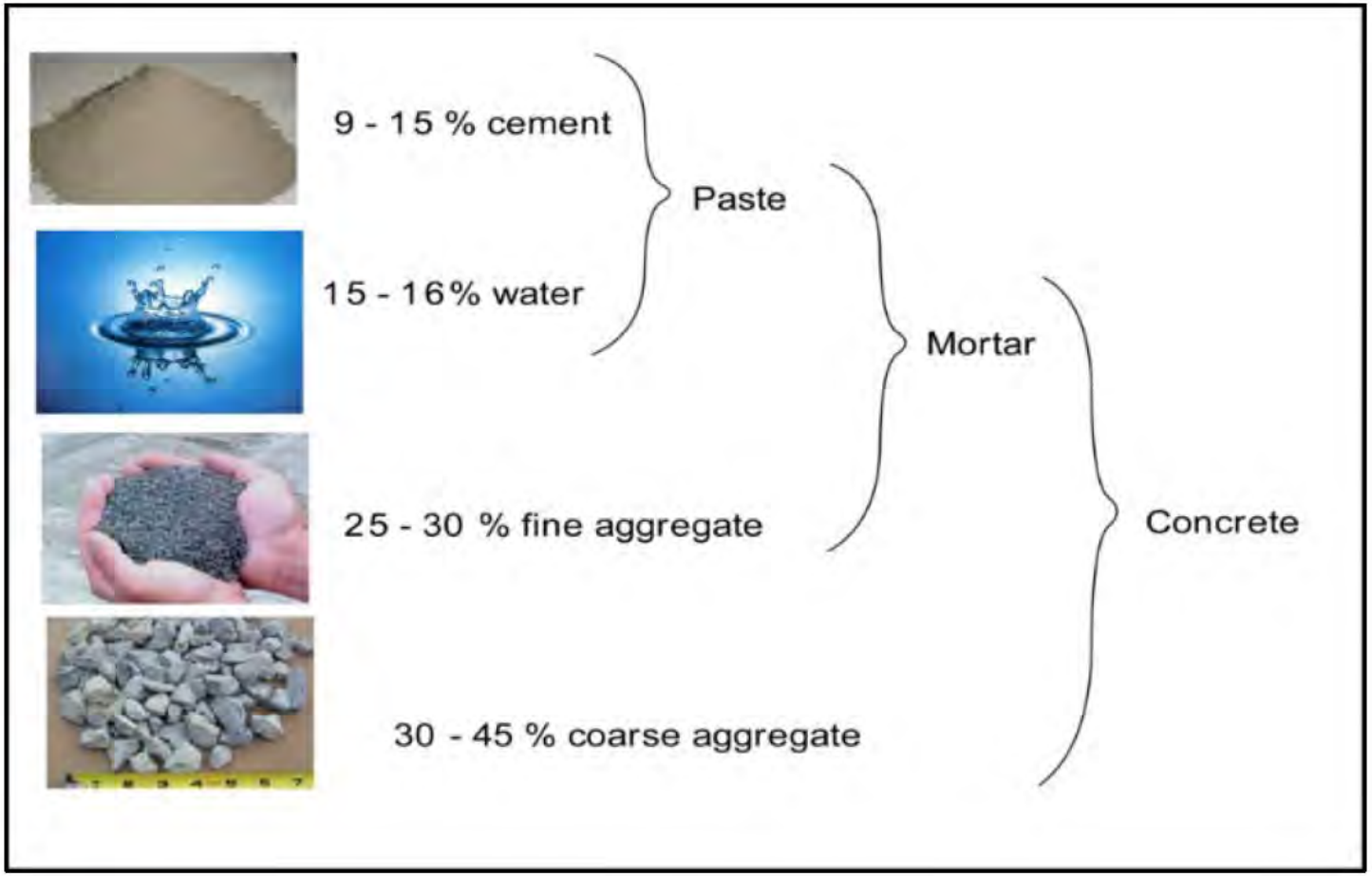
به نام خدا

تکنولوژی بتن

در قرون اخیر که رشد جمعیّت در دنیا رو به فزونی نهاده است و بشر از لحاظ علمی و فنّی مشکلات بسیاری را حل نموده است ، در ساختن لوازم ، مصالح و ماشین آلات ساختمانی و راهسازی پیشرفتی چشمگیر از خود نشان داده است . با تحوّلاتی که در صنعت ساختمان سازی رخ داد استفاده از مصالح مقاوم و سبکتر در دستور کار بشر قرار گرفت . در نتیجه این پیشرفت گسترش شهرها و استفاده از پلها و آب بندهای بتنی متداول گردیده است.

امروزه بتن در کنار فولاد یکی از مهمترین مصالح در پروژه‌های عمرانی می‌باشد.با توجه به کاربرد گسترده بتن در اکثر پروژه‌های عمرانی مثل راه، پل، ابنیه، سد و سایر تاسیسات زیر بنایی، بتن را می‌توان پر مصرف ترین ماده ساختمانی نامید. در آمریکا مصرف بتن ۵ برابر مصرف فولاد براورد شده است. در بعضی کشور ها مصرف بتن تا ۱۵ برابر مصرف فولاد است.

Concrete is a mixture of **cement** (9 – 15%), **water** (15 – 16%), **fine aggregate** (sand, 25 – 30%), **coarse aggregate** (gravel or crushed rocks, 30 – 45%), **air** (2 – 6%) and *chemical admixtures* in which the cement and water have hardened by a chemical reaction – hydration – to bind the nearly (non - reacting) aggregate.



درحالت کلی بتن ماده مرکبی است که از یک ماده چسباننده که ماده سیمانی نیز نامیده میشود ویک یا چند بخش سخت تشکیل شده است. به عنوان مثال ماده سیمانی مخلوط آسفالت قیر و ماده سیمانی بتن گوگردی گوگرد می باشد. در بتن های مرسوم که که نوعی سنگ مصنوعی هستند ماده چسباننده که به دلیل نیاز به ترکیب با آب بتن هیدرولیکی نیز نامیده می‌شود از سیمان های پرتلند ویا ترکیب از سیمان های مختلف و پوزولان ها تشکیل شده است. اجزای اصلی این بتن ها عبارتند از سیمان ، آب ، سنگدانه و هوا که با توجه به کاربرد بتن می توان از مواد افزودنی نیز در ترکیب بتن استفاده کرد. سیمان که حدود ۷ الی ۱۵ در صد حجم بتن را تشکیل میدهد جزء اصلی چسباننده اجزای بتن است. نقش آب که ۱۴ الی ۲۱ درصد حجم بتن را تشکیل میدهد انجام واکنش هیدراسیون با سیمان و نیز ایجاد روانی در بتن برای حرکت در قالب است.

سنگدانه ها که نقش اصلی را در مقاومت فشاری بتن ایجاد می کنند حدود۶۰ الی ۷۵ درصد حجم بتن را تشکیل میدهند. سنگدانه ها به دو بخش شن(درشت دانه) و ماسه (ریز دانه) تقسیم میشوند.به سنگ دانه های بین ۷۵ میکرون تا ۴.۷۵ میلیمتر ماسه و به سنگدانه های بیش از ۴.۷۵ شن میگویند.

هوا حدود ۱.۵ تا ۳ درصد حجم بتن را تشکیل میدهد. معمولا در طی فرایند ساخت بتن مقداری هوای ناخواسته وارد بتن میشود که برای جلوگیری از آسیب و تضعیف بتن با عمل ویبراسیون این هوا از بتن خارج میشود. در بعضی موارد برای افزایش روانی و یا سبک سازی بتن با استفاده از مواد مخصوص افزودنی حباب هایی در بتن ایجاد میشود.

مهمترین مزایای بتن عبارتند از:

- عمر طولانی سازه های بتنی
- مقاومت در برابر آتشسوزی
- در دسترس بودن مصالح
- فرم پذیری
- مقاوت فشاری مناسب
- نیاز به نیروی متخصص کمتر و در دسترس تر

مهمترین معایب بتن عبارتند از:

- کنترل کیفیت دشوارتر نسبت به مصالحی همچون فولاد به دلیل عوامل متعدد تاثیر گذار
- سنگین بودن سازه های بتنی در قیاس با سازه های فولادی
- ابعاد بزرگ اعضای سازه های بتنی در مقابل سازه های فولادی
- سرعت پایین اجرا
- محدودیت های اجرایی به علت شرایط آب و هوایی
- مقاومت کششی کم

سیمان

سیمان

سیمان ترجمه فارسی لغت سمنت (Cement) است که این کلمه از کلمه رومی سمنتوم نشات گرفته شده است.

به طور کلی به هر ماده ای که دارای خاصیت چسبندگی باشد و بتواند مواد مختلف را به هم بچسباند سیمان گفته می‌شود.

چسباننده ها را در صنعت ساختمان می توان به ۴ گروه اصلی تقسیم کرد:

۱- چسباننده های بر پایه کلسیم مثل گچ ، آهک و سیمان پرتلند
۲- چسباننده های هیدروکربنی مثل قیر
۳- چسبانندههای گیاهی و حیوانی مثل سریش
۴- چسباننده های بر پایه مواد معدنی مثل گوگرد

چسباننده ها از نظر شرایط محیطی برای گیرش به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- چسباننده های هوایی که فقط در برابر هوا سخت می شوند مثل گچ
۲- چسباننده های آبی- هوایی که هم در مجاورت هوا و هم در مجاورت آب و حتی درزیر آب سخت می شوند مثل سیمان

تاریخچه سیمان

سیمان یا سمنت واژه‌ایست که از لغت سمنتوم رومی گرفته شده و قدمت آن به پیش از میلاد می‌رسد. مصرف آن در ساختمان پانتئون شهر رم واقع در ایتالیا که مربوط به ۲۷ قبل از میلاد است، دیده شده است. در ساختمان گنبد این بنا که ۴۳ متر قطر دارد، مخلوطی از خرده‌سنگ و آهک پخته به کار رفته است.

ولی کشف سیمان به شکل امروز مربوط است به یک نفر بنای انگلیسی بنام ژوزف اسپدین که از پختن آهک و خاک رس در حرارت بالا و آسیاب کردن آن موفق شد ابتدایی‌ترین نوع سیمان را کشف نموده و آن را در تاریخ ۲۱ اکتبر ۱۸۲۴ به نام خود در انگلستان ثبت نماید و نام محصول به دست آمده را سیمان پرتلند گذاشت. علت این نامگذاری همان طور که گفته شد آن است که سیمان از سمنتوم رومی گرفته شده است و پرتلند نام جزیره‌ایست در انگلستان که رنگ سیمان پس از سخت شدن به رنگ سنگ‌های ساحلی این جزیره در می‌آید، به همین دلیل نام پرتلند را به دنبال سیمان برای آن انتخاب نموده‌اند. البته قبل از ژوزف اسپدین، اشخاص دیگری در فرانسه و انگلستان از پختن خاک رس و سنگ آهک مصالح مشابهی به دست آوردند ولی هیچکدام کار خود را دنبال نکرده و محصول خود را به ثبت نرساندند، ژوزف اسپدین نخستین شخصی بود که سیمان را در اوایل قرن نوزدهم در انگلستان به ثبت رسانده و آن را ابتدا برای ساخت فانوس دریایی مورد استفاده قرار داد

تولید صنعتی سیمان پرتلند از اوایل قرن ۱۹ با کوره‌های دارای ۵تن ظرفیت در هفته که کاملاً شبیه به کوره‌های آهک‌پزی بوده شروع و به مرور هماهنگ با افزایش تقاضا برای این کالای معجزه‌گر ابداعاتی در ساختمان کوره‌ها و نحوة تولید صورت گرفت. بالاخره با ابداع کوره‌های دوار، قدم عظیمی در جهت پاسخگویی به بازار مصرف برداشته شد. ثمره ۸۰ سال کار و استفاده از تکنولوژی دوار سیمان منتهی به ساخت کوره‌هایی با ظرفیت ۱۰۰,۰۰۰ تن کلینکر در روز شده است. اکنون هزاران کوره در کلیه نقاط دنیا هر جا که معادن سنگ آهک و خاک‌رس وجود داشته باشد، مشغول به تولید سیمان است.

مواد اولیه سیمان

مواد اولیه برای تولید سیمان عبارتند از آهک، سیلیس، اکسید های آلومینیوم و آهن که از سنگ آهک و رس به دست می‌آیند و نیز سنگ گچ.این مواد در ترکیب با یکدیگر و طی فرایند تولید سیمان ترکیبات جدیدی را ایجاد می نمایند که خواص سیمان به دلیل خواص این مواد جدید است.

ماده اولیه	منشا	نام شیمیایی	درصد تقریبی	مرحله ترکیب
آهک	سنگ آهک	CaO	۶۳	قبل از کوره دوار
سیلیس	خاک رس	SiO_2	۲۰	قبل از کوره دوار
آلومین	خاک رس	Al_2O_3	۶	قبل از کوره دوار
اکسید آهن	خاک رس	Fe_2O_3	۳	قبل از کوره دوار
اکسید منیزیم	خاک رس	MgO	۱.۵	قبل از کوره دوار
سولفات کلسیم	سنگ گچ	$CaSO_4$	۳	بعد از کلینکر

ساختار اصلی سیمان

مصالح آهکی حدود ٪۶۰ الی ٪۶۷

رس حدود ٪۳ الی ٪۷

سیلیس ٪۱۷ الی ٪۲۷

اکسیدهای معدنی

اکسید آهن ٪۰/۵ الی ٪۶

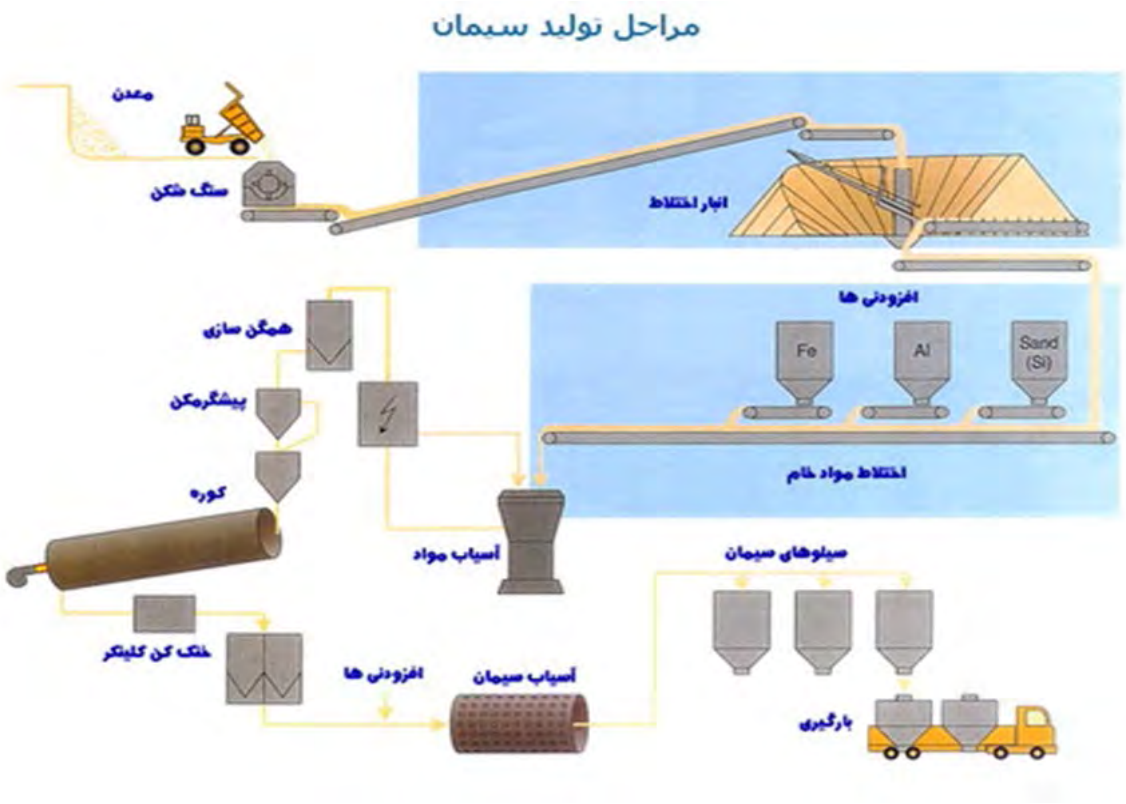
اکسید سدیم ٪۰/۲ الی ٪۱/۳

اکسید منیزیم ٪۰/۱ الی ٪۴/۵

اکسید پتاسیم ٪۰/۲ الی ٪۱/۳

اکسید آلومینیوم ٪۳ الی٪۲

مراحل تولید سیمان



1. معدن
2. سنگ
3. سنگ شکن
4. واردمخزن ذخیره
5. آسیاب
6. فیلتراسیون
7. پیش گرم کن
8. کوره
9. کولر
10. ذخیره کلینکر
11. اضافه کردن گچ و افزودنی ها
12. آسیاب کردن

اساسا سیمان با آسیاب نمودن مواد خام از قبیل سنگ و آهک و آلومینا و سیلیسی که به صورت خاک رس و یا سنگهای رسی وجود دارد و مخلوط نمودن آنها با نسبتهای معین و با حرارت دادن در کوره‌های دوار تا حدود 1400درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید. در این مرحله، مواد در کوره تبدیل به گلوله‌های تقریبا سیاه رنگی می‌شوند که کلینکر نامیده می‌شود.

کلینکر پس از سرد شدن، با مقداری سنگ گچ به‌منظور تنظیم گیرش، مخلوط و آسیاب شده و پودر خاکستری رنگی حاصل می‌شود که همان سیمان پرتلند است. با توجه به نوع و کیفیت مواد خام، سیمان با دو روش عمده‌تر و خشک تولید می‌شود، ضمن اینکه روشهای دیگری نیز وجود دارد. البته امروزه عموما از روش خشک در تولید سیمان استفاده می‌شود، مگر در مواردی که مواد خام، روش تر را ایجاب کند، زیرا در روش خشک، انرژی کمتری برای تولید مورد نیاز است.

به طور كلي توليد سيمان پرتلند مراحل مختلفي دارد كه در ادامه به آن اشاره خواهند شد. لكن پيش از ذكر آنها بيان اين مطلب ضروري است كه صنعت سيمان داراي دو عيب عمده زير است:

1- مصرف انرژي بسيار بالا

2- ايجاد آلودگي محيط زيست

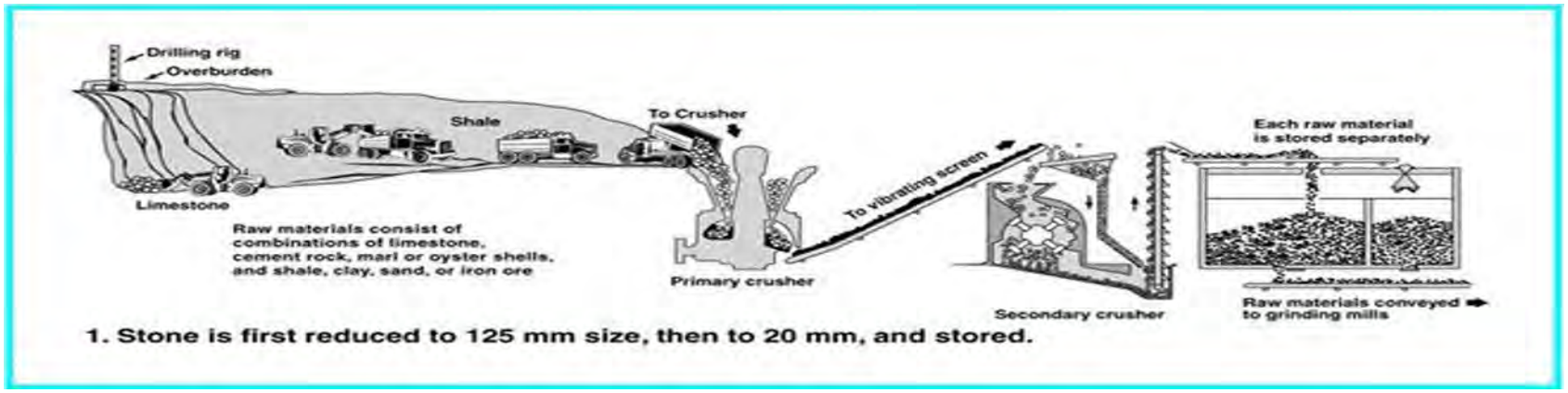
و محققين و صنعتگران همواره در تلاش جهت تغيير خط توليد به گونه‌اي هستند كه اين معايب تا حد امكان مرتفع گردد.

1. مواد اولیه سیمان پرتلند

مواد اولیه سیمان پرتلند اساسا شامل مواد آهکی و رسی می باشند. بدین معنی که در تهیه سیمان پرتلند از مواد خامی استفاده می شود که حاوی کربنات کلسیم و ترکیبات آلومینیوسیلیکات ها باشند.

2 . استخراج مواد اولیه

معادن مواد اولیه سیمان، خصوصا سنگ آهک، خاک رس، مارل، سنگ گچ و امثال آنها به صورت معدن رو باز می باشد. در استخراج موادی نظیر سنگ آهک، سنگ آهن و سنگ گچ نیز به چال زنی و انجام انفجار بوسیله دینامیت می باشد.



الف) سنگ شکن های متحرک

3 . خرد کردن مود اولیه

ب) سنگ شکن های ثابت

4 . مخلوط کردن اولیه و ذخیره سازی :

قبل از اینکه مواد خرد شده در سنگ شکن، راهی آسیاب مواد جهت پودر شدن شوند، بداخل سالنی ریخته می شوند تا بدینوسیله هم مقدمتا با یکدیگر مخلوط شوند و هم اینکه، این سالن نقش انبار و ذخیره سازی را دارا است.

5 . خشک کردن مواد اولیه:

در برخی کارخانجات سیمان، بدلیل موقعیت خاص جغرافیایی و باران خیز بودن منطقه برخی از مواد اولیه (خصوصا خاک رس) ، دارای رطوبتی هستند که استفاده مستقیم از آنها امکان پذیر نمی باشد.

6 . پودر کردن مخلوط مواد خام :

در روش خشک تولید سیمان، ضرورت دارد که مواد خام قبل از ورود به کوره به صورت پودر در آیند.

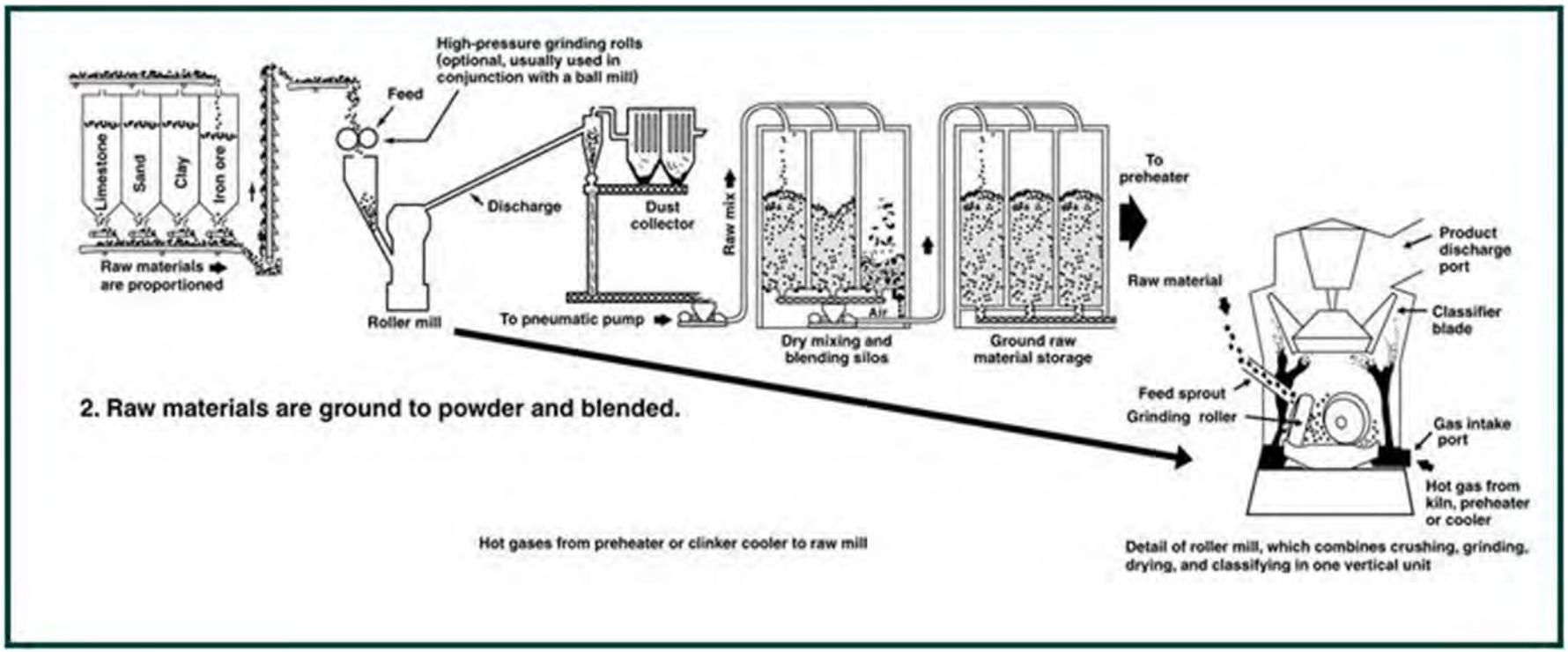
الف) آسیاب مواد خام گلوله ای ب) آسیابهای غلطکی

7 . تنظیم مواد خام

8 . سیلوهای مواد خام

عمل عمده ای که در یکنواخت کار کردن کوره و بالا بردن کیفیت کلینکر و در نهایت سیمان موثر است، یک نواختی ترکیب خوراک کوره، خوب مخلوط شدن و همگن بودن آن می باشد.

9 . پیش گرم کن


High-pressure grinding rolls
(optional, usually used in
conjunction with a ball mill)
Feed
Limestone
Sand
Clay
Iron ore
Raw materials
are proportioned
Discharge
Dust
collector
Raw mix
To
preheater
Roller mill
To pneumatic pump
Air
Dry mixing and
blending silos
Ground raw
material storage
2. Raw materials are ground to powder and blended.
Hot gases from preheater or clinker cooler to raw mill
Raw material
Product
discharge
port
Classifier
blade
Feed sprout
Grinding roller
Gas intake
port
Hot gas from
kiln, preheater
or cooler
Detail of roller mill, which combines crushing, grinding,
drying, and classifying in one vertical unit

10 . کوره دوار

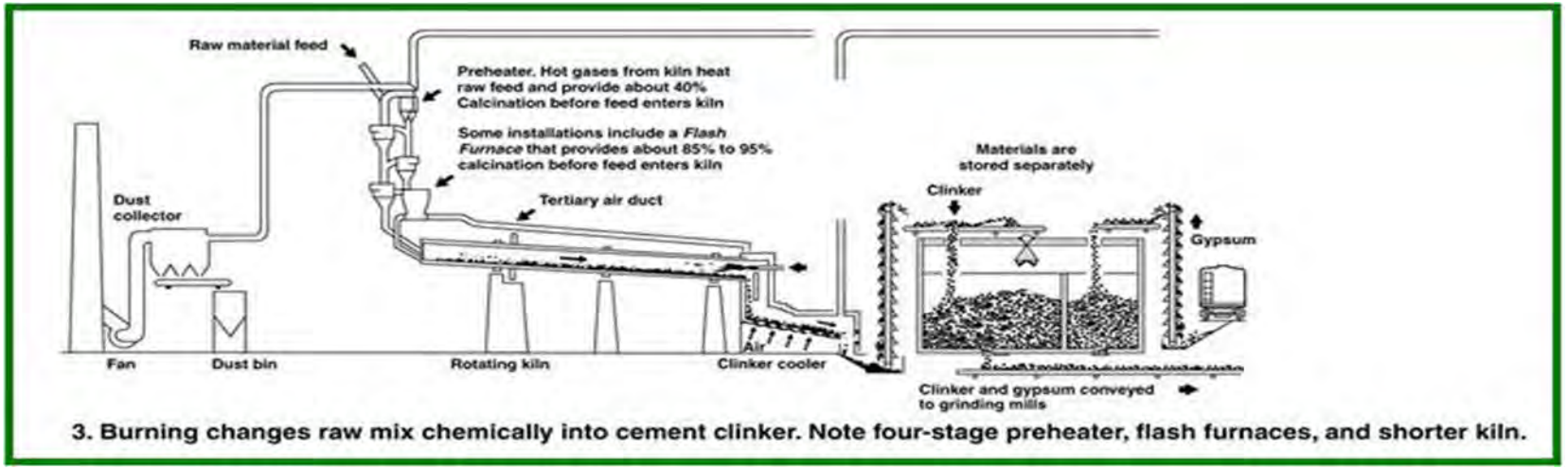
قسمت اصلی عمل پختن در کوره صورت می گیرد. کوره سیمان، یک استوانه فلزی است که طول و قطر آن، متناسب با ظرفیت کارخانه می باشد.

11. (خنک کردن) کولر

کلینکر خروجی از کوره دارای درجه حرارتی حدود 1000 تا 1200 درجه می باشد. بازیابی این مقدار حرارت و همچنین مشکل بودن جابجا کردن کلینکر داغ، ضرورت سرد کردن آنرا ایجاب می نماید. خاصیت اساسی دیگر سرد کردن کلینکر، تکمیل و تشکیل کریستالهای کلینکر و بالا رفتن کیفیت آن می باشد.

12 . سیلو (انبار) کلینکر

کلینکر خروجی از خنک کن قبل از ورود به آسیاب سیمان، در سیلو، یا انبار، یا سالن ذخیره می گردد.

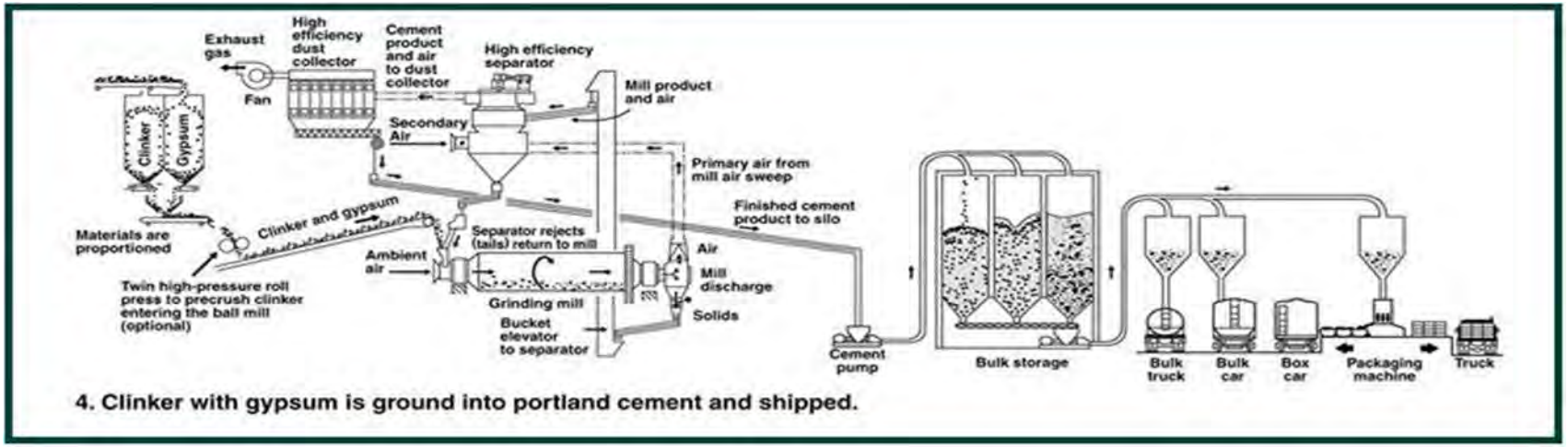


3. Burning changes raw mix chemically into cement clinker. Note four-stage preheater, flash furnaces, and shorter kiln.

13 . آسیاب سیمان

14 . سیلوهای سیمان

15 . بارگیر خانه



انتخاب محل براي احداث كارخانه

1- كارخانه به معادن مواد اوليه (سنگ آهك و خاك رس) نزديك باشد.

2- ظرفيت معادن مواد اوليه پاسخگوي نياز دراز مدت كارخانه باشند.

3- كيفيت مواد اوليه در حد قابل قبولي باشد.

4- كارخانه به قطبهاي مصرف نزديك باشد.

استخراج و انتقال مواد اوليه

جهت استخراج سنگ آهك معمولاً از عمليات آتش باري استفاده مي‌شود. بدين صورت كه با استفاده از مواد منفجره قسمتهاي مورد نظر از كوه را منفجر مي‌كنند و سنگ آهك را به صورت قطعات سنگي درشت بدست مي‌آورند. همچنين در استخراج خاك رس نيز، به دليل سختي نسبتاً پايين معادن آن، معمولاً از لودر(بيل مكانيكي)، بيلهاي مكانيكي پرقدرت و بيلهاي كششي استفاده مي‌شود. پس از استخراج مواد اوليه آنها را با استفاده از واگن، تسمه نقاله يا كاميونهاي ويژه حمل مواد اوليه به كارخانه منتقل مي‌كنند.

سنگ شكن

سنگ آهكي كه از معدن بدست مي‌آيد، در بدو ورود به كارخانه ، به قسمت سنگ شكن منتقل مي‌شود. سنگ شكنها كه وظيفه خرد كردن قطعات بزرگ سنگ و ايجاد قطعات كوچكتر را بر عهده دارند، داراي انواع گوناگون همچون سنگ شكنهاي فكي، چكشي و دوراني مي‌باشند. در زير سنگ شكنها ، سرند اوليه وجود دارد كه خرده سنگهاي شكسته در سنگ شكن ، روي آن مي‌ريزند. قطعات مناسب خرده سنگها كه از سرند اوليه عبور كنند، به قسمت دپوي مصالح منتقل مي شوند و قطعات درشتي كه روي سرند باقي مي‌مانند، مجدداً به سنگ شكن باز مي گردند .

ديپوي مصالح

مواد اوليه تا زمان مصرف در قسمتي از كارخانه انبار مي‌شوند. از آنجا كه مواد اوليه نسبتاً ناهمگن و غير يكنواخت است و سيمان توليدي بايد كاملاً يكنواخت باشد، شيوه انباشتن و برداشت مصالح به گونه‌اي است كه تا حدودي اين هدف را تامين كند. بدين منظور از روش ًباند همگن سازً استفاده مي‌شود. در اين روش ماشين مخصوصي كه داراي يك بازوي متحرك در بالاست، در طول قسمت دپو بر روي ريل حركت مي‌كند و مواد آماده شده را توسط تسمه نقاله به بالا منتقل كرده، با استفاده از بازوي متحرك، در كنار مسير حركت خود تخليه مي‌كند. نتيجه اين عمل در طول حركت رفت و برگشتي ماشين، ايجاد يك خاكريز از مصالح مورد نظر در امتداد مسير حركت است. هر ماشين مي تواند دو خاكريز در طرفين خود ايجاد كند و هر كارخانه بسته به حجم توليد، به تعدادي از اين ماشينها مجهز است.

در هر صورت مواد اوليه در لايه‌هاي افقي بر روي هم ذخيره مي‌شوند. در صورت برداشت با مقاطع عمودي، قسمت برداشتي تقريباً شامل كليه لايه‌ها خواهد بود.

آسياب گلوله‌اي

در فرايند آماده سازي مواد اوليه جهت تهيه سيمان، بايد اين مواد كاملاً به شكل پودر درآيند. بدين منظور از آسياب گلوله‌اي(ساچمه‌اي) استفاده مي‌شود. آسياب گلوله‌اي استوانه‌اي است كه محور آن با افق زاويه كوچكي مي‌سازد وداراي ابعاد گوناگون همچون 10×4 متر است. داخل اين آسياب، گلوله‌هايي است كه در قسمتهاي اوليه آن بزرگترند و هرچه به انتهاي آسياب نزديك شود، كوچكتر مي‌گردند. شيوه كار چنين است كه در حاليكه استوانه مي‌چرخد، اين مواد با گلوله‌ها بالا مي‌روند و از بالاترين نقطه سقوط مي‌كنند. توالي اين صعود و سقوط، منجر به آسياب شدن مواد مي‌شود. مواد اوليه از قسمت ورودي آسياب داخل مي‌شوند و در اثر حركت چرخشي و شيب استوانه به سمت خروجي پيش مي‌روند و به صورت پودر از انتهاي آن خارج مي‌شوند. سنگ آهك و خاك رس هر يك در آسيابهاي جداگانه‌اي آسياب مي‌شوند و پودر آنها در سيلوهاي مخصوص نگهداري مي‌شود. تفاوت آسياب خاك رس با سنگ آهك آنست كه به دليل مرطوب بودن نسبي خاك رس، آسياب كردن آن با حرارت همراه است تا پودر خاك رس به صورت كاملاً خشك بدست آيد.

تهيه خوراك كوره

پس از آماده شدن پودر سنگ آهك وخاك رس ، نوبت به تهيه خوراك كوره مي‌رسد. اين عمل روشهاي گوناگوني دارد و بر همين اساس ، روشهاي مختلف توليد سيمان را دسته‌بندي مي‌كنند.

روش تولید سیمان

سیمان را می توان به ۴ روش تولید کرد:

۱- روش تر

۲- روش نیمه تر

۳- روش خشک

۴- روش نیمه خشک

ولی عمدتا سیمان به دروش خشک و تر تولید می شود.

روش تر و نیمه تر

در روش تر و نیمه تر خاک رس مصرفی در دستگاه دوغاب ساز تبدیل به دوغاب می گردد. سپس دوغاب خاک رس به همراه سنگ آهک در آسیاب مواد خام مخلوط و نرم گشته و تبدیل به دوغاب با غلظت بیشتری می شود. پس از تنظیمات لازم توسط آزمایشگاه، بعنوان خوراک کوره مورد مصرف قرار می گیرد. در روش نیمه تر، مواد خروجی از آسیاب مواد به صورت دوغاب است و قبل از ورود به کوره بوسیله فیلتر پرس آب آن گرفته می شود و بصورت کیک یا آماج (حبه) به کوره تغذیه می گردد.

در روش تر:

داخل حوضچه‌هايي را از آب پر مي‌كنند و سنگ آهك ، خاك رس و ديگر تركيبات لازم را به نسبت معين به آن مي‌افزايند . يك بازوي مكانيكي همزن وظيفه اختلاط مواد و جلوگيري از ته نشين شدن آنها را بر عهده دارد. البته ممكن است از دميدن هواي فشرده از زير حوضچه به داخل آن هم استفاده شود. از دوغاب بدست آمده نمونه برداي كرده ، در آزمايشگاه تجزيه مي‌كنند تا نسبت مواد در آن را تشخيص دهند. بدين ترتيب كمبود مواد و تركيبات در دوغاب را تعيين و با استفاده از سيلوهاي كمكي ، مواد لازم را به ميزان كافي اضافه مي كنند تا دوغاب (لجن)با تركيبات مناسب بدست آيد سپس دوغاب آماده شده را به كوره پخت سيمان مي‌برند.

در روش نيمه تر:

در اين شيوه، دوغاب بدست آمده از روش تر را پيش از آنكه به كوره بفرستند، داخل فيلترهايي به شكل آكاردئون مي‌فشارند تا آب آن گرفته شود. حاصل ، خمير سختي خواهد بود كه پس از بريدن آن به شكل استوانه‌هاي كوچك ، اين قطعات بدست آمده را به كوره مي‌فرستند.

روش نيمه خشك

در اين روش، مواد اوليه را بر روي سينيهاي دواري به نامً دستگاه گلوله سازً ريخته ، چهار الي پنج درصد آب اضافه ميكنند . حركت دوراني سيني و رطوبت موجود باعث پيوستن پودر مواد اوليه به يكديگر و ايجاد گلولههايي به نام اماج ميشود. اين گلولهها خوراك كوره خواهند بود.

روش خشك

در اين روش، پودر سنگ آهك و خاك رس به صورت خشك با يكديگر مخلوط ميشوند و نمونههايي از آن تهيه ميشود. اين نمونهها در معرض تابش اشعه Xقرار ميگيرند و بازتاب اشعه تحليل ميشود. از آنجا كه هر ماده بازتاب مخصوصي از اشعه Xدارد، با تحليل طيفهاي بازتابي از نمونه ميتوان درصد مواد گوناگون در نمونه را تعيين و نسبت به تنظيم آنها اقدام كرد. مخلوط حاصل به همان صورت خشك خوراك كوره خواهد بود.

كوره

هنگاميكه خوراك كوره به هر يك از چهار روش فوق آماده شد، بايد در دماي حدود1400 درجه سانتيگراد حرارت ببيند تا فعل و انفعالات لازم به وجود آيد. بدين منظور از دو نوع كوره استفاده مي‌شود:

كوره قائم

كوره گردنده افقي

كوره قائم

كوره قائم، استوانه‌اي است ايستاده به قطر معمولاً 2 تا 3 متر و ارتفاع 7 الي 10 متر كه داخل آن با لايه‌اي از آجر نسوز پوشيده شده است. خوراك كوره از بالا همراه با درصدي پودر ذغال كك وارد كوره مي‌شود كه ذغال در مجاورت آتش و دميدن هوا از پايين كوره مشتعل گشته، حرارت لازم را تأمين مي‌كند. آنچه به صورت تفاله از پايين كوره خارج مي‌شود، كلينكر نام دارد و جهت توليد سيمان از آن استفاده مي‌شود. در حاليكه اين كوره سيستم بسيار ساده‌اي داشته، زود به بهره برداري مي‌رسد، غير يكنواختي كلينكر توليد شده ، هزينه پرسنلي زياد ، توليد كم و مصرف ذغال كك گران قيمت از مهمترين معايب آن به حساب مي‌آيد. علت عدم يكنواختي كلينكر آنست كه برخي از خوركهاي كوره بيشتر حرارت مي‌بينند و بعضي كمتر.

كوره گردنده افقي

كوره گردنده افقي استوانه‌اي است فلزي به قطر حدود 3 تا 4 متر و طول كافي كه گاهي تا 160 متر نيز مي‌رسد. محور اين كوره با افق زاويه كوچكي مي‌سازد تا مواد وارد شده از بالا، در اثر حركت دوراني و شيب كوره به سمت پايين آن منتقل شوند. مواد اوليه از بالا وارد كوره مي‌شوند. در قسمت ابتدايي كوره، مواد در دمايي حدود 800 درجه كاملاً خشك مي‌شوند. در قسمت بعدي و در دمايي حدود 1000 درجه، سنگ آهك كلسينه مي‌شود. يعني co2آن خارج مي‌شود. در قسمت انتهايي كوره حدود 25% مواد تحت دمايي بيش از 1400 درجه ذوب مي‌شوند كه اين پديده همراه با حركت دوارني كوره باعث چسبيدن ساير مواد به يكديگر و توليد كلينكر مي‌گردد. اين كلينكر به عنوان محصول نهايي كوره از قسمت انتهايي آن خارج مي‌شود.

فيلترهاي الكترواستاتيك

هواي خروجي از بالاي كوره ، پس از عبور از پيش گرم كن، در نهايت وارد جو مي‌شود. اين هوا داراي مقدار قابل ملاحظه‌اي ذرات ريز معلق است كه در صورت عدم بازيافت، باعث آلودگي محيط زيست مي‌شود. جهت جدا كردن اين ذرات از هوا، از فيلترهاي گوناگون استفاده مي‌شود. يكي از انواع اين فيلترها، فيلتر الكترواستاتيك است. در اين سيستم، صفحاتي فلزي با بار مثبت الكترواستاتيكي در مسير خروجي هوا قرار مي‌گيرند و ذرات هوا پيش از ورود به فيلتر به وسيله جريان برق فشار قوي، به بار منفي باردار مي‌شوند. ذرات با بار منفي به سمت صفحات با بار مثبت جذب مي‌شوند و هواي خروجي عاري از آنها مي‌گردد. هنگاميكه ضخامت ذرات روي صفحات به حد معيني برسد، با دستگاه‌هاي لرزاننده صفحات را تميز مي‌كنند. ذرات بدست آمده در صورت دارا بودن قابليت مصرف، به قسمت خوراك كوره بازگردانده مي‌شوند. لازم به ذكر است اين صفحات در اثر رطوبت و اسيدي بودن گازهاي كوره زنگ مي‌زنند و بايد هر از چندگاهي تعويض شوند.

آسياب نهايي كلينكر

كلينكر خارج شده از كولر دمايي در حدود 300 درجه دارد كه هنوز مناسب ادامه روند توليد سيمان نيست ، لذا آن را در انبارهاي سرپوشيده‌اي به مدت 5 تا 6 روز قرا ر مي‌دهند تا دماي آن در مجاورت هوا به كمتر از 100 درجه ، يعني حدود60 درجه برسد. حال اين كلينكر را همراه با حدود3% وزني سنگ گچ به وسيله آسيابهاي گلوله‌اي آسياب مي‌كنند و پودر حاصل را با استفاده از سرند الك مي‌نمايند. ذرات درشت‌تر از اندازه الك به آسياب بازگردانده مي‌شوند. آنچه در نهايت بدست مي‌آيد، پودر سيمان پرتلند است .

انتقال سيمان به محل مصرف

سيمان پس از توليد در سيلوهاي مخصوص ذخيره مي‌شود تا از آنجا به كارگاه منتقل گردد. انتقال سيمان به دو شكل انجام مي‌شود كه عبارتنداز:

1- پاكتي

2- فله‌اي

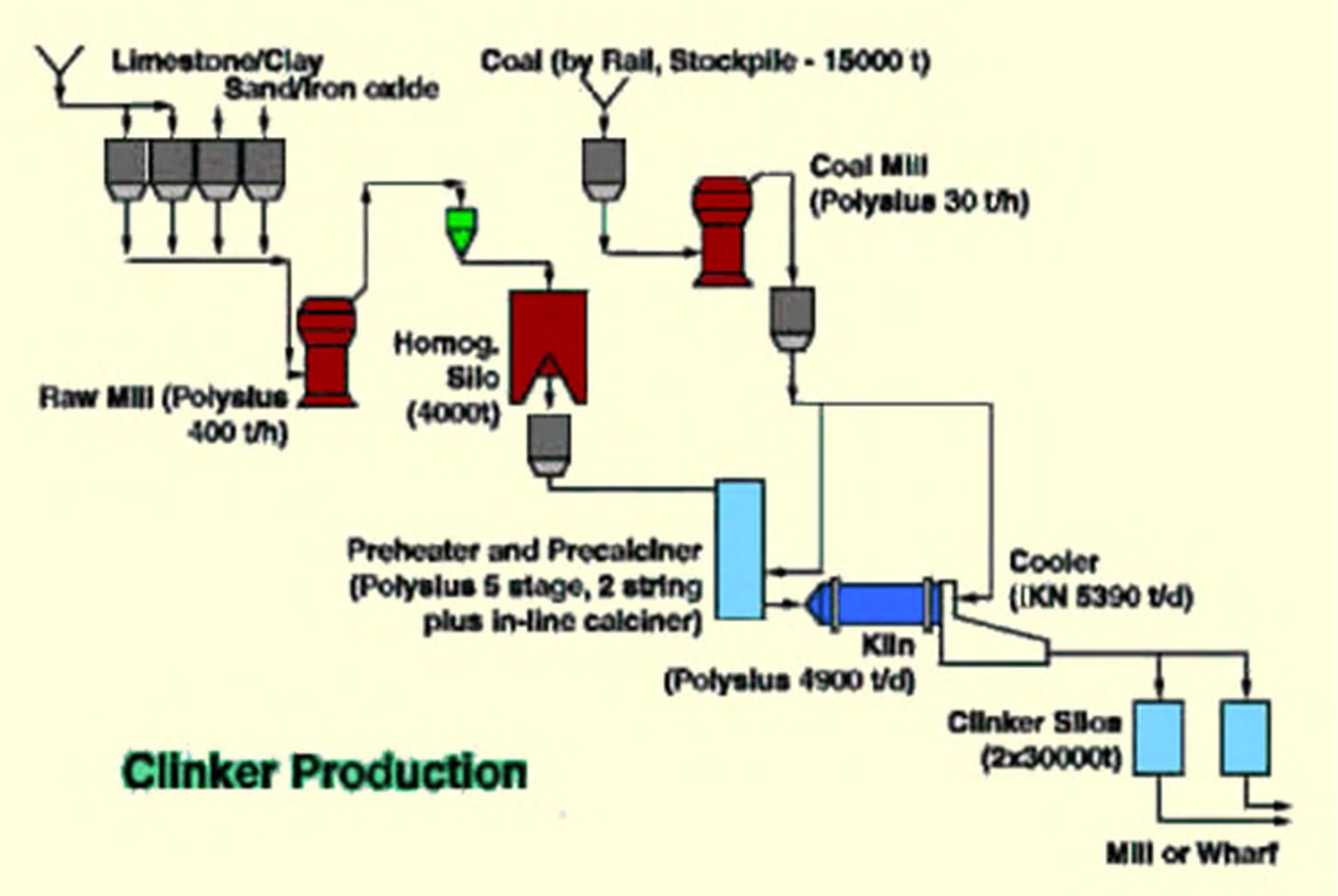
روش پاکتی

در روش پاكتي، سيمان در پاكتهاي استانداردي بسته بندي و راهي بازار مصرف مي‌شود. مطابق استاندارد ، كيسه‌ها بايد در وزنهاي 25 يا50 كيلوگرم و حداقل داراي سه لايه كاغذي باشند كه جهت جلوگيري از نفوذ رطوبت ، بين دو تا از لايه‌ها بايد غيراندود يا يكي از جنس پلاستيك باشد. بر روي پاكتهاي سيمان بايد علامت تجاري كارخانه ، نام توليد كننده، نوع سيمان، وزن كيسه و تاريخ توليد با رنگ مخصوص به تيپ هر سيمان نوشته شده باشد.

روش فله ای

در روش فله‌اي، ماشين مخصوص حمل سيمان در زير سيلو بارگيري كرده، بار خود را به سيلوي كارگاه منتقل مي‌كند. هنگام تخليه ماشين حمل سيمان، پس از اتصال لوله رابط به سيلو، با افزايش فشار و برقراري جريان هوا در لوله ، ذارت سيمان همانند سيال به داخل سيلو منتقل مي‌شوند.

نحوه تشکیل کلینکر



عناصر و خواص سيمان

در فرايندهاي توليد و مصرف سيمان، به طور عمده در دو مرحله با تغييرات شيميايي مواجه هستيم :

هنگاميكه مواد در دماي بيش از 1400 درجه كوره با يكديگر فعل و انفعال شيميايي انجام مي‌دهند.

هنگام مخلوط شدن سيمان با آب و انجام واكنش هيدراتاسيون .

در سيمان عناصر گوناگوني همچون كلسيم، سيليسيم، آلومينيوم، آهن، منيزيم، سديم، پتاسيم و گوگرد وجود دارد.

البته بيشتر اين عناصر به صورت اكسيد وجود دارند. يعني :

مواد خام مورد مصرف در تولید سیمان در هنگام پخت با هم واکنش نشان داده و ترکیبات دیگری را بوجود می‌آورند. معمولا چهار ترکیب عمده به عنوان عوامل اصلی تشکیل دهنده سیمان در نظر گرفته می‌شوند که عبارتند از:

$CaO,SiO_2=C_3S$سه کلسیم سیلیکات

$CaO ,SiO_2=C_2S$دو کلسیم سیلیکات

$CaO,Al_2O_3=C_3A$سه کلسیم آلومینات

$CaO ,Al_2O_3 , Fe_2O_3 =C_4AF$چهار کلسیم آلومینو فریت

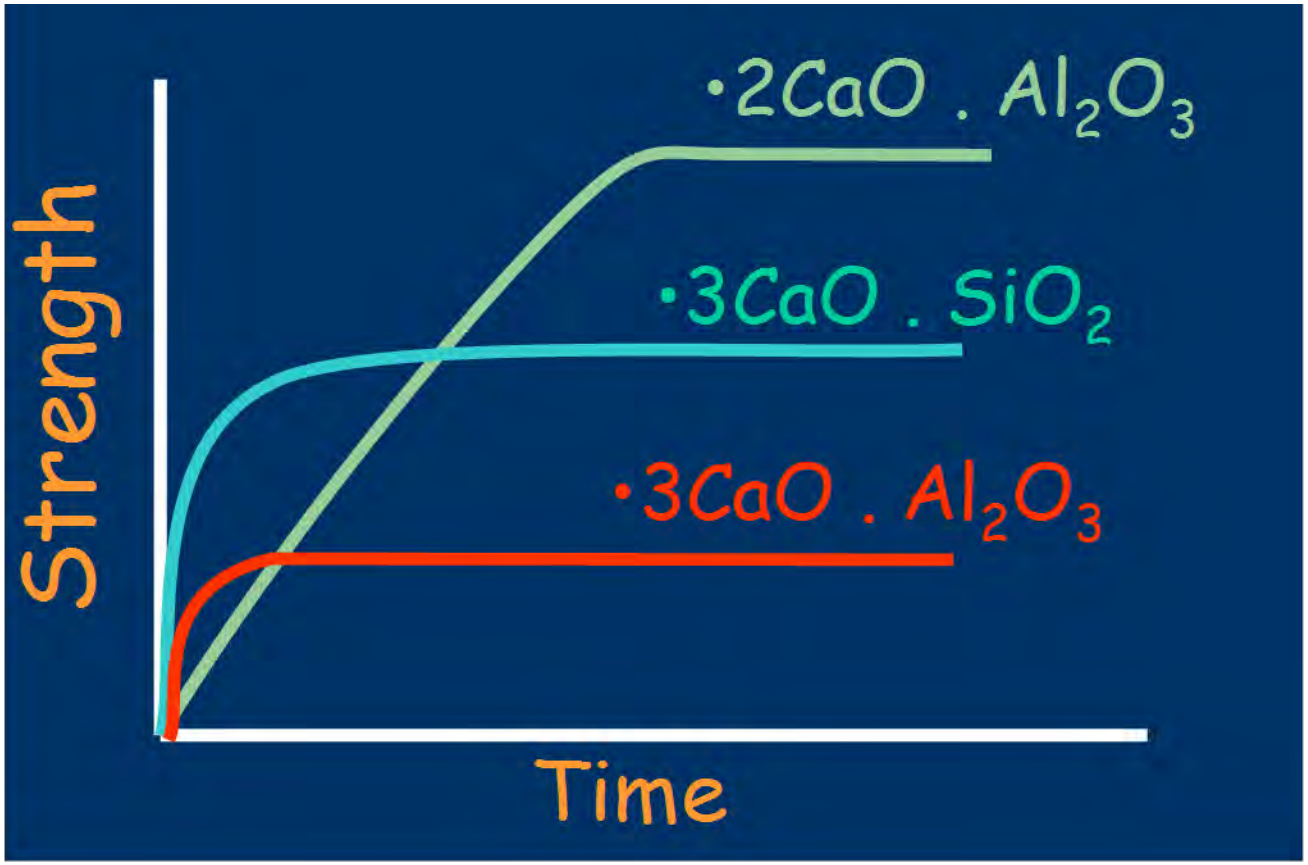
ترکیبات دیگری نیز در سیمان وجود دارند که از نظر وزن قابل ملاحظه نیستند، ولی تأثیرات قابل ملاحظه ای در خواص سیمان دارند که عمدتا عبارتند از:

$MgO،TiO_2،Mn_2O_3،K_2O،NaO_2$که اکسیدهای سدیم و پتاسیم به نام اکسیدهای قلیایی شناخته شده‌اند. آزمایشها نشان داده است که این قلیائی‌ها با بعضی از سنگدانه‌ها واکنش نشان داده‌اند و حاصل این واکنش باعث تخریب بتن شده است. البته قلیائی‌ها در مقاومت بتن نیز اثر دارند.

هر كدام از اكسيدهاي مركب، مسؤول بخشي از خواص سيمانند. قسمت عمده سيمان از سيليكاتهاي كلسيم، حدود 50 درصد C3Sو بين 20 تا25 درصد C2Sتشكيل مي‌شود و كليه خواص مفيد همچون چسبندگي، ثبات، مقاومت و ... مربوط به آنهاست. تفاوت C3Sبا C2Sدر آنست كه C3Sبا آب سريع واكنش داده، مقاومت اوليه را همراه با حرارت هيدراتاسيون زياد توليد مي‌كند. اما C2Sكندتر واكنش نشان داده، با توليد حرارت هيداراتاسيون كمتر، تأمين مقاومت نهايي سيمان را بر عهده دارد. به عبارتي مقاومت هفت روز اول توسط C3Sو مقاومت تا 28 روز و به بعد توسط C2Sتأمين مي‌شود. C3Aدر كوره خود به خود توليد مي‌شود و تنها مي‌توان ميزان آن را كم كرد. C3Aاكسيدي است ناپايدار كه در مجاور عوامل سولفاتي فوراً به ماده ديگري به نام اترنژيت تبديل مي‌شود. اترنژيت در اثر جذب آب، افزايش حجم پيدا مي‌كند كه باعث ترك خوردن بتن مي‌شود. اين پديده را اصطلاحاً حمله سولفاتهاگويند.

C3Aبا آب به سرعت واكنش داده، گيرش حاصل مي كند. جهت جلوگيري از بروز اين پديده ـ كه به آن گيرش آني مي‌گيرند ـ هنگام آسياب نهايي كلينكر به آن بين 3 تا 4 درصد سنگ گچ مي‌افزايند. سنگ گچ با C3A واكنش ايجاد مي‌كند و سولفو آلومينات كلسيم نامحلول به وجود مي‌آورد و از اين طريق از ظهور گيرش آني جلوگيري مي‌نمايد. به همين دليل جهت تهيه سيمان ضد سولفات (تيپ5) درصد C3Aرا كاهش مي‌دهند.
C4AFنقش چنداني در خواص سيمان ندارد و صرفاً به عنوان كاتاليزور حرارتي ايفاي نقش مي‌كند؛ به گونه‌اي كه اگر نباشد، دماي پخت لازم در كوره مقداري بسيار بيشتر ا ز1400 درجه خواهد بود.

تاثیر مواد تشکیل دهنده سیمان بر مقاومت



حرارت هیدراسیون

هر گرم از سیمان تقریبا 120 کالری حرارت آزاد می‌کند. چون هدایت حرارتی بتن کم است، لذا حرارت می‌تواند به‌عنوان یک عایق حرارتی عمل نماید. از طرف دیگر حرارت تولید شده بوسیله هیدراسیون سیمان می‌تواند از یخ زدن آب در لوله‌های موئین بتن تازه ریخته شده جلوگیری نماید. بنابراین آگاهی به خواص حرارت‌زایی سیمان می‌تواند در انتخاب نوع مناسب سیمان برای هدف مشخصی مفید باشد.

همانطور که گفته شد، نقش اصلی در مقاومت سیمان C3S و C2S ایفا می‌کنند و C3S در 4 هفته سنین اولیه و C2S پس از آن مقاومت سیمان را ایجاد می‌کنند. نقش این دو ترکیب در مقاومت سیمان پس از یک سال تقریبا مساوی می‌شود.

حرارت هیدراسیون

همانند هر واکنش شیمیایی، هیدراسیون ترکیبات سیمان نیز حرارت‌زا است و به میزان حرارتی که در هر گرم از سیمان هیدراته در اثر هیدراسیون در دمای معینی تولید می‌گردد، حرارت هیدراسیون گفته می‌شود و به روشهای مختلفی قابل اندازه گیری است. درجه حرارت و دمائی که در آن عمل هیدراسیون انجام می‌شود، تأثیر قابل ملاحظه ای در نرخ حرارت تولید شده است دارد.

برای سیمانهای پرتلند معمولی، حدود نصف کل حرارت تا سه روز و حدود 3,4 حرارت تا حدود 7 روز و تقریبا 90 در صد حرارت در 6 ماه آزاد می‌شود. در واقع حرارت هیدراسیون بستگی به ترکیب شیمیایی سیمان دارد و تقریبا برابر است با مجموع حرارتهای ایجاد شده یکایک ترکیبات خالص سیمان، اگر به صورت جداگانه هیدراته شود.

فساد سیمان

دو عامل باعث فساد سیمان مي‌شود که عبارتند از:

1- جذب رطوبت از محیط

جذب CO_2 از هوا

فساد سیمان در اثر رطوبت را هیدراته شدن و در اثر جذب CO_2 را کربناته شدن گویند.

هیدراتاسیون یا آبگیری سیمان

هیدراتاسیون (هیدراسیون) = ترکیب شیمیایی سیمان با آب

❖ C2S و C3S مهمترین مولفه های سیمان هستند که در مقاومت نقش عمده دارند

ناخالص ↓ بلیت (Belite)

ناخالص ↓ الیت (Alite)

$$2C_3S + 6H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2$$

$$2C_2S + 4H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + Ca(OH)_2$$

میکرو سیلیکات هیدراته= ژل سیلیکاتی= ژل توبر موریت

C-S-H

$C_3A + 6H_2O \rightarrow C_3AH_6$ ⟶ ژل آلومینیاتی

انواع سیمان پرتلند

تیپ I:

- همان سیمان معمولی است.
- زمانی مصرف می شود که حمله سولفاتها و ازدیاد دما مطرح نباشد.
- از آن می توان در مناطقی با آب و هوای معتدل و خشک استفاده نمود.
- در کارهای معمولی مانند جاده ها، پیاده روها، ساختمانهای بتن آرمه، پلها، سازه های راه آهن، منابع، آبروها، لوله های آب و سازه های بنایی استفاده می شود.

انواع سیمان پرتلند

تیپ II:

- از نظر خواص سیمانی متوسط است.
- تا حدودی دیرگیر بخاطر (C2S) بیشتر و (C3S) و (C3A) کمتر
- تا حدودی در برابر سولفات ها مقاوم
- در مناطقی که غلظت سولفات زیاد نباشد مجاز است

انواع سیمان پرتلند

تیپ III: بخاطر ریزتر آسیاب شدن نسبت به سیمان تیپ I

- سیمان زودگیری است در مدت یک هفته یا کمتر مقاومت بالای کسب میکند
- از نظر شیمیایی مشابه سیمان تیپ اول
- مناسب برای جاهایی که قالب باید سریع باز شود و یا هوا سرد است
- در بتن ریزی حجیم مجاز نمی باشد حرارت هیدراسیون بالا ایجاد تنش های حرارتی ترک خوردگی

انواع سیمان پرتلند

تیپ IV:

- سیمان دیرگیری است نسبت به سایر سیمان ها دیرتر مقاومت کسب می کند
- حرارت هیدراسیون پایین
- مناسب برای بتن ریزی های حجیم و یا جاهایی که هوا گرم (۴۰ تا ۵۰ درجه) است

انواع سیمان پرتلند

سیمان پرتلند حباب زا : (در انواع IA، IIA، IIIA)

- از نظر ترکیب شیمیایی شبیه تیپ های I و IIو III هستند
- مقدار کمی مواد هواساز نظیر اسیدهای چرب و صابونهای آنها و رزینهای چوب در حین آسیاب کردن کلینکر به آن افزوده شده اند تا حباب های بسیار ریز و یکنواخت در بتن تولید کنند
- بتنی تولید می کنند که در برابر یخ زدن و آب شدن و همچنین پوسته شدگی حاصل از اثرات شیمیایی برای زدودن یخ و برف مقاومت بیشتری دارند.

انواع سیما

سیمان پرت

- از افزود

به دست

– سیمان

– سیمان

ولی یا سفید

برای تهیه

اکسیدهای آ

استفاده می

ف و زرد از

الت اکسید

د.

انواع سیمان پرتلند

سیمان پرتلند آمیخته
(blended portland cement)

1) **سیمان پرتلند پوزولانی**
(سیمان تراس)
- معمولی (پ.پ)
- ویژه (پ.پ.و)

2) **سیمان پرتلند روباره ای**
(سیمان سرباره ای)

3) **سیمان بنایی**

4) **سیمان مخصوص چاه نفت**

- میزان پوزولان: بین ۵ تا ۱۵ درصد وزنی سیمان
- برای مصارف عمومی ساخت ملات و بتن به کار می رود.

از انواع سیمان پرتلند پوزولانی معمولی:

- سیمان نوع I(PM)= سیمان پرتلند پوزولانی اصلاح شده، که برای کارهای معمولی به کار می رود.

- **میزان پوزولان: ۱۵ تا ۴۰ درصد وزنی سیمان**
- **برای ساخت بتن های حجیم**
- **برای ساخت بتن های تحت تهاجم های شیمیایی**
- **مقاومت اولیه (تا سه روز) آن کم است.**

انواع سیمان پرتلند پوزولانی ویژه:

- سیمان نوع IP = برای مصارف عادی
- سیمان نوع P= برای زمانی که به مقاومت اولیهٔ زیاد نیاز نداریم.

- کلینکر سیمان پرتلند + ۱۵ تا ۹۵درصد سربارهٔ کورهٔ آهنگدازی+ مقدار مناسبی سنگ گچ
- پایداری زیاد در برابر سولفاتها
- نفوذپذیری بتن ساخته شده با آن کم و دوام آن زیاد است.
- دیرگیرتر از سیمان پرتلند معمولی
- حرارت هیدراتاسیون کمتر در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی
- IS= سیمان پرتلند معمولی+ سربارهٔ کورهٔ آهنگدازی

- معمولاً ترکیبی از سیمان پرتلند معمولی و آهک، و گاهی رنگدانه
- مصرف آن فقط در ملات مجاز است.
- شمارهٔ استاندارد ملی ایران: ۲۵۱۶

- برای درزگیری چاههای نفت به کار می رود.
- ویژگی عمده: کندگیر بودن، پایایی در دما و فشار زیاد
- در ۹ نوع (A تا H، و J) وجود دارد. هر یک از این انواع برای محدودهٔ خاصی از عمق چاه، دما، فشار، و محیطهای سولفاتی به کار می رود.
- مشخصات آن می باید با ضوابط API-101 مطابقت داشته باشد.

انواع سیمان پرتلند

سیمان هیدروفوبیک (با اسید چرب):

- سیمان ضد رطوبت
- طوری عمل‌آوری شده که گرایش آن به جذب رطوبت کاهش یابد

سیمان مقاوم در برابر باکتری:

- در هنگام تولید و یا بعد از تولید سیمان موادی به آن اضافه می شود که از رشد باکتری در آن و روی آن جلوگیری می کند
- از این نوع سیمان در محیط های بهداشتی و بیمارستانها استفاده می شود.

سایر انواع سیمانها (غیرپرتلند)

1) پرسولفات
2) پرآلومین (برقی)
3) منبسط شونده
4) سیمان پرآهن (High Iron Cement) (HIC)
5) سیمان با مقاومت اولیهٔ خیلی زیاد (VHE)
(Very High Early Strength Cement)

سیمان پرسولفات

- از ساییدن مخلوطی از ۸۰ الی ۸۵ ٪ سرباره دانه‌ای کوره‌بلند ، ۱۰ تا ۱۵٪سولفات کلسیم ، مقدار کمی آهک ، ۵٪سیمان یا کلینکر سیمان ، تولید می‌شود
- جزء سیمانهای پرتلند نیست.
- میزان سولفات آن از مقدار سولفات سیمان پرتلند سرباره‌ای بیشتر است.
- در مناطق مرطوب مورد استفاده نمی گیرد.
- دارای مقاومت بالادر آب دریا و در مقابل حمله ی سولفاتی و نیز در مقابل اسیدها و روغن هاست.
- این سیمان نباید با سیمان پرتلند معمولی مخلوط شود
- باید درمحیطی بسیار خشک نگهداری شود زیرا سریع فاسد می شود.
- نیاز به توجه خاص در مصرف

ویژگیها

1) مقاومت بسیار زیاد در برابر سولفاتها

2) بسیار زود سخت شونده (کسب ۸۰درصد مقاومت طی ۲۴ ساعت و حتی گاهی ۶ تا ۸ ساعت)

3) حرارت هیدراتاسیون سریع

4) گیرش اولیهٔ آرام و گیرش نهایی نسبتاً سریعتر از سیمان پرتلند معمولی

5) مصرف عمده: در کارهای تعمیراتی (لکه گیری بدنه سد، پل ها و لوله های بتنی)، و در کارهای موقتی و اضطراری

6) بسیار گران تولید می شود.

7) مقاومت شیمیایی نسبتاً خوب بتن ساخته شده با آن

8) مقاومت حرارتی زیاد و نسبتاً نسوز بودن بتن ساخته شده با آن

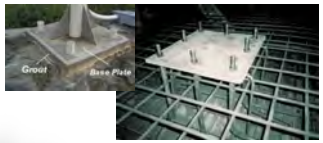
سیمان منبسط شونده

- تمامی انواع آنها تولید اترینگایت می کنند.
- در سه نوع K و M و S
- نوع K: مقاومت کمی در برابر سولفاتها دارد.
- نوع M (منبسط شونده پر انرژی): بسیار مقاوم در برابر سولفاتها است.
- زودگیر و زود سخت شونده است (کسب مقاومت بتن ۷MPa طی مدت ۶ ساعت و ۵۰MPa طی مدت ۲۸روز)
- نوع S: درای مقادیر C3A بیشتر نسبت به پرتلند معمولی مقاومت کم در برابر سولفاتها

- دو نوع بتن با آن ساخته می شود:

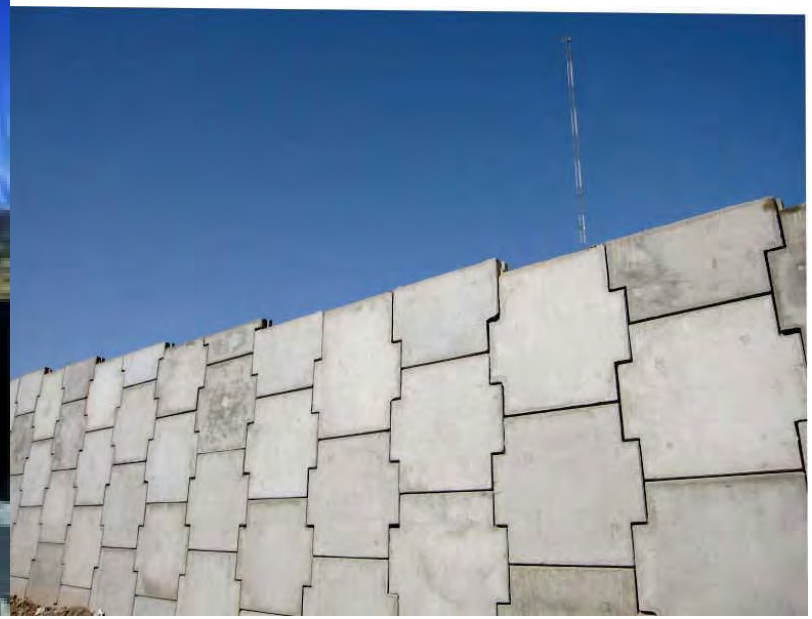
بتنی که جمع شدگی آن با انبساط جبران می شود.

بتن خود تنیده (دارای تنشهای فشاری قبل از بارگذاری)



سیمان پرآهن (HIC)

- از سیمانهای با مقاومت اولیهٔ زیاد است.
- برای محصولات بتنی پیش ساخته و پیش تنیده مناسب است.



انبار کردن سیمان

سیمان باید در جاهایی انبار شود که از رطوبت به دور باشد.

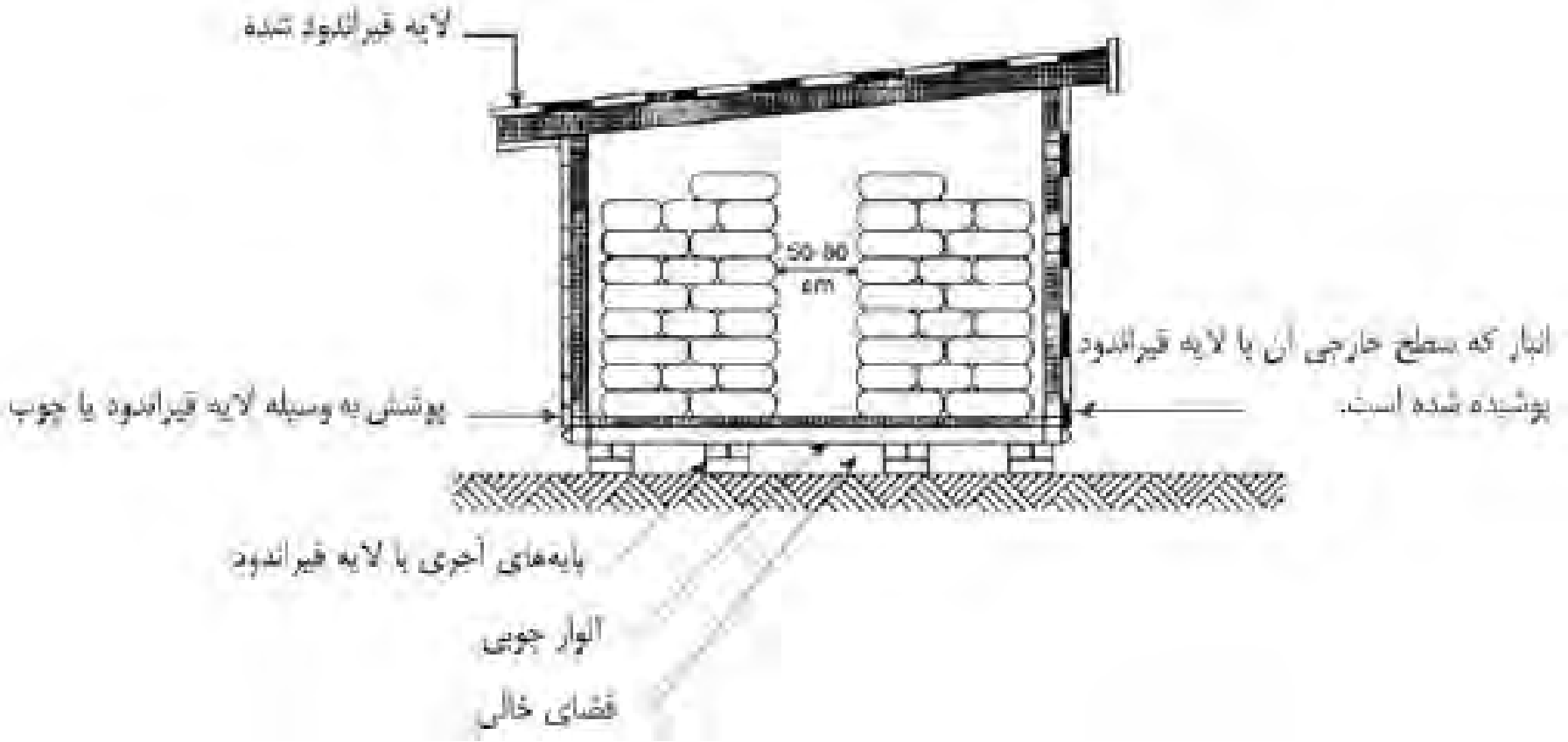
کاهش مقاومت ملات و بتن و دیرگیر شدن آن ← تبدیل به کلوخه ← سخت شدن سیمان ← رطوبت

انبار کردن سیمان فله ای:

زیر سیمان خشک باشد ← پهن کردن لایه شن ← پهن کرن پلاستیک یا برزنت روی سیمان

انبار کردن سیمان کیسه ای:

- سیمانهای کیسه ای باید بر روی کف خشک، که دست کم به اندازهٔ ۱۰سانتیمتربه وسیله پالت از سطح اطراف خود بالاتر آمده است، قرار گیرند.
- در مناطق خشک، حداکثر تعداد کیسهٔ سیمان که می توان بر روی هم انبار کرد ۱۲پاکت است، مشروط بر اینکه ارتفاع کل آنها از ۱/۸ متر تجاوز نکند. اعداد فوق در مناطق شرجی و با رطوبت نسبی بیش از ۹۰درصد، به ترتیب ۸پاکت و ۱/۲متر می باشد.


لایه قیراندود شده
50-80
cm
انبار که سطح خارجی آن با لایه قیراندود
پوشیده شده است.
پوشش به وسیله لایه قیراندود یا چوب
پایه‌های آجری با لایه قیراندود
الوار چوبی
فضای خالی

برخی از مفاهیم پایه ای سیمان

نرمی (fineness)

- میزان ریزی دانه های سیمان را نشان می دهد.
- از طریق آزمایش بلین (Blain) به دست می آید.
- برحسب سطح مخصوص بیان می شود.
- حداقل نرمی سیمانهای پرتلند پنج گانه (به جز سیمان نوع ۳) برابر با ۲۸۰۰cm2/gr (۲۸۰m2/kg) است. این عدد برای سیمان نوع ۳ برابر با ۳۲۰۰ (۳۲۰) است.

- ریزی سیمان بر سرعت آزاد شدن حرارت هیدراسیون اثر می کند لیکن در کل حرارت هیدراتاسیون تاثیری ندارد، مانند سیمان تیپ سه که باعث تسریع در کسب مقاومت می گردد و اثرات آن در طی هفته ی اول ظاهر می شود.

برخی از مفاهیم پایه ای سیمان

سلامت یا ثبات حجمی (soundness)

- عدم سلامت یا عدم ثبات حجمی و افزایش حجم نامناسب و مضر در سیمان و در نتیجه در بتن سخت شده را گویند.
- عدم سلامت سیمان اساساً ناشی از مقادیر بیش از حد مجاز MgO و CaO (آهک آزاد خوب پخته نشده) متبلور در سیمان و واکنش هیدراتاسیون این ترکیبات است که موجب افزایش حجم زیاد می شود.
- از آزمایش انبساط در اتوکلاو به دست می آید.

نمونه برداری از سیمان :

نمونه برداری از سیمان پرتلند، باید به یکی از روشهای زیر صورت گیرد:

نمونه‌برداری از محل تسمه نقاله یا لوله انتقال سیمان به سیلو.

وزن نمونه برای هر ۴۰ تن سیمان (یا بخشی از آن) در حال انتقال به سیلو ۵ کیلوگرم

نمونه برداری از محل تخلیه سیمان از سیلو.

به فاصله‌های زمانی معین به ازای هر یکصدتن سیمان داخل سیلو مقدار ۵ کیلوگرم

نمونه‌برداری از انبار سیمان فله.

چنانچه عمق انباشته سیمان موجود درانبار از ۲ متر کمتر باشد، نمونه را می‌توان با ابزار ویژه نمونه برداری تهیه نمود.

نمونه‌برداری از انبار کیسه‌های سیمان.

به ازای هر پنج تن یا بخشی از آن کیسه سیمان انتخاب می‌شود ومقدار لازم برای نمونه توسط ابزار ویژه نمونه برداری تهیه می‌شود.

نمونه‌برداری از محموله کامیون و سایر موارد ذکر نشده.

از سه نقطه مختلف محموله برداشت می‌شود و چنانچه در چندین کامیون باشد بشرط آنکه محموله‌ها از سیلوی مشخص و در یک روز بارگیری شده باشد، نمونه‌های برداشت شده از کامیون‌ها را می‌توان مخلوط نمود.