

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی

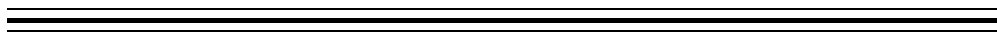
(تجدید نظر دوم)
نشریه شماره ۵۵

معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
<http://tec.mporg.ir>

چاپ هفتم

۱۳۸۸

انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور ۸۸/۰۰/۱۱۷



مصالح ساختمانی

◀ ۱-۲ سنگ

◀ ۱-۱-۲ کلیات

سنگهایی که در ساختمان مصرف می‌شوند به یکی از صورتهای طبیعی مانند قلوه‌سنگ، کار شده مانند بادبر و خرد شده مانند شن و ماسه هستند. در این فصل واژه‌های مربوط به سنگهای طبیعی و کار شده منطبق با نشریه شماره ۹۰ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور می‌باشد و سنگهای خرد شده به طور جداگانه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

منشاء سنگهای ساختمانی ممکن است آذری، ته نشسته یا دگرگون باشد. از نظر ترکیب شیمیایی بیشتر سنگها را می‌توان به سه دسته سیلیسی، سیلیکاتی و آهکی گروه‌بندی نمود.

شکل نهایی سنگها در موقع مصرف یا به حالت طبیعی است یا به صورت کار شده، همچنین سنگهای ساختمانی ممکن است باربر یا تزئینی باشند، در پاره‌ای موارد سنگها نقش باربر و تزئینی را توأمآً ایفا می‌نمایند.

◀ ۲-۱-۲ انطباق با مشخصات و استانداردها

سنگهای مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی، اندازه، ضخامت، رنگ و دیگر مشخصه‌های ظاهری با آنچه در نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است، منطبق باشد. نمونه سنگهای بنایی و نما باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی سنگها و روشهای آزمایش آنها باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد:

- استاندارد شماره ۴۴۹: "روش آزمایش مقاومت مصالح سنگی در مقابل عوامل جوی"

- استاندارد شماره ۵۷۸: "روشهای تعیین میزان جذب آب و تاب مصالح سنگی در برابر یخبندان"

- استاندارد شماره ۶۱۷: "روشهای تعیین تاب گسیختگی فشاری و خمشی مصالح سنگی"

- استاندارد شماره ۶۱۸: "بلوکهای سنگهای طبیعی برای برش به منظور استفاده در نما، کف و تزئینات"

- استاندارد شماره ۶۱۹: "روشهای آزمون تاب سایشی سنگ که روی آن رفت و آمد می‌شود".

- استاندارد شماره ۶۶۵: "روش تعیین تاب فشاری مصالح سنگی"

- هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان در باره سنگ تدوین یا تجدید نظر شود.

تا زمانی که استاندارد ایرانی در پارهای موارد تدوین نشده باشد در درجه اول استانداردهای "سازمان بین‌المللی استاندارد ISO" معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد بین‌المللی به ترتیب استانداردهای اتحاد شوروی سابق GOST، آلمانی DIN، بریتانیایی BS و آمریکایی ASTM ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۱-۲-۳ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

سنگهای مصرفی باید از نظر بافت و ظاهر، یکنواخت و بدون ترک بوده و عاری از رگه‌های خاکی، مارنی، میکایی، الیوین، پیریت، ترکیبات سولفاتی و سولفیدی [حداکثر SO_3 به (۱٪) وزنی محدود می‌گردد] و سایر موادی باشد که در اثر عوامل جوی و هوازدگی خراب می‌شوند و به استحکام سنگها لطمه می‌زنند.

تاب فشاری سنگها برای کارهای بنایی برابر نباید کمتر از اندازه مشخص شده در نقشه‌ها و مشخصات بوده و در هر حال نباید کمتر از ۱۵ مگاپاسکال (هر Mpa، حدود ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) باشد. سنگهای مصرفی در اقلیمهای سرد باید در برابر یخبندان پایدار بوده و ضوابط مندرج در مشخصات و استانداردهای مربوطه را پاسخگو باشند.

جذب آب، میزان حل شدن در آب، تخلخل، پایداری در برابر هوازدگی (اثر گازهای O_2 ، CO_2 ، CO، SO_2 ، SO_3 ، بخار آب، وزش باد، پرتوهای خورشیدی و مانند اینها)، اسیدها و قلیاها در مواردی که سنگها در معرض عوامل گوناگون قرار می‌گیرند، باید با استانداردهای مربوطه تطابق نماید. سختی، مدول الاستیسیته، نرم شدن سنگها در آب و کاهش تاب آنها پس از آزمایش یخزدگی نیز در محاسبات

استاتیک باید مد نظر قرار گیرد. در کفهای پر آمد و شد و پله‌ها پایداری سنگ در برابر سایش و ضربه باید با مورد مصرف آن متناسب باشد.

در مورد سنگهای نما ضریب انبساط حرارتی کانیهای مختلف سنگ و همچنین ملات پشت آن باید 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 از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که باید مورد توجه قرار گیرد.

جذب آب سنگهای رگی حداکثر (۵٪) و ضریب نرم شدن^۱ سنگ در آب، در مورد سنگهای باربر و نما دست کم (۷۰٪) است. جذب آب مجاز در استاندارد ایرانی برای سنگهای آهکی متراکم (۱۵٪)، سنگهای آهکی متخلخل (۲۵٪) و در مورد توفها (۳۰٪) ذکر شده 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 لاشه سرتاسری (یا عمقی) در صورتی که ضخامت دیوار اجازه دهد ۵۰۰ میلیمتر، در سنگهای کله ۴۰۰ میلیمتر و در سنگهای راسته به اندازه ارتفاع سنگ خواهد بود. ارتفاع سنگ ریشه‌دار در نما نباید از عرض و ریشه آن بیشتر باشد. حداقل عرض و ارتفاع سنگ بادبر در نما به ترتیب باید ۲۰۰ و ۱۵۰ میلیمتر و حداکثر بار سنگ ۴۰ میلیمتر باشد. در مورد سنگ بادبر سرتراش و بادکوبه‌ای باید حداقل ارتفاع هر سنگ ۱۸۰ میلیمتر، حداقل تراش سطوح زیری و بالایی سنگ ۱۵۰ میلیمتر و سطوح جانبی آن ۸۰ میلیمتر و حداکثر بار آن ۱۵ میلیمتر باشد. در مورد سنگهای تمام تراش باید کلیه سطوح سنگ با قلم تراشیده و تیشه‌داری شود به نحوی که مسطح و بدون اعوجاج و حداکثر بار آن ۲ میلیمتر باشد.

۱. ضریب نرم شدن سنگ در آب عبارتست از نسبت تاب فشاری نمونه خیس شده در آب به مدت حداقل ۲۴ ساعت به تاب فشاری همان سنگ در حالت خشک.

سطوح و خطوط مرئی سنگ نباید لب‌پریدگی داشته باشد و شکل سنگها باید طوری باشد که از شکل دیوار تبعیت کند. حداقل ضخامت سنگهای نمای ریشه‌دار، پله، جدول و مانند اینها ۱۵۰ میلیمتر است. حداقل ضخامت سنگهای پلاک مصرفی در کف پله و درپوش ۴۰ میلیمتر، پلاک کفپوش ۳۰ میلیمتر، پلاک نما ۲۰ میلیمتر و برای سنگهای قرنیز دور اطاقها ۱۰ میلیمتر می‌باشد.

سنگ باید متراکم و دارای ساخت و بافت یکنواخت بوده و از بلورهای ریز تشکیل شده باشد و درجه خلوص آن حتی‌المقدور زیاد باشد. حداقل تاب فشاری گرانیته‌ها ۱۰۰۰، مرمهای سفید و خاکستری ۸۰۰، مرمهای رنگین ۶۰۰، سنگهای آهکی متراکم ۲۰۰، سنگهای آهکی متخلخل و توفها ۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استاندارد شده است.

مصرف سنگهای غیر استاندارد در صورتی مجاز است که در مشخصات و نقشه‌ها ذکر شده و نمونه آنها قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. مصرف مصالح سنگی کهنه در صورتی که مطابق مشخصات بوده و کاملاً تمیز شده باشد بدون اشکال است، ولی بهتر است در پشت کار و به همراه مصالح تمیز به کار گرفته شود.

۴-۱-۲ سنگهای مناسب برای مصارف گوناگون

برای مصارف گوناگون سنگهایی باید انتخاب شود که در جدول زیر آمده است:

ردیف	محل مصرف	نوع سنگ مناسب
۱	ابنیه فنی راه و کارهای آبی	سنگهای آهکی متراکم، ماسه‌سنگها، توفها، گرانیت، دیوریت، گابرو، بازالت و دیگر سنگهای سخت بادوام
۲	پی‌سازیه‌ها و شالوده‌ها	هر نوع سنگی که با ضوابط پروژه مطابقت داشته باشد
۳	نمای خارجی ساختمانها	سنگهای آهکی متراکم، ماسه‌سنگها، مرمرهای رنگی گوناگون، توفهای آتشفشانی*، گرانیت، زینیت، دیوریت، لابرادوریت، گابرو، بازالت و دیگر سنگهای منطبق با ضوابط پروژه
۴	دیوارها	سنگهای آهکی، دولومیت، ماسه‌سنگها، سنگهای گچی*، توفهای آتشفشانی* و سنگهای گوناگونی که برای تهیه سنگ شکسته مناسب‌اند
۵	پوشش سطوح داخلی دیوارها	سنگهای آهکی مرمرین شبه مرمر، مرمرها، سنگهای گچی*، توفها*، کنگلومراهای کربناتی و سنگهای مشابه
۶	سنگهای سفت‌کاری، نما و پوششهای ویژه	الف) ضد آتش - سنگ صابونی (تالکوم)*، توف*، اندزیت، بازالت و دیاباز ب) ضد اسید - گرانیت، دیوریت، کوارتزیت، ماسه‌سنگهای سیلیسی، اندزیت، تراکیت، بازالت و دیاباز ج) ضد قلیا - سنگهای آهکی متراکم، دولومیت، منیزیت، ماسه‌سنگهای آهکی
۷	پله‌ها، کفها و دست‌اندازهای خارجی	ماسه‌سنگها، گرانیت، دیوریت، زینیت، گابرو و بازالت
۸	پله‌ها، کفها و دست‌اندازهای داخلی	مرمر، گرانیت و لابرادوریت

* مصرف سنگ منحصرأ در کارهای غیر برابر است.

◀ ۲-۱-۵ مصالح نصب

۲-۱-۵-۱ دوغابها و ملاتها

در مورد دوغابها و ملاتها به فصل مربوطه مراجعه شود.

۲-۱-۵-۲ اتصالات و بستها

مصالح نصب سنگ و اتصالات و بند و بستهای فلزی یا باید از فلز زنگ نزن باشد و یا تمام قسمتهای آن در داخل خمیر سیمان ملات و دوغاب قرار گیرد تا از زنگزدگی آنها جلوگیری به عمل آید. اتصالات غیرفلزی از نظر استحکام و دوام باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

◀ ۲-۱-۶ حمل و نقل و نگهداری

بارگیری، حمل و باراندازی 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 مکانهای تمیز و حتی‌المقدور سرپوشیده نگهداری شده و از آلودگی آنها با خاک، مواد مضر و یخ و برف جلوگیری شود.

◀◀ ۲-۲ آجر

◀ ۲-۲-۱ کلیات

آجر سنگی است ساختگی (مصنوعی) که نوع رسی آن از پختن خشت (گل شکل داده شده) و نوع ماسه آهکی آن از عمل آوردن خشت ماسه آهکی (که از فشردن مخلوط همگن ماسه سیلیسی و آهک در قالب ساخته می‌شود) با بخار تحت فشار زیاد به دست می‌آید، آجرهای بتنی همانند بلوکهای سیمانی تهیه می‌شوند. آجر رسی عمدتاً از سیلیکاتهای آلومینیوم بوده و آجر ماسه آهکی از سنگدانه‌های ریز سیلیسی تشکیل شده است که توسط خمیری از جنس سیلیکات کلسیم به همدیگر چسبیده‌اند. این آجر

معمولاً به رنگ خاکستری است ولی می‌توان با افزودن رنگ مناسب آن را به رنگهای دیگر نیز تولید نمود. آجر به اشکال مکعب مستطیل توپر، سوراخدار، توخالی (مجوف تیغه‌ای و سقفی) و قطعات نازک تولید می‌شود. از آجر در ساختن دیوارهای باربر، تیغه‌های جدا کننده، سقفهای تیرچه بلوک، طاق ضربی بین تیرآنها و نمای خارجی و داخلی ساختمانها بهره‌گیری می‌شود.

◀ ۲-۲-۲ انطباق با مشخصات و استانداردها

آجرهای مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی (مانند ابعاد، رنگ و دیگر مشخصه‌ها) با آنچه در نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است منطبق باشد. نمونه آجرهای مصرفی اعم از پشت کار و نما، توپر و سوراخدار مجوف تیغه‌ای و سقفی، انواع رسی و ماسه آهکی باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آجرها و روش آزمایش آنها باید مطابق استانداردهای ایرانی

زیر باشد:

- استاندارد شماره ۷: آجرهای رسی (مشمول بر ویژگیها، نمونه‌برداری و روشهای آزمایش)

- استاندارد شماره ۲۹۰۹: استاندارد ویژگیها و روشهای آزمون تیرچه و بلوک سقفی

- استاندارد شماره ۹۹۱: آجر نسوز جهت طاقهای قوسی

- هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان در باره آجر تدوین یا تجدید نظر شود

تا زمانی که استاندارد ایرانی در پاره‌ای موارد تدوین نشده باشد در درجه اول استانداردهای "سازمان

بین‌المللی استاندارد ISO" معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای

آلمانی DIN، بریتانیایی BS و آمریکایی ASTM ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

◀ ۳-۲-۲ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

۱-۳-۲-۲ آجرهای رسی

آجرهای مصرفی در نما باید مطابق استاندارد ایرانی شماره ۷، عاری از معایب ظاهری مانند

ترک خوردگی، شوره‌زدگی، آلوئک و نظایر آن باشد. طول، عرض و ضخامت آجرهای ماشینی باید به

ترتیب ۲±۲۲۰ و ۱±۱۰۵ و ۱±۵۵ میلیمتر باشد. طول، عرض و ضخامت آجرهای دستی باید به ترتیب ۴±۲۱۰ و ۳±۱۰۰ و ۲±۵۵ میلیمتر باشد. ضخامت آجرهای نازک نما در هر دو مورد ماشینی و دستی باید برابر ۱±۳۰ یا ۱±۴۰ میلیمتر بوده و طول و عرض آنها عیناً مانند آجرهای ضخیم باشد. لبه آجرها باید مستقیم و زوایای آنها قائمه و سطوحشان صاف باشد، پیچیدگی در امتداد سطح بزرگ آجر حداکثر ۴ میلیمتر و در امتداد سطح متوسط آجر تا ۵ میلیمتر مجاز است. وجود یک ترک عمیق در سطح متوسط حداکثر تا عمق ۴۰ میلیمتر در آجر پشت کار بلااشکال می‌باشد. طول شکستگی و دندان‌های شدن خطوط و زوایا نیز در آجر پشت کار نباید از ۱۵ میلیمتر تجاوز کند و تعداد آن در هر آجر نباید از دو عدد بیشتر باشد. در آجرهای سوراخدار، سوراخها باید عمود بر سطح بزرگ آجر و به طور یکنواخت در سطح آن توزیع شده و جمع مساحت آنها باید بین (۲۵٪) تا (۴۰٪) سطح آجر باشد. بعد سوراخهای مربع و قطر سوراخهای دایره‌ای باید حداکثر به ۲۶ میلیمتر محدود شود و ضخامت دیوار بین سوراخ و لبه آجر بیش از ۱۵ میلیمتر و فاصله بین دو سوراخ بیش از ۱۰ میلیمتر باشد. وزن ویژه هر دو نوع آجر نباید از ۱/۷ و وزن فضایی آنها از ۱/۳ گرم بر سانتیمتر مکعب کمتر شود. حداقل تاب فشاری آجرهای دستی ۸۰ و ماشینی پر مقاومت ۱۷۵ و ماشینی متوسط ۱۲۵ و ماشینی کم مقاومت ۸۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استاندارد شده است و تاب فشاری آجرهای مصرفی نباید از این حدود کمتر باشد. ضخامت تیغه‌های آجر مجوف دیواری و بلوک سفالی سقفی حداقل ۸ و رواداری و ابعاد آنها ۴± میلیمتر می‌باشد.

آجرهای مصرفی باید در برابر یخبندان پایدار بوده و در آزمایش یخزدگی دچار خرابیهای ظاهری مانند ورقه شدن، ترک خوردن و خرد شدن نشوند. درصد وزنی جذب آب ۲۴ ساعته آجرهای ماشینی نباید از ۱۶ و در مورد آجرهای دستی از ۲۰ بیشتر شده و در هر دو نوع آجر از ۸ کمتر باشد. آجرهای توخالی تیغه‌ای و سقفی و قطعات نازک آجری مورد مصرف در نماسازی (به ابعاد تقریبی ۲۰×۴۰×۲۰ یا ۲۰×۳۰×۲۰ میلیمتر یا قطعات نازک آجری نما به ضخامت حدود ۲۰ میلیمتر با نقش چند آجر بندکشی شده) حداقل باید دارای مشخصات آجرهای ماشینی با مقاومت متوسط مندرج در استاندارد ایرانی شماره ۷ باشند.

مصرف آجر غیراستاندارد در صورتی مجاز است که استفاده از آن در مشخصات و نقشه‌ها پیش‌بینی شده و نمونه آن به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد و دست کم دارای ویژگیهای زیر باشد:

- الف: کاملاً پخته و یکنواخت و سخت باشد و در برخورد با آجر دیگر صدای زنگدار ایجاد کند.
- ب: تاب فشاری آن دست کم (۸۰٪) مقادیر مندرج در استاندارد ایرانی شماره ۷ باشد.
- ج: جذب آب آن در حدود مقادیر تعیین شده در استاندارد باشد، در غیر این صورت مصرف آن فقط در اجزائی از ساختمان که در معرض رطوبت قرار نمی‌گیرند مجاز است.
- د: آجر مصرفی در نما باید دارای شکل، نقش و رنگ موردنظر طراح بوده، و رواداری ابعاد آن حداکثر، (۳۰٪) بیش از رواداریهای مندرج در استاندارد ایرانی شماره ۷ باشد.
- ه: آجر مورد مصرف در اقلیمهای سرد باید در برابر یخبندان مقاومت مورد نظر را داشته باشد.
- و: مصرف تکه آجر شامل سه قد ($\frac{۳}{۴}$ آجر)، نیمه ($\frac{۱}{۲}$ آجر)، چارک ($\frac{۱}{۴}$ آجر) و کلوک (پاره آجر) در قسمتهای درونی و پشت کار و نیز در مکانهایی که مصرف آجر درست مقدور نیست مجاز می‌باشد.
- ز: مصرف آجرهای ترک‌دار، کج و معوج، گود و برجسته که انحنا، گودی و برجستگی آنها از ۵ میلیمتر تجاوز نکند مشروط بر اینکه تعداد آنها از (۲۰٪) کل آجرها بیشتر نشود بلاشکال است. مصرف آجرهای نما که دارای آلوتک یا ترک باشند، تنها در پشت کار مجاز خواهد بود.
- مصرف آجرهای کهنه در صورتی که مطابق مشخصات بوده و کاملاً تمیز شده باشد مانعی ندارد، ولی بهتر است به همراه آجرهای نو و در پشت کار از آنها استفاده شود.

۲-۲-۳-۲ آجرهای نسوز

آجرهای نسوز مورد مصرف در ساختمان معمولاً از خاکهای نسوز تهیه می‌شوند. این آجرها علاوه بر دارا بودن مشخصات آجرهای معمولی باید گرمای ۱۵۸۰ درجه سلسیوس را بدون آنکه خمیری شوند و از شکل بیفتند، تحمل کنند. مقاومت آجر نسوز دست کم باید ۱۶ مگاپاسکال (حدود ۱۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) باشد.

آجرهای نسوز مصرفی در کارهای تأسیساتی مانند دیگهای آب گرم و بخار، تابع شرایط ویژه مربوط به خود خواهند بود.

۲-۲-۳-۳ آجرهای بتنی

آجرهای بتنی باید با شرایط مندرج در مشخصات بلوکهای بتنی مطابقت داشته باشند.

۲-۲-۳-۴ آجرهای ماسه آهکی

آجرهای ماسه آهکی معمولاً به صورت توپر و سوراخدار به ابعاد حدود آجر رسی یا مضاربی از آن با ملحوظ داشتن ضخامت ملات ساخته می‌شوند. رواداری طولی و عرضی این آجرها $\pm 2/5$ و برای ضخامت ± 2 میلی‌متر می‌باشد. آجرهای ماسه آهکی در قطعات نازک و با ضخامت کم برای مصرف در نماسازی نیز تولید می‌شود.

ویژگی آجرهای ماسه آهکی بستگی به جنس مواد خام، نحوه قالب‌گیری، دما و مدت پخت آنها دارد. گروه‌بندی آجرهای ماسه آهکی بر حسب تاب فشاری آنها صورت می‌گیرد. حداقل میانگین تاب فشاری آجرهای کم مقاومت باید $7/5$ ، آجرهای با تاب متوسط 10 و آجرهای پر مقاومت 15 و آجرهای ممتاز 20 مگاپاسکال (هر مگاپاسکال حدوداً 10 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است) و میانگین تاب خمشی آنها به ترتیب باید $1/8$ ، $2/2$ ، $2/8$ و $3/4$ مگاپاسکال باشد. ضریب تغییرات مقاومت نسبت به میانگین نباید برای آجر ممتاز از (20%) و سایر انواع از (30%) تجاوز نماید.

آجر ماسه آهکی باید ۱۵ دوره یخبندان تا ۱۵ درجه زیر صفر و آب شدن را تحمل کند. کاهش نسبی مجاز تاب فشاری پس از آزمایش یخ زدن نباید بیش از (20%) باشد. وزن فضایی آجر ماسه آهکی به تاب فشاری آن بستگی دارد و برای آجرهای کم مقاومت، متوسط، پر مقاومت و ممتاز، به ترتیب نباید از $1/5$ ، $1/7$ ، $1/9$ و $2/1$ گرم بر سانتیمتر مکعب کمتر شود. جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن آجرهای ماسه آهکی ممتاز نباید از ($2/5\%$) و در مورد سایر آجرها از ($3/5\%$) 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 (8%) کمتر و از (20%) بیشتر شود.

۴-۲-۲ آجر مناسب برای مصارف گوناگون

آجر مناسب برای مصارف گوناگون در جدول زیر آمده است:

ردیف	محل مصرف	آجر مناسب
۱	زیر لایه نم‌بندی دیوار یا مکانهای مجاور با آب الف) محل پر آب با امکان یخزدگی ب) محل کم آب	آجر ماسه آهکی ممتاز- آجر رسی ماشینی پرمقاومت آجر ماسه آهکی پر مقاومت- 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، طوقه چاهها و دودکشها	آجر ماسه آهکی از نوع ممتاز و آجر رسی ماشینی پرمقاومت
۴	نمای ساختمانها	آجر رسی ماشینی و قرآقی، آجر ماسه آهکی، قطعات نازک ماسه آهکی و رسی
۵	فرش کف و پله‌های داخلی ساختمانها	آجر ماسه آهکی پر مقاومت و ممتاز و آجر رسی ماشینی و دستی نما مشروط بر انطباق با مشخصات پروژه

۵-۲-۲ مصالح نصب و ملاتنها

۱-۵-۲-۲ دوغابها و ملاتنها

برای دوغابها و ملاتهای آجرکاری و بندکشی به فصل مربوطه مراجعه شود.

۲-۵-۲-۲ اتصالات و بستها

مصالح نصب آجرهای نازک و اتصالات و بستهای فلزی که در دیوارهای دو جداره و نظایر آن به کار می‌رود، باید فلز زنگ نزن باشد و یا تمام قسمتهای آن در داخل ملات یا دوغاب قرار گیرد تا از زنگ‌زدگی آنها جلوگیری به عمل آید. اتصالات غیر فلزی به لحاظ دوام و استحکام باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

۲-۲-۶ 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 به طور جدا از هم دسته‌بندی شده و از تماس آنها با خاک، مواد مضر، رطوبت و یخ و برف جلوگیری شود. آزمایش نمونه‌های گرفته شده از آجر در کارخانه و کارگاه باید منطبق با ویژگیهای مورد نظر در مشخصات کار باشد.

۲-۳ بلوک سیمانی

۲-۳-۱ کلیات

بلوک سیمانی یا بلوک بتنی از اختلاط سیمان و آب با شن ریزدانه و ماسه یا دیگر سنگدانه‌های مناسب و لرزاندن و متراکم کردن مخلوط و عمل آوردن و مراقبت از آنها در محیط مناسب ساخته می‌شود. بلوکهای سیمانی به اشکال توخالی و توپر ساخته شده و در دیوارهای خارجی و داخلی به صورت باربر و غیر باربر و در تیغه‌های جدا کننده و سقفهای تیرچه بلوک و سایر قسمتهای ساختمان به مصرف می‌رسند. بلوکهای سیمانی بیشتر در نقاطی مرسوم هستند که برای تولید آجر محدودیتهایی وجود داشته باشد. از مزایای این فرآورده، صرفه‌جویی در مصرف مصالح و زمان اجرا، حمل آسان، عایق بودن نسبی حرارتی و صوتی و سهولت در مسلح کردن می‌باشد.

وزن بلوک بستگی به وزن بتنی دارد که بلوک با آن ساخته می‌شود، بلوکهای ساخته شده از شن و ماسه طبیعی رودخانه‌ای یا شکسته، دارای وزن ویژه‌ای معمولی و در حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب هستند، بلوکهای با وزن ویژه کمتر از ۱۶۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب را سبک به حساب می‌آورند، در ساخت این بلوکها از دانه‌هایی مانند پوکه معدنی و پوکه ساختمانی استفاده می‌شود. مقاومت بلوکهای سبک با وجود کاهش وزن، در مقایسه با بلوکهای معمولی، کاهش چشمگیری ندارد.

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

◀ ۲-۳-۲ انطباق با مشخصات و استانداردها

بلوکهای مورد مصرف 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 باشند. نمونه‌های انواع بلوک مصرفی شامل بلوکهای توکار و نمادار دیواری و سقفی باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ویژگیها و روشهای آزمایش بلوکها باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد:

- استاندارد شماره ۷۰: بلوکهای سیمانی

- استاندارد شماره ۲۹۰۹: استاندارد، ویژگیها و روشهای آزمون تیرچه و بلوک سقفی

- هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان در باره انواع بلوکهای سیمانی تدوین یا تجدیدنظر شود.

تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد در درجه اول استانداردهای سازمان بین‌المللی استاندارد ISO معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، بریتانیایی BS و آلمانی DIN ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

◀ ۲-۳-۳ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

۲-۳-۳-۱ بلوکهای دیواری

بلوکهای سیمانی ساده باید به شکل مکعب مستطیل و کاملاً سالم و بدون عیب بوده و سطوح آن چسبندگی کافی با اندود و ملات داشته باشد.

استاندارد ایران شماره ۷۰، سال ۱۳۵۷، بلوکهای توخالی دیواری را به انواع $۲۰ \times ۲۰ \times ۴۰$ ، $۲۰ \times ۳۰ \times ۴۰$ ، و $۲۰ \times ۱۰ \times ۴۰$ سانتیمتر گروه‌بندی کرده و جمع طول قطعات توپر را بیش از $\frac{1}{3}$ کل طول در همان جهت و سطح قسمتهای پر را بیش از (۵۰٪) سطح کل بلوک در جهت عمود بر بار وارده و ضخامت حداقل جدارها و پوسته خارجی بلوکهای کوچک را ۳ سانتیمتر و بلوکهای متوسط و بزرگ را ۴ سانتیمتر تعیین نموده است. ابعاد مذکور اسمی هستند، و اندازه‌های واقعی طول و ارتفاع بلوک را، به خاطر وجود ملات، ۱ سانتیمتر کمتر اختیار می‌کنند. رواداری برای طول بلوک ± 3 و برای عرض و ارتفاع بلوک $\pm 1/5$ میلی‌متر تعیین شده است. علاوه بر اندازه‌های ذکر شده ممکن است بلوکها در ابعاد و اندازه‌های دیگری نیز بنا به توافق خریدار و سازنده تهیه شوند. مشخصات مواد اولیه مصرفی، طرز ساخت و مراقبت از بلوکها و خشک کردن آنها در استاندارد مزبور آمده است که باید از سوی سازندگان رعایت گردد.

مخلوط بتن مصرفی در ساخت بلوک باید از یک پیمانان سیمان پرتلند و $3/5$ پیمانان شن (به درشتی حداکثر نصف ضخامت نازک‌ترین دیواره بلوک) و $2/5$ پیمانان ماسه و $150-130$ لیتر آب برای بتن لرزیده یا $180-160$ لیتر برای بتن لرزیده تشکیل شده باشد، اختلاط می‌تواند با دست یا ماشین انجام شود. در صورتی که ساختن بلوک با وسایل دستی انجام گیرد، مخلوط باید کم‌کم و در قشرهای ۵ تا $7/5$ سانتیمتر در قالب ریخته و هر لایه جداگانه کوبیده و متراکم گردد تا قالب کاملاً پر شود و سپس روی قالب توسط 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 شده و مخلوط درون قالب پس از لرزاندن، کوبیده و صاف گردد. پس از قالب‌گیری باید بلوکها را بلافاصله از قالب جدا نموده و روی صفحات زیر بلوکی (پالت)^۱ به محل مناسبی برای عمل‌آوری منتقل ساخت، چنانچه تولید بلوک به وسیله 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 باران و وزش باد، بلوکها را باید در محلهای سرپوشیده و دور از جریان هوا تولید کرد. در مورد تولید بلوک با ماشینهای خودکار باید به مشخصات فنی خاص ماشین توجه کافی مبذول گردد.

هنگامی که دمای محیط از ۵ درجه سلسیوس کمتر باشد، باید تولید بلوک در محوطه روباز را متوقف نمود. به منظور جلوگیری از آثار تخریبی ناشی از تابش مستقیم خورشید، خصوصاً در دمای بیش از ۲۵ درجه سلسیوس، وزش باد، شسته شدن توسط باران و آبیاشی نادرست، کاهش سریع درجه حرارت در روزهای اول و سرمای زیاد و یخزدگی، عمل‌آوری بلوکهای بتنی امری است ضروری. فاصله زمانی بین قالب‌گیری بلوکها و آغاز عملیات مراقبت حداقل ۴ تا ۵ ساعت خواهد بود. عمل‌آوری ممکن است به یکی از روشهای زیر صورت پذیرد:

الف: عمل آوردن با آب

این روش که غالباً در هوای گرم و خشک متداول است به وسایل و تجهیزات خاص نیاز ندارد، جز آبیاشی برای حفظ رطوبت و سرپناه برای حفاظت از تابش آفتاب، باد و باران. در این روش میزان آبیاشی بستگی به شرایط جوی داشته و حدود یک هفته به طول خواهد انجامید. در این روش آبیاشی باید چنان صورت گیرد که صدمه 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 گرفته و هوای گرم از بین آنها عبور می‌نماید. روی بلوکها با پوشینه مراقبت^۱ به منظور حفظ گرما و رطوبت پوشانیده می‌شود.

ج: عمل آوردن با بخار آب

برای کاهش زمان عمل‌آوری از روش گرم کردن بلوکها با بخار آب استفاده می‌شود. این شیوه عمل‌آوری که بیشتر در تولید انبوه بلوک به کار می‌رود، نیازمند اطاقهای بخار و تجهیزات جنبی آن است. درجه حرارت این اطاقها تا ۸۰ درجه سانتیگراد می‌رسد، افزایش و کاهش درجه حرارت بلوکها در این حالت به آرامی صورت می‌گیرد تا بلوکها ضمن عمل‌آوری، آب خود را از دست ندهند. در این موارد مدت عمل‌آوری به حدود یک روز تقلیل می‌یابد.

صرف نظر از اینکه عمل‌آوری به چه شیوه‌ای صورت پذیرد، پس از پایان مدتهای تعیین شده فوق، باید بلوکها را به محل مصون از تابش مستقیم خورشید و وزش باد، منتقل، و به مدت ۳ هفته تمام آنها را مورد مراقبت قرار داد، تا به طور یکنواخت خشک شوند، به نحوی که میزان رطوبت باقیمانده از (۲٪) برای بلوکهای با وزن مخصوص ۱۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و (۵٪) برای بلوکهای با وزن مخصوص کمتر از ۱۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب تجاوز ننماید. مصرف بلوکهای خشک نشده در دیوار باعث جمع‌شدگی کار و ایجاد ترک خواهد شد و از این رو رعایت میزان رطوبت باقیمانده امری الزامی است.

کلیه بلوکها باید سالم، بدون شکستگی سطوح و لبه‌ها و سایر نواقصی باشند که سبب ضعف بلوک در کار می‌گردد، از این رو بلوکها را باید به هنگام مصرف به دقت مورد بازدید قرار داد و از مصرف بلوکهای معیوب خودداری نمود.

تاب فشاری متوسط ۱۲ بلوک نباید از ۲۸۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (برای سطوح پر) کمتر شود مشروط بر اینکه تاب فشاری هیچ یک از بلوکها از (۷۵٪) مقدار تاب متوسط به دست آمده کمتر نباشد.

۲-۳-۳-۲ بلوکهای سقفی

ضخامت تیغه‌های بلوک سقفی حداقل ۱۵ میلیمتر، عرض تکیه‌گاه بلوک سقفی بر روی تیرچه دست کم ۱۷/۵ میلیمتر، رواداری در عرض بلوک ± 2 و در طول و ارتفاع ± 5 میلیمتر خواهد بود. مصرف سیمان در این بلوک به خاطر نازکی تیغه، قدری بیش از بلوک دیواری است.

۲-۳-۳-۲ بلوکهای نمادار

بلوکهای نمادار به ابعاد بلوکهای دیواری با نمای صاف و نقشدار تهیه می‌شوند. برای جلوگیری از زخمی شدن و پریدگی لبه‌ها و سطوح در موقع شکستن بلوکهای نمادار جهت مصرف، آنها را در اندازه‌های نیمه و سه قدی نیز می‌سازند. به منظور صاف بودن سطوح در این نوع بلوک باید مصرف سیمان قدری بیشتر از بلوکهای معمولی باشد.

۲-۳-۳-۴ بلوکهای سبک

بلوکهای سبک دیواری و سقفی به منظور کاهش وزن و بار مرده و تقلیل تبادل حرارتی و صوتی در ساختمان مصرف می‌شوند. این بلوکها را از انواع بتن سبک می‌سازند که معمول‌ترین آنها بتنه‌های گازی و سبکدانه هستند.

وزن ویژه بلوکهای سبکدانه از ۱۲۰۰ تا ۱۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و تاب فشاری متوسط ۳ نمونه آنها باید دست کم ۷۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (در سطح کل بلوک) و حداقل تاب فشاری یک نمونه ۵۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، حداکثر میزان جذب آب در مورد این بلوکها ۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

◀ ۲-۳-۴ مصالح نصب و ملاتنها

به بند ۲-۲-۵ مصالح نصب و ملاتهای آجر مراجعه شود.

◀ ۲-۳-۵ حمل و نقل و نگهداری

به بند ۲-۲-۶ حمل و نقل و نگهداری آجر مراجعه شود.

◀◀ ۲-۴ مصالح سنگی برای بتن

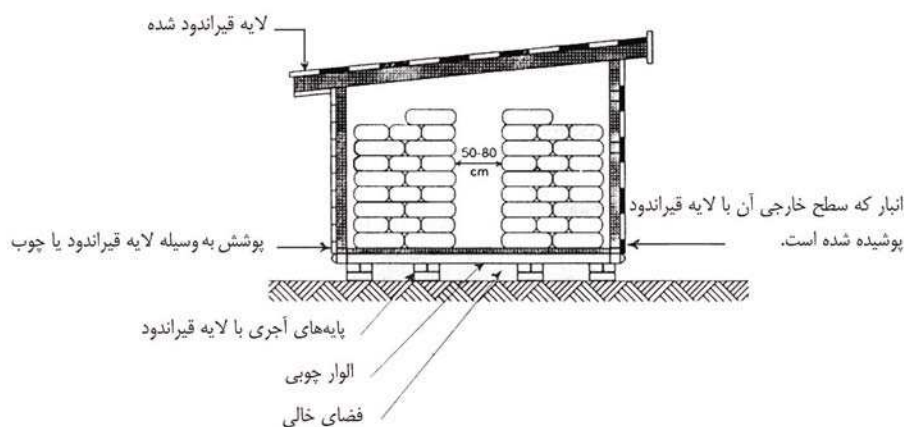
◀ ۲-۴-۱ کلیات

مصالح سنگی بتن یا سنگدانه‌ها معمولاً حدود (۷۰٪) از حجم بتن را تشکیل می‌دهند و بسیاری از ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی بتن به سنگدانه‌ها ارتباط دارد. از این رو نقش سنگدانه‌ها در بتن از نقطه نظر ویژگیها، طرح اختلاط و مسائل اقتصادی حائز اهمیت می‌باشد. سنگدانه‌ها ممکن است از منابع طبیعی به صورت رودخانه‌ای (گرد گوشه) یا خرد شده (تیز گوشه) یا مخلوطی از این دو نوع باشند. مصالح سنگی به دو دسته ریزدانه، یا ماسه، و درشت‌دانه، یا شن، گروه‌بندی می‌شوند. اندازه ریزدانه‌ها از صفر تا ۴/۷۶ میلیمتر و اندازه درشت‌دانه‌ها از ۴/۷۶ میلیمتر شروع می‌شوند.

برای نگهداری انواع و مارکهای مختلف سیمان (بر پایه نام کارخانه سازنده) باید محل‌های جداگانه‌ای را در نظر گرفت. روی کیسه‌های سیمان باید مشخصات آن، مانند نوع سیمان، مارک کارخانه سازنده و تاریخ بسته‌بندی و غیره چاپ شود.

در موقع حمل و نقل سیمان، باید برای جلوگیری از پخش گرد آن در هوا مقررات ایمنی ویژه‌ای را به مرحله اجرا گذاشت و به ویژه برای پیشگیری از ورود آن به دستگاه تنفسی، باید در محل‌هایی که در آنجا سیمان حمل و نقل و انبار می‌شود، دستگاه‌های تهویه تعبیه نمود.

به طور کلی در حمل و نقل و انبار کردن سیمان، رعایت استاندارد شماره ۲۷۶۱ ایران، با عنوان "استاندارد آیین کاربرد، حفاظت و انبار کردن سیمان رد کارگاه‌های ساختمانی" الزامی است.



شکل ۲-۷-۲-۸ (ب) انبار کردن سیمان در فضای بسته

۲-۷-۳ آهک ساختمانی

۲-۷-۳-۱ کلیات

آهک یکی از مواد چسباننده ساختمان است، به عبارتی دیگر نوعی سیمان هوایی (مطابق تعریف مندرج در ۲-۷-۱) به شمار می‌رود. فرمول شیمیایی آهک زنده خالص، اکسید کلسیم یا CaO است. معمولاً آهک را از پختن سنگ آهک یا کربنات کلسیم در یکی از انواع کوره‌های دستی (یا سنتی)، قائم

و افقی گردنده به دست می‌آورند. درجه پخت آهک بستگی به درجه خلوص سنگ آهک دارد، سنگ آهک پر مایه در گرمای ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه و سنگ آهک کم مایه در گرمای ۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه می‌پزد. آهک ساختمانی بسته به درجه خلوص سنگ آهک و نحوه پخت آن ممکن است کم و بیش حاوی ناخالصیهایی نیز باشد.

آهک خالص، سفید رنگ است، ولی وجود ناخالصیها می‌تواند تا حدودی باعث تغییر رنگ آن شود، چنانچه ناخالصی سنگ آهک کربنات منیزیم باشد، آن را سنگ آهک دولومیتی می‌نامند و از پختن آن آهک منیزیمی حاصل می‌شود، هرگاه ناخالصی سنگ آهک، مواد رسی و سیلیسی باشد، از پختن آن بسته به مقدار ناخالصی، آهک نیمه آبی یا آهک آبی تولید می‌شود. آهک زنده میل ترکیبی زیادی با آب داشته و در تماس با آن می‌شکند یا هیدراته می‌شود و به هیدروکسید کلسیم یا آهک شکفته تبدیل می‌گردد. در این واکنش مقدار زیادی گرما تولید می‌شود و حجم آن نیز افزایش می‌یابد. برای تهیه آهک هیدراته روشهای دستی و صنعتی به شرح زیر وجود دارد.

الف: روشهای دستی

این روشها از قدیم معمول بوده و هم‌اکنون نیز در کارگاههای کوچک رواج دارد.

۱- روش تر یا آهک‌شویی

در این روش کلوخه‌های سنگ آهک پخته را در حوضچه‌هایی ریخته و به آن آب اضافه می‌کنند و به هم می‌زنند تا شکفته گردد و به صورت شیر آهک درآید.

حوضچه دارای دریچه‌ای با تور سیمی می‌باشد که با کشوی چوبی مسدود شده است. پس از شکفتن آهک، کشو را بالا می‌کشند تا شیر آهک از دریچه و تور سیمی عبور کرده و به سمت گودالی که در جلو آن حفر شده روان گردد. ناخالصیها در روی تور باقی می‌مانند که آنها را برمی‌دارند و حوضچه را برای آهک‌شویی مجدد آماده می‌سازند. قسمتی از آب شیر آهک در زمین اطراف گودال فرو رفته و بخشی از آن تبخیر می‌گردد. پس از آنکه آهک شکفته به شکل خمیر سفتی درآمد و در سطح آن ترکهایی به پهنای ۲ تا ۳ سانتیمتر ایجاد شد، آن را به مدت ۶ تا ۸ هفته در گودال می‌خوابانند تا کاملاً شکفته شده و برای مصرف در ملات و شفته آماده شود.

۲- روش خشک

در این روش کلوخه‌های آهک زنده را در لایه‌های ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر روی سطح تمیزی چیده، روی آن آب می‌پاشند و زیر و رو می‌کنند تا بشکفد. با اضافه کردن لایه‌های جدید و آبیاشی، این عمل تکرار می‌شود تا ارتفاع کلوخه‌های انباشته به حدود یک متر برسد. روی توده آهک شکفته را با کاهگل اندود می‌کنند و می‌گذارند تا بشکفد و به صورت گرد درآید. پس از سرند کردن و گرفتن ناخالصیها، آن را به مصرف می‌رسانند.

ب: روشهای صنعتی

این روشها به خاطر کاهش دستمزد و بالا رفتن بازده کار و کاهش خطر ابداع شده و به قرار زیرند:

۱- استفاده از هیدراتور

هیدراتور استوانه‌ای است که به صورت افقی یا قائم، کار گذارده شده و درون آن همزنهایی نصب گردیده است. خرده سنگ یا گرد سنگ آهک زنده را در هیدراتور ریخته و پس از بستن در هیدراتور و افزودن آب، محتویات آن را به هم می‌زنند. بسته به مقدار آب از شیر آهک تا گرد آهک شکفته به دست می‌آید.

۲- شکفتن آهک با بخار آب

کلوخه‌های ریز یا گرد آهک زنده را در اتوکلاو قرار داده و با دمیدن بخار آب با فشار ۳-۴ اتمسفر آنها را هیدراته می‌کنند. این روش بیشتر برای تسریع در شکفتن آهک و هیدراته کردن آهکهایی که ناخالصی بیشتری دارند، به کار برده می‌شود و محصول آن گرد آهک شکفته است.

در روشهای صنعتی، آهک شکفته به دست آمده را آسیاب کرده و با سرند کردن یا ایجاد گردباد، آن را دانه‌بندی و سپس بسته‌بندی می‌کنند.

آهک شکفته چنانچه در مجاورت هوا قرار گیرد، با دی‌اکسیدکربن موجود در هوا، ترکیب شده و دوباره سنگ آهک یا کربنات کلسیم به وجود می‌آید.

از گرما دادن آهک هیدراته تا حدود ۴۰۰ درجه می‌توان مجدداً آهک زنده به دست آورد. آهک‌های آبی به ویژه آنهایی که دارای ناخالصی زیادند و ترکیبشان به سیمان پرتلند نزدیک است، در مجاورت آب نمی‌شکفند، بلکه باید آنها را آسیاب کرد.

آهک شکفته در ساختن شفته و ملاتهای ماسه‌آهک، گل‌آهک، باتارد (ماسه آهک سیمان) گچ و آهک، در کارهای بنایی و اندودها مصرف می‌شود. همچنین در ساختن چسباننده‌های آهک - پوزولان، آهک - سرباره، آجر ماسه آهکی، پایدار کردن خاک و ساختن خشتهای پایدار شده آهکی، بتن آهکی سنگین و متخلخل از آهک بهره‌گیری می‌شود.

افزودن آهک به ملاتهای سیمانی باعث افزایش خاصیت خمیری و قابلیت کاربرد، افزایش آب‌نگهداری، افزایش انعطاف‌پذیری بیشتر ملات تحت تنش و چسبندگی بیشتر ملات به مصالح بنایی می‌شود.

کاهش نفوذپذیری ملات‌ها و اندودها به آب، کاهش جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن ملات و ثابت ماندن حجم آن پس از گرفتن و سخت شدن از دیگر محاسن افزودن آهک به ملاتهای سیمانی است، آهک با خاک احتمالی موجود در ماسه ترکیب شده و از آثار مخرب خاک در ملاتهای سیمانی می‌کاهد، مصرف آهک در پایدار کردن خاک نیز معمول است و بسیاری از ویژگیهای خاک را بهبود می‌بخشد، کاهش زمان خشک شدن مخلوط در نواحی مرطوب، کاهش میزان انقباض و انبساط خاک بر اثر تغییر رطوبت، تسریع در شکستن کلوخه‌های خاک رسی، افزایش مقاومت، کاهش نفوذ رطوبت و افزایش دوام و پایداری خاک از جمله مزایای استفاده از آهک به شمار می‌آید.

۲-۷-۳-۲ انطباق با مشخصات و استانداردها

آهک مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی و سایر مشخصه‌ها با آنچه در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی، دستور کارها و دیگر مدارک پیمان ذکر شده است، مطابقت داشته باشد. مشخصات کارخانه سازنده و کیفیت سنگ آهک مصرفی در تولید آهک باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی آهک و روشهای آزمایش آن باید مطابق استاندارد ایرانی تجدید نظر شده "آهک ساختمانی" به شماره ۲۷۰ باشد. چنانچه تا زمان انعقاد پیمان استانداردهای ایرانی دیگری درباره آهک تدوین یا تجدید نظر شود، استانداردهای مزبور نیز ملاک عمل قرار خواهند گرفت. تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد، در درجه اول استاندارد "سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)" معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد بین‌المللی به ترتیب استاندارد آمریکایی ASTM، آلمانی DIN و بریتانیایی BS معتبر و مورد عمل قرار خواهد گرفت.

۲-۳-۷-۳ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

آهک مصرفی در هر پروژه باید با توجه به مورد و محل مصرف، شرایط اقلیمی و جوی، شرایط رویارویی و سایر عوامل تعیین کننده انتخاب شود.

در استاندارد ایرانی تجدید نظر شده "آهک ساختمانی" به شماره ۲۷۰، آهک زنده به انواع کلسیومی (آهک سفید)، نیمه آبی (آهک خاکستری) و منیزیمی تقسیم‌بندی شده و شرایط و روشهای آزمایش شیمیایی آن درج گردیده است.

ویژگیهای شیمیایی انواع آهک زنده باید مطابق جدول شماره ۲-۳-۷-۳ باشد.

ریزی دانه‌های گرد انواع آهک باید به قسمی باشد که (۹۵٪) آن از الک ۳۰۰ میکرونی و (۱۰۰٪) آن

از الک ۱۸۰ میکرونی بگذرد و افت سرخ شدن آهک شکفته کمتر از (۳۰٪) باشد.

آهک باید در جایی مصرف شود که هوا نمناک باشد یا دست کم آن را به مدت ۲۸ روز با وسایلی

نمناک نگه دارند.

جدول شماره ۲-۷-۳-۳ ویژگیهای شیمیایی آهک زنده

نوع آهک			نوع مواد موجود در آهک	روش تجزیه طبق پیوست استاندارد
مینزیمی	خاکستری	سفید		
۶	۶	۶	حداکثر مقدار گاز کربنیک	-
۳	۳	۳	حداکثر مواد نامحلول	۳
۸۵	۷۰	۸۵	مقدار اکسید کلسیم + اکسید منیزیم	-
*	۵	۵	حداکثر مقدار اکسید منیزیم	-
۵	*	*	حداقل مقدار اکسید منیزیم	-
*	۶	*	حداقل میزان سیلیس محلول	۵

* قابل اغماض

۴-۳-۷-۲ آهکهای مناسب برای مصارف گوناگون

باید برای مصارف مختلف و شرایط متنوع، آهکهایی به شرح جدول ۴-۳-۷-۲ انتخاب گردد.

جدول ۴-۳-۷-۲

نوع آهک	موارد مصرف
خمیر یا گرد آهک شکفته‌ای که به صورت دوغاب در آمده باشد (آهک سفید)	ملاطهای ماسه‌آهک، گل‌آهک، گچ‌آهک، و باتارد. پایدار کردن خاک در راهسازی، خشتهای پایدار شده با آهک، شفته آهکی، پی‌سازی در خاکهای معمولی، بتن آهکی سنگین و متخلخل
آهکهای آبی	ملاط و اندود ساختمانهای دریایی، پی‌سازی در خاکهای سولفات‌دار با سولفات زیاد
آهکهای نیمه آبی (خاکستری)	پی‌سازی در خاکهای سولفات‌دار با سولفات کم
آهک زنده کلسیومی پرمایه	پایدار کردن خاک در راهسازی، آجر ماسه‌آهکی، بتن آهکی سنگین و متخلخل، سیمان آهک پوزولان و آهک سرباره
دوغاب آهک کم مایه	شفته پی‌سازی ساختمانهای کم ارتفاع

۲-۷-۳-۵ حمل و نقل و نگهداری

آهک زنده را باید از اثر آب و دی‌اکسید کربن هوا حفظ کرد و همانند سیمان در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگهداری نمود. آهک هیدراته نیز باید در محل مناسبی نگهداری شده و از نفوذ دی‌اکسید کربن هوا و تابش آفتاب مصون باشد تا از خشک شدن آن جلوگیری به عمل آید. مشخصات آهک باید روی ظروف حمل و کیسه‌ها نوشته شود. روی هم رفته، شرایطی که در نگهداری سیمان، بند ۲-۷-۲-۸ ذکر شده است، در مورد آهک نیز باید رعایت گردد. چنانچه آهک مدتی در انبار بماند و از نظر کیفیت مشکوک باشد، دستگاه نظارت حق دارد آزمایش آن را قبل از مصرف خواستار گردد. چنانچه نتیجه آزمایشها با مشخصات مندرج در استاندارد تطابق نداشته باشد، می‌تواند دستور خروج این مصالح را از کارگاه صادر نماید. کار کردن با آهک و جابه‌جا کردن آن مستلزم رعایت نکات ایمنی است.

۴-۷-۲ گچ ساختمانی

۲-۷-۴ کلیات

گچ از مواد چسباننده ساختمانی و مطابق تعریف مندرج در ۲-۷-۱ نوعی چسباننده هوایی است. گچ ساختمانی از پختن سنگ گچ در گرمای حدود ۱۸۰ درجه به دست می‌آید. فرمول شیمیایی سنگ گچ، سولفات کلسیم با دو ملکول آب $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است که پس از پختن، حدود (۷۵٪) از آب آن بخار شده و گچ ساختمانی با فرمول شیمیایی $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ حاصل می‌گردد. گچ خالص، سفید رنگ است، ولی ناخالصیها سبب تغییر رنگ آن می‌شوند. وجود زغال آن را خاکستری، هیدروکسید آهن آن را زرد روشن، FeO آن را کبود چرک و Fe_2O_3 آن را به رنگ قرمز در می‌آورد. چنانچه به سنگ گچ تا حدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد حرارت دهند، آب بیشتری را از دست داده و به $\text{CaSO}_4 \cdot 0.3\text{H}_2\text{O}$ یا گچ اندود تبدیل می‌گردد. در گرمای حدود ۳۰۰ درجه تمام آب سنگ گچ بخار شده و سولفات کلسیم بدون آب یا انیدریت CaSO_4 حاصل می‌شود. گچ ساختمان، گچ اندود و انیدریت با آب ترکیب شده و مجدداً به سنگ گچ با دو ملکول آب شیمیایی تبدیل می‌شوند، ولی محصول به دست آمده هیچ گاه مقاومت مکانیکی سنگ گچ اولیه را ندارد. در گرمای بیش از ۳۰۰ درجه (تا حدود ۳۲۰ درجه)

گچ می‌سوزد و میل ترکیبی آن با آب از دست می‌رود. در این صورت برای ترکیب گچ با آب به کاتالیست‌هایی مانند زاج سفید K_2SO_4 ، Al_2O_3 ، سولفات‌های سدیم، پتاسیم، روی، کلسیم، گرد آهک یا سیمان نیاز خواهد بود.

محصول کوره‌های گچ‌پزی سنتی، نامرغوب و بخشی از آن نیم‌پخته، قسمتی سوخته و فقط حدود نیمی از آن پخته است. گچ کوره‌های دوار، مرغوب‌تر و خالص‌تر است. مصرف گچ ساختمان در کارهای معمولی مانند ملات گچ و خاک، گچ و ماسه، تولید قطعات پیش‌ساخته، بلوک‌های گچی و مانند اینها است. گچ اندود که کندگیرتر است، برای سفیدکاری مناسب می‌باشد. چنانچه گچ اندود بیش از اندازه به هنگام ساختن ورز داده شود، به گچ کشته تبدیل می‌گردد که گیرش آن کند است و فرصت کافی برای پرداخت آن وجود دارد و به این دلیل در قشر رویی سفیدکاری مصرف می‌شود.

افزودن خاک رس و آهک به گچ، نیز آن را کندگیر می‌کند و گچ، را برای مصرف در اندود مناسب می‌سازد. با خمیر کردن گرد گچ در محلول زاج سفید و پخت مجدد آن گچ مرمری^۱ به دست می‌آید که در برابر آب پایداری مناسبی دارد و از آن برای اندود کردن نقاط مرطوب و مکان‌هایی که نیاز به شستشو دارند، استفاده می‌شود.

انواع دیگر گچ مورد مصرف در ساختمان عبارتند از گچ مخصوص سطوح بتنی و گچ درزگیری که در ایران آن را به نام گپیتون می‌شناسند.

۲-۴-۷-۲ انطباق با مشخصات و استانداردها

گچ مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و سایر مشخصه‌ها با آنچه در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی، دستور کارها و سایر مدارک پیمان ذکر شده است، مطابقت داشته باشد. نوع گچ به لحاظ کیفیت، کارخانه سازنده و تناسب آن برای مصارف بخصوص باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گچ ساختمانی و روش‌های آزمایش آن باید مطابق استاندارد ایرانی تجدید نظر شده دوم گچ ساختمانی به شماره ۲۶۹ باشد. چنانچه تا زمان انعقاد

۱. در ایران گچ مرمری با نام تجارتي عاج توليد مي‌شد.

پیمان استانداردهای ایرانی دیگری در باره گچ، تدوین یا تجدید نظر شود، استانداردهای مزبور نیز ملاک عمل قرار خواهند گرفت. تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد، در درجه اول استانداردهای "سازمان بین‌المللی استاندارد ISO" معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد بین‌المللی به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، آلمانی DIN و بریتانیایی BS معتبر و مورد عمل قرار خواهد گرفت.

۲-۷-۴-۳ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

گچ مصرفی در هر پروژه باید با توجه به محل و مورد مصرف، شرایط اقلیمی و جوی، شرایط رویارویی و سایر عوامل مؤثر انتخاب شود.

در استاندارد ایرانی تجدید نظر شده دوم به شماره ۲۶۹، گچ ساختمانی به انواع زیرکاری و پرداخت گروه‌بندی شده و شرایط و روشهای آزمایش آنها تشریح شده است.

بر طبق استاندارد مذکور ویژگیهای فیزیکی انواع گچ باید مطابق جدول ۲-۷-۴-۳ (الف) و ویژگیهای شیمیایی آنها باید بر طبق جدول شماره ۲-۷-۴-۳ (ب) باشد.

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

جدول ۲-۷-۴-۳ (الف) ویژگیهای فیزیکی انواع گچ ساختمانی

مقاومت خمشی (مگاپاسکال)	مقاومت فشاری (مگاپاسکال)	زمان گیرش (دقیقه)		دانه‌بندی		نوع گچ
				مانده روی الک (درصد وزنی)	چشمه الک (میلیمتر)	
حداقل ۲/۵	حداقل ۷	۱۰ تا ۱۵	۴ تا ۸	صفر	۲/۵	گچ زیرکاری (ساختمانی)
				کمتر از ۵	۱/۴	
حداقل ۲/۵	حداقل ۷	۱۰ تا ۱۵	۴ تا ۸	۱۵ تا ۸	۰/۵	گچ پرداخت (اندود)
				صفر	۰/۵۰	
				کمتر از ۲	۰/۲۵	

جدول ۲-۷-۳ (ب) ویژگی‌های شیمیایی گچ ساختمانی

ردیف	نوع مواد موجود در گچ	حدود قابل قبول (درصد وزنی)
۱	انیدرید سولفوریک SO ₃	حداقل ۳۶
۲	اکسید کلسیم CaO	حداقل ۲۴
۳	اکسید سدیم Na ₂ O	حداکثر ۰/۳۰
۴	اکسید منیزیم MgO	حداکثر ۰/۶۰
۵	آب ترکیبی H ₂ O	حداکثر ۶

۴-۷-۳-۴ گچ‌های مناسب برای مصارف مختلف

برای مصارف گوناگون و شرایط متنوع، انواع گچ باید به شرح جدول ۴-۷-۳ باشد.

جدول ۲-۷-۴-۴

نوع گچ مناسب	موارد مصرف
گچ ساختمانی* CaSO ₄ , 0.5H ₂ O	کارهای عمومی مانند ملات‌های گچ، گچ و خاک، گچ و ماسه، تولید قطعات پیش‌ساخته و بلوک‌های گچی، بتن گچی در نقاطی که میزان رطوبت نسبی هوا کمتر از ۶۰ درصد باشد.
گچ اندود** CaSO ₄ , 0.3H ₂ O	اندودهای داخلی در مناطقی که رطوبت نسبی هوا کمتر از ۶۰ درصد باشد.
گچ مرمری - ملات گچ و آهک	اندودهای داخلی و نماسازی در مناطقی که رطوبت نسبی هوا بیش از ۶۰ درصد باشد.

* در استاندارد ایران به نام گچ زیرکاری نامگذاری شده است.

** در استاندارد ایران به نام گچ پرداخت نامیده شده است.

۲-۷-۴-۵ حمل و نقل و نگهداری

گچ پخته را باید از اثر آب و رطوبت هوا حفظ کرد و همانند سیمان در ظروف مخصوص یا کیسه‌های آب‌بندی شده نگهداری نمود. مشخصات انواع گچ باید روی کیسه‌ها نوشته شود. به طور کلی شرایطی که برای نگهداری سیمان در ۲-۷-۴-۸ ذکر شده است در باره گچ نیز باید مراعات گردد.

۲-۷-۵ خاک رس برای مصارف ساختمانی

۲-۷-۵-۱ کلیات

خاک رس از ارزان‌ترین و فراوان‌ترین مواد چسباننده ساختمانی بوده و مطابق تعریف مندرج در بند ۲-۷-۱ نوعی چسباننده هوایی به شمار می‌رود که به صورت فیزیکی، خشک و سفت می‌شود. خاک رسها مخلوطی از کانیهای مختلف بوده و از پوسیدن فلدسپاتها و میکاها به وجود آمده‌اند. خاک رسها دارای فرمول شیمیایی هیدرو سیلیکات آلومینیوم pH_2O , nAl_2O_3 , mSiO_2 ، به همراه اکسیدهای قلیایی و قلیایی خاکی هستند. خاک رس خالص، سفید رنگ است، ناخالصیها آن را رنگین می‌کنند. خاک رس کبود حاوی FeO یا خاک نباتی است، خاک رس سیاه یا خاکستری کم و بیش دارای زغال است. خاک رس سرخ Fe_2O_3 و خاک رس زرد، هیدروکسید آهن به همراه دارد.

خاک رس آب می‌مکد و ورم می‌کند، به هنگام خشک شدن، جمع شده و ترک می‌خورد. دانه‌های خاک رس به شکل پولک‌هایی است که نازکی آنها بسته به نوع کانی از یک هزارم میکرون تا ۲ میکرون است و در ازای آنها از ۱۰۰ هزارم تا ۳۰۰ هزارم میکرون، وزن ویژه فضایی خاک رس عموماً از ۱۵۰۰ (به حالت شل) تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب (به حالت فشرده و سخت) می‌باشد. خاک رسهای آبرفتی توسط آب، باد و یا در بستر یخچالها جابه‌جا شده و ناخالصیهایی در طول مسیر به آن اضافه گردیده که سبب تغییر رنگ آن شده است. خاک رسهای آبرفتی مانند خاک آجر، خاک سرامیک و خاک نسوز، حاصل ته‌نشین شدن مواد در کف بستر آبهای جاری هستند. به جز مواد رنگ‌زا، ناخالصیهای دیگری نیز در خاک وجود دارد که از آن جمله می‌توان ماسه سیلیسی، ماسه‌آهکی، فلدسپاتها، سولفاتها، املاح آهن، لای و اجزای نباتی به ویژه ریشه گیاهان را نام برد. بسته به میزان ناخالصی، خاک رسها به سه گروه

پرمایه، میان‌مایه و کم‌مایه تقسیم‌بندی می‌شوند که بدیهی است خاک رس‌های پرمایه کمترین ناخالصی را دارا هستند.

خاک رس در ساختن شفته، ملات‌های گل آهک، گچ و خاک، گل و کاهگل مصرف می‌شود. مصرف خاک در ملات گچ و خاک برای ارزان شدن و کندگیر کردن آنست. در ملات گل آهک و شفته، خاک رس با آهک ترکیب شده و پس از مدتی سیلیکات‌ها و آلومینات‌های کلسیم ایجاد می‌شود، این ترکیب نیاز به هوا نداشته و بنابراین ملات گل آهک و شفته جزء ملات‌های آبی محسوب می‌شوند.

خاک رس پس از آب مکیدن، چسبناک، خمیری و شکل‌پذیر می‌شود. میزان آب‌مکی خاک رس بسته به نوع دانه‌ها و ریزی آنها است. ملات گل خالص تا هنگامی که تر است، حفره‌ریزی ندارد و آب نمی‌تواند از آن نفوذ کند و از این رو برای آب‌بندی آبگیرها و استخرها و بام می‌توان آن را مصرف کرد. این ملات پس از خشک شدن جمع شده و ترک می‌خورد و در این حالت آب می‌تواند در آن نفوذ کند بنابراین برای جلوگیری از ترک خوردن به آن گاه می‌افزایند.

۲-۷-۵-۲ انطباق با مشخصات و استانداردها

خاک رس مصرفی در هر پروژه باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و سایر مشخصه‌ها با آنچه در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی، دستور کارها و دیگر مدارک پیمان ذکر شده است، مطابقت داشته باشد. نوع خاک رس و محل معدن آن باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. چنانچه تا زمان انعقاد پیمان استانداردهای ایرانی در باره خاک رس برای مصارف ساختمانی تدوین یا تجدید نظر شود، این استانداردها ملاک عمل قرار خواهند گرفت تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد در درجه اول استانداردهای "سازمان بین‌المللی استاندارد ISO" معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور، به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، آلمانی DIN و بریتانیایی BS دارای اعتبار بوده و مورد عمل قرار خواهد گرفت.

۲-۷-۵-۳ ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول

خاک رس مصرفی در هر پروژه باید حتی‌المقدور خالص و عاری از مواد آلی، ریشه گیاهان و سایر بقایای نباتی باشد. میزان سولفات‌ها در خاک رس بر حسب SO_3 نباید بیش از (۵/۰٪) و میزان کلرورهای

سدیم و پتاسیم آن مجموعاً بیش از (۰/۱٪) باشد. وجود دانه‌های سنگی درشت برای مصرف خاک در شفته، مشروط بر اینکه دانه‌بندی مناسبی داشته باشد اشکالی ندارد، ولی در مورد ریزی دانه‌های خاک رس مصرفی در ملاتها، حداکثر (۷/۵٪) از دانه‌ها می‌توانند بر روی الک ۱۴۹ میکرون بمانند. حد خمیری PL خاک رس برای ملات باید بین ۱۷ تا ۳۰ باشد.

۴-۲-۶ چسباننده‌های سیاه

۲-۶-۷-۱ کلیات

چسباننده‌های سیاه شامل مواد قیری و قطرانی هستند. قیر جسمی است به رنگ سیاه مایل به قهوه‌ای و چسباننده که از تعدادی هیدروکربور ساخته شده، 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 سولفور کربن، تترا کلرور کربن و تری کلروفلن حل می‌شود. امروزه دو نوع قیر معدنی و نفتی در ساختمان مصرف می‌شود.

هنگامی که موادی آلی مانند چوب، زغال سنگ، تورب و نظایر آنها را در ظروف سربسته و دور از هوا حرارت دهند، از آنها گازهایی برمی‌خیزد که 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 نیمه جامدی از آن به جا می‌ماند که زفت قطران^۱ نامیده می‌شود.

ویژگیهای عمومی قابل توجه چسباننده‌های سیاه عبارتند از: غیر قابل نفوذ بودن در برابر رطوبت و آب، عایق بودن الکتریکی، پایداری در برابر اسیدها، بازها و نمکها، قابلیت ارتجاع، چسبندگی به سایر مصالح و تشکیل قشر نازک بر روی آنها، از طرفی چسباننده‌های سیاه دارای معایبی هستند که اهم آنها عبارتند از: تجزیه شدن در گرمای زیاد و تبدیل آنها به زغال همراه با اشتعال، از دست رفتن چسبندگی آنها در محیطهای مرطوب و آلوده به خاک و مواد نرم و تغییر شکل در برابر فشار و برخی حلالها.

◀◀ ۱۱-۲ مواد افزودنی بتن

◀ ۱-۱۱-۲ کلیات

مواد اصلی تشکیل دهنده بتن عبارت‌اند از سیمان، آب و مصالح سنگی، به طور کلی هر ماده دیگری که غیر از مواد اصلی به بتن (یا ملات یا دوغاب) در ضمن ساخت افزوده شود، ماده افزودنی^۱ نامیده می‌شود. مواد افزودنی معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن را تغییر داده، برخی از آنها را اصلاح می‌کنند و بعضاً ممکن است سبب اختلال و بروز عیب در پاره‌ای از ویژگیهای مطلوب بتن شوند.

◀ ۲-۱۱-۲ انواع

گروه‌بندی کلی مواد افزودنی عبارتست از:

۱-۲-۱۱-۲ مواد حباب‌ساز

مواد حباب‌ساز، حبابهای بسیار ریز هوا (به قطر متوسط ۵۰ میکرون) را در بتن ایجاد می‌کنند. تولید حباب هوا در بتن، سبب بهبود کیفیت بتن تازه از نقطه نظر کاهش نسبت آب به سیمان، کارایی بهتر، جلوگیری از جدا شدن مواد و رو زدن شیره بتن می‌گردد و سبب پایداری بتن سخت شده در برابر یخزدگی و مواد یخ‌زدا نیز می‌شود. وجود حباب هوا تأثیر چندانی بر کاهش مقاومت فشاری بتن ندارد، بلکه گاهی اوقات به علت کاهش نسبت آب به سیمان، در مجموع موجب افزایش مقاومت آن نیز می‌گردد. بتن با حباب هوا نفوذ ناپذیرتر از بتن معمولی است و از این رو مقاومت آن در برابر سولفات‌ها بیشتر خواهد بود.

عمده‌ترین مواد حباب‌ساز (کفزا) عبارتند از: صمغهای طبیعی چوب، چربیهای حیوانی یا نباتی و اسیدهای چرب آنها، صابونها و مواد پاک کننده^۱. پایدار ماندن کف، از خواص ضروری آنست و در غیر این صورت حبابها در اثر وزن بتن خواهند ترکیب. از این رو علاوه بر مواد کفزا مواد پایدار کننده^۲ حباب نیز افزوده می‌شود. معمولاً حجم حباب هوای وارده در بتن از (۴٪) تا (۸٪) است. در موقع لرزاندن، مقداری از حبابهای هوا از بتن خارج می‌شوند که در صورت لزوم با افزودن میزان مواد حباب‌ساز این کمبود را جبران می‌کنند.

۲-۱۱-۲-۲ مواد کاهنده آب

مواد کاهنده آب برای کاهش مقدار آب اختلاط مورد نیاز در تولید بتن با روانی معین یا افزایش روانی بتن برای مقدار معینی آب به کار می‌روند. بسیاری از مواد کاهش دهنده آب می‌توانند باعث تأخیر در گیرش بتن شوند و برخی از آنها ممکن است تسریع کننده گیرش باشند و گروهی تولید حباب هوا نیز بنمایند. مواد کاهنده آب با مقدار سیمان و اسلامپ ثابت، باعث افزایش مقاومت بتن با کاهش در بروز خطر آب انداختن یا رو زده شدن بتن و جداسدگی اجزا و کاهش نفوذپذیری بتن می‌گردند. مواد کاهنده آب، اغلب از اسیدهای لیگنوسولفونیک^۳ یا اسیدهای هیدروکسی کربوکسیلیک^۴ و نمکهای آنها ساخته می‌شوند.

۲-۱۱-۳-۲ مواد کندگیر کننده

مواد افزودنی کندگیر کننده برای کاهش تأثیر هوای گرم بر گیرش بتن، گاهی اوقات برای طولانی کردن زمان گیرش در کارهای حجیم مانند سدهای بزرگ بتنی یا پمپ کردن بتن در فواصل زیاد یا حمل بتن آماده در مسافتهای دور به کار می‌روند. مصرف این مواد معمولاً موجب کاهش مقاومت اولیه بتن می‌شود. اغلب کندگیر کننده‌ها، روان کننده یا عامل کاهنده آب بتن نیز هستند. در برخی از آنها

1. Detergents
2. Stabilizer
3. Lignosulphonic Acids
4. Hydroxylated Carboxylic Acids

حباب هوا نیز ایجاد می‌شود. معمول‌ترین کندگیر کننده‌ها سولفات کلسیم است که برای تنظیم زمان گیرش سیمان در موقع آسیاب کردن کلینگر به آن اضافه می‌شود. شکر به مقدار حدود (۰/۱٪) وزن سیمان اثر کمی در کندگیر کردن دارد و هنگامی که مقدار آن به (۰/۲٪) برسد، ممکن است گیرش نهایی را تا ۷۲ ساعت نیز تأخیر اندازد. پودر شیر کم چربی، انواع نشاسته کلروهای آمونیوم و آهن، اکسی کلرورها، برات و تارتارات کلسیم و بی‌کربناتهای قلیایی گیرش سیمان را به تأخیر می‌اندازند.

۲-۱۱-۲-۴ مواد تسریع کننده (تندگیر کننده)

مواد تسریع کننده به منظور تسریع در گیرش، سخت شدن و کسب مقاومت زود هنگام به کار می‌روند. کلرور کلسیم از متداول‌ترین مواد تسریع کننده است، ولی اثر چندانی در پایین آوردن درجه حرارت یخ زدن بتن ندارد. قبل از مصرف، باید آن را در آب حل کرده و سپس به آب اختلاط بتن اضافه نمود. زیرا در صورت افزودن آن به صورت خشک، تکه‌های حل نشده در مخلوط ممکن است سبب بیرون پریدگی بتن سخت شده و ایجاد لکه‌های سیاه روی سطح بتن شود. مقدار کلرور کلسیم هیچ‌گاه نباید از (۲٪) وزن سیمان در بتن غیر مسلح تجاوز کند، چون سبب سفت شدن سریع و ازدیاد جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن بتن می‌شود. مصرف آن به خاطر وجود یون کلر، در بتن مسلح و قطعات بتنی که در آن تکه‌های آلومینیومی یا فولادی کار گذارده شده، یا احتمال بروز واکنشهای قلیایی در مواد سنگی آن موجود باشد و یا در معرض آب یا خاک سولفاته قرار گیرد، ممنوع است.

درصدهای معینی از سولفاتهای سدیم و پتاسیم و هیدراکسیدهای سدیم و پتاسیم در تندگیر کردن بتن مؤثرند. مواد مضافی بر مبنای فرماتهای کلسیم و سدیم نیز ساخته شده‌اند که خوردگی آنها کمتر است. گاهی اوقات فرمات کلسیم با مواد بازدارنده خوردگی مانند نیتراتها، بنزواتها و کرماتها مخلوط می‌شود. نیترات کلسیم و چند ترکیب دیگر نیز به عنوان تسریع کننده پیشنهاد شده‌اند. به طور کلی افزودن مواد تندگیر کننده، بیشتر برای فصول سرد و برداشتن قالب قبل از موعد است. اصولاً طرح اختلاط صحیح بتن، گرم کردن آب و سنگدانه‌های آن و عایقکاری حرارتی قالبها به مصرف مواد تسریع کننده ارجحیت دارد.

۲-۱۱-۲-۵ مواد پوزولانی

مواد پوزولانی، مواد سیلیسی یا سیلیسی و آلومینیومی راکتیوی هستند که هرگاه به خوبی آسیاب شوند و به صورت ذرات ریزی به نرمی سیمان درآیند، خود به خود با آب ترکیب نمی‌شوند، ولی در مجاورت موادی نظیر هیدرواکسید کلسیم، سولفات کلسیم و سیمان پرتلند در دمای عادی فعال شده و با آب ترکیباتی شبیه سیمان به وجود می‌آورند که خاصیت چسبانندگی دارد. چرت‌های اپالینی^۱ شیل‌ها^۲ توفها^۳ پامیستی‌ها^۴ خاک دیاتومه^۵ دارای این خاصیت هستند. مواد پوزولانی مصنوعی نیز وجود دارند. سرباره کوره آهن‌گدازی^۶، خاکستر زغال سنگ نرم شده^۷ خاکستر نرم^۸ دوده سیلیس^۹ از این جمله‌اند.

مواد پوزولانی باعث کم کردن حرارت آبیگری سیمان، آب‌بندی نسبی بتن، کاهش واکنش قلیایی سنگدانه‌ها و حمله سولفات‌ها در بتن می‌شود. مواد پوزولانی را می‌توان جانشین بخشی از کلینکر در سیمان کرد. در این صورت کاهش در مقاومت اولیه و ۲۸ روزه بتن رخ می‌دهد، ولی مقاومت در عمرهای بیشتر، افزایش یافته و نه تنها کمبود مقاومت جبران می‌گردد، بلکه گاهی اوقات افزایش نیز می‌یابد.

۲-۱۱-۲-۶ مواد روان ساز یا خمیری کننده

گاهی اوقات به علت شکل نامناسب دانه‌های سنگی، نامناسب بودن دانه‌بندی یا اشکال در انتخاب نسبت‌های اختلاط، مخلوط بتن تازه خشن است. در این شرایط ممکن است، بهبود کارایی مورد نیاز باشد، به ویژه در حالتی که پرداخت سطوح بتنی با ماله مورد نظر است. کارایی بهبود یافته ممکن است در بتن‌ریزی قطعات با میلگرد زیاد، پمپ کردن بتن و بتن‌ریزی توسط لوله نیز مورد استفاده قرار گیرد. بیشتر

1. Opaline Cherts
2. Shales
3. Tuffs
4. Pumicites
5. Diatomaceous Earth
6. Blast Furnace Slag
7. Pulverized Fuel Ash = PFA
8. Fly Ash
9. Silica Fume - SF

اوقات افزایش عیار سیمان یا دانه‌های ریز، کارایی مورد نیاز را تأمین می‌کند. بهترین ماده روانساز، حباب هوا است و به ویژه در بهبود کارایی مخلوطهای کم سیمان خشن مؤثر است. چون حبابهای هوا همانند لغزان ساز عمل می‌کنند.

در مخلوطهایی که مصالح رد شده از الکهای با چشمه ۳۰۰ و ۱۵۰ میکرونی آنها کم است، برای بهبود کارایی، افزودن مواد نرم شده پوزولانی یا بی‌اثر (شیمیایی) متداول است.

۲-۱۱-۲-۷ روان کننده‌های ممتاز^۱

این مواد گونه جدیدی از مواد افزودنی روان کننده و کاهش دهنده آب می‌باشند که دارای اثر روان کنندگی بیشتری هستند، به لحاظ شیمیایی مواد تغلیظ شده فرم‌آلدئید ملامین^۲ می‌باشند که تأثیر زیادی در پخش ذرات سیمان داشته و معمولاً قدری کندگیر کننده نیز هستند.

روان کننده‌های ممتاز در بتن‌ریزی مقاطع پر آرماتور، نقاط غیر قابل دسترس، دال کفها یا راهپا مصرف می‌شوند، بدون اینکه نیاز به مرتعش کردن داشته باشند. مصرف دیگر روان کننده‌های ممتاز در تولید بتن با کارایی عادی، ولی با مقاومت بسیار زیاد به جهت کاهش قابل ملاحظه در نسبت آب به سیمان می‌باشد. برای دستیابی به کارایی معین، ممکن است روان کننده‌های ممتاز تا (۳۵٪) از میزان آب بتن بکاهند و مقاومت ۲۴ ساعته بتن را (۵۰٪) تا (۷۵٪) بالا برند.

۲-۱۱-۲-۸ مواد آب‌بند کننده^۳

در بسیاری از مواقع به ویژه هنگامی که بتن در معرض فشار آب قرار گیرد، غیر قابل نفوذ بودن آن مطرح می‌شود. آب‌بند بودن بتن با مقدار سیمان و آب اختلاط و مدت عمل آوردن آن در شرایط مطلوب و مساعد ارتباط دارد. بتنهای با اسلامپ کم و نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۹، چنانچه به نحو مناسبی ساخته و عمل آورده شوند، تقریباً آب‌بند هستند. موادی که برای آب‌بندی مصرف می‌شوند، معمولاً مواد

1. Super Plastisizers
2. Condensation Product Melamin Formaldehyde
3. Water Proofer

ضد رطوبت (شامل اسید اولئیک، اسید استآریک یا پنتاکلروفیل) و پوزولونها هستند. در صورت تولید سیمان آب‌بند کننده می‌توان از آن به جای سیمان پرتلند معمولی در آب‌بند کردن بتن استفاده نمود.

۲-۱۱-۹ مواد افزودنی متفرقه

مواد افزودنی دیگری نیز وجود دارند که اهم آنها عبارتند از:

- مواد کمکی دوغاب‌ریزی و ترزریق سیمان
- مواد تولید کننده گاز به منظور تولید بتن گازی، معمول‌ترین این مواد پودر روی یا آلومینیوم است.
- مواد زبر کننده سطوح بتن به منظور جلوگیری از لغزش اجسام بر روی کفها.
- مواد رنگی که به سیمان سفید یا پرتلند برای تولید بتن رنگی افزوده می‌شوند.
- ترکیبات عمل آورنده که برای جلوگیری از تبخیر آب از سطوح بتنی در شرایط گرم و وزش باد، بر روی بتن پاشیده می‌شوند.
- مواد دیرگیر کننده سطوح بتنی، به منظور شستشوی خمیر آنها و نمایان شدن دانه‌های سنگ، که ممکن است روی قالب پاشیده یا مالیده یا به صورت ورقه‌های پیش‌ساخته بر روی قالب چسبانده شوند.
- امولسیونهای مواد پلاستیکی (به طور مثال پلی وینیلها) که برای روکشهای سطوح کف یا انجام تعمیرات و لکه‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- مواد پیوندساز به منظور پیوند بهتر بتن کهنه و تازه که بیشتر از مواد پلیمری هستند.
- پلیمرهای ویژه که برای تولید بتنهای پلیمری مخصوص مصرف می‌شوند.
- سایر مواد گوناگون

۲-۱۱-۳ انطباق با مشخصات و استانداردها

مواد افزودنی بتن (و ملاتها و دوغابها) باید از نظر ویژگیهای شیمیایی، فیزیکی، مشخصه‌های ظاهری و رنگ با مشخصات و سایر مدارک پیمان مطابقت داشته باشند. نمونه مواد افزودنی باید قبل از مصرف آزمایش شده و با ذکر نام ماده و کارخانه سازنده به تصویب دستگاه نظارت برسد. چنانچه در حین اجرای عملیات بتنی بنا به دلایلی ماده افزودنی تصویب شده تغییر کند، نمونه جدید باید مجدداً آزمایش

شده و به تأیید دستگاه نظارت برسد. به هر صورت مواد افزودنی باید در طرح اختلاط بتن پاسخگوی نیازهای پروژه باشند.

ویژگیها و روشهای آزمایش مواد شیمیایی افزودنی بتن باید مطابق استاندارد ایرانی شماره ۲۹۳۰ "مواد شیمیایی مضاف بتن، ویژگیها و روشهای آزمون" و هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان در باره مواد افزودنی تدوین یا تجدید نظر گردد، باشد.

تا زمانی که استانداردهای ایرانی در برخی موارد تدوین نشده باشد، در درجه اول استانداردهای "سازمان بین‌المللی استاندارد ISO" معتبر خواهد بود، در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM، بریتانیایی BS و آلمانی DIN ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۴-۱۱-۲-۱ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

نظر به اینکه فرمول شیمیایی مواد افزودنی همیشه معلوم نیست و واکنش آنها در بتن ممکن است گاهی اوقات سبب ضرر و زیان شود، باید حتی‌المقدور از مصرف مواد افزودنی ناشناخته خودداری کرد و با تغییر در طرح اختلاط بتن، بهبود شرایط عمل آوردن آن و سایر تدابیر به ویژگیهای مطلوب دست یافت. در صورتی که مجبور به مصرف این مواد شویم، باید قبل از مصرف نسبت به آزمایش آنها اقدام و تأثیر همه جانبه آنها مورد بررسی قرار گیرد.

مواد افزودنی باید یکنواخت بوده و انواع معمول آنها نظیر اسید لیگنوسولفونیک، اسید هیدروکسی کربوکسیلیک و نمکهای آنها یا هیدورکربورها، باید در آزمایش شیمیایی الزامات جدول ۴-۱۱-۲ (الف) را پاسخگو باشند.

ویژگی بتن پس از اختلاط مواد افزودنی باید مطابق جدول شماره ۴-۱۱-۲ (ب) بوده و نتایج حاصل به صورت مدون همراه کالا ارائه گردد. تولید کننده باید به صورت مکتوب متعهد گردد که مشخصات مواد افزودنی که برای مصرف در محل کار عرضه می‌شود، در تمامی موارد با مشخصات استاندارد ایران انطباق خواهد داشت.

جدول ۲-۱۱-۴ (الف)

حد قابل قبول	مشخصات
حداکثر (۳٪) اختلاف وزنی با مقدار داده شده توسط تولید کننده	برای مواد مایع
حداکثر (۵٪) اختلاف وزنی با مقدار داده شده توسط تولید کننده	برای مواد جامد
حداکثر (۲٪) اختلاف وزنی با مقدار داده شده توسط تولید کننده	چگالی (برای مایع)
حداکثر (۱٪) اختلاف وزنی با مقدار داده شده توسط تولید کننده	خاکستر
حداکثر (۵٪) اختلاف وزنی با مقدار داده شده توسط تولید کننده	یون کلر
خنثی	PH

چنانچه قرار باشد مواد افزودنی در بتن آرمه یا بتن پیش‌تنیده مصرف شود، میزان یون کلر موجود در مواد باید کتباً توسط تولید کننده معین گردد. در این مورد باید به محدودیتهای مندرج در فصل ششم از بخش اول آیین‌نامه بتن ایران توجه شود.

شرایط نگهداری، نحوه مصرف، عمر شیمیایی، تاریخ تولید و انقضای مصرف باید همراه کالا باشد. چنانچه قرار باشد از مواد افزودنی که تاریخ مصرف آنها سپری شده استفاده کنند، باید مشخصات ظاهری آنها تغییر نکرده باشد، مواد پاسخگوی آزمایشات مندرج در استاندارد باشند، محدودیتها و توصیه‌های آزمایشگاه مد نظر قرار گیرد و نهایتاً دستگاه نظارت مصرف آنها را تأیید کرده باشد.

جدول ۲-۱۱-۴ (ب) مشخصات فیزیکی مواد شیمیایی افزودنی

ردیف	مشخصات	نوع	کاهش دهنده آب (الف)	کند کننده گیرش آب (ب)	تسریع کننده گیرش (ج)	کاهش دهنده آب و کند کننده گیرش (د)	کاهش دهنده آب و تسریع کننده گیرش (هـ)	روان کننده ممتاز (و)	روان کننده قوی و کند گیر کننده (ز)
۱	میزان آب: حداکثر درصد نمونه نسبت به نمونه کنترلی		۹۵	...	...	۹۵	۹۵	۸۸	۸۸
۲	زمان گیرش: به ساعت اختلاف مجاز نسبت به نمونه کنترلی	ابتدایی:	...	۱ ساعت دیرتر	۱ ساعت زودتر	۱ ساعت دیرتر	۱ ساعت زودتر	...	۱ ساعت دیرتر
	نهایی:	حداقل حداکثر	۱ ساعت زودتر و حداکثر ۱/۲ ساعت دیرتر نباشد	۱ ساعت دیرتر	۱/۲ ساعت زودتر	۱/۲ ساعت دیرتر	۱/۲ ساعت زودتر	۱ ساعت زودتر و ۱/۲ ساعت دیرتر نباشد	۱/۲ ساعت زودتر و ۱/۲ ساعت دیرتر
۳	مقاومت فشاری: حداقل درصد نسبت به نمونه کنترلی		...	...	...	...	...	...	...
	۱ روزه	حداقل	۱ ساعت زودتر و حداکثر ۱/۲ ساعت دیرتر نباشد	۱/۲ ساعت دیرتر	۱ ساعت زودتر	۱/۲ ساعت دیرتر	۱ ساعت زودتر	۱ ساعت زودتر و ۱/۲ ساعت دیرتر نباشد	۱/۲ ساعت زودتر و ۱/۲ ساعت دیرتر
			...	...	...	...	...	۱۴۰	۱۲۵

◀ ۵-۱۱-۲ مواد افزودنی مناسب برای مصارف گوناگون

برای دستیابی به ویژگیهای معین و مقاصد گوناگون، مواد افزودنی باید مطابق جدول ۵-۱۱-۲ انتخاب شوند.

◀ ۶-۱۱-۲ حمل و نقل و نگهداری

بارگیری، حمل و باراندازی محمولات مواد افزودنی باید با دقت صورت گیرد و انواع آنها باید جداگانه بسته‌بندی و انبار شوند. مواد افزودنی باید در مکانهای تمیز و سرپوشیده و در درجه حرارت توصیه شده توسط تولید کننده نگهداری شده و از آلودگی آنها با خاک، مواد مضر، یخ و برف جلوگیری شود. انبارهای بسته باید به طور پیوسته تهویه شده و از تجمع گازهای قابل اشتعال در آنها جلوگیری به عمل آید. انبارهای مواد افزودنی قابل احتراق، باید دور از آتش و مواد قابل اشتعال بوده و برای اعلام و اطفای حریق احتمالی در آنها تدابیر لازم اتخاذ شده باشد.

بر روی بسته‌بندی مواد افزودنی علاوه بر نام تجاری، علامت تجاری تولید کننده، نوع ماده افزودنی، مبنای شیمیایی، درصد وزنی یون کلر، درجه اسیدی یا قلیایی PH، تاریخ تولید و انقضای مصرف، دمای مناسب برای نگهداری، وزن یا حجم کالا، تذکرات ایمنی لازم در زمان انبار کردن یا مصرف مواد (سوزاننده، سمی، خورنده و ...)، توصیه‌هایی در باره موارد غیر مجاز نگهداری و مصرف با سایر مواد به ویژه سیمان و نیز هرگونه عوارضی که روی کیفیت و دوام مواد در مدت انبار کردن آنها اثر می‌گذارد، درج گردد. دستورالعمل مصرف و سایر اطلاعات، باید از سوی کارخانه سازنده مواد به صورت بروشور همراه نمونه و یا کالا تحویل گردد.

جدول ۲-۱۱-۵ مواد افزودنی مناسب برای منظوره‌های گوناگون

نوع مصالح	نوع ماده افزودنی (رده بندی آمریکایی)	تأثیر مورد نظر در بتن
نمکهای صمغهای چوب بعضی مواد پاک کننده مصنوعی ^(۱) نمکهای لیگنین سولفات ^(۲) نمکهای اسیدهای نفتی نمکهای مواد پروتئینی اسیدهای چرب و صنعتی و نمکهای آنها سولفوناتها ^(۳) آلکیل بنزن	مواد حباب ساز (ASTM C260)	بهبود دوام
لیگنو سولفوناتها ^(۴) اسیدهای کربوکسیلی هیدروکسیلی ^(۵) (همچنین تمایل به تعویق زمان گیرش دارند لذا مواد تسریع کننده اضافه می شود)	مواد کاهنده آب (نوع A , ASTM C494)	کاهش آب لازم برای روانی
لیگنین براکس مواد قندی اسیدتارتاریک ^(۶) و نمکهای آن	مواد کندگیر کننده (نوع B , ASTM C494)	تعویق زمان گیرش
کلرور کلسیم (ASTM D98) تری اتانولامین ^(۷)	مواد تسریع کننده (نوع C , ASTM C494)	تسریع در گیرش و کسب مقاومت اولیه
(کاهنده آب نوع A در بالا را ملاحظه نمایید)	مواد کاهنده آب و کندگیر کننده (نوع D , ASTM C494)	کاهش آب و تعویق زمان گیرش
(کاهنده آب نوع A در بالا را ملاحظه نمایید تسریع کننده بیشتری اضافه می شود)	مواد کاهنده آب و تسریع کننده (نوع E , ASTM C494)	کاهش آب و تسریع گیرش
پوزولانهای طبیعی (رده N) خاکستر نرم (رده F و G) ^(۸) سایر مواد (رده S)	مواد پوزولانی (ASTM C618)	بهبود کارایی و حالت خمیری

نوع مصالح	نوع ماده افزودنی (رده بندی آمریکایی)	تأثیر مورد نظر در بتن
پودر آلومینیوم صابون صمغ و چسبهای نباتی یا حیوانی ساپونین ^(۹) پروتئین هیدرولیز شده	مواد تولید کننده گاز	ایجاد انبساط هنگام گیرش
استارات کلسیم، آلومینیوم، آمونیوم، یا بوتیل ^(۱۰) روغنهای یا گریسهای نفتی کلروهای محلول	مواد آب بند کننده	کاهش نفوذ پذیری
پوزولانها	آسان کننده پمپاژ	بهبود قابلیت پمپ کردن
پلیمرهای آلی فسفات تری بوتیل ^(۱۱)	کاهنده هوا	کاهش مقدار هوا
مواد تغلیظ شده ملامین فرمالدئید سولفوناته ^(۱۳) مواد تغلیظ شده نفتالین فرمالدئید سولفوناته ^(۱۴)	روانسازهای ممتاز ^(۱۲)	روانی زیاد

۱- Detergents

۲- Salts of Sulfonated Lignin

۳- Alkylbenzene

۴- Lignosulfonates

۵- Hydroxylated Carboxylic Acids

۶- Tartaric Acid

۷- Triethanolamine

۸- Fly Ash

۹- Saponin

۱۰- Butyl

۱۱- Tributyl Phosphate

۱۲- Super Hhastisizors

۱۳- Sulfonated Melamine Formaldehyde

۱۴- Sufonated Naphthalene Formaldehyde Condenastes

◀ ۱۵-۲ مصالح عایقکاری، رطوبتی، نم‌بندی^۱، آب‌بندی^۲ و بام‌پوششها^۳

◀ ۱-۱۵-۲ کلیات

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

◀ ۲-۱۵-۲ انواع

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

۱-۲-۱۵-۲ خاک رس

خاک رس از مصالح بسیار مناسب برای آب‌بندی است، بخصوص خاک رسهایی که حاوی مقدار زیادی بنتونیت باشند. در گذشته بامها را با کاهگل و کف و دیواره حوضها را با خاک رس پرمایه، اندود می‌کردند، اکنون نیز کاهگل در بام مناطق روستایی مصرف می‌شود و دیواره و کف منابع آب موقت، در کارگاههای ساختمانی با خاک رس پرمایه اندود می‌شود. خاک رس به هنگام خشک شدن، جمع شده و

-
1. Damp Proofing
 2. Water Proofing
 3. Roofing Materials

ترک می‌خورد، وجود کاه در کاهگل از ترک خوردگی آن جلوگیری می‌کند. افزودن آهک به خاک رس باعث کاهش انقباض و انبساط ناشی از خشک و تر شدن آن می‌گردد. در بعضی مناطق، مصرف شفته برای شیب‌بندی بام مرسوم است که در عین حال، آب‌بند کننده مناسبی نیز به شمار می‌رود. چنانچه به خاک رس قدری مواد قیری افزوده شود، در این صورت باعث بهتر چسبیدن آن به ویژه به سطوح قائم می‌شود. کاربرد یک ورقه پلاستیکی نازک به همراه خاک رس به منظور اقدامی اضافی و احتیاطی، مناسب است.

۲-۱۵-۲-۲ مواد قیری و قطرانی

مواد قیری و قطرانی (چسباننده‌های سیاه) از پرمصرف‌ترین مواد در عایقکاری رطوبتی به شمار می‌روند که در بند ۲-۷-۶ به تفصیل در باره آنها بحث شده است. این مواد را ممکن است با گرم کردن، حل کردن در حلالهای مناسب یا به صورت امولسیون در ساختن لایه‌های آب‌بندی و نم‌بندی مصرف نمود. مصالحی مانند چوب، مقوا و مواد نساجی را در کارخانه با این مواد آغشته نموده و به صورت پیش‌ساخته برای مصرف آماده می‌کنند. تغییر مکانها و جابه‌جایی اجزای ساختمان در اثر پدیده‌هایی چون نشست پی، نیروهای زلزله، اختلاف درجه حرارت بین اجزای ساختمانی، تغییرات شبانه‌روزی و فصلی دما، هر کدام به تنهایی یا مجموعاً می‌توانند تنشهای کششی و برشی در قشر عایق ایجاد کنند و در نتیجه سبب پارگی آن شوند. از این رو برای جلوگیری از ایجاد ترکهای ریز، الیاف و بافته‌هایی در لایه‌های نم‌بندی قرار می‌دهند. معمول‌ترین مصالحی که برای تقویت قشر عایق در آن قرار می‌دهند، عبارتند از: مواد نساجی از انواع (کنف - چتائی یا گونی)، پنبه، مواد مصنوعی پلاستیکی و لاستیکی، الیاف شیشه، پشم شیشه، نمد شیشه، کاغذ و مقوا.

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

لایه‌های عایق رطوبتی را به کمک چسبها و مواد قیری و قطرانی در محل مورد نظر اجرا می‌کنند. معمول‌ترین روش آب‌بندی و نم‌بندی در ایران استفاده از قیر به همراه لایه‌هایی از گونی (چتائی) می‌باشد که قیرگونی نام گرفته است. قیر جامد را حرارت داده و به حالت گرم بر روی بستری از اندود

ماسه سیمان می‌مانند. لایه‌ای از گونی بر روی آن می‌کشند و از نو قشری از قیر گرم را بر روی گونی می‌مالند و در صورت نیاز این عملیات را تکرار می‌کنند. در سالهای اخیر، ساختن و مصرف انواع عایقهای پیش‌ساخته با مواد قیری و پلاستیکی به همراه مقوا، گونی، منسوجات پنبه‌ای، شیشه‌ای و نظایر آن رایج شده است. در کشورهای صنعتی قطعات کوچک عایقهای پیش‌ساخته از این نوع به نام شینگل^۱ رایج است.

۲-۱۵-۳ فلزات و آلیاژها

فلزات و آلیاژها مصالح بسیار مناسب و مطلوبی برای عایقکاری هستند، ولی به علت گرانی، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. عمده‌ترین فلزات که در پوشش بامهای شیب‌دار (شیروانیها) به صورت صاف و موجدار و نیز در ساختن آبروها و درزبندی و درزپوشی مصرف می‌شود، ورق فولادی گالوانیزه (یا اصطلاحاً آهن سفید) است. از حلبی یا ورق فولادی قلع‌اندود^۲ نیز به طور محدود استفاده می‌شود. فولاد زنگ‌نزن و مس، فلزاتی گرانبها هستند که جز در موارد استثنائی مصرف آن مقرون به صرفه نیست. آلومینیوم نیز مانند مس گران است، ولی دوام آن بسیار خوب بوده و جبران گرانی قیمت آن را می‌کند. این فلز را به صورت ورقهای صاف و موجدار بزرگ و شینگل، در پوشش شیروانی بامها مصرف می‌کنند، از ورقه‌های بسیار نازک آلومینیوم، مس، سرب، روی، قلع و آلیاژهای گوناگون به همراه عایقهای پیش‌ساخته قیری و لابه‌لای آنها به صورت مغزی استفاده می‌شود.

۲-۱۵-۴ فرآورده‌های پنبه کوهی - سیمان

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

1. Shingle

2. Bright Plate= Tin Plate

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

نوع دیگر از فرآورده پنبه کوهی - سیمان که به "اردواز" مشهور شده، قطعات صاف با ابعاد کم است که به تقلید از سنگ لوح ساخته شده‌اند و در موقع سوار شدن روی هم حدود $\frac{2}{3}$ سطح همپوشانی دارند، ضخامت قطعات حدود ۴ میلیمتر است.

۲-۱۵-۲-۵- پوشش بامهای شیبدار

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

۲-۱۵-۲-۶- مواد پلاستیکی و لاستیکی

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

۲-۱۵-۲-۷ ملاتهای ویژه

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

۲-۱۵-۲-۸ چوب

از چوب گونه‌های مختلف، در کشورهایی که دارای چوب خوب و فراوان هستند، قطعاتی به نام شینگل^۱ و شیک^۲ می‌تراشند و همانند سنگ لوح یا آزبست - سیمان روی یکدیگر قرار می‌دهند، به قسمی که آب باران و برف نتواند از لابه‌لای آنها به درون ساختمان نفوذ کند. در بعضی از کشورها مصرف چوب یا تخته فیبری مصنوعی که با مواد قیری و قطرانی آغشته شده‌اند، در پوشش شیروانیها رایج است. ابعاد شینگلها و شیکها از ۴۰۰ تا ۶۰۰ و ضخامت آنها از ۱۰ تا ۱۳ میلیمتر می‌باشد.

۲-۱۵-۲-۹ شیشه

در پوشش بام، شیشه به دو صورت مصرف می‌شود، یکی موجدار همانند ورقهای سیمان - پنبه کوهی به ضخامت حدود ۱۰ میلیمتر که به همراه این ورقها و ورقهای فلزی به عنوان نورگیر به کار می‌رود و دیگری به صورت تخت و مسلح با توری فلزی به ضخامت حدود ۶ میلیمتر که در قاب فلزی، نصب و در نورگیرهای بام به مصرف می‌رسد. از الیاف شیشه و پشم و نمد شیشه نیز همانطور که قبلاً ذکر شد، برای تقویت عایقهای رطوبتی استفاده می‌شود.

1. Shingle

2. Shake

۲-۱۵-۳ انطباق با مشخصات و استانداردها

انواع مصالح مصرفی در نم‌بندی، آب‌بندی و بام‌پوش باید از نظر ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و مشخصه‌های ظاهری با آنچه در نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است، منطبق باشد. نمونه مصالح مصرفی باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ویژگیهای مصالح مصرفی در نم‌بندی، آب‌بندی و بام‌پوش باید مطابق استانداردهای ایرانی زیر باشد:

- استاندارد مربوط به فلزات مذکور در بند ۲-۵-۲

- استاندارد مربوط به چوب مذکور در بند ۲-۶-۲

- استاندارد مربوط به چسباننده‌های سیاه مذکور در بند ۲-۷-۲-۵

- استاندارد مربوط به پلاستیکها مذکور در بند ۲-۱۲-۳

- استاندارد مربوط به فرآورده‌های پنبه کوهی سیمان مذکور در بند ۲-۱۴-۲

- هر استاندارد ایرانی دیگری که تا زمان انعقاد پیمان در باره مصالح عایقکاری رطوبتی (نم‌بندی،

آب‌بندی و بام‌پوشها)، تدوین یا تجدیدنظر شود.

تا زمانی که استاندارد ایرانی در پاره‌ای از موارد تدوین نشده باشد، در درجه اول استانداردهای "سازمان بین‌المللی استاندارد ISO" معتبر خواهد بود و در صورت نبودن استاندارد مذکور به ترتیب استانداردهای آمریکایی ASTM و بریتانیایی BS و آلمانی DIN ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

۲-۱۵-۴ ویژگیها و حداقل حدود قابل قبول

ویژگیهای مصالحی که قبلاً از آنها بحث شده است: برای ویژگیهای فلزات به بند ۲-۵-۳، برای ویژگیهای چوب به بند ۲-۶-۳، برای ویژگیهای چسباننده‌های سیاه به بند ۲-۷-۴، برای ویژگیهای پلاستیکها به بند ۲-۱۲-۴، برای ویژگیهای فرآورده‌های پنبه کوهی سیمان به بند ۲-۱۴-۳ رجوع گردد.

۲-۱۵-۴-۱ ویژگیهای گونی

گونی باید کاملاً تمیز، نو، خشک و بدون آلودگی و حتی الامکان بدون چروک باشد. ویژگیهای گونی کفی برای عایقکاری رطوبتی، باید مطابق جدول ۲-۱۵-۴-۱ باشد.

جدول ۲-۱۵-۴-۱ ویژگیهای گونی کفی برای عایقکاری رطوبتی

ردیف	شرح ویژگی	حدود قابل قبول	روش آزمایش
۱	وزن یک متر مربع به گرم (حداقل)	۳۱۰	استاندارد ایران به شماره ۱۱۴۸
۲	تعداد تار در یک دسیمتر	۴۳±۳	استاندارد ایران به شماره ۶۸۲
۳	تعداد پود در یک دسیمتر	۴۳±۳	استاندارد ایران به شماره ۶۸۳
۴	مقاومت در جهت تار به نیوتن (حداقل)	۶۸۶	استاندارد ایران به شماره ۱۱۴۷
۵	مقاومت در جهت پود به نیوتن (حداقل)	۷۸۴	استاندارد ایران به شماره ۱۱۴۸
۶	چربی نخ درصد وزنی (حداکثر)	۲	استاندارد ایران به شماره ۳۰
۷	اندازه چشمه در جهت تار و پود به میلیمتر	حداقل ۲/۲	چشمی
		حداکثر ۲/۵	
۸	یکنواختی	در ظاهر دارای بافت یکنواخت باشد	چشمی

۲-۱۵-۴-۲ ویژگیهای گونی قیراندود

الف: کشیده شدن

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

ب: خم شدن

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

پ: مقاومت در مقابل حرارت

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

ت: وزن

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

ث: ضخامت

ضخامت گونی قیراندود باید حداقل ۳ میلیمتر باشد.

ج: تردی

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

چ: عدم آلودگی

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

ح: همواری آغشتگی

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

◀ ۲-۱۵-۵ مصالح مناسب برای مصارف گوناگون

برای مصارف مختلف، عایقها و بامپوشهایی باید انتخاب شوند که در جدول ۲-۱۵-۵ آمده است.

◀ ۲-۱۵-۶ حمل و نقل و نگهداری

در این مورد به مندرجات بندهای ۲-۵-۵، ۲-۶-۵، ۲-۱۲-۷ و ۲-۱۴-۵ مراجعه شود.

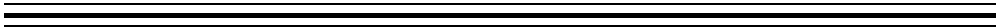
جدول ۲-۱۵-۵ مشخصات عایقهای رطوبتی و بام‌پوشهای مناسب برای کارهای مختلف

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

1. Translucent

2. Transparent

۴



شفته

◀◀ ۱-۴ کلیات

مندرجات این فصل از نشریه شامل دستورالعملهای ساخت، حمل، ریختن و عمل آوردن شفته آهکی می‌باشد. کمیت و کیفیت مصالح مصرفی شامل آهک و خاک، میزان آهک با توجه به خاک محل مصرف از نظر کیفیت و دانه‌بندی و نحوه عمل آوردن، باید در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردد. پیمانکار موظف است تدابیر لازم را برای تهیه مصالح، ساخت و پروردن صحیح شفته آهکی زیر نظر دستگاه نظارت به عمل آورد. رعایت نکات زیر به هنگام ساخت و اجرا الزامی است:

الف: قبل از شفته‌ریزی باید محل گودبرداریها و خاکبرداریها با توجه به دستورات دستگاه نظارت و مشخصات فنی خصوصی آماده شود. شفته‌ریزی باید بعد از کنترل ابعاد و رقوم، با اجازه دستگاه نظارت انجام شود.

ب: برای ساخت و عمل آوردن شفته باید در محل کار، مکانهای مناسبی با تأیید دستگاه نظارت برای اختلاط دوغاب آهک و خاک فراهم شود. آهک باید در محلهای مناسب و دور از اثرات عوامل جوی، دپو و به هنگام مصرف به محل ساخت حمل گردد.

◀◀ ۲-۴ مصالح

◀ ۱-۲-۴ آهک

آهک مصرفی باید از نوع آهک مرغوب، انتخاب و خصوصیات آن با مشخصات و مندرجات فصل مصالح مطابقت نماید. مقدار آهک بستگی کامل به نوع خاک مصرفی دارد. بهترین خاک برای ساختن شفته آهکی، خاک با دانه‌بندی پیوسته است که ریزدانه آن از (۲۵٪) و خاک رس آن از (۱۵٪) وزن خاک کمتر نباشد. علاوه بر آن میزان آهک مصرفی بستگی کامل به نوع آهک خواهد داشت. اگر جنس آهک خوب باشد و بیش از (۵۰٪) از میزان آهک آزاد Cao در آب حل شود، بسته به میزان خاک رس موجود در جسم خاک، میزان آهک از ۱۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم آهک در متر مکعب شفته آهک می‌باشد.

◀ ۴-۲-۲ خاک

عموماً با تمامی خاکهای موجود محلی می‌توان شفته آهکی ساخت. هرچه میزان رس خاک بیشتر باشد، میزان آهک برای ساختن شفته آهکی با کیفیت و مقاومت بالاتر، افزایش می‌یابد. برعکس برای خاکهای درشت‌دانه میزان آهک کاهش می‌یابد. به هر صورت با توجه به نوع خاک مصرفی، باید میزان آهک به نحوی انتخاب و مصرف شود که آب آهک به عنوان ماده چسباننده دور دانه‌های خاک مصرفی را اندود کرده، با خاک رس ترکیب شده و جسمی یکپارچه حاصل شود.

◀ ۴-۲-۳ آب

آب مصرفی برای ساخت شفته آهکی عموماً آب قابل شرب بوده و باید عاری از موادی نظیر قلیابیه‌ها، اسیدها و مواد آلی باشد. اصولاً آب بدون بو و بدون طعم و زلال قابل مصرف می‌باشد. مشخصات آب مصرفی، باید با مشخصات فصل دوم این نشریه مطابقت نماید.

◀◀ ۴-۳ ساخت و عمل آوردن

شفته آهکی را باید با دوغاب آهک تهیه نمود. ساختن شفته آهکی با خمیر آهک یا گرد آهک شکفته و مخلوط نمودن آن با خاک به منظور دستیابی به شفته آهکی مرغوب مجاز نمی‌باشد. مصرف دوغاب آهک باعث می‌شود که دوغاب به راحتی دور دانه‌های خاک را اندود نموده و واکنشی یکنواخت میان دانه‌های رس و دوغاب پدید آید. نتیجه این امر گیرش سریع شفته آهکی است که تاب نهایی شفته آهکی را بالا خواهد برد. میزان آب شفته آهکی بستگی به جنس و دانه‌بندی خاک مورد مصرف داشته و در هر محل، باید میزان آب شفته‌های خمیری، سفت یا شل را با روش سعی و خطا و آزمایش و زیر نظر دستگاه نظارت تعیین نمود.

شفته آهکی که با دوغاب ساخته و خوب عمل‌آوری شده باشد، دارای مقاومت ۷ روزه معادل ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تاب ۲۸ روزه حدوداً ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع خواهد بود که این مقاومت برای بستر پی ساختمان یا راه کاملاً مناسب می‌باشد.

شفته آهکی در هوای گرم زودتر گرفته و سخت می‌شود. از این رو شفته آهکی برای مناطق گرم مناسب‌تر از مناطق سردسیر است.

◀◀ ۴-۴ کاربرد

شفته آهکی برای اصلاح و تثبیت خاک پی ساختمان و زیرسازی راههای ارتباطی به منظور تقلیل هزینه‌ها، مورد توجه و توصیه است. به علت سهولت در امر دستیابی به مصالح و بالا بودن ظرفیت باربری شفته آهکی، کاربرد آن رایج است. انجام و محل مصرف شفته آهکی، باید در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی ذکر گردد.



بتن و بتن آرمه

◀ ۵-۱ کلیات

این فصل از نشریه شامل دستورالعملهای ساخت، حمل، ریختن و نگهداری بتن و نیز روشهای اندازه‌گیری و کنترل کیفیت مصالح بتن می‌باشد.

در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی نوع و طبقه بتن، کیفیت مصالح با توجه به منابع موردنظر، توصیه‌های لازم برای مراحل مختلف ساخت و اجرای بتن مطابق مندرجات این نشریه و آیین‌نامه بتن ایران درج می‌شود. پیمانکار موظف به تهیه مصالح با استاندارد موردنظر، ساخت و اجرای صحیح بتن‌ریزی با توجه به روشها و مندرجات این فصل می‌باشد. رعایت مراحل زیر قبل از اجرای کارهای بتنی الزامی است.

الف: با توجه به برنامه زمانبندی اجرای پروژه و نیازها، پیمانکار باید پیش‌بینیهای لازم برای تهیه، حمل و انبار نمودن مصالح، تأمین ادوات و تجهیزات، تهیه شن و ماسه، وسایل اندازه‌گیری مصالح مختلف، ماشین‌آلات حمل، ریختن و تراکم بتن و بالاخره مصالح و ادوات لازم برای نگهداری صحیح بتن را به عمل آورده و جزئیات اجرایی هر قسمت از کار را برای تصویب دستگاه نظارت ارائه نماید.

ب: باید پیش‌بینیهای لازم از نظر تعداد ماشین‌آلات، لوازم و ادوات مختلف برای بتن‌ریزی بدون وقفه، صحیح و مطابق مشخصات توسط پیمانکار صورت گیرد.

پ: قبل از انجام عملیات بتن‌ریزی، محل گودبرداریها، قالب‌بندیها، آرماتوربندیها، درزهای ساختمانی و محل قطعات مدفون در بتن، با توجه به نقشه‌های اجرایی، مشخصات فنی خصوصی و دستورالعملهای مندرج در این نشریه توسط دستگاه نظارت، کنترل و دستور بتن‌ریزی صادر خواهد شد. پیمانکار باید پس از آماده نمودن محل اجرا و سایر عوامل ذیربط کتباً دستگاه نظارت را از زمان شروع بتن‌ریزی آگاه نماید. بدون تصویب قبلی دستگاه نظارت شروع عملیات بتن‌ریزی به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد.

ت: در محل بتن‌ریزی پی‌ها یا محل‌های مشابه باید تمامی راه‌های عبور کارگران، سکوهای کار دستگاه‌های حمل و انتقال بتن، به نحوی توسط پیمانکار محافظت شود که از ورود مواد خارجی به داخل پی یا قالب، آلوده شدن آرماتورها و بالاخره ریزش احتمالی جلوگیری به عمل آید.

« ۵-۲ مصالح

در مورد مشخصات مصالح متشکله بتن به مندرجات فصل مصالح مراجعه شود.

« ۵-۳ ویژگی‌های مهم بتن

« ۵-۳-۱ کلیات

با توجه به نوع سازه و درجه اهمیت آن، باید به ویژگی‌های اصلی بتن به هنگام ساخت، ریختن و نگهداری توجه مخصوص به عمل آید. بتن با کارایی و دوام زیاد به بتنی اطلاق می‌شود که بتواند به راحتی ریخته شود، در مقابل شرایط محیطی خورنده و بالاخره بارهای وارد بر آن به خوبی مقاومت کند و مشخصات آن تغییر ننماید. از این رو پیمانکار باید بر اساس مندرجات این نشریه نسبت به ساخت بتن با کیفیت خوب اقدام نماید. ویژگی‌هایی که باید مورد توجه پیمانکار قرار گیرد به شرح زیر است:

« ۵-۳-۲ کارایی بتن^۱

بتن کارا بتنی است که بتوان به راحتی آن را ساخت، حمل نمود، در قالب موردنظر ریخت و متراکم نمود، بدون اینکه در یکنواختی^۲ آن در طول مراحل فوق تغییری حاصل شود. کارایی بتن بستگی به عوامل زیر داشته و پیمانکار ملزم به رعایت آن می‌باشد.

-
1. Workability
 2. Uniformity

۱-۲-۳-۵ اسلامپ^۱

کارایی به میزان اسلامپ و روانی^۲ بتن ساخته شده، بستگی دارد. میزان اسلامپ بر اساس روش مندرج در استاندارد (دت ۵۰۵) کنترل می‌شود. پیمانکار موظف است بتن موردنظر را بر اساس اسلامپهای خواسته شده در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی تهیه نماید. بتن‌هایی که به هنگام ریختن، اسلامپ‌شان با مشخصات خواسته شده مطابقت ننمایند مردود بوده، باید از مصرف آن خودداری شده و از کارگاه خارج گردند. اضافه نمودن آب برای بالا بردن اسلامپ بتن‌های سفت شده پس از ساخت، به هیچ وجه مجاز نیست و انجام این امر باعث تغییرات کلی در مشخصات بتن ساخته شده خواهد شد. بسته به میزان اسلامپ و نوع کاربرد، بتن به ۴ گروه سفت، خمیری، شل و آبکی تقسیم می‌شود. میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات مختلف بر اساس جدول ۱-۲-۳-۵ توصیه می‌شود.

جدول ۱-۲-۳-۵ میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات بتنی

ردیف	نوع عضو یا قطعه بتنی	اسلامپ به میلیمتر	
		حداقل	حداکثر*
۱	شالوده‌ها و پی دیوارهای بتن آرمه ^۳	۲۵	۷۵
۲	شالوده‌های با بتن ساده، صندوقه‌ها و دیوارهای زیر سازه‌ها	۲۵	۷۵
۳	تیرها و دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۱۰۰
۴	ستونها	۲۵	۱۰۰
۵	دالها و پیاده‌روهای بتنی ^۴	۲۵	۷۵
۶	بتن حجیم	۲۵	۵۰

* در صورتی که لرزش و ارتعاش با روشهای دستی انجام شود به مقدار حداکثر می‌توان ۲۵ میلیمتر اضافه نمود.

1. Slump
2. Consistency
3. Reinforced Foundation Walls
4. Pavement

۵-۳-۲-۲ مصالح مصرفی

از دیگر عوامل مهم در کارایی بتن، انتخاب صحیح مصالح مصرفی و نسبتهای اختلاط آنها است. سیمان با نرمی زیاد باعث بالا بردن کارایی بتن می‌شود. شن و ماسه طبیعی گردگوشه دارای کارایی بیشتری نسبت به شن و ماسه شکسته است و شن و ماسه شکسته مکعبی دارای اولویت بیشتری نسبت به وضعیت مشابه با دانه‌های غیر مکعبی می‌باشد. در هر صورت مصالح سنگی مناسب از عوامل مهم در کارایی بتن محسوب می‌شود و باید با توجه به مندرجات این نشریه و دستورات دستگاه نظارت نسبت به انتخاب آن اقدام شود.

۵-۳-۳-۳ مواد افزودنی^۱

برای بالا بردن کارایی بتن با نسبت آب به سیمان معین، از مواد افزودنی استفاده می‌شود. نوع و میزان مصرف این مواد مطابق مندرجات این نشریه، مشخصات فنی خصوصی و دستورالعملهای کارخانه سازنده خواهد بود. نوع و میزان مصرف مواد افزودنی باید به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۵-۳-۴-۴ درجه حرارت

عدم رعایت درجه حرارت تعیین شده برای مخلوط بتن به هنگام ساخت، باعث بروز اشکالاتی در امر ریختن بتن و نهایتاً تغییرات جدی در ویژگیهای آن خواهد شد. از این رو رعایت مندرجات این نشریه در خصوص "بتن‌ریزی در هوای گرم" و "بتن‌ریزی در هوای سرد" الزامی است.

۵-۳-۵ پایایی^۲ (دوام) بتن

بتنی که در ساخت و نگهداری آن تمامی مشخصات فنی رعایت شود، دارای پایایی زیاد در برابر شرایط محیطی می‌باشد. عوامل مهمی که باید برای دستیابی به بتن پایا به آن توجه شود به قرار زیر است.

1. Admixtures

2. Durability

۵-۳-۳-۱ نسبت آب به سیمان

از خصوصیات مهمی که بر دوام بتن اثر می‌گذارد، میزان آب در مخلوط بتن است. بسته به شرایط محیطی و عملکرد سازه باید نسبت آب به سیمان در مشخصات فنی خصوصی قید شود. در صورت عدم وجود این نسبت، استفاده از ارقام جدول ۵-۳-۳-۱ با توجه به شرایط رویارویی^۱ الزامی است.

جدول ۵-۳-۳-۱ نسبت آب به سیمان با توجه به شرایط رویارویی بتن

نسبت آب به سیمان	شرایط رویارویی
۰/۵	۱- بتن با شرایط نفوذناپذیر الف- در رویارویی با آب صاف
۰/۴۵	ب- در رویارویی با آب لب‌شور ^۲ و آب دریا
۰/۴۵	۲- بتن در معرض شرایط جوی مرطوب و یخ زدن الف- جدول، آبرو، جان‌پناه و مقاطع با ضخامت کم
۰/۵	ب- سایر مقاطع
۰/۴۵	پ- بدون به کار بردن مواد یخ‌زدا
۰/۴۵	۳- برای حفاظت بتن آرمه در برابر خوردگی هنگام رویارویی با نمکهای یخ‌زدا و آبهای لب‌شور، آب دریا و ترشحات حاصل از آن

۵-۳-۳-۲ حداقل مقدار سیمان

انتخاب نسبت صحیح آب به سیمان، تراکم کافی و عمل آوردن مناسب می‌تواند دوام بتن را بهبود بخشد. برای دستیابی به اهداف فوق با نسبت آب به سیمان معین، حداقل میزان مصرف سیمان بسته به قطر مصالح درشت‌دانه بتن، نباید از ارقام مندرج در جدول ۵-۳-۳-۲ کمتر باشد تا امکان لرزاندن و مرتعش ساختن در کارگاه فراهم آید. بسته به شرایط رویارویی و حداکثر قطر شن، میزان حداقل سیمان در جدول مورد بحث داده شده است.

1. Exposure Conditions

2. Brackish Water

جدول ۵-۳-۳-۲ حداقل مقدار سیمان لازم در بتن برای حصول پایایی در شرایط محیطی مختلف
(کیلوگرم در متر مکعب)

بتن ساده ^۱ (بدون آرماتور)				بتن پیش تنیده				بتن آرمه				نوع بتن
۱۰	۱۵	۲۰	۴۰	۱۰	۱۵	۲۰	۴۰	۱۰	۱۵	۲۰	۴۰	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی به میلیمتر
۲۷۵	۲۵۰	۲۲۵	۲۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰	۲۷۵	۲۵۰	۲۲۵	شرایط محیطی
۳۰۰	۲۷۵	۲۵۰	۲۲۵	۳۲۵	۳۲۵	۳۰۰	۳۰۰	۳۵۰	۳۲۵	۳۰۰	۲۷۵	بتن کاملاً محافظت شده در برابر هوا یا شرایط مخرب، بجز مدت کوتاهی که در هنگام ساخت در معرض هوای معمولی واقع می‌شود.
۳۵۰	۳۲۵	۲۷۵	۲۵۰	۳۵۰	۳۲۵	۳۰۰	۳۰۰	۳۵۰	۳۲۵	۳۰۰	۲۷۵	بتنی که از باران شدید و یا یخزدگی در حالی که از آب اشباع شده محافظت گردد. بتن زیر خاک و بتنی که به طور مداوم زیر آب قرار می‌گیرد.
۳۷۵	۳۲۵	۳۰۰	۲۷۵	۴۲۵	۴۰۰	۳۷۵	۳۲۵	۴۲۵	۴۰۰	۳۷۵	۳۲۵	بتنی که در معرض نمکهای یخزدا قرار می‌گیرد.
۳۷۵	۳۲۵	۳۰۰	۲۷۵	۴۲۵	۴۰۰	۳۷۵	۳۲۵	۴۲۵	۴۰۰	۳۷۵	۳۲۵	بتن در معرض آب دریا یا باتلاق یا باران شدید و یا در معرض تر و خشک شدنهای پیاپی و یا یخزدگی هنگامی که تر است، و یا در معرض بخارهای خورنده است.
نیازمند بررسیهای ویژه است.												بتنی که در معرض فرسایش شدید، عبور و مرور وسائط نقلیه یا آب جاری با PH حداکثر ۴/۵ است. و یا رویه‌های بتنی محافظت نشده و

۳-۳-۳-۵ بتن با حباب هوا

هنگامی که بتن در برابر شرایط یخ زدن قرار دارد یا برای آب شدن یخهای مجاور آن از نمکهای یخزدا استفاده می‌شود، برای بالا بردن دوام بتن باید از مواد حبابساز استفاده شود. با رعایت میزان نسبت آب به سیمان مندرج در جدول ۳-۳-۳-۵، بسته به قطر درشت‌ترین دانه شن مصرفی و شرایط رویارویی، میزان کل حباب هوا در بتن برای مقابله با یخ‌زدن، نباید بیشتر از ارقام جدول ۳-۳-۳-۵ اختیار شود. نسبت آب به سیمان در بتن با حباب هوا، نباید در هیچ مورد از ۰/۵ تجاوز نماید. ویژگیهای ماده حبابساز باید قبل از مصرف به تأیید دستگاه نظارت برسد. میانگین نتایج به دست آمده در سه آزمایش متوالی، نباید از مقادیر داده شده در جدول ۳-۳-۳-۵ تجاوز نماید. برای بتن‌های طبقه C30 و بالاتر می‌توان میزان هوای مندرج در جدول ۳-۳-۳-۵ را تا (۱٪) کاهش داد. به هنگام ساخت بتن با حباب هوا باید طرح اختلاط بتن توسط آزمایشگاه مورد قبول کارفرما تهیه گردد. در مواردی که میزان هوای موجود در بتن، (۴٪) تا (۶٪) است، باید به میزان اولیه سیمان ۵۰ کیلوگرم در متر مکعب اضافه نمود. در مواردی که به تشخیص دستگاه نظارت میزان هوای بیشتری مورد نیاز باشد، باید به ازای هر (۱٪) هوای اضافه ۲۵ کیلوگرم سیمان به متر مکعب بتن اضافه شود.

جدول ۵-۳-۳ مقدار درصد هوای توصیه شده برای بتن‌های با حباب هوا مقاوم در برابر یخزدگی^۱

مقدار کل درصد هوای موجود در بتن با حباب هوا		حداکثر اندازه شن میلیمتر (اینچ)	ردیف
شرایط محیطی معتدل ^۳	شرایط محیطی شدید ^۲		
۶	۷/۵	$\frac{9/5}{8} \left(\frac{3}{8}\right)$	۱
۵/۵	۷	$\frac{12/5}{2} \left(\frac{1}{2}\right)$	۲
۵	۶	$\frac{19}{4} \left(\frac{3}{4}\right)$	۳
۴/۵	۶	۲۵ (۱)	۴
۴/۵	۵/۵	$\frac{37/5}{2} \left(\frac{1}{2}\right)$	۵
۴/۵ ^۴	۵	۵۰ (۲)	۶
۳/۵ ^۴	۴/۵	۷۵ (۳)	۷

«۱» رواداری برای ارقام جدول (۱/۵)± است.

«۲» شرایط محیطی شدید - شرایط محیطی سردی است که بتن قبل از یخ زدن به صورت مداوم در تماس با رطوبت قرار داشته است. مانند سطح جاده‌ها، دال پلها، پیاده‌روها و منابع آب.

«۳» شرایط محیطی معتدل - شرایط محیطی سردی است که بتن قبل از یخ زدن به ندرت در معرض رطوبت قرار گرفته و از مواد یخ‌زدا استفاده نمی‌شود. مانند بعضی دیوارهای خارجی، شاه‌تیرها و دالهایی که در تماس با زمین نمی‌باشند.

«۴» درصد هوا برای این دو ردیف مانند سایر ردیفهای جدول نسبت به کل مخلوط محاسبه می‌شود ولی به هنگام آزمایش اندازه‌گیری درصد هوا باید مصالح بزرگتر از قطر ۳۷/۵ میلیمتر به وسیله دست یا الک جمع‌آوری و از مخلوط حذف شود.

۵-۳-۴ بتن مقاوم در برابر حملات شیمیایی^۱

بتنی که با شرایط کاملاً مناسب و خوب ساخته نشده باشد، چنانچه در مجاورت آنها یا خاکهای آلوده به مواد شیمیایی مهاجم^۲ و خورنده^۳ قرار گیرد، از پایایی آن به شدت کاسته می‌شود. از این رو شناخت عوامل کاهش دهنده این اثرات، الزامی است. انواع مواد شیمیایی که سازه‌های بتنی اغلب با آن مواجه

1. Chemical Attack
2. Aggressive
3. Corrosive

هستند، عبارتند از سولفاتها، فاضلابهای خانگی و صنعتی، آبهای لب شور و آب دریا، عواملی نظیر درجه حرارت، سرعت زیاد مایع یا یخ مجاور سازه، عدم دقت در عمل آوردن بتن، تر و خشک شدنهای پیاپی و بالاخره خوردگی فولاد نیز باعث تضعیف بتن در مقابل حملات شیمیایی می‌شود. عواملی نظیر پایین بودن نسبت آب به سیمان، انتخاب صحیح نوع سیمان و نفوذپذیری کم، می‌تواند دوام بتن در مقابل حملات شیمیایی و فیزیکی را فزونی بخشد. در جدول شماره ۵-۳-۴ با توجه به شرایط محیطی و میزان سولفات موجود در آب و خاک، نوع سیمان و حداکثر نسبت آب به سیمان برای تهیه بتنی پایا توصیه شده است.

جدول ۵-۳-۴ انتخاب نوع سیمان برای بتن‌هایی که در معرض سولفات‌ها قرار می‌گیرند*

ردیف	شرایط رویارویی	درصد سولفات خاک قابل حل در آب (SO_4^{--})	میزان سولفات موجود در آب (SO_4^{--}) Ppm	نوع سیمان توصیه شده	حداکثر نسبت آب به سیمان
۱	ملایم	۰ - ۰/۱	۰ - ۱۵۰	-	-
۲	متوسط	۰/۱ - ۰/۲	۱۵۰ - ۱۵۰۰	نوع ۲، یا نوع ۱ همراه با مواد پوزولانی، یا نوع ۱ همراه با مواد سوپر پوزولانی	۰/۵
۳	شدید	۰/۲ - ۲	۱۵۰۰ - ۱۰۰۰۰	نوع ۵	۰/۴۵
۴	بسیار شدید	بیشتر از ۲	بیشتر از ۱۰۰۰۰	نوع ۵ همراه با مواد پوزولانی	۰/۴۵

توضیح:

- آب دریا با توجه به املاح موجود در آن حداقل در ردیف ۲ جدول طبقه‌بندی می‌شود.
- میزان مواد پوزولانی به هنگام استفاده باید توسط آزمایشگاه معتبر مشخص شود.
- در شرایط رویارویی ردیف ۴ در صورت درخواست دستگاه نظارت باید تدابیر اضافی برای عمل آوردن و مراقبت بتن اتخاذ گردد.
- * جدول فوق به عنوان راهنما از ACI-318-89 نقل شده است و باید به تفاوت‌هایی که در شرایط رویارویی این جدول و مندرجات آیین‌نامه بتن ایران وجود دارد توجه شود.

به کار بردن مواد پوزولانی به میزان (۱۵٪) تا (۲۵٪) وزن سیمان مصرفی، برای بالا بردن کیفیت بتن در مقابل حملات شیمیایی توصیه می‌شود. میزان سولفات وارد شده به بتن توسط مصالح سنگی، باید به (۱/۰٪) وزن مصالح سنگی محدود شود. کل میزان سولفات قابل حل در آب در مخلوط بتن بر حسب بنیان SO_4^{--} ، نباید از (۴٪) و مقدار کلی سولفات از (۵٪) وزن سیمان موجود در مخلوط بتن بیشتر باشد. در این محاسبه مقدار کل سولفات در مصالح و مواد متشکله بتن باید مورد توجه قرار گیرد.

۵-۳-۳-۵ بتن مقاوم در برابر سایش

بتن مقاوم در برابر سایش بتنی است که بتواند به نحوی در برابر اثرات فرسایشی عبور و مرور، تردد ماشین‌آلات، ضربه، سریدن مواد و یا اسباب و لوازم بر روی آن مقاومت نماید. در ساخت بتن مقاوم به سایش و فرسایش، باید عوامل زیر مورد توجه قرار گیرد.

الف: مقاومت فشاری

یکی از مهمترین عواملی که اثر مستقیم بر فرسایش بتن دارد مقاومت فشاری است. مقاومت فشاری و یا مقاومت سایشی بتن با کم شدن فضای خالی بتن و پایین بودن نسبت آب به سیمان تأمین می‌شود. حداقل بتن مقاوم در برابر سایش، بتن طبقه C25 است که نسبت آب به سیمان آن با توجه به شرایط رویارویی از جدول ۵-۳-۳-۱ به دست می‌آید.

ب: دانه‌بندی مصالح

دانه‌بندی مصالح بتن باید پیوسته بوده و با توجه به مشخصات مندرج در فصل مصالح حتی‌الامکان از نوع مصالح با مقاومت زیاد انتخاب شود. حداکثر قطر مصالح سنگی در بتن‌های مقاوم به سایش، ۲۵ میلیمتر توصیه می‌شود.

پ: اسلامپ

حداکثر اسلامپ برای بتن مقاوم در برابر سایش، ۷۵ میلیمتر است. توصیه می‌شود اسلامپ بتن برای لایه روکش^۱ و مقاوم در برابر سایش، در حدود ۲۵ میلیمتر اختیار شود.

ت: میزان هوا

حداقل میزان هوا با توجه به شرایط رویارویی بتن از جدول ۵-۳-۳ استخراج می‌شود. برای بتن‌های داخل ساختمان که در معرض یخ زدن و تغییرات جوی نیستند حداکثر هوای موجود در بتن، (۳٪) اختیار می‌شود.

ث: چنانچه امکان فرسایش سطح بتن با توجه به نوع مصرف بسیار زیاد باشد، توصیه می‌شود که بتن اصلی با یک رویه از طبقه C30 که حداکثر قطر دانه‌های آن ۱۲/۵ میلیمتر باشد، روکش شود.

ج: پرداخت سطح بتن

معمولاً برای صافکاری بتن، حداقل ۲ ساعت زمان بعد از ریختن آن لازم است، لذا تا زمانی که آب سطح بتن کاملاً محو نشده است، باید از ماله‌کشی سطح بتن پرهیز شود. بدین منظور ممکن است از روشهای خاصی^۱ برای جمع‌آوری آب سطح استفاده شود.

چ: عمل آوردن

عمل آوردن بتن باید فوراً پس از بتن‌ریزی شروع شود، رعایت اصول و مندرجات این نشریه و نیز دستورالعملهای تکمیلی دستگاه نظارت الزامی است.

◀ ۵-۳-۴ مقاومت بتن

۵-۳-۴-۱ کلیات

از مهمترین خصوصیات بتن، مقاومت آن است. برای دستیابی به بتنی با مقاومت زیاد، باید در انتخاب مصالح از نظر کمیت و کیفیت، ساخت بتن، حمل و ریختن و نهایتاً عمل آوردن و نگهداری، دقت کافی به عمل آید. عوامل متعددی در مقاومت نهایی بتن مؤثر خواهد بود که اهم آنها به شرح زیر و رعایت آنها توسط پیمانکار الزامی است.

۱. یکی از روشهای متداول جمع‌آوری آب سطح بتن Vacuum Dewatering است.

۵-۳-۴-۲ نسبت آب به سیمان

مقاومت نهایی بتن شدیداً تحت تأثیر نسبت آب به سیمان است. با توجه به شرایط ساخت و رویارویی بتن، نسبت آب به سیمان در هر پروژه در دفترچه مشخصات فنی خصوصی ذکر می‌شود. دستگاه نظارت همواره خصوصاً به هنگام تهیه بتن این نسبت را کنترل می‌نماید. عدم رعایت نسبت آب به سیمان از طرف پیمانکار موجب مردود شناختن بتن شده و چنین بتنی باید فوراً از کارگاه خارج شود. چنانچه این نسبت در دفترچه مشخصات خصوصی ذکر نشده باشد، استفاده از ارقام جدول ۵-۳-۴-۲ برای بتن معمولی و بتن با حباب هوا توصیه می‌شود.

جدول ۵-۳-۴-۲ حداکثر نسبت آب به سیمان مجاز برای بتن با مقاومتهای فشاری مختلف

ردیف	مقاومت فشاری بتن (مگاپاسکال)	بتن معمولی	بتن با حباب هوا
۱	۱۵	۰/۸۰	۰/۷۱
۲	۲۰	۰/۷۰	۰/۶۱
۳	۲۵	۰/۶۲	۰/۵۳
۴	۳۰	۰/۵۵	۰/۴۶
۵	۳۵	۰/۴۸	۰/۴۰
۶	۴۰	۰/۴۳	-
۷	۴۵	۰/۳۸	-

توضیح:

- منظور از مقاومت فشاری بتن در جدول، مقاومت فشاری ۲۸ روزه آزمون استوانه‌ای به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر و دمای آزمایش $23 \pm 1/7$ درجه سلسیوس است.
- برای بتن با حباب هوا و مقاومت بیش از ۳۲ مگاپاسکال و بتن معمولی با مقاومت بیش از ۳۵ مگاپاسکال، باید نسبت آب به سیمان با توجه به طرح اختلاط و توسط آزمایشگاه معتبر مشخص شود.
- حداکثر میزان هوا در بتن نباید از ارقام مندرج در جدول ۵-۳-۳-۳ تجاوز نماید.
- حداکثر قطر مصالح سنگی ۲۰ تا ۳۰ میلیمتر فرض شده که با ثابت بودن نسبت آب به سیمان، مقاومت بتن با کم نمودن قطر حداکثر شن، زیاد خواهد شد.

۵-۳-۴-۳ نوع سیمان

در شرایط مساوی و هنگام ساخت بتن با مصالح سنگی مشخص، اسلامپ، تراکم و مقاومت بتن تابعی از میزان سیمان و نوع آن است. تغییرات تقریبی مقاومت بتن با توجه به نوع سیمان مصرفی به شرح جدول ۵-۳-۴-۳ می‌باشد. ارقام این جدول تنها به عنوان راهنما ارائه شده است.

جدول ۵-۳-۴-۳ درصد مقاومت فشاری بتن در سنین مختلف با سیمانهای گوناگون نسبت به سیمان نوع ۱

نوع سیمان	مقاومت ۱ روزه	مقاومت ۳ روزه	مقاومت ۷ روزه	مقاومت ۲۸ روزه
نوع ۱	-	۶۴	۱۰۰	۱۴۳
نوع ۲	-	۵۴	۸۹	۱۴۳
نوع ۳	۶۴	۱۲۵	-	-
نوع ۴	-	-	۳۶	۸۹
نوع ۵	-	۴۳	۷۹	۱۰۷

توضیح:

- تعیین مقاومت بر اساس روش استاندارد (د- ت ۶۰۲) صورت می‌گیرد.
- مقاومت آزمونه ۷ روزه بتن با سیمان نوع ۱ (سیمان معمولی) به عنوان مبنا در جدول انتخاب شده است.

۵-۳-۴-۴ نوع و حداکثر قطر مصالح سنگی

انتخاب مصالح سنگی با دانه‌بندی پیوسته و حداکثر قطر دانه‌ها از عوامل مهم در به دست آوردن مقاومت نهایی است. دانه‌بندی پیوسته با حداکثر قطر شن درشت‌تر، دارای فضای خالی کمتر از دانه‌بندی پیوسته با حداکثر قطر شن کوچکتر است. در نتیجه دانه‌بندی مصالح سنگی که قطر شن آن بزرگتر باشد، نیاز کمتری به ملات سیمان برای پر نمودن فضای خالی بین مصالح دارد. از این رو برای دستیابی به مقاومت بیشتر، باید قطر حداکثر شن مصرفی با توجه به نسبت آب به سیمان ثابت، کمتر اختیار شود و علاوه بر آن قطر حداکثر مصالح مصرفی، باید کوچکتر از ارقام حاصله از شرایط ذیل باشد.

- $\frac{1}{5}$ کوچکترین فاصله بین سطوح متقابل قالبها

- $\frac{1}{3}$ ضخامت دال بتنی

- $\frac{3}{4}$ حداقل فاصله داخل به داخل میلگردها

۵-۳-۴-۵ مواد افزودنی

نوع و میزان مواد افزودنی، اثر قابل توجهی در مقاومت نهایی بتن دارد. عدم دقت در به کار بردن این مواد از نظر نوع و میزان، نه تنها به بهبود کیفیت بتن و نهایتاً مقاومت آن کمک نمی‌کند، بلکه صدمات غیر قابل جبرانی را به همراه دارد، از این رو رعایت دستورالعملهای مندرج در این نشریه الزامی است و پیمانکار بدون دستور کتبی دستگاه نظارت مجاز به استفاده از مواد افزودنی نخواهد بود.

۵-۳-۵ نفوذناپذیری بتن

ناتراوا بودن از دیگر خصوصیات مهم بتن است. برای دستیابی به بتنی نفوذناپذیر و جذب رطوبت پایین، توجه به نکات زیر در مراحل مختلف کارهای بتنی توصیه می‌شود.

۵-۳-۵-۱ نسبت آب به سیمان

توصیه می‌شود حتی‌الامکان نسبت آب به سیمان از ۰/۴۵ کمتر اختیار شود. در این حالت خمیر سیمان دارای حداقل سوراخهای آبگذر خواهد بود. تجربه نشان داده است وقتی نسبت آب به سیمان از ۰/۶۵ بیشتر باشد، نفوذناپذیری سریعاً افزایش می‌یابد. در شرایط مساوی چنانچه نسبت آب به سیمان از ۰/۴۵ به ۰/۸ افزایش یابد، ضریب نفوذناپذیری بتن ۱۰۰ برابر افزایش می‌یابد.

۵-۳-۵-۲ نسبتهای اختلاط

نسبتهای دقیق اختلاط مصالح سنگی، مقدار آب و سیمان و نیز حداکثر قطر دانه‌ها، باید با توجه به نوع سازه مشخص شود. مصرف آب اضافی و بی‌رویه، باعث پایین آمدن جرم مخصوص و نهایتاً بالا رفتن نفوذپذیری می‌شود. میزان اسلامپ در مخلوط بتن، باید همواره کنترل و این میزان به ۵۰ میلیمتر محدود شود.

۵-۳-۵ ریختن، عمل آوردن و مراقبت

ریختن و عمل آوردن بتن در قالب و مراقبت، نقش بسیار اساسی در ساخت بتن توپر با ضریب نفوذناپذیری کم خواهد داشت. هنگام ریختن بتن باید چنان عمل شود که جداشدگی^۱ مواد متشکله رخ ندهد، چه این امر باعث کرم شدن^۲ بتن و بالا رفتن نفوذپذیری آن می‌گردد. برای بتن توپر، مراقبت باید با دقت بیشتری انجام شود. هر چه نسبت آب به سیمان زیادتر باشد، دستیابی به بتنی توپر مشکل‌تر بوده و علاوه بر آن زمان لازم برای مراقبت و عمل آوردن بتن افزایش می‌یابد.

۵-۳-۴ درزهای ساختمانی

از آنجا که درزهای ساختمانی نظیر درزهای انبساط و درزهای اجرایی از نقاط آسیب‌پذیر سازه بتنی به شمار می‌آیند، پیمانکار باید با توجه به مشخصات مندرج در فصل بیست و یکم این نشریه و دستورات دستگاه نظارت نسبت به اجرای درزها اقدام نماید.

◀ ۵-۳-۶ وزن بتن

از دیگر مشخصه‌های مهم بتن، وزن آن است. این مسئله خصوصاً در سازه‌هایی که وزن از نظر ایستایی نقش مهمی را ایفا می‌نماید، نمود بارزتری می‌یابد. یکی از عوامل مؤثر در بالا بردن وزن بتن به کار گرفتن مواد سنگی درشت و با وزن مخصوص زیاد است. وزن واحد حجم بتن ساخته شده، باید بر اساس تجربه و اندازه‌گیری در کارگاه به دست آید. در صورت در اختیار نبودن این اطلاعات ارقام جدول ۵-۳-۶ برای تخمین اولیه توصیه می‌شود.

-
1. Segregation
 2. Honeycombing

جدول ۵-۳-۶ وزن هر متر مکعب بتن تازه (برای تخمین اولیه)

وزن هر متر مکعب بتن (کیلوگرم در متر مکعب)		حداکثر قطر شن (میلیمتر)
بتن با حباب هوا	بتن معمولی	
۲۱۹۰	۲۲۸۵	۱۰
۲۲۳۵	۲۳۱۵	۱۲/۵
۲۲۸۰	۲۳۵۵	۲۰
۲۳۱۵	۲۳۷۵	۲۵
۲۳۵۵	۲۴۲۰	۴۰
۲۳۷۵	۲۴۴۵	۵۰
۲۴۰۰	۲۴۶۳	۷۰
۲۴۳۵	۲۵۰۵	۱۵۰

۴-۵ مخلوط بتن

۱-۴-۵ کلیات

مصالح و مواد تشکیل دهنده بتن اعم از سیمان، مصالح سنگی، آب و مواد افزودنی، باید به نحوی انتخاب شوند که بتن ساخته شده با مشخصات و مندرجات این نشریه و سایر اسناد قرارداد و دستورات دستگاه نظارت مطابقت نماید.

پس از تعیین و ابلاغ این نسبتها، پیمانکار باید نسبت به تهیه بتن اقدام نماید. اعمال هرگونه تغییر از جانب پیمانکار در نوع مصالح و نسبتهای اختلاط در حین انجام کار، منوط به کسب مجوزهای لازم از دستگاه نظارت خواهد بود.

۲-۴-۵ رده بتن

رده بتن و مقاومتهای تعیین شده در جدول ۲-۴-۵ داده شده است. رده بتن با توجه به نقش، عملکرد و اهمیت آن در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی، درج و یا در طول اجرای کار توسط دستگاه نظارت به پیمانکار ابلاغ می‌شود. پیمانکار موظف است با توجه به مندرجات این نشریه نسبت به تأمین مقاومتهای خواسته شده اقدام نماید.

جدول ۵-۴-۲ موارد کاربرد رده‌های مختلف بتن

رده بتن	مقاومت مشخصه (مگاپاسکال)	موارد کاربرد
C ۶	۶	ماده پر کننده
C ۸	۸	ماده پر کننده - بتن نظافت
C ۱۰	۱۰	ماده پر کننده - بتن نظافت - بتن ساده (بدون آرماتور)
C ۱۲	۱۲	بتن ساده، با مراعات شرایطی بتن آرمه
C ۱۶	۱۶	بتن آرمه
C ۲۰	۲۰	بتن آرمه
C ۲۵	۲۵	بتن آرمه - بتن پیش‌تنیده
C ۳۰	۳۰	بتن آرمه - بتن پیش‌تنیده
C ۳۵	۳۵	بتن آرمه - بتن پیش‌تنیده
C ۴۰	۴۰	بتن آرمه - بتن پیش‌تنیده
C ۴۵	۴۵	بتن آرمه - بتن پیش‌تنیده
C ۵۰	۵۰	بتن آرمه - بتن پیش‌تنیده

◀ ۵-۴-۳ طرح اختلاط

با توجه به نوع سازه و شرایط اجرای هر پروژه، ویژگیهای بتن در مشخصات فنی خصوصی ذکر می‌شود. پیمانکار موظف است بر اساس مشخصات فوق‌الذکر و رعایت مندرجات این نشریه نسبت به ساخت بتن اقدام نماید. طرح اختلاط توسط آزمایشگاه مورد تأیید، تهیه و توسط دستگاه نظارت به پیمانکار ابلاغ می‌شود. مشخصه‌هایی که باید در طرح اختلاط مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از:

۵-۴-۳-۱ حداکثر اندازه مصالح سنگی

در این مورد به مندرجات فصل مصالح مراجعه شود.

۵-۴-۳-۲ نسبت آب به سیمان

نسبت آب به سیمان با توجه به شرایط رویارویی از جدول ۵-۳-۳-۱ حاصل می‌شود.

۳-۳-۴-۵ میزان هوای بتن

حداکثر میزان هوای موجود در بتن، نباید از ارقام مندرج در جدول ۳-۳-۳-۵ تجاوز نماید.

۴-۳-۴-۵ میزان آب

میزان آب بتن با توجه به اسلامپ خواسته شده، نوع سیمان مصرفی و نسبت آب به سیمان توصیه شده، مشخص می‌شود. میزان تقریبی آب بتن با توجه به بعضی خصوصیات اصلی به عنوان راهنما در جدول ۴-۳-۴-۵ آمده است. بدیهی است میزان دقیق آب مصرفی برای دستیابی به مقاومت‌های خواسته شده، براساس طرح اختلاط و مندرجات این نشریه مشخص می‌شود.

جدول ۴-۳-۴-۵ میزان تقریبی آب مصرفی بتن بر حسب لیتر در متر مکعب

اندازه بزرگترین دانه‌ها (میلیمتر)								اسلامپ (میلیمتر)	نوع بتن
*۱۵۰	*۷۵	*۵۰	۳۷/۵	۲۵	۱۹	۱۲/۵	۹/۵		
۱۲۵	۱۴۵	۱۵۵	۱۶۰	۱۸۰	۱۸۵	۲۰۰	۲۰۵	۵۰ - ۳۰	بتن معمولی
۱۴۰	۱۶۰	۱۷۰	۱۷۵	۱۹۵	۲۰۰	۲۱۵	۲۲۵	۱۰۰ - ۸۰	
-	۱۷۰	۱۸۰	۱۸۵	۲۰۵	۲۱۰	۲۳۰	۲۴۰	۱۸۰ - ۱۵۰	
۰/۲	۰/۳	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	درصد تقریبی هوای موجود در بتن	
۱۲۰	۱۳۵	۱۴۰	۱۴۵	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۰	۵۰ - ۳۰	بتن هوادار
۱۳۵	۱۵۰	۱۵۵	۱۶۰	۱۷۵	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰	۱۰۰ - ۸۰	
-	۱۶۰	۱۶۵	۱۷۰	۱۸۵	۱۹۰	۲۰۵	۲۱۵	۱۸۰ - ۱۵۰	
۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶	۷	۸	متوسط هوای توصیه شده (درصد)	

* میزان اسلامپ برای بتن‌هایی که حداکثر قطر دانه‌ها بیش از ۳۷/۵ میلیمتر است، باید پس از حذف مصالح بزرگتر از ۳۷/۵ میلیمتر تعیین شود.

۵-۴-۳-۵ سیمان و مصالح سنگی

میزان سیمان و مصالح سنگی با توجه به طرح اختلاط، نسبت آب به سیمان و سایر مشخصه‌های بتن توسط آزمایشگاه مورد تأیید، تعیین و توسط دستگاه نظارت به پیمانکار ابلاغ می‌شود.

◀ ۵-۴-۴ نسبت‌های تقریبی اختلاط

چنانچه به دلایلی نسبت‌های اختلاط مصالح در مشخصات فنی خصوصی ذکر نشده باشد و یا اینکه امکان تهیه طرح اختلاط فراهم نباشد، می‌توان در مواردی که میزان بتن مصرفی روزانه کم باشد (حداکثر تا ۳۰ متر مکعب) با تأیید و اجازه قبلی دستگاه نظارت و تنها به عنوان راهنمای اولیه از ارقام جدول ۵-۴-۴ استفاده نمود.

بدیهی است ارقام ارائه شده در این جدول صرفاً جنبه راهنمایی داشته، پیمانکار ملزم به رعایت تمامی مشخصات و مندرجات این نشریه برای دستیابی به کمیت و کیفیت مطلوب بتن خواهد بود.

جدول ۵-۴-۴ نسبت‌های تقریبی اختلاط برای یک متر مکعب بتن

ردده بتن	سیمان تقریبی (کیلوگرم)	ماسه تقریبی (لیتر)	شن تقریبی (لیتر)
C ۲۵	۳۵۰	۵۲۰	۸۳۰
C ۲۰	۳۰۰	۵۲۰	۸۸۰
C ۱۶	۲۵۰	۵۲۰	۹۳۰
C ۱۲	۲۰۰	۵۲۰	۹۷۰
C ۱۰	۱۵۰	۵۲۰	۱۰۵۰

۵-۵ ساخت بتن

۱-۵-۵ کلیات

کارگاه ساخت بتن باید دارای امکانات و تجهیزات کامل برای دریافت و انبار نمودن، حمل، اندازه‌گیری و توزین مصالح برای ساخت بتن باشد. نوع و ظرفیت تجهیزات حمل بتن، باید با ظرفیتهای خواسته شده متناسب باشد. به نحوی که در اختلاط و تهیه بتن با توجه به برنامه زمانبندی پروژه، وقفه‌ای حادث نگردد. پیمانکار موظف است جزئیات کار در کارگاه ساخت بتن را، مشخص و مراتب را به دستگاه نظارت منعکس نماید تا پس از تصویب دستگاه نظارت نسبت به تجهیز کارگاه و ساخت بتن اقدام شود. تغییرات بعدی در سیستم تأیید شده اولیه، موکول به تأیید مجدد دستگاه نظارت خواهد بود. در مواردی که از مصالح سنگی مرطوب استفاده می‌شود، باید آب اضافی موجود در این مصالح در نظر گرفته شود و از مقدار آب اختلاط متناسباً کسر گردد.

۲-۵-۵ اندازه‌گیری مصالح متشکله بتن

۱-۲-۵-۵ سیمان

اندازه‌گیری و توزین سیمان، باید به طور جداگانه و دقیق با رعایت رواداریهای مندرج در این قسمت انجام شود. سیستم توزین و انتقال سیمان به دستگاه بتن‌ساز، باید به نحوی باشد که باعث اتلاف سیمان نشود. در کارگاههای بزرگ تهیه بتن، توزین، توزیع و کنترل، باید حتماً به صورتی کاملاً خودکار صورت پذیرد.

۲-۲-۵-۵ مصالح سنگی

توزین و اندازه‌گیری مصالح سنگی باید به روش وزنی صورت گیرد. دستگاههای توزین و اندازه‌گیری باید با توجه به میزان ساخت با روشهای کنترل دقیق و در صورت نیاز طبق نظر دستگاه نظارت به صورت خودکار عمل نمایند. استفاده از اندازه‌گیری و توزین به روش حجمی، مجاز نبوده و استفاده از

روش حجمی تنها پس از دریافت اجازه دستگاه نظارت و در مورد کارهای کوچک امکانپذیر خواهد بود. کنترل رطوبت مصالح سنگی خصوصاً ماسه قبل از ورود به دستگاه بتن‌ساز با توجه به میزان اسلامپ و نسبت آب به سیمان مورد نیاز، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این رطوبت باید قبلاً اندازه‌گیری شده و نتایج آن در محاسبه میزان آب منظور شود.

۵-۲-۳ آب و مواد افزودنی

دستگاه بتن‌ساز باید برای اندازه‌گیری حجمی یا وزنی آب و مواد افزودنی به تجهیزات لازم و دقیق مجهز باشد. در کارگاه‌های بزرگ، اندازه‌گیری آب و مواد افزودنی باید به طور خودکار انجام شود. اضافه نمودن مواد افزودنی باید به صورت مایع و همراه با آب صورت پذیرد. اضافه نمودن آب به دستگاه بتن‌ساز، باید با فشار مناسب همراه باشد.

۵-۲-۴ اندازه‌گیری و رواداریها

لوازم و تجهیزات کارگاه بتن باید به اندازه‌گیریهای دقیق و خودکار مجهز باشد، در صورت لزوم دستگاه نظارت به دفعات، دقت این سیستمها را مورد بازدید قرار خواهد داد. در صورت مشاهده ایراد در سیستمها، دستگاه نظارت دستور توقف کار را صادر خواهد نمود. میزان رواداری در اندازه‌گیری مصالح متشکله بتن، باید با ارقام جدول ۵-۲-۴ مطابقت نماید.

جدول ۵-۲-۴ رواداریهای اندازه‌گیری مصالح متشکله بتن نسبت به وزن هریک از آنها

ردیف	نوع مصالح	حد مجاز رواداری (درصد)
۱	شن و ماسه	±۲
۲	سیمان	±۱
۳	آب	±۱
۴	هوا	±۱
۵	مواد مضاف	±۳

۵-۵-۳ اختلاط مصالح

۵-۵-۳-۱ کلیات

برای تهیه بتنی با کیفیت خوب و یکنواخت، اجزای متشکله در هر ساخت بتن، باید با دقت اندازه‌گیری و مخلوط شوند. توزین و اندازه‌گیری به روش وزنی صورت می‌گیرد. به دلیل تقریب در اندازه‌گیری مصالح سنگی خصوصاً ماسه، روش توزین و اندازه‌گیری به طریق حجمی، مجاز نیست. عمل اختلاط باید تا آنجا انجام شود که یکنواختی در ظاهر بتن مشاهده شود. مخلوط‌کنها نباید بیش از اندازه تعیین شده توسط کارخانه سازنده، بار شوند. همچنین سرعت چرخش مخلوط‌کن و همزن، نباید از مقادیر مشخص شده توسط کارخانه سازنده، بیشتر باشند. پیمانکار موظف است با توجه به برنامه زمانبندی کارها برای ساخت بتن، به تعداد کافی دستگاههای بتن‌ساز در کارگاه فراهم سازد تا ساخت بتن بدون وقفه میسر باشد. بعد از ساخت هر نوبت بتن، باید اطمینان حاصل شود که تیغه‌های بتنیر، به بتن ساخته شده قبلی، آغشته نبوده و در شروع هر روز کاری از تمیزی آن اطمینان حاصل شود.

چنانچه عمل اختلاط به خوبی انجام شود، آزمونه‌های گرفته شده از هر ساخت بتن، از نظر میزان هوا، میزان اسلامپ، وزن واحد و میزان مصالح، باید یکسان باشند. حداکثر رواداری از آزمونه‌های گرفته شده در هر ساخت بایستی با ضوابط (د - ت ۵۰۱) مطابقت نماید.

۵-۵-۳-۲ مخلوط‌کنهای ثابت

مخلوط‌کنهای ثابت اعم از بتنیرهای معمولی، بتن‌ساز مرکزی به صورت دورانی با بازشو از بالا و یا از نوع گردشی حول محور، باید بتوانند بتن را در زمانهای مشخص، مخلوط و آماده نمایند. انواع مخلوط‌کنها باید مجهز به وسایل کنترل مواد وارده، زمان اختلاط و تخلیه باشند. پیمانکار موظف است برای وارد نمودن مصالح به داخل جام مخلوط‌کن در تنظیم زمان اختلاط به نکات زیر توجه نماید.

الف: ابتدا باید قبل از ورود مصالح مقداری از آب مورد لزوم [حدوداً (۱۰٪)] به جام وارد شود. بقیه آب باید به تدریج با ماسه و سیمان و به صورت یکنواخت وارد جام گردد، به طوری که (۱۵٪) آب پس از وارد شدن کلیه مصالح به جام وارد شود.

ب: پس از وارد نمودن (۱۰٪) مصالح به جام مخلوط کن، سیمان همراه بقیه مصالح به صورت یکنواخت به جام وارد می‌شود.

در شرایط آب و هوای سرد، آب گرم به بتن اضافه می‌شود. برای جلوگیری از گرفتن سریع بتن اضافه نمودن سیمان، باید با تأخیر و پس از اضافه نمودن تمام مصالح سنگی صورت گیرد.

پ: مواد افزودنی باید به صورت مایع همراه با آب و به طور یکنواخت به جام وارد شود. ماده افزودنی کندگیر کننده، باید همراه با سایر مصالح به صورت یکنواخت به جام وارد شود، چه در غیر این صورت باعث تغییرات عمده در گیرش اولیه و ایجاد حباب هوا در بتن خواهد شد. به هر صورت اضافه نمودن ماده کندگیر کننده، نباید بیش از یک دقیقه بعد از اضافه نمودن آخرین نسبت آب به جام یا قبل از سپری شدن $\frac{3}{4}$ زمان اختلاط، هر کدام که کمتر باشد، صورت گیرد. چنانچه با تأیید دستگاه نظارت اضافه نمودن دو یا چند ماده مضاف برای هر ساخت بتن مجاز شناخته شود، این مواد باید به صورت جداگانه اضافه شوند تا از اثرات سوء احتمالی آنها بر یکدیگر جلوگیری به عمل آید.

ت: مدت اختلاط از زمانی شروع می‌شود که تمامی مصالح شن، ماسه و سیمان وارد جام مخلوط کن شود. اضافه شدن قسمت آخر آب (۱۰٪) نباید بعد از سپری شدن $\frac{1}{4}$ مدت اختلاط باشد. مدت اختلاط برای تهیه بتن یکنواخت برای هر ساخت، بستگی به میزان بتن و قدرت مخلوط کن داشته و رعایت دستورالعملهای کارخانه سازنده الزامی است. حداقل زمان اختلاط قبل از اضافه نمودن (۱۰٪) مانده آب در جدول ۵-۳-۲ (ت) داده شده است. در صورتی که نتایج آزمایشها بر روی آزمونهای برداشت شده در هر ساخت بتن بر اساس استاندارد (د - ت ۵۰۱) از نظر یکنواختی و تراکم در شروع، وسط و آخر تخلیه یکسان باشد، می‌توان با نظر دستگاه نظارت در مدت اختلاط تجدیدنظر به عمل آورد. مدت تخلیه بتن از دستگاه، شامل مدت اختلاط محسوب نمی‌شود.

جدول ۵-۳-۲ (ت) مدت زمان اختلاط با توجه به حجم مخلوط کن

ظرفیت مخلوط کن (متر مکعب)	زمان اختلاط (دقیقه)
۱/۵ کمتر	۱/۵
۲	۲
۳	۲/۵
۴	۲/۷۵
۴/۵	۳

۵-۳-۵ بتن آماده^۱

بتن آماده ممکن است به یکی از چهار طریق زیر تهیه شود:

- ۱- تمامی عملیات ساخت در بتن ساز مرکزی، انجام و بتن ساخته شده با تراک میکسر و با سرعت هم زدن^۲ به محل کار حمل شود.
- ۲- عمل اختلاط، قسمتی در مخلوط کن ثابت و قسمتی در تراک میکسر^۳ انجام می شود.
- ۳- عمل اختلاط، کلاً در تراک میکسر انجام می شود.
- ۴- اختلاط حجمی مصالح به صورت خشک در میکسر متحرک، انجام و آب به صورت پیوسته به جام مخلوط کن اضافه می شود. انجام این روش باید با استاندارد (د - ت ۵۱۷) مطابقت نماید.

چنانچه بتن آماده مطابق روش دوم ساخته می شود، باید بر اساس توصیه (د - ت ۵۰۱)، ۷۰ تا ۱۰۰ دور گردش با سرعت اختلاط^۴ توصیه شده توسط کارخانه سازنده صورت گیرد. گردش با سرعت اختلاط نباید از ۱۰۰ دور بیشتر باشد.

1. Ready Mixed Concrete
2. Agitating Speed
3. Truck Mixer
4. Mixing Speed

گردش بیش از ۱۰۰ دور باید با سرعت هم زدن انجام شود. در این روش حداکثر زمان حمل، ۹۰ دقیقه و حداکثر تعداد دور بعد از اضافه کردن آب به مصالح سنگی و سیمان یا اضافه کردن سیمان به مصالح سنگی و آب، ۳۰۰ دور خواهد بود. حجم بتن در این حالت، نباید از آنچه توسط کارخانه سازنده تراک میکسر مشخص شده، بیشتر باشد.

توضیح: معمولاً سرعت اختلاط، ۶ تا ۱۸ دور در دقیقه و سرعت هم زدن، ۲ تا ۶ دور در دقیقه می‌باشد.

۵-۳-۴ اختلاط با دست

اختلاط بتن با دست به هیچ وجه مجاز نیست، به جز موارد استثنایی و کم اهمیت، با دستورات دستگاه نظارت و برای بتن از رده C15 به پایین.

رعایت نکات زیر توسط پیمانکار برای ساخت بتن با دست الزامی است:

الف: حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست، ۳۰۰ لیتر است.

ب: برای تهیه بتن، ابتدا روی یک سطح صاف، تمیز و غیر قابل نفوذ شن به صورت یکنواخت ریخته، سپس روی آن ماسه یکنواخت پخش می‌شود. در هر حالت ضخامت دو قشر، نایبستی از ۳۰ سانتیمتر تجاوز نماید.

پ: سیمان خشک به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی، پخش و سپس با وسایل مناسب به طور کامل مخلوط می‌شود.

ت: پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج به مخلوط، اضافه و به طور یکنواخت مخلوط می‌شود تا بتن همگن به دست آید.

ث: چنانچه از پیمانهای حجمی استفاده شود، باید وزن مصالح سنگی خشک قبلاً با روش اشتو T-19 به دقت، اندازه‌گیری و پیمانهای حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.

ج: بتن ساخته شده با دست، باید حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.

۵-۳-۵-۵ درجه حرارت مخلوط بتن

علاوه بر عواملی نظیر اسلامپ، میزان آب و هوای موجود در بتن، درجه حرارت مخلوط نیز از عوامل مؤثر بر کیفیت و یکنواختی بتن است که باید تحت کنترل باشد. در این خصوص رعایت ضوابط و مندرجات این نشریه تحت عنوان "بتن ریزی در هوای گرم" و "بتن ریزی در هوای سرد" الزامی است.

۵-۳-۵-۶ اختلاط مجدد بتن^۱

در هوای گرم، بتن تازه ضمن حمل و قبل از آبیگری^۲ و گیرش اولیه، تمایل به سفت شدن دارد. بدین لحاظ تحت کنترل شدید و با اجازه دستگاه نظارت می‌توان آب مورد نیاز بتن برای افزایش اسلامپ حداکثر به میزان ۲۵ میلیمتر را پس از رسیدن تراک میکسر به محل تخلیه، اضافه نمود. انجام این کار در صورتی مجاز است که نکات زیر مورد توجه قرار گیرند.

الف: مقدار نسبت آب به سیمان از حداکثر مجاز تجاوز ننماید.

ب: میزان اسلامپ از میزان تعیین شده به هیچ وجه تجاوز ننماید.

پ: میزان گردش جام با سرعت هم زدن از مقادیر مجاز تعیین شده، تجاوز ننماید.

ت: عمل اختلاط مجدد، حداقل به مدت نصف زمان اختلاط یا نصف میزان دورهای با سرعت اختلاط ادامه یابد.

۵-۳-۵-۷ آزمون برداری، آزمایش و کنترل

به منظور کنترل یکنواختی بتن ساخته شده دستگاه نظارت، از ابتدا، وسط و آخر هر ساخت بتن آزمون برداری می‌نماید. این آزمون‌ها باید با یکدیگر مشابه باشند. این تشابه با ارزیابی چشمی و با کمک غلظت سنج نصب شده روی تراک میکسرها کنترل می‌شود. در کارگاههای بزرگ، ساخت و یکنواختی بتن در هر ساخت توسط آزمایشگاه کنترل می‌شود که باید با مندرجات استاندارد (د - ت ۵۰۱) مطابقت نماید.

1. Remixing Concrete

2. Hydration

۵-۶ حمل بتن

۵-۶-۱ کلیات

روشهای مختلفی برای حمل بتن از محل ساخت تا مصرف، معمول و متداول است. هر یک از روشهای حمل دارای محاسن و معایبی می باشد و انتخاب هر یک از آنها بستگی به شرایط پروژه، مشخصات مصالح متشکله، میزان و حجم بتن، زمان حمل و بالاخره شرایط آب و هوایی محل ساخت خواهد داشت.

انتخاب روش حمل باید چنان صورت گیرد که در فاصله زمانی حمل، نسبت آب به سیمان، اسلامپ، میزان هوا و نهایتاً یکنواختی بتن، دستخوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای نگردد. در انتخاب روش حمل باید به جدا شدن مواد از یکدیگر، آب انداختن و یا داخل شدن مواد خارجی به داخل بتن توجه خاص مبذول گردد. حتی الامکان باید محل ساخت بتن و محل اجرا به هم نزدیک باشد تا نقل و انتقال بتن به حداقل ممکن کاهش یابد. بدین لحاظ پیمانکار باید محل ساخت بتن، روش حمل و نقل و نوع و مشخصات ماشین‌آلات حمل را قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برساند. در پاره‌ای موارد ساخت بتن در دستگاه حمل کننده بتن صورت می‌گیرد که بعداً بدان اشاره خواهد شد.

وسایل حمل و نقل بتن باید دارای اندازه و مشخصاتی باشند که با توجه به برنامه اجرایی کارها همواره بتوان با ضریب اطمینانی قابل قبول، جریان یکنواخت و ممتد بتن را به محل اجرا تضمین نمود. پیمانکار موظف است در انتهای هر مرحله بتن‌ریزی (در پایان هر قسمت از کار یا پایان هر روز کاری) وسایل حمل و نقل را، تمیز و پاکیزه نموده و آنها را برای مرحله بعدی آماده نماید. وسایل و روشهای مختلف حمل، عبارتند از:

۵-۶-۲ کامیون با جام دوار^۱

مقدار دوران و چگونگی اختلاط، هم زدن و تخلیه، باید بر اساس توصیه‌های کارخانه سازنده و زیر نظر دستگاه نظارت تعیین شود. حداکثر زمان برای حمل پس از اضافه شدن سیمان به جام مخلوط‌کن با احتساب زمان تخلیه بتن، نباید از ۹۰ دقیقه تجاوز نماید. چنانچه به علت گرمای محیط، امکان گیرش سریع‌تر بتن وجود داشته باشد، با نظر دستگاه نظارت زمان مذکور تقلیل خواهد یافت.

۵-۶-۲-۱ تراک میکسر

ممکن است تمامی مراحل ساخت بتن در تراک میکسر انجام شود. در این حالت پس از وارد شدن همه عوامل متشکله بتن به جام مخلوط‌کن، چرخش جام باید بر اساس توصیه کارخانه سازنده با توجه به مشخصات آن صورت گیرد. در این حالت در شرایط معمولی، جام بایستی با سرعت اختلاط حدود ۷۰ تا ۱۰۰ دور دوران نماید. چنانچه زمان حمل و تخلیه بیش از زمان لازم برای دوران فوق باشد، در بقیه مدت زمان حمل باید جام با سرعت همزن یا بدون هم زدن حمل شود و قبل از تخلیه بتن درون قالب، ۱۰ تا ۱۵ دور با سرعت اختلاط بچرخد. در این روش ساخت، حداکثر بتن ساخته شده در هر مرحله، نباید از (۶۳٪) حجم اسمی^۲ تراک میکسر تجاوز نماید.

۵-۶-۲-۲ اختلاط دو مرحله‌ای^۳

در این روش عمل اختلاط به مدت ۱۵ تا ۳۰ ثانیه در بتن‌ساز ثابت و بقیه تا تکمیل اختلاط در تراک میکسر انجام می‌شود. مشخصات اختلاط و حجم بتن عیناً مانند بتن ساخته شده در بند ۵-۶-۲-۱ است، با این تفاوت که زمان اختلاط در تراک میکسر تا رسیدن به بتنی یکنواخت بر اساس استاندارد (د - ت ۵۰۱) تقلیل خواهد یافت.

1. Revolving-Drum Truck
2. Norminal Volume
3. Two- Stage mixing

۵-۶-۳ اختلاط خشک^۱

در این روش مصالح خشک به صورت جداگانه در جام ریخته و آب در مخزنی مجزا و خارج از جام اصلی توسط تراک میکسر تا محل مصرف حمل می‌شود. در محل مصرف آب با فشار از ابتدا و انتهای مخزن وارد جام شده و جام با سرعت اختلاط ۷۰ الی ۱۰۰ دور می‌چرخد. این روش برای مواقعی مورد استفاده است که نقاط مصرف اجباراً نسبت به منبع اصلی مصالح دور بوده و کار به صورت پراکنده انجام می‌شود. باید توجه داشت که مصالح سنگی وارد شده به جام کاملاً خشک باشد، تا عمل آبیگری سیمان شروع نشود. حجم بتن ساخته شده در هر ساخت، نباید از (۶۳٪) ظرفیت اسمی تراک میکسر تجاوز نماید.

◀ ۵-۶-۳ حمل بتن ساخته شده توسط بتن‌ساز مرکزی^۲

روشهای زیر برای حمل بتن ساخته شده توصیه می‌شود:

۵-۶-۳-۱ تراک میکسر

می‌توان بتن ساخته شده در بتن‌ساز مرکزی را با تراک میکسر حمل نمود. تراک میکسر باید بعد از بارگیری با سرعت هم زدن یا ثابت بسته به فاصله حمل حرکت نماید. کل زمان حمل، نباید از مدت‌های مندرج در بند ۵-۶-۲ تجاوز نماید و حجم بتن حمل شده، نباید از (۸۰٪) ظرفیت اسمی تراک میکسر بیشتر باشد.

۵-۶-۳-۲ تراک با جام ثابت^۳

در این روش جام بتن با همزن یا بدون همزن با بازشو از بالا یا از کف بر روی تراک حمل می‌شود. سیستم دارای دریچه تخلیه و ویراتور در محل تخلیه برای تأمین جریان منظم بتن می‌باشد. این روش، خاص جاده‌های هموار است و زمان حمل، نباید از ۴۵ دقیقه تجاوز نماید.

-
1. Dry mixing
 2. Transporting Centrally-Mixed Concrete
 3. Stationary Truck Body

۵-۶-۳-۳ جام انتقال با ریل

هنگامی که محل مصرف به کارگاه ساخت بتن نزدیک باشد، معمول‌ترین روش برای انتقال بتن‌های حجیم، استفاده از جام، ریل و کابل است. باید هنگام حمل و تخلیه با جام دقت شود که جداسازی اجزای متشکله بتن رخ ندهد. زمان حمل با روشهای فوق نباید از ۴۵ دقیقه تجاوز نماید.

۵-۶-۳-۴ روش دستی

حمل بتن با انواع چرخهای دستی، فرغون و دامپر مجاز نیست، مگر در کارهای کوچک که حجم ساخت بتن از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت تجاوز ننماید، رده بتن از C20 پایین‌تر و فواصل حمل کوتاه باشد (کمتر از ۱۲۰ متر برای دامپر و ۶۰ متر با چرخ دستی بدون موتور)، شرایط جوی مساعد بوده و قبلاً تأیید دستگاه نظارت کسب شده باشد. وسایل مزبور باید دارای چرخهای لاستیکی بوده، مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد و حمل با دقت کامل انجام شود تا جداسازی اجزای بتن رخ ندهد.

۵-۶-۳-۵ ناوه شیبدار^۱

ناوه شیبدار، باید فلزی یا دارای روکش فلزی بوده، کاملاً آب‌بند باشد و شیب آن، ثابت و به گونه‌ای اختیار شود که هنگام حمل، عمل جدایی در اجزای بتن حادث نشود. در انتهای ناوه، باید قیف قائم برای تخلیه بتن به قالب پیش‌بینی شود. با توجه به شرایط آب و هوایی محل کار، کنترل اسلامپ و سایر مشخصه‌های اصلی بتن توسط دستگاه نظارت صورت می‌گیرد.

◀ ۵-۶-۴ تلمبه کردن بتن^۱

۵-۶-۴-۱ کلیات

منظور از تلمبه کردن بتن، نقل و انتقال آن به صورت تحت فشار با استفاده از لوله است. با توجه به شرایط محل، نحوه تلمبه کردن باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. حتی‌الامکان باید محل پمپ در نزدیکی محل تخلیه انتخاب شود. قبل از شروع بتن‌ریزی به منظور پرهیز از قطع ناگهانی پمپاژ، باید

1. Chute

از صحت و کارایی تمامی لوازم و ادوات اطمینان حاصل شود. تأیید دستگاه نظارت، لازمه شروع عملیات بتن ریزی با پمپ است.

۵-۶-۴-۲ حداکثر قطر مصالح سنگی

حداکثر قطر مصالح سنگی با توجه به قطر لوله خروجی و تخلیه و ظرفیت پمپاژ در سرعت‌های مختلف مطابق ارقام جدول ۵-۶-۴-۲ خواهد بود.

جدول ۵-۶-۴-۲ حداکثر قطر شن و ظرفیت پمپاژ با توجه به قطر لوله تخلیه

ظرفیت متوسط پمپاژ بر حسب متر مکعب در ساعت				حداکثر قطر شن (میلیمتر)		قطر لوله تخلیه (میلیمتر)
سرعت تخلیه ۱/۲ متر بر ثانیه	سرعت تخلیه ۰/۹ متر بر ثانیه	سرعت تخلیه ۰/۶ متر بر ثانیه	سرعت تخلیه ۰/۳ متر بر ثانیه	بتن پرمايه	بتن کم‌مايه	
۱۸	۱۴	۹	۴/۵	۱۹	۱۹	۷۵ (۳")
۳۳	۲۵	۱۷	۸/۳	۱۹	۲۵	۱۰۰ (۴")
۵۵	۴۱	۲۸	۱۴	۲۵	۳۸	۱۲۵ (۵")
۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۳۸	۵۰	۱۵۰ (۶")
-	۷۴	۵۰	۲۵	۳۸	۵۰	۱۷۵ (۷")
-	-	۷۱	۳۵	۵۰	۶۸	۲۰۰ (۸")

۵-۶-۴-۳ مناسب‌ترین دانه‌بندی

مناسب‌ترین دانه‌بندی برای بتن پمپی، بر اساس استاندارد ACI-304-83 توصیه می‌شود.

۵-۶-۴-۴ ضریب نرمی ماسه

ضریب نرمی ماسه مصرفی بتن، ۲/۴ تا ۳ می‌باشد (به طور کل برای بتن پمپی ۲/۷±۰/۳).

۵-۴-۶-۵ میزان شن

درصد وزنی شن در مخلوط بتن با توجه به حداکثر قطر مصالح سنگی و ماسه‌های مختلف باید با ارقام جدول ۵-۴-۶-۵ مطابقت نماید. برای افزایش کارایی بتن پمپی باید (۱۰٪) از مقادیر جدول ۵-۴-۶-۵ کسر شود.

جدول ۵-۴-۶-۵ درصد وزنی شن در واحد حجم بتن

درصد وزنی شن خشک در واحد حجم بتن				حداکثر قطر شن (میلیمتر)
ضریب نرمی ماسه ۳	ضریب نرمی ماسه ۲/۸۰	ضریب نرمی ماسه ۲/۶۰	ضریب نرمی ماسه ۲/۴۰	
۴۴	۴۶	۴۸	۵۰	$\left(\frac{3}{8}\right) 9/5$
۵۳	۵۵	۵۷	۵۹	$\left(\frac{1}{2}\right) 12/5$
۶۰	۶۲	۶۴	۶۶	$\left(\frac{3}{4}\right) 19$
۶۵	۶۷	۶۹	۷۱	$(1) 25$
۶۹	۷۱	۷۳	۷۵	$\left(\frac{3}{2}\right) 38$
۷۲	۷۴	۷۶	۷۸	$(2) 50$

- میزان شن خشک باید با استاندارد (د - ت ۲۰۹) مطابقت نماید.

- میزان شن جدول با روش سعی و خطا برای بتن آرمه با کارایی مناسب توصیه شده است، در صورتی که کارایی کمتری برای انواعی از بتن نظیر بتن پیاده‌روها موردنظر باشد، می‌توان (۱۰٪) به ارقام جدول، اضافه و برای کارایی بیشتر و پمپاژ آسان‌تر می‌توان (۱۰٪) از ارقام فوق کسر نمود.

۵-۴-۶-۶ سایر مشخصه‌های مهم

حداکثر نسبت آب به سیمان باید به رقم ۰/۴۵ محدود شود و میزان اسلامپ بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر باشد. مواد افزودنی لازم برای تأمین اسلامپ و تأخیر در گیرش بتن با نظر و تأیید دستگاه نظارت مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۷-۵ بتن ریزی و متراکم ساختن بتن

۱-۷-۵ کلیات

به منظور اجرای عملیات صحیح بتن ریزی، پیمانکار باید قبل از شروع کار تدارکات و اقدامات اولیه را به شرح مندرجات این قسمت به عمل آورد. برنامه اجرای کار شامل حجم و مشخصات مصالح مورد مصرف، ظرفیت و قدرت دستگاههای ساخت و انتقال بتن، نیروی انسانی متخصص، آماده نمودن محل کار، قالب بندی، نصب آرماتور، نصب لوله ها و قطعات مدفون در بتن و بالاخره موقعیت درزهای ساختمانی باید به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد. بتن ریزی باید به نحوی انجام شود که خصوصیات و کیفیت بتن، نظیر نسبت آب به سیمنان، اسلامپ، میزان هوای موجود و بالاخره یکنواختی بتن حفظ شود. عملیات بتن ریزی نباید باعث جداشدگی، آب انداختن و پیدایش خلل و فرج در بتن گردد. افزودن آب به منظور جا انداختن بتن در قالب به هیچ وجه مجاز نیست. بتن ریزی در مواقع بارندگی، ریزش برف، وزش باد شدید، تابش مستقیم خورشید و دمای نامناسب مجاز نبوده و در این موارد باید بتن ریزی با اتخاذ تدابیر لازم و رعایت دستورالعملهای مندرج در این بخش و دستورات دستگاه نظارت انجام شود. به طور کلی بدون اجازه قبلی دستگاه نظارت هیچ نوع بتن ریزی مجاز نمی باشد.

در هر کارگاه بتن ریزی، پیمانکار باید تمامی اطلاعات لازم از قبیل درجه حرارت، رطوبت، سرعت وزش باد، تاریخ و مدت انجام بتن ریزی، موقعیت و مشخصات سازه اجرا شده و شماره نمونه های آزمایشی راه، ثبت و جزو اسناد و مدارک کارگاهی، ضبط و نگهداری نماید. نکاتی که قبل از اجرای کارهای بتنی باید توسط پیمانکار مورد توجه قرار گیرد، به شرح زیر است:

۲-۷-۵ خشک کردن محل کار

قبل از شروع عملیات بتن ریزی باید آب موجود با روشهای مورد تأیید دستگاه نظارت نظیر پمپاژ یا انحراف مسیر، به خارج از محل کار هدایت شود، به طوری که محل کار خشک بوده و این وضعیت تا ختم عملیات بتن ریزی و سخت شدن بتن ادامه داشته باشد. حفظ وضعیت فوق و رعایت تدابیر احتیاطی تا زمانی که دستگاه نظارت مصلحت بداند، ادامه می یابد.

◀ ۵-۷-۳ آماده نمودن بستر خاکی

با توجه به رقومهای تعیین شده در نقشه‌های اجرایی یا دستورات دستگاه نظارت باید تا رسیدن به بستر مناسب مصالح نامرغوب و سست از محل کار خارج شده و تا تراز موردنظر، مصالح مناسب جانشین آن شود. کف پی باید محکم کوبیده و رگلاژ شود. در مواردی که بتن‌ریزی در مجاورت دیوارهای خاکی و بدون قالب‌بندی انجام می‌شود، باید علاوه بر رعایت اصول ایمنی و ممانعت از ریزش احتمالی، با استفاده از روکش ناپلونی و مرطوب کردن بدنه پی از ریزش خاک و آلوده شدن بتن جلوگیری به عمل آید. بستر خاکی شالوده تمامی سازه‌ها باید قبل از بتن‌ریزی با یک قشر نظافت (رده C₁₀) به ضخامت حداقل ۱۰ سانتیمتر پوشیده شود. بتن‌ریزی شالوده باید بعد از گیرش بتن نظافتی صورت گیرد.

◀ ۵-۷-۴ آماده کردن بستر سنگی

بسترهای سنگی باید کاملاً افقی و جداره‌های آن تا حد امکان قائم باشد. قبل از بتن‌ریزی، بستر پی باید به یکی از روشهای مورد قبول دستگاه نظارت تمیز و مرطوب گردد. به منظور ایجاد چسبندگی کامل بین بتن و بستر سنگی و تراز نمودن آن، بستر سنگی باید با ملات ماسه‌سیمان به عیار ۳۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب و به ضخامت حدود ۲/۵ سانتیمتر روکش شود.

◀ ۵-۷-۵ آماده نمودن سطوح بتن قدیم

برای تأمین پیوستگی لازم بین بتن قدیم (بتن سخت شده) و جدید، سطح بتن قدیم باید کاملاً تمیز و عاری از مواد زاید بوده و به اندازه کافی زبر شود. به طوری که دانه‌های شن در سطح بتن نمایان گردند. پس از مرحله تمیز کردن، به منظور آماده نمودن سطح بتن برای بتن‌ریزی جدید، باید سطح بتن قدیم به مدت یک روز تا حد اشباع مرطوب نگاه داشته شود. آماده نمودن سطح بتن قدیم به طریق زیر انجام می‌شود.

الف: برداشت سطحی رویه بتن قدیم از طریق پاشیدن ماسه^۱ با دانه‌بندی معین، تحت فشار و با سرعت انجام می‌شود. پس از آن سطح کار باید با آب تمیز و تحت فشار شسته شود. در صورت لزوم

می‌توان از روش یاد شده برای آماده کردن سطح مقطع بتن در محل قطع بتن‌ریزیها^۱ نیز استفاده نمود.

ب: برداشت لایه سست سطحی بتن قدیم ممکن است با آب و هوای تحت فشار انجام شود. این عمل تا نمایان شدن شن در سطح بتن ادامه می‌یابد. در صورتی که وقفه‌ای بین بتن‌ریزی قدیم و جدید به وجود آید، باید با نظر دستگاه نظارت، تا بتن‌ریزی بعدی، سطح کار با ۵ سانتیمتر ماسه مرطوب محافظت شود.

پ: روشهای دیگری نظیر مخرس کردن سطح کار با اسید و نظایر آن، باید قبلاً به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد.

۵-۷-۶ آرما توری و جاگذاری قطعات مدفون

قبل از بتن‌ریزی باید میلگردها، میل مهارها، لوله‌ها و سایر ادواتی که در بتن باقی می‌ماند، بر اساس نقشه‌های اجرایی و یا دستورات دستگاه نظارت به طور اطمینان‌بخشی محکم، جاسازی و بسته‌بندی شوند. این ادوات باید تمیز و عاری از هر نوع مواد آلوده نظیر چربی، خاک، گل، ملات و بتن خشک شده باشند. محل میلگردها و سایر اقلام مدفون در بتن باید قبل از بتن‌ریزی کاملاً کنترل و به تأیید دستگاه نظارت رسیده باشد.

۵-۷-۷ کنترل قالب

قالب‌بندی باید بر اساس مندرجات فصل ششم این نشریه انجام شود. بلافاصله قبل از بتن‌ریزی، دستگاه نظارت محل بتن‌ریزی را کنترل می‌نماید. کلیه مواد خارجی از قبیل آب، خاک، ماسه، برف، یخ، چربی، روغن، تکه چوب و میخ باید از محل بتن‌ریزی جمع‌آوری شده باشد. قالبهای چوبی باید قبل از بتن‌ریزی مرطوب شوند تا آب بتن تازه را جذب نمایند.

۵-۷-۸ ریختن بتن و انتقال آن به قالب

۵-۷-۸-۱ کلیات

پس از اینکه بتن با روش مناسب و مورد تأیید به پای کار حمل شد، انتقال بتن به محل نهایی شروع می‌شود. قبل از بتن‌ریزی باید با توجه به نوع سازه بهترین روش انتقال بتن به قالب انتخاب گردد، به نحوی که در کیفیت و خصوصیات اصلی بتن تغییری حاصل نشود. با توجه به نوع و حجم عملیات، روشهای زیر برای انتقال بتن توصیه می‌شود.

۵-۷-۸-۲ استفاده از باکت یا جام

معمول‌ترین روش در بتن‌ریزیهای حجیم با فاصله حمل کوتاه، استفاده از باکت یا جام است. بسته به حجم عملیات و زمان بتن‌ریزی، حجم جام قابل تغییر می‌باشد. دریاچه تخلیه باکت در کف، تعبیه شده و جام باید دارای تعداد بازشو کافی باشد. اندازه دهانه بازشو نباید از $\frac{1}{3}$ طول باکت و ۵ برابر قطر بزرگترین دانه کمتر باشد. شیب جدار باکت در محل تخلیه نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد، تخلیه بتن به باکت باید به طور قائم و از مرکز آن باشد. چنانچه بتن داخل باکت، مستقیماً و یا توسط ناوه شیبدار درون قالب تخلیه می‌شود، باید در انتهای نقطه تخلیه و در ارتفاع حداقل ۶۰ سانتیمتر، بتن توسط محفظه هدایت به محل نهایی ریخته شود.

۵-۷-۸-۳ ناوه شیبدار^۱

برای انتقال بتن از بالا به پایین از ناوه شیبدار استفاده می‌شود. ناوه باید دارای سطح مقطع نیم‌دایره باشد. ناوه معمولاً از فلز ساخته می‌شود. در غیر این صورت باید دارای روکش فلزی کاملاً آب‌بند باشد. ظرفیت ناوه باید چنان باشد که بتن از اطراف آن سرریز ننماید. شیب ناوه باید ثابت باشد تا بتن با اسلامپ موردنظر بدون جداشدگی به راحتی تخلیه شود. در انتهای محل تخلیه و برای جلوگیری از جدا شدن مواد از یکدیگر، باید بتن توسط قیف هادی به محل نهایی هدایت شود.

۵-۷-۸-۴ لوله تخلیه

برای تخلیه بتن از ارتفاع زیاد به صورت قائم، استفاده از لوله تخلیه توصیه می‌شود. قطر این لوله در دو سه متر اول باید حداقل ۸ برابر قطر بزرگترین سنگدانه باشد، در قسمت تحتانی می‌توان قطر خروجی را تا ۶ برابر قطر بزرگترین دانه اختیار نمود. این لوله باید توسط وادارهای ثابت، نصب و بتن به صورت قائم از آن تخلیه شود. برای جذب انرژی پتانسیل بتن تخلیه شده، باید در قسمت تحتانی محل تخلیه یک بستر مناسب با امکان تخلیه بتن از کنار لوله در نظر گرفته شود. اسلامپ بتن در این روش ۷/۵ تا ۱۵ سانتیمتر بوده و ارتفاع تخلیه با توجه به کیفیت بتن توسط دستگاه نظارت تعیین خواهد شد. در صورتی که فاصله قائم تخلیه زیاد باشد، در کارهای بزرگ تأمین خط ارتباط تلفنی در ابتدا و انتهای لوله تخلیه اجباری است.

۵-۷-۸-۵ تسمه نقاله

انتقال بتن از محل نهایی حمل به محل نهایی تخلیه (قالب) با تأیید دستگاه نظارت و در پروژه‌های بزرگ توسط تسمه نقاله صورت می‌گیرد. نحوه انتقال بتن با تسمه نقاله با توجه به شرایط آب و هوایی، محل اجرا و نوع بتن مشخص می‌شود. بسته به نوع پروژه، سرعت تسمه نقاله متفاوت است، چنانچه محل تخلیه در مسیر حرکت باشد، سرعت تسمه به ۱۵۰ متر در هر دقیقه می‌رسد. چنانچه تخلیه از کنار (عمود بر مسیر) انجام شود، این سرعت تقلیل خواهد یافت. در انتهای تسمه نقاله، در محل نهایی تخلیه، باید سیستم کنترل تخلیه پیش‌بینی شود. تسمه نقاله در مسیر حرکت باید در مقابل باد و باران و تابش مستقیم خورشید محافظت شود. برای دستیابی به بازده مناسب در این روش توصیه می‌شود، اسلامپ بتن ۶/۵ تا ۷/۵ سانتیمتر باشد.

۵-۷-۸-۶ بتن‌ریزی شالوده

پس از رسیدن به پی و بستر مناسب، پیمانکار باید با توجه به بارهای وارده به شالوده از طریق روشهای مورد تأیید دستگاه نظارت نسبت به تحکیم پی اقدام نماید. در صورت سست بودن محل پی، باید عملیات پی‌کنی تا تراز زمین سخت (با مقاومت موردنظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد

تأیید دستگاه نظارت تا تراز زیر شالوده، پر شده و تحکیم یابد. بستر پی باید با حداقل ۱۰ سانتیمتر بتن رده C₁₀، آماده و رگلاژ شود.

پس از نصب قالب باید نسبت به بستن آرماتورها، صفحات زیر ستون، میل مهار و قطعات مدفون در بتن اقدام شود. در صورتی که به علت شرایط زمین پی، با تأیید دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد پیمانکار باید با تعبیه پوششهای پلاستیکی و دیگر روشهای مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

۵-۷-۸-۷ بتن‌ریزی دالها و سقفها

بتن‌ریزی در دالها باید در یک جهت و به طور متوالی انجام شود. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به صورت پراکنده، ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد، تخلیه و سپس به طور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روشهای حمل و تخلیه، عملیات باید به صورتی انجام شود که حتی‌الامکان از بوجود آمدن اتصال سرد^۱ در دالها پرهیز گردد. در عملیات بزرگ باید محل ختم بتن‌ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای ساختمانی ادامه یابد. چنانچه در اثر بروز اشکالات قطع بتن‌ریزی حادث شود، باید محل قطع بتن‌ریزی با توجه به مندرجات بند ۵-۷-۵ برای ادامه عملیات بتن‌ریزی آماده شود.

۵-۷-۸-۸ بتن‌ریزی دیوار، ستون و تیرهای اصلی

بتن‌ریزی در دیوارها باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هر لایه قبل از ریختن لایه بعدی به طور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد اتصال سرد و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد. پیمانهای اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن‌ریزی به سوی قسمت مرکزی سازه ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری

شود. در بتن‌ریزی ستونها حتی‌الامکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود، این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه‌ها به $0/9$ تا $1/2$ متر محدود می‌شود.

در صورتی که بتن اجباراً در قالبهای بلند ریخته می‌شود (خصوصاً اگر بتن بدون حباب هوا باشد) برای جلوگیری از آب انداختن بتن، توصیه می‌شود از بتن با اسلامپ کم (بتن سفت) استفاده شود، کاستن از سرعت بتن‌ریزی نیز تا حدود زیادی از آب انداختن بتن جلوگیری می‌نماید. در ستونهای بلند در صورت امکان می‌توان بتن را تا تراز حدوداً 30 سانتیمتر پایین‌تر از تراز قطعی ریخته و پس از یک ساعت، قبل از اینکه سطح بتن سخت شود، بتن‌ریزی را مجدداً از سر گرفت تا از ایجاد اتصالات سرد جلوگیری شود.

توصیه می‌شود برای جلوگیری از ضایعات ناشی از آب انداختن بتن، ارتفاع ستون $2/5$ سانتیمتر بیشتر اختیار شود و بتن اضافی پس از اینکه سخت شد تخریب شود.

به‌منظور جلوگیری از ترکهای ناشی از نشست خمیری بتن ستونها و دیوارها، توصیه می‌شود، بتن‌ریزی این اعضا حداقل 24 ساعت تا 48 ساعت قبل از بتن‌ریزی تیرهای اصلی، تیرها و دالهای مجاور آنها انجام شود. ماهیچه‌ها و سرستونها باید به صورت یکپارچه با ستون ریخته شوند.

۵-۷-۸-۹ بتن‌ریزی در سطوح شیبدار

بتن‌ریزی با بتن غیر مسلح روی سطوح شیبدار، با دست و یا با ماشین مخصوص (قالب لغزنده)^۱ انجام می‌شود. چنانچه عملیات روی سطح شیبدار با دست انجام گیرد، با توجه به ضخامت کم سازه، باید بتن در تمام ضخامت دال ریخته شده و لرزاندن، ماله‌کشی، تسطیح و تنظیم سطح بتن از قسمت تحتانی شیب به سمت بالا انجام شود. برای جلوگیری از جاری شدن بتن روی سطح بهتر است بتن با اسلامپ کم مصرف شود. در این حالت جا انداختن و لرزاندن بتن باید با دقت صورت گیرد، تا بتن کرمو نشود. برای سهولت اجرا توصیه می‌شود اسلامپ بتن از $6/5$ سانتیمتر کمتر اختیار شود. بتن با اسلامپ یاد شده به راحتی روی شیب جا انداخته می‌شود. توصیه می‌شود سطح فوقانی با شیب بیش از $1/5$: 1 (۱ قائم، $1/5$ افقی)، قالب‌بندی شوند، به هر حال تعبیه قالب برای سطح فوقانی با شیب بیشتر از $1:1$ ، الزامی

است. توصیه می‌شود در سطوح شیبدار ابتدا بتن کف ریخته و از این بتن به عنوان وادار برای ریختن بتن در شیب استفاده شود.

در کارهای بزرگ ممکن است با تأیید دستگاه نظارت برای پوشش کانالها^۱ از قالب لغزنده استفاده شود. در این حالت باید بستر شیب را قبلاً کوبیده و آماده نمود. برای بتن‌های بدون آرماتور با ضخامت حداقل ۵ سانتیمتر، حداکثر قطر مصالح سنگی ۱۹ میلیمتر اختیار می‌شود، در هر حالت اندازه بزرگترین دانه‌ها نباید از $\frac{1}{4}$ ضخامت بتن تجاوز نماید.

۵-۷-۸-۱۰ توقف و شروع مجدد بتن‌ریزی

به‌طور کلی بتن‌ریزی باید تا رسیدن به محل‌های مجاز از پیش تعیین شده نظیر درزهای ساختمانی، بدون وقفه ادامه یابد. پیمانکار موظف است تجهیزات و لوازم ساخت، حمل و ریختن بتن را به نحوی تهیه و کار را چنان برنامه‌ریزی نماید که مجموعه عوامل با ضریب اطمینان کافی قادر به بتن‌ریزی به‌طور پیوسته و بدون وقفه باشند. محل قطع بتن‌ریزیها باید حتی‌الامکان در نقاط حداقل تنشها در نظر گرفته شود. سطح مقطع بتن در محل قطع بتن‌ریزی (سطوح واریز) باید حتی‌الامکان عمود بر امتداد تنشها باشد. در صورتی که به هر علت قطع بتن‌ریزی اجتناب‌ناپذیر باشد، باید فوراً و قبل از آغاز گیرش بتن، سطوح واریز به‌طور یکنواخت و با شیب ثابت تنظیم گردد. برای آغاز مجدد بتن‌ریزی باید مطابق مندرجات بند ۵-۷-۵ عمل شود.

بتن تمامی قسمتهای یک دال و تیرهای مربوطه (تیرهای اصلی و فرعی) باید در یک مرحله ریخته شود. بتن‌ریزی دالها، تیرها یا قطعات مشابه باید حداقل ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد از بتن‌ریزی ستونها، دیوارها و تکیه‌گاهها، انجام شود. در شرایط خاص دستگاه نظارت می‌تواند این مدت را کاهش دهد.

بتن‌ریزی هر مرحله^۲ و هر لایه^۳ باید بر اساس نقشه‌ها و مشخصات تعیین شده صورت گیرد. در صورت نبودن این دستورالعملها می‌توان از ارقام جدول ۵-۷-۸-۱۰ استفاده نمود.

1. Lining
2. Lift
3. Layer

جدول ۵-۷-۸-۱۰ حداکثر ضخامت مراحل و لایه‌های بتن‌ریزی (متر)*

نوع قطعه بتنی	حداکثر ضخامت هر مرحله	حداکثر ضخامت هر لایه*
دیوارها و پایه‌های حجیم	۳**	۰/۵
سایر دیوارها، ستونها و پایه‌ها	۳**	۰/۳۵
دالها و صفحات	ضخامت دال	۰/۳۵

* برای دست یافتن به بتنی یکپارچه و با توجه به نوع لرزاندن و مرتعش ساختن، دستگاه نظارت می‌تواند ضخامت لایه‌ها را کاهش دهد.

** در مواردی که با توجه به نوع سازه میزان بتن‌ریزی در یک مرحله از ۰/۶ متر تجاوز نموده و یا میزان سیمان مصرفی از ۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب بیشتر باشد توصیه می‌شود پس از تأیید دستگاه نظارت از سیمانهای کم حرارت^۱ استفاده شود.

۵-۷-۹ شرایط آب و هوایی بتن‌ریزی

۵-۷-۹-۱ بتن‌ریزی در هوای گرم^۲

الف: کلیات

به طور کلی عواملی نظیر هوای گرم، وزش باد و رطوبت، روی ساختن، ریختن و عمل آوردن بتن اثر می‌گذارند. برای دستیابی به نتیجه مطلوب، پیمانکار موظف است ضمن مراحل مختلف بر اساس مندرجات این نشریه و دستورات دستگاه نظارت عمل نماید. پیمانکار باید دمای محیط، دمای مصالح و بتن، و اوضاع جوی، سرعت و جهش وزش باد، رطوبت نسبی محیط و سایر اطلاعات را به طور روزانه، ثبت و در کارگاه جمع‌آوری نماید. هوای گرم آثاری به شرح زیر بر روی بتن خواهد داشت:

- افزایش میزان آب مورد نیاز

- کاهش اسلامپ

- زیاد شدن سرعت سخت شدن بتن

- افزایش احتمال ترکهای خمیری در بتن

1. Low Heat Cement

2. Hot Weather Concreting

- بروز اشکال در کنترل میزان هوای بتن

- کاهش دوام بتن در صورت عدم رعایت ملاحظات فنی

- عدم امکان دستیابی به سطوح یکنواخت

برای جلوگیری از بوجود آمدن آثار نامطلوب و دستیابی به بتن مناسب با کارایی و مقاومت زیاد، رعایت نکات زیر از جانب پیمانکار، هنگام اجرای عملیات الزامی است.

ب: آب

آب مصرفی بتن نباید گرم باشد. گرم بودن آب علاوه بر بالا بردن درجه حرارت مخلوط بتن، باعث بالا رفتن مصرف آب می‌شود که این امر نهایتاً موجب کاهش مقاومت خواهد شد. با اضافه شدن هر ۱۰ درجه به حرارت آب، میزان اسلامپ ۲۰ تا ۲۵ میلیمتر کاهش می‌یابد و از این رو آب مصرفی باید کاملاً خنک بوده و در صورت لزوم توسط یخ خنک شود.

پ: سیمان

یکی از نکات بسیار مهم در هوای گرم، دمای سیمان به هنگام اختلاط است. بالا بودن دمای سیمان، دمای بتن را افزایش می‌دهد که این امر موجب تسریع عمل آبگیری، سخت شدن فوری، بالا رفتن نیاز به آب و نهایتاً آثار نامطلوب بر روی مقاومت و جمع‌شدگی خمیری بتن خواهد شد. بنابراین تحت هیچ شرایطی نباید درجه حرارت سیمان هنگام اختلاط از ۷۷ درجه سانتیگراد تجاوز نماید، به هر حال زمان گیرش سیمان مصرفی باید بر اساس روشهای ارائه شده در این نشریه کنترل شود. در هوای گرم باید از مصرف سیمانهای گرم، نوع ۳ و مشابه آن خودداری شود.

ت: مواد افزودنی

مصرف مواد افزودنی در هوای گرم باید بر اساس توصیه‌های کارخانه سازنده و تأییدات دستگاه نظارت صورت گیرد. بدون رعایت تأیید قبلی دستگاه نظارت، پیمانکار به هیچوجه حق اضافه نمودن این مواد را به بتن نخواهد داشت، استفاده از مواد افزودنی کندگیر کننده و یا کاهش دهنده آب بر اساس مندرجات فصل دوم این نشریه با اجازه قبلی دستگاه نظارت بلامانع است.

به علاوه رعایت نکات زیر هنگام بتن‌ریزی در هوای گرم الزامیست:

۱- هنگام بتن‌ریزی دمای هیچ قسمت از بتن نباید از ۳۰ درجه سلسیوس تجاوز نماید.

- ۲- دمای محیط هنگام بتن‌ریزی نباید از ۳۸ درجه سلسیوس بیشتر باشد.
- برای دست یافتن به بتنی خوب و پایا توصیه می‌شود عملیات بتن‌ریزی در دمای بین ۲۴ تا ۳۸ درجه سلسیوس انجام شود.
- ۳- مصالح بتن خصوصاً مصالح سنگی نباید زیر تابش مستقیم آفتاب قرار گیرد.
- ۴- وسایل، لوازم و تجهیزات تهیه، حمل و ساختن بتن نظیر مخلوط‌کنها، پمپها، تراک میکسرها، باید حتی‌الامکان سفید رنگ بوده و در جای خنک، نگهداری و نصب شوند و در صورت امکان با پوشش مناسب از تابش مستقیم آفتاب مصون باشند.
- ۵- فاصله زمانی بین ساختن و ریختن بتن در قالب به حداقل ممکن کاهش یابد.
- ۶- آبیاری قالبها، آرماتورها و بستر محل بتن‌ریزی، با آب خنک، همزمان و قبل از بتن‌ریزی صورت پذیرد.
- ۷- محل بتن‌ریزی در حین اجرا از تابش مستقیم آفتاب مصون نگهداشته شود.
- ۸- در فصل تابستان و روزهای گرم خصوصاً در مناطق جنوبی ایران توصیه می‌شود بتن‌ریزی در اواسط روز قطع و برنامه بتن‌ریزی برای اوایل صبح و عصر، تنظیم و اجرا شود.

۵-۷-۹-۲ بتن‌ریزی در هوای سرد^۱

الف: کلیات

در کارهای بتنی، هوای سرد به شرایطی اطلاق می‌شود که بیش از سه روز متوالی، متوسط درجه حرارت روزانه از ۵ درجه سلسیوس کمتر باشد. چنانچه بیش از نیمی از روز دمای محیط بالای ۱۰ درجه سلسیوس باشد، هوا سرد تلقی نمی‌شود. پیمانکار باید تدابیر لازم را برای حفاظت بتن در مراحل مختلف ساخت، حمل و ریختن اتخاذ نماید. پیمانکار موظف است برای جلوگیری از وقفه در عملیات بتن‌ریزی قبلاً برنامه اجرای کار را به تصویب دستگاه نظارت برساند. رعایت نکات زیر برای بتن‌ریزی در هوای سرد الزامی است.

ب: دما

توصیه می‌شود هنگام بتن‌ریزی، دمای هیچ قسمت از بتن تازه از ۱۰ درجه سلسیوس کمتر نباشد، ولی به هر حال این دما نباید از ۵ درجه سلسیوس به عنوان حداقل مجاز، کمتر شود.

پ: در هوای سرد باید با گرم کردن مواد متشکله بتن، دمای مخلوط را به حد قابل قبول رسانید.

ت: برای تهیه بتن در درجه حرارت زیر صفر، ابتدا باید قطعات یخ و مصالح یخ زده را از مصالح سنگی جدا و مصالح سنگی را تا بالای ۱۵ درجه و در صورت لزوم آب را تا ۶۰ درجه سلسیوس گرم نمود. در صورتی که مصالح سنگی خشک باشد، می‌توان ماسه را تا ۴۰ درجه سانتیگراد گرم کرد، در این حالت نیز آب نباید از ۶۰ درجه بیشتر گرم شود.

ث: هنگامی که گرم کردن مصالح سنگی مشکل بوده و یا عملی نباشد، می‌توان با تأیید دستگاه نظارت ضمن استفاده از آب گرم دمای مخلوط بتن را بالا برد.

ج: تغییر سریع دمای سطح بتن پس از اتمام دوران حفاظت، باعث ایجاد ترک در سطوح خارجی خواهد شد. لذا پیمانکار باید در طول حداقل ۲۴ ساعت اولیه پس از اتمام دوران نگهداری بتن، تدابیر لازم را اتخاذ نماید.

چ: دمای آب مصرفی باید یکنواخت و ثابت باشد تا تغییری در اسلامپ ساختهای مختلف بتن حادث نشود.

ح: دمای نهایی مخلوط بتن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{0.22(T_s W_s + T_a W_a + T_e W_c) + T_w W_w + T_s W_{ws} + T_a W_{wa}}{0.22(W_s + W_a + W_c) + W_w + W_{wa} + W_{ws}}$$

در رابطه فوق

T دمای نهایی مخلوط بتن بر حسب درجه سلسیوس

T_w, T_a, T_s, T_e به ترتیب:

دمای سیمان، ماسه، شن و آب

W_w, W_a, W_s, W_c به ترتیب وزن سیمان، ماسه، شن خشک و آب بر حسب کیلوگرم و W_{wa} و W_{ws}

وزن ماسه و شن مرطوب بر حسب کیلوگرم است. چنانچه دمای شن یا ماسه، زیر صفر باشد،

رطوبت مصالح به صورت یخ ظاهر می‌شود. بنابراین گرمای نهان ذوب یخ برای آب کردن یخ مصالح، باید به میزان فوق اضافه شود، در این صورت پارامترهای $T_a W_{wa}$ و $T_s W_{ws}$ به ترتیب به فاکتورهای $(0.5T_a - 80) W_{wa}$ ، $(0.5T_s - 80) W_{ws}$ بدل می‌شوند.

خ: پیش‌بینیهای لازم، قبل و حین اجرای بتن‌ریزی، در هوای سرد به شرح زیر است:

- شن، ماسه و آب مصرفی باید عاری از برف، یخ و مصالح یخ زده باشند.
- در صورت نیاز و قبل از بتن‌ریزی، مصالح سنگی و آب بر اساس دستورالعملهای این بخش گرم شوند.

قبل از اجرای بتن‌ریزی تمامی سطوح در تماس با بتن نظیر سطح قالب، آرماتورها و کابل‌های پیش‌تنیدگی باید عاری از برف و یخزدگی بوده و حتی‌الامکان دارای دمای مخلوط بتن موردنظر باشند.

استفاده از مواد افزودنی باید با توجه به نکات مندرج در این دستورالعمل صورت پذیرد. در هوای سرد توصیه می‌شود از بتن با حباب هوا استفاده شود.

- از سیمانهای مخصوص زودگیر نظیر سیمان تیپ ۳ استفاده شود.

- از پوشینه و عایق‌های مناسب به شرح مندرجات بند ۵-۸-۴ استفاده شود.

- از طریق بالا بردن دمای محیط بتن‌ریزی و ایجاد بادشکن، مراقبتهای لازم به عمل آید.

- فاصله حمل بتن حتی‌الامکان کوتاه اختیار شود.

چنانچه امکان افت سریع دما هنگام ساختن و ریختن بتن به دمای پایین‌تر از حد مجاز وجود داشته باشد، دستگاه نظارت می‌تواند دستور توقف بتن‌ریزی را صادر نماید.

۵-۷-۱۰ تراکم و تحکیم بتن^۱

۵-۷-۱۰-۱ کلیات

پس از ریختن بتن، پیمانکار باید با وسایل مناسب با توجه به نوع بتن آن را متراکم نماید. این عمل باید چنان انجام شود که هوای محبوس داخل بتن تماماً خارج شده و بتن یکپارچه دور میلگردها، قطعات مدفون و نهایتاً کلیه زوایای قالب را پر نماید. بسته به نوع بتن، جنس قالب و تراکم آرماتورها، برای متراکم کردن بتن وسایل و تجهیزات مختلفی به شرح زیر توصیه می‌شود:

۵-۷-۱۰-۲ متراکم کردن با دست

در کارهای کوچک و محدود و مخلوطهای خمیری و روان، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (تخماق) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان مرحله بتن‌ریزی برسد، ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

۵-۷-۱۰-۳ متراکم کردن با وسایل مکانیکی

متراکم کردن بتن با وسایل مکانیکی مناسب‌ترین روش برای بتن‌های سفت و درشت‌دانه می‌باشد، بسته به نوع این وسایل روشهای زیر مورد عمل بوده و توصیه می‌شوند:

الف: تراکم با کوبنده‌های موتوری^۲

از این روش در مورد بتن‌های خیلی سفت و در کارهای پیش‌ساخته استفاده می‌شود.

ب: تراکم با استفاده از نیروی گریز از مرکز^۳

از این روش در ساخت بتن متوسط یا شل و در کارهای پیش‌ساخته نظیر لوله‌ها و شمعها استفاده می‌شود.

1. Consolidation
2. Power Tamper
3. Centrifugal

پ: میزهای سقوط^۱

این وسایل بیشتر در مورد کارهای پیش ساخته نما مورد استفاده هستند.

ت: لرزاننده‌ها^۲

ویبراتورها دارای کاربردهای عمومی بوده و به طور کلی با توجه به مشخصات مکانیکی، نوع بتن و محل، باید کاربرد آنها قبلاً به تصویب دستگاه نظارت برسد. ارتعاش بتن به دو صورت درونی و بیرونی صورت می‌گیرد. هنگام ارتعاش بتن، اصطکاک بین دانه‌های درشت کم شده، به خاصیت سیالیت بتن افزوده می‌شود و بتن تحت اثر وزن به سهولت در قالب جا گرفته و حبابهای هوا از آن خارج می‌شوند. ویبراتورها چه به صورت ارتعاش درونی و چه به صورت ارتعاش بیرونی، به وسیله فرکانس (تعداد نوسانات در دقیقه) و دامنه تأثیر آنها از مرکز ارتعاش، از یکدیگر متمایز می‌شوند. ویژگی این ویبراتورها به شرح زیر است:

۱- ارتعاش درونی (غوطه‌ور)

ویبراتورهای درونی یا غوطه‌ور به صورت ویبراتورهای بیلچه‌ای یا میله‌ای برای متراکم کردن بتن دیوارها، دالها، تیرها، ستونها و اعضای مشابه توصیه می‌شوند. قطر قسمت مرتعش کننده ویبراتور، از ۲۰ میلیمتر به بالاست. دامنه اثر ویبراتور با قطر مرتعش کننده و فرکانس نوسانات آن متغیر است. میزان ارتعاش با قطر ویبراتور، کاهش و دامنه عمل با قطر ویبراتور، افزایش می‌یابد. شعاع عمل مؤثر با توجه به قطر ویبراتور حدوداً از اعداد زیر تبعیت می‌کند:

- برای قطر قسمت مرتعش کننده بین ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر، دامنه مؤثر ۷/۵ تا ۱۵ سانتیمتر.

- برای قطر قسمت مرتعش کننده بین ۵۰ تا ۹۰ میلیمتر، دامنه مؤثر ۱۸ تا ۳۶ سانتیمتر.

ویبراتورها باید توسط کارگران مجرب مورد استفاده قرار گیرند و حتی‌الامکان مرتعش کننده به صورت قائم و در اثر وزن طبیعی خود در بتن فرو رود. از اعمال فشار به ویبراتور باید جداً خودداری شود. داخل و خارج کردن ویبراتور در بتن، باید به آرامی و حدوداً با سرعت ۸ سانتیمتر در ثانیه صورت گیرد. ویبراتور باید به انتهای لایه بتن‌ریزی رسیده و حداقل

1. Drop Table

2. Vibrators

۱۵ سانتیمتر در لایه قبلی نفوذ کند. در دالهای نازک و در صورت تأیید دستگاه نظارت و با احتیاط، می‌توان ویراتور را به صورت مورب یا افقی در بتن قرار داد تا سر آن کاملاً در بتن قرار گیرد. فاصله نقاطی که ویراتور در بتن فرو می‌رود، باید حدوداً $1/5$ برابر دامنه عمل ویراتور باشد، به نحوی که مناطق مرتعش شده حدوداً چند سانتیمتر یکدیگر را بیوشانند. ویراتور باید حدوداً بین ۵-۱۵ ثانیه، آرام نگه داشته و سپس به آرامی از بتن خارج شود. لرزاندن بیش از اندازه بتن خصوصاً برای بتن‌های با اسلامپ زیاد، باعث تفکیک دانه‌ها شده و به هیچ وجه مجاز نیست. بسته به نوع بتن، زمان لازم برای قرار دادن ویراتور در بتن را حدوداً می‌توان مطابق جدول ۵-۷-۱۰-۳ (ت) اختیار نمود.

۲- ارتعاش بیرونی

در این حالت عمل تراکم از بیرون قالب انجام می‌شود. مهم‌ترین نوع ویراتورهای بیرونی از این قرارند:

الف: ویراتورهای قالب

این ویراتورها از سمت خارج به بدنه قالب متصل می‌شوند. این ویراتورها باید محکم و بدون حرکت اضافی به قالب متصل شوند. اتصال مستقیم ویراتور به قالب، مجاز نبوده و ویراتور باید از طریق اتصالات مکانیکی مناسب، ارتعاش را به قالب منتقل سازد. ویراتورها باید در نقاطی نصب شوند که ارتعاش را در سراسر قالب پخش نمایند. محل قرار دادن ویراتور با نظر دستگاه نظارت مشخص می‌شود. در بعضی مواقع با تأیید دستگاه نظارت فرکانسهای مختلفی برای ویراتورهای قالب انتخاب می‌شود، بنابراین توصیه می‌شود ویراتورهای قالب، مجهز به دستگاههای کنترل فرکانس و دامنه نوسان باشند. زمان لازم برای ارتعاش بیرونی بتن، ۱ تا ۲ دقیقه است. در قالبهای قائم نظیر قالب ستونها و دیوارها، ویراتورهای بیرونی باید حدوداً ۷۵ سانتیمتر از بالای قالب، پایین‌تر نصب شوند، رعایت این امر به ویژه در مورد قالب اعضا و قطعات نازک، اجباری است. در این موارد بتن قسمتهای بالایی قالب، باید با ویراتورهای درونی، لرزانده و متراکم شود. توصیه می‌شود در موارد زیر از ارتعاش بیرونی استفاده شود:

- متراکم کردن سازه‌های بسیار نازک بتنی یا سازه‌هایی که به علت تراکم بسیار زیاد آرماتور، استفاده از ویبراتورهای درونی در آنها مشکل یا غیر ممکن باشد.
- بتن‌های سفتی که امکان استفاده از ویبراتورهای درونی در آنها وجود نداشته باشد.
- به عنوان مکمل ویبراتورهای درونی

جدول ۵-۷-۱۰-۳ (ت) زمان لازم برای لرزاندن بتن با توجه به اسلامپ آن

مدت لرزاندن (ثانیه)	اسلامپ (میلیمتر)	نوع بتن
۳۲ - ۱۸	-	فوق‌العاده خشک
۱۸ - ۱۰	-	خیلی سفت
۱۰ - ۵	۳۰ - ۰	سفت
۵ - ۳	۸۰ - ۳۰	سفت خمیری
۳ - ۰	۱۳۰ - ۸۰	خمیری
-	۱۸۰ - ۱۳۰	روان

توضیح:

زمانهای مندرج در جدول ممکن است با نظر دستگاه نظارت تغییر یابد، به نحوی که مدت لرزاندن، نه به اندازه‌های طولانی باشد که باعث تفکیک دانه‌ها شود، نه آنقدر کوتاه باشد که عمل تحکیم به خوبی صورت نگیرد. کفایت لرزاندن را می‌توان با توجه به ارزیابیهای ظاهری و تجربه کارگران متخصص تعیین نمود. مشخصه‌های اصلی بتن متراکم شده عبارتند از:

- فرو رفتن دانه‌های درشت در داخل بتن و جا افتادن آنها
- مسطح شدن سطح تمام شده بتن
- متوقف شدن خروج حبابهای بزرگ هوا از سطح بتن
- ظاهر شدن غشائی نازک (فیلم) از خمیر شفاف سیمان در سطح کار
- یکنواخت شدن صدای ویبراتور بدین معنی که در ابتدای عمل تراکم، فرکانس ویبراتور کاهش یافته و پس از مدتی (زمان اتمام ارتعاش) فرکانس مجدداً بالا می‌رود. در پایان هنگامی که بتن عاری از هوا گردد، صدای ویبراتور یکنواخت و ثابت می‌شود. علاوه بر آن کارگران با تجربه می‌توانند تشخیص دهند که چه موقع بتن کاملاً متراکم شده است.

ب: میزهای لرزان

این روش بیشتر در کارگاههای پیش‌ساخته مورد استفاده است. میزهای لرزان باید مجهز به سیستم کنترل و تغییر ارتعاش باشند تا بتوان بسته به ضخامت سازه و روانی بتن، ارتعاش را تغییر داد. بتن‌های خمیری عموماً با فرکانس بالاتری نسبت به بتن‌های

سفت لرزانده می‌شوند، میزان ارتعاش و زمان آن با توجه به مشخصات سازه، نوع بتن و تجربه کارگاهی مشخص می‌شود.

پ: ویبراتورهای سطحی

این نوع لرزاننده‌ها به صورت شمشه‌های ارتعاش دهنده، ویبراتورهای صفحه‌ای، شمشه‌های غلتان ارتعاشی، ماله‌های آهنی و تخته ماله‌ای ارتعاشی مورد استفاده هستند. این نوع ارتعاش دهنده‌ها برای متراکم کردن بتن کف، دالهای بدون آرماتور، بتن پوشش^۱ روی سطوح شیبدار و اصولاً کارهای بتنی تخت مورد استفاده بوده و توصیه می‌شوند. لازم است در این روش به توصیه‌های زیر توجه شود:

- حتی‌الامکان از بتن اسلامپ کم (کمتر از ۷۵ میلیمتر) استفاده شود.

- دالها بدون آرماتور و ضخامت آن تا ۱۵۰ میلیمتر باشد و در صورت دارا بودن آرماتور تنها یک شبکه سیمی جوش شده در آن کار گذاشته شود.

به طور کلی این روش ارتعاشی برای دالهای بتن آرمه، دالهای با ضخامت بیش از ۲۰ سانتیمتر و مواردی که اعضا و قطعات مدفون در بتن مطرح باشند، مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

۵-۸ عمل آوردن بتن^۱

۵-۸-۱ کلیات

عمل آوردن فرایندی است که طی آن از افت رطوبت بتن جلوگیری شده و دمای بتن در وضعیت رضایتبخشی حفظ می‌شود. عمل آوردن بتن تأثیری بسزا روی ویژگیهای بتن سخت شده، از جمله کاهش نفوذپذیری و مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن دارد. عمل آوردن باید بلافاصله پس از تراکم بتن آغاز شود تا بتن را از گزند عوامل زیانبار محافظت نماید.

عمل آوردن از مفاهیم سه‌گانه (الف) مراقبت، (ب) محافظت، و (پ) پروراندن، تشکیل یافته است:
الف: مراقبت به مجموعه تدابیری گفته می‌شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مرطوب نگه داشته شود، به طوری که حداکثر میزان آبگیری آن چه در لایه‌های سطحی دانه‌ها و چه در حجم آنها صورت پذیرد.

ب: محافظت به مجموعه تدابیری اطلاق می‌شود که مانع اثر نامطلوب عوامل بیرونی، مانند شسته شدن به وسیله باران یا آب جاری، سرد شدن سریع یا یخبندان، لرزش، ضربه و مشابه آنها، بر روی بتن جوان می‌شوند.

پ: منظور از پروراندن بتن، تسریع گرفتن و سخت شدن آن به کمک حرارت می‌باشد.
عبور و مرور کارگران بر روی قطعات بتنی تازه ریخته شده، حداقل تا ۲۴ ساعت بعد از اتمام بتن‌ریزی، به هیچ وجه مجاز نیست، پیمانکار باید تدابیر لازم را در این موارد برای عبور و مرور کارگران فراهم نماید.

تهیه تمامی تجهیزات و لوازم مورد نیاز برای عمل آوردن صحیح بتن، طبق مندرجات این نشریه به عهده پیمانکار است.

۵-۸-۲ عوامل مؤثر در مراقبت از بتن

عواملی نظیر سرعت باد، میزان تبخیر سطحی، دمای مخلوط بتن هنگام ریختن، رطوبت محیط و دمای آن، عواملی می‌باشند که روی یکدیگر اثر متقابل خواهند داشت. چنانچه میزان تبخیر سطحی بیش از ۱ کیلوگرم بر متر مربع در ساعت باشد، پیمانکار باید تدابیر لازم را برای جلوگیری از تبخیر اتخاذ نماید. تبخیر بیش از میزان فوق‌الذکر، باعث به وجود آمدن ترک‌های خمیری در سطح بتن خواهد شد. سرعت آبیگری^۱ سیمان با تغییر دما تغییر می‌کند، به طوری که در ۱۰ درجه سلسیوس، سرعت آبیگری بسیار کند و در ۱۰۰ درجه سلسیوس، بسیار سریع است و اصولاً در دمای پایین‌تر از ۱۰ درجه سلسیوس، عمل گیرش اولیه دچار اختلال می‌گردد. در دمای کمتر از ۵ خصوصاً حدود صفر درجه سلسیوس، گیرش اولیه، تحت تأثیر عواملی نظیر دمای محیط، گرمای آزاد شده طی فرآیند آبیگری سیمان، و بالاخره دمای اولیه مصالح متشکله بتن می‌باشد. تبخیر آب مخلوط بتن یا آب به کار رفته برای مراقبت از بتن باعث سرد شدن سطح بتن می‌شود. عدم رعایت نکات مندرج در این فصل، باعث به وجود آمدن آثار سوء در مقاومت و به وجود آمدن ترک‌های سطحی در بتن خواهد بود.

۵-۸-۳ روش‌های مراقبت از بتن

بهترین روش مراقبت با توجه به نوع و مشخصات پروژه، شرایط محل اجرا و مصالح موجود برای عمل آوردن، توسط دستگاه نظارت، تعیین و به پیمانکار ابلاغ می‌شود. عمل آوردن بتن معمولاً به یکی از سه روش زیر صورت می‌پذیرد:

- عمل آوردن با آب به صورت پیوسته یا متناوب برای مرطوب نگه داشتن سطح بتن.
- عمل آوردن با پوشینه‌های مراقبت^۲ نظیر کاغذهای نفوذناپذیر و پوشش‌های نایلونی از پلی‌اتیلن یا ترکیبات عمل آورنده.^۳

1. Hydration

2. Curing Blanket

3. Curing Compounds

۵-۸-۳-۱ عمل آوردن به وسیله آب

در این روش، نگهداری بتن با کمک مستقیم آب و به شرح روشهای زیر صورت می‌گیرد:

الف: روش آب راکد^۱

برای نگهداری و عمل آوردن سطوح تخت سازه‌های بتنی نظیر کفها، پیاده‌روها، دالها و روسازی جاده‌ها، می‌توان از این روش استفاده نمود. برای حفاظت و نگهداری آب روی سطح تخت، باید با استفاده از خاک یا روشهای دیگر، لبه برجسته‌ای با ارتفاع ۲ سانتیمتر ایجاد شود. این لبه‌ها باید کاملاً آب‌بند بوده و از نفوذ آب به سایر قسمتهای سازه جلوگیری نمایند. برای جلوگیری از بروز ترک به علت ایجاد تنشهای سطحی، توصیه می‌شود دمای آب مصرفی برای نگهداری، کمتر از درجه حرارت بتن اختیار شود. این اختلاف دما نباید از ۱۰ درجه سلسیوس تجاوز نماید.

ب: آبپاشی

انجام این روش هنگامی مجاز است که احتمال یخزدگی وجود نداشته باشد. در این روش، آب توسط آبفشانهایی، مشابه آنچه در آبیاری بارانی مورد استفاده است، به طور مستمر به سطح بتن پاشیده می‌شود. در این روش باید دقت نمود که به علت آبپاشی مداوم، سطح بتن تازه دچار فرسایش نشود.

پ: نگهداری با پوشینه‌های مراقبت

پس از اینکه بتن به اندازه کافی سخت شد، سطح آن را به نحوی که آسیب نبیند با مصالحی نظیر خاک، ماسه، خاک اره، کرباس، حصیر، نمد و یا گونی می‌پوشانند. خاک، خاک اره و ماسه باید از مواد مضر برای بتن و دانه‌های درشت‌تر از ۲۵ میلیمتر عاری باشد. استفاده از خاک اره چوبهایی نظیر چوب بلوط که دارای مقداری جوهر مازو است، مجاز نیست، ضخامت پوشش با این روشها حداقل ۵ سانتیمتر بوده و این مواد باید به طور یکنواخت پخش شده و مرتب خیس شوند.

کاه یا علف خیس و مرطوب، باید در لایه‌ای به ضخامت حداقل ۱۵ سانتیمتر پخش شده و با وسایلی نظیر تور سیمی در برابر وزش باد محافظت شوند. گونی و کرباس و وسایل مشابه، باید

قبلاً خوب شسته شوند تا از ایجاد لک روی سطح بتن جلوگیری شود. گونیهای مصرفی باید به حد کافی ضخیم بوده و مرتباً مرطوب شوند.

۵-۸-۳-۲ عمل آوردن با ایجاد سطوح عایق

در این روشها بدون استفاده از آب، با ایجاد یک سطح کاملاً نفوذناپذیر و عایق، از تبخیر سطحی آب بتن جلوگیری می‌شود. روشهای مورد توصیه عبارتند از:

الف: پوشش با کاغذ نفوذناپذیر

پس از آنکه بتن به اندازه کافی سخت شد، سطح آن را به نحوی که آسیب نبیند، کاملاً مرطوب نموده و با کاغذ نفوذناپذیر مطابق استاندارد ASTM-C171 می‌پوشانند. این کاغذها از دو لایه کاغذ مخصوص مسلح به رشته‌های نازک تقویتی ساخته شده که به وسیله مواد قیری به یکدیگر چسبانده می‌شوند، این کاغذها به صورت نواری بر روی سطح بتن تثبیت می‌شوند و هر نوار باید حداقل ۲۵ میلیمتر روی نوار مجاور را بپوشاند. در هوای گرم بهتر است از کاغذهای روشن یا سفید رنگ استفاده شود. این کاغذها باید به یکی از روشهای مورد تأیید دستگاه نظارت به یکدیگر، متصل و چسبانده شوند.

ب: پوشش نایلونی

این پوششها مانند ورقهای نازک پلی‌اتیلن مطابق استاندارد ASTM-C171 به ضخامت حداقل $\frac{1}{10}$ میلیمتر پس از مرطوب کردن سطح بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از این روش در بتن‌های نمایان توصیه نمی‌شود. در هوای گرم از ورقهای نایلونی سفید و در هوای سرد از نوع سیاه رنگ آن استفاده می‌شود. ممکن است یک طرف ورق پلی‌اتیلن با کرباس پوشیده شود، به این ترتیب پوشش مرکبی حاصل می‌شود که به نگهداری سطح بتن کمک می‌نماید.

پ: ترکیبات عمل آورنده

به کار گرفتن ترکیبات عمل آورنده باید مطابق با دستورالعملهای کارخانه سازنده این مواد باشد. مشخصات مواد، تجهیزات و روش اجرا باید قبلاً به تأیید دستگاه نظارت رسیده باشد. این مواد عموماً به رنگهای سفید، خاکستری و سیاه مطابق استاندارد ASTM-C509 ساخته می‌شوند. برای

کسب بهترین نتیجه و بازده، باید بلافاصله بعد از پرداخت نهایی سطح بتن و نیز پیش از آنکه سطح بتن کاملاً خشک شود، مواد عایق به طور یکنواخت و یکدست روی سطح بتن پاشیده شود تا با ایجاد غشائی (فیلم) نازک و غیر قابل نفوذ، از تبخیر آب سطح بتن جلوگیری شود. باید هنگام اجرا دقت کامل مبذول شود تا لبه‌ها، گوشه‌ها و ناهمواریهای سطوح به خوبی به این مواد آغشته شود. به کار بردن مواد عمل آورنده با دست یا دستگاههای اسپری تحت فشار ۵ تا ۷ اتمسفر انجام می‌شود. چنانچه به کار بردن این مواد با دست مجاز شناخته شود، پیمانکار باید با توجه به سطح کار، تعداد کافی کارگر مجرب آماده نماید تا وقفه‌ای در امر نگهداری بتن حادث نشود.

در پروژه‌های بزرگ توصیه می‌شود که از دستگاههای اسپری چرخدار استفاده شود تا مواد عمل آورنده به صورت یکنواخت پخش گردد. هنگام وزش باد شدید باید دقت شود تا مواد به هدر نرود. برای هر دست، ۰/۲ تا ۰/۲۵ لیتر ماده غشاساز در مترمربع سطح کفایت می‌نماید. در مواردی که دستگاه نظارت دستور اجرای لایه دوم را صادر نماید، برای اطمینان از پوشش کامل باید دست دوم در جهت عمود بر روکش اولیه پخش شود. کارایی و بازده این مواد بر اساس استاندارد ASTM-C156 توسط دستگاه نظارت کنترل خواهد شد.

این مواد را می‌توان بلافاصله روی سطوح بتنی تازه بدون قالب یا سطوح با قالب‌بندی پس از برداشت قالب به کار برد. باید توجه نمود که به کار بردن این مواد می‌تواند از پیوستگی میان بتن تازه و بتن سخت شده و نیز از پیوستگی سایر مصالح ساختمانی نظیر کاشی و موزائیک به سطح بتن جلوگیری نماید. لذا در این موارد استفاده از این روش برای عمل آوردن و مراقبت بتن مجاز نمی‌باشد.

ت: مراقبت با اندود قیری

به‌منظور عایقکاری و مراقبت سطوح بتنی در مقابل آبهای حاوی سولفات، پیمانکار باید تمام سطوح بتنی در تماس با این گونه آبها را طبق دستور دستگاه نظارت عایقکاری نماید. نوع و مشخصات قیر مصرفی باید قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برسد. پس از اجرای سطوح بتنی باید سطح کار کاملاً صاف، بدون گرد و خاک و حفره باشد و سطح کار با دو دست اندود قیری عایق شود. عایقکاری در هوای بارانی و دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس، مجاز نیست.

۵-۸-۳-۳ عمل آوردن با بخار^۱

در مواردی که کسب مقاومت اولیه در مدت زمان کم از اهمیت زیادی برخوردار بوده یا در هوای سرد که گرمای بیشتری برای تسریع عمل آبیگری سیمان موردنظر است، برای عمل آوردن بتن از بخار استفاده می‌شود. دو روش برای عمل آوردن با بخار وجود دارد:

- عمل آوردن با بخار در فشار اتمسفر^۲

- عمل آوردن با بخار تحت فشار زیاد^۳

الف: عمل آوردن با بخار در فشار اتمسفر

این روش برای سازه‌های بتنی واقع در محیط‌های بسته یا اعضا و قطعات پیش‌ساخته به کار گرفته می‌شود. در این شیوه عمل آوردن، کلیه مراحل باید قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برسد. بسته به مشخصات سازه و شرایط محیط، عمل آوردن با رعایت مراحل زیر صورت می‌گیرد:

- مرحله اول: ریختن و تراکم بتن در قالب و حفظ آن در هوای آزاد به مدت ۲ الی ۵ ساعت

- مرحله دوم: افزایش دما در خیمه بخار تا رسیدن به دمای حداکثر طی مدت ۲/۵ ساعت

- مرحله سوم: حفظ مجموعه در دمای ثابت به مدت ۶ تا ۱۲ ساعت

- مرحله چهارم: کاهش تدریجی دما از دمای حداکثر به دمای موردنظر در فاصله زمانی حدوداً ۲ ساعت

مدت زمان و دمای هریک از مراحل چهارگانه فوق‌الذکر با توجه به نوع سازه، نوع بتن و شرایط محیطی، قبل از اجرا باید به تأیید دستگاه نظارت برسد. دمای مرحله سوم نباید از ۸۰ درجه سلسیوس و سرعت ازدیاد یا کاهش دما در مراحل دوم و چهارم نباید از ۲۰ درجه سلسیوس در ساعت تجاوز نماید.

1. Steam Curing
2. Low Pressure Steam Curing
3. High Pressure Steam Curing

ب: عمل آوردن در اتوکلاو

برای عمل آوردن سریع بتن و رسیدن به مقاومت‌های موردنظر و قالب‌برداری فوری، استفاده از این روش معمول بوده و توصیه می‌شود. درجه حرارت عمل آوردن بین ۱۶۵ تا ۱۹۰ درجه سلسیوس و فشار کار در سیستم بخاردهی ۵/۵ تا ۱۱/۷ مگاپاسکال می‌باشد. از این روش در ساخت لوله‌های بتنی و بعضی اعضا و قطعات ساختمانی سبک استفاده می‌شود.

۵-۸-۳-۴ مدت مراقبت

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت موردنظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی به هنگام ساخت و ریختن بتن و نهایتاً شرایط رویارویی^۱ بستگی دارد. نگهداری بتن در محیطی که باران نیارد، رطوبت زیاد نباشد، درجه حرارت کم باشد و بتن در تماس با خاک مرطوب قرار نگیرد، "نگهداری معمولی" تلقی می‌شود. در شرایط معمولی و هنگامی که دمای محیط کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس باشد، برای رسیدن به مقاومت‌های خواسته شده و دوام مطلوب، با توجه به نوع سیمان مصرفی باید زمان عمل آوردن، حداقل برابر با ارقام زیر باشد:

- سیمان نوع ۱ (سیمان معمولی) ۷ روز

- سیمان نوع ۲ ۱۴ روز

- سیمان نوع ۳ ۳ روز

نوع سازه نیز در تعیین مدت مراقبت دخالت دارد. ارقام زیر به عنوان راهنمای اجرا، مورد توصیه می‌باشد:

الف: دالها

در دالهای بتنی به علت زیاد بودن سطح نسبت به حجم بتن، تبخیر سطحی هنگام گیرش اولیه بسیار زیاد است. در صورت عدم رعایت اصول صحیح نگهداری، ترکهای ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک در سطح بتن ایجاد می‌شود. هنگامی که بتن روی بستر خاکی ریخته می‌شود، برای

جلوگیری از جذب آب بتن باید سطح زیر دال قبلاً کوبیده، آماده و آبپاشی شود. مراقبت از بتن باید مطابق روشهای مندرج در این ماده و زیر نظر دستگاه نظارت صورت پذیرد.

حداقل زمان مراقبت و عمل آوردن دالها چنانچه متوسط دمای روزانه بالاتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد، کمترین دو مقدار زیر است:

- هفت روز

- زمان لازم برای کسب (۷۰٪) مقاومت فشاری یا خمشی خواسته شده، در حالی که متوسط دمای روزانه کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، باید مطابق مندرجات زیر بند "بتن ریزی در هوای سرد"، تدابیر لازم اتخاذ گردد.

ب: اعضا و قطعات سازه‌ای^۱

مراقبت و عمل آوردن قطعات سازه‌ای که به روش درجا ریخته می‌شوند، مانند دیوارها، ستونها، دالها و تیرها، به جز دالهایی که روی زمین ریخته می‌شوند و در قسمت "الف" به آنها اشاره شد، با توجه به روشهای مندرج در این بخش و زیر نظر دستگاه نظارت صورت می‌پذیرد. برای سطوح قائم یا سایر سطوح قالب‌بندی شده با تأیید قبلی دستگاه نظارت، در صورت نیاز، پس از شل نمودن بستهای قالب و قبل از باز کردن آن می‌توان سطوح بتن را خیس نمود. در صورتی که متوسط دمای محیط بالای ۵ درجه سلسیوس باشد، حداقل زمان مراقبت. کمترین دو مقدار زیر است:

- هفت روز

- زمان لازم برای کسب ۷۰ درصد مقاومت فشاری یا خمشی تعیین شده

در صورتی که دمای محیط کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، باید نکات مندرج در قسمت "بتن ریزی در هوای سرد" ملاک عمل قرار گیرد. برای بعضی از سازه‌های بتنی نظیر ستونها که مقاومت ۴۰ مگاپاسکال یا بیشتر موردنظر می‌باشد، باید مراقبت را تا ۲۸ روز یا بیشتر ادامه داد.

ب: بتن‌های پیش‌ساخته

منظور از قطعات پیش‌ساخته، قطعاتی نظیر لوله، بلوک، آجر، تیر با مقاطع TT, T, U، ستون، دیوار، پانل و نظایر آن می‌باشد. در عمل آوردن این قطعات برای باز کردن سریع قالبها و تخلیه کارگاه

ساخت، غالباً از روشهای عمل آوردن تسریع شده استفاده می‌شود. روش عمل آوردن با توجه به نوع سازه توسط پیمانکار، پیشنهاد و به تصویب دستگاه نظارت می‌رسد. بعضی از قطعات پیش‌ساخته نظیر بلوکهای سیمانی، آجرهای سیمانی و لوله‌ها، بلافاصله بعد از ریختن از قالب جدا می‌شوند و عمل آوردن آنها در هوا یا استخرهای آب، بسته به شرایط ادامه می‌یابد. در بعضی موارد برای قطعات پیش‌ساخته نظیر لوله‌ها یا پانلها، قالب‌برداری ۱۲ تا ۲۴ ساعت بعد از بتن‌ریزی انجام می‌شود.

عمل آوردن اعضای پیش‌ساخته با بخار تحت فشار جو در دمای ۵۰ تا ۸۵ درجه سلسیوس و در مدت زمانی بین ۱۲ تا ۷۲ ساعت صورت می‌گیرد. چنانچه عمل آوردن با بخار و تحت فشار صورت گیرد، درجه حرارت ۱۶۵ تا ۱۹۰ درجه سلسیوس و مدت مراقبت حسب مورد ۵ تا ۳۶ ساعت خواهد بود.

ت: قالبهای لغزنده قائم^۱

سازه‌هایی نظیر سیلوه‌ها، بونکرها، منابع و مخازن آب و چاههای آسانسور با قالبهای لغزنده قائم ساخته می‌شوند. عمل آوردن این سازه‌ها مانند عضوهای قائم ساختمانی و بر اساس مندرجات این بخش انجام می‌شود. برای مراقبت از بتن تازه در بیرون سیلو از برزنتهایی که مرتباً آبپاشی می‌شود و همراه با سکوی کار حرکت می‌کند، استفاده می‌شود، چنانچه این تدابیر برای مراقبت از بتن کفایت ننماید، می‌توان از چتایی استفاده نمود. استفاده از ترکیبات عمل آورنده با تأیید قبلی دستگاه نظارت، پس از عمل‌آوری توسط برزنت، به شرطی که در رنگ سیلو تغییری حاصل نشود، بلامانع است. با توجه به مسائلی نظیر آتش‌سوزی و سمی بودن گازها، استفاده از ترکیبات عمل آورنده در داخل سیلو مجاز نمی‌باشد. دمای داخل سیلو در هوای سرد، همواره باید بیش از ۱۵ درجه سلسیوس باشد. با توجه به روشهای ساخت سیلو، پیمانکار موظف است برای جلوگیری از بالا رفتن دما، نسبت به تهویه داخل سیلو اقدام نماید.

ث: سقفهای پوسته‌ای^۱

سقفهای پوسته‌ای نازک باید با دقت کامل عمل آورده شوند. به علت شرایط خاص این نوع سازه‌ها و به علت عدم رعایت دستورالعملهای فنی مراقبت از بتن در مراحل اولیه گیرش، امکان بروز ترکهای سطحی در اثر جمع‌شدگی بسیار است. در آب و هوای گرم برای مراقبت و عمل آوردن، روش آبیاری بارانی و پس از آن پوشاندن سازه با کرباس یا گونی خیس و آبیاری مداوم توصیه می‌شود. در هوای سرد برای جلوگیری از یخ زدن، دستگاه نظارت دستورالعملهای لازم برای مراقبت از بتن را صادر خواهد نمود. در شرایط آب و هوایی معمولی، ۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس، عمل آوردن بتن به طور معمول و بر اساس مندرجات این دستورالعملها انجام می‌پذیرد.

۵-۱۰-۴ ارزیابی و پذیرش بتن

۵-۱۰-۴-۱ پذیرش بتن، تواتر آزمون برداری و آزمایش مقاومت

پذیرش بتن در کارگاه بر اساس نتایج آزمایش فشاری آزمون‌های تهیه شده از بتن مصرفی صورت می‌پذیرد. دفعات آزمون برداری از بتن باید به نحو یکنواختی در طول مدت تهیه و مصرف بتن توزیع شوند. آزمون‌ها باید از محل نهایی مصرف برداشته شوند.

الف: مقصود از هر آزمون برداری از بتن، تهیه دو آزمون از آن است که آزمایش فشاری آنها در سن ۲۸ روزه یا هر سن مقرر شده دیگری انجام می‌پذیرد و متوسط مقاومت‌های فشاری به دست آمده به عنوان نتیجه نهایی آزمایش منظور می‌شود، برای ارزیابی کیفیت بتن قبل از موعد مقرر می‌توان یک آزمون دیگر هم به منظور انجام آزمایش مقاومت فشاری تهیه کرد.

ب: در صورتی که حجم هر اختلاط بتن، بیشتر از یک مترمکعب باشد، تواتر آزمون برداری باید به ترتیب زیر باشد:

- ۱- برای دالها و دیوارها، یک آزمون برداری از هر ۳۰ مترمکعب بتن یا ۱۵۰ مترمربع سطح.
- ۲- برای تیرها و کلافها، در صورتی که جدا از قطعات دیگر بتن‌ریزی می‌شوند، یک آزمون برداری از هر ۱۰۰ متر طول.
- ۳- برای ستونها، یک آزمون برداری از هر ۵۰ متر طول.

پ: در صورتی که حجم هر اختلاط بتن کمتر از یک مترمکعب باشد، می‌توان مقادیر مذکور در ۵-۱۰-۴-۱-ب) ۱، ۲ و ۳ را به همان نسبت تقلیل داد.

- ت: حداقل یک آزمون برداری از هر رده بتن در هر روز الزامی است.
- ث: حداقل ۶ آزمون برداری از کل هر سازه الزامی است.
- ج: در صورتی که کل حجم بتن ریخته شده در کارگاه، از ۳۰ مترمکعب کمتر باشد، می‌توان از آزمون برداری و آزمایش مقاومت صرف‌نظر کرد، مشروط بر آنکه به تشخیص دستگاه نظارت دلیلی برای رضایتبخش بودن کیفیت بتن موجود باشد.

۵-۱۰-۴-۲ ضوابط پذیرش بتن - آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه

الف: مشخصات بتن در صورتی منطبق بر رده موردنظر و قابل قبول تلقی می‌شود که یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

۱- در آزمایش سه آزمون برداری متوالی، مقاومت هیچکدام کمتر از مقاومت مشخصه نباشد:

$$X_{1,2,3} \geq f_c$$

۲- متوسط مقاومت‌های آزمون‌ها، حداقل ۱/۵ Mpa بیشتر از مقاومت مشخصه باشد و کوچکترین مقاومت آزمون‌ها از مقاومت مشخصه منهای ۴ Mpa کمتر نباشد:

$$\bar{X}_3 \geq f_c + 1.5$$

$$X_{\min} \geq f_c - 4.0$$

ب: مشخصات بتن در صورتی غیر قابل قبول است که متوسط مقاومت‌های آزمون‌ها از مقاومت مشخصه کمتر باشد یا کوچکترین مقاومت آزمون‌ها از مقاومت مشخصه منهای ۴ Mpa کمتر باشد:

$$X_{\min} < f_c - 4.0$$

$$\bar{X}_3 < f_c$$

پ: مشخصات بتنی را که با توجه به شرایط مندرج در ۵-۱۰-۴-۲ (ب) غیر قابل قبول نباشد، ولی مطابق شرایط مذکور در ۵-۱۰-۴-۲ (الف) قابل قبول هم به شمار نیاید، می‌توان به تشخیص طراح بدون بررسی بیشتر، قابل قبول از نظر سازه‌ای تلقی کرد. در صورتی که مشخصات بتن مطابق بند ۵-۱۰-۴-۲ (ب) به هر حال غیرقابل قبول باشد، اقداماتی مطابق ماده ۵-۱۰-۳ الزامی است.

ت: در کنترل شرایط انطباق بتن بر رده موردنظر، نباید از نتیجه آزمایش هیچکدام از آزمون‌ها صرفنظر شود، مگر آنکه با دلایل کافی ثابت شود خطای عمده‌ای در آزمون‌برداری، نگهداری، حمل، عمل آوردن، یا آزمایش روی داده است.

۵-۱۰-۴-۳ ضوابط کنترل روش عمل آوردن و محافظت بتن

الف: دستگاه نظارت می‌تواند برای کنترل کیفیت عمل آوردن و مراقبت بتن در سازه، انجام آزمایش‌های مقاومت روی آزمون‌های عمل آمده و مراقبت شده در شرایط کارگاهی را درخواست کند.

ب: عمل آوردن آزمون‌ها در کارگاه، باید مطابق (د ت ۵۰۴) "روش ساختن و عمل آوردن آزمون‌های آزمایشی بتنی در کارگاه" باشد.

پ: آزمون‌های عمل آمده در کارگاه، باید در همان زمان و از همان بتنی آزمون‌برداری شوند که آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه تهیه می‌شوند.

ت: در صورتی روش عمل آوردن و مراقبت بتن رضایتبخش تلقی می‌شود که مقاومت فشاری آزمون‌های کارگاهی در سن مشخص شده برای مقاومت مشخصه، حداقل معادل 0.85 مقاومت نظیر آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه یا به اندازه 4 Mpa بیشتر از مقاومت مشخصه باشد. در غیر این صورت باید اقداماتی برای بهبود روش‌های مذکور صورت گیرد.

۵-۱۰-۴-۴ آزمون‌های آگاهی

در صورتی که آگاهی از کیفیت بتن در موعدهای خاصی مانند زمان باز کردن قالبها و غیره، ضرورت داشته باشد، علاوه بر آزمون‌های متعارف ارزیابی مقاومت و روش عمل آوردن و مراقبت بتن (بندهای ۵-۱۰-۴-۱ و ۵-۱۰-۴-۳) آزمون‌هایی از بتن گرفته می‌شوند و در موعدهای موردنظر تحت آزمایش قرار می‌گیرند. این آزمون‌ها به آزمون‌های آگاهی موسومند.

۵-۱۰-۵ بررسی بتن‌های با مقاومت کم

در صورتی که بر اساس آزمایشهای مقاومت آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه، مطابق زیر بند ۵-۱۰-۴ معلوم شود که بتن بر رده موردنظر منطبق نیست و غیر قابل قبول است، باید تدابیری به شرح زیر برای حصول اطمینان از ظرفیت باربری سازه اتخاذ شود:

الف: در صورتی که با استفاده از تحلیل موجود سازه و بازبینی طراحی، بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت بتن کمتر از مقدار پیش‌بینی شده هم قابل قبول است، نوع بتن از نظر تأمین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

ب: در صورتی که شرط بند "الف" برآورده نشود، ولی با انجام تحلیل و طراحی مجدد بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری تمامی قسمت‌های سازه با فرض وجود بتن با مقاومت کمتر در قسمت‌های احتمالی قابل قبول خواهد بود، نوع بتن از نظر تأمین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می‌شود.

پ: در صورتی که شرایط بندهای "الف" و "ب" برآورده نشوند، لازم است روی مغزه‌های گرفته شده از بتن در قسمتهایی که احتمال وجود بتن با مقاومت کمتر داده می‌شود، آزمایش به عمل آید. این آزمایشها باید با روش "آزمایش مغزه‌های مته شده و تیرهای اره شده" (د ت ۶۲۵) مطابقت داشته باشند. برای قسمتهایی از سازه که نتایج آزمایشهای آزمون‌های عمل آمده در آزمایشگاه مربوط به آنها شرایط پذیرش بتن مذکور در بند ۵-۱۰-۳-۳- (ب) را برآورده نکند، باید سه مغزه تهیه و آزمایش شود.

ت: اگر بتن در شرایط بهره‌برداری از ساختمان، خشک باشد، باید مغزه‌ها به مدت ۷ روز در هوا با دمای ۱۶ تا ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از (۶۰٪) خشک شوند و سپس مورد آزمایش قرار گیرند. اگر بتن در شرایط بهره‌برداری از ساختمان، مرطوب یا غرقاب باشد، باید مغزه‌ها به مدت حداقل ۴۰ ساعت در آب غوطه‌ور شوند و سپس به صورت مرطوب مورد آزمایش قرار گیرند.

ث: در قسمتهایی از سازه که مقاومت بتن از طریق آزمایش مغزه‌ها ارزیابی می‌شود، در صورتی بتن از نظر تأمین مقاومت قابل قبول تلقی می‌شود که متوسط مقاومتهای فشاری سه مغزه حداقل برابر ۰/۸۵ مقاومت مشخصه باشد و به علاوه مقاومت هیچ‌یک از مغزه‌ها از ۰/۷۵ مقاومت مشخصه کمتر نباشد. برای کنترل دقت نتایج می‌توان مغزه‌گیری را تکرار کرد.

ج: در صورتی که شرایط بند "ث" برآورده نشوند و ظرفیت باربری سازه مورد تردید باقی بماند، باید آزمایش بارگذاری روی قسمت‌های مشکوک به عمل آید یا اقدامات مقتضی دیگری صورت گیرند.

۱۱-۵-۱۱-۵ آرماتورگذاری (جاگذاری میلگردها)

۱-۱۱-۵ کلیات

مشخصات و ضوابط مندرج در این قسمت حداقل ضوابط حاکم بر تهیه، حمل، انبار کردن، بریدن و جاگذاری میلگردها، مهاریها، سیمها و سیمهای بافته می‌باشد و علاوه بر آن رعایت نکات و دستورالعمل‌های مندرج در آیین‌نامه بتن ایران در مورد بتن‌آرمه اجباری است. در صورت نیاز دستگاه نظارت می‌تواند با استفاده از سایر استانداردهای معتبر نسبت به کنترل این بخش از کارها اقدام نماید. قطر، شکل، اندازه، تعداد و محل نصب آرماتورها باید بر اساس نقشه‌های اجرایی و سایر مندرجات قرارداد و دستورالعمل‌های این نشریه باشد. قبل از شروع عملیات بتن‌ریزی، اتمام عملیات آرماتورگذاری باید کتباً به اطلاع دستگاه نظارت رسیده باشد. این اعلام باید حداقل ۲۴ ساعت قبل از بتن‌ریزی صورت پذیرد تا دستگاه نظارت فرصت کافی برای کنترل داشته باشد. بتن‌ریزی قبل از کسب اجازه کتبی دستگاه نظارت مجاز نمی‌باشد. آرماتورگذاری یا جابه‌جایی آرماتورها حین اجرای بتن‌ریزی تحت هیچ شرایطی مجاز نیست. مواردی نظیر بتن‌ریزی با استفاده از قالبهای لغزان که در آن همزمانی آرماتورگذاری و بتن‌ریزی اجتناب‌ناپذیر است، از شمول قاعده فوق مستثنی می‌باشند.

۱۱-۵-۲ نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن

میلگردهای مصرفی باید نو، تمیز، بدون هیچگونه آلودگی نظیر چربیها، ذرات بتن، گرد و خاک و یا مواد زائد دیگر باشد. میلگردها قبل از مصرف باید کاملاً پاکیزه باشند تا خللی به پیوستگی بتن و میلگردها وارد نشود. مقطع میلگرد مصرفی نباید به علت زنگزدگی تضعیف شده باشد. استفاده از میلگردهای زنگزده به شرطی مجاز است که اولاً زنگزدگی قبلاً با برس یا وسایل مشابه مورد قبول کاملاً

پاک شود، ثانیاً قطر میلگرد پس از برس زدن حداکثر $0/5$ میلیمتر کاهش یابد. میلگردهای مصرفی در بتن به صورت میلگرد ساده یا آجدار^۱ تهیه می‌شوند.

مؤکداً توصیه می‌شود که تمامی میلگردهای مصرفی در بتن (به استثنای خاموتها) از نوع میلگرد آجدار باشند. قطر اسمی میلگرد ساده، قطری است که در برگ شناسایی آن ذکر می‌شود و معادل قطر دایره‌ای است که مساحت آن برابر مساحت مقطع عرضی میلگرد باشد. در مورد میلگرد آجدار قطر اسمی معادل قطر اسمی میلگرد صاف هم وزن آن اختیار می‌شود. قطر اسمی میلگردها از 5 الی 50 میلیمتر با گامهای مختلف و قطر اسمی سیمها و شبکه‌های جوش نشده از 4 الی 12 میلیمتر با گامهای $0/5$ میلیمتر می‌باشد. وزن واحد حجم فولاد، 7850 کیلوگرم در مترمکعب، مدول ارتجاعی آن 2×10^5 مگاپاسکال و ضریب انبساط حرارتی آن $1/2 \times 10^{-5}$ بر درجه سلسیوس اختیار می‌شود. مشخصات میلگردهای مصرفی بر اساس مندرجات جدول ۵-۱۱-۲ می‌باشد.

جدول ۵-۱۱-۲ مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن مسلح

میلگرد	نوع میلگرد	ویژگی میلگرد	حداقل مقاومت تسلیم مگاپاسکال	حداقل مقاومت گسیختگی مگاپاسکال	حداقل ازدیاد طول نسبی هنگام گسیختگی (%)
S-220 (A-I)	نرم	-	۲۲۰	۳۴۰	۲۲
S-300 (A-II)	نیمه سخت	الف- با سختی طبیعی ب- با سختی اصلاح شده	۳۰۰	۵۰۰	۱۹ ۱۶
S-400 (A-III)	سخت	الف- با سختی طبیعی ب- با سختی اصلاح شده	۴۰۰	۵۰۰	۱۴ ۱۲
S-500 (A-IV)	سخت	حداکثر قطر مصرفی $\Phi 16$	۵۰۰	۵۵۰	۱۰

توضیح:

- استاندارد A-I و نظیر آن، استاندارد کارخانه ذوب آهن اصفهان می‌باشد.
- ازدیاد طول نسبی میلگردهای قطورتر از 10 میلیمتر، روی 200 میلیمتر و برای میلگردهای کوچکتر، روی ده برابر قطر اندازه‌گیری می‌شود.
- فولاد نرم به فولادی اطلاق می‌شود که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم خیلی مشهود باشد.

1. Deformed Bar

- فولاد نیمه‌سخت به فولادی اطلاق می‌شود که منحنی تنش - تغییرشکل نسبی آن دارای پله تسلیم خیلی محدود باشد.
 - فولاد سخت به فولادی اطلاق می‌شود که منحنی تنش، تغییر شکل نسبی آن فاقد پله تسلیم باشد.
 - طبقه میلگرد بر اساس مقاومت مشخصه فولاد تعیین می‌شود، مقاومت مشخصه عبارتست از مقاومتی که حداکثر (۵٪) از کلیه مقادیر اندازه‌گیری شده برای حد جاری شدن فولاد از آن کمتر باشد.

۵-۱۱-۳ حمل و انبار کردن میلگردها

آرماتورها به صورت کلاف، شاخه، شبکه‌های جوش شده یا بافته شده در کارخانه، تحویل می‌شوند. میلگردهای مصرفی در بتن، باید بدون خم‌شدگی تحویل کارگاه شوند. معمولاً میلگردهای به قطر ۶ میلیمتر و کمتر به صورت کلاف تحویل می‌شوند. مصرف میلگردها با قطرهای بالاتر به صورت کلاف مجاز نیست، مگر اینکه با تأیید دستگاه نظارت وسیله مناسبی برای باز کردن کلافها در کارگاه وجود داشته باشد و قطر کلاف بیش از ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

در تمام مدت حمل، تخلیه، نگهداری و کارگذاری میلگردها باید آنها را در مقابل هرگونه زنگ‌زدگی و یا دیگر آسیبهای فیزیکی و شیمیایی محافظت نمود. میلگردها نباید در تماس با خاک یا مصالحی باشند که رطوبت را در خود نگه می‌دارد و عموماً نباید میلگردها برای مدت طولانی در معرض باران و برف و هوای مرطوب قرار گیرند. در کارگاه باید میلگردها را بر حسب قطر و طبقه آنها، مجزا و انبار نمود.

در صورت تردید نسبت به نوع میلگرد دستگاه نظارت دستور آزمایشهای لازم را صادر خواهد نمود. به هنگام حمل و تخلیه باید دقت شود که آرماتورها خصوصاً شبکه جوش شده از صدمات مکانیکی یا تغییر شکلهای خمیری، ضربه ناشی از پرتاب از ارتفاع و غیره مصون بوده و از گسیختگی جوشها در شبکه‌های جوش شده جلوگیری شود. همچنین باید دقت شود تا نشانه‌های مشخص کننده نوع میلگرد، از بین نروند.

۵-۱۱-۴ آزمون برداری و آزمایش

بعد از تحویل محموله‌های میلگرد به کارگاه، دستگاه نظارت دستور انجام آزمایشهای لازم را صادر خواهد نمود. آزمون برداری برای آزمایشهای مکانیکی فولاد نظیر کشش و یا خم کردن بر اساس روش اشتو T-244 انجام می‌شود. در صورتی که مصرف آهن در کارگاه کمتر از ۵۰ تن بوده و سازه موردنظر برای مصرف این آرماتور از نظر دستگاه نظارت سازه با اهمیت تلقی نگردد، می‌توان از کنترل و

آزمایشهای مندرج در این بخش صرفنظر نمود. تعداد و تواتر نمونه‌ها باید در حدی باشد که بتوان ارزیابی دقیقی از وضعیت میلگردها به دست آورد. برای انجام آزمایشها حداقل سه نمونه از هر ۵۰ تن و کسر آن، از هر قطر و هر نوع فولاد لازم است. در صورت موافقت دستگاه نظارت می‌توان از هر سه بسته پنج تنی یک نمونه انتخاب نمود. نمونه‌های برداشت شده برای کنترل تنش جاری شدن، تنش حد گسیختگی، ازدیاد طول نسبی، آزمایش تاشدگی و سایر آزمایشهای لازم مورد استفاده قرار می‌گیرند. اگر در حین آزمایش برای تنش حد تسلیم فولاد رقم مشخصی به دست نیاید، می‌توان تنش نظیر (۰/۲٪) تغییر شکل نسبی ماندگار را به عنوان تنش حد تسلیم اختیار نمود.

آزمایشهای مختلف روی نمونه‌های میلگردهای فولادی، باید با رعایت مشخصات نمونه برداری و تواتر آن، مطابق استانداردهای زیر به عمل آیند:

- آزمایش کششی میلگرد (د ت ۷۰۱).
 - آزمایش تاشدگی به زاویه ۱۸۰ درجه (د ت ۷۰۳).
 - آزمایش خم کردن و باز کردن خم میلگرد (د ت ۷۰۳).
 - آزمایش کششی بعد از خم کردن و باز کردن خم میلگردها و سیمهای با قطر کمتر از ۹ میلیمتر (د ت ۷۰۲).
 - آزمایش پیوستگی میلگرد با بتن (د ت ۷۰۴) و (د ت ۷۰۵).
 - آزمایش وصله‌های جوش شده میلگرد (د ت ۷۰۶).
 - آزمایش خستگی میلگرد (د ت ۷۰۷).
- تبصره** - آزمایش کششی برای تمامی میلگردها و آزمایش خم کردن و باز کردن خم یا آزمایش تاشدگی با زاویه ۱۸۰ درجه برای میلگردهای سرد اصلاح شده الزامی است.

۵-۱۱-۵ ضوابط پذیرش میلگردها

مقاومت مشخصه فولاد وقتی منطبق بر طبقه موردنظر و قابل قبول است که شرایط زیر در آن صادق باشد.

الف: مقاومت مشخصه فولاد بر اساس مقدار تنش تسلیم آن تعیین می‌شود، و معادل مقداری است که حداکثر (۵٪) مقادیر اندازه‌گیری شده برای حد تسلیم ممکن است کمتر از آن باشد. در مواردی که تنش تسلیم فولاد به وضوح مشخص نباشد مقدار آن معادل تنش نظیر (۲/۰٪) تغییر شکل ماندگار اختیار می‌شود.

با آزمایش کششی هر آزمون باید ثابت شود روابط زیر برقرارند:

$$f_{su} \geq 1.18 f_{su,obs} \quad f_{su} \geq 1.25 f_y$$

ب: از نتایج آزمایشهای کششی پنج آزمون هیچ کدام از آزمونها دارای حد جاری شدن کمتر از مقاومت مشخصه فولاد موردنظر نباشد.

پ: در صورت عدم تأمین شرط بالا یک سری دیگر از ۵ آزمون مورد آزمایش قرار خواهد گرفت و نتایج ۱۰ آزمون باید در رابطه زیر صدق نماید.

$$f_{ym} \geq f_y + 0.6S_{10}$$

$$f_{ym} = \frac{\sum_{i=1}^{10} f_{yi}}{10} \quad \text{و} \quad S_{10} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{ym} - f_{yi})^2}{9}} \quad \text{که در آن:}$$

ت: شکل‌پذیری میلگردها بر اساس آزمایش تاشدگی با زاویه ۱۸۰ درجه و آزمایش خم و باز کردن خم با استفاده از فلکه استاندارد تعیین می‌شود. شکل‌پذیری میلگرد وقتی قابل قبول است که در آزمایش کشش، ازدیاد طول نسبی کششی از (۸٪) روی ده برابر قطر و از (۱۲٪) روی پنج برابر قطر میلگرد کمتر نباشد.

۵-۱۱-۶ نقشه‌های اجرایی

نقشه‌های اجرایی منضم به قرارداد، باید شامل جزئیات آرماتوربندی سازه‌ها، نظیر قطر، طول، شکل، اندازه و جزئیات خمها و جدول اوزان باشد. بسته به نوع و پیچیدگی سازه با دستور دستگاه نظارت، پیمانکار باید برای سهولت اجرا، اقدام به تهیه نقشه‌های اجرایی کارگاهی^۱ نماید. این نقشه‌ها بر اساس نقشه‌های اصلی قرارداد تهیه شده و شامل جزئیات بیشتری در ارتباط با نحوه اجرا، خم کردن، محل

دقیق و تعداد میلگردها، نوع میلگردها و سایر اطلاعات لازم که به نحوی در درک بهتر جزئیات مؤثرند، می‌باشند. قبل از اجرای عملیات بتن‌ریزی و با اطلاع قبلی پیمانکار، جزئیات و نحوه استقرار آرماتورها مورد بازدید دستگاه نظارت قرار گرفته و سپس دستور بتن‌ریزی صادر خواهد شد.

۵-۱۱-۷ بریدن و خم کردن آرماتور

بریدن و خم کردن آرماتور باید مطابق نقشه‌ها و مشخصات اجرایی در کارگاه پیمانکار یا کارخانه تولید کننده انجام شود. انتخاب تجهیزات بریدن و خم کردن، قطر فلکه خم‌کن، شعاع انحنای میلگرد و خم کردن، باید بر اساس ضوابط این فصل و تأیید دستگاه نظارت باشد. بریدن میلگردها باید با وسایل مکانیکی صورت گرفته و خم کردن آرماتور، باید به روش سرد انجام شود. استفاده از حرارت برای خم کردن فولاد، مجاز نیست. خم کردن میلگردهای داخل بتن نظیر میلگردهای انتظار^۱ یا باز کردن میلگردهای خم شده، مجاز نیست، مگر در مواردی که در نقشه‌های اجرایی پیش‌بینی شده باشد، در این موارد برای شکل دادن مجدد باید به ویژگیهای فولاد مصرفی توجه شود. در مواقع اضطراری انجام کارهای فوق باید با تأیید قبلی دستگاه نظارت صورت گیرد. علاوه بر آن در خم کردن میلگردها رعایت نکات زیر الزامی است.

الف: حداقل قطر فلکه خم‌کن متناسب با نوع فولاد است.

ب: سرعت خم کردن متناسب با نوع فولاد و دمای محیط انتخاب می‌شود. در مورد میلگردهای سرد اصلاح شده، سرعت خم کردن با روش تجربی به دست می‌آید.

پ: در دمای کمتر از ۵- درجه سلسیوس، خم کردن میلگردها مجاز نیست.

ت: باز و بسته کردن خمها به منظور شکل دادن مجدد، به هیچ وجه مجاز نیست. در موارد اضطراری، در صورت تأیید دستگاه نظارت و انجام این امر، باید تمام میلگردها از نظر ترک خوردگی کنترل شوند و نتایج کنترل به تأیید کتبی کنترل کننده و دستگاه نظارت برسد.

- قطر داخلی خم برای خاموت به قطر بیش از ۱۶ میلیمتر بر اساس جدول ۵-۱۱-۷ (ت) بوده و برای خاموت با قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر حداقل قطر خم برای آرماتور طبقات مختلف جدول، به ترتیب 2.5d و 4d خواهد بود.

- قطر داخلی خمها در شبکه‌های سیمی جوش شده، صاف یا آجدار هنگامی که به عنوان آرماتور عرضی به کار گرفته شود نباید کمتر از 4d برای سیمهای آجدار به قطر ۷ میلیمتر و کمتر از 2d برای سایر سیمها باشد. خمهای با قطر داخلی کمتر از 8d نباید از نزدیک‌ترین گره جوش شده فاصله‌ای کمتر از 4d داشته باشند.

جدول ۵-۱۱-۷ (ت) حداقل قطر خم برای میلگرد مختلف

S-500/S-400	S-300	S-220	طبقه میلگرد
			قطر میلگرد (میلیمتر)
6d	5d	5d	$d < 28$
8d	6d	5d	$28 < d < 34$
10d	10d	7d	$36 < d < 55$

در خم کردن میلگرد با قطر ۳۶ میلیمتر و بیشتر با زاویه بیش از ۹۰ درجه، باید از روش خاص استفاده نمود.

۵-۱۱-۸ بستن و کار گذاشتن آرماتورها

هنگام نصب، میلگردها باید عاری از هرگونه آلودگی نظیر گرد و خاک، زنگزدگی، گل، چربی، رنگ، ذرات خارجی که مانع چسبندگی بین بتن و آرماتور می‌گردد باشند. کلیه آلودگیها باید قبل از نصب و کارگذاری میلگردها زدوده شود و تا شروع مرحله بتن‌ریزی از آلودگیها محفوظ بماند. آرماتورها با توجه به قطر، طول و شکل، بایستی در محل‌های تعیین شده به نحوی مستحکم و ثابت شوند که هنگام بتن‌ریزی هیچگونه تغییر و جابه‌جایی در آنها صورت نگیرد. به منظور کنترل و تأمین پوشش بتن، با تأیید دستگاه نظارت می‌توان از قطعات بتنی (لقمه‌ها) یا خرکهای^۱ فلزی به ابعاد، مقاومت و تعداد لازم استفاده نمود. لقمه‌های بتنی باید دارای مفتول بوده و با استفاده از این مفتولها به میلگردهای اصلی کاملاً محکم شوند. استفاده از قطعه سنگ، لوله‌های فلزی و قطعات چوب برای نگهداری میلگردها و تأمین پوشش بتن،

1. Bar Chair = Bolster = Chair

مجاز نیست. استفاده از جوشکاری برای بستن میلگردهای متقاطع، مگر برای فولادهای جوش‌پذیر و با تأیید دستگاه نظارت، مجاز نمی‌باشد.

تمامی میلگردها باید با توجه به ضوابط و رواداریهای مندرج در مشخصات فنی خصوصی بریده بسته و جاگذاری شوند، در صورتی که این رواداریها در دست نباشد، رعایت رواداریهای مندرج در قسمت ۵-۱۱-۱۲ این بخش الزامی است.

۵-۱۱-۹ وصله کردن آرماتور

حتی‌الامکان باید میلگردهای مصرفی به صورت یکپارچه باشند. تمام اتصالات میلگردها باید در نقشه‌های اجرایی منعکس گردد و تعداد اتصالات به حداقل ممکن کاهش یابد. در صورتی که وجود اتصال اجتناب‌ناپذیر باشد، این اتصالات باید در مقاطعی قرار داده شوند که تنش وارده بر عضو یا قطعه بتنی حداکثر نباشد و از تمرکز تمامی وصله‌ها در یک مقطع نیز خودداری شود. وصله کردن میلگردها باید به روشهای پوششی، اتکایی، جوشی، مکانیکی و بالاخره وصله‌های مرکب مطابق آیین‌نامه بتن ایران و زیر نظر دستگاه نظارت انجام شود. طول وصله برای آرماتور صاف، دو برابر طول وصله مشابه در آرماتورهای آجدار می‌باشد. در صورتی که محل وصله‌ها در نقشه‌های اجرایی و دستورالعملهای بعدی دستگاه نظارت منعکس نباشد، رعایت نکات زیر الزامی است.

الف: در قطعات تحت خمش و خمش توأم با فشار، نباید بیش از نصف میلگردها در یک مقطع وصله شوند.

ب: در صورت وجود کشش یا کشش ناشی از خمش، حداکثر $\frac{1}{3}$ میلگردها در یک مقطع را می‌توان به وسیله پوشش وصله نمود.

پ: وصله کردن میلگردهای تحتانی قطعات خمشی در وسط دهانه یا نزدیک به آن و یا میلگردهای بالایی قطعه خمشی روی تکیه‌گاه یا نزدیک آن، مجاز نیست.

ت: به طور کلی هر وصله باید ۴۰ برابر قطر میلگرد، با وصله مجاور فاصله داشته و در یک مقطع قرار نگیرد.

۵-۱۱-۱۰ جوشکاری آرماتور

اتصال میلگردها از طریق جوشکاری با روش جوش نوک به نوک، خمیری یا جوش ذوبی با الکتروود با دستور و موافقت قبلی دستگاه نظارت مجاز می‌باشد. در این خصوص رعایت ضوابط و مندرجات آیین‌نامه بتن ایران الزامی است و علاوه بر آن باید نکات زیر نیز مورد توجه قرار گیرد.

الف: اتصال جوشی میلگرد سرد اصلاح شده جز با روشهای خاص مناسب و تحت کنترل دقیق، مجاز نمی‌باشد. در صورتی که برای هر نوع فولاد، الکتروود مخصوص و روش جوشکاری مناسب اختیار شود، می‌توان از روش اتصال جوش ذوبی استفاده نمود.

ب: قبل از جوشکاری باید میلگردها را گرم نمود و جوشکاری توسط کارگران آزموده و مجرب انجام شود.

پ: نوع جوش، مشخصات دستگاهها و تجهیزات جوشکاری باید به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۵-۱۱-۱۱ حداقل پوشش محافظ بتنی روی میلگرد

پوشش بتنی میلگردها عبارتست از حداقل فاصله رویه میلگرد اعم از طولی و عرضی تا نزدیک‌ترین سطح بتن. نظر به اهمیت این پوشش در حفظ و نگهداری میلگردها و نهایتاً عمر مفید سازه بتنی، پیمانکار باید نهایت دقت را در نصب میلگرد و نیز ریختن و متراکم نمودن بتن به عمل آورد تا باعث جابه‌جایی و تغییر محل آرماتورها نگردد. در صورت عدم وجود حداقل پوشش بتنی در نقشه‌های اجرایی و دستورالعملها، رعایت مندرجات این قسمت الزامی است.

الف: ضخامت و پوشش بتنی، نباید از قطر میلگردهای مصرفی کمتر اختیار شود، در مورد گروه میلگردها بدین ترتیب عمل می‌شود که یک گروه میلگرد به صورت یک میلگرد فرضی با سطح مقطع معادل کل گروه فرض می‌شود، در این حالت ضخامت پوشش بتن از خارجی‌ترین سطح گروه میلگرد و در جهت موردنظر اندازه‌گیری می‌شود.

ب: ضخامت پوشش، هیچگاه نباید از حداکثر قطر شن مصرفی (برای شن تا قطر ۳۲ میلیمتر) کمتر اختیار شود. در مورد شن بزرگتر از ۳۲ میلیمتر، ضخامت پوشش حداقل مساوی قطر بزرگترین شن به اضافه ۵ میلیمتر اختیار می‌شود.

پ: در مورد انتهای میلگردهای مستقیم در قطعات کف و سقف که در معرض تعرق قرار نمی‌گیرند، به شرط موافقت دستگاه نظارت، رعایت ضخامت پوشش الزامی نیست.

ت: حداقل ضخامت پوشش با توجه به شرایط محیطی و رویارویی سازه نباید از اعداد مندرج در جدول ۵-۱۱-۱۱ (ت) کمتر اختیار شود.

جدول ۵-۱۱-۱۱ (ت) حداقل پوشش بتنی (بر حسب میلیمتر)

شرایط محیطی					نوع سازه
فوق العاده شدید	بسیار شدید	شدید	متوسط	ملایم	
۷۵	۶۵	۵۰	۴۵	۳۵	تیرها و ستونها
۶۰	۵۰	۳۵	۳۰	۲۰	دالها، دیوارها و تیرچه‌ها
۵۵	۴۵	۳۰	۲۵	۲۰	پوسته‌ها و سقفهای پلیسه‌ای
۹۰	۷۵	۶۰	۵۰	۴۰	شالوده‌ها

شرایط محیطی مندرج در جدول ۵-۱۱-۱۱ (ت) به شرح زیر است:

شرایط محیطی ملایم - به محیط‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها عوامل مهاجم موجود نبوده یا قطعات بتنی در مقابل آنها محافظت می‌شود.

قطعاتی که در معرض رطوبت، تعریق، تر و خشک شدن متناوب، یخزدگی، تماس با خاک مهاجم یا غیر مهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه و ضربه اجسام دیگر نبوده یا در مقابل تهاجم به نحوی مطلوب مورد محافظت واقع شده باشند، دارای شرایط محیطی ملایم می‌باشند.

شرایط محیطی متوسط - به محیط‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها قطعات بتنی در معرض رطوبت و گاهی تعریق قرار می‌گیرند. قطعاتی که دائماً در تماس با خاک‌های غیر مهاجم هستند یا در مجاورت آب‌های با $PH > 5$ قرار می‌گیرند، دارای شرایط محیطی متوسط می‌باشند.

شرایط محیطی شدید - به محیط‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید یا تر و خشک شدن متناوب و یا یخزدگی نه چندان شدید قرار می‌گیرند.

شرایط محیطی بسیار شدید - به محیط‌هایی اطلاق می‌شود که در آنها قطعات بتنی در معرض گازها، مایعات، مواد خورنده و یا رطوبت همراه با یخزدگی شدید قرار می‌گیرند. قطعات در معرض ترشح آب، قطعات غوطه‌ور در آب که یک وجه آنها در تماس با هوا قرار می‌گیرند، قطعات واقع در هوای اشباع شده از نمک و سطوحی که در معرض خوردگی ناشی از مصرف مواد یخ‌زدا قرار می‌گیرند، دارای شرایط محیطی بسیار شدید می‌باشند.

شرایط محیطی فوق‌العاده شدید - به محیط‌هایی اطلاق می‌شود که قطعات بتنی در معرض فرسایش شدید، عبور وسایل نقلیه و یا آب با $\text{PH} < 5$ قرار می‌گیرند. سطوح بتنی محافظت نشده پارکینگها و قطعات موجود در آبی که اجسام صلبی را با خود جابه‌جا می‌کند، دارای شرایط محیطی فوق‌العاده شدید هستند. شرایط محیطی جزایر و حاشیه خلیج فارس و دریای عمان، به طور عمده جزو این شرایط محیطی قرار می‌گیرند.

ث: برای بتن‌های رده C35 و C40 به استثنای شرایط محیطی شدید و فوق‌العاده شدید، می‌توان اعداد جدول ۵-۱۱-۱۱-۱ (ت) را تا ۵ میلیمتر و برای بتن‌های رده بالاتر تا ۱۰ میلیمتر کاهش داد، مشروط بر اینکه ضخامت پوشش از ۲۰ میلیمتر کمتر اختیار نشود.

ج: برای میلگردهای با قطر بیش از ۳۶ میلیمتر باید مقادیر جدول فوق را به اندازه ۱۰ میلیمتر افزایش داد.

چ: در صورتی که بتن مستقیماً روی خاک ریخته شود و به طور دائم در تماس با خاک باشد، باید حداقل ضخامت پوشش ۷۵ میلیمتر اختیار شود.

ح: اگر سطح بتن نقش‌دار یا دارای شکستگی باشد، ضخامت پوشش از عمق فرورفتگی اندازه‌گیری می‌شود.

۵-۱۱-۱۲ رواداریها در بریدن و کار گذاشتن میلگردها

تمام میلگردها باید بر اساس اندازه و اشکال مشخص شده در نقشه‌ها و دستورالعملها بریده شده و دقیقاً در محل‌های موردنظر به نحوی نصب گردند که در طول عملیات بتن‌ریزی و تراکم هیچگونه تغییری در محل آنها حادث نشود.

بریدن و کار گذاردن آرماتور باید در حد رواداریهای مندرج در مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک قرارداد صورت گیرد. در صورت نبود این دستورالعملها، رعایت مندرجات این قسمت الزامی است.

الف: رواداریهای بریدن میلگردها

- طول میلگرد ± 25 میلیمتر

- مجموعه ابعاد خاموت ± 12 میلیمتر

- خمها ± 25 میلیمتر

ب: رواداریهای بستن و کار گذاشتن میلگردها

کاهش ضخامت پوشش بتن نسبت به مقادیر تعیین شده در نقشه‌ها، حداکثر ۸ میلیمتر است و در هیچ مورد نباید ضخامت پوشش از $\frac{2}{3}$ میزان تعیین شده کمتر شود.

- انحراف موقعیت میلگردها نسبت به محل‌های تعیین شده در نقشه‌ها، برای قطعات خمشی، و دیوارها و ستونها به شرح زیر است:

برای $h \leq 200$ میلیمتر ± 8 میلیمتر

برای $200 < h < 600$ میلیمتر ± 12 میلیمتر

برای $h \geq 600$ میلیمتر ± 20 میلیمتر

- انحراف فاصله جانبی بین میلگردها نسبت به فاصله مشخص شده، ± 30 میلیمتر

- انحراف موقعیت طولی خمها و انتهای میلگردها، ± 50 میلیمتر

- انحراف موقعیت طولی خمها و انتهای میلگردها در انتهای ناپیوسته قطعات، ± 20 میلیمتر

۵-۱۱-۱۳ بازرسی و نظارت

قبل از شروع عملیات نصب و جا گذاشتن آرماتورها دستگاه نظارت قالبها را از نظر ابعاد، محل و رقوم، مورد بازرسی و کنترل قرار خواهد داد. قبل از اجرای بتن‌ریزی، عملیات بستن و کارگذاشتن آرماتورها از نظر قطر، تعداد، شکل، فواصل و استحکام با توجه به ضوابط و رواداریهای مندرج در این دستورالعملها کنترل می‌شود. پس از اطمینان از اجرای صحیح، دستور بتن‌ریزی صادر خواهد شد. رعایت

مندرجات آیین‌نامه بتن ایران در مورد بازرسی و نظارت بر عملیات تهیه، حمل و نصب آرماتورها در بتن‌آرمه، اجباری است.



قالب بندی،

لوله ها

و مجاری مدفون در بتن

◀ ۱-۶ کلیات

◀ ۱-۶-۱ اجزای متشکله قالب و داربست و عملکرد آن

مجموعه قالب و داربست که شامل رویه قالب، بدنه قالب، پشت‌بندها، حایلها، چپ و راستها، پایه‌های قائم و کمرکشهای افقی است، باید بتن را در شکل موردنظر و در محدوده رواداریهای مجاز نگاه داشته، نمای دلخواه را به سطح بتن بدهد و وزن بتن را تا هنگام سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل نماید.

همچنین قالب باید بتن را در مقابل صدمات مکانیکی حفظ کرده، از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره آن جلوگیری نماید، در مقابل سرما و گرمای محیط عایقی مناسب باشد، میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی را که در داخل بتن قرار می‌گیرند در محل موردنظر نگاه داشته، در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت نماید و از بتن، بدون آسیب رساندن به آن، جدا گردد.

قالبها باید چنان ساخته شوند که با رعایت رواداریهای مجاز عضو و قطعه بتنی، مطابق نقشه‌های اجرایی ریخته شود.

قالبها باید پس از هر بار مصرف، تمیز شده و در محلی دور از تأثیر سوء عوامل جوی و صدمات مکانیکی نگهداری شوند. چنانچه کیفیت سطح تمام شده بتن حائز اهمیت باشد، نباید از قطعات قالب که در مراحل قبلی صدمه دیده‌اند، برای این گونه سطوح استفاده شود.

◀ ۱-۶-۲ نقشه قالب‌بندی

برای سازه‌های خاص و پیچیده و یا سایر مواردی که تهیه نقشه‌های قالب و داربست ضرورت داشته باشد، این نقشه‌ها توسط مشاور، تهیه و به پیمانکار ابلاغ خواهد شد، در غیر این صورت پیمانکار باید خود نسبت به تهیه طرح و نقشه قالبها اقدام نماید. در طراحی قالب باید بارهای زیر دقیقاً مورد توجه قرار گیرند:

وزن قالبها و پشتبندها، وزن بتن تازه، آرماتور و سایر اقلام کار گذاشته شده در بتن، وزن افراد، وسایل کار، گذرگاهها و سکوها، بارهای موقت حاصل از انبار کردن مصالح و اثرات دینامیکی نظیر اثر تخلیه بتن از جام حمل بتن، فشار رو به بالای باد، عکس‌العملهای تکیه‌گاهی در بتنهای پیش‌تنیده، رانش بتن تازه، فشار و مکش باد، بارهای ناشی از تغییرات درجه حرارت، بارهای ناشی از بتن‌ریزی نامتقارن، نیروهای رو به بالا در قالبها و اجسام کار گذاشته شده در بتن، بارهای حاصل از نشست نامتقارن تکیه‌گاههای قالب و بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتن.

◀ ۲-۶ مصالح

◀ ۱-۲-۶ کلیات

انتخاب مصالح مناسب برای قالب، باید با توجه به ملاحظات اقتصادی، ایمنی و سطح تمام شده مورد انتظار صورت پذیرد. در ساخت قسمتهای مختلف مانند بدنه، رویه، ملحقات، اجزای نگهدارنده قالب و نظایر آن، باید مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی مصالح مورد توجه قرار گیرند. در استفاده از مصالح مختلف برای قالب و داربست، باید قبلاً نظر موافق دستگاه نظارت جلب شده باشد.

◀ ۲-۲-۶ چوب

چوب مورد مصرف در قالب، باید صاف، بدون پیچ و تاب، سالم و بدون گره از نوع صمغ‌دار باشد. چنانچه ضخامت تخته در بدنه قالب، روی نقشه‌ها مشخص نشده باشد، حداقل ضخامت برای قالب سطوح زیرین، ۳ سانتیمتر و برای قالب سطوح قائم، ۲/۵ سانتیمتر خواهد بود. برای پایه‌های داربست، باید حتی‌الامکان چوب راست و بدون ترک به کار رود. قطر متوسط چوب گرد مصرفی در پایه‌ها، نباید از ۱۰ سانتیمتر کمتر باشد. حداقل ابعاد در مورد چارتراشها، ۸ سانتیمتر است. پایه‌های چوبی تا ارتفاع ۴ متر باید یکپارچه باشند و از چهارمتر به بالا می‌توان از دو اصله چوب استفاده کرد، در این حالت حداکثر تعداد پایه‌های وصله‌دار یک سوم کل تعداد پایه‌ها خواهد بود.

پایه‌های چوبی تا ارتفاع چهارمتر حداقل در یک ردیف باید توسط قیدهایی به صورت چپ و راست به یکدیگر کلاف شوند. از ارتفاع چهارمتر به بالا به ازای هر دو متر اضافه، یک ردیف کلاف اضافه منظور خواهد شد.

برای انتقال بار بخشهای فوقانی به زمین، تخته‌هایی به ضخامت کافی به نام زیرسری، زیر پایه‌ها گذاشته می‌شود. سطح زیرسری باید چنان باشد که فشار وارد بر زمین در هیچ حالت از یک کیلوگرم بر سانتیمترمربع تجاوز ننماید.

◀ ۶-۲-۳ سایر مصالح

در به‌کارگیری سایر مصالح نظیر فلزات، لاستیکها، پلاستیکها و غیره، باید مسئله سازگاری مصالح با بتن تازه قبلاً مورد بررسی قرار گیرد. در به‌کارگیری مصالح نوین برای قالب‌بندی، باید به دستورالعملهای کارخانه سازنده و نیز مندرجات دفترچه مشخصات فنی خصوصی توجه شود.

◀◀ ۶-۳ اجرا

◀ ۶-۳-۱ مشخصات اجرایی قالب

چنانچه شیب قطعات شیبدار از ۲ قائم به ۳ افقی (۲:۳) تجاوز کند، ارجح است که برای سطح فوقانی قطعه نیز قالب در نظر گرفته شود و در هر حال برای شیبهای بیش از ۱:۱، تعبیه قالب سطح فوقانی اجباریست.

رویه قالبها و مواد رهاساز قالب، باید قبل از جاگذاری آرماتورها روی قالبها نصب یا مالیده شوند. قالبها باید چنان جذب و جفت کنار یکدیگر قرار گیرند که مانع از هدر رفتن شیره بتن شوند. قالبها باید عاری از آلودگیها، ملات، مواد خارجی و غیره بوده و قبل از هر بار مصرف باید با مواد رهاساز قالب پوشانده شوند. این مواد باید چنان به کار گرفته شود که لایه‌ای یکنواخت و نازک روی سطوح قالب ایجاد نماید، بدون آنکه موجب آلودگی آرماتورها شوند. قبل از بکارگیری مواد رهاساز قالب، باید از سازگاری این مواد با عوامل متشکله بتن و قالب اطمینان حاصل گردد.

در مواردی که دسترسی به کف قالبها دشوار یا غیر ممکن است، باید با تعبیه دریچه‌های بازدید و کف‌شور قالب، نسبت به نظافت داخل قالب قبل از بتن‌ریزی اقدام شود. چنانچه کیفیت سطح تمام شده بتن حائز اهمیت باشد، نباید از قطعات قالب که در مراحل قبلی صدمه دیده‌اند، برای این سطوح استفاده شود. در مورد روشهای ویژه اجرایی مانند استفاده از قالبهای لغزان، قالبهای ماندگار، قالب‌بندی در زیر آب و نظایر آن، باید به مندرجات دفترچه مشخصات فنی خصوصی که بدین منظور تنظیم شده است، مراجعه شود.

۶-۳-۲ پایه‌های اطمینان

به منظور جلوگیری از بروز تغییر شکلهای تابع زمان در قطعات بتن آرمه تازه قالب‌برداری شده، پس از برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات مزبور، پایه‌هایی در زیر آنها باقی گذاشته می‌شوند که پایه‌های اطمینان نام دارند.

پیش‌بینی پایه‌های اطمینان برای تیرهای به دهانه بزرگتر از ۵ متر، تیرهای طره به طول بیش از ۲/۵ متر، دالهای به دهانه بزرگتر از ۳ متر و دالهای طره‌ای به طول بیش از ۱/۵ متر اجباری است. تعداد پایه‌های اطمینان پیش‌بینی شده، باید به اندازه‌ای باشد که فاصله هر دو پایه اطمینان مجاور در هیچ مورد از ۳ متر تجاوز ننماید.

۶-۳-۳ رواداریها

چنانچه رواداریها در طرح مشخص نشده باشند، ارقام مندرج در جدول ۶-۳-۳ ملاک عمل خواهند بود.

جدول ۶-۳-۳ رواداری سازه‌های بتنی متعارف

ردیف	شرح	رواداری
۱	انحراف از امتداد قائم	الف در لبه و سطح ستونها، پایه‌ها، دیوارها، نبشها و کنجها
		ب برای گوشه نمایان ستونها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته، نمایان و مهم
۲	انحراف از سطوح یا ترازهای مشخص شده در نقشه‌ها	الف در سطح زیرین دالها، سقفها، سطح زیرین تیرها، نبشها و کنجها قبل از برچیدن حایلها
		ب در نعل درگاهها، زیرسریها، جان‌پناههای نمایان شیارهای افقی و دیگر خطوط برجسته، نمایان و مهم
۳	انحراف ستونها، دیوارها و تیرهای جدا کننده از موقعیت مشخص شده در پلان ساختمان	در هر چشمه ۱۲ میلی‌متر
		در هر شش متر طول ۱۲ میلی‌متر
		حداکثر در کل طول ۲۵ میلی‌متر
۴	انحراف از اندازه و موقعیت بازشوهای واقع در کف دیوار و غلافها	±۶ میلی‌متر
۵	اختلاف در ابعاد مقطع عرضی ستونها و تیرها و ضخامت دالها و دیوارها	الف در جهت نقصانی
		ب در جهت اضافی
۶	شالوده‌ها	الف اختلاف اندازه‌ها در پلان
		ب جابه‌جایی یا خروج از مرکز
۶	شالوده‌ها	پ ضخامت
		کاهش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده
۶	شالوده‌ها	پ ضخامت
		افزایش ضخامت نسبت به آنچه تعیین شده
۷	پله‌ها	الف در تعدادی معدودی
		ب در پله‌های متوالی
	پله‌ها	الف پله
		ب پله
۷	پله‌ها	الف ارتفاع پله
		ب کف پله
۷	پله‌ها	الف ارتفاع پله
		ب کف پله

در مورد سازه‌های خاص باید رواداریها در دفترچه مشخصات فنی خصوصی درج شوند.



عایقکاری

◀ ۸-۱ عایقکاری رطوبتی

◀ ۸-۱-۱ کلیات

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

◀ ۸-۱-۲ گستره و اهداف

وجود نم در ساختمان سبب فساد و خوردگی اجزای باربر و غیر باربر می‌شود و به استحکام و زیبایی آنها لطمه می‌زند، کیفیت عایقکاری حرارتی را به مخاطره می‌افکند و به خاطر فراهم آوردن شرایط مساعد برای رشد قارچ، کفک و میکروارگانیسمها، بهداشت ساختمان را با اشکال مواجه می‌سازد. از این رو برای دوام بیشتر و حفظ پایایی، ایمنی، زیبایی، راحتی و بهداشت ساختمان، عایقکاری رطوبتی، امری الزامی است. در این فصول تحقق اهداف زیر موردنظر می‌باشد:

۸-۱-۲-۱ نم‌بندی

نم‌بندی^۱ یعنی جلوگیری از نفوذ نم، بدون اینکه رطوبت به شکل آب وجود داشته و زیر فشار باشد. این عمل، بیشتر در پی ساختمانها و دیوار زیرزمینها که اجزای ساختمان به نحوی با زمین نم‌دار در تماسند، انجام می‌شود.

۸-۱-۲-۲ آب‌بندی

آب‌بندی^۱ یا جلوگیری از نفوذ آب، که در برخی موارد ممکن است تحت فشار نیز باشد، مانند بام ساختمانها، بدنه و کف استخرها و برخی زیرزمینها در نقاطی که سفره آب زیرزمینی بالا است.

۸-۱-۲-۳ بخاربندی

ممانعت از نفوذ بخار آب در مصالح به ویژه مصالح عایق حرارتی به منظور حفظ کیفیت آنها با استفاده از لایه‌های بخاربند.^۲

◀ ۸-۱-۳ مواد و مصالح عایقکاری رطوبتی

مواد و مصالح عایقکاری رطوبتی در بند ۲-۱۵ به تفصیل شرح داده شده‌اند که در صورت لزوم می‌توان به آن مراجعه نمود.

◀ ۸-۱-۴ اجرای عایق رطوبتی

۸-۱-۴-۱ عایقکاری رطوبتی بامهای تخت (با شیب تا ۱:۶)، تراسها و بالکنها

الف: عایقکاری با خاک رس

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

1. Water Proofing

2. Vapor Barriers

ب: عایقکاری با قیر و گونی

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

- عایقکاری به هنگام بارندگی مجاز نیست.

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

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

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

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

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

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

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

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

- هنگامی که عایقکاری در بیش از یک لایه انجام می‌شود لایه‌های متوالی عایق، باید عمود بر هم قرار گیرند. هر لایه از عایقکاری پس از تکمیل و پیش از شروع لایه بعدی، باید مورد بازدید و تأیید دستگاه نظارت قرار گیرد. سطوح عایقکاری شده باید در هنگام اجرای کارهای ساختمانی از

هر گونه آسیب و رویارویی با عوامل مضر و مصالح خورنده مانند آهک محافظت کردند و چنانچه صدمه‌ای دیده باشند، با دستور و زیر نظر دستگاه نظارت به نحو مطلوب تعمیر و مرمت گردند.

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

ایجاد زیرسازی مناسب برای انجام عایقکاری ضروری است.

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

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

- ۱- سطح زیرسازی سیمانی یا ماسه آسفالت باید کاملاً تمیز شود.
- ۲- یک قشر قیر ۶۰/۷۰ به صورت مذاب و به میزان حدود ۲ کیلوگرم در مترمربع به طور یکنواخت بر روی سطوح افقی و قائم بام پخش گردد، به نحوی که این سطوح را کاملاً بپوشاند. مصرف قیر مایع زودگیر RC2 در هوای سرد بهتر از قیر مذاب است.
- ۳- یک گونی خشک تمیز بر روی سطح قیراندود پهن نموده و پس از رفع چروک خوردگیهای احتمالی آن را بر روی سطح بام فشار دهند، به قسمی که در همه جا کاملاً به لایه قیر بچسبند.
- ۴- لایه‌ای از مخلوط هموزن قیر ۶۰/۷۰ و قیر دمیده (برای اقلیمهای معتدل و سرد قیر ۸۵/۲۵ و برای نواحی گرمسیر و نقاط گرم ساختمان قیر ۹۰/۱۵) به حالت مذاب و به اندازه ۱/۵ کیلوگرم در هر مترمربع به صورت یکنواخت بر روی گونی پخش گردد.
- ۵- یک لا گونی دیگر با شرایطی که در بند ۳ گفته شد، عمود بر لایه زیرین بر روی سطح قیراندود گسترده شود.
- ۶- چنانچه عایقکاری مطابق نقشه‌ها و مشخصات بیش از ۲ لا گونی و سه قشر قیر باشد، لایه‌های بعدی قیر و گونی بر طبق بندهای ۳ و ۴ اجرا گردند.

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

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

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

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

پ: عایقکاری با گونی قیراندود

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

- ۱- سطح زیرسازی باید کاملاً تمیز شود.
- ۲- یک قشر قیر از نوعی که در عایقکاری با قیر و گونی ذکر شد، ولی به مقدار حداقل یک کیلوگرم در مترمربع بر روی سطوح افقی و قائم بام پخش گردد.
- ۳- یک لایه گونی قیراندود بدون چروک و تمیز بر روی سطح قیراندود شده، پهن نموده و آن را بر روی سطح بام فشار دهند تا در همه جا کاملاً به لایه قیر زیر آن بچسبد. همپوشانی

طولی و عرضی ورقهای گونی قیراندود حداقل ۱۰ سانتیمتر می‌باشد و محل اتصال آنها باید توسط قیر مذاب کاملاً به هم چسبانده شود.

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

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

ت: عایقکاری با مشمع و مقوای قیراندود یا قطران اندود

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

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

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

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

ث: عایقکاری با مصالح پیش‌ساخته

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

۸-۱-۴-۲ عایقکاری رطوبتی بامهای شیبدار، قوسی و گنبدها

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

الف: عایقکاری بامهای شیبدار پوشش شده

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

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

۲- محل برخورد قطعات شیبدار با دیوارهای قائم نظیر دیوار همسایه، دیوار دودکش، دست‌انداز، محل عبور هواروها و دودروها و نظایر آن، باید با قطعات فلزی^۱ یا ماستیک و یا اعمال تمهیدات دیگر، کاملاً درزبندی و آب‌بندی شوند. قطعات فلزی ممکن است از انواع فولاد روی‌اندود (گالوانیزه) یا مسی انتخاب شوند، ماستیکها و مصالح دیگر باید به تصویب دستگاه نظارت برسند.

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

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

ب: عایقکاری بامهای شیبدار صاف، قوسی و گنبدها

عایقکاری بامهای شیبدار با شیب بیش از ۶: ۱ (نظیر خرپشته‌ها)، بامهای قوسی شکل و گنبدها، نیاز به دقت و مهارت کافی داشته و معمولاً به خاطر در دست نبودن مصالح مناسب و اجرا کنندگان ماهر، این نوع بامها را به دشواری می‌توان با قیر و گونی به نحو شایسته‌ای عایقکاری کرد. در این موارد بهتر است از عایق‌هایی که در برابر گرما و تابش آفتاب، نرم و روان نمی‌شوند و در سرمای

زمستان ترک نمی‌خورند، بهره برد. زیرسازی عایقکاری باید همان طور که در قسمتهای قبل توضیح داده شده است، انجام گیرد و پس از ایجاد سطحی صاف و تمیز اقدام به عایقکاری گردد. اجرای عایق سطوح شیبدار باید موافق اسلوب فنی و مطابق دستورالعملهای تولیدکنندگان این نوع عایقها باشد و قبلاً به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد، بدیهی است اخذ تضمین کافی از پیمانکار در مورد عایقهای ناشناخته و امتحان نشده، ضروری است.

۸-۱-۴-۳ عایقکاری رطوبتی کف و شالوده

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

الف: عایقکاری رطوبتی کفها

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

زیر فرش کف طبقات زیرین ساختمان که در تماس مستقیم با زمین هستند، باید با ارتفاع حدود ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر لاشه سنگ یا قلوه سنگ درشت چیده و روی آن یک لایه مخلوط شن و ماسه بریزند تا فواصل خالی بین سنگهای درشت پر شود و حدود ۲ سانتیمتر روی تمام سطح را بپوشاند. این عمل باعث قطع لوله‌های موئین و نفوذ رطوبت به سمت بالا می‌شود. در مناطق خیلی مرطوب می‌توان کفها را به صورت معلق اجرا کرد. در این طریق دیوارهایی به موازات هم و به ضخامت یک آجر و به فاصله حدود ۵۰ الی ۷۰ سانتیمتر و به ارتفاع حدود ۵۰ تا ۹۰ سانتیمتر می‌سازند و

بین آنها را با طاق ضربی می‌پوشانند و سپس کفسازی اصلی روی آن انجام می‌شود. فضای خالی بین دیوارها که به هم راه دارند و گریه‌رو نامیده می‌شوند، توسط مجراهایی به خارج ساختمان ارتباط داده می‌شوند. در مناطقی که چوب به حد کافی یافت می‌شود، کف معلق را می‌توان با تیر، تیرچه و تخته نیز اجرا نمود، به هر حال به علت انجام عمل تهویه در زیر کفهای معلق، کفسازی بالنسبه خشک‌تر است. عایقکاری کفها را می‌توان با قیر و گونی، انواع مشمع و مقوای قیراندود، مواد پلاستیکی، آسفالت ماستیک و مواد قیری بر روی قشری از بتن یا اندود ماسه سیمان که بر روی کف اجرا می‌شود، انجام داد.

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

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

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

آسفالت ماستیک یا ماستیک قیری چنانچه به عنوان کفپوش به کار رود، دیگر نیازی به نم‌بندی کف نیست (برای دستیابی به اطلاعات بیشتر به بند ۲-۱۳-۲-۱۲ مراجعه شود).

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

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

ب: عایقکاری رطوبتی شالوده‌ها

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

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

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

فلزات دارای این مزیت هستند که بار وارده را به خوبی تحمل می‌کنند، ولی بهتر است برای جلوگیری از فساد و خوردگی، آنها را قیراندود نمود. ضخامت ورقه‌های فلزی حدود ۱ تا ۲ میلیمتر انتخاب می‌شود و اتصال آنها به صورت چند پیچه یا لحیم و جوش انجام می‌گیرد. مواد قیری و قطرانی به تنهایی برای نم‌بندی دیوارها چندان مناسب نیستند و بهتر است آنها را به همراه منسوجاتی مانند گونی کفی و مواد پلاستیکی، مقوا، نمدها و نظایر آن مصرف نمود تا لایه نم‌بند بتواند در برابر نشستهای جزئی ساختمانی مقاومت کند. آسفالت ماستیک تا حدودی نم‌بند است، ولی در برابر حرکات جزئی اجزای ساختمانی ترک می‌خورد و از محل ترکها رطوبت به بالای دیوار نفوذ می‌کند. اجرای قیرگونی، مشمع، مقوا و گونی قیراندود، همانند عایقکاری کف و بام صورت می‌گیرد. مصرف مواد پلاستیکی برای نم‌بندی شالوده همانند نم‌بندی کف است که قبلاً توضیح داده شد، ولی این مواد بهتر است در مکانهای کم بارش و خشک به مصرف برسند. مصرف ملاتی از ماسه کوارتزی و رزین اپوکسی به ضخامت ۶ میلیمتر نیز در پی‌ها می‌تواند مؤثر واقع شود. دیوارهایی که تحت اثر بارهای افقی قرار می‌گیرند، باید دارای عایقکاری پله‌ای باشند تا از لغزش آنها جلوگیری شود.

۸-۱-۴-۴ عایقکاری رطوبتی دیوار زیرزمین

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

معمول‌ترین عایقکاری برای دیوار زیرزمینها استفاده از قیر و گونی یا قیر و مشمع یا گونی یا مقوای قیراندود است که باید مانند عایق بام اجرا شود. ترتیب عایقکاری قائم، باید از بالا به پایین باشد و لایه‌های گونی طوری روی هم قرار گیرند که رطوبت نتواند از زمین به داخل دیوار زیرزمین نفوذ کند. دو روش برای عایقکاری دیوار زیرزمین متداول است: روش اول در مواقعی به کار گرفته می‌شود که عمق زیرزمین، کم و خطر ریزش خاک اطراف زیرزمین وجود نداشته باشد، در این روش ابتدا تیغه محافظ عایق اجرا شده و روی آن ملات ماسه سیمان و عایق قائم، انجام و سپس دیوار اصلی زیرزمین

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

۸-۱-۴-۵ عایقکاری کف آشپزخانه، سرویسهای بهداشتی و فضاهای مشابه

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

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

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

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

۸-۱-۴-۶ عایقکاری رطوبتی سایر قسمتهای ساختمان

الف: عایقکاری کف پنجره‌ها، درپوش دست‌انداز بام، دودکشها، کف پنجره، درپوش دست‌انداز بام و دیوار حیاط چنانچه در طول کوتاه و به صورت یکپارچه با سنگ، بتن و نظایر آن اجرا شود، معمولاً مشکلی را به وجود نخواهد آورد، ولی در طولهای زیاد که این مصالح نیاز به درز انبساط و انقباض دارند آب از محل درزها نفوذ کرده و علاوه بر یخ زدن مصالح بالای دیوار و خرابی آنها، سبب زشتی و آلودگی نماسازی نیز می‌شود، از این رو برای جلوگیری از خطرات ناشی از یخزدگی و حفظ زیبایی در این قسمتها، زیر درپوشهای درزدار یا روی آنها باید عایقکاری شود. چنانچه بخواهیم زیر درپوشها را عایق کنیم، اجرای یک لایه قیر و گونی به روشی که در عایقکاری بام توضیح داده شد، کافیهست. برای عایقکاری روی درپوشها بهترین مصالح، فلزاتی مانند مس و فولاد گالوانیزه هستند و بدیهی است در محل درز باید چند پیچه یا لحیم یا جوشکاری شوند. فلزاتی که برای این منظور به کار می‌روند، باید در انتها خمکاری یا فتیله شوند و به صورت آچکان در آیند تا آب به راحتی از روی آنها تخلیه شود، بدون اینکه بر روی دیوار ترشح نماید.

ب: عایقکاری کف و بدنه استخرها و منابع آب

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

پ: عایقکاری کف پارکینگ در طبقات

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

ت: عایقکاری نماها

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

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

در بعضی کشورهای صنعتی از قطعات چوب و سایر مصالح همانند آنچه که در سقفها مرسوم است، برای ناپوش^۱ استفاده می‌شود.

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

درزهای انبساط باید مطابق نقشه‌های جزئیات اجرا شده و در محل بام، نماهای بوران‌گیر و کف طبقاتی که امکان شستشو یا جریان آب در آنها وجود دارد، کاملاً درزبندی و عایق شوند. عایقکاری رطوبتی درزهای انبساط در بام و کف طبقات با ورقه‌های مسی یا فولادی گالوانیزه و در مواردی با موادی نظیر انواع ماستیک و لاستیک انجام می‌گیرد. بهترین مصالح برای عایقکاری درزهای نما، ماستیک یا نوارهای لاستیکی است و چنانچه روی آنها با مصالح فلزی پوشانده شود، اطمینان بیشتری برای عدم نفوذ آب به وجود می‌آید.

◀ ۸-۱-۵ آزمایش عایقکاری

پس از اتمام عایقکاری و قبل از اجرای قشر محافظ روی آن، باید نسبت به آزمایش عایقکاری اقدام نمود. سطوح شیبدار را می‌توان با پاشیدن آب بر روی آنها مشابه یک بارندگی شدید آزمایش کرد. چنانچه

نقصی در بامپوش وجود داشته باشد معمولاً در فاصله کوتاهی پس از آبپاشی ظاهر شده و از زیر سقف می‌توان با مشاهده قطرات آب به وجود نقص و محل آن پی برد.

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

۸-۱-۶ حفظ و مراقبت عایقهای رطوبتی

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

سرمای زیاد باعث ترک‌خوردگی عایق می‌شود، به ویژه اگر از قیر نامناسب که دارای خاصیت آنگمی^۱ مطلوب نیست، استفاده شده باشد. قیر مورد مصرف در عایق مخصوصاً در لایه نهایی، باید مناسب منطقه انتخاب شود.

گرمای زیاد سبب روان شدن قیر می‌شود. در مناطق گرم خصوصاً در لایه نهایی باید قیر مناسبی انتخاب شود که در گرمای زیاد روان نشود. در مناطقی که اختلاف درجه حرارت روز تابستان با شب زمستان زیاد باشد، باید از قیرهای دمیده $R ۹۰/۱۵$ یا $R ۸۰/۲۵$ در عایقکاری لایه آخر و از مخلوطی از این قیرها با قیر $۸۰/۱۰۰$ یا $۶۰/۷۰$ یا $۴۰/۵۰$ استفاده کرد. در صورت دسترسی به قیر معدنی از این قیر نیز می‌توان به جای قیر اکسیده بهره برد. (در مناطقی که گرمای هوا در فصل تابستان در سایه حداکثر به ۵۰ درجه سلسیوس و بیشتر برسد، باید از قیر خالص $۴۰/۵۰$ استفاده شود، چنانچه حداکثر گرما به ۴۰

درجه برسد، باید از قیر خالص ۶۰/۷۰ استفاده گردد و در حالی که حداکثر گرما به ۳۰ درجه برسد، باید قیر خالص ۸۰/۱۰۰ مصرف شود).

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

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

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

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

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

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

۱-۶-۱-۸

لایه محافظ در مورد سطوح افقی بام می‌تواند از موزائیک فرش یا حدود ۳ سانتیمتر ماسه آسفالت انتخاب گردد. چون در نواحی گرم و خشک روغنهای موجود در قیر پس از مدت کوتاهی می‌پزند و قشر ماسه آسفالت ترک می‌خورد و به تدریج خرد و از هم متلاشی می‌گردد، بهتر است در این مناطق از پوشش موزائیک به رنگ روشن روی ماسه آسفالت به عنوان یک اقدام احتیاطی و اضافی استفاده گردد. بدیهی است در این صورت ماسه آسفالت را می‌توان به ضخامت ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر اجرا کرد و از

ضخامت ملات یا ماسه زیر موزائیک کاست. به هر حال بار مرده ناشی از اجرای هر نوع عایق با قشرهای محافظ آن باید در محاسبات ایستایی منظور گردد.

۲-۶-۱-۸

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

۳-۶-۱-۸

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

۴-۶-۱-۸

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

۵-۶-۱-۸

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

۶-۶-۱-۸

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

۷-۶-۱-۸

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

۸-۶-۱-۸

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

۹-۶-۱-۸

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

۱۰-۶-۱-۸

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

۱۱-۶-۱-۸

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

۱۲-۶-۱-۸

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

۱۳-۶-۱-۸

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

۱-۶-۱-۸

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

◀ ۱-۸-۷ اجرای عملیات ترمیمی در عایقهای رطوبتی

۱-۷-۱-۸ مرمت بدون نیاز به برکندن عایقهای قبلی

قبل از اقدام به مرمت باید وضع عایق موجود به لحاظ بار وارده بر آن و قشر محافظ آن بر سقف مورد بررسی قرار گیرد، همچنین وزن عایق جدید و قشر محافظ آن نیز، برآورد و مجموع بارهای زنده و مرده پس از ترمیم در محاسبات ایستایی سقف منظور گردد. چنانچه اعضای باربر ساختمان قادر به تحمل بار اضافی جدید بودند، می‌توان بر روی عایق قبلی عملیات ترمیمی را انجام داد. اگر لایه محافظی بر روی عایق وجود نداشته باشد، نخست سطح عایق را کاملاً از مواد اضافی و ذرات گرد و غبار تمیز کرده و سپس طبق مشخصات ذکر شده در فوق اقدام به عایقکاری جدید می‌گردد. ترمیم عایقهای ویژه ممکن است با مشخصات ارائه شده از سوی سازنده و یا با قیر و گونی یا مشمع قیراندود انجام گیرد.

چنانچه عایق دارای پوشش محافظ از نوع ماسه آسفالت یا موزائیک باشد، ابتدا نسبت به کندن ترکها و درزها و تمیز کردن آنها اقدام می‌گردد. درز بامپوش موزائیک را با دوغاب سیمانی و ترکهای آسفالت را با ماسه آسفالت یا در صورت ریز بودن با قیر مایع یا مذاب پر کرده و روی سطح ترمیم شده را با قشری از قیر مذاب اندود می‌کنند. سپس عملیات عایقکاری مطابق مشخصاتی که قبلاً ذکر شد انجام می‌گیرد.

۱-۷-۲-۱-۸ مرمت به روش برچیدن عایقکاری قبلی

در صورتی که بار مرده موجود به حدی باشد که سقف نتواند بار اضافی تحمل کند، در این صورت باید عایقکاری قدیم را برچید و عملیات ترمیم را انجام داد. مرمت به این روش در فصل بیست و چهارم به تفصیل توضیح داده شده است.

۸-۲ عایقکاری حرارتی (گرمابندی) ساختمانها

۸-۲-۱ کلیات

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

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

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

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

۸-۲-۲ مصالح عایق حرارتی

مصالح عایق حرارتی در بند ۲-۲۲ شرح داده شده‌اند.

۸-۲-۳ راههای فرار گرما

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

۸-۲-۳-۱ زیرزمینها

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

۸-۲-۳-۲ کفها

در کف زیرزمینها و طبقه همکف معمولاً بتن‌ریزی بر روی قلوه سنگ انجام می‌شود که خود نوعی عایق حرارتی محسوب می‌شود و نیازی به عایقکاری اضافی نیست. زمین به مقدار زیادی از گریز گرما جلوگیری می‌کند و بیشترین مقدار گریز در محل برخورد کف با دیوارهای خارجی است. سقفهایی که از زیر با هوای آزاد در تماس هستند (مانند سقف پارکینگها، محل بازی کودکان و پیش‌آمدگی سقف در خیابان) و برای طبقه بالا کف معلق محسوب می‌شوند، عاملی برای تبادل حرارتی به حساب می‌آیند و باید عایقکاری شوند.

۸-۲-۳ دیوارهای خارجی

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

۸-۲-۳-۴ بامها

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

۸-۲-۳-۵ درهای خارجی و پنجره‌ها

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

۸-۲-۳-۶ درزها و ترکهای ساختمان

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

قسمتهایی از ساختمان که به این امر کمک می‌کنند شامل: درها و پنجره‌های هوابندی نشده و لق، دریچه‌های دسترسی به سقف کاذب و بام، کانالهای تهویه و دیگر تأسیسات، دودکشها، درزهای

ساختمانی و نظایر آن می‌باشد. این نقاط ضعف در فصول سرد که گرمایش انجام می‌شود، در ساختمانهای معمولی در هر یک تا دو ساعت، باعث تعویض کامل هوای ساختمان می‌گردند و بدیهی است گرم کردن هوای سردی که به ساختمان وارد می‌شود، مستلزم صرف انرژی و هزینه است.

۴-۲-۸ اجرای عایق حرارتی

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

- در مکانهای مرطوب باید از مصرف مصالح نم‌کش مانند پشم چوب و خرده کاغذ پرهیز کرد و در صورت اجبار آنها را با یک لایه نم‌بند محافظت نمود.
 - در نقاطی که امکان آتش‌سوزی وجود دارد، مصرف مصالح قابل احتراق ممنوع است. برخی از این مصالح را می‌توان با مواد ضد آتش غیرخورنده (مانند پشم چوب و خرده کاغذ) آغشته کرد و به مصرف رساند.
 - باید توجه داشت که پیوستگی عایق و قشر نم‌بند آن حفظ شود.
 - چنانچه عایق قطعه‌ای در دو یا چند لایه اجرا شود، جهت قرار گرفتن عایق در هر لایه باید عمود بر لایه قبلی باشد.
 - عایقهای انباشته معمولاً برای سقفها مناسبند. در موقع مصرف باید حتی‌الامکان سطح صاف و ضخامت یکنواختی از آنها به وجود آید.
 - عایقهای نرم در انواع پتویی، قطعه‌ای، توپی و انباشته را باید به صورت پف کرده به مصرف رساند و از فشردن آنها جلوگیری کرد، زیرا از کیفیت آنها کاسته می‌شود.
 - در مناطق مرطوب و مکانهایی که امکان نفوذ رطوبت وجود دارد، باید سطح مجاور عایق به خوبی تهویه شود تا امکان تعریق و تجمع آب تقلیل یابد.
 - روی سطوح ورقه‌ای پلی‌استایرین نباید رنگ روغنی به کار رود، زیرا خطر آتش‌سوزی افزایش پیدا می‌کند. سطح این قبیل مصالح باید به صورت طبیعی باقی بماند و در صورتی که رنگ‌آمیزی آن لازم شود با یک لایه رنگ متخلخل یا ماده‌ای که اشتعال را به تأخیر اندازد، پوشانده شود.
- نحوه اجرای عایق حرارتی در قسمتهای مختلف ساختمان به شرح زیر است:

۸-۲-۴-۱ دیوارهای زیرزمین

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

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

۸-۲-۴-۲ عایقکاری کفها

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

عایقکاری حرارتی کفهای طبقاتی که از زیر در مجاورت هوا قرار دارند، با مصالحی نظیر پشم معدنی (یا پشم شیشه و پشم سربراره)، از زیر به آسانی می‌تواند انجام شود. چنانچه عایق دارای لایه نم‌بند باشد یا بخواهند آن را نم‌بندی کنند، این لایه باید چسبیده به زیر سقف یعنی در سمت گرم عایق قرار گیرد. سمتی از عایق را که در معرض دید قرار می‌گیرد، می‌توان با مصالحی از قبیل تور سیمی یا رابیتس پوشاند و روی آن را با ملات گچ یا سیمان اندود کرد.

۸-۲-۴-۳ عایقکاری دیوارهای خارجی

عملی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین راه برای عایقکاری دیوارهای خارجی، ساختن دیوار به صورت دو لایه با ایجاد فاصله هوایی بین آنها است که در این صورت برای ارتباط بین این دو لایه، باید از مصالح عایقی نظیر پلاستیکها استفاده شود تا از پل زدن^۱ گرما از یک لایه به لایه دیگر جلوگیری شود. جنس لایه‌ها ممکن است از سنگ، آجر، بلوکهای بتنی توخالی و توپر، بتن سبک و سنگین و تخته‌های فیبری یا گچی باشند. به لحاظ سازه‌ای ممکن است دیوارها درون قابهایی قرار گیرند و یا مستقلاً و به طور مجزا چیده شوند. فاصله بین دو لایه ممکن است با هوا اشغال شود که در این صورت فاصله بهینه از ۲۰ تا ۵۰ میلی‌متر خواهد بود.

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

اطراف درهای خارجی و پنجره‌ها، باید کاملاً با مواد عایقی مانند الیاف کنفی قیراندود بسته شوند تا امکان نفوذ هوا از آنها وجود نداشته باشد.

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

۸-۲-۴-۴ عایقکاری بامها و سقفها

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

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

عایق حرارتی سقف باید تا روی دیوار خارجی امتداد یابد، ولی باید دقت شود که راه عبور لوله‌های تأسیسات، هواروها، دودکشها و مانند اینها را مسدود نکند، انتهای قطعات باید محکم به هم فشرده شوند، به قسمی که عایق یکپارچه‌ای حاصل شود. در مکانهای نصب چراغ سقفی توکار در سقف کاذب، تا فاصله ۷۵ سانتیمتری اطراف را نباید عایقکاری کرد، زیرا افزایش دمای اطراف چراغ ممکن است باعث آتش‌سوزی شود. جاسازی محل چراغ را که عایقکاری نشده است، باید با مصالحی مانند تخته گچی به

شکل یک جعبه انجام داد و سپس مبادرت به عایقکاری اطراف و روی آن نمود. اطراف محل عبور دودکش نیز باید با مصالحی عایق شود که آتش نگیرد. عایقکاری محل دریچه دسترسی به بالای سقف کاذب نیز باید با دقت و همانند محل چراغها صورت گیرد، به علاوه هوابندی اطراف دریچه نیز ضروری است. پس از اتمام عایقکاری پیرامون سقف و محل دیوارهای خارجی، روی لبه‌های افقی (یا مورب) و کناره‌های قائم عایق را باید با قرار دادن قطعاتی از چوب، تخته لایه، فیبر یا مقوا در بین تیرچه‌ها پوشاند، به این ترتیب علاوه بر جلوگیری از جابه‌جا شدن قطعات عایق، می‌توان مطمئن شد که مانعی بر سر راه تهویه فضای بالای سقف کاذب وجود ندارد.

۸-۲-۴-۵ عایقکاری درها و پنجره‌ها

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

طراحی شوند که تعریق در آنها صورت نگیرد و تمیز کردن شیشه‌ها از داخل به راحتی میسر باشد، اگر فاصله شیشه پنجره‌ها به ۲۰۰ میلی‌متر برسد، تغییری در میزان عایق حرارتی بودن آنها پیدا نخواهد شد، اما برای صوت عایق بهتری به وجود خواهد آمد.

۸-۲-۵ نصب عایقهای حرارتی

بعضی عایقهای قطعه‌ای یا توپی (رول) از طریق اصطکاک در جای خود قرار می‌گیرند و برخی از آنها که دارای پوشش کاغذ صنعتی (کرافت) قیراندود هستند، لبه‌هایی برای نصب در کنار خود دارند که می‌توان آنها را به کمک پیچ و مهره، میخ و چسب در جای خود نصب کرد. نصب عایقهای قطعه‌ای به خاطر محدود بودن طول، آسان‌تر از نصب عایقهای توپی است. نصب عایق پشم شیشه، آسان‌تر از نصب پشم معدنی است و معمولاً بهتر از آن فضای معینی را پر می‌کند. عایقهای انباشته را به راحتی می‌توان در جای خود نصب کرد یا آنها را درون محل خود پاشید. قطعات بتن سبک به راحتی به کمک پیچ و مهره در داخل قاب اسکلت فلزی قابل نصب هستند.

۸-۲-۶ بخاربندی عایقهای حرارتی

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

۸-۲-۷ نحوه اجرای لایه بخاربند

نصب لایه بخاربند روی سطوح گرم عایق دیوارهای خارجی و سقفها، نخستین قدم برای کنترل هوا است، بدین منظور معمول ترین و مؤثرترین مصالحی که در دسترس است، ورقه پلی اتیلن می باشد که آن را به آسانی می توان روی سطوح بزرگ نصب کرد. گرچه ورقه های به ضخامت حداقل ۵۰ میکرون مناسباند، ولی ورقه های با ضخامت ۱۵۰ میکرون هنگام نصب و پوشش با لایه نازک کاری، آسیب پذیری کمتری دارند. برای نصب این ورقه ها نیاز به زیرسازی مناسبی است که بتوان لبه ورقه ها را روی آن نصب کرد، درزبندهای پیوسته ای که به پلی اتیلن خوب بچسبد و ورقه ورقه نشود، مصالح مناسبی برای پوشش لایه عایق حرارتی است، نیروی انسانی ورزیده که بتواند به نحو شایسته ای عمل نصب بخاربند را انجام دهند، نیز از الزامات کار به شمار می آیند. پیوستگی لایه بخاربند بسیار مهم است، محل برخورد دیوارهای خارجی، بالکنها، سقفها و دیگر دیوارها، باید کاملاً درزبندی شوند و همپوشانی ورقه های بخاربند باید حداقل ۱۰۰ میلیمتر باشد. اطراف محل قوطی کلید و پریز، چراغهای توکار سقفی و دیگر تأسیسات، باید کاملاً درزبندی و طوری اجرا شوند که در اثر انقباض و انبساط، پارگی یا درز در آنها ایجاد نشود.

ورقه های پلی اتیلن در محل برخورد با پنجره ها، درهای خارجی و سایر بازشوها، باید کاملاً به آنها محکم شوند و سپس لبه آنها به سمت داخل برگردانده و به سطح داخل متصل گردند. ورقه های بخاربند در محل دودکشها و سایر نقاطی که خطر آتش سوزی وجود دارد، باید روی عایقی که در برابر حریق پایدار است نصب گردد.

۸-۲-۸ مبدل حرارتی هوا به هوا^۱

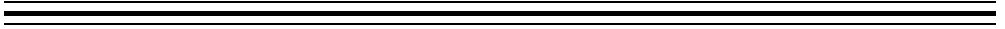
هنگامی که لایه های بخاربند در یک ساختمان به کار می رود، برای خروج هوای کثیف و رطوبت اضافی، باید تدابیری اندیشیده شود. رطوبت موجود در هوا از شستشو، خشک کردن ظروف و لباس، استحمام، آشپزی و سایر فعالیتهای شبانه روزی ناشی می شود.

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

۸-۲-۹ رعایت نکات ایمنی به هنگام عایقکاری حرارتی

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

٩



مالاتها

◀ ۹-۱ کلیات

◀ ۹-۱-۱ تعاریف و موارد مصرف

ملات ماده‌ای است خمیری که برای چسباندن قطعات مصالح بنایی به یکدیگر، تأمین بستری برای توزیع بار و بالاخره برای اندودکاری سطوح داخلی و خارجی ساختمان و بندکشی نماها به مصرف می‌رسد.

◀ ۹-۱-۲ عوامل متشکله ملاتها

ملاتها از یک جسم چسباننده (مانند خمیر سیمان، آهک هیدراته، گچ و غیره) و یک ماده پرکننده ریزدانه (مانند ماسه طبیعی، شکسته، ماسه‌های سبک طبیعی و ساختگی از قبیل پوک‌ها و پرلیت) تشکیل شده‌اند. مواد پرکننده را برای کاهش هزینه و کاهش جمع‌شدگی ملاتها به کار می‌برند.

◀ ۹-۱-۳ انواع گیرش

ملاتها از نقطه نظر گیرش به دو دسته هوایی و آبی گروه‌بندی می‌شوند:

۹-۱-۳-۱ ملات هوایی

ملات هوایی ملاتی است که در هوا می‌گیرد و سفت و سخت می‌شود، به عبارت دیگر گیرش ملات هوایی و سفت و سخت شدن و سفت و سخت ماندن آنها به هوا نیاز دارد. بعضی از ملاتها فیزیکی خشک می‌شوند و آب آزاد و آب نم آنها تبخیر می‌شود مانند ملاتهای گلی و کاهگلی، گروه دیگر شیمیایی می‌گیرند و سفت و سخت می‌شوند مانند ملات آهک هوایی که آهک آن با گرفتن دی اکسید کربن از هوا به کربنات کلسیم تبدیل می‌شود. با وجود اینکه ملات گچ در موقع گرفتن با آب ترکیب و به سنگ گچ مبدل می‌گردد، ولی در گروه ملاتهای هوایی قرار می‌گیرد، زیرا در آب وا می‌رود و برای سخت ماندن به هوا نیاز دارد.

۹-۱-۳-۲ ملات آبی

ملات آبی ماده‌ای است که زیر آب یا در هوا به طریق شیمیایی می‌گیرد و سفت و سخت می‌ماند. ملاتهای سیمانی و گل‌آهک از جمله این ملاتها هستند.

◀ ۹-۲ مصالح

◀ ۹-۲-۱ مصالح چسباننده

مصالح چسباننده عمده‌ای که در ساختن ملاتها به کار می‌روند عبارتند از:

- خمیر گل رس که در بند ۲-۱۰ به تفصیل مورد بحث واقع شده است.
- خمیر گل آهک شکفته که در بند ۲-۸ شرح آن آمده است.
- خمیر گچ که در بند ۲-۹ در مورد آن بحث شده است.
- خمیر انواع سیمان (پرتلند نوع ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵، سیمانهای سفید و رنگی، سیمانهای طبیعی، سیمانهای آمیخته با سرباره و مواد پوزولانی طبیعی و مصنوعی و سیمان بنایی) که در بند ۲-۷ در مورد آن بحث شده است.
- قیر و قطران مذاب یا محلول در حلالهای مناسب یا امولسیون آنها که در بند ۲-۱۲ درباره آنها بحث شده است.
- آب مصرفی در ساختن ملاتها که شرح آن در بند ۲-۱۱ آمده است.
- خاکستر که جزئی از ملات ساروج است و پسمانده سوختن چوب و سایر سوخته‌های جامد می‌باشد و حاوی مقادیر زیادی سیلیس غیر بلوری است. خاکستر بادی^۱ به عنوان ماده‌ای پوزولانی می‌تواند به ملات اضافه شود.
- سایر مواد شامل آب شیشه^۲ (شیشه محلول) سیلیکات سدیم یا پتاسیم برای ملاتهای ضد اسید.

1. Fly Ash

2. Water glass

- مواد پوزولانی طبیعی یا مصنوعی که به ملات‌های آهکی و سیمانی اضافه می‌شود. گرد سنگ آهک و سایر مواد نرم که برای کارآیی به ملات افزوده می‌شود و بالاخره مصالح چسباننده مصنوعی پلاستیکی که در اندودکاری به مصرف می‌رسند.

۹-۲-۲ مصالح پرکننده

مصالح پرکننده متداول در ملات‌ها عبارتند از:

مصالح سنگی طبیعی با وزن ویژه متعارف شامل سنگدانه‌های آبرفتی گردگوشه و غلتیده یا شکسته با دانه‌بندی از صفر تا حدود ۵ میلیمتر که در استانداردهای ۲۹۹ "ماسه برای ملات سیمانی" و ۳۰۱ "ماسه برای اندود گچ" درباره آنها بحث شده است.

سنگدانه‌های سبک طبیعی یا مصنوعی شامل پوکه‌های طبیعی و مصنوعی (مانند پوکه رسی و پرلیت) که شرح آنها در بند ۲-۱۳ آمده است.

خاک سنگ، نرمه سنگ و گرد سنگ سفید و رنگی و خاکستر که بیشتر در ملات‌های رویه و بندکشی‌ها به مصرف می‌رسند.

سایر مواد شامل کاه که در کاهگل به مصرف می‌رسد و لوثی که در ساختمان ساروج به کار می‌رود.

۹-۲-۳ مواد افزودنی

شامل مواد حبابساز هوا، روان‌کننده‌ها، تندگیر کننده‌ها برای کار در فصول سرد و جلوگیری از یخ زدن ملات، مواد نگهدارنده آب برای بالابردن کارآیی، مواد پوزولانی برای جلوگیری از حمله سولفات‌ها و آب‌بندی نسبی ملات، مواد آب‌بند کننده برای آب‌بند کردن ملات و مواد رنگی برای تولید ملات رنگی مصرفی در رویه و بندکشی که شرح مفصل آنها در بند ۲-۱۵ آمده است، می‌باشند. برای مصرف هر یک از این مواد باید موافقت دستگاه نظارت کسب شده باشد.

۹-۳ انواع ملاتها

ملاتها دارای انواع گوناگونی به شرح زیر می‌باشند:

۹-۳-۱ ملات گل و کاهگل

ماده چسباننده ملات گل و کاهگل، خاک رس است. پولکهای خاک رس پس از مکیدن آب به صورت خمیری در آمده و دانه‌های ماسه خاک را به یکدیگر می‌چسبانند. این ملاتها از قدیمی‌ترین ملاتها هستند و در نخستین ساختمانهایی که بشر بنا کرده، به کار رفته است. هم اکنون نیز در ساختمانهای خشتی و گلی و حتی آجری و سنگی بسیاری از روستاها این ملات به کار می‌رود. برای ساختن ملات گل، آخوره می‌بندند و در آن آب می‌اندازند و صبر می‌کنند تا پولکهای خاک رس آب بماند، پس از آن ملات را خوب ورز می‌دهند و به مصرف می‌رسانند.

چون ملات گل پس از خشک شدن جمع شده و ترک می‌خورد، به آن کاه می‌زنند که آن را مسلح کرده و از ترک خوردن آن جلوگیری کنند. برای ساختن این ملات نیز آخوره‌ای از خاک و کاه می‌سازند و در آن آب می‌اندازند تا خاک گل شده و کاه خیس خورده و نرم شود. پس از آن ملات را خوب ورز می‌دهند و به مصرف می‌رسانند. ملات کاهگل برای اندود ساختمانهای گلی، زیرسازی اندود گچی و آب‌بندی بام ساختمانها مصرف می‌شود. ملات کاهگل به علت سبکی وزن، عایق، حرارتی خوبی است و از این رو در گذشته سقف زیرین شیروانیهای دو پوشه را با این ملات از داخل اندود می‌کردند تا جلو ورود گرما از سقف را بگیرند. چنانچه در آب ملات کاهگل کمی نمک طعام اضافه کنند، به علت خاصیت جذب و نگهداری رطوبت که در نمک وجود دارد، ملات بیشتر خمیری می‌ماند و بهتر جلو عبور آب را می‌گیرد، به علاوه از آنجا که نمک درجه انجماد آب را پایین می‌آورد، در فصول سرد این ملات دیرتر یخ می‌زند، در ساختن کاهگل برای نما باید از کاه نرم و ریز استفاده کرد. برای ساختن هر مترمکعب کاهگل، حدود ۴۵ تا ۵۰ کیلوگرم کاه لازم است. گل نیمچه کاه دارای کاه کمتری است و برای فرش کردن آجر روی بام در مناطق کم باران به مصرف می‌رسد. گاهی اوقات به ملاتهای گلی به منظور آب‌بندی و دوام

بیشتر، امولسیون قیر اضافه می‌کنند. افزودن ماسه به ملات گل، سبب کاهش جمع‌شدگی و در نتیجه کاهش ترک‌خوردگی آن می‌شود. افزودن کمی آهک یا سیمان نیز سبب اصلاح بعضی خاکها می‌شود.

◀ ۹-۳-۲ ملات گل آهک

دو اشکال عمده در ملات گل وجود دارد، یکی انقباض ناشی از خشک شدن و ترک خوردن و دیگری وارفتن ملات در آب و آب‌شستگی، افزودن آهک به خاک، این دو اشکال را برطرف کرده و آن را تخفیف می‌دهد. ملات گل آهک ملاتی است آبی و برای گرفتن نیازی به دی اکسید کربن ندارد. سیلیس و آلومین خاک رس در صورت وجود آب با آهک ترکیب شده و سیلیکات و آلومینات کلسیم به وجود می‌آید که در برابر آب‌شستگی و وارفتن مقاوم هستند. از این رو برای اینکه ملات گل آهک خوب به عمل آید، باید مرطوب بماند. ملات گل آهک نیز مانند ملات گل از قدیم در نواحی روستایی و به ویژه در نقاط مرطوب به کار رفته است. این ملات در بعضی جاها، ملات حرامزاده یا گل حرامزاده نامیده می‌شده است. این ملات چون آبی است برای فرش کردن، آجرکاری و سنگ‌کاری مناسب می‌باشد.

◀ ۹-۳-۳ ملات ساروج

پیش از اختراع سیمان، ملات ساروج را برای اندود و آب‌بندی کردن آب‌انبارها و حوضها مصرف می‌کردند، ولی امروزه مصرف آن بسیار کم شده و ملات سیمان جای آن را گرفته است. ملاتهای ساروج مصرفی در ایران به دو گونه تقسیم می‌شوند: ساروج گرم و ساروج سرد.

۹-۳-۳-۱ ملات ساروج گرم

ساروجهای گرم در واقع نوعی ملات آهک آبی هستند که از پختن و آسیاب کردن سنگهای آهکی رس‌دار به دست می‌آیند و این نوع ملاتها در جنوب ایران در کناره شمالی خلیج فارس به کار می‌رفته و پس از گذشت سالها در ساختمانهای دریایی پابرجا مانده‌اند. مشهورترین ساروج از این نوع متعلق به بندر خمیر می‌باشد.

۹-۳-۳-۲ ملات ساروج سرد

ماده چسباننده این ملات از اختلاط آهک، خاکستر و آب حاصل می‌شود، برای قوام و چسبندگی به آن خاک رس می‌افزایند و ماسه بادی نیز در آن نقش پرکنندگی و استخوان‌بندی دارد، برای جلوگیری از ترک‌خوردگی به ساروج، لوئی (پنبه جگن) یا موی بز می‌زدند. خاکستر دارای مقدار زیادی سیلیس غیر بلوری است که به هنگام اختلاط با دوغاب آهک با آن ترکیب شده و سیلیکات کلسیم به وجود می‌آید، ولی این عمل به کندی پیش می‌رود و از این جهت ملات ساروج، کندگیر است.

ملات ساروج از اختلاط ۱۰ پیمانه گرد آهک شفته، ۷ پیمانه خاکستر الک شده، یک پیمانه خاک رس، یک پیمانه ماسه بادی، ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم لوئی (برای هر مترمکعب ملات)، آب به قدر کافی و ورز دادن آنها به دست می‌آید.^۱

۹-۳-۴ ملات گچ

ملات گچ خالص از پاشیدن گرد گچ در آب و به هم زدن آن به دست می‌آید. چنین ملاتی زودگیر است و تنها برای کارهایی که با سرعت انجام می‌گیرد، مناسب می‌باشد. برای اینکه بتوان با ملات گچ کار کرد، باید زمان گیرش آن به تأخیر افتد. افزودن خاک رس، خمیر آهک و افزودنی‌هایی دیگر مانند سریشم نجاری آن را کندگیر می‌کنند.

ملات گچ خالص برای قشر میانی سفیدکاری و اتصال قطعات گچی مناسب، است همچنین در بعضی موارد برای اندودهای زودگیر مانند اندود آستر سقفهای کاذب به کار می‌رود.

در قشر رویه سفیدکاری، ملات گچ خالص به کار می‌رود و برای اینکه فرصت کافی برای کار کردن با آن وجود داشته باشد، هنگام گرفتن آن را ورز می‌دهند تا بلورهای سوزنی شکل گچ مهلتی برای در هم رفتن پیدا نکنند و ملات یکپارچه گچ درست نشود. چنین ملاتی را ملات گچ کشته می‌نامند.

گچ کشته در تماس با اجسام، سفیدی پس می‌دهد و بسیار نرم است. وجود آهک نشکفته، آهک دو آتسه (سوخته)^۲ و منیزی سوخته در ملاتهای گچ، سبب ایجاد آلونک در اندودهای گچی می‌شود.

۱. نقل از کتاب مصالح ساختمان نوشته استاد احمد حامی فروردین ۱۳۶۹ چاپ پنجم

ملات گچی مرمری در اندودکاری نقاط مرطوب و مکانهایی که نیاز به شستشو دارند، به مصرف می‌رسد.

◀ ۹-۳-۵ ملات گچ و خاک

افزودن خاک رسی به گچ به مقادیر زیاد آن را کندگیر و ارزان می‌کند، معمولاً نسبت خاک رس به گچ از ۱ به ۲ تا ۱ به ۱ تغییر می‌کند که ملات اخیرالذکر به ملات گچ نیم و نیم معروف بوده و متداول‌تر است.

مصرف ملات گچ در طاق‌زنی و تیغه‌سازی و قشر آستر اندودکاریهای داخل ساختمان است. برای ساختن آن مخلوط گچ و خاک را به آهستگی در آب پاشیده به هم می‌زنند.

◀ ۹-۳-۶ ملات گچ و ماسه

از اختلاط گچ با ماسه ریزدانه ملات گچ و ماسه ساخته می‌شود که می‌توان از آن به جای ملات گچ و خاک برای زیرسازی اندودها در نقاطی که ماسه بادی یا ساحلی یا رودخانه‌ای ریزدانه فراوان است، استفاده کرد. انواع ماسه ریزدانه و دانه‌بندی آنها در استاندارد ۳۰۱ ایران آمده است، درشت‌ترین دانه در ماسه برای این نوع ملات، ۲ میلی‌متر ذکر گردیده است.

◀ ۹-۳-۷ ملات گچ و پرلیت

از پرلیت منبسط و گچ، ملات سبکی ساخته می‌شود که جاذب صوتی مناسب و عایق حرارتی خوبی است. اندود پرلیت و گچ از نفوذ آتش به اسکلت فولادی و بتن فولادی ساختمانها جلوگیری نموده و خطر گسترش آتش را کاهش می‌دهد.

◀ ۹-۳-۸ ملات گچ و آهک

ملات گچ برای مناطق خشک مناسب است و آن را نمی‌توان در نقاطی که رطوبت نسبی هوا از ۶۰٪ تجاوز می‌کند، مصرف کرد. برای این نواحی ملات گچ و آهک مناسب‌تر است. افزودن ۳ پیمانانه خمیر آهک به یک پیمانانه گچ یا دو قسمت وزنی گرد آهک شکفته به یک قسمت گچ، آن را کندگیر کرده و

برای قشر رویی مناسب می‌سازد. برای مناطق مرطوب، ملات گچ و آهک مذکور مناسب‌تر است، زیرا پس از مدتی که از مصرف آن گذشت، آهک با گرفتن گاز کربن از هوا به سنگ آهک تبدیل می‌شود که جسمی سخت و در برابر آب و بخار پایدار است.

۹-۳-۹ ملات ماسه سیمان

ماده چسباننده این ملات، سیمان پرتلند و ماده پرکننده آن، ماسه است. این ملات از نوع آبی و دارای مقاومت خوبی به ویژه در سنین اولیه است. ملات ماسه سیمان جمع می‌شود و در سطوح بزرگ و بندکشیها ترکهای ریز (مویی) و درشت برمی‌دارد. آب برف و باران بخصوص در موقع بوران^۱ به داخل اندود سیمانی و بندکشیها نفوذ کرده و حتی گاهی به داخل ساختمان سرایت می‌کنند. برای زودگیر کردن ملات سیمانی هیچگاه نباید به آن گچ افزوده شود، زیرا چنین ملات و اندودی پس از مدتی متلاشی می‌شود. وجود خاک رس در ماسه ملات سبب می‌شود که دور دانه‌های ماسه، دوغابی از خاک رس درست شود و سیمان نتواند به خوبی به آن بچسبد. وجود برخی مواد آلی در ملات، باعث دیرگیر شدن آن می‌شود. مواد سولفاتی موجود در ماسه، آب یا آجر مصرفی، باعث از هم گسیختگی ملات و کار آجری می‌شود. به این علت میزان مواد مضر نظیر خاک رس، مواد آلی و سولفاتها در ملات محدود شده است. در مواقعی که خطر حمله سولفاتها مطرح است، باید از سیمان ضد سولفات نوع ۲ یا ۵ یا سیمان پوزولانی استفاده شود. گاهی اوقات برای مقابله با حمله ضعیف سولفاتها و سرما، توصیه می‌شود عیار سیمان در ملات بیشتر اختیار شود، ولی باید در نظر داشت که هنگام نشست نامتعادل، کارهای پرسیمان ترکهای بزرگتری برمی‌دارند، در حالی که در ملاتهای ضعیف ترکها در تمام کار پخش شده و به صورت مویی ظاهر می‌شوند. برای شمشه‌گیری ملاتهای سیمان، هرگز نباید از گچ استفاده کرد، زیرا این دو ملات، به ویژه در صورت وجود رطوبت با یکدیگر ترکیب شده و متلاشی می‌شوند.

۱. باران یا برف توأم با باد، بوران نامیده می‌شود.

۹-۳-۱۰ ملاتهای ماسه سیمان آهک (باتارد)

ملاتهای ماسه سیمان با نسبتهای مختلفی از سیمان و آهک و ماسه ساخته می‌شوند که متداول‌ترین آنها ۶ : ۱ : ۱ (یک حجم سیمان و یک حجم آهک و ۶ حجم ماسه) و آب به مقدار کافی می‌باشد. حجم ماده پرکننده ملات، باید حدود $\frac{1}{4}$ تا ۳ برابر ماده چسباننده باشد و نمی‌تواند از این حدود تجاوز کند، در صورت کمتر شدن، جمع‌شدگی و به دنبال آن ترک‌خوردگی اتفاق می‌افتد و در صورت بیشتر شدن، کارایی^۱ ملات کم می‌شود. از سوی دیگر مقاومت ملاتهای سیمانی بیش از مقادیری است که در کار بنایی لازم است. لذا برای اینکه با مصرف سیمان کمتر، کارایی ملات کاهش نیابد، می‌توان مقداری آهک جانشین سیمان نمود.

آهک علاوه بر تأمین کارایی ملات سبب می‌شود که:

الف: نفوذپذیری آب در ملات و اندود کم شود.

ب: خمیری بودن^۲ ملات بیشتر شده و از ترک‌خوردگی آن جلوگیری شود.

پ: با خاک موجود در ماسه ملات ترکیب شده و از اثر بد آن در ملات جلوگیری کند.

ت: در مصرف سیمان صرفه‌جویی شود.

ث: قابلیت نگهداری آب ملات افزایش یافته و ملات کارپذیرتر شود.

ج: ظرفیت حمل ماسه در ملات افزایش یابد.

ملاتهای ماسه، سیمان، آهک در ایران به باتارد^۳ مشهور هستند که لفظی فرانسوی است. علاوه بر ملات باتارد ۶ : ۱ : ۱ (نسبتهای حجمی سیمان به آهک به ماسه) از ملاتهای ۹ : ۲ : ۱ و ۱۲ : ۳ : ۱ نیز می‌توان در کارهای کم اهمیت‌تر استفاده کرد، ولی در هر حال نسبت جمع مواد چسباننده به ماده پرکننده نباید از $\frac{1}{3}$ کمتر باشد. هرچه مقدار آهک در ملات باتارد زیادتر شود، قابلیت آب‌نگهداری و کارایی ملات افزایش می‌یابد، ولی در مقابل، مقاومت فشاری آن کاهش پیدا می‌کند. بسته به

1. Workability
2. Plasticity
3. Mortier Batard

اینکه کدام یک از این دو ویژگی ملات برای طراح حائز اهمیت بیشتری باشد، ملات مورد نظر انتخاب می‌شود. به این ترتیب ملاحظه می‌گردد که نباید تصور کنیم هرچه ملات قوی‌تر باشد، بهتر است.

۹-۳-۱۱ ملات سیمان بنایی

سیمان بنایی محصولی است که در کشورهای صنعتی به مقدار زیاد تولید شده و در کارهای بنایی که مقاومت زیاد مورد نظر نیست، مصرف می‌شود. سیمان بنایی از اختلاط سیمان پرتلند معمولی با جسم پرکننده بی‌اثری^۱ (از نظر شیمیایی) مانند گرد سنگ آهک و مواد افزودنی حبابساز، مرطوب کننده و دافع آب به دست می‌آید. حداقل درصد سیمان پرتلند در کشورهای مختلف متفاوت است، در کشور سوئد این نسبت (۴۰٪) و در ایالات متحده و کانادا (۵۰٪) و در بریتانیا (۷۵٪) می‌باشد. منظور اصلی از مصرف سیمان بنایی، دستیابی به خاصیت خمیری بهتر، کارایی و آب‌نگهداری بیشتر و کاهش جمع‌شدگی ملات است. اختلاط این نوع ملات در کارهای بزرگ، بهتر و ساده‌تر انجام می‌شود. بعضی سیمانهای بنایی آمیخته‌ای از سیمان پرتلند، آهک مرده و مواد مضاف هستند. در ملات سیمانی نیز می‌توان به جای آهک، سیمان بنایی افزود.

۹-۳-۱۲ ملاتهای سیمان - پوزولانی^۲ و آهک - پوزولانی

این قبیل ملاتها دارای سابقه دیرینه هستند، به طور کلی مواد پوزولانی به موادی گفته می‌شود که به تنهایی خاصیت چسبندگی ندارند، ولی با آهک و با وجود آب در درجه حرارت‌های عادی ترکیب شده و نوعی سیمان تولید می‌کنند. نام پوزولان از خاکستر آتشفشانی بسیار فعالی که از ناحیه‌ای واقع در ایتالیا به نام پوزولی^۳ استخراج می‌گردید، گرفته شده است. به جای سیمان پرتلند می‌توان از سیمانهایی که از آسیاب کردن مواد پوزولانی و اختلاط با سیمان پرتلند یا آهک شکفته ساخته می‌شوند، استفاده کرد. این ملاتها در برابر حمله مواد شیمیایی بخصوص سولفاتها پایدار هستند. مواد پوزولانی یا طبیعی هستند مانند

1. Inert

2. Pozzolanas

3. Pozzuoli

پوک‌ه سنگ‌ها و کف سنگ‌های آتشفشانی و خاک دیاتومه، یا مصنوعی مانند سرباره کوره آهن‌گدازی و گرد آجر، نمونه‌ای از این ملات‌ها از مخلوط کردن گرد آجر و آهک در کشورهای شرقی، ساخته و مصرف می‌شده است که در ایران به نام سرخی و در هندوستان به اسم سورکی^۱ و در مصر به نام حمرا^۲ نامگذاری شده است. بعضی مواد پوزولانی در درجه حرارت‌های عادی فعال نیستند، ولی در اثر گرم کردن تا دمایی معین، فعال و برای ترکیب با آهک و سیمان آماده می‌شوند.

ملات‌های سیمان - پوزولانی و آهک - پوزولانی، دیرگیر بوده و دارای مقاومت چندان زیادی نیستند ولی برای مصرف در نقاطی که احتمال حمله سولفات‌ها موجود باشد، مناسبند.

◀ ۹-۳-۱۳ ملات ماسه آهک

ماده پرکننده این ملات، ماسه و ماده چسباننده آن، آهک است. ملات ماسه آهک ملاتی است هوایی و برای گرفتن و سفت شدن به دی اکسید کربن موجود در هوا نیاز دارد. این ملات برای مصرف لای جرز مناسب نیست، زیرا دی اکسید کربن لازم نمی‌تواند به داخل آن نفوذ کند و فقط سطح رویی آن کربناتی می‌شود، از این رو ملات برای اندود سطوح مناسب است. این ملات برای گرفتن و سخت شدن باید مرطوب بماند، زیرا در غیاب آب عمل کربناتی شدن انجام نمی‌شود، از این رو ملات‌های آهکی را باید در مکان‌های مرطوب به کار برد و تا پایان مدت عمل آمدن نمناک نگاه داشت. چنانچه ملات ماسه آهک قدری خاک داشته باشد (اصطلاحاً ماسه کفی)، بهتر است، زیرا از ترکیب خاک ماسه با آهک، همان طور که در ملات گل آهک گفته شد، ترکیب‌هایی ایجاد می‌شود که گاز کربن هوا در آنها دخالتی نداشته و به گرفتن ملات به صورت آبی کمک می‌کند. وجود آهک نشکفته، آهک دو آتشفه (سوخته) و منیزی سوخته در ملات، سبب شکفتن بعدی آنها و ایجاد آلوتک در ملات‌های آهکی و باتارد می‌شود. مشخصات و دانه‌بندی ماسه برای ملات سیمانی در استاندارد ۲۹۹ ایران درج شده است.

1. Surkhi
2. Hommra

◀ ۹-۳-۱۴ ملاتهای قیری

ملات قیر از ۵۰۰۰ سال قبل، در ساختمانهایی نظیر برج بابل به کار رفته است. امروزه ملات ماسه آسفالت را برای قشر رویه پیاده‌روسازیها، پوشش محافظ قشر نم‌بندی بامها، پر کردن درز قطعات بتنی کف پارکینگها و پیاده‌روها و مانند اینها مصرف می‌کنند.

◀◀ ۹-۴-۲ کاربرد و اجرا

◀ ۹-۴-۱ ساختن و مصرف ملاتها

ساختن ملاتها، با وسایل دستی مانند بیل، کمچه و ماله و حتی دست در روی زمین یا داخل ظروف ملات سازی آهنی (اسلامبولی) یا پلاستیکی و روی تخته ملات به مقادیر کم صورت می‌گیرد، همچنین ممکن است در ساختن ملات از وسایل مکانیکی استفاده کرد. زمان اختلاط ملات، حداقل ۳ دقیقه و حداکثر ۱۰ دقیقه خواهد بود. بهترین روش اندازه‌گیری مواد، توزین آنها است، ولی این کار در کارگاه عملاً با اشکالاتی مواجه می‌شود، استفاده از بیل و کمچه برای پیمانه کردن صحیح نیست و باید حتماً از پیمانه‌ای با حجم معین استفاده گردد. در پیمانه کردن ماسه، باید به مسئله تغییر حجم ناشی از رطوبت توجه شود.

باید مراقبت کرد که بناها و کارگران برای لوزدار کردن ملاتهای سیمانی، از افزودن خاک به ملات خودداری کنند. پخش ملات بنایی اکثراً با ماله صورت می‌گیرد. همچنین از ماله برای صاف کردن اندوهای داخلی و نماسازیها استفاده می‌شود که ممکن است این ماله‌ها به صورت آهن یا تخته ماله باشند. انواع وسایل (مانند کمچه، جارو و برس) برای پاشیدن برخی ملاتها در اندود نما وجود دارد. همچنین برای نقش دادن به نما در حالت تر، از وسایلی مانند ابر (اسفنج) استفاده می‌شود، گاهی اوقات برای نقشدار کردن ملاتهای سخت شده از انواع وسایل خراشنده و ساینده دستی و ماشینی بهره‌گیری می‌شود. بندکشی با کاردک و کمچه مخصوص، انجام و مصالح اضافی آن پاک می‌گردد.

۹-۴-۲ انتخاب ملات برای کار در هوای سرد

در هوای سرد می‌توان از ملات‌های ماسه سیمان و باتارد استفاده کرد. ملات ماسه سیمان با نسبت ۳:۱ و باتارد با نسبت ۶:۱:۱ مناسب است. برای جلوگیری از یخ زدن بهتر است از کلرور کلسیم یا مواد حاوی آن استفاده نشود، زیرا وجود کلرور کلسیم باعث زنگزدگی قطعات فلزی کار گذارده شده و شوره‌زدگی آجرکاری می‌شود. یکی از بهترین راه‌های مواجهه با یخزدگی، افزودن مواد حبابساز هوا به ملات است که در این صورت می‌توان بدون واهمه از کاهش کارآیی از مقدار سیمان ملات کاست، در این حالت نسبت سیمان به ماسه ۵:۱ تا ۶:۱ خواهد بود. وجود حباب‌های هوا در ملات، صدمات ناشی از افزایش حجم آب ملات در موقع یخ زدن را به حداقل ممکن کاهش می‌دهد. در هوای سرد گرفتن ملات کند می‌شود، در دمای ۰ تا ۵ درجه سلسیوس، مدت گرفتن ۲ برابر و از ۵ تا ۱۰ درجه، ۱/۵ برابر می‌شود.

۹-۴-۳ انتخاب ملات برای کار در هوای گرم

آب ملات به محض تماس با مصالح بنایی جذب و کشیده می‌شود، روند جذب آب بسته به نوع مصالح بنایی متغیر است. از دست رفتن مقدار زیادی آب به ویژه در طول تابستان گرم و خشک، ممکن است قابلیت کاربرد ملات را کاهش دهد، به حدی که ملات قادر به تأمین الصاق کامل با ردیف بعدی مصالح نباشد. در طرح اختلاط ملات، باید کارآیی و آبنگهداری ملات متناسب با جذب آب مصالح بنایی و اوضاع جوی مورد توجه قرار گیرد. در بعضی موارد ممکن است استفاده از مواد افزودنی نگهدارنده آب و کندگیر کننده و ضد تبخیر توصیه شود که در این صورت مصرف این مواد باید با احتیاط صورت گیرد.

۱۲

اندودکاری

۱۲-۱ کلیات

حالت خمیری ملات تأثیر زیادی در سهولت کاربرد و راحتی اجرای اندودکاری دارد. حالت خمیری ملات باید به اندازه‌ای باشد که در کمچه و ماله گیر کرده و با کمچه و ماله به راحتی پخش شود، لذا مقدار ماده چسباننده همچون سیمان، آهک و گچ باید حدوداً (۱۵٪) بیشتر از فضای خالی بین ذرات ماسه باشد. فضای خالی بین ذرات ماسه حدوداً (۳۰٪) تا (۴۰٪) حجم ماسه را تشکیل می‌دهد. از طرفی برای صرفه‌جویی در میزان ماده چسباننده، ماسه باید دارای منحنی دانه‌بندی مناسب باشد تا حداقل فضای خالی بین سنگدانه‌ها حاصل آید.

با توجه به طبقه‌بندی شن و ماسه که در بند ۱۲-۱-۱ ذکر گردیده، برای مخلوط حاصل از ۴ حجم ماسه درشت و ۲ حجم ماسه متوسط و ۱ حجم ماسه ریز حداقل فضای خالی تأمین خواهد شد. در ملات معمولی حجم ماده چسباننده برابر فضای خالی بین ذرات ماسه می‌باشد. در ملات پرمایه حجم ماده چسباننده بیشتر از فضای خالی بین ذرات ماسه‌ای و در ملات کم‌مایه از این حد کمتر است. ملات پرمایه هنگام سفت شدن انقباض یافته و در قشرهای ضخیم ترک می‌خورد. ملات معمولی دارای انقباض ناچیزی بوده و به ندرت در قشرهای ضخیم ترک می‌خورد. ملات کم‌مایه عملاً منقبض نمی‌شود یا انقباض آن ناچیز است، از این رو ضخامت قشرها و تعداد آنها باید مطابق حدودی باشد که تعیین شده است.

۱۲-۱-۱ مصالح

۱۲-۱-۱-۱ شن و ماسه

ماسه‌ها به سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند: ماسه ریز به قطر ۰/۱۵ تا ۱/۲ میلیمتر و ماسه متوسط به قطر ۰/۶ تا ۲/۵ میلیمتر و ماسه درشت به قطر ۱/۲ تا ۵ میلیمتر. قطر ماسه برای استفاده در قشر رویه، نباید از ۱/۲ میلیمتر و برای مصرف در قشرهای آستر و میانی، نباید از ۲/۵ میلیمتر بیشتر باشد. ماسه درشت برای قشرهای ضخیم که دارای شبکه فلزی و تور سیمی هستند، به کار می‌رود. در مواردی که اندود با کیفیت ممتاز موردنیاز باشد، برای ایجاد چسبندگی بیشتر بین ماسه و سیمان و جلوگیری از لغزش ماسه بین ماله و قشر زیرین و پیشگیری از خراشهای لانه کرمی بهتر است از ماسه شکسته بخصوص در

قشر رویه استفاده شود. میزان خاک و مواد مضر، نباید از حدود تعیین شده تجاوز کند. ماسه باید با دست یا ماسه‌شور شسته شود. شنهای مورد مصرف در نماسازیهای تزئینی به دو دسته تقسیم می‌شوند. شن ریز به قطر ۵ تا ۱۰ میلیمتر و شن درشت به قطر ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر. برای سنجش میزان خاک ماسه به آزمایش مقرر در فصل مصالح مراجعه شود.

۱۲-۱-۱-۲ آب

آب باید خالص، شفاف، عاری از مواد نفتی، اسید، روغن، نمکهای محلول، مواد آلی و فضولات باشد. از به کار بردن آب دریا یا آب رودخانه گل‌آلود، باید خودداری شود. آب چاه باید به نحوی بالا کشیده شود که عاری از ذرات کوچک گل و لای باشد. آب قابل شرب برای اندودکاری مناسب است، به هر حال ویژگیهای آب باید با مندرجات فصل مصالح مطابقت داشته باشد.

۱۲-۱-۱-۳ پودر رنگ

پودر رنگ باید در مقابل قلیا مقاوم بوده و در برابر نور تغییر رنگ ندهد. آزمایش باید بر اساس استاندارد BS 1014 صورت گیرد. برای آزمایش مقدماتی در کارگاه می‌توان ۲ تا ۳ گرم پودر رنگ را به هریک از دو لیوان، یکی محتوی دوغاب آهک و دیگری محتوی دوغاب گل سفید (سنگ آهک) اضافه نمود و هم زد. پس از ۳ تا ۴ روز که عمل ته‌نشینی صورت می‌پذیرد، رنگ آنها در مقایسه با هم نباید متفاوت باشد. تفاوت رنگ نشان می‌دهد که پودر رنگ در مقابل آهک و قلیا تأثیرپذیر است. پودر رنگ در آب حل نمی‌شود، بلکه به صورت ذرات معلق در می‌آید (سوسپانسیون). از آنجا که مصرف پودر رنگ به میزانی بیش از ۱۰ درصد وزنی مواد چسباننده موجب کاهش مقاومت ملات خواهد شد، قابلیت پودر رنگ باید چنان باشد که با درصدهای کمتر از آنچه ذکر شد، رنگ مطلوب حاصل آید. برای انجام آزمایش کارگاهی باید ۱۰ گرم گل سفید را با ۱۰ گرم پودر رنگ و آب، مخلوط و دوغاب گرم‌گونه‌ای ساخت و با آن روی کاغذ رنگ‌آمیزی نمود. با افزودن ۱۰ گرم دیگر گل سفید به دوغاب قبلی ملاحظه می‌شود که نمونه رنگ بر روی کاغذ کم رنگ‌تر از حالت اول می‌شود. با تکرار این عمل پودر با کیفیت مناسب در نوبت سی و یکم و بیشتر کاملاً بی‌رنگ می‌شود، در حالی که پودرهای نامناسب در نوبت پانزدهم بیرنگ می‌شوند.

اهم پودرهای رنگ معمول و متداول برای مصرف در ملاترها و اندودهای رنگی سیمانی و آهنکی عبارتند از:

- الف- پودرهای سیاه: دوده، گرافیت، زغال استخوان، دی اکسید منیزیم^۱
- ب- پودرهای قرمز: گل اخری، خاک از ترکیبات سرب و کرم، مومیا^۲
- پ- پودرهای زرد: گل زرد، خاک از ترکیبات اکسیدهای آهن و منگنز^۳
- ت- پودرهای آبی: لاجورد و خاک از ترکیبات کبالت و آلومینا^۴
- ث- پودرهای قهوه‌ای: خاک از اکسیدهای آهن و منگنز^۵
- ج- پودرهای سبز: خاک اکسید کرم^۶
- چ- پودرهای سفید: گل سفید، سیمان سفید، مرمر سفید^۷

۱۲-۱-۱-۴ شبکه فلزی، تور سیمی و میلگرد آویز

برای اجرای سقفهای کاذب، کتیبه‌ها و مانند آنها باید شبکه فلزی با چشمه کمتر از ۲۰ سانتیمتر ساخته و بر روی آن تور سیمی گالوانیزه یا رابیتس نصب شود. تور سیمی گالوانیزه و قطر آن ۰/۷ تا ۱/۴ میلیمتر باشد. ابعاد چشمه‌های آن برای پوشش زیر بال تیرآهن و تیرهای حامل کمتر از ۵ سانتیمتر و برای پوشش سطوحی که از مصالح مختلف مانند مصالح بنایی و ستونهای فلزی ساخته شده‌اند، کمتر از ۳ سانتیمتر و برای زیرسازی اندودهای ضخیم، کمتر از ۴ سانتیمتر باشد. شبکه بر حسب مورد باید به وسیله دوغاب سیمان، رنگ روغنی، لعاب تینر و سلولز یا ترکیبات قیری پوشیده شود. قطر میلگردهای آویز سقف کاذب در صورتی که به فاصله ۵۰ سانتیمتر در هر جهت نصب شود، ۱۰ میلیمتر خواهد بود، در

-
1. Black Pigments: Carbon black, graphile, boneblack, and magnesium dioxia
 2. Red Pigments: Iron minium (redocher), mummy, and chrome red
 3. Yellow Pigments: Ocher and sienna
 4. Blue Pigments: Ultramarine blue and cobalt blue
 5. Brown Pigments: Raw and burnt umber
 6. Green Pigments: Chrome green (chromiumoxide)
 7. White Pigments: Calcium carbonate (chalk). white cement, and white marble dust

صورتی که برای عبور کانال فاصله آویزها در یک جهت اضافه گردد، باید قطر میلگرد شبکه افزایش یابد و یا از نبشی استفاده شود.

۱۲-۱-۱-۵ سایر مصالح

مشخصات سیمان، آهک، گچ و خاک رس، باید مطابق با استاندارد و مندرجات فصل مصالح ساختمانی باشد.

۱۲-۱-۲ آماده کردن کار

قبل از آماده کردن کار، سطوح قطعات ساختمانی از نظر ترازهای قائم و افقی، باید کنترل شوند. دیوار بنایی نباید بیش از ۱۰ میلیمتر از حالت شاقولی در یک طبقه خارج باشد و میزان انحراف در ارتفاع کل ساختمان، نباید از ۳۰ میلیمتر بیشتر شود. برآمدگی و فرورفتگی در بدنه دیوار بنایی، باید از ۱۰ میلیمتر کمتر باشد. انحراف از وضعیت تراز افقی، نباید از ۲۰ میلیمتر در ۱۰ متر طول بیشتر باشد. برای تیغه‌ها میزان رواداری، ۳ میلیمتر در متر ارتفاع و ۱۰ میلیمتر در کل طول قطعه می‌باشد. بندها باید تا عمق ۱۵ میلیمتر خالی و سطح دیوار با بررسی سیمی تمیز شود. بلوکهای مسطح باید دارای شیار باشد و گرنه باید سطح آنها تیشه‌داری شود و با دریل در سطح آن سوراخهایی تا قطر یک سانتیمتر و عمق ۲ سانتیمتر به فاصله ۷ سانتیمتر ایجاد گردد. زدودن زیرسازی از رنگ و روغن و زبر کردن زیرسازی برای ایجاد چسبندگی بیشتر و آبیاشی بدنه کار، قبل از اجرای اندود لازم است.

۱۲-۱-۳ حفظ مصالح و محوطه کار هنگام اندود

برای حفظ خواص مصالح چسباننده باید آنها را در محلی نگهداری نمود که رطوبت موجب خرابی آنها نشود. آهک زنده در اسرع وقت باید به کار برده شود، زیرا در طول زمان جذب رطوبت کرده و فاسد می‌شود. محل نگهداری آهک باید خشک باشد. آب و مصالح سنگی باید از آلودگی با خاک و مواد مضر حفظ شوند.

مواد افزودنی باید از تغییر درجه حرارت و یخزدگی که باعث تغییر خواص آنها می‌گردد، محفوظ باشند. شبکه فلزی زیرسازی باید در نقاط خشک و بدون رطوبت نگهداری شود تا زنگ نزنند. پوسته

خارجی قطعات گالوانیزه نباید زخمی شوند. سیمان پرتلند و گچ، نباید با یکدیگر مخلوط شوند. سطوح نمای مجاور، کفسازیهای تمام شده، تابلوهای نقاشی، پنجره‌های آلومینیومی و تمام قسمت‌ها و لوازمی که در اثر آلوده شدن به سیمان ممکن است، آسیب ببینند، باید قبل از اندودکاری پوشیده شود.

◀ ۱۲-۲ اندودکاری سطوح داخلی

◀ ۱۲-۲-۱ رواداری

رواداری همواری سطوح برای اندود با کیفیت عالی تا ۲ میلیمتر، برای اندود با کیفیت خوب ۲ تا ۳ میلیمتر و برای اندود با کیفیتی قابل قبول ۳ تا ۵ میلیمتر در طول شمشه ۳ متری در جهات مختلف خواهد بود. انحراف از امتداد قائم برای اندود با کیفیت عالی ۱ میلیمتر در یک متر ارتفاع و کمتر از ۵ میلیمتر در کل ارتفاع قطعه می‌باشد. برای اندود با کیفیت خوب این ارقام به ۲ میلیمتر در هر متر ارتفاع و کمتر از ۱۰ میلیمتر در کل ارتفاع قطعه می‌رسد. برای اندود با کیفیتی قابل قبول میزان انحراف از امتداد قائم در ارتفاع قطعه باید از ۱۵ میلیمتر کمتر باشد. انحراف از تراز افقی برای اندود با کیفیت عالی باید ۱ میلیمتر در یک متر و کمتر از ۷ میلیمتر در طول قطعه باشد. این ارقام برای اندود با کیفیت خوب ۲ میلیمتر در متر و کمتر از ۱۰ میلیمتر در کل طول قطعه است. برای اندود با کیفیتی قابل قبول باید میزان انحراف از تراز افقی از ۱۵ میلیمتر در طول قطعه کمتر باشد. کنترل رواداریها باید بر روی قشر میانی صورت گیرد. در مورد رواداری بستر اندودکاری به قسمت آماده‌سازی کار مراجعه شود.

◀ ۱۲-۲-۲ حداقل دوره مراقبت

دوره مراقبت و فاصله زمانی بین اجرای قشرها بستگی به نوع ملات دارد. حداقل دوره مراقبت و نگهداری رطوبت برای هر قشر، ۲ روز است. فاصله زمانی اجرا بین قشر آستر و میانی، نباید از ۲ روز کمتر باشد. فاصله زمانی اجرا بین قشر میانی و رویه، باید از ۷ روز بیشتر باشد.

۱۲-۲-۳ ضخامت و تعداد قشرهای اندودکاری

ضخامت کاهگل برای پشت بام حدود ۵ سانتیمتر و برای داخل شیروانی ۳ سانتیمتر است. کاهگل به عنوان قشر زیرین اندود گچ نباید به کار رود، زیرا آب مکیده، باد کرده، پس از خشک شدن قشر رویه به حالت اولیه برنمی‌گردد و طبله می‌کند. ضخامت اندود گچکاری، حداقل ۲/۵ سانتیمتر است و نباید از ۳ قشر کمتر باشد. ضخامت قشر گچ و خاک ۱/۵ سانتیمتر و اندود گچ ۱ سانتیمتر و گچ کشته پرداختی ۲ میلیمتر است. زمان شروع و ختم گیرش به ترتیب برای گچ زودگیر ۲ و ۱۵، برای گچ معمولی ۶ و ۳۰ و شروع گرفتن برای گچ کندگیر نباید از ۲۰ دقیقه بیشتر باشد، لذا در صورت استفاده از آهک شکفته برای کندگیر کردن تا ۱۰ درصد وزن گچ، زمان شروع گرفتن به ۱۲ دقیقه افزایش می‌یابد، برای این کار دوغاب آهک باید از الک با چشمه کمتر از ۱ میلیمتر گذشته باشد. ضخامت اندودهای ماسه آهک، باتارد و ماسه سیمان حداقل ۲/۵ سانتیمتر است و نباید در کمتر از ۳ قشر اجرا شود. ضخامت قشر آستر از ۱/۵ سانتیمتر، قشر میانی از ۱ سانتیمتر و قشر رویه نباید از ۳ میلیمتر کمتر باشد. این ارقام بیانگر حداقل ضخامت در مورد سطوح ناهموار در چهارچوب رواداریها هستند، به عبارت دیگر برای سطوح کاملاً هموار ارقام مذکور بیانگر حداکثر ضخامتها می‌باشند.

۱۲-۲-۴ ملاتهای مورد مصرف

ملاتهای مناسب برای اندودکاری شامل ملات کاهگل، گچ و خاک، گچ، ماسه آهک، باتارد و ماسه سیمان است. برای جزئیات تهیه ملاتها به فصل مربوطه مراجعه شود.

۱۲-۲-۵ اجرا

سطح نما باید فاقد موج، ناهمواری، ترک، لک و جداشدگی باشد. در مورد رویه‌های صیقلی که نور را منعکس کرده و ناهمواری را با شدت بیشتری آشکار می‌سازند، اجرا باید با دقت بیشتری توأم باشد. اندودهای ضخیم نباید در یک دست اجرا شوند، در غیر این صورت در اندود ترک ایجاد خواهد شد. همچنین برای جلوگیری از ایجاد ترک لازم است قبل از اجرای قشر رویه از سفت شدن قشر آستر اطمینان حاصل شود. برای داشتن اندود خوب باید:

- الف: اندود ضخیم در یک دست اجرا نشود.
- ب: قشر اندود بخصوص قشر رویه بر روی آستری که کاملاً سفت نشده اجرا نگردد، زمان لازم برای خشک شدن و افت لایه‌ها در بخش اندودکاری سطوح داخلی ذکر شده است.
- پ: نسبت بین مواد چسباننده و سنگدانه‌ها به طور صحیح انتخاب شود و ماسه فاقد مواد چسباننده یا برعکس مواد چسباننده فاقد ماسه نباشد.
- ت: از خشک کردن اندود در فضای آزاد (در برابر وزش باد یا تابش خورشید) یا حرارت مصنوعی خودداری شود. برای سطوح داخلی باید پنجره‌ها بسته باشند و برای سطوح خارجی باید از آبیاری مداوم یا پوشش برای حفظ رطوبت استفاده شود.
- ث: از مصرف دوباره ملات خودداری شود و در هر صورت کاربرد ضایعات ملات در ملات تازه از ۱۰ درصد تجاوز نکند.
- ج: برای جلوگیری از ترک‌هایی که در اثر جذب آب قشر زیرین در سطح اندود ظاهر می‌شود، باید زیرسازی یا قشر زیرین قبل از شروع قشر بعدی آبیاری شود.
- چ: برای جلوگیری از ترک‌هایی که در اثر نامتجانس بودن زیرسازی (مانند ترک‌های ایجاد شده در فصل مشترک دیوار آجری و ستون فلزی) در سطح اندود ظاهر می‌شوند، باید از تور سیمی استفاده شود.
- ح: از اجرای اندود روی زیرسازی خیلی خشک و یا اجرای قشرهای رویه و میانی بر روی قشر آستری که خیلی خشک باشد، خودداری شود، زیرا این امر باعث جداشدگی لایه‌های مختلف خواهد شد.
- خ: قشر زیرین باید به وسیله خراش دادن به اندازه کافی زبر شود تا جداشدگی ناشی از عدم چسبندگی به وجود نیاید.
- د: از اجرای قشر با مقاومت زیاد بر روی قشر با مقاومت کم خودداری شود. عکس این موضوع نیز اشکالاتی را ایجاد خواهد کرد. برای مثال از مجاورت اندود سیمانی و آهنی، باید پرهیز شود. اجرای اندود با آستر سیمانی و قشرهای میانی از باتارد و رویه با ماسه آهنی، بهترین حالت و کمترین احتمال جداشدگی را دارا است.
- ذ: برای جلوگیری از بروز لکه‌های نم و عرق، باید از اجرای اندود روی آستر نمدار خودداری شود، قشر آستر باید کاملاً خشک شود.

- ر: آپاشی باید بلافاصله بعد از گرفتن ملات، شروع و اندود سیمانی یک هفته به حالت مرطوب نگهداری شود.
- ز: قسمت طبله کرده و جدا شده که به وسیله ضربات چکش چوبی با تولید صدای توخالی مشخص می‌شود، باید برداشته شود.
- ژ: از کاربرد و مصرف ماسه حاوی املاح دریایی که باعث زنگ در شبکه فولادی و ایجاد لک در نما می‌شوند، خودداری شود.

◀ ۱۲-۳ اندوهای خارجی

اندود خارجی باید بتواند ساختمان را در مقابل عوامل جوی محافظت نموده و عمر مفید آن را افزایش دهد و در مقابل آب، گاز و اشعه X مقاوم باشد، ساختمان را در برابر صدا و حرارت به طور نسبی عایق نماید، در برابر آتش مقاوم بوده و نمایی جذاب را ارائه دهد.

◀ ۱۲-۳-۱ اندوهای سیمانی

تناسب بین مواد چسباننده و سنگدانه‌ها و نیز دانه‌بندی شن و ماسه برای دستیابی به حالت بهینه از نظر کیفیت و سهولت کاربرد در بخش کلیات درج گردیده است. طبقه‌بندی مصالح، آزمایش ماسه و پودر رنگ در کارگاه، رواداریهای زیرسازی و قشرهای اندودکاری، حداقل دوره مراقبت و فاصله زمانی بین اجرای قشرهای اندودکاری مانند آنچه که در بخش اندودکاری داخلی ذکر گردید، خواهد بود. انقباض قشر میانی باعث بروز ترک در قشر رویه می‌گردد، لذا فاصله زمانی بین اجرای قشرهای میانی و رویه، باید کافی و از ۷ روز کمتر نباشد. باید توجه داشت که ماله‌کشی زیاد باعث جمع شدن قسمت نرم ملات روی سطح کار شده و انقباض بیشتر لایه را سبب می‌گردد. برای پرداخت لیسه‌ای به طریق خشک برای سطوح افقی، باید از الک به چشمه ۰/۵ تا ۰/۷ میلیمتر استفاده شود.

قشر روی اندود تازه باید به ضخامت ۱/۵ تا ۲ میلیمتر باشد و با ماله‌کشی سریع صاف شود تا سیمان آب اندود را جذب نکند. برای پرداخت لیسه‌ای اندوهای قائم، باید از یک لایه دوغاب سیمان به ضخامت ۲-۳ میلیمتر استفاده نمود. سیمان باید در آب الک شده باشد و بر روی قشری که فقط اندکی

خشک شده، اجرا و ماله‌کشی نمود. از روش اخیر برای اندودکاریهای سطوح افقی نیز می‌توان استفاده کرد.

۱۲-۱-۳-۱ اندود سیمانی تخته ماله‌ای

این اندود حداقل از دو قشر تشکیل می‌شود. نخست باید زیرسازی طبق آنچه در بخش آماده کردن برای اندودهای داخلی ذکر گردید، مطابق رواداریهای تعیین شده آماده گردد. سپس قشر آستر به ضخامت ۱/۵ سانتیمتر با ملات یک حجم سیمان و ۳ حجم ماسه (۳:۱) اجرا شود. در مورد مدت زمان آبیاشی، مرطوب نگه داشتن و فاصله زمانی تا اجرای قشر بعدی قبلاً مطالب لازم بیان گردید. طبقه‌بندی ماسه و تناسب کمی بین سنگدانه‌ها و ماده چسباننده، مطابق مندرجات کلیات این فصل و فصل مصالح خواهد بود. شمش‌گیری حتماً باید در این قشر صورت گیرد. پس از اجرا سطح این قشر باید خراشیده شود. حداقل ضخامت قشر رویه یا تخته ماله، ۱۰ میلیمتر و شامل یک حجم سیمان دو حجم ماسه شکسته و ۰/۱ حجم خاک سنگ است. مدت زمان آبیاشی و مرطوب نگه داشتن و تناسب کمی بین مواد چسباننده و سنگدانه‌ها در قسمتهای قبلی این فصل و فصل مصالح درج شده است. بندکشی در اندودهای تخته ماله‌ای و تگرگی، باید در قشر تخته ماله‌ای صورت گیرد. عمق بندکشی معادل ضخامت این قشر خواهد بود.

۱۲-۱-۳-۲ اندود سیمان چکشی

این اندود مانند اندود سیمانی تخته ماله است با این تفاوت که سطح نما تیشه‌داری می‌شود. برای آنکه ضربات چکش باعث جداشدگی اندود نگردد، باید از چکشهای مخصوص دندان‌شانه‌ای استفاده کرد. باید توجه داشت که به ضخامت قشر رویه اندودهای چکشی، معادل عمق شیارها افزوده گردد.

۱۲-۱-۳-۳ اندود سیمانی آسباب

این اندود مانند اندود سیمانی تخته ماله است با این تفاوت که سطح نما با محلول اسید رقیق (محلول اسید کلریدریک با غلظت کمتر از ۱۰ درصد) شسته می‌شود. قشر سطحی مواد چسباننده با اسید ترکیب شده، با آب شسته می‌شود و از سطح نما خارج می‌گردد و به این ترتیب سنگدانه‌ها نمایان

می‌شوند. در این حالت باید به ضخامت تمام شده قشر رویه به اندازه ضخامت نمایان خرده سنگها افزوده شود. برای جلوگیری از نفوذ اسید در خمیر ملات و تولید سفیدک، باید ابتدا سطح کار را مرطوب و بلافاصله پس از اسید پاشی آن را کاملاً شست، اسید باید رقیق باشد، زیرا سنگدانه‌های آهکی در اسید کلریدریک حل می‌شوند. هنگام شستشوی سطح، باید پاشیدن آب تحت فشار چند ساعت پس از اجرای اندود شروع شود. عمل آسباب بدون استفاده از اسید می‌تواند انجام شود که در این صورت ۱۶ تا ۱۸ ساعت پس از اجرای اندود، ابتدا باید با برس سیمی ماده چسباننده را تراشید و با برس نرم و یا فشار آب، خرده ریز را از سطح اندود زدود. سنگدانه‌های مورد مصرف در این قشر دارای تنوع گسترده‌ای از نظر رنگ و شکل می‌باشند.

۱۲-۳-۱-۴ اندود سیمانی تگرگی

این اندود مانند اندود سیمانی تخته مالهای به اضافه قشر رویه است. ضخامت قشر رویه، ۲ میلی‌متر بوده و ترکیبی از یک حجم سیمان و ۲ حجم ماسه شکسته و ۱/۰ حجم خاک سنگ است. سیمان ممکن است رنگی باشد. میزان مصرف پودر سنگ در بخش مصالح ذکر شده است.

۱۲-۳-۲ اندودهای گچی

اندودهای گچی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- یک - اندود با ملات گچ مرمری برای نمای خارجی ساختمان
- دو - صفحات پیش‌ساخته گچی برای پوشش سطوح داخلی و خارجی

۱۲-۳-۱-۱ اندودهای گچی برای نمای خارجی ساختمان

بدین منظور سنگ گچ را پخته و آسیا می‌کنند تا به صورت گرد درآید. آن را با محلول زاج به صورت خمیر درآورده (زاج سفید از سولفات آلومینیوم و پتاسیم) تا گچ مرمری به دست آید. رنگ آن سفید، تاب ملاتش بیشتر از گچ و کندگیر است و برای اندود گرمابه و جاهای نمناک و نماهای خارجی ساختمانها به کار می‌رود.

۱۲-۳-۲ صفحات پیش ساخته گچی

عرض صفحات گچی ۰/۶ تا ۱/۲ متر و طول آنها ۲/۴ تا ۳ متر و ضخامت آنها ۱/۲ سانتیمتر است. برای تأمین قفل و بست، لبه‌های این صفحات دارای کام و زبانه است و برای نصب آنها از چسبهای مخصوص (بطانه ساخته شده از گچ و محلول چسب که معمولاً از جوشاندن چسب خشک در آب حاصل می‌شود و به بطانه حالت خمیری و چسبندگی می‌دهد) و میخ بر حسب نوع زیرسازی استفاده می‌شود. برای نصب آنها در سقف از میخ گالوانیزه به طول ۵ سانتیمتر و به فاصله ۲۰ سانتیمتر استفاده می‌شود. این صفحات در پوشش کاغذی قرار دارند. خاصیت کاغذ، بالا بردن مقاومت صفحات و ارائه زیرسازی مطلوب برای کاغذ دیواری، رنگ و غیره می‌باشد. درزبندی با کاغذ یا پارچه چسب‌آلود یا دوغاب گچ صورت می‌گیرد، برای کاربرد این صفحات در نمای خارجی، پوشش کاغذی باید از خمیر اشباع شده باشد و روی این صفحات اجرای انواع نماسازی شامل دیوارپوشهای فلزی و غیر فلزی و اندودهای تزئینی امکانپذیر است.

دیوار گچی پیش‌ساخته یا پانلهای گچی پیش‌ساخته با ریختن ملات گچ در قالب ساخته می‌شود. این قطعات در دو طرف دارای لایه‌های پوششی به ضخامت ۱/۵ سانتیمتر می‌باشند. لایه‌ها به وسیله الیاف چسبناک تقویت شده‌اند و لایه مرکزی دارای حفره‌های لانه‌زنبوری می‌باشد. عرض قطعات ۰/۶ متر، طول آنها ۳ متر و ضخامت آنها ۵ تا ۱۵ سانتیمتر است. لبه‌های این قطعات دارای کام و زبانه می‌باشند. چنانچه این قطعات در نمای خارجی ساختمان به کار روند، باید سطح خارجی آنها با رویه تزئینی، دیوارپوش و یا روکش قبری پوشش شوند. انواع دیگر صفحات گچی به ابعاد $۰/۶۶ \times ۰/۵$ متر و ضخامت ۸ سانتیمتر تولید می‌شوند، وزن آنها ۲۴ کیلوگرم است و برای احداث تیغه‌های نازک به کار می‌روند. قطعات سقفی به ابعاد $۰/۶ \times ۰/۶$ متر، به وزن ۱۴ تا ۲۴ کیلوگرم تولید می‌شوند که اتصال آنها به سقف کاذب چوبی با پیچ گالوانیزه صورت می‌گیرد.