

## جزوه مصالح ساختمانی

«قسمت دوم: گچ، آجر، کاشی، پلاستیک و چوب»

«گچ»

### سنگ گچ

گچ یکی از سیمانهای است که از گذشته های دور ، مورد استفاده بوده است. گچ را از حرارت دادن سنگ گچ  $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$  بدست می آورند. در ایران ، سنگ گچ بوفور یافت می شود. این سنگها عمدتاً بصورت سنگهای رسوبی است که در دریا رسوب کرده اند. این رسوبات، هم بصورت بلوری است و هم غیر بلوری. سنگ گچ خالص، سفید رنگ است و ناخالصیها، آنرا به رنگهای گوناگون در می آورند. قابلیت حل شدن سنگ گچ در آب بسیار کم می باشد؛ بطوریکه یک قسمت از سنگ گچ، در ۴۹۵ قسمت آب حل می شود. ویژگی این سنگ، حل شدن آن در اسید کلریدریک غلیظ است. ولی در اسید سولفوریک حل نمی شود. (از این ویژگی جهت تشخیص سنگ گچ می توان استفاده کرد.) همچنین باید دانست که روی سنگ گچ رستی نمی روید و گیاهی سبز نمی شود. اما توجه به این نکته نیز لازم است که با مشاهده پوشش گیاهی در یک منطقه نمی توان به عدم وجود این سنگ در آن ناحیه پی

برد. زیرا در بسیاری از مناطق، روی لایه های سنگ گچ را لایه ای از خاک مناسب جهت رویش گیاه می پوشاند و رستنیها در این لایه مناسب می رویند.

### تولید گچ

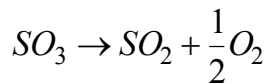
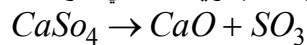
همانطور که ذکر شد، جهت تولید گچ، سنگ گچ را حرارت می دهند. مراحل واکنشهای انجام شده طی ای فرایند، بشرح ذیل است:

تا دمای حدود  $107^{\circ}\text{C}$ ، آب تبلور در سنگ هنوز باقی است. از دمای  $107^{\circ}\text{C}$  به بالا، عمل تبخیر، کم کم شروع می شود. وقتی به دمای حدود  $180^{\circ}\text{C}$  برسیم، ماده موجود بصورت  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  می باشد. یعنی سنگ گچ  $\frac{1}{5}$  ملکول

آب از دست داده است. به این ماده، گچ ساختمانی می گویند. گچ ساختمانی بسرعت با آب ترکیب شده،  $\frac{1}{5}$  ملکول آب می گیرد و به سنگ گچ تبدیل می شود. ولی بعلت واکنشهایی که در آن اتفاق افتاده، مقاومت آن از مقاومت سنگ گچ اولیه کمتر است. اگر حرارت کوره را بیافزاییم تا به دمای حدود  $200^{\circ}\text{C}$  برسیم، بصورت  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{3}\text{H}_2\text{O}$  حاصل می شود. این ماده بسیار سریع با آب ترکیب می شود؛ اما زمان گیرش آن از زمان گیرش سنگ

گچ ساختمانی - که حدود ۳ تا ۴ دقیقه می‌باشد - طولانی‌تر است. به این ماده، گچ اندود گفته، در سفید کاری مصرف می‌شود. اگر با افزایش حرارت، به دمای حدود  $300^{\circ}\text{C}$  دست پیدا بکنیم، سنگ گچ به  $\text{CaSO}_4$  تبدیل می‌شود که میل ترکیبی بسیار زیادی با آب دارد. این ماده حتی می‌تواند از هوا رطوبت جذب کند که در این صورت به  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  تبدیل می‌شود. اگر باز هم دما را تا بیش از  $320^{\circ}\text{C}$  بالا ببریم، سنگ گچ می‌سوزد و میل ترکیبی خود با آب را از دست می‌دهد.

سنگ گچ در دمای  $800^{\circ}\text{C}$  طبق فرمولهای ذیل تجزیه می‌شود:



تذکر :  $\text{CaO}$  همان آهک زنده است.

پس، از حرارت دادن بیش از حد سنگ گچ، آهک بوجود می‌آید. اگر در سفید کاری، از گچی که آهک به‌مراه دارد استفاده شود، یک روز بعد مشاهده می‌شود که تکه‌هایی از آن سطح گچی بیرون پریده و اصطلاحاً آلوئک کرده. دلیل آن اینست که این تکه‌های کوچک، در هسته مرکزی خود، آهک دارند که با جذب آب منبسط شده، بیرون می‌پرد. بطور کلی سه نوع سنگ گچ داریم:

۱- سنگ گچ بلوره نشده: که عمدتاً از رسوبات است.

۲- سنگ گچ بلوره شده: بصورت لایه لایه و شیشه ای .

۳- سنگ گچ مرمری: که به آن Alubuster نیز می‌گویند.

سنگی است آرایشی و تزئینی که تراشکاران سنگ در شهرهای قم و شهر ری آنرا تراش داده، وسایل تزئینی می‌سازند. این سنگ، شباهت زیادی با سنگ مرمر دارد. با این تفاوت که سنگ مرمر بسیار سخت است و نمی‌توان آنرا تراش داد. در حالیکه Alubuster چنین نیست.

### تولید گچ

اولین مرحله در تولید گچ، استخراج سنگ گچ است. بعد آنرا خرد کرده، حرارت می‌دهند. جهت حرارت دادن سنگ گچ، انواع مختلفی از کوره وجود دارد که سه نوع آن متداولتر است.

۱- کوره چاهی یا گودالی: روش کار چنین است که گودالی در زمین حفر می‌کنند و سنگها را در آن بگونه‌ای می‌چینند که هوا و گرما از لابه‌لای آنها عبور کند. طبیعی است که چیدن سنگها برای دستیابی به این هدف، دقت زیادی می‌طلبد. از کنار کوره يك راه باریک به زیر آن باز می‌کنند. (قسمت زیرین کوره

را تون می‌نامند.) از زیر به کوره حرارت می‌دهند. در گذشته جهت سوخت، از هیزم و مدفوع استفاده می‌شد. حرارت آرام آرام ایجاد شده، افزایش می‌یافت و در عرض چند روز همه سنگها گرم می‌شد. امروزه منبع ایجاد حرارت در کوره ها، مشعلهایی است که توسط گازوئیل یا سایر مواد نفتی تغذیه می‌شوند. برای اینکه حرارت بالای کوره سریعتر به  $180^{\circ}\text{C}$  برسد، حرارت قسمت پایین را زیاد می‌کنند. در نتیجه دما در قسمت زیرین کوره با شیب زیادی افزایش میابد و قسمت عمده‌ای از سنگهای پایین کوره به آهک تبدیل می‌شود. از آنجا که نحوه برداشت از این کوره و توزیع محصول آن، بصورت مخلوط و فله‌ای است، گچ خریداری شده دارای مقداری آهک است که مصرف آن سبب ایجاد آلواک می‌شود. توجه به این نکته در عین جالب بودن، ضروری است که ممکن است کارخانه تولیدکننده گچ، در پاسخ به اعتراض مصرف کننده بگوید که در هنگام استخراج، به رگه‌هایی از سنگ آهک برخوردیم. باید دانست که در فرآیند تبدیل سنگ آهک، به دمایی بیش از  $1000^{\circ}\text{C}$  نیاز است؛ در حالیکه در تولید گچ، اصولاً به دمایی بیش از  $200^{\circ}\text{C}$  نیاز نیست.

؟

در نهایت ، محصول بدست آمده از این کوره ها ، مخلوطی است از همه چیز با کیفیتی متغیر. این مسأله ، یکی از معایب اساسی این کوره‌هاست. بعبارت دیگر، یکی از بزرگترین عیوب این کوره‌ها ، کیفیت متغیر محصل آنهاست. از دیگر عیبهایی آنها ، ظرفیت کم تولید است. یکی از دیگر اشکالات آنها ، اتلاف انرژی و بعبارت دیگر ، مصرف زائد انرژی است . زیرا هر بار که کوره جهت تخلیه یا پرشدن باز می‌شود، مقدار زیادی از حرارت درونی آن هدر می‌رود و در سری بعدی تولید گچ مجدداً باید آن مقدار حرارت، داده شود. اشکال بعدی این قبیل کوره‌ها، داشتن نیروی انسانی بی‌کار است. به این معنی که در طی مدت زمانی که کوره در حال گرم شدن است ( حدود دو روز) ، کارگران آن کوره بی‌کار هستند. البته جهت حل این معضل، در بسیاری مکانها، سه کوره چاهی در کنار یکدیگر حفر می‌کنند تا همواره یکی در حال بارگیری، یکی در حال گرم شدن و دیگری در حال تخلیه باشد. امتیاز عمده این کوره‌ها، آسان بودن ساخت و عدم نیاز به سرمایه هنگفت می‌باشد.

۲- کوره تاوه اي : ظرفي است فولادي با وسطي برآمده و يك همزن كه همواره و بطور يكنواخت، عمل همزدن را انجام مي‌دهد. حرارت از اطراف و پايين و مركز برآمده ظرف به داخل آن انتقال مي‌يابد. هنگامي كه سنگ گچ را در اين كوره مي‌ريزند، از آنجائيكه همزمان هم از كليه جهات حرارت به سنگها مي‌رسد و هم همزن آنها را مخلوط مي‌كند، همه قسمتها كاملاً يكسان حرارت مي‌بيند و محصول آن نيز كيفيتي كاملاً يكنواخت دارد. اما مشكل اين كوره آنست كه توليد آن بصورت پيوسته نيست. هر بار بايد كوره را بارگيري و تخليه نمود كه اين امر سبب اتلاف مقدار قابل ملاحظه اي انرژي است. همچنين ظرفيت توليد آن كم است.

؟

۳- كوره گردنده: اين كوره بسيار شبیه كوره هاي افقي در صنعت توليد سيمان است. نسبت به افق داراي شیب کمی است. از بالا سنگ گچ وارد و از پايين گچ خارج مي‌شود. اين كوره از كوره هاي سيمان بسيار ساده تر است. زيرا در توليد سيمان به دماي حدود  $1400^{\circ}\text{C}$  نياز است كه وجود پوششهاي عايق و نسوز را ايجاب مي‌كند. در حاليكه در توليد گچ، صحبت از

دمای حدود  $200^{\circ}\text{C}$  است که به فولاد آسیب نمی‌رساند و در نتیجه نیازی به پوشش‌های عایق و آجرهای نسوز نیست. همچنین طول این کوره بسیار کمتر از طول کوره سیمان است. مشعل این نوع کوره نیز به دو صورت است: یکی آنکه مشعل در پایین کوره مستقیماً شعله را روی سنگها پخش می‌کند که در این صورت، همان مشکل عدم تعادل در حرارت دیدن پیش می‌آید. وجه دیگر آنکه از درون کوره، لوله‌ای عبور می‌دهند و حرارت مشعل را به داخل آن لوله هدایت می‌کنند. خود کوره نیز درون لایه گرم دیگری قرار می‌گیرد. در این صورت، حرارت، همانند کوره تاوه‌ای. بصورت یکنواخت توزیع می‌شود. تولید این قبیل کوره‌ها، پیوسته و زیاد است. اتلاف انرژی حرارتی هم ندارند. گچی که از پایین کوره خارج می‌شود، پس از آسیاب شدن، در کیسه‌های مخصوص ۴۰ کیلوگرمی بسته بندی می‌گردد.

؟

### خصوصیات گچ

زمان گیرش: ۶۷ تا ۸۸ گرم گچ در یک لیتر آب حل می‌شود. حداقل زمان گیرش گچ ساختمانی ۴ دقیقه و حداکثر آن ۸ یا ۱۰ دقیقه است. همچنین کمینه زمان



گیرش گج اندود ۸ دقیقه و بیشینه آن، ۶۰ دقیقه می‌باشد. جهت اندازه گیری زمان گیرش، از دستگاه ویکات Vicat که در بخش سیمان شرح داده شد، استفاده می‌کنیم. اگر از سوزن Vicat استفاده می‌کنیم، طبق آیین نامه ASTM آمریکا، مخلوط باید دانه‌های بسیار ریزی داشته باشد. در روش DIN آلمان نیز از سوزن مخروطی استفاده می‌کنیم. روش اندازه گیری زمان گیرش در کارگاه چنین است: دوغابی از گج تهیه کرده، درون ظرفی می‌ریزیم و با چاقو شکاف می‌دهیم. چون هنوز گیرش اتفاق نیفتاده، شکاف بسته می‌شود. این عمل را در زمان‌های مختلف آنقدر تکرار می‌کنیم تا اینکه شکاف بسته نشود. هر وقت شکاف بسته نشد، آن زمان، زمان گیرش اولیه است. جهت محاسبه زمان گیرش نهایی، توجه می‌کنیم که اگر جایی از سطح آظرف گچی را با انگشت دوبار بفشاریم و در آن مکان آب جمع نشد، آن هنگام زمان گیرش نهایی است.

**جمع شدگی:** گج ساختمانی ۱٪ افزایش حجم دارد. در نتیجه مسأله انقباض خوردن پس از گیرش که در مورد سیمان مطرح است، در مورد گج وجود ندارد و بعنوان مثال اگر در دیواری ترک وجود داشته باشد، می‌توان

آنرا با گچ پر کرد. به همین دلیل در گذشته و قبل از دستیابی به تکنولوژی جدید (پوشش رنگ، کاشی، سرامیک و ...) سطوح ساختمانها را فقط با گچ، اندود می‌کردند. البته باید دانست که سطح گچ بعلت نداشتن سوراخهای ریز، یک سطح صاف و بهداشتی است. از همین خاصیت گچ استفاده کرده، آنرا جهت پوشش سطوح وسیعی که نباید درز انبساط داشته باشند، بکار می‌برند.

اثر بر فلزات: یکی از خصوصیات گچ اینست که فلزات را سولفاته می‌کند. در نتیجه فلزات نباید مستقیماً در تماس با گچ باشند و لازم است پیش از تماس با گچ، از پوشش ضد زنگ برخوردار شوند.

محافظ در برابر آتش: یکی دیگر از امتیازات گچ، آنست که لایه ای است محافظ در برابر آتش. فرایند محافظت در برابر آتش توسط گچ چنین است که فرض کنید روی یک ستون فولادی، با لایه ای از گچ پوشیده شده باشد. در صورت آتش سوزی، آب تبلور  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  تبخیر شده، لایه ای از بخار آب روی فولاد را می‌گیرد. در نتیجه با وجودی که دمای محیط در اثر آتش سوزی بالا می‌رود، دمای ستون فولادی تا مدتی روی  $100^{\circ}C$  می‌ماند و

همین مقدار زمان برای رسیدن نیروهای آتش سوزی و اطفاء حریق کافی است.

مقاومت : مقاومت گچ به مقدار آب موجود در خمیر گچ و همچنین به دمایی که در آن گیرش حاصل می‌شود، بستگی دارد. مقاومت گچ برخلاف سیمان، با سرعت زیاد می‌شود و بعد ثابت می‌ماند. برای اندازه گیری مقاومت، چون برخلاف سیمان مسأله جمع شدگی مطرح نیست، مستقیماً خمیر گچ را قالب می‌زنیم. عملیات قالب‌بندی یک روز بطول می‌انجامد. بعد گچ قالب خورده را مدت ۲۴ ساعت در آب قرار می‌دهیم و سپس آنرا می‌گذاریم تا به وضعیت ثابتی برسد و در نهایت اندازه گیری را انجام می‌دهیم. با افزودن ماسه به گچ، می‌توان مقاومت فشاری آنرا افزایش داد. در بعضی موارد، این عدد به  $80 \frac{kg}{cm^2}$  نیز می‌رسد.

؟

واکنش در برابر رطوبت و سایر خواص: یکی از معایب گچ آنست که در برابر رطوبت مقاوم نیست و اصطلاحاً *طبله* می‌کند. البته می‌توان با افزودن ترکیبات پلیمری به گچ، گچ ضد آب بدست آورد. لکن گچ

معمولی توانایی مقاومت در برابر رطوبت را ندارد. گچ از سایر مصالح ساختمانی سرامیکی سبکتر است. وزن مخصوص دانه‌ای آن،  $2/8$  و وزن مخصوص انبوهی آن،  $0/85$  می‌باشد. باید توجه کرد که سبک بودن گچ، یکی از امتیازات آنست. سطوح گچی در برابر انتقال حرارت و همچنین صوت، عایق محسوب می‌شوند. در نهایت یادآوری می‌شود که گچ، جزء مصالح سرامیکی است.

#### کاربردهای گچ

آخرین مطلبی که در مورد گچ توضیح داده می‌شود، کاربردهای آنست. کاربرد گچ بصورت سنتی در طاق ضربی است. اصول کلی طاق ضربی چنین است که در طول فضایی که می‌خواهند سقف بزنند، تعدادی تیرآهن به موازات هم قرار می‌دهند و بعد بین این تیرآهنها، آجرها را بصورت قوس‌دار می‌چینند تا با استفاده از خاصیت انتقال نیرو در قوس، نیروی بار وارد بر سقف، به تیرآهنها منتقل شود. در این نوع سقف، چون آجرها باید سریع به یکدیگر بچسبند، با توجه به اینکه زمان گیرش گچ بسیار کوتاه است، بعنوان ملات از گچ استفاده می‌کنند. امروزه با پیدایش صنعت بتن و سیمان پرتلند، در سقفها از تیرچه بلوک

استفاده می‌شود و کاربرد گچ بیشتر در سفیدکاری بروز یافته است. اما نکته قابل توجه اینست که سفیدکاری بصورت سنتی، بسیار پرهزینه و یافتن استادکار ماهر، مشکل است. به این دلیل هم اکنون روشهای جدیدی از کاربرد گچ در ساختمان جهت کاهش هزینه بکار گرفته می‌شود. این روشها عمدتاً تولید و استعمال فرآورده‌ها و قطعات پیش ساخته گچی است.

در صنعت فرآورده های گچی، پیش ساخته در کارخانه تولید و در کارگاه فقط نصب می‌شوند. انواع مختلفی از فرآورده های گچی وجود دارد. در تولید این قطعات، از مواد پرکننده هم استفاده می‌شود. بعنوان مثال، با افزودن ماسه، قطعات سنگین تر و البته با مقاومت بیشتر بدست می‌آورند. تولید گاز کند و ایجاد تخلخل نماید. مثلاً افزودن آب اکسیژنه سبب تولید هیدروژن و ایجاد تخلخل می‌شود. از مواد زائد دیگر مانند کاه، خاک اره، نی خرد شده - که در صنعت نیشکر بنام باگاس شناخته می‌شود- و مواد زائد کشاورزی و صنعتی، بعنوان پرکننده استفاده می‌شود.

قطعات گچی ساخته شده به دو صورت است: تیغه های گچی، ورقه های گچی.

## تیغه های گچی

در کشورهای خارجی، از تیغه های گچی با ابعاد در حدوده یا ۶ متر در ۳ متر استفاده می شود. جهت سهولت در جابجا کردن این قطعات، در آنها قلابهایی از میلگرد با پوشش ضدزنگ قرار می دهند. در داخل این قطعات، مکان در و پنجره و کلید و پریز و ... از پیش تعبیه می شود. در کارگاه ساختمانی، قبل از زدن سقف، این تیغه ها توسط جرثقیل به طبقات مختلف حمل می شود و نصب می گردد. یکی از امتیازات این قطعات، کاهش زمان اتمام پروژه است. به این معنی که جهت ساخت هر دیوار در کارگاه، بجای صرف دو روز وقت، در عرض نیم ساعت می توان به مقصود دست یافت.

؟

این روش، شیوه مناسبی است. اما از آنجا که در کارگاههای داخلی از شرایط ضعیف حمل و نقل و بالابر برخورداریم، امکان استفاده از این روش مهیا نیست. در ایران، ساخت تیغه، از قطعات کوچک گچی با ابعاد ۵۰×۵۰ یا ۴۰×۶۰ سانتیمتر مربع یا سایر ابعاد مشابه با ضخامت ۶ یا ۷ سانتیمتر استفاده می شود که در طرفین آنها فرورفتگیها و برجستگیهایی وجود دارد

و در هنگام نصب، با قراردادن لایه‌ای از گچ بین آنها ، این زائده‌ها داخل یکدیگر جفت می‌شوند. امتیاز این قطعات نسبت به آجر اینست که بجای کار با قطعات کوچک آجری، با این قطعات کار می‌کنیم. اما عیب عمده آنها، شکننده بودن و ضربه پذیر بودن آنهاست. این مشکل با بکارگیری تارهای شیشه‌ای قابل حل می‌باشد که در ادامه توضیح داده خواهد شد. یکی از روشهای تولید این قطعات که البته بیشتر در کارگاهها استفاده می‌شود، آنست که از میزهای مخصوص قابل تنظیم به ابعاد مختلف استفاده شود. ابعاد میزها را متناسب با ابعاد قطعات خواسته شده ، تنظیم می‌کنند و سپس دوغاب گچ را می‌ریزند تا گیرش حاصل کند و قطعه گچی آماده شود. اما اگر بخواهند به قطعات سبکتری با همان ابعاد دست یابند، قبل از ریختن دوغاب گچ، در سطح میز لوله‌هایی توخالی را – که جهت نچسبیدن گچ به آنها، روغنی می‌شوند – با فواصل مناسب بموازات یکدیگر می‌چینند و بعد دوغاب می‌ریزند و قبل از کامل شدن گیرش گچ ، آن لوله‌ها را خارج می‌کنند. این امر سبب سوراخ دار شدن قطعات و در نتیجه سبکتر بودن آنها می‌شود.

تذکره: در ساختن سازه های مرتفع ، جهت نصب تیغه ها باید از بالا شروع کرد؛ نه از پایین . زیرا اگر از پایین شروع کنیم ، بارهای بالایی تیغه را می شکنند. در حالیکه اگر از بالا شروع به نصب نماییم ، تا به پایین برسیم ، ساختمان تغییر شکل ناشی از بارگذاری را کرده و به تیغه ها آسیب نمی رسد.

ورقه های گچی

این ورقه ها همانند تخته های کلاسی است، اما از گچ صفحه های گچی را روی هر سطحی که بخواهند ، قرار می دهند و پیچ یا پرچ می کنند. روش نصب این ورقه ها در کارگاه ، توسط ابزار نجاری است. این ورقه ها به دو صورت ساخته می شوند. معمولاً کلاسی از مقوا را بصورت مارپیچ خم می کنند و اطراف آنرا می بندند و داخل آنرا دوغاب گچ می ریزند. پس از گیرش ، بالا و پایین آنرا می برند. در نتیجه ورقه هایی بوجود می آید که اطراف آن مقواست . در روش دیگر ، ورقه ای از مقوا را روی یک میز قرار می دهند و روی آن ، دوغاب گچ می ریزند. سپس ورقه ای دیگر از مقوا را روی آنها قرار می دهند و پس از حاصل شدن گیرش ، جهت یکسان شدن مقاطع ، اطراف آنرا برش می دهند. توجه کنید که تمام



امتیاز این ورقه‌ها، بخاطر وجود همان لایه‌های مقواست که از شکنندگی آنها جلوگیری می‌کند و می‌توان با انتخاب رنگ‌های مختلف مقوا، به ورق‌های رنگی مختلفی دست یافت.

؟

تارهای شیشه‌ای

تا اینجا کاربردهای گچ تحت دو عنوان مطرح شد:

۱- مصالح ساختمانی: که کم‌کم کاربرد خود را از دست می‌دهد.

۲- فرآورده‌های گچی: بصورت قطعات پیش‌ساخته.

اما فرآورده‌های گچی، همانطور که در پیش‌ذکر شد، بصورت شایسته در برابر ضربه مقاوم نیستند. یکی از راه‌های تقویت قطعات گچی در برابر ضربه، استفاده

از الیاف است: تار شیشه‌ای Glass Fibre

علم اضافه کردن الیاف به خمیر اصلی، امروزه بنام علم مواد مرکب Composite Materials مطرح است. اساس این علم، همان شیوه کامل‌گل است که در گذشته در ایران استفاده می‌شده است. در ساخت کاه گل، هدف از افزودن کاه، جلوگیری از ترک خوردن و افزایش کششی گل بود. در بعضی جاها بجای کاه از موی بز

استفاده می‌کردند. امروزه این علم، مخصوصاً در قسمت لاستیکها، احیا و بهینه شده است.

پس اساس علم مواد مرکب آنست که خمیره يك ماده اصلي را با اليافي تركيب مي‌کنند تا ماده‌اي جديد با خواصي جديد بدست آيد. قسمتهايي از بدنه اتومبيل و سپر آن، بدنه هواپیما، صندليهاي پلاستيكي، كيفهاي مختلف و ... همگي از مواد مرکب ساخته شده است. در قطعات پيش ساخته گچي نيز جهت افزايش مقاومت در برابر ضربه، از اين الياف استفاده مي‌شود. اليافي بقطر چند ميكرون را بصورت دسته کنار هم قرار مي‌دهند كه تشكيل كلاف مي‌دهند. هنگام ساخت فرآورده‌هاي گچي، اين الياف را كاملاً از هم باز و خمير را لابه لاي آنها پخش مي‌کنند.

روابط بين تنش و کرنش در تار و خمير

E : مدول الاستيسيته

m : matrix خمير

f : fiber تار

u : ultimate نهايي

$\sigma$  : تنش

$\varepsilon$  : تغيير شكل نسبي (كرنش)

شرط اول : مدول الاستیسیته تار باید بیش از مدول الاستیسیته خمیر باشد. در غیر این صورت، بکار بردن الیاف، سبب تضعیف خمیر است.

$$E_f > E_m$$

شرط دوم: تغییر شکل نهایی خمیر باید بیش از تغییر شکل نهایی تار باشد. وگرنه، قبل از رسیدن به مقاومت نهایی تار، قطعه شکسته می‌شود.

$$\varepsilon_m^u > \varepsilon_f^u$$

برای حالت جهت داده شده، چند فرمول تقریبی بصورت

ذیل داریم:

$$\sigma_c (\text{جسم مرکب}) = \sigma_f v_f (\text{حجم}) + \sigma_m v_m$$

$$\sigma_c = \sigma_f v_f + \sigma_m' (1 - v_f) \quad v_f = \frac{\sigma_m - \sigma_m'}{\sigma_f - \sigma_m'}$$

در حجم بحرانی (بهترین حجم تار در خمیر)  $\sigma_c = \sigma_m$

یعنی هر چه مقاومت تار بیشتر باشد، درصد حجمی تار مورد نیاز کمتر است. خصوصیتی که تارها به خمیر

می‌دهند، بدین شرح است:

۱- افزایش مقاومت کششی

۲- افزایش مقاومت ضربه ای

۳- افزایش مدول الاستیسیته

۴- بهبود خواص خزشی و خستگی

خزش : تغییر شکل تحت بار ثابت را خزش گویند.

در فلزات ، بارگذاری سبب تغییر شکلی است که متناسب با مقدار بار است و اگر میزان بار را افزایش ندهیم، تغییر شکل بیشتری نخواهیم داشت. اما در مصالح سرامیکی، پس از اعمال بار ، حتی با ثابت نگاه داشتن میزان آن ، باز تغییر شکل ادامه پیدا می کند. طراح ساختمان در هنگام طراحی باید این تغییر شکلها را در نظر داشته باشد و در محاسبات خویش دخالت دهد. در غیر این صورت ، ترکهایی در سازه بوجود می آید که سبب تخریب آن می شود.

خستگی: تغییر شکل تحت بار متناوب را خستگی گویند.

جهت درك بهتر بار متناوب، پلی را در نظر بگیرید که مرتب اتومبیلهایی با وزنهایی مختلف از روی آن عبور می کنند. قرار دادن الیاف در خمیر، به دو صورت است:

۱- جهت داده شده: الیاف را در جهتی خاص در خمیر قرار می دهند.

۲- بصورت پراکنده Random: الیاف در جهات مختلف و تصادفی در خمیر قرار می گیرند.

روش اول: در این روش ، کلاف تار را در برابر دستگاهی که با فشار، تولید جریان هوا می کند، قرار

می‌دهند تا تارهای بطور کامل از هم باز شوند . سپس تارهای باز شده را در مخزنی که حاوی دوغاب گچ است ، وارد می‌کنند. تارها کاملاً به خمیر گچ آغشته می‌شوند. بعد خمیر مخلوط با الیاف را قالب می‌زنند و در نهایت ، با آبیگری از قالبها با یکی از دو روش پرس یا سانتیفوژ ، قطعه گچی را بدست می‌آورند .

تذکر : در این روش ، گچی تنها در يك جهت تقویت شده ، در سایر جهات شکنندگی خود را حفظ می‌کند . به همین دلیل از روش جهت داده شده کمتر استفاده می‌شود .

روش دوم: الیاف باز شده به دستگای بنام تفنگ وارد می‌شوند. در قسمت مرکزی دستگاه ، استوانه‌ای پلاستیکی قرار دارد که روی آن تعدادی تیغ نصب شده است. این گردونه توسط جریان پرفشار هوا می‌چرخد . در اثر چرخش گردونه ، الیاف برش می‌خورند . با تنظیم فاصله بین تیغها ، می‌توان تارها را به طولهای دخواه برید .

دستگاه گچ پاش: در حالی که الیاف برش خورده در دستگاه تفنگ ، بسمت قالب بیرون رانده می‌شوند ، خمیر گچ که توسط دستگاه گچ پاش تهیه شده ، از بالا بر روی

الیاف و قالب پاشیده می‌شود. دستگاه گج پاش دارای دو حلقه حلزونی عمودی و افقی است که وظیفه تهیه دوغاب گج و هدایت آن بسمت لوله خروجی دستگاه را بر عهده دارند. قالب با حرکت رفت و برگشتی خود، سبب مخلوط شدن یکنواخت خمیر گج و الیاف می‌شود.

؟

تذکر : نکته مهم در قطعات مرکب، پخش یکنواخت تار داخل خمیر است.

از خواص بارز اینگونه محصولات، بالا بودن مقاومتهای ضربه‌ای و کششی و ... است. برای اینکه تارها بتوانند بصورت مفید عمل کنند، شرایطی بدین شرح لازم است:

۱- اندازه الیاف نباید از حد معینی کوچکتر و از حد معینی بزرگتر باشد. قطعات طولانی تار در خمیر، سبب گلوله شدن تارها و عدم نفوذ خمیر بین آنها و در نتیجه ضعیف شدن ماده حاصل می‌شود.

۲- درصد تار موجود در خمیر باید حدود ۸ تا ۱۰ درصد باشد. میزان الیاف کمتر از ۸٪ اثر لازم جهت افزایش مقاومت را ندارد و میزان بیش از ۱۰٪ نیز همان مشکل گلوله شدن و کاهش مقاومت را در پی دارد.

؟

امروزه علم مواد مرکب مخصوصاً در قسمت فلزات و پلاستیکها پیشرفت چشمگیری نموده و کتابهای زیادی در این زمینه به رشته تحریر درآمده. همچنین در این صنعت، تارهای مختلفی بکار گرفته شده است که جدیدترین و بحث برانگیزترین آنها، تارهای کربن است. در تارهای کربن، بر روی رشته های کربن عملیاتی انجام می دهند تا ملکولهای کربن در یک جهت کنار هم قرار بگیرند. این امر سبب ایجاد مقاومت کششی بسیار زیاد (چند برابر فولاد) می شود. (منظور از مقاومت، نسبت مقاومت به وزن است.) تار دیگری که مطرح است، تار شیشه ای می باشد. جهت داشتن تصویری واضحتر از تار شیشه ای، تارهای موجود در پشم شیشه را بخاطر آورید. برای اینکه از میزان چشمگیر توان توسعه این رشته در زمینه های گوناگون مطلع شوید، جالب است بدانید یکی از راههایی که برای مقاوم کردن ساختمان در برابر پیشنهاد شده بود، استفاده از الیاف کربن آغشته به سیمان گرداگرد ساختمان بود. در نهایت این رشته ای است بسیار توسعه یابنده و پیشرفت کننده.

**مصالح ساختمانی و آتش**

یکی از نکاتی که در ابتدا راجع به گچ ذکر شد، مقاومت آن در برابر آتش سوزی بود. بدین مناسبت مطالب اندکی در مورد رابطه مصالح ساختمانی و آتش بیان می‌کنیم.

در مورد مصالح ساختمانی سنتی، آتش سوزی، مطلب چندان مهمی نیست. اما مواد و مصالح ساختمانی جدید، در زمینه آتش سوزی بسیار متفاوتند. پلاستیکها و ... سریع آتش می‌گیرند و خطرات زیادی در پی دارند.

مقاومت مصالح در برابر آتش سوزی عبارت است از : تحمل درجه حرارت زیاد بدون از دست دادن قدرت تحمل بار. با توجه به این تعریف، فولاد در برابر آتش مقاوم نیست. زیرا با وجودی که ذوب نمی‌شود، توان تحمل بار را از دست می‌دهد. اما سرامیک مقاوم محسوب می‌شود. در سنجش مقاومت در برابر آتش، نکته دیگری که باید بدان توجه کرد، آنست که از آنجائیکه در بیشتر موارد جهت اطفاء حریق از آب استفاده می‌شود، مقاومت مصالح در برابر آب را نیز باید لحاظ نمود. از دیدگاه آتش، مصالح به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- غیر قابل اشتعال : مثل مصالح سرامیکی، آجر و سنگ که نمی‌سوزند، آتش نمی‌گیرند و دود نمی‌کنند.



۲- مقاوم در برابر آتش: این مصالح در برابر آتش، دود نمی‌کنند و نیم‌سوز می‌شوند و تا زمانی که آتش سوزی ادامه دارد، دود نیز متصاعد است. ولی با از بین رفتن آتش، دیگر دود نمی‌کنند. اینها مصالحی هستند که به آنها مواد ضد آتش تزریق شده است. در برخی کشورهای خارجی که ساختمانها دارای اسکلت چوبی است، به آن چوبها مواد نسوز تزریق می‌کنند.

۳- قابل اشتعال: در برابر آتش دود می‌کنند و می‌سوزند و از بین می‌روند. توجه به این نکته نیز ضروری است که تنها استعمال انواعی از پلاستیکها بعنوان مصالح ساختمانی مجاز است که در صورت بروز آتش سوزی، گازهای سمی تولید نکنند.

### «آجر»

آجرها بعنوان واحدهای ساختمانی منظور شده، به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

#### ۱- آجرهای رسی

۲- آجرهای ماسه آهکی (توضیحات کامل آن در بحث آهک تحت عنوان سخت شدن هیدروسیلیکاتی ارائه شده است.)  
قسمت اعظم آجرهای مورد مصرف، از نوع آجرهای رسی هستند. ایرانیان قدیم آجر را بخوبی می‌شناختند و

نمونه‌هایی از آجرکاری‌های بسیار جالب از زمان قدیم باقی مانده است که همگی گواه تبحر ایرانیان در تولید و بکارگیری آجر می‌باشد. اوج صنعت آجر ایران، در زمان ساسانیان بوده است.

در اینجا بحثی مطرح می‌شود و آن عبارت است از مقایسه مصالح ساختمانی قدیم و جدید. قطعاً مصالح ساختمانی جدید و از جمله آجرهای امروزی، بسیار بهتر از انواع قدیمی آن است. بقا و پایداری بودن عمارت‌های قدیمی به این معنی نیست که ما توان ساخت چنین آجرهایی را نداریم. بلکه ما قادر به ساخت انواع بهتری هستیم. ولی نکته قابل توجه اینست که در گذشته، اولاً تعداد ساختمان‌های در دست احداث کم بود و تعداد آجر مورد نیاز، اندک. ثانیاً نیروی کار، برآحتی و با قیمتی بسیار نازل یافت می‌شد. در حالیکه امروزه صحبت از هزاران واحد مسکونی و نیروی کار گرانقیمت است. چاره کار، تعویض نیروی انسانی با نیروی ماشین است. جایگزینی نیروی ماشینی هم مستلزم آشنایی با تکنولوژی ماشین و بدست آوردن فرهنگ ماشینی است. (که البته در کشور ما، ضعف عمده در قسمت دوم است.)

## خاك ، مهمترين عنصر ساخت آجر

در توليد آجر ، خشت خشك شده را حرارت مي دهند و آجر بدست مي آورند. خشت را از قالب زدن گل بدست مي آورند. گل ، مخلوط يکنواخت آب و خاك است. خاك ، جسم جامد همراه با آب و هواست. خاك رس، ماسه ، سنگ آهك ، سولفاتها، فلدسپات، تركيبات آهن، رستنيها و ... قسمت جامد خاك را تشكيل مي دهند.

## قسمت جامد خاك

**خاك رس:** خاك رس از پوشيدن فلدسپات و ميكا در سنگهاي آذرين مثل گرانيت بدست مي آيد. عامل پوسيدن ، آب باران است كه داراي اسيد كربنيك مي باشد. نوع خالص خاك رس ، كائولن نام دارد:  $Al_2O_3, SiO_2, nH_2O$  و همان خاكي است كه در صنعت ساخت چيني از آن بهره مي گيرند. كائولن دانه هايي پولكي و ورقه ورقه دارد. اين پولكها از دو ميكرون هم كوچكترند. خاك رس خالص سفيد رنگ است و ناخالصيها به آن رنگهاي مختلفي مي دهند:

FeO آنرا كبود رنگ مي كند.

$Fe_2O_3$  آنرا سرخ رنگ مي كند.

$Fe(OH)_3$  آنرا زرد رنگ می کند.

**ماسه :** اگر با خاک رس خالص آجر درست شود، پس از خشک شدن ترک می خورد و ثبات حجمی ندارد. برای رفع این عیب، به خاک رس ذرات ماسه می افزایند. این ذرات بصورت استخوان بندی عمل می کند و جمع شدگی را کنترل می نماید. جنس ماسه می تواند سیلیسی یا آهکی باشد. اما ذرات درشت ماسه، چه آهکی و چه سیلیسی، ایجاد مشکل می کنند. ذرات درشت سیلیس در گل، در هنگام حرارت دادن، با کسب حرارت منبسط می شود؛ در حالیکه خشت آجر در حال خشک شدن یا پخته شدن و جمع شدن است. در نتیجه آجر ترک می خورد. دانه های درشت آهک هم در اثر حرارت پخته شده، تبدیل به آهک می شود که با جذب آب منبسط شده، تکه ای از آجر را بیرون می اندازد. به این پدیده اصطلاحاً *آلواک* گویند.

سنگ آهک: یکی از دیگر از موادی است که می تواند همراه خاک باشد. مقدار اندک آن، باعث سفید شدن آجر است؛ در حالیکه میزان بیشتری از آن، سبب پایین آمدن نقطه ذوب و تولید آجر جوش می شود. ( آجر جوش، آجری است که در کوره ذوب شده و شکل هندسی خود

را از دست داده است.) در صد آهک در خاک آجر ،  
نباید بیش از ۳۰٪ باشد.

**سولفاتها :** سولفاتها بصورت سولفات عنصرهای سدیم،  
پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک وجود دارند و باعث  
می‌شوند که بعدها روی آجر سفیدک سولفاتی ظاهر  
شود.

**فلدسپات:** در فرایندهای تولدی آجر ، فلدسپات در  
نقش گدازآور عمل کرده، سبب پایین آمدن درجه حرارت  
حالت خمیری آجر می‌شود . در بسیاری از سرامیکها، از  
خاک با فلدسپات زیاد استفاده می‌کنند.

**ترکیبات آهن:** اکسیدهای آهن نیز گدازآورند. اگر  
 $Fe_2O_3$  در خاک به ۵٪ وزنش برسد، آن خاک سرخ رنگ  
می‌شود. از خاکهای با اکسید آهن بالا برای ساخت  
قطعات سفالی – که آب را از خود عبور نمی‌دهند –  
استفاده می‌شود. در برخی کشورهای خارجی، از این  
خاکها در صنعت سفال، جهت ساخت لوله‌های فاضلاب بهره  
می‌گیرند؛ در حالیکه در ایران، برای این مصرف از  
لوله‌های چدنی یا پلیکا استفاده می‌شود . کاربرد  
عمده سفال در کشورمان، در قسمتهای شمالی و برای

پوشش سقف است. در آجرهای نسوز، مقدار آهن خاک باید بسیار کم بوده ، از ۱٪ وزن خاک تجاوز نکند.

**رستنیها :** از دیگر مواد تشکیل دهنده خاک ، بقایایی گیاهان است که اگر همراه خاک باشند، در کوره میسوزند و جایشان خالی می شود . از این پدیده استفاده کرده، به خاک آجر ، مواد آلی میزنند تا پس از سوختن در کوره و خالی شدن جایشان، آجر سبک بدست آید. این آجرها ، کاربرد عایقی دارد.

## آب

آب به دو صورت در خاک وجود دارد: آب آزاد و آب جذب شده (که سبب مرطوب بودن خاک است.) آب جذب شده را تنها با استفاده از حرارت می توان آزاد کرد.

برای مخلوط آب و خاک، طبقه بندی بدین شرح وجود دارد:

یک مهندس سوئدی بنام Atterberg مخلوط آب و خاک را به پنج دسته تقسیم کرده است: آبکی ، شل ، خمیری، سفت و خشک.

گلی که برای تولید آجر استفاده می شود، باید حالت خمیری داشته باشد. برای پی بردن به حالت خمیری گل در آزمایشگاه ، از دستگاهی بنام " Cassagrand " یا

Atterberg استفاده می‌کنند. اما در کارگاه‌های ساختمانی، بدین منظور با خمیر مورد نظر، فتیله‌ای نازک بقطر ۳mm می‌سازند. اگر آن فتیله ترک نخورد و گل آن هم به دست نچسبد، خمیر آزمایش شده مطلوب می‌باشد.

### تولید آجر

در تولید آجر، دو شیوه مرسوم است. سنتی و ماشینی. البته بسیاری از کارخانه‌های کنونی از روش مابین این دو روش استفاده می‌کنند.

### روش سنتی

اولین قدم در تهیه آجر، تهیه خاک مناسب است. در روش سنتی، انتخاب خاک جنبه علمی نداشت. بلکه بصورت تجربی بود. بدین معنی که استاد آجر ساز، خاک را می‌دید و با لمس کردن و بوئیدن و... تشخیص می‌داد که آیا خاک مورد نظر، برای ساخت آجر مناسب بود یا خیر. پس از انتخاب خاک مناسب، خاک را به مکانی بنام "آب خوره" می‌بردند تا در آنجا با آب مخلوط شود. پس از گذشت چند روز، این گل را ورز می‌دادند تا خاک خوبی با آب مخلوط شود. عمل ورز دادن گل، توسط کارگران و با پا انجام می‌گرفت.

برای اینکه کارگران در حین ورز دادن گل، دانه های درشت را از خمیر اصلی جدا کنند، صاحب کار مقداری سکه با خاک مخلوط می‌کند تا کارگران به امید یافتن سکه، دانه های درشت را نیز جدا نمایند.

پس از چند روز ورز دادن، نوبت به قالب‌گیری می‌رسد. قالب‌گیری نیز توسط دست انجام می‌گردد. قالبها، از جنس چوب و بصورت چند خانه بود که گل را با دست در آنها می‌فشرده و سطح آنرا صاف می‌کردند. طبیعی بود که هر چه قالبزن بیشتر سطح گل را می‌فشرده، کیفیت آجر بهتر بود. اما از آنجا که کارگران بدنبال تولید بیشتر و سریعتر بودند و نه کیفیت خوب، از درست فشردن گل در قالب، خودداری می‌کردند و این امر سبب افت کیفیت در آجر شد. جهت حل این مشکل، پس از انقلاب، پرسهای پدالی ساخته شد. این نوع پرسها وسیله ای بود جهت درست فشردن قالبها و البته هم اکنون نیز در بعضی مناطق از این پرسها استفاده می‌شود.

در ادامه نوبت به خشک کردن خشته ها می‌رسد. در روش سنتی، جهت خشک کردن خشته ها از آفتاب استفاده می‌کردند. اگر در طول مدت خشک شدن، خشت را تنها از



يك طرف در برابر تابش خورشيد قرار مي‌دادند، يك طرف آن زودتر از طرف ديگر خشك مي‌شد و در نتيجه سطح آجر خميده مي‌شد. جهت رفع اين مشكل، پس از مدتي كه خشت باصطلاح خودش را گرفت، جهت قرار دادن آن در آفتاب را عوض مي‌کردند. نکته جالب در خشك كردن خشته‌ها آن بود كه از آنجا كه امكان خشك كردن خشته‌ها در زمستان وجود نداشت، در فصل گرما تعداد زيادي خشت را خشك مي‌کردند و محصول را بعنوان كلينكر آجر، زير پوششي از كاه گل نگهداري مي‌کردند و در زمستان، از آنها جهت توليد آجر بهره مي‌گرفتند.

مرحله بعدي، پختن آجر بود كه در آن، از كوره هاي سنتي استفاده مي‌شد. كوره سنتي چاهي بود كه در مبحث گچ نيز بدان اشاره شد. همانطور كه در قبل ذكر شد، در اين كوره‌ها خشته‌ها را بگونه‌اي مي‌چيدند كه جريان هوا از بين آنها عبور كند و از زير به خشته‌ها حرارت مي‌دادند. در قديم جهت سوخت، از چوب و مدفوع استفاده مي‌شد و در نتيجه حرارت آرام آرام بالا مي‌رفت و رسيدن حرارت به قسمتهاي بالايي كوره بسيار آهسته صورت مي‌گرفت. به همين جهت همه لايه‌ها تقريباً بطور يكسان حرارت كسب مي‌کردند. ليكن بعدها كه

سوخته‌های نفتی بکار گرفته شد ، جهت تسریع در امر تولید، درجه حرارت پایین را زیاد می‌کردند. طبیعتاً حرارت بصورت یکنواخت به خشته‌ها نمی‌رسید و در لایه‌های مختلف، آجرهایی با خواص متفاوت تولید می‌شد.

همانطور که گفتیم ، آجرهای این نوع از کوره‌ها ، از نظر خواص و کیفیت متفاوتند. از آنجا که خشته‌های زیرین بیش از حد نیاز حرارت می‌بینند، ذوب می‌شوند و تولید آجر جوش می‌کنند. یعنی پس از ذوب شدن با یکدیگر مخلوط می‌شوند و بصورت سنگی محکم بدون شکل هندسی خاص در می‌آیند. این آجرها شاید فقط بدرد پی ریزی بخورد. لایه بعدی آجرها ، سبز رنگ است که از نظر مقاومت و خواص . بهترین آجرهای کوره اند و دارای شکل هندسی دقیقی می‌باشند . لایه بعدی، آجرهای بھی رنگ (مایل به زرد) است . لایه‌های بعدی بترتیب عبارتند از : آجرهای سفید رنگ، آجرهای ابلغ (دارای لکه‌های قرمز و سفید) ، آجرهای قرمز و آخرین لایه ، آجرهای نپخته .

بعلت نحوه برداشت از این کوره‌ها، آجرهای رسیده به کارگاه ، از همه نوع هستند . امتیاز این کوره‌ها ساده بودن و هزینه کم ساخت است؛ در حالیکه اتلاف

انرژی ، کیفیت متفاوت محصول و تولید کم ، از عمده‌ترین مشکلات این قبیل کوره‌هاست. (اتلاف انرژی در این کوره‌ها بدلیل گرم و سرد شدن پی‌پی در هر بار بارگیری و تخلیه است.)

### روش ماشینی

در روش ماشینی، خاک بسیار مهم است و انتخاب خاک مناسب، اهمیتی بسزایی دارد.

خاک‌های مختلف را آزمایش می‌کنند تا به خاک مناسب دست یابند. البته در انتخاب معدن، علاوه بر کیفیت ، به کمیت خاک نیز توجه ویژه می‌کنند. معدن باید بگونه‌ای باشد که حداقل ۵۰ سال کارخانه را تغذیه نماید. انتخاب نمونه خاک برای آزمایش کم و کیفی ، با گمانه زدن است.

خاک با ماشین‌های مخصوص استخراج شده، پس از ورود به کارخانه ، به قسمت آسیاب می‌رود. این آسیاب از دو چرخ بزرگ و سنگین تشکیل شده که خاکها در اثر وزن چرخ‌های دوران کننده، آسیاب می‌شوند. در زیر این چرخها ، شبکه مشبکی است که خاک آسیاب شده از لابلای آن عبور می‌کند.

مرحله بعدي ، مخلوط کن است. اين مخلوط کن، همانند مخلوط کنهائي نانوآييدها ، داراي يك محور مركزي با تعدادي بازو در اطراف مي باشد. در اين مرحله ، مقداري نيز آب اضافه ميکنند و خاک مخلوط شده با آب ، بسمت آسياب والس ميروود تا بطور كامل ورز داده شود . آسياب والس از دو گردونه فلزي کنار هم تشکيل شده که گل مورد نظر با عبور از بين آنها، تحت فشار غلتکها کاملاً ورز داده ميشود و دانه هاي درشت آن از بين ميروود . خمير خروجي از آسياب والس آماده قالب زني است.

؟

در اين مرحله ، خمير وارد دستگاهي بنام بيرون ران يا Extruder ميشود. در قسمت مركزي اين دستگاه ، يك عضو حلزوني شکل (مشابه حلزوني چرخ گوشت) وجود دارد که خمير وارد شده به دستگاه را به جلو هدايت ميکند. از آنجائیکه ممکن است خمير هنوز مقداري حباب هوا داشته باشد، در مسير حرکت خمير داخل Extruder ، مناطق خلأ مجهز به صافي جلوگير از نفوذ خمير ، تعبیه شده است. اين مناطق حبابهاي هوا را جذب ميکنند و خميرهاي نهايي فاقد تخلخل ميشود. در قسمت خروجي دستگاه بيرون

ران، می‌توان قالب‌بهای مختلف با اشکال متفاوت را قرار داد و خمیر آماده را به صورتهای مورد نیاز قالب زد. البته توجه به این نکته ضروری است که اگر با چنین خمیری خشت زده شود، آجر نهایی بسیار سنگین خواهد بود. در نتیجه قالبها را بگونه‌ای می‌سازند که خشت حاصل، سوراخدار باشد. بدین منظور در قالب میله‌هایی نصب می‌کنند که بنام گُل قالب معروفند. گُل قالب باید آلیاژ مخصوصی داشته باشد و در برابر سایش مقاوم باشد.

؟

### دستگاه بیرون ران

در ادامه قالب زنی، مرحله برش زدن است. خمیر قالب خورده، پس از خروج از دستگاه Extruder روی میزی به جلو رانده می‌شود و به دو صورت برش می‌خورد:

۱- یک سیم مخصوص، هر چند لحظه یکبار پایین آمده، خمیر را باندازه طول یک آجر (۵cm) برش می‌دهد.

۲- پس از خروج مقدار معینی خمیر از دستگاه، چند سیم که بصورت شانه‌ای در کنار یکدیگر قرار دارند،

پایین آمده و خمیر را برش می‌دهد. در این حالت، در هر برش تعدادی آجر (بعنوان مثال ۱۵ آجر) ایجاد می‌شود. در اینجا نیز مسأله آلیاژ مخصوص سیم و مقاومت آن در برابر سایش مطرح است.

دستگاهی بنام جمع کننده یا **Staker** خشتهای آماده را از روی میز جمع می‌کند و روی واگنهایی که به دستگاه خشک‌کن می‌روند، می‌چیند. در صنعت تولید آجر به روش اتوماتیک، از دو نوع خشک‌کن بهره می‌گیرند: اتاقکی و تونلی.

### **اتاقکی:**

تعدادی اتاق است که در کنار یکدیگر قرار دارند. واگنها داخل این سلولها قرار می‌گیرند و پس از بسته شدن در سلولها، جریان هوایی از پایین به بالا ایجاد می‌شود. (بدلیل آنکه هوای گرم از پایین دمیده و از بالا مکیده می‌شود.) تذکر: در هر نوع خشک‌کن، لازم است خشتهها بتدریج خشک شوند. سریع خشک‌کردن خشتهها، باعث ترک خوردن آنها می‌گردد.

### **تونلی:**

تونل ، سالن درازي است که داخل آن ریل‌گذاري شده .  
واگنهای حامل خشت، از يك طرف تونل داخل می‌شوند و  
در دمایی نچندان بالا (حدود ۶۰ تا ۷۰ درجه) حرارت  
می‌بینند. همچنین حرکت واگنها در داخل تونل، بسیار  
آهسته است. تمام شرایط بگونه‌اي با یکدیگر جمع  
شده‌اند که همانند آنچه پیشتر ذکر شد، خشته‌ها بتدریج  
خشک شوند. تذکر این نکته نیز مفید است که چون  
سرعت حرکت واگنها در داخل خشک کن بسیار سریعتر از  
حرکت آنها در کوره است، ظرفیت کوره تقریباً دو  
برابر ظرفیت خشک‌کن می‌باشد.

مرحله بعدی در تولید آجر ، پختن خشته‌های خشک شده  
است. کوره‌ها انواع مختلفی دارند که دو نوع عمده  
آنها عبارتند از:

۱- کوره هوفمن

۲- کوره تونلی

### **کوره هوفمن**

کوره هوفمن، دالانی است شبیه به شکل مقابل که در  
مرکز آن يك دودکش تعبیه شده است. بعلت کثیف بودن  
سوختها در گذشته ، دودکشها را بسیار بلند  
می‌ساختند. اما امروزه که از سوختهای تمیز نفتی و

بعضاً گاز طبیعی استفاده می‌کنند، دیگر نیازی به مرتفع ساختن دودکشها نیست.

؟

این دالانها به اتاقکهای کوچکتری تقسیم میشوند که به هر کدام از آنها قمیر<sup>۱</sup> گویند. در هر قمیر، خشتهای خشک شده را از پایین به بالا می‌چینند و در قمیر را نیز با آجر یا همان خشتها و با پوشش کاه گل می‌بندند. بالای هر قمیر، تعدادی سوراخ است. این سوراخها در واقع محل ورود حرارت به داخل قمیر است. بدین صورت که مشعلی مخصوص را روی این سوراخها بگونه‌ای قرار می‌دهند که شعله آن بطرف داخل قمیر زبانه کشد. پایین هر قمیر به دودکش راه دارد. دود و هوای گرم ایجاد شده، از طریق این راه ارتباطی وارد دودکش شده، به بیرون هدایت می‌شود. مشعل بنوبت روی قمیرها حرکت می‌کند. هر گاه خشتهای هر قمیر باندازه کافی حرارت دید، مشعل روی قمیر بعدی قرار می‌گیرد. در هر کوره، روش کار چنین است که همواره تعدادی قمیر در حال بارگیری، تعدادی در حال گرم شدن و مابقی در حال تخلیه‌اند. (تعداد قمیرهای



هر کوره می‌تواند تا حدود ۳۰ قمر نیز باشد.) لازم به ذکر است که این کوره‌ها بازدهی خوبی دارند.

؟

### کوره تونلی

جدیدترین کوره‌های پخت آجر، کوره‌های تونلی است. در داخل این تونلها نیز ریل‌گذاری شده است. واگنهای خارج شده از خشک کن وارد این تونلها میشوند. نحوه حرارت دیدن خشتها، در مناطق مختلف این کوره متفاوت است:

در قسمت اولیه کوره، واگنها به آهستگی حرکت میکنند تا باقیمانده آب خشتها در دمایی حدود  $100^{\circ}\text{C}$  تبخیر شود. در ادامه، مشعلهایی در کنار یا بالای مسیر حرکت واگنها نصب شده است که واگنها با سرعتی بیشتر، از مقابل آنها عبور میکنند. این روند افزایش سرعت حرکت تا رسیدن به مشعل اصلی ادامه دارد. محل مشعل اصلی، گرمترین جای کوره است و در حقیقت همان مکانی است که در آن، حالت چسبندگی سرامیکی اتفاق می‌افتد.

**چسبندگی سرامیکی چیست؟**

- در آجر ، مقداري خلل و فرج وجود دارد. در کنار مشعل اصلي كه دما در حدود ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه است، برخي مواد دروني آجر (مواد گداز آوري كه در ابتدا ذكر شد) ذوب شده، وارد خلل و فرجها ميشوند و سبب چسبیدن ساير مواد تشكيل دهنده آجر به يكديگر ميگردند. توجه داشته باشيد كه اگر حالت چسبندگي سراميكي اتفاق نيفتد، آجر توليد شده مقاومت كافي نخواهد داشت. بعبارتي لازمه مقاوم شدن آجر ، ايجاد چسبندگي سراميكي است و البته در کنار چسبندگي سراميكي، جمع شدگي نيز واقع ميشود كه در ادامه توضيح داده خواهد شد.

مرحله آخر در خط توليد آجر ، خارج كردن آجر از داخل كوره است. اين كار ، مخصوصاً در مورد آجرهاي توليدي در كوره هاي هوفمن، بايد آهسته و با دقت انجام گيرد تا آسيبي به آجرها نرسد.

### **ضايعات آجر**

در طول خط توليد آجر ، ضايعات فراواني مشاهده ميشود. ميزان حرارت نامناسب مشعل با خاك آجر ، سبب توليد آجر جوش يا آجر نيخته ميشود. در نتيجه در اطراف كوره ، يا ضايعاتي از نوع آجر جوش و يا

محصولات نامرغوب از نوع آجر نپخته داریم. همانطور که می‌دانید، تمام این ضایعات، ناشی از عدم هماهنگی درجه حرارت پخت با خاک مصرفی است و تنها راه جلوگیری از آن، آزمایش خاکها و انتخاب درجه حرارت پخت مناسب و همچنین محاسبه سرعت مناسب حرکت واگنهاست.

اما ضایعات آجر، تنها محدود به ضایعات خط تولید نمی‌شود. یکی دیگر از مشکلات آجر، نحوه توزیع آنست. در کشور ما چنین مرسوم است که بار آجر را با کمپرسی به کارگاه می‌آورند و توسط جک هیدرولیک کمپرسی، آنرا تخلیه می‌کنند. این نحوه حمل و تخلیه، باعث لب‌پر شدن و همچنین ایجاد نیمه آجر می‌شود که این هر دو، مقاومت آجر کاری را کم می‌کند. لازم بذکر است که آزمایش نشان می‌دهد شیوه علمی تهیه نیمه آجر برای آجرکاری، برش دادن آجر و تهیه نیمه آجر با شکل هندسی دقیق است. یکی از روشهای قابل قبول تخلیه آجر در کارگاهها، تخلیه آن روی یک سطح شیبدار و حرکت همزمان کمپرسی است.

اگر مسأله ضایعات آجر را با نگاهی عمیقتر و از دیدگاهی بنیادی‌تر بنگریم، در می‌یابیم که اگر در

شیوه بارگیری آجر تغییری بشرح ذیل اعمال کنیم ، دیگر در هنگام تخلیه آن دچار مشکل نمی‌شویم و آن تغییر اینست که بارگیری آجرها ، توسط Palet انجام گیرد . اگر آجرها قبل از بارگیری در Palet های ویژه چیده شوند، در موقع تخلیه و همچنین انتقال در کارگاه ، براحتی با جرثقیل قابل حمل هستند.

تذکر مهم : بطور کلی یکی از راههای رفع کمبود مصالح ساختمانی ، کاستن ضایعات آنهاست.

### **آزمایشهای خاک و خشت آجر**

بحث بعدی ، آزمایشهای آجر است که اولین و مهمترین آنها ، آزمایشهای خاک است. یک قسمت از آزمایشهای خاک ، آزمایشهای شیمیایی است که طی آن خاک را تجزیه کرده و انواع مواد داخل آن و درصد آنها را مشخص می‌کنند. دلیل آن ، تشخیص نوع و درصد مواد مضر درون خاک است. سری بعدی آزمایشها ، آزمایشهای فیزیکی خاک است که بترتیب شرح داده می‌شوند:

دانه‌بندی خاک: با روش هیدرومتری ، خاک را دانه بندی می‌کنند که نتیجه این آزمایش باید در محدوده خاصی باشد.

تعیین میزان رطوبت خاک: برای انجام این آزمایش ، نمونه ای از خاک را وزن می‌کنند و پس از آن، نمونه را مدت ۲۴ ساعت در دمای بین ۱۰۵ تا ۱۱۵ درجه در گرمچال (هاون) قرار می‌دهند. در پایان مدت زمان لازم برای ماندن در گرمچال ، مجدداً نمونه را وزن می‌کنند . جهت تعیین میزان رطوبت خاک ، وزن خاک تر منهای وزن خاک خشک بخش بر وزن خاک تر را بصورت درصد بیان می‌کنند.

میزان جمع شدگی خاک: برای داشتن یک آجرچینی خوب و زیبا مخصوصاً در نما، باید همه آجرها هم اندازه باشند. اندازه های مختلف آجر برای یک قالب، ناشی از عدم آشنایی با مسأله جمع شدگی است. جمع شدگی در آجر، در چند مرحله اتفاق می‌افتد:

۱- در مرحله خشک شدن

۲- در مرحله پخت

۳- تحت بار

اگر بدانیم خاک در کوره به چه میزان جمع می‌شود، می‌توان ابعاد قالب را بگونه‌ای تنظیم کرد که در نهایت آجرهایی هم اندازه داشته باشیم.

جمع شدگی در مرحله خشك شدن: يك خشت با ابعاد كاملاً مشخص، از گل مورد نظر تهیه می‌کنیم و آنرا همانند فرایند خشك شدن در تولید آجر ، خشك می‌کنیم . سپس ابعاد خشت خشك شده را اندازه می‌گیریم و اندازه های جدید را با اندازه های قبلي مقایسه کرده ، میزان جمع شدن را محاسبه می‌کنیم. جهت اندازه‌گیری ابعاد آجر از روش حجمی استفاده می‌کنند که شرح آن در ادامه خواهد آمد . علت اینکه در اندازه گیری ابعاد خشت خشك شده از وسایل عادي اندازه‌گیری طول مانند کولیس استفاده نمی‌شود آنست که احتمال دارد قالب گلي در طی خشك شدن ، انحنای پیدا کند که در اینصورت ، استفاده از کولیس و ... اندازه‌گیری دقیقی را به‌مراه نخواهد داشت.

\* توضیح صحیح چنین است : حجم خشت خام را اندازه می‌گیرند (حجم اولیه) خشت را با هر روشی که در کارخانه استفاده می‌شود خشك می‌کنند ، ظرفی را لبالب از جیوه پر کرده خشت خشك را داخل آن می‌ریزند . مقدار جیوه بیرون ریخته برابر حجم خشت خشك شده است . میزان جمع شدگی در هر بعد را با توجه به فرمول صفحه بعدی محاسبه می‌کنند .

**روش حجمي:** در روش حجمي از استوانه‌اي با حجم ثابت استفاده مي‌شود. استوانه را از مایعي (معمولاً جيوه) بطور کامل پر مي‌کنند و سپس، خشت خشک شده را داخل آن مي‌اندازند. با محاسبه حجم مایع بیرون ریخته و یافتن حجم مایع باقی مانده داخل ظرف (حجم ثانويه)، مي‌توان میزان جمع شدگی در هر بعد خشت را با توجه به فرمول حساب کرد:

$$* \frac{\text{حجم اوليه - حجم ثانوي}}{3} \quad [\text{حجم اوليه: حجم اوليه خشت}]$$

جمع شدگی در مرحله پخت: جمع شدگی در این مرحله را نیز دقیقاً مشابه روش محاسبه جمع شدگی در مرحله خشک شدن بدست مي‌آورند.

جمع شدگی تحت بار: همانطور که قبلاً نیز ذکر شد، در کوره هوفمن، خشتها روی یکدیگر چیده مي‌شوند و در نتیجه خشتهاي زیرین علاوه بر دارا بودن دو جمع شدگی پیشین، در معرض جمع شدگی تحت بار نیز قرار دارند. برای محاسبه این جمع شدگی، در آزمایشگاهی مطابق

روش ذیل عمل مي‌کنند:

؟

همانطور که در شکل نیز مشخص است، دستگاه آزمایش تشکیل شده است از: ۱- يك صفحه که خشتهها را بصورتی مخصوص، روی آن می‌چینند. ۲- يك اهرم با صفحه‌ای متصل به آن جهت بارگذاری و قراردادن وزنه‌ها. آزمایش با شش خشت انجام می‌شود. ابتدا ابعاد خشتهها را اندازه‌گیری می‌کنند و بعد دو خشت را بموازات هم می‌چینند. سپس دو خشت بعدی را بموازات یکدیگر و در جهتی عمود بر جهت ابتدایی، روی دو خشت اول قرار می‌دهند و در نهایت، دو خشت باقیمانده را در جهت خشته‌های اولیه و روی سایر خشتهها می‌گذارند. مرحله بعدی، بار گذاری دستگاه است. در کفه متصل به اهرم، بمقداری وزنه قرار می‌دهند که بار وارد بر خشتهها، در حدود  $\frac{1}{3} (kg/cm^2)$  باشد. این میزان، تقریباً برابر همان باری است که در عمل به خشته‌های زیرین وارد می‌شود. نحوه وارد شدن بار به خشتهها چنین است که وقتی اهرم بطرف پایین کشیده می‌شود. نحوه وارد شدن بار به خشتهها چنین است که وقتی اهرم بطرف پایین کشیده می‌شود، صفحه زیر خشتهها بالا می‌رود و خشتهها را به صفحه فوقانی می‌فشارد. مجموعه را داخل



کوره قرار می‌دهند و در طی زمان حرارت دادن، تغییرات ابعاد خشته‌ها را با وسایل دقیق سنجش طول بررسی می‌کنند. نتیجه این آزمایش، نموداری مشابه شکل مقابل است:

؟

بررسی نمودار:

هنگامی که حرارت دادن آغاز می‌شود، خشت شروع به منبسط شدن می‌کند. هر چه حرارت بیشتری شود، انبساط خشت نیز افزایش می‌یابد و البته هر چه خشت بیشتر منبسط شود، متخلخلتر می‌شود. این روند تا رسیدن به دمایی  $850^{\circ}\text{C}$  (با دقت  $100^{\circ}\text{C}$ ) ادامه دارد. اگر خشتی را در این دما از کوره خارج کنیم، متخلخلترین آجر با کمترین میزان مقاومت بدست می‌آید. از دمای  $850^{\circ}\text{C}$  به بعد، مسأله معکوس شده، شاهد جمع شدگی هستیم که دلیل آن، روی دادن پدیده ذوب و چسبندگی سرامیکی است که قبلاً توضیح داده شد. خاکهای مختلف، نمودارهای متفاوت دارند. در عمل، از این منحنی‌ها برای انتخاب درجه حرارت پخت آجر استفاده می‌کنند. طبیعی است که مطالعه روی قسمت سمت چپ، برای ما سودی ندارد. بررسی جهت تعیین درجه حرارت پخت، روی نیمه

سمت راست منحنی انجام می‌شود. جهت آشنایی با نحوه انتخاب دمای پخت، به مثال زیر توجه کنید: نمودار مقابل را در نظر بگیرید. دمای پخت مناسب برای این نوع خاک، در شکل مشخص شده است. زیرا در نقاط قبل از آن، آجر تولیدی، مقاومت مطلوب را نخواهد داشت. با انتخاب مجموعه نقاط مجموعه نقاط پس از آن نیز، تنها با مصرف سوخت بیشتر، حرارت بیشتری می‌دهیم؛ در حالیکه مقاومت آجر افزایش نمی‌یابد. قسمت خمیدگی انتهای نمودار نیز نقطه بسیار خطرناکی است. زیرا در این دما، خشت ناگهان ذوب شده، محصول کوره، آجر جوش خواهد بود. (این منحنی، بطور تقریبی نمودار<sup>۱</sup> نرم آهک<sup>۲</sup> را نمایش می‌دهد.)

؟

### آزمایشهای آجر سخت شده

تا اینجا تمام آزمایشهایی که شرح داده شد، آزمایشهایی جهت کاستن ضایعات در کارخانه بود. اما در این قسمت به شرح آزمایشهایی که بر روی آجرهای تولید شده صورت می‌گیرد، می‌پردازیم. اولین قدم در این آزمایشها، نمونه برداری از آجرهاست. توجه شود که ارزش و اعتبار نتایج آزمایشها به میزان دقت در

ا مر نمونه برداري است . بعبارتي نمونه ها با يد  
بگونه اي انتخاب شوند كه معرف انبوهي از آجرهاي  
گروه خود باشند. بهتيرن زمان و مكان براي  
نمونه برداري از گروهی آجر ، هنگام انتقال آجرهاست.  
مانند زمان تخلیه آجرها از کوره یا زمان ورود  
آجرها به کارگاه . ولي گاهي چنين امكاني وجود  
ندارد. بلکه با انبوهي از آجرهاي ريخته شده (کلیکه  
آجر) روبرو هستيم. در اين صورت ، نمونه برداري به  
دو گونه انجام مي شود: يا بصورت مختصاتي. در روش  
مختصاتي ، مكان آجرها را خط کشي کرده ، براي هر  
قسمت مختصاتي قائل مي شويم. اما در هر روش بايد توجه  
نمود كه نمونه ها ، حتي المقدور از سطح كليکه نباشد. از  
آنجا كه در آزمايشهاي آجر ، پراكندگي زياد است ،  
معمولاً براي هر بار ، آزمايش را با ۱۰ نمونه انجام  
داده ، ميانگين مي گيرند. تعداد نمونه هايي كه بايد از  
هر انبوه آجر برداشت ، بدین شرح است : از ۲۵۰  
هزار آجر اول يا بخشي از آن ، ۱۰ نمونه تهيه مي كنيم  
و مازاد بر آن از هر ۵۰۰ هزارتي ديگر يا بخشي از  
آن ، ۵ نمونه برمي داريم. بعنوان مثال ، از ۸۰۰ هزار  
آجر ، ۲۰ نمونه تهيه مي كنيم : ۱۰ عدد براي ۲۵۰۰۰۰

تای اول، ه عدد برای تعداد تا ۷۵۰۰۰۰ و ۵ تای دیگر برای مابقی آجرها. گفته شد که برای هر آزمایش، به ۱۰ نمونه نیاز است. از هر تعداد آجر که به آزمایشگاه فرستاده می‌شود، ۱۰ عدد بدون هیچگونه تعصبي انتخاب شده، مورد آزمایش واقع می‌شود. پیش از شرح آزمایشها یادآور می‌شویم که در آیین‌نامه، برای هر يك از موارد آزمایش شده، محدوده‌اي عددي مشخص شده است.

#### آزمایش سنجش ابعاد:

اولین آزمایش بر روی آجرها، آزمایش سنجش ابعاد است. برای این کار معمولاً از کولیس با شاخك بلند استفاده می‌کنند. هر بعد آجر را باید در دو جهت عمود بر هم اندازه و از نتایج حاصل میانگین گرفت. در آیین‌نامه ایران اجازه داده شده است که این آزمایش، بصورت جمعی نیز انجام شود. بدین ترتیب که برای اندازه‌گیری هر بعد، تعداد ۲۴ آجر را از همان بعد در کنار یکدیگر، روی سطح صافي قرار می‌دهند و پس از اندازه‌گیری بعد ۲۴ آجر، عدد بدست آمده را بر ۲۴ تقسیم می‌نمایند. اگر نتوان سطح صاف مناسبی

جهت چیدن تعداد ۲۴ آجر یافت ، می‌توان حالت تجمعی این آزمایش را با دو دسته آجر ۱۲ تایی انجام داد .  
؟

تذکر : دقت شود که قبل از انجام این آزمایش ، باید برجستگیها و زوائد چسبیده به سطح آجر را جدا نمود .  
**آزمایش سنجش میزان انحنای:**

یکی دیگر از مسایل مربوط به آجر ، مشکل انحنای برداشتن آن بدلیل عدم پخش یکنواخت و مناسب حرارت هنگام خشک شدن و پختن آنست. در آیین نامه آجر ، برای این قوس، مقدار حداکثری مشخص شده است. برای اندازه گیری میزان انحنای آجرها، از یک گوه (سطح شیبدار) که یال آن درجه بندی شده است، استفاده می‌کنیم. آجر مورد نظر را روی یک سطح صاف قرار داده ، گوه را از پایین یال بطرف داخل آجر می‌فشاریم و بررسی می‌کنیم که گوه تا چه درجه‌ای زیر آجر فرو رفته است.

؟

#### **آزمایش سنجش میزان مقاومت:**

بنا به تعریف، مقاومت عبارت است از نیرو بخش بر سطح مقطع. برای اندازه گیری مقاومت آجر، اگر سطح مقطع

خاصي مشخص نشود، بيشتريين آنها را در محاسبه منظور کرده ، تحت بار قرار مي‌دهند. همانطور که مي‌دانيد، سطح تحت بار دو قسمت است: قسمت فوقاني و قسمت تحتاني . توجه شود که در عمل، هر دو را اندازه گرفته، محاسبه را با عدد کوچکتر انجام مي‌دهند.

نکته ديگري که بايد يادآور شد آنست که وقتي آجر مرطوب شود ، مقاومتش کاهش مي‌يابد. بدین جهت ، براي انجام آزمايش سنجش مقاومت، آجرها را از ۲۴ ساعت قبل در آب قرار مي‌دهند و اصطلاحاً غرق آب مي‌کنند تا هنگام آزمايش، شرايط براي کليه آجرها يکسان باشد. نکته ديگر آنکه براي تقسيم بهتر بار و جلوگیری از مزاحمت ناهمواريهاي سطح آجر ، قبل از بارگذاري، هر دو سطح مقطع مورد آزمايش را با ورقيه‌اي از فيبر يا مقوا مي‌پوشانند . ضخامت اين ورقيه‌ها حدود ۲ تا ۳ ميلي‌متر است. در آيين نامه براي هر نوع آجر ، يك حداقل مقاومتی مشخص شده است.

### **آزمایش سنجش میزان جذب آب:**

از آزمايشهاي بسيار مهم در رابطه با آجر است. میزان جذب آب آجر ، محدوده مشخصي دارد که نبايد از آن تخلف ورزد. خاصيت جذب آب در بهبود میزان چسبندگي

آجر و ملات مؤثر است. اگر آجری جذب آب کمی داشته باشد، چسبندگی با ملات کم خواهد بود و در اثر بارهای جانبی جدا خواهد شد. همچنین میزان زیاد جذب آب، بمعنی زیاد بودن مقدار خلل و فرجهای درون آجر است که این مسأله، دلیلی است برای کم بودن مقاومت آجر. برای سنجش میزان جذب آب، آزمایشهای متفاوتی توصیه شده است؛ از قبیل: جذب آب ۲۴ ساعته، جذب آب در ۵ ساعت جوشاندن و جذب آب در خلأ.

جذب آب ۲۴ ساعته و ۵ ساعت جوشاندن

وزن آجر خشک را بدست می‌آوریم (a). پس از ۲۴ ساعت ماندن در آب، وزن جدید آجر را محاسبه می‌کنیم (b). مجدداً آجر را داخل آب قرار می‌دهیم و بتدریج به آن حرارت می‌دهیم تا طی مدت زمانی معادل یک ساعت بجوش آید. پس از جوش آمدن آب، آجر را پنج ساعت می‌جوشانیم. پس از سپری شدن این مقدار زمان، یکبار وزن آجر را در آب (c) و بار دیگر در هوا (B) بدست می‌آوریم. فرمولهای مطرح، چنین است:

$$\text{جذب آب وزنی ۲۴ ساعته بر حسب درصد} = \frac{b-a}{a} \times 100$$

جذب آب حجمي ۲۴ ساعته بر حسب درصد  $\frac{b-a}{B-c} \times 100 =$

جذب آب وزني ۵ ساعت جوشاندن  $\frac{B-a}{a} \times 100 =$

جذب آب حجمي ۵ ساعت جوشاندن  $\frac{B-a}{B-c} \times 100 =$

وزن مخصوص ظاهري آجر  $\frac{a}{B-c} =$

تخلخل ظاهري آجر  $\frac{B-a}{B-c} \times 100 =$

در کلیه این محاسبات فرض بر این است که تمامی منافذ موجود در آجرها پس از ۵ ساعت جوشیدن کاملاً باز میشوند و آب میتواند بطور کامل در آجر نفوذ کند. اگر آجر را نجوشانیم، ممکن است آجر کاملاً اشباع نشود. نکته دیگر آنکه چون آزمایش جذب آب ۲۴ ساعته از دقت کافی برخوردار نیست، استاندارد ارائه شده، بر مبنای نتایج آزمایش ۵ ساعته جوشاندن و یا جذب آب در خلأ میباشد.

**تعریف ضریب اشباع براب آجر :**

$$\frac{(b-a)}{(B-a)} = \text{ضریب اشباع}$$

یعنی ضریب اشباع آجر عبارت است از جذب آب وزني ۲۴ ساعته بخش بر جذب آب وزني ۵ ساعت جوشاندن.

**آزمایش سنجش میزان جذب آب در خلأ**



برای انجام این آزمایش ، از یک دیگ چدنی ویژه استفاده می‌کنند. این دیگ دارای دو لوله است که لوله پایینی متصل به ظرف آب و لوله بالایی متصل به پمپ خلأ می‌باشد. آجرهای مورد نظر را درون دیگ می‌چینند و شیر آب را می‌بندند. با آغاز بکار پمپ خلأ ، درون دیگ از هوا خالی می‌شود و هوای موجود در تخلخلات آجر نیز خارج می‌گردد . در این مرحله ، شیر خلأ را بسته ، شیر آب را باز می‌کنند. آب کاملاً درون دیگ بالا کشیده شده، جذب آجرها می‌شود.

؟

### آزمایش سنجش میزان شوره زدن:

یکی از آزمایش‌هایی که بر روی آجرها انجام می‌شود، آزمایش تعیین میزان شوره زدن یا سفیدک زدن است. سفیدک از مقدار خیلی اندک که فقط باعث بد منظره شدن آجر می‌شود وجود دارد تا مقدار بسیار زیاد که موجب ورقه ورقه شدن و از بین رفتن آجر می‌شود . جهت اندازه‌گیری میزان سفیدک زدن، مطابق یکی از دو روش

ذیل عمل می‌کنند:

؟

**روش اول:** آجرهاي مورد آزمون را در يك سيني مي‌ايستanim و داخل سيني آب مي‌ريزيم. آب ، جذب آجرشده ، پس از مدتي تبخير مي‌شود . بار ديگر اين عمل را تکرار مي‌کنند. در اين صورت اگر آجر قابليت سفيدك زدن داشته باشد ، سفيدكها ظاهر مي‌شوند.

**روش دوم:** در روش ديگر ، آجري را روي يك سطح صاف مي‌خوابانيم و ظرف دهان گشادي را كه حاوي مقداري آب است، بطور معكوس روي آن قرار مي‌دهند . آب كم كم داخل آجر نفوذ کرده ، تبخير مي‌شود . اين عمل را دوبار انجام مي‌دهند . اينجا نيز اگر آجر قابليت سفيدك زدن داشته باشد، آنرا ظاهر مي‌کند. براي مقايسه ميزان شوره زدن آجرها ، درجه بندي بشرح ذيل وجود دارد:

– درجه صفر : درجه يي است كه در آن هيچ سفيدكي ظاهر نمي‌شود. – درجه كم : كمتر از ۱۰٪ سطح آجر با شوره پوشيده مي‌شود . – درجه متوسط : لايه ضخيمي از شوره تا ۵۰٪ سطح آجر را مي‌پوشاند؛ اما از روي سطح آجر فلس يا پودر جدا نمي‌شود . – درجه زياد : قشر ضخيمتري از املاح تا بيش از ۵۰٪ سطح آجر را مي‌پوشاند؛ اما در اينجا نيز فلس يا پودر از سطح

آن جدا نمی‌شود . - درجه شدید: قشر ضخیمی از سفیدک قسمت عمده سطح آجر را می‌پوشاند و فلس یا پودر از سطح آن جدا می‌شود . انواع سفیدکها چنین است : کربناتی، کلریدی، سولفاتی و نیتراتی. جهت انتخاب راه حل مناسب در مبارزه با این سفیدکها ، اولین قدم، تشخیص نوع سفیدک است. بدین منظور ، ابتدا با یک تیغ و صفحه کاغذی تمیز، از سفیدکهای سطح آجر نمونه برداری کرده، به آزمایشگاه می‌فرستند و در آنجا نوع سفیدک مشخص می‌شود.

سفیدک کربناتی: علت ایجاد این نوع سفیدک، آنست که آجر از ملات ، آب جذب کرده ، در ترکیب با  $CO_2$  هوا ، سفیدک کربناتی ظاهر می‌کند. جهت جلوگیری از ظهور این سفیدک ، باید کاری کرد که آجر از آب جذب نکند. بدین جهت، هنگام آجر چینی ، ابتدا آنرا مرطوب کرده ، بعد بکار می‌برند.(به این عمل اصطلاحاً <sup>۱</sup> زنجاب کردن آجر گویند.) زنجاب کردن، باعث اشباع شدن آجر از آب و عدم تمایل به جذب آب از ملات می‌شود. در برخی مناطق کشورمان ، از آنجا که خود آب سخت است و ترکیبات بی‌کربناتی دارد، وقتی روی آجرکاری را آب می‌پاشند، سفیدک کربناتی ظاهر می‌شود

. اگر روی آجرهایی ، این نوع از سفیدک ظاهر شد ، آنها را با اسید کلریدریک رقیق (جوهر نمک) می‌شویند و بلافاصله با آب شستشو می‌دهند. جوهر نمک، سفیدک کربناتی را در خود حل می‌کند و با جریان آب ، آنها را از سطح آجر دور می‌کند. باید توجه داشت که بلافاصله پس از بکاربردن جوهر نمک، از آب استفاده کرد. زیرا در غیر این صورت، با وجودی که جوهر ، سفیدکهای کربناتی را در خود حل کرده ، کربناتها به کلرید تبدیل می‌شوند و روی آجرها سفیدک کلریدی ظاهر می‌شود سفیدک کلریدی: همانطور که در بالا ذکر شد، راه از بین بردن سفیدک کلریدی، شستشوی آجر با آب است. سفیدک سولفاتی: علت‌های ممکن در ظهور این سفیدک عبارتند از

۱- خاک استفاده شده در ساخت آجر ، دارای مقادیر زیادی سولفات باشد.

۲- مقدار سنگ گچ ملات زیاد باشد و آجر آنرا جذب کند.

جهت جلوگیری از ظهور این نوع سفیدک ، از بکار بردن خاک‌هایی با درصد سولفات زیاد در تولید آجر ، خودداری می‌کنیم.

سفیدک نیتراتی: در خاک‌های برخی مناطق کویری ، ترکیباتی از نیترات (شوره) وجود دارد. شوره از هوا رطوبت جذب کرده ، سبب ظهور سفیدک نیتراتی می‌شود. جهت جلوگیری از ظهور این نوع سفیدک، از بکار بردن خاک‌های نیتراتی در تولید آجر ، خودداری می‌کنیم.

### آزمایش یخ زدگی:

یخ زدگی در مناطقی اتفاق می‌افتد که مصالح ساختمانی با آب اشباع شده باشند. بعبارت دیگر ، اگر مصالح خشک باشند و یخ بزنند. مشکلی ایجاد نمی‌شود. بعنوان مثال ، در پشت بام منازل، خطر یخ‌زدگی، مصالح اطراف ناودان را که جذب آب بیشتر تهدید می‌کند. یا در خیابانها ، قالباً خسارت ناشی از یخ زدگی ، در مصالح بکار رفته در جدولهای جویها مشاهده می‌شود . پس یک راه رفع خطر یخ زدگی آنست که سازه بگونه‌ای طراحی شود که در نقاط مختلف آن ، آب جمع نشود. نکته دیگری که باید به آن توجه داشت آنست که یخ زدگیهای گسسته ، خطری محسوب نمی‌شوند. بلکه مشکل در جایی بروز می‌کند که فرایند یخ زدن و ذوب شدنهای پی‌پی وجود داشته باشد: Freezing – Thawing و هر چه تعداد تکرار این چرخه بیشتر باشد، تخریب مصالح بیشتر است. بعنوان

مثال ، خطر یخ زدگی در تهران بیش از سیبری است. زیرا در آنجا تقریباً در تمام مدت سال یخ بندان است ؛ در حالیکه در تهران به دفعات شاهد یخ‌بندانها و ذوب شدنهای پی در پی بوده‌ایم. بدین منظور، ابتدایی‌ترین اقدام در طراحی سازه در هر منطقه ، استفاده از آمار هواشناسی آن منطقه طی سی سال گذشته است. آجر هم همانند سایر مصالح ساختمانی از خطر یخ زدن مصون نیست. اما در استاندارد اینگونه آمده که تنها اگر در عمل، آجرها در معرض خطر یخ زدن هستند، آزمایش یخ زدگی بر روی آنها انجام شود. مثلاً آجر توکار که هیچگاه در معرض یخ زدن نیست، نیازی به انجام آزمایش آن هم ندارد. اما توجه شود که در این صورت ، چنین آجرهایی پیش از مصرف شدن ، در فضای بازنگه‌داری نشوند. نحوه انجام آزمایش یخ‌زدن: آجر را وزن می‌کنند. بعد آنرا درون یک سینی قرار داده، داخل آن آب می‌ریزند و مجموعه را در دمای مناسب می‌گذارند تا یخ بزند. سپس آنرا ذوب می‌کنند و مجدداً برای یخ زدن آماده می‌نمایند. این چرخه باید پنجاه بار تکرار شود . اگر آجری پس از

۵۰ بار آزمایش ، کمتر از ۳٪ افت وزنی داشته باشد ،  
آن آجر مطلوب است.

### طبقه‌بندی آجر

استاندار شماره ۷ ایران ، مشخصات آجرهای رسی را شرح  
می‌دهد. در این استاندارد ، آجرهای رسی از  
دیدگاههای مختلف بشرح ذیل طبقه‌بندی شده‌اند:

طبقه بندی از دیدگاه روش تولید:

۱- آجرهای رسی دستی : با دست ساخته شده ، توپر است  
و کیفیت چندانی ندارد.

۲- آجرهای نیمه ماشینی: که در طول خط تولید آنها ،  
قسمتی از کارها ، توسط ماشین انجام می‌شود.

۳- آجرهای ماشینی : دارای اشکال مختلف، توپر و سخت  
یا سوراخدار ، با کیفیتی بهتر .

طبقه‌بندی از دیدگاه نوع مصرف :

۱- آجر معمولی: برای مصارف عمومی ساختمان استفاده  
شده ، بنام آجر توکار معروف است.

۲- آجر نما: این نوع آجرها به روشهای مخصوص ساخته  
می‌شوند و باید دارای ابعاد دقیق و هماهنگ باشند تا  
ظاهری خوب در نمای سازه ایجاد کنند.

۳- آجر مهندسی مرغوب **Engineering Brik** : این آجرها ، آجرهایی توپر و سخت و بادوام هستند و با روش ماشینی تولید میشوند و به سه دسته تقسیم میشوند . این درجه بندیها بر اساس دو عامل مقاومت و جذب آب است.

درجه ۱: حداقل مقاومت آجر درجه ۱ ،  $(kg/cm^2)$  ۳۵۰ و حداکثر میزان جذب آب آن ، ۱۵٪ وزنی است.  
درجه ۲ : حداقل مقاومت آجر درجه ۲ ،  $(kg/cm^2)$  ۲۵۰ و حداکثر میزان جذب آب آن ، ۱۶٪ وزنی است.  
درجه ۳ : حداقل مقاومت آجر درجه ۳ ،  $(kg/cm^2)$  ۱۵۰ و حداکثر میزان جذب آب آن ، ۱۸٪ وزنی است.  
این آجرها ، عمدتاً برابر هستند.

طبقه بندی از دیدگاه کیفیت:

۱- آجر با کیفیت مناسب برای مصارف داخلی: این آجرها توکار هستند. لازم به ذکر است این آجرها را نباید در قسمتهایی از ساختمان که در معرض شرایط مختلف جوی مانند یخ زدن است، بکار برد و هنگامیکه این آجرها به کارگاه میرسند، نباید آنها را در محیط سرباز نگهداری نمود. زیرا این آجرها از نظر



استاندارد، جذب آب مشخصی ندارند و در اثر بارندگی و مرطوب شدن، تحت فرایند یخ زدن از بین می‌روند.

۲- آجر با کیفیت عادی: از این آجرها در نقاطی که شرایط جوی شدیدی ندارند، در قسمتهای بیرونی ساختمان نیز می‌توان استفاده کرد. ۳- آجر با کیفیت ویژه: این آجرها معمولاً همان آجرهای مهندسی مرغوبند که البته قادرند شرایط محیطی سخت را نیز تحمل کنند.

طبقه بندی از دیدگاه شکل:

۱- آجر توپر: نوعی آجر است که حجم سوراخهای آن از ۲۵٪ حجم آجر تجاوز نمی‌کند. در این نوع از آجرها جهت محاسبه مقاومت، بار وارد بر آجر را بدون در نظر گرفتن سوراخها، بر کل سطح مقطع تقسیم می‌کنند.

۲- آجر سوراخ‌دار: در این نوع از آجرها، حجم سوراخها از ۲۵٪ حجم آجر بیشتر است. اما مساحت هر یک از سوراخها، از  $3000\text{ mm}^2$  تجاوز نمی‌کند.

۳- آجر توخالی: که در آن، حجم سوراخها بیش از ۲۵٪ حجم آجر است و برای ابعاد سوراخها محدودیتی وجود ندارد

۴- آجر با شکل ویژه: این آجرها، دارای اشکال مختلف هندسی هستند. مانند آجرهایی که جهت کف پوش در پیاده‌روها و پارکها استفاده می‌شوند. ۵- آجر متخلخل: حجم منافذ در این نوع از آجرها، بیش از ۲۰٪ حجم آجر است.

### آجر کاري و خصوصيات ملات

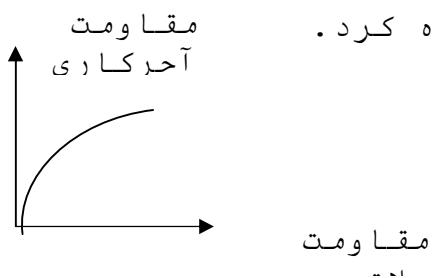
تا اینجا، شرایط مناسب و مسایل ضروری برای تولید آجرهایی خوب، شرح داده شد. سپس آزمایشهای آجر بیان گردید و جمیعاً با عنایت به مطالب عنوان شده، می‌توان از ورود آجرهایی مطلوب به کارگاه مطمئن شد. اما توجه به این مطلب ضروری است که هر آجر، تنها بعنوان یک واحد ساختمانی کارایی دارد و مسأله مهمتر در مورد آجر، نحوه اتصال و برقراری ارتباط بین این واحدهاست. بعبارت دیگر، در هنگام بررسی قسمتی از سازه که با آجر ساخته شده است، به دو نکته توجه می‌کنیم:

۱- کیفیت هر آجر بصورت واحد

۲- نحوه آجرکاری

در این بخش، به شرح آجرکاری می‌پردازیم. آجرکاری، مجموعه‌ای است از آجرها و ملات بین آنها و این مجموعه

است که بار را تحمل می‌کند. پس لازم است که عملکرد آجرکاری بررسی شود. برای آزمون آجرکاریهای مختلف، با آجرها و ملتهای متفاوت، ستونهای کوچکی با ارتفاع یک متر می‌سازند و آنها را در آزمایشگاه تحت بار قرار می‌دهند و تأثیر پارامترهای مختلف را بررسی می‌نمایند. این آزمایشها نشان داد که مقاومت آجرکاری علاوه بر مقاومت آجر، به مقاومت ملات نیز بستگی دارد. برای هر نوع آجر، مقاومت آجرکاری را با ملتهای گوناگون آزموده، نتایج را روی نمودار بررسی می‌کنند. همانطور که از نمودار مقابل نیز می‌توان دریافت، برای هر نوع آجر، افزودن مقاومت ملات تا حد مشخصی مقاومت آجرکاری را زیاد می‌کند و پس از آن اثر مثبتی ندارد. نکته دیگری که توجه به آن ضروری است، اینست که وقتی مقاومت آجر دارای محدودیت است و بعبارتی خود آجر نتواند بار وارده را تحمل کند، افزودن مقاومت ملات تنها هدر دادن مقدار قابل ملاحظه‌ای سیمان خواهد بود. پس نباید بی‌جهت از ملتهایی با مقاومت زیاد استفاده کرد.



برخی از خصوصیات دیگر ملات بشرح ذیل است: ملات باید براحتی پخش شود و در موقع پخش شدن خشن نباشد. همچنین ملات باید در برابر آجر، خاصیت حفظ آب داشته باشد. یادآوری می‌کنیم که آجر مکنده است و براحتی آب جذب می‌کند. این امر سبب می‌شود که آجر در مجاورت ملات، آب آنرا کشیده، مشکلاتی بوجود آورد. چسبندگی ملات به آجر باید در حد قابل قبول باشد. ملات نباید دارای درصد جمع شدگی بالایی باشد. (گاهی میزان جمع شدگی بحدی است که نه تنها خود ملات، بلکه آجرها نیز ترک می‌خورند. بعنوان مثال، استفاده از سیمان خالص بعنوان ملات به هیچ وجه جایز نیست.) ملاتهای عادی بکار رفته در ساختمان، مخلوطی است از سیمان پرتلند، ماسه و آهک. آهک تمام خصوصیات مطلوب را به ملات می‌دهد: چسبندگی، پخش شدگی، ترک نخوردن، حفظ آب و ... در ضمن آزمایش نشان داده است که اگر در تهیه ملات، تا ۵۰٪ سیمان را با آهک جایگزین کنیم، مقاومت ملات تنها در حدود ۵٪ افت خواهد کرد. (ملات باتارد) از آنجا که طبق نمودار

،مقاومت مبحثي بحراني نيست، اگر مقاومت آن به  $\frac{1}{3}$  مقاومت آجر هم برسد ، كافي است. بسياري از بناها از ملاتهاي باتارد استفاده مي‌كنند . برخي ديگر نيز سيمان بنايي را بخدمت مي‌گيرند . اما در مورد ملاتهاي باتارد، مشكلي كه هم اكنون با آن دست به گريبانيم ، آنست كه در بازارهاي داخلي ، آهك آماده عرضه نمي‌شود و در صورت نياز بايد آنرا در داخل كارگاه تهيه كرد. نکته ديگر در امر آجر كاري ، مهارت بناست. ساير نكات قابل ذكر در اين بخش بدين شرح است:

۱- آجرها بايد كاملاً صاف چيده شوند.

۲- از آجرهاي شكسته با شكل غير هندسي به هيچ وجه استفاده نكرد. همانطور كه در مبحث ضايعات آجر نيز اشاره شد، اين امر سبب کاهش مقاومت آجر كاري مي‌شود . آزمايش نشان داده است كه براي تهيه نيمه آجر ، بايد آنرا بشكل هندسي بريد كه اين امر متأسفانه در ايران انجام نمي‌شود.

۳- درزهاي قائم بايد همزمان با چيدن آجرها پر شود. در حاليكه در كشورمان رسم بر اين است كه

ابتدا آجرکاری انجام می‌شود و بعد تنها قسمت جلویی درزهای قائم پر می‌شود. (به این عمل اصطلاحاً بند کشی گویند.)

؟

۴- در موارد مختلفی مشاهده شده است که در تهیه ملات از ماسه با دانه بندی درشت استفاده می‌شود که چسبندگی مطلوبی ندارد. در حالی که در بسیاری از کشورهای خارجی، برای این امر از ماسه بادی بهره می‌گیرند که ملات آن بصورت گل و دارای درصد چسبندگی بالایی است.

۵- آجرها حتماً باید بصورت شاغولی چیده شوند. شاغولی نبودن دیوار، ۳۰ تا ۴۰ درصد از مقاومت آجرکاری می‌کاهد.

۶- اگر ضخامت ملات بیش از حدی که جهت ایجاد چسبندگی لازم است اختیار شود، مقاومت حاصل کم می‌شود آزمایش نشان داده است که افزایش غیر اصولی ضخامت ملات از مقاومت آجرکاری می‌کاهد. در حد استاندارد، هر چه ضخامت ملات کمتر باشد، نتیجه مطلوبتر است. بدین منظور، بناها از وسیله‌ای بنام شمشه ملات استفاده می‌کنند که تشکیل شده است از یک میله بمقطع

مستطیل با ضخامت مشخص. بنا هنگام ریختن ملات با قرار دادن شمشه در کنار سطح آجر ، ملات را تنها تا سطح بالایی آن می‌ریزد. مشکل عمده ، نحوه غلط آجرچینی است که سبب ضخیم شدن و در عین حال ، کمی مقاومت دیوار است. در حالیکه آجرچینی صحیح بقطر ۱۰cm می‌تواند بار ۴ طبقه را تحمل نماید.

### «کاشی»

کاشی یکی از دیگر از فرآورده هایی است که عمدتاً بعنوان لایه روکش، مخصوصاً رویه های بهداشتی ، جهت پوشش سرویسها ، آشپزخانه و ... استفاده می‌شود .

### تولید کاشی

کاشی را در دو مرحله می‌سازند. در مرحله اول ، بدنه کاشی با خاک رسی که در حرارتی که پخته می‌شود، تولید می‌گردد. این خاک رس تشکیل شده است از : کائولن، کوارتز و فلدسپات . برای ایجاد تخلخل و زود ذوب شدن خاک ، تا ۳۰٪ کربنات کلسیم به آن می‌افزایند . این خشته تا حدودی متخلخلند و جذب آب بالایی دارند که البته برای بهتر چسبیدن به ملات مفید است. در مرحله دوم بر روی خشتهای پخته شده ، لایه ای از لعاب بوسیله قلم مو یا اسپری قرار

می‌دهند و خشت لعاب دار را مجدداً وارد کوره می‌کنند.  
لعاب ذوب شده ، بطور کامل سطح کاشی را پر می‌کند.

### **لعابها**

لعابها ترکیبات متفاوتی دارند: شفاف ، کدر، مات ، براق، سفید، رنگی، با حرارت کم ، با حرارت زیاد و... از لعاب با حرارت کم ، در تهیه سرامیکها استفاده می‌شود . لعاب با حرارت کم ، برای نما و لوله‌های فلدسپات و قطعات روکار کاربرد دارد. برای ساخت این لعاب ، از خاک رسی که در حرارت کم ذوب شود استفاده می‌کنند. این لعاب نیز از کائولن ، کوارتز و فلدسپات تشکیل شده است و برای اینکه زود ذوب شود، به آن ترکیبات آهک و اکسیدهای آهن می‌افزایند. لعاب رنگی را بوسیله اکسیدهای رنگی یا املاح فلزات تهیه می‌کنند. از اکسید سرب لعاب شفاف و از اکسید قلع لعاب سفید رنگ بدست می‌آید. (از این دو اکسید در صنعت تولید کاشی نیز استفاده می‌شود.)

### **خواص کاشی**

کاشیها دارای ابعاد مختلفی هستند: مربع ، مستطیل و اشکال دیگر با اندازه های متفاوت . در گذشته که تکنولوژی پخت ، هنوز پیشرفت چندانی نکرده و



آزمایشگاه جمع شدگی ایجاد نشده بود، کاشیها را کوچک می ساختند. اما امروزه که دانش بشر، زمینه استفاده از امکانات کنترل حرارت و جمع شدگی را فراهم آورده، کاشیها را با ابعاد بزرگتری می سازند. در قدیم ابعاد بصورت ۱۰×۱۰ و ۱۵×۱۵ بود؛ امروزه بصورت ۳۰×۳۰ و ۵۰×۵۰ و حتی بزرگتر. هر چه ابعاد کاشی بزرگتر باشد، تکنولوژی برتری جهت کنترل موارد مذکور می طلبد. علاوه بر مسایل مذکور، توجه به این نکات نیز مفید است: ۱- سطح کاشی به هیچ وجه نباید دارای ناهمواری، ترک یا حباب هوا باشد. ۲- در کارخانه های تولید کاشی، محصولات را بر اساس کیفیت درجه بندی می کنند: درجه ۱، درجه ۲ و ... ۳- کاشی فرآورده ای است بادوام و مقاوم در برابر سایش که بر راحتی با آب شسته می شود. ۴- میزان انتقال بالای حرارت و همچنین ضربه پذیر بودن کاشی دو عیب عمده آن محسوب می شود.

### **نصب کاشی**

جهت نصب و چسباندن کاشی در کارگاه، دو روش وجود دارد: روش سنتی و چسب کاشی

در روش سنتی پس از بندکشی . کاشی را با فاصله از دیوار قرار می‌دهند و بطور موقت با گل رس می‌چسبانند . سپس پشت آنرا دوغ آب می‌ریزند و پس از حاصل شدن گیرش دوغ آب ، تکه های گل رس را جدا می‌کنند . اما امروزه پیدایش چسبهای مخصوص ، روش جدیدی در چسباندن کاشی ارائه کرده است . توجه به این مطلب ضروری است که چسبهای کاشی تنها روی سطوح هموار جوابگویی نیاز ما خواهد بود . اگر سطحی ناصاف باشد ، چسب کاشی کاربرد ندارد . (به آجر ناهموار ، اصطلاحاً آجرگر گویند .) معمولاً در ساختمانهای با دیوار بتنی از چسب کاشی استفاده می‌کنند . اگر بخواهند برای پوشش سطح ناصافی از این نوع چسبها استفاده کنند ، ابتدا سطح مورد نظر را با لایه ای از سیمان بطور هموار می‌پوشانند و بعد از چسب کاشی استفاده می‌کنند . نکته دیگری که دانستن آن در مورد این قبیل چسبها ضروری است ، آنست که این چسبها استانداردی ندارند و طبقه بندی نشده اند . اما ساده ترین شیوه آزمون کارگاهی یک چسب آنست که مقداری از آن را خشک کنیم و پس از گیرش آنرا مرطوب نماییم . چسب نباید از هم باز شود .

## « آهك »

يكي از سيمانهايي كه بشر از قديم بكار ميگرفته ، آهك است . پيدايش آهك مربوط به زماني است كه انسان آتش را كشف كرد؛ زمانيكه تحولات سنگ آهك در كنار آتش حس كنجكاوي او را برانگيخت... . ايرانيان قديم نيز آهك را بخوبي ميشناختند و نمونه هاي متعددي از كاربرد آهك بعنوان سيمان و ملات در ساختمانهاي تاريخي بدست آمده است. اما مشكل آهك، عدم مقاومت آن در برابر آب بود. جهت رفع اين معضل، مخلوطي از آهك و ماسه و خاك رس و لويي (سر نوعي ني) بنام ساروج بكار گرفته شد كه در مقابل آب مقاوم بود. آهك علاوه بر کاربردهاي ساختماني ، در صنايع كاغذ سازي ، تصفيه آب ، تولدي كاربيد كلسيم ، توليد گريس ، خنثي كردن اسيدهاي فاضلاب ، مواد غذايي حيوانات ، معادن زغال سنگ ، جلوگيري از انفجار گاز زغال ، خنثي كننده ها و ... نيز بكار مي رود. خوشبختانه در ايران ، معادن زيادي از سنگ آهك مرغوب مخصوصاً سنگهاي رسوبي داريم . ولي متأسفانه برخلاف صنعت توليد گچ كه در آن پيشرفت خوبي داشته ايم ، در مورد آهك چنين نبوده است. البته اخيراً

کارخانه هایی جهت تولید آهک صنعتی احداث شده. اما در هر صورت هم اکنون آهک آماده در بازار مصالح ساختمانی وجود ندارد. در بعضی جاها هم که آهک عرضه می شود، آهک سنتی است. به همین دلیل از مزایای آهک - که برخی از آنها در بخشهای پیشین شرح داده شد - محرومیم. در مقطعی از زمان که جامعه ساختمانی با مشکل کمبود سیمان روبرو بود، تشویق سرمایه گذاران جهت تولید آهک (برای استفاده در ملات با تارد) مقدور بود. اما پس از برطرف شدن مسأله کمبود، این تحریکات جهت تولید آهک صنعتی بی نتیجه ماند. همانطور که ذکر شد، آهکهای فعلی مصرف شده، بصورت سنتی است. در روش سنتی، سنگ آهک را می خرنند و در کارگاه روی آن عملیاتی انجام می دهند تا آهک بدست آید.

## تولید آهک

### سنگ آهک

آهک را از حرارت دادن سنگ آهک بدست می آورند. سنگ آهک انواع مختلفی دارد. این سنگها یا بصورت رسوبی و غیر بلوری است (بدون کریستال) و یا ناشی از ته نشین شدن پوسته های جانوران دریایی مثل مرجانهاست که

البته اکثراً دارای فسیلند؛ مانند سنگهای آهکی آراگونیت و تراورتن که در چشمه های اطراف کوههای آتش فشانی رسوب میکنند. ( اگر آب گرم باشد آراگونیت و اگر آب سرد باشد، تراورتن حاصل میشود. با وجودی که تراورتن برای تولید آهک استفاده میشود ، اما بیش از آن ، درنما بکار میرود. نمکاران این سنگ را برش داده ، بصورت ورقه های نازک در می آورند. )

### پختن سنگ آهک

جهت تولید آهک ، سنگ آنرا حرارت میدهند. فرآیند این عمل چنین است:



در این فرآیند ،سنگ آهک را بقدری حرارت میدهند تا فشار  $CO_2$  داخل آن از فشار  $CO_2$  محیط بیشتر شده ، از داخل سنگ خارج شود. دمای لازم جهت پختن سنگ آهک ، بسته به نوع سنگ از 800 تا 1400 متغیر است. این بستگی دمای پخت به نوع سنگ ، مربوط است به میزان ناخالصی موجود در سنگ. ناخالصیها بویژه  $Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2$  باعث میشوند که آهک یا نشکفد یا دیر شکفته شود . با توجه به این نکته ضروری است

که پختن آهک، یک عمل فیزیکی است که صرفاً  $CO_2$  را از سنگ خارج می‌کنند. درجه حرارت پخت به عامل دیگری نیز وابسته است که آن عامل دوم، فشار اتمسفر می‌باشد. هر چه فشار اتمسفر بیشتر باشد، دمای پخت بالاتری می‌طلبد. سنگ آهک در فشار یک اتمسفر، در دمای  $895^\circ$  تجزیه می‌شود. از حرارت دادن  $10\text{kg}$  سنگ آهک خالص،  $56\text{kg}$  آهک خالص یا آهک زنده ( $CaO$ ) بدست می‌آید. توجه به این نکته ضروری است که از آنجا که هنگام حرارت دادن سنگهای آهک، ۱۰ تا ۲۰ درصد حجم این سنگها کم می‌شود، چیدن آنها در کوره دقت خاصی می‌طلبد تا در هنگام پخت سنگها نریزند.

### انواع آهک

در استاندارد، انواع مختلفی از آهک تعریف شده است. استاندارد شماره ۲۷ ایران مشخصات و تعاریف انواع آهک را ارائه می‌کند. در این استاندارد، انواع آهک بصورت زیر می‌باشد:

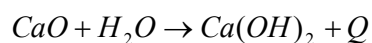
۱- آهک زنده یا هوایی: آهکی است پرمایه که ۹۵ تا ۱۰۰ درصد  $CaO$  دارد. اگر این آهک در معرض آب قرار بگیرد، بسرعت آب جذب کرده، می‌شکند و تولید حرارت زیادی می‌کند. افزایش حجم این آهک نیز زیاد است.

در هوا گیرش حاصل می‌کند و به همین دلیل آهک هوایی نیز نامیده می‌شود.

۲- آهک منیزی یا دولومیتی : آهکی است با بیش از ۲۰٪ اکسید منیزیم. این آهک به آهستگی شکفته می‌شود و ازدیاد حجمش به نوع سنگ آهک بستگی دارد. در هوا گیرش حاصل کرده ، سخت می‌شود .

۳- آهک آبی : دارای ۶۵ تا ۷۵ درصد CaO است که بقیه حجم آنرا خاک رس تشکیل می‌دهد. آهسته شکفته می‌شود و افزایش حجم کمی دارد. این آهک در زیر آب گیرش حاصل می‌کند و سخت می‌شود.

۴- آهک نیمه آبی: دارای ۷۵ تا ۸۵ درصد CaO و مابقی، خاک رس است . شکفتن آن آهسته و افزایش حجمش اندک است. مانند آهک آبی در زیر آب گیرش حاصل کرده ، سخت می‌شود. مقاومت آن از مقاومت آهک آبی کمتر است. ۵- آهک شکفته یا هیدراته: از ترکیب آب با CaO مطابق واکنش ذیل بدست می‌آید:



این آهک به آهک کشته نیز معروف است.

انواع کوره‌های پخت آهک

جهت حرارت دادن سنگ آهک و دستیابی به آهک ،  
کوره های مختلفی بکار می رود که چهار نوع از آنها  
متداولتر است :

۱- تنوری یا چاهی (سنتی)

۲- حلقه ای

۳- ایستاده

۴- گردنده

در کوره های تنوری ، محل قرار گرفتن سنگ و آتش ثابت  
است و دمای آن یکسان نیست . در نتیجه جنس آهک  
تولید شده در آن متغیر است. از کوره های حلقه ای جهت  
تولید زیاد استفاده می شود. نحوه عمل این کوره ها ،  
شبه کوره های هوفمن است . بدین صورت که سنگها در  
داخل کوره ثابتند و آتش از بالای آنها حرارت می کند.  
کوره های ایستاده بدین صورتند که از بالا بارگیری  
می شوند و برای تولید کمتر بکار می روند. این نوع از  
کوره ها دارای سوخت های مختلف می باشند. نکته قابل  
ذکر آنست که از این کوره ها بیشتر جهت تولید آهک  
مورد نیاز برای کارخانه های قند استفاده می شود.  
کوره های گردنده که برای تولید بیشتر و صنعتی بکار  
می روند، ساختمانی مشابه کوره های افقی صنعت سیمان



دارند. در این قبیل کوره ها ، سنگ آهک از يك طرف داخل شده ، در دمایی بین ۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه حرارت می‌بینند.

### شکفتن آهک

مطابق فرمولی که در بخش آهک شکفته بیان شد، آهک زنده در مجاورت آب ، تولید آهک هیدراته به علاوه  $\frac{Cal}{gr}$  ۲۷۵ گرما می‌کند. از نظر تئوری ، جهت شکفتن آهک

حدود ۳۲٪ وزنش آب لازم است . ولی در عمل بین دو تا سه برابر این مقدار آب مصرف می‌شود که این میزان متغیر آب ، بستگی به نوع سنگ آهک و حرارت پخت آن دارد. دلیل این مسأله نیز تبخیر قسمتی از آب می‌باشد. مطلب دیگر آنکه هرچه اندازه دانه‌های آهک کوچکتر یا دمایی پخت زیادتر باشد، آهک زودتر شکفته می‌شود. برای تبدیل CaO به آهک شکفته ، سه روش وجود دارد: تر، خشک و تحت فشار.

### روش تر

در روش تر آهک را در ظرف‌هایی چوبی با ارتفاع نه چندان زیاد قرار می‌دهند و داخل آن آب می‌ریزند تا شیر آهک حاصل شود . سپس شیر آهک را داخل گودالی با

سطح مقطع ۱۰ تا ۱۲ متر مربع و عمقی اندک می‌ریزند. در آنجا شیر آهک بتدریج آب خود را از دست می‌دهد و خمیر آهک باقی می‌ماند که مصارف ساختمانی دارد. در کشورهای هندوستان و چین از همین روش جهت تهیه آهک در کارگاه استفاده می‌شود.

### روش خشک

در ایران، بدست آوردن آهک در کارگاه از روش خشک استفاده می‌کنند؛ ولی نه بصورت مطلوب. بلکه بگونه‌ای که آهک بخوبی شکفته نمی‌شود. صحیحترین روش خشک چنین است. روی سطحی حدود ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر آهک ریخته، آنرا با مقدار مناسب آب مرطوب می‌کنیم. مجدداً ۳۰ سانتیمتر دیگر آهک ریخته، آنرا مرطوب می‌کنیم و در نهایت برای مرتبه سوم، حدود ۳۰ سانتیمتر دیگر آهک می‌ریزیم و بعد مجموعه را با عایق مناسب می‌پوشانیم. علت بکاربردن عایق آنست که از هدر رفتن حرارت تولید شده جلوگیری کنیم و از آن در جهت بهتر شکفته شدن آهک استفاده نماییم. علت آنکه روش خشک در کارگاههای داخلی بخوبی انجام نمی‌شود، عدم استفاده از عایق مناسب است. این امر سبب می‌شود که درصد زیادی از آهک نشکفتد و بصورت کلوخه باقی بماند. به این

کلوخه ها اصطلاحاً نخاله گویند. آهک شکفته را پس از دو روز سرند می‌کنند و کلوخها را بجای قلوه سنگ در زیرسازی کف حیات بکار می‌برند؛ بدون توجه به این نکته که آهک در زیر پوشش کف، کم کم شکفته شده، موزائیکها را بلند می‌کند. این نحوه شکفتن آهک که باعث ایجاد کلوخه و سایر معضلات می‌شود، هزینه اجرایی طرح را نیز افزایش می‌دهد. در روش خشک جهت شکفتن هر لایه، مدتی در حدود سه تا چهار ساعت زمان لازم است و بطور کلی بهتر است لایه‌های آهک ریخته شده حداقل یک روز بحال خود بماند. روش تحت فشار

در کارخانه‌های صنعتی، جهت تولید آهک از روش تحت فشار استفاده می‌شود. بدین صورت که آهک را در واگنهای مخصوصی می‌ریزند و واگنها داخل دستگاه *Auto Clave* می‌شوند و داخل دستگاه از دو طرف مسدود می‌شود. آهک در این دستگاه تحت دمای زیاد و فشار بالا در عرض دو تا سه ساعت می‌شکفتد.

ویژگیهای فیزیکی آهک  
آهک در هنگام شکفتن،  $275 \frac{cal}{gr}$  گرما آزاد کرده، حجمش

زیاد می‌شود. این افزایش حجم، به مقدار درصد  $CaO$

موجود در آن بستگی دارد. (هر چه مقدار  $\text{CaO}$  بیشتر باشد ، افزایش حجم نیز بیشتر است.) آهک پرمایه ۲ تا ۳/۵ برابر و آهکهای با درصد کمتر ، ۱/۲۵ تا ۲ برابر افزایش حجم دارند. وزن مخصوص آهک شکفته ، ۲/۲ می باشد. (جهت مقایسه یادآوری می شود که این عدد برای سیمان ۳/۱۵ است.) وزن فضایی (وزن حجمی) خمیر مرطوب ، ۱/۴ و برای خمیر خشک ، حدود ۰/۷ تن بر متر مکعب است. ریزی دانه های آهک باید همواره کمتر از ۰/۲mm باشد و البته این مقدار گاهی به ۰/۰۰۲mm نیز می رسد.

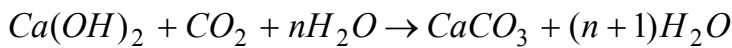
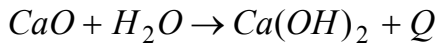
### **سخت شدن آهک**

جهت سخت شدن ، سه روش وجود دارد که به شرایط سخت شدن بستگی دارد. در اینجا بشرح این روشها می پردازیم.

### **سخت شدن کربناتی**

اولین روش ، سخت شدن کربناتی است. در این نوع سخت شدن ، دو واکنش بطور همزمان انجام می شود. یکی آنکه آبی که بصورت مکانیکی با  $\text{CaO}$  مخلوط شده تبخیر می شود و بلورهای  $\text{Ca(OH)}_2$  باقی می ماند. دیگر آنکه آهک

هیدراته با جذب دی‌اکسید کربن و آب ، کربنات کلسیم و آب تولید می‌کند:



در این واکنش ، ذرات کوچک  $Ca(OH)_2$  به یکدیگر چسبیده ، دور ذرات ماسه را می‌گیرد و تولید کربنات کلسیم می‌کند که این امر در مجاورت رطوبت تسریع پیدا می‌کند . یکی از معایب این روش آنست که هر چه پوسته  $Ca(OH)_2$  بیشتر به  $CaCO_3$  تبدیل شود ، نفوذ  $CO_2$  به قسمتهای درونی بیشتر است و شکل گیری کامل مقاومت ذرات درونی چندین سال بطول می‌انجامد .

### سخت شدن هیدارتی

نوع دوم سخت شدن ، سخت شدن هیدارتی است . در اینجا در نتیجه یک تبدیل تدریجی همزمان با واکنش با آب ، پودر آهک شکفته شده ، به جسمی سخت تبدیل می‌شود .

در مرحله ابتدایی، آهک نشکفته در آب حل می‌شود تا محلول اشباه شده‌ای بوجود آید. ذرات درشت آهک از محلول جدا می‌شود و هیدروژل (ژل آبی: هیدروکسید کلسیم) تشکیل می‌دهد. این امر سبب افزایش مقاومت

می‌گردد. هیدروژل تولید شده در مرحله سخت شدن ، مقدار زیادی آب در خود نگاه می‌دارد و چسبندگی قابل توجهی ندارد. کربناته شدن بعدی ، باعث بهبود مقاومت می‌شود.

تذکر : از این دو نوع سخت شدن کمتر استفاده می‌شود . امروزه بیشتر از سخت شدن نوع سوم استفاده می‌کنند.

### **سخت شدن هیدروسیلیکاتی**

مهمترین کاربرد فعلی آهک ، تهیه فرآورده های ماسه آهکی است که در اثر واکنشهای هیدروسیلیکاتی بوجود می‌آید. آب آهک در دمای عادی با سیلیس ترکیب نمی‌شود. ولی در مخلوط آب آهک و ماسه ، در دمای زیاد و تحت فشار، آهک و سیلیس در اثر واکنشهای هیدروسیلیکاتی با یکدیگر ترکیب می‌شوند و سیلیکاتهای کلسیم را تولید می‌کنند که همانند بتن ، بسیار سخت و محکم است. از این روش در تهیه آجر در مناطقی که خاک رس ، کم و آهک و سیلیس بوفور یافت می‌شود استفاده می‌کنند: آجرهای ماسه آهکی . رنگ این آجرهای رسی ، خاکستری و روشن است . این آجرها جنسی توپر و سنگین دارند. روش تولید اینگونه محصولات چنین است که ۸۸ تا ۹۵ درصد ماسه سیلیسی با ۵ تا ۱۲

درصد گرد آهك زنده (آهك نشكفته) در دستگاہ مخلوط كن ريخته مي‌شود و با افزودن حدود ۷ تا ۸ درصد آب، اين آهك مي‌شكفد. مخلوط حاصل را در قالبهاي فلزي ميريزند و در دستگاہ پرس، تحت فشاري بيش از ۱۵۰at قرار مي‌دهند. اين قطعات تحت فشار شكل مي‌گيرند. در مرحله بعد، برخلاف آجر معمولي، اين خشتهها را خشك نمي‌كنند. (زيرا بيش از ۷ الي ۸ درصد آب ندارد). بلکه خشتهها روي واگن چيده شده، وارد دستگاہ Auto Clave مي‌گردد. Auto Clave شبیه تونلي است بقطر ۲ الي ۳ متر و طول ۱۰ تا ۲۰ متر. خشتهها مدت ۸ ساعت در دماي 150 و فشار ۱۰at قرار مي‌گيرند. اين قطعات، پس از خروج از Auto Clave،  $350 \frac{kg}{cm^2}$  مقاومت دارند. اين ميزان مقاومت به چند عامل بستگي دارد:

۱- نسبت مواد خام: اگر مقدار آهك افزايش يابد، تا حد مشخصي (حدود ۲۰%) مقاومت آجر حاصل افزايش مي‌يابد. اما اگر مقدار آهك از آن حد معين تجاوز نمايد، جمع شدگي خشت زياد شده، مقاومت کاهش مي‌يابد

۲- کیفیت مخلوط شدن: آب اضافی در مخلوط نیز باعث چسبیدن مواد به قالبها و متلاشی شدن خشتهها در Auto Clave می‌گردد.

۳- فشار قالب‌گیری: هر چه فشار پرس بیشتر شود، مقاومت آجر تولید شده نیز بیشتر خواهد بود. اما این واکنش حدی دارد که اولاً هزینه بالا نرود و ثانیاً دانه‌ها خرد نشود.

۴- شرایط دستگاه Auto Clave: در مورد Auto Clave نیز هر چه فشار افزایش یابد، مقاومت زیاد می‌شود. ولی اینجا نیز محدوده‌ای خاکم است. چرا که در فشارهای بالای دستگاه، مقاومت قطعه حاصل ثابت می‌ماند. مقاومت آجرهای ماسه آهکی در برابر سایش کم است. به همین دلیل استفاده از آن برای پوشش کفها و در محلهای جریان دائمی آب توصیه نمی‌شود. اما بعلاوه نوع قالب‌گیری و دقت در آن، از ظاهری مطلوب برخوردار بوده، برای استفاده در نما بسیار زیبا است. جهت نصب این آجرها به مقدار ملات کمتری نیاز است. در ساختمانهای عمومی مثل ادارات - که مسأله زیبایی در درجه اول از اهمیت مطرح نیست - می‌توان از آنها بهره جست بدون آنکه نیاز به پوشش رنگ و ... داشته



باشند. این آجرها سفیدک نمی زنند ضریب تغییرات آنها کمتر است. با توجه به کلیه مطالب مطرح شده می توان دریافت که استفاده از این نوع آجرها سبب اقتصادی تر شدن طرح می گردد. همچنین استفاده از آنها سبب کم شدن فشار بر زمینهای کشاورزی مناطقی مانند ورامین و ... می شود.

## کاربرد دیگری از آهک

### شفته آهکی

شفته آهکی از گذشته های دور در صنعت ساختمان جهت پی سازی بکار رفته است. در قدیم جهت احداث بنا، ابتدا محل پدیا را می کنند. سپس خاک خارج شده را با آهک و لاشه سنگهای بزرگ و آب مخلوط می کردند و در پدیا می ریختند. (به این عمل اصطلاحاً شفته ریزی گویند.) شفته ریزی مقارن فصل پاییز انجام می گرفت و تا پایان بهار مجال خود رها می شد. پس از آن، روی آن پی ساختمان می ساختند. علت این فاصله زیاد بین شفته ریزی و شروع ساختمان، سرعت اندک آهک در فرآیند شکفتن بود.

امروزه با پیدایش صنعت سیمان و تکتولوژی بتن، از شفته ریزی کمتر استفاده می شود. اما هنوز در مناطقی

برای تثبیت زمین از شفته آهک استفاده می‌کنند؛ مانند زیرسازی راه در زمینهای لجنزار. بدلیل همین کاربرد، نحوه صحیح شفته ریزی را شرح می‌دهیم: آهک را در بشکه‌ای از آب حل کرده، دوغ آب یکنواخت بدست می‌آوریم. خاکی که از پس خارج می‌شود را با این دوغ آب مخلوط می‌کنیم و شفته‌ریزی می‌کنیم. اینگونه مخلوط کردن، محصولی یکنواخت می‌دهد.

### برخی خواص شفته آهکی

مقاومت بدست آمده از شفته آهکی در شرایط مرطوب، حدود  $30 \frac{kg}{cm^2}$  در ۲۸ روز است که در مقایسه با سیمان، کمتر است. این عدد در ۲۷۰ روز به  $65 \frac{kg}{cm^2}$  و پس از سپری شدن ۳۰ سال به حدود  $80 \frac{kg}{cm^2}$  تبدیل می‌شود. بهترین خاک جهت تهیه شفته آهکی، خاک دارای شن است. اگر دانه‌بندی خاک ریز باشد، شفته پس از یک یا دو روز ترک می‌خورد. در اینصورت سطح شفته را با چکشی مخصوص بنام "تخماب" که از جنس چوب است می‌کوبند و آنرا غلتک می‌کنند تا ترکها هم آیند. شفته آهکی بر فلزات مانند سرب، روی، آهن و آلومینیوم اثر کرده، آنها را در خود حل می‌کند. پس

باید توجه نمود که هنگام شفته ریزی ، در داخل آهک ، میلگرد و ... قرار نگیرد.

یکی از دلایل ترکیب لوله های آب ، آهک درون ملات است. آهک لوله های گالوانیزه را بتدریج سوراخ کرده ، میترکاند. در نتیجه باید لوله ها را از آهک درون ملات دور نگه داشت. از اینرو همواره سعی بر این است که حتی المقدور تأسیسات آبرسانی و گاز رسانی روکار باشد. در ساختمانهای عمومی، لوله ها را از داخل کانالهای سرویس عبور می دهند. نکته مهم دیگری که توجه به آن ضروری است آنست که آهک به قیر و گونی صدمه میزند. البته هنوز بطور دقیق مشخص نیست که این صدمات بر قیر وارد می شود یا بر گونی. اما در هر صورت ، آهک در برابر این پوشش عایق ، نقش تخریبی دارد. بدین جهت در جایی که می خواهند قیر و گونی شود ، نباید آهک وجود داشته باشد. در ساختمانها برای زیرزمین ، یک پی می سازند. جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل زیرزمین ، پی را قیر و گونی می کنند. با توجه به مسأله آهک موجود در ملات، روش صحیح کار چنین است:

درکنار دیوار پی ، یک ردیف آجر ۱۰ سانتیمتری می‌چینند. روی این ردیف آجر را قیر وگونی می‌کنند و بعد روی پوشش عایق ، یک ردیف آجر ۲۰ سانتیمتری (دور ردیف آجر ۱۰ سانتیمتری مجاور هم) قرار می‌دهند . توجه شود که ملات این ردیف آجرها حتماً باید بدون آهک باشد.

تذکر : در شکل به محل قرارگیری کف حیاط نسبت به پی توجه شود .

؟

### «پلاستیکها»

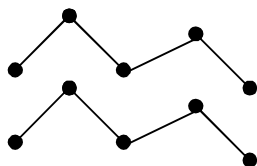
به دسته وسیعی از مواد مصنوعی گفته می‌شود که از تعدادی مواد معمولی مانند زغال ، نمک، پنبه، چوب، آب ، مواد نفتی و گاز طبیعی ساخته می‌شود . از این مواد معمولی، مواد شیمیایی نسبتاً ساده‌ای بدست می‌آید که به آنهاً مونومر می‌گویند. این مونومرها با یکدیگر واکنش داده ، مولکولهایی شبیه زنجیر بنام پولیمر تشکیل می‌دهند.

امروزه مواد پلاستیکی گسترش وسیعی دارد. از دهه ۱۹۵۰ به بعد که پلاستیکها در صنعت ساختمان بکار گرفته شد، با سرعت قابل ملاحظه ای رشد نمود. هم

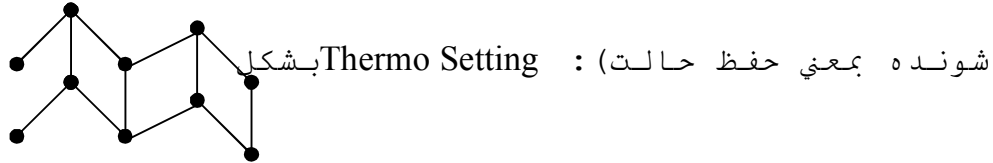
اکنون بیش از ۴۰ گروه مختلف از پلاستیکها با ارزش تجارتي وجود دارد که هر کدام دارای خواص ویژه اي می باشد. (انواع پلاستیکها بسیار بیشتر از ۴۰ نوع است. اما همانطور که ذکر شد، تنها این تعداد از آنها ارزش تجارتي دارند.) برخی مانند یونولیت سبک وزن و برخی بسیار سنگین هستند. گروهی در مقابل حرارت مقاومند و گروهی حتی در برابر حرارت آب گرم نیز مقاومت ندارند. دسته ای از آنها کدر و دسته ای دیگر شفافند و ... . تمام خواص مختلف پلاستیکها، ناشی از تغییرات وزن ملکولی و شکل زنجیری آنها است. پلاستیکها تأثیر عمیقی بر کلیه جوانب زندگی بشر گذاشته اند؛ بطوریکه امروزه زندگی بدون بکاربردن آنها امری غیر قابل انجام می نماید. بطور کلی پلاستیکها را به دو گروه عمده تقسیم می کنند:

۱- پلاستیکهای نرم شونده در برابر حرارت: Thermo

Plastic بشکل



۲ - پلاستیکهای سخت شونده در برابر حرارت (سخت



ترموپلاستیکها ملکولهایی موازی دارند که در اثر حرارت، بدون گسختگی زنجیرها، نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند. مانند آرکلیک پلی اتیلن، پلی وینیل کلراید (پی وی سی)، پلی استایرین (پلاستیکهای سبک) و نایلون.

ترموستینگها نیز دارای ساختمان ملکولی زنجیریند. ولی در مرحله سخت شدن، بین ملکولها اتصالات جانبی بوجود می‌آید و ملکولها به یکدیگر متصل می‌شوند و بعلت بوجود آمدن شبکه‌ای پیچیده، زنجیرها نمی‌توانند براحتی حرکت کنند. در نتیجه اعمال حرارت باعث حرکت و تغییر حالت فیزیکی آنها نمی‌شود. از این دسته بعنوان مثال به ذکر این نمونه‌ها بسنده می‌کنیم: چسبهای اپوکسی، پلی استر، پلی یوریتان، سلیکونها، انواع چسبهای دوقلو و سه قلو و ... .

چسب در حقیقت همان سیمان است. این سیمانها روز به روز گسترده‌تر می‌شوند. چسبها در مقایسه با سیمان پرتلند، از نظر رسیدن به مقاومت مطلوب بسیار

سریعتر عمل می‌کنند. اما مسأله مطرح در مورد این چسبها، مشکل بهای زیاد آنهاست. البته توجه به این نکته در مورد مقایسه قیمت چسبها و سمان پرتلند جالب توجه است: تولید سیمان پرتلند صنعتی است با مصرف انرژی بالا. به همین دلیل کشورهای صنعتی رغبتی به تولید آن ندارند. همچنین این صنعت باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. با در نظر گرفتن این جهات، تولید سیمان پرتلند سبب افزایش قیمت انرژی می‌شود. در قرن آینده با افزایش قیمت سیمان پرتلند و کاهش بهای چسبهای دیگر (بعلمت رشد میزان تولید) به نقطه‌ای خواهیم رسید که این دو نوع سیمان با یکدیگر به رقابت می‌پردازند و در آن زمان است که در اکثر شرایط، سیمان پرتلند مغلوب سایر سیمانها خواهد بود.

در حال حاضر این چسبها مشکلاتی از قبیل آتش سوزی و غیره دارند که البته این مسایل بگونه‌ای نیست که تکنولوژی جدید از رفع آنها عاجز باشد و در آینده‌ای نچندان دور انشاء... قابل حل خواهد بود. نکته دیگری که در مورد این چسبها باید مد نظر قرار گیرد آنست که کارکردن با آنها مستلزم داشتن دانش لازم در

مورد آن چسب است؛ مانند نوع سطحی که چسب روی آن می‌چسبد یا درجه حرارتی که برای عمل‌آوری چسب لازم است. و ... . نتیجه آنکه آموزش نحوه استفاده و بکارگیری آنها در سطوح مختلف از مهندسين تا کارگران، امری شایسته و البته ضروری می‌نماید.

در دنیای امروز انواع مختلفی از چسبهای پلاستیکی ساخته شده است: چسبهای چوب، سنگ، آهن، پارچه، فولاد، بتن و غیره. هر کدام از این چسبها نیز خواص ویژه خود را دارند. بعنوان مثال چسبهای آکواریوم (سیلیکونها) بگونه‌ای ساخته می‌شوند که پس از سخت شدن حالت ارتجاعی حالت ارتجاعی بخود بگیرند. این حالت جهت پرکردن درزهای انبساط و انقباض لازم است. از دیگر محصولات پلاستیکی، عایقهای مختلف است. مثلاً پلی‌یوریتان عایقی است حرارتی بشکل کف که در محل مورد نظر تزریق می‌شود. این عایق حرارتی بگونه‌ای مطلوب وظیفه خود را ایفا می‌کند. در یخچالها بین دو لایه درونی و بیرونی از پلی‌یوریتان استفاده می‌شود.

بطور کلی یکی از مسایلی که در ساختمان سازیهای داخلی به آن توجه نمی‌شود، مسأله بکارگیری عایقهای



حرارتي در ساختمان است . اين امر ، دقيقاً همان مسأله‌اي است که از دهه ۱۹۸۰ که قيمت انرژي بعلت بجران سوخت افزايش يافت، در تمام دنيا مورد توجه قرار گرفت . اما متأسفانه در کشورمان به هيچ وجه در هنگام طراحي ، براي محاسبات عايق‌بندي ارزشي قائل نمي‌شوند. در مورد اهميت اين معضل خوب است بدانيد که پيش از انقلاب در مرکز تحقيقات ساختمان ، دو اتاق يکي با استعمال عايق حرارتي مناسب و ديگري بدون بکار بردن آن ساخته شد. آمار نشان داد که در مدت هفت سال ، بهاي برق مصرفي جهت تنظيم دما در اتاق بدون عايق با قيمت عايق کاري اتاق ديگر برابر شد.

پيش از آنکه به شرح ساير موارد در مورد پلاستيکها بپردازيم ، به اين نکته بسيار مهم توجه کنيد که تنها از پلاستيکهاي در ساختمان مي‌توان بهره جست که در برابر آتش مقاوم باشد و نسوزد و اگر هم سوخت ، گاز سمی توليد نکند.

**توليد پلاستيکها**

در تولید پلاستیکها ، در مرحله ای که مونومرها را بهم می‌چسبانند تا تشکیل پلیمر دهد (پلیمریزاسیون) ، دو روش معمول است:

۱- غلیظ کردن

۲- افزایشی

در روش تغلیظ، مجموعه مونومرها یا گروهی از آنها، با یکدیگر بصورت شیمیایی پیوند برقرار می‌کنند. در این مرحله ، اغلب آب یا الکل یا اسید کلریدریک بعنوان محصول فرعی تولید می‌شود .

در روش افزایشی ، مونومرها بصورت انتها به ابتدا به یکدیگر می‌چسبند و این تکرار پیوندها منتهی به ایجاد یک ساختار خطی زنجیری می‌گردد که دارای شاخه‌ها و اتصالات جانبی نیز می‌باشد.

### **تولید محصولات پلاستیکی**

محصولات پلاستیکی در سه مرحله تولید می‌شوند. (گاهی دو مرحله را با هم انجام می‌دهند که در نتیجه مراحل تولید این محصولات به دو مرحله کاهش پیدا می‌کند.) ابتدا مواد خام به ترکیبات اصلی پلاستیک تبدیل می‌شوند: دانه، پودر یا مایع. این ترکیبات جدید با یکی از دو روش تغلیظ یا افزایشی بصورت ورق یا

قشري نازك ، لوله ، ميله و اشكال ديگر بحالت جامد يا نيمه جامد در مي آيد . در اين روش ، معمولاً پلاستيکها با يك يا دو ماده ديگر نيز تركيب ميشوند تا خواص فيزيکي مورد نياز محصل ، ايجاد گردد . بعنوان مثال براي بهبود خاصيت رواني ، به آنها مواد روان کننده مي زنند . گاهي از مواد پرکننده استفاده ميکنند . جهت افزايش مقاومت از الياف (که در مبحث گچ ، تحت علم مواد مرکب توضيح داده شد) بهره ميگيرند . در نهايت پس از افزودن مواد مختلف به پلاستيکها ، معمولاً آنها را قالب ميگيرند تا به شکل دخواه در آيد . روشهاي قالبگيري بسيار متنوع و مختلف است؛ مانند قالبگيري با تزريق ، با دميدن ، با فشار ، با چرخاندن ، با استفاده از روشهاي بيرون راندن (مانند آنچه در دستگاه Exruder در توليد آجر انجام ميگيرد) و ريخته گري .

### **خواص پلاستيکها**

پلاستيکها داراي خواص مکانیکی و فيزيکی بسيار با ارزشي هستند . يکي از نکات جالب توجه ، تنوع زياد در خواص و بعبارتي گستردگي دامنه تنوع خواص در آنهاست و دقيقاً همين مسأله سبب بهره برداري زياد از

پلاستیکها شده است. دامنه وزن مخصوص پلاستیکها از  $10 \frac{kg}{m^3}$  شروع و به  $2400 \frac{kg}{m^3}$  ختم می شود. هنگامی که

پلاستیکها با تار تقویت شونده ، مقاومت فشاری به  $1200 \frac{kg}{cm^2}$  تا  $2000 \frac{kg}{cm^2}$  و مقاومت کششی به  $10000 \frac{kg}{cm^2}$

می توان برسد. (این عدد را با مقاومت کششی فولاد که در حدود چهار هزار تا پنج هزار کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است ، مقایسه کنید.) از دیگر خواص این دسته از مواد ، نسبت مقاومت به وزن آنهاست. نسبت مقاومت به وزن می گویند که با وزن معینی از ماده ، به چه مقاومتی می توان دست یافت . این نسبت برای آجرکاری  $0/2$  ، برای بتن عادی  $0/06$  ، برای فولاده  $0/0$  ، برای آلومینوم  $1/6$  و برای پلاستیک تقویت شده با الیاف  $2/2$  است . به همین دلیل در صنعت ساخت هواپیما که نسبت مقاومت به وزن مواد بسیار مهم است، بیشتر قطعات داخلی هواپیما را از پلاستیکهای تقویت شده با الیاف می سازند.

یکی از امتیازات عمده پلاستیکها ، مقاومت در برابر خوردگی و همچنین مقاومت در برابر اسیدها و قلیاها می باشد. از این رو مخازن انواع مواد غذایی که

تولید اسید یا قلیا می‌کنند را از پلاستیک می‌سازند . همچنین در ساخت مخازن فاضلاب و سایر مواد شیمیایی از پلاستیکها بهره می‌گیرند.

از دیگر خواص پلاستیکها ، عایق بودن آنها در برابر حرارت و جریان الکتریسیته است . همچنین بدلیل آسان بودن افزودن رنگ به پلاستیکها در مراحل تولید، محصولات آن از تنوع رنگ جالبی برخوردارند.

نکته دیگر در مورد این مواد ، هزینه نسبتاً پایین به کارگیری آنهاست . مثلاً در ابتدا جهت ساخت در و پنجره ، از پروفیل‌های فلزی و برای اتصال آنها از جوش استفاده می‌کردند. با ظهور آلومینیوم ، تحویلی عمیق در صنایع مختلف بوجود آمد و چهارچوبها ، آلومینیومی و اتصالات آنها ، پیچ و پرچ شد. اما امروزه بجای آلومینیوم از پلاستیک و بجای پیچ و پرچ از چسبهای ویژه که از مونومرهای همان نوع پلاستیک ساخته شده ، استفاده می‌کنند . همچنین در اتصالات لوله های فاضلاب کنونی نیز ( که از جنس پلاستیک هستند) از این گونه چسبها استفاده می‌شود. در شکل به روش صحیح قرار دادن این لوله‌ها در یکدیگر توجه شود.

؟

پلاستیکها با همه مزایای خود ، چند ایراد عمده نیز دارند که بدین شرح می‌باشند: مقداری خزش دارند. (خزش یعنی تغییر شکل تحت بار ثابت)، در حرارت صدمه می‌بینند، سختی کمی دارند، ضریب انبساط بالایی دارند، در اثر عمر کردن مقاومتشان را از دست می‌دهند، بعضی از انواع آنها تولید گاز سمی می‌کنند. بعنوان حسن ختام مبحث پلاستیکها به ذکر یکی از کاربردهای تخصصی پلاستیک در رشته عمران اشاره می‌کنیم . سازه های فراساحلی (سازه های درون دریا و اقیانوسها) مانند سکوهایی نفتی ، دارای پایه های سنگین بتنی در زیر آب می‌باشند. اما آب دریا بدلیل داشتن املاح فراوان میلگردها را می‌خورند و آنها را از بین می‌برند . در سالهای اخیر از روش دیگری استفاده شده و آن عبارت است از بکارگیری کابلهای پلاستیکی تقویت شده با الیاف بجای میلگردها در بتن.

«چوب»

چوب یکی از مصالح ساختمانی است که یا مستقیماً از درخت به دست می‌آید و یا اینکه از خرده‌چوبها و چسبهای مخصوص ، طی فرایندهای خاص تولید می‌شود و در قسمتهای مختلف ساختمان مانند تیر، ستون، خرپا ، نما، داربست ، قالب بندی و کف به مصرف می‌رسد.

چوب یکی از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی است . بشر پیش از دستیابی به فلزات و به خصوص آهن ، در مواردی که مقاومت فشاری حائز اهمیت بود از قوس ، و در مواردی که مقاومت خمشی مهم بود از چوب استفاده می‌کرد.

چوب يك بافت سلولزی آلي است که بخش عمده آن را ترکیبات هیدراتهای کربن تشکیل می‌دهد. درختها با جذب  $CO_2$  از هوا و نیز آب و مواد معدنی از زمین ، این ترکیبات کربوهیدراتی را ساخته ، در بافتهای خود ذخیره می‌کنند.

امروزه با پیدایش جایگزینهای مناسبی همچون مصالح فلزی و نیز پلاستیکها ، کاربردهای چوب در ساختمان تا حد قابل توجهی محدود شده است. چوب یکی از مصالح ساختمانی گران محسوب شده ، دارای معایب دیگری از قبیل پوسیدگی ، کفک زدگی ، خورده شدن توسط

موریانه و ... نیز می‌باشد؛ ولی هنوز هم در صنعت ساختمان به علت داشتن برخی امتیازات به کار می‌رود.

### **امتیازات چوب**

– کار کردن با چوب ساده است؛ بریدن، سوراخ نمودن ، میخ کردن و چسباندن آن راحت می‌باشد.

– چوب يك مصالح ساختمانی سبك می‌باشد.

– به علت داشتن زیبایی هنری آن ، کاربردهای تزئینی فراوانی دارد. (همانند روکش های درونی ، سقفهای چوبی، پارکت کف و ...).

– چوب يك عایق حرارتی مناسب می‌باشد. چوب علاوه بر کاربرد در صنعت ساختمان، در پارچه بافی، مبلمان سازی، صنعت کاغذ و ... نیز بکار می‌رود.

### **کاربردی جدید برای چوب در صنعت ساختمان**

یکی از کاربردهای نسبتاً جدید چوب ، استفاده از چوب در صنعت بتن بعنوان قالبهای چوبی می‌باشد. البته قالبهای فلزی هم وجود دارند؛ ولی قالبهای چوبی سبکتر بوده ، کارکردن با آنها راحت تر است. امروزه عمدتاً برای ساختن قالبهای بتن از تخته‌های چند لای آغشته به رزین (Resin) استفاده می‌کنند که می‌توانند برای مدت طولانی در آب دوام بیاورند. از



این قالبها می‌توان بیش از ۳۰ بار برای قالب‌گیری بتن استفاده کرد.

قالبهای چوبی دو نوعند:

۱- قالبهای چوبی تونلی

در این سیستم، همانگونه که در شکل زیر نشان داده شده است، بین قالبها را بتن ریزی می‌کنند و سپس با جرثقیل قالبها را می‌کشند. بشکل

؟

۲- قالبهای چوبی که برای ساختن سقف و دیوار بصورت سر هم بکار می‌روند. بشکل

؟

**ساختمان چوب درختهای به کار رفته در صنعت ساختمان**

درختانی که چوب آنها در صنعت ساختمان بکار می‌رود دو دسته‌اند: سوزنی برگها و پهن برگها. برش عرضی سوزنی برگها، ساده، هندسی و منظم می‌باشد در حالی که برش عرضی پهن برگها، نامنظم و درهم می‌باشد. هر چه بافت چوب نامنظمتر بوده و مقطع آن خلل و فرج بیشتری داشته باشد، چوب پوکتر و سبکتر بوده، مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهد و آب بیشتری جذب می‌نماید.

**رطوبت چوب**

پس از بریدن درخت ، در چوب مقدار قابل ملاحظه ای رطوبت وجود دارد که میزان آن به حدود ۲ تا ۳ برابر وزن چوب خشک می‌رسد. آب چوب یکی در منافذ بین سلولی بصورت آب آزاد و دیگر در جدار سلولها و چسبیده به تارهای چوب بصورت آب نم وجود دارد . آب درون چوب را نسبت به وزن چوب خشک می‌سنجند:

$$\text{رطوبت چوب} = \frac{\text{وزن چوب خشک} - \text{وزن چوب تر}}{\text{وزن چوب خشک}}$$

خواص فیزیکی چوب شدیداً تحت میزان رطوبت قرار می‌گیرد که چوب را بر اساس میزان رطوبت آن به ۳ گروه زیر تقسیم می‌کنند :

۱- چوب مرطوب: چوبهای با میزان رطوبت %۳۵ و بیشتر (چوب درختان تازه بریده ) ۲- چوب نیمه خشک : چوبهای با میزان رطوبت %۱۵ تا %۲۰ (چوبهای خشک شده در هوا)

۳- چوب خشک: چوبهای با میزان رطوبت %۸ تا %۱۳ (چوبهای خشک شده در اتاق)

پس از بریدن درخت، چوب تر به تدریج رطوبت خود را از دست می‌دهد؛ ابتدا آب آزاد از دست می‌رود و سپس آب نم از بین جدار سلولها خارج می‌گردد تا به نقطه ای

میرسیم که در بین الیاف آبی وجود نداشته باشد. این نقطه را نقطه اشباع الیاف یا تارها گویند. چوب ماده ای است جاذب الرطوبه و در هر درجه حرارت و شرایط رطوبتی، مقدار معینی رطوبت را در خود نگه می‌دارد که به این رطوبت اصطلاحاً رطوبت نسبی تعادل می‌گویند. از زمانی که آب بین سلولی شروع به از بین رفتن می‌نماید، جمع شدگی در چوب آغاز می‌گردد. در زیر نقطه اشباع چوب، جمع شدگی در جهات مختلف برابر نیست. جمع شدگی در امتداد طول الیاف ناچیز است و در امتداد عرض الیاف (و یا در امتداد شعاع برش عرضی) قابل ملاحظه می‌باشد. جمع شدگی در امتداد شعاعی است.

اگر نابرابری جمع شدگی در جهات مختلف به حد قابل توجهی برسد، چوب ترک می‌خورد.

برای اینکه جمع شدگی را تحت کنترل درآورده و از ترک خوردن چوب جلوگیری نمود، باید چوب را به عمل آورد.

### **عمل آوردن چوب**

چوب را باید پیش از مصرف خشک کرد. خارج نمودن آب اضافی از چوب تا اینکه رطوبت چوب به حدی مشخص برسد

و کمترین صدمه را ببینند اصطلاحاً عمل آوردن چوب نامیده می‌شود .

معمولاً رطوبت چوب را تا حدی کاهش می‌دهند که در تعادل با محیط باشد . عمل آوردن ، چوب را در برابر ترک خوردن و نیز تغییر شکل حفظ می‌کند. نکته قابل توجه این است که در رطوبتهای کمتر از حد اشباع ، کلیه خصوصیات مقاومتی چوب با کاهش رطوبت نسبی آن ، افزایش می‌یابد. در ضمن پوسیدگی چوب، رویش قارچها و... معمولاً در رطوبتهای نسبی بیش از ۲۰٪ اتفاق می‌افتد.

درختهای بریده شده را نمی‌توان به همان صورت برید شده عمل آورد. برای به عمل آوردن چوب ، تنه درخت را به صورت چار تراش و یا الوار برش می‌دهند و پس از برش دادن به عمل می‌آورند.

؟

### **روشهای مختلف عمل آوردن:**

۱- روش طبیعی : در این روش چار تراش و الوارها را بر روی زمین خشکی که هوا در اطراف آن جریان دارد می‌خوابانند تا رطوبت درون چوب به کمتر از ۲۰٪ وزن

خشك آن برسد. اين روش معمولاً روشي زمانبر و طولاني است و ممكن است تا ۲ چند سال به طول بيانجامد. چوبهاي به دست آمده از اين روش از كيفيت مطلوب برخوردار نيستند. زيرا معمولاً رطوبت از چوب بطور يكنواخت خارج نميشود.

۲- روش كوره: در اين روش، چارتراش و الوارها را درون اتاقكهاي مخصوصي كه جريان هواي گرم در آنها جريان دارد ميخوابانند. دماي هواي گرم (حدود ۶۰ تا ۹۰ درجه سانتي گراد) در حدود ۳ الي ۴ روز، رطوبت چوب را تا حدود ۱۰٪ وزن خشك آن کاهش ميدهد.

پس از عمل آوردن، مي توان به منظور مقاوم كردن چوب در برابر آتش به آن مواد ضد آتش تزريق نمود. چوبهايي كه در كشورهاي خارجي استفاده ميشوند، اغلب اين گونه اند. در اين چوبها، تا زماني كه شعله بر روي چوب قرار دارد، چوب به صورت نيمسوز دود ميكند و پس از برداشتن شعله ديگر نميسوزد.

### **خواص فيزيكي چوب**

جمع شدگي در جهت مماس ۲ برابر جمع شدگي در امتداد شعاعي چوب است.

- میزان رطوبت موجود در چوب به طور قابل ملاحظه‌ای در کلیه خواص مقاومتی چوب تأثیر می‌گذارد؛ به طوری که در رطوبتهای کمتر از حد اشباع، هر چه رطوبت نسبی چوب کاهش یابد، مقاومت چوب افزایش خواهد یافت.
- وزن مخصوص خالص چوب برای تمامی انواع آن یکسان بوده و به طور متوسط برابر با  $1/54$  می‌باشد. ولی وزن مخصوص انبوهی (حجمی) چوب بستگی به حجم منافذ دارد.
- قابلیت انتقال حرارت چوب کم است و بستگی به تخلخل، رطوبت نسبی و جهت گیری الیاف دارد. ضریب انتقال حرارتی در امتداد تارهای چوب  $1/8$  برابر بیشتر از مقدار آن در جهت عمود بر تارهاست.
- سرعت انتقال امواج صوتی در چوب، ۲ تا ۱۷ برابر بیشتر از مقدار آن در هواست.
- چوب در محیطهای اسیدی و قلیایی مقاومت نمی‌کند و می‌پوسد. درختان سوزنی برگ در محیطهای اسیدی مقاومترند.
- مقاومت مکانیکی چوب در جهت‌های مختلف، متفاوت است؛ بنابراین اگر بخواهیم مقاومت آن را در

آزمایشگاه تعیین کنیم، باید جهت تارها را هم معین نماییم.

- مقاومت فشاری چوب در امتداد تارها بالا می‌باشد. هر چه چوب فشرده تر گردد، مقاومت آن افزایش می‌یابد. بیشترین مقاومت فشاری زمانی ایجاد می‌شود که چوب کاملاً متراکم شده و به حدود  $\frac{1}{3}$  حجم اولیه رسیده باشد. در ضمن مقاومت فشاری چوب در جهت عمود بر تارها بسیار کمتر از مقاومت آن در جهت تارهاست.

- مقاومت کششی چوب در امتداد تارها نسبتاً بالاست. چوب را به ندرت در جهت عمود بر تارها تحت بار کششی قرار می‌دهند.

### **مسایل زیست محیطی**

از آنجا که چوب می‌پوسد و در مدت کوتاهی به چرخه حیات باز می‌گردد، برای محیط زیست آلودگی ندارد؛ اما ممکن است برخی مواد محافظت کننده آن در برابر عوامل مختلف، آلودگی‌هایی برای محیط زیست ایجاد کنند.

### **ملاحظات و توصیه‌ها**

- چوبي كه در صنعت ساختمان به مصرف مي‌رسد بايد از نظر بافت و ظاهر ، يكنواخت ، تميز و عاري از ترك و صمغ ، فاقد تابيدگي ، پيچيدگي و ساير معايب باشد. وجود گره ، قسمتهاي پوسيده و خشك شده و تجمع شيره گياهي و صمغ بر روي سطوح مرئي چوب، نشانه نامرغوب بودن آن است.
- چسبي كه براي متصل كردن قطعات چوبي به كار مي‌رود، بايد با شرايط آب و هوايي سازگاري داشته باشد.
- استفاده از چسبهاي با منشاء حيواني براي نقاطي كه امكان رشد قارچ ، كفك و ديگر ميكروارگانيسمها وجود دارد مجاز نيست؛ زيرا به رشد اين موجودات زنده كمك مي‌كند.
- انبار مواد چوبي بايد به دور از مواد قابل اشتعال بوده و داراي سيستمهاي اعلام و اطفاي حريق باشد.