

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# مصالح ساختمان

رشته ساختمان

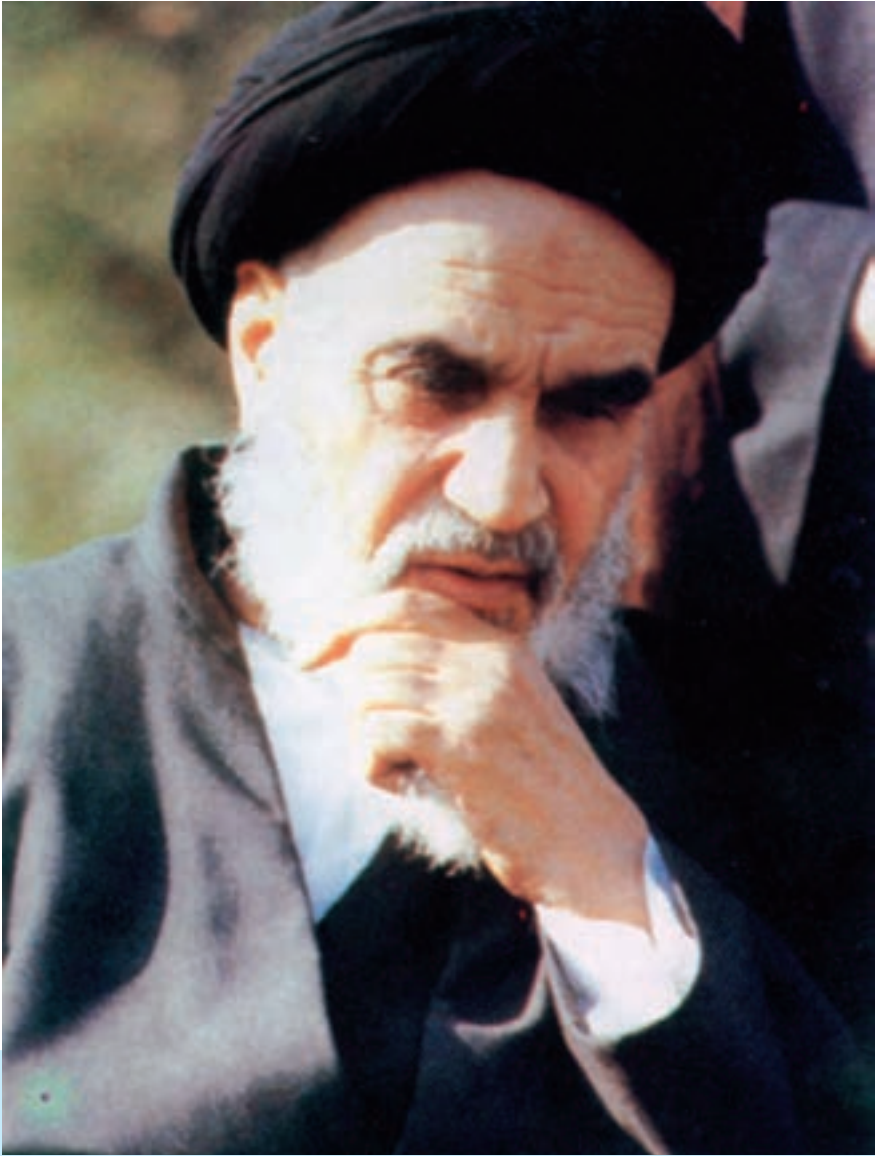
زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۶۸۵

۶۹۱	نصراللهزاده، سید کاظم
م ۴۵۸ ن	مصالح ساختمان / مؤلف : سید کاظم نصراللهزاده. - تهران : شرکت چاپ و نشر
۱۳۹۴	کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۴.
	۱۷۴ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه ای؛ شماره درس ۲۶۸۵)
	متون درسی رشته ساختمان ، زمینه صنعت.
	برنامه ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه ریزی و تألیف کتاب های
	درسی رشته ساختمان دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کاردانش وزارت آموزش
	و پرورش.
	۱. مصالح ساختمانی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه ریزی
	و تألیف کتاب های درسی رشته ساختمان. ب. عنوان. ج. فروست.





شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فصل اول : خواص اساسی مصالح ساختمانی	۲
۱-۱- آشنایی با زمین	۲
۱-۲- ساختمان کرة زمین	۳
۱-۳- ایجاد گسل و عوامل آن	۴
۱-۴- فرسایش و عوامل آن	۴
۱-۵- گردش آب در طبیعت	۴
۱-۶- عناصر موجود در پوسته زمین	۵
۱-۷- انواع مواد و مصالح ساختمانی	۶
۱-۸- خواص عمومی مصالح ساختمانی	۶
۱-۹- خواص فیزیکی مصالح	۶
۱-۱۰- خواص مکانیکی مصالح ساختمانی	۱۴
۱-۱۱- مقاومت مصالح ساختمانی	۱۴
۱-۱۲- خواص شیمیایی مصالح ساختمانی	۱۶

فصل دوم : سنگ ها، خاک ها	۱۸
۲-۱- کانی ها	۱۸
۲-۲- سختی	۱۹
۲-۳- سنگ ها	۲۱
۲-۴- سنگ های ساختمانی	۲۳
۲-۵- استحکام و مقاومت سنگ ها	۲۷
۲-۶- مقاومت در مقابل فشار و کشش	۲۹
۲-۷- در دسترس بودن و آسانی استخراج	۳۱

- ۳۱ ..... ۲-۸- نام گذاری مصالح سنگی
- ۳۲ ..... ۲-۹- مصالح نصب
- ۳۴ ..... ۲-۱۰- خاک ها

### فصل سوم : خشت، آجر ..... ۳۹

- ۳۹ ..... ۳-۱- نحوه ساخت خشت
- ۴۰ ..... ۳-۲- خشک کردن خشت
- ۴۱ ..... ۳-۳- آجر
- ۴۲ ..... ۳-۴- آجر رسی

### فصل چهارم : گچ، آهک، سیمان ..... ۵۹

- ۶۰ ..... ۴-۱- گچ
- ۶۶ ..... ۴-۲- آهک
- ۷۳ ..... ۴-۳- سیمان
- ۸۴ ..... ۴-۴- بتن

### فصل پنجم : آهن، آلومینیم، سرب، روی و برنج ..... ۹۰

- ۹۰ ..... ۵-۱- آهن خام
- ۱۰۵ ..... ۵-۲- آلومینیم (Al)
- ۱۰۶ ..... ۵-۳- سرب (Pb)
- ۱۰۶ ..... ۵-۴- روی (Zn) - مس (Cu)

### فصل ششم : چوب، شیشه و چسباننده ها ..... ۱۰۹

- ۱۰۹ ..... ۶-۱- چوب
- ۱۲۴ ..... ۶-۲- شیشه
- ۱۲۹ ..... ۶-۳- چسباننده ها

### فصل هفتم : اندودها، ملات ها و نگه دارنده های اندود ..... ۱۴۱

- ۱۴۱ ..... ۷-۱- اندودها
- ۱۴۲ ..... ۷-۲- ملات ها
- ۱۴۴ ..... ۷-۳- نگه دارنده اندود

فصل هشتم : موزاییک، کاشی، سرامیک و پلاستیک ..... ۱۴۷

۱-۸- موزاییک ..... ۱۴۷

۲-۸- کاشی ..... ۱۴۸

۳-۸- سرامیک ..... ۱۴۹

۴-۸- پلاستیک ..... ۱۵۰

۵-۸- کف پوش ها، دیوارپوش ها و سقف پوش ها ..... ۱۵۴

فصل نهم : سایر مصالح ساختمانی ..... ۱۶۱

۱-۹- بتن سبک ..... ۱۶۱

۲-۹- سیپورکس ..... ۱۶۲

۳-۹- پانل های گچی پیش ساخته ..... ۱۶۳

۴-۹- بتن الیافی ..... ۱۶۳

۵-۹- پوشش های کف ..... ۱۶۳

۶-۹- مصالح عایق حرارتی و سیستم های عایق کاری ..... ۱۶۳

۷-۹- مصالح آکوستیکی (صدابندی) ..... ۱۶۵

۸-۹- مصالح پوششی سقف های شیب دار ..... ۱۶۹

منابع ..... ۱۷۴

تذکر

محتوای مطالب، جداول و تصاویری که در زمینه رنگی قرار گرفته اند جهت

مطالعه آزاد بوده و جزء منابع آزمون نمی باشد.

## مقدمه

سرزمین ایران از دیدگاه روندهای تکاملی پیدایی و بهره‌برداری مصالح دارای تاریخی باستانی و بی‌پایه 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 آن که 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 متنوع و جدید به بازار عرضه می‌گردد. این مصالح ممکن است در اسکلت اصلی ساختمان یا برای مواد تکمیلی و تزئینی به کار 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 در نظر داشتن 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.

## خواص اساسی مصالح ساختمانی

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

- ۱- ساختمان کره‌ی زمین را شرح دهد.
- ۲- لایه‌های مختلف زمین را بیان کند.
- ۳- گسل و عوامل آن را شرح دهد.
- ۴- فرسایش و تأثیرات آن را شرح دهد.
- ۵- گردش آب در طبیعت را شرح دهد.
- ۶- عناصر موجود در پوسته‌ی زمین و نسبت عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها را بیان کند.
- ۷- مواد و مصالح ساختمانی را دسته‌بندی کند.
- ۸- خواص عمومی مصالح ساختمانی را بیان کند.

### ۱-۱- 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 اهمیت 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 معدنی 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.



## ۲-۱- ساختمان کره‌ی زمین

واحدهای تشکیل دهنده‌ی کره‌ی زمین عبارت‌اند از:

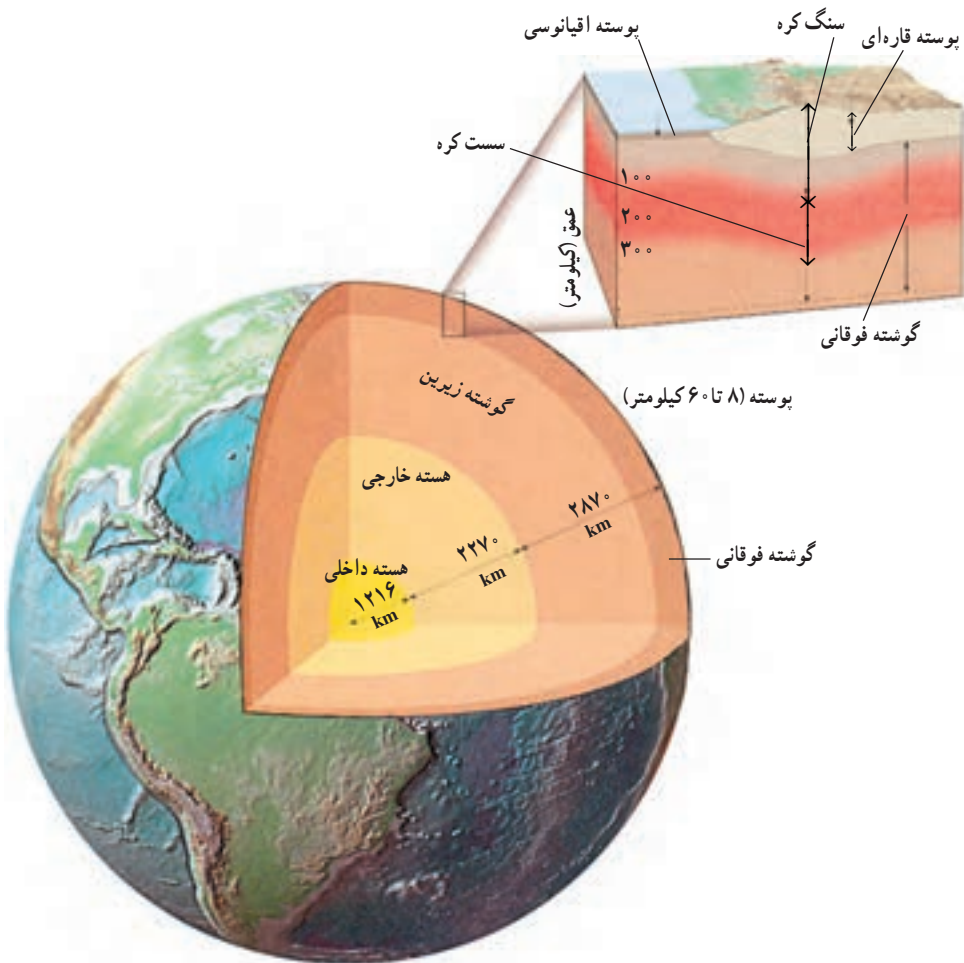
۱- اتمسفر یا هوای کره (جو)،

۲- هیدروسفر یا آب کره،

۳- لیتوسفر یا سنگ کره.

خارجی‌ترین بخش لیتوسفر را «پوسته‌ی جامد زمین» می‌نامند که در زیر قاره‌ها ضخامت‌های

حدود ۶۰ کیلومتر و در زیر اقیانوس‌ها ضخامت‌های حدود ۵ کیلومتر دارد. (شکل ۱-۱)



شکل ۱-۱- ساختمان درونی زمین

### ۳-۱- 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 چین خوردگی پدید می‌آید. گاهی وارد شدن نیرو از درون زمین بر سنگ‌های پوسته‌ی جامد زمین باعث به وجود آمدن شکست در آن‌ها می‌شود. شکست‌ها به صورت درز یا شکاف مشاهده می‌گردند. تعریف: گسل، شکستگی‌هایی است که در آن‌ها دو دیواره یا صفحه، نسبت به یکدیگر به موازات 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.

### ۴-۱- فرسایش و عوامل آن

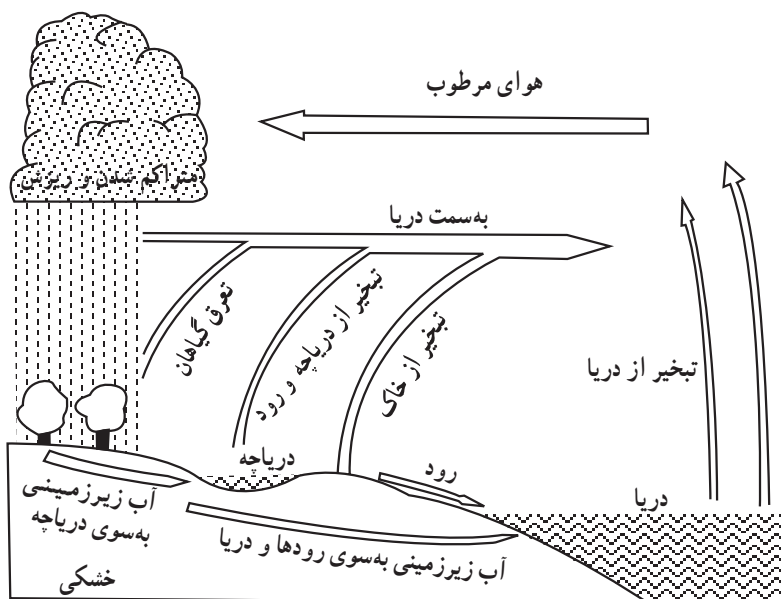
فرسوده شدن پوسته‌ی جامد زمین را «فرسایش» گویند. عوامل فرسایش عبارت‌اند از: باد، باران، برف، رودخانه، یخچال‌های طبیعی، دریا و دریاچه، آب‌های زیرزمینی، آتش‌فشان، زلزله، هوازدگی، حیوانات، انسان و گیاهان. در اثر فرسایش، سنگ‌ها قطعه قطعه شده، سپس به قطعات ریزتر و سرانجام به انواع خاک‌ها تبدیل می‌شوند. بعضی از سنگ‌ها در مقابل فرسایش و عوامل آن مقاومت بیش‌تری دارند؛ از این رو آشنا شدن با این گونه سنگ‌ها سبب می‌شود مواد و مصالح ساختمانی مقاوم را نیز بهتر بشناسیم و آن‌ها را به‌گونه‌ی مناسب انتخاب کنیم.

### ۵-۱- گردش آب در طبیعت

آب در طبیعت دائماً در حال تغییر حالت و تغییر مکان است. این تغییرات در مداری بسته صورت می‌گیرد که برای آن آغاز و پایانی نیست. نوعی تبادل دائمی 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 به صورت 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 مهمی 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 مهمی 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 ۱-۲)



شکل ۱-۲- چرخه‌ی آب در طبیعت

## ۱-۶- 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، تیدروژن، گوگرد، کربن، فلزات و ترکیبات فلزی، ترکیبات غیرفلزی و مقدار فراوانی سیلیکات‌ها.

به طور کلی ۷۵ درصد از پوسته‌ی زمین را ترکیباتی چون: کربنات‌ها، سولفات‌ها، نترات‌ها، 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 به کار می‌روند از قسمت‌های مختلف پوسته‌ی زمین به دست می‌آید.

## ۷-۱- 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 به دست می‌آید مثل سیمان که از ترکیب سنگ آهک و خاک رس به کمک حرارت حاصل می‌شود یا گچ و آهک که از پختن سنگ گچ و سنگ آهک به دست می‌آید. به تازگی مواد و مصالحی از ترکیبات شیمیایی و به روش‌های صنعتی به دست 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.

## ۸-۱- خواص عمومی مصالح ساختمانی

به طور کلی 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 اهمیت خاصی است؛ بنابراین، شناخت مواد و مصالح ساختمانی از جهات مختلف در علم مهندسی ضروری و الزامی است.

## ۹-۱- خواص فیزیکی مصالح

خواص فیزیکی مصالح ساختمانی عبارت‌اند از:

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

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

خواص ظاهری مصالح ساختمانی بدین قرارند :

۱- جرم.

۲- وزن.

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

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

جدول ۱-۱

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

ادامه‌ی جدول ۱-۱

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

ادامه‌ی جدول ۱-۱

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

ادامه‌ی جدول ۱-۱

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 ۱-۱

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



ادامه‌ی جدول ۱-۱

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

- ۶- پوکی مصالح (عبارت است از مقدار حجم خالی در اجسام نسبت به حجم جامد مصالح).  
۷- 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:

۱- **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،

ه) هرچه سوراخ‌های داخل مصالح درشت‌تر و به هم پیوسته‌تر باشند قابلیت هدایت حرارتی آن

بیش‌تر است.

۲- **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 ۲-۱ ارتباط بین جرم مخصوص فضایی و ضریب هدایت حرارتی مصالح گوناگون را نشان می‌دهد.

۳- **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  $158^{\circ}$  درجه‌ی سانتی‌گراد را تحمل می‌کنند.

ب) مصالح دیرگداز که حرارتی بین  $135^{\circ}$  تا  $158^{\circ}$  درجه‌ی سانتی‌گراد را تحمل

می‌کنند.

ج) مصالح زودگداز که در حرارت پایین‌تر از  $135^{\circ}$  درجه‌ی سانتی‌گراد ذوب می‌شوند.

۴- **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 بخار آب، یخ‌زدگی، ذوب‌شدن، جذب آب و رطوبت هوای

جدول ۱-۲- جابه‌جایی حرارتی

ضریب هدایت حرارتی ( $\text{mm} \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ )	مصالح	
۱۴۴-۱۹۸ ۷۲-۹۰ ۷۰ ۳۰-۶۰ ۱۵/۳-۴۵ ۳۱ ۲۹	پلی اتیلن (متخلخل متراکم) اکریلیک‌ها پلی وینیل کلراید P.V.C چوب فنولیک‌ها روی سرب	زیاد ۲۶-۲۰۰
۲۴ ۱۸-۲۵ ۱۸ ۱۷/۳ ۱۷/۳ ۱۶/۶	آلومینیم پلی استر برنج مس فولاد ضدزنگ اندود گچ	متوسط ۱۵-۲۵
۷-۱۶ ۱۰-۱۴ ۱۱-۱۳ ۶-۹ ۸-۱۰ ۶-۱۰ ۱۴-۱۱	ماسه سنگ‌ها بتن‌های با دانه‌بندی متنوع فولاد شیشه گرانیت شیت مرمر	پایین ۱-۱۴
۲/۴-۹ ۸ ۵-۸ ۵-۷ ۱۲ ۵ ۳-۶	سنگ‌های آهکی بتن هوا دمیده تخته چند لایه آجر و دیوار آجری پنبه کوهی سیمان تخته‌های عایق پنبه کوهی سیمان - سیلیس - آهک چوب با برش طولی	

مجاور و همانند آن که عبارت‌اند از :

۱- قابلیت جذب رطوبت هوا.

۲- 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.

۳- 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  $0.8/1$  باشد مصالح، نفوذناپذیر شناخته شده، کاربرد آن‌ها در رطوبت و آب اشکالی ایجاد نمی‌کند.

۴- 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- 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  $40^\circ$  بار یخ‌زدگی بیش از ۵ درصد حالت طبیعی نباشد.

۶- نفوذپذیری مصالح ساختمانی در برابر گازها.

## ۱۰-۱- 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.

## ۱۱-۱- 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 ۳-۱ خصوصیات برخی غیر فلزات را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- خصوصیات برخی غیر فلزات

نقطه ذوب	رسانایی الکتریکی در ۲۰°C برحسب درصد مس یا رسانایی بالا	ضرب طولی mm (mm × ۱۰ <sup>-۶</sup> /°C)	ضرب هدایت گرمایی w/m°C	سختی عدد برینل	جدول الاستیسیته E N/mm <sup>۲</sup>	افزایش طول در ۵۰ mm درصد	مقاومت کششی N/mm <sup>۲</sup>	مقاومت فشاری N/mm <sup>۲</sup> درصد	وزن مخصوص kg/m <sup>۳</sup>	مواد
۱۵۰۰	-	۸/۹	۱/۰۴	-	۶۸۹۰۰	-	۳۴-۱۷۲	-	۲۵۲۰	شیشه
-	-	-	۱۰-۱۴ ۶۰۵-۲۸	۱/۰-۱/۴ ۲۰/۵	-	۲۸۶۰۰ ۲۸۰۰۰	۲۴ ۲۳	-	۲۴۰۰-۲۲۴۰ ۲۰۰۰-۳۲۰	بتن <sup>۱</sup> با دانه سنگی سبک با دانه سنگی سنگین
۸-۲۹۵	-	۷-۲۱۰	۰/۲	-	-	۲۱۷۲-۱۰۲۰۰	-	۲۷-۵۹ ۰/۱۴-۰/۵۵	۹۰۰-۲۳۰۰ ۲/۲-۶۱۲۸	پلاستیک‌ها
چدن پلاستیک	-	-	۴/۵	۰/۱۴	-	۴۰۶۰۰	۵-۲۸۰۰ mil <sup>۵</sup>	۶۸-۷۳۱۰	۲۸۰-۹۰۰	چوب‌های ساختمانی <sup>۷</sup>

- ۱- مشخصات با توجه به وزن مخصوص بتن و نوع پرکننده تغییر می‌کند.
- ۲- مقادیر تقریبی برای بتن با مقاومت خردشدگی  $28 \text{ N/mm}^2$ .
- ۳- مقادیر تقریبی برای بتن با پوک‌ی صنعتی با مقاومت خردشدگی  $14 \text{ N/mm}^2$ .
- ۴- ترموپلاستیک‌ها.
- ۵- پلاستیک‌های ترموست.
- ۶- پلاستیک‌های منخل.
- ۷- خواص چوب با توجه به گونه، وزن مخصوص، میزان رطوبت و جهت بارگذاری تغییر می‌کند.
- ۸- حداکثر برای grp (فشاری که جسم را ۰/۱ درصد کاهش حجم یا طول می‌دهد).

## ۱۲-۱- خواص شیمیایی مصالح ساختمانی

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

## ارزش‌یابی فصل اول

- ۱- قسمت‌های مختلف واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی زمین را نام ببرید.
- ۲- گسل را تعریف کنید.
- ۳- فرسایش و تأثیرات آن را شرح دهید.
- ۴- گردش آب در طبیعت را توضیح دهید.
- ۵- ترکیبات بوسته‌ی زمین را نام ببرید.
- ۶- خواص فیزیکی مصالح ساختمانی به چند بخش تقسیم می‌شود؟ نام ببرید.
- ۷- گرمای ویژه‌ی مصالح ساختمانی را تعریف کنید.
- ۸- چه مصالحی در برابر یخ‌زدگی مقاوم هستند؟

### سنگ‌ها، خاک‌ها

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

- ۱- پیدایش انواع سنگ‌ها را توضیح دهد.
- ۲- درجه‌ی سختی سنگ‌ها را شرح دهد.
- ۳- سنگ‌های مصرفی در ساختمان را شرح دهد.
- ۴- روش‌های تهیه‌ی سنگ‌های ساختمانی را توضیح دهد.
- ۵- خواص سنگ‌ها را شرح دهد.
- ۶- درجه‌ی سختی سنگ‌ها را شرح دهد.
- ۷- انواع خاک‌های ساختمانی را توصیف کند.

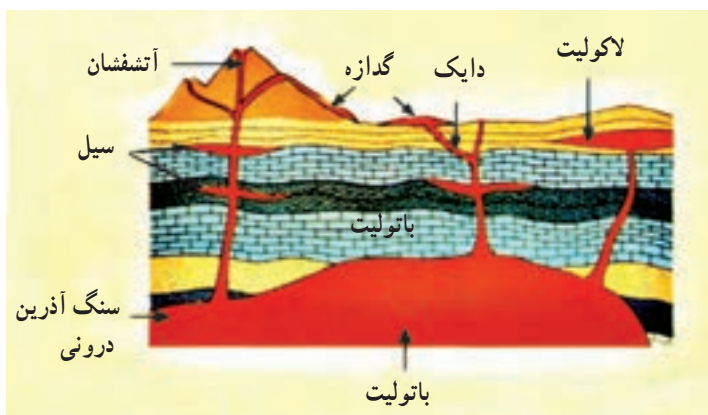
#### ۱-۲- کانی‌ها

چون کانی‌ها واحدهای سازنده‌ی سنگ‌ها هستند، باید قبل از سنگ‌ها بررسی شوند. به‌طورکلی 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. بدین ترتیب، 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 الیون تشکیل می‌دهد. ماده‌ی مذاب (ماگما) به تدریج سردتر می‌شود و مواد مختلف موجود در آن بسته به درجه‌ی انجماد و وزن مخصوص آن‌ها متبلور شده، کانی‌های مختلف را شکل می‌دهند. شکل ۱-۲ جریان ماگما در لایه‌های زمین را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲- ساخت‌های آذرین درونی

## ۲-۲- 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.

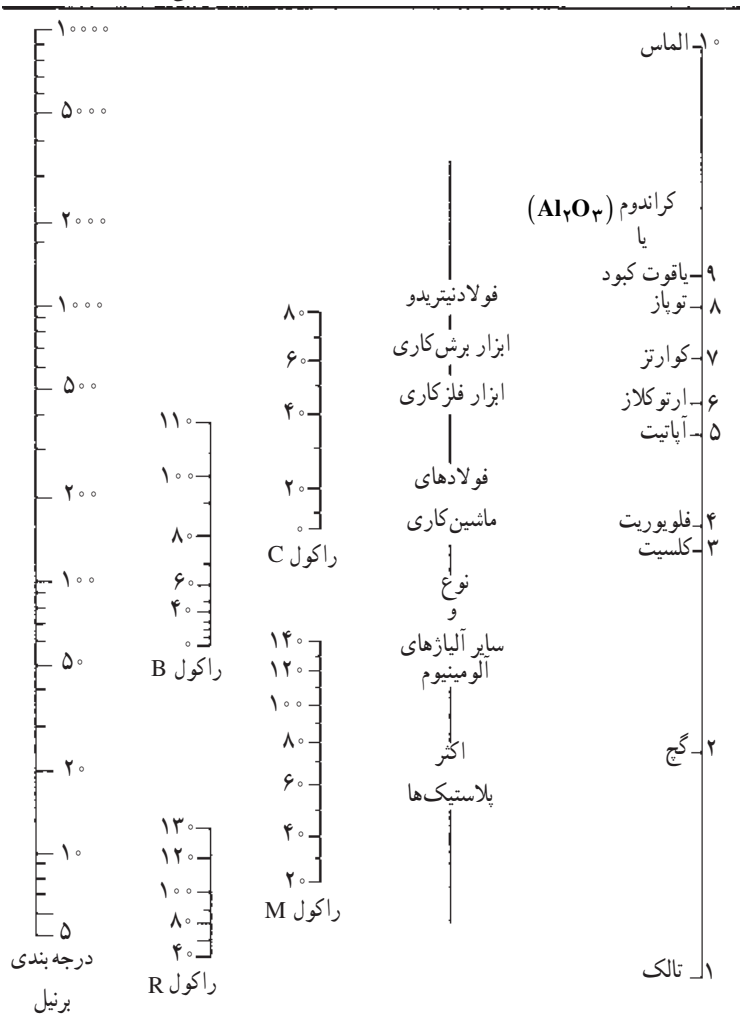
کانی‌های با درجه‌ی سختی ۲ با ناخن خراش برمی‌دارند؛ مانند: ژیس، گوگرد و نمک. کانی‌هایی که درجه‌ی سختی آن‌ها ۳ است با تیغه‌ی چاقو به آسانی خراش برمی‌دارند؛ مانند: کلسیت.

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 ۱-۲ مقایسه‌ی درجه‌بندی‌های سختی را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- مقایسه‌ی درجه‌بندی‌های سختی



## ۳-۲- سنگ‌ها

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

### ۱-۳-۲- سنگ‌های آذرین: سنگ‌های آذرین از انجماد ماده مذاب (ماگما) حاصل

می‌شوند. خصوصیات سنگ‌های آذرین عبارت‌اند از:

- ۱- همگن و توده‌ای و فاقد هر نوع جهت‌یافتگی هستند.
- ۲- بدون فسیل بوده، فاقد چین‌بندی هستند.
- ۳- کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی این سنگ‌ها عموماً سیلیکات‌ها هستند.
- ۴- از نظر شیمیایی و کانی‌شناسی عموماً دارای بلور هستند.
- ۵- کانی‌های کوارتز، فلدسپات، میکای سفیدرنگ سنگ‌های آذرین را روشن و کانی‌های الیون، پروکسین، آمفیبولیت و بیوتیت (میکای سیاه) رنگ سنگ‌های آذرین را تیره می‌کند.
- ۶- 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.

### ۲-۳-۲- سنگ‌های رسوبی: سنگ‌های رسوبی از رسوب کردن مواد حاصل از فرسایش

سنگ‌ها در دریاها به وجود می‌آیند.

خصوصیات سنگ‌های رسوبی عبارت‌اند از:

- ۱- لایه لایه هستند و در روی زمین به صورت نوارهای موازی دیده می‌شوند.

- ۲- عموماً دارای فسیل (ماکروسکوپی یا میکروسکوپی) هستند.
- ۳- اجزای تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های رسوبی با ماده‌ای چسبنده به هم متصل شده‌اند.
- ۴- معمولاً دارای درجه‌ی سختی کم‌تر از ۵ هستند.

۵- دارای بلورهای هم جنس هستند؛ مانند: کربنات‌ها، گچ و نمک‌ها.

۳-۲- 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 نائبات می‌یابند و تغییر می‌کنند. به چنین سنگ‌هایی «دگرگون شده» می‌گویند. عواملی که در دگرگون شدن سنگ‌ها مؤثرند عبارت‌اند از: گرما، فشار یا فشار و گرما با هم.

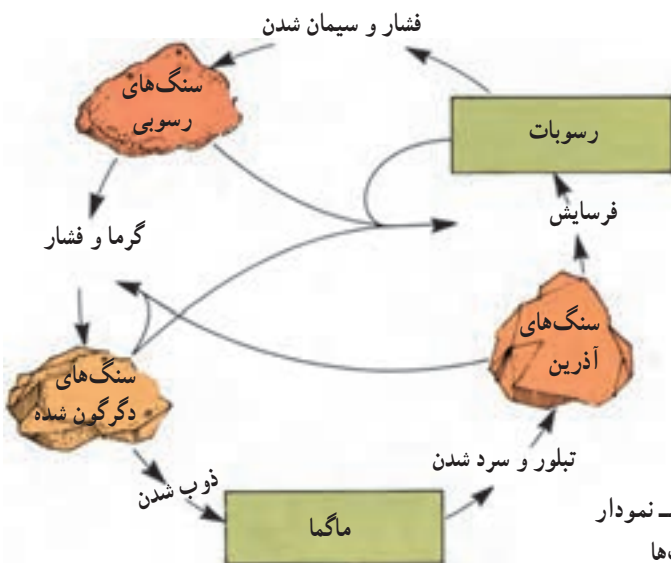
برای مثال: سنگ‌های مرمر، گنایس و کوارتزیت که به ترتیب از جنس سنگ‌های رسوبی، آذرین و ماسه‌ی سنگی رسوبی هستند جملگی تحت فشار و حرارت دگرگون شده‌اند.

۴-۳-۲- 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 به آن‌ها 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 به طور وسیعی تشکیل گردیده است. شکل ۲-۲ نمودار تشکیل سنگ‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲- نمودار تشکیل سنگ‌ها

## ۲-۴- سنگ‌های ساختمانی

سنگ‌هایی که در ساختمان مصرف می‌شوند به یکی از صورت‌های طبیعی هستند؛ مانند: «قلوه سنگ»، «کار شده» و «بادبر و خرد». شکل ۲-۳ سنگ‌های طبیعی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳- سنگ‌های طبیعی

سنگی که از معدن به دست 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

بی، دیوار، نمای کرسی چینی (آزاره)، 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  $0/09$  میلی‌متر را گرده سنگ، دانه‌های با قطر بین  $0/09$  تا  $2$  میلی‌متر را ماسه، دانه‌های با قطر بین  $2$  تا  $25$  میلی‌متر را نرمه سنگ و دانه‌های با قطر بین  $25$  تا  $60$  میلی‌متر را خرده سنگ می‌گویند. هم‌چنین دانه‌های درشت‌تر از  $60$  میلی‌متر را پاره سنگ، لاشه سنگ و تخته سنگ می‌نامند. شکل ۲-۴ شکل‌های ساختگی سنگ‌ها را نشان می‌دهد.



سنگ قواره



سنگ بادبر



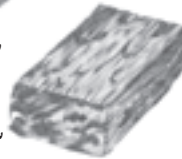
سنگ سرتراش (رگه‌ای کلنگی)



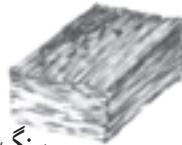
سنگ سرتراش گونیا شده



سنگ بادکوبه‌ای



سنگ تمام تراش



سنگ چند وجهی نامنظم  
(راسته و کله)

سنگ چند وجهی (عمقی)



سنگ چند وجهی

شکل ۲-۴- شکل‌های ساختگی سنگ‌ها

## ۱-۴-۲- سنگ‌های نما: این سنگ‌ها را در کارخانه به شکل لوح (سنگ پلاک) به ضخامت

بین ۶ تا ۳۰ میلی‌متر می‌برند و روی آن را می‌سایند تا صیقلی شود.

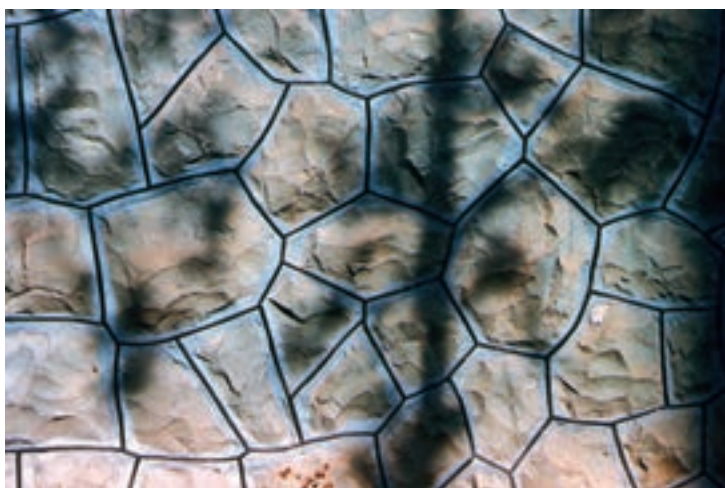
سنگ لوح صیقلی را به هنگام استفاده در جای موردنظر قرار می‌دهند و پس از اطمینان از درست قرار گرفتن آن، پشت سنگ را ملات می‌ریزند تا به بنا یا زیرکار بچسبد یا آن را برای فرش کف روی لایه‌ای از ملات پهن شده قرار می‌دهند و کف موردنظر را می‌پوشانند.

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 به راحتی 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 باشند که در اثر عوامل جوی و هوازدگی خراب می‌شوند، زیرا در این صورت استحکامی نخواهند داشت. در شکل‌های ۵-۲ تا ۸-۲ نمائاری با سنگ‌های مختلف به تصویر کشیده شده است.



شکل ۵-۲- نمای دیوار سنگی چندوجهی





شکل ۶-۲- نماسازی با سنگ قلوه‌ای رودخانه‌ای



شکل ۷-۲- نمای سنگ بادبر



شکل ۸-۲- نمای دیوار لاشه چینی شده بدون ملات



شکل‌های ۹-۲ الی ۱۲-۲ انواع دیوارهای کارشده باسنگ را نشان می‌دهند.



شکل ۱۰-۲- دیواره‌ی سنگ بادبر سرتراش گونیا شده به رج برده شده



شکل ۹-۲- دیوار با سنگ سرتراش مرتب و بدون رج



شکل ۱۲-۲- دیوار با سنگ بادبر مرتب و بارج‌های مساوی



شکل ۱۱-۲- دیوار با سنگ چندوجهی سرتراش رجدار

## ۵-۲- 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. در غیر این صورت، 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  $85^{\circ}$  درجه‌ی سانتی‌گراد به آهک تبدیل می‌شوند؛ از این رو نمی‌توانند مدت زیادی در مقابل حرارت پایدار باشند. به‌طور کلی تاب فشاری سنگ‌ها برای کارهای بنایی نباید کمتر از اندازه‌ی مشخص شده در

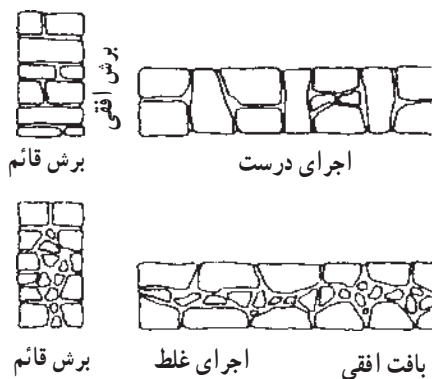
نقشه‌ها باشد؛ یعنی نباید کم‌تر از ۱۵ مگاپاسکال (هر MPa حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) باشد. سنگ‌های مصرفی در مناطق سرد باید در برابر یخ‌بندان پایدار بوده، مطابق استاندارد و ضوابط باشند.

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 در نظر 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 تزئینی نمای خارجی ساختمان در اثر آفتاب و هوازدگی نیز اهمیت 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 دست کم 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 به نحوی که رگه‌ها و نقش طبیعی آن به خوبی 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 به ترتیب 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 در نظر 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، به گونه‌ای 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 کف پوش ۳۰ میلی متر، پلاک نما ۲۰ میلی متر و برای سنگ‌های قرنیز دور اتاق‌ها ۱۰ میلی متر است. در شکل ۱۳-۲ اجرای درست و غلط دیوار سنگی نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۲- 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 ۲-۲ محل مصرف انواع سنگ‌ها مشخص شده است.

## ۶-۲- مقاومت در مقابل فشار و کشش

به‌طور کلی، 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:

- ۱- سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها از ۲۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیش‌تر است.
  - ۲- سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها بین ۱۲۵۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است.
  - ۳- سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها بین ۸۰۰ تا ۱۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است.
  - ۴- سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است.
- سنگ‌هایی که تاب فشاری آن‌ها از ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع 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 این کار استفاده می‌شود. برای سنگ‌هایی که از ساختمان به شکل کنسول خارج شده‌اند،  $\frac{1}{3}$  مقاومت کشش را در نظر می‌گیرند.

جدول ۲-۲- 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	بی‌سازی‌ها 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) ضدقلبا، 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 متخلخل و توف‌ها ۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع استاندارد شده است.

۱-۶-۲- 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 جلابذیر هستند. سنگ‌هایی که جرم حجمی آن‌ها ۲۴۰۰ کیلوگرم در مترمکعب یا بیش‌تر باشد آینه‌ای می‌شوند. آگاهی از خواص سنگ‌ها، سبب می‌شود بعضی از آن‌ها به کار 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.

۲-۶-۲- چسبندگی سنگ‌ها به ملات: براساس آزمایش‌های انجام شده میزان چسبندگی سنگ‌ها با ملات سیمان خالص به این شرح است:

۱- سنگ‌های آهکی سست دارای چسبندگی مناسب نیستند.

۲- سنگ‌های آهکی سخت و نیمه‌سخت دارای چسبندگی بسیار خوبی هستند.

۳- سنگ‌های آهکی فشرده چسبندگی متوسطی دارند.

۴- گرانیت‌ها نیز اندکی چسبندگی دارند.

۵- کوارتزیت و شیشه‌ها چسبندگی بسیار ضعیفی دارند.

## ۲-۷- 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.

## ۲-۸- نام‌گذاری مصالح سنگی

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

- گروه درشت دانه از قطر ۶۰ میلی‌متر تا ۲ میلی‌متر که شن نامیده می‌شوند.

- گروه میان دانه از قطر ۲ تا ۰/۰۶ میلی‌متر که ماسه نامیده می‌شوند.

- گروه ریز دانه از قطر ۰/۰۶ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر که لای نامیده می‌شوند.

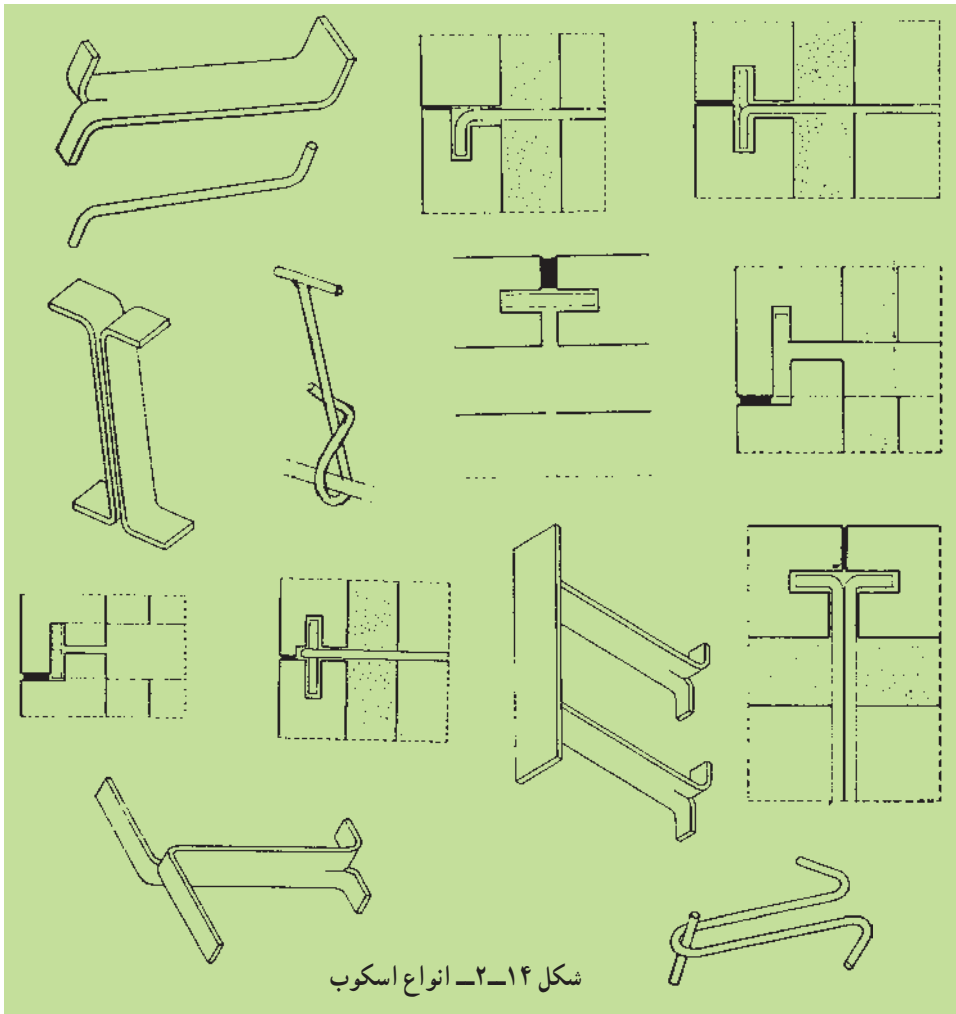
- گروه ریزدانه از قطر ۰/۰۰۲ میلی‌متر کم‌تر که به خاک رس نام‌گذاری شده است.

## ۹-۲- 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 نزنند یا تمام قسمت‌های آن در داخل خمیر سیمان ملات و دوغاب پشت سنگ قرار گیرد تا از زنگ‌زدگی آن‌ها جلوگیری به عمل آید. اتصالات غیرفلزی از نظر استحکام و دوام باید مقبول دستگاه نظارت یا کارفرما باشند. در شکل ۱۴-۲ انواع اسکوب دم‌چلچله‌ای و مفتولی نشان داده شده است.



## حمل و نقل و نگهداری

بارگیری، حمل و باراندازی (تخلیه) مصالح سنگی باید با دقت صورت گیرد. انواع گوناگون 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 - تا حد امکان سرپوشیده - نگهداری شده از تماس آن‌ها با خاک، مواد مضر، چربی‌ها، یخ و برف جلوگیری شود. مصرف مصالح سنگی کهنه در صورتی که دارای مشخصات موردنظر و کاملاً تمیز شده باشد اشکالی ندارد، اما بهتر است به هنگام کار همراه با مصالح تمیز به کار گرفته شود.

آیا می‌دانید که ...

مصالح سنگی در ایران از دوران‌های پیش از تاریخ به کار می‌رفته است. خانه‌هایی در شمال ایران به دست آمده است که پایه‌های آن‌ها از سنگ چین تشکیل شده است و تاریخ ساختمان آن‌ها به هفت هزار سال پیش می‌رسد. مصالح سنگی نخست به گونه‌ی 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 جمله‌گزینش مصالح و چگونگی ساختمان‌سازی پدید آمد. مصالح سنگی در ساختمان‌های بزرگ به گونه‌ی تکه‌های تراشیده شده که خشکه چین روی هم قرار داده می‌شد به کار 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. به‌طور کلی ایرانیان، هنگامی که می‌خواستند ساختمانی بسازند که همیشه بر جای 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.

## ۱۰-۲- خاک‌ها

مصالح سنگی که قطر آن‌ها کم‌تر از  $2/0$  میلی‌متر باشد خاک نامیده می‌شود. در جدول ۲-۲ طبقه‌بندی خاک‌ها با توجه به اندازه‌ی دانه‌ها نمایش داده شده است. خاک در نتیجه‌ی 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.

### ۱-۱۰-۲- دانه‌بندی خاک

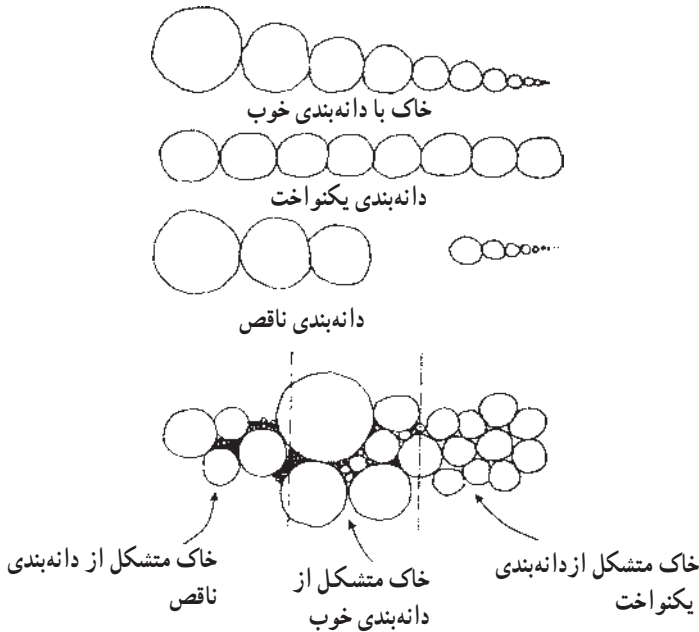
در خاک‌ها با توجه به فراوانی دانه‌های خاک با اندازه‌های مختلف دانه‌بندی خاک دست‌خوش تغییر می‌شود و از این حیث به دو دسته کلی خاک با دانه‌بندی خوب و خاک با دانه‌بندی ضعیف تقسیم می‌شود. خاک با دانه‌بندی خوب، خاکی است که تمام ذرات از بزرگ‌ترین تا کوچک‌ترین قطعه را دارا باشد.

خاک با دانه‌بندی ضعیف، خاکی است که شامل دانه‌های یک اندازه‌ی 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. در شکل ۱۵-۲



خاک با دانه‌بندی‌های مختلف نمایش داده شده است.

لازمه‌ی رسیدن به خاکی با تاب تحمل و باربری بالا و همچنین وزن مخصوص بالا کنترل درصد وزنی دانه‌بندی خاک است به طوری که فضاهای خالی در این خاک توسط رده‌های مختلف ریزدانه‌ی بعدی پر شده و خاک به حداکثر تراکم برسد همان طوری که در شکل ۱۵-۲ 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 ۱۵-۲

## ۲-۱۰-۲- انواع خاک

۱- خاک رُس: خاک رُس از فرسوده شدن سنگ‌های آذری و دگرگونی مانند فلدسپات‌ها، گرانیت‌ها و گنایس‌ها حاصل می‌شود. از این رو، 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  $60\ \mu\text{m}$  میکرون کره‌ای شکل هستند و تماس دانه‌ها با یک‌دیگر نقطه‌ای است، اما دانه‌های کوچک‌تر از  $60\ \mu\text{m}$  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 هیدروسلیکات آلومینیم  $\text{MSiO}_3$ ،  $\text{PH}_2\text{O}$ ،  $\text{MAl}_2\text{O}_3$  به‌همراه اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی است. خاک رس خالص، سفید است. ناخالصی‌ها آن را رنگین می‌کنند؛ برای نمونه، خاک رس کبود حاوی  $\text{FeO}$  یا خاک نباتی است. خاک رس سیاه یا خاکستری، کم و بیش دارای زغال است. خاک رس سرخ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  و خاک رس زرد، هیدروکسید آهن به همراه دارد. وزن ویژه‌ی فضای خاک رس عموماً از  $1500$  (به حالت سست) تا  $1700$  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 آن جمله 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 گل‌آهک، گچ و خاک، گل و کاه‌گل به‌کار می‌رود.

مصرف خاک رس در ملات گچ و خاک به دلیل ارزانی قیمت و کندگیر کردن آن است. در ملات گل آهک و شفته خاک رس 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 - حتی المقدور - خالص و عاری از مواد آلی، ریشه‌ی گیاهان و دیگر بقایای نباتی باشد. میزان سولفات‌ها در خاک رس برحسب  $SO_3$  نباید بیش از ۵٪ درصد میزان کلورهای سدیم و پتاسیم آن نباید مجموعاً بیش از 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.

**۲- 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.

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

آیا می‌دانید که ...

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

## ارزش‌یابی فصل دوم

- ۱- کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های آذرین را نام ببرید.
- ۲- سختی را تعریف کنید.
- ۳- کانی‌های با درجه‌ی سختی ۲ را نام ببرید.
- ۴- اگر کانی شیشه را خراش دهد دارای چه درجه سختی است؟
- ۵- انواع سنگ‌ها را نام ببرید.
- ۶- خصوصیات سنگ‌های آذرین را بنویسید.
- ۷- سنگ‌های آذرآواری را شرح دهید.
- ۸- سنگ‌های مصرفی در ساختمان را نام ببرید.
- ۹- چه سنگ‌هایی جلاپذیر نیستند؟
- ۱۰- خاک رس از فرسوده شدن چه سنگ‌هایی به وجود می‌آید؟

### خشت، آجر

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

- ۱- روش‌های ساختن خشت را توضیح دهد.
- ۲- روش‌های خشک کردن خشت را شرح دهد.
- ۳- روش‌های پختن آجر را توضیح دهد.
- ۴- انواع کوره‌ها را تعریف کند.
- ۵- انواع کوره‌ها را با بازدهی اقتصادی شرح دهد.
- ۶- انواع آجر را نام ببرد.
- ۷- انواع آجر را با توجه به ویژگی‌های آن‌ها توضیح دهد.

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

#### ۱-۳- 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 به صورت حوضچه‌هایی درمی‌آورند که به آن «آب‌خوره» می‌گویند. آن‌گاه حوضچه را از آب پر می‌کنند و به مدت ۲ روز به حال خود رها می‌کنند تا کلوخه‌های رس نمناک شود. خاک رس نمناک را دوباره به هم می‌زنند تا به صورت خمیر گل درآید؛ سپس آن را در قالب‌های چوبی یا آهنی مربع یا مستطیل شکل قرار می‌دهند. برای این منظور 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 این که خمیر گل را در قالب می‌ریزند و به خوبی 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 بدین طریق به دست می‌آید خشت نامیده می‌شود. خشت تا زمانی که روی زمین است رطوبت خود را دیر از دست می‌دهد، بنابراین برای آن که 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 این رو 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.

## ۲-۳- 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 به خوبی خشک نمی‌شود و در نتیجه ترک برمی‌دارد، ممکن است تغییر شکل یابد و اگر در سرما خشک شود یخ می‌زند. پس باید خشت را به صورت مصنوعی خشک نمود. سه روش کلی برای خشک کردن خشت وجود دارد:

۱- 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- 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 می‌مکنند.

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

در ساختمان‌ها نخست خشت‌ها به گونه‌ی خام و گاهی نیز خشک نشده به کمک ملات گل در ساختن دیوارها به کار 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 گلی و خاکی، خشت‌هایی که در کالدهای چوبین ساخته می‌شد پدید آمد. این خشت‌ها به کمک کالبد، شکل راست گوشه به خود می‌گرفته‌اند و از دیدگاه هندسی منظم‌تر از خشت‌های دستی بوده‌اند. خشت‌های قالبی پس از خشک شدن در آفتاب در ساختمان به کار 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 خشک شدن 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 بر خود 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.

### ۳-۳- آجر

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

زمان «سارگن» - مؤسس امپراتوری آکاد - 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 بدین ترتیب خشت رسی را می‌پختند و آن را به آجر تبدیل می‌کردند. در زمان «نبوکد نصر دوم» یا همان «بختنصر» (۶۰۵-۵۲۶ 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 - سال ۱۶۶۶ میلادی - 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 به آمریکا 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<sup>۱</sup> با بخار تحت فشار زیاد به‌دست می‌آید و نوع آجرهای بتنی همانند بلوک‌های سیمانی دیواری تهیه می‌شود.

#### ۴-۳- آجر رسی

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

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



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

**۱-۴-۳- مواد اولیه‌ی گِل آجر:** گلی که در خشت زدن برای تهیه‌ی 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؛ در نتیجه 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؛ بدین ترتیب، 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؛ در نتیجه آجر پوک می‌شود. از این‌رو برای ساختن آجرهای پوک و سبک می‌توان به گل آجر، خاک ازّه اضافه نمود.

**۲-۴-۳- خشت‌زنی برای تهیه‌ی آجر:** در کارخانه‌های آجرپزی جدید خاک را آسیاب می‌کنند تا کاملاً ریزدانه شود سپس مقدار معینی آب بر روی آن می‌باشند 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 ماریچ در آن می‌چرخید با فشار وارد می‌کردند و جلوی دهانه‌ی لوله، قالب خشت قرار داشت که از سوراخ‌های آن گل 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 باقی می‌ماند که پس از پختن، آجر پوک و کم مقاومت به دست می‌آمد. در آغاز قرن بیستم ماشینی ساخته شد که می‌توانست هوای گل را بگیرد. در این نوع ماشین‌ها ماریچ‌های پیش راندن گل درون جلد فولادی کار گذاشته شده که هوای جلد فولادی به راحتی مکیده می‌شود تا در گل خشت هوا باقی نماند، اما مکیدن هوا باعث شل شدن گل می‌گردد و در نتیجه شکل دادن گل دچار اشکال می‌شود و کج شدن گوشه‌های آجرهای ماشینی به همین علت است؛ بنابراین در کارخانه‌های جدید پس از آسیاب کردن خاک به گرد تهیه شده در محل مخصوص بخار آب می‌دهند تا دانه‌ها نمناک شود؛ سپس آن را پرس می‌کنند تا به شکل خشت درآید، در چنین خشتی آب وجود نداشته احتیاجی به خشک کردن ندارد.

۳-۴-۳- آجرپزی: آجرپزی یعنی گرما دادن به خشت به اندازه‌ای که آب شیمیایی خاک رس گرفته شود و دانه‌های خاک در اثر حرارت به حد عرق کردن برسند، اما ذوب نشوند، بلکه فقط به هم 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 مواد 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 کم آب شیمیایی خاک رس جدا می‌شود و در گرمای نزدیک به ۹۰۰ درجه خشت می‌پزد و دانه‌های خاک به هم چسبیده و یک جسم یک پارچه و مقاوم به نام آجر تهیه می‌شود.

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

۳-۴-۴- 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- کوره‌ی چاهی: استوانه یا منشوری است که مانند چاهی در زمین کنده شده است و از

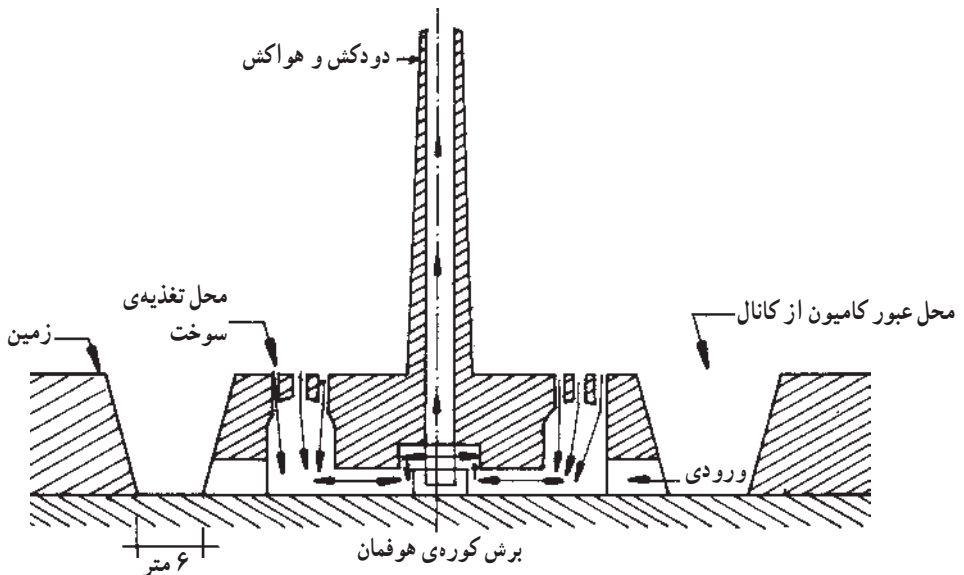
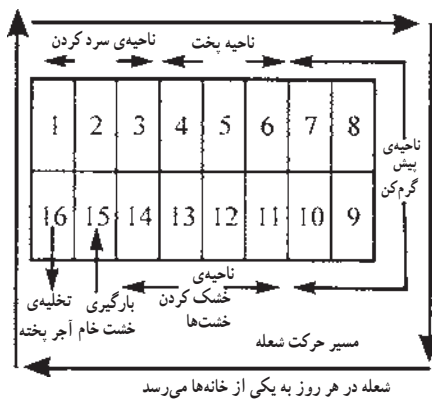
سطح زمین گاهی تا ارتفاع ۴ تا ۵ متر هم بالاتر خشت چیده می‌شود: در قسمت پایین کوره کانون آتش قرار دارد که تاق قوسی شکل و سوراخ دار، آن را از محل قسمت آجر جدا می‌کند. سوخت کوره، چوب، زغال سنگ یا نفت سیاه است. در این کوره‌ها گرما زیاد تلف می‌شود، زیرا پس از آن که خشت به آجر تبدیل شد باید چند روز صبر کنند 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 بی‌ها به جای سنگ مصرف می‌شود. هم چنین 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 به کار 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 — کوره‌ی هوفمان: این کوره را نخست یک بنای آلمانی به نام «فردریچ هوفمان» ساخت. در این 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  $۲/۵ \times ۵$  متر که با یک‌دیگر مرتبط هستند تشکیل شده است که به هر کدام «قمیر» می‌گویند. پس از چیدن خشت در قمیر به وسیله‌ی یک مانع موقتی که معمولاً صفحه‌ی مقوایی است این ارتباط قطع می‌گردد و در موقعی که 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، به صورت 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 زاویه‌ی طوری چیده می‌شوند که بین آن‌ها فاصله باشد. هم چنین خشت در

زیر مجراهای سوخت چیده نمی‌شود، زیرا شعله با آن‌ها تماس مستقیم پیدا کرده، آن‌ها را ذوب می‌کند. مثال: در شکل ۳-۱ اگر قمیر شماره‌ی ۵ و ۶ آجرش پخته شده باشد، آتش را به قمیر ۷ می‌برند. در این صورت قمیرهای شماره‌ی ۹ و ۱۰ در حال 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 در حال سرد شدن، قمیر شماره‌ی ۱ سرد شده و قمیر شماره‌ی ۱۶ در حال تخلیه است. هم‌چنین قمیرهای قبلی آماده تعمیر و چیدن خشت خواهند بود. در این کوره آجر ثابت و آتش متحرک است. به شکل ۳-۱ توجه کنید.

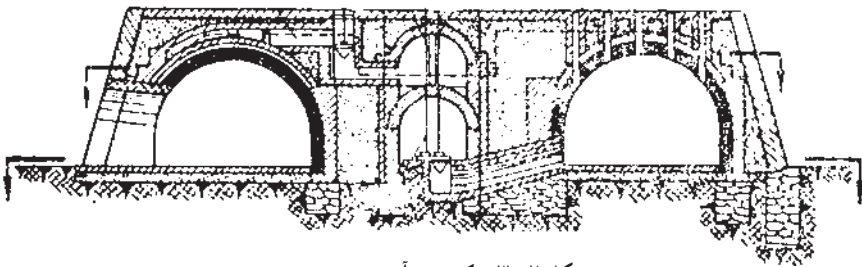


شکل ۳-۱- کوره‌ی هوفمان

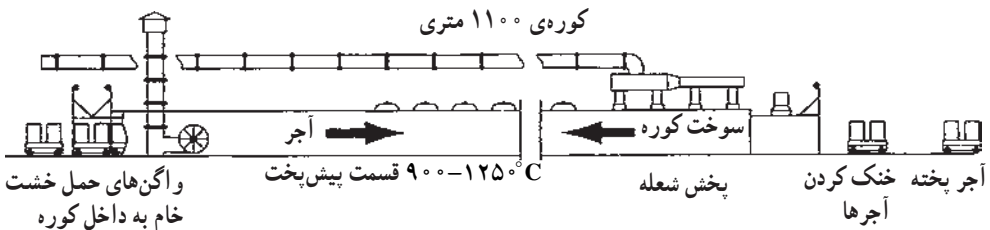
ج - کوره‌ی تونلی : کار این کوره شبیه تونل خشت خشک کن است، زیرا از یک طرف کوره واگونت حامل خشت خشک داخل و از طرف دیگر آجر سرد شده، خارج می‌شود. کانون آتش در دیواره یا سقف تونل تعبیه شده و با لوله‌های چدنی، شعله به داخل تونل هدایت می‌گردد. پس از وارد شدن واگونت خشت به داخل تونل که به وسیله‌ی جک‌های بسیار 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 به تدریج از دست داده، سرد می‌گردد.

سرعت حرکت واگونت‌ها را می‌توان برای آجرهای مختلف تنظیم کرد تا به طرز دل‌خواه بیزد. کار کوره‌ی تونلی کاملاً پیوسته است و گرمای آن خیلی کم تلف می‌شود اما 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 ۳-۳ به صورت شماتیک دیده می‌شود.



شکل ۲-۳- کوره‌ی آجرپزی مدور

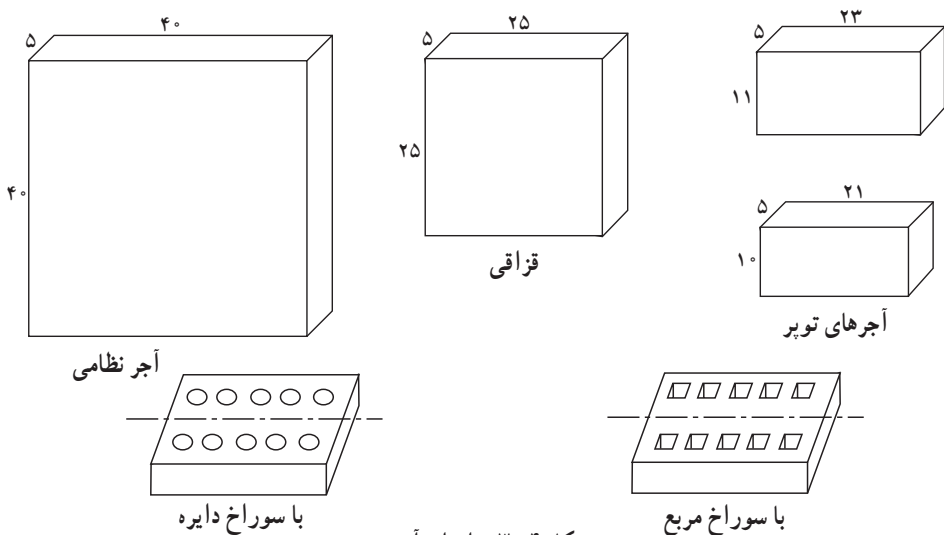


شکل ۳-۳- کوره‌ی تونلی

۳-۴-۵- شکل آجر: در زمان‌های قدیم آجرها به ابعاد  $۴۰ \times ۴۰ \times ۵$  سانتی‌متر به نام آجر نظامی، هم‌چنین در ابعاد  $۲۵ \times ۲۵ \times ۵$  سانتی‌متر قزاقی ساخته می‌شد که برای دیوار چینی و پوشش سقف‌های تیغه‌ای و اغلب برای فرش کف‌ها به کار می‌رفت. به تدریج شکل آجرها تغییر یافته، به اندازه‌های کنونی تبدیل شده است ( $۲۳ \times ۱۱ \times ۵$  سانتی‌متر و یا  $۲۱ \times ۱۰ \times ۵$  سانتی‌متر). به‌طور کلی طول آجر باید دو برابر عرض آن به‌علاوه یک سانتی‌متر باشد. آجرها ممکن است به‌صورت توپر، توخالی و یا سوراخ‌دار تهیه شوند.

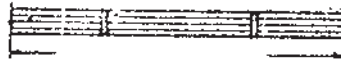
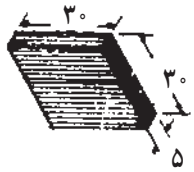
شکل سطح مقطع سوراخ‌های آجر، مربع، مستطیل و یا گرد است، اما مطابق استاندارد باید بین ابعاد سوراخ‌ها روابطی وجود داشته باشد؛ مثلاً ضلع مربع نبایستی از ۱۵ میلی‌متر بیش‌تر باشد و قطر سوراخ‌های دایره شکل نباید از ۲۰ میلی‌متر بگذرد و برای سوراخ‌های مستطیل شکل، حاصل ضرب طول  $\times$  عرض نباید از ۶۰ میلی‌متر 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 جداکننده 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 ۳-۴ انواع آجر را نشان می‌دهد.

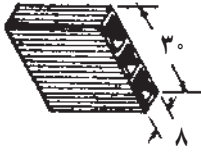


شکل ۳-۴-۵ انواع آجر

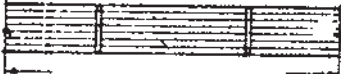
انواع بلوک‌های مجوف دیواری در شکل ۳-۵ به تصویر کشیده شده است. هم‌چنین به علت تقسیم‌پذیری قطعات آجر شکل‌های جدیدی از آن قابل تهیه می‌باشد که در تصویر ۳-۶ قابل مشاهده است.



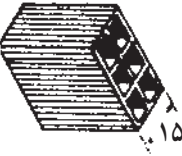
حداکثر ۲/۵ متر وقتی  
طول دیوار ۲ متر باشد



حداکثر ۳/۵ متر



حداکثر ۴/۵ متر



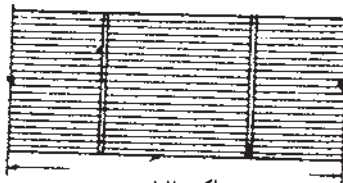
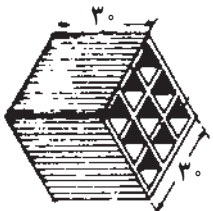
حداکثر ۶ متر



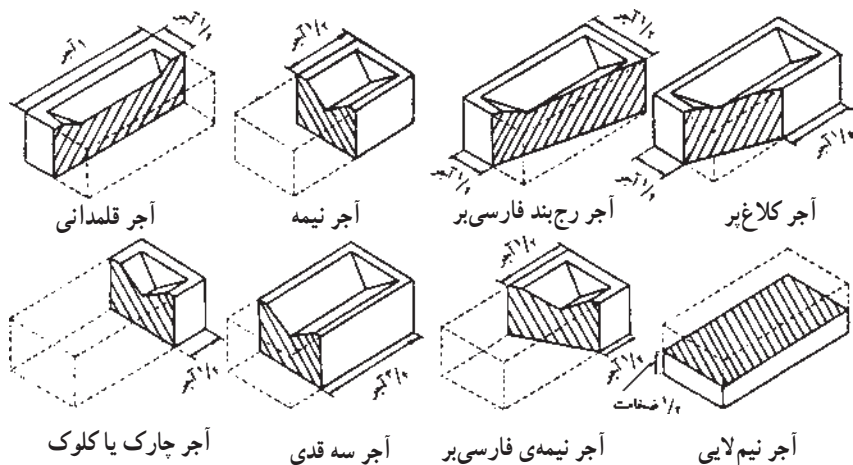
حداکثر ۷/۵ متر



حداکثر ۹ متر



حداکثر ۱۲ متر



شکل ۶-۳- تقسیمات آجر

### ۶-۴-۳- خواص و مقاومت آجر

#### خصوصیات آجر خوب

- ۱- آجر خوب صدای زنگ می دهد و این نشانه‌ی توپری و مقاومت و پایداری مناسب در مقابل یخ‌بندان است. آجری که صدای خفه بدهد، پوک، نیخته و یا ترک دار است.
- ۲- آجر خوب حرارت را به ندرت از خود عبور می دهد.
- ۳- آجر خوب به خوبی به ملات می چسبد.
- ۴- آجر خوب سخت است و کم ساییده می شود.
- ۵- آجر خوب نباید کم تر از ۸ درصد و بیش تر از ۱۸ درصد آب جذب کند. اگر کم تر از ۸ درصد آب جذب کند دلیل بر جوش بودن آجر است که در نتیجه خوب به ملات نمی چسبد؛ اگر بیش تر از ۱۸ درصد وزنش آب جذب کند دلیل بر پوکی آجر است که در نتیجه در زمستان یخ می زند، می ترکد و متلاشی می شود.

$$\text{وزن آجر در } 100^\circ \text{ درجه} - \text{وزن آجر اشباع شده} = \frac{\text{درصد آب مکیده شده ی آجر}}{\text{وزن آجر در } 100^\circ \text{ درجه}} \times 100$$

۶- آجر خوب در آتش سوزی و حریق زود خمیری و ذوب نمی شود.

۷- آجر خوب در مقابل عناصر و مواد شیمیایی دوام می آورد.

وزن مخصوص آجرهای معمولی  $1500^\circ$  کیلوگرم در مترمکعب و وزن آجرهای مرغوب  $1800^\circ$  کیلوگرم در مترمکعب می باشد. آجرهای معمولی بین  $100^\circ$  تا  $150^\circ$  کیلوگرم بر سانتی متر مربع فشار را

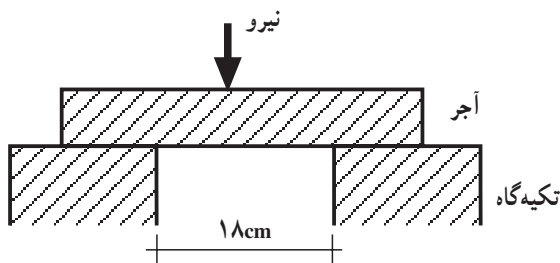


تحمل می کنند و آجرهای مرغوب بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع و نیز آجر جوش و سبز خیلی بیش تر از ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع فشار را تحمل می کنند.

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

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

تعیین مقاومت خمشی آجر: برای تعیین مقاومت خمشی آجر آن را بین دو تکیه گاه قرار می دهند و به مرکز آن بار وارد می آورند. فاصله ی دو تکیه گاه از یک دیگر ۱۸ سانتی متر است. (شکل ۷-۳)



شکل ۷-۳- مقاومت خمشی آجر

۷-۴-۳- آجر جوش: چنانچه بخواهند برای جای مخصوصی آجر جوش تهیه کنند بایستی در تهیه ی خاک و پختن آجر بیش تر دقت نمایند. خاک آجر جوش باید طوری انتخاب شود که تفاوت درجه ی 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، زیر باشد و جای ساییده شده ی آن نیز زیر بماند، سطح شکسته ی آن شیشه ای نباشد، بلکه دانه دانه و پر باشد، در برابر یخبندان پایداری کند؛ و تاب فشاری آن از ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع کم تر نباشد.

۸-۴-۳- آجر نسوز: منظور از نسوز بودن یک جسم، این نیست که اصلاً نمی سوزد، بلکه تا حرارت معینی مقاومت می کند و نمی سوزد، اما پس از آن خواهد سوخت.

رُس در حرارت ۲۰۵ درجه و سیلیس (ماسه) در دمای ۱۶۸۵ درجه ذوب می شود. جسم های نسوز مخلوط خاک رُس، ماسه، منیزیت و دولومیت هستند. این مواد را با گل رس، آهک شکفته، اکسید منیزیم تهیه نموده، پس از شکل دادن گل، آن را می یزند. این نسوزها را در صنعت ذوب آهن، کارهای ساختمانی، بخاری ها و دیگ های بخار به کار می برند.

۹-۴-۳- آجرهای لعابی: برای آن که سطح آجر صاف، زیبا و صیقلی باشد و آب در آن نفوذ نکند، هم چنین در برابر مواد شیمیایی پایدار بماند روی آن یک لعاب نازک می زنند.

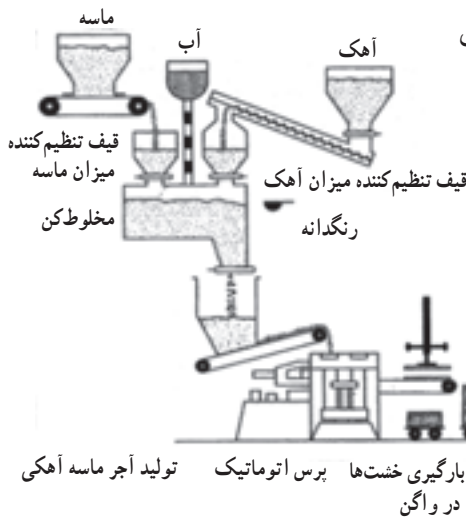
یکی از این روش‌ها آن است که روی آجر را با لعاب شیشه‌ای بی‌رنگ یا رنگی اندود کرده، آن‌را می‌پزند. دیگر آن که، نمای سفال پخته نشده را با جسم گدازآور مانند اکسید سرب و یا اکسید قلع، یا گدازآورهای رنگی اندود کرده، آن‌را می‌پزند. هنگام پختن لعاب، پوسته‌ی نازکی روی آجر به‌وجود می‌آورد. ضریب انبساط و انقباض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

۱-۲-۳- 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 می‌باشند؛ سپس آن‌را هم می‌زنند تا نمناک شود و آهک شکفته گردد. خمیر ماسه آهک را در قالب فولادی ریخته، زیر فشار ۴۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع 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 تهیه 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 در نظر 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 ۸-۳ مراحل تولید آجر ماسه آهکی را نمایش می‌دهد.



شکل ۸-۳- مراحل تولید آجر ماسه آهکی

ویژگی‌های آجرهای ماسه آهکی به جنس مواد خام، نحوه‌ی قالب‌گیری، دما و مدت 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<sup>۱</sup> و میانگین تاب خمشی آن‌ها به ترتیب 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 به ترتیب نباید از ۱/۵، ۱/۷، ۱/۹ و ۲/۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب 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 ۱-۳ 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 به نحوی 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.

۱-۴-۳- 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 به دست می‌آید. بلوک‌های سیمانی به شکل‌های توخالی و توپر و در تیغه‌های جداکننده و سقف‌های تیرچه بلوک و سایر قسمت‌های ساختمان به کار 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

۱- هر مگاپاسکال حدوداً ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

جدول ۱-۳- 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 - 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 یوکه‌ی معدنی و یوکه‌ی ساختمانی (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 ویژه‌ی 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

۱۲-۴-۳- 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  $۲۰ \times ۳۰ \times ۴۰$ ،  $۲۰ \times ۲۰ \times ۴۰$  و  $۲۰ \times ۱۰ \times ۴۰$  سانتی‌متر گروه‌بندی می‌شوند.

۱۳-۴-۳- 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. در صورتی 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 صورتی که 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 توجه 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 - به‌ویژه در دمای بیش از  $۲۵$  درجه - 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 آب پاشی برای حفظ رطوبت و سرپناه برای حفظ بلوک‌ها از تابش آفتاب، باد و باران و برف. آب پاشی 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 پیش‌تر در تولید انبوه بلوک به کار می‌رود نیازمند اتاق‌های بخار و تجهیزات جنبی آن است. درجه‌ی حرارت این اتاق‌ها تا  $80^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد می‌رسد. افزایش و کاهش درجه‌ی حرارت بلوک‌ها در این حالت به آرامی 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 این که 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  $1400$  کیلوگرم بر مترمکعب و ۵٪ برای بلوک‌های با وزن مخصوص کم‌تر از  $1400$  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.

کلیه‌ی 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  $280$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع (برای سطوح پر) کم‌تر شود؛ مشروط بر این که تاب فشاری هیچ‌یک از بلوک‌ها از ۷۵٪ مقدار تاب متوسط به‌دست آمده کم‌تر نباشد.

**۱۴-۳-۴- بلوک‌های سقفی:** ضخامت تیغه‌های بلوک سقفی حداقل ۱۵ میلی‌متر، عرض تکیه‌گاه بلوک سقفی بر روی تیرچه دست کم  $17/5$  میلی‌متر، رواداری در عرض بلوک  $2 \pm$  و در طول و ارتفاع  $5 \pm$  میلی‌متر خواهد بود. مصرف سیمان در این بلوک‌ها به‌خاطر نازکی تیغه اندکی بیش از

بلوک دیواری است.

**۱۵-۴-۳- بلوک‌های نمادار:** بلوک‌های نمادار به ابعاد بلوک‌های دیواری با نمای صاف

و نقش‌دار تهیه می‌شوند. برای جلوگیری از خراشیدگی و پدیدگی 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.

**۱۶-۴-۳- بلوک‌های سبک:** بلوک‌های سبک دیواری و سقفی به منظور کاهش وزن و

بار مرده و تقلیل تبادل حرارتی و صوتی در ساختمان به کار می‌روند. این بلوک‌ها را در انواع بتنی

سبک می‌سازند که معمول‌ترین آن‌ها بتن‌های گازی و سبک دانه هستند. وزن ویژه بلوک‌های

سبک دانه 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

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



### گچ، آهک، سیمان

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

- ۱- گچ را تعریف کند.
- ۲- ویژگی‌های انواع سنگ گچ را برشمارد.
- ۳- انواع کوره‌های گچ‌پزی را توصیف کند.
- ۴- شرایط مناسب پخت سنگ گچ را توضیح دهد.
- ۵- انواع گچ را نام برده، ویژگی هر یک از آن‌ها را تعریف کند.
- ۶- موارد مصرف گچ و کاربرد آن‌ها را توضیح دهد.
- ۷- خواص فیزیکی و شیمیایی انواع گچ را شرح دهد.
- ۸- آهک را تعریف کند.
- ۹- انواع سنگ آهک را نام ببرد.
- ۱۰- انواع کوره‌های آهک‌پزی را شرح دهد.
- ۱۱- روش‌های تولید آهک را توضیح دهد.
- ۱۲- موارد استفاده از آهک را در ساختمان توضیح دهد.
- ۱۳- انواع آهک را معرفی کند.
- ۱۴- خواص فیزیکی و شیمیایی آهک را توضیح دهد.
- ۱۵- روش‌های شکستن آهک را شرح دهد.
- ۱۶- انواع ملات‌های آهکی را نام ببرد.
- ۱۷- مواد اولیه سیمان را برشمارد.

۱۸- انواع سیمان را نام ببرد.

۱۹- موارد استفاده‌ی سیمان را شرح دهد.

۲۰- روش تهیه‌ی بتن را شرح دهد.

## ۱-۴- گچ

سنگ گچ طبیعی، سولفات آبدار کلسیم  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  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 سنگ گچ در گرمای حدود  $180^\circ$  درجه‌ی سانتی‌گراد به دست می‌آید. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد فرمول شیمیایی سنگ گچ سولفات کلسیم با دو مولکول آب  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  است که پس از پختن حدود ۷۵٪ از آب آن بخار شده، گچ ساختمانی با فرمول شیمیایی  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$  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»،  $\text{FeO}$  آن را «کبود چرک» و  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  آن را به رنگ «قرمز» درمی‌آورد.

چنانچه به سنگ گچ تا حدود  $200^\circ$  درجه حرارت دهند، آب بیش‌تری را از دست می‌دهد و به  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{3}\text{H}_2\text{O}$  یا گچ‌اندود تبدیل می‌گردد. در گرمای حدود  $300^\circ$  درجه‌ی سانتی‌گراد تمام آب سنگ گچ بخار شده، سولفات کلسیم بدون آب یا انیدرید  $\text{CaSO}_4$  حاصل می‌شود.

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

گچ در گرمای بیش از  $300^\circ$  درجه‌ی سانتی‌گراد (تا حدود  $320^\circ$  درجه) می‌سوزد و میل ترکیبی آن با آب از دست می‌رود. در این صورت، برای ترکیب گچ با آب به کاتالیست‌هایی مانند زاج سفید  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ، 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. در صورتی که گچ حاصل از کوره‌های دوآر، 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 تزئینی استفاده می‌گردد، زیرا جلاپذیر است. از سنگ گچ مرمری اشیای زینتی ساخته می‌شود. با خمیر کردن گرد گچ در محلول زاج سفید و پخت مجدد، گچ مرمری به دست می‌آید که در برابر آب پایداری مناسبی دارد و از آن برای اندود کردن نقاط مرطوب و مکان‌هایی

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

گچ مخصوص سطوح بتنی و گچ درزگیری که در ایران آن را به نام «کیپتون» می‌شناسند، در حرارت  $78^{\circ}$  تا  $1000^{\circ}$  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  $1000^{\circ}$  درجه‌ی سانتی‌گراد سنگ گچ به  $SO_3CaO$  تجزیه می‌شود که  $CaO$  پس از ترکیب با آب به  $Ca(OH)_2$  تبدیل شده در سطح اندودهای گچی به صورت آلواک ریزدانه ظاهر می‌شود و سطح اندودها را ناصاف می‌کند.

۱-۱-۴- 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  $67$  تا  $88$  گرم گچ حل می‌شود. ملات گچ زودگیر است و خیلی سریع عمل سوزنی شدن بلورهای آن خاتمه می‌یابد، اما نباید قبل از  $4$  دقیقه گرفتن آن شروع شود و بیش از  $10^{\circ}$  دقیقه پایان یابد. گرفتن ملات گچ هنگامی تمام می‌شود که کاملاً بلوری شود یعنی دارای ترکیب  $2H_2O$  و  $CaSO_4$  باشد. برای آن که بتوانند با ملات گچ بهتر کار کنند آن را کندگیر می‌کنند؛ یعنی، موادی نظیر سریشم ( $1$  تا  $2$  درصد وزن گچ) یا گرد آهک شکفته (حدود  $10$  درصد 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 کندگیر کردن گچ به آن خاک رس اضافه می‌کنند. خاک رس خاصیت پلاستیسیته‌ی گچ را افزایش داده، ملات آن را کندگیر می‌کند؛ به‌علاوه در مصرف گچ صرفه‌جویی می‌شود. خاک رس ابتدا قسمتی از آب ملات را می‌مکد سپس کم‌کم آن را پس می‌دهد.

برای تندگیر نمودن 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  $2$  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 آن را در سرمای  $10^{\circ}$  درجه زیر صفر به کار برد. زیرا هنگام گرفتن، گرما پس می‌دهد و درجه‌ی حرارت آن تا  $20^{\circ}$  درجه می‌رسد. ملات گچ باید در حرارت بین  $35$  تا  $45$  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 این رو می‌توان از ملات گچ برای قالب‌گیری و مجسمه‌سازی استفاده نمود؛ هم‌چنین به‌علت 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 ورز دادن را تکرار نموده، از تشکیل بلورهای سوزنی‌شکل جلوگیری می‌نمایند. پس از این که از سفت نشدن ملات اطمینان حاصل نمودند آن را به حال خود می‌گذارند، چون این ملات بسیار دیرگیر است؛ از این رو، 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 جاهایی که آهن یا فلزات دیگر در ساختمان با گچ تماس حاصل می‌کنند آن‌ها را قبلاً با رنگ کاملاً پوشش داده، یا نوارپچی کنند. سوراخ شدن لوله‌های آب در بیش‌تر مواقع به دلیل ترکیب شیمیایی گچ با فلزات است.

## ۲-۱-۴- 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 به کار می‌برند. گچ ریزدانه در مدل‌سازی و شکسته‌بندی به کار 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.

## ۳-۱-۴- وزن گچ ساختمانی: گچ ساختمانی به صورت تراکم نشده‌ی کیسه‌ای ۸۵/۰ تن

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

۴-۱-۴- کوره‌های گچ‌پزی: برای پختن گچ حرارت زیادی لازم نیست؛ از این رو کوره‌های گچ‌پزی تجهیزات ساده‌ای دارند.

— 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 به حالت سنگ گچ باقی می‌ماند.

— کوره‌های تاو‌ه‌ای: سنگ گچ را در این کوره‌ها برشته می‌کنند؛ به این صورت که آن را 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.

— کوره‌های گردنده: پس از این که سنگ گچ را آسیاب نمودند، آن را به کوره‌ی گردنده هدایت می‌کنند. داخل کوره‌ی گردنده لوله‌ی فولادی قرار گرفته که از داخل آن — عکس جهت حرکت پودر سنگ گچ — گاز داغ یا هوای داغ عبور می‌کند؛ هم‌چنین به جداری 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.

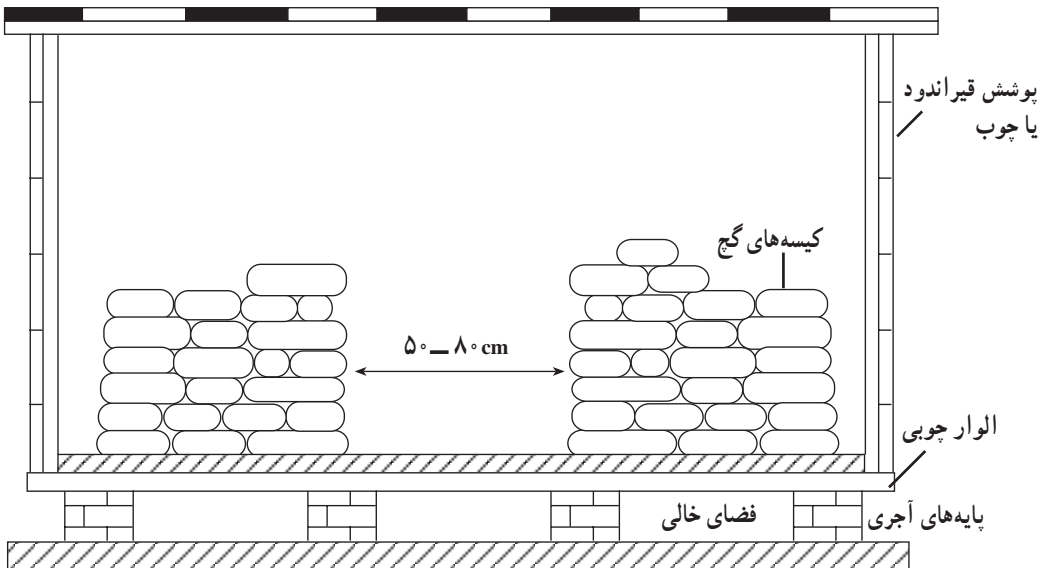
گچ‌های مناسب برای مصارف مختلف و گوناگون براساس جدول ۴-۱ است.

جدول ۱-۴- گچ‌های مناسب جهت مصارف گوناگون

نوع گچ مناسب	موارد مصرف
گچ ساختمانی یا گچ زیرکار $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	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 اندود یا گچ پرداخت $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}$	اندودهای داخلی و نماسازی در مناطقی که رطوبت نسبی هوا کم‌تر از ۶۰٪ باشد.
گچ مرمری - ملات گچ و آهک	اندودهای داخلی و نماسازی در مناطقی که رطوبت نسبی هوا بیش از ۶۰٪ باشد.

## حمل و نقل و نگهداری

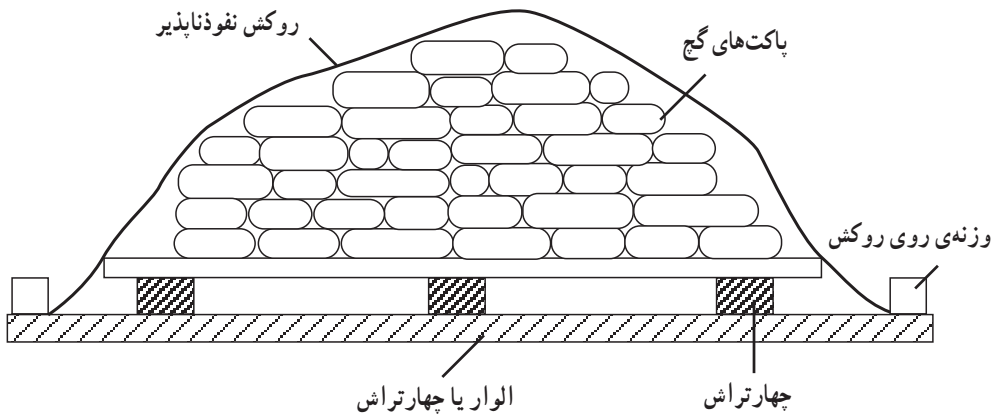
گچ پخته را باید از آب و رطوبت هوا محفوظ نگاه داشت و نیز آن‌ها را در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگهداری نمود.



شکل ۱-۴- 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 ۲-۴ باید عمل

نمود.



شکل ۲-۴- انبار کردن پاکت‌های گچ در فضای باز



گچ‌کاری دارای تاریخی کهن است که قدمت آن به ۲۵۰۰ سال پیش می‌رسد. روکش گچی و آهنکی 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 به کار می‌رفت. ولی بعدها روکش همراه با گچ‌کاری و گچ‌بری رایج گردید. آثاری که از دوره‌های هخامنشی و بعد، پارتی و ساسانی، به جای مانده نشان‌دهنده 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 بنایان ایران از دور زمان به ویژگی‌های گچ‌آشنایی کامل داشتند آنان برای این که گچ خودش را زود نگیرد - آن چنان که معمول گچ است - 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 (۶۱۴- 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 به نام سمنار، در ایجاد آن کاخ داستان را به جایی 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 آن که فرصت کار کردن با آن را داشته باشد بدان سریشم و شیر افزوده بوده است.

## ۲-۴- آهک

آهکی که در کارهای ساختمانی مصرف می‌شود  $\text{CaO}$  است که از پختن سنگ آهک یا کربنات کلسیم به فرمول  $\text{CaCO}_3$  به دست می‌آید. آهک از مصالح چسبنده و ملات آن «هوایی» و «آبی» است و انواع آن به درجه‌ی پخت و وجود ناخالصی‌های آن بستگی دارد.

هر قدر درجه‌ی حرارت پخت زیادتر باشد، وزن مخصوص آهک نیز بیش‌تر است و خواص ملات‌های آبی را به دست 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  $\text{C}_2\text{Ca}$  نیز پس از ترکیب شدن با آب به گاز استیلن  $\text{C}_2\text{H}_2$  و آهک شکفته مبدل می‌شود. سنگ آهک معمولی، غیربلوری و ناخالص است و اغلب با مقداری  $\text{Mg}$  همراه می‌باشد. ناخالصی‌های دیگر آن عبارت‌اند از: سیلیس، اکسید آهن، اکسید آلومینیم و گوگرد.

۱-۲-۴- انواع سنگ‌های آهکی: در طبیعت انواع سنگ‌های آهکی یافت می‌شود که

عبارت‌اند از:

۱- سنگ‌های آهکی معمولی: از ته‌نشین شدن مواد آهکی محلول در آب دریاها تشکیل

شده، دارای فسیل است.

۲- سنگ‌های آهکی مرجانی: از باقیمانده‌ی جلد حیوانات دریایی در کف دریاها و اقیانوس‌ها

به وجود آمده‌اند.

۳- سنگ‌های آراگونیت و تراورتن: از ته‌نشین شدن مواد آهکی محلول در آب گرم

چشمه‌های اطراف آتش‌فشان‌ها تشکیل شده‌اند.

۴- سنگ آهکی دولومیتی: از ترکیب طبیعی کربنات منیزیم و کربنات کلسیم تشکیل می‌شود

و به اصطلاح «دوکربناته» هستند. دولومیت از مواد دیرگداز (نسوز) است.

۵- 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.

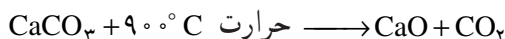


۶- مارن یا گل آهک طبیعی: ترکیبی است از خاک رس و سنگ آهک و ممکن است ۲۵ تا ۶۰ درصد وزن آن خاک رس بوده برای پختن آهک آبی مصرف شود.

۷- سنگ آهک قیری: از نفوذ نفت خام در سنگ‌های آهکی و جدا شدن 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 این که قیر آن را جدا کنند، با سنگ شکن آسیاب نموده، به شکل شن و ماسه در روسازی‌های آسفالتی استفاده می‌شود.

۲-۲-۴- 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 هنگامی که 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. بدین ترتیب آنان به ارزش آهک و راه به دست 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 به صورت جامد بوده پس از پختن آن به حالت گاز درمی‌آید؛ از این رو می‌توان نتیجه گرفت که پختن آهک عمل فیزیکی است. تجزیه‌ی کربنات کلسیم به حرارت و فشار محیط محل پخت، بستگی دارد. هر قدر 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 آن که  $CO_2$  از سنگ آهک جدا شود به دمایی بیش از ۸۹۴ درجه، یعنی حدود ۹۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نیاز است.



۳-۲-۴- کوره‌های آهک‌پزی:

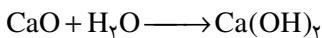
۱- کوره‌های چاهی (سنتی): این کوره‌ها کاملاً شبیه کوره‌ی آجرپزی و گچ‌پزی است. در این کوره‌ها چون سنگ آهک و آتش ثابت است و درجه‌ی گرما در همه جای کوره یکسان نیست

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

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

**۳- 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 تهیه‌ی آهک در کارخانه‌های قند و نظایر آن از این نوع کوره‌ها استفاده می‌گردد.

**۴-۲-۴- طرز تهیه‌ی آهک شکفته:** آهک زنده  $\text{CaO}$  را نمی‌توان در ساختمان‌سازی مصرف نمود؛ از این رو، باید قبلاً به آن آب اضافه نموده تا هیدراته شود و به صورت خمیر یا پودر آب‌دیده درآید. آهک زنده میل ترکیبی زیادی با آب دارد و هنگام ترکیب، حرارت زیادی پس می‌دهد و به  $\text{Ca(OH)}_2$  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 به وجود می‌آورد. هرچه سرعت شکفته شدن بیش تر باشد مقدار هیدرات کلسیم  $\text{Ca(OH)}_2$  کلوئیدی آن بیش تر است.

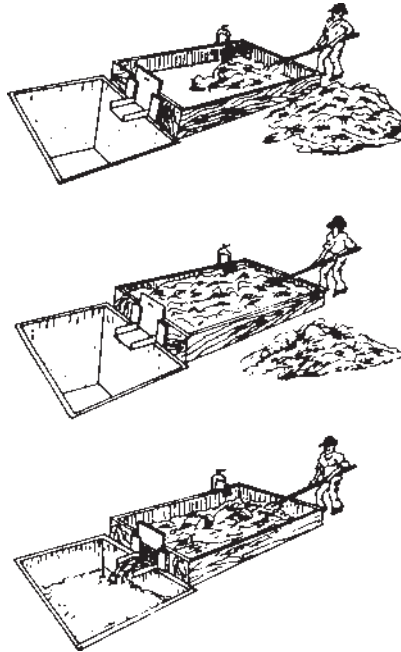


شکفتن آهک به این روش‌ها صورت می‌پذیرد:

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

**۲- شکفتن آهک به روش تر (تهیه‌ی خمیر آهک):** کلوخه‌های آهک زنده را در ظرفی چوبی یا فلزی می‌ریزند که به صورت حوضچه‌ای به ابعاد  $۳ \times ۴$  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  $۱۰ \times ۱۰$  متر و به عمق ۲ متر جاری گردد؛ هم‌چنین ناخالصی‌ها و آهک‌های نشکفته از توری سیمی عبور نمی‌کند و در ظرف باقی

می ماند که در نتیجه، آن را خارج نموده، مجدداً آهک زنده و آب اضافه می کنند. این عمل چندین بار تکرار می شود تا گودال پُر شود. آهک شکفته آب های اضافی خود را در گودال از دست می دهد و پس از چند هفته خمیر سفت می شود و در سطح آن ترک هایی به عرض ۲ تا ۳ سانتی متر پیدا می شود که در این هنگام تمام ذرات آهک شکفته است. (شکل ۳-۴)

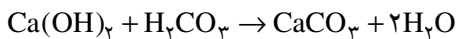


شکل ۳-۴- تهیه ی آهک شکفته به روش حوضچه ی آهک شویی

**۳- شکفتن آهک به روش خشک:** این روش به نام «تنگ گذاشتن آهک» نیز معروف است. کلوخه ی آهک زنده را روی زمین و یا سطح تمیزی به ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر بهن نموده، روی آن آب می پاشند و کمی آن را زیر و رو می کنند تا تمام کلوخه ها مرطوب شوند؛ سپس روی آن یک لایه ی دیگر کلوخه آهک زنده می ریزند و مجدداً آب می پاشند. این عمل را چندین بار تکرار می کنند تا تپه ی کوچکی از آهک به ارتفاع حدود یک متر درست شود. سطوح جانبی آهک انباشته شده ی مرطوب را با آجر می پوشانند و روی آجرها را با گل اندود می نمایند تا حرارت ایجاد شده خارج نشود. در اثر گرمایی آهک، آب اضافی بخار می شود و در زیر اندود به اصطلاح «دم می کند» و بخار آب با فشار ایجاد شده، باعث شکفتن آهک زنده می گردد. پودر به دست آمده، «آهک شکفته» است. حجم آهک پس از شکفتن زیاد می شود. این پف کردن آهک بستگی به جنس آن دارد و هرچه

CaO در آهک زنده زیادتر باشد بیش تر با آب ترکیب می شود و حجم آن زیادتر می گردد. حجم آهک های پرمایه پس از شکستن ۲ تا ۳/۵ برابر و آهک های کم مایه ۱/۲۵ تا ۲ برابر زیاد می شود. آهک کم مایه از سنگ آهکی تهیه می شود که بین ۵۰ تا ۷۵ درصد وزن کل سنگ، سنگ آهک خالص باشد. آهک پرمایه از سنگ آهکی تهیه می شود که حداقل ۹۰ درصد وزن کل سنگ، سنگ آهک خالص باشد. آب گرم، آب زیر فشار و بخار آب زیر فشار شکستن آهک را تندتر می کند. حجم ماسه آهک و شکفته آهک ثابت است که پس از گرفتن و سخت شدن دیگر جمع و زیاد نمی شود.

۲-۴-۵- تاب ملات آهک و گرفتن آن: ملات آهک شکفته و ماسه در برابر (CO<sub>۲</sub>) هوا به کربنات کلسیم CaCO<sub>۳</sub> تبدیل می شود. برای آن که آهک شکفته در ملات ماسه آهکی با CO<sub>۲</sub> هوا ترکیب شود باید هوا نمناک باشد یا ملات را نمناک نگه دارند تا CO<sub>۲</sub> با آب (نم) به H<sub>۲</sub>CO<sub>۳</sub> تبدیل شده، سپس این اسید کم مایه با آهک شکفته این ترکیب را کامل کند:



اگر در روزهای نخست مصرف ملات ماسه آهک، نم به آن نرسد ملات نمی گیرد و به اصطلاح می سوزد. 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 می شود، اما سخت شدن آن سال ها ادامه می یابد.

شفته آهک از مخلوط کردن شیر آهک و خاک رُس به دست می آید که برای مصارف پی سازی و مقاوم کردن زمین های سست به کار می رود. مقاومت این ملات به جنس و مقدار آهک، جنس و دانه بندی و مقدار خاک رُس بستگی دارد.

آهک هایی که ناخالصی آن ها رُس یا سیلیس باشد در درجه ی حرارت ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ پخته می شود که به آن آهک آبی می گویند. این آهک در آب وا نمی رود و شکفته نمی شود بلکه باید آن را آسیاب کرد و بعد آب به آن اضافه نمود. معمولاً این آهک ها از پختن و آسیاب کردن مارن (گل آهک) به دست می آید. آهک آبی در ساختمان های زیر آبی که نیازی به مقاومت زیاد ندارند مصرف می شود. چون آهک شکفته بر روی فلزات اثر می گذارد و آن ها را سوراخ می کند، هم چنین در الیاف گونی نیز اثر گذاشته، آن ها را می پوساند، باید از تماس آن ها با آهک جلوگیری نمود.

آهک های آبی به رنگ لیمویی، زرد و قهوه ای روشن و حجم ملات های آهک آبی پس از مصرف و سخت شدن ثابت می ماند.

آهک های هوایی (آهک معمولی پرمایه) در صنایع، راه سازی، ساختمان سازی، آجرهای ماسه آهکی، کارخانه های قندسازی، سیمان سازی، شیشه سازی و کوره بلند ذوب آهن کاربرد دارد.

هم چنین از آهک برای از بین بردن ریشه و تخم گیاهان در ساختمان سازی استفاده می شود. آهک باید در جایی مصرف شود که هوا نمناک است یا دست کم آن را به مدت ۲۸ روز با وسایلی نمناک نگاه داری کنند.

آهک های مناسب برای مصارف گوناگون، مطابق جدول ۲-۴ است :

جدول ۲-۴- آهک های مناسب برای مصارف گوناگون

نوع آهک	موارد مصرف
خمیر یا گرد آهک شکفته ای که به صورت دوغاب درآمده است. (آهک سفید)	ملات های ماسه آهک، گل آهک، گچ آهک و باتارد برای پایدار کردن خاک در راه سازی، خشت های پایدار شده با آهک، شفته آهکی، پی سازی در خاک های معمولی بتن آهکی سنگین و متخلخل
آهک های آبی	ملات و اندود ساختمان های دریایی، پی سازی در خاک های سولفات دار با سولفات زیاد
آهک های یخه آبی (خاکستری)	پی سازی در خاک های سولفات دار با سولفات کم
	پایدار کردن خاک در راه سازی، آجر ماسه آهکی
آهک زنده کلیومی پرمایه	بتن آهکی سنگین و متخلخل، سیمان آهک پوزولان و آهک سرباره
دوغاب آهک کم مایه	شفته پی سازی ساختمان های کم ارتفاع

## حمل و نقل و نگهداری

آهک زنده را باید از آب و دی اکسید کربن هوا مصون نگاه داشت و همانند سیمان در ظروف مخصوص یا کیسه های آب بندی شده نگهداری نمود.

آهک هیدراته نیز باید در محل مناسبی نگهداری شده از نفوذ دی اکسید کربن هوا و تابش آفتاب در امان باشد تا از خشک شدن آن جلوگیری به عمل آید. مشخصات آهک باید روی ظروف حمل و کیسه ها 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 جابه جا کردن آن مستلزم رعایت نکات ایمنی است.



کف کاخ‌های جمشید (سده‌ی ششم پیش از میلاد) از ملاتی سرخ رنگ که در آن آهک به کار 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 (۲۳۲-۲۱۲ 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 به دست 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 (پیشاپور) در جنوب فارس به کار 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 در مورد خمیر آهکی که برای آب‌بندی و استحکام تنپوشه‌های قنات‌ها به کار 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 به نام ساروج مصرف می‌شده است. آهک آبی در ساختمان‌های قدیمی بوشهر و بندرلنگه به کار 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 آب‌انبارها برای اندود دیواره‌ی مخزن و هرگونه آب‌بندی دیگر به کار می‌رفته است.

### ۳-۴- 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 جایی که 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 به کار 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 به نام «اسمیتون» مأمور شد به جای 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 بنای 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 به دست آمده را در کوره‌های آهک‌پزی معمولی پخت؛ سپس جسم به دست آمده را آسیاب نمود و بدین ترتیب، سیمان را به دست آورد. چون سیمان به رنگ سنگ‌های جزیره‌ی پرتلند بود آن را «سیمان پرتلند» نامیدند.

#### ۱-۳-۴- اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سیمان پرتلند: مواد اصلی سیمان پرتلند، سنگ آهک و

خاک رس به نسبت 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 به اندازه‌ای حرارت می‌دهند که دانه‌ها عرق کنند (۳۰٪ سطح دانه‌ها ذوب شود) و به یک‌دیگر بچسبند و به شکل دانه‌های فندقی به نام «کلینکر» درآیند. پس از سرد کردن و آسیاب کردن کلینکر همراه با کمی سنگ گچ، سیمان پرتلند به دست 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 به وجود آوردن واکنش‌هایی میان دانه‌های ریز مواد خام از طریق حرارت به مدت و شدت معین. برای این که این واکنش‌ها صورت گیرد باید به مواد خام به اندازه‌ای 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 به طول ۱/۸ تا ۳/۷ متر و قطر ۱۳ تا

۳۶ سانتی متر ساخته می شود.

واکنش های انجام شده در حرارت های مختلف بدین شرح است :

۱- در حرارت ۱۰۰ درجه، آب فیزیکی مواد خام گرفته می شود.

۲- از حرارت ۳۵۰ درجه به بعد  $CO_2$  از کربنات منیزیم  $MgCO_3$  جدا می شود.

۳- در گرمای ۵۰۰ درجه، آب شیمیایی خاک رس جدا می شود.

۴- از حرارت ۸۹۴ درجه به بعد  $CO_2$  از  $CaCO_3$  خارج می شود.

پس از این، ترکیبات  $CaO$  با جسم های دیگر شروع می شود. در شروع فعل و انفعال ها ترکیب یک کلسیم سیلیکات تشکیل می شود. در گرمای بالاتر از ۱۰۰۰ درجه ترکیبات دو کلسیم سیلیکات و سه کلسیم سیلیکات و دیگر ترکیبات کلسیم با جسم های دیگر شکل می گیرد.

جسم های گداز آور مانند اکسید آهن و اکسید آلومینیم در مواد خام باعث می شوند که واکنش ها در حرارت کم تر و با سرعت بیش تر پدید آیند. براساس آزمایش های بسیاری مشاهده شده است که در حرارت های مختلف این واکنش ها حاصل می شود :

$CA = CaO, Al_2O_3$  در حرارت کم تر از ۸۰۰ درجه

$CS = CaO, SiO_2$  از گرمای ۸۰۰ تا ۹۰۰

$C_5A_3 = 5CaO, 3Al_2O_3$  از حرارت ۹۰۰ تا ۹۵۰ درجه

$C_2S = 2CaO, SiO_2$  از حرارت ۹۵۰ تا ۱۲۰۰ درجه

$C_3A = 3CaO, SiO_2$  از حرارت ۱۲۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه

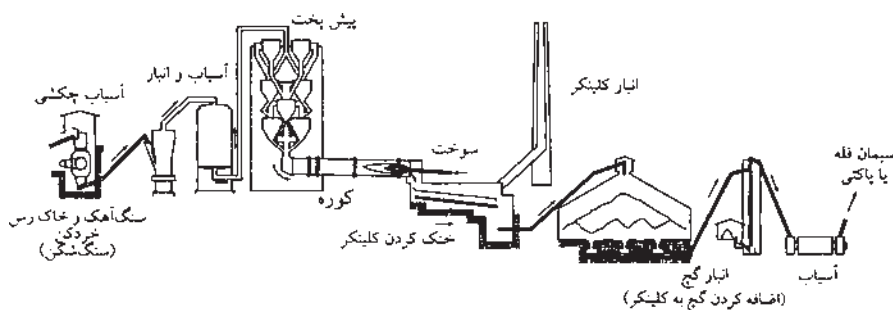
$C_4AF = 4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3$  در حرارت ۱۳۰۰ درجه

$C_3S = 3CaO, SiO_2$  در حرارت ۱۴۰۰ تا ۱۴۵۰ درجه

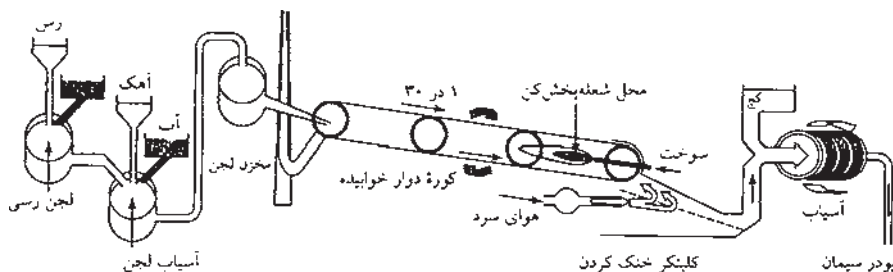
در ساخت سیمان امروز، اغلب از کوره ی گردنده ی افقی استفاده می شود. این کوره یک استوانه ی فولادی طویل با شیبی حدود ۳٪ است که حول محور افقی خود به آهستگی می چرخد. از انتهای کوره، شعله و حرارت داخل شده، از دهانه ی کوره مواد خام به صورت گرد خشک و یا لجن خمیری وارد می گردد. در ابتدای کوره رشته های زنجیر آویزان است تا گرمای گاز کوره را جذب کرده، به مواد خام پس دهد و در انتهای کوره دانه ها پس از عرق کردن به یک دیگر چسبیده، به صورت گلوله هایی به قطر ۱۶ تا ۳۰ میلی متر (به نام کلینکر) درمی آیند و به خنک کننده کلینکر می ریزند. در قسمت خنک کننده روی کلینکر داغ، هوای سرد می دمند و کلینکر سرد شده را با نوار نقاله به انبار می برند. طول کوره های گردنده ۶۰ تا ۱۰۰ متر و قطر آن ۵ تا ۶ متر است. برای



بهره برداری بیش تر از کوره های گردنده افقی نمی توان قطر آن را از ۶ متر افزایش داد، زیرا آستره نسوز درون کوره فرو می ریزد و مشکلاتی به وجود می آورد، اما طول کوره ی افقی گردنده تا ۲۵۰ متر هم ساخته شده است. اگر پختن سنگ آهک را در قسمت پیش داغ کن انجام دهند، بهره دهی کوره به قطر ۶ متر دو برابر می گردد. ضخامت جداری کوره ۱۸ تا ۲۴ میلی متر و در قسمت انتهای آن تا ۳۶ میلی متر هم می رسد. برای جلوگیری از رسیدن گرما به بدنه ی فولادی کوره، جدار داخلی آن را با نسوزهای مختلف آستر می کنند. این آسترها باید در برابر تأثیرات مکانیکی و شیمیایی مواد خام و گرمای شدید کوره پایدار باشد. نوع نسوز به قسمت های مختلف کوره بستگی دارد. در ابتدای کوره تا وسط، از نسوزهای سیلیسی و در انتهای کوره - جایی که حرارت زیاد است - از نسوزهای رسی و یا دولومیتی استفاده می شود. پس از آن که کلینکر از کوره خارج گردید با دمیدن هوا سرد می شود و در رویه اش پوسته و لعابی شیشه ای به وجود می آید که کلینکر را از نفوذ رطوبت به داخل آن محافظت می کند. این پوسته لعابی هنگامی که کلینکر را آسیاب می کنند خرد شده، از بین می رود. در شکل ۴-۴ و ۴-۵ تولید سیمان پرتلند به دو روش خشک و تر نشان داده شده است.



شکل ۴-۴- تولید سیمان پرتلند به روش خشک



شکل ۴-۵- تولید سیمان پرتلند به روش تر

## ۲-۳-۴- تأثیر مواد در جنس سیمان:

۱- **آهک:** اگر CaO در سیمان به صورت ترکیب درآمده باشد کلسیم سیلیکات سیمان زیاد می شود و این امر، باعث بالا رفتن مقاومت اولیه ی سیمان می گردد. زیاد شدن کلسیم سیلیکات در سیمان مقاومت آن را در برابر آب دریا و آب های سولفات دار کم کرده، گرمادهی ملات سیمان را هنگام ترکیب با آب افزایش می دهد. اگر آهک به صورت آزاد بیش از اندازه باشد، پس از گرفتن ملات سیمان آهک آزاد آب مکیده و شکفته می گردد و در نتیجه ملات را می ترکاند.

۲- **سیلیس:** سیلیس با آهک ترکیب شده، تشکیل سیلیکات کلسیم می دهد. اگر سیلیس در سیمان جای گزین اکسید آلومینیم و اکسید آهن شود، مواد خام در کوره دیرتر عرق می کنند و اگر سیلیس جای گزین آهک شود مقاومت ملات سیمان به کندی بالا می رود.

۳- **اکسید آلومینیم:** اکسید آلومینیم و اکسید آهن در سیمان نقش گدازآور دارند؛ یعنی درجه ی ذوب شدن مواد خام را پایین می آورد و ترکیبات سه کلسیم آلومینات  $C_3A$  و چهار کلسیم آلومینوفریت  $C_4AF$  را به وجود می آورند. اگر اکسید آهن در سیمان زیاد شود آن را «کندگیر» و اگر اکسید آلومینیم آن افزایش یابد آن را «تندگیر» می کند، زیرا در ملات سیمان آلومینات ها زودتر از سیلیکات ها با آب ترکیب می شوند. زیاد شدن اکسید آهن باعث تولید چهار کلسیم آلومینوفریت می شود که کندگیر است، اما مقاومت ملات سیمان را در برابر آب دریا و آب های سولفات دار زیاد می کند و گرمادهی سیمان را در موقع ترکیب با آب کاهش می دهد؛ بنابراین، سیمان های ضد سولفات اکسید آهنشان زیاد است. زیاد شدن اکسید آلومینیم باعث گرمادهی زیاد ملات سیمان شده، جمع شدن آن را افزایش می دهد که زیاد شدن هر دو اکسید سبب ترکیب شدن آهک با سیلیس می شود؛ یعنی سه کلسیم سیلیکات زیادی تشکیل شده، آهک آزاد در سیمان کم می شود.

۴- **منیزی MgO:** منیزی در سیمان اثر گدازآور دارد و هر چه کم تر باشد بهتر است، زیرا در سیمان ترکیب نمی شود و مانند آهک آزاد پس از آب گرفتن ملات شکفته شده، مقاومت آن را کم می کند. زیاد شدن منیزی در سیمان از جمع شدن ملات می کاهد؛ پس، مقدار منیزی نباید از ۵٪ بیش تر باشد.

۵- **قلیایی ها (K, Na):** قلیایی ها در سیمان نیز نقش گدازآور دارند و مقدار آن ها در سیمان نباید از ۱٪ وزن سیمان بیش تر باشد، زیرا باعث خراب شدن ملات و بتن می گردد. در جدول ۳-۴ مواد اصلی تشکیل دهنده ی سیمان و خواص هر کدام آمده است.

جدول ۳-۴- مواد اصلی تشکیل دهنده‌ی سیمان و خواص هر کدام

ترکیب	فرمول شیمیایی	علامت اختصاری	توضیحات
تری کلسیم سیلیکات	$3CaO.SiO_2$	$C_3S$	خودگیری سریع، مقاومت زودرس و افزایش سریع دما
دی کلسیم 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 آلومینوفربت کلسیم	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	$C_4AF$	خودگیری کند، بروز رنگ خاکستری در سیمان

۳-۳-۴- 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 این دو 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 هیدرولیز شدن و به وجود 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 (۱۲۰ cal/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 یک سال تقریباً هر دو ترکیب  $C_3S$  و  $C_2S$  به یک اندازه در مقاومت سیمان تأثیر دارند. واکنش  $C_2S$  با آب کند است و در اثر هیدراته شدن حدود ۶۰ cal/gr حرارت آزاد می‌کند. سه کلسیم آلومینات ( $C_3A$ ) با سرعت زیاد با آب هیدراته شده، مقدار زیادی حرارت پس می‌دهد (۲۰۷ cal/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 زمان گرفتن سیمان دخیل است.

چهار کلسیم آلومینوفریت ( $C_4AF$ ) نیز با آب هیدراته شده، یک ترکیب غیرمشخصی را به وجود می‌آورد که زیاد شدن آن باعث کندگیری سیمان می‌شود. هیدراته شدن  $C_4AF$  با مقدار  $10^\circ \text{cal/gr}$  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 یوکی در ملات سیمان یا بتن می‌شود؛ از این رو، 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 اولیه‌ی 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:

۱- سیمان‌های درشت دانه با سطح مخصوص  $2000$  تا  $2500 \text{ gr/cm}^2$

۲- سیمان‌های معمولی با دانه‌های متوسط با سطح مخصوص  $2500$  تا  $3500 \text{ gr/cm}^2$

۳- سیمان‌های ریزدانه با سطح مخصوص حدود  $3500$  تا  $4500 \text{ gr/cm}^2$

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 بتن ریزی زیاد باشد، مضر است، زیرا حرارت در داخل حجم بتن بالا می‌رود. درحالی‌که سطح بتن در اثر مجاورت با هوا به‌سرعت سرد شده، در نتیجه‌ی 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 دقت 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 اولیه 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 حرارت اولیه می‌گردد.

ملات سیمان در گرما کندتر و در سرما کندتر می‌گیرد و دیرتر سفت می‌شود؛ برای نمونه بتنی که در حرارت  $20^\circ$  درجه ۲۸ روز بماند میزان گرفتن و سفت شدن آن برابر است با بتنی که در حرارت  $5^\circ$  درجه ۵۶ روز بماند.

#### ۴-۳-۴- 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 گرمایی زیاد بتن اهمیت 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 اولیه‌ی 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 - نسبت به نوع ۱ - 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 گرمایی کم‌تری نیز دارد.

**۴-۳-۵- سیمان ممتاز:** سیمان ممتاز مانند سیمان معمولی ساخته می‌شود، اما در ساختن آن دقت بیش‌تری اعمال می‌گردد. درصد مواد خام را دقیق‌تر انتخاب و ریزتر آسیاب می‌کنند تا

واکنش سیمان، آهک و سیلیس در کوره سیمان یزی بهتر و سریع تر انجام شود. کلینکر آن را نیز ریزتر آسیاب می کنند و گاهی آن را دوباره می پزند؛ یعنی پس از پخت اول آن را آسیاب کرده، دوباره می پزند تا تمام CaO سیمان ترکیب شود و در آن آهک آزاد باقی نماند.

مقاومت روزهای اولیه ی ملات این سیمان زیاد است و گرمای زیادی هنگام هیدراته شدن پس می دهد؛ بنابراین، قیمت آن نیز گران تر خواهد بود.

**۴-۳-۶- سیمان سفید:** اکسید منیزیم و اکسید آهن باعث تیره شدن رنگ سیمان پرتلند می شوند. اگر در مواد اولیه ی سیمان این دو اکسید نباشد و یا بسیار ناچیز و در حدود ۰/۰۰۸ باشد سیمان سفید از کوره خارج می گردد. سوخت کوره را حتماً روغنی انتخاب می کنند تا خاکستر زغال آن را تیره نکند.

از این سیمان برای ناماسازی و ساختن آجرهای موزاییک و کارهای زینتی استفاده می شود. برای بی رنگ کردن سیمان حدود ۳٪ وزن مواد خام به آن کلرور کلسیم یا کلرور کالیم می افزایند. مقاومت این سیمان کم تر از سیمان های معمولی است و چون گداز آور ندارد، در حرارت بالاتر پخته می شود و قیمت آن نیز گران تر است. در جدول ۴-۴ ترکیبات چند نوع سیمان پرتلند مشخص شده است.

جدول ۴-۴- ترکیبات چند نوع سیمان پرتلند

(نرمی) (m <sup>2</sup> /kg)	ترکیب				طبقه بندی	نوع
	% C <sub>F</sub> AF	% C <sub>F</sub> A	% C <sub>F</sub> S	% C <sub>۳</sub> S		
۳۴۰	۸	۱۰	۲۰	۵۵	۴۲/۵	سیمان پرتلند معمولی
۴۴۰	۸	۱۰	۲۰	۵۵	۵۲/۵	
۴۰۰	۲	۱۵	۲۰	۶۵	۶۲/۵	سیمان پرتلند سفید
۳۸۰	۱۵	۲	۱۵	۶۰	۴۲/۵	سیمان پرتلند ضدسولفات

**۴-۳-۷- سیمان رنگی:** اگر ۲٪ تا ۱۰٪ وزن کلینکر سیمان سفید رنگ های معدنی یا سنگ های رنگی آسیاب کنند، سیمان رنگی به دست می آید. برای رنگ های قرمز، زرد، قهوه ای و سیاه از اکسید آهن استفاده می شود. برای رنگ سبز از اکسید کرم. برای رنگ آبی نیز کبالت مصرف می نمایند. برای رنگ سیاه از زغال هم می توان استفاده کرد. هم چنین می توان برای رنگ های قهوه ای و سیاه اکسید منگنز، به کار برد. با سیمان پرتلند معمولی فقط می توان 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. در ضمن سیمان و جسم رنگی هم نباید در یک‌دیگر اثر کنند. از این سیمان‌ها نیز برای نماسازی و کارهای زینتی و ساختن موزاییک استفاده می‌شود.

**۸-۳-۴- 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.

**۹-۳-۴- سیمان طبیعی:** ماده‌ی اصلی این سیمان خاکسترها و پوک‌ه‌ی آتش‌فشانی است که سیلیس آن‌ها به علت زود سرد شدن 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 ۴-۵ 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 ۵-۴- سیمان مناسب برای مصارف گوناگون

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



## حمل و نقل و نگهداری

سیمان‌ها به دو صورت فله و پاکتی به فروش می‌رسد. در هر دو حالت، مشخصات انواع سیمان به صورت 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 این رو 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 به تدریج 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 این صورت، سیمان باید قبل از مصرف آزمایش شود. سیمانی که برای مدت زیادی انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این‌گونه سیمان را می‌توان با غلتاندن کیسه‌ها روی کف اصلاح نمود. چنان‌چه با یک بار غلتاندن کلوخه‌ها باز شود سیمان قابل مصرف است و گرنه 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.

## ۴-۴- 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 تشکیل دهنده‌ی آن است؛ بر این اساس، هر یک از مواد آن را بررسی می‌کنیم.

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

۲- شن و ماسه: در ساخت بتن، 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 به حداقل کاهش داد.

۳- 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. به‌طورکلی 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 به کار برد.

۴-۴-۱- نسبت آب به سیمان: روانی و کارایی 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 این رو، 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 - با استفاده از طرح اختلاط - در مخلوط کن می‌ریزند و به‌خوبی مخلوط می‌کنند تا سطوح دانه‌های سنگی با ملات سیمان پوشیده شود و بدین ترتیب، 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.

۴-۴-۲- 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 نگاه داشتن سطح خارجی بتن همراه با حفظ دمای بالاتر از ۴ درجه - در روزهای اولیه‌ی بتن‌ریزی - 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.

**۳-۴-۴- مواد مضاف:** مواد شیمیایی خاصی هستند که به صورت 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:

**۱- تسریع‌کننده‌ها:** برای تسریع گیرش بتن و به‌دست آوردن مقاومت زود هنگام، 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.

**۲- کندگیرکننده‌ها:** این ماده هنگامی به کار 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.

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

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

۵- **کندگیر کننده با کاهش دهنده‌ی آب:** مصرف این ماده باعث بهبود کارایی و افزایش مقاومت انقباض و آب‌انداختگی کم و کاهش تمایل به تشکیل ترک می‌شود.

۶- **ضد یخ‌ها و آب‌بندکننده‌ها:** کاهش نفوذپذیری بتن به طریقه‌ی شیمیایی.

۷- **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، پیش‌تنیده و تیغه‌ها بهتر صورت گیرد؛ نیز مقاومت پیوند بین بتن و فولاد، بتن‌ریزی با سرعت زیاد و نیاز به تراکم کم تر گردد.

۸- **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.

۹- **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.

۱۰- **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.

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

۱۲- **ضد یخ:** برای جلوگیری از یخ‌زدن 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 ضد یخ‌هایی ساخته شده که فاقد یون کلر بوده برای مصرف در بتن مسلح مناسب است.

۱۳- **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.

۴-۴-۴- **مصالح سنگی:** با توجه به این که تقریباً  $\frac{3}{4}$  از حجم بتن را مصالح سنگی تشکیل

می‌دهد، انتخاب نوع و نسبت صحیح مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه (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 به دست می‌آید و مصالح سنگی شکسته از خرد کردن سنگ‌های مناسب بزرگ به وسیله‌ی 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 استاندارد 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.

**۴-۴-۵ سنگ دانه‌های سبک:** سنگ دانه‌های 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 فضاها یا خالی به منظور سبکی و عایق‌کاری حرارتی و صوتی به مصرف می‌رسند.

انواع سنگ دانه‌های سبک به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

**الف) سنگ دانه‌های 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) سنگ دانه‌های 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 اسیدین تولید می‌شوند.

گروه دوم از انبساط روباره‌ی مذاب کوره‌ی آهن‌گدازی - با مقادیر کنترل شده‌ی آب در ماشین‌های مخصوص یا با پاشیدن مقدار کمی آب (جهت آبی) روی روباره‌ی مذاب - حاصل می‌شود که جسمی متخلخل، سبک و شبیه سنگ پا با وزن فضایی ۳۰۰ تا ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. گروه سوم را جوش‌های صنعتی تشکیل می‌دهند که از خاکسترها و پس مانده‌های زغال‌سنگی به دست می‌آید.

در ایران تنها پوک‌های رسی یا خاک‌رس منبسط شده (لیکا) و پرلیت منبسط شده تولید می‌شود، اما هنوز برای آن‌ها استانداردی منظور نشده است. وزن مخصوص فضایی پوک‌های 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.

پوک‌های رسی در پر کردن فضاها، ساختن بلوک‌های سبک‌وزن و بتن‌های سبک‌عایق حرارتی و بتن سبک‌باربر (سازه‌ای) به مصرف می‌رسد. بتن لیکا (پوک‌های 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 به صورت بخار درآمده سبب ازدیاد حجم چشمگیر پرلیت می‌گردد. بتن پرلیتی مقاومت کمی دارد و بیش‌تر برای عایق‌کاری حرارتی به کار 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

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

# آهن، آلومینیم، سرب، روی و برنج

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

- ۱- موارد استفاده‌ی آهن در ساختمان را شرح دهد.
- ۲- انواع آهن را بشناسد و معرفی کند.
- ۳- نحوه‌ی تولید فولاد را توضیح دهد.
- ۴- شکل دادن به فولاد را شرح دهد.
- ۵- خواص آلومینیم را توضیح دهد.
- ۶- کاربرد آلومینیم را در ساختمان شرح دهد.
- ۷- علت مصرف روزافزون آلومینیم را در ساختمان توضیح دهد.
- ۸- مورد مصرف سرب را در کارهای ساختمانی معرفی کند.
- ۹- مورد مصرف روی را شرح دهد.

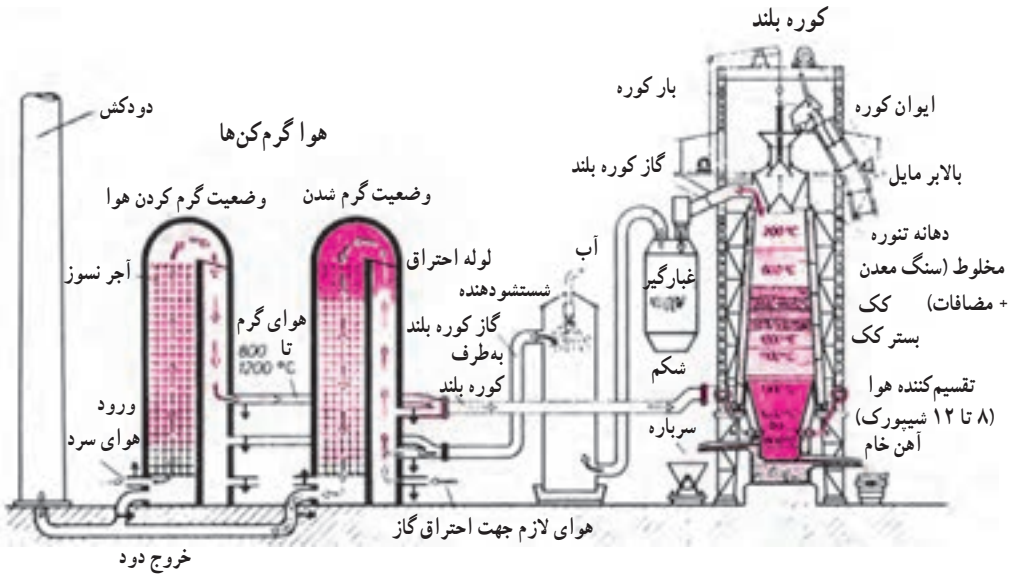
## ۱-۵- آهن خام

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 ۱-۵)

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 و گوگرد 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 ۱-۵- کوره‌ی بلند ذوب آهن

بخ آب می شود.

### ۱-۵-۱- انواع آهن خام

**آهن خام سفید:** رنگ این آهن، نقره‌ای با وزن مخصوص  $7/4$ ، سطح شکسته‌اش ریزدانه و روشن است. منگنز آهن خام سفید زیاد است و خمش آن خیلی سخت و ترد است. گرمای ذوب آن  $1100$  درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد که در فولادسازی از آن استفاده می‌کنند.

**آهن خام خاکستری:** رنگ این آهن خاکستری با وزن مخصوص  $7/2$  و سطح شکسته‌اش درشت دانه و خاکستری رنگ بوده، سیلیسیم آن زیاد است. این آهن ترد نیست، اما از آهن خام سفید نرم‌تر است. گرمای ذوب آن  $1200$  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  $0/2$  تا  $3/5\%$  و حدود فسفر آن بین  $0/2$  تا  $1\%$ ، هم‌چنین حدود گوگرد آن  $0/6$  تا  $0/15\%$  و بالاخره حدود منگنز آن بین  $0/6$  تا  $3/8\%$  است.

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

۱- اکسید مغناطیسی آهن ( $Fe_3O_4$ ) که حدود  $70\%$  وزنش آهن دارد (ماگنتیت).

۲- سنگ آهن سرخ ( $Fe_2O_3$ ) که حدود ۶۰٪ وزنش آهن دارد (هماتیت قرمز).  
۳- سنگ آهن قهوه‌ای - اکسید آبدار آهن ( $3H_2O$  و  $2Fe_2O_3$ ) که حدود ۵۰٪ وزن آن دارای آهن است (لیموتیت).

۴- کربنات آهن ( $Fe \cdot CO_3$ ) که حدود ۴۵٪ وزنش آهن دارد (سیدریت).  
۵- 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 به صرفه نیست.

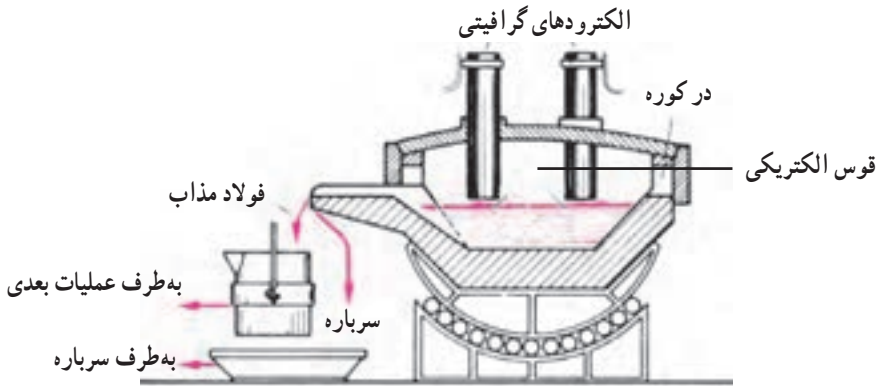
۲-۱-۵- چدن: برای تهیه‌ی چدن آهن خام را مجدداً ذوب نموده، پس از تصفیه و تنظیم نمودن اندازه‌ی عناصر موجود در آن از قبیل: کربن، فسفر، منگنز، سیلیسیم و چدن را به دست می‌آورند. این کار معمولاً در کوره‌های برقی، شعله‌ای یا کوپل صورت می‌گیرد.  
نقطه‌ی ذوب چدن حدود ۱۱۰۰ تا ۱۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. همان‌گونه که پیش از این اشاره شد مانند یخ آب می‌گردد و هنگام ذوب شدن ابتدا به حالت خمیر در نمی‌آید.

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 به کار رفته؛ هم‌چنین به چگونگی سرد شدن و بستن چدن آبکی بستگی دارد. چدن به صورت 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

۱- چدن خاکستری، ۲- چدن سفید، ۳- چدن نیمه خاکستری، ۴- چدن سخت و ۵- چدن نرم.  
۳-۱-۵- فولاد: برای تهیه و ساختن فولاد، آهن خام را ذوب کرده کربن آن را سوزانده و مقدار معینی کربن کم‌تر از ۱/۲٪ به آن اضافه می‌کنند و عناصر دیگر آن را در حد مجاز تنظیم کرده تا فولاد مورد نظر تهیه شود. برای تهیه‌ی فولاد روش‌های صنعتی گوناگونی متداول است که هر یک مزایای خاصی دارد و فولاد حاصل از آن‌ها نیز دارای خواص و مورد استعمال ویژه‌ای است. این روش‌ها عبارت‌اند از:

۱- روش بسمر، ۲- روش توماس، ۳- روش زیمنس مارتینی (کوره‌های باز) و ۴- روش کوره‌ی الکتریکی (شکل ۲-۵) و روش L.D.



شکل ۲-۵- کوره‌ی الکتريکی

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 مضر هستند و گوگرد زیاد باعث کاهش تاب ضربه‌ای فولاد می‌گردد؛ به‌گونه‌ای 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 مانگنز 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 آن را زیاد می‌کند. نورد زدن فولاد سیلیسمی دشوار است و مقدار سیلیسیم در حدود 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.

۴-۱-۵- 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 به دست می‌آید «فولاد آلیاژ دار» یا «هم‌بسته‌های فولاد» نامیده می‌شود که غالباً از فولادهای کربن دار معمولی دارای مقاومت بیش تر هستند. این فولادها از لحاظ شکل پذیری و مشخصات شیمیایی و مکانیکی خواص خوبی دارند که در فولادهای معمولی وجود ندارد، اما در عوض، قیمت آن‌ها گران تر از فولادهای کربن دار معمولی است. فولادهای آلیاژ دار در کارهای صنعتی و ساختمانی کاربرد دارد و بیش تر در پوشش با دهانه‌های بزرگ و در جایی که احتیاج به مقاومت زیاد مصالح است از آن استفاده می‌شود، زیرا به علت داشتن مقاومت زیاد، ابعاد مقطع قطعات برابر کم می‌شود که به نوبه‌ی خود باعث کم شدن وزن و کم شدن بار مرده‌ی ساختمان می‌گردد. البته این نوع هم‌بسته‌ها - با توجه به نوع آن‌ها - موارد استعمال گوناگون دیگری نیز دارند. عناصری که معمولاً در این نوع هم‌بسته‌های فولاد به کار می‌روند عبارت‌اند از: منگنز، سیلیسیم، کرم، نیکل، تنگستن، مولیبدن، تیتانیم، وانادیم و آلومینیم.

تذکر: افزودن ۲٪ مس به فولاد مقاومت آن را در مقابل زنگ زدگی و خوردگی افزایش می‌دهد.

۵-۱-۵ - شکل دادن به فولاد: برای شکل دادن به فولاد و درآوردن به شکل مورد نظر

از این روش‌ها استفاده می‌کنند:

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

در این جا فقط مختصری درباره‌ی نورد زدن 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) به ترتیب خاص از داخل استوانه (قرقره و غلتک) در حال دوران که به شکل خاصی

قرار گرفته‌اند می‌گذرانند و هر بار که لازم باشد این عمل را تکرار می‌کنند. در نتیجه، قطعات تغییر

شکل داده شده به تدریج به شکل نیم‌رخ‌های مورد نظر، مانند ریل، تیرهای ساختمانی I و ... در می‌آیند.

از لحاظ نیم‌رخ‌ها، نوردکاری به چهار گروه تقسیم می‌شود:

۱- پروفیل‌های فولادی مورد مصرف در کارهای ساختمانی و صنعتی.

۲- صفحات و ورق فولادی و تسمه فولادی.

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

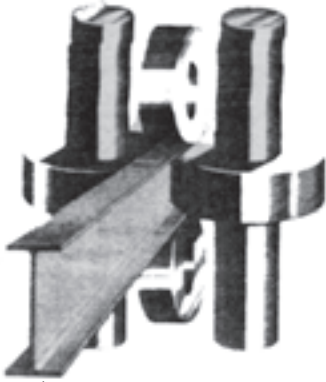
۴- لوله‌هایی که به صورت بی‌درز، باجوش در کوره و جوش الکتریکی ساخته می‌شوند.

عملیات اصلی در نوردکاری بدین شرح است:

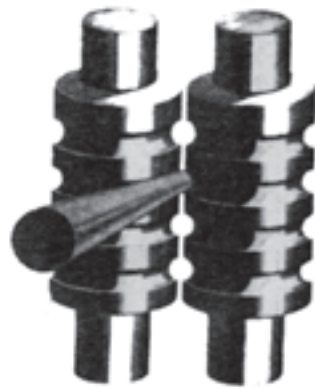
الف) آماده نمودن مصالح برای نورد که بسیار مهم است و در این مرحله، عیوب کلی و سطحی

مصالح قبل از نورد باید کنترل و برطرف شود.

ب) گرم نمودن مصالح قبل از نورد که حایز اهمیت بوده حرارت شروع و اتمام نورد در خواص مکانیکی مصالح حاصل، تأثیر مهمی خواهد داشت؛ از این رو حرارت مورد نظر باید به دقت کنترل شود. ج) عمل نورد که عبارت است از عبور مصالح 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 ۳-۵ تهیه‌ی مقاطع فولادی به روش نورد دیدن را نمایش می‌دهد.



تهیه‌ی تیر آهن به روش نورد گرم



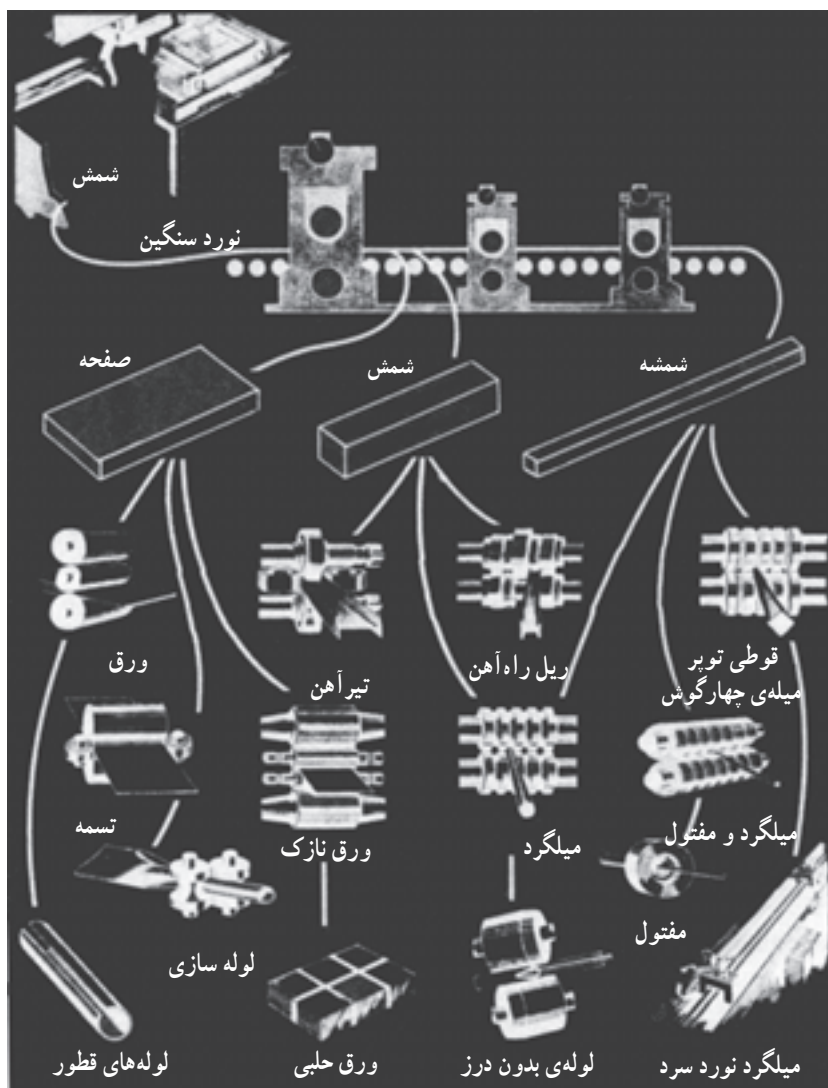
تهیه‌ی میلگرد

شکل ۳-۵- تهیه‌ی مقاطع فولادی به روش نورد زدن

د) صاف کاری، برش، تنظیم و اتمام عمل در مرحله‌ی تنظیم و اتمام عمل قطعات نورد شده را به اندازه‌های معینی می‌برند و راست می‌کنند؛ هم‌چنین عیوب مختلف را کنترل و برطرف می‌سازند. در هنگام نورد کاری از مصالح نمونه‌گیری می‌شود و به روش‌ها و شیوه‌های گوناگون بررسی می‌گردند؛ هم‌چنین پس از اتمام نورد کاری 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 مورد نظر تطبیق داده شود.

غلتک‌های دستگاه نورد بسته به شکل فرآورده‌های نورد دیده ممکن است به شکل تخت، پله‌دار، شیاردار یا به شکل 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  $IN^P$  یا  $INP$  عمل نورد در هر مرحله به وسیله‌ی 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. بدین ترتیب، تیر با سطوح موازی بال و عرض نسبتاً پهن به دست 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 به دست آید. این نورد را «نورد انبوسال» می‌گویند. شکل ۴-۵ تهیه‌ی مقاطع مختلف فولادی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵- دیگرام تهیه‌ی مقاطع مختلف فولادی

## ۶-۱-۵- انواع فولادها

### الف) فولادهای استاندارد اروپایی

- فولادهای نرم آلمان که بدین شرح است :

۱- فولاد St<sub>۳۳</sub> : (فولاد ساختمان تجارتي)

۲- فولاد St<sub>۳۴</sub> : برای تهیه ی میخ پرچ برای اتصال فولاد St<sub>۳۷</sub> به کار می رود.

۳- فولاد St<sub>۳۷</sub> : (فولاد نرمه ی معمولی) : در ساختمان های فلزی کاربرد بسیار دارد.

۴- فولاد St<sub>۳۸</sub> : برای تهیه ی پیچ برای اتصال فولاد St<sub>۳۷</sub> به کار می رود.

۵- فولاد St<sub>۴۲</sub> : در تهیه ی ورق های نوع خوب و برای کشتی سازی مصرف دارد.

۶- فولاد St<sub>۴۴</sub> : در کارهای ساختمانی و در ساختن میخ پرچ برای اتصال فولاد St<sub>۵۲-۳</sub>

به کار می رود و از نوع فولاد اعلا به شمار می آید.

۷- فولاد St<sub>۵۲</sub> یا St<sub>۵۲-۳</sub> : فولاد بسیار اعلا بوده مقاومت زیاد دارد و در ساختمان های

فلزی بسیار مهم و در پل های بزرگ مصرف می شود.

فولادهای St<sub>۳۳</sub> - St<sub>۳۷</sub> و St<sub>۵۲</sub> : بیش از انواع دیگر در کارهای ساختمانی به کار می رود.

باید توجه داشت که اندیس های St نشان دهنده ی حداقل مقاومت نهایی کششی - درآزمایش

کشش نمونه ی فولاد - برحسب  $kg/mm^2$  است ؛ برای نمونه، St<sub>۳۷</sub> فولادی است که حداقل

مقاومت نهایی این فولاد در آزمایش کششی ساده (استاندارد) برابر  $37 kg/mm^2$  است.

### ب) فولادهای استاندارد آمریکایی

فولادهای ساختمانی مطابق مشخصات AISC عبارت اند از :

۱- فولاد ASTM A<sub>v</sub> : برای پل سازی و ساختمان.

۲- فولاد ASTM A<sub>۳۷۳</sub> : فولاد ساختمانی برای جوش کاری.

۳- فولاد ASTM A<sub>۳۶</sub> : فولاد ساختمانی.

۴- فولاد ASTM A<sub>۴۴۰</sub> : فولاد با مقاومت زیاد ساختمانی.

۵- فولاد ASTM A<sub>۴۴۱</sub> : فولاد با مقاومت زیاد (هم بسته منگنز و وانادیم) ساختمانی.

۶- فولاد ASTM A<sub>۴۴۲</sub> : فولاد با مقاومت زیاد ساختمانی.

فولادهای شماره ی ۱، ۲ و ۳ از نوع فولاد کربن دار معمولی ساختمانی و فولاد ۴ و ۵ از نوع

فولاد هم بسته با مقاومت زیاد و فولاد ۶ از نوع با مقاومت زیاد است ؛ هم چنین فولاد A<sub>۳۶</sub> یکی از

پرمصرف ترین فولادها بوده که جای گزین فولاد A<sub>v</sub> شده است ؛ نیز فولاد A<sub>۳۷۳</sub> فولاد کربن دار

ساختمانی است که بسیار از قابلیت جوش برخوردار است.

ج) فولادهای روسی: در کشور روسیه فولادها دارای انواع و اقسام متفاوت بوده اما به طور کلی به دو دسته‌ی «فولادهای ساختمانی» و «فولادهای ابزار» تقسیم می‌شوند؛ هم‌چنین فولادها به صورت 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.

در کشور 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 همین نسبت 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٪ کربن دارد.

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 کاربردها به نوع «ساختمانی»، «ابزار» و «ویژه» تقسیم‌بندی می‌کنند.

## ۷-۱-۵ - انواع نیم‌رخ‌های نورد شده‌ی فولادی

### الف) استاندارد اروپایی

۱- نیم‌رخ I باریک یا نرمال پروفیل  $INP$ : یکی از متداول‌ترین نیم‌رخ‌های نورد شده‌ی فولادی است که دارای عرض کم‌بال و شیب‌دار بودن سطوح داخلی بال در حد ۰/۱۴ بوده، علامت اختصاری I یا  $NP$  یا  $INP$  است. مقطع نیم‌رخ I در شکل ۵-۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵-۵ -  $INP$  یا  $NP$  یا I



۲- پروفیل IPE: پروفیل IPE که به نام پروفیل نیم پهن یا بال متوسط نرم اروپایی مشهور است؛ دارای این مشخصات است: از شماره‌ی 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 مشخص کردن شماره‌ی پروفیل IPE، عدد مشخص کننده شماره‌ی پروفیل را پس از IPE می‌گذارند. برای نمونه «IPE ۱۴».

### مزایای IPE نسبت به NP

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

۲- موازی بودن سطوح داخلی و خارجی بال‌های این پروفیل یکی دیگر از مزایای آن نسبت به INP است که از نظر اتصال باعث سهولت می‌شود.

۳- عرض بال IPE معمولاً اعداد رُند بوده برخلاف INP که اعداد غیررُند بر حسب سانتی‌متر است.

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

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

الف) پروفیل بال پهن با وزن متوسط، طبیعی یا معمولی که علامت اختصاری آن IPB است. معادل نرم 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 IPB<sub>۳۰</sub> یعنی بال پهن شماره‌ی ۳۰ 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 بال پهن با وزن سبک که علامت اختصاری آن IPBI بوده معادل نرم 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.

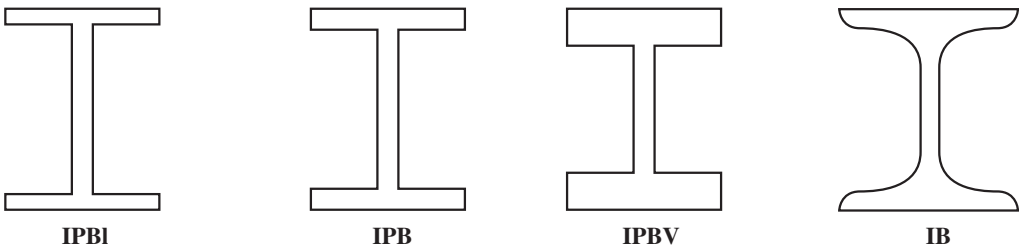
برای نمونه: IPBI<sub>۱۹</sub> دارای ارتفاع ۱۹ سانتی‌متر و عرض بال ۲۰ سانتی‌متر و وزن یک‌متر آن

۴۲/۳ kg است؛ در صورتی IPB<sub>۲</sub> که دارای ارتفاع ۲۰° و عرض بال ۲۰ سانتی متر و وزن یک متر آن ۶۱/۳ kg است.

ج) پروفیل بال بهن سنگینی که علامت اختصاری آن IPBV بوده، معادل نرم اروپایی HE-M است. این پروفیل را پیش از این IDIV یا DIR یا DIMAX می گفتند. ارتفاع واقعی این پروفیل مقدار کمی از ارتفاع اسمی آن (ارتفاع IPB هم شماره) بیش تر است و وزن آن از وزن پروفیل IPB هم شماره اش بیش تر است.

برای نمونه: IPBV<sub>۲</sub> دارای ارتفاع مقطع ۲۲ سانتی متر و وزن یک متر آن ۱۰۳ کیلوگرم است؛ در صورتی که IPB<sub>۲</sub> دارای ارتفاع مقطع ۲۰ سانتی متر و وزن یک متر آن ۶۱/۳ کیلوگرم است. نوع دیگری از پروفیل بال بهن با علامت اختصاری IB نیز تهیه می شود که از شماره ی ۱۰ تا ۱۸ آن ساخته می شود و بال های عریض دارد که سطوح داخلی آن دارای شیب است. (۹٪) و ارتفاع مقطع و عرض بال آن در هر شماره یکسان است.

نوعی پروفیل بال بهن استاندارد نشده نیز تهیه می شود که با علامت IPBS نشان داده می شود. در شکل ۶-۵ انواع نیم رخ های IPB مشخص شده است.



شکل ۶-۵- مقاطع انواع نیم رخ های IPB

۴- پروفیل U یا ناودانی: سطوح داخلی بال های این پروفیل دارای شیب است که این شیب برای پروفیل های تا شماره ی ۳۰ برابر ۸٪ و برای پروفیل های بزرگ تر از شماره ی ۳۰ برابر ۵٪ است. علامت اختصاری این پروفیل [NP] یا [NP U] یا [U] است.

برای نمونه: [۲] یا [NP U] یا [U<sub>۲</sub>]. باید توجه داشت که پروفیل ناودانی تا شماره ی ۴۰ ساخته می شود. (شکل ۷-۵)



شکل ۷-۵- نیم رخ ناودانی

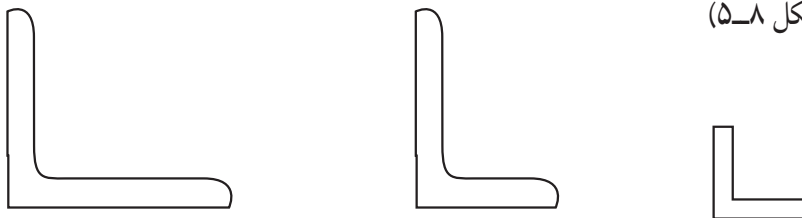
۵- پروفیل نبشی: پروفیل نبشی که دارای دو بال عمود بر هم و با ضخامت یکسان است در دو نوع با بال‌های مساوی و بال‌های نامساوی - با لبه‌ی گرد - تهیه می‌شود.

علامت اختصاری نبشی به صورت L یا L است. برای نمایش پروفیل نبشی به این صورت 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:  $L_{50 \times 50 \times 5}$  یا  $L_{50 \times 5}$  که نشانگر نبشی با بال مساوی به طول 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:  $L_{120 \times 80 \times 12}$  یعنی عرض یک بال ۱۲ سانتی‌متر و عرض بال دیگر ۸ سانتی‌متر و ضخامت بال‌ها ۱۲ میلی‌متر است. نوع نبشی به صورت بال مساوی و لبه‌ی بال تیز ساخته می‌شود که علامت اختصاری آن LS

است. (شکل ۸-۵)

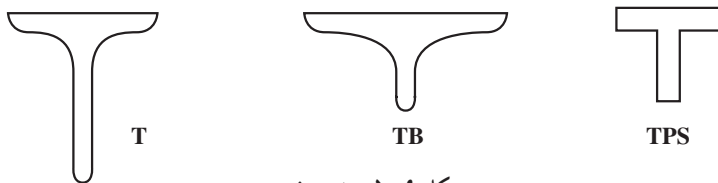


شکل ۸-۵- نیم‌رخ نبشی

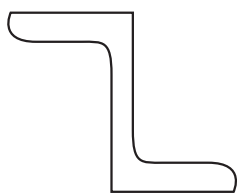
۶- پروفیل سپری یا T: این نوع نیم‌رخ که به شکل T است، به دو نوع تهیه می‌شود. یکی آن که ارتفاع آن‌ها برابر قاعده‌شان است و با علامت T مشخص می‌شود و از نمره‌ی ۲۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر ساخته می‌شود؛ هم‌چنین برای نشان دادن آن بعد از علامت T نمره‌ی سپری را برحسب میلی‌متر می‌نویسند؛ مانند:  $T_{80}$ . نوع دیگر، سپری با قاعده‌ی دو برابر ارتفاع، یعنی عرض بال دو برابر ارتفاع مقطع ساخته می‌شود. این نوع سپری با علامت TB مشخص می‌گردد و از نمره‌ی ۶۰×۳۰ تا ۱۲۰×۶۰ میلی‌متر ساخته می‌شود؛ مانند:  $TB_{60}$ . سطوح بال و جان این‌گونه سپری‌ها دارای شیب بوده لبه‌ی آن‌ها به صورت 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:  $TPS_{40}$ .

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

البته می توان برحسب ضرورت مقداری بالاتر برش داد تا دو نوع سپری با ساق کوتاه و ساق بلند به دست آید. (شکل ۵-۹)

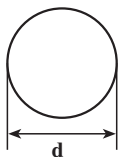


شکل ۵-۹- نیم رخ سپری



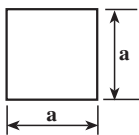
شکل ۵-۱۰- نیم رخ Z

۷- پروفیل Z: این پروفیل که به دونبشی نیز معروف است با علامت اختصاری Z نشان داده می شود. این پروفیل از نمره ۳۰ تا ۲۰۰ میلی متر تهیه می شود و برای نشان دادن آن بعد از علامت Z ارتفاع مقطع را برحسب میلی متر می نویسند؛ مانند:  $Z_{۱۲}$ . (شکل ۵-۱۰)



شکل ۵-۱۱- نیم رخ میلگرد

۸- میلگرد (آر ماتور): مقاطع میلگرد به قطر ۵ تا ۲۲ میلی متر تهیه می شود و علامت اختصاری آن  $\emptyset$  یا Rd است که برای نشان دادن مقطع میلگرد، پس از علامت اختصاری قطر مقطع میلگرد را برحسب میلی متر می نویسند؛ برای مثال:  $Rd_{۶} \times ۱۶۰۰$  یا  $\emptyset_{۶} \times ۱۶۰۰$ . مورد مصرف در کارهای بتنی مسلح به طور وسیع، در آویزها و در مهارها به کار می رود. (شکل ۵-۱۱)



شکل ۵-۱۲- نیم رخ چهار تراش

۹- مقطع چهار تراش یا چهارسو: مقطع چهار تراش یا چهارسو با مقطع مربع به ابعاد  $۶ \times ۶$  میلی متر تا  $۱۵۰ \times ۱۵۰$  میلی متر ساخته می شود و علامت اختصاری آن  $\square$  یا  $kt$  است. برای نشان دادن آن پس از نوشتن علامت اختصاری ابعاد آن برحسب میلی متر نوشته می شود؛ برای نمونه:  $\square_{۳۰} \times ۱۸۰$  یا  $kt_{۳۰} \times ۱۸۰$ . (شکل ۵-۱۲)

۱۰- مقطع شش ضلعی: مقطع شش ضلعی منظم با ارتفاع مقطع ۱۳ تا  $۱۰۳$  میلی متر ساخته می شود و علامت اختصاری آن  $\hexagon$  یا  $kt$  است. مقطع شش ضلعی منظم را این گونه نشان

می دهند: (شکل ۱۳-۵)



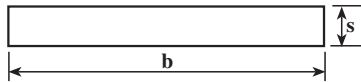
۴۰×۲۲۰ یا ۶kt ۴۰×۲۲۰

شکل ۱۳-۵- مقطع شش ضلعی

۱۱- 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 به ابعاد مقطع متفاوت از ۱۰×۵ میلی‌متر تا ۱۵۰×۶۰ میلی‌متر می‌سازند. علامت اختصاری تسمه به صورت  $\square$  یا FI؛ برای نمونه:  $\square$  ۴۰×۱۲×۱۸۶ یا  $\square$  FI.۸۰×۱۰×۴۰۰

۱۲- 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 به صورت:  $\square$  یا BtFI است؛ برای نمونه: به صورت  $\square$  ۳۵۰×۳۰×۶۸۰ یا  $\square$  BtFI ۳۵۰×۳۰×۶۸۰.



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

۱- نیم‌رخ I استاندارد با ارتفاع مقطع از ۳ تا ۲۴ اینچ متغیر است. طرز نمایش این نیم‌رخ به این صورت است که از سمت چپ ابتدا ارتفاع مقطع پروفیل برحسب اینچ، سپس علامت I و در پی آن وزن یک فوت تیر برحسب پوند نوشته می‌شود؛ مانند:  $12I31/8$  این تیر تقریباً دارای همان مشخصات N<sup>o</sup> است.

۲- نیم‌رخ پهن WF این نیم‌رخ که دارای مقطع I شکل است دارای عرض بال بیش‌تر بوده برای عمل خمش از مناسب‌ترین نیم‌رخ‌های موجود است؛ مانند:  $12WF_{37}$  که عدد ۱۲ ارتفاع برحسب اینچ و ۳۷ وزن یک فوت آن به پوند است.

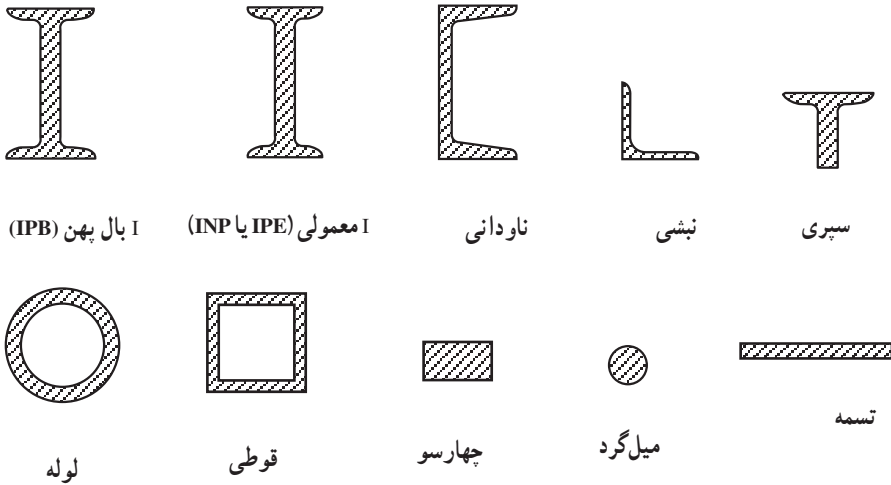
۳- تیر سبک با مقطع I شکل که نسبت به پروفیل WF هم ارتفاع و هم عرض کم‌تر دارد و با حرف B مشخص می‌شود؛ مانند:  $14B17/2$ . در علامت‌گذاری جدید این پروفیل با حرف W مشخص می‌شود؛ مانند:  $W14 \times 26$  که در گذشته آن را با  $14B26$  نشان می‌دادند.

۴- 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 به جای I استاندارد علامت S و ناودانی استاندارد علامت C به کار می‌رود.

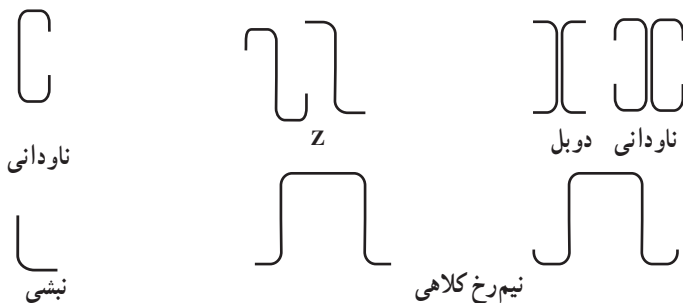
۵- مقطع I گوناگون، ناودانی گوناگون، تیر I ظریف، ناودانی ظریف، مقطع پروفیل H، نبشی، سبری یا مقطع tee، پروفیل با مقطع مربع توپر (چهارسو) پروفیل با مقطع مستطیل توپر (تسمه)، میل گرد و مقطع Z یا Zee. جملگی از فرآورده‌های استاندارد آمریکایی هستند.

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 ۱۴-۵ نشان داده شده است:



شکل ۱۴-۵- 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 ۱۵-۵ نشان داده شده‌اند معمولاً در اعضای خمش سبک استفاده می‌شوند:



شکل ۱۵-۵- انواع نیم‌رخ‌های پرسی

سایر فلزات غیر آهنی ساختمانی عبارت‌اند از :

## ۲-۵- آلومینیم (Al)

آلومینیم فلزی است نقره‌ای رنگ، جلاپذیر، نرم، سبک و به‌آسانی شکل پذیر. این فلز در طبیعت به‌صورت آزاد و خالص یافت نمی‌شود، اما در حدود ۰.۸٪ 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 از نظر 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.

### ۳-۵ - 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 به عبارت دیگر سرب‌کوبی می‌کنند؛ هم‌چنین برای جلوگیری از عبور اشعه‌های مضر 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.

### ۴-۵ - روی (Zn) - 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 می‌گویند 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. به نظر 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 به کار 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 فولاد پارتی سخن گفته‌اند و گفته شده است که فولاد ساسانی با نام بین‌تیه (اسم فارسی اسپینا) به چین صادر می‌شده است. واژه‌ی فارسی فولاد 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 فولاد 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 به‌گفته‌ی او سابورگانی) تفاوت قائل شده است. آهن سابورگانی یا آهن شاپورگانی، یا یاشابرانی یا شاپورگانی احتمالاً در شابران (در بند قفقاز) بوده که بهره‌برداری از آن در دوران ساسانیان آغاز شده است.

## ارزش‌یابی فصل پنجم

- ۱- نحوه‌ی تولید فولاد را شرح دهید.
- ۲- موارد استفاده‌ی آهن را در ساختمان شرح دهید.
- ۳- فولادهای نُرْم آلمانی را نام ببرید.
- ۴- نیم‌رخ‌های حاصل از نوردکاری به چهار گروه تقسیم می‌شوند. آن‌ها را شرح دهید.
- ۵- موارد استفاده از آلومینیم در ساختمان را توضیح دهید.
- ۶- مهم‌ترین آلومینیمی که به‌طور گسترده در صنایع ساختمان استفاده می‌شود کدام است؟
- ۷- از سرب در چه مواردی استفاده می‌شود؟

### چوب، شیشه و چسباننده‌ها

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

- ۱- مزایای چوب را شرح دهد.
- ۲- ناخوشی‌های چوب را توضیح دهد.
- ۳- چوب‌های ساختمانی را بشناسد و طریقه‌ی خشک کردن چوب‌تر را شرح

دهد.

- ۴- انواع بارهای وارد بر چوب را بیان کند.
- ۵- چوب‌های ساختگی را نام ببرد.
- ۶- مراحل ساخت شیشه را توضیح دهد.
- ۷- انواع شیشه‌ها را نام ببرد.
- ۸- نقش چسباننده‌های سیاه را در ساختمان شرح دهد.
- ۹- انواع چسباننده‌های سیاه را نام ببرد.

#### ۱-۶- 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 به کار می‌رود زیرا:

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

۲- چوب غیر از ساختمان، در کاغذسازی، مبل سازی، ساختن در و پنجره، پارچه بافی و غیره هم استفاده می شود.

۳- گسترش ساختمان و کم بودن چوب، آن را به مصالحی گران قیمت تبدیل کرده است.

۴- تاب کشش چوب از تاب فشاری آن بیش تر است.

۵- چوب می سوزد، می بوسد، کفک می زند، موربانه می خورد و ... .

چوب در معرض خطرات گوناگون از جمله: سوختن، پوسیدن، کفک زدن و نظایر آن قرار دارد.

با این همه، چوب محاسنی نیز دارد که از آن جمله است:

۱- کارکردن با چوب آسان است.

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

۳- در مقابل سرما و گرما عایق مناسبی است و خیلی کم از خود سرما و گرما را عبور می دهد.

۴- چون رنگ و نقش گوناگون دارد، برای آراستن دیوارهای داخلی، ساختن مبل چوبی،

قاب عکس، درب های داخلی و خارجی ساختمان و دیگر تزئینات کاربرد دارد.

در ایران با وجود آن که دست کم ۱۷۰ هزار کیلومتر مربع جنگل وجود دارد، هنوز چوب

ساختمانی را عمل نمی آورند. چوب خام پس از به مصرف رسیدن تغییر شکل می دهد؛ از این رو

چوب عمل آمده را از کشورهای دیگر وارد می کنند که به قیمت گران تمام می شود. اکنون چند سالی

است که در گیلان و مازندران کارخانه هایی برای عمل آوردن چوب ساخته شده است که تا حدودی

نیاز کشور را تأمین می کنند.

چوب در کارهای کمکی ساختمان نظیر چوب بست و ساخت صندوقه (قالب)، برای ساختن

بتن، شمع کوبی و امثال آن کاربرد دارد.

۱-۱-۶- ساختمان درخت: در برش عرضی تنه درخت سه بخش جدا از هم دیگر دیده

می شود:

الف) مغز درخت که نمی توان بر آن بار گذاشت.

ب) پوست درخت که مصرف ساختمانی ندارد.

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

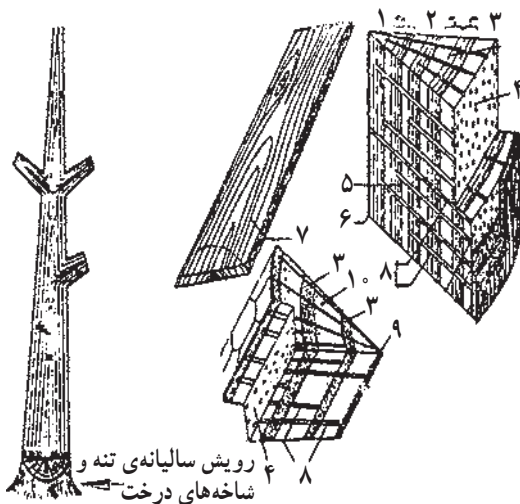
اگر از درخت برش عرضی تهیه شود در محل برش خورده دایره های هم مرکزی دیده می شود

که نشان دهنده ی سن درخت است. رنگ این دایره ها از طرف درون (چوب بهاره) روشن و از طرف

بیرون (چوب پاییزه) تیره است. پهنای این دایره ها نشانه ی وزن فضایی چوب، هم جنس بودن چوب و

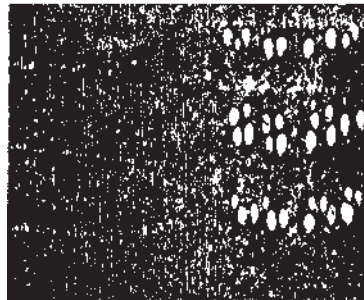
چگونگی آب و هوای سال رویش آن است. در برش عرضی تنه‌ی درخت سوراخ‌های ریز تارهای چوب نمایان است که از آن‌ها خوراک درخت از ریشه به سطح برگ‌ها می‌رسد، تا در آن جا قوام آمده تبدیل به شیرهی پرورده شود و جذب درخت گردد.

درخت‌هایی که چوبشان در ساختمان مصرف می‌شود دو دسته‌اند: «سوزنی برگ» و «پهن برگ». برش عرضی درخت سوزنی برگ ساده، منظم و هندسی است؛ در حالی که برش عرضی درخت پهن برگ، درهم است و بدین ترتیب، شکلی همسان ندارند. در شکل ۱-۶ ساختمان چوب درختان را مشاهده می‌کنیم.



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

ساختمان چوب درخت  
کاج (سوزنی برگ)



ساختمان چوب درخت  
بلوط (پهن برگ)

شکل ۱-۶- 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 به جسم جامد (بدنه‌ی تارهای چوب) زیادت‌تر 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 چوب درخت سوزنی‌برگ، 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 تغییر شکل می‌دهد.

می‌توان تصوّر کرد که یک تکه چوب یک دسته تار به هم 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 هم دیگر نزدیک‌تر باشد، هم‌چنین هرچه دایره‌ی سن درخت پهن‌برگ، پهن‌تر باشد، تاب چوب آن‌ها بیش‌تر است.

**۲-۱-۶- 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 جایی که 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 آن‌را 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 خشک شدن 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 به چشم نمی‌آید. برای جلوگیری از آن می‌توان دو سر بریده‌ی تنه‌ی درخت را گل 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 ترک خوردگی در شکل ۶-۲ دیده می‌شود.

۳-۱-۶- 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 ۶-۲- انواع ترک خوردگی چوب

۴-۱-۶- خشک کردن چوب: چوب درخت‌های تازه بریده، تا ۲۰٪ وزن چوب خشک آن‌ها آب دارند. پیش از مصرف کردن، باید آب چوب را گرفت و آن‌را خشک کرد. در چوب‌تر 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 :

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

آب درون چوب درخت‌های پهن‌برگ از ۱۵ تا ۱۳٪ و آب درون چوب درخت‌های سوزنی‌برگ از ۴ تا ۱۷٪ وزن چوب خشک آن‌ها، اندازه‌گیری شده است. چوب‌های خشک شده‌ی بازاری تا ۲٪ وزن خود، چوب‌های نیم‌خشک ۲ تا ۳٪ وزنشان و چوب‌های تر بیش از ۳٪ 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 خشک کردن 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 بدین ترتیب، کم‌کم خشک شود و آب درون چوب به کم‌تر از ۲٪ 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 گرم‌بندی 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 آب 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 انگم چوب بیرون می‌زند و نم در تمام چوب یکسان پخش می‌شود.

۵-۱-۶- 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 نم 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 هم دیگر و با چارچوب باز می‌ماند. برای جلوگیری از این امر در و پنجره‌ها را در صورتی که با چوب خام بسازند «قابلمه» می‌سازند تا چوب‌جای کار کردن داشته باشد.

۶-۱-۶- عیب‌های چوب: بسیاری از معایب چوب به علت بد روییدن درخت است که از آن جمله‌اند:

**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.

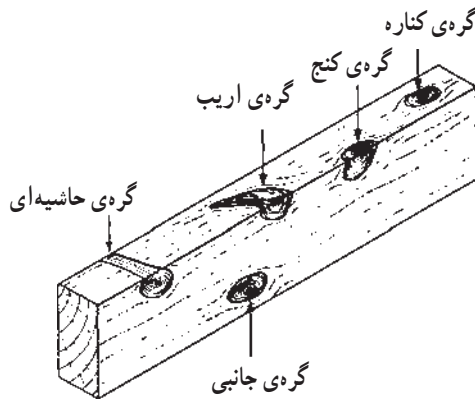
**روییدن درخت در یک طرف:** در نقاطی که باد از یک سو می‌وزد، درخت‌ها در جهت وزش باد و به یک سو می‌رویند. در جهتی که باد می‌وزد، چوب درخت سست می‌شود و دایره‌های عمر درخت از یک‌دیگر دورتر می‌شود، اما در سوی دیگر، چوب درخت سفت می‌گردد و دایره‌های عمر درخت به یک‌دیگر نزدیک‌تر می‌شود. چوب چنین درختی پس از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

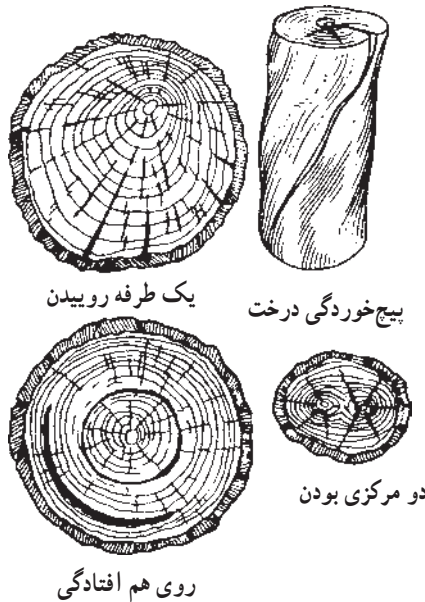
**گره‌ی درخت:** در تکه‌هایی از تنه‌ی درخت که تارهای چوبی، موازی هم‌دیگر نرویده باشند، گره پیدا می‌شود. گره در چوب‌های ساختمانی نوعی عیب به‌شمار می‌آید، زیرا وجود گره باعث می‌شود چوب «هم‌جور» کار نکند. گره‌ی چوب سخت در کارهای آرایش به‌خصوص در مبیل‌سازی مصرف می‌شود، زیرا در صورت پرداخت، لاک‌الکل خورده‌ی آن زیبا جلوه می‌کند. در شکل ۳-۶ انواع گره‌ی چوب مشاهده می‌شود.

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



شکل ۳-۶- انواع گره‌ی چوب

اندازه خم شود دایره‌های عمر آن روی هم دیگر سر می‌خورند و از هم جدا می‌شوند؛ هم‌چنین هرگاه پس از بریدن درخت - هنگامی که درخت بر زمین می‌افتد - تنه‌ی آن کوفته شود و دایره‌های عمر آن از یک‌دیگر جدا گردد، در میان دایره‌های از هم جدا شده‌ی درخت شیره‌ی درخت جمع می‌شود و در سرما یخ می‌زند؛ در نتیجه در تنه‌ی درخت ترک‌های حلقه‌ای پیدا می‌شود. الوار چنین درختی پس از خشک شدن در قسمت این ترک‌ها از هم‌دیگر جدا می‌شود و از این‌رو قابلیت کاربرد ندارد. در شکل ۴-۶ معایب چوب نشان داده می‌شود.



شکل ۴-۶- 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 نم 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 مد 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.

**۶-۱-۶- بهتر کردن جنس چوب:** برای زیاد کردن دوام و تاب چوب، پایدار کردن چوب، یکسان نگاه داشتن شکل چوب، زیبا کردن نمای چوب و همانند آن این‌گونه عمل می‌کنند:

۱- چوب چارتراش، الوار و تخته را در هم می‌فشرند تا وزن فضایی آن‌ها به  $1/45 t/m^3$  برسد و حجمشان تا ۵۰٪ حجم فشرده‌ی آن‌ها کاهش یابد. تاب و سختی چوب در هم فشرده تا دو برابر افزایش می‌یابد. در ایران، با درهم فشردن چوب‌های سفید مانند کبوده و تبریزی، می‌توان جنس آن‌ها را بهتر کرده به جای چوب سخت به کار برد.

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

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

۴- چوب‌های ساختمانی را در برابر نم‌کشیدن، 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 هم چنین 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

می پوشانند. بدین ترتیب، از نم کشیدن و باد کردن چوب جلوگیری می شود.

۵- تیرهای چوبی سقف و پایه های چوبی سیم های خبرسانی را با قیر آبکی یا قطران اندود می کنند یا آن که آن ها را در حوضی از قیر آبکی یا قطران می خوابانند تا چسبنده ی سیاه، کمی در بدنه ی آن ها نشست کرده ریزه سوراخ های سطح چوب را پر کند. این کار سبب جلوگیری از نم کشیدن چوب می شود.

۶- تراورس های چوبی راه آهن، شمع های چوبی اسکله ها و سکوهای بندری، پایه های چوبی سیم های خبرسانی و مانند این ها را تزریق می کنند. به این صورت که تیرها و الوارها را در دیگ فولادی گذاشته در آن را می بندند؛ سپس هوا و شیرهی درون آن ها را می مکند و به جای آن، با فشار قیر آبکی یا قطران یا تانالیت یا جسم شیمیایی دیگر تزریق می کنند تا پایداری چوب در برابر پدیده های جوّی و نشست کردن آب زیاد شود.

تراورس های چوب جنگلی اندود شده، نزدیک به دوازده سال و تراورس های تزریق شده نزدیک به بیست و پنج سال زیر ریل راه آهن ایران دوام داشته اند.

۷- برای آن که چرخ های قطار راه آهن روی ریل فنی بغلند، گرده چوب تیریزی یا کبوده را به شکل الوار چارتراش می برند و آن را با تزریق کردن (مانند اشباع تراورس) عمل می آورند. الوار چارتراش تزریق شده را به کلفتی ۱۰ میلی متر می برند و تخته های تزریق شده را زیر فشار  $10 \text{ N/mm}^2$  درهم می فشارند تا ضخامت آن ها به ۶ میلی متر کاهش یابد.

تخته های تزریق شده و درهم فشرده را به تکه های کوچک می برند و در زیر ریل و روی تراورس جا می گذارند، تا چرخ روی ریل فنی بغلند.

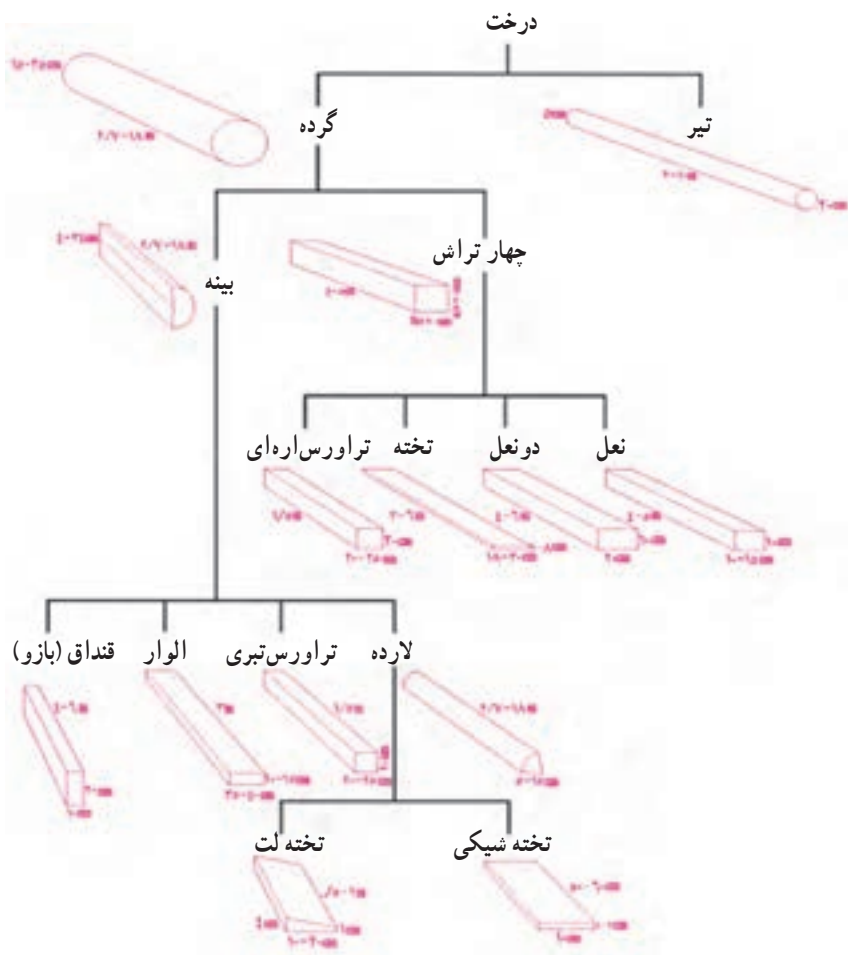
۸-۱-۶- چوب های ساختمانی: در ساختمان، چوب به شکل گرد، الوار، چارتراش و

تخته مصرف می شود. چوب ها با توان باربری زیاد، میانه و کم، گروه بندی شده اند.

چوب های سنگینی مانند چوب انجیر جنگل های آستارا که از آب سنگین تراست، برای شمع کوبی و سپرکوبی در کارهای دریایی و زیرآبی مصرف می شوند. در شکل ۵-۶ انواع مقاطع چوبی مشاهده می شود.

۹-۱-۶- چوب های ساختگی: با گران شدن چوب، کارشناسان ناگزیر شدند از

خرده ی چوب، پوشال، خاک اره و گیاهان، «تخته فنی»، «الوار چارتراش» و «تخته پوک» بسازند.



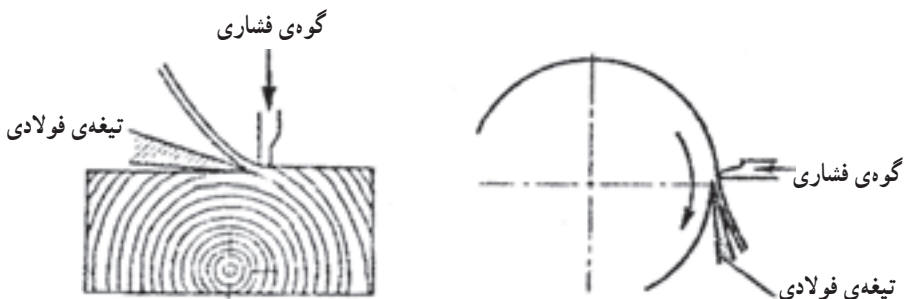
شکل ۵-۶- انواع مقاطع چوبی

۱-۱-۶- تخته فنری: در کارهای آرایشی درون بنا، در ساختن در، مبل و صندوقه‌ی

بتن، تخته فنری 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 «سه لایه»، «پنج لایه»، «هفت لایه» و «نه لایه» زیر فشار ۷۰ تا ۲۰۰ بار روی هم می‌چسبانند به گونه‌ای که تارهای چوب هر لایه بر تارهای لایه‌ی دیگر عمود باشند. این تخته‌ها که تخته‌ی سه لایه، پنج لایه و ... نام دارند فنری هستند و به خوبی خم می‌شوند؛ کم‌تر نم می‌کشند و کار نمی‌کنند. یعنی تغییر شکل نمی‌دهند (شکل ۶-۶).

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



شکل ۶-۶- ساختن تخته‌ی چند لایه‌ی

در ساختن تخته‌ی چند لایه‌ی، 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 فبری 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 آن‌ها را می‌سایند؛ آن‌گاه به اندازه می‌برند و دسته می‌کنند. به این نوع تخته‌ی فبری 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 ۸۷٪ تا ۱/۳۵ تن بر متر مکعب می‌سازند. تاب کشش تخته‌ی فبری ۷ تا ۲۱ و تاب فشاری آن‌ها ۱۴ تا ۲۸  $N/mm^2$  است.

۱۱-۱-۶- تخته‌ی پوک: از خرده چوب یا از چوبی که با گیاه ساخته شده، به روش خشک، نیم‌خشک و یا بیش‌تر به روش «تر» ساخته می‌شود. با ساییدن چوب یا پختن شیمیایی آن تار چوب می‌سازند. تارهای چوب را در آب شناور کرده آن‌ها را 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 ۳۸٪ تن بر متر مکعب است. برای عایق‌بندی صدا به کار می‌برند. نمد تار چوب ته‌نشسته در آب کش را به حال گرم پرس می‌کنند تا وزن فضایی آن به ۸۵٪ تن بر متر مکعب برسد. روی تخته‌های پوک ساخته شده با تار چوب، روکش چوبی خوش‌نما می‌چسبانند و برای روکوبی میل، در آرایش داخلی ساختمان و تیغه‌بندی مصرف می‌کنند. برای آن‌که این تخته‌نم نکشد، روی آن‌ها را با پلاستیک شفاف اندود می‌کنند. این تخته‌ها را با روغن یا قیر تزریق می‌کنند که نم 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 سخت‌فرش‌شده در کف می‌چسبانند. دوام تخته‌های ساخته‌شده با تار یا پوشال چوب به جنس چوب و چسب آن بستگی دارد. این تخته‌ها پس از نم کشیدن چوب نمی‌توانند ورم 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  $\text{Formal dehyd H.COH}$  انگمی هستند. با چسباندن تخته‌های کلفت و نازک و دراز و کوتاه به هم‌دیگر، الوار چارتراشی برای ستون تیر و خریا ساخته می‌شود. این الوارهای به هم چسبیده عیب‌های الوارهای چوب طبیعی را ندارند و به اندازه‌ی بزرگ و موردنظر نیز ساخته می‌شوند.

## ۱۲-۱-۶- ویژگی‌های چوب‌های ساختمان

**وزن چوب:** وزن ویژه‌ی چوب  $1/55$  و وزن فضایی آن  $1/8$  تا  $1/3$  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  $12\%$  وزنشان آب داشته باشند  $46/0$  تا  $71/0$  تن بر مترمکعب اندازه‌گیری شده است.

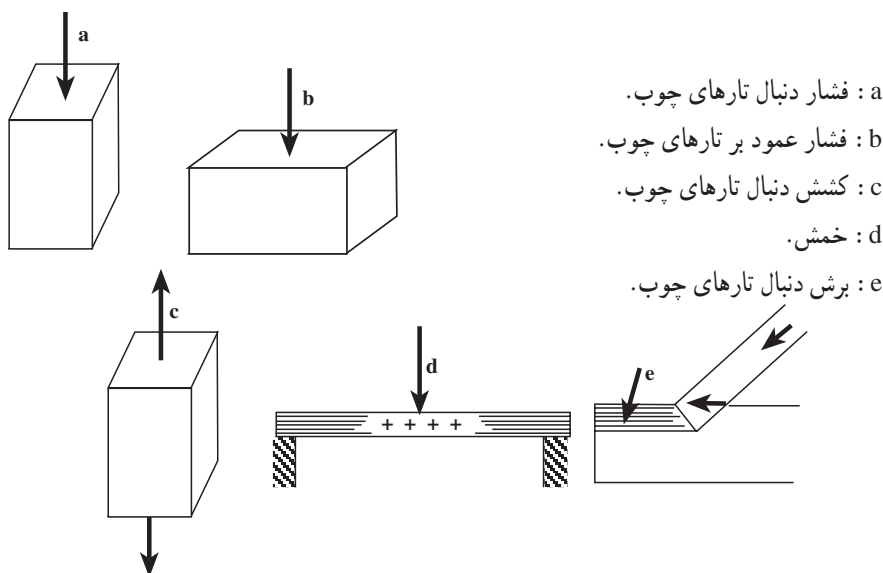
**تاب و برجهندگی چوب:** تاب هر چوب به آب درون آن بستگی دارد. چوبی که  $5\%$  وزنش آب داشته باشد دارای بیش‌ترین تاب است. اگر تاب چوبی از  $15\%$  وزنش آب داشته باشد برابر «یک» گرفته می‌شود. هرگاه آبش به  $40\%$  افزایش یابد، تابش به  $60\%$  کاهش می‌یابد. تاب چوب تزریق‌شده  $10$  تا  $25\%$  زیادتر از 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  $1^\circ$  برابر عمود بر تارهای آن است. تاب کششی چوب در امتداد تارهایش  $6^\circ$  تا  $20^\circ$  و تاب فشاری آن  $3^\circ$  تا  $8^\circ$   $N/mm^2$  است. تاب خمشی چوب نسبت به وزن فضایی آن زیاد است. تاب برشی چوب در امتداد تارهایش  $3$  تا  $15 N/mm^2$  و عمود بر تارهایش کم تر است. هرچه وزن فضایی چوب بیش تر باشد تاب آن نیز زیادتراست؛ هم چنین هرچه چوب نمناک تر شود، تاب آن کاهش می‌یابد. با بارگذاری همیشگی به چوب و با گذشت زمان تاب چوب کم می‌شود. ضریب برجهندگی چوب  $7000$  تا  $17000 N/mm^2$  است.

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

تخته‌های چوب سوزنی‌برگ به هم چسبیده			چوب‌های سوزنی برگ
$N/mm^2$	۱۱ تا ۱۴	۷ تا ۱۳	خمشی
$N/mm^2$	$8/5$ تا $10/5$	$10/5$ تا	کششی، در امتداد تارها
$N/mm^2$	$8/5$ تا ۱۱	۶ تا ۱۱	فشاری، در امتداد تارها
$N/mm^2$	تا $1/2$	تا $0/9$	برشی، در امتداد تارها
$N/mm^2$	۲ تا $2/5$	۲ تا $2/5$	فشاری، عمود بر تارها



شکل ۷-۶- ظرفیت باربری چوب



### ۱۳-۱-۶- مزایا و معایب چوب ساختمانی: چوب سبک است، کارکردن با آن آسان

است، صدا و گرما گذرانی چوب کم است. ضریب گرماگذرانی چوب  $0.06 \text{ kcal / mh}^\circ\text{C}$  تا  $0.28$  است (درحالی که ضریب گرماگذرانی آلومینیم  $1400$ ، آهن  $350$ ، آجر  $4$  تا  $5$  و آب  $4$  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. بدین صورت 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، موربانه و حشره) پایدار نیست. چوب زود آتش می‌گیرد و درگرمای  $275$  درجه خود به خود می‌سوزد. ساییده‌شدن چوب به سختی آن بستگی دارد. در جدول ۱-۶ بعضی گونه‌های درخت و کاربرد آن‌ها (سخت چوب‌ها) دیده می‌شود.

آیا می‌دانید که ...

چوب از زمان باستان در ایران به صورت مصالح ساختمانی در بخش‌های مختلف ساختمان‌ها به کار می‌رفته است. آسمانه (سقف) اتاق‌های بزرگ در شوش و تخت جمشید از سیستم تیرهای چوبی برخوردار بوده است. این تیرها به اندازه‌های  $18 \times 25$  سانتی‌متر روی ستون‌های سنگی و یا چوبی قرار داشته است.

در زمان هخامنشیان چوب سدر در ساختمان قصرهای شوش و تخت جمشید، در سایر کاخ‌ها به عنوان ستون و تیر به کار 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 به کار 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 به کار 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 - ۲۲۱م) قوس‌ها و سقف‌های قوسی شکل دارای مهارهای چوبی از چوب سدر بوده که برای خنثی کردن نیروی رانشی سقف‌های قوسی به کار 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 در ساختمان‌ها 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 به کار 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 به اندازه‌ای بوده که معمولاً نام آن در آثار چوبی به جای 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.

## ۲-۶- شیشه

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

در ساختمان‌ها شیشه‌ی جام ساختمانی برای عبور نور و در عین حال به منظور جلوگیری از تأثیر عوامل جوی به داخل ساختمان به کار 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 به صورت 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 شکل دادن، 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 به تدریج سرد می‌کنند.

جدول ۱-۶- بعضی گونه‌های درخت و کاربرد آن‌ها (سخت‌چوب‌ها)

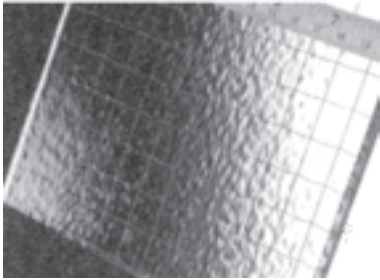
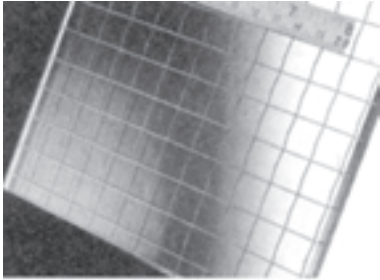
نام چوب	وزن	رنگ و بافت	مقاومت	کاربرد
توسکا	سبک	توسکای قرمز از سفید به صورتی کمرنگ مایل به قهوه‌ای تغییر می‌کند	مقاومت کم و نرمی متوسط	اثاثیه رنگ شده و کابینت‌سازی
زبان گنجشک	سنگین	رنگ روشن - رگه‌های آشکار	مقاومت بالا	برای نازک‌کاری بسیار عالی، دسته کالا و لوازم ورزشی، پانل‌ها و تزئینات داخلی
زیرفون	متوسط	مغز آن قهوه‌ای روشن و چوب آن تقریباً سفید - 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 - دارای بافت مناسب با نقش‌های زیبا و باشکوه	محکم، چگال و قوی	میلان
نارون قرمز	سنگین	زرد عسلی - 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، تزئینات داخلی کابینت‌سازی
گردو	سنگین	مغز آن قهوه‌ای تیره با کنتراست زیاد است و چوب آن روشن‌تر است، گردو با برش مسطح و شیوه‌های دیگر، 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 به طول‌های 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.

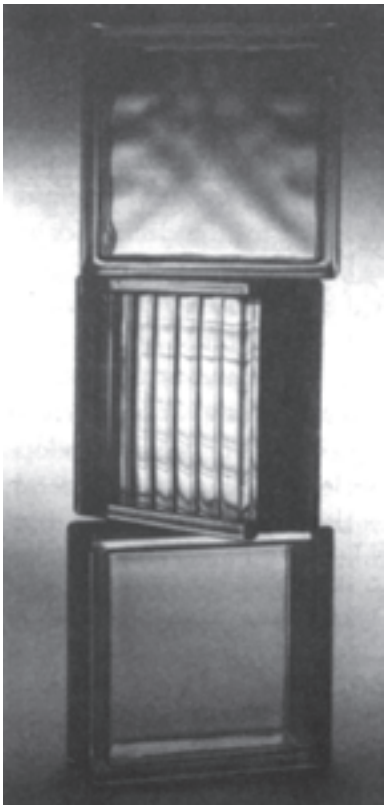
تولید شیشه‌ی شناور در سال‌های اخیر در حال گسترش است. در این روش شیشه‌ی مناسب پس از خروج از کوره به صورت نوار افقی ممتدی به روی قلع مذاب عبور داده شده در عین حال ناهمواری‌های سطح روی شیشه به وسیله‌ی شعله مرتفع می‌شود.

سطح قلع مذاب و سطح روی شیشه در اثر نیروی وزن، همواره افقی هستند، در نتیجه، دو سطح شیشه‌ی تولیدی به این روش کاملاً موازی بوده ضخامت شیشه در همه‌جای آن یک‌نواخت است. شیشه پس از شکل گرفتن 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 به صورت منعکس‌کننده (نیم آینه) تولید می‌شود. برای ساختن شیشه‌ی گل‌دار از غلتک‌های برجسته و نقش‌دار استفاده می‌کنند. رنگ شیشه‌های رنگی ممکن است در تمام ضخامت یا به صورت سطحی باشد یا به روش الکتروشیمیایی در عمق بسیار کمی از سطح شیشه به صورت لایه‌ی نازکی قرار گیرد. در شیشه‌های منعکس‌کننده (رفلکسی) مواد فلزی براق به روش اخیر در شیشه قرار می‌دهند. برخی از رنگ‌ها گرماگیر هستند و در فصل گرما کاهش ورود گرما را از طریق 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. در صورت شکستن به شکل دانه‌های نخودی درمی‌آیند؛ از این رو آن‌را «شیشه‌ی ایمنی» 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 استحکام بخشیدن به شیشه‌ی معمولی در برابر خمش، ضربه و جلوگیری از ریزش قطعات آن هنگام شکستن و آتش‌سوزی - با قراردادن تور سیمی در میان شیشه - آن‌را «مسلح»



شکل ۸-۶- شیشه‌های مسلح



شکل ۹-۶- انواع بلوک شیشه‌ای

می‌سازند (شکل ۸-۶). 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 با از طریق «دمشی» همانند بطری‌سازی به شکل توخالی قالب می‌زنند یا با جوش دادن لبه‌ی دو قطعه نیم‌بلوک توگود و پرس کردن آن‌ها به یک‌دیگر می‌سازند. بلوک‌های شیشه‌ای در انواع ساده و تزینی ساخته شده برای گذراندن نور از آن‌ها بهره‌گیری می‌شود.

بلوک‌ها در عین حال عایق حرارتی و صوتی نیز هستند. ابعاد بلوک‌های شیشه‌ای معمولاً  $20 \times 20$  یا  $30 \times 30$  سانتی‌متر و ضخامت آن‌ها  $10$  سانتی‌متر است. (شکل ۹-۶)

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 - به ابعاد  $20 \times 20$  یا  $12/5 \times 12/5$  و ضخامت  $7/5$  سانتی‌متر - ساخته می‌شود. آجر و بلوک شیشه‌ای برای رساندن نور از بام به داخل ساختمان‌ها و نورگیری زیر زمین‌ها به کار 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.

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 به کار می‌روند.

### ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

۱-۲-۶- 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 به گونه‌ای باشد که اگر از زاویه ۶۰ درجه از پشت شیشه به جسمی نگاه شود که در فاصله‌ی یک متری آن قرار دارد، آن جسم کج و معوج به نظر نرسد. شیشه باید قابلیت رنگ‌آمیزی داشته باشد و خاصیت ارتجاعی و انعطاف‌پذیری خود را حفظ کند. شیشه باید در برابر عوامل جوئی و هوازدگی پایدار باشد و پس از گذشت زمان کدر نشود.

۲-۲-۶- شیشه‌های ایمنی: شیشه‌های ایمنی مصرفی باید از شیشه‌های جام تهیه گردد که کیفیت آن‌ها مطابق استاندارد ایران باشد. شیشه‌های ایمنی ممکن است رنگی، بی‌رنگ، شفاف یا نیمه‌شفاف باشد. از لب‌پریدگی‌های کوچک تا ۱۳ میلی متری لبه‌ی شیشه‌ها می‌توان صرف نظر نمود، اما وجود هرگونه خراش و ترک در شیشه‌ی ایمنی ممنوع است.

۳-۲-۶- مصالح نصب: برای نصب شیشه باید از مصالحی بسته به مصرف خاص استفاده نمود که از آن جمله 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 مدت‌درازی حفظ کنند.

۴-۲-۶- 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.

### آبامی دانید که ...

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 ماریچی‌های 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 چرخ‌برش داده شده و آرایش می‌شد. و چنین پیداست که از زمان ساسانیان نوعی چرخ‌برش 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 قرار داشت 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.

### ۳-۶- چسباننده‌ها

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

۱-۳-۶- 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 حلال‌هایی 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 سرریسته 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 فرار آن خارج شده و جسم جامد یا نیمه‌جامدی از آن برجای می‌ماند که «زفت قطران» نامیده می‌شود.

ویژگی‌های عمومی چسباننده‌های سیاه عبارت‌اند از:

- ۱- نفوذ ناپذیر بودن در برابر رطوبت آب
  - ۲- عایق بودن الکتریکی
  - ۳- پایدار بودن در برابر اسیدها، بازها و نمک‌ها
  - ۴- قابلیت ارتجاع و چسبندگی به سایر مصالح و تشکیل قشر نازک بر روی آن‌ها.
- معایب چسباننده‌های سیاه**

- ۱- تجزیه شدن در گرمای زیاد و تبدیل آن‌ها به زغال همراه با اشتعال
  - ۲- از دست دادن چسبندگی آن‌ها در محیط‌های مرطوب و آلوده به خاک و مواد نرم
  - ۳- تغییر شکل دادن در برابر فشار و برخی حلال‌ها.
- ۲-۳-۶- انواع چسباننده‌های سیاه**

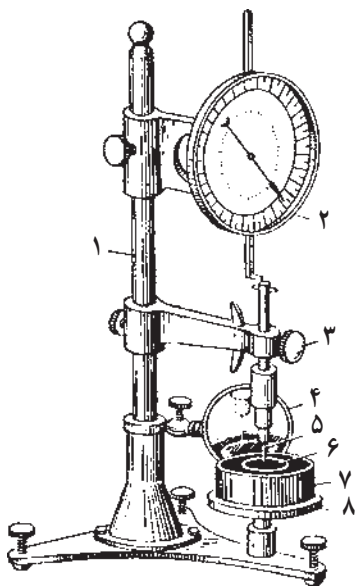
**قیر معدنی و روغن‌های نفتی:** قیر معدنی و روغن‌های نفت خامی که از زمین می‌جوشد، مواد آن به مرور زمان - در برابر عوامل جوی و در گرمای کم - از دست می‌رود و قیر آن برجای می‌ماند که به آن «قیر معدنی» گفته می‌شود. قیرهای معدنی خالص نیستند و بیش‌تر آمیخته با اجسام معدنی مانند خاک رس کلئیدی، خاکستر آتش‌فشانی، 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 به دست می‌آید. در اثر حرارت دادن نفت خام، موادی چون بنزین، حلال‌های 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



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

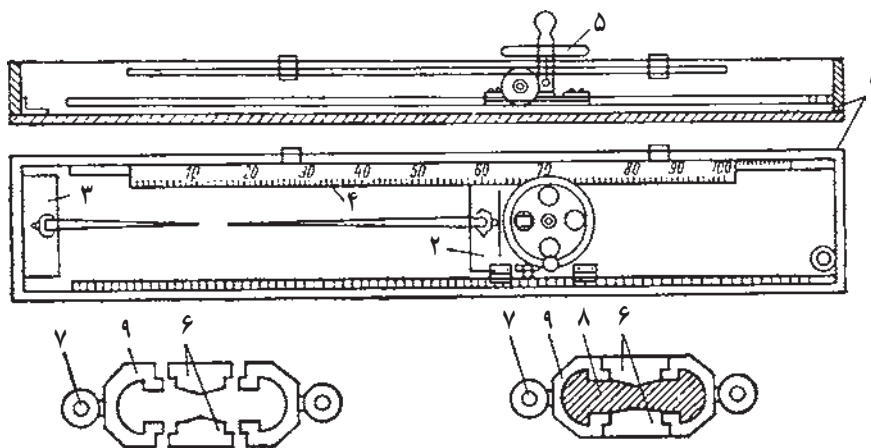
- ۱- قیرهای نفتی گوگرد کم‌تری دارند.
  - ۲- قیرهای معدنی حاوی مواد معدنی و خاکستر هستند. در حالی که قیرهای نفتی خالص‌ترند.
  - ۳- روغن قیرهای خالص بیش‌تر از قیرهای معدنی است.
  - ۴- شماره‌ی اسیدی، استری و صابونی شدن قیر نفتی کم‌تر از قیر معدنی است.
  - ۵- پارافین قیر معدنی کم‌تر از قیرهای نفتی خالص است.
- 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 یک صد گرم نیرو در مدت ۵ ثانیه در نمونه‌ی قیر در دو حرارت صفر و ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱-۶) این ویژگی به صورت درجه نمایش داده می‌شود.



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

شکل ۱-۶- تعیین درجه‌ی نفوذ قیر

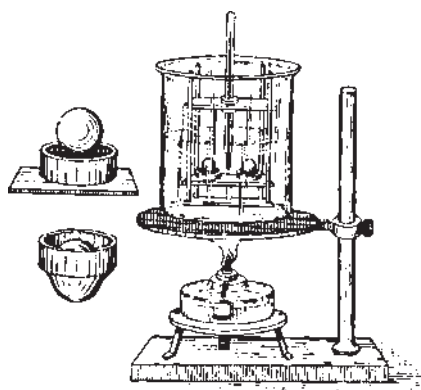
درجه‌ی کشسانی: عبارت است از خاصیت خمیری و کشیده شدن نمونه‌ی قیر با دستگاه مخصوص در درجه‌ی حرارت ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد به سرعت کشیدن نمونه برابر ۵ سانتی متر در دقیقه است. در این دستگاه (شکل ۱۱-۶) طولی که نمونه کشیده می‌شود تا حد پارگی اندازه‌گیری می‌شود.



۱- جعبه ۲- گیره‌ی متحرک ۳- گیره‌ی ثابت ۴- درجه‌بندی ۵- جرخ لنگر ۶ و ۷ و ۹- قطعات نگاهدارنده‌ی نمونه ۸- نمونه‌ی قیر

شکل ۱۱-۶- 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 ۱۲-۶).



شکل ۱۲-۶- 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  $10/20$ ،  $20/30$ ،  $30/40$ ،  $40/50$  و  $50/60$  که با دمیدن هوا در قیرهای نرم‌تر به دست می‌آید.

قیرهای خالص با درجه‌ی نفوذ  $40/50$ ،  $60/70$ ،  $80/100$ ،  $100/120$ ،  $130/150$ ،  $180/200$ ،  $220/250$ ،  $280/320$  را از راه تقطیر نفت خام در خلأ می‌سازند.

در ایران قیرهای  $40/50$ ،  $60/70$  و  $80/100$  بیش‌تر در راه‌سازی و قیر  $60/70$  در آب‌بندی بام در نواحی معتدل به مصرف می‌رسد.

در پالایشگاه‌های ایران دو نوع قیر اکسیدی،  $R80/25$  و  $R90/15$  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 حل کردن قیر خالص در روغن‌های معدنی به دست می‌آید. جنس قیر محلول به نوع قیر خالص و حلال بستگی دارد. هرچه حلال زودتر ببرد، قیر محلول زودگیرتر و هر اندازه مقدار حلال بیش‌تر شود، قیر آبکی‌تر خواهد بود. مقدار حلال، حداقل  $10\%$  وزن قیر خالص است. «روغن راه» نوعی قیر محلول است که از حل کردن قیر خالص در روغن‌های سنگینی مانند نفت کوره ساخته می‌شود.

قیرهای محلول آبکی را به صورت سرد و قیرهای سفت را با اندکی گرم کردن استفاده می‌کنند. در صورت گرم کردن، درجه، گرمای قیرهای محلول باید کم‌تر از درجه‌ی اشتعال حلال آن‌ها باشد. قیرهای محلول را در ساختن رویه‌های سیاه‌راه در هوای سرد و خشک، نیز اندود آب‌بندی و اندودهای سطحی و نفوذی راه به کار می‌برند.

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

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

ب) قیرهای محلول کندگیر؛ که از حل کردن قیر خالص در نفت چراغ به دست 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 حلالشان به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند و حروف اختصاری مندرج در بندهای ۱ و ۲ و ۳ از ابتدای کلمات انگلیسی روبروی هر بند گرفته شده است.

Rapidcuring

۱- قیرهای زودگیر از RC تا RC<sub>5</sub>

Mediumcuring

۲- قیرهای کندگیر از MC تا MC<sub>5</sub>

Slowcuring

۳- قیرهای دیرگیر از SC تا SC<sub>6</sub>

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

۳-۳-۶- **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 سفته 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 به کار می‌برند.

برای مصارف مختلف، چسباننده‌هایی باید انتخاب شوند که شرح آن در جدول ۲-۶ آمده است:

۴-۳-۶- **چسباننده‌های رزینی یا شیمیایی:** این چسباننده‌ها با استفاده از مواد شیمیایی

ساخته شده برای هر کار مشخص و معینی به کار می‌رود.

برای نصب پارکت، موکت، وینیل تایل، کاشی لعابی و مانند آن‌ها از این گونه چسب‌ها استفاده می‌شود. ابتدا سطح کار را آماده نموده پس از کشیدن و مالیدن، چسب مناسب کار قطعات مورد نظر را به چسب آماده شده می‌چسبانند. در نقاط مرطوب باید چسب ضد رطوبت مصرف شود. جدول ۳-۶ 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 ۲-۶- 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)	۱- در مناطقی 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
۲	اندودهای سطحی و نفوذی راه	انواع قیر محلول (زودگیر، کندگیر و دیرگیر) (RC و MC و SC)	به ۴۰ درجه برسد باید از قیر خالص ۶۰/۷۰ استفاده گردد و در صورتی که حداکثر گرما به ۳۰ درجه برسد باید قیر خالص ۸۰/۱۰۰ مصرف شود.
۳	روکاری، لکه‌گیری روسازی، روسازی نفوذی و اندود روی بتن تازه (برای جلوگیری از تبخیر آب آن)	امولسیون زود شکن یا ناپایدار RS	۲- در ساختن قیرهای محلول و امولسیون‌های قیر که قرار است در مناطق ذکر شده مصرف شوند از همان قیرهای خالص یادشده باید استفاده گردد.
۴	اندود نرّمه 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	۳- در مناطق 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.
۶	آب‌بندی و نم‌بندی با قیر و گونی	قیرهای خالص دمیده معدنی و مخلوط قیرهای خالص و معدنی	۴- قطران زغال و زفت آن به خاطر عدم تولید در حال حاضر در ایران کاربرد ندارد.
۷	اندود قیری آب‌بندی و نم‌بندی	مانند ردیف قبل به اضافه قیرهای محلول و امولسیون‌ها	

ادامه‌ی جدول ۲-۶

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

جدول ۳-۶- چسب های ساختمانی مناسب برای کارهای مختلف

مقاومت چسب در برابر		مقاومت چسب در برابر		مقاومت چسب در برابر		مقاومت چسب در برابر		مقاومت چسب در برابر		مقاومت چسب در برابر	
ملاحظات	وارفتگی	نم	گرما	سرما	کیفیت چسبیدن	اجسامی که برای چسباندن مناسبند	شرایط گیرش	شکل موجود در بازار	نوع چسب		
به علت دیرگیر بودن فرصت کافی برای تنظیم درزها و اتصالات وجود دارد. مقاومت برشی آن با چوب تا حد ۹۲/۵ مگاپاسکال* می رسد.					عالی	چوب، چرم، کاغذ و پارچه	دمای عادی (دیرگیر)	۱- جامد با گرم کردن مصرف می شود ۲- مایع	چروانی		
مقاومت آن نسبت به سایر چسب های حیوانی به میزان قابل ملاحظه ای کمتر است.		ضعیف	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	خوب	چرم و کاغذ چوب	دمای عادی با ۹۵ تا ۱۵۰ درجه	بودر؛ با آب مخلوط می شود	آلومین خون		
توسط قارچ، کف و سایر ارگانیزم های چوب مورد حمله قرار می گیرد. در تقاطعی که رطوبت زیاد با تر و خشک شدن پیاپی رخ دهد مناسب نیست.		متوسط	خوب	متوسط	خوب	برای چوب و کاغذ مقاومت آن بیشتر است	۱/۵ تا ۲۱ درجه با کمی فشار	بودر؛ با آب مخلوط می شود	کارشین		
مقاومت آن با چسب های حیوانی قابل مقایسه نیست.		ضعیف	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	خوب	کاغذ و چرم چوب	دمای عادی	۱- جامد؛ با آب مخلوط می شود ۲- مایع	نشاسته و دکسترین		
ترمولاستیک است. در ساختن فرآورده های لایه ای چوب و لایه های نیم بند می مصرف می شود.		خوب	ضعیف	خوب	خوب	برای کاغذ و بتن	دمای عادی	۱- امولسیون ۲- پس بریده (محلول)	قیری		
مقاومت برشی آن با چوب تا ۱۰/۸ مگاپاسکال رسیده است.		خوب	متوسط	متوسط	خوب	کاغذ، چوب، شیشه و چرم	دمای عادی	مایع (محلول در اتیل استات)	سلولزنی		
	ضعیف	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	برای کاغذ چوب، شیشه و فلزات	دمای عادی	معمولاً مایع (محلول در کتون)	لاستیک کره		

## ادامه‌ی جدول ۳-۶

به صورت‌های ترموست و ترموپلاستیک یافت می‌شود. مقاومت برشی آن تا ۲/۷ مگاپاسکال می‌رسد.	ضعیف	خوب	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	خوب	نسبتاً خوب	چوب و لاستیک چوب، سرامیک و شیشه	دمای عادی	امولسیون، لاکس، با محلول	لاستیک طبیعی
نوع ترموست با مقاومت برشی تا ۲۱ مگاپاسکال مقاومت برشی تا ۴/۶ مگاپاسکال است.	نسبتاً خوب	عالی	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	چوب، کاغذ، ابعاد چینی و ورق پلی استر	دمای عادی (در این دما بهتر می‌گردد)	ماج	لاستیک (تیرول یا پوانا)
ترموست است	خوب	نسبتاً خوب	خوب	خوب	خوب	عالی	چوب و چرم و کاغذ	چوب و کاغذ (در محصولات لایه‌ای چوب مصرف می‌شود)	بعضی دمای عادی و بعضی با گرم کردن	۱- پودر (با آب مخلوط می‌شود) ۲- مایع (با سخت‌کننده مخلوط می‌شود)	رزین‌های فوری (و مشابه)
مقاومت برشی آن تا ۲۱/۵ مگاپاسکال می‌رسد، رزین‌های مشابه ترکیبی از فنل فرمالدئید، فنل رزورسینول یا رزورسینول هستند.	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	چوب و کاغذ	چوب و کاغذ	بعضی دمای عادی و برخی با پرس داغ	۱- جامد ۲- مایع	رزین‌های الامین (و مشابه)
ترموست هستند.	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	چوب و کاغذ	چوب و کاغذ	بعضی دمای عادی و بعضی متوسط یا زیاد	پودر (با کاتالیزور مخلوط می‌شود) پودر (با آب مخلوط می‌شود)	رزین‌های الامین فرم‌آلدئید
ترموست هستند.	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	چوب و کاغذ	چوب و کاغذ	بعضی دمای عادی و بعضی ۷۵ برقی	مایع (با کاتالیزور مخلوط می‌شود)	رزین‌های رزورسینول
مقاومت برشی آن خوب تا ۱۵ مگاپاسکال می‌رسد. برای اتصالات آب‌بندی شده (واترپروف) مناسب است.	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	چوب و کاغذ	چوب و کاغذ	بعضی دمای عادی و بعضی ۷۵ برقی	مایع (با کاتالیزور مخلوط می‌شود)	رزین‌های رزورسینول



### ادامی جدول ۳-۶

جدیدترین نوع چسب و از همه جامع تر است. با آن ملات و بتن و انواع فرآورده‌های سیمانی می‌سازند. در روکش بل‌ها، تعمیرات قطعات بتنی بل‌ها، مهار کال‌های پیش تنیده، اتصال قطعات بتنی پیش تنیده، بل‌ها، اتصال آرماتور خارج از قطعه‌ی بتنی به بتن و در ساختن قطعات مرکب ساختمان (کمپوزیت) مصرف می‌شود.	متغیر بسته به نوع	متغیر بسته به نوع	عالی	عالی	عالی	چوب ، کافند، شیشه، فلزات و مصالح بتنی	با کاتالیست به مقدار معمولی برس داغ ۲۰۰ با افزایش کاتالیست دمای عادی	مایع (با کاتالیزور مخلوط می‌شود)	رزین‌های اپوکسی
مقاومت نرمی آن با چوب تا ۷/۵ مگا پاسکال می‌رسد.	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	خوب	نسبتاً خوب	خوب	چوب، کافند، وینیل و فلزات	دمای عادی	معمولاً امولسیون	رزین‌های اپی وینیل
برای پوشش سطوح بتنی و سایر مصالح و حفظ آن‌ها از اثرهای جوی، ساختن زاموسقه دور شیشه و در ساختن فرآورده‌های جوی مصرف می‌شود.	خوب	ضعیف	خوب	خوب	عالی نسبتاً خوب	برای شیشه و کافند چوب و فلز	برخی دمای عادی بعضی حدود ۹۵	مایع	سیلیکات سدیم

\* هر مگاپاسکال حدوداً ده کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است

## ارزش‌یابی فصل ششم

- ۱- معایب چوب را شرح دهید.
- ۲- محاسن چوب را بیان کنید.
- ۳- ناخوشی‌های چوب را توضیح دهید.
- ۴- انواع چوب‌های ساختمانی را نام ببرید.
- ۵- مراحل ساخت شیشه را شرح دهید.
- ۶- نحوه‌ی تولید شیشه و روش‌های آن را توضیح دهید.
- ۷- خصوصیات قیر را برشمارید.
- ۸- قیرهایی که در ساختمان مصرف دارد نام ببرید.
- ۹- امولسیون‌ها را شرح دهید.
- ۱۰- درجه‌ی نفوذ قیر را شرح دهید.

# اندودها، ملات‌ها و نگه‌دارنده‌های اندود

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

- ۱- ویژگی‌های انواع اندود را شرح دهد.
- ۲- انواع ملات‌ها را شرح دهد.
- ۳- خصوصیات ملات‌های هوایی را توضیح دهد.
- ۴- محل مصرف ملات‌های آبی را شرح دهد.
- ۵- کاربرد اندودها را در ساختمان توضیح دهد.
- ۶- تفاوت اندودها و ملات‌ها را شرح دهد.
- ۷- علت استفاده از نی‌های بافته شده را بیان کند.

## ۱-۷- 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 ترک 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 به نسبت مساوی آن را در آب می‌پاشند و هم می‌زنند تا به خمیری شکل پذیر تبدیل شود.

اندود گچ و خاک را برای زیرسازی دیوارها قبل از سفیدکاری استفاده می‌کنند. از خاک رس 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 جوئی یا برای زیر سازی به منظور اجرای لایه‌های ایزولاسیون استفاده می‌کنند.

**سایر اندوده‌ها:** 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 (رایتس) برای زیرسازی اندود استفاده می‌کنند تا اندود را در این سطوح نگه دارد.

## ۲-۷- 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 به رسمیت 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،  $\frac{1}{4}$  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  $\frac{1}{2}$  قسمت ماسه، یا  $\frac{1}{2}$  قسمت سیمان و یک قسمت سیمان بنایی و  $\frac{1}{2}$  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 بر این که تنش‌های فشاری از ۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع 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. به‌طور کلی 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:

– ملات خاک شنی با آهک، به نسبت  $15^\circ$  کیلوگرم پودر یا خمیر آهک آب‌دیده در یک متر مکعب خاک شنی و آب.

– ملات ماسه و آهک، به نسبت  $20^\circ$  تا  $25^\circ$  کیلوگرم پودر یا خمیر آهک آب‌دیده در یک متر مکعب ماسه و آب.

– ملات ماسه و سیمان، به نسبت  $15^\circ$  تا  $40^\circ$  کیلوگرم سیمان در متر مکعب ماسه و آب.

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

– ملات ساروج، که امروزه مرسوم نیست. این ملات از اختلاط خاکستر و آهک و خاک رس و مقداری لویی<sup>۱</sup> و آب ساخته می‌شود.

– 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:

---

۱- لویی از نی به دست می‌آید.

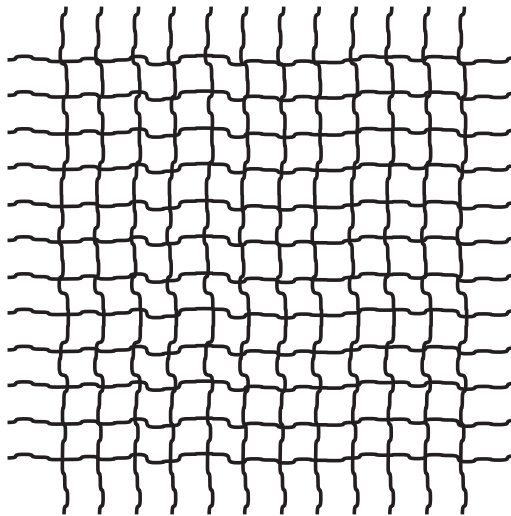
ملات کاه گل، ملات گچ و ملات گچ و خاک که قبلاً شرح آن‌ها آمده است.

**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 بهتر است قبل از اجرا نمونه‌های آزمایشی آن‌ها ساخته شود که در صورت نتیجه‌ی مثبت از آن استفاده گردد.

### ۳-۷- نگه‌دارنده اندود

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

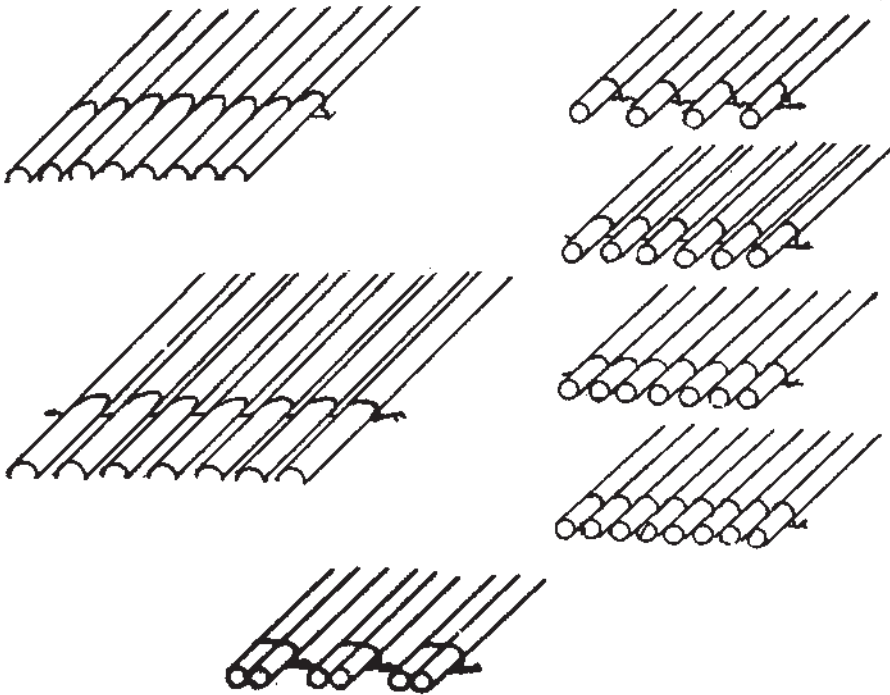
الف) توری سیمی یا توری مرغی که روی سطح مورد نظر کشیده و نصب می‌شود و سپس اندودکاری صورت می‌گیرد. یکی از موارد ضروری استفاده از توری سیمی روی بال پایینی تیرآهن‌های مربوط به سقف‌های طاق ضربی است. (شکل ۱-۷)



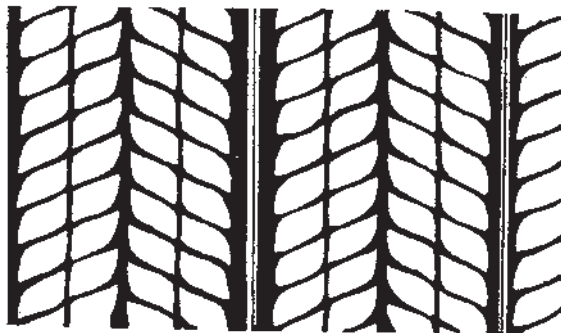
شکل ۱-۷- توری سیمی (تور مرغی)

ب) نی‌های بافته شده یکی دیگر از نگه‌دارنده‌های ملات است. (شکل ۷-۲)  
 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

(۷-۲)



شکل ۷-۲- توفال (نی بافته شده)



شکل ۷-۳- رابیتس (رابیتز)

## ارزش‌یابی فصل هفتم

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



# موزاییک، کاشی، سرامیک و پلاستیک

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

- ۱- موزاییک را تعریف کند.
- ۲- طرز ساخت موزاییک را شرح دهد.
- ۳- محل مصرف موزاییک را بیان کند.
- ۴- کاشی را تعریف کند.
- ۵- انواع کاشی را از نظر ابعاد نام ببرد.
- ۶- محل استفاده‌ی سرامیک را شرح دهد.
- ۷- طرز استفاده‌ی سرامیک‌های کوچک را شرح دهد.
- ۸- موارد مصرف پلاستیک‌های ساختمانی را توضیح دهد.
- ۹- خواص پلاستیک‌ها را نام ببرد.

## ۸-۱- 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 به صورت ساده ساخته می‌شود. موزاییک در کف‌ها، پله‌ها، قرنیزها، نمای ساختمان و نظایر آن به کار می‌رود. کف پوش موزاییک، ارزان، بادوام و متداول‌ترین نوع کف پوش در ایران است. در پیش‌تر ساختمان‌های مسکونی و آموزشی و برخی از ساختمان‌های تجاری، اداری و بهداشتی از این کف پوش استفاده شده در نماسازی و پوشش بدنه‌ی داخلی بعضی از ساختمان‌ها نیز آن را به کار می‌برند.

موزاییک را به شکل درجا و یک پارچه می‌سازند. در این صورت در سطوح بزرگ با نوارهای شیشه‌ای، سنگی، پلاستیکی و فلزی (مانند مس، برنج، برنز و آلومینیم) درزبندی می‌شود. موزاییک کف پوش 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 آن را 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 متغیر باشد. گاهی تکه‌های لاشه‌ی سنگ را نیز در رویه‌ی موزاییک به کار 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 یک نواخت و به‌وسیله‌ی لرزش (ویبره) ساخته می‌شود. این نوع موزاییک را معمولاً نمی‌سایند.

## ۲-۸- کاشی

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



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.

## ۴-۸- 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. سلولئید 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 به رنگ‌های 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 در تمام بخش‌های صنعت از جمله ساختمان رواج چشم‌گیر یافته است.

تولید فرآورده‌های پلاستیکی در سه مرحله انجام می‌شود:

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

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

**مرحله‌ی سوم:** در این مرحله فرآورده‌های 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 – نیز به‌خاطر اختلاف در وزن مولکولی و

شکل زنجیر مولکولی آن‌ها - متفاوت است.

۱-۴-۸- 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 به‌شکل درهم پیچیده‌ای درمی‌آیند؛ به‌گونه‌ای که زنجیر مولکول‌ها آزادی عمل برای حرکت ندارند؛ بنابراین، حرارت دادن مجدد، آن‌ها را به‌صورت خمیری در نمی‌آورد. 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 فرآورده‌های 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 مواد شیمیایی، 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 به کار گرفته می‌شوند. این فرآورده‌ها را برای پوشش دیوارهای خارجی سالن‌ها و کارخانه‌ها، تقسیم فضاها، پوشش گاراژها، پاسیوها، نورگیرها، حصارکشی و بسیاری موارد دیگر به مصرف 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 به جای شیشه مصرف می‌کنند که ممکن است ساده یا مسلح باشند.

یکی از دلایل عمده‌ی مصرف آن‌ها به جای شیشه، وزن بسیار اندک آن‌هاست که در حدود  $\frac{1}{7}$  شیشه است. افزون بر آن، ضربه‌پذیری مناسبی دارد و دیرتر از شیشه می‌شکند. صفحات آکرلیک را برای کاهش نور و گرمای تابستان به جای شیشه و در شبکه‌های آفتاب‌گیر ساختمان به کار می‌برند. از صفحات شفاف و نورگذران در نورگیرهای سقفی و گنبد‌ها و نمای خارجی ساختمان‌ها نیز استفاده می‌شود. از صفحات پلاستیکی برای ساختن دیوارهای جداکننده 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) به کار می‌برند. یکی از مهم‌ترین موارد مصرف پلاستیک‌ها در عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌هاست. برخی از فرآورده‌های پلاستیکی که در ساخت و ساز کاربرد گوناگون دارند عبارت‌اند از: 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، سربیس لامپ و قطعات لوستر. جدول ۸-۱ مواد پلاستیکی مناسب برای مصارف گوناگون را نشان می‌دهد.

**۲-۴-۸- 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 این صورت معمولاً چسب از همان نوع پلاستیک حل شده در حلالی مناسب ساخته شده است. چسب مصرفی ممکن است از نوع دیگری انتخاب شود که در این صورت باید با پلاستیک سازگاری داشته باشد تا باعث تخریب و تجزیه‌ی قطعات پلاستیکی نگردد. اتصال پلاستیک‌ها ممکن است

جدول ۱-۸- 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، آکرلیک، ملامین، فنولی، P.V.C. (پلی‌وینیل کلراید) و پلی‌استایرن (بیشتر به صورت مسلح با تقویت شده)
۲	شیشه، نورگیر و شبکه‌های آفتابگیر	آکرلیک (ساده و رنگی)، پلی‌کرنات، P.V.C.، رزین‌های ایونومر و پلی‌استر
۳	دیوارپوش‌ها و سقف‌پوش‌ها	استایرن، آکرلیک، وینیل‌ها (شامل P.V.C)
۴	کف‌پوش‌ها و پله‌ها	رزین‌های اپوکسی، وینیل‌ها (شامل P.V.C)
۵	نبشی لب پله، قرنیز، دست‌انداز بلکان	P.V.C پلی‌تن (پلی‌اتیلن یا P.I)
۶	در و پنجره، قفس آشنیزخانه و روکش سیم	P.V.C
۷	دیوارهای جداکننده	اکریلیک، پلی‌پروپیلن (P.P)، پلی‌کرنات و پلی‌استر
۸	عایق حرارتی، جاذب صوت، قالب ماندگار و سنگ‌دانه‌های سبک	پلی‌استایرن منسوط، پلاستیک‌های متخلخل از رزین‌های پلی‌یورتان (P.U)، فنولی و وینیل (شامل P.V.C)
۹	لوله‌های فاضلابی سخت و اتصالات آن	اکریلو نیتریل بوتادین استایرن (A.B.S)
۱۰	لوله‌های آب و فاضلاب و برق سخت و اتصالات	P.V.C سخت، فلور و پلاستیک‌ها و فینیلین 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	مصلح درزبندی (واتراستاپ) و درزپوش‌ها	P.V.C
۱۴	ورقه‌های آب‌بندی، بخاربندی و پوشش مصالح و کارهای نو	P.I و P.V.C
۱۵	کلید، پریز و سرپیچ لامپ	فنل فرم‌آلدئید (بکلیت، فقط به رنگ‌های تیره) و فرم‌آلدئید اوره (سفید رنگی)
۱۶	مواد پوششی، رنگ‌های پلاستیکی و ضد رنگ	رزین‌های آمینو، اپوکسی، فنولی، پی‌یو، P.V.C، ملامین، سیلیکون، استات سلولز، الکید و امولسیون‌های رزین‌های بوتادین استایرن، پلی‌وینیل استات، اپوکسی و اکریلیک رزین‌های آمینه، اپوکسی، فنولی و فرم‌آلدئید اوره
۱۷	چسب	P.V.C و P.U پیش‌ساخته‌ی متخلخل، خمیرهای اکریلیک، پلی‌سولفید و استایرن
۱۸	مصلح درزبندی و لیف شیشه	بوتادین استال هموپلی‌مو
۱۹	اتصالات لوله‌کشی، سردوش و قطعات شیر	اکریلیک تقویت شده
۲۰	قالب‌بندی بتن	

به وسیله‌ی پیچ و مهره‌های پیش‌بینی شده در قطعات پلاستیکی صورت گیرد. بست و گیره برای اتصال لوله‌هایی به کار می‌رود که دارای قطر زیاد هستند. برای لوله‌های با قطر کم اتصالاتی به نام «سریع‌الاتصال» طراحی شده‌اند که نیازی به مواد اضافی مانند کف، 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 جوش کاری می‌توان به یک‌دیگر متصل کرد.

## ۵-۸- کف پوش‌ها، دیوار پوش‌ها و سقف پوش‌ها

پوشش نهایی کف را که روی زیرسازی انجام می‌شود «کف پوش» می‌نامند. آخرین پوشش بدنه‌ی داخلی ساختمان را نیز «دیوار پوش» و پوشش نهایی زیرسقف را «سقف پوش» می‌گویند.

در گذشته - بسته به نوع مصالح گوناگونی که در دسترس بود - 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 به خاطر دوام کم و ویژگی‌های نامطلوب دیگر، در پوشش، کاربردی ندارند. پاره‌ای از این مواد را با دگرگونی‌هایی که در آن‌ها پدید آورده‌اند به شکل نو به کار 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 به کار می‌روند. بدین قرارند: «سنگ»، «بتن»، «موزاییک»، «آجررسی»، «سرامیک و کاشی»، «پلاستیک‌های گوناگون»، «لاستیک»، «چوب»، «چوب‌پنبه»، «مواد نساجی»، «مواد قیری»، «آجر ماسه آهکی»، «انواع اندودهای سیمانی، گچی و آهکی»، «فلزات»، «تخته گچی» و «کاغذ دیواری» (جدول ۲-۸).



جدول ۲-۸- کف پوش ها، دیوار پوش ها و سقف پوش های متداول و مناسب برای فضاهای مختلف

ردیف	کاربری فضا	کف پوش	دیوار پوش	سقف پوش
۱	مسکونی اداری تجاری	سنگ، موزاییک، سرامیک <sup>۱</sup> و سرامیک موزاییکی <sup>۱</sup> (روی ملات سیمانی)، مواد پلاستیکی، مواد نساجی، کف پوش چوبی (روی زیرسازی سیمانی یا موزاییک)	سنگ <sup>۱</sup> ، سرامیک <sup>۱</sup> ، سرامیک <sup>۱</sup> ، کاشی لعابی، مواد پلاستیکی <sup>۱</sup> ، کاغذ دیواری، انواع اندودهای گچی و سیمانی تخته گچی و چوب	انواع اندودها، تخته گچی <sup>۵</sup> ، چوب <sup>۵</sup> ، اکوستیک تایل <sup>۵</sup> ، مواد پلاستیکی <sup>۵</sup>
۲	آموزشی	سنگ، موزاییک، سرامیک <sup>۱</sup> و سرامیک موزاییکی <sup>۱</sup> ، مواد پلاستیکی، مواد نساجی <sup>۱</sup> و چوب <sup>۱</sup>	سنگ <sup>۱</sup> ، سرامیک <sup>۱</sup> ، سرامیک <sup>۱</sup> ، موزاییک <sup>۱</sup> ، کاشی لعابی، مواد پلاستیکی، کاغذ دیواری <sup>۱</sup> ، انواع اندودهای گچی و سیمانی و چوب و تخته گچی <sup>۱</sup>	مانند مسکونی
۳	بهداشتی	مانند آموزشی به علاوه کف پوش های هادی الکتریسیته <sup>۶</sup> و فرش لاستیکی	مانند آموزشی	مانند مسکونی
۴	صنعتی	بتنی، موزاییک، سرامیک <sup>۱</sup> و سرامیک موزاییکی <sup>۱</sup> ، سرامیک ضد اسید <sup>۲</sup> و ورق های فلزی <sup>۲</sup>	انواع اندودهای گچی و سیمانی و ورق های فلزی <sup>۲</sup>	مانند دیوار پوش
۵	هنری	مانند آموزشی به اضافه ی آجر و بتن	مانند آموزشی به اضافه ی بتن، آجر و موزاییک	مانند مسکونی به اضافه ی بتن و آجر
۶	ورزشی	بتنی، موزاییک، مواد پلاستیکی، مواد نساجی، سرامیک <sup>۱</sup> و سرامیک موزاییکی <sup>۱</sup> ، مواد قیری	بتنی، سنگ، سرامیک <sup>۱</sup> ، سرامیک موزاییک <sup>۱</sup> ، کاشی لعابی <sup>۱</sup> ، انواع اندودهای سیمانی و گچی	انواع اندودهای گچی و سیمانی بتن
۷	محوطه	سنگ، موزاییک، بتن، آجر، مواد قیری	انواع اندودهای سیمانی، بتنی، سنگ، سرامیک، سرامیک موزاییک	

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

۲- در صورت وجود مواد شیمیایی اسیدی

۳- سردخانه ها

۴- در سالن کنفرانس و نظایر آن

۵- اغلب در ساختمان های اداری و تجاری یا سالن ها

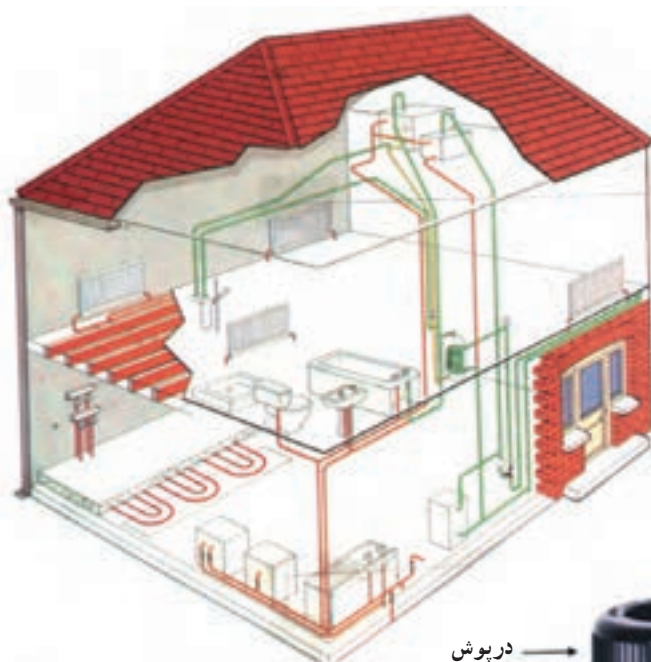
۶- اتاق های عمل و قسمت وابسته به آن



شکل ۲-۸- نمونه‌هایی از مصرفر پلاستیک در ساختمان



شکل ۳-۸- نمونه‌هایی از مصرف پلاستیک در ساختمان



شکل ۴-۸- نمونه‌هایی از مصرفر پلیاستیک در ساختمان

انواع پوشش‌های محافظ و زینتی (رنگ‌ها، جلاها، لعاب‌ها، شلاک، لاک‌ها، مواد رنگ‌رزی، پرکننده‌ها 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 به منظور 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 برس سیمی، کاردک‌ها، کاغذهای سمباده، ساینده‌ها و دستگاه‌های ماسه‌پاش (سند پلاست) برای تمیز کردن سطوح به کار می‌روند. پوشش‌های نخستین (پرایمرها)، رنگ‌های روغنی (بدنه رنگ، پر حجم‌کننده‌ها، حامل رنگ، رنگینه‌ها، رقیق‌کننده‌ها یا تینرها، خشک‌کننده‌ها) رنگ‌های اکلیدی، رنگ‌های امولسیون‌ی رزینی، رنگ‌هایی با جلای فلزی، رنگ‌های امیست، 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

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

## سایر مصالح ساختمانی

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

- ۱- طرز تهیه‌ی بتن سبک را توضیح دهد.
- ۲- مورد مصرف بتن سبک را شرح دهد.
- ۳- سیپورکس را توضیح دهد.
- ۴- خواص سیپورکس را بیان کند.
- ۵- پانل‌های پیش‌ساخته‌ی گچی را توضیح دهد.
- ۶- ساختمان بتن الیافی را شرح دهد.
- ۷- کاربرد بتن الیافی را توضیح دهد.
- ۸- پوشش‌های کف را نام ببرد.
- ۹- عایق‌های حرارتی را شرح دهد.
- ۱۰- طرز جلوگیری از عبور صدا به ساختمان را توضیح دهد.

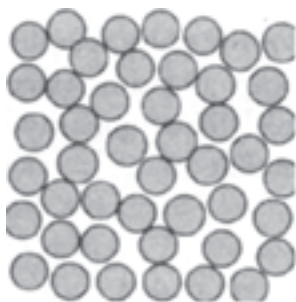
با پیشرفت علم مهندسی و تکنولوژی تولید مصالح، روز به روز مصالح جدیدی به بازار عرضه می‌گردند که بعضی از آن‌ها کاربرد ویژه‌ای در ساختمان پیدا کرده‌اند و یا جای‌گزین مصالح قدیمی و سنتی گردیده‌اند. مشخصات تعدادی از این مصالح به این شرح است:

### ۹-۱- بتن سبک

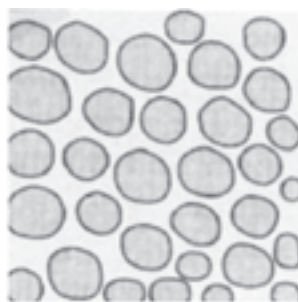
بتن‌های سبک مختلفی روز به روز به بازار عرضه می‌گردد. این نوع بتن‌ها به‌منظور عایق صوتی، عایق حرارتی و بتن‌های غیر سازه‌ای به کار می‌روند. مواد اولیه‌ی این نوع بتن‌ها سیمان، آب



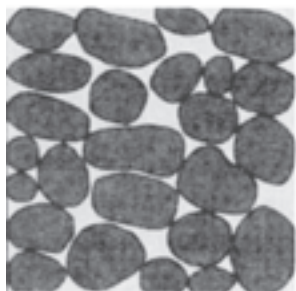
و ماسه است، اما برای سبک کردن آن از این مواد استفاده می‌شود: پودر آلومینیم (باعث ایجاد گاز و انبساط بتن و متخلخل شدن آن می‌شود)؛ پلی‌استرین و پوک‌های آسیاب شده (دانه‌های سبکی که به جای حباب هوا استفاده می‌شوند). بتن‌های سبک از ۴۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب وزن مخصوص دارند. بتن‌های سبک، عایق مناسبی برای صدا و انتقال حرارت هستند. بعضی از این نوع بتن‌ها مقاومت خوبی در برابر آتش دارند. شکل ۹-۱ انواع بتن‌های سبک را نشان می‌دهد.



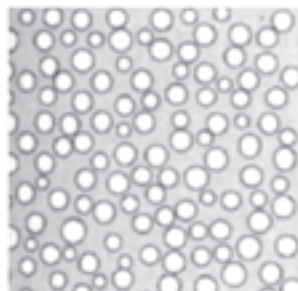
بتن اسفنجی (مواد تولیدکننده‌ی گاز در داخل بتن آماده)



بتن با دانه‌بندی سبک (سنگ دانه‌ای متخلخل)



بتن خشن با دانه‌بندی درشت و متخلخل



بتن بسیار سبک با دانه‌بندی پلی‌استایرین

شکل ۹-۱- انواع بتن‌های سبک

## ۲- ۹- سیپورکس

سیپورکس، آجرهای گچی است که برای ساختن دیوار جدا کننده یا سقف سبک به کار می‌رود. این نوع مصالح از سیمان، آب، گچ، پوک‌های 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.



### ۳-۹- پانل های گچی پیش ساخته

در حال حاضر دو نوع پانل گچی پیش ساخته تولید می شود :

- ۱- پانل هایی با ضخامت بیش تر از ۸ سانتی متر که در ابعاد معمولاً  $1 \times 1$  متر تولید می شوند. این پانل ها به تنهایی با قرار گرفتن در پهلو یا روی یک دیگر تشکیل دیوار می دهند. مزیت استفاده از این پانل ها افزایش سرعت کار و کاهش زیرسازی برای نقاشی ساختمان است.
- ۲- پانل های گچی و یا پانل های ساندویچی که با ضخامت حدود یک سانتی متر تولید می شوند. این پانل دو ورق کاغذ مخصوص ضخیم است که در بین آن گچ وجود دارد. برای ساخت دیوار ابتدا یک اسکلت چوبی از چهار تراش ها و یا فولادی از مقاطع ناودانی سبک ایجاد می شود ؛ سپس به دو طرف آن ها پانل های ساندویچی پیچ و یا میخ می شوند. این پانل ها معمولاً در ابعاد  $1 \times 2$  متر تولید می شوند. مزیت این نوع دیوارها، عایق صوت و حرارت بودن آن ها، سرعت افزایش یافته ی ساخت و کاهش زیرسازی برای نقاشی ساختمان است.

### ۴-۹- بتن الیافی

بتن الیافی، بتن معمولی است که به آن الیاف فولادی و یا غیر فولادی اضافه شده است. طول الیاف ها در حد ۲ تا ۵ سانت، ضخامت آن ها حدود یک میلی متر و عرض آن ها زیر ۵ میلی متر است. این الیاف ها به طور یک نواخت در بتن پخش می شوند و باعث کاهش تردی بتن می گردند. از این نوع بتن به جای بتن مسلح در جاده سازی و باند فرودگاه و محوطه سازی استفاده می شود.

### ۵-۹- پوشش های کف

در حال حاضر انواع کف پوش ها با مصالح مصنوعی (پلاستیک، کائوچو، رزین و...) برای پوشش کف به جای سرامیک و موزاییک استفاده می شود. هم چنین پوشش های اپوکسی و پلی اورتان نیز به جای سرامیک در ساختمان های صنعتی به کار می رود که باید کف ضد فرسایش و مقاوم در برابر مواد شیمیایی داشته باشند. مزیت این پوشش ها سرعت بالای اجرا و محافظت بسیار خوب از کف است.

### ۶-۹- مصالح عایق حرارتی و سیستم های عایق کاری

مصالح عایق حرارتی عموماً از مواد سبک ساخته می شوند ؛ هم چنین عایق کاری حرارتی ممکن است به وسیله ی ایجاد فاصله هوایی (حفره) بین دو جدار یک عضو ساختمانی به کار رود.

مصالح عمده‌ای که برای جلوگیری از گریز گرما به مصرف می‌رسند به نام «عایق حرارتی» شناخته شده‌اند. این مصالح عبارت‌اند از: عایق‌های انباشته به صورت 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:

**۱-۶-۹- عایق‌های انباشته به صورت آزاد:** عایق‌های انباشته به صورت آزاد یا فله به دو 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 چوب پنبه تهیه می‌شوند.

**۲-۶-۹- عایق‌های پتویی:** این عایق‌ها از پشم سنگ، پشم شیشه، پشم سرباره، پشم چوب پنبه و پشم حیوانات در ضخامت‌های متفاوت تا ۱۰۰ میلی‌متر تهیه شده به عرض‌های مختلف بریده می‌شوند. عایق‌های پتویی گاهی دارای پوششی از ورقه‌ی آلومینیم با کاغذ صنعتی (گرافت) هستند.

**۳-۶-۹- عایق‌های قطعه‌ای:** عایق‌های قطعه‌ای در اصل مشابه عایق‌های پتویی هستند، اما طولشان محدودتر و معمولاً حدود ۱/۲ متر و ضخامتشان تا ۱۸۰ میلی‌متر می‌رسد. برخی از آن‌ها دارای پوشش کاغذی هستند که در لبه‌ها به صورت باریکه‌ای روی قطعات را پوشانده نصب آن‌ها را در قاب آسان‌تر می‌سازد.

**۴-۶-۹- 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 به کار می‌رود.

**۵-۶-۹- تاوه‌ها یا بلوک‌های عایق:** تاوه‌ها یا بلوک‌های عایق به صورت قطعات صلب ساخته می‌شوند و ابعاد آن‌ها تا حدودی از عایق‌های قطعه‌ای کم‌تر است. گاهی تاوه‌ها ممکن است برای استحکام بیش‌تر به گونه‌ی دو لایه و اغلب به هم چسبانده شوند. تاوه‌ها از مصالحی هم‌چون چوب پنبه، 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 پوک‌ی رسی ساخته می‌شوند.

**۶-۶-۹- عایق‌های منعکس‌کننده:** عایق‌های منعکس‌کننده از سطوح فلزی و نظایر آن ساخته می‌شوند و ممکن است بدون پشت‌بند یا با پشت‌بند به کار روند. میزان گرمابندی عایق‌های

منعکس کننده برخلاف سایر عایق‌ها، به ویژگی‌های سطحی عایق، فاصله‌ی هوایی و اختلاف درجه‌ی حرارت بستگی دارد. نکته‌ی مهم درباره‌ی عایق‌های منعکس کننده این است که فاصله‌ی هوایی حداقل ۲۰ میلی‌متر رعایت شود. این عایق‌ها چنانچه به‌نحو شایسته‌ای نصب شوند می‌توانند به‌صورت لایه‌ی بخاربندی نیز به‌کار روند.

**۷-۶-۹- 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 پلی‌اتان نیز ممکن است گاهی در چند مرحله پاشیده شود.

**۸-۶-۹- عایق‌های کفی تزریقی درجا:** عایق‌های تزریقی کفی درجا یا توده‌های متخلخل از رزین‌های مایع مصنوعی ساخته می‌شوند. دو جزء تشکیل دهنده‌ی عایق، هنگام مخلوط شدن، کفی تولید می‌کنند که پس از مدتی سخت شده فضای تزریق شده را دربر می‌گیرد.

**۹-۶-۹- 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 حالی که در انواع دیگر با یک ورقه پوشاننده می‌شوند و دارای ویژگی‌گرمانبندی 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 حرارتی 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 ۹-۱ مصالح عایق حرارتی و سیستم‌های عایق‌کاری مناسب و متداول در ساختمان را نشان می‌دهد.

## ۷-۹- مصالح آکوستیکی (صداپندی)

واژه‌ی آکوستیک از ریشه‌ی یونانی به معنای «شنیدن» گرفته شده و «آکوستیکر» 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

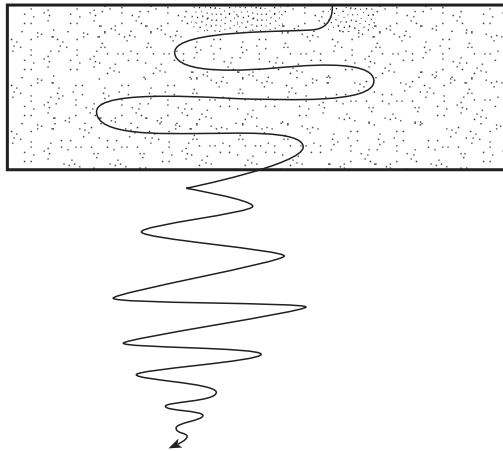
جدول ۱-۹- مصالح عایق حرارتی و سیستم های عایق کاری مناسب و متداول در ساختمان

ردیف	محل کاربرد	نوع مصالح یا سیستم مناسب
۱	اقلیم های خشک (سرد و گرم)	پشم شیشه، پشم سنگ، پشم سرپاره (با روکش کاغذی یا بدون روکش) انواع الیاف و دانه های سبک به صورت انباشته یا آزاد یا پاشیدنی انواع تخته ها، تاوه ها و بلوک های عایق (فیبری، چوب پنبه و مواد پلاستیکی) عایق های منعکس کننده (بدون پشت بند یا با پشت بند) صاف یا موجدار انواع بتن سبک (کفی، گازی و دانه سبک) عایق های موجدار کف های تزریقی درجا
۲	اقلیم های مرطوب (سرد یا گرم)	مانند ردیف ۱، مشروط بر این که مواد و مصالح نم کش با ورقه های نازک آلومینیومی یا پلی تن بخار بندی شوند.
۳	سردخانه	اسفنج پلی اورتان سخت تزریق شده درجا قطعات پلی استایرن منبسط مصالح نم کش ردیف ۱، مشروط بر این که به طور جدی بخار بندی شوند.
۴	اعضای باربر (دیوار و سقف)	پنل های ساندویچی از بتن معمولی با لایه ای از عایق مناسب اقلیم (قطعات تو خالی یا ایجاد فاصله هوایی) بتن یکپارچه با دانه سبک از نوع بوک های رسی یا مشابه
۵	اعضای غیر باربر	مانند ردیف ۴ به علاوه ای انواع بتن سبک کفی و گازی، اندو دهای سبک، عایق های پاشیدنی، پنجره های دو شیشه ای
۶	سقف کاذب	انواع الیاف و دانه ها (روی سقف کاذب) و انواع تخته ها و تاوه ها به صورت نمایان
۷	مکان های غیر قابل دسترسی	انواع عایق های پاشیدنی

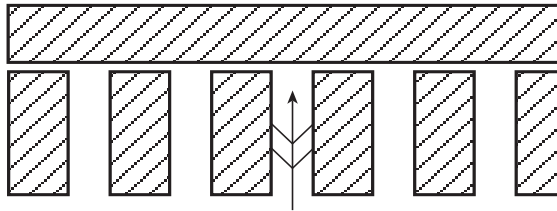
و ظرف شویی، جاروبرقی، تجهیزات و تأسیسات گرمایشی و سرمایشی ساختمان گرچه زندگی آسان تر ساخته اند، اما در عوض سروصدا های مزاحم نیز ایجاد می کنند. سروصدای خارج از ساختمان نیز روز به روز در حال افزایش است. ساخت بزرگراه ها و تندر ها در حال گسترش است و شهرها را در بر می گیرد، هواپیما های جت نیز بزرگ تر و پر سروصداتر ساخته می شوند.

با مصالح ساختمانی جدید و روش های نوین ساخت و ساز می توان بر مشکلات فایق آمد. اندو دهای صاف (لیسه ای) تا ۹۸٪ از اصوات را منعکس می سازند. اما تیغه های جدا کننده ی پلاستیکی

الف) مصالح آکوستیکی، الیافی یا متخلخل: در اثر اصطکاک هوای در حال 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 ۹-۲- مصالح آکوستیکی

و گچی نازک سبب انتقال سروصدا از اتاقی به اتاقی دیگر می‌شوند. با توجه به این که آپارتمان‌نشینان در حال گسترش است کنترل سروصدا بین واحدهای مجاور مسأله‌ای است که روزبه‌روز بغرنج‌تر می‌شود. طراح ساختمان در انتخاب مصالح - به منظور کنترل سروصدا - 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.

۹-۷-۱ 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 مهمی دارند.

۹-۷-۲ 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 زنگ‌زن 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 ۲-۹ مصالح آکوستیکی مناسب برای کارهای مختلف را نشان می‌دهد.

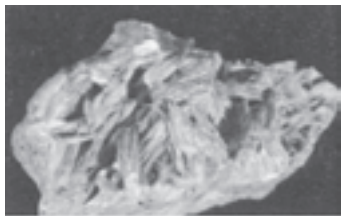
جدول ۲-۹- جدول مصالح آکوستیکی مناسب برای کارهای مختلف

ردیف	محل کاربرد	نوع مصالح یا سیستم مناسب
۱	کف‌ها	بلوک‌های مجوف - سقف‌های دوپوش - سیستم‌های آویخته (دولایه)
۲	دیوارهای خارجی	بلوک‌های بتنی - بلوک‌های بتنی متخلخل - بلوک‌های سفالی - دیوارهای دولایه با فاصله‌ی هوایی - دیوارهای دولایه با مواد سبک - در صورت لزوم ورقه‌های سربی
۳	دیوارهای جداکننده	دیوارهای دولایه متشکل از تخته گچی با فاصله‌ی هوایی یا پر شده از مواد سبک - قطعات گچی یک لای یا دولایه با فاصله‌ی هوایی یا پر شده از مواد سبک - بلوک‌های سیمانی یا سفالی - در صورت لزوم ورقه‌های سربی
۴	درها و پنجره‌ها	دو شیشه‌ای یا سه شیشه‌ای با درزبندی مناسب - شیشه‌های حاوی املاح سربی درها و پنجره‌های دوتایی با فاصله‌ی هوایی
۵	کف پوش‌ها و پوشش پلکان	کف پوش‌های نساجی (شامل انواع نمد) و مواد پلیمری نرم فوم‌دار
۶	سقف پوش‌ها	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	دیوار پوش‌ها	مصالح آکوستیکی، اندودهای آکوستیکی، دیوار پوش‌های نساجی و قطعات شکاف‌دار یا سوراخ‌دار
۸	اتصالات	مواد نرم شامل: مواد لاستیکی، تئوپرن و مانند آن‌ها، فنرها، بالشتک‌های سربی با مغز آزیست، قطعات ارتجاعی لوله‌کشی‌ها

## ۸-۹- مصالح پوششی سقف‌های شیب‌دار

برای پوشش و آب‌بندی سقف‌های شیب‌دار از مصالحی به نام «آزیست» (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 به‌بازار عرضه می‌شود. این محصول نام‌گروهی 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 در طبیعت 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 سانتی‌متر مربع بر گرم) و «پایداری در برابر گرم، 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 ۳-۹).



شکل ۳-۹- هشدار در مورد استفاده از پنبه کوهی

با توجه به سرطان‌زا بودن پنبه‌ی کوهی، در بسیاری از کشورها استفاده از آن ممنوع شده و این فرآورده با تدابیر خاصی جمع‌آوری می‌شود.

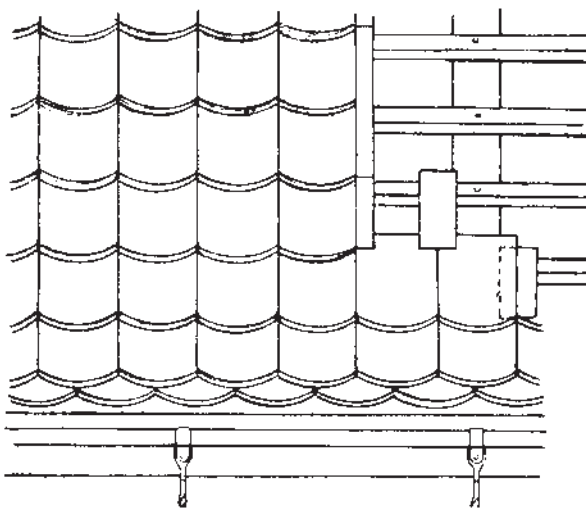
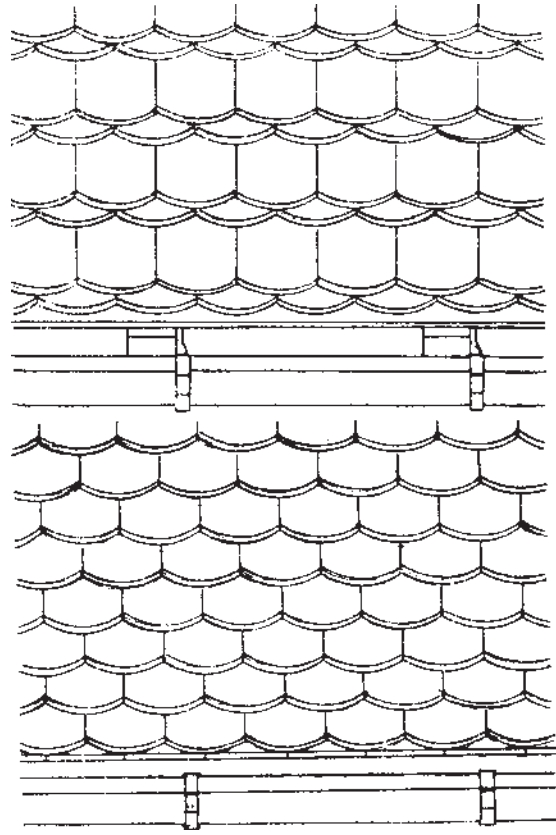
۹-۸-۱- ورق‌های ایرانی صاف: این ورق‌ها دارای یک رویه‌ی صاف و مستطیل شکل بوده دارای لبه‌های راست و منظم هستند. ضخامت آن‌ها ۵،۶،۸،۱۰، ۱۵ و ۲۰ میلی‌متر است.

۹-۸-۲- ورق‌های موج‌دار: این ورق‌ها از نظر ارتفاع موج<sup>۱</sup> 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 سانتی‌متر مربع است. سطحی از ورق که در معرض عوامل جوئی قرار خواهد گرفت باید کاملاً صاف بوده لبه‌ی ورق‌ها نیز گونیا، مستقیم و تمیز باشد.

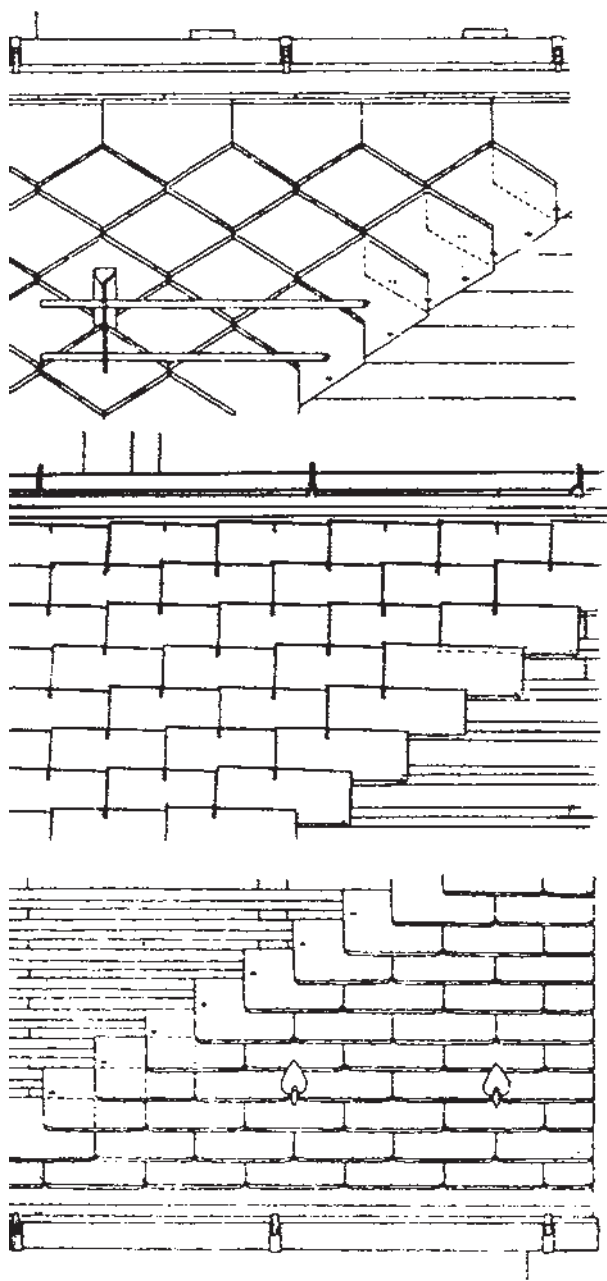
---

۱- ارتفاع موج، فاصله‌ی بین گودی موج تا بالای قسمت برآمده است.





شکل ۴-۹- صفحات پوششی سقف‌های شیب‌دار



شکل ۵-۹- صفحات پوششی سقف‌های شیب‌دار

## ارزش‌یابی فصل نهم

- ۱- موارد مصرف بتن سبک را توضیح دهید.
- ۲- طرز ساخت بتن سبک را شرح دهید.
- ۳- جنس سیورکس را توضیح دهید.
- ۴- از پانل‌های گچی در چه جاهایی از ساختمان استفاده می‌شود؟
- ۵- منظور از پانل‌های ساندویچی چیست؟
- ۶- بتن الیافی را توضیح دهید.
- ۷- انواع پوشش‌های کف را برشمارید.
- ۸- عایق‌های حرارتی را شرح دهید.
- ۹- عایق‌های صوتی را توضیح دهید.
- ۱۰- موارد استفاده از ایرانیت را شرح دهید.

## منابع

- ۱- مصالح ساختمانی، دکتر حسین حاج غفاری و مهندس حسن واعظ تقوی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ اول، تهران، ۱۳۷۸.
- ۲- اصول فنی ساختمان، استاد محمود ماهرالنقش، ابوریحان (نیل)، چاپ سوم، تهران، ۱۳۵۱.
- ۳- خاک و تکنولوژی ساختمان، سیدرسول فدکی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ اول، تهران، ۱۳۷۴.
- ۴- مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی.
- ۵- مصالح و ساختمان، سام فروتن، انتشارات روزنه، چاپ سوم، تهران، ۱۳۸۴.
- ۶- شناخت و خواص مواد، کُد ۳۵۹/۵۵، وزارت آموزش و پرورش، سال ۱۳۸۳.
- ۷- تاریخ مهندسی در ایران، دکتر مهدی فرشاد، نشر بلخ، چاپ سوم، ۱۳۷۶.

