مقدمه

سرزمین ایران از دیدگاه روندهای تکاملی پیدایی و بهره‌برداری مصالح دارای تاریخی باستانی و پیوسته است. از دوران‌های پیش از تاریخ مدون، این سرزمین باستانی شاهد، تازه‌جویی‌های ساکنان نخستین آن و پیدایی و برآوردن و بهره‌گیری آنان از مواد بوده است. در دوره‌های تاریخی نیز ایران علاوه بر آن‌که جایگاه پیدایش مواد و مصالح تازه و دارنده‌ی ذخائر فراوان بوده است، به علت موقعیت جغرافیایی ویژه‌ی خویش گذرگاه موج‌های تمدن‌های باستانی چون میانرودان و چین و مصر و یونان و روم نیز به‌شمار می‌آمده است. از ارزش آب، سنگ، چوب، نفت و فلزها در کتاب‌ها و نوشته‌های مذهبی مانند اوستا و قرآن و ادبیات این سرزمین مانند شاهنامه یاد شده و در افسانه‌های کهن نیز از ابزارها و صنایع و مواد داستان‌های ملی آورده شده و در اعتقادات مردم هر زمان بازتاب یافته است.

به موازات پیشرفت صنعت و فن‌آوری نوین در ساختمان‌سازی، مصالح ساختمانی متنوّع و جدید به بازار عرضه می‌گردد. این مصالح ممکن است در اسکلت اصلی ساختمان یا برای موادّ تکمیلی و تزیینی به‌کار رود.

بعضی از مصالح ساختمانی را که سال‌هاست مورد استفاده قرار می‌گیرند «مصالح سنتی» می‌نامند. در فن‌آوری جدید تنها طرز استفاده و محافظت، هم‌چنین افزایش مقاومت مصالح سنتی بررسی و ارزیابی می‌شود تا از این رهگذر، اگر کاستی‌ای در به‌کار بردن این مصالح وجود داشته باشد، برطرف شود.

شناخت عمیق از مصالح منجر به توانا شدن در انتخاب صحیح مصالح با توجه به نکاتی از قبیل مقاومت و ایستایی، دوام و پایداری، هماهنگی و مناسبت با عملکرد با درنظرداشتن چارچوب‌های اقتصادی، همنشینی با سایر مصالح و مطابقت مصالح با محدودیت‌های اجرایی می‌شود.

همکاران گرامی قسمت‌های «آیا می‌دانید که» جهت مطالعه‌ی آزاد می‌باشد.

هدف کلی

آشنایی و شناسایی ویژگی‌ها، خواص، مشخصات فیزیکی و شیمیایی مصالح ساختمانی و کاربرد آن‌ها.

فصل اوّل

خواص اساسی مصالح ساختمانی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ ساختمان کره‌ی زمین را شرح دهد.

۲ــ لایه‌های مختلف زمین را بیان کند.

۳ــ گسل و عوامل آن را شرح دهد.

۴ــ فرسایش و تأثیرات آن را شرح دهد.

۵ــ گردش آب در طبیعت را شرح دهد.

۶ــ عناصر موجود در پوسته‌ی زمین و نسبت عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها را بیان کند.

۷ــ مواد و مصالح ساختمانی را دسته‌بندی کند.

۸ــ خواص عمومی مصالح ساختمانی را بیان کند.

۱ــ۱ــ آشنایی با زمین

با گسترش روزافزون صنایع و نیاز صنعت به مواد خام اولیه و با توجه به آن که زمین بستری مناسب برای مقاصد عمرانی از قبیل : ساختن جاده، پل، تونل، سد، ساختمان‌های عظیم و تهیه‌ی مصالح ساختمانی به‌شمار می‌رود،آشنایی با زمین اهمیّت بسیاری دارد.

پایه‌های اقتصاد هر کشور به شیوه‌ی استفاده از منابع طبیعی، به‌ویژه منابع زمینی بستگی دارد ؛ براین اساس اگر به این امید باشیم که برحسب تصادف در سرزمین وسیعی، به مقدار درخور توجه از مواد معدنیِ مورد نیاز خود دست‌رسی پیدا کنیم سرگردان خواهیم شد و ره به جایی نخواهیم برد. پس برای این امر مهم بهتر آن است که با منابع زمینی و عواملی که سبب تغییرات در آن‌ها می‌شود آشنا شویم.

۲ــ۱ــ ساختمان کره‌ی زمین

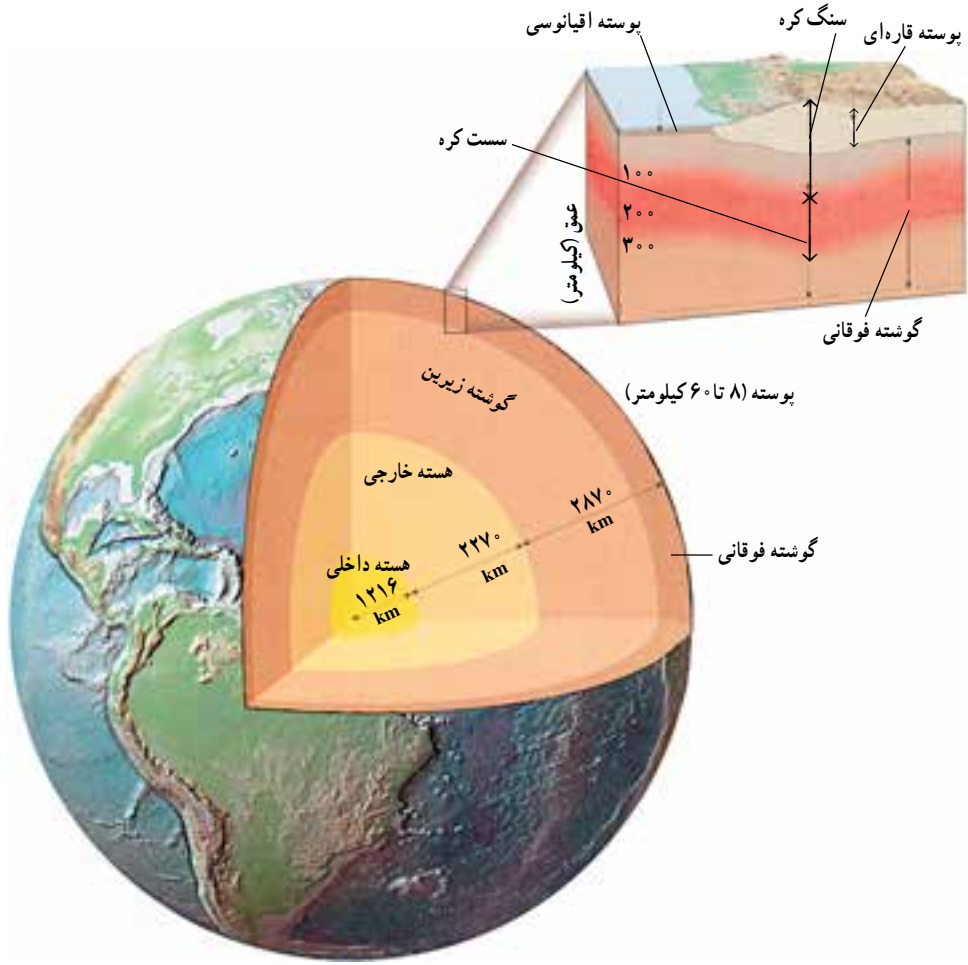
واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی کره‌ی زمین عبارت‌اند از :

۱ــ اتمسفر یا هوای کره (جوّ)،

۲ــ هیدروسفر یا آب کره،

۳ــ لیتوسفر یا سنگ کره.

خارجی‌ترین بخش لیتوسفر را «پوسته‌ی جامد زمین» می‌نامند که در زیر قاره‌ها ضخامتی در حدود ۶۰ کیلومتر و در زیر اقیانوس‌ها ضخامتی حدود ۵ کیلومتر دارد. (شکل ۱ــ۱)



شکل ۱ــ۱ــ ساختمان درونی زمین

۳ــ۱ــ ایجاد گسل و عوامل آن

پوسته‌ی جامد زمین از مواد سختی تشکیل شده است که به آن «سنگ» می‌گویند.

هرگاه لایه‌های افقی پوسته‌ی جامد زمین در اثر نیروهای درونی، موجی شکل شوند چین‌خوردگی پدید می‌آید. گاهی وارد شدن نیرو از درون زمین بر سنگ‌های پوسته‌ی جامد زمین باعث به‌وجود آمدن شکست در آن‌ها می‌شود. شکست‌ها به‌صورت درز یا شکاف مشاهده می‌گردند.

تعریف: گسل، شکستگی‌هایی است که در آن‌ها دو دیواره یا صفحه، نسبت به یک‌دیگر به‌موازات سطح گسل، جابه‌جا می‌شوند.

بعضی از گسل‌ها دارای طولی برابر چند سانتی‌متر هستند، اما گسل‌هایی نیز وجود دارند که طول آن‌ها به صدها کیلومتر می‌رسد. گسل‌های بزرگ در اثر برخورد، موجب تغییر مکان قسمت‌های وسیعی از پوسته‌ی جامد زمین می‌شود.

مهم: ساختن بنا بر روی گسل بسیار خطرناک است.

۴ــ۱ــ فرسایش و عوامل آن

فرسوده شدن پوسته‌ی جامد زمین را «فرسایش» گویند. عوامل فرسایش عبارت‌اند از : باد، باران، برف، رودخانه، یخچال‌های طبیعی، دریا و دریاچه، آب‌های زیرزمینی، آتش‌فشان، زلزله، هوازدگی، حیوانات، انسان و گیاهان.

در اثر فرسایش، سنگ‌ها قطعه قطعه شده، سپس به قطعات ریزتر و سرانجام به انواع خاک‌ها تبدیل می‌شوند. بعضی از سنگ‌ها در مقابل فرسایش و عوامل آن مقاومت بیش‌تری دارند ؛ از این‌رو آشنا شدن با این‌گونه سنگ‌ها سبب می‌شود مواد و مصالح ساختمانی مقاوم را نیز بهتر بشناسیم و آن‌ها را به‌گونه‌ی مناسب انتخاب کنیم.

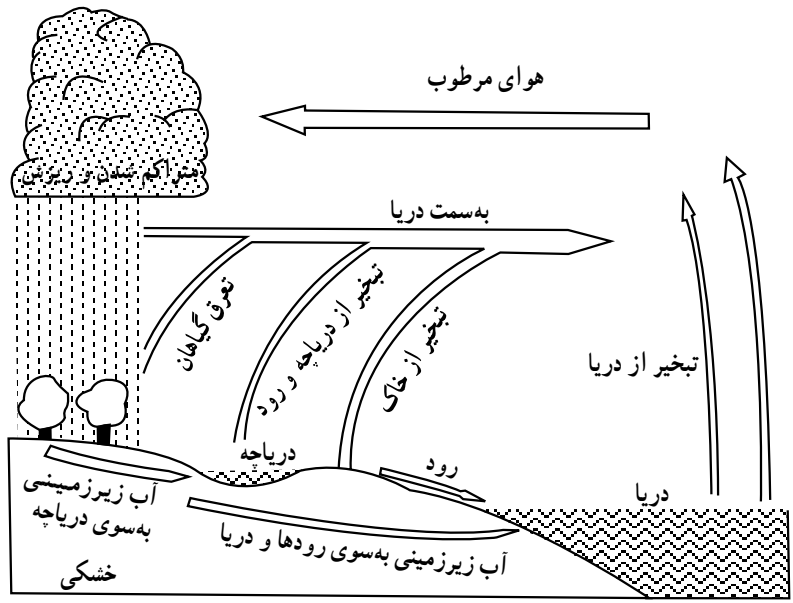
۵ــ۱ــ گردش آب در طبیعت

آب در طبیعت دایماً در حال تغییر حالت و تغییر مکان است. این تغییرات در مداری بسته صورت می‌گیرد که برای آن آغاز و پایانی نیست. نوعی تبادل دایمی بین آب موجود در خشکی‌ها و دریاها و اتمسفر وجود دارد که اصطلاحاً گردش یا «چرخه‌ی آب» نام گرفته است.

در اثر انرژی خورشید، آب اقیانوس‌ها و سطح خشکی‌ها تبخیر می‌شود. بخار آب حاصل در وضعیت مناسب متراکم می‌شود و به‌صورت باران، برف و تگرگ دوباره به سطح زمین برمی‌گردد و

بخشی از آب باران نیز هنگام ریزش تبخیر می‌شود. قسمت عمده‌ی باران مستقیماً در اقیانوس‌ها و دریاها می‌ریزد. بارانی که در سطح خشکی‌ها فرو می‌ریزد به شکل‌های گوناگون درمی‌آید. بخش مهمّی از این باران موقتاً در لایه‌های سطحی خاک نگه‌داری می‌شود که سرانجام در اثر تبخیر و تعریق از طریق گیاهان به اتمسفر باز می‌گردد.

قسمتی از آب باران در سطح زمین یا از خاک سطحی به داخل مجاری رودخانه‌ها راه می‌یابد و مقداری به داخل زمین نفوذ می‌کند و به ذخایر آب زیرزمینی می‌پیوندد. آب رودخانه‌ها سرانجام ممکن است دوباره به دریاها بریزد. بخش مهمّی از آب رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی قبل از رسیدن به دریا در اثر تبخیر دوباره به اتمسفر برمی‌گردد. چرخه‌ی آب ممکن است به شکل‌های دیگری نیز صورت گیرد. (شکل ۲ــ۱)



شکل ۲ــ۱ــ چرخه‌ی آب در طبیعت

۶ــ۱ــ عناصر موجود در پوسته‌ی زمین

پوسته‌ی زمین از سنگ‌ها و خاک‌هایی تشکیل شده که قبلاً مواد مذاب بوده‌اند ؛ پس همان عناصری که در مواد مذاب موجود بوده است در پوسته‌ی زمین نیز یافت می‌شود.

این عناصر عبارت‌اند از : اکسیژن، ئیدروژن، گوگرد، کلر، فلزات و ترکیبات فلزی، ترکیبات غیرفلزی و مقدار فراوانی سیلیکات‌ها.

به‌طورکلّی ۷۵ درصد از پوسته‌ی زمین را ترکیباتی چون : کربنات‌ها، سولفات‌ها، نیترات‌ها، فسفات‌ها و ۲۵ درصد آن را سیلیکات‌ها تشکیل می‌دهند. در صورتی که ۷۵ درصد این میزان، در عمق، به سیلیکات‌ها و ۲۵ درصد باقی‌مانده به بقیه‌ی مواد و عناصر اختصاص دارد.

کلیه‌ی مواد و مصالحی که در ساختمان‌سازی به‌کار می‌روند از قسمت‌های مختلف پوسته‌ی زمین به‌دست می‌آید.

۷ــ۱ــ انواع مواد و مصالح ساختمانی

مصالح ساختمانی گاهی به همان صورتی که در طبیعت یافت می‌شوند فقط با اندکی تغییر شکل استفاده می‌شوند و گاهی، از ترکیب آن‌ها با یک‌دیگر مصالح جدیدی به‌دست می‌آید مثل سیمان که از ترکیب سنگ آهک و خاک‌رس به کمک حرارت حاصل می‌شود یا گچ و آهک که از پختن سنگ گچ و سنگ آهک به‌دست می‌آید. به‌تازگی مواد و مصالحی از ترکیبات شیمیایی و به روش‌های صنعتی به‌دست آمده است ؛ مانند : P.V.C، پلی‌یورتان، که به مرور جای مصالح طبیعی را خواهند گرفت. هم‌چنان که گاه در ساخت قطعات پیش‌ساخته‌ی گچی و یا بتونی از الیاف مصنوعی نیز استفاده می‌گردد.

۸ــ۱ــ خواص عمومی مصالح ساختمانی

به‌طورکلی مواد و مصالح ساختمانی دارای خواص فیزیکی از قبیل مقاومت در مقابل نیروهای فشاری، کششی، برشی و سایشی هستند. علاوه بر این می‌توانیم به هر شکل و اندازه‌ای که نیاز داشته باشیم از مواد و مصالح ساختمانی استفاده نماییم.

ترکیب مصالح ساختمانی با آب، هوا و عناصر دیگر نیز از جمله خواص شیمیایی این مواد هستند که از این ترکیبات نیز مواد و مصالح جدیدی حاصل می‌شود. از طرفی، خواص مکانیکی و رفتاری مواد و مصالح ساختمانی در مقابل نیروها دارای اهمیّت خاصی است ؛ بنابراین، شناخت مواد و مصالح ساختمانی از جهات مختلف در علم مهندسی ضروری و الزامی است.

۹ــ۱ــ خواص فیزیکی مصالح

خواص فیزیکی مصالح ساختمانی عبارت‌اند از :

الف) وضع ظاهری مصالح ساختمانی و موادّ اولیه‌ی آن، مانند :

رنگ، بو، شکل ظاهری، وزن، جرم، وزن مخصوص، دانسیته، تخلخل، پوکی و نظایر آن.

خواص ظاهری مصالح ساختمانی بدین قرارند :

۱ــ جرم.

۲ــ وزن.

۳ــ حجم (الف ــ حجم جامد جسم که شامل حجم مواد جامد مصالح می‌شود، ب ــ حجم کلی جسم که شامل حجم مواد جامد و فضای خالی داخل مصالح است، ج ــ حجم فضایی یا ظاهری جسم که شامل حجم کلی جسم و فضای خالی بین قطعات مصالح می‌گردد، مانند حجم یک کامیون آجر یا شن).

۴ــ وزن حجمی مصالح ساختمانی (وزن فضایی یا ظاهری).

۵ــ وزن مخصوص مصالح ساختمانی. جدول ۱ــ۱ وزن مخصوص فضایی مصالح رایج در کارهای ساختمانی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ۱

مصالح طبیعی توده شده	کیلوگرم بر مترمکعب
خاک ــ ماسه ــ گل رس خیس	۲۱۰۰
خاک ــ ماسه ــ گل رس مرطوب (۵ درصد رطوبت)	۱۸۰۰
خاک ــ ماسه ــ گل رس خشک	۱۶۰۰
لاشه سنگ	۱۴۰۰
شن خیس	۲۰۰۰
شن خشک	۱۷۰۰
زغال‌سنگ	۸۰۰
زغال چوب از چوب نرم و سبک	۱۵۰
زغال چوب از چوب سفت و سنگین	۲۲۰
خرده آجر	۱۵۰۰
ماسه بادی	۱۶۰۰
خاک نسوز	۸۰۰
پوکه معدنی	۶۰۰
سنگ آهک پخته	۷۰۰
پودر سیمان توده شده و به‌طور آزاد	۱۳۰۰
پودر سیمان در کیسه و جابه‌جا شده	۱۸۰۰

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

مصالح و اجزای ساختمانی	کیلوگرم بر مترمکعب
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان	۱۸۵۰
آجرکاری با آجر فشاری و ملات ماسه آهک	۱۸۰۰
آجرکاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک	۱۷۵۰
آجرکاری با آجر سفال و ملات ماسه سیمان (سوراخ‌ها با ملات پر می‌شود)	۲۱۰۰
آجرکاری با آجر مجوف و ملات ماسه سیمان	۸۵۰
سنگ‌چینی با سنگ‌های آذرین (مانند گرانیت) و ملات ماسه سیمان	۲۸۰۰
سنگ‌چینی با سنگ‌های آهکی توپر و ملات ماسه سیمان	۲۷۰۰
سنگ چینی با سنگ‌های معمولی یا تراورتن و ملات ماسه سیمان	۲۴۰۰

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

سنگ‌های طبیعی (وزن فضایی)	کیلوگرم بر مترمکعب
گرانیت	۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰
دیوریت ــ کاربر	۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰
بازالت	۲۹۵۰ تا ۳۰۰۰
کفسنگ (توف)	۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰
ماسه‌سنگ معمولی	۲۰۰۰ تا ۲۶۵۰
سنگ آهک توپر ــ دولومیت ــ مرمر	۲۶۵۰ تا ۲۸۵۰
سنگ آهک معمولی	۱۷۰۰ تا ۲۶۰۰
تراورتن	۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰
گنیس	۲۶۵۰ تا ۳۰۰۰
شیست	۲۷۰۰ تا ۲۸۰۰

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

فلزات	کیلوگرم بر مترمکعب
آلومینیم	۲۷۰۰
آهن خام خاکستری	۷۲۰۰
آهن خام سفید	۷۷۰۰
چدن	۷۲۰۰
فولاد نرم	۷۸۵۰
سرب	۱۱۴۰۰
مس	۸۹۰۰
برنز	۸۵۰۰
روی	۷۲۰۰
قلع	۷۲۰۰
نیکل	۸۸۰۰
آنتیموان	۶۷۰۰
آرسنیک	۵۷۰۰
کرم	۶۹۰۰
برنج ریخته شده	۸۸۰۰
منیزیم	۷۷۰۰
منگنز	۷۰۰۰
بیسموت	۹۸۰۰
جیوه	۱۳۶۰۰
پلاتین	۲۱۴۰۰
طلا	۱۹۳۰۰

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

مصالح و اجزای ساختمانی	کیلوگرم بر مترمکعب
سنگ چینی با سنگ‌های ماسه سنگ و ملات ماسه سیمان	۲۳۰۰
سنگ چینی با سنگ‌های لاشه‌ی آذرین و ملات ماسه سیمان	۲۶۰۰
سنگ چینی با سنگ‌های لاشه‌ی آهکی توپر و ملات ماسه سیمان	۲۵۰۰
سنگ چینی با سنگ‌های معمولی یا تراورتن و ملات ماسه سیمان	۲۲۵۰
سنگ چینی با سنگ توف و ملات ماسه سیمان	۲۰۰۰
ملات ماسه سیمان	۲۱۰۰
ملات ماسه آهک	۱۹۰۰
ملات ماسه سیمان و آهک (باتارد)	۲۰۰۰
ملات گچ	۱۳۰۰
ملات گچ و خاک	۱۶۰۰
ملات گل	۲۰۰۰
بتن از شن و ماسه سنگ‌های آهکی سخت یا گرانیت و بازالت و غیره	۲۳۰۰
بتن مسلح از شن و ماسه سنگ‌های آهکی سخت یا گرانیت و بازالت و غیره	۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰
بتن با خرده آجر	۱۷۰۰
بتن با جوش کوره	۱۶۰۰
بتن‌های سبک از قبیل بتن متخلخل با مواد شیمیایی و بتن ورمیکولایت	۴۰۰ تا ۸۰۰
بتن با پوکه و سیمان	۱۳۰۰
کاه‌گل	۱۶۰۰
آسفالت ساخته شده	۲۲۰۰

ادامه‌ی جدول ۱ــ۱

مواد و مصالح متفرقه	ارقام محاسباتی
گونی قیراندود	۱۰ کیلوگرم بر مترمربع یک لا و ۱۵ کیلوگرم بر مترمربع دو لا
کف پوشش‌های پلاستیکی	۱۵ کیلوگرم بر مترمربع به‌ازای یک سانتی‌متر ضخامت
کف پوشش‌های لاستیکی	۱۵ کیلوگرم بر مترمربع به‌ازای یک سانتی‌متر ضخامت
آزبست	۲۰ کیلوگرم بر مترمربع به‌ازای یک سانتی‌متر ضخامت
انواع شیشه و یا آجر شیشه‌ای پر	۲۵ کیلوگرم بر مترمربع به‌ازای یک سانتی‌متر ضخامت
آجرهای شیشه‌ای مجوف به ضخامت ۵۰ میلی‌متر	۷۵ کیلوگرم بر مترمربع
آجرهای شیشه‌ای مجوف به ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر	۱۲۵ کیلوگرم بر مترمربع
موزاییک	۲۲ کیلوگرم بر مترمربع به‌ازای یک سانتی‌متر ضخامت
کاشی	۲۰ کیلوگرم بر مترمربع به‌ازای یک سانتی‌متر ضخامت
پوشش سفالی	۴۵ کیلوگرم بر مترمربع
چوب پنبه	۲۴۰ کیلوگرم بر مترمربع
چرم	۹۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمربع
چینی	۲۳۰۰ کیلوگرم بر مترمربع

۶ــ پوکی مصالح (عبارت است از مقدار حجم خالی در اجسام نسبت به حجم جامد مصالح).
۷ــ تخلخل مصالح (شامل حجم کل حفره‌های داخل مصالح ساختمانی نسبت به حجم کل مصالح).

ب) تأثیر حرارت بر مصالح ساختمانی و مواد اولیه‌ی آن نظیر :

قابلیت انتقال حرارت، گرمای ویژه، نقطه‌ی ذوب و غیره که عبارت‌اند از :

۱ــ قابلیت هدایت حرارتی؛ که به این موارد بستگی دارد :

الف) مصالح ساختمانی از نظر کیفیت طبیعی و مواد اولیه‌ی آن،

ب) ساختمان مولکولی و حالت کریستالی مصالح،

ج) تخلخل، که هرچه درصد آن بالاتر باشد حرارت کم‌تری انتقال می‌یابد،

د) چگونگی تشکیل پوکی در ساختمان مصالح پیش‌ساخته،

هـ) هرچه سوراخ‌های داخل مصالح درشت‌تر و به هم پیوسته‌تر باشند قابلیّت هدایت حرارتی آن بیش‌تر است.

۲ــ گرمای ویژه‌ی مصالح ساختمانی؛ که عبارت است از مقدار گرمایی که یک گرم از مصالح به خود می‌گیرد تا دمای آن یک درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش یابد. گرمای ویژه‌ی مصالح ساختمانی و قابلیت هدایت حرارتی آن‌ها کاربرد زیادی در تعیین ضخامت دیوارهای تیغه‌بندی، خارجی و دیوارهای صنایع حرارتی و سردخانه‌ها دارد. جدول ۲ــ۱ ارتباط بین جرم مخصوص فضایی و ضریب هدایت حرارتی مصالح گوناگون را نشان می‌دهد.

۳ــ مقاومت در برابر آتش؛ مقاومت در برابر آتش مقدار درجه‌ی حرارتی است که مصالح می‌توانند قبل از ذوب یا مشتعل شدن تحمل نمایند. مصالحی که برای مقاومت در برابر آتش استفاده می‌شوند عبارت‌اند از :

الف) مصالح نسوز که حرارت بالاتر از ۱۵۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند.

ب) مصالح دیرگداز که حرارتی بین ۱۳۵۰ تا ۱۵۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند.

ج) مصالح زودگداز که در حرارت پایین‌تر از ۱۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ذوب می‌شوند.

۴ــ دوام در برابر تغییرات شدید دما؛ بعضی مصالح بسته به موارد کاربردشان باید در برابر تغییرات زیاد دما دوام داشته باشند.

ج) تأثیر مایعات و گازها

مقاومت و دوام در برابر آب و بخارآب، یخ‌زدگی، ذوب‌شدن، جذب آب و رطوبت هوای

جدول ۲ــ۱ــ جابه‌جایی حرارتی

	مصالح	ضریب هدایت حرارتی $(mm \times 10^{-6}/^{\circ}C)$
زیاد ۲۰۰ـ۲۶	پلی‌اتیلن (متخلخل متراکم)	۱۹۸ـ۱۴۴
	اکریلیک‌ها	۹۰ـ۷۲
	پلی‌وینیل کلراید P.V.C	۷۰
	چوب	۶۰ـ۳۰
	فنولیک‌ها	۴۵ـ۱۵/۳
	روی	۳۱
	سرب	۲۹
متوسط ۲۵ـ۱۵	آلومینیم	۲۴
	پلی‌استر	۲۵ـ۱۸
	برنج	۱۸
	مس	۱۷/۳
	فولاد ضدزنگ	۱۷/۳
	اندود گچ	۱۶/۶
پایین ۱۴ـ۱	ماسه سنگ‌ها	۱۶ـ۷
	بتن‌های با دانه‌بندی متنوع	۱۴ـ۱۰
	فولاد	۱۳ـ۱۱
	شیشه	۹ـ۶
	گرانیت	۱۰ـ۸
	شیت	۱۰ـ۶
	مرمر	۱۴ـ۱۱
	سنگ‌های آهکی	۹ـ۲/۴
	بتن هوا دمیده	۸
	تخته چند لایه	۸ـ۵
	آجر و دیوار آجری	۷ـ۵
	پنبه کوهی سیمان	۱۲
	تخته‌های عایق پنبه کوهی سیمان ــ سیلیس ــ آهک	۵
	چوب با برش طولی	۶ـ۳

مجاور و همانند آن که عبارت‌اند از :

۱ــ قابلیت جذب رطوبت هوا.

۲ــ قابلیت جذب آب : در بسیاری از مصالح خواص خشک آن با خواص اشباع شده‌ی آن تفاوت‌های بسیاری دارد. خاصیت قابلیت هدایت حرارتی، تغییرات طول نسبی، دوام مقاومت مکانیکی و کلیه‌ی خواص فیزیکی از جمله دانسیته، وزن واحد حجم و جرم فضایی جسم اشباع شده نسبت به جسم خشک تغییرات زیادی دارد.

۳ــ ضریب نرمی یا ضریب سستی مصالح ساختمانی : نسبت مقاومت فشاری مصالح در حالت اشباع به مقاومت فشاری مصالح در حالت خشک را، «ضریب نرمی مصالح» می‌گویند. اگر این ضریب بزرگ‌تر از ۰/۸ باشد مصالح، نفوذناپذیر شناخته شده، کاربرد آن‌ها در رطوبت و آب اشکالی ایجاد نمی‌کند.

۴ــ نفوذپذیری مصالح ساختمانی در برابر آب : قابلیت نفوذپذیری عبارت است از مقدار آبی که در اثر فشار در جسم نفوذ کرده، از آن عبور می‌کند.

۵ ــ مقاومت در برابر یخزدگی : به مصالحی مقاوم در برابر یخزدگی گفته می‌شود که پس از یخزدگی بیش از ۱۵ تا ۲۵ درصد مقاومت طبیعی خود را از دست ندهند و کاهش وزنی آن‌ها در اثر ترک خوردن و جدایی مصالح پس از ۴۰ بار یخزدگی بیش از ۵ درصد حالت طبیعی نباشد.

۶ ــ نفوذپذیری مصالح ساختمانی در برابر گازها.

۱۰ــ۱ــ خواص مکانیکی مصالح ساختمانی

چگونگی پایداری مصالح ساختمانی در برابر عوامل مکانیکی با گنجایش پذیرش نیروها، به‌وسیله‌ی مصالح ساختمانی، بستگی مستقیم دارد و بررسی این عوامل خواص مکانیکی مصالح را مشخص می‌کند. عوامل مرتبط با خواص مکانیکی مصالح ساختمانی عبارت‌اند از : نیرو، کار و انرژی.

۱۱ــ۱ــ مقاومت مصالح ساختمانی

توانایی و گنجایش مصالح برای پذیرش تنش‌ها و نیروها را «تاب یا مقاومت مصالح» می‌نامند. این مقاومت به‌صورت مقاومت فشاری، کششی، پیچشی، خمشی و ضربه‌ای ظاهر می‌شود. عواملی نظیر :تنش،کرنش و مدول الاستیسیته بر روی مقاومت مصالح ساختمانی تأثیر گذارند. جدول ۳ــ۱ خصوصیات برخی غیر فلزات را نشان می‌دهد.

جدول ۳ــ۱ــ خصوصیات برخی غیرفلزات

مواد	وزن مخصوص kg/m^3	مقاومت فشاری ۰/۱ درصد N/mm^2	مقاومت کششی N/mm^2	افزایش طول در ۵۰mm درصد	جدول الاستیسیته E N/mm^2	سختی عدد برنیل	ضریب هدایت گرمایی $w/m^\circ C$	ضریب طولی mm $(mm \times 10^{-6}/^\circ C)$	رسانای الکتریکی در ۲۰°C برحسب درصد مس با رسانایی بالا	نقطه ذوب °C
شیشه	۲۵۲۰	ــ	۳۴ــ۱۷۲	ــ	۶۸۹۰۰	ــ	۱/۰۴	۸/۹	ــ	۱۵۰۰
بتن[1]										
با دانه سنگی سبک	۲۴۰۰ــ۲۲۴۰	ــ	[2]۴	[2]۲۸۶۰۰	ــ	۱/۰ــ۱/۴	۱۰ــ۱۴	ــ	ــ	ــ
با دانه سنگی سنگین	۲۰۰۰ــ۳۲۰	ــ	[3]۳	[3]۸۰۰۰	ــ	[3]۰/۵	[3]۶۰۵ــ۸			
پلاستیک‌ها	۹۰۰ــ۲۳۰۰	[4]۷ــ[5]۹۰	ــ	[4]۱۷۲ــ[5]۱۰۳۰۰	ــ	ــ	۰/۲	۷ــ۲۱۰	ــ	۸ــ۲۹۵
	۳/۲ــ[6]۱۲۸	۰/۱۴ــ[6]۰/۵۵	۵ــ[4]۸۰۰	ــ						ــ
	نقطه نرم و روان									چدن پلاستیک
	[8]۱۹۰۰	۶۸ــ[7]۳۱۰	nil[5]	[8]۲۰۶۰۰						
چوب‌های ساختمانی[7]	۳۸۰ــ۹۰۰	ــ	۱۱۰ــ۲۰	۱۸۶۰۰ــ۵۸۶۰	ــ	۰/۱۴	۴/۵	ــ	ــ	ــ

۱ــ مشخصات با توجه به وزن مخصوص بتن و نوع پرکننده تغییر می‌کند.

۲ــ مقادیر تقریبی برای بتن با مقاومت خردشدگی $28 N/mm^2$.

۳ــ مقادیر تقریبی برای بتن با پوکه‌ی صنعتی با مقاومت خردشدگی $14 N/mm^2$.

۴ــ ترموپلاستیک‌ها.

۵ــ پلاستیک‌های ترموست.

۶ــ پلاستیک‌های متخلخل.

۷ــ خواص چوب با توجه به گونه، وزن مخصوص، میزان رطوبت و جهت بارگذاری تغییر می‌کند.

۸ــ حداکثر برای grp (فشاری که جسم را ۰/۱ درصد کاهش حجم یا طول می‌دهد).

۱۲ــ۱ــ خواص شیمیایی مصالح ساختمانی

چگونگی پایداری مصالح ساختمانی در برابر عوامل شیمیایی مشخص‌کننده‌ی خواص و کاربرد شیمیایی مصالح است. اسیدها و بازهایی که در موقعیت عادی با آب و گازهای موجود در هوا ترکیب می‌شوند ؛ با مواد تشکیل‌دهنده‌ی مصالح نیز ترکیب شده، به مصالح آسیب می‌رسانند. وجود نمک‌ها در مصالح یا در اطراف آن‌ها باعث ترکاندن مصالح می‌شوند.

ارزش‌یابی فصل اوّل

۱ــ قسمت‌های مختلف واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی زمین را نام ببرید.

۲ــ گسل را تعریف کنید.

۳ــ فرسایش و تأثیرات آن را شرح دهید.

۴ــ گردش آب در طبیعت را توضیح دهید.

۵ــ ترکیبات پوسته‌ی زمین را نام ببرید.

۶ــ خواص فیزیکی مصالح ساختمانی به چند بخش تقسیم می‌شود؟ نام ببرید.

۷ــ گرمای ویژه‌ی مصالح ساختمانی را تعریف کنید.

۸ــ چه مصالحی در برابر یخ‌زدگی مقاوم هستند؟

فصل دوم

سنگ‌ها، خاک‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ پیدایش انواع سنگ‌ها را توضیح دهد.

۲ــ درجه‌ی سختی سنگ‌ها را شرح دهد.

۳ــ سنگ‌های مصرفی در ساختمان را شرح دهد.

۴ــ روش‌های تهیّه‌ی سنگ‌های ساختمانی را توضیح دهد.

۵ ــ خواص سنگ‌ها را شرح دهد.

۶ ــ درجه‌ی سختی سنگ‌ها را شرح دهد.

۷ــ انواع خاک‌های ساختمانی را توصیف کند.

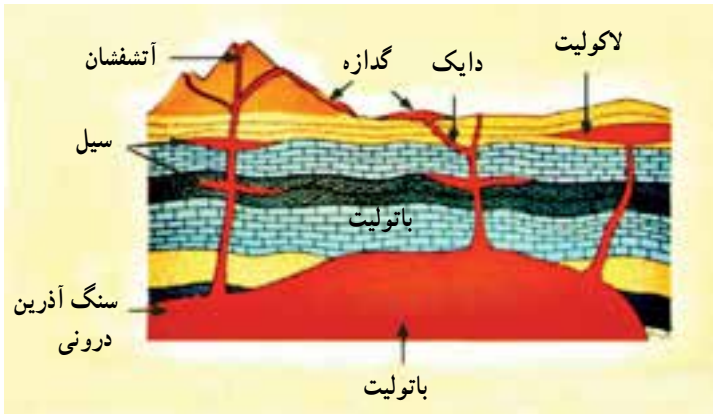
۱ــ۲ــ کانی‌ها

چون کانی‌ها واحدهای سازنده‌ی سنگ‌ها هستند، باید قبل از سنگ‌ها بررسی شوند. به‌طورکلّی می‌توان گفت : کانی یا «مینرال» جسم جامد طبیعی همگن و متبلوری است که دارای منشأ غیرآلی است و ترکیب شیمیایی مشخص و ساختمان اتمی منظمی دارد. بلورهای مصنوعی که در صنعت جواهرسازی تهیه می‌شود و کربنات کلسیمی که به‌وسیله‌ی بدن جانوران دریایی ترشح می‌گردد جزء کانی‌ها نیستند.

کانی‌ها جامدند ؛ بنابراین گازها و مایعات نیز کانی محسوب نمی‌شوند. بدین‌ترتیب، یخ که اغلب ارتفاعات بلند و قسمت‌های قطبی کره‌ی زمین را می‌پوشاند جزء کانی‌هاست، اما پس از ذوب شدن دیگر کانی به‌شمار نمی‌آید.

خواص فیزیکی کانی‌ها از لوازم مهم شناسایی آن‌هاست. این خواص را می‌توان اغلب بسیار آسان‌تر و سریع‌تر از شناخت ترکیب شیمیایی و ساختمان اتمی کانی‌ها بررسی کرد.

ماده مذاب (ماگما): مخلوط درهم و مذابی است که سنگ‌های آذری را تشکیل می‌دهد. می‌توان گفت که قسمت اعظم سنگ‌های آذرین را شش گروه کانی‌های کوارتز، فلدسپات، میکا، پیرکسن، آمفیبل و الیوین تشکیل می‌دهد. ماده‌ی مذاب (ماگما) به‌تدریج سردتر می‌شود و مواد مختلف موجود در آن بسته به درجه‌ی انجماد و وزن مخصوص آن‌ها متبلور شده، کانی‌های مختلف را شکل می‌دهند. شکل ۱ــ۲ جریان ماگما در لایه‌های زمین را نشان می‌دهد.



شکل ۱ــ۲ــ ساخت‌های آذرین درونی

۲ــ۲ــ سختی

مقاومت هر کانی در مقابل خراشیدن یا ساییده شدن را **سختی** آن گویند و اگر جسمی جسم دیگر را خراش دهد از آن سخت‌تر است.

«موهس» کانی‌شناس اتریشی، کانی‌ها را از نظر سختی به ده درجه تقسیم نموده است :

کانی‌های با درجه‌ی سختی ۱ زیر فشار انگشت شست ساییده می‌شوند ؛ مانند : تالک، آزبست (پنبه کوهی)، گرافیت.

کانی‌های با درجه‌ی سختی ۲ با ناخن خراش برمی‌دارند ؛ مانند : ژیپس، گوگرد و نمک.

کانی‌هایی که درجه‌ی سختی آن‌ها ۳ است با تیغه‌ی چاقو به آسانی خراش برمی‌دارند ؛ مانند : کلسیت.

کانی‌های با درجه‌ی سختی ۴ با تیغه‌ی چاقو خراش برمی‌دارند ؛ مانند : فلوریت، منیزیت.

کانی‌های با درجه‌ی سختی ۵ که با تیغه‌ی چاقو با دشواری می‌توان آن‌ها را خراش داد ؛

مانند : فلدسپات.

کانی‌هایی که درجه‌ی سختی آن‌ها ۶ است با شیشه خراش برمی‌دارند ؛ مانند : لیمونیت، آپاتیت.

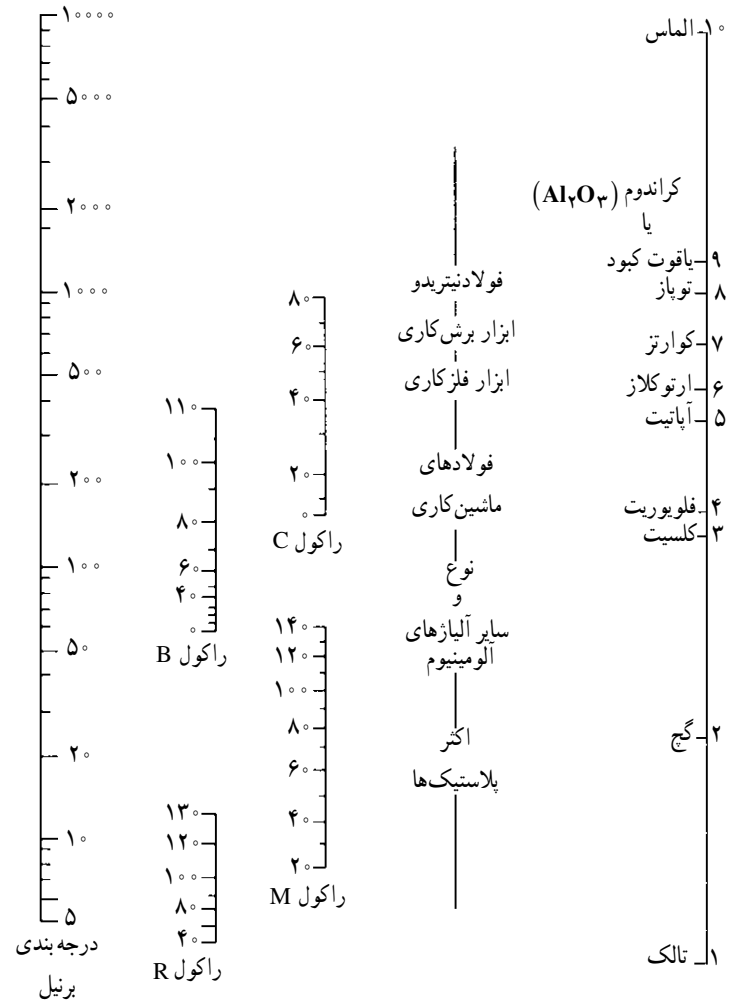
کانی‌هایی که درجه‌ی سختی آن‌ها ۷ است شیشه را خراش می‌دهند ؛ مانند : کوارتز.

کانی‌های با درجه‌ی سختی ۸ به آسانی شیشه را خراش می‌دهند ؛ مانند : توپاز.

کانی‌های با درجه‌ی سختی ۹ با الماس خراشیده می‌شوند ؛ مانند : کراندم، یاقوت.

کانی الماس با درجه‌ی سختی ۱۰ روی همه‌ی کانی‌ها را خراش می‌دهد. الماس را با الماس می‌تراشند. الماس و گرافیت کربن خالص‌اند. الماس سخت‌ترین و گرافیت نرم‌ترین کانی‌هاست و این امر به پیوند مولکولی آن‌ها مربوط است. جدول ۱ــ۲ مقایسه‌ی درجه‌بندی‌های سختی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ۲ــ مقایسه‌ی درجه‌بندی‌های سختی



۳ــ۲ــ سنگ‌ها

سنگ‌ها اجسام طبیعی سخت شده‌ای هستند که از یک یا چند کانی به‌وجود آمده‌اند. انواع سنگ‌ها عبارت‌اند از : سنگ‌های آذرین، سنگ‌های رسوبی، سنگ‌های دگرگون شده و سنگ‌های آذرآواری.

۱ــ۳ــ۲ــ سنگ‌های آذرین: سنگ‌های آذرین از انجماد ماده مذاب (ماگما) حاصل می‌شوند. خصوصیات سنگ‌های آذرین عبارت‌اند از :

۱ــ همگن و توده‌ای و فاقد هر نوع جهت‌یافتگی هستند.

۲ــ بدون فسیل بوده، فاقد چینه‌بندی هستند.

۳ــ کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی این سنگ‌ها عموماً سیلیکات‌ها هستند.

۴ــ از نظر شیمیایی و کانی‌شناسی عموماً دارای بلور هستند.

۵ ــ کانی‌های کوارتز، فلدسپات، میکای سفیدرنگ سنگ‌های آذرین را روشن و کانی‌های الیوین، پیروکسین، آمفیبولیت و بیوتیت (میکای سیاه) رنگ سنگ‌های آذرین را تیره می‌کند.

۶ ــ تقریباً تمام سنگ‌های آذرین دارای فلدسپات و کانی‌های آهن و منیزیم‌دار هستند و بسیاری از آن‌ها کوارتز دارند. سنگ‌ها و کانی‌های مختلف در برابر عوامل هوازدگی مقاومت یکسان ندارند. کوارتز در برابر آب و اسیدها مقاوم است و تحت تأثیر هوازدگی شیمیایی قرار نمی‌گیرد و چون سختی زیاد دارد هوازدگی مکانیکی هم بر آن بی‌تأثیر است ؛ به این ترتیب بلورها، ذرات یا توده‌های کوارتز در میان دانه‌های ماسه کمابیش بی‌تغییر می‌ماند و فقط ممکن است در اثر عوامل فرسایش ریزتر شوند. در مقابل فلدسپات‌ها، میکاها و کلسیت‌ها همگی تحت تأثیر عوامل هوازدگی مکانیکی و شیمیایی واقع می‌شوند. هوازدگی مکانیکی، این مواد را به سنگ‌ریزه و ماسه و هوازدگی شیمیایی آن‌ها را به دانه‌های ریزتری در حد رُس تبدیل می‌کند.

مواد حاصل از تخریب سنگ‌ها که بیش‌تر از هر چیز نتیجه‌ی هوازدگی است کم‌تر در محل اولیه باقی می‌مانند، بلکه عواملی از قبیل آب، باد، یخچال‌های طبیعی آن‌ها را حمل می‌کنند و به درون دریاها می‌ریزند و سنگ‌های جدیدی از این مواد پدید می‌آیند، که **سنگ‌های رسوبی** می‌نامند. پس سنگ‌های رسوبی اصولاً از موادی حاصل می‌آیند که قبلاً در ترکیب سنگ‌های دیگر بوده‌اند.

۲ــ۳ــ۲ــ سنگ‌های رسوبی: سنگ‌های رسوبی از رسوب کردن مواد حاصل از فرسایش سنگ‌ها در دریاها به‌وجود می‌آیند.

خصوصیات سنگ‌های رسوبی عبارت‌اند از :

۱ــ لایه لایه هستند و در روی زمین به‌صورت نوارهای موازی دیده می‌شوند.

۲ــ عموماً دارای فسیل (ماکروسکوپی یا میکروسکوپی) هستند.
۳ــ اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های رسوبی با ماده‌ای چسبنده به هم متصل شده‌اند.
۴ــ معمولاً دارای درجه‌ی سختی کم‌تر از ۵ هستند.
۵ ــ دارای بلورهای هم‌جنس هستند ؛ مانند : کربنات‌ها، گچ و نمک‌ها.

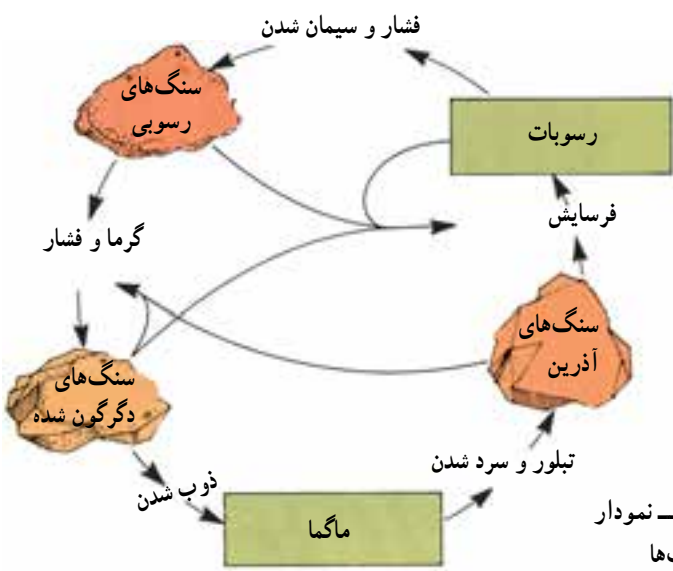
۳ــ۳ــ۲ــ سنگ‌های دگرگون شده: در عمق ۲۰ کیلومتری زمین دما برای ذوب سنگ‌ها کافی است و در سطح زمین عمل هوازدگی انجام می‌شود، اما در فاصله‌ی این دو حد در اثر بروز پدیده‌هایی مانند رسوب‌گذاری و جنبش‌های کوه‌زایی بعضی از سنگ‌ها دچار تغییراتی می‌شوند و در محیطی جدید و تحت تأثیر شرایط تازه حالتی ناثابت می‌یابند و تغییر می‌کنند. به چنین سنگ‌هایی «دگرگون شده» می‌گویند.

عواملی که در دگرگون شدن سنگ‌ها مؤثّرند عبارت‌اند از :گرما، فشار یا فشار و گرما با هم.

برای مثال : سنگ‌های مرمر، گنایس و کوارتزیت که به‌ترتیب از جنس سنگ‌های رسوبی، آذرین و ماسه‌ی سنگی رسوبی هستند جملگی تحت فشار و حرارت دگرگون شده‌اند.

۴ــ۳ــ۲ــ سنگ‌های آذرآواری: سنگ‌های آذرآواری عبارت‌اند از : موادی که از دهانه‌ی آتش‌فشان‌ها خارج و در هوا منتشر می‌شوند و در سطح زمین یا در کف دریاها رسوب می‌کنند و به‌آن‌ها **توف** گفته می‌شود. توف‌ها ممکن است با مواد رسوبی مخلوط باشند ؛ نوع ترکیب سنگ رسوبی، ضابطه‌ی تمیز توف‌های مختلف را تشکیل می‌دهد. از توف‌ها برای ساختمان‌سازی (سنگ پی یا پی‌های سنگی و دیوارسازی) استفاده می‌شود.

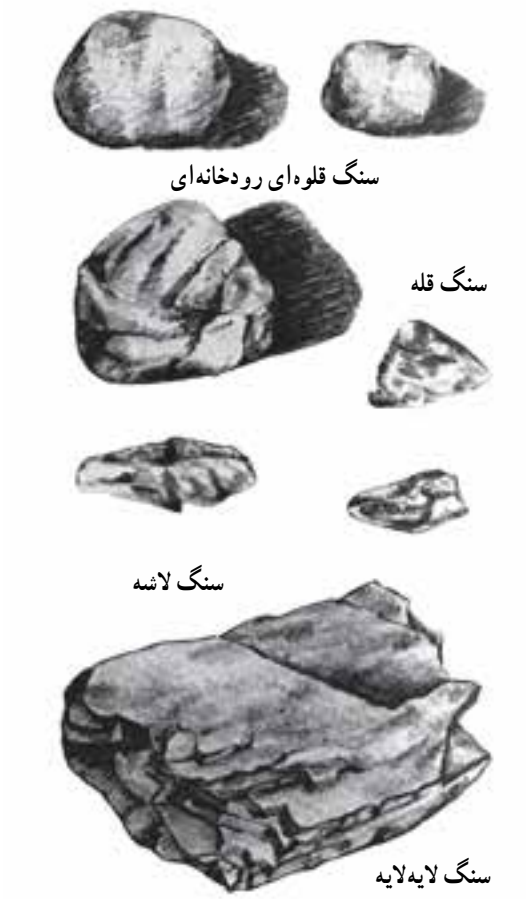
رنگ توف‌ها بسیار متنوع است و نوعی از آن به رنگ‌های سبز و فیروزه‌ای است که در رشته کوه‌های البرز مرکزی به‌طور وسیعی تشکیل گردیده است.شکل ۲ــ۲ نمودار تشکیل سنگ‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲ــ۲ــ نمودار تشکیل سنگ‌ها

۴ــ۲ــ سنگ‌های ساختمانی

سنگ‌هایی که در ساختمان مصرف می‌شوند به یکی از صورت‌های طبیعی هستند ؛ مانند : «قلوه‌سنگ»، «کار شده» و «بادبر و خرد». شکل ۳ــ۲ سنگ‌های طبیعی را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۲ــ سنگ‌های طبیعی

سنگی که از معدن به‌دست می‌آید باید برای مصرف در ساختمان آماده شود و معمولاً به دو صورت کار شده و خرد شده (شن و ماسه) آماده می‌شود. سنگ‌های کار شده را به شکل یک تیشه‌ای، دو تیشه‌ای، تخت، تراش، ساییده، لاشه و کلنگی در قسمت‌های مختلف ساختمان از قبیل

پی، دیوار، نمای کرسی چینی (ازاره)، نمای دیوار، پله، فرش کف‌ها و نمای داخلی و خارجی ساختمان استفاده می‌کنند. سنگ‌های خرد شده را بسته به ریزی و درشتی دانه‌هایشان نام‌گذاری می‌کنند. دانه‌های با قطر ریزتر از ۰/۰۹ میلی‌متر را **گرده سنگ**، دانه‌های با قطر بین ۰/۰۹ تا ۲ میلی‌متر را **ماسه**، دانه‌های با قطر بین ۲ تا ۲۵ میلی‌متر را **نرمه‌سنگ** و دانه‌های با قطر بین ۲۵ تا ۶۰ میلی‌متر را **خرده‌سنگ** می‌گویند. هم‌چنین دانه‌های درشت‌تر از ۶۰ میلی‌متر را **پاره‌سنگ**، **لاشه‌سنگ** و **تخته‌سنگ** می‌نامند. شکل ۴ــ۲ شکل‌های ساختگی سنگ‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۴ــ۲ــ شکل‌های ساختگی سنگ‌ها

۱ــ۴ــ۲ــ سنگ‌های نما: این سنگ‌ها را در کارخانه به شکل لوح (سنگ پلاک) به ضخامت بین ۶ تا ۳۰ میلی‌متر می‌بُرند و روی آن را می‌سایند تا صیقلی شود.

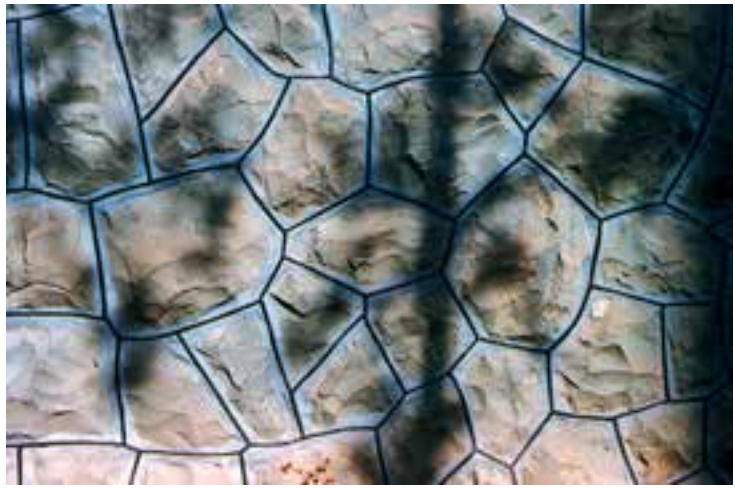
سنگ لوح صیقلی را به هنگام استفاده در جای موردنظر قرار می‌دهند و پس از اطمینان از درست قرار گرفتن آن، پشت سنگ را ملات می‌ریزند تا به بنا یا زیرکار بچسبد یا آن را برای فرش کف روی لایه‌ای از ملات پهن شده قرار می‌دهند و کف موردنظر را می‌پوشانند.

سنگ‌های نمایی که در ایران استفاده می‌شوند بیش‌تر آهکی هستند.

سنگ آراگونیت و تراورتن هر دو از ته‌نشین شدن مواد آهکی آب چشمه‌های پیرامون آتش‌فشان‌ها حاصل شده‌اند. سنگ گرانیت که رنگ‌های مختلفی دارد، سنگی آذرین است و در برابر عوامل فرسایش بسیار مقاوم است ؛ اخیراً در نماهای خارجی و داخلی ساختمان‌ها، فرش کف و پله از آن استفاده می‌شود.

در انتخاب ابعاد سنگ‌های پلاک باید دقت نمود تا دو نفر به‌راحتی بتوانند در ارتفاع، آن را نصب نمایند.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول: سنگ‌های مصرفی باید از نظر بافت و ظاهر، یک‌نواخت و بدون ترک بوده عاری از رگه‌های خاکی مارنی، میکایی، الیوین، پریت، ترکیبات سولفاتی و سولفیدی (حداکثر SO_3 به ۱٪ وزنی محدود می‌گردد) و سایر موادی باشد که در اثر عوامل جوی و هوازدگی خراب می‌شوند، زیرا در این صورت استحکامی نخواهند داشت. در شکل‌های ۵ ــ ۲ تا ۸ ــ ۲ نماکاری با سنگ‌های مختلف به تصویر کشیده شده است.



شکل ۵ ــ ۲ــ نمای دیوار سنگی چندوجهی

شکل ۶ ــ ۲ــ نماسازی با سنگ قلوه‌ای رودخانه‌ای

شکل ۷ ــ ۲ــ نمای سنگ بادبر

شکل ۸ ــ ۲ــ نمای دیوار لاشه چینی‌شده بدون ملات

شکل‌های ۹ ــ۲ الی ۱۲ ــ۲ انواع دیوارهای کارشده باسنگ را نشان می‌دهند.

شکل ۹ــ۲ــ دیوار با سنگ سرتراش مرتب و بدون رج

شکل ۱۰ــ۲ــ دیواره‌ی سنگ بادبر سرتراش گونیا شده به رج برده شده

شکل ۱۱ــ۲ــ دیوار با سنگ چندوجهی سرتراش رجدار

شکل ۱۲ــ۲ــ دیوار با سنگ بادبر مرتب و با رج‌های مساوی

۵ ــ۲ــ استحکام و مقاومت سنگ‌ها

سنگ‌های متخلخل، آب را به خود جذب کرده، در موقع یخبندان در اثر اضافه حجم و فشارهای داخلی می‌ترکند. این سنگ‌ها بیش‌تر از نوع آهکی و گاهی نیز از نوع ماسه سنگ هستند. سنگ‌های آهکی در اثر یخبندان ورقه ورقه شده یا قطعاتی از آن جدا می‌شود، اما ماسه‌سنگ‌ها نرم می‌شوند و می‌ریزند. پس از استخراج سنگ‌ها از معدن و قبل از برش و تراش باید آن‌ها را به مدت یک زمستان نگاه داشت تا آب معدن خود را از دست بدهند. درغیر این‌صورت، بهترین سنگ‌ها ممکن است در مقابل یخبندان خرد شوند. سنگ‌ها در مقابل بعضی عوامل شیمیایی نیز ممکن است خراب شوند؛ مثلاً سنگ‌های آهکی در اثر باران خراب می‌شوند. این سنگ‌ها در دمای ۸۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به آهک تبدیل می‌شوند؛ از این‌رو نمی‌توانند مدت زیادی در مقابل حرارت پایدار باشند.

به‌طورکلی تاب فشاری سنگ‌ها برای کارهای بنّایی نباید کمتر از اندازه‌ی مشخص شده در

نقشه‌ها باشد ؛ یعنی نباید کم‌تر از ۱۵ مگاپاسکال (هر MPa حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع) باشد.

سنگ‌های مصرفی در مناطق سرد باید در برابر یخ‌بندان پایدار بوده، مطابق استاندارد و ضوابط باشند.

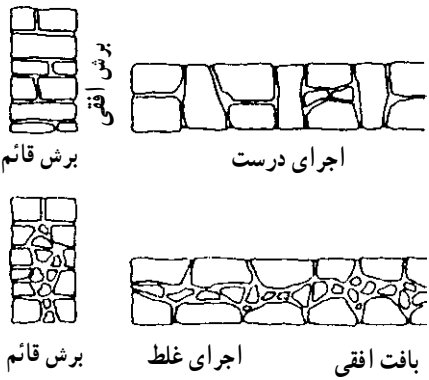
جذب آب، میزان حل شدن در آب، تخلخل، پایداری در برابر هوازدگی (اثر O_2 و SO_2 ، بخار آب، وزش باد، پرتوهای خورشیدی و مانند این‌ها) ،اسیدها و قلیاها در مواردی که سنگ‌ها در معرض عوامل گوناگون قرار می‌گیرند باید مطابق با استانداردهای مربوطه باشند. سختی و نرم شدن سنگ‌ها در آب و کاهش تاب آن‌ها پس از یخ‌زدگی نیز در محاسبات باید درنظر گرفته شود.

در کف‌های پرآمد و شد و پله‌ها پایداری سنگ در برابر سایش و ضربه باید با چگونگی مصرف آن متناسب باشد. در مورد سنگ‌های نما باید ضریب انبساط حرارتی کانی‌های مختلف سنگ، هم‌چنین ملات پشت آن در یک حدود باشد تا از خرد شدن سنگ و جدا شدن آن از ملات جلوگیری به عمل آید. میزان رنگ‌پریدگی سنگ‌های تزیینی نمای خارجی ساختمان در اثر آفتاب و هوازدگی نیز اهمیّت ویژه‌ای دارد که باید بدان توجه کرد. جذب آب و رطوبت سنگ‌های رگی حداکثر ۵٪ و ضریب نرم شدن سنگ در آب (ضریب نرم شدن سنگ در آب عبارت است از نسبت تاب فشاری نمونه‌ی خیس شده در آب به مدت ۲۴ ساعت به تاب فشاری همان سنگ در حالت خشک) در مورد سنگ‌های باربر و نما دست‌کم ۷۰٪ است، درصد جذب آب مجاز در استاندارد ایرانی برای سنگ‌های آهکی متراکم ۱۵، سنگ‌های آهکی متخلخل ۲۵ و توف‌ها ۳۰ درصد است.

سطوح نمای سنگ باید یک‌نواخت و به بهترین وجه کلنگی، تیشه‌ای، چکشی یا صیقلی شود به‌نحوی که رگه‌ها و نقش طبیعی آن به‌خوبی مشخص باشد. حداقل ریشه در سنگ‌های راسته به اندازه‌ی ارتفاع سنگ است. ارتفاع سنگ ریشه‌دار در نما نباید از عرض و ریشه‌ی آن بیش‌تر باشد. حداقل عرض و ارتفاع سنگ بادبُر در نما به‌ترتیب باید ۲۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر و حداکثر بار سنگ ۴۰ میلی‌متر باشد. برای سنگ بادبر، سرتراش و بادکوبه‌ای باید حداقل ارتفاع هر سنگ ۱۸۰ میلی‌متر درنظر گرفته شود. حداقل تراش سطوح زیری و بالایی سنگ ۱۵۰ میلی‌متر و سطوح جانبی آن ۸۰ میلی‌متر و حداکثر بار آن ۱۵ میلی‌متر باشد. هم‌چنین کلیه‌ی سطوح سنگ‌های تمام تراش باید با قلم تراشیده و تیشه‌داری شود، به‌گونه‌ای که سطح بدون اعوجاج و حداکثر بار آن ۲ میلی‌متر باشد.

سطوح و خطوط مرئی سنگ نباید لب‌پریدگی داشته باشد ؛ هم‌چنین شکل سنگ‌ها باید با شکل دیوار تناسب داشته باشد. حداقل ضخامت سنگ‌های نمای ریشه‌دار، پله، جدول و مانند این‌ها ۱۵۰ میلی‌متر بوده نیز حداقل ضخامت سنگ‌های پلاک مصرفی در کف پله‌ها و در پوش‌ها ۴۰ میلی‌متر،

پلاک کف‌پوش ۳۰ میلی‌متر، پلاک نما ۲۰ میلی‌متر و برای سنگ‌های قرنیز دور اتاق‌ها ۱۰ میلی‌متر است. در شکل ۱۳ــ۲ اجرای درست و غلط دیوار سنگی نشان داده شده است.



شکل ۱۳ــ۲ــ قفل و بست سنگ‌ها باید هم در نمای دیوار و هم در ضخامت دیوار، رعایت شود.

سنگ باید متراکم و دارای ساخت و بافت یک‌نواخت بوده از بلورهای ریز تشکیل شده باشد و درجه‌ی خلوص آن تا حد ممکن زیاد باشد. در جدول **۲ــ۲ محل مصرف** انواع سنگ‌ها مشخص شده است.

۶ ــ۲ــ مقاومت در مقابل فشار و کشش

به‌طورکلّی، چنان‌چه فشار وارد شده بر سنگ عمود بر بستر رسوب باشد مقاومت بیش‌تری خواهد داشت. سنگ‌ها از نظر تاب فشاری به ۴ دسته تقسیم می‌شوند :

۱ــ سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها از ۲۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیش‌تر است.

۲ــ سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها بین ۱۲۵۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است.

۳ــ سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها بین ۸۰۰ تا ۱۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است.

۴ــ سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است.

سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها از ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع کم‌تر باشد در ساختمان مصرف نمی‌شوند.

به علت شکنندگی سنگ‌ها، همیشه مقاومت کششی آن‌ها کم‌تر از مقاومت فشاری آن‌هاست و چون آزمایش کششی عملی نیست، از این‌رو از آزمایش خمش برای این‌کار استفاده می‌شود. برای سنگ‌هایی که از ساختمان به شکل کنسول خارج شده‌اند، $\frac{۱}{۳}$ مقاومت کشش را درنظر می‌گیرند.

جدول ۲ــ۲ــ سنگ‌های متناسب برای مصارف گوناگون

ردیف	محل مصرف	نوع سنگ مناسب
۱	ابنیه‌ی فنی راه و کارهای آبی	سنگ‌های آهکی متراکم، ماسه‌سنگ‌ها، توف‌ها، گرانیت، دیوریت، گابرو، بازالت و دیگر سنگ‌های سخت بادوام.
۲	پی‌سازی‌ها و شالوده‌ها	هر نوع سنگی که با ضوابط پروژه مطابقت داشته باشد.
۳	نمای خارجی ساختمان‌ها	سنگ‌های آهکی متراکم، ماسه‌سنگ‌ها، مرمرهای رنگی گوناگون، توف‌های آتش‌فشان، گرانیت، زینیت، دیوریت، لابرادوریت، گابرو، بازالت و دیگر سنگ‌های منطبق با ضوابط پروژه.
۴	دیوارها	سنگ‌های آهکی، دولومیت، ماسه‌سنگ‌ها، سنگ‌های گچی «توف‌ها»، آتش‌فشانی و سنگ‌های گوناگونی که برای تهیه‌ی سنگ شکسته مناسبند.
۵	پوشش سطوح داخلی دیوارها	سنگ‌های آهکی مرمرین شبه‌مرمر، مرمرها، سنگ‌های گچی «توف‌ها»، کنگلومراهای کربناتی و سنگ‌های مشابه.
۶	سنگ‌های سفت‌کاری نما و پوشش‌های ویژه	الف) ضدآتش، سنگ صابونی (تالکوم)، «توف» اندریت، بازالت و دیاباز. ب) ضد اسید گرانیت، دیوریت، کوارتزیت، بازالت و دیاباز. ج) ضدقلیا، سنگ‌های آهکی متراکم، دولومیت، منیزیت و ماسه‌سنگ‌های آهکی.

حداقل تاب فشاری چند نوع سنگ ساختمانی این چنین است :

حداقل تاب فشاری گرانیت‌ها ۱۰۰۰، مرمرهای سفید و خاکستری ۸۰۰، مرمرهای رنگین ۶۰۰، سنگ‌های آهکی متراکم ۲۰۰، سنگ‌های آهکی متخلخل و توف‌ها ۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع استاندارد شده است.

۱ــ۶ــ۲ــ جلاپذیری: جلاپذیری سنگ‌ها به وزن فضایی آن‌ها بستگی دارد.

سنگ‌هایی که جرم حجمی آن‌ها از ۱۵۰۰ کیلوگرم در مترمکعب کم‌تر باشد جلابردار نیستند.
سنگ‌هایی که جرم حجمی آن‌ها به ۲۰۰۰ کیلوگرم در مترمکعب برسد کمی جلا برمی‌دارند.
سنگ‌هایی که جرم حجمی آن‌ها به ۲۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب برسد جلاپذیر هستند.
سنگ‌هایی که جرم حجمی آن‌ها ۲۴۰۰ کیلوگرم در مترمکعب یا بیش‌تر باشد آیینه‌ای می‌شوند.

آگاهی از خواص سنگ‌ها، سبب می‌شود بعضی از آن‌ها به‌کار گرفته نشوند. قبل از هر چیز لازم است بدانیم که خاصیت اصلی سنگ «همگن بودن» آن است. سنگی که دارای خواص متوسط ولی همگن باشد نسبت به سنگی که دارای سختی زیاد ولی همگن نیست برتری دارد. سنگ همگن رگه و حفره‌های پر شده از مواد سست‌تر ندارد ؛ هم‌چنین قلوه‌سنگ در داخل آن نیست و صدای زنگ می‌دهد، زیرا صدای خفه نشان‌دهنده‌ی ترک در سنگ است.

۲ــ۶ــ۲ــ چسبندگی سنگ‌ها به ملات: براساس آزمایش‌های انجام شده میزان چسبندگی سنگ‌ها با ملات سیمان خالص به این شرح است :

۱ــ سنگ‌های آهکی سست دارای چسبندگی مناسب نیستند.
۲ــ سنگ‌های آهکی سخت و نیمه‌سخت دارای چسبندگی بسیار خوبی هستند.
۳ــ سنگ‌های آهکی فشرده چسبندگی متوسّطی دارند.
۴ــ گرانیت‌ها نیز اندکی چسبندگی دارند.
۵ ــ کوارتزیت و شیشه‌ها چسبندگی بسیار ضعیفی دارند.

۷ــ۲ــ در دسترس بودن و آسانی استخراج

در دسترس بودن سنگ نیز در قیمت آن تأثیر دارد ؛ هم‌چنین وضعیت معدن و اتصالات سنگ‌ها باید طوری باشد که بتوان سنگ‌ها را در قطعات بزرگ قطع و به‌صورت بلوک‌های سالم و بی‌عیب استخراج نمود، زیرا آسانی استخراج عامل مهمی در انتخاب سنگ است.

۸ ــ۲ــ نام‌گذاری مصالح سنگی

مصالح سنگی بسته به ریزی و درشتی دانه‌ها به این گروه‌ها تقسیم می‌شوند :

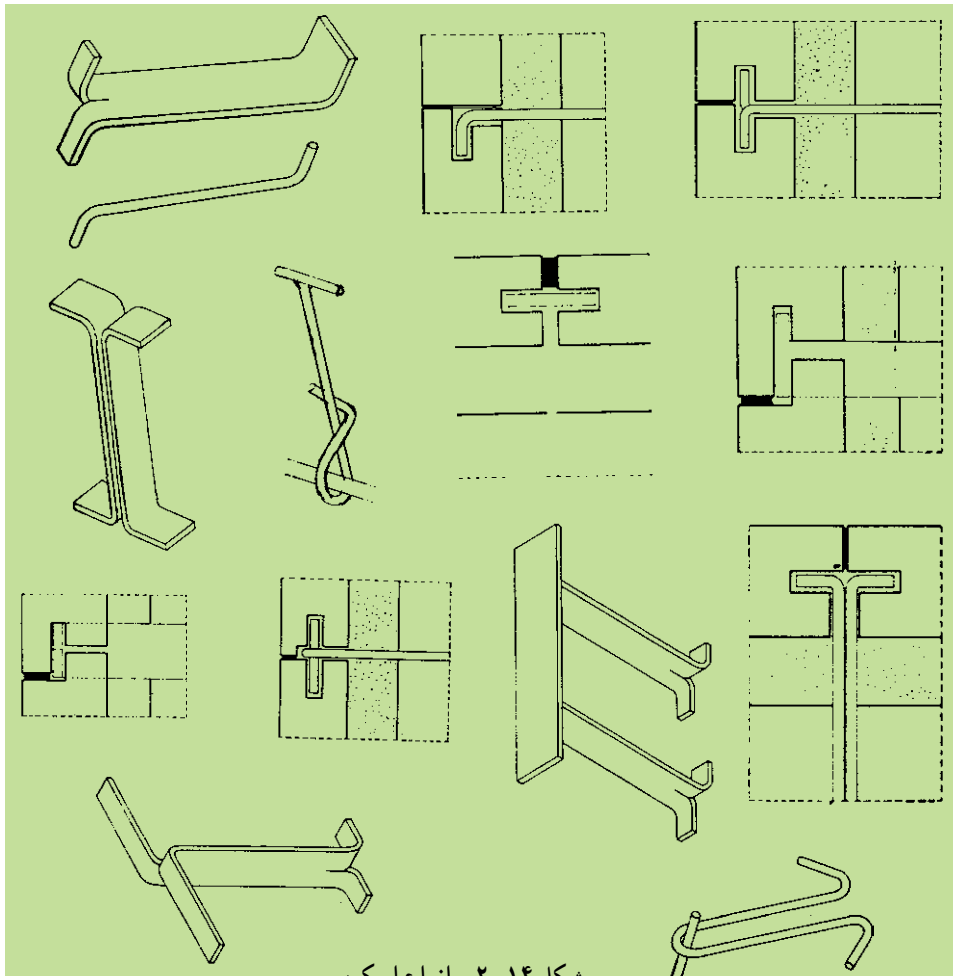
ــ گروه درشت دانه از قطر ۶۰ میلی‌متر تا ۲ میلی‌متر که **شن** نامیده می‌شوند.
ــ گروه میان دانه از قطر ۲ تا ۰/۰۶ میلی‌متر که **ماسه** نامیده می‌شوند.
ــ گروه ریز دانه از قطر ۰/۰۶ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر که **لای** نامیده می‌شوند.
ــ گروه ریزدانه از قطر ۰/۰۰۲ میلی‌متر کم‌تر که به **خاک رس** نام‌گذاری شده است.

۹ــ۲ــ مصالح نصب

دوغاب‌ها و ملات‌ها، اتصالات و بست‌ها

الف) دوغاب‌ها و ملات‌ها در فصل‌های بعد بررسی می‌شوند.

ب) اتصالات و بست‌ها: مصالح نصب سنگ و اتصالات و بند و بست‌های فلزی که به آن‌ها «اسکوب» می‌گویند باید از فلزی باشد که زنگ نزند یا تمام قسمت‌های آن در داخل خمیر سیمان ملات و دوغاب پشت سنگ قرار گیرد تا از زنگ‌زدگی آن‌ها جلوگیری به‌عمل آید. اتصالات غیرفلزی از نظر استحکام و دوام باید مقبولِ دستگاه نظارت یا کارفرما باشد. در شکل ۱۴ــ۲ انواع اسکوب دم‌چلچله‌ای و مفتولی نشان داده شده است.



شکل ۱۴ــ۲ــ انواع اسکوب

حمل و نقل و نگه‌داری

بارگیری، حمل و باراندازی (تخلیه) مصالح سنگی باید با دقت صورت گیرد. انواع گوناگونِ سنگ‌ها باید جداگانه دسته‌بندی و انبار شوند. آزمایش نمونه‌های گرفته شده از سنگ در محل معدن و توده‌های سنگ موجود در کارگاه باید منطبق با ویژگی‌های خواسته شده در مشخصات باشد. مصالح سنگی باید در مکان‌هایی تمیز ــ تا حد امکان سرپوشیده ــ نگه‌داری شده از تماس آن‌ها با خاک، مواد مضر، چربی‌ها، یخ و برف جلوگیری شود.

مصرف مصالح سنگی کهنه درصورتی‌که دارای مشخصات موردنظر و کاملاً تمیز شده باشد اشکالی ندارد، اما بهتر است به هنگام کار همراه با مصالح تمیز به‌کار گرفته شود.

آیا می‌دانید که ...

مصالح سنگی در ایران از دوران‌های پیش از تاریخ به‌کار می‌رفته است. خانه‌هایی در شمال ایران به‌دست آمده است که پایه‌های آن‌ها از سنگ چین تشکیل شده است و تاریخ ساختمان آن‌ها به هفت هزار سال پیش می‌رسد. مصالح سنگی نخست به‌گونه‌ی طبیعی و بدون شکل هندسی به کار برده می‌شد. شکل ندادن به سنگ‌ها تا حد زیادی از آن روی بوده است که هنوز ابزارهای سنگ تراشی پدید نیامده بود. افزون بر علت‌های فنی، گفته شده است که در دیدگاه مردمان باستان سنگ و چیزهای طبیعی نشانه‌هایی از نیروهای برتر، و نشانه‌هایی از خدایان به‌شمار می‌آمده است. بنابراین باور هرگونه دخل و تصرفی در شکل و تغییر شکل سنگ‌ها و طبیعت، دخالت در امور خدایان و نیروهای متافیزیکی بوده و مردمان باستان از آن دوری می‌کرده‌اند. باستان‌شناسان کاربرد سنگ‌ها را بردست مردمان باستان به گونه‌های اولیه خود در ساختمان‌های اولیه به این باورها وابسته دانسته‌اند!

با آمدن تیره‌های آریایی به سرزمین ایران در اواخر هزاره‌ی دوم پیش از میلاد، پیرامون ۱۲۰۰ پیش از میلاد دگرگونی‌هایی در شیوه‌های زندگی و از جمله گزینش مصالح و چگونگی ساختمان‌سازی پدید آمد. مصالح سنگی در ساختمان‌های بزرگ به گونه‌ی تکه‌های تراشیده شده که خشکه چین روی هم قرار داده می‌شد به‌کار می‌رفت. ساختمان‌های دوره‌ی هخامنشیان مثل پاسارگاد، تخت جمشید و شوش در قسمت پایه‌ها و ستون‌ها و سردرها از سنگ ساخته شده است. این سنگ‌های بزرگ تراش داده شده و بدون ملات روی هم گذاشته شده و با بست‌های آهنی و یا چوبی به یکدیگر پیوند یافته است. در سنگ‌نوشته‌هایی که به جای مانده که کتیبه‌ی داریوش در شوش مثالی از آنست، گفته شده

است که در کاربرد مصالح و شکل دادن با آن‌ها دست‌ورزان مختلفی از نژادهای گونه‌گون دست داشته‌اند.

کاربرد مصالح سنگی در ساختمان در دوره‌های اشکانی و ساسانی نیز ادامه داشته است. ساختمان‌های سنگی اشکانی و ساسانی عموماً از سنگ‌های لاشه که در ملات گچ و خاک و با آهک قرار می‌گرفتند ساخته می‌شد. به‌طورکلی ایرانیان، هنگامی که می‌خواستند ساختمانی بسازند که همیشه برجای بماند، از مصالح سنگی برای ساختن آن سود می‌برده‌اند. پل‌ها و بندهای دوره‌ی ساسانیان که می‌بایست همیشگی باشد، و نیز برخی از ساختمان‌های بزرگ کاخ‌ها چونان کاخ فیروزآباد و بیشاپور از سنگ لاشه همراه با ملات ساخته شده است. گاهی نیز در ساختمان‌های دوره‌ی ساسانی بخش میانی دیوارها و اتاق‌ها از سنگ لاشه و ملات پر می‌شده و در بخش‌های بیرونی ساختمان با سنگ‌های منظم‌تر نماسازی انجام می‌گرفته است.

۱۰ــ۲ــ خاک‌ها

مصالح سنگی که قطر آن‌ها کم‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر باشد **خاک** نامیده می‌شود. در جدول ۲ــ۲ طبقه‌بندی خاک‌ها با توجه به اندازه‌ی دانه‌ها نمایش داده شده است. خاک درنتیجه‌ی تجزیه‌ی شیمیایی و یا عوامل فیزیکی و مکانیکی مواد مختلف پوسته‌ی زمین به‌وجود آمده و در دشت‌ها با قشرهایی به ضخامت‌های مختلف رسوب کرده است. خاک‌ها ممکن است دارای مواد چسباننده و یا فاقد آن باشند. مواد چسباننده‌ی داخل خاک را رُس و مواد غیر چسباننده را **ماسه** می‌نامند. البته ناخالصی‌های کربناتی مانند سنگ آهک و ناخالصی‌های سولفاتی نظیر سنگ گچ و ترکیب‌های آهن‌دار و رستنی‌ها و مواد آلی نیز در خاک وجود دارد.

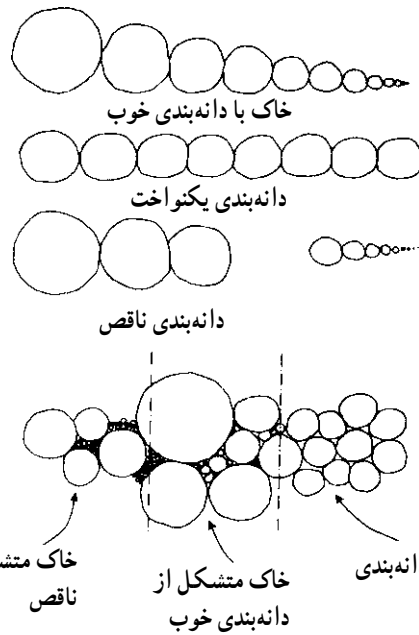
۱ــ۱۰ــ۲ــ دانه‌بندی خاک

در خاک‌ها با توجه به فراوانی دانه‌های خاک با اندازه‌های مختلف دانه‌بندی خاک دست‌خوش تغییر می‌شود و از این حیث به دو دسته کلی خاک با دانه‌بندی خوب و خاک با دانه‌بندی ضعیف تقسیم می‌شود. خاک با دانه‌بندی خوب، خاکی است که تمام ذرات از بزرگ‌ترین تا کوچک‌ترین قطعه را دارا باشد.

خاک با دانه‌بندی ضعیف، خاکی است که شامل دانه‌های یک اندازه بوده و اندازه‌ی بزرگ‌ترین دانه با کوچک‌ترین آن تفاوت چندانی ندارد و یا خاکی که دانه‌بندی آن ناقص است یعنی دانه‌بندی آن دارای توالی است فقط در یک یا چند دانه حد وسط در جای خود قرار ندارد. درشکل ۱۵ــ۲

خاک با دانه‌بندی‌های مختلف نمایش داده شده است.

لازمه‌ی رسیدن به خاکی با تابِ تحمل و باربری بالا و همچنین وزن مخصوص بالا کنترل درصد وزنی دانه‌بندی خاک است به‌طوری که فضاهای خالی در این خاک توسط رده‌های مختلف ریزدانه‌ی بعدی پر شده و خاک به حداکثر تراکم برسد همان‌طوری که درشکل ۱۵ــ۲ این وضعیت نمایش داده شده است.



نکته! دانه‌بندی‌های مختلف را با هم مقایسه کنید. ترتیب قرارگیری آن‌ها را در کنار هم ببینید، متوجه خواهید شد که در توده خاک متشکل از دانه‌بندی خوب چگونه همواره دانه‌ای وجود دارد که فاصله میان دو دانه سنگی دیگر را پر کند.

شکل ۱۵ــ۲

۲ــ۱۰ــ۲ــ انواع خاک

۱ــ *خاک رُس:* خاک رُس از فرسوده شدن سنگ‌های آذری و دگرگونی مانند فلدسپات‌ها، گرانیت‌ها و گنایس‌ها حاصل می‌شود. از این‌رو، به غیر از رُس، ماسه و لای هم در خاک باقی می‌ماند. از علل خاصیت چسبندگی خاک رُس می‌توان از ریزی دانه‌ها و پولکی شکل بودن آن نام برد.

دانه‌های با قطر بزرگ‌تر از ۶۰ میکرون کره‌ای شکل هستند و تماس دانه‌ها با یک‌دیگر نقطه‌ای است، اما دانه‌های کوچک‌تر از ۶۰ میکرون سوزنی یا پولکی شکل بوده، تماس آن‌ها با هم سطحی است که سطح تماس آن‌ها نسبت به دانه‌های کره‌ای شکل خیلی بیش‌تر و در حدود صد برابر است. به خاک رس به علت ریزی دانه‌ها «**کولوئید**» هم گفته می‌شود. خاک رس خاصیت جذب آب زیادی را دارد و پس از جذب آب، حجم آن زیاد می‌شود و وقتی که از آب اشباع شود دیگر آن را از خود عبور نمی‌دهد و به همین دلیل از خاک رس برای آب‌بندی کردن بام‌ها به صورت کاه‌گل استفاده می‌کنند.

خاک رس از ارزان‌ترین و فراوان‌ترین مواد چسباننده برای مصارف ساختمانی بوده مطابق تعریف نوعی چسباننده‌ی هوایی به‌شمار می‌رود که به‌صورت فیزیکی خشک و سفت می‌شود.

خاک رس دارای فرمول شیمیایی هیدروسیلیکات آلومینیم MAl_2O_3 ، PH_2O ، $MSiO_2$ به‌همراه اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی است. خاک رس خالص، سفید است. ناخالصی‌ها آن را رنگین می‌کنند ؛ برای نمونه، خاک رس کبود حاوی FeO یا خاک نباتی است. خاک رس سیاه یا خاکستری، کم و بیش دارای زغال است. خاک رس سرخ Fe_2O_3 و خاک رس زرد، هیدروکسیدآهن به همراه دارد. وزن ویژه‌ی فضایی خاک رس عموماً از ۱۵۰۰ (به حالت سست) تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب (به حالت فشرده و سخت) است.

خاک رس‌های آبرفتی به‌وسیله‌ی آب، باد یا در بستر یخچال‌ها جابه‌جا شده ناخالصی‌هایی در طول مسیر به آن اضافه گردیده که سبب تغییر رنگ آن می‌شود.

خاک رس‌های آبرفتی مانند خاک آجر، خاک سرامیک و خاک نسوز، حاصل ته‌نشین شدن مواد در کف بستر آب‌های جاری هستند. به‌جز مواد رنگ‌زا، ناخالصی‌های دیگری نیز در خاک وجود دارد که از آن‌جمله می‌توان ماسه سیلیسی، ماسه آهکی، فلدسپات‌ها، سولفات‌ها، املاح آهن لای و اجزای نباتی به‌ویژه ریشه‌ی گیاهان را نام برد.

خاک رس‌ها بسته به میزان ناخالصی‌هایشان به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند :

الف) خاک رس‌های پرمایه،

ب) خاک رس‌های میان‌مایه،

ج) خاک رس‌های کم‌مایه.

بدیهی است که خاک رس‌های پرمایه دارای کم‌ترین ناخالصی هستند.

خاک رس برای ساختن شفته، ملات‌های گل آهک، گچ و خاک، گل و کاه‌گل به‌کار می‌رود.

مصرف خاک رس در ملات گچ و خاک به‌دلیل ارزانی قیمت و کندگیر کردن آن است. در ملات گل آهک و شفته خاک‌رس با آهک ترکیب شده پس از مدتی سیلیکات‌ها و آلومینات‌های کلسیم ایجاد می‌شود. این ترکیب نیاز به هوا نداشته بنابراین ملات گل آهک و شفته جزء ملات‌های آبی محسوب می‌شوند. میزان آب مکیدن خاک رس بستگی به نوع دانه‌ها و ریزی آن‌ها دارد.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول: خاک رس مصرفی در هر پروژه باید ــ حتی‌المقدور ــ خالص و عاری از مواد آلی، ریشه‌ی گیاهان و دیگر بقایای نباتی باشد. میزان سولفات‌ها در خاک رس برحسب SO_3 نباید بیش از ۰/۵ درصد میزان کلرورهای سدیم و پتاسیم آن نباید مجموعاً بیش از ۰/۱ درصد باشد. وجود دانه‌های سنگی درشت برای مصرف خاک در شفته به شرط آن که دانه‌بندی مناسبی داشته باشد اشکالی ندارد، اما در مورد ریزی دانه‌های خاک رس مصرفی در ملات‌ها، حداکثر ۷/۵ درصد از دانه‌ها می‌توانند روی الک ۱۴۹ میکرون بمانند.

۲ــ *خاک چینی:* خاک رس خالص سفید رنگ است و در صنعت سفال سازی به نام خاک چینی معروف است. رنگ خاک رس‌های معمولی در اثر مواد خارجی از قبیل اکسید آهن و گرافیت سفید نیست.

۳ــ *مخلوط (دِج):* خاکی که انواع دانه‌های ریز و درشت و درصدی نیز خاک رس داشته باشد، **مخلوط و یا دِج** نامیده می‌شود.

آیا می‌دانید که ...

نخستین نشانه‌های کاربرد مصالح خاکی ساختمانی، به‌کار رفتن این مصالح به‌گونه‌ی گِل بی‌شکل در ساختمان‌ها بوده است. در ساختمان‌های سیلک کاشان که تاریخ آن‌ها به هزاره‌ی ششم پیش از میلاد باز می‌گردد گِل به گونه‌ی چینه و بدون شکل در بنای دیوارهای خانه‌ها به‌کار رفته است. در این دوره گِل ساخته شده، که از سرشتن آب و خاک و بهم‌زدن آن به‌دست می‌آمد، روی هم جاسازی شده و با ادامه این کار دیوار ساخته می‌شد.

ارزش‌یابی فصل دوم

۱ــ کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های آذرین را نام ببرید.

۲ــ سختی را تعریف کنید.

۳ــ کانی‌های با درجه‌ی سختی ۲ را نام ببرید.

۴ــ اگر کانی شیشه را خراش دهد دارای چه درجه سختی است؟

۵ ــ انواع سنگ‌ها را نام ببرید.

۶ ــ خصوصیات سنگ‌های آذرین را بنویسید.

۷ــ سنگ‌های آذرآواری را شرح دهید.

۸ ــ سنگ‌های مصرفی در ساختمان را نام ببرید.

۹ــ چه سنگ‌هایی جلاپذیر نیستند؟

۱۰ــ خاک رس از فرسوده شدن چه سنگ‌هایی به‌وجود می‌آید؟

فصل سوم

خشت، آجر

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ روش‌های ساختن خشت را توضیح دهد.

۲ــ روش‌های خشک کردن خشت را شرح دهد.

۳ــ روش‌های پختن آجر را توضیح دهد.

۴ــ انواع کوره‌ها را تعریف کند.

۵ــ انواع کوره‌ها را با بازدهی اقتصادی شرح دهد.

۶ــ انواع آجر را نام ببرد.

۷ــ انواع آجر را با توجّه به ویژگی‌های آن‌ها توضیح دهد.

خشت، خاک نمناک و یا گِلی است که به آن شکل داده باشند. گِل مصرفی، مخلوط همگن و ورز دیده‌ی خاک و آب است. خشت پخته شده را **آجر** می‌نامند که در همین فصل به آن می‌پردازیم.

۱ــ۳ــ نحوه‌ی ساخت خشت

برای ساختن خشت ابتدا زمین‌های رسی را کنده سپس آزمایش می‌کنند، تا معلوم شود که خاک رس دارای سنگ ریزه‌ی آهکی نیست. پس از آزمایش، خاک کنده شده را به‌صورت حوضچه‌هایی درمی‌آورند که به آن «آب‌خوره» می‌گویند. آن‌گاه حوضچه را از آب پر می‌کنند و به‌مدت ۲ روز به حال خود رها می‌کنند تا کلوخه‌های رس نمناک شود. خاک رس نمناک را دوباره به‌هم می‌زنند تا به‌صورت خمیر گل درآید ؛ سپس آن را در قالب‌های چوبی یا آهنی مربع یا مستطیل شکل قرار می‌دهند. برای این‌منظور داخل قالب را با خاکستر یا ماسه‌ی بادی آغشته می‌کنند و خمیر را در

آن می‌ریزند و پس از هموار کردن و گرفتن خمیر اضافی، آن را به محل خود برمی‌گردانند (گفتنی است پس از این‌که خمیر گل را در قالب می‌ریزند و به‌خوبی می‌کوبند تا تمام زوایای قالب پر از خمیر گل شود، اضافات آن را با قطعه سیم نازکی می‌برند و از روی قالب خارج می‌کنند). در پی آن، گل‌های شکل گرفته را در برابر آفتاب گذاشته تا خشک شوند. آن‌چه بدین‌طریق به‌دست می‌آید **خشت** نامیده می‌شود. خشت تا زمانی که روی زمین است رطوبت خود را دیر از دست می‌دهد، بنابراین برای آن‌که سریع‌تر و بهتر خشک شود، آن‌ها را به‌طور مشبک دسته می‌کنند. این دسته کردن را «قفسه» یا «زنجیره کردن» می‌نامند. خشت پس از قفسه شدن در جریان هوا قرار می‌گیرد و هوا کاملاً به اطراف خشت‌ها می‌رسد ؛ از این‌رو زودتر خشک می‌شود و محکم و سفت می‌گردد.

خشت‌های خشک شده را به کوره حمل می‌کنند و اگر برای ذخیره‌ی زمستان باشد آن‌ها را در انبار دسته‌بندی می‌کنند.

۲ــ۳ــ خشک کردن خشت

حدود ۲۵ درصد از وزن خشت تر را آب تشکیل می‌دهد و اگر در این حالت در کوره قرار بگیرد بخار آب تولید می‌شود و گاز کوره را نمناک می‌کند و غبار خاکستر روی خشت می‌چسبد و آن را بد رنگ می‌کند. حرارت دادن به خشت باید به آهستگی و همه‌جانبه باشد. اگر خشت در محل آزاد و باز، خشک شود یک طرف آن به‌خوبی خشک نمی‌شود و در نتیجه ترک برمی‌دارد، ممکن است تغییر شکل یابد و اگر در سرما خشک شود یخ می‌زند. پس باید خشت را به‌صورت مصنوعی خشک نمود. سه روش کلی برای خشک کردن خشت وجود دارد :

۱ ــ خشت‌های تر را در اتاق‌هایی که روی کوره‌های هوفمان می‌سازند قرار داده، از پایین اتاق هوای گرم و خشک به خشت می‌رسانند و هوای نمناک از بالا خارج می‌شود.

۲ ــ خشت‌ها به‌طور اتوماتیک در واگن‌ها چیده می‌شود. این واگن‌ها به اتاق‌های مخصوص خشت خشک‌کنی هدایت می‌گردد و در آن‌جا هوای داغ را از پایین وارد می‌کنند و هوای سرد و نمناک شده را از بالا می‌مکند.

۳ ــ خشت‌ها را روی واگن‌ها قرار داده، به درون تونل مخصوصی هدایت می‌کنند. از کف تونل از نزدیکی درِ خروجی به سوی درِ ورودی هوای داغ می‌دمند. در ابتدای ورود خشت‌ها به‌تونل، هوا ملایم است و به تدریج هرچه به درِ خروجی تونل نزدیک می‌شوند شدت گرما بیش‌تر می‌شود. با این روش خشت‌ها یک روزه خشک می‌شوند.

در ساختمان‌ها نخست خشت‌ها به‌گونه‌ی خام و گاهی نیز خشک نشده به کمک ملات گل در ساختن دیوارها به‌کار می‌رفت. گاهی نیز خشت‌ها را در آفتاب خشک کرده، سپس در ساختمان به کار می‌بردند. نکته جالب توجه در آثار خانه‌های هزاره‌های پنجم پیش از میلاد در سیلک آن است که در آن‌ها رده‌های خشت به صورت متناوب روی هم چیده شده و سازندگان دانسته شکاف‌ها را روی هم قرار نداده‌اند. این روش که بی‌گمان پایه آزمایشی داشته است موجب افزایش ایستایی دیوار می‌شده است در دوره‌ی سوم از تاریخ تکامل مصالح گِلی و خاکی، خشت‌هایی که در کالبدهای چوبین ساخته می‌شد پدید آمد. این خشت‌ها به کمک کالبد، شکل راست‌گوشه به خود می‌گرفته‌اند و از دیدگاه هندسی منظم‌تر از خشت‌های دستی بوده‌اند. خشت‌های قالبی پس از خشک شدن در آفتاب در ساختمان به‌کار می‌رفته‌اند. فراهم آوردن خشت‌های قالبی در سده‌های پسین نیز با همان روش نخستین در ایران ادامه یافت. مردمان باستان با آزمایش متوجه شده بودند که خشت‌های ساخته شده از خاک رس، پس از خشک‌شدن جمع شده و ترک می‌خورند. برای جلوگیری از جمع شدن و ترک خوردن، و برای این که خشت سختی و ایستایی بیش‌تری پیدا کند، همراه با گل مقداری پوشال والیاف گیاهی و کاه مخلوط می‌کردند. می‌توان گفت که آن کار نخستین گام در راه ساختن مصالح مرکب (کمپوزیت) و نیز پیشاهنگ کاربردهای بعدی کاه در گل بوده است، همین گام در واقع از دیدگاه تاریخی مقدمه‌ی تهیه مصالح مسلح، مثل بتن مسلح، که در آن‌ها الیافی با توان کششی، کشش را برخود هموار می‌کند و به ایستایی جسم بدون قابلیت کششی می‌افزاید، به‌شمار می‌آید.

تاریخ پیدایی نخستین کوره‌های پخت خشت، برای تهیه آجر، و نیز کوره‌های پخت ظروف گلی، برای فراهم آوردن آوندهای سفالی، با یکدیگر پیوسته است. خشت‌های پخته از هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد به دست بابلیان ساخته می‌شده است. آجر خود واژه‌ای است بابلی و خشت‌هایی که بر آن فرمان‌ها، منشورها و (دادها) قوانین را می‌نوشتند آجر خوانده می‌شده است. در ایران بقایای کوره‌های آجرپزی در شوش و سیلک که تاریخ آن‌ها به هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد می‌رسید پیدا شده است.

۳ــ۳ــ آجر

تاریخچه‌ی آجر: فن آجرسازی سابقه‌ی بسیار دیرین دارد. استفاده از خشت هزار سال قبل از این‌که در تاریخ نامی از آن برده شود معمول بوده است. از این موضوع در یک لوحه‌ی خشتی

زمان «سارگن» ــ مؤسس امپراتوری آکاد ــ قریب ۲۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح یاد شده است. ساکنان سواحل رودخانه‌هایی از قبیل، دجله و فرات، به‌طور طبیعی می‌دیدند که خاک رس سواحل این رودخانه‌ها، پس از مدتی که آفتاب بر آن می‌تابد ترک می‌خورد و به شکل مکعب‌هایی کوچک و بزرگ درمی‌آید که برای ساختن دیوار بسیار مناسب است. بعدها نزدیک به زمانی که برج بابل ساخته شد، کلدانی‌ها پختن آجر را یاد گرفتند و بدین‌ترتیب خشت رسی را می‌پختند و آن را به آجر تبدیل می‌کردند.

در زمان «نبوکد نصر دوم» یا همان «بختنّصر» (۶۰۵ــ۵۲۶ ق.م)، بابلی‌ها و آشوری‌ها فن آجرسازی و میناکاری آن را آموختند. در بعضی از نقاط جهان خشت را هنوز مانند قدیم به این طریق می‌سازند که در گودال یا حوضچه‌ای به اندازه‌ی معین خاک و آب می‌ریزند و آن را لگدکوب می‌کنند تا خوب مخلوط شود و چسبندگی پیدا کند و ورز آید ؛ آن‌گاه مخلوط را با دست در قالب می‌ریزند و به‌صورت خشت درمی‌آورند و در آفتاب قرار داده تا خشک شود. در بعضی مناطق به آن کاه اضافه می‌کنند تا هم‌گیری آن بهتر انجام شود. در کشور انگلستان پس از آتش‌سوزی ــ سال ۱۶۶۶ میلادی ــ ساختمان‌های چوبی را به آجری تبدیل کردند. در آمریکا نخستین ساختمان آجری که ساخته شد، در جزیره‌ی «منهتن» بود که به سال ۱۶۳۳ میلادی بنا گردید. آجرهای این ساختمان را شرکت هلندی هندغربی از هندوستان به این جزیره حمل می‌کرده است. سال‌های متمادی آجر از انگلستان و هلند به‌آمریکا صادر می‌شد. در آمریکا آجر نسوز ساخته شد و در نیوانگلند در سال ۱۶۵۰ میلادی کارخانه‌ها شروع به توسعه‌ی آجرسازی کردند. در آن سال‌ها پنج نوع آجر از نیوانگلند به ویرجینیا برده شد. در قرن نوزدهم (تا سال ۱۸۸۰) آجرهای آمریکایی برای ساختمان‌های معمولی به‌کار برده می‌شد و با این‌که برای تنظیم سنگ‌های ساختمانی از آن استفاده می‌کردند، از آن تاریخ تا امروز آجرسازی ترقی چشمگیری کرده و شکل صنعتی به خود گرفته است.

تعریف آجر: آجر سنگی است ساختگی (مصنوعی) که نوع رسی آن از شکل دادن و پختن گل، نوع ماسه آهکی آن از عمل آوردن خشت ماسه آهکی[1] با بخار تحت فشار زیاد به‌دست می‌آید و نوع آجرهای بتنی همانند بلوک‌های سیمانی دیواری تهیه می‌شود.

۴ــ۳ــ آجر رسی

آجر رسی عمدتاً از سیلیکات‌های آلومینیم است و به شکل‌های مکعب مستطیل توپر، سوراخ‌دار، توخالی (مجوّف، تیغه‌ای و سقفی) و قطعات نازک تولید می‌شود. از آجر برای ساختن دیوارهای

۱ــ خشت ماسه آهکی از فشردن مخلوط همگن ماسه سیلیسی و آهک در قالب ساخته می‌شود.

باربر، تیغه‌های جداکننده، سقف‌های تیرچه بلوک، طاق ضربی بین تیرآهن‌ها و نمای خارجی ساختمان‌ها و نظایر آن استفاده می‌شود.

۱ــ۴ــ۳ــ مواد اولیه‌ی گل آجر: گِلی که در خشت زدن برای تهیّه‌ی آجر استفاده می‌شود شکل خمیری دارد و باید ۱۵ تا ۲۰ درصد ماسه داشته باشد. چنان‌چه مقدار ماسه‌ی آن کم‌تر باشد، آجر موقع خشک شدن ترک می‌خورد و موقع پختن نیز تغییر شکل زیاد می‌دهد و اگر مقدار ماسه‌ی آن زیاد باشد آجر دارای تخلخل زیاد شده، سست می‌شود.

اغلب همراه خاک رس مقداری سنگ آهک وجود دارد که مقدار کم آن به‌صورت پودر اشکالی به‌وجود نمی‌آورد و رنگ آجر را نیز سفید می‌کند، ولی مقدار زیاد آن نقش گدازآور را خواهد داشت و درجه‌ی ذوب شدن خاک را پایین می‌آورد و در گرمای معمولی کوره، آجر را خراب کرده، کج می‌کند.

آلوئک: اگر سنگ آهک درشت دانه داخل خاک رس باشد، همراه آجر پخته شده به آهک زنده CaO تبدیل می‌شود. این آجر پس از مصرف در کار و مکیدن آب خراب می‌شود، زیرا دانه‌های آهک بر اثر جذب و مکیدن آب شکفته شده، باد می‌کند ؛ درنتیجه قسمت یا قسمت‌هایی از آجر به‌همین دلیل خرد می‌شود یا دچار «پریدگی» می‌گردد. این پدیده را اصطلاحاً «آلوئک» می‌گویند.

سفیدک: در خاک رس معمولی مقداری سولفات از جمله سنگ گچ نیز یافت می‌شود. این سولفات‌ها اگر در آجر باقی بمانند، پس از مصرف کردن آجر در ساختمان آب مکیده و در سطح آجر ظاهر می‌شوند ؛ بدین‌ترتیب، نمای ساختمان با پودر سفید رنگی مشاهده می‌گردد که به آن **سفیدک** می‌گویند.

رنگ قرمز آجر: وجود اکسیدهای آهن در خاک رس، رنگ آجرها را قرمز می‌کند و نقطه‌ی گداز آن را پایین می‌آورد ؛ از این‌رو در آجرهای نسوز مقدار اکسید آهن بسیار اندک است. همراه خاک رس ممکن است مواد آلی نظیر (علف، ریشه‌های نباتی و...) وجود داشته باشد که هنگام پختن آجر در کوره می‌سوزند و جایشان در آجر خالی می‌ماند ؛ درنتیجه آجر پوک می‌شود. از این‌رو برای ساختن آجرهای پوک و سبک می‌توان به گل آجر، خاک ارّه اضافه نمود.

۲ــ۴ــ۳ــ خشت‌زنی برای تهیه‌ی آجر: در کارخانه‌های آجرپزی جدید خاک را آسیاب می‌کنند تا کاملاً ریزدانه شود سپس مقدار معینی آب بر روی آن می‌پاشند و آن را با ماشین هم می‌زنند تا به شکل خمیری سفت درآید.

در کارخانه‌ی آجرپزی نخست با ماشین‌های فشاری خشت زده می‌شد، در این گونه ماشین‌ها

گل را در لوله‌ی فولادی که یک مارپیچ در آن می‌چرخید با فشار وارد می‌کردند و جلوی دهانه‌ی لوله، قالب خشت قرار داشت که از سوراخ‌های آن گِل شکل گرفته به بیرون رانده می‌شد و به اندازه‌ی خشت دل‌خواه به وسیله‌ی سیم آن را می‌بریدند. در داخل این نوع خشت‌ها کم و بیش هوا باقی‌می‌ماند که پس از پختن، آجر پوک و کم مقاومت به‌دست می‌آمد. در آغاز قرن بیستم ماشینی ساخته شد که می‌توانست هوای گل را بگیرد. در این نوع ماشین‌ها مارپیچ‌های پیش راندن گل درون جلد فولادی کار گذاشته شده که هوای جلد فولادی به راحتی مکیده می‌شود تا در گِل خشت هوا باقی نماند، امّا مکیدن هوا باعث شل شدن گل می‌گردد و درنتیجه شکل دادن گل دچار اشکال می‌شود و کج شدن گوشه‌های آجرهای ماشینی به همین علّت است ؛ بنابراین در کارخانه‌های جدید پس از آسیاب کردن خاک به گرد تهیّه شده در محل مخصوص بخار آب می‌دهند تا دانه‌ها نمناک شود ؛ سپس آن‌را پِرِس می‌کنند تا به‌شکل خشت درآید، در چنین خشتی آب وجود نداشته احتیاجی به خشک کردن ندارد.

۳ــ۴ــ۳ــ آجرپزی: آجرپزی یعنی گرما دادن به خشت به اندازه‌ای که آب شیمیایی خاک رس گرفته شود و دانه‌های خاک در اثر حرارت به حدّ عرق کردن برسند، اما ذوب نشوند، بلکه فقط به‌هم دیگر چسبیده، به جسم سختی تبدیل شوند تا دارای مقاومت مناسبی باشد.

خاک رس خالص در حدود ۱۴۰۰ درجه ذوب می‌شود، اما به علت داشتن موادّ خارجی و گدازآور درجه‌ی ذوب آن پایین می‌آید و آجر ساختمانی در گرمای نزدیک به ۹۰۰ درجه پخته می‌شود. مراحل پخته شدن آجر ساختمانی چنین است :

در گرمای ۱۰۰ درجه خشت خشک شده، حالت خمیری و چسبناکی خود را از دست می‌دهد.

در گرمای بالاتر از ۵۰۰ درجه کم‌کم آب شیمیایی خاک رس جدا می‌شود و در گرمای نزدیک به ۹۰۰ درجه خشت می‌پزد و دانه‌های خاک به‌هم چسبیده و یک جسم یک‌پارچه و مقاوم به نام آجر تهیه می‌شود.

از خاک‌هایی که دارای کربنات کلسیم و یا نمک باشند آجر خوبی به‌دست نمی‌آید، زیرا در حرارت ۸۰۰ درجه پخته می‌شوند.

۴ــ۴ــ۳ــ کوره‌های آجرپزی: پس از خشک شدن خشت‌ها آن‌ها را طوری در کوره‌ها می‌چینند که هوا، شعله و گاز بتواند از میان خشت‌ها عبور کرده، از کوره خارج شود.

انواع کوره‌های آجرپزی

الف ــ کوره‌ی چاهی: استوانه یا منشوری است که مانند چاهی در زمین کنده شده است و از

سطح زمین گاهی تا ارتفاع ۴ تا ۵ مترهم بالاتر خشت چیده می‌شود : در قسمت پایین کوره کانون آتش قرار دارد که تاق قوسی شکل و سوراخ دار، آن را از محل قسمت آجر جدا می‌کند. سوخت کوره، چوب، زغال سنگ یا نفت سیاه است. در این کوره‌ها گرما زیاد تلف می‌شود، زیرا پس از آن‌که خشت به آجر تبدیل شد باید چند روز صبر کنند تا آجرها سرد شود. مدت یک پخت کوره از زمان شروع تا خاتمه حدود ۱۵ روز طول می‌کشد، کار این کوره‌ها پیوسته نیست و ظرفیت آن‌ها نیز کم است. آجرهایی هم که در این کوره‌ها پخته می‌شود یک‌دست نیستند و از پایین به بالا به این ترتیب است :

آجر جوش، آجر سبز، آجر بهی، آجر ابلق، آجر قرمز و آجر نیم پخته.

از آجر جوش در بعضی پی‌ها به‌جای سنگ مصرف می‌شود. هم‌چنین در طوقه‌چینی چاه‌های فاضلاب و جاهای نمناک که سولفات‌ها و نیترات‌ها بیش‌تر می‌شود آجر جوش دارای مقاومت مناسبی است. آجر سبز را نیز می‌توان در فضاهای باز مانند کف حیاط به‌کار برد.

آجر سفید و بهی در نماکاری و آجر ابلق در داخل بنا استفاده می‌شود. آجر نیم پخته را در پخت بعدی در قسمت بالای کوره می‌چینند تا دوباره پخته شود. در این نوع کوره‌ها آجر و آتش ثابت هستند.

ب ــ کوره‌ی هوفمان: این کوره را نخست یک بنّای آلمانی به نام «فردریچ هوفمان» ساخت. دراین کوره‌ها از هدر رفتن گرما، به مقدار زیادی جلوگیری می‌شود. کار این کوره پیوسته است و ظرفیت بازدهی آن خیلی زیاد است. این کوره از دو قسمت تشکیل شده است : یکی فضای پخت و دیگری فضای دود و دودکش.

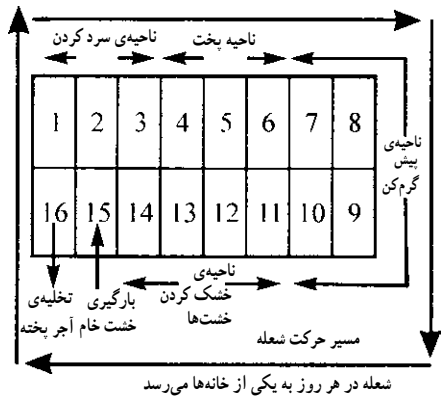
فضای پخت از اتاق‌هایی به ابعاد ۵×۲/۵ متر که با یک‌دیگر مرتبط هستند تشکیل شده است که به هرکدام «قمیر» می‌گویند. پس از چیدن خشت در قمیر به وسیله‌ی یک مانع موقتی که معمولاً صفحه‌ی مقوایی است این ارتباط قطع می‌گردد و در موقعی‌که لازم باشد این ارتباط برقرار می‌شود، زیرا با رسیدن آتش به آن صفحه، مقوا می‌سوزد. هر قمیر به وسیله‌ی چندین مجرا به بام کوره ارتباط دارد که از آن‌جا سوخت به وسیله‌ی لوله‌های چدنی، به‌صورت قائم به پایین فرستاده شده، وارد کوره می‌گردد.

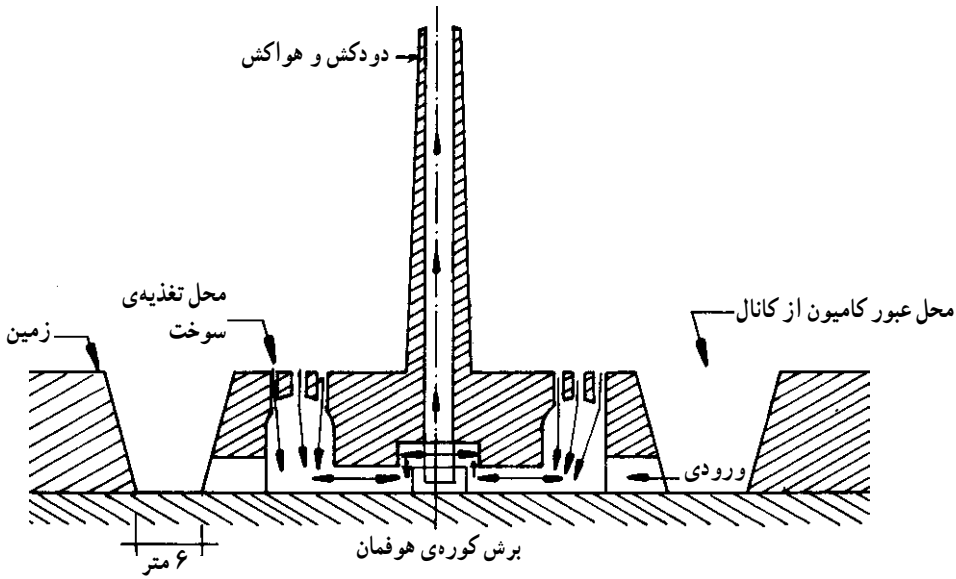
هر اتاقک (قمیر) نیز به وسیله‌ی یک مجرا به مجرای سراسری دود مربوط می‌شود. هر زمان که لازم باشد دود و گاز ایجاد شده، از این مجرا به قسمت دودکش وارد و مکیده می‌شود. مجرای دود را می‌توان با خفه‌کن کشویی از بام کوره باز و بسته کرد. سوخت کوره، خاکه‌ی زغال‌سنگ، نفت سیاه، گازوییل یا گاز است.

در این کوره خشت‌ها با زاویه طوری چیده می‌شوند که بین آن‌ها فاصله باشد. هم‌چنین خشت در

زیر مجراهای سوخت چیده نمی‌شود، زیرا شعله با آن‌ها تماس مستقیم پیدا کرده، آن‌ها را ذوب می‌کند.

مثال: در شکل ۱ــ۳ اگر قمیر شماره‌ی ۵ و ۶ آجرش پخته شده باشد، آتش را به قمیر ۷ می‌برند. در این صورت قمیرهای شماره‌ی ۹ و ۱۰ درحال نیمه پخت و گرم شدن هستند، زیرا مجرای دود قمیر شماره‌ی ۱۰ باز می‌شود و دود و گاز ایجاد شده از قمیرهای ۸ و ۹ می‌گذرد و از دودکش شماره‌ی ۱۰ به مجرای اصلی دود مکیده می‌شود. بدیهی است در این حالت، قمیر شماره‌ی ۲ درحال سرد شدن، قمیر شماره‌ی ۱ سرد شده و قمیر شماره‌ی ۱۶ درحال تخلیه است. هم‌چنین قمیرهای قبلی آماده تعمیر و چیدن خشت خواهند بود. در این کوره آجر ثابت و آتش متحرک است. به شکل ۱ــ۳ توجه کنید.





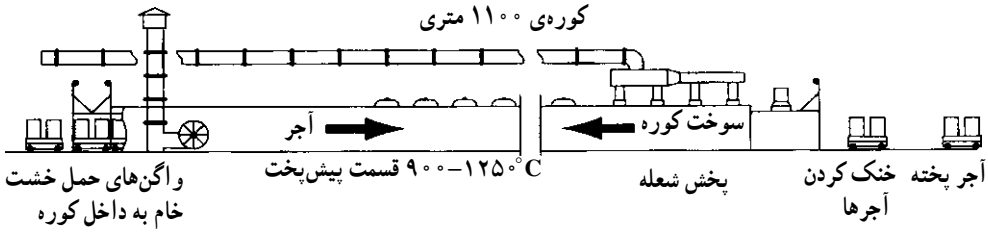
شکل ۱ــ۳ــ کوره‌ی هوفمان

ج ــ کوره‌ی تونلی : کار این کوره شبیه تونل خشت خشک‌کن است، زیرا از یک طرف کوره واگونت حامل خشت خشک داخل و از طرف دیگر آجر سرد شده، خارج می‌شود. کانون آتش در دیواره یا سقف تونل تعبیه شده و با لوله‌های چدنی، شعله به داخل تونل هدایت می‌گردد. پس از وارد شدن واگونت خشت به داخل تونل که به‌وسیله‌ی جک‌های بسیار قوی انجام می‌گردد تمام واگونت‌های داخل تونل به اندازه‌ی یک واگونت به طرف جلو رانده می‌شود. در این حال، واگونتی که زیر آتش بود جای خود را به واگونت دیگر می‌دهد و همین‌طور واگونتی که آخر تونل بوده به خارج از آن هدایت و آماده‌ی حمل می‌گردد.

در این کوره، خشت کم‌کم گرم و نیم‌پز می‌شود و پس از عبور از مقابل کانون آتش کاملاً می‌پزد و حرارت خود را به‌تدریج از دست داده، سرد می‌گردد.

سرعت حرکت واگونت‌ها را می‌توان برای آجرهای مختلف تنظیم کرد تا به طرز دل‌خواه بپزد. کار کوره‌ی تونلی کاملاً پیوسته است و گرمای آن خیلی کم تلف می‌شود امّا ساختن تونل و ریل‌گذاری و قیمت واگن‌ها گران است. در حال حاضر این کوره‌ها مدرن‌ترین کوره‌ها هستند و از آن‌ها برای ساختن آجر و سفال ممتاز استفاده می‌گردد. کوره‌ی تونلی در شکل ۳ــ۳ به صورت شماتیک دیده می‌شود.

شکل ۲ــ۳ــ کوره‌ی آجرپزی مدور

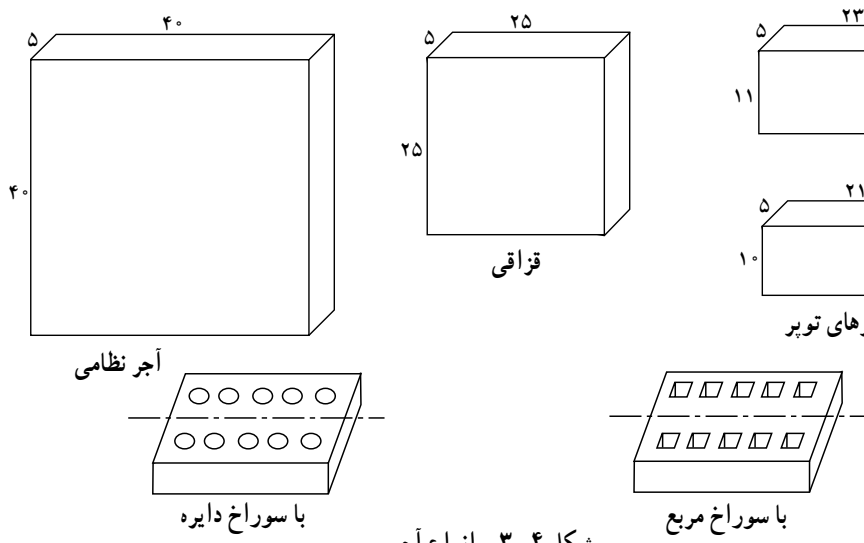


شکل ۳ــ۳ــ کوره‌ی تونلی

۵ــ۴ــ۳ــ شکل آجر: در زمان‌های قدیم آجرها به ابعاد ۵×۴۰×۴۰ سانتی‌متر به نام آجر نظامی، هم‌چنین در ابعاد ۵×۲۵×۲۵ سانتی‌متر قزاقی ساخته می‌شد که برای دیوار چینی و پوشش سقف‌های تیغه‌ای و اغلب برای فرش کف‌ها به‌کار می‌رفت. به‌تدریج شکل آجرها تغییر یافته، به اندازه‌های کنونی تبدیل شده است (۵×۱۱×۲۳ سانتی‌متر و یا ۵×۱۰×۲۱ سانتی‌متر). به‌طورکلّی طول آجر باید دو برابر عرض آن به‌علاوه یک سانتی‌متر باشد. آجرها ممکن است به‌صورت توپر، توخالی و یا سوراخ‌دار تهیه شوند.

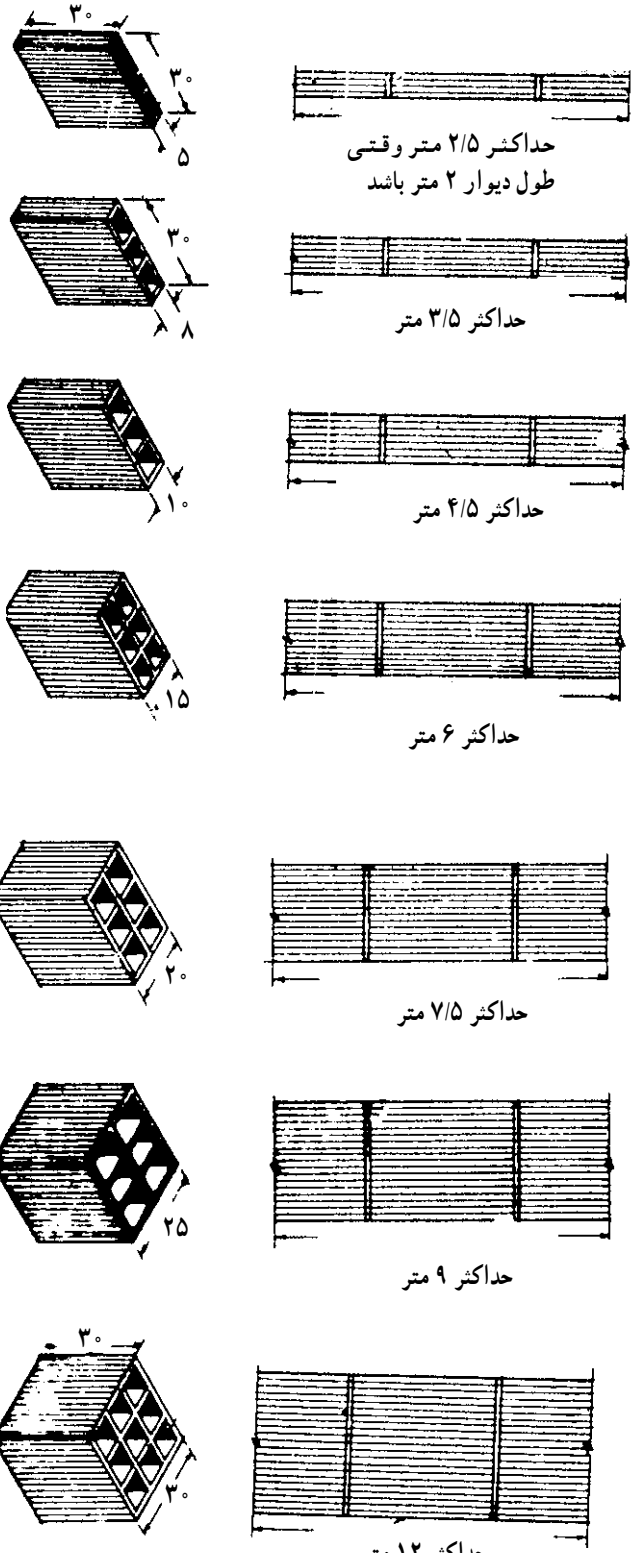
شکل سطح مقطع سوراخ‌های آجر، مربع، مستطیل و یا گرد است، اما مطابق استاندارد باید بین ابعاد سوراخ‌ها روابطی وجود داشته باشد ؛ مثلاً ضلع مربع نبایستی از ۱۵ میلی‌متر بیش‌تر باشد و قطر سوراخ‌های دایره شکل نباید از ۲۰ میلی‌متر بگذرد و برای سوراخ‌های مستطیل شکل، حاصل ضرب طول × عرض نباید از ۶۰ میلی‌متر بیش‌تر باشد.

اصولاً برای کم شدن وزن آجر آن‌ها را توخالی می‌سازند، اما در جاهایی که به مقاومت بیش‌تری نیاز است از این‌گونه آجرها استفاده نمی‌گردد، محل استفاده‌ی آجرهای توخالی اغلب، سقف‌ها و دیوارهای جدا کننده است. درضمن، آجرهای توخالی از نظر صدا و حرارت عایق‌تر خواهند بود زیرا بعد از پایان کار، مقداری هوا در آن محبوس شده است ؛ بنابراین سبکی و عایق صدا و حرارت بودن از ویژگی‌های این آجرهاست. شکل ۴ــ۳ انواع آجر را نشان می‌دهد.

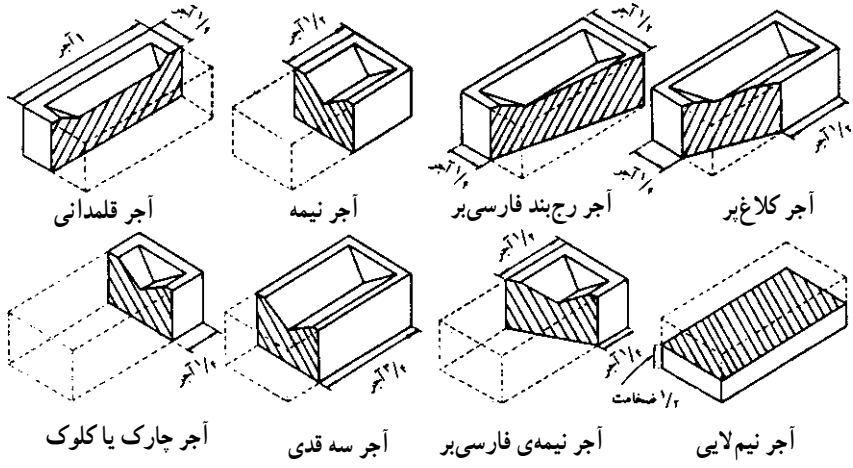


شکل ۴ــ۳ــ انواع آجر

انواع بلوک‌های مجوف دیواری در شکل ۵ــ۳ به تصویر کشیده شده است. همچنین به علت تقسیم‌پذیری قطعات آجر شکل‌های جدیدی از آن قابل تهیه می‌باشد که در تصویر ۶ــ۳ قابل مشاهده است.



شکل ۵ــ۳ــ شکل انواع بلوک‌های مجوف دیواری



شکل ۶ــ۳ــ تقسیمات آجر

۶ــ۴ــ۳ــ خواص و مقاومت آجر

خصوصیات آجر خوب

۱ــ آجر خوب صدای زنگ می‌دهد و این نشانه‌ی توپری و مقاومت و پایداری مناسب در مقابل یخ‌بندان است. آجری که صدای خفه بدهد، پوک، نپخته و یا ترک‌دار است.

۲ــ آجر خوب حرارت را به‌ندرت از خود عبور می‌دهد.

۳ــ آجر خوب به‌خوبی به ملات می‌چسبد.

۴ــ آجر خوب سخت است و کم ساییده می‌شود.

۵ــ آجر خوب نباید کم‌تر از ۸ درصد و بیش‌تر از ۱۸ درصد آب جذب کند. اگر کم‌تر از ۸ درصد آب جذب کند دلیل بر جوش بودن آجر است که درنتیجه خوب به ملات نمی‌چسبد؛ اگر بیش‌تر از ۱۸ درصد وزنش آب جذب کند دلیل بر پوکی آجر است که درنتیجه در زمستان یخ می‌زند، می‌ترکد و متلاشی می‌شود.

$$\text{درصد آب مکیده شده‌ی آجر} = \frac{\text{وزن آجر در ۱۰۰ درجه} - \text{وزن آجر اشباع شده}}{\text{وزن آجر در ۱۰۰ درجه}} \times ۱۰۰$$

۶ــ آجر خوب در آتش‌سوزی و حریق زود خمیری و ذوب نمی‌شود.

۷ــ آجر خوب در مقابل عناصر و مواد شیمیایی دوام می‌آورد.

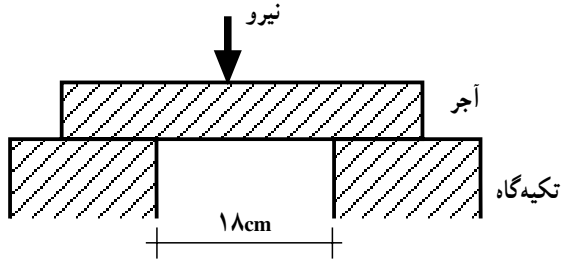
وزن مخصوص آجرهای معمولی ۱۵۰۰ کیلوگرم در مترمکعب و وزن آجرهای مرغوب ۱۸۰۰ کیلوگرم در مترمکعب می‌باشد. آجرهای معمولی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع فشار را

تحمل می‌کنند و آجرهای مرغوب بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و نیز آجر جوش و سبز خیلی بیش‌تر از ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع فشار را تحمل می‌کنند.

ضریب گسیختگی آجر: ضریب گسیختگی آجر باید بین ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد.

تعیین مقاومت فشاری آجر: ابتدا دو نیمه آجر را با ملات ماسه و سیمان به هم وصل می‌کنند؛ سپس آن را زیر پرس قرار می‌دهند.

تعیین مقاومت خمشی آجر: برای تعیین مقاومت خمشی آجر آن را بین دو تکیه‌گاه قرار می‌دهند و به مرکز آن بار وارد می‌آورند. فاصله‌ی دو تکیه‌گاه از یک‌دیگر ۱۸ سانتی‌متر است. (شکل۷ــ۳)



شکل ۷ــ۳ــ مقاومت خمشی آجر

۷ــ۴ــ۳ــ آجر جوش : چنان‌چه بخواهند برای جای مخصوصی آجر جوش تهیّه کنند بایستی در تهیّه‌ی خاک و پختن آجر بیش‌تر دقت نمایند. خاک آجر جوش باید طوری انتخاب شود که تفاوت درجه‌ی گرمای عرق کردن و ذوب شدن آن زیاد باشد. آجر جوش باید : سخت باشد، لاشه نشود، ترد نباشد، ترک نداشته باشد، در برابر ضربه پایداری کند، کم ساییده شود، زبر باشد و جای ساییده شده‌ی آن نیز زبر بماند، سطح شکسته‌ی آن شیشه‌ای نباشد، بلکه دانه‌دانه و پر باشد، در برابر یخ‌بندان پایداری کند؛ و تاب فشاری آن از ۴۰۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع کم‌تر نباشد.

۸ــ۴ــ۳ــ آجر نسوز : منظور از نسوز بودن یک جسم، این نیست که اصلاً نمی‌سوزد، بلکه تا حرارت معیّنی مقاومت می‌کند و نمی‌سوزد، اما پس از آن خواهد سوخت.

رُس در حرارت ۲۰۵۰ درجه و سیلیس (ماسه) در دمای ۱۶۸۵ درجه ذوب می‌شود.

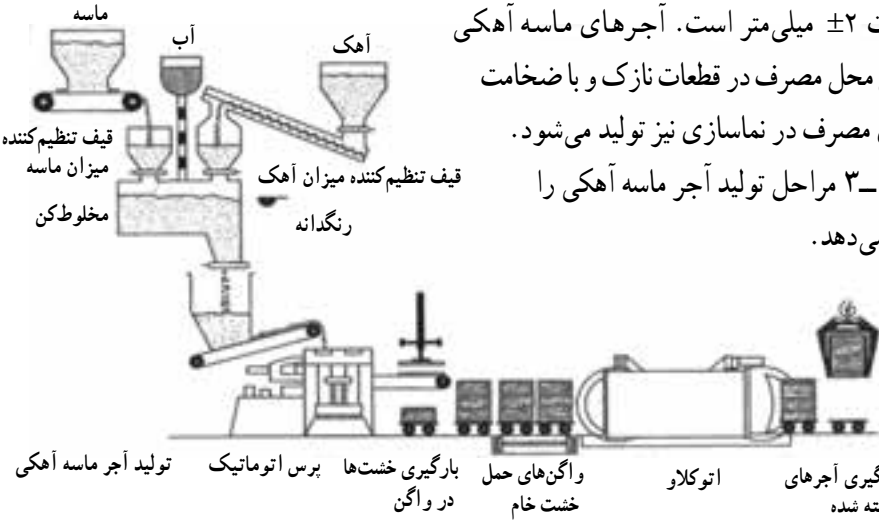
جسم‌های نسوز مخلوط خاک رُس، ماسه، منیزیت و دولومیت هستند. این مواد را با گِل رس، آهک شکفته، اکسید منیزیم تهیه نموده، پس از شکل دادن گِل، آن را می‌پزند. این نسوزها را در صنعت ذوب‌آهن، کارهای ساختمانی، بخاری‌ها و دیگ‌های بخار به‌کار می‌برند.

۹ــ۴ــ۳ــ آجرهای لعابی : برای آن‌که سطح آجر صاف، زیبا و صیقلی باشد و آب در آن نفوذ نکند، هم‌چنین در برابر مواد شیمیایی پایدار بماند روی آن یک لعاب نازک می‌زنند.

یکی از این روش‌ها آن است که روی آجر را با لعاب شیشه‌ای بی‌رنگ یا رنگی اندود کرده، آن‌را می‌پزند. دیگر آن‌که، نمای سفال پخته نشده را با جسم گدازآور مانند اکسید سرب و یا اکسید قلع، یا گدازآورهای رنگی اندود کرده، آن‌را می‌پزند. هنگام پختن لعاب، پوسته‌ی نازکی روی آجر به‌وجود می‌آورد. ضریب انبساط و انقباض لعاب و سفال بایستی یکسان باشد ؛ در غیر این صورت، پس از به‌کار رفتن ــ چون با هم کار نمی‌کنند ــ لعاب ترک می‌خورد.

۱۰ــ۴ــ۳ــ آجرهای ماسه آهکی : آب‌آهک در حرارت و فشار معمولی می‌تواند در سیلیس پوک اثر کند و ترکیب سیلیکات کلسیم بدهد. برای آن‌که آب آهک بتواند در سیلیس بلوری هم اثر نماید باید به ملات ماسه آهک همراه با فشار زیاد حرارت داد. برای ساختن آجر ماسه آهکی گرد آهک زنده را با ماسه‌ی سیلیسی دانه‌بندی شده‌ی ریز دانه به نسبت وزنی ۱ به ۸ تا ۱ به ۱۲ مخلوط می‌کنند و روی آن کمی آب می‌پاشند ؛ سپس آن‌را هم می‌زنند تا نمناک شود و آهک شکفته گردد. خمیر ماسه آهک را در قالب فولادی ریخته، زیر فشار ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع شکل می‌دهند. خشت فشرده را روی واگونت‌هایی گذاشته، به استوانه‌ی فولادی (دیگ) می‌برند. در آن‌جا بخار خشک ۱۸۰ تا ۲۰۰ درجه و فشار ۸ تا ۱۶ اتمسفر وجود دارد که پس از ۴ تا ۸ ساعت خشت‌ها به سیلیکات کلسیم تبدیل شده، به‌عمل می‌آیند. آجر ماسه آهکی دارای سطوحی صاف و در رنگ‌های گوناگون تهیّه می‌گردد که در نما جلوه‌ی بسیار خوبی دارد.

آجرهای ماسه آهکی معمولاً به‌صورت توپر و یا سوراخ‌دار به ابعاد آجر رسی یا مضاربی از آن با درنظر گرفتن ضخامت ملات ساخته می‌شوند. رواداری طولی و عرضی این آجرها ±۲/۵ و برای ضخامت ±۲ میلی‌متر است. آجرهای ماسه آهکی براساس محل مصرف در قطعات نازک و با ضخامت کم برای مصرف در نماسازی نیز تولید می‌شود. شکل ۸ــ۳ مراحل تولید آجر ماسه آهکی را نمایش می‌دهد.



شکل ۸ــ۳ــ مراحل تولید آجر ماسه آهکی

ویژگی‌های آجرهای ماسه آهکی به جنس مواد خام، نحوه‌ی قالب‌گیری، دما و مدّت پخت آن‌ها بستگی دارد. گروه‌بندی آجرهای ماسه آهکی برحسب تاب فشاری آن‌ها صورت می‌گیرد. حداقل میانگین تاب فشاری آجرهای کم‌مقاومت باید ۷/۵، آجرهای با تاب متوسط ۱۰ و آجرهای پرمقاومت ۱۵ و آجرهای ممتاز ۲۰ مگاپاسکال[1] و میانگین تاب خمشی آن‌ها به‌ترتیب باید ۱/۸، ۲/۲، ۲/۸ و ۳/۴ مگاپاسکال باشد. ضریب تغییرات مقاومت نسبت به میانگین نباید برای آجر ممتاز از ۲۰٪ و سایر انواع از ۳۰٪ بیش‌تر باشد.

آجر ماسه آهکی باید ۱۵ دوره یخ‌بندان تا ۱۵ درجه‌ی زیر صفر و آب شدن را تحمل کند. کاهش نسبی مجاز تاب فشاری پس از آزمایش یخ زدن نباید بیش از ۲۰٪ باشد. وزن فضایی آجر ماسه آهکی به تاب فشاری آن بستگی دارد. برای آجرهای کم‌مقاومت، متوسط، پرمقاومت و ممتاز به‌ترتیب نباید از ۱/۵، ۱/۷، ۱/۹ و ۲/۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب کم‌تر شود. جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن آجرهای ماسه آهکی ممتاز نباید از ۲/۵٪ و در مورد سایر آجرهای ماسه آهکی از ۳/۵٪ بیش‌تر شود.

ظاهر آجرهای ماسه آهکی باید تمیز، یک‌نواخت و عاری از ترک و حفره و مواد خارجی، مانند خاک و آهک و مواد آلی گیاهی، باشد. جذب آب آجر ماسه آهکی در ۲۴ ساعت نباید از ۸٪ کم‌تر و از ۲۰٪ بیش‌تر شود.

در جدول ۱ــ۳ فهرست آجرهای مناسب و مصارف گوناگون آن آمده است.

حمل و نقل و نگه‌داری

بارگیری، حمل و باراندازی انواع آجر باید با دقت انجام شود به‌نحوی که ضایعات به حداقل ممکن برسد. آجرها و بلوک‌ها باید در محل تمیز و سرپوشیده و نیز به‌طور جدا از هم دسته‌بندی شده از تماس آن‌ها با خاک، مواد مضر، رطوبت و یخ و برف جلوگیری شود.

۱۱ــ۴ــ۳ــ بلوک‌های سیمانی (بلوک بتنی): از ترکیب سیمان و آب با شن ریزدانه و ماسه یا دیگر سنگ‌دانه‌های مناسب ساخته می‌شوند که پس از لرزاندن و متراکم کردن مخلوط و عمل آوردن و نیز مراقبت از آن‌ها در محیط مناسب به‌دست می‌آید. بلوک‌های سیمانی به شکل‌های توخالی و توپر و در تیغه‌های جداکننده و سقف‌های تیرچه بلوک و سایر قسمت‌های ساختمان به‌کار می‌روند. استفاده از بلوک‌های سیمانی بیش‌تر در نقاطی مرسوم است که برای تولید آجر محدودیت‌هایی وجود دارد. از مزایای این فرآورده صرفه‌جویی در مصالح و زمان اجرا، حمل آسان، عایق بودن نسبی

۱ــ هر مگاپاسکال حدوداً ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است.

جدول ۱ــ۳ــ آجر مناسب جهت مصارف گوناگون

ردیف	محل مصرف	آجر مناسب
۱	زیر لایه نم‌بندی دیوار یا مکان‌های مجاور با آب الف) محل پرآب با امکان یخ‌زدگی ب) محل کم آب	آجر ماسه آهکی ممتاز، آجر رسی ماشینی پرمقاومت آجر ماسه آهکی پرمقاومت ــ آجر رسی ماشینی پرمقاومت
۲	بالای لایه نم‌بندی دیوار، کارهای عمومی، طاق‌زنی و تیغه‌سازی	انواع آجر ماسه آهکی و رسی مشروط بر رعایت سایر شرایط و انطباق با مشخصات پروژه
۳	دست‌اندازها، پله‌ها، فرش کف نقاط واقع در فضای باز، آب‌روها طوقه‌ی چاه‌ها و دودکش‌ها	آجر ماسه آهکی از نوع ممتاز و آجر رسی ماشینی پرمقاومت
۴	نمای ساختمان‌ها	آجر رسی ماشینی و قزاقی، آجر ماسه آهکی، قطعات نازک ماسه آهکی و رسی
۵	فرش کف و پله‌های داخلی ساختمان‌ها	آجر ماسه آهکی پرمقاومت و ممتاز و آجر رسی ماشینی و دستی نما به شرط مطابقت با مشخصات پروژه

حرارتی و صوتی و دیگر فواید است. وزن بلوک سیمانی بستگی به وزن بتنی دارد که بلوک با آن ساخته می‌شود. بلوک‌های ساخته شده از شن و ماسه‌ی طبیعی رودخانه‌ای، با شکسته دارای وزن ویژه‌ی معمولی و در حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب هستند. بلوک‌های با وزن ویژه‌ی کم‌تر از ۱۶۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب را بلوک سبک به حساب می‌آورند. در ساخت این بلوک‌ها از دانه‌هایی مانند پوکه‌ی معدنی و پوکه‌ی ساختگی (صنعتی) استفاده می‌شود. مقاومت بلوک‌های سبک با وجود کاهش وزن، در مقایسه با بلوک‌های معمولی کاهش چشمگیری ندارد.

بلوک‌های سیمانی از نظر شکل ظاهر به انواع «توخالی»، «باربر»، «غیر باربر»، «توپر» و «آجر بتنی» و از نظر محل مصرف به «دیواری»، «توکار و نمادار»، «تیغه‌ای»، «ستونی» و «سقفی» تقسیم‌بندی می‌شوند. بلوک‌های ویژه‌ای نیز برای دودکش، نعل درگاه، جدول خیابان‌ها و پیاده‌روها و فرش کف ساخته می‌شود.

بلوک‌های مورد استفاده در هر پروژه باید از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی و ابعاد و شکل ظاهری با آن‌چه در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌ها و دیگر مدارک پیمان ذکر شده است مطابقت داشته باشد. نمونه‌های انواع مصرفی بلوک‌ها شامل : بلوک‌های توکار و نمادار دیواری و سقفی است که باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

۱۲ــ۴ــ۳ــ بلوک‌های دیواری: بلوک‌های سیمانی ساده باید به شکل مکعب مستطیل و کاملاً سالم و بدون عیب بوده سطوح آن با اندود و ملات چسبندگی کافی داشته باشد. بلوک‌های توخالی دیواری به انواع ۴۰×۳۰×۲۰، ۴۰×۲۰×۲۰ و ۴۰×۱۰×۲۰ سانتی‌متر گروه‌بندی می‌شوند.

۱۳ــ۴ــ۳ــ طرز ساخت بلوک بتنی: مخلوط بتن مصرفی در ساخت بلوک باید از یک پیمانه سیمان پرتلند و ۳/۵ پیمانه شن (به درشتی حداکثر نصف ضخامت نازک‌ترین دیواره‌ی بلوک) و ۲/۵ پیمانه ماسه و ۱۳۰ تا ۱۵۰ لیتر آب برای بتن لرزیده یا ۱۶۰ تا ۱۸۰ لیتر آب برای بتن نلرزیده تشکیل شده باشد. ترکیب ممکن است با دست یا ماشینی انجام شود. درصورتی که ساختن بلوک با وسایل دستی انجام گیرد. مخلوط باید کم‌کم و در قشرهای ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر در قالب ریخته و هر لایه جداگانه کوبیده و متراکم گردد تا قالب کاملاً پر شود ؛ سپس روی قالب به‌وسیله‌ی ماله صاف و هم‌سطح گردد. در صورتی‌که ساختن بلوک با وسایل مکانیکی انجام گیرد قالب باید تا ارتفاع معینی بالاتر از سطح نهایی آن پر شود و مخلوط درون قالب پس از لرزاندن، کوبیده و صاف گردد. پس از قالب‌گیری باید بلوک‌ها را بلافاصله از قالب جدا نموده روی صفحات زیربلوکی (بالت) به‌وسیله‌ی ماشین‌های بلوک‌زنی سیار (تخم‌کن) انجام شود.

بستر زیر بلوک‌ها باید صاف، تمیز و عاری از آلودگی و خاک بوده و با بتن یا اندود سیمانی پوشیده شده باشد. هم‌چنین برای جلوگیری از تابش آفتاب، ریزش برف و باران و وزش باد، بلوک‌ها را باید در محل‌های سرپوشیده و دور از جریان هوا تولید نمود.

در مورد تولید بلوک یا ماشین‌های خودکار باید به‌طور کامل به مشخصات فنی خاص ماشینی توجّه کرد. هنگامی که دمای محیط از ۵ درجه کم‌تر باشد باید تولید بلوک در محوطه روباز متوقف شود. به منظور عمل‌آوری بلوک‌های بتنی جلوگیری از آثار تخریبی ناشی از تابش مستقیم خورشید ــ به‌ویژه در دمای بیش از ۲۵ درجه ــ وزش باد، شسته شدن (از طریق باران و آب‌پاشی نادرست)، کاهش سریع درجه حرارت در روزهای اول و سرمای زیاد و یخ‌زدگی، امری ضروری است. فاصله‌ی زمانی بین قالب‌گیری بلوک‌ها و آغاز عملیات مراقبت، حداقل ۴ تا ۵ ساعت خواهد بود. عمل آوردن ممکن است به یکی از این روش‌ها صورت پذیرد :

الف) عمل آوردن با آب: این روش غالباً در هوای گرم و خشک متداول است. در این روش به وسایل و تجهیزات خاص نیاز نیست ؛ جز آب‌پاشی برای حفظ رطوبت و سرپناه برای حفظ بلوک‌ها از تابش آفتاب، باد و باران و برف. آب‌پاشی با این روش باید چنان صورت گیرد که صدمه‌ی مکانیکی به بلوک‌ها وارد نیامده و در تمام مدت بلوک‌ها مرطوب باقی بمانند.

ب) عمل آوردن از طریق گرم کردن: این روش در کارهای با ابعاد محدود مورد استفاده است و نیاز به تجهیزات و امکانات زیاد ندارد. در این روش بلوک‌ها در مقابل بخاری مجهز به بادبزن قرار می‌گیرد و هوای گرم از بین آن‌ها عبور می‌نماید. روی بلوک‌ها با پوشینه‌ی مراقبت به منظور حفظ گرما و رطوبت پوشانده می‌شود.

ج) عمل آوردن با بخار آب: برای کاهش زمان عمل‌آوری از روش گرم کردن بلوک‌ها با بخار آب استفاده می‌شود. این شیوه‌ی عمل‌آوری که بیش‌تر در تولید انبوه بلوک به‌کار می‌رود نیازمند اتاق‌های بخار و تجهیزات جنبی آن است. درجه‌ی حرارت این اتاق‌ها تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. افزایش و کاهش درجه‌ی حرارت بلوک‌ها در این حالت به‌آرامی صورت می‌گیرد تا بلوک‌ها ضمن عمل‌آوری آب خود را از دست ندهند. در این مورد مدت عمل‌آوری به حدود یک روز تقلیل می‌یابد. صرف‌نظر از این‌که عمل‌آوری به چه شیوه‌ای صورت پذیرد، پس از پایان مدت‌های تعیین شده باید بلوک‌ها را به محل مصون از تابش مستقیم آفتاب و وزش باد منتقل نمود تا دوران مراقبت سپری شود و بلوک‌ها به‌طور یک‌نواخت خشک شوند ؛ به‌گونه‌ای که میزان رطوبت باقی‌مانده از ۲٪ برای بلوک‌های با وزن مخصوص ۱۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و ۵٪ برای بلوک‌های با وزنِ مخصوصِ کم‌تر از ۱۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب، بیش‌تر نباشد. مصرف بلوک‌های خشک نشده در دیوار باعث جمع‌شدگی کار و ایجاد ترک خواهد شد ؛ از این‌رو رعایت میزان رطوبت باقی‌مانده امری الزامی است.

کلیّه‌ی بلوک‌ها باید سالم، بدون شکستگی سطوح و لبه‌ها و سایر نواقصی باشند که سبب ضعف بلوک در کار می‌گردد. برای این منظور، بلوک‌ها را باید به هنگام مصرف به دقت بازدید نمود و از مصرف بلوک‌های معیوب خودداری کرد. تاب فشاری متوسط ۱۲ بلوک نباید از ۲۸۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (برای سطوح پر) کم‌تر شود ؛ مشروط بر این‌که تاب فشاری هیچ‌یک از بلوک‌ها از ۷۵٪ مقدار تاب متوسط به‌دست آمده کم‌تر نباشد.

۱۴ــ۴ــ۳ــ بلوک‌های سقفی: ضخامت تیغه‌های بلوک سقفی حداقل ۱۵ میلی‌متر، عرض تکیه‌گاه بلوک سقفی بر روی تیرچه دست‌کم ۱۷/۵ میلی‌متر، رواداری در عرض بلوک ۲± و در طول و ارتفاع ۵± میلی‌متر خواهد بود. مصرف سیمان در این بلوک‌ها به‌خاطر نازکی تیغه اندکی بیش از

بلوک دیواری است.

۱۵ــ۴ــ۳ــ بلوک‌های نمادار: بلوک‌های نمادار به ابعاد بلوک‌های دیواری با نمای صاف و نقش‌دار تهیه می‌شوند. برای جلوگیری از خراشیدگی و پریدگی لبه‌ها و سطوح در موقع شکستن بلوک‌های نمادار، آن‌ها را در اندازه‌های نیمه و سه قدی نیز می‌سازند.

به منظور صاف بودن سطوح در این نوع بلوک باید مصرف سیمان اندکی بیش‌تر از بلوک‌های معمولی باشد.

۱۶ــ۴ــ۳ــ بلوک‌های سبک: بلوک‌های سبک دیواری و سقفی به منظور کاهش وزن و بار مرده و تقلیل تبادل حرارتی و صوتی در ساختمان به‌کار می‌روند. این بلوک‌ها را در انواع بتنی سبک می‌سازند که معمول‌ترین آن‌ها بتن‌های گازی و سبک دانه هستند. وزن ویژه‌ی بلوک‌های سبک‌دانه از ۱۲۰۰ تا ۱۴۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب و تاب فشاری متوسط ۳ نمونه‌ی آن باید دست‌کم ۷۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (در کل سطح بلوک) و حداقل تاب فشاری یک نمونه ۵۵ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باشد. حداکثر میزان جذب آب در این بلوک‌ها ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب است.

ارزش‌یابی فصل سوم

۱ــ روش‌های ساختن خشت را توضیح دهید.
۲ــ روش‌های خشک کردن خشت را توضیح دهید.
۳ــ روش‌های پختن آجر را برشمارید.
۴ــ کوره‌ی آجرپزی هوفمان را شرح دهید.
۵ــ انواع آجر را نام ببرید.
۶ــ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آجر را شرح دهید.
۷ــ آجر جوش را تعریف کنید.
۸ــ آجر نسوز را توضیح دهید.
۹ــ برای تعیین مقاومت فشاری آجر چگونه عمل می‌کنیم؟
۱۰ــ انواع بلوک‌های سیمانی را نام ببرید.
۱۱ــ روش‌های مختلف عمل آوردن بلوک‌های بتنی را نام ببرید.

فصل چهارم

گچ، آهک، سیمان

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ گچ را تعریف کند.

۲ــ ویژگی‌های انواع سنگ گچ را برشمارد.

۳ــ انواع کوره‌های گچ‌پزی را توصیف کند.

۴ــ شرایط مناسب پخت سنگ گچ را توضیح دهد.

۵ــ انواع گچ را نام برده، ویژگی هریک از آن‌ها را تعریف کند.

۶ــ موارد مصرف گچ و کاربرد آن‌ها را توضیح دهد.

۷ــ خواص فیزیکی و شیمیایی انواع گچ را شرح دهد.

۸ــ آهک را تعریف کند.

۹ــ انواع سنگ آهک را نام ببرد.

۱۰ــ انواع کوره‌های آهک‌پزی را شرح دهد.

۱۱ــ روش‌های تولید آهک را توضیح دهد.

۱۲ــ موارد استفاده از آهک را در ساختمان توضیح دهد.

۱۳ــ انواع آهک را معرفی کند.

۱۴ــ خواص فیزیکی و شیمیایی آهک را توضیح دهد.

۱۵ــ روش‌های شکفتن آهک را شرح دهد.

۱۶ــ انواع ملات‌های آهکی را نام ببرد.

۱۷ــ موادّ اولیه‌ی سیمان را برشمارد.

۱۸ــ انواع سیمان را نام ببرد.
۱۹ــ موارد استفاده‌ی سیمان را شرح دهد.
۲۰ــ روش تهیّه‌ی بتن را شرح دهد.

۱ــ۴ــ گچ

سنگ گچ طبیعی، سولفات آبدار کلسیم $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ در رده‌ی سنگ‌های رسوبی بوده دارای سختی ۲ است. گچ از مواد چسباننده‌ی ساختمانی و مطابق تعریف نوعی چسباننده‌ی هوایی است. گچ ساختمانی از پختن سنگ‌گچ در گرمای حدود ۱۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌دست می‌آید. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد فرمول شیمیایی سنگ‌گچ سولفات کلسیم با دو مولکول آب $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ است که پس از پختن حدود ۷۵٪ از آب آن بخار شده، گچ ساختمانی با فرمول شیمیایی $CaSO_4 \cdot 0/5H_2O$ حاصل می‌گردد. گچ خالص سفید رنگ است، اما ناخالصی‌ها سبب تغییر رنگ آن می‌شوند. برای مثال، وجود زغال آن را «خاکستری»، هیدروکسید آهن آن را «زرد روشن»، FeO آن را «کبود چرک» و Fe_2O_3 آن را به رنگ «قرمز» درمی‌آورد.

چنان‌چه به سنگ گچ تا حدود ۲۰۰ درجه حرارت دهند، آب بیش‌تری را از دست می‌دهد و به $CaSO_4 \cdot 0/3H_2O$ یا گچ‌اندود تبدیل می‌گردد. در گرمای حدود ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تمام آب سنگ‌گچ بخار شده، سولفات کلسیم بدون آب یا انیدرید $CaSO_4$ حاصل می‌شود.

گچ ساختمانی، گچ‌اندود و انیدرید با آب ترکیب می‌شود و مجدداً به سنگ‌گچ با دو مولکول آب شیمیایی تبدیل، اما گچ به‌دست آمده هیچ‌گاه مقاومت مکانیکی سنگ‌گچ اوّلیه را ندارد.

گچ در گرمای بیش از ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (تا حدود ۳۲۰ درجه) می‌سوزد و میل ترکیبی آن با آب از دست می‌رود. در این‌صورت، برای ترکیب گچ با آب به کاتالیست‌هایی مانند زاج سفید $AlK(SO_4)_2$، سولفات‌های سدیم، پتاسیم، روی، کلسیم، گرد آهک یا سیمان نیاز خواهد بود.

محصول کوره‌های گچ‌پزی سنتی نامرغوب و بخشی از آن نیم‌پخته و قسمتی سوخته و فقط حدود نیمی از آن پخته است. درصورتی‌که گچ حاصل از کوره‌های دوّار، مرغوب‌تر و خالص‌تر است. سنگ گچ بلوری که لایه لایه و سوگذران است، یعنی نور از آن عبور می‌کند، برای گچ‌پزی مصرف نمی‌شود، بلکه از آن برای کارهای تزیینی استفاده می‌گردد، زیرا جلاپذیر است. از سنگ‌گچ مرمری اشیای زینتی ساخته می‌شود. با خمیر کردن گرد گچ در محلول زاج سفید و پخت مجدد، گچ مرمری به‌دست می‌آید که در برابر آب پایداری مناسبی دارد و از آن برای اندود کردن نقاط مرطوب و مکان‌هایی

که نیاز به شست‌وشو دارند استفاده می‌شود. این گچ را گچ «کین» یا «گچین» می‌گویند. (در ایران گچ مرمری با نام تجارتی عاج تولید می‌شود) انواع دیگر گچ مورد مصرف در ساختمان عبارت‌اند از :

گچ مخصوص سطوح بتنی و گچ درزگیری که در ایران آن را به‌نام «کیپتون» می‌شناسند، در حرارت ۷۸۰ تا ۱۰۰۰ درجه گچ استریش تهیه می‌شود. استفاده از این گچ در کشور آلمان بیش‌تر معمول است. این نوع گچ میل ترکیبی با آب ندارد و با اضافه کردن املاح شیمیایی با آب ترکیب می‌شود و چون ملاتی کندگیر است، مقاومت نهایی آن بسیار خوب است.

در حرارت بیش از ۱۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد سنگ‌گچ به SO_3CaO تجزیه می‌شود که CaO پس از ترکیب با آب به $Ca(OH)_2$ تبدیل شده در سطح اندودهای گچی به‌صورت آلوئک ریزدانه ظاهر می‌شود و سطح اندودها را ناصاف می‌کند.

۱ــ۱ــ۴ــ خواص و ویژگی‌های گچ: گرفتن ملات گچ با پاشیدن گرد گچ در آب و هم‌زدن آن آغاز می‌شود. پس از گرفتن آب تبلور و تشکیل بلورهای سوزنی شکل، مجدداً به سنگ گچ تبدیل می‌شود. کم یا زیادی آب در ملات به جنس و ریزی دانه‌های گچ بستگی دارد، در یک لیتر آب خالص معمولاً بین ۶۷ تا ۸۸ گرم گچ حل می‌شود. ملات گچ زودگیر است وخیلی سریع عمل سوزنی شدن بلورهای آن خاتمه می‌یابد، امّا نباید قبل از ۴ دقیقه گرفتن آن شروع شود و بیش از ۱۰ دقیقه پایان یابد. گرفتن ملات گچ هنگامی تمام می‌شود که کاملاً بلوری شود یعنی دارای ترکیب $2H_2O$ و $CaSO_4$ باشد. برای آن‌که بتوانند با ملات گچ بهتر کار کنند آن را کندگیر می‌کنند ؛ یعنی، موادی نظیر سریشم (۱ تا ۲ درصد وزن گچ) یا گرد آهک شکفته (حدود ۱۰درصد وزن گچ) به آن می‌افزایند. این مواد مانع تماس نزدیک مولکول‌های گچ به یک‌دیگر شده، تشکیل بلورها را به تأخیر می‌اندازند. در ایران معمول است که برای کندگیرکردن گچ به آن خاک رس اضافه می‌کنند. خاک رس خاصیّت پلاستیسیته‌ی گچ را افزایش داده، ملات آن‌را کندگیر می‌کند ؛ به‌علاوه در مصرف گچ صرفه‌جویی می‌شود. خاک رس ابتدا قسمتی از آب ملات را می‌مکد سپس کم‌کم آن را پس می‌دهد.

برای تندگیرنمودن گچ، ملات آن را با آب گرم درست می‌کنند یا به آن موادی نظیر نمک‌های متبلور، مانند : نمک طعام و کلرور منیزیم اضافه می‌کنند. افزودن نمک طعام تا ۲ درصد وزن گچ، ملات را تندگیر و بیشتر از آن، ملات گچ را کندگیر خواهد نمود. اندود گچی، عایق حرارت است و صدا را هم پخش نمی‌کند ؛ نمی‌سوزد و از گسترش آتش هم جلوگیری می‌کند ؛ یخ نمی‌زند و می‌توان آن‌را در سرمای ۱۰درجه زیر صفر به‌کار برد. زیرا هنگام گرفتن، گرما پس می‌دهد و درجه‌ی حرارت آن تا ۲۰ درجه می‌رسد. ملات گچ باید در حرارت بین ۳۵ تا ۴۵ درجه خشک شود در غیر این

صورت چنان‌چه در درجات بالای ۶۵ خشک شود، مقداری از آب تبلور خود را از دست داده، از مقاومت آن کاسته می‌شود. ملات گچ هنگام گرفتن اضافه حجم پیدا می‌کند و تمام ریزه‌سوراخ‌های اندود گچی را پر می‌کند ؛ از این‌رو می‌توان از ملات گچ برای قالب‌گیری و مجسمه‌سازی استفاده نمود ؛ هم‌چنین به‌علّت نداشتن سوراخ‌های ریز، از نظر بهداشتی اندودی است مناسب، زیرا قارچ‌ها و انواع حشرات نمی‌توانند در این منافذ لانه کرده، رشد نمایند. ملات گچ کشته در موقع گرفتن ازدیاد حجم ندارد. ملات گچ کشته برای رویه‌ی اندودهای گچی استفاده می‌شود. گچ تحریر نیز ملات خشک شده‌ی همان گچ کشته است و درجه‌ی سختی آن نیز از یک کم‌تر است.

طرز تهیه‌ی گچ کشته: پودر گچ را از الک‌های بسیار ریز عبور داده، داخل آب می‌ریزند و هم می‌زنند. هنگامی که گچ به سفت شدن نزدیک می‌شود مجدداً به آن آب اضافه می‌کنند و ملات را مالش می‌دهند. چندین بار عمل افزایش آب و ورزدادن را تکرار نموده، از تشکیل بلورهای سوزنی‌شکل جلوگیری می‌نمایند. پس از این‌که از سفت نشدن ملات اطمینان حاصل نمودند آن‌را به‌حال خود می‌گذارند، چون این ملات بسیار دیرگیر است ؛ از این‌رو، برحسب ضرورت و در زمان‌های مورد نیاز از آن استفاده می‌شود. ضخامت لایه‌ی گچ کشته نباید بیش‌تر از ۲ میلی‌متر باشد، زیرا در لایه‌های ضخیم‌تر هنگام خشک شدن ترک برمی‌دارد ؛ هم‌چنین ملات گچ با فلزها ترکیب و تشکیل سولفات می‌دهد ؛ مانند : سولفات آهن، سولفات روی و... .

ملات سخت شده‌ی گچ هم اگر رطوبت داشته باشد همین خاصیت را خواهد داشت بنابراین، برای جلوگیری از آن باید در جاهایی‌که آهن یا فلزات دیگر در ساختمان با گچ تماس حاصل می‌کنند آن‌ها را قبلاً با رنگ کاملاً پوشش داده، یا نوارپیچی کنند. سوراخ شدن لوله‌های آب در بیش‌تر مواقع به‌دلیل ترکیب شیمیایی گچ با فلزات است.

۲ــ۱ــ۴ــ موارد مصرف گچ: ملات گچ و خاک را در اندود دیوار و سقف و هم‌چنین طاق ضربی مصرف می‌کنند و ملات گچ خالص در لایه‌ی رویه‌ی سفیدکاری و گچ‌بری به‌کار می‌برند.

گچ ریزدانه در مدل‌سازی و شکسته‌بندی به‌کار می‌رود. با پودر گچ و پوست برنج یا پوشال و کاه، دیوارهای گچی به ضخامت حدود ۸ سانتی‌متر در ابعاد ۱×۱ متر ساخته می‌شود ؛ هم‌چنین با آن دیوارهای کلفت‌تر توخالی نیز می‌سازند. اگر هنگام ساختن ملات گچ، به آن آب اکسیژنه یا گرد سولفات آلومینیم اضافه کنند، در داخل ملات گاز ایجاد می‌شود که هنگام سفت شدن ملات حباب‌های گاز در داخل قطعه، حفره‌هایی ایجاد می‌کند و باعث پوکی و سبکی قطعات گچی می‌گردد.

۳ــ۱ــ۴ــ وزن گچ ساختمانی: گچ ساختمانی به‌صورت متراکم نشده‌ی کیسه‌ای ۰/۸۵ تن

در مترمکعب و وزن کیسه‌ای متراکم شده آن ۱ تا ۱/۴ تن در مترمکعب است. مقاومت ملات سفت‌شده ۲۸ روز آن ۶۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و مقاومت کششی و خمشی آن ۲۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

۴ــ۱ــ۴ــ کوره‌های گچ‌پزی: برای پختن گچ حرارت زیادی لازم نیست ؛ از این‌رو کوره‌های گچ‌پزی تجهیزات ساده‌ای دارند.

ــ کوره‌های چاهی: این کوره‌ی قدیمی، هنوز هم در ایران معمول است. شکل و کار آن تقریباً شبیه کوره‌های چاهی آجرپزی است. چون نمی‌توان حرارت این کوره‌ها را تنظیم کرد، فقط قسمت کمی از سنگ گچ به گچ ساختمانی تبدیل می‌شود و قسمت عمده‌ی آن یا می‌سوزد و یا به‌حالت سنگ گچ باقی می‌ماند.

ــ کوره‌های تاوه‌ای: سنگ گچ را در این کوره‌ها برشته می‌کنند ؛ به این‌صورت که آن‌را در دیگ‌های فولادی ریخته، به کف و دیواره‌های دیگ به وسیله‌ی هوای داغ حرارت می‌دمند و گرد سنگ گچ داخل دیگ را زیرورو می‌کنند تا تمام دانه‌ها یکسان حرارت ببینند و بخار آب جدا شده از سنگ گچ را از دیگ خارج می‌کنند تا گچ مورد نیاز تهیه شود.

ــ کوره‌های گردنده: پس از این‌که سنگ گچ را آسیاب نمودند، آن‌را به کوره‌ی گردنده هدایت می‌کنند. داخل کوره‌ی گردنده لوله‌ی فولادی قرار گرفته که از داخل آن ــ عکس جهت حرکت پودر سنگ گچ ــ گاز داغ یا هوای داغ عبور می‌کند ؛ هم‌چنین به جداره‌ی کوره‌ی گردنده هوای داغ دمیده می‌شود، دانه‌های ریز سنگ گچ با گرفتن حرارت لازم به گچ مورد نیاز تبدیل می‌گردند.

هنگام آسیاب نمودن سنگ گچ در آسیاب‌های ساچمه‌ای اگر به آن هوای داغ بدمند عمل پختن و آسیاب کردن توأماً انجام می‌شود که از نظر اقتصادی بسیار باصرفه است.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول: گچ مصرفی در هر پروژه باید با توجه به محل و مورد مصرف، وضعیت اقلیمی و جوی، موقعیت رویارویی و سایر عوامل مؤثر انتخاب شود. در استاندارد ایرانی (استاندارد تجدیدنظر شده‌ی دوم) گچ ساختمانی به دو نوع :

«زیرکاری» و «پرداخت» گروه‌بندی شده است.

در مکان‌هایی که رطوبت نسبی هوا در بیش‌تر اوقات بیش از ۶۰٪ باشد مصرف گچ مناسب نیست.

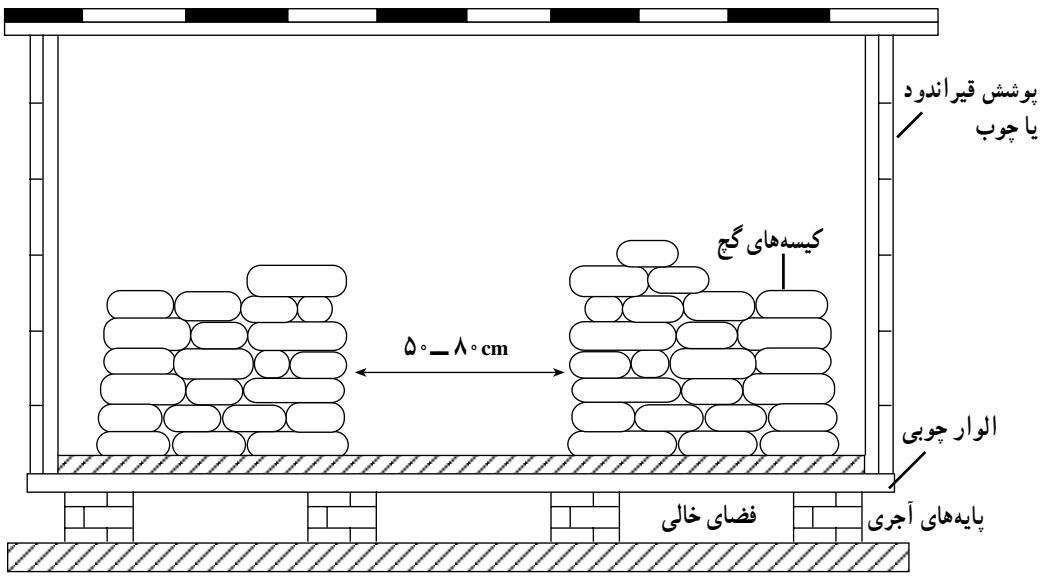
گچ‌های مناسب برای مصارف مختلف و گوناگون براساس جدول ۱ــ۴ است.

جدول ۱ــ۴ــ گچ‌های مناسب جهت مصارف گوناگون

موارد مصرف	نوع گچ مناسب
کارهای عمومی مانند ملات‌های گچ و گچ و خاک، گچ و ماسه، تولید قطعات پیش‌ساخته و بلوک‌های گچی، بتن گچی در نقاطی که میزان رطوبت نسبی هوا کم‌تر از ۶۰٪ باشد.	گچ ساختمانی یا گچ زیرکار $CaSO_4 \cdot 0/5H_2O$
اندودهای داخلی و نماسازی در مناطقی که رطوبت نسبی هوا کم‌تر از ۶۰٪ باشد.	گچ‌اندود یا گچ پرداخت $CaSO_4 \cdot 0/3H_2O$
اندودهای داخلی و نماسازی در مناطقی که رطوبت نسبی هوا بیش از ۶۰٪ باشد.	گچ مرمری ــ ملات گچ و آهک

حمل و نقل و نگه‌داری

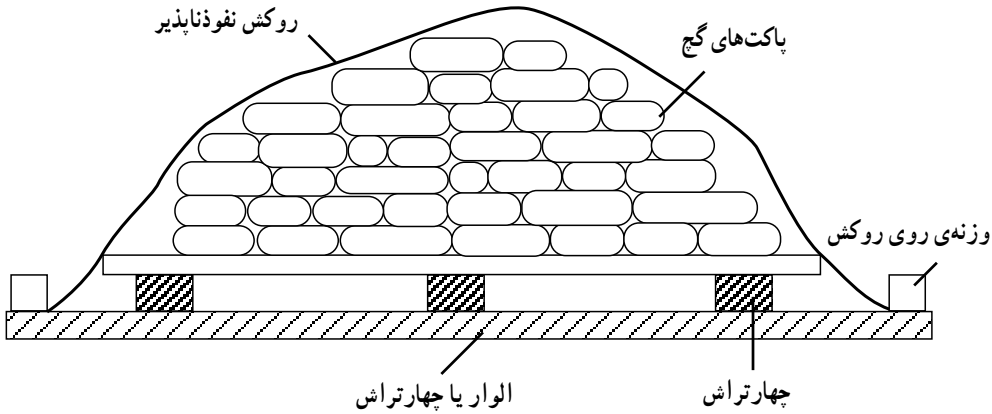
گچ پخته را باید از آب و رطوبت هوا محفوظ نگاه داشت و نیز آن‌ها را در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگه‌داری نمود.



شکل ۱ــ ۴ــ انبار کردن کیسه‌های گچ در فضای بسته

مشخصات انواع گچ باید روی کیسه‌ها نوشته شده باشد.

برای نگه‌داری پاکت‌های گچ و حفظ آن‌ها در مقابل عوامل جوی، مطابق شکل ۲ــ۴ باید عمل نمود.



شکل ۲ــ۴ــ انبار کردن پاکت‌های گچ در فضای باز

گچ‌کاری دارای تاریخی کهن است که قدمت آن به ۲۵۰۰ سال پیش می‌رسد. روکش گچی و آهکی نخست برای پوشش و نگهداری و زیبا ساختن دیوارهای خشت خام و نیز هموار کردن رویه‌های ناهموار نماها و آماده کردن آن‌ها برای کارگذاری فرم‌های آرایشی به‌کار می‌رفت. ولی بعدها روکش همراه با گچ‌کاری و گچ‌بری رایج گردید. آثاری که از دوره‌های هخامنشی و بعد، پارتی و ساسانی، به‌جای مانده نشان‌دهنده‌ی قدمت هنر گچ‌کاری در ایران است. در این آثار ملات گچ با هنرمندی و ظرافت ویژه‌ای در ساختمان‌های ایران باستان به کار رفته است. پس از اسلام نیز گچ‌کاری و گچ‌بری در مسجدها و در ساختمان‌ها انجام و بسیار گسترش یافت و سبک‌های گوناگون در این زمینه پدید آمد.

سازندگان و بنّایان ایران از دور زمان به ویژگی‌های گچ آشنایی کامل داشتند آنان برای این‌که گچ خودش را زود نگیرد ــ آن‌چنان‌که معمول گچ است ــ بدان مواد ویژه‌ای می‌افزودند. آن هنرمندان دریافته بودند که سریشم و شیر در زمان گیرش گچ و نیز در کیفیت روکش گچی تأثیر دارد. **نظامی گنجوی** (۶۱۴ــ ۵۳۰ هـ ق) در کتاب منظوم خمسه‌ی نظامی داستان ساختن کاخ **خورنق** را برای یکی

از شاهان ساسانی نقل می‌کند. وی پس از توصیف هنر نمائی‌های معماری به‌نام **سمنار**، در ایجاد آن کاخ داستان را به‌جایی می‌رساند که سمنار دیوارها را با روکشی مناسب آرایش می‌دهد. این روکش البته چیزی جز گچ نمی‌توانست باشد. از قرار معلوم سمنار به خواص گچ آشنایی داشته و برای آن‌که فرصت کار کردن با آن‌را داشته باشد بدان سریشم و شیر افزوده بوده است.

۲ــ۴ــ آهک

آهکی که در کارهای ساختمانی مصرف می‌شود CaO است که از پختن سنگ آهک یا کربنات کلسیم به‌فرمول $CaCO_3$ به‌دست می‌آید. آهک از مصالح چسبنده و ملات آن «هوایی» و «آبی» است و انواع آن به درجه‌ی پخت و وجود ناخالصی‌های آن بستگی دارد.

هرقدر درجه‌ی حرارت پخت زیادتر باشد، وزن مخصوص آهک نیز بیش‌تر است و خواص ملات‌های آبی را به‌دست می‌آورد. سنگ آهک خالص، بی‌رنگ، بلوری و درجه‌ی سختی آن ۳ است. سنگ آهک خالص در حرارت ۲۴۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه با کربن ترکیب و به کاربید کلسیم تبدیل می‌گردد. کاربید کلسیم C_2Ca نیز پس از ترکیب شدن با آب به گاز استیلن C_2H_2 و آهک شکفته مبدل می‌شود. سنگ آهک معمولی، غیربلوری و ناخالص است و اغلب با مقداری Mg همراه می‌باشد. ناخالصی‌های دیگر آن عبارت‌اند از : سیلیس، اکسید آهن، اکسید آلومینیم و گوگرد.

۱ــ۲ــ۴ــ انواع سنگ‌های آهکی : در طبیعت انواع سنگ‌های آهکی یافت می‌شود که عبارت‌اند از :

۱ــ *سنگ‌های آهکی معمولی:* از ته‌نشین شدن مواد آهکی محلول در آب دریاها تشکیل شده، دارای فسیل است.

۲ــ *سنگ‌های آهکی مرجانی:* از باقیمانده‌ی جلد حیوانات دریایی در کف دریاها و اقیانوس‌ها به‌وجود آمده‌اند.

۳ــ *سنگ‌های آراگونیت و تراورتن:* از ته‌نشین شدن مواد آهکی محلول در آب گرم چشمه‌های اطراف آتش‌فشان‌ها تشکیل شده‌اند.

۴ــ *سنگ آهکی دولومیتی:* از ترکیب طبیعی کربنات منیزیم و کربنات کلسیم تشکیل می‌شود و به اصطلاح «دوکربناته» هستند. دولومیت از مواد دیرگداز (نسوز) است.

۵ــ *سنگ مرمر:* سنگی است آهکی دگرگون شده که این نوع سنگ مرمر را در بسیاری از نقاط ایران می‌توان پیدا کرد. هر سنگ آهک توپری را نمی‌توان «مرمر» نامید.

۶ــ مارن یا گل آهک طبیعی: ترکیبی است از خاک رس و سنگ آهک و ممکن است ۲۵ تا ۶۰ درصد وزن آن خاک رس بوده برای پختن آهک آبی مصرف شود.

۷ــ سنگ آهک قیری: از نفوذ نفت خام در سنگ‌های آهکی و جداشدن روغن‌های سبک آن حاصل شده است. مقدار قیر در سنگ‌های آهکی قیری در حدود ۱۰٪ وزن آن است. این سنگ را به همان صورت که در طبیعت یافت می‌شود، یعنی بدون این‌که قیر آن‌را جدا کنند، با سنگ شکن آسیاب نموده، به شکل شن و ماسه در روسازی‌های آسفالتی استفاده می‌شود.

۲ــ۲ــ۴ــ پختن سنگ آهک: انسان‌های نخستین هنگامی که آتش روشن می‌کردند در اطراف آن قطعات سنگ بزرگ و کوچک قرار می‌دادند تا آتش را مهار کنند و از پراکنده شدن آن جلوگیری نمایند. در اثر سوختن آتش سنگ‌های اطراف آتش می‌پخت و تبدیل به آهک زنده می‌شد. با این همه، هنوز بشر نتوانسته بود دریابد که آهک چیست، اما هنگامی‌که باران سنگ‌های آهک زنده را مرطوب می‌کرد، سنگ‌ها نرم شده تبدیل به پودر آهک مرده می‌شد و اگر مقدار باران بیش‌تر می‌شد سنگ‌ها تبدیل به شیره‌ی آهک شده به زمین‌های اطراف فرو می‌رفت و پس از چندی که می‌خواستند زمین‌ها را حفر کنند متوجه می‌شدند که زمین‌های نرم قبلی محکم شده‌اند. بدین‌ترتیب آنان به ارزش آهک و راه به‌دست آوردن و مورد استفاده‌ی آن پی بردند. طریقه‌ی پخت آهک از گذشته‌های دور تا زمان حال تفاوت بسیار کرده و استفاده از آن به روش‌های مختلف بیش‌تر شده است.

مقصود از پختن سنگ آهک جدا کردن CO_2 از $CaCO_3$ از طریق حرارت است. CaO که همان آهک ساختمانی است از نتیجه‌ی این فعل و انفعالات حاصل می‌شود. سنگ آهک قبل از پختن و بعد از پختن به حالت جامد است. اما CO_2 قبل از پختن سنگ آهک به‌صورت جامد بوده پس از پختن آن به حالت گاز درمی‌آید ؛ از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که پختن آهک عمل فیزیکی است.

تجزیه‌ی کربنات کلسیم به حرارت و فشار محیط محل پخت، بستگی دارد. هرقدر فشار کم‌تر شود، درجه‌ی حرارت تجزیه شدن پایین‌تر می‌آید. در حرارت ۸۹۴ درجه‌ی فشار CO_2 در سنگ آهک خالص به یک اتمسفر می‌رسد. برای آن‌که CO_2 از سنگ آهک جدا شود به دمایی بیش از ۸۹۴ درجه، یعنی حدود ۹۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نیاز است.

$$CaCO_3 + ۹۰۰^\circ C \text{ حرارت} \longrightarrow CaO + CO_2$$

۳ــ۲ــ۴ــ کوره‌های آهک‌پزی :

۱ــ کوره‌های چاهی (سنتی): این کوره‌ها کاملاً شبیه کوره‌ی آجرپزی و گچ‌پزی است. در این کوره‌ها چون سنگ آهک و آتش ثابت است و درجه‌ی گرما در همه جای کوره یکسان نیست

جنس آهک همگن نمی‌شود و اغلب سنگ‌های آهک به‌صورت نپخته باقی می‌ماند. افزون بر آن، کار کوره پیوسته نیست و ظرفیّت آن نیز کم است.

۲ــ *کوره‌ی حلقه‌ای:* این کوره‌ها، شبیه کوره‌های هوفمان است و برای تهیه‌ی آهک به مقدار زیاد به‌کار می‌رود. جنس آهک این کوره‌ها بسیار خوب و کار کوره نیز پیوسته است.

۳ــ *کوره‌ی ایستاده:* این کوره مخروط ناقصی است که از سمت بالا بارگیری و از سمت پایین حرارت داده می‌شود. سنگ‌های خردشده را نیز به کوره هدایت می‌کنند، زیرا سطح حرارت‌گیری آن‌ها در اثر خردشدن زیاد خواهد بود. ظرفیت روزانه‌ی این کوره‌ها به ۱۵۰ تن می‌رسد. برای تهیّه‌ی آهک در کارخانه‌های قند و نظایر آن از این نوع کوره‌ها استفاده می‌گردد.

۴ــ۲ــ۴ــ طرز تهیه‌ی آهک شکفته: آهک زنده CaO را نمی‌توان در ساختمان‌سازی مصرف نمود ؛ از این رو، باید قبلاً به‌آن آب اضافه نموده تا هیدراته شود و به‌صورت خمیر یا پودر آب‌دیده درآید. آهک زنده میل ترکیبی زیادی با آب دارد و هنگام ترکیب، حرارت زیادی پس می‌دهد و به $Ca(OH)_2$ تبدیل می‌شود. آهک شکفته در دمای ۴۰۰ درجه و فشار یک اتمسفر، آب شیمیایی خود را از دست داده، دوباره به آهک زنده و آب تجزیه می‌شود. آهک زنده پس از شکفته شدن، بلورهای هیدرات کلسیم تشکیل می‌دهد و یک حالت کلوئیدی به‌وجود می‌آورد. هرچه سرعت شکفته‌شدن بیش‌تر باشد مقدار هیدرات کلسیم $Ca(OH)_2$ کلوئیدی آن بیش‌تر است.

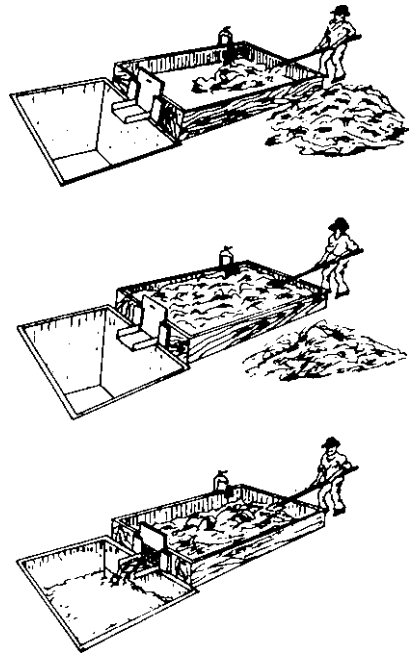
$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

شکفتن آهک به این روش‌ها صورت می‌پذیرد :

۱ــ *شکفتن آهک تحت فشار بخار آب:* کلوخه‌های آهک زنده را در استوانه‌ی فولادی ریخته، درِ آن را مسدود می‌کنند و بخار آب با فشار ۳ تا ۴ اتمسفر را به‌درون آن می‌دمند. با گذشتِ ۳ تا ۴ ساعت، آهک زیر فشار بخار آب به گرد آهک شکفته تبدیل می‌شود و سپس آن‌را در کیسه‌های مخصوص ریخته، به محل مصرف می‌برند.

۲ــ *شکفتن آهک به روش تر (تهیّه‌ی خمیر آهک):* کلوخه‌های آهک زنده را در ظرفی چوبی یا فلزی می‌ریزند که به‌صورت حوضچه‌ای به ابعاد ۳×۴ متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر ساخته شده است. در یک طرف این ظرف دریچه‌ای کشویی با توری سیمی قرار گرفته است. به آهک زنده‌ی داخل ظرف آب اضافه می‌کنند و مخلوط را هم می‌زنند تا به حالت شیر آهک درآید. در این هنگام کشوی جلوی دریچه را بالا می‌کشند تا شیر آهک به گودالی به ابعاد ۱۰×۱۰ متر و به عمق ۲ متر جاری گردد ؛ هم‌چنین ناخالصی‌ها و آهک‌های نشکفته از توری سیمی عبور نمی‌کند و در ظرف باقی

می‌ماند که درنتیجه، آن‌را خارج نموده، مجدداً آهک زنده و آب اضافه می‌کنند. این عمل چندین بار تکرار می‌شود تا گودال پُر شود. آهک شکفته آب‌های اضافی خود را در گودال از دست می‌دهد و پس از چند هفته خمیر سفت می‌شود و در سطح آن ترک‌هایی به عرض ۲ تا ۳ سانتی‌متر پیدا می‌شود که در این هنگام تمام ذرّات آهک شکفته است. (شکل ۳ــ۴)



شکل ۳ــ۴ــ تهیه‌ی آهک شکفته به روش حوضچه‌ی آهک‌شویی

۳ــ *شکفتن آهک به روش خشک:* این روش به نام «تنگ گذاشتن آهک» نیز معروف است. کلوخه‌ی آهک زنده را روی زمین و یا سطح تمیزی به‌ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر پهن نموده، روی آن آب می‌پاشند و کمی آن را زیر و رو می‌کنند تا تمام کلوخه‌ها مرطوب شوند ؛ سپس روی آن یک لایه‌ی دیگر کلوخه آهک زنده می‌ریزند و مجدداً آب می‌پاشند. این عمل را چندین بار تکرار می‌کنند تا تپه‌ی کوچکی از آهک به ارتفاع حدود یک متر درست شود. سطوح جانبی آهک انباشته شده‌ی مرطوب را با آجر می‌پوشانند و روی آجرها را با گِل اندود می‌نمایند تا حرارت ایجاد شده خارج نشود. در اثر گرمازایی آهک، آب اضافی بخار می‌شود و در زیر اندود به‌اصطلاح «دم می‌کند» و بخار آب با فشار ایجاد شده، باعث شکفتن آهک زنده می‌گردد. پودر به‌دست آمده، «آهک شکفته» است. حجم آهک پس از شکفتن زیاد می‌شود. این پف کردن آهک بستگی به جنس آن دارد و هرچه

CaO در آهک زنده زیادتر باشد بیش‌تر با آب ترکیب می‌شود و حجم آن زیادتر می‌گردد. حجم آهک‌های پرمایه پس از شکفتن ۲ تا ۳/۵ برابر و آهک‌های کم‌مایه ۱/۲۵ تا ۲ برابر زیاد می‌شود. آهک کم‌مایه از سنگ آهکی تهیه می‌شود که بین ۵۰ تا ۷۵ درصد وزن کل سنگ، سنگ آهک خالص باشد. آهک پرمایه از سنگ آهکی تهیه می‌شود که حداقل ۹۰ درصد وزن کل سنگ، سنگ آهک خالص باشد. آب گرم، آب زیر فشار و بخار آب زیر فشار شکفتن آهک را تندتر می‌کند. حجم ماسه آهک و شکفته آهک ثابت است که پس از گرفتن و سخت شدن دیگر جمع و زیاد نمی‌شود.

۵ــ۲ــ۴ــ تاب ملات آهک و گرفتن آن: ملات آهک شکفته و ماسه در برابر (CO_2) هوا به کربنات کلسیم $CaCO_3$ تبدیل می‌شود. برای آن‌که آهک شکفته در ملات ماسه آهکی با CO_2 هوا ترکیب شود باید هوا نمناک باشد یا ملات را نمناک نگه‌دارند تا CO_2 با آب (نم) به H_2CO_3 تبدیل شده، سپس این اسید کم‌مایه با آهک شکفته این ترکیب را کامل کند :

$$Ca(OH)_2 + H_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O$$

اگر در روزهای نخستِ مصرفِ ملات ماسه آهک، نم به آن نرسد ملات نمی‌گیرد و به اصطلاح می‌سوزد. ملات ۱ به ۳ گرد آهک شکفته و ماسه پس از ۱۲ تا ۲۴ ساعت شروع به گرفتن و پس از ۲۸ روز، گرفتن آن تمام می‌شود، اما سخت شدن آن سال‌ها ادامه می‌یابد.

شفته آهک از مخلوط کردن شیر آهک و خاک رُس به‌دست می‌آید که برای مصارف پی‌سازی و مقاوم کردن زمین‌های سست به‌کار می‌رود. مقاومت این ملات به جنس و مقدار آهک، جنس و دانه‌بندی و مقدار خاک رُس بستگی دارد.

آهک‌هایی که ناخالصی آن‌ها رُس یا سیلیس باشد در درجه‌ی حرارت ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ پخته می‌شود که به آن **آهک آبی** می‌گویند. این آهک در آب وا نمی‌رود و شکفته نمی‌شود بلکه باید آن‌را آسیاب کرد و بعد آب به‌آن اضافه نمود. معمولاً این آهک‌ها از پختن و آسیاب کردن مارن (گل آهک) به‌دست می‌آید. آهک آبی در ساختمان‌های زیرآبی که نیازی به مقاومت زیاد ندارند مصرف می‌شود. چون آهک شکفته بر روی فلزات اثر می‌گذارد و آن‌ها را سوراخ می‌کند، هم‌چنین در الیاف گونی نیز اثر گذاشته، آن‌ها را می‌پوساند، باید از تماس آن‌ها با آهک جلوگیری نمود.

آهک‌های آبی به رنگ لیمویی، زرد و قهوه‌ای روشن و حجم ملات‌های آهک آبی پس از مصرف و سخت شدن ثابت می‌ماند.

آهک‌های هوایی (آهک معمولی پرمایه) در صنایع، راه‌سازی، ساختمان‌سازی، آجرهای ماسه آهکی، کارخانه‌های قندسازی، سیمان‌سازی، شیشه‌سازی و کوره بلند ذوب آهن کاربرد دارد.

هم‌چنین از آهک برای از بین بردن ریشه و تخم گیاهان در ساختمان‌سازی استفاده می‌شود. آهک باید در جایی مصرف شود که هوا نمناک است یا دست‌کم آن را به مدت ۲۸ روز با وسایلی نمناک نگاه‌داری کنند.

آهک‌های مناسب برای مصارف گوناگون، مطابق جدول ۲ــ۴ است :

جدول ۲ــ۴ــ آهک‌های مناسب برای مصارف گوناگون

موارد مصرف	نوع آهک
ملات‌های ماسه آهک، گل آهک، گچ آهک و باتارد برای پایدار کردن خاک در راه‌سازی، خشت‌های پایدار شده با آهک، شفته آهکی، پی‌سازی در خاک‌های معمولی بتن آهکی سنگین و متخلخل	خمیر یا گرد آهک شکفته‌ای که به‌صورت دوغاب درآمده است. (آهک سفید)
ملات و اندود ساختمان‌های دریایی، پی‌سازی در خاک‌های سولفات‌دار با سولفات زیاد	آهک‌های آبی
پی‌سازی در خاک‌های سولفات‌دار با سولفات کم	آهک‌های یخه آبی (خاکستری)
پایدار کردن خاک در راه‌سازی، آجر ماسه آهکی	
بتن آهکی سنگین و متخلخل، سیمان آهک پوزولان و آهک سرباره	آهک زنده کلیومی پرمایه
شفته پی‌سازی ساختمان‌های کم‌ارتفاع	دوغاب آهک کم‌مایه

حمل و نقل و نگه‌داری

آهک زنده را باید از آب و دی‌اکسیدکربن هوا مصون نگاه داشت و همانند سیمان در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگه‌داری نمود.

آهک هیدراته نیز باید در محل مناسبی نگه‌داری شده از نفوذ دی‌اکسیدکربن هوا و تابش آفتاب درامان باشد تا از خشک شدن آن جلوگیری به عمل آید. مشخصات آهک باید روی ظروف حمل و کیسه‌ها نوشته شود. در مجموع، نکاتی که برای حفظ و نگه‌داری گچ ذکر شد باید در مورد آهک نیز رعایت شود. کار کردن با آهک و جابه‌جا کردن آن مستلزم رعایت نکات ایمنی است.

کف کاخ‌های جمشید (سده‌ی ششم پیش از میلاد) از ملاتی سرخ رنگ که در آن آهک به‌کار رفته بوده پوشیده شده بوده است. کاربرد ملات آهک در ساختمان‌های سنگی و آجری به عنوان ملات و نیز در روکشی دیوارها از زمان اشکانیان معمول بوده است. بهره‌گیری از آهک در عصر ساسانیان نیز ادامه یافت. در ساختمان‌های نخستین این دوره مربوط به زمان اردشیر ساسانی (۲۳۲ـ۲۱۲ میلادی) آهک روکشی (بدون ماسه) به عنوان ملات مصرف می‌شد. از زمان شاپور اول دگرگونی‌هایی در تکنیک و در سبک ساختمانی پدید آمد و از آن پس ملات ماسه آهک کاربرد فراوانی یافت. برخی را گمان آن است که این دگرگونی با شکست والرین رومی به‌دست شاپور اول پیدا شد. پس از پیروزی شاپور، اسیران رومی که به ایران آورده شده بودند تکنیک رومی و مصالح رومی را که ماسه آهک جزو آن بود در ساختن ساختمان‌هایی مثل شهر شاپور (پیشابور) در جنوب فارس به‌کار بردند.

مردمان قدیم ویژگی‌های شیمیایی و مکانیکی آهک و آمیزه‌ی آن با دیگر مواد را خوب می‌شناختند. آنان با تجربه دریافته بودند که چگونه می‌توان با آمیختن خاک رس با آهک و دیگر مواد، مصالحی مقاوم و یا ملات‌هایی غیرقابل نفوذ ساخت. کرجی مهندس و دانشمند ایرانی سده پنجم هجری درمورد خمیر آهکی که برای آب‌بندی و استحکام تنپوشه‌های قنات‌ها به‌کار می‌رود روشی را ارائه نموده است.

هم‌چنین کرجی در کتاب «استخراج آب‌های پنهانی» خود در مورد پایدار کردن خاک در آب‌بندی مجراها و مخازن آب نیز شرحی آورده است.

ایرانیان باستان با گل آهک (مارون) که شامل آهک و خاک رس بوده ملاتی تهیه می‌کرده‌اند که آهک آبی نام داشته است این ملات در ساختمان‌های بندری و دریایی مصرف می‌شده است. آهک آبی در کناره‌های شمالی خلیج فارس به‌نام ساروج مصرف می‌شده است. آهک آبی در ساختمان‌های قدیمی بوشهر و بندرلنگه به‌کار رفته است و آثاری از آن ساختمان‌ها هنوز هم برجاست.

ملات ساروج در ایران باستان کاربرد فراوان داشته و احتمالاً در همین سرزمین نیز کاربرد آن آغاز گشته است. این ملات کندگیر از آمیزش آهک شکفته، خاکستر، ماسه و پشم و آب تهیه می‌شده است. ساروج به علت قابلیت آب‌بندی از قدیم در آب انبارها برای اندود دیواره‌ی مخزن و هرگونه آب‌بندی دیگر به کار می‌رفته است.

۳ــ۴ــ سیمان

سیمان‌ها فرآورده‌هایی هستند که قسمت عمده‌ی مصالح اولیه‌ی آن‌ها آهک است و خاصیت آن‌ها این است که پس از مخلوط شدن با آب در برابر هوا یا جایی‌که هوا نیست، مانند زیر آب، سفت و سخت می‌شوند و دانه‌های شن و ماسه یا مصالح دیگر مثل سنگ و آجر و کاشی را به هم می‌چسبانند.

پیش از قرن نوزدهم که سیمان اختراع نشده بود، از سال‌ها قبل در ایران در جاهای نمناک و پی‌سازی‌ها، شکفته آهک مصرف می‌کردند و برای آب‌بندی کردن، ملات ساروج به‌کار می‌بردند. ساروج را از مخلوط کردن و کوبیدن گرد آهک شکفته و خاکستر، کمی ماسه‌ی بادی، خاک رُس و لویی (الیاف نی) درست می‌کردند. در سال ۱۷۵۶ در انگلستان شخصی به‌نام «اسمیتون» مأمور شد به‌جای ساختمان فانوس دریایی که بر اثر آتش‌سوزی خراب شده بود بنای تازه‌ای بسازد. او پس از آزمایش زیاد متوجه شد که ملات آهک‌هایی که از دو پیمانه تراس (پوکه طبیعی) و یک پیمانه آهک شکفته با کمی آب درست شده باشد کاملاً سفت شده مقصود را برآورده می‌سازد. در سال ۱۸۲۴ یک بنّای انگلیسی به نام «آسپدین» اختراع سیمان را به ثبت رسانید. او سنگ آهک و خاک رس را با هم مخلوط کرد و به طریقه‌ی تر آسیاب نمود و لجن به‌دست آمده را در کوره‌های آهک‌پزی معمولی پخت ؛ سپس جسم به‌دست آمده را آسیاب نمود و بدین ترتیب، سیمان را به‌دست آورد. چون سیمان به رنگ سنگ‌های جزیره‌ی پرتلند بود آن را «سیمان پرتلند» نامیدند.

۱ــ۳ــ۴ــ اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیمان پرتلند: مواد اصلی سیمان پرتلند، سنگ آهک و خاک رس به‌نسبت وزنی ۳ به ۱ است که پس از آسیاب کردن آن‌ها به طریقه‌ی تر یا خشک برای پختن وارد کوره می‌شوند. در کوره به این مواد به‌اندازه‌ای حرارت می‌دهند که دانه‌ها عرق کنند (۳۰٪ سطح دانه‌ها ذوب شود) و به یک‌دیگر بچسبند و به‌شکل دانه‌های فندقی به نام «کلینکر» درآیند. پس از سرد کردن و آسیاب کردن کلینکر همراه با کمی سنگ گچ، سیمان پرتلند به‌دست می‌آید. علاوه بر سنگ آهک و خاک رس بایستی به نسبت‌های معینی، سیلیس، اکسید آلومینیم، اکسید آهن نیز در مواد اصلی وجود داشته باشد.

پختن سیمان: سیمان‌پزی عبارت است از به‌وجود آوردن واکنش‌هایی میان دانه‌های ریز مواد خام از طریق حرارت به‌مدت و شدت معین. برای این‌که این واکنش‌ها صورت گیرد باید به مواد خام به‌اندازه‌ای حرارت داد تا عرق کرده، به یک‌دیگر بچسبند و در نهایت به کلینکر تبدیل شوند. واکنش‌های انجام شده کند هستند و با افزایش گرما از رویه به داخل دانه‌ها پیش می‌روند و هرچه دانه‌های مواد خام ریزتر باشند تندتر می‌شوند. کوره‌های آزمایشی سیمان‌پزی به‌طول ۱/۸ تا ۳/۷ متر و قطر ۱۳ تا

۳۶ سانتی‌متر ساخته می‌شود.

واکنش‌های انجام شده در حرارت‌های مختلف بدین‌شرح است :

۱ــ در حرارت ۱۰۰ درجه، آب فیزیکی مواد خام گرفته می‌شود.

۲ــ از حرارت ۳۵۰ درجه به‌بعد CO_2 از کربنات منیزیم $MgCO_3$ جدا می‌شود.

۳ــ در گرمای ۵۰۰ درجه، آب شیمیایی خاک رس جدا می‌شود.

۴ــ از حرارت ۸۹۴ درجه به بعد CO_2 از $CaCO_3$ خارج می‌شود.

پس از این، ترکیبات CaO با جسم‌های دیگر شروع می‌شود. در شروع فعل و انفعال‌ها ترکیب یک کلسیم سیلیکات تشکیل می‌شود. در گرمای بالاتر از ۱۰۰۰ درجه ترکیبات دو کلسیم سیلیکات و سه کلسیم سیلیکات و دیگر ترکیبات کلسیم با جسم‌های دیگر شکل می‌گیرد.

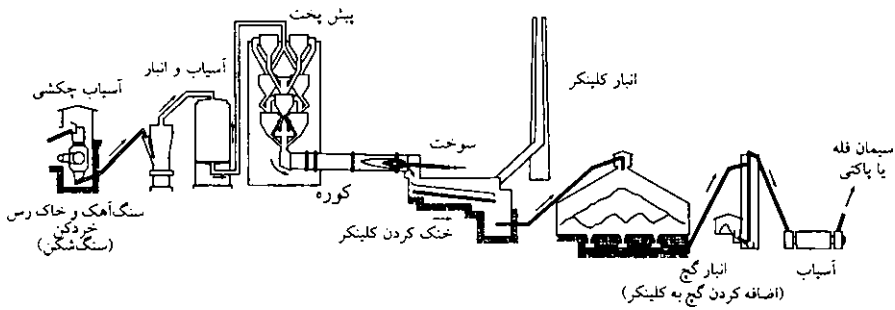
جسم‌های گدازآور مانند اکسید آهن و اکسید آلومینیم در مواد خام باعث می‌شوند که واکنش‌ها در حرارت کم‌تر و با سرعت بیش‌تر پدید آیند. براساس آزمایش‌های بسیاری مشاهده شده است که در حرارت‌های مختلف این واکنش‌ها حاصل می‌شود :

در حرارت کم‌تر از ۸۰۰ درجه	$CA = CaO, Al_2O_3$
از گرمای ۸۰۰ تا ۹۰۰	$CS = CaO, SiO_2$
از حرارت ۹۰۰ تا ۹۵۰ درجه	$C_5A_3 = 5CaO, 3Al_2O_3$
از حرارت ۹۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه	$C_2S = 2CaO, SiO_2$
از حرارت ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه	$C_3A = 3CaO, SiO_2$
در حرارت ۱۳۰۰ درجه	$C_4AF = 4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3$
در حرارت ۱۴۰۰ تا ۱۴۵۰ درجه	$C_3S = 3CaO, SiO_2$

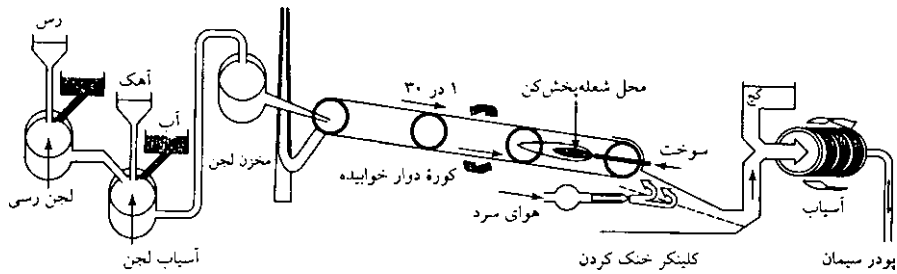
در ساخت سیمان امروز، اغلب از کوره‌ی گردنده‌ی افقی استفاده می‌شود. این کوره یک استوانه‌ی فولادی طویل با شیبی حدود ۳٪ است که حول محور افقی خود به‌آهستگی می‌چرخد.

از انتهای کوره، شعله و حرارت داخل شده، از دهانه‌ی کوره مواد خام به‌صورت گرد خشک و یا لجن خمیری وارد می‌گردد. در ابتدای کوره رشته‌های زنجیر آویزان است تا گرمای گاز کوره را جذب کرده، به مواد خام پس دهد و در انتهای کوره دانه‌ها پس از عرق کردن به یک‌دیگر چسبیده، به‌صورت گلوله‌هایی به قطر ۱۶ تا ۳۰ میلی‌متر (به‌نام کلینکر) درمی‌آیند و به خنک‌کننده کلینکر می‌ریزند. در قسمت خنک‌کننده روی کلینکر داغ، هوای سرد می‌دمند و کلینکر سرد شده را با نوار نقاله به انبار می‌برند. طول کوره‌های گردنده ۶۰ تا ۱۰۰ متر و قطر آن ۵ تا ۶ متر است. برای

بهره‌برداری بیش‌تر از کوره‌های گردنده افقی نمی‌توان قطر آن را از ۶ متر افزایش داد، زیرا آستر نسوز درون کوره فرو می‌ریزد و مشکلاتی به‌وجود می‌آورد، اما طول کوره‌ی افقی گردنده تا ۲۵۰ متر هم ساخته شده است. اگر پختن سنگ آهک را در قسمت پیش داغ‌کن انجام دهند، بهره‌دهی کوره به قطر ۶ متر دو برابر می‌گردد. ضخامت جداره‌ی کوره ۱۸ تا ۲۴ میلی‌متر و در قسمت انتهای آن تا ۳۶ میلی‌متر هم می‌رسد. برای جلوگیری از رسیدن گرما به بدنه‌ی فولادی کوره، جدار داخلی آن‌را با نسوزهای مختلف آستر می‌کنند. این آسترها باید در برابر تأثیرات مکانیکی و شیمیایی مواد خام و گرمای شدید کوره پایدار باشد. نوع نسوز به قسمت‌های مختلف کوره بستگی دارد. در ابتدای کوره تا وسط، از نسوزهای سیلیسی و در انتهای کوره ــ جایی‌که حرارت زیاد است ــ از نسوزهای رسی و یا دولومیتی استفاده می‌شود. پس از آن‌که کلینکر از کوره خارج گردید با دمیدن هوا سرد می‌شود و در رویه‌اش پوسته و لعابی شیشه‌ای به‌وجود می‌آید که کلینکر را از نفوذ رطوبت به داخل آن محافظت می‌کند. این پوسته لعابی هنگامی‌که کلینکر را آسیاب می‌کنند خرد شده، از بین می‌رود. در شکل ۴ــ۴ و ۵ــ۴ تولید سیمان پرتلند به دو روش خشک و تر نشان داده شده است.



شکل ۴ــ۴ــ تولید سیمان پرتلند به روش خشک



شکل ۵ــ۴ــ تولید سیمان پرتلند به روش تر

۲ــ۳ــ ۴ــ تأثیر مواد در جنس سیمان:

۱ــ *آهک:* اگر CaO در سیمان به‌صورت ترکیب درآمده باشد کلسیم سیلیکات سیمان زیاد می‌شود و این امر، باعث بالا رفتن مقاومت اولیه‌ی سیمان می‌گردد. زیاد شدن کلسیم سیلیکات در سیمان مقاومت آن را در برابر آب دریا و آب‌های سولفات‌دار کم کرده، گرمادهی ملات سیمان را هنگام ترکیب با آب افزایش می‌دهد. اگر آهک به‌صورت آزاد بیش از اندازه باشد، پس از گرفتن ملات سیمان آهک آزاد آب مکیده و شکفته می‌گردد و درنتیجه ملات را می‌ترکاند.

۲ــ *سیلیس:* سیلیس با آهک ترکیب شده، تشکیل سیلیکات کلسیم می‌دهد. اگر سیلیس در سیمان جای‌گزین اکسید آلومینیم و اکسید آهن شود، مواد خام در کوره دیرتر عرق می‌کنند و اگرسیلیس جای‌گزین آهک شود مقاومت ملات سیمان به‌کندی بالا می‌رود.

۳ــ *اکسید آلومینیم:* اکسید آلومینیم و اکسید آهن در سیمان نقش گدازآور دارند ؛ یعنی درجه‌ی ذوب شدن مواد خام را پایین می‌آورد و ترکیبات سه کلسیم آلومینات C_3A و چهار کلسیم آلومینوفریت C_4AF را به‌وجود می‌آورند. اگر اکسید آهن در سیمان زیاد شود آن را «کندگیر» و اگر اکسید آلومینیم آن افزایش یابد آن را «تندگیر» می‌کند، زیرا در ملات سیمان آلومینات‌ها زودتر از سیلیکات‌ها با آب ترکیب می‌شوند. زیاد شدن اکسید آهن باعث تولید چهار کلسیم آلومینوفریت می‌شود که کندگیر است، اما مقاومت ملات سیمان را در برابر آب دریا و آب‌های سولفات دار زیاد می‌کند و گرمادهی سیمان را در موقع ترکیب با آب کاهش می‌دهد ؛ بنابراین، سیمان‌های ضد سولفات اکسید آهنشان زیاد است. زیاد شدن اکسید آلومینیم باعث گرمادهی زیاد ملات سیمان شده، جمع شدن آن را افزایش می‌دهد که زیاد شدن هر دو اکسید سبب ترکیب شدن آهک با سیلیس می‌شود ؛ یعنی سه کلسیم سیلیکات زیادی تشکیل شده، آهک آزاد در سیمان کم می‌شود.

۴ــ *منیزی* MgO: منیزی در سیمان اثر گدازآور دارد و هر چه کم‌تر باشد بهتر است، زیرا در سیمان ترکیب نمی‌شود و مانند آهک آزاد پس از آب گرفتن ملات شکفته شده، مقاومت آن‌را کم می‌کند. زیاد شدن منیزی در سیمان از جمع شدن ملات می‌کاهد ؛ پس، مقدار منیزی نباید از ۵٪ بیش‌تر باشد.

۵ــ *قلیایی‌ها* (K, Na): قلیایی‌ها در سیمان نیز نقش گدازآور دارند و مقدار آن‌ها در سیمان نباید از ۱٪ وزن سیمان بیش‌تر باشد، زیرا باعث خراب شدن ملات و بتن می‌گردد. در جدول ۳ــ۴ مواد اصلی تشکیل‌دهنده‌ی سیمان و خواص هر کدام آمده است.

جدول ۳ــ۴ــ مواد اصلی تشکیل‌دهنده‌ی سیمان و خواص هرکدام

ترکیب	فرمول شیمیایی	علامت اختصاری	توضیحات
تری کلسیم سیلیکات	$3CaO.SiO_2$	C_3S	خودگیری سریع،مقاومت زودرس و افزایش سریع دما
دی‌کلسیم سیلیکات	$2CaO.SiO_2$	C_2S	خودگیری کند، مقاومت دیررس و افزایش کند دما
تری کلسیم آلومینات	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A	خودگیری آنی به کمک گچ سرعت آن کاهش می‌یابد
	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4A,F	خودگیری سریع و افزایش سریع ولی با مقاومت نهایی اندک، آسیب‌پذیر در برابر حمله سولفات‌ها
ترا آلومینوفریت‌کلسیم	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	خودگیری کند، بروز رنگ خاکستری در سیمان

۳ــ۳ــ۴ــ ترکیب سیمان با آب: ترکیب سیمان با آب با دو عمل هیدراته شدن و هیدرولیز شدن همراه است. واکنشی که سیمان در مجاورت آب انجام می‌دهد نظیر واکنش آب آهک در مجاورت خاک رس است. تفاوت آن‌ها در این است که چون آب آهک با خاک رس با روش سرد ترکیب می‌شود، فعل و انفعال کند است، اما در مورد سیمان چون آهک با خاک رس در حرارت زیاد ترکیب می‌شود، فعل و انفعال سریع خواهد بود. اساس این‌دو واکنش یکی است و آن ترکیب شدن آهک با سیلیس در مجاورت آب که فرمول کلی آن $3H_2O$ ، $2SiO_2$ و $3CaO$ است. البته در ملات‌های سیمانی اثر اکسید آلومینیم و اکسید آهن نیز به آن اضافه می‌شود. وقتی به سه کلسیم سیلیکات آب اضافه می‌شود واکنشی نیمه سریع انجام می‌گیرد که نتیجه آن هیدراته شدن و هیدرولیزشدن و به‌وجود آمدن ترکیبی ژل مانند است.

گرفتن و مقاومت اولیه ملات سیمان در ۲۸ روز اول در اثر ترکیب همین C_3S بوده که با آزاد شدن مقداری حرارت (۱۲۰cal/gr) همراه است. این ترکیب خاصیت چسبندگی بسیاری دارد، در برابر تأثیر آب دریا و آب‌های سولفات‌دار مقاومت اندکی خواهد داشت. دو کلسیم سیلیکات (C_2S) نیز با آب هیدراته می‌شود که مقدار کمی از مقاومت سیمان در ۲۸ روز اول مربوط به این ترکیب است، اما پس از ۲۸ روز مقاومت عمده‌ی سیمان به خود سیمان مربوط می‌شود و پس از یک‌سال تقریباً هر دو ترکیب C_2S و C_3S به یک اندازه در مقاومت سیمان تأثیر دارند. واکنش C_2S با آب کند است و در اثر هیدراته شدن حدود ۶۰cal/gr حرارت آزاد می‌کند. سه کلسیم آلومینات (C_3A) با سرعت زیاد با آب هیدراته شده، مقدار زیادی حرارت پس می‌دهد (۲۰۷cal/gr) و خیلی سریع شروع به گرفتن می‌کند. این عمل بیش‌تر در روز اول انجام می‌پذیرد. برای جلوگیری

از این گیرایی سریع، هنگام آسیاب کردن کلینکر برحسب مقدار C_3A حدود ۱ تا ۳ درصد سنگ گچ به مخلوط اضافه می‌شود ؛ بنابراین، سنگ گچ در تنظیم زمانِ گرفتنِ سیمان دخیل است.

چهار کلسیم آلومینوفریت (C_4AF) نیز با آب هیدراته شده، یک ترکیب غیرمشخصی را به‌وجود می‌آورد که زیاد شدن آن باعث کندگیری سیمان می‌شود. هیدراته شدن C_4AF با مقدار ۱۰۰cal/gr حرارت همراه است. این ترکیب عمدتاً در پخت سیمان نقش روان‌ساز دارد. تمام آب مصرفی در سیمان صرف فعل و انفعال نمی‌گردد و قسمتی از آن در سوراخ‌های ریز ملات سیمان باقی می‌ماند که بعدها سبب پوکی در ملات سیمان یا بتن می‌شود ؛ از این‌رو، در ساختن ملات سیمان نباید آب زیادی مصرف کرد. هرچه نسبت وزنی آب به سیمان کم‌تر باشد ملات سیمان توپر و مقاومت آن بیش‌تر می‌شود. وقتی سیمان با آب مخلوط می‌گردد آب با سطح جانبی دانه‌های سیمان تماس پیدا نموده، عمل هیدراته شدن صورت می‌گیرد ؛ بنابراین، هرچه سطح جانبی واحد وزن سیمان بیش‌تر شود، فعل و انفعال سیمان و آب سریع‌تر انجام می‌گیرد و مقاومت روزهای اوّلیه‌ی ملات آن زیادتر خواهد بود. مطابق تعریف، سطح جانبی دانه‌های واحد وزن سیمان را **سطح مخصوص سیمان** می‌نامند ؛ یعنی، مقدار سطح جانبی دانه‌هایی که در یک گرم سیمان وجود دارد. سطح مخصوص را به وسیله‌ی دستگاه «Blain» اندازه‌گیری می‌کنند.

سیمان‌های ریزدانه دارای سطح مخصوص بزرگ هستند. سیمان‌ها از نظر ریزی دانه‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند :

۱ــ سیمان‌های درشت دانه با سطح مخصوص ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ gr/cm^2

۲ــ سیمان‌های معمولی با دانه‌های متوسط با سطح مخصوص ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ gr/cm^2

۳ــ سیمان‌های ریزدانه با سطح مخصوص حدود ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰ gr/cm^2

بنابراین، برای تهیه‌ی سیمان ممتاز باید کلینکر آن را خیلی ریز آسیاب کنند سیمان به‌هنگام گرفتن، حرارت پس می‌دهد. این حرارت، به‌ویژه هنگامی که حجم بتن‌ریزی زیاد باشد، مضر است، زیرا حرارت در داخل حجم بتن بالا می‌رود. درحالی‌که سطح بتن در اثر مجاورت با هوا به‌سرعت سرد شده، درنتیجه‌ی اختلاف درجه حرارت، ترک‌هایی در سطح ملات سیمان یا بتن به‌وجود می‌آید. در هوای سرد، این حرارت تولید شده مانع یخ زدن آب در سوراخ‌های ریز بتن می‌گردد ؛ بنابراین، برحسب نوع مصرف و جای مصرف سیمان، باید در انتخاب آن از نظر هیدراته شدن دقّت کرد.

همان‌گونه که ملاحظه شد حداکثر حرارت ایجاد شده با هیدراته شدن C_3A و C_3S است و

اگر به طریقی، گرفتن این دو جسم به تأخیر افتد (مثلاً با اضافه نمودن گچ) حرارت اوّلیه در ملات و بتن کاهش می‌یابد. برعکس، هر عاملی که باعث زیاد شدن C_3A یا گیرایی سریع سیمان گردد (برای مثال با ریزتر آسیاب کردن) سبب بالا رفتن حرارتِ اوّلیه می‌گردد.

ملات سیمان در گرما تندتر و در سرما کندتر می‌گیرد و دیرتر سفت می‌شود ؛ برای نمونه بتنی که در حرارت ۲۰ درجه ۲۸ روز بماند میزان گرفتن و سفت شدن آن برابر است با بتنی که در حرارت ۵ درجه ۵۶ روز بماند.

۴ــ۳ــ۴ــ انواع سیمان‌های پرتلند:

سیمان پرتلند نوع ۱: این سیمان در کارهای عمومی و در جاهای مخصوصی استفاده می‌شود ؛ مانند : ساختمان‌های بتنی معمولی، کف‌سازی، پل‌سازی راه و راه‌آهن، کارهای کانال‌کشی، مخازن آب و لوله‌های آب، آجرهای بتنی (موزاییک) و کلیه مصارف سیمانی و بتنی که در معرض هجوم سولفات‌ها نیستند و گرمازایی زیاد بتن اهمیّت نداشته باشد.

سیمان پرتلند نوع ۲: این نوع سیمان پرتلند هنگام گرفتن، حرارت کم‌تری نسبت به نوع ۱ پس می‌دهد و در مقابل سولفات‌ها نیز مقاوم است. موارد کاربرد آن در سازه‌های بتنی نسبتاً حجیم، نظیر پایه‌های پل و دیوارهای حایل است.

سیمان پرتلند نوع ۳: این نوع سیمان زودگیر بوده دارای مقاومت اوّلیه‌ی زیادی است. مقاومت سه‌روزه‌ی آن معادل ۷ روزه‌ی نوع ۱ است. در جاهایی که بخواهند به‌زودی از ساختمان بهره‌برداری کنند و یا زودتر از موعد مقرر احتیاج به قالب‌برداری باشد یا برای بتن‌ریزی در هوای سرد، از آن استفاده می‌کنند، زیرا این سیمان هنگام گرفتن گرمای بیش‌تری ــ نسبت به نوع ۱ــ پس می‌دهد.

سیمان پرتلند نوع ۴: این نوع به «سیمان کندگیر» معروف است ؛ حتی از نوع ۲ هم کم‌تر حرارت تولید می‌کند و دیرگیرتر از انواع دیگر است. این سیمان در بتن‌ریزی‌های حجیم مانند سدهای وزنی مصرف می‌شود.

سیمان پرتلند نوع ۵: سیمان نوع ۵ که به ضد سولفات نیز معروف است در سازه‌های دریایی و زمین‌های سولفات‌دار مصرف می‌گردد. مقاومت این سیمان در زمان طولانی‌تری نسبت به نوع ۱ به‌دست می‌آید و گرمازایی کم‌تری نیز دارد.

۵ــ۳ــ۴ــ سیمان ممتاز: سیمان ممتاز مانند سیمان معمولی ساخته می‌شود، اما در ساختن آن دقّت بیش‌تری اعمال می‌گردد. درصد مواد خام را دقیق‌تر انتخاب و ریزتر آسیاب می‌کنند تا

واکنش سیمان، آهک و سیلیس در کوره سیمان‌پزی بهتر و سریع‌تر انجام شود. کلینکر آن را نیز ریزتر آسیاب می‌کنند و گاهی آن را دوباره می‌پزند ؛ یعنی پس از پخت اوّل آن را آسیاب کرده، دوباره می‌پزند تا تمام CaO سیمان ترکیب شود و در آن آهک آزاد باقی نماند.

مقاومت روزهای اولیه‌ی ملات این سیمان زیاد است و گرمای زیادی هنگام هیدراته شدن پس می‌دهد ؛ بنابراین، قیمت آن نیز گران‌تر خواهد بود.

۶ــ۳ــ۴ــ سیمان سفید: اکسید منیزیم و اکسید آهن باعث تیره شدن رنگ سیمان پرتلند می‌شوند. اگر در مواد اولیه‌ی سیمان این دو اکسید نباشد و یا بسیار ناچیز و در حدود ۰/۰۰۸ باشد سیمان سفید از کوره خارج می‌گردد. سوخت کوره را حتماً روغنی انتخاب می‌کنند تا خاکستر زغال آن را تیره نکند.

از این سیمان برای نماسازی و ساختن آجرهای موزاییک و کارهای زینتی استفاده می‌شود. برای بی‌رنگ کردن سیمان حدود ۳٪ وزن مواد خام به آن کلرورکلسیم یا کلرور کالیم می‌افزایند. مقاومت این سیمان کم‌تر از سیمان‌های معمولی است و چون گداز آور ندارد، در حرارت بالاتر پخته می‌شود و قیمت آن نیز گران‌تر است. در جدول ۴ــ۴ ترکیبات چند نوع سیمان پرتلند مشخص شده است.

جدول ۴ــ۴ــ ترکیبات چند نوع سیمان پرتلند

نوع	طبقه‌بندی	ترکیب				(نرمی)
		٪ C_3S	٪ C_2S	٪ C_3A	٪ C_4AF	(m^2/kg)
سیمان پرتلند معمولی	۴۲/۵	۵۵	۲۰	۱۰	۸	۳۴۰
	۵۲/۵	۵۵	۲۰	۱۰	۸	۴۴۰
سیمان پرتلند سفید	۶۲/۵	۶۵	۲۰	۱۵	۲	۴۰۰
سیمان پرتلند ضدسولفات	۴۲/۵	۶۰	۱۵	۲	۱۵	۳۸۰

۷ــ۳ــ۴ــ سیمان رنگی: اگر ۲٪ تا ۱۰٪ وزن کلینکر سیمان سفید رنگ‌های معدنی یا سنگ‌های رنگی آسیاب کنند، سیمان رنگی به‌دست می‌آید. برای رنگ‌های قرمز، زرد، قهوه‌ای و سیاه از اکسیدآهن استفاده می‌شود. برای رنگ سبز از اکسید کرم. برای رنگ آبی نیز کبالت مصرف می‌نمایند. برای رنگ سیاه از زغال هم می‌توان استفاده کرد. هم‌چنین می‌توان برای رنگ‌های قهوه‌ای و سیاه اکسید منگنز، به‌کار برد. با سیمان پرتلند معمولی فقط می‌توان سیمان به

رنگ‌های سرخ، قهوه‌ای و سیاه ساخت. سایر رنگ‌ها را باید با سیمان سفید تهیه نمود. رنگ سیمان باید در برابر نور و پدیده‌های جوّی پایدار باشد. درضمن سیمان و جسم رنگی هم نباید در یک‌دیگر اثر کنند. از این سیمان‌ها نیز برای نماسازی و کارهای زینتی و ساختن موزاییک استفاده می‌شود.

۸ــ۳ــ۴ــ سیمان برقی: اگر در مواد اولیه سیمان اکسید آلومینیم زیاد و آهک کم شود سیمان به‌دست آمده دارای خواصی ممتاز می‌گردد ؛ از این‌رو، از ذوب کردن مخلوط بوکسیت و سنگ آهک در کوره‌ی برقی در حرارت ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه به‌دست می‌آید که مدتی آن را به حالت ذوب نگه داشته، به مرور سرد کرده‌اند. این کار جز با نیروی برق امکان‌پذیر نیست. ملات سیمان برقی باد نمی‌کند، زیرا آهک آزاد در آن وجود ندارد ؛ بنابراین، در مقابل آب‌های سولفات‌دار و زمین‌های گچ‌دار مقاوم بوده برای سازه‌های دریایی نیز بسیار مناسب است. مقدار آب لازم برای هیدراته شدن آن تقریباً دو برابر آبی است که برای سیمان پرتلند لازم است، چون سیمان برقی زودگیر است. این سیمان خیلی سریع مقداری گرما پس می‌دهد و درجه‌ی گرمای ملات آن نزدیک به حد جوش آمدن آب می‌رسد و به همین دلیل سرما در آن چندان تأثیری ندارد.

۹ــ۳ــ۴ــ سیمان طبیعی: ماده‌ی اصلی این سیمان خاکسترها و پوکه‌ی آتش‌فشانی است که سیلیس آن‌ها به علت زود سردشدن به‌صورت پوک و غیر بلوری درآمده است. سیمان طبیعی از مخلوط کردن سیمان پرتلند با آهک شکفته با پوکه‌های معدنی به‌دست می‌آید. این سیمان‌ها در رُم به نام سیمان «پوزولانی» و در شمال اروپا «تراس» نامیده می‌شوند.

با مخلوط کردن نسبت وزنی ۱ به ۴ این سیمان با مواد مناسب بهترین مقاومت به‌دست می‌آید. این سیمان هنگام هیدراته شدن حرارت کم‌تری آزاد می‌کند ؛ از این‌رو در بتن‌ریزی‌های حجیم و جاهایی که بتن مورد هجوم سولفات‌هاست مصرف می‌شود. در جدول ۵ــ۴ سیمان مناسب جهت مصارف گوناگون ذکر شده است. این جدول جنبه‌ی راهنما داشته و قبل از تصمیم قطعی، در هر مورد باید آزمایش‌های لازم زیر نظر دستگاه نظارت صورت گیرد.

جدول ۵ــ۴ــ سیمان مناسب برای مصارف گوناگون

موارد مصرف	نوع سیمان مناسب
کارهای معمولی و عمومی شامل اسکلت‌های بتن‌آرمه، پل‌ها، قطعات پیش‌ساخته بتن‌آرمه، جدول و فرش کف خیابان‌ها، ملات‌ها و اندودها و پی ساختمان‌هایی که در معرض هجوم سولفات‌ها نباشند.	سیمان پرتلند معمولی (نوع ۱)
ملات‌ها و اندودهای سیمانی تزیینی، بتن‌های نمایان	سیمان سفید و رنگی
کارهای جسیم (حجیم) مانند سدهای بتنی وزنی، کارهایی که در معرض هجوم ضعیف سولفات‌ها قرار دارند، بتن‌ریزی و اندودکاری در هوای گرم	سیمان پرتلند نوع ۲، سیمان پرتلند سرباره (با ۱۵ تا ۲۵ درصد سرباره) و سیمان پرتلند پوزولانی (با ۱۵ تا ۲۵ درصد پوزولان)
بتن‌های با مقاومت زودرس، مواردی که قالب‌برداری زودتر از موعد مقرر موردنظر است، بتن‌ریزی بنّایی و اندودکاری در هوای سرد	سیمان پرتلند نوع ۳
بتن‌ریزی و اندودکاری در هوای گرم، کارهای بتنی حجیم که در معرض هجوم سولفات‌ها نباشند.	سیمان پرتلند نوع ۴
مقابله با سولفات‌های قوی	سیمان پرتلند سرباره (با بیش از ۲۵٪ سرباره) سیمان پرتلند پوزولانی (با بیش از ۲۵٪ پوزولان) سیمان پرتلند نوع ۵ سیمان سوپرسولفات
مقابله با سولفات‌های قوی به همراه یون کلر، مقابله با واکنش سنگ‌دانه‌ها و ساخت بتن متراکم با نفوذپذیری کم	سیمان پرتلند سرباره (با بیش از ۵۰٪ سرباره) سیمان پرتلند پوزولانی (با بیش از ۴۰٪ پوزولان)
کارهای بنایی، ملات‌ها و اندودها در وضعیت عادی	سیمان بنایی، سیمان آهکی ــ پوزولانی و سیمان آهکی ــ سرباره

حمل و نقل و نگه‌داری

سیمان‌ها به دو صورت فله و پاکتی به فروش می‌رسد. در هر دو حالت، مشخصات انواع سیمان به‌صورت برچسب روی محموله درج می‌گردد. بارگیری، حمل و تخلیه‌ی انواع سیمان‌ها باید با دقت صورت گیرد و از تماس باران و رطوبت با آن جلوگیری شود. ظروف حمل سیمان فله (بونکرها) باید پس از تخلیه تمیز شوند تا برای محموله بعدی ایجاد آلودگی نکنند. برچسب مشخصات سیمان باید روی سیلوی سیمان در کارگاه نصب شوند. انبار کردن سیمان امری بسیار مهم و حساس است ؛ از این‌رو رعایت نکات خاصی در انبار کردن سیمان در کارخانه قبل از فروش و در کارگاه‌ها قبل از مصرف، ضرورت دارد. رطوبت عامل خطرناکی برای سیمان است و باید سیمان را در برابر آن محافظت نمود. رطوبت موجود در هوا به‌تدریج باعث گرفتن سیمان و تولید کلوخه‌های کوچک و بزرگ می‌شود و گاهی کلوخه‌ها به حدی سخت می‌شوند که نمی‌توان آن‌ها را با فشار انگشتان خرد کرد. سیمان‌های حاوی این کلوخه‌ها را نمی‌توان برای کارهای ساختمانی به مصرف رساند، زیرا علاوه بر دیرگیر شدن سبب کاهش مقاومت بتن و ملات نیز می‌شوند.

در کارگاه‌هایی که مقادیر کم سیمان در نقاط مختلف مورد نیاز است کیسه‌های سیمان ناگزیر در فضای باز انبار می‌شوند. در این صورت، کف محلی که سیمان روی آن چیده می‌شود باید خشک و دست‌کم ۱۰ سانتی‌متر از اطراف خود بالاتر باشد. استفاده از تخته و آجر برای بالا آوردن بستر و ورقه‌های پلاستیکی برای خشک نگه‌داشتن کف مفید است. کیسه‌های چیده شده بر روی هم باید مطابق شکلی باشد که برای کیسه‌های گچ نشان داده شده است. در کارهای بزرگ‌تر که قرار است سیمان پاکتی مصرف شود کیسه‌های سیمان باید در انبارهای مخصوص نگه‌داری شوند و مطابق شکلی باشد که برای پاکت‌های گچ درج گردیده است.

نگه‌داری و ذخیره‌ی سیمان در نقاطی که رطوبت نسبی هوا از ۹۰٪ بیش‌تر باشد، نباید در کیسه‌ها بیش از ۶ هفته و در سیلوهای مناسب بیش‌تر از سه ماه نگه‌داری کرد. در غیر این‌صورت، سیمان باید قبل از مصرف آزمایش شود. سیمانی که برای مدت زیادی انبار شود ممکن است به‌صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این‌گونه سیمان را می‌توان با غلتاندن کیسه‌ها روی کف اصلاح نمود. چنان‌چه با یک‌بار غلتاندن کلوخه‌ها باز شود سیمان قابل مصرف است وگرنه باید آزمایش‌های مقاومت استاندارد یا آزمایش اُفت ناشی از گرما دادن (اُفت سرخ شدن) به منظور اطمینان از مرغوبیت سیمان انجام شود. چنان‌چه سیمانی آزمایش شود و ویژگی‌های آن مطابق استاندارد نباشد دستگاه نظارت حق دارد مصرف آن را ممنوع و خروج آن را از کارگاه خواستار شود.

۴ــ۴ــ بتن

بتن از مخلوط مقدار مناسب سیمان، شن، ماسه و آب ساخته می‌شود. در پاره‌ای مواقع برای اصلاح و یا کسب بعضی از خواص بتن ماده‌ی دیگری نیز به آن افزوده می‌شود. خواص و ویژگی‌های بتن در ارتباط نزدیک با خواص مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن است ؛ بر این اساس، هر یک از مواد آن را بررسی می‌کنیم .

۱ــ سیمان: ماده‌ای است که با ترکیبات مختلف شیمیایی ساخته می‌شود و دارای خواص متفاوتی است که پیش از این درباره‌ی آن صحبت شده است.

۲ــ شن و ماسه: در ساخت بتـن، به دو صورت رودخانه‌ای و شکسته استفاده می‌شود. شن و ماسه‌ی بتن باید دارای ابعاد و اندازه‌ی متناسب باشد. حداکثر اندازه‌ی دانه‌های سنگی در مقررات ملی ساختمانی ایران ۲۲ میلی‌متر توصیه شده است.

سنگ‌دانه‌های بتن باید دارای مقاومت فشاری لازم بوده و سختی دانه‌ها نباید کم‌تر از ۳ باشد. قبل از مصرف سنگ‌دانه‌ها در بتن باید با الک کردن و شستن آن‌ها میزان مواد چسبیده به آن‌ها را به‌حداقل کاهش داد.

۳ــ آب: کیفیت آب در بتن حایز اهمیت است، زیرا ناخالصی‌های موجود در آن ممکن است در گیرایی سیمان اثر گذاشته، سبب اختلالاتی شود. آب مناسب برای ساخت بتن، آبی است که دارای مزه و بوی خاصی نباشد. به‌طورکلّی آبی که برای آشامیدن مناسب باشد برای بتن‌سازی نیز مناسب است ؛ هم‌چنین آبی که (pH) آن بین ۶ تا ۸ باشد و طعم شوری نیز نداشته باشد می‌توان آن را برای ساخت بتن به‌کار برد.

۱ــ۴ــ۴ــ نسبت آب به سیمان: روانی و کارآیی بتن تا حد بسیاری به میزان آب موجود در مخلوط بتن بستگی دارد و از طرفی مقاومت بتن با میزان آب مصرفی نسبت به وزن سیمان مربوط است ؛ از این‌رو، رابطه‌ای بین مقاومت فشاری بتن و نسبت آب به سیمان باید وجود داشته باشد. نسبت آب به سیمان حدود ۰/۳ تا ۰/۶ است.

برای ساختن بتن، مصالح بتن را به نسبت‌های مشخص شده ــ با استفاده از طرح اختلاط ــ در مخلوط‌کن می‌ریزند و به‌خوبی مخلوط می‌کنند تا سطوح دانه‌های سنگی با ملات سیمان پوشیده شود و بدین‌ترتیب، مخلوط همگن و یک‌نواخت به‌دست آید. پس از ریختن بتن در قالب‌ها برای خارج کردن هوای محبوس داخل بتن و نزدیک کردن سنگ‌دانه‌ها به یک‌دیگر بتن ریخته شده‌ی درون قالب را با وسایل دستی یا ماشینی (ویبراتور) لرزانده، متراکم می‌نمایند.

۲ــ۴ــ۴ــ عمل آوردن بتن: آخرین و مهم‌ترین مرحله در به‌دست آوردن بتن سخت با مقاومت

پیش‌بینی شده، نگه‌داری و حفاظت (عمل آوردن) است که از زمان بتن‌ریزی آغاز می‌شود. بتن ریخته شده را باید در سرما از یخ‌زدن و در گرما از تبخیر سریع آب آن به نحو مطلوبی محافظت نمود. مرطوب نگاه‌داشتن سطح خارجی بتن همراه با حفظ دمای بالاتر از ۴ درجه ــ در روزهای اولیه‌ی بتن‌ریزی ــ در کسب مقاومت نهایی بتن تأثیر فراوان دارد. این کار را «عمل آوردن» بتن می‌نامند.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

سیمان‌های مصرفی در هر پروژه باید با وضعیت اقلیمی، رویارویی و موقعیت عضو یا قطعه ساختمانی سازگاری داشته باشد ؛ بر این اساس، گاهی ممکن است برحسب ضرورت موادی به بتن افزوده شود که به آن‌ها «مواد مضاف» گویند.

۳ــ۴ــ۴ــ مواد مضاف: مواد مضاف، مواد شیمیایی خاصی هستند که به‌صورت محلول یا پودر عرضه می‌شوند. مواد مضاف به بتن افزوده می‌شود تا بعضی از خصوصیات بتن تازه یا سخت شده را تغییر دهد.

چنان‌چه طرح اختلاط بتن به‌طور مطلوب انجام پذیرد، در بیش‌تر موارد به مواد مضاف نیازی نیست. نباید انتظار داشت که با مصرف مواد مضاف، بتنی که با کیفیت نامطلوب ساخته شده به بتنی مناسب تبدیل شود. در بعضی موارد استفاده از مواد مضاف می‌تواند مناسب‌ترین طریق برای کسب نتیجه‌ی مطلوب باشد. این موضوع را باید به خاطر سپرد که استفاده از مواد مضاف باید دلایل فنی لازم را داشته باشد. از آنجا که مواد مضاف به مقدار کم به بتن افزوده می‌شود لذا به هنگام مصرف به کنترل بسیار دقیق نیاز دارد. مهم‌ترین مواد مضاف مصرفی در بتن عبارت‌اند از :

۱ــ *تسریع‌کننده‌ها:* برای تسریع گیرش بتن و به‌دست آوردن مقاومت زودهنگام، به‌ویژه در مناطق سرد و یخبندان و یا هنگامی که کسب مقاومت بتن در دمای معمولی نیز باید سریع حاصل شود از تسریع‌کننده‌ها استفاده می‌شود.

۲ــ *کندگیر کننده‌ها:* این ماده هنگامی به‌کار می‌رود که بتن‌ریزی در هوای گرم و خشک و باد شدید صورت گیرد ؛ هم‌چنین هنگامی که بتن‌ریزی در حجم زیاد با پمپاژ ملات یا بتن در مسیرهای طویل و با حرارت بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انجام شود.

۳ــ *کاهش‌دهنده‌ی آب معمولی بتن:* برای افزایش مقاومت نسبی بتن کاربرد دارد.

۴ــ *تسریع‌کننده با کاهش‌دهنده‌ی آب:* برای تسریع گیرش بتن و کاهش آب مصرفی به‌کار می‌رود و معمولاً به‌صورت مایع و به میزان ۱ تا ۳ درصد وزن سیمان در بتن مصرف می‌شود.

۵ــ کندگیر کننده با کاهش‌دهنده‌ی آب: مصرف این ماده باعث بهبود کارآیی و افزایش مقاومت انقباض و آب‌انداختگی کم و کاهش تمایل به تشکیل ترک می‌شود.

۶ــ ضدیخ‌ها و آب‌بندکننده‌ها: کاهش نفوذپذیری بتن به طریقه‌ی شیمیایی.

۷ــ روان‌کننده‌ها و روان‌کننده‌های اعلا: مصرف این ماده سبب می‌شود آب مصرفی برای دست‌یابی به مقاومت‌های اولیه و نهایی کاهش یابد و امکان بتن‌ریزی با پمپ در سازه‌های پیش‌ساخته، پیش تنیده و تیغه‌ها بهتر صورت گیرد ؛ نیز مقاومت پیوند بین بتن و فولاد، بتن‌ریزی با سرعت زیاد و نیاز به تراکم کم‌تر گردد.

۸ــ پوزولان‌ها: با افزودن پوزولان‌ها به بتن آن را در مقابل آب‌های سولفاته و یا اسیدی ضعیف، مقاوم‌تر می‌کند. پوزولان‌ها به دو صورت معدنی و مصنوعی تهیه می‌شوند.

۹ــ یک‌نواخت‌کننده‌ها: یک‌نواخت‌کننده‌ی حباب‌های هوا و گسترش‌دهنده‌ی منظم آن در تمامی حجم بتن (مانند SEKOA.E.A) که افزون بر آن، مقاومت بتن را در مقابل زمین‌های شوره‌زار افزایش داده سطح خارجی بتن را صاف و مسطح می‌کند.

۱۰ــ کاهنده‌ی نفوذپذیری بتن: هر اندازه قابلیت آب‌گذرانی بتن کم‌تر باشد بتن از دوام و استحکام بیش‌تری برخوردار خواهد بود. این مواد به‌صورت پودر بوده ضمن دارا بودن خواص هوازایی، کاربری بتن تازه را برای تولید بتن همگن و نفوذناپذیر افزایش می‌دهد.

۱۱ــ آب‌بندکننده‌ی سطوح ساختمان: برای محافظت بتن از تأثیرات باران، رطوبت محیط و هوای آلوده به گرد وغبار و دوده استفاده می‌شود.

۱۲ــ ضدیخ: برای جلوگیری از یخ زدن بتن در هوای سرد و یخبندان کاربرد دارد و غالباً به‌صورت مایع بوده دارای یون‌های فعال محلول در آب است و مقدار آب مورد نیاز بتن را کاهش می‌دهد. در سال‌های اخیر ضدیخ‌هایی ساخته شده که فاقد یون کلر بوده برای مصرف در بتن مسلح مناسب است.

۱۳ــ ترمیم‌کننده‌ی بتن: پودر آماده‌ای است که برای مصرف در تعمیرات بتنی از این امتیازات برخوردار است :

الف) به‌آسانی با آب مخلوط می‌شود و خمیر الاستیک و انعطاف‌ناپذیر تولید می‌کند.

ب) کاربرد آن ساده بوده گیرش آن سریع و بعد از مصرف منقبض نمی‌شود و ترک نمی‌خورد.

ج) موارد مصرف آن برای کلیه‌ی آسیب‌دیدگی‌های سطحی است.

۴ــ۴ــ۴ــ مصالح سنگی: با توجه به این‌که تقریباً $\frac{۳}{۴}$ از حجم بتن را مصالح سنگی تشکیل می‌دهد، انتخاب نوع و نسبت صحیح مصالح سنگی ریزدانه و درشت دانه (ماسه و شن) اهمیتی بسیار

دارد. اولین کار برای ساخت بتن با کیفیت مطلوب، استفاده از مصالح سنگی مناسب است. مصالح سنگی طبیعی از بستر رودخانه‌ها یا معادن شن و ماسه به‌دست می‌آید و مصالح سنگی شکسته از خرد کردن سنگ‌های مناسب بزرگ به‌وسیله‌ی دستگاه‌های سنگ‌شکن تولید می‌شود. معمولاً مصالح سنگی قبل از مصرف باید دانه‌بندی و شسته شده باشند. چنان‌چه شست‌وشوی مصالح سنگی به‌طور مناسب صورت نگیرد به علت وجود ناخالصی نظیر خاک و گل، پیوند بین دانه‌ها به‌خوبی انجام نمی‌گیرد و باعث کاهش مقاومت بتن می‌شود.

استانداردهای ملی و بین‌المللی دارای ضوابط و منحنی‌های استانداردی است که باید خصوصیت مصالح با آن‌ها تطبیق داده شود. در استانداردها، علاوه بر نسبت حجمی و وزنی دانه‌های مختلف پاک بودن از ناخالصی‌ها، مقدار مجاز رس و لای، موقعیت اقلیمی مختلف و شکل دانه‌های سنگی باید بررسی شوند.

۵ــ۴ــ۴ــ سنگ‌دانه‌های سبک: سنگ‌دانه‌های سبک، دانه‌هایی هستند که به علت تخلخل زیاد وزن فضایی آن‌ها کم است. دانه‌های سبک در ساختن بتن سبک باربر و عایق حرارتی، بلوک‌های بتنی سبک، ملات‌ها و اندودهای سبک و به‌تنهایی برای پر کردن فضاهای خالی به منظور سبکی و عایق‌کاری حرارتی و صوتی به‌مصرف می‌رسند.

انواع سنگ‌دانه‌های سبک به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند :

الف) سنگ‌دانه‌های سبک طبیعی: بهترین مواد اصلی، دانه‌های سنگی سبک طبیعی بوده که عبارت‌اند از : پامیس، سنگ پا، سکوریا، پوکه سنگ‌ها، خاکسترها و توف‌ها که همه‌ی این سنگ‌دانه‌ها منشأ آتش‌فشانی دارند.

ب) سنگ‌دانه‌های سبک مصنوعی: دانه‌های سبک مصنوعی بسته به نوع مواد خامی که برای تولید آن‌ها مصرف می‌شود انواع مختلفی دارد.

گروهی از آن‌ها از حرارت دادن و انبساط خاک رس، سنگ‌رسی دیاتومه‌ای، سنگ لوح پرلیت، ورمیکولیت و ابسیدین تولید می‌شوند.

گروه دوم از انبساط روباره‌ی مذاب کوره‌ی آهن‌گدازی ــ با مقادیر کنترل شده‌ی آب در ماشین‌های مخصوص یا با پاشیدن مقدار کمی آب (جهت آبی) روی روباره‌ی مذاب ــ حاصل می‌شود که جسمی متخلخل، سبک و شبیه سنگ‌پا با وزن فضایی ۳۰۰ تا ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است.

گروه سوم را جوش‌های صنعتی تشکیل می‌دهند که از خاکسترها و پس‌مانده‌های زغال‌سنگی به‌دست می‌آید.

در ایران تنها پوکه‌ی رسی یا خاک‌رس منبسط شده (لیکا) و پرلیت منبسط شده تولید می‌شود، اما هنوز برای آن‌ها استانداردی منظور نشده است. وزن مخصوص فضایی پوکه‌ی رسی که در کوره‌ی گردنده تولید می‌شود دارای ۳۰۰ تا ۶۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب است و با آن می‌توان بتن‌های سبکی با وزن مخصوص بین ۸۰۰ تا ۱۸۰۰ کیلوگرم ساخت.

پوکه‌ی رسی در پر کردن فضاهای خالی، ساختن بلوک‌های سبک‌وزن و بتن‌های سبک عایق حرارتی و بتن سبک باربر (سازه‌ای) به مصرف می‌رسد. بتن لیکا (پوکه‌ی رسی) از سایر بتن‌های دانه سبک مقاومت بیش‌تری دارد.

پرلیت سنگی است شیشه‌ای با منشأ آتش‌فشانی به شکل مروارید که در اثر حرارت دادن در گرمای ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه آب موجود در آن به‌صورت بخار درآمده سبب ازدیاد حجم چشمگیر پرلیت می‌گردد. بتن پرلیتی مقاومت کمی دارد و بیش‌تر برای عایق‌کاری حرارتی به‌کار می‌رود. پرلیت منبسط شده در ساختن ملات‌ها، اندودهای گچی و سیمانی سبک به مصرف می‌رسد. اندودهای پرلیتی عایق حرارتی مناسبی هستند، خطر گسترش آتش را کاهش می‌دهند و ویژگی‌های جذب صوت آن‌ها مطلوب است.

ارزش‌یابی فصل چهارم

۱ــ گچ را تعریف کنید.
۲ــ گچ به چه منظور پخته می‌شود؟ توضیح دهید.
۳ ــ کوره‌های تاوه‌ای را توضیح دهید.
۴ــ کوره‌های گردنده را توضیح دهید.
۵ــ خواص و ویژگی‌های گچ را برشمارید.
۶ــ موارد مصرف گچ و کاربرد آن‌ها را توضیح دهید.
۷ــ آهک را تعریف کنید.
۸ــ انواع سنگ آهک را نام ببرید.
۹ــ پختن سنگ آهک را شرح دهید.
۱۰ــ کوره‌های حلقه‌ای پخت آهک را توضیح دهید.
۱۱ــ طرز تهیّه‌ی آهک شکفته را بنویسید.
۱۲ــ موارد استفاده آهک را در ساختمان توضیح دهید.
۱۳ــ مواد اولیه‌ی سیمان را نام ببرید.
۱۴ــ اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیمان پرتلند را شرح دهید.
۱۵ــ تأثیر سیلیس را در ترکیبات سیمان بیان کنید.
۱۶ــ انواع سیمان پرتلند را توضیح دهید.
۱۷ــ سیمان ممتاز را شرح دهید.
۱۸ــ سیمان رنگی را توضیح دهید.
۱۹ــ عمل آوردن بتن را شرح دهید.

فصل پنجم

آهن، آلومینیم، سرب، روی و برنج

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ موارد استفاده‌ی آهن در ساختمان را شرح دهد.

۲ــ انواع آهن را بشناسد و معرفی کند.

۳ــ نحوه‌ی تولید فولاد را توضیح دهد.

۴ــ شکل دادن به فولاد را شرح دهد.

۵ ــ خواص آلومینیم را توضیح دهد.

۶ــ کاربرد آلومینیم را در ساختمان شرح دهد.

۷ــ علت مصرف روزافزون آلومینیم را در ساختمان توضیح دهد.

۸ ــ مورد مصرف سرب را در کارهای ساختمانی معرفی کند.

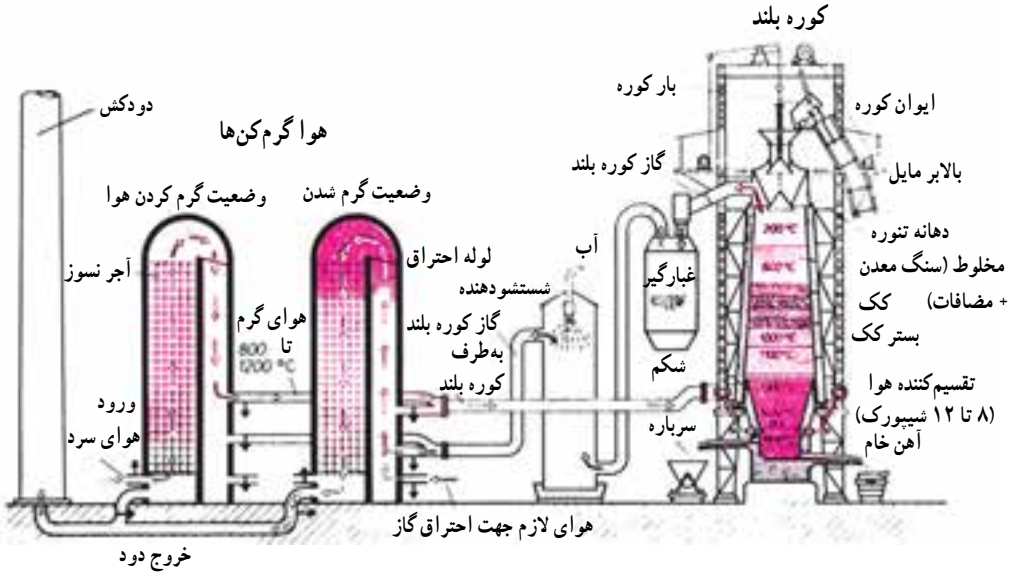
۹ــ مورد مصرف روی را شرح دهد.

۱ــ۵ــ آهن خام

از ذوب و گداختن سنگ آهن در کوره‌های آهن‌گدازی آهن خام حاصل می‌شود. برای تهیه آهن خام در کوره‌ی آهن‌گدازی بلند، به سنگ آهن، سوخت و گدازآور نیاز است.(شکل ۱ــ۵)

علاوه بر کربن، آهن خام دارای سیلیسیم، گوگرد، منگنز و فسفر بوده مقدار آن‌ها به جنس سنگ آهنی بستگی دارد که برای تهیه‌ی آهن خام مصرف شده است.

عناصر موجود در آهن خام در جنس آن تأثیر دارد ؛ برای مثال، وجود فسفر وگوگرد باعث شکنندگی آن می‌گردد. آهن خام جوش نمی‌شود و کاربرد مستقیم در صنعت و در کارهای ساختمانی ندارد و با آن چدن و فولاد می‌سازند. آهن خام هنگام ذوب شدن حالت خمیری پیدا نمی‌کند و مانند



شکل ۱ــ۵ــ کوره‌ی بلند ذوب آهن

یخ آب می‌شود.

۱ــ۱ــ ۵ ــ انواع آهن خام

آهن خام سفید: رنگ این آهن، نقره‌ای با وزن مخصوص ۷/۴، سطح شکسته‌اش ریزدانه و روشن است. منگنز آهن خام سفید زیاد است و خمش آن خیلی سخت و ترد است. گرمای ذوب آن ۱۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد که در فولادسازی از آن استفاده می‌کنند.

آهن خام خاکستری: رنگ این آهن خاکستری با وزن مخصوص ۷/۲ و سطح شکسته‌اش درشت‌دانه و خاکستری رنگ بوده، سیلیسیم آن زیاد است. این آهن ترد نیست، اما از آهن خام سفید نرم‌تر است. گرمای ذوب آن ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بوده در چدن‌ریزی مصرف می‌شود.

آهن خام نیمه خاکستری: جنس این آهن ترکیبی از دو آهن مذکور (خام سفید و خام خاکستری) است و در تهیه‌ی فولاد و چدن سخت مصرف می‌گردد.

حدود سیلیسیم آهن خام بین ۰/۲ تا ۳/۵٪ و حدود فسفر آن بین ۰/۲ تا ۱٪، هم‌چنین حدود گوگرد آن ۰/۰۶ تا ۰/۱۵٪ و بالاخره حدود منگنز آن بین ۰/۶ تا ۳/۸٪ است.

همان‌گونه که پیش از این گفته شد آهن خام از ذوب سنگ آهن و گداختن آن‌ها در کوره‌های آهن‌گدازی به‌دست می‌آید. در این‌جا لازم است به‌طور خلاصه انواع سنگ‌های آهن معرفی شود :

۱ــ اکسید مغناطیسی آهن (Fe_3O_4) که حدود ۷۰٪ وزنش آهن دارد (ماگنتیت).

۲ــ سنگ آهن سرخ (Fe_2O_3) که حدود ۶۰٪ وزنش آهن دارد (هماتیت قرمز).

۳ــ سنگ آهن قهوه‌ای ــ اکسید آبدار آهن ($2Fe_2O_3$ و $3H_2O$) که حدود ۵۰٪ وزن آن دارای آهن است (لیموتیت).

۴ــ کربنات آهن ($Fe.CO_3$) که حدود ۴۵٪ وزنش آهن دارد (سیدریت).

۵ ــ سولفور آهن (FeS_2) که حدود ۴۲٪ وزن آن دارای آهن است (پریت آهن).

باید توجه داشت که گداختن و ذوب کردن سنگ‌های آهنی که کمتر از ۲۵٪ وزن خود آهن داشته باشند مقرون به‌صرفه نیست.

۲ــ۱ــ ۵ ــ چدن: برای تهیه‌ی چدن آهن خام را مجدداً ذوب نموده، پس از تصفیه و تنظیم نمودن اندازه‌ی عناصر موجود در آن از قبیل : کربن، فسفر، منگنز، سیلیسیم و چدن را به‌دست می‌آورند. این کار معمولاً در کوره‌های برقی، شعله‌ای یا کوپُل صورت می‌گیرد.

نقطه‌ی ذوب چدن حدود ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد مانند یخ آب می‌گردد و هنگام ذوب‌شدن ابتدا به حالت خمیر درنمی‌آید.

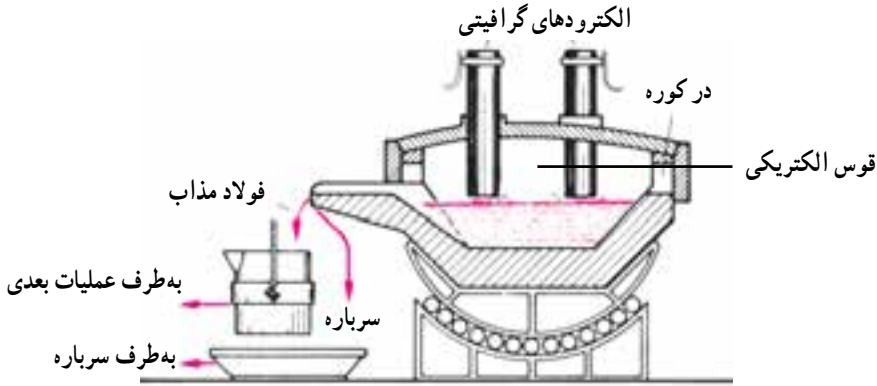
ویژگی‌های چدن عبارت است از : تردی و شکنندگی، دیر زنگ زدن (از فولاد کم‌تر زنگ می‌زند) و برخوردار بودن از مقاومت فشاری نسبتاً خوب (اما مقاومت کششی کم دارد). میزان کربن چدن ۲/۷ تا ۴٪ وزن آن است. جنس چدن، به جنس آهن خامی بستگی دارد که در ساختن آن به‌کار رفته ؛ هم‌چنین به چگونگی سرد شدن و بستن چدن آبکی بستگی دارد. چدن به‌صورت مصالح و باربر در ساختمان کاربرد ندارد، بلکه به شکل لوله‌ها و اتصالات چدنی در فاضلاب‌ها، در پوش‌ها، شبکه چدنی و نظایر آن کاربرد فراوان دارد.

انواع چدن

۱ــ چدن خاکستری، ۲ــ چدن سفید، ۳ــ چدن نیمه خاکستری، ۴ــ چدن سخت و ۵ــ چدن نرم.

۳ــ۱ــ ۵ ــ فولاد: برای تهیه و ساختن فولاد، آهن خام را ذوب کرده کربن آن را سوزانده و مقدار معینی کربن کم‌تر از۱/۲٪ به آن اضافه می‌کنند و عناصر دیگر آن را در حد مجاز تنظیم کرده تا فولاد موردنظر تهیه شود. برای تهیه‌ی فولاد روش‌های صنعتی گوناگونی متداول است که هریک مزایای خاصی دارد و فولاد حاصل از آن‌ها نیز دارای خواص و مورد استعمال ویژه‌ای است. این روش‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ روش بسمر، ۲ــ روش توماس، ۳ــ روش زیمنس مارتینی (کوره‌های باز) و۴ــ روش کوره‌ی الکتریکی (شکل ۲ــ۵) و روشL.D.



شکل ۲ــ۵ــ کوره‌ی الکتریکی

باید توجه داشت که مقدار کربن مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده‌ی خواص مکانیکی فولاد بوده بر روی ساختمان و خواص فولاد تأثیر به‌سزایی دارد و با کم و زیاد نمودن آن، فولاد با مقاومت و شکل‌پذیری متفاوت به‌دست می‌آید با افزایش کربن مقاومت فولاد بالا رفته در مقابل قابلیت شکل‌پذیری آن کاهش می‌یابد.

گوگرد و فسفر ناخالصی‌های مضری هستند و گوگرد زیاد باعث کاهش تاب ضربه‌ای فولاد می‌گردد ؛ به گونه‌ای که فولاد سرخ شده گوگرددار زیر ضربه پتک می‌شکند. گوگرد فولاد از ۰/۰۵ تا ۰/۰۷٪ وزن آن است. وجود فسفر در فولاد آن را ترد و شکننده می‌کند، اما منگنز سختی فولاد را زیاد می‌کند و تاب کششی آن را افزایش می‌دهد. مقدار آن در فولاد بین ۰/۵ تا ۱/۱٪ وزن آن است. سیلیسیم به تاب کششی فولاد می‌افزاید و سختی آن‌را زیاد می‌کند. نورد زدن فولاد سیلیسیمی دشوار است و مقدار سیلیسیم درحدود تا ۰/۳۵ درصد وزن فولاد است.

تقسیم‌بندی فولادها از نظر مقدار کربن

الف) فولاد نرمه معمولی: کربن حدود ۰/۰۹ تا ۰/۲۲ درصد (فولاد با کربن کم).

ب) فولاد با کربن متوسط: کربن حدود ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ درصد (فولاد متوسط).

ج) فولاد با کربن زیاد: کربن حدود ۰/۶۰ تا ۱/۲ درصد (فولاد سخت).

دو نوع «الف» و «ب» دارای مقاومت مناسب و شکل‌پذیر، هم‌چنین دارای خاصیت چقرمگی خوب بوده در کارهای ساختمانی و صنعتی کاربرد زیاد دارند.

نوع «ج» که به «فولاد ابزار» معروف است دارای مقاومت و سختی زیادتر، اما چقرمگی کم بوده در تهیه‌ی ابزار (اره، چاقو، ساچمه و ...) به‌کار می‌رود.

۴ــ۱ــ ۵ ــ آلیاژها یا هم‌بسته‌های فولاد: برای بهتر ساختن خواص مکانیکی فولاد و

دادن کیفیت مخصوص به آن عناصر اضافی وارد می‌کنند و فولادی که بدین ترتیب به‌دست می‌آید «فولاد آلیاژدار» یا «هم‌بسته‌های فولاد» نامیده می‌شود که غالباً از فولادهای کربن‌دارمعمولی دارای مقاومت بیش‌تر هستند. این فولادها از لحاظ شکل‌پذیری و مشخصات شیمیایی و مکانیکی خواص خوبی دارند که در فولادهای معمولی وجود ندارد، اما در عوض، قیمت آن‌ها گران‌تر از فولادهای کربن‌دار معمولی است. فولادهای آلیاژدار در کارهای صنعتی و ساختمانی کاربرد دارد و بیش‌تر در پوشش با دهانه‌های بزرگ و در جایی که احتیاج به مقاومت زیاد مصالح است از آن استفاده می‌شود، زیرا به‌علت داشتن مقاومت زیاد، ابعاد مقطع قطعات باربر کم می‌شود که به نوبه‌ی خود باعث کم‌شدن وزن و کم‌شدن بار مرده‌ی ساختمان می‌گردد. البته این نوع هم‌بسته‌ها ــ با توجه به نوع آن‌هاــ موارد استعمال گوناگون دیگری نیز دارند. عناصری که معمولاً دراین نوع هم‌بسته‌های فولاد به‌کار می‌روند عبارت‌اند از : منگنز، سیلیسیم، کرم، نیکل، تنگستن، مولیبدن، تیتانیم، وانادیم و آلومینیم.

تذکر: افزودن ۲/۰٪ مس به فولاد مقاومت آن را درمقابل زنگ‌زدگی و خوردگی افزایش می‌دهد.

۵ ــ۱ــ ۵ ــ شکل دادن به فولاد: برای شکل‌دادن به فولاد و درآوردن به شکل مورد نظر ازاین روش‌ها استفاده می‌کنند :

الف) فولادریزی، ب) آهنگری، ج) نورد زدن، د)کشیدن و هـ) پرس کردن.

دراین‌جا فقط مختصری درباره‌ی نوردزدن بحث می‌شود.

نورد زدن (نورد دیدن): منظور از عمل نورد این است که شمش‌های داغ و سرخ (درجه‌ی حرارت ۱۰۵۰ تا ۱۱۵۰) فولادی را که دارای حرارت یک نواختی است (با درجه‌ی حرارت ۱۰۵۰ تا ۱۱۵۰) به‌ترتیب خاص از داخل استوانه (قرقره و غلتک) درحال دوران که به شکل خاصی قرار گرفته‌اند می‌گذرانند و هربار که لازم باشد این عمل را تکرار می‌کنند. درنتیجه، قطعات تغییر شکل داده شده به‌تدریج به شکلِ نیم‌رخ‌های موردنظر، مانند ریل، تیرهای ساختمانی I و ... درمی‌آیند. از لحاظ نیم‌رخ‌ها، نوردکاری به چهار گروه تقسیم می‌شود :

۱ــ پروفیل‌های فولادی موردمصرف در کارهای ساختمانی و صنعتی.

۲ــ صفحات و ورق فولادی و تسمه فولادی.

۳ــ پروفیل‌های مخصوص از قبیل فولاد گرد آجدار و نیم‌رخ‌های مخصوص پنجره و نظایر آن.

۴ــ لوله‌هایی که به‌صورت بی‌درز، باجوش در کوره و جوش الکتریکی ساخته می‌شوند.

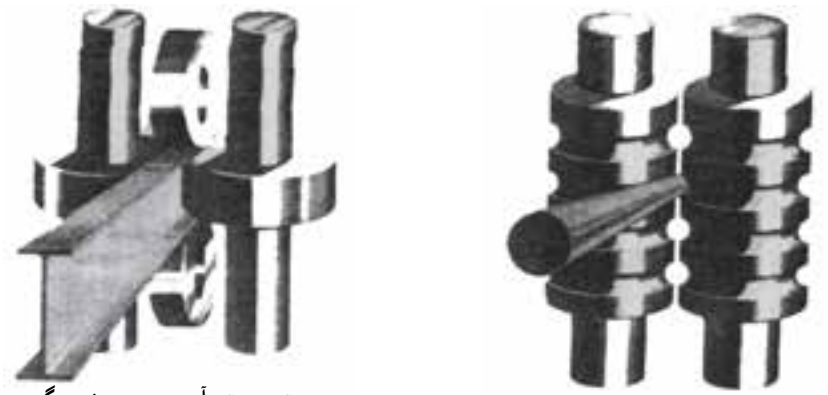
عملیات اصلی در نوردکاری بدین شرح است :

الف) آماده نمودن مصالح برای نورد که بسیار مهم است و در این مرحله، عیوب کلی و سطحی

مصالح قبل از نورد باید کنترل و برطرف شود.

ب) گرم نمودن مصالح قبل از نورد که حایز اهمیّت بوده حرارت شروع و اتمام نورد در خواص مکانیکی مصالح حاصل، تأثیر مهمی خواهد داشت ؛ از این رو حرارت مورد نظر باید به دقّت کنترل شود.

ج) عمل نورد که عبارت است از عبورمصالح از داخل کالیبرهای مختلف و قرقره‌های مختلف، ترتیب و تعداد عبورهای متوالی و مقدار تغییر ابعاد در هر عبور، نحوه‌ی نورد و درجه‌ی حرارت هنگام نورد و وضع قرقره‌ها و سطح وسایل هدایت پروفیل‌ها، همگی در بازده و خواص محصول مؤثرند ؛ هم‌چنین بارگذاری روی غلتک‌ها و طریقه‌ی نورد و سلسله مراتب کشیدن تدریجی و تعداد عبور در بازده کار تأثیر بسزا دارند. شکل ۳ــ۵ تهیه‌ی مقاطع فولادی به روش نورد دیدن را نمایش می‌دهد.



تهیه‌ی تیرآهن به روش نورد گرم

تهیه‌ی میلگرد

شکل ۳ــ۵ــ تهیه‌ی مقاطع فولادی به روش نورد زدن

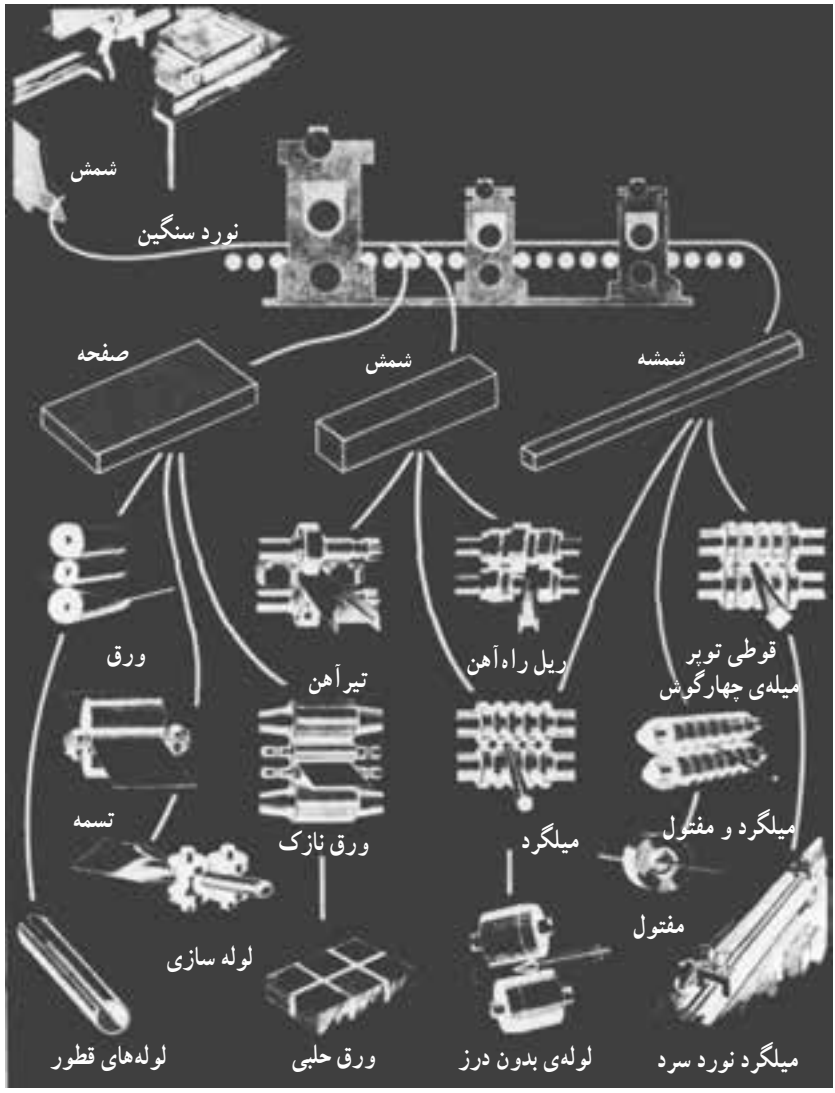
د) صاف‌کاری، برش، تنظیم و اتمام عمل درمرحله‌ی تنظیم و اتمام عمل قطعات نورد شده را به‌اندازه‌های معینی می‌برند و راست می‌کنند ؛ هم‌چنین عیوب مختلف را کنترل و برطرف می‌سازند.

در هنگام نوردکاری از مصالح نمونه‌گیری می‌شود و به روش‌ها و شیوه‌های گوناگون بررسی می‌گردد ؛ هم‌چنین پس از اتمام نوردکاری نمونه‌ها را بررسی و آزمایش می‌کنند، نیز تجزیه‌های شیمیایی و آزمایش‌ها را با خواص مکانیکی و بررسی بافت مولکولی ارزیابی می‌کنند تا مشخصات آن با استاندارد و آیین‌نامه‌های موردنظر تطبیق داده شود.

غلتک‌های دستگاه نورد بسته به شکل فرآورده‌های نوردیده ممکن است به‌شکل تخت، پله‌دار، شیاردار یا به‌شکل مخصوص، مانند خمره‌ای باشد. برای نمونه، از غلتک‌های تخت برای نورد ورق، تسمه و صفحات و از غلتک‌های شیاردار برای تهیه‌ی مقاطع و از غلتک‌های دارای شکل مخصوص برای نورد لوله، دیسک و نظایر آن استفاده می‌شود.

برای تهیه‌ی تیر INP یا INP عمل نورد در هر مرحله به‌وسیله‌ی دو غلتک انجام می‌گیرد و در نتیجه سطوح داخلی بال‌ها شیب‌دار می‌شود، اما برای تهیه‌ی تیر IPA و مشابه از فنّ جدید در مرحله‌ی نهایی نورد و از چهار غلتک استفاده می‌شود. بدین‌ترتیب، تیر با سطوح موازی بال و عرض نسبتاً پهن به‌دست می‌آید و تهیه‌ی تیر با ضخامت جان و بال باریک مقدور خواهد بود.

تهیه‌ی تیرهای بال پهن نورد با چهار غلتک انجام می‌گیرد تا شکل لازم به‌دست آید. این نورد را «نورد انیورسال» می‌گویند. شکل ۴ــ۵ تهیه‌ی مقاطع مختلف فولادی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۵ــ دیاگرام تهیه‌ی مقاطع مختلف فولادی

۶ــ۱ــ۵ ــ انواع فولادها

الف) فولادهای استاندارد اروپایی

ــ فولادهای نُرم آلمان که بدین شرح است :

۱ــ فولاد $St_{۳۳}$: (فولاد ساختمان تجارتی)

۲ــ فولاد $St_{۳۴}$: برای تهیه‌ی میخ پرچ برای اتصال فولاد $St_{۳۷}$ به‌کار می‌رود.

۳ــ فولاد $St_{۳۷}$: (فولاد نرمه‌ی معمولی) : در ساختمان‌های فلزی کاربرد بسیار دارد.

۴ــ فولاد $St_{۳۸}$: برای تهیه‌ی پیچ برای اتصال فولاد $St_{۳۷}$ به‌کار می‌رود.

۵ ــ فولاد $St_{۴۲}$: در تهیه‌ی ورق‌های نوع خوب و برای کشتی‌سازی مصرف دارد.

۶ــ فولاد $St_{۴۴}$: در کارهای ساختمانی و در ساختن میخ پرچ برای اتصال فولاد $St_{۵۲-۳}$ به‌کار می‌رود و از نوع فولاد اعلا به شمار می‌آید.

۷ــ فولاد $St_{۵۲}$ یا $St_{۵۲-۳}$: فولاد بسیار اعلا بوده مقاومت زیاد دارد و در ساختمان‌های فلزی بسیار مهم و در پل‌های بزرگ مصرف می‌شود.

فولادهای $St_{۳۳}$ ــ $St_{۳۷}$ و $St_{۵۲}$: بیش از انواع دیگر در کارهای ساختمانی به‌کار می‌رود.

باید توجه داشت که اندیس‌های St نشان‌دهنده‌ی حداقل مقاومت نهایی کششی ــ درآزمایش کشش نمونه‌ی فولاد ــ برحسب $kg/mm^۲$ است ؛ برای نمونه، $St_{۳۷}$ فولادی است که حداقل مقاومت نهایی این فولاد در آزمایش کششی ساده (استاندارد) برابر $۳۷ kg/mm^۲$ است.

ب) فولادهای استاندارد آمریکایی

فولادهای ساختمانی مطابق مشخصات AISC عبارت‌اند از :

۱ــ فولاد $A_۷$ ASTM : برای پل‌سازی و ساختمان.

۲ــ فولاد $A_{۳۷۳}$ ASTM : فولاد ساختمانی برای جوش‌کاری.

۳ــ فولاد $A_{۳۶}$ ASTM : فولاد ساختمانی.

۴ــ فولاد $A_{۴۴۰}$ ASTM : فولاد با مقاومت زیاد ساختمانی.

۵ ــ فولاد $A_{۴۴۱}$ ASTM : فولاد با مقاومت زیاد (هم‌بسته منگنز و وانادیم) ساختمانی.

۶ــ فولاد $A_{۲۴۲}$ ASTM : فولاد با مقاومت زیاد ساختمانی.

فولادهای شماره‌ی ۱، ۲ و ۳ از نوع فولاد کربن‌دار معمولی ساختمانی و فولاد ۴ و ۵ از نوع فولاد هم‌بسته با مقاومت زیاد و فولاد ۶ از نوع با مقاومت زیاد است ؛ هم‌چنین فولاد $A_{۳۶}$ یکی از پرمصرف‌ترین فولادها بوده که جای‌گزین فولاد $A_۷$ شده است ؛ نیز فولاد $A_{۳۷۳}$ فولاد کربن‌دار

ساختمانی است که بسیار از قابلیت جوش برخوردار است.

ج) فولادهای روسی: درکشور روسیه فولادها دارای انواع و اقسام متفاوت بوده اما به‌طور کلی به دو دسته‌ی «فولادهای ساختمانی» و «فولادهای ابزار» تقسیم می‌شوند ؛ هم‌چنین فولادها به‌صورت فولاد کربن‌دار معمولی و هم‌بسته‌های فولاد هستند. فولادهای ساختمانی که کم‌تر از ۰/۶٪ کربن دارند به دو نوع «ساده‌ی معمولی» و «مرغوب» تقسیم می‌شوند.

درکشور روسیه فولادهای کربن‌دار معمولی را با حرف CT و عدد ۰ تا ۷ مشخص می‌کنند که عدد، نشان‌دهنده‌ی نمره‌ی فولاد است. هرچه نمره‌ی فولاد زیادتر باشد کربن آن بیش‌تر بوده به همین‌نسبت سخت‌تر و قوی‌تر است. فولادهای ساختمانی مرغوب را با عدد مشخص می‌سازند که نشانگر درصد متوسط کربن (برحسب صدم درصد) است ؛ برای نمونه فولاد نمره‌ی ۱۵، یعنی فولادی که ۰/۱۵٪ کربن‌دارد.

فولادهای هم‌بسته (آلیاژدار) را در روسیه با حروف و ارقام نشان می‌دهند. حروف، نشانگر عناصر اضافی و ارقام، شاخص مقدار کربن و عناصر آلیاژی‌اند. ارقام ماقبل حروف نشان‌دهنده‌ی درصد کربن (برحسب صدم درصد) و ارقام مابعد حروف نشانگر مقدار عناصری است که با این حروف مشخص شده‌اند ؛ مانند : ۴۰XH و ...

فولادهای آلیاژدار را بسته به کاربردشان به نوع «ساختمانی»، «ابزار» و «ویژه» تقسیم‌بندی می‌کنند.

۷ــ۱ــ ۵ ــ انواع نیم‌رخ‌های نورد شده‌ی فولادی

الف) استاندارد اروپایی

۱ــ *نیم‌رخ I باریک یا نرمال پروفیل* ⋈ : یکی از متداول‌ترین نیم‌رخ‌های نوردشده‌ی فولادی است که دارای عرض کم‌بال و شیب‌دار بودن سطوح داخلی بال درحد ۱۴/۰ بوده، علامت اختصاری I یا ⋈ یا I⋈ است. مقطع نیم‌رخ I در شکل ۵ــ۵ نمایش داده شده است.

شکل ۵ــ۵ــ I⋈ یا ⋈ یا I

۲ــ پروفیل IPE: پروفیل IPE که به نام پروفیل نیم‌پهن یا بال متوسط نُرم اروپایی مشهور است ؛ دارای این مشخصات است : ازشماره‌ی ۸ تا ۶۰ که معادل ارتفاع ۸ سانتی‌متر تا ۶۰ سانتی‌متر تهیه می‌شود و سطوح داخلی و خارجی بال‌های این پروفیل با هم موازی است. برای مشخص‌کردن شماره‌ی پروفیل IPE، عدد مشخص کننده شماره‌ی پروفیل را پس از IPE می‌گذارند. برای نمونه «IPE۱۴».

مزایای IPE نسبت به NP

۱ــ پهنای بال IPE نسبت به NP بیش‌تر بوده بنابراین، مقاومت آن زیادتر است و در جایی به‌کار می‌رود که به پهنای بال بیش‌تر نیاز باشد.

۲ــ موازی بودن سطوح داخلی و خارجی بال‌های این پروفیل یکی دیگر از مزایای آن نسبت به NP I است که ازنظر اتصال باعث سهولت می‌شود.

۳ــ عرض بال IPE معمولاً اعداد رُند بوده برخلاف NP I که اعداد غیررُند برحسب سانتی‌متر است.

۴ــ نسبت به NP I دارای وزن کم‌تر و راندمان مقاومتی $\left(\frac{\text{مقاومت}}{\text{وزن}}\right)$ بیش‌تر است.

۳ــ پروفیل بال پهن: این‌گونه پروفیل‌ها دارای مقطع I شکل هستند که عرض بال‌ها پهن بوده بنابراین مقاومت آن‌ها در هر دو جهت نزدیک به‌هم است (نسبت به NP). ضمناً سطوح داخلی و خارجی بال‌ها موازی یک‌دیگر هستند. انواع پروفیل بال‌پهن عبارت است از :

الف) پروفیل بال‌پهن با وزن متوسط، طبیعی یا معمولی که علامت اختصاری آن IPB است. معادل نُرم اروپایی HEB و سابقاً به این پروفیل DIN یا DIP نیز گفته می‌شد.

ارتفاع و عرض بال این پروفیل تا شماره‌ی ۳۰ یک‌سان و برابر هم است. مثلاً IPB۲۰ یعنی بال پهن شماره‌ی ۲۰ دارای ارتفاع مقطع ۲۰ سانتی‌متر و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر است و از شماره‌ی ۳۰ به بالا عرض بال ۳۰ سانتی‌متر ثابت مانده ارتفاع مقطع زیاد می‌شود.

ب) پروفیل بال‌پهن با وزن سبک که علامت اختصاری آن IPBI بوده معادل نُرم اروپایی HE-A است. در گذشته به این پروفیل IDIE یا DIMEL می‌گفتند.

ارتفاع واقعی این پروفیل مقدار کمی از ارتفاع اسمی آن (ارتفاع مقطع IPB هم‌نمره) کم‌تر است ؛ بنابراین وزن آن از وزن پروفیل IPB هم شماره‌اش کم‌تر است. این پروفیل همانند IPB تا شماره‌ی ۳۰ عرض بال تغییر می‌کند و از شماره‌ی ۳۰ به بالا عرض بال ۳۰ سانتی‌متر باقی می‌ماند.

برای نمونه : IPBI۲۰ دارای ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن

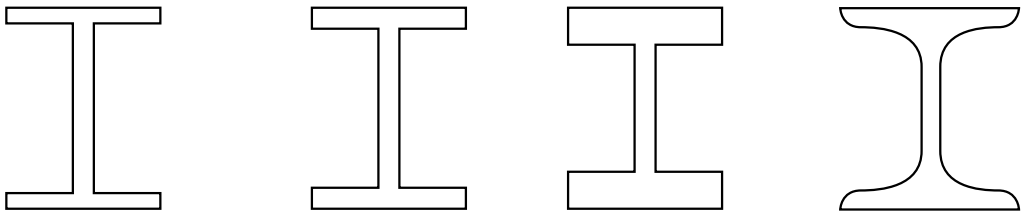
$IPBI_{۲۰}$ که دارای ارتفاع ۲۰ و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر و وزن ۴۲/۳kg است ؛ در صورتی یک‌متر آن ۶۱/۳kg است.

ج) پروفیل بال پهن سنگینی که علامت اختصاری آن IPBV بوده، معادل نُرم اروپایی HE-M است. این پروفیل را پیش از این IDIV یا DIR یا DIMAX می‌گفتند. ارتفاع واقعی این پروفیل مقدار کمی از ارتفاع اسمی آن (ارتفاع IPB هم‌شماره) بیش‌تر است و وزن آن از وزن پروفیل IPB هم‌شماره‌اش بیش‌تر است.

برای نمونه : $IPBV_{۲۰}$ دارای ارتفاع مقطع ۲۲ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن ۱۰۳ کیلوگرم است ؛ در صورتی‌که $IPB_{۲۰}$ دارای ارتفاع مقطع ۲۰ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن ۶۱/۳ کیلوگرم است.

نوع دیگری از پروفیل بال‌پهن باعلامت اختصاری IB نیز تهیه می‌شود که از شماره‌ی ۱۰ تا ۱۸ آن ساخته می‌شود و بال‌های عریض دارد که سطوح داخلی آن دارای شیب است. (۹٪) و ارتفاع مقطع و عرض بال آن در هر شماره یکسان است.

نوعی پروفیل بال‌پهن استاندارد نشده نیز تهیه می‌شود که با علامت IPBS نشان داده می‌شود. درشکل ۶ــ۵ انواع نیم‌رخ‌های IPB مشخص شده است.

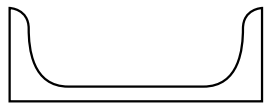


شکل ۶ــ۵ــ مقاطع انواع نیم‌رخ‌های IPB

۴ــ پروفیل U یا ناودانی: سطوح داخلی بال‌های این پروفیل دارای شیب است که این شیب برای پروفیل‌های تا شماره‌ی ۳۰ برابر ۸٪ و برای پروفیل‌های بزرگ‌تر از شماره‌ی ۳۰ برابر ۵٪ است.

علامت اختصاری این پروفیل NP] یا NP U یا] یا U است.

برای نمونه : $U_{۲۰}$. باید توجه داشت که پروفیل ناودانی تا شماره‌ی ۴۰ ساخته می‌شود. (شکل ۷ــ۵)



شکل ۷ــ۵ــ نیم‌رخ ناودانی

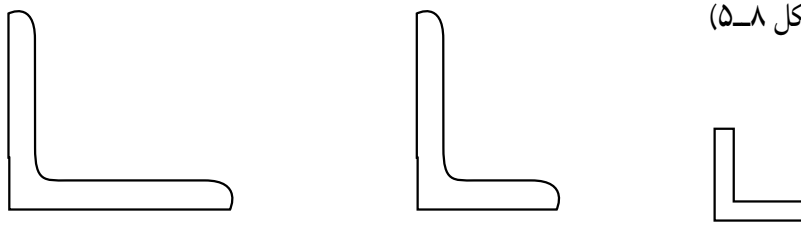
۵ــ پروفیل نبشی: پروفیل نبشی که دارای دو بال عمود بر هم و با ضخامت یکسان است در دو نوع با بال‌های مساوی و بال‌های نامساوی ــ با لبه‌ی گرد ــ تهیه می‌شود.

علامت اختصاری نبشی به‌صورت L یا ⌊ است. برای نمایش پروفیل نبشی به‌این‌صورت عمل می‌شود :

الف) برای نبشی با بال مساوی بعد از نوشتن علامت اختصاری اندازه‌ی بال برحسب میلی‌متر، سپس ضخامت آن برحسب میلی‌متر نوشته می‌شود ؛ برای مثال : L۵۰×۵۰×۵ یا L۵۰×۵ که نشانگر نبشی با بال مساوی به‌طول بال ۵۰ میلی‌متر و به ضخامت بال ۵ میلی‌متر است.

ب) برای نبشی با بال نامساوی بعد از علامت اختصاری اندازه‌ی بال بزرگ‌تر و بعد اندازه‌ی بال کوچک‌تر، سپس ضخامت بال برحسب میلی‌متر نوشته می‌شود ؛ برای مثال : L۱۲۰×۸۰×۱۲ یعنی عرض یک بال ۱۲ سانتی‌متر و عرض بال دیگر ۸ سانتی‌متر و ضخامت بال‌ها ۱۲ میلی‌متر است.

نوع نبشی به‌صورت بال مساوی و لبه‌ی بال تیز ساخته می‌شود که علامت اختصاری آن LS است.(شکل ۸ــ۵)

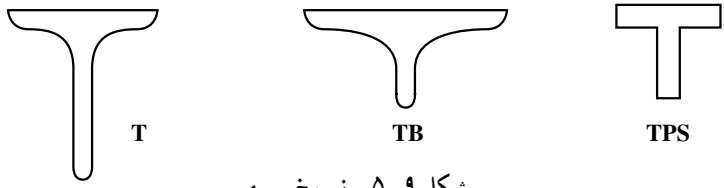


شکل ۸ــ۵ــ نیم‌رخ نبشی

۶ــ پروفیل سپری یا T: این نوع نیم‌رخ که به شکل T است، به دو نوع تهیه می‌شود. یکی آن‌که ارتفاع آن‌ها برابر قاعده‌شان است و باعلامت T مشخص می‌شود و از نمره‌ی ۲۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر ساخته می‌شود ؛ هم‌چنین برای نشان‌دادن آن بعد از علامت T نمره‌ی سپری را برحسب میلی‌متر می‌نویسند ؛ مانند : $T_{۸۰}$. نوع دیگر، سپری با قاعده‌ی دوبرابر ارتفاع، یعنی عرض بال دو برابر ارتفاع مقطع ساخته می‌شود. این نوع سپری با علامت TB مشخص می‌گردد و از نمره‌ی ۶۰×۳۰ تا ۶۰×۱۲۰ میلی‌متر ساخته می‌شود ؛ مانند : $TB_{۵۰}$. سطوح بال و جان این‌گونه سپری‌ها دارای شیب بوده لبه‌ی آن‌ها به‌صورت گرد ساخته می‌شود. هم‌چنین نوعی سپری نیز با ارتفاع و بال مساوی و لبه‌ی بال و جان تیز تهیه می‌شود که از شماره‌ی ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر است و با TPS مشخص می‌شود. سطوح داخلی و خارجی بال آن موازی هستند ؛ مانند : $TPS_{۳۰}$.

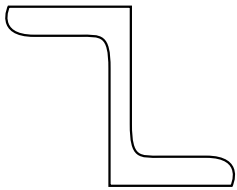
گاهی سپری را از نصف کردن پروفیل‌های I و IPE وIPBI و IPB و یا IPBV تهیه می‌کنند.

البته می‌توان برحسب ضرورت مقداری بالاتر برش داد تا دو نوع سپری با ساق کوتاه و ساق بلند به‌دست آید. (شکل ۹ــ۵)



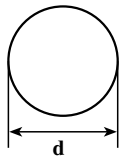
شکل ۹ــ۵ــ نیم‌رخ سپری

۷ــ پروفیل Z: این پروفیل که به دونبشی نیز معروف است با علامت اختصاری Z نشان داده می‌شود. این پروفیل از نمره‌ی ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر تهیه می‌شود و برای نشان‌دادن آن بعد از علامت Z ارتفاع مقطع را برحسب میلی‌متر می‌نویسند ؛ مانند : $Z_{۱۲۰}$. (شکل ۱۰ــ۵)



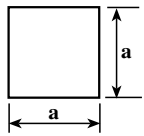
شکل ۱۰ــ۵ــ نیم‌رخ Z

۸ ــ میل‌گرد (آرماتور): مقاطع میل‌گرد به‌قطر ۵ تا ۲۲ میلی‌متر تهیه می‌شود و علامت اختصاری آن ∅ یا Rd است که برای نشان دادن مقطع میل‌گرد، پس از علامت اختصاری قطر مقطع میل‌گرد را برحسب میلی‌متر می‌نویسند ؛ برای مثال : $Rd_{۲۰}\times ۱۶۰۰$ یا $\varnothing_{۲۰}\times ۱۶۰۰$. مورد مصرف در کارهای بتنی مسلح به‌طور وسیع، در آویزها و در مهارها به‌کار می‌رود. (شکل ۱۱ــ۵)



شکل ۱۱ــ۵ــ نیم‌رخ میلگرد

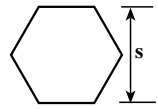
۹ــ مقطع چهار تراش یا چهارسو: مقطع چهار تراش یا چهارسو با مقطع مربع به ابعاد ۶×۶ میلی‌متر تا ۱۵۰×۱۵۰ میلی‌متر ساخته می‌شود و علامت اختصاری آن □ یا 4kt است. برای نشان‌دادن آن پس از نوشتن علامت اختصاری ابعاد آن برحسب میلی‌متر نوشته می‌شود ؛ برای نمونه : ۱۸۰×۳۰ □ یا ۱۸۰×۳۰ 4kt . (شکل ۱۲ــ۵)



شکل ۱۲ــ۵ــ نیم‌رخ چهارتراش

۱۰ــ مقطع شش‌ضلعی: مقطع شش‌ضلعی منظم با ارتفاع مقطع ۱۳ تا ۱۰۳ میلی‌متر ساخته می‌شود و علامت اختصاری آن ⬡ یا 6kt است. مقطع شش‌ضلعی منظم را این‌گونه نشان

می‌دهند :(شکل ۱۳ــ۵)



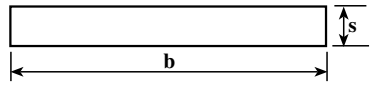
۶kt۴۰×۲۲۰ یا ۴۰×۲۲۰

شکل ۱۳ــ۵ــ مقطع شش‌ضلعی

۱۱ــ تسمه: تسمه‌های فولادی به مقطع مربع مستطیل بوده نسبت عرض به ضخامت آن زیاد است. تسمه‌هایی که عرض مقطع آنها کم‌تر از ۱۶۰ میلی‌متر است «تسمه» و آن‌هایی که عرض بیش‌تر از ۱۶۰ میلی‌متر دارند «تسمه‌ی پهن» می‌نامند. حداقل ضخامت تسمه ۵ میلی‌متر است. تسمه‌ها را به‌ابعاد مقطع متفاوت از ۵×۱۰ میلی‌متر تا ۶۰×۱۵۰ میلی‌متر می‌سازند. علامت اختصاری تسمه به‌صورت ▭ یا Fl ؛ برای نمونه : ۴۰×۱۲×۱۸۶ ▭ Fl.۸۰×۱۰×۴۰۰

۱۲ــ صفحه یا تسمه‌ی پهن: صفحات فولادی دارای عرض نسبتاً زیاد است و با ضخامت‌های مختلف ساخته می‌شود. معمولاً صفحه دارای عرض بیش از ۲۰ سانتی‌متر است.

علامت اختصاری تسمه‌ی پهن به‌صورت : ▭ یا BtF1 است ؛ برای نمونه : به‌صورت ۳۵۰×۳۰×۶۸۰ ▭ یا ۳۵۰×۳۰×۶۸۰ BtF1 .



ب) نیم‌رخ‌های فولادی استاندارد آمریکایی: به دلیل طولانی شدن بحث فقط به‌آن‌ها اشاره می‌کنیم :

۱ــ نیم‌رخ I استاندارد با ارتفاع مقطع از ۳ تا ۲۴ اینچ متغیر است.

طرز نمایش این نیم‌رخ به این‌صورت است که از سمت چپ ابتدا ارتفاع مقطع پروفیل برحسب اینچ، سپس علامت I و درپی آن وزن یک فوت تیر برحسب پوند نوشته می‌شود ؛ مانند : ۱۲I۳۱/۸ این تیر تقریباً دارای همان مشخصات M^{P} است.

۲ــ نیم‌رخ پهن W^{F} این نیم‌رخ که دارای مقطع I شکل است دارای عرض بال بیش‌تر بوده برای عمل خمش از مناسب‌ترین نیم‌رخ‌های موجود است ؛ مانند : $12W^{F}_{27}$ که عدد ۱۲ ارتفاع برحسب اینچ و ۲۷ وزن یک فوت آن به پوند است.

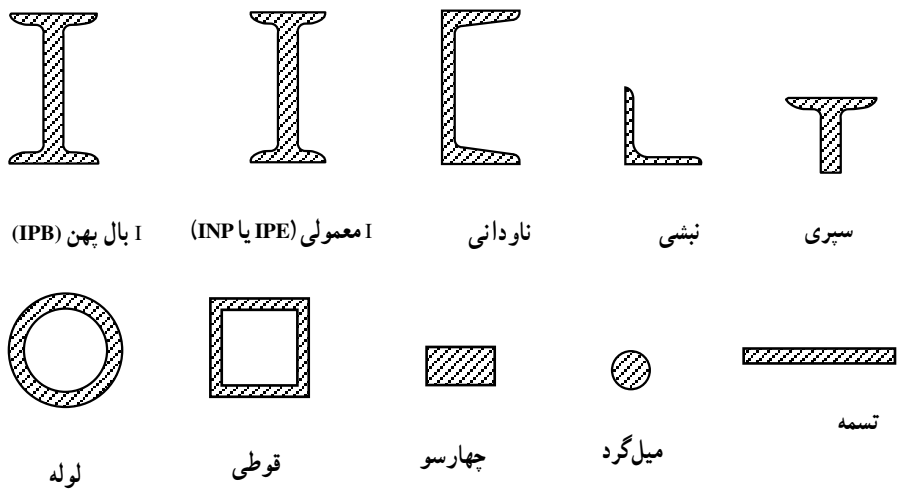
۳ــ تیر سبک با مقطع I شکل که نسبت به پروفیل W^{F} هم ارتفاع و هم‌عرض کم‌تر دارد و با حرف B مشخص می‌شود ؛ مانند : ۱۴B۱۷/۲. در علامت‌گذاری جدید این پروفیل با حرف W مشخص می‌شود ؛ مانند : W۱۴×۲۶ که در گذشته آن را با ۱۴B۲۶ نشان می‌دادند.

۴ــ ناودانی استاندارد که با ارتفاع مقطع ۳ تا ۱۸ اینچ تهیه می‌شود. علامت] نشان‌دهنده‌ی ناودانی است ؛ مانند :۱۵/۳] ۱۰ ؛ یعنی، پروفیل ناودانی به ارتفاع مقطع ۱۰ اینچ که وزن هر فوت آن ۱۵/۳ پوند است.

باید توجه داشت که در علامت‌گذاری جدید به‌جای I استاندارد علامت S و ناودانی استاندارد علامت C به‌کار می‌رود.

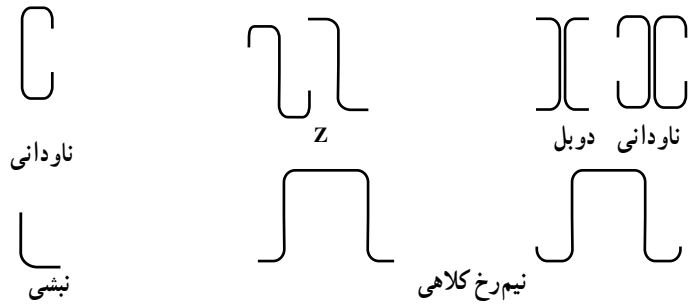
۵ ــ مقطع I گوناگون، ناودانی گوناگون، تیر I ظریف، ناودانی ظریف، مقطع پروفیل H، نبشی، سپری یا مقطع tee، پروفیل با مقطع مربع توپر (چهارسو) پروفیل با مقطع مستطیل توپر (تسمه)، میل‌گرد و مقطع Z یا Zee. جملگی از فرآورده‌های استاندارد آمریکایی هستند.

ج) نیم‌رخ‌های ساختمانی متداول در ایران: برای استفاده از فولاد برای عضو ساختمانی، باید آن را به شکل مناسب درآورد. نیم‌رخ‌های متداول ساختمانی ایران که مبتنی بر آیین‌نامه‌ی «دین آلمان» است در شکل ۱۴ــ۵ نشان داده شده است :



شکل ۱۴ــ۵ــ انواع نیم‌رخ‌های ساختمانی متداول در ایران

نوع دیگری از نیم‌رخ‌های ساختمانی به روش پرس کردن ورق‌های فولادی و تبدیل آن‌ها به شکل مناسب تولید می‌شوند. این نیم‌رخ‌ها که در شکل ۱۵ــ۵ نشان داده شده‌اند معمولاً در اعضای خمش سبک استفاده می‌شوند :



شکل ۱۵ــ۵ــ انواع نیم‌رخ‌های پرسی

سایر فلزات غیرآهنی ساختمانی عبارت‌اند از :

۲ــ ۵ ــ آلومینیم (Al)

آلومینیم فلزی است نقره‌ای رنگ، جلاپذیر، نرم، سبک و به‌آسانی شکل‌پذیر.

این فلز در طبیعت به‌صورت آزاد و خالص یافت نمی‌شود، اما در حدود ۸٪ وزن پوسته‌ی زمین را ترکیبات این فلز تشکیل می‌دهد و بعد از فولاد در کارهای ساختمانی اهمیت خاصی دارد. از این فلز در تهیه‌ی وسایل خانگی، مانند : ورق‌های نازک (فویل)، قوطی، ورق و پروفیل‌های ساختمانی، ابزارهای برقی، بدنه‌ی کشتی، هواپیما و واگن قطار استفاده می‌شود.

برای تهیه‌ی آلومینیم از پودر سفید آلومینا استفاده می‌کنند که از بوکسیت (سنگ معدن) به‌دست می‌آید.

مهم‌ترین خواص آلومینیم که باعث استفاده‌ی گسترده از آن در صنایع و ساختمان می‌شود عبارت‌اند از : وزن مخصوص کم، مقاومت در مقابل اکسید شدن و خوردگی، هم‌چنین قابلیت ریخته‌گری.

به‌منظور اصلاح و یا تغییر خواص آلومینیم، آن را با مس، سیلیسیم، روی، نیکل و آهن به نسبت‌های معینی مخلوط نموده، «آلیاژ آلومینیمی» می‌سازند. آلیاژ آلومینیم با حدود ۱۲ درصد سیلیسیم ازنظر خواص ریخته‌گری بسیار مناسب است. این آلیاژ در برابر پدیده‌های جوی پایدار است، زنگ نمی‌زند و قابل جوش است و از آن برای ساختن قطعات صنعتی نظیر سرسیلندر موتور اتومبیل و گیربکس، هم‌چنین ساختن در و پنجره استفاده می‌شود.

۳ــ ۵ ــ سرب (Pb)

فلزی بسیار سنگین است که از نام لاتین «پلومبوم» گرفته شده است و در ساختمان کاربرد درخور توجهی دارد ؛ مثلاً برای آب‌بندی کردن لوله‌های چدنی فاضلاب، محل اتصالات را سرب‌ریزی یا به‌عبارت دیگر سرب‌کوبی می‌کنند ؛ هم‌چنین برای جلوگیری از عبور اشعه‌های مضّر همچون اشعه‌ی ایکس (x) کف اتاق‌های رادیولوژی و نظایر آن‌را با ورقه‌ای از سرب می‌پوشانند. از سرب در رنگ‌سازی، روپوش سیم‌ها، تهیه و ساخت باطری، گلوله و ساچمه و نظایر آن استفاده می‌شود. نکته‌ی قابل توجه این است که سرب به‌صورت محلول، سمی است. به همین دلیل استفاده از رنگ‌هایی که پایه‌ی سربی دارد به‌صورت پاشیدن (اسپری) و یا تراشیدن آن و همچنین استفاده از آن‌ها در جاهایی که در دسترس کودکان و جانداران است، مجاز نمی‌باشد.

۴ــ ۵ ــ روی (Zn) ــ مس (Cu)

روی و مس در صنعت کاربرد بسیار دارد. از روی به‌عنوان روکش محافظتی بر روی فولاد (آهن گالوانیزه) استفاده می‌شود. از ترکیب این دو فلز آلیاژی به نام «برنز» به‌دست می‌آید که در ساخت یراق‌آلات ساختمانی مصرف زیاد دارد.

از مس و روی با قلع، آلیاژ دیگری به نام «برنج» ساخته می‌شود که آن نیز کاربرد فراوان دارد.

مدارک باستانی و نظرات باستان‌شناسی چنان می‌گوید که شمال و بخش میانی ایران یکی از باستانی‌ترین مراکز صنعت فلز در جهان است. طبیعی است که صنعت فلزات در جاهایی که در آن معادن مختلف یافت می‌شده پیشرفت می‌کرده است، و از این روی ایران سرزمینی بسیار غنی بوده و مردمان این سرزمین از نخستین صنعت‌کاران فلز به‌شمار آمده‌اند. از ایران زمین دانش فلزکاری و صنعت فلزات به مرز و بوم‌های دیگر از جمله آسیا، آفریقا و اروپا رفته است. به‌نظر می‌رسد که نخست ساکنان این بخش با چکش‌کاری مس از آن ابزارهای گونه‌گون را می‌ساختند. در هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد مس هنوز هم برای ساختن جنگ‌افزار، ابزارهای آرایشی و دیگر ابزارها به‌کار می‌رفت. در نیمه‌ی دوم آن هزاره، دگرگونی‌هایی در تکنولوژی فلزات پدید آمد و در این دوره مس از سنگ معدن با ذوب کردن جدا گردید. در قدیم نواحی کرمان و بلوچستان از جمله معادن عمده‌ی مس به‌شمار

می‌آمده‌اند و اخیراً در این نواحی کوره‌های ذوب مس نیز یافت شده‌اند. ابزارهای مسی هزاره‌ی چهارم پیش از میلاد مقادیری زر، سیم، سرب، آرسنیک، آنتی‌مون، آهن، نیکل و قلع همراه داشته‌اند. آمیختن فلزها و تشکیل آلیاژهای گوناگون این توفیق را داد که آلیاژهایی چون مفرغ یا برنز با مقاومت و سختی زیادتر از مواد متشکله‌شان ساخته شود. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که از ۲۵۰۰ پیش از میلاد به بعد در آمیختن فلزات و به‌دست آمدن آلیاژها از طرف فلزکاران کنترل‌هایی اعمال گردیده باشد.

گمان می‌رود که ایرانیان در دوره‌ی هخامنشیان در صنعت فولادسازی و کاربست آهن و فولاد مهارت داشته‌اند. نیز گفته شده است که آنان از ویژگی‌های فولاد آگاهی داشته‌اند و می‌دانسته‌اند که آهن در مجاورت هوا و رطوبت زنگ می‌زند. گویا برای حفاظت اجسام آهنین با قیر روی آن‌ها را اندود می‌کرده‌اند. برخی برداشت‌های باستان‌شناسی نیز گویای آن است که شهر نیریز در فارس یکی از مراکز تولید اسلحه در زمان هخامنشیان بوده است. سیاحان و جغرافی‌دانان اعصار بعد نیز از صنعت فولادسازی در حوالی شمالی نیریز یادها کرده‌اند.

نشانه‌های تاریخی که تا کنون به‌دست آمده و بررسی شده است مؤید آن است فولادسازی در هزاره‌ی دوم پیش از میلاد از سرزمین ارمنستان و آذربایجان ریشه گرفته و از آن‌جا در اواخر هزاره‌ی دوم به بخش‌های دیگر ایران رفته است.

صنعت فولاد ایرانی و به‌ویژه فولاد ایرانی در زمان اشکانیان شهرت جهانی داشته و از آن در نوشته‌های ملل دیگر نیز یاد شده است. برابر محاسباتی که شده کوره‌های باستانی ذوب فولاد در بخش قره‌داغ دارای گنجایش تولیدی سالیانه ۲۰۰ تن بوده است. نویسندگان رومی از شهرت پولاد پارتی سخن گفته‌اند و گفته شده است که پولاد ساسانی با نام پین‌تیه (اسم فارسی اسپینا) به چین صادر می‌شده است. واژه‌ی فارسی پولاد که در زبان رومی، مغولی، ارمنی، ترکی و تبتی به‌گونه‌ی بولوت ظاهر می‌شود نشان‌دهنده‌ی تأثیر صنعت فولاد ایرانی در سرزمین‌های دیگر جهان باستان به‌شمار می‌رود.

در دوران اسلامی نیز پولاد ایران و صنعت فولادسازی و کان‌های آهن در ایران شهرت خود را نگه داشت و از کان‌های آهن و مهارت آهن‌کاران ایرانی بهره‌گیری‌های فراوانی انجام گرفت. از جمله بخش‌های ایران که در دوران اسلامی از کان‌های آهن آن بهره‌وری فراوان شده کان‌های آهن کرمان بود. الکندی شیمی‌دان اسلامی کتابی در خواص شمشیرها نوشته و در آن بین دو نوع آهن که آن‌را آهن ماده، (آهن نرم و یا آهنی که نمی‌توان آن را سخت کرد و کلمه فارسی آن نرم آهن و یا به‌گفته‌ی او نرمهانی است) و آهن نر، که به آسانی قابل سخت شدن است (و به گفته‌ی او سابورکانی) تفاوت قائل شده است. آهن سابورکانی یا آهن شابورگانی، یا یاشابرانی یا شاپورگانی احتمالاً در شابران (دربند قفقاز) بوده که بهره‌برداری از آن در دوران ساسانیان آغاز شده است.

ارزش‌یابی فصل پنجم

۱ــ نحوه‌ی تولید فولاد را شرح دهید.

۲ــ موارد استفاده‌ی آهن را در ساختمان شرح دهید.

۳ــ فولادهای نُرم آلمانی را نام ببرید.

۴ــ نیم‌رخ‌های حاصل از نوردکاری به چهار گروه تقسیم می‌شوند. آن‌ها را شرح دهید.

۵ ــ موارد استفاده از آلومینیم در ساختمان را توضیح دهید.

۶ــ مهم‌ترین آلومینیمی که به‌طور گسترده در صنایع ساختمان استفاده می‌شود کدام است؟

۷ــ از سرب در چه مواردی استفاده می‌شود؟

فصل ششم

چوب، شیشه و چسباننده‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ مزایای چوب را شرح دهد.

۲ــ ناخوشی‌های چوب را توضیح دهد.

۳ــ چوب‌های ساختمانی را بشناسد و طریقه‌ی خشک‌کردن چوبِ‌تر را شرح دهد.

۴ــ انواع بارهای وارد بر چوب را بیان کند.

۵ ــ چوب‌های ساختگی را نام ببرد.

۶ ــ مراحل ساخت شیشه را توضیح دهد.

۷ــ انواع شیشه‌ها را نام ببرد.

۸ ــ نقش چسباننده‌های سیاه را در ساختمان شرح دهد.

۹ــ انواع چسباننده‌های سیاه را نام ببرد.

۱ــ۶ــ چوب

چوب یک بافت سلولزی آلی است که از این مواد تشکیل شده است : کربن حدود ۵۰٪، اکسیژن حدود ۴۰٪، هیدروژن ۶٪ و ازت و کانی‌ها ۱٪.

چوب مانند سنگ یکی از قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی است. در زمان‌های گذشته بیش‌تر سطح زمین را جنگل‌ها پوشانده بود که اکنون بخشی از آن نابود شده است. امروزه چوب کم‌تر از گذشته در ساختمان به‌کار می‌رود زیرا :

۱ــ با پیشرفت صنعت، برای بارگذاری، فولاد و بتن جای چوب را گرفته‌اند.

۲ــ چوب غیر از ساختمان، در کاغذسازی، مبل‌سازی، ساختن در و پنجره، پارچه‌بافی و غیره هم استفاده می‌شود.

۳ــ گسترش ساختمان و کم‌بودن چوب، آن را به مصالحی گران‌قیمت تبدیل کرده است.

۴ــ تاب کشش چوب از تاب فشاری آن بیش‌تر است.

۵ ــ چوب می‌سوزد، می‌پوسد، کفک می‌زند، موریانه می‌خورد و ... .

چوب در معرض خطرات گوناگون ازجمله : سوختن، پوسیدن، کفک‌زدن و نظایر آن قرار دارد. با این‌همه، چوب محاسنی نیز دارد که از آن‌جمله است :

۱ــ کارکردن با چوب آسان است.

۲ــ نسبت به وزن فضایی اندک، تاب زیادی دارد.

۳ــ در مقابل سرما و گرما عایق مناسبی است و خیلی‌کم از خود سرما و گرما را عبور می‌دهد.

۴ــ چون رنگ و نقش گوناگون دارد، برای آراستن دیوارهای داخلی، ساختن مبل چوبی، قاب‌عکس، درب‌های داخلی و خارجی ساختمان و دیگر تزیینات کاربرد دارد.

در ایران باوجود آن‌که دست‌کم ۱۷۰ هزار کیلومتر مربع جنگل وجود دارد، هنوز چوب ساختمانی را عمل نمی‌آورند. چوب خام پس از به‌مصرف رسیدن تغییر شکل می‌دهد ؛ از این‌رو چوب عمل آمده را از کشورهای دیگر وارد می‌کنند که به قیمت گران تمام می‌شود. اکنون چند سالی است که در گیلان و مازندران کارخانه‌هایی برای عمل‌آوردن چوب ساخته شده است که تا حدودی نیاز کشور را تأمین می‌کنند.

چوب درکارهای کمکی ساختمان نظیر چوب‌بست و ساخت صندوقه (قالب)، برای ساختن بتن، شمع‌کوبی و امثال آن کاربرد دارد.

۱ــ۱ــ۶ــ ساختمان درخت: در برش عرضی تنه درخت سه بخش جدا از هم‌دیگر دیده می‌شود :

الف) مغز درخت که نمی‌توان بر آن بار گذاشت.

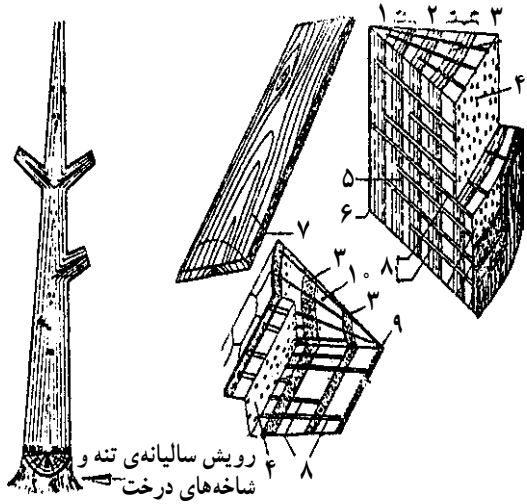
ب) پوست درخت که مصرف ساختمانی ندارد.

ج) چوب درخت که می‌توان بر آن بار گذاشت و مصرف بسیاری دارد.

اگر از درخت برش عرضی تهیه شود در محل برش‌خورده دایره‌های هم‌مرکزی دیده می‌شود که نشان دهنده‌ی سن درخت است. رنگ این دایره‌ها از طرف درون (چوب بهاره) روشن و از طرف بیرون (چوب پاییزه) تیره است. پهنای این دایره‌ها نشانه‌ی وزن فضایی چوب، هم‌جنس بودن چوب و

چگونگی آب و هوای سال رویش آن است. در برش عرضی تنه‌ی درخت سوراخ‌های ریز تارهای چوب نمایان است که از آن‌ها خوراک درخت از ریشه به سطح برگ‌ها می‌رسد، تا در آن‌جا قوام آمده تبدیل به شیره‌ی پرورده شود و جذب درخت گردد.

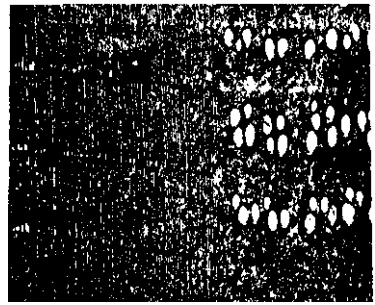
درخت‌هایی که چوبشان در ساختمان مصرف می‌شود دو دسته‌اند : «سوزنی برگ» و «پهن‌برگ». برش عرضی درخت سوزنی برگ ساده، منظم و هندسی است ؛ در حالی‌که برش عرضی درخت پهن‌برگ، درهم است و بدین‌ترتیب، شکلی همسان ندارند. در شکل ۱ــ۶ ساختمان چوب درختان را مشاهده می‌کنیم.



۱ــ دایره‌ی رویش سالیانه‌ی درخت
۲ــ چوب بهاره ۳ــ چوب پاییزه
۴ــ بُرش مماسی ۵ ــ برش شعاعی
۶ــ لوله‌های مغز درخت
۷ــ مرز دایره‌های عمر درخت
۸ ــ لوله‌های شعاعی به مغز درخت
۹ــ مغز درخت ۱۰ــ کانال انگم

رویش سالیانه‌ی تنه و شاخه‌های درخت

ساختمان چوب درخت کاج (سوزنی برگ)



ساختمان چوب درخت بلوط (پهن برگ)

شکل ۱ــ۶ــ ساختمان چوب درختان

از برش عرضی درخت می‌توان چنین پی‌برد : چوب پوک بوده، جسم جامد آن کم و آب و هوایش زیاد است. در برش عرضی درخت هرچه نسبت سطح سوراخ‌های ریز به‌جسم جامد (بدنه‌ی تارهای چوب) زیادتر باشد، چوب سبک‌تر است. یا هرچه چوب سبک‌تر باشد، جای خالی بیش‌تری

دارد، بیش‌تر آب می‌مکد و تاب آن کم‌تر است. چون بخشی از آب درون چوب به بدنه‌ی تارهای آن می‌چسبد ؛ پس، هرچه توپرتر باشد (تارهایش بیش‌تر باشد)، آب بیش‌تری به بدنه‌ی تارها می‌چسبد (زیادتر آب می‌مکد) و بیش‌تر از چوب‌های پوک کار می‌کند.

چوب سنگین، سفت‌تر، سخت‌تر و پایدارتر از چوب سبک است، زیرا تارهایش بیش‌تر است (توپرتر است). چون ساختمان چوبِ درخت سوزنی برگ، ساده است، باید به دنبال تارها یا عمود بر تارهایش بار گذاشت. بارگذاری کج به تارها (نه عمود و نه دنبال تارها)، تاب چوب را کم می‌کند و چوب تغییرشکل می‌دهد.

می‌توان تصوّر کرد که یک تکه‌چوب یک دسته تار به‌هم چسبیده است ؛ از این رو درهم فشردن تکه چوب عمود بر تارها نیاز به نیروی چندانی ندارد.

چوب پاییزه توپرتر از چوب بهاره است. در رویش سالیانه، هرچه چوب پاییزه بیش‌تر باشد، تاب چوب بیش‌تر است. هرچه دایره‌های سن درخت سوزنی‌برگ به هم‌دیگر نزدیک‌تر باشد، هم‌چنین هرچه دایره‌ی سن درخت پهن‌برگ، پهن‌تر باشد، تاب چوب آن‌ها بیش‌تر است.

۲ــ۱ــ۶ــ بریدن درخت: در گذشته درخت را با تبر می‌بریدند. به این ترتیب که ابتدا از جهتی که درخت باید روی زمین بیفتد پای آن‌را با تبر گود می‌کردند ؛ سپس سوی دیگر را می‌بریدند تا هنگام افتادن روی زمین، تنه‌ی درخت در پای درخت لاش نشود. درخت را با اره‌ی دستی، اره‌ی موتوری و برقی می‌برند. در جایی‌که بخواهند جنگل را ریشه‌کن و از نو بسازند، پس از بریدن درخت، ریشه‌ی درخت را بیرون می‌آورند. در جایی که برای بردن تنه‌ی درخت بریده، راه زمینی یا راه آبی نباشد، آن‌را با چرخ‌بال (هلیکوپتر) از درون جنگل بالا می‌کشند.

فصل بریدن درخت برای تاب چوب یکسان است. درخت را بیش‌تر در فصل پاییز می‌برند که شیره‌ی آن کم است. در فصل بهار و آغاز تابستان که شیره‌ی درخت زیاد است، قارچ‌ها و انگل‌ها به درخت بریده یورش می‌برند و به چوب آن آسیب می‌رسانند. پس از بریدن درخت بهتر است پوست آن را نکنند تا انگل‌ها زیر پوست آن جا نگیرند و به چوب آسیب نرسانند. تنه‌ی درخت پوست‌کنده را نباید در آفتاب گذاشت، زیرا یک پهلوی آن خشک شده، جمع می‌شود و پهلوی دیگر آن ترک می‌خورد ؛ پس باید دور تا دور تنه‌ی درخت یکنواخت خشک شود.

تنه‌ی درخت هنگام خشک‌شدن معمولاً دو نوع ترک می‌خورد : نخست، «از بیرون به درون». این نوع ترک هنگامی است که یک طرف تنه‌اش خشک شود. دوم، «از درون به بیرون». این نوع ترک به‌چشم نمی‌آید. برای جلوگیری از آن می‌توان دو سر بریده‌ی تنه‌ی درخت را گِل مالی کرده یا

با کیسه‌ی پلاستیکی پوشانید تا آب درخت زود از دست نرود و از درون به بیرون ترک نخورد. افزون بر این دو نوع ترک، درخت در تند بادها از درون هم ترک می‌خورد. انواع ترک‌خوردگی در شکل ۲ــ۶ دیده می‌شود.

۳ــ۱ــ۶ــ بریدن الوار و تخته: تنه‌ی درخت را به شکل چوب چهارتراش یا الوار یا تخته، با اره‌ی دستی، موتوری یا برقی، یا اره‌های تسمه‌ای و صفحه‌ای می‌برند. اره‌ها به گونه‌ی تکی یا گروهی، شاغولی یا افقی کار می‌کنند. در جنگل‌های شمال ایران اغلب با تبر، الوار می‌تراشند که به نام «الوار تبری» معروف است.

ترک از درون به بیرون

ترک از بیرون به درون

ترک تند باد (برق‌زدگی)

شکل ۲ــ۶ــ انواع ترک‌خوردگی چوب

۴ــ۱ــ۶ــ خشک کردن چوب: چوب درخت‌های تازه بریده، تا ۲۰۰٪ وزن چوب خشک آن‌ها آب دارند. پیش از مصرف کردن، باید آب چوب را گرفت و آن‌را خشک کرد. در چوب تَر دونوع آب وجود دارد : «آب نم» و «آب آزاد». تا ۳۰٪ از آب درون چوب، آب نم است که در بدنه‌ی

تارهای چوب نفوذ کرده است. نزدیک به ۳۰٪ از بیش‌ترین آب درون چوب، آب آزاد است که در جاهای خالی درون چوب جا دارد. آب درون چوب را به وزن چوب خشک می‌سنجند :

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

آب درون چوب درخت‌های پهن‌برگ از ۱۵ تا ۱۳۰٪ و آب درون چوب درخت‌های سوزنی برگ از ۴۰ تا ۱۷۰٪ وزن چوب خشک آن‌ها، اندازه‌گیری شده است. چوب‌های خشک شده‌ی بازاری تا ۲۰٪ وزن خود، چوب‌های نیم‌خشک ۲۰ تا ۳۰٪ وزنشان و چوب‌های تَر بیش از ۳۰٪ وزن خود آب دارند.

در ساختمان باید چوب خشک مصرف شود. چوب نیم‌خشک باید در جایی مصرف شود که با گذشت زمان خشک شود. در ساختن تونل‌ها و جایی که فشار زمین را نتوان پیش‌بینی کرد از گرده چوب‌تر استفاده می‌کنند ؛ بدین منظور که تا حدی متأثر از فشار زمین بوده، اندکی خم شود، بی‌آن‌که بشکند.

برای خشک‌کردن طبیعی چوب چهار تراش و الوار و تخته، آن‌ها را در مکان‌های سرپوشیده‌ای می‌خوابانند که دور آن باز و زمینش خشک بوده، هوا در آن جریان داشته باشد تا بدین‌ترتیب، کم‌کم خشک شود و آب درون چوب به کم‌تر از ۲۰٪ وزن خشک آن برسد. این کار در چوب‌های سست یک تا دو سال و در چوب‌های سخت سه تا چهار سال به درازا می‌کشد.

امروزه چوب را در گرم‌خانه خشک می‌کنند. چوب سست را یک تا دو روز و چوب سخت را سه تا چهار روز در گرم‌خانه می‌خوابانند تا خشک شوند و آب درون چوب تا حدود ۱۰٪ وزن خشک آن کاهش یابد. در گرم‌خانه که گرمابندی شده است نم به درون آن نمی‌رسد. گرمای درون گرم‌خانه ۶۰ تا ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است که در آن، هوا با تندی نزدیک به دو متر در ثانیه دمیده می‌شود. هوای دمیده‌شده، بخار آبِ برخاسته از چوب را می‌گیرد و نمناک می‌شود ؛ سپس هوای نمناک را به بیرون انتقال می‌دهند. اگر چوب در گرمای ۱۰۰ درجه خشک شود، قارچ‌ها، انگل‌ها و حشره‌های درون چوب هم نابود می‌شوند ؛ هم‌چنین اَنگم چوب بیرون می‌زند و نَم در تمام چوب یکسان پخش می‌شود.

۵ ــ ۱ــ ۶ــ کار کردن چوب: چوبی که در هوا خشک شده است، در جای نمناک آب می‌مکد و باد می‌کند و در جای گرم خشک نم‌پس می‌دهد. چوبی که چند روز زیر باران مانده و آب مکیده باشد، خشک شدن آن ماه‌ها به درازا می‌کشد.

در فلات خشک ایران، در و پنجره‌هایی که با چوب جنگلی خام ساخته می‌شوند، در زمستان نَم می‌کشند و باد می‌کنند و سخت باز و بسته می‌شوند. برای روان کردن در و پنجره لبه‌ی آن‌ها را رنده می‌کنند. در تابستان پس از خشک‌شدن جمع می‌شوند و درز میان لنگه‌ی درها یا لنگه‌ی پنجره‌ها با هم‌دیگر و با چارچوب باز می‌ماند. برای جلوگیری از این امر در و پنجره‌ها را در صورتی‌که با چوب خام بسازند «قابلمه» می‌سازند تا چوب‌جای کار کردن داشته باشد.

۶ــ۱ــ۶ــ عیب‌های چوب: بسیاری از معایب چوب به علت بد روییدن درخت است که از آن‌جمله‌اند :

پیچ‌خوردگی درخت: درخت‌های کنار جنگل یا درخت‌هایی که تنها یک طرفشان شاخه دارد، وزش باد آن‌ها را می‌پیچاند و درخت‌ها به شکل مارپیچی می‌رویند. لبه‌های الوار و تخته‌ی چنین درخت‌هایی پس از خشک‌شدن با هم متنافر می‌شوند.

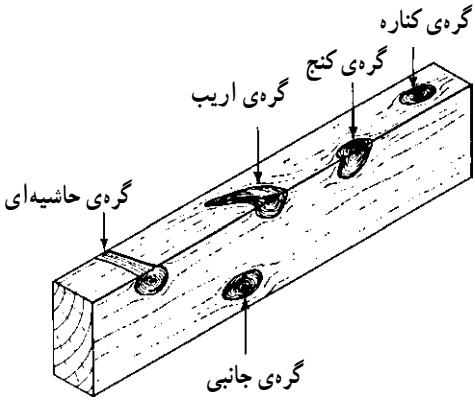
روییدن درخت در یک طرف: در نقاطی که باد از یک سو می‌وزد، درخت‌ها در جهت وزش باد و به یک سو می‌رویند. در جهتی که باد می‌وزد، چوب درخت سست می‌شود و دایره‌های عمر درخت از یک‌دیگر دورتر می‌شود، اما در سوی دیگر، چوب درخت سفت می‌گردد و دایره‌های عمر درخت به یک‌دیگر نزدیک‌تر می‌شود. چوب چنین درختی پس از خشک‌شدن تاب برمی‌دارد.

چندگانه روییدن درخت: درختی را که از روی خاک ببرند پاجوش می‌زند. پاجوش‌ها کم‌کم کلفت می‌شوند و به یک‌دیگر می‌چسبند و به شکل یک درخت درمی‌آیند. چوب چنین درختی «هم‌جور» کار نمی‌کند.

پرشاخه بودن درخت: بن شاخه‌ها هرگاه در تنه‌ی درخت باقی بمانند و درخت روی آن‌ها بروید، مانند جسم بیگانه در چوب به‌شمار می‌آیند. بن شاخه‌ها را با مته از جا درمی‌آورند و به جایشان با چسب یا میخ چوبی می‌کوبند. تخته‌هایی که بن شاخه‌ی زیاد دارند، در آرایش دیوارهای درون سرسرا و اتاق استفاده می‌شوند ؛ بی‌آن‌که بن شاخه‌ها را بیرون آورند.

گره‌ی درخت: در تکه‌هایی از تنه‌ی درخت که تارهای چوبی، موازی هم‌دیگر نروییده باشند، گره پیدا می‌شود. گره در چوب‌های ساختمانی نوعی عیب به‌شمار می‌آید، زیرا وجود گره باعث می‌شود چوب «هم‌جور» کار نکند. گره‌ی چوب سخت درکارهای آرایش به‌خصوص در مبل‌سازی مصرف می‌شود،زیرا درصورت پرداخت، لاک‌الکل خورده‌ی آن زیبا جلوه می‌کند. در شکل ۳ــ۶ انواع گره‌ی چوب مشاهده می‌شود.

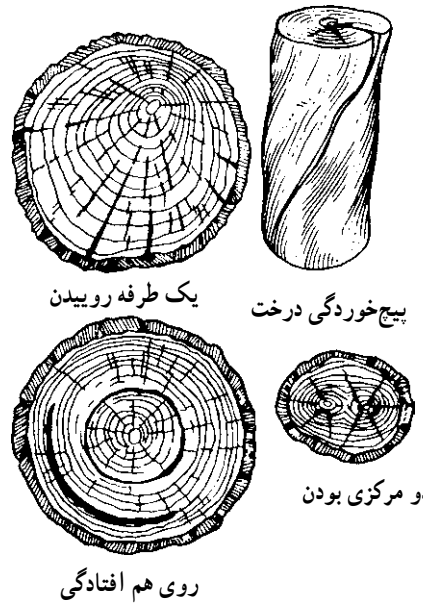
ترک‌های حلقه‌ای در تنه‌ی درخت: اگر در هنگام وزش طوفان و تندباد، درخت بیش از



شکل ۳ــ۶ــ انواع گره‌ی چوب

اندازه خم شود دایره‌های عمر آن روی هم‌دیگر سُر می‌خورند و از هم جدا می‌شوند ؛ هم‌چنین هرگاه پس از بریدن درخت ــ هنگامی که درخت بر زمین می‌افتد ــ تنه‌ی آن کوفته شود و دایره‌های عمر آن از یک‌دیگر جدا گردد، درمیان دایره‌های ازهم جدا شده‌ی درخت شیره‌ی درخت جمع می‌شود و در سرما یخ می‌زند ؛ درنتیجه در تنه‌ی درخت ترک‌های حلقه‌ای پیدا می‌شود.

الوار چنین درختی پس از خشک‌شدن در قسمت این ترک‌ها از هم‌دیگر جدا می‌شود و از این‌رو قابلیت کاربرد ندارد. در شکل ۴ــ۶ معایب چوب نشان داده می‌شود.



شکل ۴ــ۶ــ معایب چوب

ناخوشی‌های چوب: این عارضه بیش‌تر با نم‌کشیدن چوب پیدا می‌شود. چوب اگر در زیر آب یا همیشه در هوای خشک بماند زیاد دوام می‌کند. هوای نمناک به‌ویژه کم و زیاد شدن نَم هوا به چوب آسیب می‌رساند. اگر چوب گاهی زیر آب و گاه در هوا بماند، زود خراب می‌شود. برای نمونه، شمع‌های چوبی اسکله‌ها و دیوارهای بندری که هنگام جذر و مدّ دریا گاهی زیر آب و گاهی در هوا می‌مانند، زودتر از تکه‌های دیگر چوب که همیشه در هوا یا زیر آب هستند خراب می‌شوند. در جای نمناک چوب کفک می‌زند (چوب قارچ می‌گذارد) و خراب می‌شود.

موریانه، در زمین‌های خاک رسی نمناک زندگی می‌کند. موریانه چوب سفید و سست را می‌خورد اما نمی‌تواند به چوب‌های سخت و صمغی خللی وارد سازد. برای جلوگیری از آسیب‌رساندن موریانه، باید چوب سفید را با قیر آبکی یا قطران اندود کرد یا روی سر و ته چوب سفید را که درون دیوار، کار گذاشته می‌شوند دوغاب گچ ریخت یا آن‌ها را روسوز کرد.

کرم چوب، در بعضی مناطق از جمله کناره‌های دریای خزر، چوب سخت خام را هم می‌جود ؛ برای جلوگیری از آن باید چوب را پیش از مصرف کردن عمل آورد.

۷ــ۱ــ۶ــ بهتر کردن جنس چوب: برای زیاد کردن دوام و تاب چوب، پایدارکردن چوب، یکسان نگاه داشتن شکل چوب، زیبا کردن نمای چوب و همانند آن این‌گونه عمل می‌کنند :

۱ــ چوب چارتراش، الوار و تخته را درهم می‌فشرند تا وزن فضایی آن‌ها به $۱/۴۵ t/m^3$ برسد و حجمشان تا ۵۰٪ حجم نفشرده‌ی آن‌ها کاهش یابد. تاب و سختی چوب درهم فشرده تا دو برابر افزایش می‌یابد. در ایران، با درهم فشردن چوب‌های سفید مانند کبوده و تبریزی، می‌توان جنس آن‌ها را بهتر کرده به‌جای چوب سخت به‌کار برد.

۲ــ با پختن یا بخار دادن چوب چارتراش و الوار، تاب خمشی آن‌ها در دنبال تارهایشان افزایش می‌یابد و مقاومت آن‌ها بیش‌تر می‌شود. برای خم‌کردن تخته‌ها آن را می‌پزند یا بخار می‌دهند تا نرم شوند. تخته‌ی نرم‌شده را خم می‌کنند و سپس آن را می‌بندند. پس از سرد شدن تخته به حال خمیده باقی می‌ماند.

۳ــ در ایران، پایه‌های چوبی سیم‌های خبررسانی را روسوز می‌کردند تا پس از قراردادن آن‌ها در زمین نپوسند و موریانه آن‌ها را نخورد.

۴ــ چوب‌های ساختمانی را در برابر نَم‌کشیدن، کفک زدن، موریانه یا کرم و نظایر آن حفظ می‌نمایند. برای این کار روی چوب را اندود می‌کنند. روی در و پنجره و چارچوب آن‌ها و هم‌چنین چوب‌های روی دیوارهای درونی بناها، لاک و الکل یا رنگ روغنی می‌مالند که در پی آن الکل و روغن پوسته‌ای از لاک یا رنگ ریزه سوراخ‌های سطح چوب را پُر می‌کنند و سطح چوب را

می‌پوشانند. بدین ترتیب، از نَم کشیدن و باد کردن چوب جلوگیری می‌شود.

۵ ــ تیرهای چوبی سقف و پایه‌های چوبی سیم‌های خبررسانی را با قیر آبکی یا قطران اندود می‌کنند یا آن‌که آن‌ها را در حوضی از قیر آبکی یا قطران می‌خوابانند تا چسبنده‌ی سیاه، کمی در بدنه‌ی آن‌ها نشت کرده ریزه سوراخ‌های سطح چوب را پر کند. این کار سبب جلوگیری از نَم کشیدن چوب می‌شود.

۶ــ تراورس‌های چوبی راه‌آهن، شمع‌های چوبی اسکله‌ها و سکوهای بندری، پایه‌های چوبی سیم‌های خبررسانی و مانند این‌ها را تزریق می‌کنند. به این‌صورت که تیرها و الوارها را در دیگ فولادی گذاشته در آن‌را می‌بندند ؛ سپس هوا و شیره‌ی درون آن‌ها را می‌مکند و به‌جای آن، با فشار قیر آبکی یا قطران یا تانالیت یا جسم شیمیایی دیگر تزریق می‌کنند تا پایداری چوب در برابر پدیده‌های جوّی و نشت کردن آب زیاد شود.

تراورس‌های چوب جنگلی اندود شده، نزدیک به دوازده سال و تراورس‌های تزریق‌شده نزدیک به بیست و پنج سال زیر ریل راه‌آهن ایران دوام داشته‌اند.

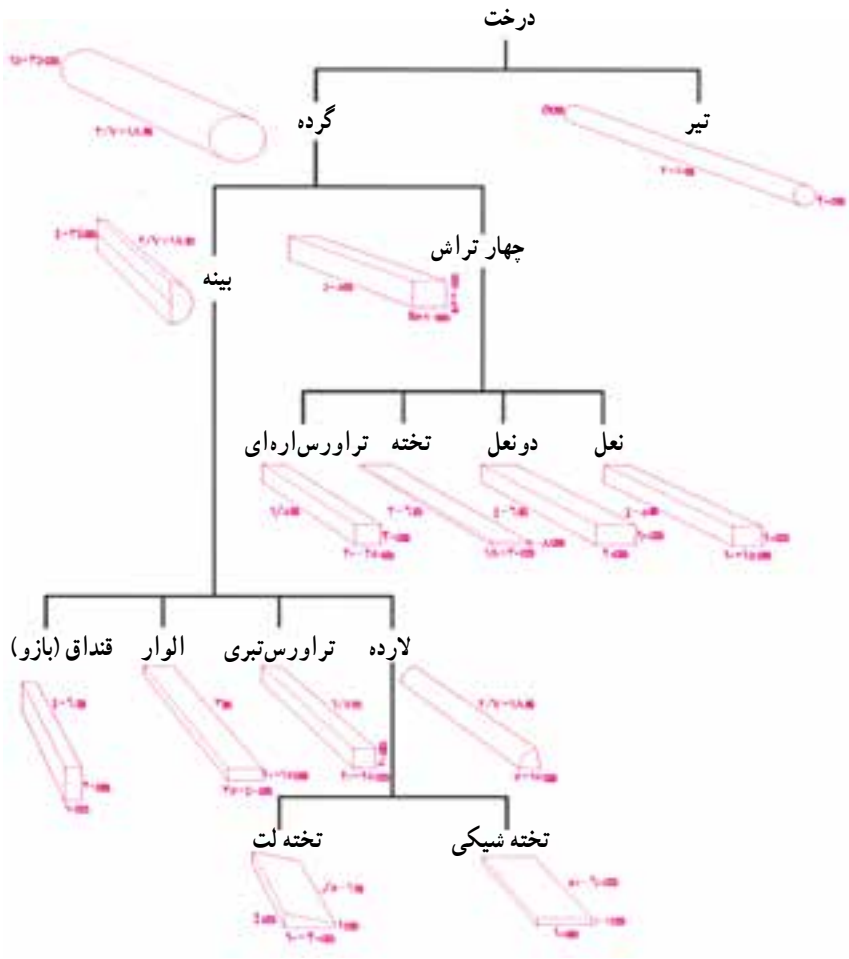
۷ــ برای آن‌که چرخ‌های قطار راه‌آهن روی ریل فنری بغلتد، گِرده چوب تبریزی یا کبوده را به شکل الوار چارتراش می‌برند و آن را با تزریق‌کردن (مانند اشباع تراورس) عمل می‌آورند. الوار چارتراش تزریق شده را به کلفتی ۱۰ میلی‌متر می‌برند و تخته‌های تزریق‌شده را زیر فشار $۱۰N / mm^۲$ درهم می‌فشارند تا ضخامت آن‌ها به ۶ میلی‌متر کاهش یابد.

تخته‌های تزریق‌شده و درهم فشرده را به تکه‌های کوچک می‌برند و در زیر ریل و روی تراورس جا می‌گذارند، تا چرخ روی ریل فنری بغلتد.

۸ ــ ۱ــ۶ــ چوب‌های ساختمانی: در ساختمان، چوب به شکل گِرد، الوار، چارتراش و تخته مصرف می‌شود. چوب‌ها با توان باربری زیاد، میانه و کم، گروه‌بندی شده‌اند.

چوب‌های سنگینی مانند چوب انجیر جنگل‌های آستارا که از آب سنگین‌تر است، برای شمع کوبی و سپرکوبی در کارهای دریایی و زیرآبی مصرف می‌شوند. در شکل ۵ــ۶ انواع مقاطع چوبی مشاهده می‌شود.

۹ــ ۱ــ۶ــ چوب‌های ساختگی: با گران شدن چوب، کارشناسان ناگزیر شدند از خرده‌ی چوب، پوشال، خاک اره و گیاهان، «تخته‌فنری»، «الوار چارتراش» و «تخته پوک» بسازند.

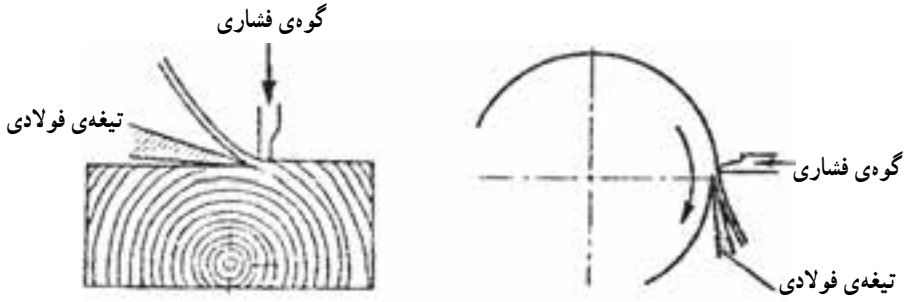


شکل ۵ــ۶ــ انواع مقاطع چوبی

۱۰ــ۱ــ۶ــ تخته فنری: در کارهای آرایشی درون بنا، در ساختن در، مبل و صندوقه‌ی بتن، تخته‌فنری مصرف می‌شود. تخته فنری را به دو گونه می‌سازند :

الف) گرده چوب را بخار می‌دهند و عمل می‌آورند ؛ سپس آن را به شکل برگ می‌برند. برگ‌های چوبی را در «سه‌لایه»، «پنج‌لایه» ، «هفت لایه» و «نه لایه» زیر فشار ۷۰ تا ۲۰۰ بار روی هم می‌چسبانند به‌گونه‌ای که تارهای چوب هر لایه بر تارهای لایه‌ی دیگر عمود باشند. این تخته‌ها که تخته‌ی سه‌لایی، پنج‌لایی و ... نام دارند فنری هستند و به‌خوبی خم می‌شوند ؛ کم‌تر نم می‌کشند و کار نمی‌کنند. یعنی تغییر شکل نمی‌دهند (شکل۶ــ۶).

تخته فنری‌های ممتاز را زیر فشار ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ بار به هم می‌چسبانند.



شکل ۶ــ۶ــ ساختن تخته‌ی چند لایی

در ساختن تخته‌ی چند لایی، چوب‌های نامرغوب را در لایه‌های میانی و چوب‌های مرغوب و نقش‌دار را در دو روی تخته می‌چسبانند.

ب) از خرده چوب، پوشال، خاک‌اره و چوب‌های ساخته شده از گیاهان (مانند تفاله‌ی ساقه‌ی نیشکر کارخانه‌ی قند) تخته‌ی فنری ساخته می‌شود. به این ترتیب که آن‌ها را پس از خشک کردن آسیاب می‌کنند. آن‌گاه خاکه چوب خشک را با ۸٪ وزن آن با چسب انگمی اندود کرده در یک یا چند لایه روی صفحه‌ی فولادی تخت و زیر فشار شکل می‌دهند. تخته‌ی شکل‌گرفته را چند روز به حال داغ پرس می‌کنند تا عمل آید. سپس آن‌را می‌سایند ؛ آن‌گاه به اندازه می‌برند و دسته می‌کنند. به این نوع تخته‌ی فنری در ایران «فیبر» می‌گویند. فیبر سخت و بادوام است ؛ نم نمی‌کشد، باد نمی‌کند و جمع نمی‌شود. فیبر را به کلفتی ۵ تا ۸ میلی‌متر و به وزن ۰/۸۷ تا ۱/۳۵ تن بر مترمکعب می‌سازند. تاب کشش تخته‌ی فنری ۷ تا ۲۱ و تاب فشاری آن‌ها ۱۴ تا ۲۸ N/mm^2 است.

۱۱ــ۱ــ۶ــ تخته‌ی پوک: از خرده چوب یا از چوبی که با گیاه ساخته شده، به روش خشک، نیم‌خشک و یا بیش‌تر به روشِ «تَر» ساخته می‌شود. با ساییدن چوب یا پختن شیمیایی آن تار چوب می‌سازند. تارهای چوب را در آب شناورکرده آن‌را آبکش می‌کنند تا نمدی از تار چوب به‌جا ماند. این نمد را بی‌درنگ خشک کرده به شکل تخته درمی‌آید. آن‌گاه وزن فضایی آن را بیش از ۰/۳۸ تن بر متر مکعب است. برای عایق‌بندی صدا به‌کار می‌برند. نمد تار چوب ته‌نشسته در آب‌کش را به حال گرم پرس می‌کنند تا وزن فضایی آن به ۰/۸۵ تن بر متر مکعب برسد. روی تخته‌های پوک ساخته شده با تار چوب، روکش چوبی خوش‌نما می‌چسبانند و برای روکوبی مبل، در آرایش داخلی ساختمان و تیغه‌بندی مصرف می‌کنند. برای آن‌که این تخته نَم نکشد، روی آن‌ها را با پلاستیک شفّاف اندود می‌کنند. این تخته‌ها را با روغن یا قیر تزریق می‌کنند که نَم نکشد و

پس از سخت کردن، آن‌ها را در فرش کف و ساختن صندوقه‌ی بتن نما مصرف می‌کنند. روی تخته‌های سخت شده را لعاب می‌کشند و به‌جای کاشی در آب‌ریزگاه به مصرف می‌رسانند. با تار چوب و پوشال چوب تخته‌ی پوک برای ساختن در، عایق‌بندی حرارتی و برودتی و عایق‌بندی صدا، استفاده می‌کنند. روی تخته‌های پوکی که در ساختن در و آرایش داخلی مصرف می‌شوند، روکش چوب خوش‌نما مانند گردو و زیتون می‌چسبانند. با تار چوب و دوغاب گچ یا دوغاب سیمان، تخته‌های سبک می‌سازند و در ساختمان برای عایق‌بندی حرارتی و صوتی و نظایر آن استفاده می‌کنند.

از چوب‌های سخت خوش‌نما مانند گردو و زیتون، «پارکت» می‌سازند و روی تخته‌های سختِ فرش‌شده در کف می‌چسبانند. دوام تخته‌های ساخته شده با تار یا پوشال چوب به جنس چوب و چسب آن بستگی دارد. این تخته‌ها پس از نم کشیدن چوب نمی‌توانند وَرَم کنند، بلکه در آن‌ها تنش برشی پیدا می‌شود ؛ از این رو باید در چسب آن‌ها آب نشت نکرده آن‌را نرم و در خود حل نکند. چسب‌هایی که در ساختن تخته‌های پوک مصرف می‌شوند، از جنس **Formal dehyd H.COH** انگمی هستند.

با چسباندن تخته‌های کلفت و نازک و دراز و کوتاه به هم‌دیگر، الوار چارتراشی برای ستون تیر و خرپا ساخته می‌شود. این الوارهای به‌هم چسبیده عیب‌های الوارهای چوب طبیعی را ندارند و به اندازه‌ی بزرگ و موردنظر نیز ساخته می‌شوند.

۱۲ــ۱ــ۶ــ ویژگی‌های چوب‌های ساختمان

وزن چوب: وزن ویژه‌ی چوب ۱/۵۵ و وزن فضایی آن ۰/۱ تا ۱/۳ تن بر مترمکعب است. وزن فضایی چوب‌ها گویای تاب، برجهندگی و سختی آن‌هاست و یک اندازه نیستند. وزن فضایی چوب‌های یک درخت هم یکسان نیستند. برای مثال، چوب بهاره سبک‌تر از چوب پاییزه است. وزن فضایی چوب‌های ساختمانی که در هوا خشک شده‌اند و نزدیک به ۱۲٪ وزنشان آب داشته باشند ۰/۴۶ تا ۰/۷۱ تن بر مترمکعب اندازه‌گیری شده است.

تاب و برجهندگی چوب: تاب هر چوب به آب درون آن بستگی دارد. چوبی که ۵٪ وزنش آب داشته باشد دارای بیش‌ترین تاب است. اگر تاب چوبی از ۱۵٪ وزنش آب داشته باشد برابر «یک» گرفته می‌شود. هرگاه آبش به ۴۰٪ افزایش یابد، تابش به ۶۰٪ کاهش می‌یابد. تاب چوب تزریق‌شده ۱۰ تا ۲۵٪ زیادتر از همان چوب است که تزریق نشده باشد.

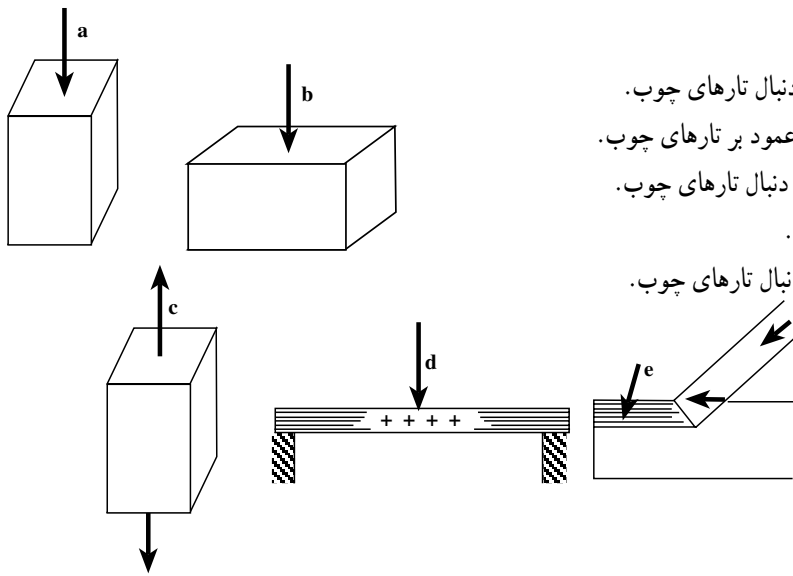
تاب و برجهندگی چوب نسبت به وزنش زیاد است و با زیاد شدن وزن فضایی چوب افزایش

می‌یابد. تاب کششی چوب دنبال تارهایش تا ۱۰ برابر عمود بر تارهای آن است. تاب کششی چوب در امتداد تارهایش ۶۰ تا ۲۰۰ و تاب فشاری آن ۳۰ تا ۸۰ N/mm^2 است. تاب خمشی چوب نسبت به وزن فضایی آن زیاد است. تاب برشی چوب در امتداد تارهایش ۳ تا ۱۵ N/mm^2 و عمود بر تارهایش کم‌تر است. هرچه وزن فضایی چوب بیش‌تر باشد تاب آن نیز زیادتر است؛ هم‌چنین هرچه چوب نمناک‌تر شود، تاب آن کاهش می‌یابد. با بارگذاری همیشگی به چوب و با گذشت زمان تاب چوب کم می‌شود. ضریب برجهندگی چوب ۷۰۰۰ تا ۱۷۰۰۰ N/mm^2 است.

به چوب‌های ساختمانی، بسته به جنس و چگونگی عمل آوردن آن‌ها می‌توان به اندازه‌های یادشده بار گذاشت:

چوب‌های سوزنی برگ	تخته‌های چوب سوزنی‌برگ به‌هم چسبیده		
خمشی	۷ تا ۱۳	۱۱ تا ۱۴	N/mm^2
کششی، در امتداد تارها	تا ۱۰/۵	۸/۵ تا ۱۰/۵	N/mm^2
فشاری، در امتداد تارها	۶ تا ۱۱	۸/۵ تا ۱۱	N/mm^2
برشی، در امتداد تارها	تا ۰/۹	تا ۱/۲	N/mm^2
فشاری، عمود بر تارها	۲ تا ۲/۵	۲ تا ۲/۵	N/mm^2

a : فشار دنبال تارهای چوب.
b : فشار عمود بر تارهای چوب.
c : کشش دنبال تارهای چوب.
d : خمش.
e : برش دنبال تارهای چوب.



شکل ۷ــ۶ــ ظرفیت باربری چوب

۱۳ــ۱ــ۶ــ مزایا و معایب چوب ساختمانی: چوب سبک است، کارکردن با آن آسان است، صدا و گرما گذرانی چوب کم است. ضریب گرماگذرانی چوب $0/06 kcal/mh^{\circ}C$ تا ۰/۲۸ است (درحالی که ضریب گرماگذرانی آلومینیم ۱۴۰۰، آهن ۳۵۰، آجر ۴ تا ۵ و آب ۴ است). گرماگذرانی چوب، دنبال تارهایش دوبرابر عمود بر تارهایش است و با زیاد شدن وزن فضایی و نمناکی چوب افزایش می‌یابد.

پس از پرداخت کردن و رنگ‌الکلی زدن روی چوب سخت، نمای زیبا پیدا می‌کند که می‌توان آن را روی تخته‌های فنری، ورق‌های برنجی یا آلومینیمی چسباند و برای آرایش دیوارهای داخلی ساختمان مصرف کرد.

چوب در برابر پدیده‌های آب و هوا پایدار نیست. بدین‌صورت که نم می‌کشد ؛ باد می‌کند و در گرما، خشک و جمع می‌شود و اگر اندازه‌ی جمع شدنش زیاد باشد ترک می‌خورد. چوب در برابر آفت‌ها (قارچ، موریانه و حشره) پایدار نیست. چوب زود آتش می‌گیرد و درگرمای ۲۷۵ درجه خود به‌خود می‌سوزد. ساییده‌شدن چوب به سختی آن بستگی دارد. در جدول ۱ــ۶ بعضی گونه‌های درخت و کاربرد آن‌ها(سخت چوب‌ها) دیده می‌شود.

چوب از زمان باستان در ایران به صورت مصالح ساختمانی در بخش‌های مختلف ساختمان‌ها به‌کار می‌رفته است. آسمانه (سقف) اتاق‌های بزرگ در شوش و تخت‌جمشید از سیستم تیرهای چوبی برخوردار بوده است. این تیرها به اندازه‌های ۲۵×۱۸ سانتی‌متر روی ستون‌های سنگی و یا چوبی قرار داشته است.

در زمان هخامنشیان چوب سدر در ساختمان قصرهای شوش و تخت‌جمشید، در سایر کاخ‌ها به عنوان ستون و تیر به‌کار رفته است.

چوب بلوت که چنین می‌نماید که همان چوب یاکا است، دارای ویژگی‌های فیزیکی عالی، دوام و سختی زیاد است و چنین پیداست که در پایه‌ی ستون‌های کاخ‌های هخامنشی به‌کار می‌رفته است. در کتیبه‌ی شوش داریوش در ساختن شوش به هر دو گونه‌ی چوب یعنی سدر (cedar) و بلوت (yaka) اشاره شده است : «... چوب سدر که به‌کار رفته از جایی آورده‌اند که کوه لبنان نامیده می‌شود. آشوریان این چوب را از لبنان تا بابل آوردند. چوب یاکا از گندار (قندهار) و کرمان آورده شد ...»

در دوره‌ی ساسانیان (۶۵۱ ــ ۲۲۱م) قوس‌ها و سقف‌های قوسی شکل دارای مهارهای چوبی از چوب سدر بوده که برای خنثی کردن نیروی رانشی سقف‌های قوسی به‌کار برده می‌شده است. در دوره‌های اسلامی نیز کاربرد چوب و چوب‌کاری ادامه و توسعه یافت. در ساختمان‌های دوره‌ی ساسانی و اسلامی و دیگر دوره‌ها از تیرهای چوبی برای کلاف‌کشی درساختمان‌ها نیز سود می‌برده‌اند. تیرهای آسمانه‌ی بیش‌تر مسجدها و ستون‌ها و درهای آن‌ها از چوب ساخته می‌شده است. آرایش‌های چوبی نیز در بخش‌های گونه‌گون مسجدها و ساختمان‌ها به‌کار رفته است. مقدسی جغرافی‌دان اسلامی چنین گفته است که ری دارای اهمیت صادراتی از نظر محصولات چوبی بوده و این محصولات از چوب‌های تبرستان ساخته می‌شده‌اند. اهمیت کار چوبی و استاد کار چوب به‌اندازه‌ای بوده که معمولاً نام آن در آثار چوبی به‌جای گذاشته می‌شده است. یکی از انواع دیگر چوب که برای ساختن اجزاء ساختمانی چون در و پنجره‌ها و ستون‌ها در ایران معمول بوده و از آن در سده‌ی دهم هجری یاد شده است، چوب چنار بوده است.

۲ــ۶ــ شیشه

شیشه ماده‌ای است بی‌رنگ، شفاف، سوگذران، شکننده و با سختی حدود ۶/۵ که در ساختن ظروف، اشیای زینتی، آیینه و در و پنجره‌ی ساختمان به‌کار می‌رود.

در ساختمان‌ها شیشه‌ی جام ساختمانی برای عبور نور و در عین‌حال به‌منظور جلوگیری از تأثیر عوامل جوی به داخل ساختمان به‌کار می‌رود. مواد اولیه‌ی شیشه‌های جام ساختمانی که عمدتاً از نوع سیلیس، آهکی و سودایی هستند عبارت‌اند از : ماسه‌ی سیلیسی، مواد گدازآور آهکی و سودایی.

شیشه‌سازی دارای چهار مرحله‌ی عمده است :

الف) ذوب، ب) شکل دادن، ج) باز پخت یا تاباندن و د) پرداخت.

در مرحله‌ی ذوب، مواد اولیه را به‌صورت گرد نرمی درمی‌آورند و به اندازه‌ی معینی با یک‌دیگر می‌آمیزند ؛ سپس در کوره‌ی شیشه‌سازی آن‌ها را ذوب می‌کنند و معمولاً قدری خرده‌شیشه نیز در کوره می‌ریزند.

در مرحله‌ی شکل‌دادن، شیشه‌های جام ساختمانی را به صورت نوار ممتد پیوسته‌ای از کوره بیرون می‌کشند و به گونه‌ی «شاغولی» (در چاه) و افقی (در کانال) از میان غلتک‌هایی عبور داده آن را به‌تدریج سرد می‌کنند.

جدول ۱ــ۶ــ بعضی گونه‌های درخت و کاربرد آن‌ها (سخت‌چوب‌ها)

	نام چوب	وزن	رنگ و بافت	مقاومت	کاربرد
سخت چوب	توسکا	سبک	توسکای قرمز از سفید به صورتی کمرنگ مایل به قهوه‌ای تغییر می‌کند	مقاومت کم و نرمی متوسط	اثاثیه رنگ شده و کابینت‌سازی
	زبان گنجشک	سنگین	رنگ روشن ــ رگه‌های آشکار	مقاومت بالا	برای نازک‌کاری بسیار عالی، دسته کالا و لوازم ورزشی، پانل‌ها و تزیینات داخلی
	زیرفون	متوسط	مغز آن قهوه‌ای روشن و چوب آن تقریباً سفید ــ بافت ساده و نرم	نرم است	ایده‌آل برای تخته‌های نقاشی و کابینت‌سازی
	راش	متوسط	رنگ چوب مایل به قرمز است	سخت، محکم و بادوام	اثاثیه،کف‌سازی،نازک‌کاری‌های داخلی
	غان (توس)	سنگین	زرد و قرمز بافت مناسب	سختی، استحکام و مقاومت مناسب	کابینت و درسازی
	گیلاس	سنگین	قهوه‌ای قرمز ــ دارای بافت مناسب با نقش‌های زیبا و باشکوه	محکم، چگال و قوی	مبلمان
	نارون قرمز	سنگین	زرد عسلی ــ بافت ملایم	متوسط	نازک‌کاری‌های رنگی طبیعی را به‌خوبی به خود می‌گیرد.
	افرا	سنگین	قرمز و سفید	سخت،چگال و بادوام با مقاومت بسیار بالا	اثاثیه،کف‌پوش‌ها،پله‌های عبوری و درها و نرده‌ها
	بلوط	سنگین	قرمز و سفید	سخت، قوم و محکم	تیرها و ستون‌های ساختمان، پارکت، نرده، پانل، اثاثیه
	سپیدار	سنگین	مرکز آن قهوه‌ای مایل به زرد چوب آن سفید تیره است. بافت نرم	نرم است	پانل‌های چسبنده،تزیینات داخلی کابینت‌سازی
	گردو	سنگین	مغز آن قهوه‌ای تیره با کنتراست زیاد است و چوب آن روشن‌تر است، گردو با برش مسطح وشیوه‌های‌دیگر، نقش‌های بسیار زیبایی می‌آفریند.	سخت و بادوام	انواع مختلفی دارد و به‌خاطر زیبایی بافت و رگه‌های آن برای خلق و اجرای آثار معماری بی‌نظیر است. اثاثیه، پارکت، نرده، در و پنجره و روکش

در مرحله‌ی «عمل»، باز پخت یا تاباندن در محفظه‌ای به نام «گرم‌خانه» انجام می‌شود.

در مرحله‌ی «پرداخت» شیشه را به‌طول‌های دل‌خواه می‌برند و پس از بازرسی و پیرایش آن‌ها را به اندازه‌ی نهایی درآورده، بسته‌بندی می‌کنند و به بازار مصرف می‌فرستند.

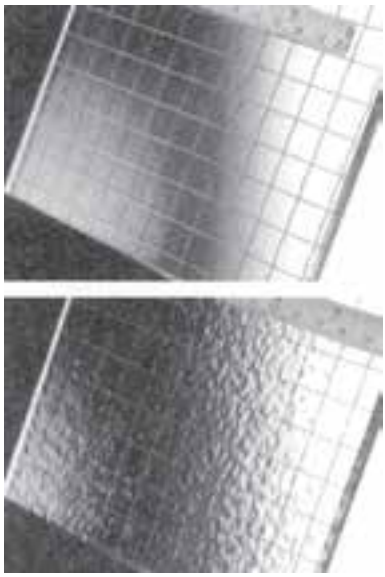
شیشه‌ی تخت را به روش ریختنی یا خروج از قالب شکل می‌دهند و پس از سرد کردن تدریجی و تاباندن آن‌را می‌سایند و سطح آن‌را پرداخت می‌کنند.

تولید شیشه‌ی شناور در سال‌های اخیر در حال گسترش است. در این روش شیشه‌ی مناسب پس از خروج از کوره به‌صورت نوار افقی ممتدی به روی قلع مذاب عبور داده شده در عین‌حال ناهمواری‌های سطح روی شیشه به وسیله‌ی شعله مرتفع می‌شود.

سطح قلع مذاب و سطح روی شیشه در اثر نیروی وزن، همواره افقی هستند، درنتیجه، دو سطح شیشه‌ی تولیدی به این روش کاملاً موازی بوده ضخامت شیشه در همه‌جای آن یک‌نواخت است. شیشه پس از شکل‌گرفتن و عبور از گرم‌خانه تابانده می‌شود و پس از برش، بازرسی، اندازه‌کردن و بسته‌بندی به بازار عرضه می‌گردد.

شیشه به دو صورت «ساده» و «گل‌دار» در رنگ‌های متنوع و به‌صورت منعکس‌کننده (نیم آیینه) تولید می‌شود. برای ساختن شیشه‌ی گل‌دار از غلتک‌های برجسته و نقش‌دار استفاده می‌کنند. رنگ شیشه‌های رنگی ممکن است در تمام ضخامت یا به‌صورت سطحی باشد یا به روش الکتروشیمیایی درعمق بسیار کمی از سطح شیشه به‌صورت لایه‌ی نازکی قرار گیرد. در شیشه‌های منعکس کننده (رفلکسی) مواد فلزی براق به روش اخیر در شیشه قرار می‌دهند. برخی از رنگ‌ها گرماگیر هستند و در فصل گرما کاهش ورود گرما را ازطریق شیشه‌های رنگی به داخل ساختمان سبب می‌شوند و در نتیجه منجر به کاهش بار برودتی دستگاه‌های تهویه می‌گردند. افزون بر شیشه‌های شفاف ساده، شیشه‌های کدر (تار)، شیری و مات نیز ساخته می‌شوند. برخی از شیشه‌ها را با عملیات حرارتی یعنی گرم کردن تا حد سرخ شدن و سرد کردن ناگهانی یا با عملیات شیمیایی می‌تنند. شیشه‌ی تنیده از شیشه‌ی جام معمولی ساخته می‌شود، اما در برابر فشار، ضربه و شوک حرارتی دارای استحکام بیش‌تری است. درصورت شکستن به شکل دانه‌های نخودی درمی‌آیند ؛ از این‌رو آن‌را «شیشه‌ی‌ایمنی» می‌نامند، زیرا برخلاف شیشه‌های معمولی دارای لبه‌های تیز نمی‌شوند. شیشه‌ی ایمنی را نمی‌توان برید، سایید، تراشید و سوراخ کرد ؛ براین اساس، قبل از تنیدن باید این قبیل عملیات روی آن انجام شود. گاهی برای استحکام‌بخشیدن به شیشه‌ی معمولی در برابر خمش، ضربه و جلوگیری از ریزش قطعات آن هنگام شکستن و آتش‌سوزی ــ با قراردادن تور سیمی درمیان شیشه ــ آن‌را «مسلح»

می‌سازند (شکل ۸ــ۶). برخی از شیشه‌ها در دو یا چند لایه ساخته می‌شود و بین آن‌ها لایه‌ای از مواد پلاستیکی شفاف قرار می‌گیرد. این قبیل شیشه‌ها به هنگام شکستن خرد می‌شود، اما قطعات آن نمی‌ریزد. بلوک شیشه‌ای را یا ازطریق «دَمِشی» همانند بطری‌سازی به شکل توخالی قالب می‌زنند یا با جوش‌دادن لبه‌ی دو قطعه نیم‌بلوک توگود و پرس کردن آن‌ها به یک‌دیگر می‌سازند. بلوک‌های شیشه‌ای در انواع ساده و تزیینی ساخته شده برای گذراندن نور از آن‌ها بهره‌گیری می‌شود.



شکل ۸ــ۶ــ شیشه‌های مسلح

بلوک‌ها در عین‌حال عایق حرارتی و صوتی نیز هستند. ابعاد بلوک‌های شیشه‌ای معمولاً ۲۰×۲۰ یا ۳۰×۳۰ سانتی‌متر و ضخامت آن‌ها ۱۰ سانتی‌متر است. (شکل ۹ــ۶)

شیشه‌های عایق حرارتی و صوتی از دو یا چند لایه ساخته می‌شوند و لبه‌ی آن‌ها دور تا دور جوش داده می‌شود. کاشی یا آجر شیشه‌ای نوعی بلوک شیشه‌ای توپر است که به روش پرس کردن خمیر شیشه در قالب به شکل ساده یا گل‌دار ــ به ابعاد ۲۰×۲۰ یا ۱۲/۵×۱۲/۵ و ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر ــ ساخته می‌شود. آجر و بلوک شیشه‌ای برای رساندن نور از بام به داخل ساختمان‌ها و نورگیری زیر زمین‌ها به‌کار می‌رود. این شیشه‌ها را می‌توان برید؛ تراشید؛ سوراخ کرد و با گرم کردن خم نمود و جوش داد. بریدن، تراشیدن و سوراخ کردن شیشه با ابزار سخت (نوک الماسه) صورت می‌گیرد.

شکل ۹ــ۶ــ انواع بلوک شیشه‌ای

شیشه‌های خم شوی پلاستیکی از جنس شیشه‌های سیلیکاتی نیستند و در این بخش از آن‌ها بحث نخواهد شد.

شیشه‌های مات رنگی از تنیدن شیشه جام و پختن یک لایه رنگ مات بر روی آن به رنگ‌های متنوع تولید می‌شوند و برای ساختن دیوارهای جداکننده و در نماسازی ساختمان به‌کار می‌روند.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

۱ــ۲ــ۶ــ شیشه‌های جام: شیشه‌های جام مصرفی باید نو، کاملاً صاف، شفاف، بی‌رنگ، عاری از موج و فاقد حباب هوا و یا هر نوع عیب دیگری نظیر لب‌پریدگی، لب برآمدگی، ناخنک، ترک، خراش، لکه، دودزدگی و خم باشد.

ضخامت شیشه باید در تمام سطح یک‌نواخت بوده و صافی و یک‌نواختی ضخامت آن به‌گونه‌ای باشد که اگر از زاویه‌ی ۶۰ درجه از پشت شیشه به جسمی نگاه شود که در فاصله‌ی یک‌متری آن قرار دارد، آن جسم کج و معوج به‌نظر نرسد. شیشه باید قابلیت رنگ‌آمیزی داشته باشد و خاصیت ارتجاعی و انعطاف‌پذیری خود را حفظ کند. شیشه باید در برابر عوامل جوّی و هوازدگی پایدار باشد و پس از گذشت زمان کدر نشود.

۲ــ۲ــ۶ــ شیشه‌های ایمنی: شیشه‌های ایمنی مصرفی باید از شیشه‌های جام تهیه گردد که کیفیّت آن‌ها مطابق استاندارد ایران باشد. شیشه‌های ایمنی ممکن است رنگی، بی‌رنگ، شفاف یا نیمه‌شفاف باشد. از لب‌پریدگی‌های کوچک تا ۱۳ میلی‌متری لبه‌ی شیشه‌ها می‌توان صرف‌نظر نمود، اما وجود هرگونه خراش و ترک در شیشه‌ی ایمنی ممنوع است.

۳ــ۲ــ۶ــ مصالح نصب: برای نصب شیشه باید از مصالحی بسته به مصرف خاص استفاده نمود که از آن‌جمله است : بتانه (زاموسقه)، مواد پلاستیکی و لاستیکی، نوار پلاستیکی و لاستیکی دور شیشه، پیچ، میخ و زه‌وارهای مصرفی برای نصب شیشه‌ها.

این مواد و مصالح باید از نوع مرغوب و موردقبول باشد. مصالح نصب باید از دوام کافی برخوردار بوده و در برابر عوامل جوی، به‌ویژه آفتاب پایدار باشند و ویژگی‌های خود را تا مدت درازی حفظ کنند.

۴ــ۲ــ۶ــ حمل و نقل و بارگیری: بارگیری، حمل و باراندازی انواع شیشه باید با دقت صورت گیرد. جام شیشه باید با پوشال محکم بسته‌بندی شده در جعبه‌های چوبی مقاوم قرار داده شوند. بین هر دو جام باید برگ‌های کاغذی یا مشابه آن گذارده شود تا از تماس سطوح شیشه جلوگیری گردد. روی جعبه‌های محتوی شیشه باید مشخصات شیشه، شامل : نام کارخانه‌ی سازنده،

ضخامت، ابعاد، تعداد و سایر ویژگی‌های آن نوشته شود.

از تمدن ایلامی که در سرزمین خوزستان در قرن سیزدهم پیش از میلاد درخشید و از زیگورات چغازنبیل بطری‌های شیشه‌ای و نیز لوله‌های خمیر شیشه‌ای به‌طور ۷۵ سانتی‌متر و قطر خارجی ۳/۷۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ۳/۱۰ سانتی‌متر به‌دست آمده است. این لوله‌ها از مارپیچی‌های شیشه مات ساخته شده و گویا در شبکه‌ی پنجره‌ها به‌کار رفته بوده است در یکی از درهای زیگورات چغازنبیل موزائیک‌های شیشه‌ای سفید و سیاه نیز قرار داده شده بوده است.

از دوران هخامنشی نیز در تخت جمشید آوندهای شیشه‌ای و پشت‌نما به‌دست آمده است. چنین پیداست که صنعت شیشه‌سازی در زمان اشکانیان نیز رواج خوبی داشت.

در دوره‌ی ساسانیان نیز صنعت شیشه‌سازی و ساختن آوندهای شیشه‌ای رواج زیادی یافت. نشانه‌هایی از آن دوران به‌دست آمده است که نشان‌دهنده‌ی تکامل این صنعت در آن زمان است. در این دوره آوندهای شیشه‌ای با چرخ برش داده شده و آرایش می‌شد. و چنین پیداست که از زمان ساسانیان نوعی **چرخ برش** در ایران اختراع شده است. احتمال دارد که بین این ابداع و برش شیشه و کیفیت شیشه‌های ساسانی رابطه‌ای وجود داشته باشد. یکی از نمونه‌های ظروف شیشه‌ای این دوره پیمانه‌ی خسرو اول پادشاه ساسانی است که در موزه‌ی بی‌بلیوتک پاریس نگهداری می‌شود.

در اوائل دوران اسلامی صنعت شیشه‌گری مانند سایر حرفه‌ها از سنت‌های ساسانی پیروی نمود. از سده‌های اول تا سوم هجری آثاری از اشیاء شیشه‌ای در ری و سامره یافت شده است. در دوره‌های اسلامی ساختن ظروف شیشه‌ای از راه دمیدن انجام می‌گرفت. شیشه‌ی مذاب که در انتهای لوله قرارداشت به‌وسیله دمنده دمیده می‌شد تا آن‌که شکل کلی آن پدیدار می‌گشت. نام‌گذاری **شیشه‌ی جام** بر روی این نوع شیشه‌ها از روش دمیدن و فرم دادن به محصول جامی شکل ریشه گرفته است.

۳ــ۶ــ چسباننده‌ها

چسباننده‌ها را می‌توان به دو نوع عمده تقسیم کرد : «چسباننده‌های سیاه» و «چسباننده‌های رزینی یا شیمیایی».

۱ــ۳ــ۶ــ چسباننده‌های سیاه: چسباننده‌های سیاه شامل مواد قیری و قطرانی هستند.

قیر: قیر جسمی است به رنگ سیاه مایل به قهوه‌ای و چسباننده که از مقداری هیدروکربور ساخته شده است. برخی از هیدروکربورهای قیر دارای گوگرد، اکسیژن و ازت هستند. قیر در دمای عادی جامد است و بر اثر گرما نرم و روان می‌شود. قیر در روغن‌های معدنی و حلّال‌هایی مانند سولفورکربن حل می‌شود. امروزه دو نوع قیر معدنی و نفتی در ساختمان مصرف می‌شود.

قطران: هنگامی که موادی آلی مانند چوب، زغال‌سنگ، تورب (شاخه و برگ که تبدیل به خاک می‌شود) و نظایر آن‌ها را در ظروف سربسته و دور از هوا حرارت دهند از آن‌ها گازهایی برمی‌خیزد. از سرد کردن این گازها قطران خام حاصل می‌شود. در اثر پالایش و تقطیر قطران خام، مواد فرّار آن خارج شده و جسم جامد یا نیمه‌جامدی از آن برجای می‌ماند که «زفت قطران» نامیده می‌شود.

ویژگی‌های عمومی چسبانندەهای سیاه عبارت‌اند از :

۱ــ نفوذ ناپذیر بودن در برابر رطوبت آب

۲ــ عایق بودن الکتریکی

۳ــ پایدار بودن در برابر اسیدها، بازها و نمک‌ها

۴ــ قابلیت ارتجاع و چسبندگی به سایر مصالح و تشکیل قشر نازک بر روی آن‌ها.

معایب چسبانندەهای سیاه

۱ــ تجزیه شدن در گرمای زیاد و تبدیل آن‌ها به زغال همراه با اشتعال

۲ــ از دست دادن چسبندگی آن‌ها در محیط‌های مرطوب و آلوده به خاک و مواد نرم

۳ــ تغییر شکل دادن در برابر فشار و برخی حلّال‌ها.

۲ــ۳ــ۶ــ انواع چسبانندەهای سیاه

قیر معدنی و روغن‌های نفتی: قیر معدنی و روغن‌های نفت خامی که از زمین می‌جوشد، مواد آن به مرور زمان ــ در برابر عوامل جوی و در گرمای کم ــ ازدست می‌رود و قیر آن برجای می‌ماند که به آن «قیر معدنی» گفته می‌شود. قیرهای معدنی خالص نیستند و بیش‌تر آمیخته با اجسام معدنی مانند خاک رس کلوئیدی، خاکستر آتش‌فشانی، گوگرد و بقایای گیاهی هستند. برای پالایش قیرهای معدنی آن‌ها را تا حدود ۱۶۰ درجه گرم کرده سپس صاف می‌کنند.

قیرهای خالص: قیرهای خالص از پالایش نفت خام به‌دست می‌آید. در اثر حرارت دادن نفت خام، موادی چون بنزین، حلّال‌های نفتی، نفت چراغ، نفت گاز و سایر روغن‌های سبک آن در برج‌های تقطیر پالایشگاه جدا شده در گرمای بیش از ۳۸۰ درجه (در فشار عادی) قیر آن برجای می‌ماند که

به‌صورت جامد یا نیمه جامد است. در مقایسه‌ی قیرهای معدنی و قیرهای خالص، تفاوت‌هایی وجود دارد که اهم آن‌ها بدین شرح است :

۱ــ قیرهای نفتی گوگرد کم‌تری دارند.

۲ــ قیرهای معدنی حاوی مواد معدنی و خاکستر هستند. در حالی‌که قیرهای نفتی خالص‌ترند.

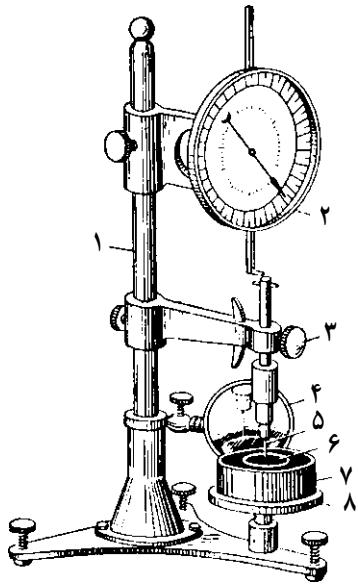
۳ــ روغن قیرهای خالص بیش‌تر از قیرهای معدنی است.

۴ــ شماره‌ی اسیدی، استری و صابونی شدن قیر نفتی کم‌تر از قیر معدنی است.

۵ــ پارافین قیر معدنی کم‌تر از قیرهای نفتی خالص است.

قیرها به‌طور عام براساس درجه‌ی نفوذ، درجه‌ی کشسانی و درجه‌ی نرمی شناسایی می‌شوند.

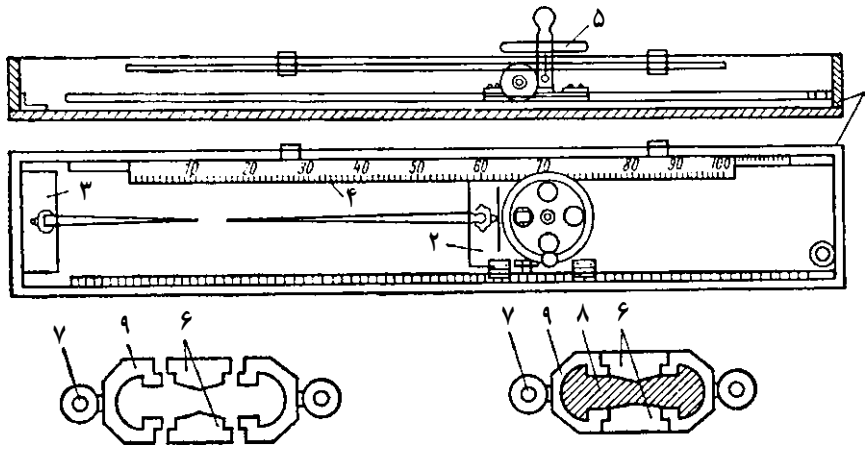
درجه‌ی نفوذ: درجه‌ی نفوذ، میزان فرو رفتن سوزنی با مشخصات معین تحت وزن یک‌صد گرم نیرو در مدت ۵ ثانیه در نمونه‌ی قیر در دو حرارت صفر و ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱۰ــ۶) این ویژگی به‌صورت درجه نمایش داده می‌شود.



۱ــ میله‌ی نگاهدارنده
۲ــ صفحه‌ی مدرج
۳ــ پیچ نگاهدارنده
۴ــ آیینه
۵ــ سوزن
۶ــ نمونه‌ی قیر
۷ــ ظرف آب
۸ــ جدول درجه‌ی نفوذ قیر

شکل ۱۰ــ۶ــ تعیین درجه‌ی نفوذ قیر

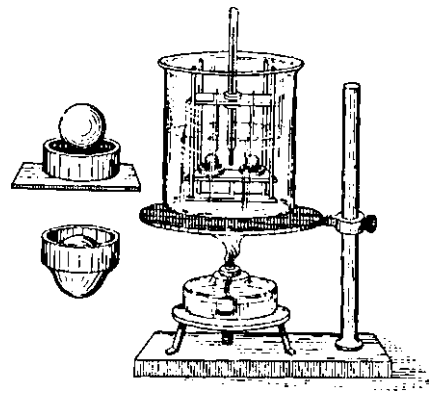
درجه‌ی کشسانی: عبارت است از خاصیت خمیری و کشیده شدن نمونه‌ی قیر با دستگاه مخصوص در درجه‌ی حرارت ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌سرعت کشیدن نمونه برابر ۵ سانتی‌متر در دقیقه است. در این دستگاه (شکل ۱۱ــ۶) طولی که نمونه کشیده می‌شود تا حد پارگی اندازه‌گیری می‌شود.



۱ــ جعبه ۲ــ گیره‌ی متحرک ۳ــ گیره‌ی ثابت ۴ــ درجه‌بندی ۵ــ چرخ لنگر ۶و۷و۹ــ قطعات نگاهدارنده‌ی نمونه ۸ــ نمونه‌ی قیر

شکل ۱۱ــ۶ــ تعیین درجه‌ی کشسانی قیر

درجه‌ی نرمی: مقدار گرمایی است که در آن گلوله‌ای فلزی با وزن معین از لایه‌ی قیر آزمایشگاهی به ضخامت معین بگذرد (شکل ۱۲ــ۶).



شکل ۱۲ــ۶ــ تعیین درجه‌ی نرمی قیر

معمولاً قیرها را براساس دو عدد شناسایی می‌کنند، مثلاً قیر ۸۵/۲۵ که در آن عدد سمت راست درجه‌ی نفوذ و عدد سمت چپ درجه نرمی قیر است. در اقلیم گرم قیر با درجه‌ی نفوذ کم و درجه‌ی نرمی بالا و در اقلیم سرد قیر با درجه‌ی نفوذ بیشتر و درجه‌ی نرمی کمتر کاربرد دارد.

قیرهای خالص با درجه‌ی نفوذ نام‌گذاری شده‌اند که بدین قرارند :

قیرهای خالص با درجه‌ی نفوذ ۲۰/۱۰، ۳۰/۲۰، ۴۰/۳۰، ۵۰/۴۰ و ۷۰/۶۰ که با دمیدن هوا در قیرهای نرم‌تر به‌دست می‌آید.

قیرهای خالص با درجه‌ی نفوذ ۵۰/۴۰، ۷۰/۶۰، ۱۰۰/۸۰، ۱۲۰/۱۰۰، ۱۵۰/۱۳۰، ۲۰۰/۱۸۰، ۲۵۰/۲۲۰، ۳۲۰/۲۸۰ را از راه تقطیر نفت خام در خلأ می‌سازند.

در ایران قیرهای ۵۰/۴۰، ۷۰/۶۰ و ۱۰۰/۸۰ بیش‌تر در راه‌سازی و قیر ۷۰/۶۰ در آب‌بندی بام در نواحی معتدل به مصرف می‌رسد.

در پالایشگاه‌های ایران دو نوع قیر اکسیدی، R۸۰/۲۵ و R۹۰/۱۵ ساخته می‌شود. (اعداد کوچک یعنی «۲۵» و «۱۵» درجه‌ی نفوذ و اعداد بزرگ یعنی «۸۰» و «۹۰» درجه نرمی قیر را مشخص می‌کند.)

قیرهای محلول یا پس بریده: قیرهای محلول از حل‌کردن قیر خالص در روغن‌های معدنی به‌دست می‌آید. جنس قیر محلول به نوع قیر خالص و حلّال بستگی دارد. هرچه حلّال زودتر بپرد، قیر محلول زودگیرتر و هر اندازه مقدار حلّال بیش‌تر شود، قیر آبکی‌تر خواهد بود. مقدار حلّال، حداقل ۱۰٪ وزن قیر خالص است. «روغن راه» نوعی قیر محلول است که از حل کردن قیرخالص در روغن‌های سنگینی مانند نفت کوره ساخته می‌شود.

قیرهای محلول آبکی را به‌صورت سرد و قیرهای سفت را با اندکی گرم‌کردن استفاده می‌کنند. درصورت گرم کردن، درجه، گرمای قیرهای محلول باید کم‌تر از درجه‌ی اشتعال حلّال آن‌ها باشد. قیرهای محلول را در ساختن رویه‌های سیاهِ راه در هوای سرد و خشک، نیز اندود آب‌بندی و اندودهای سطحی و نفوذی راه به‌کار می‌برند.

قیرهای محلول را براساس زمان گرفتنشان گروه‌بندی و به این شرح نام‌گذاری کرده‌اند :

الف) قیرهای محلول زودگیر ؛ که از حل‌کردن قیرخالص در بنزین ساخته می‌شود.

ب) قیرهای محلول کندگیر ؛ که از حل کردن قیر خالص در نفت چراغ به‌دست می‌آید.

ج)قیرهای محلول دیرگیر ؛ که از حل کردن قیر خالص در نفت گاز یا نفت کوره حاصل می‌شود.

هریک از انواع این قیرهای محلول بسته به مقدار حلّالشان به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند و حروف اختصاری مندرج در بندهای ۱ و ۲ و ۳ از ابتدای کلمات انگلیسی روبروی هر بند گرفته شده است.

۱ــ قیرهای زودگیر از RC_0 تا RC_5 Rapidcuring

۲ــ قیرهای کندگیر از MC_0 تا MC_5 Mediumcuring

۳ــ قیرهای دیرگیر از SC_{0} تا SC_{6} Slowcuring

امروزه تقسیم‌بندی نوین جانشین تقسیم‌بندی مذکور شده است که بستگی به کندروانی (ویسکوزیته) قیر دارد.

۳ــ۳ــ۶ــ امولسیون‌های قیر: امولسیون‌های قیر مخلوطی از دانه‌های خیلی ریز (گلبول) قیر و آب به رنگ قهوه‌ای بوده که ریزی دانه‌های قیر حدود ۱ تا ۱۰ میکرون است. برای جلوگیری از چسبیدن گلبول‌های قیر به یکدیگر آن‌ها را با ماده‌ای به نام «امولگاتر» اندود کرده‌اند. بسته به نوع امولگاتر، امولسیون‌ها را به «کاتیونی»، «آنیونی» و «کلوئیدی» تقسیم کرده‌اند. از نظر پایداری، امولسیون‌ها به سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند :

الف) امولسیون‌های زودشکن

ب) امولسیون‌های کند شکن

ج) امولسیون‌های دیر شکن

از امولسیون‌های قیر برای اندود کردن سنگ‌دانه‌های تر و خشک، پایدار کردن خاک و ساختن شفته و خشت قیری، اندود کردن ماسه‌های ریزدانه و جلوگیری از روان شدن ماسه‌های روان در هر آب و هوایی استفاده می‌کنند ؛ هم‌چنین آن را برای پی و رویه‌ی راه نیز به‌کار می‌برند.

برای مصارف مختلف، چسباننده‌هایی باید انتخاب شوند که شرح آن در جدول ۲ــ۶ آمده است :

۴ــ۳ــ۶ــ چسباننده‌های رزینی یا شیمیایی: این چسباننده‌ها با استفاده از مواد شیمیایی ساخته شده برای هر کار مشخص و معینی به‌کار می‌رود.

برای نصب پارکت، موکت، وینیل تایل، کاشی لعابی و مانند آن‌ها از این‌گونه چسب‌ها استفاده می‌شود. ابتدا سطح کار را آماده نموده پس از کشیدن و مالیدن، چسب مناسب کار قطعات موردنظر را به چسب آماده شده می‌چسبانند. در نقاط مرطوب باید چسب ضد رطوبت مصرف شود. جدول ۳ــ۶ چسب‌های متناسب با کارهای مختلف را نشان می‌دهد.

حمل و نقل و نگه‌داری

بارگیری، حمل و باراندازی مصالح مورد مصرف در پوشش کف‌ها، بدنه‌ها و سقف‌ها باید با دقت صورت گیرد و انواع گوناگون مصالح باید جداگانه دسته‌بندی و انبار شوند. مصالح پوشش باید در مکان‌های تمیز و سرپوشیده نگه‌داری شده از آلودگی آن‌ها با خاک، مواد مضر، رطوبت، یخ و برف جلوگیری شود.

جدول ۲ــ۶ــ مصارف مختلف چسباننده‌های سیاه

شماره	محل مصرف	نوع قیر یا قطران مناسب	ملاحظات
۱	بتن آسفالتی گرم	قیرهای خالص ۴۰/۵۰، ۶۰/۷۰ و ۸۰/۱۰۰ (AC)	۱ــ درمناطقی که گرمای هوا در فصل تابستان در سایه حداکثر به ۵۰ درجه و بیش‌تر برسد باید از قیر خالص ۴۰/۵۰ استفاده شود. چنان‌چه حداکثر گرما به ۴۰ درجه برسد باید از قیر خالص ۶۰/۷۰ استفاده گردد و در صورتی‌که حداکثر گرما به ۳۰ درجه برسد باید قیر خالص ۸۰/۱۰۰ مصرف شود. ۲ــ در ساختن قیرهای محلول و امولسیون‌های قیر که قرار است در مناطق ذکر شده مصرف شوند از همان قیرهای خالص یادشده باید استفاده گردد. ۳ــ درمناطق گرم و خشک معمولاً از قیرهای خالص و در مناطق سرد و خشک از قیرهای محلول و در مناطق سرد و مرطوب از امولسیون استفاده می‌شود. ۴ــ قطران زغال و زفت آن به خاطر عدم تولید در حال حاضر درایران کاربرد ندارد.
۲	اندودهای سطحی و نفوذی راه	انواع قیر محلول (زودگیر، کندگیر و دیرگیر) (RC و MC و SC)	
۳	روکاری، لکه‌گیری روسازی، روسازی نفوذی و اندود روی بتن تازه (برای جلوگیری از تبخیر آب آن)	امولسیون زود شکن یا ناپایدار RS	
۴	اندود نرمه سنگ، ماکادام و اندود ریزدانه	امولسیون کند شکن یا پایدار MS	
۵	اندود سنگ‌های ریزدانه، آب‌بندی رویه‌های سیاه، شفته‌ی قیری، پایدار کردن خاک و ساختن خشت‌های قیری	امولسیون‌های دیر شکن یا پایدار SS	
۶	آب‌بندی و نم‌بندی با قیر و گونی	قیرهای خالص دمیده معدنی و مخلوط قیرهای خالص و معدنی	
۷	اندود قیری آب‌بندی و نم‌بندی	مانند ردیف قبل به اضافه قیرهای محلول و امولسیون‌ها	

ادامه‌ی جدول ۲ــ۶

۸	پوشش و آب‌بندی کف کانال‌ها و رنگ‌های ضد آب، اندودن لوله‌ها و پرکردن درزها و ترک‌خوردن رویه‌های بتنی و پر کردن زیر آن‌ها	قیرهای معدنی و دمیده با مخلوطی از آن‌ها با قیر خالص	
۹	لایه‌های آب‌بندی و نم‌بندی پیش ساخته (کاغذ، مقوا، مشمع و نمد اندود شده)	قطران زغال، قیرهای معدنی و دمیده یا مخلوطی از آن‌ها با قیر خالص به همراه مواد افزودنی ویژه	
۱۰	رویه‌های سیاه قطرانی	قطران و زِفت قطران	

جدول ۳ــ۶ــ چسب‌های ساختمانی مناسب برای کارهای مختلف

نوع چسب	شکل موجود در بازار	شرایط گیرش	اجسامی که برای چسباندن مناسبند	کیفیت چسبیدن	مقاومت چسب در برابر					ملاحظات
					سرما	گرما	نم	وارفتگی		
حیوانی	۱ــ جامد با گرم کردن مصرف می‌شود ۲ــ مایع	دمای عادی (دیرگیر)	چوب،چرم،کاغذ و پارچه	عالی	خوب	متوسط	ضعیف			به علت دیرگیر بودن فرصت کافی برای تنظیم درزها و اتصالات وجود دارد. مقاومت برشی آن با چوب تا حد ۹۲/۵ مگاپاسکال* می‌رسد.
آلبومین خون	پودر : با آب مخلوط می‌شود	دمای عادی با ۶۵ تا ۹۵ درجه	چرم و کاغذ چوب	خوب متوسط	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	ضعیف			مقاومت آن نسبت به سایر چسب‌های حیوانی به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کمتر است.
کازئین	پودر : با آب مخلوط می‌شود	۱/۵ تا ۲۱ درجه با کمی فشار	برای چوب و کاغذ مقاومت آن بیشتر است	خوب	متوسط	خوب	متوسط			توسط قارچ، کف و سایر ارگانیزم‌های چوب مورد حمله قرار می‌گیرد. در نقاطی که رطوبت زیاد با تر و خشک شدن پیاپی رخ دهد مناسب نیست.
نشاسته و دکسترین	۱ــ جامد : با آب مخلوط می‌شود ۲ــ مایع	دمای عادی	کاغذ و چرم چوب	خوب نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	ضعیف			مقاومت آن با چسب‌های حیوانی قابل مقایسه نیست.
قیری	۱ــ امولسیون ۲ــ پس‌بریده (محلول)	دمای عادی	برای کاغذ و بتن	خوب	خوب	ضعیف	خوب			ترموپلاستیک است. در ساختن فرآورده‌های لایه‌ای چوب و لایه‌های نم‌بندی مصرف می‌شود.
سلولزی	مایع (محلول در اتیل‌استات)	دمای عادی	کاغذ،چوب،شیشه و چرم	خوب	متوسط	متوسط	خوب			مقاومت برشی آن با چوب تا ۱۰/۸ مگاپاسکال رسیده است.
لاستیک کلره	معمولاً مایع (محلول در کتون)	دمای عادی	برای کاغذ چوب، شیشه و فلزات	خوب نسبتاً خوب	متوسط	متوسط	متوسط	ضعیف		

ادامه‌ی جدول ۳ــ۶

لاستیک طبیعی	امولسیون لاتکس یا محلول	دمای عادی	چرم و لاستیک چوب، سرامیک و شیشه	خوب نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	خوب	ضعیف	به صورت‌های ترموست و ترموپلاستیک یافت‌می‌شود. مقاومت برشی آن تا ۲/۷ مگاپاسکال می‌رسد.
لاستیک (نیتریل با بونان)	مایع	دمای عادی (در این دما بهتر می‌گیرد)	چوب،کاغذ،لعاب چینی و ورق پلی‌استر	خوب	خوب	خوب	عالی	نسبتاً خوب	نوع ترموست با مقاومت برشی تا ۲۱ مگاپاسکال مقاومت برشی تا ۴/۶ مگاپاسکال است.
رزین اوره فرمالدئید	۱ــ پودر (با آب مخلوط می‌شود) ۲ــ مایع(با سخت‌کننده‌مخلوط‌می‌شود)	برخی انواع در دمای عادی بعضی با گرم کردن	چوب و چرم و کاغذ	عالی	خوب	خوب	نسبتاً خوب	خوب	ترموست است مقاومت برشی آن تا ۲۱/۵ مگاپاسکال می‌رسد.
رزین‌های فنولی (و مشابه)	۱ــ جامد ۲ــ مایع	بعضی دمای عادی و برخی با پرس داغ	چوب و کاغذ (در محصولات لایه‌ای چوب مصرف می‌شود)	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	مقاومت برشی آن ۲۱/۵ مگاپاسکال می‌رسد، رزین‌های مشابه ترکیبی از فنل‌فرمالدئید، فنل‌رزورسینول یا رژورسینول هستند.
رزین‌های ملامین رزین ملامین فرم آلدئید	پودر (با کاتالیزور مخلوط می‌شود) پودر (با آب مخلوط می‌شود)	پرس داغ ۱۵۰ درجه دمای متوسط یا زیاد	چوب و کاغذ چوب و کاغذ	عالی عالی	عالی عالی	عالی عالی	عالی عالی	عالی عالی	ترموست هستند. ترموست هستند.
رزین‌های رسورسینول	مایع (با کاتالیزور مخلوط می‌شود)	بعضی دمای عادی برخی ۷۵	چوب و کاغذ	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	مقاومت برشی آن چوب تا ۱۵ مگاپاسکال می‌رسد. برای اتصالات آب‌بندی شده (واترپروف) مناسب است.

ادامه‌ی جدول ۳ــ۶

رزین‌های اپوکسی	مایع (با کاتالیزور مخلوط می‌شود)	با کاتالیست به مقدار معمولی پرس داغ ۲۰۰ با افزایش کاتالیست دمای عادی	چوب ، کاغذ، شیشه، فلزات ومصالح بنایی	عالی	عالی	عالی	متغیر بسته به نوع	متغیر بسته به نوع	جدیدترین نوع چسب و از همه جامع‌تر است. با آن ملات و بتن و انواع فرآورده‌های سیمانی می‌سازند. در روکش پل‌ها، تعمیرات قطعات بتنی پل‌ها، مهار کابل‌های پیش‌تنیده، اتصال قطعات بتنی پیش تنیده‌ی پل‌ها، اتصال آرماتور خارج از قطعه‌ی بتنی به بتن و در ساختن قطعات مرکب ساختمان (کمپوزیت) مصرف می‌شود.
رزین‌های پلی‌وینیل	معمولاً امولسیون	دمای عادی	چوب، کاغذ، وینیل و فلزات	خوب	نسبتاً خوب	خوب	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	مقاومت برشی آن با چوب تا ۷/۵ مگاپاسکال می‌رسد.
سیلیکات سدیم	مایع	برخی دمای عادی بعضی حدود ۹۵	برای شیشه و کاغذ چوب و فلز	عالی نسبتاً خوب	خوب	خوب	ضعیف	خوب	برای پوشش سطوح بتنی و سایر مصالح و حفظ آن‌ها از اثرهای جوی، ساختن زاموسقه دور شیشه و در ساختن فرآورده‌های چوبی مصرف می‌شود.

* هر مگاپاسکال حدوداً ده کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است

ارزش‌یابی فصل ششم

۱ــ معایب چوب را شرح دهید.

۲ــ محاسن چوب را بیان کنید.

۳ــ ناخوشی‌های چوب را توضیح دهید.

۴ــ انواع چوب‌های ساختمانی را نام ببرید.

۵ ــ مراحل ساخت شیشه را شرح دهید.

۶ــ نحوه‌ی تولید شیشه و روش‌های آن را توضیح دهید.

۷ــ خصوصیات قیر را برشمارید.

۸ ــ قیرهایی که در ساختمان مصرف دارد نام ببرید.

۹ــ امولسیون‌ها را شرح دهید.

۱۰ــ درجه‌ی نفوذ قیر را شرح دهید.

فصل هفتم

اندودها ،ملات‌ها و نگه‌دارنده‌های اندود

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ ویژگی‌های انواع اندود را شرح دهد.

۲ــ انواع ملات‌ها را شرح دهد.

۳ــ خصوصیات ملات‌های هوایی را توضیح دهد.

۴ــ محل مصرف ملات‌های آبی را شرح دهد.

۵ــ کاربرد اندودها را در ساختمان توضیح دهد.

۶ــ تفاوت اندودها وملات‌ها را شرح دهد.

۷ــ علت استفاده از نی‌های بافته شده را بیان کند.

۱ــ ۷ــ اندودها

معمولاً از اندودها برای ایجاد سطح صاف یا پوشش سطح زیرین استفاده می‌شود و برحسب مکان و مسایل سازه‌ای نوع آن مشخص می‌گردد.

انواع اندودها

اندود کاه و گل: خاک رس پس از اشباع شدن از آب، دیگر آب را از خود عبور نمی‌دهد. این خاصیت خاک رس سبب شده تا از آن برای اندود پشت بام در ساختمان‌های قدیمی استفاده کنند. برای جلوگیری از تَرَک خوردن گل به آن کاه اضافه می‌کنند.

اندود گچ و خاک : برای تهیه‌ی اندود گچ و خاک، پس از مخلوط کردن خاک رس و گچ به‌نسبت مساوی آن را در آب می‌پاشند و هم می‌زنند تا به خمیری شکل‌پذیر تبدیل شود.

اندود گچ و خاک را برای زیرسازی دیوارها قبل از سفیدکاری استفاده می‌کنند. از خاک‌رس در این اندود برای به تعویق انداختن گیرایی گچ و صرفه‌جویی در مصرف گچ استفاده می‌شود.

اندود ماسه و سیمان : پلاستر سیمانی یا اندود ماسه و سیمان را پس از مخلوط کردن سیمان و ماسه و اضافه نمودن آب تهیه می‌کنند. از اندود ماسه‌ی سیمان برای نماسازی ساختمان، حفاظت دیوارهای خارجی از عوامل جوّی یا برای زیر سازی به منظور اجرای لایه‌های ایزولاسیون استفاده می‌کنند.

سایر اندودها: اندودهای دیگری نظیر کنیتکس و رولکس به بازار آمده‌اند که اساس ماسه‌ی ریزدانه و گچ دارند و برای ایجاد رنگ‌های مختلف به آن رنگ‌دانه اضافه می‌کنند. از این اندودها برای پوشش نهایی در داخل ساختمان و عمدتاً در خارج ساختمان، استفاده می‌کنند. این اندودها از زیبایی خاصی نسبت به اندودهای دیگر برخوردار هستند. در سطوح صیقلی و به‌خصوص ایستاده، این اندود، دوام کمی دارد و می‌ریزد ؛ بنابراین برای اجرا و استحکام اندود از توری‌های سیمی (رابیتس) برای زیرسازی اندود استفاده می‌کنند تا اندود را در این سطوح نگه دارد.

۲ــ۷ــ ملات‌ها

انواع ملات‌ها : برای ساختن سازه‌های آجری و بلوکی از ملات و آجر یا بلوک استفاده می‌شود. برای ساختن سازه‌های آجری و بلوکی و مقاوم بودن آن‌ها باید چسبندگی و قفل و بست مناسب بین آجر و بلوک و ملات به‌وجود آید. مقاومت دیوارهای آجری و بلوکی و توانایی آن‌ها برای مقاومت در برابر نفوذ آب به مقاومت و کامل بودن قفل و بست ملات بستگی دارد. ملات در معرض هوا رطوبت خود را از دست می‌دهد ؛ از این‌رو باید به موقع استفاده شود. همه‌ی ملات باید در طی ۲ ساعت پس از مخلوط نمودن استفاده شود که این زمان نسبت به وضعیت درجه‌ی حرارت طبیعی متغیر است. بیش‌تر استانداردهای ساختمانی، چهار نوع ملات را برای استفاده به همراه آجر به‌رسمیّت می‌شناسد که هر یک به منظور خاصی به کار می‌روند :

ملات نوع M: این ملات برای مصارف عمومی مناسب است و مخصوصاً برای آجرچینی در زیرزمین و در مجاورت زمین کاربرد دارد. ملات نوع M شامل یک قسمت سیمان، $\frac{۱}{۴}$ قسمت آهک هیدراته شده و سه قسمت ماسه، یا یک قسمت سیمان و یک قسمت سیمان بنایی و شش قسمت ماسه است. (مقادیر به صورت حجمی بیان گردیده است.)

ملات نوع S : این ملات نیز مصارف عمومی دارد و استفاده از آن، هنگامی که مقاومت بالا در برابر نیروهای جانبی مورد نیاز است توصیه می‌گردد. این ملات شامل یک قسمت سیمان، $\frac{1}{2}$ قسمت آهک هیدراته شده و $4\frac{1}{2}$ قسمت ماسه ، یا $\frac{1}{2}$ قسمت سیمان و یک قسمت سیمان بنایی و $4\frac{1}{2}$ قسمت ماسه است.

ملات نوع N: این ملات برای دیوارهای روباز که در بالای سطح زمین قرار دارند مناسب است ؛ به‌ویژه برای دیوارهای خارجی که عوامل مخرب شدید وجود دارند، توصیه می‌گردد. این ملات شامل یک قسمت سیمان، یک قسمت آهک هیدراته شده و شش قسمت ماسه، یا یک قسمت سیمان بنایی و سه قسمت ماسه است.

ملات نوع O : این ملات برای دیوارهای باربر با اجزای صلب توصیه می‌گردد ؛ مشروط براین‌که تنش‌های فشاری از ۷ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع بیش‌تر نباشد و دیوار آجری در موقعیت مرطوب در معرض یخ‌زدن و آب شدن قرار نگیرد. این ملات شامل یک قسمت سیمان، دو قسمت آهک هیدراته شده و نه قسمت ماسه، یا یک قسمت سیمان بنایی و سه قسمت ماسه است.

به‌طورکلی ملات‌ها را به‌دو دسته‌ی عمده تقسیم می‌کنند :

الف) ملات‌های آبی که در مقابل رطوبت و آب محکم و سفت می‌شوند و چنان‌چه آب و رطوبت به آن‌ها نرسد، مقاومت خود را از دست می‌دهند. این ملات‌ها عبارت‌اند از :

ــ ملات خاک شنی با آهک، به نسبت ۱۵۰ کیلوگرم پودر یا خمیر آهک آب‌دیده در یک متر مکعب خاک شنی و آب.

ــ ملات ماسه و آهک، به نسبت ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم پودر یا خمیر آهک آب‌دیده در یک مترمکعب ماسه و آب.

ــ ملات ماسه و سیمان، به نسبت ۱۵۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم سیمان در مترمکعب ماسه و آب.

ــ ملات باتارد، که از اختلاط سیمان و آهک و ماسه و آب به‌دست می‌آید.

ــ ملات ساروج، که امروزه مرسوم نیست. این ملات از اختلاط خاکستر و آهک و خاک رس و مقداری لویی[1] و آب ساخته می‌شود.

ــ ملات گل حرام‌زاده، که امروزه مرسوم نیست و از مخلوط کردن آهک با گل رس و آب به‌دست می‌آید.

ب) ملات‌های هوایی که در مجاورت هوا خشک می‌شوند و خود را می‌گیرند، عبارت‌اند از :

۱ــ لویی از نی به دست می‌آید.

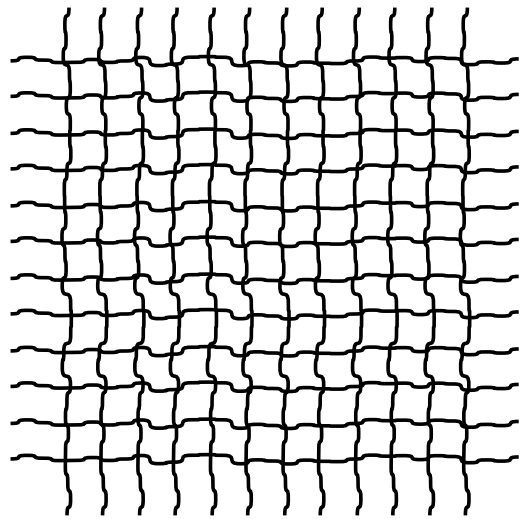
ملات کاه‌گل، ملات گچ و ملات گچ و خاک که قبلاً شرح آن‌ها آمده است.

ملات‌های ویژه: با افزودن مواد آب‌بندی‌کننده به مخلوط ملات‌ها می‌توان ملات‌های ویژه‌ای ساخت و از آن در نم‌بندی پی‌ها و سطوح قائمی که در معرض باران توأم با باد قرار می‌گیرند، نیز در کف و بدنه‌ی استخرها و منابع آب استفاده کرد. ملات‌های ویژه ممکن است از اختلاط ماسه ماده‌ی پرکننده و چسب‌های پلی‌مری ساخته شوند. باید توجه داشت که مصرف پاره‌ای از ملات‌های ویژه و روش‌های اجرایی آن‌ها نیاز به مطالعه، دقت و تخصص کافی دارد و بهتراست قبل از اجرا نمونه‌های آزمایشی آن‌ها ساخته شود که در صورت نتیجه‌ی مثبت از آن استفاده گردد.

۳ــ۷ــ نگه‌دارنده اندود

این نگه‌دارنده‌ها مصالحی هستند که برای نگه‌داشتن اندودهای مختلف به‌خصوص اندود گچ و خاک برای سقف‌های کاذب و اندود ماسه و سیمان برای سطوح مختلف از آن‌ها استفاده می‌شود. نگه‌دارنده‌ها عبارت‌اند از :

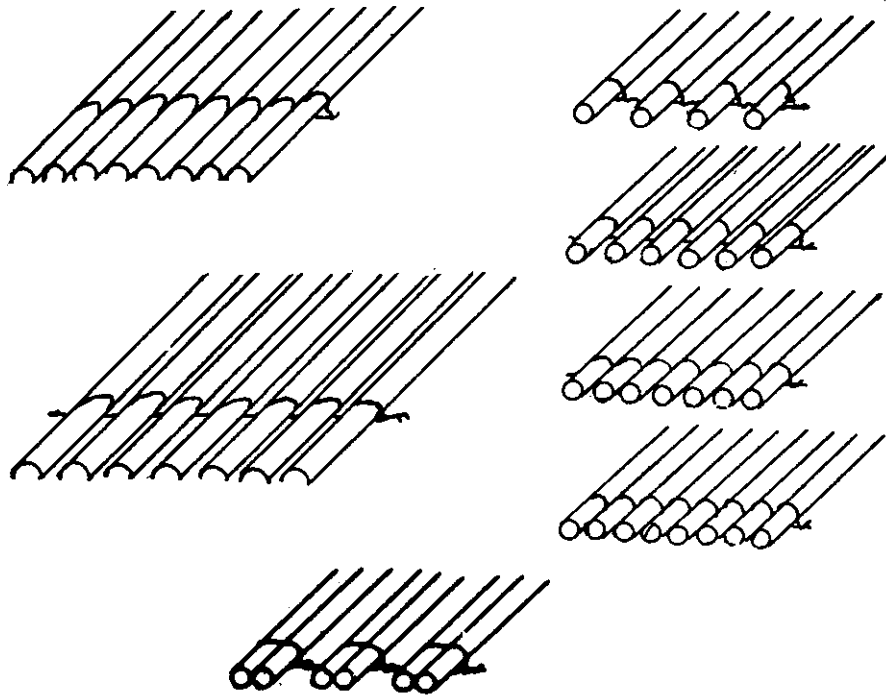
الف) توری سیمی یا توری مرغی که روی سطح موردنظر کشیده و نصب می‌شود و سپس اندودکاری صورت می‌گیرد. یکی از موارد ضروری استفاده از توری سیمی روی بال پایینی تیرآهن‌های مربوط به سقف‌های طاق ضربی است.(شکل ۱ــ۷)



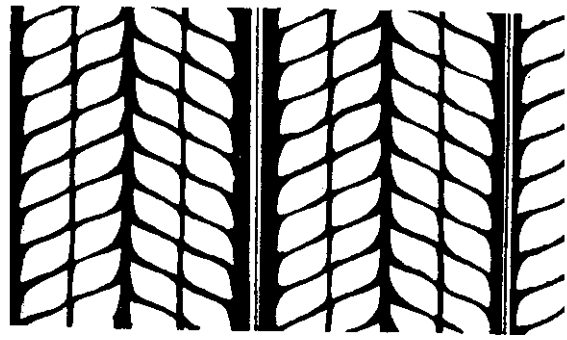
شکل ۱ــ۷ــ تور سیمی (تور مرغی)

ب) نی‌های بافته شده یکی دیگر از نگه‌دارنده‌های ملات است. (شکل ۲ــ۷)

ج) رابیتس (رابیتز) که یکی از بهترین نگه‌دارنده‌های اندودهاست. رابیتس به‌علت بافت خاصی که دارد ملات اندود را به‌خوبی در خود جای می‌دهد و آن را نگه می‌دارد. امروزه برای اجرای سقف‌های کاذب، قوس‌ها، دکوراسیون و سایر قسمت‌های ساختمان از آن استفاده می‌کنند. (شکل ۳ــ۷)



شکل ۲ــ۷ــ توفال (نی بافته شده)



شکل ۳ــ۷ــ رابیتس (رابیتز)

ارزش‌یابی فصل هفتم

۱ــ طرز ساخت اندودهای کاه‌گلی را شرح دهید.
۲ــ اندودهای جدید را توضیح دهید.
۳ــ اندودهای آبی را نام ببرید.
۴ــ طرز ساخت ملات‌های آهکی را توضیح دهید.
۵ــ طرز ساخت ملات باتارد را توضیح دهید.
۶ــ ملات نوع S چگونه ساخته می‌شود؟
۷ــ نگه‌دارنده‌های اندود را نام ببرید.

فصل هشتم

موزاییک، کاشی، سرامیک و پلاستیک

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ موزاییک را تعریف کند.

۲ــ طرز ساخت موزاییک را شرح دهد.

۳ــ محل مصرف موزاییک را بیان کند.

۴ــ کاشی را تعریف کند.

۵ــ انواع کاشی را از نظر ابعاد نام ببرد.

۶ــ محل استفاده‌ی سرامیک را شرح دهد.

۷ــ طرز استفاده‌ی سرامیک‌های کوچک را شرح دهد.

۸ــ موارد مصرف پلاستیک‌های ساختمانی را توضیح دهد.

۹ــ خواص پلاستیک‌ها را نام ببرد.

۱ــ۸ــ موزاییک

از دیرباز یعنی از هنگامی که سیمان به بازار عرضه شد تقریباً موزاییک نیز ساخته شد و در دسترس قرار گرفت. موزاییک نوعی بتن است که سطح آن ساییده شده و دارای ظاهری خال‌دار و درهم است که گاهی به‌صورت ساده ساخته می‌شود. موزاییک در کف‌ها، پله‌ها، قرنیزها، نمای ساختمان و نظایر آن به‌کار می‌رود. کف‌پوش موزاییک، ارزان، بادوام و متداول‌ترین نوع کف‌پوش در ایران است. در بیش‌تر ساختمان‌های مسکونی و آموزشی و برخی از ساختمان‌های تجاری، اداری و بهداشتی از این کف‌پوش استفاده شده در نماسازی و پوشش بدنه‌ی داخلی بعضی از ساختمان‌ها نیز آن را به‌کار می‌برند.

موزاییک را به شکل درجا و یک‌پارچه می‌سازند. در این‌صورت در سطوح بزرگ با نوارهای شیشه‌ای، سنگی، پلاستیکی و فلزی (مانند مس، برنج، برنز و آلومینیم) درزبندی می‌شود. موزاییک کف‌پوش یا قرنیز، به شکل بلوک‌های پیش‌ساخته در کارخانه‌ی موزاییک‌سازی ساخته می‌شود.

موزاییک از دو لایه آستر و رویه تشکیل یافته است. لایه‌ی زیرین، ریزدانه (نخودی) است و سیمان کم‌تری مصرف می‌شود و آب آن نیز کم است. لایه‌ی رویی از خرده‌سنگ، نرمه‌سنگ و گردسنگ و سیمان بیش‌تری ساخته می‌شود.

در کارخانه، نخست دور قالب فولادین را تمیز کرده با روغن معدنی چرب می‌کنند. کف قالب از لاستیک یا فلز صاف است. ملات رویه را درون قالب می‌ریزند و روی آن را هموار کرده سپس ملات آستر را درون قالب می‌ریزند و قسمت‌های اضافی را تمیز و سطح آن‌را صاف می‌کنند. آستر و رویه را با هم زیر فشار پرس قرار می‌دهند و پس از آن آجر موزاییکی را از قالب درمی‌آورند و همانند بلوک بتنی در محلی قرار می‌دهند که گرما و رطوبت مناسب داشته باشد تا سفت و سخت شود.

موزاییک را معمولاً دو بار می‌سایند. ابتدا در کارخانه، پس از ساییدن، چشمه‌ها و گودی‌های سطحی موزاییک را با خمیری از سیمان و گردسنگ پر کرده بعد از عمل آوردن و سفت شدن، موزاییک را به محل مصرف حمل می‌کنند.

سایش دوم در محل نصب و پس از اجرای کار است. موزاییک درجا ریخته شده را نیز دوبار در کارگاه (در محل ریخته شده) می‌سایند.

ملات رویه‌ی موزاییک ممکن است از سیمان پرتلند خاکستری یا سیمان سفید و رنگی باشد. دانه‌های سنگی رویه را می‌توانند از انواع خرده‌سنگ‌های سفید و رنگی از جنس مرمر و مرمریت انتخاب کنند. اندازه‌ی دانه‌های سنگی ممکن است از چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر متغیّر باشد. گاهی تکه‌های لاشه‌ی سنگ را نیز در رویه‌ی موزاییک به‌کار می‌برند. ابعاد موزاییک‌ها از ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر تغییر می‌کند. موزاییک به شکل‌های مربع، مستطیل و چندضلعی ساخته می‌شود. هرچه اندازه‌ی موزاییک بزرگ‌تر شود ضخامت آن نیز باید بیش‌تر باشد. ضخامت موزاییک ممکن است از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر باشد.

سیمنت تایل: سیمنت تایل نوعی موزاییک است که با ملات پر آب‌تر و یک‌نواخت و به‌وسیله‌ی لرزش (ویبره) ساخته می‌شود. این نوع موزاییک را معمولاً نمی‌سایند.

۲ــ۸ــ کاشی

کاشی یا کاشی لعابی نوعی پوشش است که روی آن لعاب شیشه‌ای پوشانده در رنگ‌های

متنوع به‌صورت ساده و گل‌دار تولید می‌شود. کاشی لعابی اغلب برای پوشش بدنه‌ی آشپزخانه، حمام، دست‌شویی، رخت‌شوی‌خانه و مانند این‌ها به مصرف می‌رسد ؛ هم‌چنین نوعی از آن که به‌نام «کاشی کفی» مشهور است برای کف‌پوش همان فضاها به‌کار می‌رود. ضخامت کاشی لعابی بسته به‌نوع استفاده از آن متناوب بوده معمولاً بین ۴ تا ۱۲ میلی‌متر است. ابعاد کاشی‌ها نیز از ۷۵ تا ۳۰۰ میلی‌متر متغیر است. شکل کاشی‌های لعابی معمولاً مربع یا مستطیل یا به اشکال دیگر است.

۳ــ۸ــ سرامیک

سرامیک‌ها همانند آجر و کاشی از خاک رس ساخته شده ممکن است بدون لعاب یا لعاب‌دار باشند. سرامیک‌های بدون لعاب را از راه پرس کردن با اکستروژن شکل می‌دهند و می‌پزند. رنگ آن‌ها پس از پخت، نخودی، قرمز یا قهوه‌ای است. شکل سرامیک‌ها، مربع، مستطیل و چندضلعی یا اشکال دیگر است. ضخامت کلفتی سرامیک‌ها بین ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر است. ابعاد سرامیک‌های مربع ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌متر بوده و اندازه‌ی سرامیک‌های مستطیل ۱۵۰×۷۵ یا ۲۰۰×۱۰۰ یا ۲۵۰×۱۲۵ و یا ۳۰۰×۱۵۰ میلی‌متر است. به همراه این سرامیک‌ها اشکال و ابعاد ویژه‌ای برای مصرف در گوشه‌ها و قرنیزها نیز ساخته می‌شود. شکل ۱ــ۸ کفسازی با سرامیک را نشان می‌دهد.

شکل ۱ــ۸ــ کفسازی با سرامیک

برای کف ساختمان‌های صنعتی نوعی سرامیک به ابعاد ۲۰۰×۱۰۰ میلی‌متر و به ضخامت ۳۰تا ۴۰ میلی‌متر ساخته می‌شود. نوعی از این سرامیک ضد اسید است.

سطح رویه‌ی سرامیک‌ها ممکن است با لعاب ناهموار در رنگ‌های متنوع پوشانده شود تا هم ویژگی‌های سرامیک لعاب‌دار را دارا باشند و هم از لیز خوردن افراد و اشیاء بر روی آن‌ها جلوگیری شود.

سرامیک‌های موزاییکی: سرامیک‌های موزاییکی نوعی سرامیک ریز لعاب‌دار یا بدون لعاب هستند که در نقش‌ها و رنگ‌های متنوع و به ضخامت ۶ میلی‌متر ساخته شده و با ورقه‌ای از کاغذ گرافت چسب‌دار به اندازه‌ی ۳۰۰×۶۰۰ میلی‌متر کنار یک‌دیگر قرار داده شده‌اند. این سرامیک‌ها را روی بستری از ملات قرار داده و پس از گرفتن ملات، روی آن را آب می‌پاشند تا کاغذ آن جدا شود ؛ سپس با دوغاب درز آن‌ها را پر می‌کنند. شکل سرامیک‌های ریز، مربع، مستطیل، شش‌گوش، هشت‌گوش و مانند این‌هاست.

۴ــ۸ــ پلاستیک

واژه‌ی پلاستیک از ریشه‌ی یونانی، به معنای «شکل‌پذیر»، گرفته شده است. پلاستیک‌ها مواد آلی گوناگونی مشتق از سلولز، رزین، پروتئین، مواد نفتی زغال و نظایر آن هستند که به‌وسیله‌ی گرما، فشار یا گرما و فشار توأم می‌توان آن‌ها را به شکل‌های دل‌خواه درآورد. سلولوئید نخستین پلاستیکی است که «هایت» در سال ۱۸۹۶ آن را از سلولز ساخت. در سال ۱۹۱۸ نخستین پلاستیک بی‌رنگ ساخته شد که به شکل «آلدئید اوره» است اما دارای ماده‌ای رنگ‌پذیر بوده و امکان تولید آن به‌رنگ‌های متنوع فراهم آمده است. تاکنون هزاران ترکیب پلاستیکی در بیش از ۵۰ گروه کشف و ساخته شده که البته تحقیقات در این راه هنوز ادامه دارد. فراوانی و رشد و مصرف انواع فرآورده‌های پلاستیکی به حدی است که کاربرد آن درتمام بخش‌های صنعت از جمله ساختمان رواج چشم‌گیر یافته است.

تولید فرآورده‌های پلاستیکی در سه مرحله انجام می‌شود :

مرحله‌ی اوّل: تبدیل مواد اولیه به ترکیبات پلاستیکی پایه به شکل پودر دانه‌ریز، دانه درشت یا رزین‌های آهکی.

مرحله‌ی دوم: مرحله‌ی‌دوم شکل دادن این مواد است که آن‌ها را با روش‌هایی به‌صورت ورق فیلم، لوله، میله و سایر نیم‌رخ‌ها درمی‌آورند. معمولاً دراین مرحله پلاستیک با یک یا چند جسم دیگر ترکیب می‌شود تا ویژگی‌های فیزیکی دل‌خواه در فراورده به‌دست آید. مواد نرم‌کننده برای کارپذیری بیش‌تر، مواد پرکننده برای افزایش حجم و در نتیجه ارزان‌تر شدن فیبرها برای افزایش تاب و پایایی و مواد سخت‌کننده به منظور گیرش سریع‌تر به مواد پلاستیکی افزوده می‌شود.

مرحله‌ی سوم: در این مرحله فراورده‌های پلاستیکی نهایی از نیم‌رخ‌ها ساخته می‌شوند. هر یک از پلاستیک‌ها مشخصه‌های ویژه‌ای دارند ؛ نظیر : سبکی و سنگینی، نرمی و سختی، پایداری و ناپایداری در برابر گرما، شفافیت. سایر ویژگی‌های آن‌ها ــ نیز به‌خاطر اختلاف در وزن مولکولی و

شکل زنجیر مولکولی آن‌ها ــ متفاوت است.

۱ــ۴ــ۸ــ انواع پلاستیک: عموماً مواد پلاستیکی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند : «ترموپلاستیک‌ها» و «ترموست‌ها».

ترموپلاستیک‌ها (پلاستیک‌های گرمایی): آن‌هایی هستند که هرگاه گرم شوند نرم می‌گردند و هنگام سرد شدن دوباره سخت می‌شوند و به دفعات می‌توان آن‌ها را سرد و گرم کرد. این ویژگی به‌خاطر خطی بودن زنجیرهای مولکولی آن‌هاست. تکرار سیکل‌های گرما و سرما ممکن است سبب تغییر رنگ یا از دست رفتن مواد نرم‌کننده در پلاستیک شود که خود به بروز تغییراتی در شکل ظاهری و دیگر ویژگی‌های آن منجر خواهد شد. پی.وی.سی از این نوع پلاستیک است.

پلاستیک‌های ترموست (یا سخت‌شو): پلاستیک‌هایی هستند که در ساختمان مولکولی به‌شکل زنجیر هستند و قبل از شکل دادن یا قالب‌گیری شباهت زیادی با ترموپلاستیک‌ها دارند، اما پس از عمل آمدن و سخت شدن، مولکول در جهت عرضی نیز با یک‌دیگر ارتباط پیدا کرده به شکل درهم پیچیده‌ای درمی‌آیند ؛ به‌گونه‌ای که زنجیر مولکول‌ها آزادی عمل برای حرکت ندارند ؛ بنابراین، حرارت دادن مجدد، آن‌ها را به‌صورت خمیری درنمی‌آورد. ملامین و پلی‌استر از این نوع پلاستیک هستند. پلاستیک‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی به‌صورت‌های چهارگانه‌ی : «سخت»، «نیمه‌سخت»، «نرم» و «کشسان»، گروه‌بندی می‌شوند.

ویژگی‌های مطلوب پلاستیک‌ها مانند : سبکی، شفافیت، نورگذرانی، پایداری در برابر واکنش‌های شیمیایی، هوازدگی و سایش، شکل‌پذیری، چسب‌پذیری، ضربه‌پذیری جذب آب کم، ثبات رنگ، ثبات اندازه و سایر خصوصیات سبب گسترش روزافزون مصرف پلاستیک در ساختمان شده است. بسیاری از پلاستیک‌ها از مصالح سنتی سبک‌ترند و تعدادی از آن‌ها را می‌توان به‌صورت متخلخل درآورد که وزن ویژه‌ی بسیار کمی داشته باشند. برخی از قطعات سازه‌ای یا نیمه‌سازه‌ای را با پلاستیک می‌سازند.

پلاستیک‌ها به‌منظور مواد کمکی در ساختمان مصرف می‌شوند و گاهی بخشی از مواد مرکب (کمپوزیت‌ها) را پلاستیک تشکیل می‌دهد. برای مصارف سازه‌ای پلاستیک را تقویت می‌کنند که حدود ۹۰٪ از آن با تار شیشه و در بقیه‌ی موارد با الیاف دیگری نظیر پنبه، کنف، پنبه کوهی، الیاف مصنوعی و فیبرهای فلزی صورت می‌گیرد.

یکی از معمول‌ترین فراورده‌های سازه‌ای ورق‌های موجدار تقویت شده هستند که نه تنها شفاف یا نورگذران بوده، بلکه در برابر رنگ رفتگی نیز پایدارند ؛ هم‌چنین اندازه‌های آن‌ها ثابت می‌ماند و پایداری مناسبی در برابر موادشیمیایی، هوازدگی، خوردگی و شکستگی دارند. این ویژگی‌ها هنگامی

حایز اهمیت است که این صفحات به تنهایی یا به همراه ورق‌های پنبه‌ی کوهی، سیمان و فلزی در پوشش بام به‌کار گرفته می‌شوند. این فراورده‌ها را برای پوشش دیوارهای خارجی سالن‌ها و کارخانه‌ها، تقسیم فضاها، پوشش گاراژها، پاسیوها، نورگیرها، حصارکشی و بسیاری موارد دیگر به‌مصرف می‌رسانند. این صفحات به رنگ سفید و رنگ‌های دیگر در اندازه‌های ۶۰۰ میلی‌متر طول تا ۴/۲۰ متر ساخته می‌شود. قطعات اتصال مانند آب‌رو، کلکی و کناره‌ی آن‌ها نیز تولید می‌شود. صفحات صاف پلاستیکی را گاه به‌جای شیشه مصرف می‌کنند که ممکن است ساده یا مسلح باشند.

یکی از دلایل عمده‌ی مصرف آن‌ها به‌جای شیشه، وزنِ بسیار اندک آن‌هاست که در حدود $\frac{1}{7}$ شیشه است. افزون بر آن، ضربه‌پذیری مناسبی دارد و دیرتر از شیشه می‌شکند. صفحات آکریلیک را برای کاهش نور و گرمای تابستان به‌جای شیشه و در شبکه‌های آفتاب‌گیر ساختمان به‌کار می‌برند. از صفحات شفاف و نورگذران در نورگیرهای سقفی و گنبدها و نمای خارجی ساختمان‌ها نیز استفاده می‌شود. از صفحات پلاستیکی برای ساختن دیوارهای جدا کننده ساندویچی به همراه سایر مصالح مانند آلومینیم یا به تنهایی کاربرد دارد.

بعضی از انواع پلاستیک‌های تقویت شده را در قالب‌بندی معمولی بتن و قالب ماندگار (قالب گم‌شده) به‌کار می‌برند. یکی از مهم‌ترین موارد مصرف پلاستیک‌ها در عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌هاست. برخی از فراورده‌های پلاستیکی که درساخت و ساز کاربرد گوناگون دارند عبارت‌انداز : درزپوش‌ها، درزبندها، لوازم بهداشتی، قطعات پمپ‌ها، شیرآلات و سردوش، یراق‌آلات در و پنجره، اتصالات لوله‌کشی، آستر لوله‌های آب‌رسانی و منابع ذخیره‌ی آب، چسب‌ها و رنگ‌ها، ابزار کار، دسته‌ی ابزار، وسایل نقشه‌کشی و نقشه‌برداری، روغن قالب، مواد افزودنی بتن، قطعات اتصال، بتن پیش‌ساخته‌ی ساندویچی، کلید و پریز، سرپیچ لامپ و قطعات لوستر. جدول ۱ــ۸ مواد پلاستیکی مناسب برای مصارف گوناگون را نشان می‌دهد.

۲ــ۴ــ۸ــ مصالح نصب قطعات و صفحات پلاستیکی: پلاستیک‌ها را می‌توان با پیچ و مهره، اتصالات و بند و بست‌های فلزی به یک‌دیگر یا به مصالح دیگر متصل نمود. در این صورت مصالح فلزی باید از نوع زنگ‌نزن باشد. یکی دیگر از مصالح نصب پلاستیک‌ها چسب‌ها هستند. در این‌صورت معمولاً چسب از همان نوع پلاستیک حل شده در حلّالی مناسب ساخته شده است. چسب مصرفی ممکن است از نوع دیگری انتخاب شود که در این‌صورت باید با پلاستیک سازگاری داشته باشد تا باعث تخریب و تجزیه‌ی قطعات پلاستیکی نگردد. اتصال پلاستیک‌ها ممکن است

جدول ۱ــ۸ــ مواد پلاستیکی مناسب و متداول برای مصارف گوناگون

ردیف	محل مصرف	نوع مواد پلاستیکی مناسب و متداول
۱	ورقه‌های موجدار مسلح پوشش دیوارهای خارجی و بام با اتصالات مربوطه	رزین‌های پلی‌استر،اپوکسی،آکریلیک،ملامین،فنولی،P.V.C (پلی‌وینیل کلراید) و پلی‌استایرن (بیشتر به‌صورت مسلح یا تقویت شده)
۲	شیشه، نورگیر و شبکه‌های آفتابگیر	آکریلیک (ساده و رنگی)، پلی‌کربنات، P.V.C، رزین‌های ایونومر و پلی‌استر
۳	دیوارپوش‌ها و سقف‌پوش‌ها	استایرن، آکریلیک، وینیل‌ها (شامل P.V.C)
۴	کف‌پوش‌ها و پله‌ها	رزین‌های اپوکسی، وینیل‌ها (شامل P.V.C)
۵	نبشی لب پله، قرنیز، دست‌انداز پلکان	P.V.C پلی‌تن (پلی‌اتیلن یا P.I)
۶	در و پنجره، قفس آشپزخانه و روکش سیم	P.V.C
۷	دیوارهای جداکننده	اکریلیک، پلی‌پروپیلن (P.P)، پلی‌کربنات و پلی‌استر
۸	عایق حرارتی، جاذب صوت، قالب ماندگار و سنگ‌دانه‌های سبک	پلی‌استایرن منبسط،پلاستیک‌های متخلخل از رزین‌های پلی‌یورتان (P.U)، فنولی و وینیل (شامل P.V.C)
۹	لوله‌های فاضلابی سخت و اتصالات آن	اکریلو نیتریب بوتادین استایرن (A.B.S)
۱۰	لوله‌های آب و فاضلاب و برق سخت و اتصالات	P.V.C سخت، فلور و پلاستیک‌ها و فنیلین اکسید
۱۱	لوله‌های برق، آب‌رسانی کم‌فشار و پرفشار	P.I و P.V.C نرم
۱۲	لوله‌های مقاوم در برابر مواد شیمیایی	پلی‌وینیل ایدن فلوراید
۱۳	مصالح درزبندی (واتراستاپ) و درزپوش‌ها	P.V.C
۱۴	ورقه‌های آب‌بندی، بخاربندی و پوشش مصالح و کارهای نو	P.V.C و P.I
۱۵	کلید، پریز و سرپیچ لامپ	فنل فرم‌آلدئید (بکلیت، فقط به رنگ‌های تیره) و فرم‌آلدئید اوره (سفید رنگی)
۱۶	مواد پوششی، رنگ‌های پلاستیکی و ضدرنگ	رزین‌های آمینو،اپوکسی،فنولی،پی‌یو،P.V.C،ملامین،سیلیکون،استات سلولز، الکید و امولسیون‌های رزین‌های :بوتادین استایرین، پلی‌وینیل استات، اپوکسی و اکریلیک رزین‌های آمینه، اپوکسی، فنولی و فرم آلدئید اوره
۱۷	چسب	P.V.C و P.U پیش‌ساخته‌ی متخلخل، خمیرهای اکریلیک، پلی‌سولفید و استایرن
۱۸	مصالح درزبندی و لیف شیشه	بوتادین استال هموپلی مو
۱۹	اتصالات لوله‌کشی، سردوش و قطعات شیر	اکریلیک تقویت شده
۲۰	قالب‌بندی بتن	

به‌وسیله‌ی پیچ و مهره‌های پیش‌بینی شده در قطعات پلاستیکی صورت گیرد. بست و گیره برای اتصال لوله‌هایی به‌کار می‌رود که دارای قطر زیاد هستند. برای لوله‌های با قطر کم اتصالاتی به‌نام «سریع‌الاتصال» طراحی شده‌اند که نیازی به مواد اضافی مانند کنف، نوار تفلون و چسب ندارند. اتصال به این صورت انجام می‌شود که پس از آماده کردن لوله‌ها آن‌را با فشار درون یک‌دیگر جا می‌دهند ؛ سپس آن‌را می‌کشند. بدین ترتیب، اتصال به سادگی آب‌بندی می‌شود و می‌توان از آن استفاده نمود.

برخی از پلاستیک‌ها را از طریق گرم کردن و جوش‌کاری می‌توان به یک‌دیگر متصل کرد.

۵ــ۸ــ کف‌پوش‌ها، دیوارپوش‌ها و سقف‌پوش‌ها

پوشش نهایی کف را که روی زیرسازی انجام می‌شود «کف‌پوش» می‌نامند. آخرین پوشش بدنه‌ی داخلی ساختمان را نیز «دیوارپوش» و پوشش نهایی زیرسقف را «سقف‌پوش» می‌گویند.

در گذشته ــ بسته به نوع مصالح گوناگونی که در دسترس بود ــ کف‌ها، بدنه‌ها و سقف‌ها را با کاه‌گل شفته، ساروج و خاک و سنگ، چوب، آجر و مانند این‌ها می‌پوشانیدند، اما امروزه برخی از این مصالح به‌خاطر دوام کم و ویژگی‌های نامطلوب دیگر، درپوشش، کاربردی ندارند.

پاره‌ای از این مواد را با دگرگونی‌هایی که در آن‌ها پدید آورده‌اند به شکل نو به‌کار می‌گیرند و از بسیاری مواد و مصالح جدید نیز برای پوشش نهایی استفاده می‌کنند. انتخاب مصالح پوششی برای هر یک از فضاهای زیست و کار، به چندین عامل بستگی دارد که عبارت‌اند از : نوع استفاده و بهره‌برداری از ساختمان (مسکونی، تجاری، صنعتی، آموزشی، درمانی و ...) ؛ جنس زیرسازی کف، دیوار و سقف نحوه‌ی استفاده از پوشش ؛ حرکت چرخ ؛ آمد و شد سبک و سنگین زیر پا در کف‌ها و ایجاد سایش، ویژگی‌های جذب صوت ؛ نرمی یا سختی ؛ تنوع رنگ ؛ صاف بودن ؛ پایداری در برابر مواد شیمیایی ؛ سهولت تعمیرات ؛ قیمت تمام شده، انواع مصالح عمده‌ای که در پوشش کف، بدنه یا سقف به‌کار می‌روند. بدین قرارند : «سنگ»، «بتن»، «موزاییک»، «آجررسی»، «سرامیک و کاشی»، «پلاستیک‌های گوناگون»، «لاستیک»، «چوب»، «چوب‌پنبه»، «مواد نسّاجی»، «مواد قیری»، «آجر ماسه آهکی»، «انواع اندودهای سیمانی، گچی و آهکی»، «فلزات»، «تخته گچی» و «کاغذ دیواری»(جدول ۲ــ۸).

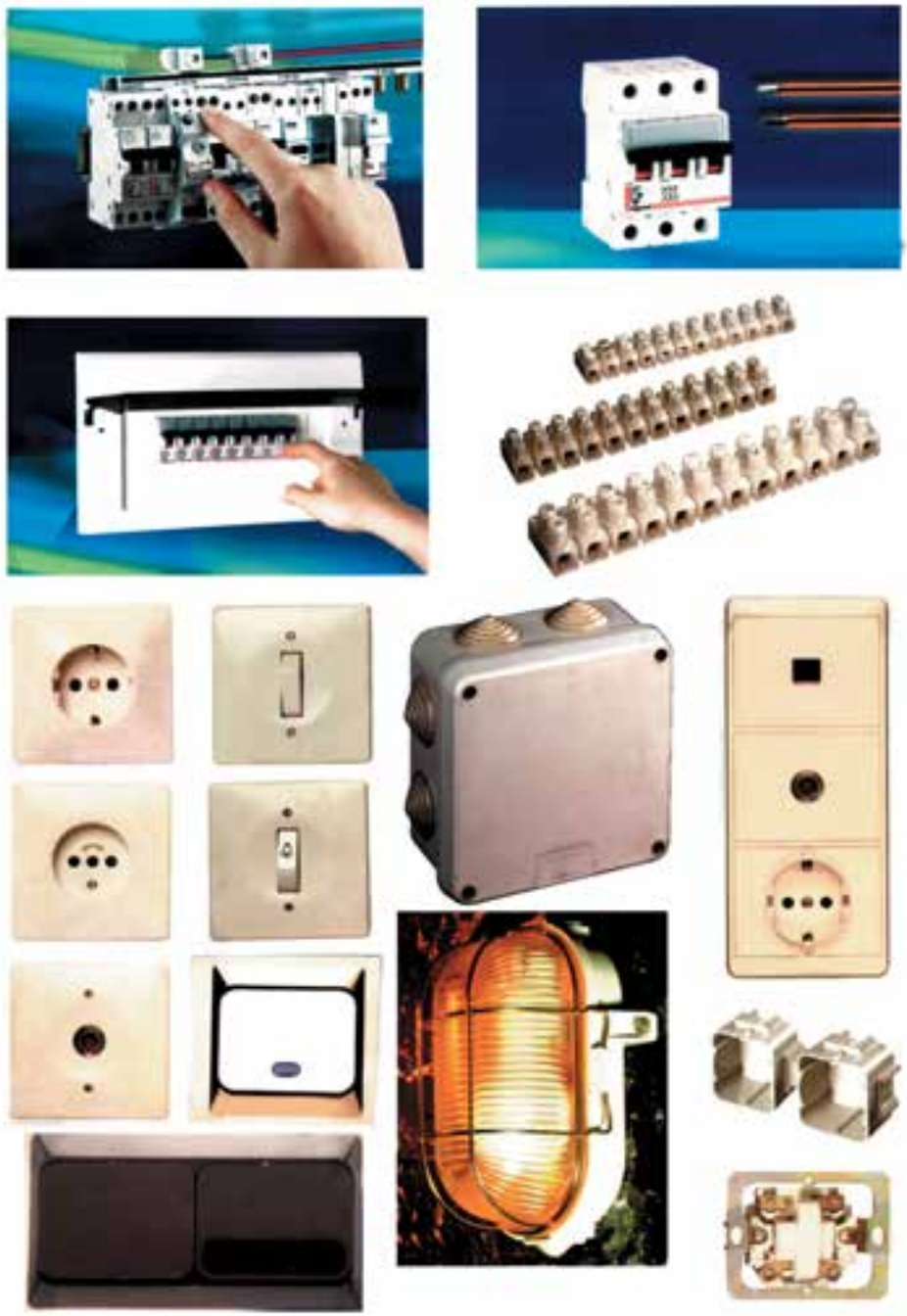
جدول ۲ــ۸ــ کف‌پوش‌ها، دیوارپوش‌ها و سقف‌پوش‌های متداول و مناسب برای فضاهای مختلف

ردیف	کاربری فضا	کف‌پوش	دیوارپوش	سقف‌پوش
۱	مسکونی اداری تجاری	سنگ، موزاییک، سرامیک[۱] و سرامیک موزاییکی[۱] (روی ملات سیمانی)، مواد پلاستیکی، مواد نساجی، کف‌پوش چوبی (روی زیرسازی سیمانی یا موزاییک)	سنگ[۱]، سرامیک[۱]، سرامیک، موزاییک[۱]، کاشی لعابی، مواد پلاستیکی[۱]، کاغذ دیواری، انواع اندودهای گچی و سیمانی تخته گچی و چوب	انواع اندودها، تخته گچی[۵]، چوب[۵]، اکوستیک تایل[۵]، مواد پلاستیکی[۵]
۲	آموزشی	سنگ، موزاییک، سرامیک[۱] و سرامیک موزاییکی[۱]، مواد پلاستیکی، مواد نساجی[۴] و چوب[۴]	سنگ[۱]، سرامیک[۱]، سرامیک موزاییک[۱]، کاشی لعابی، مواد پلاستیکی، کاغذ دیواری[۱]، انواع اندودهای گچی و سیمانی و چوب و تخته گچی[۴]	مانند مسکونی
۳	بهداشتی	مانند آموزشی به‌علاوه‌ی کف‌پوش‌های هادی الکتریسیته[۶] و فرش لاستیکی	مانند آموزشی	مانند مسکونی
۴	صنعتی	بتنی، موزاییک، سرامیک[۱] و سرامیک موزاییکی[۱]، سرامیک ضداسید[۲] و ورق‌های فلزی[۳]	انواع اندودهای گچی و سیمانی و ورق‌های فلزی[۳]	مانند دیوارپوش
۵	هنری	مانند آموزشی به اضافه‌ی آجر و بتن	مانند آموزشی به اضافه‌ی بتن، آجر و موزاییک	مانند مسکونی به‌اضافه‌ی بتن و آجر
۶	ورزشی	بتنی، موزاییک، مواد پلاستیکی، مواد نساجی، سرامیک[۱] و سرامیک موزاییکی[۱]، مواد قیری	بتنی، سنگ، سرامیک[۱]، سرامیک موزاییک[۱]، کاشی لعابی[۱]، انواع اندودهای سیمانی و گچی	انواع اندودهای گچی و سیمانی بتن
۷	محوّطه	سنگ، موزاییک، بتن، آجر، مواد قیری	انواع اندودهای سیمانی، بتنی، سنگ، سرامیک، سرامیک موزاییک	

۱ــ در فضاهای بهداشتی مانند : آشپزخانه، آبدارخانه، حمام، روشویی و توالت

۲ــ در صورت وجود مواد شیمیایی اسیدی ۳ــ سردخانه‌ها ۴ــ در سالن کنفرانس و نظایر آن

۵ــ اغلب در ساختمان‌های اداری و تجاری یا سالن‌ها ۶ــ اتاق‌های عمل و قسمت وابسته به آن



شکل ۲ــ۸ــ نمونه‌هایی از مصرف پلاستیک در ساختمان

شکل ۳ــ۸ــ نمونه‌هایی از مصرف پلاستیک در ساختمان

شکل ۴ــ۸ــ نمونه‌هایی از مصرف پلاستیک در ساختمان

انواع پوشش‌های محافظ و زینتی (رنگ‌ها، جلاها، لعاب‌ها، شلاک، لاک‌ها، مواد رنگ‌رزی، پُرکننده‌ها و سیلرها) : این پوشش‌ها را در روزگاران پیشین به منظور محافظت و زیبایی برای کارهای ساختمانی استفاده می‌کردند، اما امروزه رنگ‌آمیزی علاوه بر محافظت و زیبایی به‌منظور بهداشت، ایجاد نور و روشنایی، گرما، بهبود وضعیت کار، هم‌چنین از نظر ایمنی و اقتصاد کاربرد گسترده یافته است.

مصالح و ابزار تمیزکننده بسته به سطح موردنظر و مواد پاک‌شونده تغییر می‌کنند. موادی نظیر صابون‌ها، دترجنت‌ها، مواد پاک‌کننده‌ی حلال و ابزارهایی مانند برس‌سیمی، کاردک‌ها، کاغذهای سمباده، ساینده‌ها و دستگاه‌های ماسه‌پاش (سند پلاست) برای تمیز کردن سطوح به‌کار می‌روند. پوشش‌های نخستین (پرایمرها)، رنگ‌های روغنی (بدنه رنگ، پرحجم‌کننده‌ها، حامل رنگ، رنگینه‌ها، رقیق‌کننده‌ها یا تینرها، خشک‌کننده‌ها) رنگ‌های اکلیدی، رنگ‌های امولسیونی رزینی، رنگ‌هایی با جلای فلزی، رنگ‌های امیسنت، رنگ‌های قیری و قطرانی، رنگ‌های ضدآتش، پوشش‌های پلی‌استر، اپوکسی.

جلاها (جلاهای رزین طبیعی، جلاهای رزین طبیعی اصلاح شده، جلاهای رزین مصنوعی).

لعاب‌ها، شلاک، لاک‌ها، مواد رنگ‌رزی، فیلرها، سیلرها، رنگ‌های سنتی و ارزان قیمت (رنگ لعابی، رنگ پنبه آب با دوغاب آهک، دوغاب سیمان، رنگ‌های بر پایه سیمان رنگ سیلیکات سدیم).

ارزش‌یابی فصل هشتم

۱ــ موزاییک را تعریف کنید.
۲ــ طرز ساخت موزاییک را شرح دهید.
۳ــ موزاییک در چه جاهایی به‌کار می‌رود؟
۴ــ نحوه‌ی ساخت کاشی را شرح دهید.
۵ــ ابعاد انواع کاشی را توضیح دهید.
۶ــ سرامیک در چه جاهایی به‌کار می‌رود؟
۷ــ در ساخت سرامیک چه موادی به‌کار می‌روند؟
۸ــ پلاستیک‌های ساختمانی را نام ببرید.
۹ــ انواع پوشش‌های متداول را برشمارید.
۱۰ــ انواع پلاستیک‌ها را از نظر کارکرد در مقابل گرما توضیح دهید.

فصل نهم

سایر مصالح ساختمانی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل، فراگیر باید بتواند :

۱ــ طرز تهیه‌ی بتن سبک را توضیح دهد.

۲ــ مورد مصرف بتن سبک را شرح دهد.

۳ــ سیپورکس را توضیح دهد.

۴ــ خواص سیپورکس را بیان کند.

۵ــ پانل‌های پیش‌ساخته‌ی گچی را توضیح دهد.

۶ــ ساختمان بتن الیافی را شرح دهد.

۷ــ کاربرد بتن الیافی را توضیح دهد.

۸ــ پوشش‌های کف را نام ببرد.

۹ــ عایق‌های حرارتی را شرح دهد.

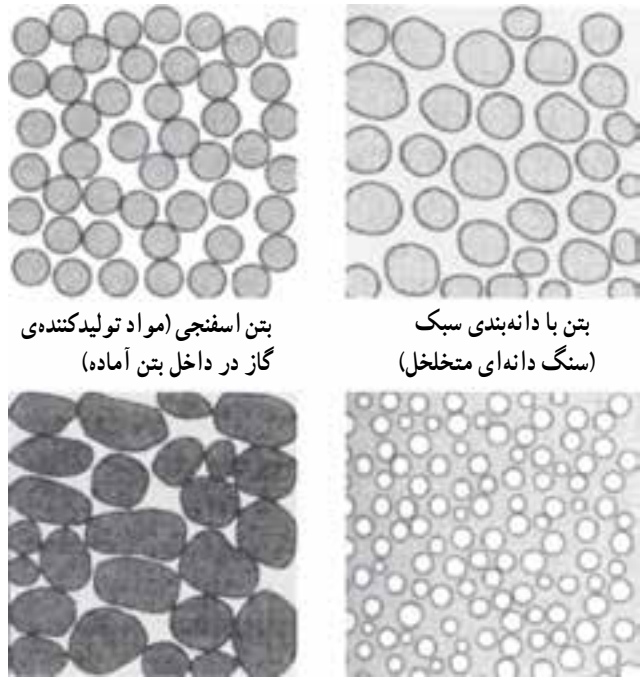
۱۰ــ طرز جلوگیری از عبور صدا به ساختمان را توضیح دهد.

با پیشرفت علم مهندسی و تکنولوژی تولید مصالح، روز به روز مصالح جدیدی به بازار عرضه می‌گردند که بعضی از آن‌ها کاربرد ویژه‌ای در ساختمان پیدا کرده‌اند و یا جای‌گزین مصالح قدیمی و سنتی گردیده‌اند. مشخصات تعدادی از این مصالح به این شرح است :

۱ــ۹ــ بتن سبک

بتن‌های سبک مختلفی روز به روز به بازار عرضه می‌گردد. این نوع بتن‌ها به‌منظور عایق صوتی، عایق حرارتی و بتن‌های غیر سازه‌ای به‌کار می‌روند. مواد اولیه‌ی این نوع بتن‌ها سیمان، آب

و ماسه است، اما برای سبک کردن آن از این مواد استفاده می‌شود : پودر آلومینیم (باعث ایجاد گاز و انبساط بتن و متخلخل شدن آن می‌شود) ؛ پلی استرین و پوکه‌ی آسیاب شده (دانه‌های سبکی که به‌جای حباب هوا استفاده می‌شوند). بتن‌های سبک از ۴۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب وزن مخصوص دارند. بتن‌های سبک، عایق مناسبی برای صدا و انتقال حرارت هستند. بعضی از این نوع بتن‌ها مقاومت خوبی در برابر آتش دارند. شکل ۱ــ۹ انواع بتن‌های سبک را نشان می‌دهد.



بتن با دانه‌بندی سبک (سنگ دانه‌ای متخلخل)

بتن اسفنجی (مواد تولیدکننده‌ی گاز در داخل بتن آماده)

بتن بسیار سبک با دانه‌بندی پلی‌استایرین

بتن خشن با دانه‌بندی درشت و متخلخل

شکل ۱ــ۹ــ انواع بتن‌های سبک

۲ ــ۹ــ سیپورکس

سیپورکس، آجرهای گچی است که برای ساختن دیوار جدا کننده یا سقف سبک به‌کار می‌رود. این نوع مصالح از سیمان، آب، گچ، پوکه‌ی آسیاب شده و ماسه درست می‌شود. این آجرها نسبت به آجرهای معمولی سبک‌تر هستند و به راحتی برش می‌خورند. سیپورکس مسلح شده، برای سقف سازه‌های سبک نظیر سقف آخر سوله‌ها و ساختمان‌های صنعتی کاربرد فراوانی دارد. سیپورکس علاوه بر سبکی وزن، عایق مناسب صوتی و حرارتی است.

۳ ــ۹ــ پانل‌های گچی پیش ساخته

در حال حاضر دو نوع پانل گچی پیش ساخته تولید می‌شود :

۱ ــ پانل‌هایی با ضخامت بیش‌تر از ۸ سانتی‌متر که در ابعاد معمولاً ۱×۱ متر تولید می‌شوند. این پانل‌ها به تنهایی با قرار گرفتن در پهلو یا روی یک‌دیگر تشکیل دیوار می‌دهند. مزیّت استفاده از این پانل‌ها افزایش سرعت کار و کاهش زیرسازی برای نقاشی ساختمان است.

۲ ــ پانل‌های گچی و یا پانل‌های ساندویچی که با ضخامت حدود یک سانتی‌متر تولید می‌شوند. این پانل دو ورق کاغذ مخصوص ضخیم است که در بین آن گچ وجود دارد. برای ساخت دیوار ابتدا یک اسکلت چوبی از چهار تراش‌ها و یا فولادی از مقاطع ناودانی سبک ایجاد می‌شود ؛ سپس به دو طرف آن‌ها پانل‌های ساندویچی پیچ و یا میخ می‌شوند. این پانل‌ها معمولاً در ابعاد ۲×۱ متر تولید می‌شوند. مزیّت این نوع دیوارها، عایق صوت و حرارت بودن آن‌ها، سرعت افزایش یافته‌ی ساخت و کاهش زیرسازی برای نقاشی ساختمان است.

۴ ــ۹ــ بتن الیافی

بتن الیافی، بتن معمولی است که به آن الیاف فولادی و یا غیرفولادی اضافه شده است. طول الیاف‌ها در حد ۲ تا ۵ سانت، ضخامت آن‌ها حدود یک میلی‌متر و عرض آن‌ها زیر ۵ میلی‌متر است. این الیاف‌ها به طور یک‌نواخت در بتن پخش می‌شوند و باعث کاهش تردی بتن می‌گردند. از این نوع بتن به جای بتن مسلح در جاده‌سازی و باند فرودگاه و محوطه‌سازی استفاده می‌شود.

۵ ــ۹ــ پوشش‌های کف

در حال حاضر انواع کف‌پوش‌ها با مصالح مصنوعی (پلاستیک، کائوچو، رزین و ...) برای پوشش کف به جای سرامیک و موزاییک استفاده می‌شود. هم‌چنین پوشش‌های اپوکسی و پلی‌اورتان نیز به جای سرامیک در ساختمان‌های صنعتی به‌کار می‌رود که باید کف ضد فرسایش و مقاوم در برابر مواد شیمیایی داشته باشند. مزیّت این پوشش‌ها سرعت بالای اجرا و محافظت بسیار خوب از کف است.

۶ــ۹ــ مصالح عایق حرارتی و سیستم‌های عایق‌کاری

مصالح عایق حرارتی عموماً از مواد سبک ساخته می‌شوند ؛ هم‌چنین عایق‌کاری حرارتی ممکن است به‌وسیله‌ی ایجاد فاصله هوایی (حفره) بین دو جدار یک عضو ساختمانی به‌کار رود.

مصالح عمده‌ای که برای جلوگیری از گریز گرما به‌مصرف می‌رسند به‌نام «عایق حرارتی» شناخته شده‌اند. این مصالح عبارت‌اند از : عایق‌های انباشته به‌صورت آزاد، عایق‌های پتویی به شکل توپ یا قطعه، تخته‌های عایق، تاوه‌ها یا بلوک‌های عایق، عایق‌های منعکس‌کننده، عایق‌های پاشیدنی، کف‌های تزریقی درجا و عایق‌های موج‌دار که اینک شرح هر یک خواهد آمد :

۱ــ۶ــ۹ــ عایق‌های انباشته به‌صورت آزاد: عایق‌های انباشته به‌صورت آزاد یا فله به‌دو صورت رشته‌ها (تارها) و دانه‌های سبک وجود دارند. رشته‌ها عبارت‌اند از : پشم سنگ، پشم شیشه، پشم سرباره یا الیاف گیاهی که معمولاً پشم چوب است. دانه‌ها نیز از مواد معدنی منبسط شده مانند پرلیت، ورمیکولیت، خاک‌رس و نظایر آن یا از مواد گیاهی مانند خرده‌های چوب‌پنبه تهیه می‌شوند.

۲ــ۶ــ۹ــ عایق‌های پتویی : این عایق‌ها از پشم سنگ، پشم شیشه، پشم سرباره، پشم چوب‌پنبه و پشم حیوانات در ضخامت‌های متفاوت تا ۱۰۰ میلی‌متر تهیه شده به‌عرض‌های مختلف بریده می‌شوند. عایق‌های پتویی گاهی دارای پوششی از ورقه‌ی آلومینیم با کاغذ صنعتی (گرافت) هستند.

۳ــ۶ــ۹ــ عایق‌های قطعه‌ای: عایق‌های قطعه‌ای در اصل مشابه عایق‌های پتویی هستند، اما طولشان محدودتر و معمولاً حدود ۱/۲۰ متر و ضخامتشان تا ۱۸۰ میلی‌متر می‌رسد. برخی از آن‌ها دارای پوشش کاغذی هستند که در لبه‌ها به‌صورت باریکه‌ای روی قطعات را پوشانده نصب آن‌ها را در قاب آسان‌تر می‌سازد.

۴ــ۶ــ۹ــ تخته‌های عایق: تخته‌های عایق از مصالح گوناگونی مانند : نی، چوب و پشم سنگ ساخته می‌شوند. تخته‌های عایق برای مقاصد مختلفی از قبیل پوشش بیرونی و درونی دیوارها و عایق سقف‌ها به‌کار می‌رود.

۵ــ۶ــ۹ــ تاوه‌ها یا بلوک‌های عایق: تاوه‌ها یا بلوک‌های عایق به‌صورت قطعات صلب ساخته می‌شوند و ابعاد آن‌ها تا حدودی از عایق‌های قطعه‌ای کم‌تر است. گاهی تاوه‌ها ممکن است برای استحکام بیش‌تر به‌گونه‌ی دو لایه و اغلب به‌هم چسبانده شوند. تاوه‌ها از مصالحی هم‌چون چوب‌پنبه، خرده چوب و سیمان پشم سنگ با یک ماده چسباننده، ورمیکولیت با قیر، کف شیشه، بتن متخلخل (کفی یا گازی)، پلاستیک‌های متخلخل، لاستیک سخت متخلخل و بتن سبک دانه از انواع پرلیتی، ورمیکولیتی یا پوکه‌ی رسی ساخته می‌شوند.

۶ــ۶ــ۹ــ عایق‌های منعکس‌کننده: عایق‌های منعکس‌کننده از سطوح فلزی و نظایر آن ساخته می‌شوند و ممکن است بدون پشت‌بند یا با پشت‌بند به‌کار روند. میزان گرمابندی عایق‌های

منعکس‌کننده برخلاف سایر عایق‌ها، به ویژگی‌های سطحی عایق، فاصله‌ی هوایی و اختلاف درجه‌ی حرارت بستگی دارد. نکته‌ی مهم درباره‌ی عایق‌های منعکس‌کننده این است که فاصله‌ی هوایی حداقل ۲۰ میلی‌متر رعایت شود. این عایق‌ها چنان‌چه به‌نحو شایسته‌ای نصب شوند می‌توانند به‌صورت لایه‌ی بخاربندی نیز به‌کار روند.

۷ــ۶ــ۹ــ عایق‌های پاشیدنی: عایق‌های پاشیدنی از مخلوط کردن تارها یا مصالح متخلخل با یک چسب ساخته شده بر روی سطوح موردنظر پاشیده می‌شوند و در نقاطی از ساختمان به‌کار می‌روند که شکل یا وضع قرار گرفتن اجزای ساختمانی، استفاده از آن‌ها را ایجاب می‌نماید. معمول‌ترین مصالح این عایق‌ها مخلوط‌هایی است از : آزبست، پرلیت، ورمیکولیت یا پوکه‌ی رسی با دوغاب سیمان (گاه با دوغاب گچ). کف پلی‌اوتان نیز ممکن است گاهی در چند مرحله پاشیده شود.

۸ــ۶ــ۹ــ عایق‌های کفی تزریقی درجا: عایق‌های تزریقی کفی درجا یا توده‌های متخلخل از رزین‌های مایع مصنوعی ساخته می‌شوند. دو جزء تشکیل‌دهنده‌ی عایق، هنگام مخلوط شدن، کفی تولید می‌کنند که پس از مدتی سخت شده فضای تزریق شده را دربر می‌گیرد.

۹ــ۶ــ۹ــ عایق‌های موج‌دار: عایق‌های موج‌دار از کاغذ ساخته می‌شوند که به‌صورت موج‌دار درآمده و در چند لایه، به‌هم چسبانده می‌شوند. برخی از انواع این عایق با یک لایه‌ی چسب که بر روی آن‌ها پاشیده می‌شود دارای استحکام بیش‌تری می‌شوند ؛ در حالی‌که در انواع دیگر با یک ورقه پوشانده می‌شوند و دارای ویژگی گرمابندی بهتری هستند.

تذکر: در طراحی جزئیات عایق‌کاری ترجیحاً باید از مصالحی استفاده شود که می‌توان آن‌ها را به‌راحتی و در داخل کشور تهیه نمود. مقاومت حرارتیِ مصالح در پوسته‌ی ساختمان به ضخامت، میزان رطوبت، محتوا و وزن مخصوصشان بستگی دارد. در مناطق مرطوب عایق‌ها را باید بخاربندی کرده هم‌چنین از عایق‌هایی استفاده کنند که میزان جذب آب آن‌ها کم باشد. جدول **۱ــ۹** مصالح عایق حرارتی و سیستم‌های عایق‌کاری مناسب و متداول در ساختمان را نشان می‌دهد.

۷ــ۹ــ مصالح آکوستیکی (صدابندی)

واژه‌ی آکوستیک از ریشه‌ی یونانی به معنای «شنیدن» گرفته شده و «آکوستیکز» یعنی دانش اصوات که طی آن درباره‌ی ایجاد، پخش، انتقال، کنترل و آثار صوت بحث می‌شود.

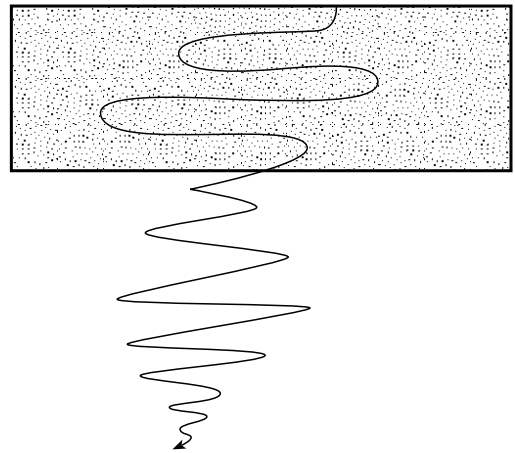
مصالح آکوستیکی مصالحی هستند که به منظور مقابله با سروصدای مزاحم در ساختمان به‌کار می‌روند. زندگی امروزی مملو از سروصداست، رادیو، پخش صوت، تلویزیون، ماشین‌های لباس‌شویی

جدول ۱ــ۹ــ مصالح عایق حرارتی و سیستم‌های عایق‌کاری مناسب و متداول در ساختمان

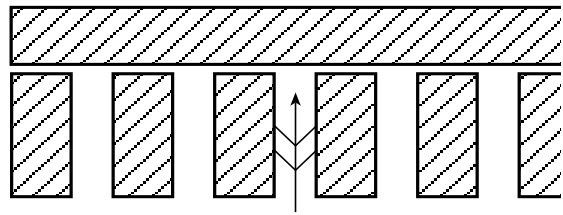
ردیف	محل کاربرد	نوع مصالح یا سیستم مناسب
۱	اقلیم‌های خشک (سرد و گرم)	پشم شیشه، پشم سنگ، پشم سرباره (با روکش کاغذی یا بدون روکش) انواع الیاف و دانه‌های سبک به‌صورت انباشته یا آزاد یا پاشیدنی انواع تخته‌ها، تاوه‌ها و بلوک‌های عایق (فیبری، چوب‌پنبه و مواد پلاستیکی) عایق‌های منعکس‌کننده (بدون پشت‌بند یا با پشت‌بند) صاف یا موجدار انواع بتن سبک (کفی، گازی و دانه سبک) عایق‌های موجدار کف‌های تزریقی درجا
۲	اقلیم‌های مرطوب (سرد یا گرم)	مانند ردیف ۱، مشروط بر این‌که مواد و مصالح نم‌کش با ورقه‌های نازک آلومینیومی یا پلی‌تن بخاربندی شوند.
۳	سردخانه	اسفنج پلی‌اورتان سخت تزریق شده درجا قطعات پلی‌استایرن منبسط مصالح نم‌کش ردیف ۱، مشروط بر این‌که به‌طور جدی بخاربندی شوند.
۴	اعضای باربر (دیوار و سقف)	پنل‌های ساندویچی از بتن معمولی با لایه‌ای از عایق مناسب اقلیم (قطعات توخالی یا ایجاد فاصله‌ی هوایی) بتن یکپارچه با دانه سبک از نوع پوکه‌ی رسی یا مشابه
۵	اعضای غیرباربر	مانند ردیف ۴ به‌علاوه‌ی انواع بتن سبک کفی و گازی، اندودهای سبک، عایق‌های پاشیدنی، پنجره‌های دو شیشه‌ای
۶	سقف کاذب	انواع الیاف و دانه‌ها (روی سقف کاذب) و انواع تخته‌ها و تاوه‌ها به‌صورت نمایان
۷	مکان‌های غیرقابل دسترسی	انواع عایق‌های پاشیدنی

و ظرف‌شویی، جاروبرقی، تجهیزات و تأسیسات گرمایشی و سرمایشی ساختمان گرچه زندگی را آسان‌تر ساخته‌اند، اما در عوض سروصداهای مزاحم نیز ایجاد می‌کنند. سروصدای خارج از ساختمان نیز روزبه‌روز در حال افزایش است. ساخت بزرگراه‌ها و تندراه‌ها در حال گسترش است و شهرها را دربر می‌گیرد، هواپیماهای جت نیز بزرگ‌تر و پر سروصداتر ساخته می‌شوند.

با مصالح ساختمانی جدید و روش‌های نوین ساخت‌وساز می‌توان بر مشکلات فایق آمد. اندودهای صاف (لیسه‌ای) تا ۹۸٪ از اصوات را منعکس می‌سازند. اما تیغه‌های جداکننده‌ی پلاستیکی



الف) مصالح آکوستیکی، الیافی یامتخلخل: در اثر اصطکاک هوای در حالِ حرکت، از میان فضاهای مرتبط به یک‌دیگر، صدا به گرما تبدیل می‌شود.



ب) مصالح آکوستیکی سوراخ‌دار: صدا در اثر اصطکاک با کناره‌ی سوراخ‌ها به گرما تبدیل می‌شود.

شکل ۲ــ۹ــ مصالح آکوستیکی

و گچی نازک سبب انتقال سروصدا از اتاقی به اتاقی دیگر می‌شوند. با توجه به این که آپارتمان‌نشینی در حال گسترش است کنترل سروصدا بین واحدهای مجاورمسأله‌ای است که روزبه‌روز بغرنج‌تر می‌شود. طراح ساختمان در انتخاب مصالح ــ به‌منظور کنترل سروصدا ــ دو جنبه‌ی مختلف صوت را باید در نظر بگیرد : «جذب صوت» و «انتقال صوت».

مصالحی که جاذب سروصدا هستند ممکن است به آسانی صوت را از محلی به محل دیگر عبور دهند و مصالحی که در برابر عبور صوت از میان دیوارها و سقف‌ها پایداری می‌کنند، اما ممکن است سبب انعکاس یا طنین صوت در فضای بسته شوند.

۱ــ۷ــ۹ــ انواع مصالح آکوستیکی: عایق‌های صوتی سربی، کاشی‌ها و صفحات ساخته شده از فیبرهای سلولزی، کاشی‌های ساخته شده از فیبرهای معدنی و سایر مصالح مشابه همگی در کنترل و جلوگیری از عبور سروصداهای ناهنجار نقش بسیار مهمّی دارند.

۲ــ۷ــ۹ــ مصالح نصب: مصالح نصب عایق‌های آکوستیکی ترجیحاً باید «غیرفلزی» و حتی‌المقدور «ارتجاعی» انتخاب شوند تا باعث انتقال انرژی صوتی نگردند. در صورت اجبار مصالح فلزی این مصالح باید حتماً زنگ نزن باشند یا با مواد محافظ ضدزنگ پوشانده شوند. چسب‌ها در

صورت مصرف باید حتماً مناسب انتخاب گردند و با مصالح آکوستیکی و سطح کار سازگاری داشته باشند. در نقاط مرطوب باید از چسب ضد رطوبت استفاده شود. بهتر است مصالح نصب در شالوده‌ها با قشری از مواد قیری پوشانده شوند. جدول ۲ــ۹ مصالح آکوستیکی مناسب برای کارهای مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۹ــ جدول مصالح آکوستیکی مناسب برای کارهای مختلف

ردیف	محل کاربرد	نوع مصالح یا سیستم مناسب
۱	کف‌ها	بلوک‌های مجوف ــ سقف‌های دوپوش ــ سیستم‌های آویخته (دولایه)
۲	دیوارهای خارجی	بلوک‌های بتنی ــ بلوک‌های بتنی متخلخل ــ بلوک‌های سفالی ــ دیوارهای دولایه با فاصله‌ی هوایی ــ دیوارهای دولایه با مواد سبک ــ در صورت لزوم ورقه‌های سربی
۳	دیوارهای جداکننده	دیوارهای دولایه متشکل از تخته گچی با فاصله‌ی هوایی یا پر شده از مواد سبک ــ قطعات گچی یک لای یا دولایه با فاصله‌ی هوایی یا پر شده از مواد سبک ــ بلوک‌های سیمانی یا سفالی ــ در صورت لزوم ورقه‌های سربی
۴	درها و پنجره‌ها	دو شیشه‌ای یا سه‌شیشه‌ای با درزبندی مناسب ــ شیشه‌های حاوی املاح سربی درها و پنجره‌های دوتایی با فاصله‌ی هوایی
۵	کف‌پوش‌ها و پوشش پلکان	کف‌پوش‌های نساجی (شامل انواع نمد) و مواد پلیمری نرم فوم‌دار
۶	سقف‌پوش‌ها	مصالح آکوستیکی شامل : انواع صفحات و کاشی‌های ساخته شده از فیبرهای سلولزی و معدنی، کاشی‌های فلزی سوراخ‌دار و اندودهای آکوستیکی و قطعات شکاف‌دار یا سوراخ‌دار
۷	دیوارپوش‌ها	مصالح آکوستیکی، اندودهای آکوستیکی، دیوارپوش‌های نساجی و قطعات شکاف‌دار یا سوراخ‌دار
۸	اتصالات	مواد نرم شامل : مواد لاستیکی، نئوپرن و مانند آن‌ها، فنرها، بالشتک‌های سربی با مغز آزبست، قطعات ارتجاعی لوله‌کشی‌ها

۸ــ۹ــ مصالح پوششی سقف‌های شیب‌دار

برای پوشش و آب‌بندی سقف‌های شیب‌دار از مصالحی به‌نام «آزبست» (ایرانیت، آردواز) استفاده می‌کنند که در گذشته بیش‌تر به‌جای آن‌ها ورق‌های آهن شیروانی به‌کار می‌بردند و در بعضی از ساختمان‌های مسکونی، اداری، آموزشی، انبارها و ... استفاده می‌شد. این ورق‌ها بر روی زیرسازی چوبی نصب می‌گردید که قبلاً ساخته و آماده می‌شد. اما امروزه بیش‌تر برای پوشش این نوع سقف‌ها که اغلب در مناطق پرباران استفاده می‌شود، صفحات یا ورق‌های ایرانیت یا آردواز به‌کار می‌برند. جنس این صفحات از محصولات پنبه‌ی کوهی و سیمان است که به‌صورت صفحات صاف یا موج‌دار به بازار عرضه می‌شود. این محصول نام گروهی از کانی‌های الیافی است که از زمان‌های گذشته شناخته شده و به‌صورت محدود، در منسوجات به‌منزله‌ی ماده‌ای نسوز از آن استفاده می‌شد. از این‌رو به نام «پنبه‌ی نسوز» نیز مشهور بوده است.

پنبه‌ی کوهی به‌صورت ۶ نوع کانی الیافی درطبیعت وجود دارد که عمده‌تر از همه‌ی آن‌ها کریزوتایل به رنگ سفید است و ۹۳٪ از آن محصول جهانی را شامل می‌شود.

پنبه‌ی کوهی طبیعی

از ویژگی‌های کریزوتایل عبارت است از «تاب زیاد»، «خاصیت خم‌شوندگی مناسب»، «سطح ویژه‌ی زیاد» (۱۳۰ تا ۲۲۰ هزار سانتی‌مترمربع بر گرم) و «پایداری در برابر گرما، جریان الکتریسیته، هم‌چنین مقاومت در برابر تأثیر هوا، آب و قلیایی‌ها». کریزوتایل در برابر اسیدها مقاومت چندانی ندارند.

گرچه سرطان‌زایی پنبه کوهی به اثبات رسیده است و مؤسسات بهداشتی جهانی استفاده از ماسک را برای کارگرانی که با آن سروکار دارند توصیه و حتی اجباری نموده‌اند با این حال برخی عقیده دارند که مقدار آن در این فرآورده‌ها کم بوده و علاوه بر این ذرات پنبه کوهی با قشری از سیمان کاملاً پوشانده و احاطه می‌شود (شکل ۳ــ۹).

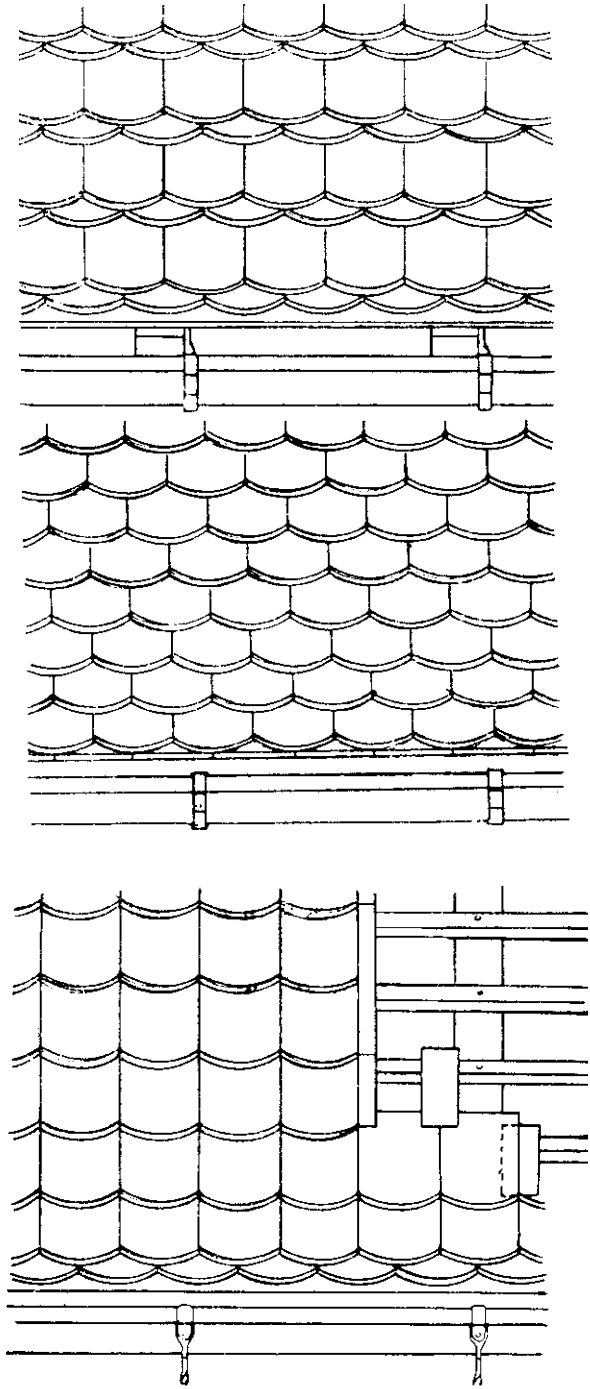
با توجه به سرطان‌زا بودن پنبه‌ی کوهی، در بسیاری از کشورها استفاده از آن ممنوع شده و این فرآورده با تدابیر خاصی جمع‌آوری می‌شود.

شکل ۳ــ۹ــ هشدار در مورد استفاده از پنبه کوهی

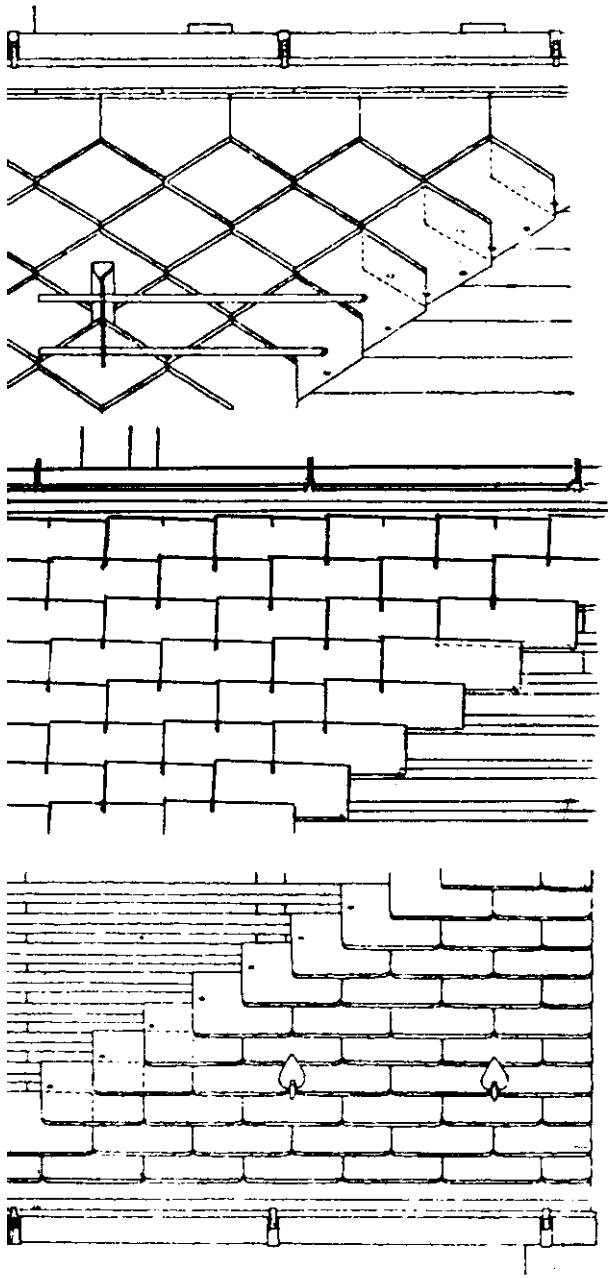
۱ــ۸ــ۹ــ ورق‌های ایرانیت صاف: این ورق‌ها دارای یک رویه‌ی صاف و مستطیل‌شکل بوده دارای لبه‌های راست و منظم هستند. ضخامت آن‌ها ۸،۶،۵، ۱۰،۱۵ و ۲۰ میلی‌متر است.

۲ــ۸ــ۹ــ ورق‌های موج‌دار: این ورق‌ها از نظر ارتفاع موج[۱] و نیز تحمل بار، در استاندارد ایران طبقه‌بندی شده‌اند. ارتفاع موج در ورقه‌های با موج کوچک بیش از ۱۵ و کمتر از ۳۰ میلی‌متر است. از نظر تحمل بار ورق‌های موج‌دار در رده‌های ۳۰۰ و ۴۲۵ قرار گرفته‌اند که نشانه‌ی خستگی خمشی حد شکستگی ورق‌ها برحسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع است. سطحی از ورق که در معرض عوامل جوّی قرار خواهد گرفت باید کاملاً صاف بوده لبه‌ی ورق‌ها نیز گونیا، مستقیم و تمیز باشد.

۱ــ ارتفاع موج، فاصله‌ی بین گودی موج تا بالای قسمت برآمده است.



شکل ۴ــ۹ــ صفحات پوششی سقف‌های شیب‌دار



شکل ۵ ــ۹ــ صفحات پوششی سقف‌های شیب‌دار

ارزش‌یابی فصل نهم

۱ــ موارد مصرف بتن سبک را توضیح دهید.
۲ــ طرز ساخت بتن سبک را شرح دهید.
۳ــ جنس سیپورکس را توضیح دهید.
۴ــ از پانل‌های گچی در چه جاهایی از ساختمان استفاده می‌شود؟
۵ــ منظور از پانل‌های ساندویچی چیست؟
۶ــ بتن الیافی را توضیح دهید.
۷ــ انواع پوشش‌های کف را برشمارید.
۸ــ عایق‌های حرارتی را شرح دهید.
۹ــ عایق‌های صوتی را توضیح دهید.
۱۰ــ موارد استفاده از ایرانیت را شرح دهید.

منابع

۱ــ مصالح ساختمانی، دکتر حسین حاج غفاری و مهندس حسن واعظ تقوی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ اوّل، تهران، ۱۳۷۸.

۲ــ اصول فنی ساختمان، استاد محمود ماهرالنقش، ابوریحان (نیل)، چاپ سوم، تهران، ۱۳۵۱.

۳ ــ خاک و تکنولوژی ساختمان ،سیدرسول فدکی،شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران،چاپ اوّل، تهران،۱۳۷۴.

۴ــ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی.

۵ــ مصالح و ساختمان، سام فروتن، انتشارات روزنه، چاپ سوم، تهران، ۱۳۸۴.

۶ــ شناخت و خواص مواد، کُد ۳۵۹/۵۵، وزارت آموزش و پرورش، سال ۱۳۸۳.

۷ــ تاریخ مهندسی در ایران، دکتر مهدی فرشاد، نشر بلخ، چاپ سوم، ۱۳۷۶