکش باید به طریق مناسبی بسته‌بندی شده و دور از رطوبت نگهداری شوند.

در مورد هر دسته از مصالح از قبیل مصالح چوبی، فلزی، پلاستیکی و غیره، باید مقررات مندرج در بند مربوط به "حمل و نقل و نگهداری" آن مصالح در هر فصل رعایت گردد.

## ۱۰ راههای فرار گرما

راه‌های فرار گرما از ساختمان عبارتند از: زیرزمینها، کفها، دیوارها، بامها، درهای خارجی و پنجره‌ها. علاوه بر این وزش باد سبب ایجاد فشار مثبت یا منفی در اطراف ساختمان و در نتیجه عبور هوا از میان ترکها و درزهای موجود در پوسته ساختمان می‌گردد.

#### ۱۰-۱ زیرزمینها

در صورتی که زیرزمین ساختمان عایق‌بندی حرارتی نشده باشد، تبادل حرارتی در آن صورت خواهد پذیرفت. درهای خارجی، پنجره‌ها و دیوارهای اطراف زیرزمین به ویژه قسمتهایی که در تماس با محیط خارج ساختمان هستند، راه‌های فرار گرما از زیرزمین به شمار می‌روند و از این طریق گرما به خارج نفوذ می‌کند. بسته به نوع خاک و شرایط آب و هوایی منطقه، قسمتی از دیوارهای اطراف زیرزمین به عمق حدود ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر از کف محوطه نیز سهم عمده‌ای در اتلاف گرمای زیرزمین دارند. به تدریج که عمق زیرزمین زیاد می‌شود، گریز گرما از دیوارهای اطراف به واسطه وجود خاک کم می‌شود، ولی باز هم دیوارها و کف زیرزمین گرما را از خود عبور می‌دهند. به این ترتیب از طریق زیرزمین مقدار معتدله‌ای از گرمای ساختمان به هدر می‌رود. بدیهی است هرچه طبقات بالایی زیرزمین بهتر گرم‌بندی شده باشند، سهم اتلاف انرژی از طریق زیرزمین عایق نشده بیشتر خواهد بود و حتی ممکن است در ساختمانی یک طبقه، به (۳۳٪) نیز برسد.

#### ۱۰-۲ کفها

در کف زیرزمینها و طبقه همکف معمولاً بتن‌ریزی بر روی قلوه سنگ انجام می‌شود که خود نوعی عایق حرارتی محسوب می‌شود و نیازی به عایقکاری اضافی نیست. زمین به مقدار زیادی از گریز گرما جلوگیری می‌کند و بیشترین مقدار گریز در محل برخورد کف با دیوارهای خارجی است.

سقفهایی که از زیر با هوای آزاد در تماس هستند (مانند سقف پارکینگها، محل بازی کودکان و پیش‌آمدگی سقف در خیابان) و برای طبقه بالا کف معلق محسوب می‌شوند، عاملی برای تبادل حرارتی به حساب می‌آیند و باید عایقکاری شوند.

#### ۱۰-۳ دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی نازک سهم عمده‌ای در گریز گرما دارند، این دیوارها چنانچه در معرض باد قرار گیرند، گرمای بیشتری را تلف می‌کنند. مقدار گریز گرما از دیوارهای خارجی ساختمان بسته به جنس و ضخامت دیوارها و نیز تعداد طبقات ساختمان متغیر است و در ساختمان دو طبقه با زیرزمین ممکن است تا ۳۰ درصد نیز برسد.

#### ۱۰-۴ بامها

بامها نیز همانند دیوارهای خارجی بخشی از پوسته به حساب می‌آیند و بسته به جنس مصالح مصرفی، ضخامت، شکل و تعداد طبقات ساختمان، مقدار گریز گرما در آنها تغییر می‌کند، این مقدار در ساختمان یک طبقه با زیرزمین می‌تواند تا ۱۷ درصد هم برسد.

#### ۱۰-۵ درهای خارجی و پنجره‌ها

درهای خارجی و پنجره‌ها، به ویژه اگر درزبندی نشده باشند، سهم عمده‌ای را در اتلاف گرما بر عهده دارند. درها و پنجره‌های فلزی بیش از انواع چوبی و پلاستیکی گرما را هدایت می‌کنند، همچنین پنجره‌های تک شیشه بیش از پنجره‌های چند شیشه‌ای، هادی گرما هستند.

## ۱۰-۶ درزها و ترکهای ساختمان

اختلاف فشار داخل ساختمان و محیط خارج، جابه‌جایی هوا و نشست آن را ایجاد می‌نماید. بخشی از هوای داخل ساختمان به علت گرم شدن به سمت بالا حرکت کرده و قسمتی از آن از راه تهویه طبیعی به خارج نفوذ می‌کند، در نتیجه هوای قسمت پایین که سردتر است نسبت به هوای بیرون دارای فشار منفی شده و هوای سرد از منافذ ریز به داخل ساختمان وارد می‌شود. وزش باد نیز به نحوی دیگر به ایجاد فشار مثبت و منفی در اطراف ساختمان کمک کرده و باعث نفوذ هوای سرد به داخل ساختمان و خروج هوای گرم از آن می‌گردد.

قسمتهایی از ساختمان که به این امر کمک می‌کنند شامل: درها و پنجره‌های هوابندی نشده و لق، دریچه‌های دسترسی به سقف کاذب و بام، کاتالهای تهویه و دیگر تأسیسات، دودکشها، درزهای ساختمانی و نظایر آن می‌باشد. این نقاط ضعف در فصول سرد که گرمایش انجام می‌شود، در ساختمانهای معمولی در هر یک تا دو ساعت، باعث تعویض کامل هوای ساختمان می‌گردند و بدیهی است گرم کردن هوای سردی که به ساختمان وارد می‌شود، مستلزم صرف انرژی و هزینه است.

## ۱۱ اجرای عایق حرارتی

در اجرای عایق حرارتی نکاتی به شرح زیر باید رعایت گردند:

- در مکانهای مرطوب باید از مصرف مصالح نمکش مانند پشم چوب و خرده کاغذ پرهیز کرد و در صورت اجبار آنها را با یک لایه نمبند محافظت نمود.
- در نقاطی که امکان آتش‌سوزی وجود دارد، مصرف مصالح قابل احتراق ممنوع است. برخی از این مصالح را می‌توان با مواد ضد آتش غیرخورنده (مانند پشم چوب و خرده کاغذ) آغشته کرد و به مصرف رساند.
- باید توجه داشت که پیوستگی عایق و قشر نمبند آن حفظ شود.
- چنانچه عایق قطعه‌ای در دو یا چند لایه اجرا شود، جهت قرار گرفتن عایق در هر لایه باید عمود بر لایه قبلی باشد.
- عایق‌های انباشته معمولاً برای سقفها مناسبند. در موقع مصرف باید حتی‌الامکان سطح صاف و ضخامت یکنواختی از آنها به وجود آید.
- عایق‌های نرم در انواع پتویی، قطعه‌ای، توپی و انباشته را باید به صورت پف کرده به مصرف رساند و از فشردن شدن آنها جلوگیری کرد، زیرا از کیفیت آنها کاسته می‌شود.
- در مناطق مرطوب و مکانهایی که امکان نفوذ رطوبت وجود دارد، باید سطح مجاور عایق به خوبی تهویه شود تا امکان تعریق و تجمع آب تقلیل یابد.

- روی سطوح ورقه‌ای پلی‌استایرین نباید رنگ روغنی به کار رود، زیرا خطر آتش‌سوزی افزایش پیدا می‌کند. سطح این قبیل مصالح باید به صورت طبیعی باقی بماند و در صورتی که رنگ‌آمیزی آن لازم شود با یک لایه رنگ متخلخل یا ماده‌ای که اشتعال را به تأخیر اندازد، پوشانده شود.

نحوه اجرای عایق حرارتی در قسمتهای مختلف ساختمان به شرح زیر است:

#### ۱-۱ دیوارهای زیرزمین

دیوارهای زیرزمین را می‌توان از بیرون یا داخل گرمابندی کرد، گرمابندی از خارج سهل‌تر است، ضمناً دیوارها و شالوده آنها نیز از یخزدگی مصون می‌مانند. در این حالت باید از صفحات پلی‌استایرین از نوع آب‌بند استفاده شود. عایق دیوارهایی که از زمین بیرون می‌مانند، باید در برابر ضربه و آتش‌سوزی محافظت شوند، برای این منظور می‌توان از تخته‌های چند لایه که به آنها مواد مناسب تزریق شده، استفاده کرد و روی آنها را با تور سیمی یا رابیتس و اندود سیمانی پوشاند و برای جلوگیری از نفوذ رطوبت از بالا با ورق فلزی نظیر مس یا فولاد گالوانیزه، برجستگی عایق و قشر محافظ آن را پوشاند، لبه زیرین قشر عایق و پوشش‌های آن بر روی خاک اطراف زیرزمین قرار داده می‌شود. در صورتی که عایقکاری صحیح‌تری مورد نظر باشد، بهتر است در محل برخورد سقف و دیوار نیز عایق دیوار بر روی سقف برگردانده شود. صفحات عایق در قسمت پایین دیوار در نقاط سردسیر، باید به سمت خارج بر روی شالوده برگردانده شوند. بدیهی است در صورتی که شالوده ساختمان پایین‌تر از خط تراز یخزدگی اجرا شود، نیاز به این عمل نیست. چنانچه در نظر باشد از زیرزمین به عنوان محل زیست و کار استفاده شود، گرمابندی از داخل راه حل مناسبی است، گرچه در بعضی مناطق عایقکاری بخشی از دیوار مورد نیاز است ولی بهتر است گرمابندی کامل دیوارها از داخل به صورت یکپارچه انجام شود، زیرا عایقکاری قسمتهای بالایی دیوار، تنها از گریز گرما در قسمتهای بالا جلوگیری می‌کند و گرما از قسمتهای زیرین دیوار به زمین اطراف راه می‌یابد. در صورتی که برای عایقکاری داخلی از صفحات پلی‌استایرین سخت استفاده شده باشد، برای جلوگیری از بروز آتش‌سوزی باید روی آن را با تخته گچی پوشاند.

دیوارهای زیرزمین هنگامی گرمابندی کامل می‌شوند که صفحات عایق، تمام ارتفاع دیوار را بپوشاند، در این صورت باید قبل از نصب صفحات عایق، دیوار را نم‌بندی کرد. نم‌بندی را می‌توان با یک ورقه پلی‌اتیلن یا پوشش متعارف دیگری انجام داد ولی لایه نم‌بند را نباید از تراز کف محوطه به بالا انجام داد و باید راهی برای گریز رطوبتی که اجباراً محبوس شده، از بالای دیوار وجود داشته باشد. لایه نم‌بند در محل برخورد با کف، باید به داخل زیرزمین برگردانده شود تا از ورود هوای حاوی بخار به پشت صفحات عایق حرارتی ممانعت به عمل آید و از تعریق و یخ زدن احتمالی آن پیشگیری شود. صفحات عایق حرارتی بهتر است در محل کف نیز به عرض ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر برگردانده شوند.

#### ۱-۲ عایقکاری کفها

کف زیرزمینها و طبقه همکف در قسمت وسط معمولاً نیازی به گرمابندی ندارند ولی در صورت لزوم، گرمابندی همانند عایقکاری پیرامون، به نحوی که در بالا اشاره شد، با صفحات پلی‌استایرین انجام می‌شود.

عایقکاری حرارتی کفهای طبقاتی که از زیر در مجاورت هوا قرار دارند، با مصالحی نظیر پشم معدنی (یا پشم شیشه و پشم سرباره)، از زیر به آسانی می‌تواند انجام شود. چنانچه عایق دارای لایه نم‌بند باشد یا بخواهند آن را نم‌بندی کنند، این لایه باید چسبیده به زیر سقف یعنی در سمت گرم عایق

قرار گیرد. سمتی از عایق را که در معرض دید قرار می‌گیرد، می‌توان با مصالحی از قبیل تور سیمی یا رابیتس پوشاند و روی آن را با ملات گچ یا سیمان اندود کرد.

### ۳-۱۱ عایقکاری دیوارهای خارجی

عملی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه برای عایقکاری دیوارهای خارجی، ساختن دیوار به صورت دو لایه با ایجاد فاصله هوایی بین آنها است که در این صورت برای ارتباط بین این دو لایه، باید از مصالح عایقی نظیر پلاستیکها استفاده شود تا از پل زدن گرما از یک لایه به لایه دیگر جلوگیری شود. جنس لایه‌ها ممکن است از سنگ، آجر، بلوکهای بتنی توخالی و توپر، بتن سبک و سنگین و تخته‌های فیبری یا گچی باشند. به لحاظ سازه‌ای ممکن است دیوارها درون قابهایی قرار گیرند و یا مستقلاً و به طور مجزا چیده شوند. فاصله بین دو لایه ممکن است با هوا اشغال شود که در این صورت فاصله بهینه از ۲۰ تا ۵۰ میلیمتر خواهد بود.

برای برخورداری از گرمابندی بهتر می‌توان این فاصله را با لایه‌ای از عایق حرارتی پر کرد. عرض قطعات عایق را باید قدری بزرگتر از محل آن برید تا در موقع نصب، جای خالی را کاملاً پر کند. قبل از انجام عایقکاری حرارتی باید مطمئن شد که تمامی تأسیسات ساختمان از قبیل لوله‌ها، سیمها و کلید و پریز در جای خود نصب و عایق شده باشند، زیرا در غیر این صورت ممکن است لوله‌های آب سرد در مواقع یخبندان بترکند یا هوا از اطراف محل کلید و پریزها به داخل ساختمان نفوذ کند. ترکها و درزهای اطراف درهای خارجی و پنجره‌ها، باید کاملاً با مواد عایقی مانند الیاف کنفی قیراندود بسته شوند تا امکان نفوذ هوا از آنها وجود نداشته باشد.

مصالح عایق صلب را می‌توان در سطح خارجی ساختمان، نصب و روی آن را نماسازی کرد. این نماسازی می‌تواند یک تیغه آجری یا بلوکی نمادار، رابیتس یا تور سیمی به انضمام اندود سیمانی باشد. بین عایق و مصالح نماسازی باید فاصله هوایی حدود ۲۵ میلیمتر ایجاد گردد. عایقکاری حرارتی ساختمان را از سمت داخل نیز می‌توان انجام داد و روی آن را با تخته گچی یا تور سیمی یا رابیتس و اندود پوشاند و تزیین کرد.

### ۴-۱۱ عایقکاری بامها و سقفها

بامها ممکن است به سه روش اجرا شوند، بامهای با شیب کم یا تخت، بامهای با شیب زیاد که شیب آنها از زیر سقف نیز دیده می‌شود و بامهای شیبدار با فضای زیر شیروانی و سقف دو پوشه.

گرمابندی بامهای تخت و کم شیب با انواع عایقهای صلب بر روی سقف انجام می‌گیرد و لایه نم‌بند روی آن اجرا می‌شود. گرمابندی بامهای شیبدار که شیبشان از زیر نمایان است، نیز به همین روش اجرا می‌شود. راه حل دیگر برای این قبیل بامها استفاده از قطعات عایق صلب در بین تیرچه‌ها است، در این حالت فاصله هوایی بین بامپوش و عایق به منظور تهویه، پیش‌بینی شده و روی عایق از زیر سقف نیز با مصالحی نظیر تخته گچی یا توری اندود پوشانده می‌شود.

عایقکاری حرارتی بامهای شیبدار دو پوش مستقیماً بر روی سقف کاذب و بین تیرچه‌های آن انجام می‌گیرد، انواع مصالح عایق به صورت قطعه‌ای، پتویی و انباشته را می‌توان در این سقفها به کار برد. چنانچه عایق دارای لایه نم‌بند باشد، این لایه باید در سمت داخل (طرف گرم) ساختمان قرار گیرد.



عایق حرارتی سقف باید تا روی دیوار خارجی امتداد یابد، ولی باید دقت شود که راه عبور لوله‌های تأسیسات، هواروها، دودکشها و مانند اینها را مسدود نکند، انتهای قطعات باید محکم به هم فشرده شوند، به قسمی که عایق یکپارچه‌ای حاصل شود. در مکانهای نصب چراغ سقفی توکار در سقف کاذب، تا فاصله ۷۵ سانتیمتری اطراف را نباید عایقکاری کرد، زیرا افزایش دمای اطراف چراغ ممکن است باعث آتش‌سوزی شود. جاسازی محل چراغ را که عایقکاری نشده است، باید با مصالحی مانند تخته گچی به شکل یک جعبه انجام داد و سپس مبادرت به عایقکاری اطراف و روی آن نمود. اطراف محل عبور دودکش نیز باید با مصالحی عایق شود که آتش نگیرد. عایقکاری محل دریچه دسترسی به بالایی سقف کاذب نیز باید با دقت و همانند محل چراغها صورت گیرد، به علاوه هوابندی اطراف دریچه نیز ضروری است. پس از اتمام عایقکاری پیرامون سقف و محل دیوارهای خارجی، روی لبه‌های افقی (یا مورب) و کناره‌های قائم عایق را باید با قرار دادن قطعاتی از چوب، تخته لایه، فیبر یا مقوا در بین تیرچه‌ها پوشاند، به این ترتیب علاوه بر جلوگیری از جابه‌جا شدن قطعات عایق، می‌توان مطمئن شد که مانعی بر سر راه تهویه فضایی بالایی سقف کاذب وجود ندارد.

## ۱۱-۵ عایقکاری درها و پنجره‌ها

دور محل درهای خارجی و پنجره‌ها باید کاملاً درزبندی شود، علاوه بر این، هوابندی بازشوها نیز به جلوگیری از اتلاف انرژی کمک می‌کند. در اقلیم‌های بسیار سرد یا بسیار گرم که گرمایش یا سرمایش پرهزینه است، تعبیه در و پنجره دو شیشه و حتی سه شیشه توصیه می‌شود. به جای پنجره دو شیشه می‌توان از دو پنجره تک شیشه نیز بهره گرفت. پیش‌بینی یک فیلتر شامل دو در ورودی با یک فاصله مناسب به جای یک در ورودی نیز توصیه می‌شود. همچنین در این اقلیمها باید سعی کرد حداقل بازشو برای درها و پنجره‌ها پیش‌بینی شود. نظر به اینکه تابش آفتاب در فصل تابستان در اقلیم‌های گرم باعث افزایش بار سرمایش ساختمان می‌شود، بهتر است از شیشه‌های رنگی گرماگیر در ساختن پنجره‌های این مناطق استفاده شود، در مورد پنجره‌های دو یا سه شیشه، نصب یک شیشه رنگی در خارج پنجره کافی است. لازم به یادآوری است که استفاده از در و پنجره هوابندی شده و چند شیشه علاوه بر تأمین آسایش حرارتی، آسایش صوتی را نیز در بر دارد. بعضی درها و پنجره‌های چند شیشه‌ای فلزی، طوری طراحی شده‌اند که قسمت داخل و خارج پنجره از فلز است، ولی ارتباط این دو با قطعات پلاستیکی تأمین می‌شود تا هدایت گرما بین داخل و خارج پنجره به حداقل برسد. فرار گرما از پنجره‌های دو شیشه، حدود نصف پنجره‌های تک شیشه است. "منطقه سرد" در اطراف آنها از بین می‌رود و خط تعریق روی آنها کاهش می‌یابد، فاصله شیشه‌ها در این پنجره‌ها حدود ۵ میلی‌متر بوده و با هوای تمیز بدون بخار آب، پر و درزبندی شده است. فاصله پنجره‌های دوتایی معمولاً حدود ۵۰ میلی‌متر است این پنجره‌ها باید طوری طراحی شوند که تعریق در آنها صورت نگیرد و تمیز کردن شیشه‌ها از داخل به راحتی میسر باشد، اگر فاصله شیشه پنجره‌ها به ۲۰۰ میلی‌متر برسد، تغییری در میزان عایق حرارتی بودن آنها پیدا نخواهد شد، اما برای صوت عایق بهتری به وجود خواهد آمد.

## ۱۲ نصب عایق‌های حرارتی

بعضی عایق‌های قطعه‌ای یا توپی (رول) از طریق اصطکاک در جای خود قرار می‌گیرند و برخی از آنها که دارای پوشش کاغذ صنعتی (کرافت) فیراندود هستند، لبه‌هایی برای نصب در کنار خود دارند که می‌توان آنها را به کمک پیچ و مهره، میخ و چسب در جای خود نصب کرد. نصب عایق‌های قطعه‌ای به خاطر محدود بودن طول، آسان‌تر از نصب عایق‌های توپی است. نصب عایق پشم شیشه،

آسان‌تر از نصب پشم معدنی است و معمولاً بهتر از آن فضای معینی را پر می‌کند. عایق‌های انباشته را به راحتی می‌توان در جای خود نصب کرد یا آنها را درون محل خود پاشید. قطعات بتن سبک به راحتی به کمک پیچ و مهره در داخل قاب اسکلت فلزی قابل نصب هستند.

### ۱۳ بخاربندی عایق‌های حرارتی

انتخاب عایق مناسب و عایق‌کاری به نحو مطلوب برای ساختمان شرطی لازم اما ناکافیست. مسئله‌ای که به ویژه در مناطق مرطوب در خور اهمیت فراوان است، جلوگیری از نفوذ رطوبت هوا به داخل قشر عایق می‌باشد که غالباً هنگام عایق‌کاری حرارتی یا انتخاب مصالح به آن توجه نمی‌شود. کنترل نشت هوا از داخل ساختمان به خارج بسیار مهم است و نصب یک لایه غیر قابل نفوذ در درجه اول اهمیت قرار دارد. بهتر است این لایه از موادی باشد که جلو حرکت هوا و بخار آب را بگیرد و سطح گرم عایق حرارتی ساختمان را به صورت پوشش کاملی بپوشاند. ایجاد لایه بخاربند در ساختمان‌های با کیفیت خوب، جابه‌جایی کامل هوای ساختمان را به دو بار در شبانه‌روز تقلیل می‌دهد، که نتیجه آن کاهش اتلاف انرژی است. البته بدین ترتیب دو مشکل اساسی و عمده بروز می‌کند که یکی اشکال در کنترل رطوبت داخل ساختمان و دیگری نامناسب شدن هوا برای تنفس می‌باشد، که با تعبیه تأسیسات مکانیکی ویژه، قابل رفع خواهد بود.

#### ۱۳-۱ نحوه اجرای لایه بخاربند

نصب لایه بخاربند روی سطوح گرم عایق دیوارهای خارجی و سقفها، نخستین قدم برای کنترل هوا است، بدین منظور معمول‌ترین و مؤثرترین مصالحی که در دسترس است، ورقه پلی‌اتیلن می‌باشد که آن را به آسانی می‌توان روی سطوح بزرگ نصب کرد. گرچه ورقه‌های به ضخامت حداقل ۵۰ میکرون مناسب‌اند، ولی ورقه‌های با ضخامت ۱۵۰ میکرون هنگام نصب و پوشش با لایه نازک‌کاری، آسیب‌پذیری کمتری دارند. برای نصب این ورقه‌ها نیاز به زیرسازی مناسبی است که بتوان لایه ورقه‌ها را روی آن نصب کرد، درزبندهای پیوسته‌ای که به پلی‌اتیلن خوب بچسبند و ورقه ورقه نشود، مصالح مناسبی برای پوشش لایه عایق حرارتی است، نیروی انسانی ورزیده که بتواند به نحو شایسته‌ای عمل نصب بخاربند را انجام دهند، نیز از الزامات کار به شمار می‌آیند. پیوستگی لایه بخاربند بسیار مهم است، محل برخورد دیوارهای خارجی، بالکنها، سقفها و دیگر دیوارها، باید کاملاً درزبندی شوند و همپوشانی ورقه‌های بخاربند باید حداقل ۱۰۰ میلیمتر باشد. اطراف محل قوطی کلید و پریز، چراغ‌های توکار سقفی و دیگر تأسیسات، باید کاملاً درزبندی و طوری اجرا شوند که در اثر انقباض و انبساط، پارگی یا درز در آنها ایجاد نشود.

ورقه‌های پلی‌اتیلن در محل برخورد با پنجره‌ها، درهای خارجی و سایر بازشوها، باید کاملاً به آنها محکم شوند و سپس لایه آنها به سمت داخل برگردانده و به سطح داخل متصل گردند. ورقه‌های بخاربند در محل دودکشها و سایر نقاطی که خطر آتش‌سوزی وجود دارد، باید روی عایقی که در برابر حریق پایدار است نصب گردد.

#### ۱۴ مبدل حرارتی هوا به هوا

هنگامی که لایه‌های بخاروند در يك ساختمان به کار می‌رود، برای خروج هوای کثیف و رطوبت اضافی، باید تدابیری اندیشیده شود. رطوبت موجود در هوا از شستشو، خشک کردن ظروف و لباس، استحمام، آشپزی و سایر فعالیت‌های شبانه‌روزی ناشی می‌شود.

از آنجا که محدودیت در تعویض هوا در فصول سرد، باعث تعریق در محل‌های سردتر ساختمان نظیر پنجره‌ها می‌شود، عدم توجه به این مسئله در دراز مدت سبب کپک‌زدگی و بروز مشکلاتی دیگر در ساختمان می‌گردد. به این ترتیب تهویه مکانیکی به منظور دفع رطوبت و تعویض هوای آلوده، ضروری است. برای صرفه‌جویی در انرژی و بازیافت گرمای هوای خروجی، باید کلیه راه‌های خروجی و هواکش‌ها حذف شده و به جای آن یک مبدل حرارتی هوا به هوا برای تمام ساختمان نصب گردد. این مبدل از يك طرف هوای تمیز و سرد خارج ساختمان را به داخل هدایت کرده و از سوی دیگر هوای گرم، کثیف و حاوی رطوبت را خارج می‌سازد. در مبدل، گرمای هوای خروجی به هوای سرد ورودی پس داده می‌شود، بدون اینکه این دو هوا با یکدیگر برخوردی داشته باشند و با هم مخلوط شوند.

## 15 رعایت نکات ایمنی به هنگام عایقکاری حرارتی

هنگام کار با مصالحی که امکان آتش گرفتن آنها وجود دارد، باید دقت کافی مبذول گردد و علاوه بر تهویه محل کار، وسایل آتش‌نشانی آماده به کار در اختیار متصدیان قرار داده شود. کارگران باید وسایل ایمنی نظیر دستکش، ماسک و عینک در اختیار داشته باشند و هنگام کار با پشم شیشه و نظایر آن دقت کنند که این مصالح مستقیماً با پوستشان تماس پیدا نکند و در صورت تماس ذرات ریز وارد شده به بدن را به آرامی خارج ساخته و محل آن را با آب و صابون بشویند. در موقع کار با مصالحی که دارای ذرات ریز یا بخارهای سمی هستند، استفاده از ماسک‌های مخصوص اجباری است. بهتر است کارگران قبل از شروع به کار علاوه بر پوشیدن دستکش، دست‌های خود را با کرم‌های مخصوص محافظ که بر مبنای کازئین تهیه شده‌اند، چرب کنند و پس از پایان کار، دست‌ها را با آب گرم و صابون و برس تمیز نمایند.