

روش های اجرایی ساختمان

عایق کاری

مدرس: دکتر محمد رضا میرجلایی

دانشگاه شهروز - نیم سال اول ۹۸-۹۹

(توضیح: مطالب این جزوه در حد اختصار بوده و توضیحات تکمیلی در کلاس درس ارائه خواهد شد.)

مطالب این درنامه هر چند وقت یکبار به روز شده و در ویرایش جدیدی ارائه می گردد. برای دریافت به سایت www.mirjalii.net مراجعه شود.



۱- عایق کاری در صنعت ساختمان

عایق های متداول در صنعت ساختمان عبارتند از :

۱- عایق حرارتی و برودتی

۲- عایق صوتی

۳- عایق رطوبتی

۴- عایق حریق

۵- عایق شیمیایی

۶- عایق پرتویی

۱-۱- عایق کاری حرارتی و برودتی

۱-۱-۱- روش های انتقال حرارت

اختلاف درجه بین دو نقطه باعث جریان خود بخودی انرژی گرمایی از جسم با دمای بیشتر به جسم با دمای کمتر میشود. انتقال حرارت به سه شکل مختلف (۱) تابشی یا تشعشعی (۲) همرفتی یا جابجایی (۳) هدایت یا تماس مستقیم صورت می پذیرد انتقال حرارت از جداره های ساختمان بشکل هدایت حرارتی (نوع سوم) مهم ترین عامل اتلاف انرژی در ساختمانها ست.

۱-۱-۲- 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 یا کلوین باشد. یکای

$$\text{ضریب هدایت حرارتی} = \frac{W}{m.K^{\circ}} = \frac{W.m}{m^2 K^{\circ}} \text{ می باشد.}$$

محدوده ضریب هدایت حرارتی و وزن مخصوص برخی مصالح

نوع مصالح	محدوده وزن مخصوص kg/m^3	محدوده ضریب هدایت حرارتی $W/m.k$
پشم سنگ	۱۸۰-۱۸	۰/۰۴۷-۰/۰۳۹
پشم شیشه	۱۳۰-۹	۰/۰۵۴-۰/۰۳۷
پلی استایرن منبسط (پلاستوفوم)	۱۵-۷	۰/۰۵۸-۰/۰۴۱
فولاد - چدن	۷۸۵۰-۷۵۰۰	۵۶-۷۲
شیشه	۲۷۰۰	۱/۱
سنگ های آذرین و دگرگونی	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۲/۶-۱/۱
سنگ های آهکی	۲۵۹۰-۱۴۷۰	۲/۹-۰/۸۵
بتن معمولی - متخلخل	۲۴۰۰-۱۷۰۰	۱/۷۵-۱/۴
سفال	۲۱۰۰-۱۷۰۰	۱/۳۵-۱/۰۰
گچ - گچ آرمه با الیاف	۱۳۰۰-۷۵۰	۰/۵۰-۰/۳۵
هوا	۱/۲۹	۰/۰۲۵



۱-۱-۳- مقاومت حرارتی

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

۱-۱-۴- انواع عایق حرارتی

مصالح یا سیستم مرکبی که انتقال گرما را از محیطی به محیطی دیگر بطور مؤثر کاهش دهد. در مواردی عایق حرارت می تواند علاوه بر کاهش انتقال حرارت، توانایی های دیگری نیز مانند باربری، صدا بندی و ... داشته باشد. برای عایق هدایتی حرارت برای سقف میتوان از پشم شیشه و برای دیوار میتوان از صفحات پلی استایرن و برای کف از عایق دانه فله لیکا استفاده کرد.

عایق همرفتی حرارت عایقی است که از انتقال حرارت بروش جابجایی (نوع دوم) واز یک جدار به جدار دیگر جلوگیری میکند مثل شیشه پنجره دو جداره.

عایق تشعشعی حرارت عایقی است که از جذب اشعه و امواج الکترومغناطیس حرارتی جلوگیری کرده و آنرا باز تابش میکند (نوع اول) مثل فویل آلومینیومی روی ایزو گام بام.

* با ایجاد خلا میتوان هم عایق همرفتی و هم عایق هدایتی ایجاد کرد مثل فلاسک ها و ظروف نگه داری غذا.

* نمونه خوب عایق تشعشعی بکار بردن صفحه آلومینیم در بخاری برقی است که ۹۵ درصد اشعه حرارتی تابشی را منعکس می کند بهمین جهت روی غذا ها فویل آلومینیومی می کشند.

* اگر روی رول پشم شیشه روکش آلومینیومی بکشیم عایق تشعشعی - هدایتی ساخته ایم.

* رطوبت باعث کاهش خاصیت عایق حرارتی هدایتی پشم شیشه میشود که باید توسط کاغذ مخصوص و قیر اندود محافظت شود.

* شیشه دو جداره عملکرد عایق رطوبتی - حرارتی - صوتی خوبی دارد.

* مقایسه ضخامت معادل مصالح مختلف برای ایجاد مقاومت حرارتی مساوی: (بر حسب سانتیمتر)

سفال ۱۰۰ بتن ۱۷۵ شیشه ۱۱۰ پلی استایرن ۴ پلی یورتان ۳

عایق های حرارتی بر حسب ساختار فیزیکی به چهار نوع تقسیم میشوند:

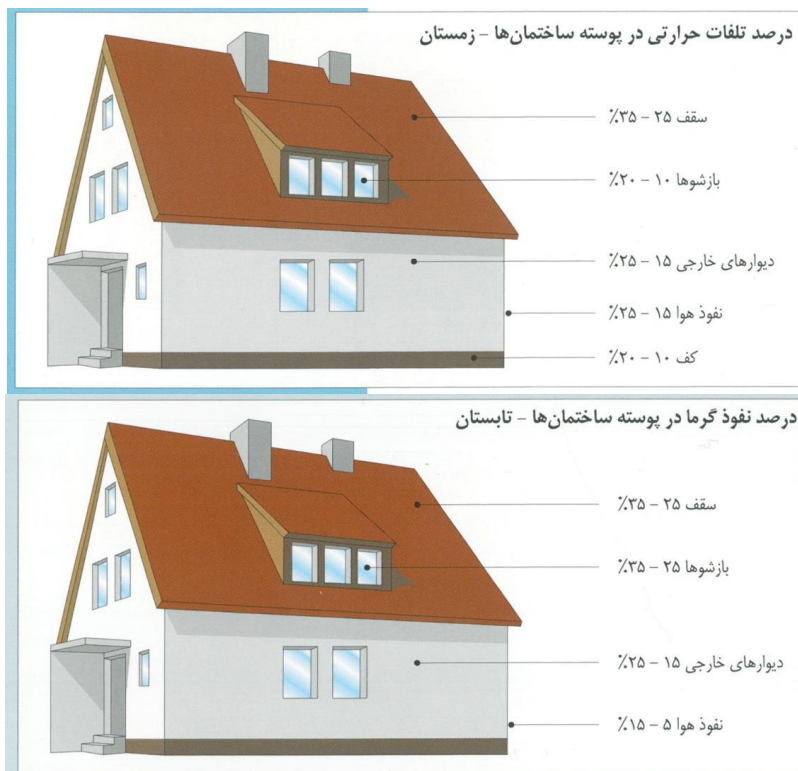
۱- نوع فله ای یا دانه ای مثل سبک دانه های رس منبسط و پرلیت منبسط و چوب پنبه و غیره که ارزان و اجرای آسان دارند ولی محل تجمع گرد و غبارند.



۲- نوع نواری یا پتویی مثل پشم شیشه که بصورت رول عرضه میشود.

۳- نوع تخته ای یا صلب مثل ورق های پلی استایرن.

۴- نوع پاشیدنی یا دمیدنی که در محل بصورت فوم در میاید مثل اسپری فوم پلی یورتان که از رزین و پلیمر ساخته شده و معمولاً پس از اختلاط کف میکنند و درزها و فضای مورد نظر را پر میکنند و سخت میشوند.



۲-۱- عایق بندی صوتی

۱-۲-۱- تعاریف و مفاهیم

امواج صوتی به سه طریق در فضا انتشار یافته و بگوش میرسد.

الف) صدای هوا برد که از طریق هوا (گاز) منتشر میشود مثل صدای تردد وسایل نقلیه و سر و صدا و همهمه مردم و غیره.

ب) صدای کوبه ای که از طریق اجسام جامد (مصالح) منتشر و پس از تبدیل به صوت هوا برد قابل شنیدن میشود مثل ضربه چکش و یا صدای دویدن بروی کف ها و امثال اینها.

ج) منشاء تولید صدا مایعات هستند مانند شنیدن صدای سیفون طبقه بالا در طبقه زیرین و نظایر آنها.

از نظر آمار شکایت ، مورد (الف) ۷۰ درصد ، مورد (ب) ۲۵ درصد و مورد (ج) ۵ درصد گزارش شده است.

شدت صوت: عبارت از مقدار انرژی است که در واحد زمان به واحد سطح عمود بر راستای انتشار میرسد. واحد شدت صوت وات بر متر مربع است. هرچه شدت صوت بیشتر باشد مقدار انرژی که گوش دریافت میکند بیشتر است و انسان صدا را بلند تر احساس میکند و بالعکس هرچه شدت صوت کمتر باشد انسان صدا را آهسته تر می شنود.



نوع صوت	تراز شدت صوت [dB]	تأثیرات
آستانه شنوایی (صوت مبنا)	۰	احساس آرامش
صدای نفس کشیدن انسان	۱۰	
حرکت برگ درختان در نسیم	۲۰	
مکالمه افراد در یک دفتر کار	۴۰	اختلال در ادراک
همهمه در یک فروشگاه بزرگ	۶۰	
صدای ترافیک در یک خیابان شلوغ	۷۰	
آستانه دردناکی	۱۲۰	آسیب به دستگاه شنوایی
صدای مسلسل	۱۳۰	
غرش هواپیما در حین برخاستن	۱۴۰	

نوفه: هر گونه صدای ناخواسته را نوفه گویند. منشأ نوفه می تواند داخلی یا خارجی باشد. چنانچه منبع نوفه خارج از فضای مورد نظر باشد (مانند صدای تردد وسایل نقلیه در خیابان)، در این صورت سعی می شود تا با استفاده از روش های عایق کاری صوتی، از نفوذ بیش از حد آن به داخل فضا جلوگیری شود؛ و اگر منبعی داخلی داشته باشد (مانند صدای همهمه ی افراد در یک رستوران یا سالن اداری)، در آن صورت با استفاده از مصالح جاذب صوت و تنظیم سایر شرایط آکوستیکی (مانند هندسه ی فضا) می توان مقدار آن را کاهش داد.

جدول ۱۸-۲-۱: منطقه بندی شهری از نظر تراز نوفه محیطی

نوع منطقه شهری از نظر نوفه	حداکثر تراز معادل صدا L_{AeqT} به دسی بل		کاربری های مجاز
	از ۷ صبح تا ۱۰ شب	از ۱۰ شب تا ۷ صبح	
با نوفه بسیار پایین (سروصدای بسیار کم)	۵۵	۴۵	مسکونی، مراکز جهانگردی و پذیرایی، مراکز بهداشتی درمانی، مراکز فرهنگی مراکز تجاری در حد محله
با نوفه پایین (سروصدای کم)	۶۰	۵۰	آموزشی، اداری مختلط مسکونی، تجاری، اداری
با نوفه معمولی (سروصدای متوسط)	۶۵	۵۵	مجموعه های تجاری، بازار، نمایشگاه
با نوفه بالا (سروصدای زیاد)	۷۰	۶۰	ترمینال ها، انبارها، پارکینگ ها، استادیوم های ورزشی، میدانی میوه و تره بار
با نوفه بسیار بالا (سروصدای بسیار زیاد)	۷۵	۶۵	صنعتی، نظامی، فرودگاه ها

جدول ۱۸-۲-۱: حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر ساختمان مسکونی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه معادل (۳۰) L_{Aeq} ، بر حسب دسی بل
اتاق خواب و مطالعه	۳۵
اتاق نشیمن و کار	۴۰
آشپزخانه	۴۵
سرویس بهداشتی	۵۰
فضاهای بسته عمومی ^۱	

هرگاه جداکننده‌ای به وسیله امواج صوتی هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای هوابرد از طریق آن جداکننده گویند. مانند صدای آموزگار که از یک کلاس درس به کلاس مجاور انتقال می‌یابد.

شاخص کاهش صدا، R

این شاخص بیانگر میزان صدابندی جداکننده در برابر صدای هوابرد است (اصطلاح "افت تراگسیل صدا" (TL) که هم‌چنان در کشورهای انگلیسی زبان مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادل با "شاخص کاهش صدا" است).

حريم گفتاری و وضوح شنوایی صداها در صدابندی های مختلف

صدابندی بین فضاها R_w - (دسی بل)	طبقه بندی عایق صوتی	حريم گفتاری
۲۰-۳۰	ضعیف	گفتگوی عادی از پشت دیوار به آسانی و به وضوح شنیده می‌شود.
۳۰-۳۵	نسبتاً خوب	گفتگوی بلند شنیده می‌شود، گفتگوی عادی قابل شنیدن است ولی مفهوم نیست.
۳۵-۴۰	خوب	گفتگوی بلند شنیده می‌شود اما مفهوم نیست، گفتگوی معمولی شنیده نمی‌شود.
۴۰-۴۵	بسیار خوب	گفتگوی با صدای بلند، صدای رادیو و تلویزیون با صدای متوسط، تنها به طور خفیف قابل شنیدن است.
۴۵-۵۰	نسبتاً عالی	گفتگوی بلند خیلی ضعیف شنیده می‌شود ولی تشخیص داده نمی‌شود.
> ۵۰	عالی	گفتگوی بلند با سختی زیادی شنیده می‌شود و یا قابل شنیدن نیست.

جدول ۱۸-۲-۲: حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) مورد نیاز برای جداکننده ها در

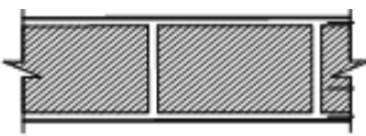
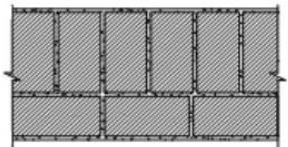
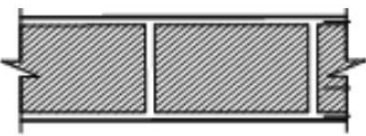
ساختمان های مسکونی

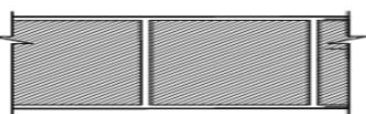
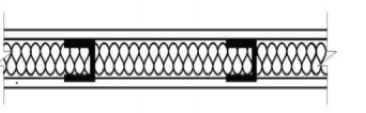
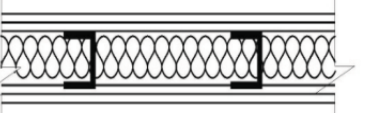
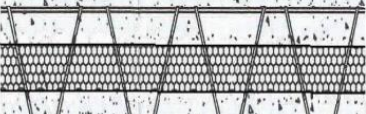
نوع جداکننده	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) بر حسب دسی بل
دیوار جداکننده بین دو واحد مجاور، سقف و کف	۵۰
دیوار جداکننده بین فضاهای تأسیساتی و واحد مسکونی	
پوسته خارجی ^۱ اتاق خواب یا نشیمن	۴۰
پوسته خارجی آشپزخانه	۳۵
جداکننده بین راهرو و واحد مسکونی	

با توجه به جدول فوق، دیوارهایی که شاخص کاهش صدای آنها از ۵۰ دسی بل بیشتر باشد برای دیوارهای خارجی و دیوار بین واحدهای مستقل در ساختمان های مسکونی قابل قبول است. این مقدار برای ساختمان های اداری ۴۵ دسی بل می باشد.

۱-۲-۲- مقادیر صدابندی دیوارها، پنجره و ...

مقادیر صدابندی هوابرد جداکننده ها

ساختار	ضخامت کلی (cm)	جزئیات اجرایی	STC یا R_w (dB)
دیوار آجر فشاری ۱۱ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۲ سانتیمتر	۱۵		۴۷
دیوار آجر فشاری ۳۳ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۱/۲۵ سانتیمتر	۳۵/۵		۵۶
دیوار آجر سفالی ۱۰ سانتیمتری، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی، به ضخامت ۱ سانتیمتر	۱۲		۴۲

۴۵		۱۲	دیوار با بلوک بتن سبک به ضخامت ۱۰ سانتیمتر، دو رو اندود با گچ به ضخامت ۱ سانتیمتر
۴۵		۷,۵	دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲,۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط
۵۰		۱۰	دیوار با صفحات روکش دار گچی (drywall): - دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱,۲۵ سانتیمتر در هر طرف - وادارهای ۵ سانتیمتری در فواصل ۶۲,۵ سانتیمتر - الیاف معدنی به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط
۴۶		۱۲	دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۴ سانتیمتر در دو طرف

جدول پ-۳-۳: مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از پنجره ها

نوع پنجره	STC یا R_w (dB)
پنجره کاملاً باز	تقریباً ۵
هر نوع پنجره ای در نما، هنگامی که اندکی باز باشد.	۱۰ - ۱۵
پنجره تک جدار با شیشه ۴ میلیمتری، درزبندی شده	۲۵
پنجره تک جدار با شیشه ۶ میلیمتری، درزبندی شده	۲۷
پنجره تک جدار با شیشه ۱۰ میلیمتری، درزبندی شده	۳۰
پنجره با شیشه دوجداره (۶+۱۲+۴ میلیمتر)، درزبندی شده	۳۵
پنجره با شیشه دوجداره (۶ لمینیت + ۱۹ میلیمتر) درزبندی شده	۳۸
پنجره با شیشه دوجداره (۹ لمینیت + ۱۹ میلیمتر) درزبندی شده	۳۹

جدول پ-۳-۴: مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از درها

نوع در	STC یا R_w (dB)
در چوبی توخالی به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر درزبندی شده	۲۰
در فلزی توخالی به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر درزبندی شده	۲۸
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۱۹ کیلوگرم بر مترمربع، بدون درزبندی	۲۰
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۱۹ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۲۸
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۲۴/۵ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۳۱
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۲۵/۵ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۳۶
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۳۲/۷ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۳۹
در چوبی توپر به ضخامت ۴/۵ سانتیمتر، به چگالی سطحی ۳۴/۲ کیلوگرم بر مترمربع، درزبندی شده	۴۵

۱-۲-۳- سایر روشهای افزایش صدابندی

مصالح جاذب صوت:

مصالح جاذب امواج صوتی یا بصورت تایل های سوراخدار متشکل از الیاف هستند و یا شامل اندود های ساخته شده از مصالح جاذب صوت میباشند. البته عایق های صوتی بصورت اندود نیز وجود دارند که بسیار موثرند و در ساختمانهای در حال ساخت استفاده میگردند.

کاهش صدای کوبه ای:

سه روش برای افزایش صدابندی سقف در برابر صدای کوبه ای وجود دارد:

(الف) مفروش کردن کف سقف با لایه کشسان مثل موکت و فرش

(ب) ایجاد سقف کاذب پیوسته زیر سقف اصلی

(ج) بکار بردن یک ماده کشسان بین کف تمام شده و سقف اصلی (مانند مواد الیافی) که به آن کف شناور گویند.



۳-۱- عایق کاری رطوبتی

این عایق همانطوریکه از نامش پیداست جهت جلوگیری آب و نشت مایعات و اصطلاحاً (نم) بکار میرود. از ابتدایی ترین آنها میتوان از ملات کاه گل پشت بامهای قدیمی نام برد. عایق های رطوبتی امروزه عبارتند از * قیر و گونی * عایق قیری با پلیمر اصلاح شده (ایزوگام) * پرایمر ها * و عایق سفید ورق نایلون و یا پوشش های بافت دار نظیر برزنت همچنین قیر اندود نمودن سطوح و یا مواد اسفنجی و بکار بردن قلوه سنگ (بلوکاژ) و (یا بکار بردن لیکا فله ای در کف) و نظایر اینها میتوانند جزو عایق های رطوبتی بشمار آیند. جالب است بدانید ضد زنگ نیز یک نوع عایق رطوبتی محسوب میشود.

۴-۱- عایق مقاوم در برابر آتش سوزی

این عایق ها میتوانند در انواع مصالح مختلف یا در رنگ های پاششی مختلف، عبور بالای حرارت ناشی از آتش سوزی را در زمان های تعیین شده به تاخیر بیاورند. رنگ های مقاوم در برابر حریق در اثر گرما از خود گاز نیتروژن و کربنیک متصاعد میکنند که تا در مدت ذکر شده مانع از رسیدن اکسیژن به آتش میشود.

۵-۱- عایق شیمیایی

این نوع از عایق ها بیشتر نقش محافظ دارند و باعث تثبیت مواد و جلوگیری از تماس آنها با عوامل خورنده میگرددند. مثل رنگ ضد زنگ بروی اعضای فولادی جهت ممانعت ترکیب آنها با اکسیژن هوا و یا پاشیدن مواد قیری بروی چوب برای جلوگیری از پوسیدن و پوک شدن توسط حشرات و مثال دیگر خمیرهای شیمیایی درز گیر پنجره هاست.

۶-۱- عایق پرتوی

این قبیل عایق ها ضد اشعه بوده و از عبور مواد رادیو آکتیو و تشعشعات مضر و مخرب برای سلامت انسان جلوگیری میکند. این عایق ها بیشتر در پوشش خارجی اتاقهای رایو لوژی بیمارستانها و امثال آنها کار برد دارد.