www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

تاریخچه سیمان پرتلند[1]

یکی از مهمترین مشکلات سیمان گلی، عدم مقاومت در برابر آب بود. این مهم بشر را بر آن داشت تا تحقیقات گوناگونی جهت دسترسی به سیمان ضد آب انجام دهد و نتیجه این تحقیقات ، کشف سیمانی به نام ساروج[2] بود. ساروج ترکیبی است از آهک، خاکستر، ماسه، خاک رس و لویی[3] که در مقایسه با گل در برابر رطوبت مقاوم است. در ایران باستان از ساروج برای ساختن آب انبارها، آبگیرها و سایر سازه‌هایی که می‌بایست خاصیت آب‌بندی می‌داشتند استفاده می‌شد. امروزه با ابداع سیمان پرتلند، مصرف ساروج تقریباً متوقف شده است. در قرن ۱۸ به سال ۱۷۵۶ میلادی هنگامی که جان اسمیتون[4] مأمور بازسازی برج چراغ دریایی ادیستون[5] گردید، مطالعاتی را جهت دستیابی به یک سیمان مناسب انجام داد و به این نتیجه رسید که بهترین سیمان وقتی بدست می‌آید که در مخلوط آن از سنگ آهک و خاک رس استفاده شود. در سال ۱۸۲۴، ژوزف آسپدین[6] به این نتیجه رسید که جهت بدست آوردن سیمانی مناسب، مخلوط سنگ آهک و خاک رس باید حرارت داده شود و بالاخره در سال ۱۸۴۵، آیزاک جانسون[7] سیمان پرتلند را به صورتی که امروزه شناخته می‌شود ، به نام خود ثبت کرد. امروزه شیوه کلی تولید سیمان پرتلند بدین صورت است که پس از استخراج مواد اولیه (سنگ آهک و خاک رس) و آماده کردن آنها، مخلوط را تا دمای بیش از 1400° حرارت می‌دهند. حاصل این فرایند کلینکر[8] است که آن را پس از سرد شدن با ۳ الی ۴ درصد وزنی سنگ گچ $(CaSo_4,2H_2o)$ آسیاب می‌کنند تا پودر سیمان پرتلند بدست آید. لازم به ذکر است نام پرتلند به جهت تشابه رنگ و کیفیت سیمان سخت شده با سنگ آهکی که در اطراف شهر پرتلند در ناحیه دُرست[9] انگلستان وجود دارد، مورد استفاده قرار گرفته است.

[1] Portland Cement

[2] Mortar . البته این لغت بیشتر به معنی ملات به کار رفته است.

[3] سر یک نوع نی

[4] John Smeaton

[5] Eddyston

[6] Joseph Aspdin

[7] Isaac Johnson

[8] Clinker

تولید سیمان پرتلند

به طور کلی تولید سیمان پرتلند مراحل مختلفی دارد که در ادامه به آن اشاره خواهند شد. لکن پیش از ذکر آنها بیان این مطلب ضروری است که صنعت سیمان دارای دو عیب عمده زیر است:

۱ـ مصرف انرژی بسیار بالا

۲ـ ایجاد آلودگی محیط زیست

و محققین و صنعتگران همواره در تلاش جهت تغییر خط تولید به گونه‌ای هستند که این معایب تا حد امکان مرتفع گردد.

انتخاب محل برای احداث کارخانه

انتخاب محل مناسب جهت احداث کارخانه تولید سیمان با عوامل چندی در ارتباط است که عبارتند از :

۱ـ کارخانه به معادن مواد اولیه (سنگ آهک و خاک رس) نزدیک باشد.

۲ـ ظرفیت معادن مواد اولیه پاسخگوی نیاز دراز مدت کارخانه باشند.

۳ـ کیفیت مواد اولیه در حد قابل قبولی باشد.

۴ـ کارخانه به قطبهای مصرف نزدیک باشد.

همانطور که مشاهده می‌شود، عوامل یک و چهار مربوط به هزینه حمل و نقل در صنعت سیمان است. از آنجا که مواد اولیه به کارخانه و سیمان تولیدی به قطبهای مصرف بسیار بالاست، محل کارخانه باید در جایی باشد که این هر دو مسافت حتی‌المقدور کمینه باشند. عوامل دو و سه نیز در ارتباط با

[9] Dorset

انتخاب معادن مناسب جهت قرضه کارخانه است. یک معدن مناسب باید اولاً از نظر کیفیت دارای مواد قابل قبولی باشد. ثانیاً از نظر کمیت بتواند حداقل بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ سال مواد اولیه کارخانه را تأمین نماید. در غیر این صورت ممکن است ساخت کارخانه از نظر اقتصادی به صرفه نباشد. از آنجا که در ایران بیشتر سنگها آهکی به صورت رسوبی در قالب کوه هستند و در دشتهای مجاور این کوهها معادن خاک رس موجود است. معمولاً حد فاصل این کوهها و دشتها محل مناسبی جهت احداث کارخانه است.

استخراج و انتقال مواد اولیه

جهت استخراج سنگ آهک معمولاً از عملیات آتش باری[10] استفاده می‌شود. بدین صورت که با استفاده از مواد منفجره قسمتهای مورد نظر از کوه را منفجر می‌کنند و سنگ آهک را به صورت قطعات سنگی درشت بدست می‌آورند. همچنین در استخراج خاک رس نیز، به دلیل سختی نسبتاً پایین معادن آن ، معمولاً از لودر(بیل مکانیکی[11])، بیلهای مکانیکی پرقدرت[12] و بیلهای کششی[13] استفاده می‌شود. پس از استخراج مواد اولیه آنها را با استفاده از واگن، تسمه نقاله یا کامیونهای ویژه حمل مواد اولیه به کارخانه منتقل می‌کنند.

سنگ شکن[14]

سنگ آهکی که از معدن بدست می‌آید، در بدو ورود به کارخانه ، به قسمت سنگ شکن منتقل می‌شود. سنگ شکنها که وظیفه خرد کردن قطعات بزرگ سنگ و ایجاد قطعات کوچکتر را بر عهده دارند، دارای انواع گوناگون همچون سنگ شکنهای فکی[15]، چکشی[16] و دورانی[17] می‌باشند. در زیر سنگ شکنها ، سرند[18] اولیه وجود دارد که خرده سنگهای شکسته در سنگ شکن ، روی آن می‌ریزند. قطعات مناسب خرده سنگها که از سرند اولیه عبور کنند، به قسمت دپوی مصالح منتقل می شوند و قطعات درشتی که روی سرند باقی می‌مانند، مجدداً به سنگ شکن باز می گردند .

دپوی[19] مصالح

مواد اولیه تا زمان مصرف در قسمتی از کارخانه انبار می‌شوند . از آنجا که مواد اولیه نسبتاً ناهمگن و غیر یکنواخت است و سیمان تولیدی باید کاملاً یکنواخت باشد، شیوه انباشتن و برداشت مصالح به گونه‌ای است که تا حدودی این هدف را تامین کند. بدین منظور از روش "بانـد همگن ساز" استفاده می‌شود. در این روش ماشین مخصوصی که دارای یک بازوی متحرک در بالاست، در طول قسمت دپو بر روی ریل حرکت می‌کند و مواد آماده شده را توسط تسمه نقاله به بالا منتقل کرده ، با استفاده از بازوی متحرک، در کنار مسیر حرکت خود تخلیه می‌کند. نتیجه این عمل در طول حرکت رفت و برگشتی ماشین، ایجاد یک خاکریز از مصالح مورد نظر در امتداد مسیر حرکت است. هر ماشین می تواند دو خاکریز در طرفین خود ایجاد کند و هر کارخانه بسته به حجم تولید، به تعدادی از این ماشینها مجهز است.

در هر صورت مواد اولیه در لایه‌های افقی بر روی هم ذخیره می‌شوند. در صورت برداشت با مقاطع عمودی، قسمت برداشتی تقریباً شامل کلیه لایه‌ها خواهد بود.

---

[10] Blast
[11] Tractor Shovel
[12] Power Shovels
[13] Draglins
[14] Crusher
[15] Jaw Crusher
[16] Hammer Mill
[17] Gyratory Crusher
[18] Sieve
[19] Storage

آسیاب گلوله‌ای

در فرایند آماده سازی مواد اولیه جهت تهیه سیمان، باید این مواد کاملاً به شکل پودر درآیند. بدین منظور از آسیاب گلوله‌ای[20](ساچمه‌ای) استفاده می‌شود. آسیاب گلوله‌ای استوانه‌ای است که محور آن با افق زاویه کوچکی می‌سازد ودارای ابعاد گوناگون همچون ۱۰×۴ متر است. داخل این آسیاب ، گلوله‌هایی است که در قسمتهای اولیه آن بزرگترند و هرچه به انتهای آسیاب نزدیک شود، کوچکتر می گردند. شیوه کار چنین است که در حالیکه استوانه می‌چرخد، این مواد با گلوله‌ها بالا می‌روند و از بالاترین نقطه سقوط می کنند. توالی این صعود و سقوط ، منجر به آسیاب شدن مواد می‌شود. مواد اولیه از قسمت ورودی آسیاب داخل می‌شوند و در اثر حرکت چرخشی و شیب استوانه به سمت خروجی پیش می‌روند و به صورت پودر از انتهای آن خارج می‌شوند. سنگ آهک و خاک رس هر یک در آسیابهای جداگانه‌ای آسیاب می‌شوند و پودر آنها در سیلوهای مخصوص نگهداری می‌شود. تفاوت آسیاب خاک رس با سنگ آهک آنست که به دلیل مرطوب بودن نسبی خاک رس، آسیاب کردن آن با حرارت همراه است تا پودر خاک رس به صورت کاملاً خشک بدست آید.

تهیه خوراک کوره

پس از آماده شدن پودر سنگ آهک وخاک رس ، نوبت به تهیه خوراک کوره می‌رسد. این عمل روشهای گوناگونی دارد و بر همین اساس ، روشهای مختلف تولید سیمان را دسته‌بندی می کنند. بدین منظور چهار شیوه وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره می گردد.

روش تر

داخل حوضچه‌هایی را از آب پر می کنند و سنگ آهک ، خاک رس و دیگر ترکیبات لازم را به نسبت معین به آن می‌افزایند . یک بازوی مکانیکی هم‌زن وظیفه اختلاط مواد و جلوگیری از ته نشین شدن آنها را بر عهده دارد. البته ممکن است از دمیدن هوای فشرده از زیر حوضچه به داخل آن هم استفاده شود. از دوغاب بدست آمده نمونه بردای کرده ، در آزمایشگاه تجزیه می کنند تا نسبت مواد در آن را تشخیص دهند. بدین ترتیب کمبود مواد و ترکیبات در دوغاب را تعیین و با استفاده از سیلوهای کمکی ، مواد لازم را به میزان کافی اضافه می کنند تا دوغاب (لجن)[21]با ترکیبات مناسب بدست آید.

دوغاب آماده شده را به کوره پخت سیمان می‌برند.

روش نیمه تر

در این شیوه، دوغاب بدست آمده از روش تر را پیش از آنکه به کوره بفرستند، داخل فیلترهایی به شکل آکاردئون می‌فشارند تا آب آن گرفته شود. حاصل ، خمیر سختی خواهد بود که پس از بریدن آن به شکل استوانه‌های کوچک ، این قطعات بدست آمده را به کوره می‌فرستند.

روش نیمه خشک

در این روش، مواد اولیه را بر روی سینی‌های دواری به نام دستگاه گلوله سازّ ریخته ، چهار الی پنج درصد آب اضافه می کنند . حرکت دورانی سینی و رطوبت موجود باعث پیوستن پودر مواد اولیه به یکدیگر و ایجاد گلوله‌هایی به نام اماج می‌شود. این گلوله‌ها خوراک کوره خواهند بود.

روش خشک

در این روش، پودر سنگ آهک و خاک رس به صورت خشک با یکدیگر مخلوط می‌شوند و نمونه‌هایی از آن تهیه می‌شود. این نمونه‌ها در معرض تابش اشعه X قرار می گیرند و بازتاب اشعه تحلیل می‌شود. از آنجا که هر ماده بازتاب مخصوصی از اشعه X دارد، با تحلیل طیفهای بازتابی از نمونه می‌توان درصد مواد گوناگون در نمونه را تعیین و نسبت به

[20]Ball Mill

[21]Slarry

تنظیم آنها اقدام کرد. مخلوط حاصل به همان صورت خشک خوراک کوره خواهد بود.

کوره

هنگامیکه خوراک کوره به هر یک از چهار روش فوق آماده شد، باید در دمای حدود ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد حرارت ببیند تا فعل و انفعالات لازم به وجود آید. بدین منظور از دو نوع کوره استفاده می‌شود.

کوره قائم[۲۲]

کوره قائم، استوانه‌ای است ایستاده به قطر معمولاً ۲ تا ۳ متر و ارتفاع ۷ الی ۱۰ متر که داخل آن با لایه‌ای از آجر نسوز پوشیده شده است. خوراک کوره از بالا همراه با درصدی پودر ذغال کک وارد کوره می‌شود که ذغال در مجاورت آتش و دمیدن هوا از پایین کوره مشتعل گشته، حرارت لازم را تأمین می‌کند. آنچه به صورت تفاله از پایین کوره خارج می‌شود، کلینکر نام دارد و جهت تولید سیمان از آن استفاده می‌شود. در حالیکه این کوره سیستم بسیار ساده‌ای داشته، زود به بهره برداری می‌رسد، غیر یکنواختی کلینکر تولید شده ، هزینه پرسنلی زیاد ، تولید کم و مصرف ذغال کک گران قیمت از مهمترین معایب آن به حساب می‌آید. علت عدم یکنواختی کلینکر آنست که برخی از خوارکهای کوره بیشتر حرارت می‌بینند و بعضی کمتر.

کوره گردنده افقی[۲۳]

کوره گردنده افقی استوانه‌ای است فلزی به قطر حدود ۳ تا ۴ متر و طول کافی که گاهی تا ۱۶۰ متر نیز می‌رسد. محور این کوره با افق زاویه کوچکی می‌سازد تا مواد وارد شده از بالا، در اثر حرکت دورانی و شیب کوره به سمت پایین آن منتقل شوند. حرارت لازم کوره توسط مشعلی که در قسمت انتهایی قرار گرفته و جریان‌های گرم و حرارت را از انتهای کوره به سمت ابتدای آن برقرار می‌کند تأمین می‌شود. از آنجا که دما در داخل کوره بسیار زیاد است، جهت گیری از انتقال آن به بدنه کوره ، قسمت داخلی آنرا با یک لایه آجر نسوز و همچنین عایق حرارتی (معمولاً پشم شیشه یا پشم سنگ) می‌پوشانند. در صورت خاموش کردن کوره ، تغییرات دمایی بسیار زیاد حاصله (در حدود ۱۴۰۰ درجه)، ایجاد شوک حرارتی می‌کند و باعث تخریب بخشهای درونی کوره می‌شوند. لذا حتی‌المقدور بجز در موارد ضروری یا تعمیر نباید کوره را متوقف نمود.

مواد اولیه از بالا وارد کوره می‌شوند. در قسمت ابتدایی کوره، مواد در دمایی حدود ۸۰۰ درجه کاملاً خشک می‌شوند. در قسمت بعدی و در دمایی حدود ۱۰۰۰ درجه، سنگ آهک کلسینه می‌شود. یعنی CO_2 آن خارج می‌شود. در قسمت انتهایی کوره حدود ۲۵٪ مواد تحت دمایی بیش از ۱۴۰۰ درجه ذوب می‌شوند که این پدیده همراه با حرکت دورانی کوره باعث چسبیدن سایر مواد به یکدیگر و تولید کلینکر می‌گردد. این کلینکر به عنوان محصول نهایی کوره از قسمت انتهایی آن خارج می‌شود.

جلوگیری از اتلاف انرژی

همانطور که اشاره شد، در کوره‌های گردنده افقی دو جریان مخالف هم برقرار است: ۱ـ جریان مواد از بالا به پایین.

۲ـ جریان هوای گرم از پایین به بالا

خروج کلینکر از پایین کوره و هوای گرم از بالای کوره ،باعث اتلاف بخش عظیمی از حرارت کوره و انرژی می‌شود. لزوم مقابله با این پدیده ، به ابداع شیوه‌های گوناگونی منجر شد که در ادامه خواهد آمد.

[22] Vertical Cement Kiln
[23] Rotary Cement Kiln

پیش گرم‌کن[۲۴]

پیش گرم کن متشکل از ظروفی به شکل مخروطهای ناقص معکوس است که در بالای ورودی کوره نصب می‌شوند و مواد پیش از ورود به کوره، داخل آن می‌گردند. هوای گرم خروجی از بالای کوره داخل این ظرفهای مخروطی شده، باعث گرم شدن مواد اولیه در آن می‌شود. این مسأله هم باعث خشک شدن نسبی مواد و هم گرم شدن آنها می‌گردد و لذا به همین مقدار می‌توان از طول کوره کاست ! پیش گرم کن مجهز به یک فن دمنده و تیغه‌هایی در مسیر است که جریان هوا پس از تنظیم سرعت توسط فن، در برخورد با تیغه‌ها آشفته شده ، مواد اولیه را در خود شناور نگاه می‌دارد و گرم می‌کند.

پیش کلسینه کن[۲۵]

پیش کلسینه کن همانند پیش گرم کن بر مبنای استفاده هرچه بیشتر از انرژی تلف شده در بالای کوره ابداع شده است. پیش کلسینه کن بین پیش گرم کن و کوره نصب می‌شود و درصدی از مواد در اثر حرارت آن کلسینه می‌شوند. لذا به همین میزان می‌توان از طول کوره کاست و در انرژی و هزینه آن صرفه جویی نمود!

کولر زنجیری[۲۶]

قبلاً اشاره شد که بخش قابل توجهی از حرارت و انرژی کوره در قسمت انتهایی به دلیل خروج کلینکر داغ صورت می‌پذیرد. از طرفی کلینکر بدست آمده از کوره ـ که دمایی بیش از ۱۴۰۰ درجه دارد ـ به همان صورت داغ قابل مصرف نیست و باید پیش از ادامه فرایند سیمان سرد شود. این دو نکته سبب بکار گیری سیستمی به نام کولر شد تا هر دو منظور را تأمین کند.

کولرها انواع مختلفی دارند و سیستم عمومی آنها بدین شرح است که کلینکر داغ از کوره وارد کولر می‌شود و تحت اثر جریان هوای خنک قرار می‌گیرد. از طرفی هوایی که در مجاورت کلینکرهای داغ گرم شده است، به داخل کوره هدایت می‌شود و میزان انرژی لازم جهت گرم کردن را کاهش می‌دهد. یکی از انواع کولرها، کولر زنجیری است که در آن ، کلینکرها پس از خروج از کوره بر روی یک شبکه زنجیری ریخته می‌شوند و از پایین تحت دمش هوا قرار می‌گیرند. جریان هوا در حرکت به بالا از میان کلینکرها ، آنها را خنک کرده، خود گرم می‌شود به داخل کوره می‌رود.

کولر اقماری

کولرهای اقماری عملکردی مشابه کولرهای زنجیری دارند و به صورت استوانه‌هایی با طول معین در قسمت انتهایی کوره نصب می‌شوند. این استوانه‌ها از داخل به درون کوره راه دارند. هنگامیکه کوره می‌چرخد و کلینکر آماده شده به انتهای آن می‌رسد، هر بار که یکی از استوانه‌ها در پایین کوره قرار می‌گیرد، مقداری کلینکر داخل آن می‌ریزد. جریان هوایی که از درون هر استوانه برقرار است، پس از خنک کردن کلینکرها به مشعل کوره منتقل می‌شود و از این طریق باعث صرفه‌جویی در مصرف سوخت کوره می‌شود.

فیلترهای الکترواستاتیک

هوای خروجی از بالای کوره ، پس از عبور از پیش گرم کن، در نهایت وارد جو می‌شود. این هوا دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای ذرات ریز معلق است که در صورت عدم بازیافت ، باعث آلودگی محیط زیست می‌شود. جهت جدا کردن این ذرات از هوا ، از فیلترهای گوناگون استفاده می‌شود. یکی از انواع این فیلترها ، فیلتر الکترواستاتیک است. در این سیستم، صفحاتی فلزی با بار مثبت الکترواستاتیکی در مسیر خروجی هوا قرار می‌گیرند و ذرات هوا پیش از ورود به فیلتر به وسیله جریان

---

[24] Preheater
[25] Precalciner
[26] Chain Cooler

برق فشار قوی، به بار منفی باردار می‌شوند. ذرات با بار منفی به سمت صفحات با بار مثبت جذب می‌شوند و هوای خروجی عاری از آنها می‌گردد. هنگامیکه ضخامت ذرات روی صفحات به حد معینی برسد، با دستگاه‌های لرزاننده صفحات را تمیز می‌کنند. ذرات بدست آمده در صورت دارا بودن قابلیت مصرف ، به قسمت خوراک کوره بازگردانده می‌شوند. لازم به ذکر است این صفحات در اثر رطوبت و اسیدی بودن گازهای کوره زنگ می‌زنند و باید هر از چندگاهی تعویض شوند.

آسیاب نهایی کلینکر

کلینکر خارج شده از کولر دمایی در حدود ۳۰۰ درجه دارد که هنوز مناسب ادامه روند تولید سیمان نیست ، لذا آن را در انبارهای سرپوشیده‌ای به مدت ۵ تا ۶ روز قرار می‌دهند تا دمای آن در مجاورت هوا به کمتر از ۱۰۰ درجه ، یعنی حدود ۶۰ درجه برسد. حال این کلینکر را همراه با حدود۳٪ وزنی سنگ گچ $(CaSO_4,2H_2O)$ به وسیله آسیابهای گلوله‌ای آسیاب می‌کنند و پودر حاصل را با استفاده از سرند الک می‌نمایند. ذرات درشت‌تر از اندازه الک به آسیاب بازگردانده می‌شوند. آنچه در نهایت بدست می‌آید، پودر سیمان پرتلند است که دارای ۱۰×۱ یا ۱۰×۱۱ ذره سیمان است. بعداً خواهیم دید که سنگ گچ در زمان گیرش سیمان مؤثر است.

انتقال سیمان به محل مصرف

سیمان پس از تولید در سیلوهای مخصوص ذخیره می‌شود تا از آنجا به کارگاه منتقل گردد. انتقال سیمان به دو شکل انجام می‌شود که عبارتنداز:

۱ـ پاکتی

۲ـ فله‌ای

در روش پاکتی، سیمان در پاکتهای استانداردی بسته بندی و راهی بازار مصرف می‌شود. مطابق استاندارد ، کیسه‌ها باید در وزنهای ۲۵ یا ۵۰ کیلوگرم و حداقل دارای سه لایه کاغذی باشند که جهت جلوگیری از نفوذ رطوبت ، بین دو تا از لایه‌ها باید غیراندود یا یکی از جنس پلاستیک باشد. بر روی پاکتهای سیمان باید علامت تجاری کارخانه ، نام تولید کننده، نوع سیمان، وزن کیسه و تاریخ تولید با رنگ مخصوص به تیپ هر سیمان نوشته شده باشد.

در روش فله‌ای، ماشین مخصوص حمل سیمان[27] در زیر سیلو بارگیری کرده، بار خود را به سیلوی کرگاه منتقل می‌کند. هنگام تخلیه ماشین حمل سیمان، پس از اتصال لوله رابط به سیلو، با افزایش فشار و برقراری جریان هوا در لوله ، ذارت سیمان همانند سیال به داخل سیلو منتقل می‌شوند.

فساد سیمان

دو عامل باعث فساد سیمان می‌شود که عبارتند از:

۱ـ جذب رطوبت از محیط

۲ـ جذب Co_2 از هوا

فساد سیمان در اثر رطوبت را هیدراته شدن[28] و در اثر جذب CO_2 را کربناته شدن[29] گویند. به منظور جلوگیری از فاسد شدن سیمان در کارگاه، نکات چندی در مورد انبار کردن و استفاده از سیمان باید مدنظر قرار گیرد که به آنها اشاره می‌نماییم.

۱ـ در صورت انتقال سیمان از کارخانه به کارگاه به صورت کیسه‌ای ، حتماً سطح بارگیر تریلی با برزنت یا پلاستیک پوشیده شود.

۲ـ هنگام تخلیه و انتقال کیسه‌ها از پاره شدن آنها جلوگیری شود.

۳ـ کیسه‌های رسیده به کارگاه در انبارهای سرپوشیده نگهداری شوند یا روی آنها روکش پلاستیکی قرار گیرد.

---

[27] Bulker
[28] Hydration
[29] Carbonation

۴ـ به هیچ وجه کیسه‌ها روی زمین چیده نشوند. برای قرار دادن کیسه‌ها از سطوح چوبی که سطح آنها حداقل ۲۰cm از زمین فاصله دارد استفاده شود.

۵ـ حداکثر تعداد ۱۲ کیسه سیمان روی یکدیگر قرار داده شوند.

۶ـ هیچگاه بیش از مقدار مورد نیاز و پیش از زمان لازم ملات درست نشود.

در مورد اول و سوم، جذب رطوبت در اثر بارش احتمالی مد نظر بوده است. مورد دوم مربوط به جذب رطوبت و CO_2 هواست. چهارمین مورد به جذب آب از زمین در اثر عوامل مختلف همچون جاری شدن آب در کارگاه اشاره دارد. در صورت وجود فاصله مناسب بنی سطح چوب و زمین، جریان هوا زیر کیسه‌ها برقرار شده ، از مرطوب شدن آنها جلوگیری می کند (شکل ۲ـ۶) . عدم رعایت نکته پنجم باعث می‌شود سیمان در کیسه‌های زیرین تحت فشار قرار گیرد و در اثر جذب اندکی رطوبت کلوخه شود (شکل ۲ـ۶). نکته ششم نیز در این رابطه است که اگر احتمالاً یکی از محموله‌های رسیده به کارگاه فاسد یا دارای هر ایراد دیگری باشد، بتوان آن محموله را به راحتی شناسایی و جدا کرد . آخرین مسأله به فاسد شدن سیمان و عدم کارایی ملات در اثر سپری شدن زمان گیرش آن اشاره دارد.

عناصر و خواص سیمان

در فرایندهای تولید و مصرف سیمان، به طور عمده در دو مرحله با تغییرات شیمیایی مواجه هستیم:

۱ـ هنگامیکه مواد در دمای بیش از ۱۴۰۰ درجه کوره با یکدیگر فعل و انفعال شیمیایی انجام می‌دهند.

۲ـ هنگام مخلوط شدن سیمان با آب و انجام واکنش هیدراتاسیون .

در سیمان عناصر گوناگونی همچون کلسیم، سیلیسیم، آلومینیوم ، آهن ، منیزیم، سدیم، پتاسیم و گوگرد وجود دارد. البته بیشتر این عناصر به صورت اکسید وجود دارند. یعنی CaO، $SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O$ و SO_3 . (در شیمی سیمان CaO را با C، SiO_2 را با S، Al_2O_3 را با A و Fe_2O_3 را با F نمایش می‌دهند.) به این ترکیبات،اکسیدهای ساده سیمان گویند. برخی از این ترکیبات در فرایندهای درونی کوره با یکدیگر ترکیب شده، اکسیدهای مرکب زیر را به وجود می‌آورند: دی کلسیم سیلیکات C_2S ، تری کلسیم سیلیکات C_3S ، تری کلسیم آلومینات C_3A ، تتراکلسیم آلومینات فریت C_4AF مقادیر اکسیدهای ساده و مرکب در آزمایشگاه تعیین می‌شوند . لکن سری فرمولهای تجربی باجو[30] نیز در محاسبه مقادیر اکسیدهای مرکب کاربرد دارند.

هر کدام از اکسیدهای مرکب ، مسؤول بخشی از خواص سیمانند. قسمت عمده سیمان از سیلیکاتهای کلسیم (حدود ۵۰ درصد C_3S و بین ۲۰ تا۲۵ درصد C_2S) تشکیل می‌شود و کلیه خواص مفید همچون چسبندگی ، ثبات ، مقاومت و ... مربوط به آنهاست. تفاوت C_3S با C_2S در آنست که C_3S با آب سریع واکنش داده ، مقاومت اولیه را همراه با حرارت هیدراتاسیون زیاد تولید می کند. اما C_2S کندتر واکنش نشان داده ، با تولید حرارت هیداراتاسیون کمتر، تأمین مقاومت نهایی سیمان را بر عهده دارد. به عبارتی مقاومت هفت روز اول توسط C_3S و مقاومت تا ۲۸ روز و به بعد توسط C_2S تأمین می‌شود. C_3A در کوره خود به خود تولید می‌شود و تنها می‌توان میزان آن را کم کرد. C_3A اکسیدی است ناپایدار که در مجاور عوامل سولفاتی فوراً به ماده دیگری به نام اترنژیت تبدیل می‌شود. اترنژیت در اثر جذب آب، افزایش حجم پیدا

[30] Bojue

می کند که باعث ترک خوردن بتن می‌شود. این پدیده را اصطلاحاً حمله سولفاتها[31] گویند. C_3A با آب به سرعت واکنش داده، گیرش حاصل می کند. جهت جلوگیری از بروز این پدیده ـ که به آن گیرش آنی می گیرند ـ هنگام آسیاب نهایی کلینکر به آن بین ۳ تا ۴ درصد سنگ گچ $(CaSO_4,2H_2O)$ می‌افزایند. سنگ گچ با C_3A واکنش ایجاد می کند و سولفو آلومینات کلسیم نامحلول $(3CaO,Al_2O_3,3CaSO_4,31H_2O)$ به وجود می‌آورد و از این طریق از ظهور گیرش آنی جلوگیری می‌نماید. بعداً خواهیم دید جهت تهیه سیمان ضد سولفات (تیپ۵) درصد C_3A را کاهش می‌دهند. C_4AF نقش چندانی در خواص سیمان ندارد و صرفاً به عنوان کاتالیزور حرارتی ایفای نقش می کند؛ به گونه‌ای که اگر نباشد، دمای پخت لازم در کوره مقداری بسیار بیشتر ا ز ۱۴۰۰ درجه خواهد بود.

ضریب اشباع آهکی[32]

ضریب اشباع آهکی (L.S.F) گویای نسبت سنگ آهک به خاک رس است و از فرمول ذیل محاسبه می‌شود.

$$L.S.F=\frac{(CaO)-0,7(SO_3)}{2,8(SiO_2)+1,2(Al_2O_3)+0,65(Fe_2O_3)}$$

در آزمایشگاه پس از تجزیه سنگ آهک و خاک رس ، مقادیر ترکیبات مورد نظر در فرمول L.S.F را محاسبه کرده ،ضریب اشباع آهکی را بدست می‌آورند. مطابق آیین نامه مقدار این ضریب باید بین ۶۶،۰ و ۰۲،۱ باشد:

$$0,66<L.S.F<1,02$$

اگر ضریب اشباع آهکی کمتر از ۶۶،۰ باشد، بدان معناست که مقدار سنگ آهک در سیمان کم است و سیمان مقاومت کافی ندارد. اگر این ضریب از ۰۲،۱ تجاوز کند، بدان معنی است که میزان سنگ آهک بیش از مقدار لازم جهت ترکیب با خاک رس است . مازاد سنگ آهک، در اثر حرارت زیاد کوره و فعل و انفعالات پیچیده آن به «آهک سوخته شده آزاد» تبدیل می‌شود. تفاوت آهک سوخته شده آزاد با آهک در آنست که تغییر حجم آهک در مجاورت آب در چند لحظه انجام شده ، پایان می‌پذیرد؛ حال آنکه این پدیده در مورد آهک سوخته شده آزاد، بسیار آهسته و طی چند سال صورت می گیرد و اگر این سیمان در ساخت بتن بکار رود، باعث ترک خوردن آن می‌شود .

زمان گیرش[33]

تغییر وضعیت ژل سیمان از حالت خمیری به حالت جامد را گیرش گویند. زمان گیرش سیمان از آن جهت حائز اهمیت است که کلیه عملیات انتقال ، پمپ ، در قالب ریختن و احتمالاً پرداخت سطحی بتن فقط در این بازه زمانی ممکن است. به طور کلی دو نوع زمان گیرش در مورد سیمان لحاظ می‌شود که عبارتند از :

۱ـ زمان گیرش اولیه

۲ـ زمان گیرش نهایی

آیین‌نامه حداقل گیرش اولیه را یک ساعت و حداکثر زمان گیرش نهایی را ۱۰ ساعت (برای سیمانهای معمولی) می‌داند.

زمان گیرش با دستگاهی به نام ویکات (به نام شیمی‌دان فرانسوی) مطابق شکل ۲ـ۱۲ سنجیده می‌شود. این دستگاه شامل یک بازوی متحرک متصل به میله‌ای عمودی است که تشکیلات سوزن همراه با عقربه نفوذ بر روی این بازو نصب است و در کنار آن صفحه مدرج عمودی قرار دارد. در کنار میله عمودی و زیر بازوی متحرک یک مخلوط ناقص بر روی صفحه پایه قرار دارد. تشکیلات سوزن شامل میله‌ای عمودی

[31] Sulfate Attack
[32] Lim_ Saturation Factor
[33] Setting Time

است که در یک طرف آن سوزنی با سطح مقطع دایره به قطر ۱۰mm و در سر دیگر سوزنی به مساحت $1\ mm^2$ قرار دارد. از طرف با قطر ۱۰mm برای تعیین میزان آب متعارف استفاده می‌شود.

جهت تعیین زمان گیرش اولیه[۳۴]، خمیری از سیمان مورد نظر با درصد آب متعارف می‌سازند و از لحاظ اختلاط آب و سیمان ، زمان سنج را به کار می‌اندازند. سپس ظرف مخروطی را از خمیر حاصل پر کرده ، سطح آن را صاف می‌کنند و نوک سوزن به سطح قاعده $1\ mm^2$ را بر سطح آن به صورت مماس قرار می‌دهند. آنگاه پیچ میله را شل می‌کنند تا سوزن تحت وزن خود و میله(۳۰۰gr) به داخل خمیر سیمان فرو رود. میزان نفوذ سوزن در خمیر سیمان از روی صفحه مدرج قرائت می‌شود(ممکن است سوزن به طور کامل در خمیر فرو رود). این آزمایش در فواصل زمانی معین تکرار و هر بار میزان نفوذ سوزن در خمیر سیمان یادداشت می‌شود. مطابق تعریف، زمان گیرش اولیه زمانی است که سوزن با سطح مقطع $1\ mm^2$ به اندازه ۲mm در خمیر سیمان نفوذ کند. با رسم نمودار میزان نفوذ ـ زمان می‌تواند زمان گیرش اولیه را بدست آورد.

جهت بدست آوردن زمان گیرش نهای[۳۵]،به شیوه‌ای مشابه فوق و با استفاده از سوزن مخصوص به خود عمل می‌شود. سوزن گیرش نهایی همانند سوزن گیرش اولیه با این تفاوت است که یک کلاهک به گونه‌ای بر روی آن نصب شده که قاعده آن ۰,۵mm تا سر سوزن فاصله دارد.

مطابق تعریف ، زمان گیرش نهایی زمانی است که نوک سوزن مخصوص به اندازه ۰,۵mm در خمیر نفوذ کند یا قاعده کلاهک بر روی سطح خمیر بنشیند.

در اینجا متذکر می‌شویم که در زمان بتن ریزی ممکن است با دو نوع گیرش مواجه شویم که عبارتنداز :

۱ـ گیرش آنی [۳۶]

۲ـ گیرش کاذب[۳۷]

گیرش آنی در اثر کمبود سنگ گچ در سیمان و واکنش سریع C_3A با آب است که برگشت پذیر نمی‌باشد. اما گیرش کاذب به علت داغ بودن کلینکر هنگام آسیاب و تبدیل سنگ گچ به گچ در اثر تبخیر شدن دو ملکول آب سنگ گچ است که این گچ در مجاورت آب سفت می‌شود. لکن چون میزان گچ در مقایسه با حجم بتن اندک است، توانایی سفت کردن کل بتن را ندارد و شبکه‌های سفت شده در اثر هم زدن بتن با بیل یا هر وسیله دیگر گسسته شده، گیرش از بین می‌رود. در حقیقت گیرش کاذب برگشت پذیر است.

نرمی ذرات[۳۸]

نرمی ذرات پارامتری است از ریزی و درشتی ذرات سیمان. هر چه ذرات سیمان ریزتر باشد، سطح مخصوص[۳۹]آنها بیشتر و در نتیجه واکنش آنها با آب و کسب مقاومتشان سریعتر و حرارت هیدراتاسیون آنها بیشتر است. بنا به تعریف سطح مخصوص سیمان (با واحد cm^2/gr) عبارتست از مجموع سطوح ذارت موجود در یک گرم سیمان. در قدیم جهت بررسی اندازه ذرات سیمان از الک استفاده می‌شد.

عمده ترین ایرادهای این روش عبارتنداز:

۱ـ پودر نرم سیمان چشمه‌های الک را می‌بندد و موجب کم شدن دقت آزمایش می‌گردد.

۲ـ چشمه‌های الک نمی‌توانند اندازه دقیق دانه‌ها را تعیین کنند.

[34] Initiad Setting Time
[35] Final Setting Time
[36] Flash Set
[37] False Set
[38] Fineness
[39] Specific Surface

بنام او

دوستان گرامی لطفاً در صورت داشتن هرگونه انتقاد، پیشنهاد، درخواست

با ایمیل زیر در ارتباط باشید

به امید روزهای خوب...

Mehdi.Jouhari.1986@Gmail.Com