

مقدمه:

سیمان گردی است نرم ، جاذب آب و چسباننده خرده سنگ که اساساً مرکب است از ترکیبات پخته شده اکسید کلسیم با اکسید سیلیکون ، اکسید آلومینیم و اکسید آهن ، ملات این گرد قادر است به مرور در مجاورت هوایا در زیر آب سخت شده و در زیر آب ضمن داشتن ثبات حجم ، مقاومت خود را نیز حفظ نموده و در فاصله ۲۸ روز در زیر آب ماندن دارای حداقل مقاومت ۲۵ نیوتن بر میلیمتر مربع است . سیمان جزء اساسی و جدائی ناپذیر بتن است و بتن به عنوان يك ماده و مصالح ساختمانی با مفهوم ملات و سنگ مصنوعی دارای قدمت زیادی است فنیقی ها در حدود ۱۰۰۰ سال پیش از میلادیونانی ، ها در حدود ۲۰۰ سال پیش از میلاد و رومی ها در حدود ۱۰۰ سال پیش از میلاد قادر به تهیه مصالحی بوده اند که در مقابل آب سخت می شده اند . آثار باقیمانده از تخت جمشید و پل های قبل از اسلام مؤید این است که ایرانیان از ازمه بسیار قدیم قادر به تهیه ملاتهای آبی بوده اند و مصالحی را ابداع کرده اند که قادر به تحمل فشار و حفظ انسجام خود در مجاور آب بوده اند .

سیمانها مواد چسبنده ای هستند که قابلیت چسباندن ذرات به یکدیگر و بوجود آوردن جسم يك پارچه از ذرات متشکله را دارند . این تعریف از سیمان دارای آنچنان جامعیتی است که می تواند شامل انواع چسبهای مایع که در چسبانیدن قطعات سنگ و یا فلزات به یکدیگر بکار می روند نیز شود . نمونه ای از این چسبها در صنعت سیمان در کار گذاشتن آجر نسوز در کوره سیمان مورد مصرف دارد و خاصیت اصلی آن این است که آجر نسوز (که يك جسم سرامیکی است) را به بدنه کوره (آهن) می چسباند ، همچنین انواع سیمان های دیگر که در دانهزنی مورد مصرف دارند ، از جمله چسب ها می باشند .

آنچه که از کلمه سیمان در نظر است ، آن نوع از سیمان ها است که دارای ریشه آهکی می باشند . بعبارت دیگر سیمانهایی که ماده اصلی تشکیل دهنده آنها آهک است ، ماده اولیه اصلی آنها سنگ آهک می باشد . براین اساس سیمان ترکیبی است از اکسید کلسیم (آهک) با سایر اکسیده ها نظیر اکسید آلومینیم ، اکسید سیلیسیم ، اکسید آهن ، اکسید منیزیم و

اکسیدهای قلیایی که میل ترکیب با آب را داشته و در مجاورت هوا و در زیر آب به مرور سخت می گردد و دارای مقاومت می شود.

تاریخچه سیمان یاسوج:

اولین کارخانه سیمان در این شهر بود که در سال ۱۳۸۳ با یک کوره به ظرفیت اسمی ۷۰۰ تن ساخته شد که در آن زمان کمک بزرگی در ساختار زیر بنایی استان داشت.

این واحد با تولید سیمان پرتلند (معمولی) با سیستم خشک در مسیر تولید قرار گرفت.

۱- مشخصات طرح سیمان کهگیلویه:

۱-۱- سال تاسیس: در تاریخ ۷۱/۱۱/۱۰ توسط بخش خصوصی تاسیس شد.

۱-۲- در سال ۷۴ به سازمان صنایع ملی ایران تکلیف شد که این طرح را اجرا کند مناسب تشخیص داده شده که در قالب همان تشکل قبلی این کار دنبال شود به همین جهت در دیماه ۷۴ در اولین مرحله افزایش سرمایه شرکت ، سازمان با استفاده از حق تقدم حضور رسمی یافت (۹۴٪ سهام)

۱-۳- محل طرح : در ۲۵ کیلومتری یاسوج به گچساران ، در دشتروم جنب آبادی تنگاری .

۱-۴- مساحت محوطه : وسعت کارخانه ۲۱ هکتار ، فضای سبز پیش بینی شده حدود ۳۰ هکتار که با احتساب حریم دریافتی برای تعبیر مسیر رودخانه به خارج از محوطه مجموعاً ۶۳/۵ هکتار است .

۱-۵- هدف از طرح : احداث واحد تولید سیمان خاکستری به ظرفیت ۷۰۰ تن در روز (۲۱۰.۰۰۰ تن در سال)

۱-۶- منابع تامین ماشین آلات و تجهیزات : خط تولید از شرکت شانگهای ماشینری چین :

SHANGHAI MACHINERY COMPLETE
EQUIPMENT (GROUP)CORP (SMCEC)

پس از طی مراحل مقدماتی ثبت سفارش و تایید نوع ارز ، سرانجام در تاریخ ۲۰/۴/۷۵ تلکس گشایش اعتبار اسنادی به بانک چین شعبه شانگهای توسط بانک تجارت مخابره گردید .

۱-۷- هزینه اجرای طرح :

طبق برآورد تیرماه ۱۳۷۴ هزینه اجرای طرح به شرح زیر است :

هزینه ارزی ۱۵.۰۰۰.۰۰۰ دلار

هزینه ریالی ۴۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال

۱-۸- مدت زمان اجرای طرح :

با توجه به ویژگی های اقلیمی جمعاً ۳۲ ماه برای اجرای طرح پیش بینی شد.

۱-۹- ماشین آلات :

سنگ شکن - داشت و برداشت - آسیاب مواد - نمونه گیر - پیش گرم کن - کوره - الکتروفیلتر - کولر - آسیاب سیمان - کیسه پر کن - بارگیری بصورت فله - سیستم انتقال - سیستم های کنترل و ابزار دقیق - کمپرسور - ژنراتور - تعمیرگاه و کارگاه ساخت .

۱-۱۰- ویژگی های طرح :

۱-۱۰-۱- این پروژه بزرگترین پروژه صنعتی استان تافنون است .

۱-۱۰-۲- تامین سیمان مورد نیاز استان و صرفه جویی در طی مسافت های طولانی از استان های همجوار (فارس ، اصفهان ، خوزستان)

۱-۱۰-۳- اشتغال زایی مستقیم در حد ۲۵۰ نفر

۱-۱۰-۴- بهره برداری از منابع کانی منطقه

۱-۱۰-۵- آموزش و تربیت نیروهای فنی و تخصصی

۱-۱۰-۶- ارتقاء فرهنگ صنعتی در منطقه

۱-۱۰-۷- تغییر الگوهای مصرف و دوام بیشتر سازه ها .

۸-۱۰-۱- بکارگیری واحد های جنبی - خدماتی و تولیدی در منطقه .

۱۱-۱-تامین آب : چاه به عمیق به عمق ۱۸۰ متر در ۲۰۰ متری جنوب محل اجرای طرح حفر گردیده و مرداد ماه ۷۵ آب لازم (۲۰ لیتر در ثانیه) تامین گردیده است .

۱۲-۱-تامین برق :

۱-۱۲-۱- قرارداد انتقال ۳۱۵ کیلوولت آمپر (برق موقت) به سایت در مرداد ۷۵ منعقد و در مهرماه ۷۵ به انجام رسیده است .

۲-۱۲-۱- انتقال برق و ترانسفورماتور ۲۰۰ کیلو ولت آمپر به سرچاه در آبانماه ۷۵ صورت گرفته است .

۳-۱۲-۱- برای تامین برق صنعتی ۶ مگاوات مکاتبات با واحدهای ذیربط در توزیع برق استان برق منطقه ای خوزستان و ... انجام شده است.

معرفی تجهیزات کارخانه:

سنگ شکن:

برای خرد کردن قطعات بزرگ سنگهای استخراج شده از معدن از سنگ شکنها استفاده میشود. سنگ شکنها انواع مختلفی دارند، که از آن جمله می توان به سنگ شکنهای فکی، چکشی، مخروطی، ضربه ای و استوانه ای نام برد.

سنگ شکن مرد استفاده در کارخانه ی سیمان یاسوج از نوع چکشی می باشد مجموعاً ۳۶ عدد چکش دارد که در ۸ ردیف قرار گرفته اند، ۴ ردیف دارای ۵ چکش و ۴ ردیف دارای ۴ چکش هستند و وزن هر چکش 50kg است . ظرفیت آن ۱۵۰ تا ۲۰۰ تن در ساعت است ، ابعاد مواد ورودی به سنگ شکن 1000mm و ابعاد مواد خروجی آن 25mm میباشد.

آسیاب:

عمل نرم کردن مواد در دستگاه هایی به نام آسیاب انجام می گیرد . معمولاً مواد خارج شده از سنگ شکن وارد آسیاب می شوند تا پودر و نرم شوند. آسیاب ها انواع مختلفی دارند که از جمله می توان به آسیاب های استوانه ای ، غلطکی و چکشی نام برد. آسیاب مورد استفاده در کارخانه ی سیمان باسوج از نوع استوانه ای می باشد. این آسیاب ها معمولترین نوع آسیاب هستند که بوسیله ی گلوله یا میله ی فولادی عمل خرد کردن را انجام می دهند. که آسیاب کارخانه گلوله ای می باشد این آسیاب دو اتاقچه ای می باشد که اتاقچه ی اول کار خردایش مواد را انجام می دهد و اتاقچه دوم کار سایش و نرم کردن مواد را انجام می دهد طول آسیاب 7.5m و قطر آن 3.4m است و طول درایر 1.8m است ، ابعاد مواد ورودی به آسیاب 25mm و مواد خروجی ۷۰ تا ۲۰۰ میکرون می باشد، ظرفیت آن ۵۵ تن در ساعت است سرعت آن در حدود ۱۶.۹r/min است و قدرت موتور آن 1250kw می باشد.

آسیاب دیگر کارخانه آسیاب سیمان است که سه اتاقچه ای بوده و طول آن 13m و قطر آن 2.6m ظرفیت آن ۲۵ تن در ساعت و سرعت آن 19.11r/min است ابعاد مواد ورودی به آن 25mm و مواد خروجی آن سیمان است.



شکل شماره ۱: آسیاب مواد

بگ فیلتر:

وظیفه اصلی این عضو گرفتن گردوغبار ایجاد شده در مسیر و بازگرداندن دوباره ی آن به مسیر است. اساس کار تقریباً شبیه جاروبرقی میباشد. بگ فیلتر دارای یک موتور است که باعث مکش هوا در مسیر مواد میشود. گردوغباری که در مسیر در اثر جابجایی ایجاد شده را مکش کرده و گردوغبار در مسیر عبور خود به کیسه های پارچه ای چسبیده شده. هوای مکش شده از کیسه ها عبور میکند و این گردوغبار در کیسه ها باقی میماند تا زمانی که یک دمنده به آن ضربه وارد کند باعث ریزش مواد گرفته شده در محفظه ای میشود و از آنجا مواد دوباره به مسیر اصلی خود بازگردانده میشوند.

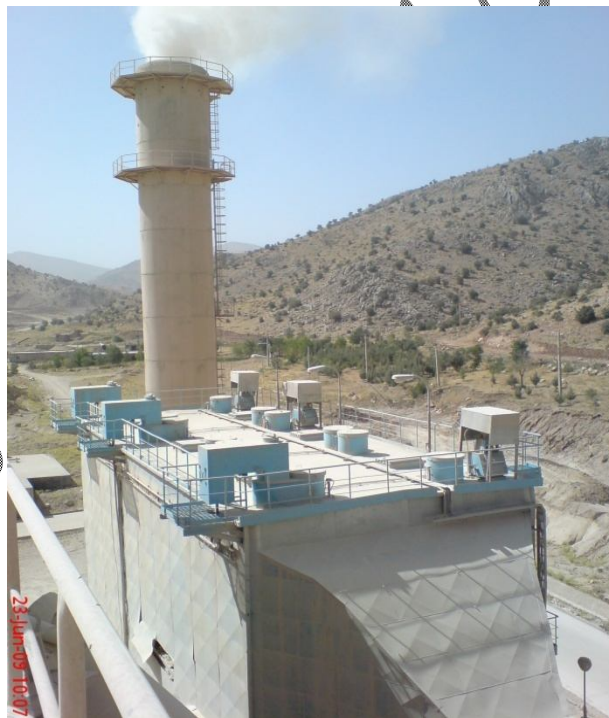


شکل شماره ۲: بگ فیلتر

الکترو فیلتر :

الکتروفیلتر یک نوع دیگر از فیلترهایی است که در این کارخانه مورد استفاده قرار میگیرد. اساس کار آن به این شکل میباشد که چندین صفحه دارد و یک فن وجود دارد که این فن به وسیله نیروی الکتریکی شروع به حرکت میکند و ذرات گردوغبار را میمکد این ذرات گردوغبار درون الکتروفیلتر باردار میشوند چون این مواد دارای بار منفی میباشند به صفحات فلزی که دارای بار مثبتند میچسبند.

نحوه جدا کردن این مواد به این شکل است که یک لنگ که به یک موتور الکتریکی وصل است دایما در حال چرخش میباشد و ضربه ای چکشی به این صفحات وارد میکند. البته در هنگام وارد کردن این ضربه بار الکتریکی این صفحات قطع شده و این مواد ریزش کرده و به مسیر اصلی خود باز میگردند.



شکل شماره ۳: الکترو فیلتر و آگزوز خروجی

انتقال دهندهای مواد در کارخانه ی سیمان عبارتند از نوارنقاله ، air slide ، الواتور و air lift .

برای انتقال مواد از سنگ شکن تا آسیاب مواد از نوار نقاله استفاده میکنیم نوار نقاله شامل تجهیزاتی مانند: موتور، شافت، درامی، رولیک و تسمه نوار است.

Scrow و air slide برای انتقال مواد خروجی از آسیاب مورد استفاده قرار می گیرند. وزن بالای scrow سبب می شود که در جا هایی که نسبت به سطح ارتفاع دارند از air slide استفاده شود.

:Air slide

یک سیستم انتقال مواد است که برای موادی که حالت پودری دارند مورد استفاده قرار میگیرد. ایراسلاید محفظه مکعبی میباشد که از داخل بوسیله ی یک لایه ی برزنتی به دو قسمت تقسیم شده است (کاملاً آب بندی) قسمت بالایی برای مواد میباشد و قسمت پایینی به لوله هایی متصل است که از طریق این لوله ها هوا از فن به زیر لایه ی برزنتی منتقل شده و باعث لرزش در لایه ی برزنتی شده و باعث جابجایی مواد میشود. البته ایراسلاید همیشه دارای مقداری شیب میباشد که مواد در جهت شیب منتقل میشوند.

ایر اسلاید مکانیزمی می باشد که بر اساس پدیده سیلانی شدن (fluidization) مواد خامی را که در آسیاب خرد می شوند را منتقل می کند. خاصیت سیلانی شدن، خاصیتی است که سبب می شود مواد پودر شده، خواص مایعات را به خود بگیرند و در نتیجه مواد بر روی سطح ایر اسلاید که دارای شیب ملایم است، همانند مایع جریان یابند. به وجود آمدن حالت سیالی مواد خام در اثر عبور هوا از سوراخهای پارچه اسلاید صورت می گیرد.

الواتور و air left به عنوان بالا برنده ی مواد در کارخانه ی سیمان مورد استفاده قرار میگیرند air left که بالا برنده ی هوایی است با استفاده از هوایی که از پایین به درون آن دمیده می شود مواد را به بالا هدایت میکند. الواتور که یک بالا برنده ی کاسه ای است شامل کاسه هایی است که بروی یک زنجیر قرار دارند مواد از پایین وارد کاسه ها شده و به وسیله آنها به بالا می روند در بالا کاسه ها برعکس شده و مواد درون آنها تخلیه میشود و برمیگردند.

کوره:

کوره دوار سیمان عبارت است از یک استوانه فلزی خفته که با شیب ۳ تا ۴ درصد نسبت به افق روی ۳ پایه در حال چرخش است. در نقاطی از کوره که روی پایه قرار دارد یک رینگ (حلقه یا تایر) جای داده شده است که کوره با اتکا به این رینگ روی دو غلطک قرار گرفته است تقریباً در اواسط کوره (متمایل به سمت ورود مواد خام) چرخ دنده بزرگی به صورت حلقه دور کوره قرار دارد که توسط این چرخ دنده و پینیون واقع در روی پایه مقابل دنده و با سیستم موتور گیربکس متصل به پینیون، حرکت دورانی کوره تامین می شود. در انتهای خروجی کوره مشعل کوره قرار دارد که با سوخت گاز و مازوت کار می کند و حرارت لازم برای پخت مواد را تامین نماید. جریان مواد خام از عقب کوره (ورودی کوره) به سمت جلو در (جهت سرازیری) و جریان گاز حاصل از سوختن در خلاف جهت مواد می باشد، جریان گاز به سمت عقب کوره به دلیل وجود یک مکنده (فن) بسیار قوی (آیدی فن) در انتهای سیستم پخت است که مکش لازم را ایجاد می نماید. حرکت مواد به سمت جلوی کوره به علت شیب کوره و حرکت دورانی کوره می باشد. ظرفیت کوره ۷۰۰ تن، طول کوره ۴۶ متر، قطر آن ۳.۲ متر سرعت چرخش کوره 36-3.57r/min می باشد. کوره دارای سه موتور اصلی، کمکی و دیزل می باشد. قدرت موتور کوره 160kw می باشد.



شکل شماره ۴: کوره دوار سیمان

اجزا و دستگاه های جنبی کوره:

رینگ های کوره:

رینگ ها از جمله قطعات اصلی همراه بدنه کوره می باشند که بدنه ی کوره با اتکا به آنها روی غلطک های پایه ها قرار می گیرد و حرکت رفت و برگشتی ناشی از انبساط حرارتی و حرکت دورانی لازم برای جریان مواد را انجام می دهد. لزوما قطر داخلی رینگ بزرگتر از کوره است و در فاصله بین رینگ و کوره صفحاتی قرار دارند که علاوه بر محافظت بدنه از سایش در اثر تماس بارینگ نقش تنظیم کننده فاصله بین رینگ و کوره را نیز دارد. این صفحات ممکن است به بدنه کوره جوش یا پیچ شده باشند هر روی این صفحات حلقه های حایلی قرار دارد که نقش جلوگیری کننده از حرکت طولی رینگ نسبت ته کوره را بازی میکنند. ازرنجاییکه بدنه ی کوره می بایستی نسبت به رینگ فاصله داشته باشد تا بدین وسیله امکان انبساط حرارتی و بازی فراهم باشد دقت در میزان این فاصله دارای اهمیت اصولی است ، چنانچه این فاصله کم شود، در موقع انبساط حرارتی این امکان وجود دارد که بدنه تحت فشار رینگ قرار بگیرد و نتیجه این شود که یا بدنه چروکیده شده و ترک بردارد و یا اینکه رینگ قدرت تحمل نداشته باشد و ترک بردارد همچنین چنانچه این فاصله زیاد باشد این امکان هست که بدنه ی کوره جای بازی بیش از حد متعارفی در داخل رینگ داشته باشد در نتیجه ضمن چرخش کوره در نقاط اتکا روی غلطک ها فرورفتگی و برآمدگی بدنه بیش از حد متعارف باشد، فشار مکانیکی اعمال شده روی آجر در نقاط مختلف بالا و پایین می رود و احتمال سرشکن شدن و یا ریختن آجر فزونی می یابد.

غلطک ها:

در هر پایه کوره دو غلطک وجود دارد که با زاویه ی حدود ۳۰ درجه نسبت به محور عمودی مقطع کوره قرار گرفته اند هر یک از این غلطک ها از طریق شافت غلطک روی دو عدد یاتاقان روغنی که به وسیله ی جریان آب خنک می شوند قرار دارند. معمولا پهنا ی غلطک ها بیش از پهنا ی رینگ کوره است و رینگ کوره دارای سطح اتکای

لازمه برای انبساط حرارتی طولی کوره، می باشد. در کوره هایی با قطر کوچک، برای خنثی کردن اثر لغزشی شیب کوره، غلطک ها را همراه با زاویه نسبت به محور طولی کوره قرار میدهند. ولی در کوره هایی دارای قطر بالا، محور غلطک ها موازی با محور طولی کوره می باشد. بدین وسیله کوره های بزرگ قادر هستند براحتی روی غلطک ها حرکت رفت و برگشت انجام دهند و اثر سوء روی غلطک ها بجای نگذارند.

به منظور صیقل دادن سطح غلطک ها و لغزده کردن آنها از شمش های گرافیتی استفاده می شود. این گرافیت ها در جهت طول غلطک ها تماس کامل با غلطک دارند. مواقعی که نیاز به پایین آمدن کوره نیست تماس گرافیت با غلطک قطع می شود (این عمل برای زمان های محدود مجاز است).



شکل شماره ۵: رینگ و غلطک های کوره

غلطک بالا بر:

در کوره های بزرگ به منظور کنترل سرعت بالا و پایین رفتن کوره و لغزش رینگ روی غلطک ها، در زیر کوره و در پایه های اول و دوم غلطک یا جک بالا بر قرار میدهند این غلطک ها دارای محور عمودی بوده و از بغل رینگ کوره توسط فشار هیدرولیک حرکت رفت و برگشت کوره را تنظیم می نمایند در برخی کوره ها خصوصاً کوره

های کوچک ، غلطک های بالا بر فاقد سیستم هیدرولیک بوده و ثابت می باشند و فقط نقش جلوگیری کننده از پایین آمدن زیاد از حد کوره را دارند.

سیستم چرخاننده کوره:

سیستم چرخاننده کوره متشکل از یه دنده بزرگ دو تکه که دور کوره سوار شده و دو عدد پینیون (در کوره های کوچک یک عدد) می باشد ، دنده ی بزرگ به وسیله ی پینیون چرخاننده می شود و پینیون ها از طریق سیستم کوپلینگ ، به گیربکس های اصلی و موتور کوره متصل می گردند. همچنین برای مواقع اضطراری گرم کردن و یا سرد کردن کوره که نیاز به چرخاندن کوره با دور کم است ، امکان اتصال این پینیون به گیربکس و موتور کمکی وجود دارد.

دنده و پینیون کوره توسط حفاظی برای جلوگیری از ورود گرد و خاک محفوظ شده اند و به وسیله ی سیستم گریس پاش اتوماتیک دائماً گریسکاری می شوند (گریس های گرافیتی).



شکل شماره ۶: سیستم چرخاننده ی کوره

آب بندی سر و ته کوره:

در دهانه ورودی و خروجی کوره برای جلوگیری از نفوذ هوای بیرون به داخل کوره از یک سری کفشک با شمش های گرافیتی و یا طرح

های دیگر جهت پوشش و آب بندی دهانه های کوره استفاده می شود.
آب بندی دهانه ورودی کوره به منظور های زیر می باشد:

(الف) جلوگیری از ازدیاد حجم گاز خروجی (بدلیل اضافه شدن هوای نفوذی) در نتیجه بالا نرفتن مصرف انرژی فن و کالری مصرفی.

(ب) جلوگیری از افت درجه حرارت عقب کوره.

هدف از آب بندی دهانه خروجی کوره، جلوگیری از نفوذ هوا به داخل کوره می باشد. در صورت نفوذ هوا، هوای ثانویه متلاطم می شود و مضافاً اینکه درجه حرارت منطقه پخت پایین خواهد آمد.

با توجه به انبساط طولی کوره، طرح این پوشش ها انچنان است که امکان پس و پیش رفتن را دارند و در هر حالت از کوره، در تماس با دهانه ها می باشند.

معدن:

مواد مورد نیاز برای تولید سیمان، خاک رس، سنگ آهک، سنگ آهن، سیلیس و گچ می باشد.

در کارخانه سیمان یاسوج استخراج خاک به صورت روباز و توسط ماشین آلات راهسازی صورت می گیرد. به دلیل شرایط خاک در منطقه مهندسین مجبور اند که خاک استخراج شده از معدن را به وسیله کامیون به محل کارخانه انتقال داده و در دیوی مارل، دیو کنند تا ترکیب مورد نیاز از مواد موجود در خاک را بدست آورده و مورد استفاده قرار دهند.

آهک مورد نیاز نیز از معدنی در فاصله ۳ تا ۴ کیلومتری کارخانه و به روش انفجاری استخراج میشود و در کنار کارخانه دیو می شود.

شرح مسیر تولید:

آشنایی با قسمت ورودی مواد اولیه اپرون فیدر (apron feeder):
که این قسمت شامل ۲ قیف (hopper) میباشد که یکی برای سنگ

آهن و آهک و دیگری برای خاک میباشند مواد درون این اپرونها از طریق یک نوار به نام فیدر به آسیاب مواد منتقل میشود.



شکل شماره ۷: اپرون فیدر

فیدر یک نوار است که از چندین صفحه فلزی به نام سینی (pan) تشکیل شده است که بر روی زنجیرهایی نصب شده و مواد را به سنگ شکن (hammer crusher) منتقل میکنند. مقدار حجم و وزن مواد که باید وارد سنگ شکن شوند از طریق کم و زیاد کردن سرعت نوار فیدر کنترل میشود. در اغلب موارد فقط یکی از مواد وارد آسیاب میشود. خاک و سنگ آهک بصورت جداگانه از خرد کن عبور کرده و خرد می گردند. در سنگ شکن که مخصوص خرد کردن سنگهایی تا ابعاد ۸ سانتی متر می باشد بسته به نوع سنگ شکن و آسیاب مواد ابعاد آن به کمتر از ۸ سانتی متر (حدود ۲.۵ سانتی متر) تقلیل می یابد. در مواردی سنگ آهک بصورت قلوه سنگ همراه با خاک می باشد که به این مخلوط طبیعی مارل می گویند. در این مورد نیز لازم است که مواد از سنگ شکن عبور نماید.



شکل شماره ۸: فیدر زنجیری

در این کارخانه سنگ شکن از نوع چکشی میباشدونحوه عملکرد سنگ شکن به این طریق است که درون این سنگ شکن ۳۶ وزنه های چکش مانند با آرایش ۴ تا ۴ چکشی و ۴ تا ۵ چکشی قرار دارند که براساس نیروی گریز از مرکز که در اثر چرخش موتور به آن اعمال میشود به بیرون پرتاب شده وباعث خرد شدن موادی که بین آنها و سرنند سنگ شکن قرار دارد میشود. سرنند از تعدادی میل بار تشکیل شده که فاصله بین آنها میزان ابعاد مواد خروجی را تعیین می کند. حدود يك اینچ ، که برش عرضی آنها به شکل دوزنقه قائم الزاویه می باشد.

موادی که از سنگ شکن خارج میشوند بروی یک نوار نقاله تسمه ای ریخته میشود در مسیر این نوار یک بگ فیلتر (bag filter) قرار گرفته که وظیفه گرفتن گرد و غباری که در مسیر وجود دارد وبازگرداندن دوباره آن به مسیر را دارد مقدار کمی هم وارد هوا میشود.



شکل شماره ۹: بگ فیلتر

در ادامه مسیر این نوار یک سیستم توزین قرار گرفته که مقدار وزن مواد عبوری را اندازه گیری میکند. مواد پس از طی این مسیر به انبار خاک منتقل میشوند.

در این مسیر دستگاه‌هایی مثل میکروسوئیچ‌های دستی و طنابی، برای توقف حرکت نوار در لحظات اضطراری، مگنت، برای جداسازی فلزات، باسکول برای وزن کردن مواد عبوری و وزنه تعادل، برای ایجاد کشش لازم در نوار، همچنین جبران کش آمدگی‌های نوار، تعبیه شده است.

نوار نقاله شامل تجهیزاتی مانند: موتور، شافت، درامی، رولیک و تسمه نوار است.



شکل ۱۰ : میکروسوئیچها



شکل شماره ۱۱ : رولیکهای زیر نوار نقاله

در ورودی انبار یک بگ فیلتر قرار گرفته که وظیفه آن قبلا ذکر شده و مواد در ادامه وارد دستگاهی به نام استاکر شده که در بالای انبار قرار دارد و در شکل نیز مشخص است. پس از خرد شدن سنگ آهک و آماده شدن خاک، این دو در یک سالن با یکدیگر مخلوط می شوند (برای یک

پایل ۷۰۰۰ تنی ، ۵۰۰۰ تن خاک و ۲۰۰۰ تن سنگ آهک) ممکن است به مخلوط حاصله مواد اولیه دیگری نظیر سنگ آهن به منظور کمک ذوب یا سنگ سیلیس جهت تصحیح و تنظیم ترکیب شیمیایی مواد برای ساخت سیمان ضد سولفات اضافه شود که این عمل در سالن اختلاط مواد صورت می گیرد.



شکل شماره ۱۲ : نمایی از سالن خاک در حال آهک زنی

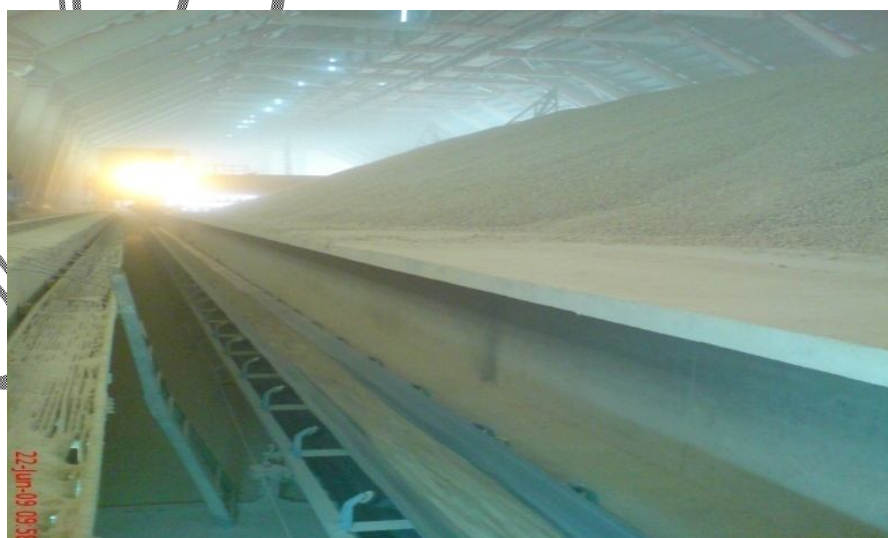
سالن خاک : محصول آسیاب ها توسط نوار نقاله وارد انبار اختلاط مواد می شود و توسط دستگاه استاکر خاک قسمت های مختلف سه معدن بصورت طبقه ای بر روی هم ریخته شده و در مرحله بعد توسط دستگاه ریکلایمر عمل اختلاط انجام می شود . دستگاه ریکلایمر در دو جهت طولی و عرضی باعث اختلاط مواد و ریزش آن به سمت پایین می شود و بدنبال آن مواد توسط جام های ریکلایمر به روی نوار نقاله انتقال داده می شوند و به سمت سیلو های سه گانه حرکت می کند و در سیلوی mix به ظرفیت ۴۰۰ تن انبار میشود.

بطور کلی هدف از این کار دستیابی به ترکیب مورد نظر و جلوگیری از ایجاد لخته و رینگ های مزاحم در کوره است

تحت عنوان "دیو استاکر (stocker)" که قابلیت حرکت در جهت طولی انبار را دارد مواد را از نوار به کف سالن منتقل کرده و انرا به صورت تپه های نسبتاً بزرگی " در می آورد.



شکل شماره ۱۳ : نمایی از تلفکوی استاکر



شکل شماره ۱۴ : نمایی داخل سالن خاک

موادی که در انبار جمع اوری شده اند توسط یک دستگاه به نام ریکلایمر که شامل دو دسته بلند بنام راک (چنگک مانند) در دو طرف

خود است و توسط (scraper) که در عرض سالن حرکت میکند مواد را روی نوار نقاله که پایینتر از کف سالن قرار دارد میریزد. ریکلایمر خود دارای حرکت طولی میباشد و راکها که به صورت کشویی بر روی ریکلایمر سوار شده اند دارای حرکت عرضی هستند. نحوه کار ریکلایمر به اینصورت میباشد که راکها تپه های مواد را شخم زده و باعث میشوند که مواد به پایین ریزش کرده و توسط "اسکرپیر" که در زیر ریکلایمر میباشد به طرف نوار نقاله کف سالن خاک حرکت داده میشود. خود ریکلایمر دارای یک موتور الکتریکی بوده که باعث حرکت طولی آن میشود.



شکل شماره ۱۵ : ریکلایمر

موادی که توسط ریکلایمر بر روی نوار نقاله ریخته میشود در مسیر خود در هنگام عبور از نوار از یک بگ فیلتر و یک آهنربای قوی (magnet separator) عبور داده میشود این آهنربا فلزاتی را که در مسیر هستند جذب کرده و از وارد شدن آنها به سیلوهای سه گانه جلوگیری میکند.



شکل شماره ۱۶ : مگنت

سیلو سه گانه : در ادامه مسیر وارد بخش سیلوهای سه گانه میشویم. مواد در این قسمت بر حسب نوع خود (آهک و آهن و خاک) وارد مخزنهای متفاوتی میشوند. وجود مخازن متفاوت باعث میشود که بتوان درصدهای مختلفی از این سه ماده را ایجاد کرد که در بهبود کیفیت سیمان موثر باشد.



شکل شماره ۱۷ : سیلو سه گانه

موادی که از طرف سالن خاک می آیند بر حسب نوع خود (آهک و آهن و مارل) از یک شوتی عبور کرده اگر مواد خاک باشد دریچه دو راهی

مواد را به طرف مخزن مخلوط واگر آهک یا آهن باشد ان را بروی نوار نقاله میریزد. خود آن نوار دارای حرکت دو طرفه است که حرکت آن توسط اتاق کنترل هدایت میشود. در هنگامی که آهن باشد حرکت نوار به طرف مخزن آهن میباشد در صورتیکه آهک باشد جهت دوران درام موتور تغییر کرده و مواد را به طرف مخزن آهک هدایت میکند.

روی هر مخزن يك ويیره قرار دارد که جهت رفع گرفتگی استفاده می شود.

دور مخازن سه گانه یک کمر بند مشعل دار قرار دارد که وظیفه آن گرم کردن مخازن میباشد که البته این کار در زمستان بیشتر میباشد چون موادی که وارد آن میشود حالت گل مانند دارند که گاهی اوقات باعث گرفتگی دریچه مخازن میشوند البته در ورودی مخازن و در کنار دریچه های خروجی مواد دریچه های کوچکی تعبیه شده که اپراتور مسئول در هنگام گرفتن دریچه های اصلی انها را باز میکند. مقدار موادی که باید از این مخازن خارج شوند توسط مپله های موازی که در مسیر خروجی مواد قرار دارند و دارای حرکت طولی میباشد قابل کنترل است. با حرکت رو به جلو سطح باز دریچه خروجی کمتر شده و مقدار کمتری مواد خارج میشوند و برعکس. مواد خارج شده بروی نوار نقاله قرار گرفته در زیر نوار نقاله یک سیستم توزین قرار گرفته که بوسیله آن سرعت نوارهای زیر سیلوی سه گانه تنظیم می شود تا مواد خروجی متناسب با خواست واحد کنترل کیفیت باهم مخلوط شوند و به آسیاب مواد وارد شوند.



شکل شماره ۱۸: نمایی پایین سیلو سه‌گانه

مواد در ادامه مسیر خود از زیر دهانه‌ی یک بگ فیلتر عبور کرده و وارد آسیاب می‌شوند.

مواد خروجی از سیلوی سه‌گانه توسط نوار نقاله وارد دهانه ورودی آسیاب مواد می‌گردد در ورودی آسیاب یک دبل فلپ وجود دارد که از افت فشار و خروج گاز درون آسیاب در هنگام ورود مواد جلوگیری می‌کند. و در سیستم این آسیاب بعلت درصد رطوبت بالای سنگ خرد شده در قسمت ورودی آسیاب درایر (خشک کن) تعبیه گردیده که توسط لیفت هایی که بر روی بدنه آن نصب گردیده سنگ ورودی را برداشته و به قسمت بالای خود برده و آن را رها می‌کند تا به کف درایر فرود بیاید و در تماس با هوای گرم ورودی آسیاب که از هوای گرم خروجی از پری هیترهای کوره یا هات گاز (کوره کمکی) تأمین می‌گردد رطوبت خود را از دست بدهد و سپس وارد اتاقچه يك آسیاب می‌گردد که بر اثر حرکت دورانی آسیاب و برخورد گلوله‌ها به آن نرم شده و از دیافراگم وسط وارد اتاقچه دوم می‌گردد. و در این اتاقچه بعلت اینکه سایز شارژها کوچکتر می‌باشد مواد نرمتر می‌شود و از آسیاب خارج می‌شود.



شکل شماره ۱۹: آسیاب مواد

مواد بعد از خارج شدن از آسیاب مواد، وارد یک elevator یا بالابرکاسه ای می‌شود، و توسط کاسه‌های متصل به زنجیر که elevator را تشکیل می‌دهند، به بالای elevator منتقل می‌شوند، در پایان مسیر زنجیر و در هنگام برعکس شدن دهانه‌ی کاسه‌ها مواد

از کاسه ها خارج شده و بر روی یک **air slide** ریخته شده و به سپراتور انتقال پیدا می کند.

سپراتور عمل جداسازی نرمه از زبره را انجام می دهد و عمل جداسازی عبارت است از تقسیم مواد اولیه به ۲ جریان جدا از هم می باشد .

در حالت جداسازی ایده آل یک بخش مواد اولیه بصورت محصول (نرمه) و بخش دیگر بصورت برگشتی (زبره) تفکیک می گردد بنابراین 2 قسمت جدا شده با توجه به سطح مخصوص اندازه ذرات آنها مشخص می گردد دستگاه جدا کننده بر حسب سطح مخصوص یا اندازه ذرات در صنعت سیمان سپراتور با سیرکولاسیون (گردش) هوا می باشد . در سپراتور مواد خروجی آسیاب از بالا وارد سپراتور گردیده و از قسمت پایین جریان هوای ورودی قرار دارد و توسط مکش هوا به سمت بالا کشیده شده و با برخورد به پره های پروانه که قابل تنظیم از نظر زاویه پره ها می باشد برخورد کرده و هر چه پره ها زاویه دارتر و دور آن بیشتر باشد زبره بیشتری به اطراف سپراتور پرتاب و به بدنه آن برخورد کرده و پایین می رود و سپراتور خارج و مجدداً وارد آسیاب می شود و نرمه از قسمت بالا توسط مکش یک فن که در بالا سپراتور قرار دارد از سپراتور خارج و وارد ۶ سیکلون که در اطراف سپراتور تعبیه شده اند میشود توسط سیکلونهاى جدا از هوا می گردد و از سیکلون ها خارج و به روی یک نوار **scrow** ریخته می شود بعد از نوار **scrow** به روی یک ایر اسلاید ریخته شده و بعد توسط الواتور به بالا سیلوی مواد انتقال داده شده و توسط ایر اسلاید شبکه ای وارد سیلوی مواد میشود.

در قسمت زیرین این سیلو ۴ بلوئر وجود دارد که ۲ تا از آنها استارت و 2 تای دیگر رزرو می باشد و هوای تولید شده از قسمت زیرین وارد سیلو می شود.

سیستم موازنه آن به این صورت می باشد:

که قسمت مرکزی کف سیلو که زیر کله قندی قرار دارد و مسیر خروجی مواد می باشد بطور مداوم هوا می زند تا مواد بصورت یکنواخت خارج و نوسان نداشته باشد . و قسمتهای اطراف کله قندی که

هر کدام شماره گذاري شده اند توسط فرمانهايي که توسط تقسيم هوا (بوسيله فرمان میکروسوئیچهاي مربوطه صادر مي شود) انجام مي شود. بصورت متناوب (غير يکنواخت) هوا فرستاده مي شود تا عمل هموزنه کردن مواد داخل سيلو انجام پذيرد.

سپس مواد از پايين سيلو وارد یک ایر اسلاید شده وبعد از طريق الواتور به بيل تغذيه ريخته می شود. مواد الان ديگر بايست آماده ی ورود به سيکلون ها باشد، البته قبل از اين می بايست مقدار ورودی را اندازه گرفت، که اين قسمت را شينک کوره می نامند، با اين توضيح که توسط یک فلومتر که به لود سل وصل می باشد ، اندازه گرفته می شود.



شکل شماره ۲۰ : شينک کوره

سپس مواد وارد ایر ليفت شود حداکثر ظرفيت ائرفلپت (70t/h) مي باشد و بوسيله فشار هوای بلوئر مواد به سمت پري هيتري یا سيکلونها فرستاده مي شود . (۲ بلوئر جهت فرستادن هوا به داخل ائرفلپت وجود دارد که يکي در حالت استارت مي باشد) .



شکل شماره ۲۱ : ایر لیفت

پری هیتر (پیشگرمکن):

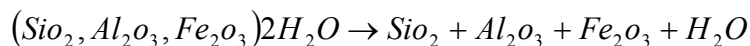
پیشگرمکن سیمان یاسوج دارای ۵ سیکلون و مجهز به کلساینر می باشد که ۶۰ درصد سوخت در آنجا مصرف می شود و از نسلهای جدید پیشگرمکن می باشد .

طرح سیکلونها و نحوه جریان گاز و پودر مواد ؛ طوری است که باعث ایجاد محیط گرد بادی می شود. به دلیل ایجاد این محیط به شدت تبادل حرارت بین گاز و مواد صورت می گیرد .

پایین سیکلونها قیفی شکل است و باعث جدا شدن ذرات جامد داغ شده می شود.

مواد فرستاده شده توسط اثر لیفت توسط کانالی وارد داکت مسین خروجی جریان گازهای خروجی کوره که در بالاترین طبقه سیکلونها قرار دارد می شود و اساس کار در این قسمت بدین شکل می باشد که موادی که وارد این محفظه می شوند به سمت پایین و جریان گاز خروجی که توسط IDF « فن کوره » مکش می شود به سمت بالا می باشد و زمان تداخل مواد هم جهت گازهای خروجی شده و بوسیله تبادل حرارتی که بین گاز خروجی گرم کوره و مواد خام حدود ۵۰ درجه سانتی گراد حرارت مواد افزایش یافته و نهایتاً وارد اولین سیکلون می گردد و در سیکلون مواد از گاز جدا شده و از قسمت زیرین با باز شدن مواد از سیکلون خراج و به داخل داکت زیرین فرستاده می گردد .

و این عمل تا آخرین سیکلون تکرار می شود و بر اثر تبادل حرارت بین مواد خام و گازهای گرم خروجی از کوره ابتدا مواد در سیکلونهایی بالایی و مسیرهای هوایی خروجی آب شیمیایی خود را از دست داده و به صورت اکسید در می آید .



و با این عمل سیکلونها مواد تجزیه شده و آب مولکولی خود را از دست داده که توسط مکش IDF از سیستم خارج و اکسیدهای سیلیسیم ، آلومینیوم و آهن آزاد می شود . در پایین ترین قسمت پیش گرم کن محفظه ای بنام دستگاه پری کلساینر یا راکتور قرار دارد که این محفظه در این کارخانه مجهز به سه عدد شعله می باشد و باعث می گردد درصد کلاسیناسیون در پیش گرم کن ها بیشتر و به بالای ۹۰% برسد و بر اثر این عمل در سیکلونهایی پایینی و در دستگاه تکلیس کربناتها تجزیه می گردد و CO₂ خود را از دست داده که از سیستم خارج و اکسید کلسیم و منیزیم آزاد می شود



در نتیجه مواد پخته تر وارد کوره می شود و بار حرارتی کوره کاهش می یابد معمولاً سعی می شود ۶۵% سوخت از طریق شعله های کلسایز و ۳۵% ان از طریق مشعل کوره مصرف شود .

و مواد با درجه حرارتی مخصوص از طریق سیکلون پنج وارد کوره می شود طول این کوره ۴۶ متر و قطر آن ۳.۲۰ متر می باشد که با آجرهای 20mm آجر چینی گردیده است که قطر مفید کوره آجر چینی شود ۲.۸۰ متر می باشد و دارای شیب ۳.۵ درصد است .

کوره : خوراک کوره طی مسیر پیش گرم کن از انتهای کوره وارد کوره می شود . به دلیل وجود شیب و حرکت دورانی ، مواد به سمت خروجی کوره و منطقه پخت سرازیر می گردد .

از انتهای دیگر کوره ، یک مشعل تعبیه شده که با استفاده از سوختهایی مختلف حرارتی با دمای ۱۴۵۰ درجه سانتی گراد ایجاد می نماید . به دلیل وجود فن مکنده قوی در انتهای پیش گرم کن ، جهت شعله و مسیر حرکت گاز های حاصل از سوخت به سمت عقب کوره و پیش گرم کن می باشد .

از این رو جریان گاز و مواد در داخل کوره به صورت خلاف جهت یکدیگر است.

درجه حرارت منطقه پخت آنچنان انتخاب می شود که خوراک کوره در حدی نوب ناقص (گداخته) شود و مقداری فاز مایع به وجود آید. در محیط فاز مایع فازها یا کریستالهای سیمان تشکیل می دهند. بدون تشکیل این فازها (کریستالها) خواص لازمه در سیمان پدید نخواهد آمد.

آنچه که از کوره خارج می گردد کلینگر نام دارد که به صورت دانه های خاکستری و یا قهوه ای رنگ می باشد و برای پختن هر کیلو گرم آن حدوداً ۹۰۰ کیلوکالری انرژی حرارتی مصرف می گردد.

مقدار کلینگر خروجی از کوره حدوداً ۶۰ درصد مقدار مواد خام ورودی به پیش گرم کن می باشد. ۴۰ درصد باقی مانده عبارتست از رطوبت و گازهای نظیر CO_2 جدا شده که از کربنات که به همراه گازهای کوره از سیستم خارج می گردد. (در مورد نحوه پخت مواد در کوره در انتهای خط تولید توضیح داده شده است).



شکل شماره ۲۲: کوره



شکل شماره ۲۳: نمای داخل کوره

کلینکر خروجی از کوره دارای درجه حرارتی حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد می باشد باز یابی این مقدار حرارت و همچنین مشکل بودن جا به جا کردن کلینکر داغ، ضرورت سرد کردن آن را ایجاد می کند.

خاصیت دیگر سرد کردن کلینکر، تکمیل تشکیل کریستالها کلینکر و بالا بردن کیفیت آن می باشد.

گریت کولر : موادی که از کوره خارج میشوند وارد قسمتی بنام گریت کولر میشوند. گریت کولر محلی است که در آنجا تا حدود زیادی از گرمای مواد مذاب گرفته میشود. در این قسمت ۶ فن وجود دارد که هوای محیط را به دستگاه گریت منتقل میکنند به اینصورت که این هوا را به زیر زره های مشبک و متحرکی که مواد مذاب را حمل میکنند میدمد و باعث سرد شدن مواد مذاب میشود. در این دستگاه هم از فشار هوای بادمای پایین و هم از آب استفاده میشود البته آب بطور مستقیم باعث خنک شدن مواد نمی شود و یک حالت تماس غیر مستقیم باعث این کار میشود. درجه حرارت کلینکر خروجی کوره حدود ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد است، کلینکر تا حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد خنک شده سپس ذرات درشت آن ابتدا وارد آسیاب کلینکر شده و ذرات کوچکتر راهی انبار کلینکر می گردد بخشی از هوای گرم شده از طریق کانال هوای ثالثیه بسمت کلساینر میرود و بخشی دیگر وارد کوره می شود و اکسیژن مورد نیاز سوخت را تامین می کند. عمل سرد کردن کلینکر بایستی بسیار سریع

صورت بگیرد تا ترکیب مورد نظر کیفیت مطلوبی داشته باشد. آهسته سرد کردن کلینکر سبب گسترش ساختمان بلوری ذرات می شود در نتیجه انرژی بیشتری برای خرد کردن آن لازم است و همچنین از سوی دیگر سیمانی که با شرایط مناسب پخته شده باشد و سریعتر سرد شود دارای بلورهای ریز است و در نتیجه مقاومت بیشتری هم دارا است.



شکل شماره ۲۴: نمایی از فن های گریت کولر

کلینکر خروجی از کولر گریت توسط باند آمووند به دو سیلوی اصلی که مشخصات حجمی آن $52m * 15$ و ظرفیت آن حدود $5000t$ می باشد ذخیره و در صورت نامرغوب بودن از نظر کیفیت کلینکر به سوی Reject که مشخصات حجمی آن $18m * 8$ و ظرفیت آن $1000t$ می باشد وارد و ذخیره می گردد معمولاً ظرفیت سالنها و یا سیلوها ذخیره کلینکر بین ۳۰ تا ۱۵ روز تولید کوره می باشد. که در کارخانجات مختلف سیمان متغیر می باشد.



شکل شماره ۲۵: نمای سیلو رجکت، سیلو کلینکر و باند آموند

کلینکر توسط نوار نقاله از زیر این سیلوها به سیلوی ذخیره کلینکر آسیاب سیمان که ظرفیت آن 100t که تعداد این سیلوها ۲ عدد می باشد و هر سیلو کلینکر یک آسیاب سیمان را تأمین می کند و در طرفین این سیلوها تعداد ۲ عدد سیلوی ذخیره گچ نپخته قرار دارد که ظرفیت هر یک از آنها 80t می باشد و توسط فیدرهایی که در زیر این سیلوها تعبیه گردیده مقدار خوراک آسیابهای سیمان توسط اپراتور تعیین و تنظیم می گردد و توسط نوار نقاله وارد قسمت ورودی آسیاب سیمان می گردد.

مشخصات آسیابهای سیمان کارخانه یاسوج عبارتند از:

13m * ۲/۶ و دارای سه اتاقچه و از نوع مدار باز ماکزیم ظرفیت تولید هر آسیاب حدود 35t/h و فیدر کلینکر 3-30t/h و فیدر گچ 0/25-2.5t/h و دور آسیاب 17.5 دور در دقیقه می باشد.

نسبت به بار خود آسیاب و شرایط مطلوب آن، مطلوب است مقدار کلینکر و 3-5% گچ نپخته جهت تنظیم گرش سیمان وارد آسیاب سیمان گردیده و بر اثر حرکت دورانی آسیاب و برخورد گلوله های داخل آن کلینکر سائیده شده و هر چقدر به سمت خروجی نزدیکتر می شود پودر ترو نرمتر شده و توسط مکش یک فیلتر، سیمان از آسیاب خارج و توسط الواتور داخل کانال اثر اسلاید

بالاي سيلوهاي سيمان شده و از آنجا وارد سيلوهاي سيمان مي گردد . ظرفيت ۲ سيلوي سيمان ياسوج 10/000t مي باشد كه گنجایش هر يك 5000t مي باشد.



شکل شماره ۲۶: نمایی بیرونی آسیاب سیمان

سیمان تولید شده در سيلوها ، نخیره و بصورت فله اي یا پاكتي در قسمت بارگیرخانه بارگیری و بفروش مي رسد كه این كارخانه ظرفيت توليد و فروش 700t سيمان در روز دارد كه به خود استان و استانهاي مجاور فرستاده مي شود.

بار گيري فله ، بسيار ساده و ارزان است ، براي اين منظور سيمان به كمك هوا جا به جا شده و وارد وسيله حمل مي شود .

براي بار گيري كيسه ، در ابتدا سيمان را وارد مخزن دستگاہ بسته بندي مي شود. این دستگاہ آنچنان طراحي شده است كه قادر است بطور اتوماتيك كيسه هاي خالي سيمان را به مقدار معين (معمولا ۵۰ كيلوگرم) از سيمان را پر كند. سپس كيسه هاي پر شده را روي نوار نقاله جهت ارسال به وسيله حمل هدايت نمايد. سيستم هاي بسته بندي بار گيري به صورت هاي ساده و دستي تا انواع مدرن و كاملا اتوماتيك وجود دارد.



شکل شماره ۲۷: نمایی از سیلو سیمان و بارگیرخانه

مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان:

همانطور که قبلاً گفته شد سیمان پودری است جاذب آب و چسباننده خرده سنگ (شن و ماسه) که از ترکیب، پختن و گداختن اکسید کلسیم با اکسیدهای نظیر اکسید آلومینیوم، سیلیسیم، آهن، منیزیم و ... بدست می آید. با توجه به این تعریف و با توجه به انتظاراتی که از جنبه فیزیکی و کاربردی از سیمان و بتن حاصله مورد نیاز است، ایجاب می گردد که انواع و اقسام سیمانها با خصوصیات کاربردی متفاوت ساخته شود. بعنوان مثال سیمان نوع ۱ یا سیمان معمولی دارای کاربرد در ساختمان سازی معمولی است. در ساختن سدهای عظیم و اسکله ها که هر آن مورد تهاجم املاح موجود در آب می باشند مصرف این نوع سیمان مصلحت نیست و از اینرو از سیمان مخصوص یا سیمان دارای مقاومت شیمیایی در مقابل سولفات ها و مواد قلیائی موجود در آب و خاک نیز می باشد. با ذکر مجدد اینکه انواع گوناگونی سیمان وجود دارد به نوعی دیگر که بنام سیمان چاه نفت معروف است و مورد کاربرد در حفاری چاههای نفت دارد اشاره می شود. این سیمان علاوه بردار بودن مشخصه های عمومی سیمان ها و مقاومت لازم در مقابل سولفات ها و قلیائی ها دارای خصوصیات لازم جهت کاربرد در اعماق زمین که درجه حرارت و فشار بیش از حد متعارف است نیز می باشد. خوشبختانه با توجه به قدمت هفتاد و پنج ساله صنعت سیمان در ایران، هم اکنون کارخانجات سیمان ایران دارای قابلیت و تجربه لازم برای

ساخت انواع سیمان ها هستند. اجزاء اصلی تشکیل دهنده ترکیب سیمان عبارتند از اکسید کلسیم، اکسید سیلیسیم، اکسید آلومینیم و اکسید آهن. اکسید منیزیم، اکسید پتاسیم و اکسید سدیم نیز در سیمان وجود دارند که مجموعاً درصد وزنی این اکسید های فرعی کمتر از ۵ درصد است. بخاطر وجود درجات حرارت بالا در منطقه پخت کوره، بخشی از این مواد بصورت مذاب در می آیند و در نتیجه در چنین محیطی اکسیدهای مذکور با یکدیگر ترکیب می گردند و ترکیبات چندتائی (چند اکسیدی) که موسوم به مینرال یا فازهای سیمان هستند پدید می آید. البته آنچه که از کوره خارج می شود جسم تیره رنگ دانه، دانه ایست که موسوم به کلینکر می باشد و اجزاء مینرالی تشکیل دهنده آن عبارتند از :

۱- سه کلسیم سیلیکات ($3CaO \cdot SiO_2$) یا آلایت (Alite)

۲- دو کلسیم سیلیکات ($2CaO \cdot SiO_2$) یا بلایت (Blite)

۳- سه کلسیم آلومینات ($2CaO \cdot Al_2O_3$) یا آلومینات (Aluminate)

۴- چهار کلسیم آلومینوفریت ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) یا فریت (Ferite).

همراه با مینرال های اصلی فوق ترکیبات دیگری نظیر Na_2O و K_2O و MgO و TiO_2 و برخی اکسیدهای دیگر بمقدار جزئی وجود دارند که بصورت محلول جامد در شبکه کریستالی مینرال ها (فازهای) فوق جای گرفته اند. خواص سیمان ناشی از ترکیب خواص اجزاء تشکیل دهنده آنست ولی عمده خواص آن مربوطه به ترکیب موسوم به آلایت یا سه کلسیم سیلیکات می باشد. وجود ترکیباتی نظیر قلیائی ها، آهک ترکیب نشده، اکسید منیزیم و امثالهم غالباً منشاء اثرات منفی روی خواص سیمان هستند. از جهتی وجود اینگونه ترکیبات باعث می شود که نقطه ذوب و پخت مواد خام سیمان پائین بیاید و در نتیجه عمل پختن با سهولت بیشتری صورت گیرد. از جهت دیگر، اینگونه ترکیبات دارای میل ترکیبی زیاد با آب و املاح موجود در آن می باشند و در اثر ترکیب با املاح و آب افزایش حجم پیدا می کنند. بهمین خاطر وجود آنها باعث پائین آمدن مقاومت شیمیائی سیمان می گردد. در سطور بعد برخی خواص فازهای اصلی کلینکر ذکر می شود.

آلیت (C۳S)

معمولاً این ترکیب خالص در کلینکر وجود ندارد و اغلب همراه با ناخالصی می باشد. این ناخالصی متشکل از اکسیدهایی نظیر MgO ، Al_2O_3 ، TiO_2 و Fe_2O_3 می باشند که درصد آنها در فاز آلیت جمعاً حدود ۲ درصد است. مقادیر هر یک از این اکسیدها در فاز آلیت بستگی به ترکیب کلینکر، درجه حرارت پخت و نحوه سرد کردن کلینکر دارد. وجود این اکسیدها باعث تغییر خواص آلیت می گردد و معمولاً مقاومت فشاری آنرا بالا می برند. در زیر درجه حرارت $1250^{\circ}C$ ممکن است سه کلسیم سیلیکات به آهک و دو کلسیم سیلیکات تجزیه شود. این اتفاق در صورتی پیش می آید که عمل سرد کردن به آهستگی صورت گیرد. خصوصاً در شرایط احیاء کننده و وجود Fe^{2+} تجزیه فوق سریعتر صورت می گیرد. چه از نظر مقدار (درصد تشکیل دهنده) و چه از نظر تاثیر روی خواص سیمان، فاز آلیت دارای بیشترین سهم می باشد. خصوصاً اثر بارز این ترکیب تاثیر روی مقاومت سیمان است. برای بوجود آمدن این ترکیب بایستی حالت گهاختگی (ذوب شدن Sintering) در منطقه پخت ایجاد شود.

بلیت (C۳S)

بلیت خالص در کلینکر سیمان یافت نمی شود و همراه با مقادیری از سایر اکسیدها می باشد. این ترکیب در ضمن پختن کلینکر و در حالت جامد تشکیل می گردد. در مواقعی که ضریب اشباع آهک (L.S.F) بالا است مقادیر خیلی کمی از این ترکیب در کلینکر وجود خواهد داشت. گسترش و افزایش مقاومت بلیت آهسته است. ولی در دراز مدت تقریباً به مقاومت آلیت می رسد. کریستال بلیت در درجه حرارت معمولی تغییر شکل کریستالی می دهد و از فرم معروف به بتا به فرم معروف به گاما، که پایدارتر است تغییر شکل کریستالی (Modification) می دهد. در ابتدا بلیت بتا در مقایسه با نوع گاما بمقدار زیادی در کلینکر وجود دارد و نوع گاما دارای خاصیت هیدرولیکی نمی باشد. این تغییر شکل همراه با ۱۰ درصد افزایشی حجمی کلینکر است. این از هم گسیختگی سریع کلینکر بنام افت کلینکر (Falling) موسوم است. از این تبدیل و افت کیفیت کلینکر می توان با اضافه کردن یون های خارجی و یا با

ترسیع در سرد کردن کلینکر جلوگیری کرد. در حال حاضر با توجه به تکنولوژی موجود در صنعت سیمان عملاً مشکل افت کلینکر حذف شده است.

فاز فریت C_4AF

فاز فریت دارای ترکیب مشخص نمی باشد و ترکیب آن بستگی به مقدار آلومینیم و آهن موجود در کلینکر دارد. این فاز در محدوده بین C_2F و C_2A قرار دارد و می تواند شامل هر یک از ترکیبات C_2A_2F و C_4AF و C_2AF باشد. حدوداً ترکیب فاز فریت در کلینکر سیمان پرتلند نزدیک به C_2AF است. در این فاز اکسید عناصر دیگر نیز وجود دارد و رنگ سیمان وابسته به این فاز و مقدار آن می باشد. $C_2(AF)$ خالص دارای رنگ قهوه ای، $C_2(AF)$ به همراه MgO دارای رنگ خاکستری سبز یا سبز می باشد. این فاز میل ترکیبی کمی دارد و نقش هیدرولیکی چندانی در سیمان ندارد.

فاز آلومینات (C_3A)

فاز آلومینات نیز مشابه دو فاز دیگر به همراه عناصر خارجی می باشد. در این فاز، اکسیدهای سدیم و پتاسیم قادرند تا حد ۵ درصد وزنی جای بگیرند. خاصیت ترکیبی فاز آلومینات بسیار بالا می باشد و با حضور اکسیدهای قلیایی این میل ترکیبی شدیدتر می گردد. ترکیباتی از فاز آلومینات با اکسیدهای سدیم و پتاسیم به فرمول های K_2CO_3 و Na_2CO_3 گزارش گردیده است. بدلیل میل ترکیبی شدید فاز آلومینات با آب و برای جلوگیری از گیرش سریع سیمان مقداری سنگ گچ (سولفات کلسیم) بعنوان عامل بازدارنده (کننده کننده) گیرش به سیمان افزوده می شود. گرمای هیدراتاسیون فاز آلومینات بسیار بالا می باشد و وجود آن در سیمان به همراه آلیت و بلیت باعث افزایش مقاومت اولیه کلینکر می گردد. ولی خود به تنهایی دارای خواص هیدرولیکی چندانی نمی باشد و روی مقاومت نهائی تاثیر چندانی ندارد.

ترکیبات فرعی :

این ترکیبات شامل انواعی از اکسیدها نظیر: قلیائی ها، اکسید منیزیم، سولفاتها و امثالهم می باشد. قلیائی ها از جمله ترکیبات فراوان و پراکنده در طبیعت می باشند. و لذا از طریق مواد خام وارد فازهای کلینکر می

گردند. در ضمن عمل پخت، مقدار قابل توجهی از قلیائی ها از سیستم پخت خارج می شوند. درصد قلیائی ها در سیمان در فاصله ۰/۵ تا ۱/۳ درصد است که در سیمانهای دارای قلیائی پائین، مقدار قلیائی کل بر مبنای معادل اکسید سدیم باید کمتر از ۰/۶ درصد باشد. اکسید سدیم بصورت محلول جامد و بمقدار حدود ۰/۳ درصد وارد شبکه کریستالی C_3S می شود. همچنین K_2O و MgO و CaO free (آهک آزاد) نیز همانند Na_2O وارد شبکه کریستالی C_3S و C_2S می شوند. سولفات ها از طریق مواد اولیه (خاک رس) و سوخت وارد فازهای کلینکر می گردند. ترکیبات گوگرد ممکن است بصورت سولفات قلیائی و یا ترکیباتی دیگر نظیر $CaSO_4$ ، $(CaO \cdot Al_2O_3)$ یا $CaSO_4 \cdot 2(CaO \cdot SiO_2)$ در فازهای کلینکر و بصورت محلول جامد (Solid Solution) وجود داشته باشند. یون های سولفات برخلاف یون های فسفات باعث تجزیه C_3S نمیشوند، ولی وجود سولفات به همراه آلومینا تجزیه C_3S را متاثر می شود. وجود MgO در سیمان باعث خنثی کردن اثر آلومینا و سولفات روی تجزیه C_3S می گردد. اکسید تیتان بمقدار جزئی (۰/۲ تا ۰/۳ درصد) در تمام سیمانهای پرتلند وجود دارد. در سیمان آلومینائی مقدار آن بالاتر است (۱/۵ تا ۲ درصد). وجود مقادیر کم این اکسید باعث افزایش مقاومت سیمان می شود و مقادیر بالای آن (در حد ۴/۵ درصد) باعث افت فشار می گردد. اکسید تیتان در کلینکر سرد شده سیمان پرتلند بصورت C_3T_2 وجود دارد. در حدود ۰/۲ درصد پنتاکسید فسفر P_2O_5 در سیمانهای پرتلند وجود دارد. اکسید فسفر در سیمان باعث تجزیه C_3S و تولید C_2S و آهک آزاد، می گردد. از اینرو مقادیر بالای پنتاکسید فسفر (در حدود ۲/۵ درصد)، باعث افت مقاومت سیمان خواهد شد. کریستالهای ریز و پراکنده پریکلاس دارای اثر تخریبی کمتری هستند. در صورتیکه دانه های کریستال پریکلاس درشت باشد و با اینکه بصورت مجتمع در گودال هایی (Pockets) جمع شده باشند دارای اثر تخریبی (انبساط حجمی) بیشتری در مقایسه با مقدار (وزنی) مشابه کریستالهای ریز و پراکنده می باشند نکته فوق در مورد آهک آزاد نیز صادق است. انبساط حجمی آهک آزاد ناشی از آهسته شکفته شدن آن است که همان ترکیب آهک با آب و تشکیل هیدروکسید کلسیم $Ca(OH)_2$ می باشد. این ترکیب دارای حجمی معادل ده برابر حجم آهک تشکیل دهنده آن است. بطور مشابه

انبساط حجمی منیزی نیز ناشی از ترکیب آن با آب می باشد. فعل و انفعال شکفته شدن آهک آزاد و منیزی در سیمان معرف ناسالم بودن و معیوب بودن سیمان (میزان باد کردن ملات یا بتن) است که اصطلاحاً بدان (Unsoundness) می گویند. درصد وزنی هر غالباً کلینکر سیمان حاوی آهک آزاد و یا CaO ترکیب نشده می باشد. وجود آهک ترکیب نشده می تواند بعلت وجود یکی از عوامل زیر باشد:

۱- آماده سازی مواد خوب انجام نشده باشد: مواد یا زبر است یا اینکه خوب همگن نشده است.

۲- سرعت سرد کردن در خنک کن کوره پایین باشد: در نتیجه مقداری از C_3S یا C_2A تجزیه شده باشند.

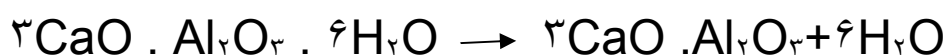
۳- درصد آهک (تیتراسیون) بالا باشد ($\text{L. Still} > 100$)

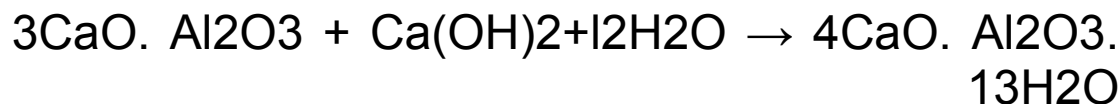
۴- مواد خوب پخته نشده باشد: آهک فرصت ترکیب با سایر اکسید ها را نداشته است.

وجود آهک آزاد در سیمان مطلوب نیست و مقدار آن بایستی کمتر از ۲/۵ درصد باشد. حضور آن باعث انبساط حجمی (ناسالم بودن سیمان) بتن و ملات می شود. همچنین در کلینکر ترکیب MgO (اکسید منیزیم - پریکلاس) نیز وجود دارد. این ترکیب معمولاً بصورت محلول جامد وارد شبکه کریستالی سایر فازها می شود. درصد مجاز MgO در کلینکر ۲/۵ تا ۳ درصد است و بالاتر از این ارقام مترادف با ناسالم بودن سیمان است. نسبت اکسید منیزیم ترکیب شده با سایر فازها، به اکسید منیزیم حل شده بستگی به ترکیب شیمیایی کلینکر دارد. وجود پریکلاس در سیمان باعث ناسالم بودن سیمان انبساط حجمی (Magnesia Expansion) ملات و بتون می گردد.

سنگ گچ :

بطوریکه در صفحات قبل بیان گردید، یکی از مینرال های موجود در کلینکر سیمان، فاز سه کلسیم آلومینات (C_3A) است. این فاز دارای میلی ترکیبی شدیدی با آب و آهک هدراته می باشد. بدین صورت:





آهک هیدراته از هیدراته شدن کلسیم سیلیکات های موجود در کلینکر (الیت و بلیت)، حاصل می شود. بطوریکه ملاحظه می گردد هیدراته شدن سریع C₃A به معنی جذب مقدار زیادی آب در فاصله زمانی کم است که نتیجه این جذب سریع، گیرش سریع سیمان و سفت شدن آن می باشد. و بالنتیجه در کارهای بنائی و ساختمان فرصت لازم برای کار با ملات یا بتن وجود نخواهد داشت. هیدراته ترین دلیل افزودن گچ خام به کلینکر سیمان، کنترل گیرش سیمان یا در حقیقت کنترل سرعت هیدراته شدن آلومینات موجود در سیمان می باشد. بعبارت دیگر گچ خام نقش بتاخیر انداختن گیرش را بازی می کنند، علت آنهم اینست که فاز آلومینات دارای میل ترکیبی با گچ خام است و در حضور گچ خام فعل و انفعال هیدراته شدن بصورت زیر است.



کریستال حاصله در فرمول فوق بنام سه سولفات یا اترینجیت (Ettringite trisulfate) موسوم است اولاً این کریستال دارای حجمی معادل ۸ برابر حجم آلومینات اولیه است، ثانیاً کریستالهای آن در مقایسه با کریستالهای آلومینات، بسیار ریزتر و پراکنده تر می باشند، ثالثاً این کریستال نوظهور بصورت قشر نازکی روی سایر ذرات موجود در سیمان را می پوشاند و برای چند ساعت اولیه عمل هیدراتاسیون، مانع از رسیدن سریع آب به سایر ذرات می شود، در نتیجه از سفت شدن سیمان جلوگیری می گردد. نقش دیگر لایه نازک کریستال سه سولفات اینست که در برابر لغزش ذرات سیمان ممانعتی ایجاد نمی نماید و بلکه عمل لغزش را تسریع می کند. این خاصیت بدین معنی است که شکل پذیری و خاصیت پلاستیکی را در سیمان افزایش می دهد. پس از مراحل فوق کریستال های اترینجیت بصورت سوزنی شکل (رشته ای) شروع به رشد می نماید. در نتیجه از حالت غشاء (پوشش ذرات دیگر سیمان) بیرون می آید و آب محصور شده در فاصله بین این غشاء و سایر ذرات سیمان، فرصت تماس با سایر ذرات و ترکیب با آنها و در نتیجه هیدراته کردن سایر ذرات را، پیدا می کند از این مرحله به بعد

است که گیرش سیمان شروع می شود با گذشت زمان کریستالهای به سولفات نیز به کریستال های یک سولفات تبدیل می گردند. مقدار سولفاتی (گچ خام) که می بایستی به سیمان افزوده شود، باید آنچنان باشد که جوابگوی مصرف واکنش مذکور باشد. افزودن مقدار اضافی سولفات دارای عوارض سوئی است که از جمله آنها انبساط حجمی بیش از حد مجاز بتن و ملات سیمان می باشد. از اینروست که در استانداردهای مختلف مقدار گچ مصرفی متناسب با C_3A موجود در سیمان است. معمولاً در صد گچی که همراه با کلینکر در آسیاب سیمان مصرف می شود بین ۳ تا ۵ درصد است.

محاسبه فازهای سیمان :

بررسی و تعیین مقادیر فازهای سیمان بطریق میکروسکوپی امکان پذیر است. ولی در کارخانه سیمان فرصت برای چنین کاری نیست و در ضمن این روش هزینه بر است. بوگ $Bogue$ دانشمند آمریکائی بر اساس روابط استوکیومتری و موازنه جرم روابطی را برای محاسبه مقادیر فازهای سیمان با استفاده از درصد اکسید های متشکله آن ارائه داده است که موسوم به روابط بوگ میباشد. با استفاده از این روابط تقریبی و سریع مقادیر هر یک از فازهای سیمان از طریق محاسبه و بشرح زیر بدست می آید:

محاسبه فازهای سیمان بر اساس روابط بوگ $Bogue's Formulas$

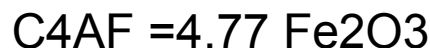
$$C_3S = 4.07 CaO - 7.60 SiO_2 - 6.72 Al_2O_3 - 1.43 Fe_2O_3 - 2.82 SO_3$$

$$C_3A = 2.65 Al_2O_3 - 1.69 Fe_2O_3$$

$$C_4 AF = 3.04 Fe_2O_3$$

در صورتیکه نسبت آلومین (Al_2O_3 / Fe_2O_3) برابر و یا کمتر از ۰/۶۴ باشد (یعنی S_3A وجود نداشته باشد)، مقادیر فازها بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$C_3S = 4.07 CaO - 7.60 SiO_2 - 4.48 Al_2O_3 - 2.86 Fe_2O_3 - 2.85 SO_3$$



چگونگی پخت مواد:

داخل کوره های دارای پیش گرم کن را به چند منطقه تقسیم می نمایند. اساس این تقسیم بندی فعل و فعالات و تغییرات شیمیایی - حرارتی است که در مورد جاری در داخل کوره انجام می شود. مواد خام ورودی به داخل پیش گرم کن و کوره بدلیل تماس با گازهای و نهایتاً شعله متحمل تغییراتی میشود. در ابتدای ورود، آب سطحی و سپس آبهای کریستالی، مواد آلی و گیاهی موجود در خود را از دست می دهد و به تدریج گرم و داغ می شود. از این مرحله به بعد ترکیبات سیلیکات موجود در مواد خام (خوراک کوره) که از طریق خاک رس وارد خوراک کوره گشته اند شروع به تجزیه شدن می کنند. سپس نوبت به تجزیه کربنات های موجود در خوراک کوره می رسد که بستگی به نوع سیستم پخت درصدی از کربنات ها در پیش گرم کن کلسینه می گردد. در صورتیکه سیستم کوره فقط پیش گرم کن داشته باشد درصد تکلیس تا حدود ۴۰٪ می باشد. در صورتیکه دارای مشعل کمکی (کلساینر) باشد درصد کلسینه شدن مواد به بیش از ۹۰ درصد می رسد این مراحل تا حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد است. پس از مراحل فوق که تماماً در پیش گرم کن و کلساینر صورت می گیرد مواد خام (خوراک کوره) وارد کوره می شود، در ابتدا عمل تکلیس کامل و باقیمانده کربناتها تجزیه می گردند. سپس ترکیب اکسیدها با یکدیگر و تشکیل ترکیبات کلسیم - سیلسیم، کلسیم - آلومینیم و ترکیب اکسیدهای مختلف با اکسید کلسیم شروع و ادامه می یابد. در این مرحله مواد تقریباً به شعله نزدیک شده است و با پیشرفت تدریجی در جوار درجات حرارت بالاتر قرار می گیرد و در نتیجه مقداری از مواد بصورت فاز مایع در می آید. در این شرایط است که ترکیب اکسیدهای مختلف با یکدیگر (فازهای کلینکر) تکمیل و کلینکر سیمان حاصل می شود. پس از این مرحله مواد به مرور از مجاور شعله دور می گردد و بتدریج خنک و کریستاله می

شود. شعله مشعل دارای درجه حرارتی حدود ۱۸۰۰-۱۷۰۰ درجه سانتیگراد است بهمین خاطر درجه حرارت مواد داخل کوره در موقع مجاورت با شعله به حدود ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد که هما درجه حرارت پخت کلینکر است می رسد. کلینکر پخته شده پس از ترک منطقه پخت تا خروج از کوره مقداری سرد می شود و نهایتاً با درجه حرارت حدود ۱۲۰۰-۱۰۰۰ درجه سانتیگراد وارد خنک کن (سردخانه- کولر) می گردد و در خنک کن به حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد می رسد.

آنچه در کوره رخ می دهد :

- در دمای ۱۰۰-۱۵۰ درجه آب سطحی از دست می رود. (ابتدای پیشگرمکن)
 - در حدود ۲۰۰ درجه آب نفوذی و مولکولی از دست می رود. (ابتدای پیشگرمکن)
 - در دمای ۶۰۰-۸۰۰ خاکها تجزیه می شوند یعنی SiO_2 و Al_2O_3 به صورت آزاد خواهند بود. (در پیشگرمکن)
 - در دمای ۷۰۰-۸۰۰ به بالا سنگ آهک تجزیه می شود یا واکنش کلسیناسیون انجام می شود. (در پیشگرمکن و ابتدای کوره)
 - در دمای ۸۰۰-۱۲۰۰ واکنش CaO با SiO_2 و CaO با Al_2O_3 و تشکیل CA و CS را داریم. (در ابتدا و اواسط کوره)
 - در دمای ۹۰۰-۱۳۰۰ فازهای C_2S و C_3A تشکیل می شوند. (در اواسط کوره)
 - در دمای ۱۳۰۰-۱۴۵۰ فاز اصلی آلایت C_3S یا CaO SiO_2 تشکیل می شود. (در منطقه پخت یا ناحیه مشعل)
 - در دمای ۱۴۰۰-۱۲۰۰ دمای کلینکر کاهش یافته و فازها تثبیت می شوند. (در منطقه انتهای کوره بعد از منطقه پخت)
- کلینکر از نظر شیمیایی دارای ۴ فاز اصلی می باشد:**

- ۱- فاز آلایت سه مول CaO و یک مول SiO_2 (C_3S)
- ۲- فاز بلیت دو مول CaO و یک مول SiO_2 (C_2S)
- ۳- فاز آلومینات سه مول CaO و یک مول Al_2O_3 (C_3A)

۴- فاز آلومینوفریت چهار مول CaO و یک مول Al_2O_3 و یک مول Fe_2O_3 (C_4AF)

عوامل موثر در پختن مواد :

عوامل مختلف شیمیایی، فیزیکی و مینرالی در نحوه پخت کلینکر موثرند که برخی از آنها قابل کنترل کردن می باشند:

ترکیب شیمیایی مواد خام (خوراک کوره) نقش عمده را در تعیین مدت زمان پخت کلینکر دارد. منظور از مدت زمان پخت زمانی است که لازم است تا یک خوراک کوره با نرمی معین و در درجه حرارت معینی آنچنان پخته شود که مقدار درصد وزنی آهک آزاد آن بیشتر از ۲ درصد نباشد. با افزایش ضریب اشباع آهک (L.S.F)، مدول سیلیس و مدول آهن (بمقدار جزئی) زمان پخت بیشتر می شود. مواد قلیایی بالاتر از ۰/۵ درصد تمایل به پیش گیری از ترکیب آهک با سایر اکسیدها دارند. بعکس MgO (کمتر از حدود ۲ درصد) و SO_3 (کمتر از حدود ۱ درصد) خاصیت تشدید فعل و انفعالات پخت و کاهش زمان پخت را دارند. ترکیب مینرالی مواد خام موثر روی نحوه جبه شدن (اماج شدن) پودر مواد خام در روش نیمه تر و همچنین موثر در مقدار آب لازم برای تهیه دوغاب در سیستم تر می باشد. این مشخصه اثر عمده ای روی حرارتی لازم برای پختن کلینکر دارد و مضافاً اینکه معیاری از اتصالات و بندهای کریستالی مینرال های موجود در مواد خام است. مشخصه مینرالی خاک رس و کریستال های درشت کوارتز از جمله عوامل موثرند. وجود کریستال های نامنظم یا وجود ناخالصی ها در شبکه کریستالی مینرال ها هر یک به سهم خود دارای نقش می باشند. در انجام یک واکنش، سرعت واکنش بستگی به ابعاد و اندازه مواد ترکیب شونده دارد. در حقیقت اندازه ذرات تعیین کننده سطح واکنش می باشند. از اینروست که می بایستی مواد خام تا حد امکان نرم و پودر باشد تا اینکه زبره آنها کاملاً ترکیب شود. مقدار مقبول برای زبری رقم بین ۵ تا ۲۰ درصد روی الک ۹۰ میکرون است که رقم دقیق تر مربوط به این فاصله بستگی به سیستم پخت، ترکیب و نوع مواد اولیه دارد. همگن بودن خوراک کوره از جمله ضرورت های اساسی برای بدست آوردن کلینکر دارای ترکیب یکنواخت، شرایط پخت و کارکردن مداوم کوره می باشد. در صورت وجود تغییرات در ترکیب (حتی بمقدار

جزئی)، گودال هایی مملو از ترکیبات مختلفه در کلینکر بوجود می آید. این ترکیبات ممکن است شامل غلظت های بالای آهک آزاد و یا دی کلسیم سیلیکات (C_2S) باشند. چنانچه خوارک کوره بحد کافی هموزن می بود دو ترکیب فوق (C_2S & CaO) با یکدیگر ترکیب می گشتند و تری کلسیم سیلیکات (C_3S) که ترکیبی مقبول و حاوی خواص فراوان برای سیمان است بوجود می آمد. بطوریکه خلاصه و با جمع بندی مطالب مذکور می توان چگونگی و کیفیت پخت خوراک را به فاکتورهای زیر نسبت داد:

۱- ترکیب شیمیایی: تیتراسیون (استاندارد آهک)، مدول سیلیس، مدول آهن، فاز مایع، ترکیبات فرعی و مواد افزودنی نظیر CaF_2 (نقش کمک نوب دارد).

۲- ترکیب مینرالی مواد اولیه (و مسلماً خوراک کوره)

۳- دانه بندی خوراک کوره

۴- همگن بودن مواد خام

۵- شرایط پخت (درجه حرارت پخت، سرعت گرم کردن، و زمان توقف (سیر) مواد در مجاورت حداکثر درجه حرارت).

در رابطه با پنج عامل اصلی مذکور که در کیفیت و چگونگی پخت خوراک کوره و در نتیجه کیفیت کلینکر بدست آمده موثرند توضیحات بیشتری به شرح زیر عرضه می گردد:

عامل اول عمدتاً مربوط به تنظیم مواد است که کار اصلی آزمایشگاه سیمان می باشد. در تنظیم مواد از روابطی استفاده میشود که نهایتاً بکمک آنها مواد تنظیم شده (خوراک کوره) دارای مشخصات اساسی زیر خواهد بود:

۱- تحت شرایط حرارتی موجود در کوره قابل پختن باشد. مثلاً آهک آزاد بالا نباشد و یا خوب تشکیل کوتینگ بدهد.

۲- پس از پخته شدن کلینکر را بدهد که دارای خواص مطلوب فیزیکی و شیمیایی باشد.

۳- ترکیب خوراک کوره آنچنان باشد که پختن آن ایجاد عارضه ای برای سیستم پخت و روال عادی کار کوره نکند. مثلاً ایجاد طوق (رینگ) و سیکل قلیائی نکند.

به تعبیر دیگر خوراک کوره باید قابل پخت باشد، اثرات فرسایشی و درد سرزائی برای سیستم پخت و روال پخت نداشته باشد و بالاخره سیمان با مشخصات استاندارد و مطلوب را بدهد. برای این منظور در تنظیم مواد برخی نسبت ها و روابط مندرج استفاده می شود. برای رسیدن به سه مشخصه مذکور در فوق ترکیب سنگ آهک و خاک رس (یا هر نوع مواد اولیه مصرفی دیگر) باید آنچنان باشد که کلینکری با مشخصات مندرج در استاندارد را بدهد. غالباً ترکیب مواد اولیه موجود در جوار کارخانه طوریست که به تنهایی نمی توانند کلینکر مطلوب را بدهند. لذا از مواد اولیه کمکی مانند سنگ آهک، سنگ سیلیس، ماسه سیلیسی و برخی مواد دیگر نیز استفاده می شود. در غالب موارد از سنگ آهک بعنوان کمک نوب (روان ساز)، که نقش عمده ای در پائین آوردن درجه حرارت پخت مواد و تشکیل کوتینگ دارد، استفاده می شود.

عامل دوم یعنی ترکیب مینرالی مواد مربوط به ماهیت مواد موجود در دسترس می باشد و آزمایشگاه نمی تواند در تغییر ماهیت آن کاری بکند. تنها راهی که وجود دارد شناسائی جبهه های مختلف معدن و تدوین برنامه ریزی دقیق برای استفاده از مواد با ترکیب مینرالی مطلوب می باشد. در رابطه با این عامل توضیحات زیر قابل توجه می باشد:

همانطور که می دانید در کلینکر ترکیباتی CaO ، Fe_2O_3 ، Al_2O_3 ، SiO_2 وجود دارند که این ترکیبات در اصل و در ابتدا بدینصورت نبوده اند. هر یک از این ترکیبات از منبعی که اصطلاحاً بعنوان مواد اولیه موسوم است تامین شده اند. مواد اولیه مورد مصرف در حقیقت ترکیبات معدنی هستند که متشکل از مینرال های گوناگون با ساختمان کریستالی متفاوت می باشند. هر مینرال یا کریستال دارای مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاص خود می باشد. بدین معنی که انرژی لازم برای خرد کردن و یا پختن (که در حقیقت نوعی متلاشی کردن است) متفاوت می باشد. بعنوان نمونه کربن را در نظر بگیرید که شامل دوده، الماس گرافیت است و برای خرد کردن هر نوع از اشکال مختلف آن از گرافیت که نرم است تا الماس که سختترین بلور شناخته

شده است انرژی متفاوتی لازم است. انرژی لازم برای خرد کردن یا پختن (سوزاندن) این دو جسم که دارای ماهیت شیمیایی همانندی هستند یکسان نمی باشد. الماس در مقایسه با گرافیت انرژی بیشتری را برای خرد کردن و درجه حرارت کمتری برای سوزاندن لازم را دارد. آهک موجود در کلینکر از مواد معدنی متفاوتی نظیر کلیست، آرگونیت، دولومیت، انگریت و امثالهم تامین شده است. هر یک از این کانی ها دارای خواص فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی متفاوتی هستند و این تفاوت ها عمدتاً به بافت و ساختمان کریستالی آنها مربوط می شود. هر چه کریستال ها درشتتر پختن و تکلیس مشکلتر است. بهمین خاطر درجه حرارت کلیستاسیون کربنات ها بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد متغیر است. سایر اکسیدهای موجود در کلینکر از کانی های رسی نظیر کائولینت، مونت موریلونیت، هیدرومیکا، کلریت و امثالهم مشتق شده اند. در صورتیکه سیلیس بصورت کوارتر باشد میل ترکیبی خیلی کمی با سایر اکسیدها دارد. اگر منبع تامین سیلیس آلومینو سیلیکات ها باشد، بدلیل وجود سیلیس آمورف و یا سیلیس ترکیب شده میل ترکیبی بیشتری با اکسیدهای کلسیم، آلومینیم و آهن دارد و در نتیجه در درجه حرارت پائین تر و با صرف انرژی کمتری عمل پختن و تشکیل فازهای کلینکر صورت می گیرد.

عوامل سوم و چهارم به نحوه عمل آسیاب مواد و سیلوهای مخلوط کن و قبل از این دو سالن مخلوط مرتبط می باشند. هر چه مواد نرم تر باشد از یکسو سطح انتقال حرارت بیشتر می شود و از سوی دیگر انرژی حرارتی کمتری برای متلاشی کردن ذرات لازم است. در صورتیکه زبره خوراک کوره بالا باشد احتمال تشکیل آهک آزاد بالاتر وجود دارد. بعنوان مثال با افزایش دانه بندی سیلیس موجود در مواد خام از محدوده ۰/۱۵ تا ۰/۰۹ میلیمتر به محدوده ۰/۴-۰/۳ میلیمتر آهک آزاد از ۰/۵ درصد به ۰/۸ درصد فزونی می یابد. و یا با افزایش ابعاد سیلیس از ۰/۵ میلیمتر به ۲ میلیمتر، آهک آزاد از ۰/۷ به ۳/۷ درصد می رسد. (این ارقام بطریق آزمایشگاهی و در درجه حرارت حدود ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد بدست آمده اند. از سوی دیگر یکنواخت بودن و همگن بودن خوراک کوره از نقطه نظر ترکیب نقش عمده ای در یکنواخت کارکردن کوره و پایداری کوتینگ دارد. بهمین خاطر است که محدوده تغییرات درصد کربنات را ± 0.2 درصد تعیین کرده اند. یک

درصد افزایش در کربنات معادل ۱۳ درصد افزایش در فاز سه کلسیم سیلیکات و ۱۱/۵ درصد کاهش دو فاز دو کلسیم سیلیکات می باشد. این میزان نوسان خوبی معرف چگونگی و قابلیت پخت مواد (زودپز شدن و یا دیر پز بودن) آن می باشد.

عامل پنجم مربوط به کوره بان و چگونگی عملکرد او می باشد. در حقیقت با رعایت ضوابط مطلوب در عوامل ۱ و ۲ و ۳ و ۴ ثمره نهائی کاربستگی به هنر نمائی، دقت عمل و ممارست کوره بان دارد. موارد بسیاری وجود دارد که خوراک کوره بی هیچ ایرادی تحویل سیلوی مواد و از آنجا راهی کوره شده است ولی بدلیل برخی ندانم کاری های کوره بان آنچه که از کوره بیرون می آید دارای کیفیت مطلوب نیست. عکس این مطلب نیز وجود دارد، یعنی موارد عدیده ای پیش می آید که مواد بسیار نامناسب و عاری از مشخصات لازمه تحویل کوره شده است ولی کوره بان با دقت و اعمال تجربه تحسین از آن محصول با کیفیت بالا تحویل داده است.

کنترل و راهبری کوره

عقب کوره :

یکی از راههای کنترل و راهبری کوره، کنترل عقب کوره است. شاید دلیل اساسی کنترل عقب کوره آگاه شدن زودتر از موقع از اتفاقاتی است که چند دقیقه بعد ممکن است در منطقه پخت صورت گیرد. این کنترل از دو طریق صورت می گیرد:

۱- کنترل درجه حرارت عقب کوره،

۲- مکش عقب کوره.

کنترل درجه حرارت عقب کوره دارای نقش مهمتر و دقت بالاتریست.

درجه حرارت عقب کوره:

منظور از درجه حرارت عقب کوره، درجه حرارت گازهای خروجی از قسمت انتهائی کوره است. کنترل دقیق بموقع درجه حرارت عقب کوره، کلید موقعیت در پایدار نگهداشتن حالت و نحوه کار کوره می باشد. دلیل معتبری که در کنترل درجه حرارت عقب کوره (که دارای فاصله

تغییرات کمی است) نهفته است اینست که: در خوراک کوره، ضمن عبور و سیر در داخل کوره، تغییرات فیزیکی و شیمیایی صورت می گیرد و بخاطر پایداری هر چه بیشتر کار کوره نبایستی از هیچ یک از این تغییرات چشم پوشی کرد. مهمترین تغییری که دارای اثر قطعی و تعیین کننده روی منطقه پخت است، همان کلسینه شدن مواد در پیش گرم کن و کلساینر است. پخت کامل و مناسب وقتی صورت می گیرد که خوراک کوره قبل از ورود به منطقه پخت کلسینه شده باشد. بعبارت دیگر، کلینکر بوجود نمی آید مگر اینکه تمام CO_2 موجود در سنگ آهک مواد خام بیرون رفته باشد. همچنین می بایستی بعد از منطقه تکلیس، گازهای خروجی حاوی مقدار لازم انرژی حرارتی جهت خشک کردن مواد و شروع عمل تکلیس باشند. درجه حرارت عقب کوره مناسبترین وسیله برای اپراتور کوره جهت کنترل تغییرات مذکور (خشک شدن، درصد تکلیس و داغ بودن مواد ورودی بکوره) است. اینکه چرا درجه حرارت عقب کوره از روی گاز خروجی از کوره صورت می گیرد و نه از روی درجه حرارت مواد ورودی بکوره، باین دلیل است که اندازه گیری درجه حرارت گاز سهل تر و دارای دقت بیشتری است. برای مقدار معین دور کوره و تغذیه کوره، درجه حرارت ایده آلی برای عقب کوره وجود دارد. اگر حرارت زیادی به عقب کوره وارد شود، باعث می گردد که خوراک کوره بطور زود رس کلینکر شود و در نتیجه پخت مواد در نقاط عقب تر کوره صورت گیرد. این عمل باعث خواهد شد که بازده حرارتی سوخت کم شود و سوخت مصرفی زیاد گردد. بعکس وقتی که حرارت کمتری به عقب کوره برسد، نتیجه این خواهد شد که خوراک کوره بصورت ناقص تکلیس شود و سپس وارد منطقه پخت گردد و در نتیجه مواد فوق العاده دیرپز است و احتمالاً باعث واژگونه (Upset) شدن کوره می شود.

درجه حرارت عقب کوره تحت فرمان چهار عامل است:

- ۱- دور فن کوره که باعث تغییر مکش عقب کوره و سرعت گازهای خروجی می شود.
- ۲- مقدار سوخت مصرفی در کلساینر که روی میزان تکلیس خوراک کوره و داغ شدن آن اثر دارد.

۳- مقدار سوخت مصرفی در مشعل اصلی کوره که باعث تغییر گرمای منطقه پخت می گردد.

۴- مقدار خوراک کوره که باعث تغییرات در درصد پر بودن کوره می گردد (این تغییر درصد پر بودن می تواند ناشی از تغییر دور کوره و تغییر غبار برگشتی نیز باشد).

از این ۴ عامل، عوامل دور فن و مقدار سوخت، علت های اصلی تغییرات درجه حرارت عقب کوره هستند بالا رفتن درجه حرارت عقب کوره ممکن است بدلیل افزایش دور فن، یا افزایش مقدار سوخت یا کاهش خوراک کوره باشد. بعکس پائین آمدن درجه حرارت عقب کوره می تواند منتبج از پائین آمدن دور فن، کاهش سوخت و افزایش خوراک کوره باشد. فرض بر اینست که دور کوره متناسب با مقدار خوراک کوره است و کنترل درجه حرارت عقب کوره، دوشادوش کنترل مقدار سوخت، درصد اکسیژن و درجه حرارت منطقه پخت صورت می گیرد. بعنوان یک واقعیت باید اپراتور توجه کند که هر وقت دست به تنظیمی در یکی از سه عامل اصلی کنترل فوق (سوخت - اکسیژن - حرارت منطقه پخت) می زند، عکس العمل و بازتاب این تغییرات را روی مناطق سه گانه کوره در نظر داشته باشد.

دو حالت عمومی در رابطه با کنترل درجه حرارت عقب کوره پیش می آید که ضرورت بخرج دادن دقت و مهارت توسط کوره بان را ایجاب می نماید. کوره ای را با شرایط زیر در نظر بگیرید:

درجه حرارت عقب کوره 850°C (مطلوب) 870°C (موجود)

درجه حرارت منطقه پخت 1540°C (مطلوب) 1565°C (موجود)

درصد اکسیژن گاز خروجی $1/5-1$ (مطلوب) $0/7$ (موجود)

بطوریکه ملاحظه می گردد درجه حرارت عقب کوره و منطقه پخت هر دو بالاست و درصد اکسیژن پائین تر از حد مجاز است. دور فن را نمی توان پائین آورد چون باعث کم شدن اکسیژن و سوختن ناقص سوخت می شود. فاکتور ارزشمند موجود بالا بودن درجه حرارت منطقه پخت

است، چون منطقه پخت با حرارت مطلوب مهمترین ضرورت برای هر گونه تنظیمی است. اولین قدم در تنظیم کوره ای با این حالت کاهش جزئی از مقدار سوخت مصرفی است و در صورتیکه تنظیم دیگری صورت نگیرد بدینوسیله اکسیژن بالا خواهد رفت. با این عمل درجه حرارت منطقه پخت پائین خواهد آمد از اینرو برای جلوگیری از سرد شدن منطقه پخت و بمحض افزایش درصد اکسیژن، دور فن تا آنجائی کم می شود که مجدداً درصد اکسیژن به رقم قبلی (۰/۷ درصد) برسد. با این شرایط، درجه حرارت عقب کوره کاهش می یابد و از نظر تئوری درجه حرارت منطقه پخت همان درجه حرارت قبلی باقی خواهد ماند زیرا که با کاهش دور فن، حرارت کمتری به عقب کوره می رود. برای اینکه درجه حرارت عقب کوره باندازه ۲۰ درجه سانتیگراد پائین بیاید میبایستی روشی که در فوق گفته شد چند مرحله انجام شود تا ۲۰ درجه سانتیگراد کاهش فوق صورت گیرد. بدین وسیله هم از پیش آمدن حالات غیر قابل کنترل جلوگیری می شود و هم اینکه با هر بار انجام مراحل فوق، از عکس العمل ها اطمینان کافی حاصل می شود. منطقه پخت می بایستی همواره خوب گرم نگهداری شود و هر وقت در انجام مراحل تنظیم فوق مشاهده گردید که درجه حرارت منطقه پخت افت می کند، باید تنظیم را متوقف کرد تا منطقه پخت گرم شود.

مثال فوق با این فرض بود از اینکه اقدامی برای پائین آوردن درجه حرارت عقب کوره شود، کوره برای ساعتها و با دور کامل در حال کار بوده است. هر گونه بالا رفتن (افزایش) دور کوره باعث کاهش درجه حرارت عقب کوره خواهد شد. این مثال برای این منظور گفته شد که چگونه می توان درجه حرارت عقب کوره را به راحتی برای کوره ای که چند ساعت و یا حتی چند روز در حالت ثابت و پایدار کار می کرده است، پائین آورد. یک واقعیت وجود دارد، آنهم اینست که ممکن است ممکن است در مورد بسیاری از کوره ها، بدون اینکه متوجه شویم، درجه حرارت عقب کوره بسیار بالا باشد. از اینرو در مواردی که اکسیژن کم است ضرورتی ندارد که اقدام به افزایش دور فن و سوخت شود. مثالی را در نظر بگیرید که درجه حرارت عقب کوره برابر ۷۶۰ درجه سانتیگراد، درجه حرارت منطقه پخت برابر ۱۵۴۰ درجه سانتیگراد و اکسیژن برابر ۱/۵ درصد باشد. در این حالت کوره مورد مثال دارای درجه حرارت منطقه پخت و درصد اکسیژن مطلوب می

باشد ولی درجه حرارت عقب کوره پائین تر از حد مطلوب است. در ابتدا به مقدار جزئی دور فن افزوده شود و بدینوسیله مقدار اکسیژن بالا می رود. چنانچه در این مرحله کار دیگری صورت نگیرد، درجه حرارت منطقه پخت افت می نماید. لذا بمحض اینکه اکسیژن سنج درصد بالاتری را نشان داد، سوخت آنقدر افزایش داده می شود که مقدار اکسیژن به رقم قبلی (۱/۵ درصد) برسد. بدینوسیله با افزایش مقدار سوخت جبران حرارتی که توسط افزایش دور فن از منطقه پخت به عقب کوره رفته است می شود. در اینجا نیز توجه به این نکته ضروریست که تنظیم و تصحیح حالت فوق می بایستی در چند مرحله و با قدمهای آهسته صورت بگیرد و در صورت مشاهده هر گونه تغییر حالت در منطقه پخت می بایستی عمل تنظیم کردن تا عادی شدن وضع منطقه پخت متوقف شود.

جواب به این سوال که درجه حرارت مناسب عقب کوره چه درجه حرارتی است، چندان ساده نیست زیرا که بایستی پارامتر بستگی به عواملی نظیر، میزان تغذیه، دور کوره، ترکیب خوراک کوره رطوبت موجود در مواد و سایر عوامل دارد.

نشانه های خیلی بالا بودن درجه حرارت عقب کوره:

- کوره بطور یکنواخت و بمدت طولانی در حال کار با درصد اکسیژن باشد.

- زود پز بودن مواد بصورت مداوم که باعث شود منطقه پخت بیش از حد لازم به عقب کشیده شود.

- نحوه کار قبلی کوره نشان بدهد که در حالت پایدار و با پارامترهای یکسان، کوره با درجه حرارت عقب کمتری کار می کرده است.

- کوره با بازده حرارتی پائین سوخت کار بکند. بدین معنی که برای مقدار معین و با ترکیب معین خوراک کوره، سوخت زیادتری مصرف شود.

نشانه های زیاد پائین بودن درجه حرارت عقب کوره:

- کوره برای مدت طولانی با درصد اکسیژن پائین کار کند.

- ورود موادی که بصورت ناقص کلسینه شده اند به منطقه پخت و ایجاد شرایط پخت مشکل برای مدت زمان طولانی .

- وجود رطوبت بیش از حد معمول در مواد خام ورودی به پیش گرم کن.

نکته مهم، بررسی برگه های گزارش، ثبات ها و سایر اطلاعات موجود در مورد حالات قبلی موید کار نسبتاً پایدار کوره می باشد. در ضمن باید توجه کرد که کنترل لحظه به لحظه درجه حرارت عقب کوره از ضرورت های پایدار کار کردن کوره است و اصولاً در شرایطی که نوسان درجه حرارت عقب کوره وجود دارد، شانس پایدار بودن کوره در حد صفر می باشد.

مکش عقب کوره:

همانطور که قبلاً اشاره شد از مکش عقب کوره برای پی بردن به تشکیل رینگ، جمع شدن مواد، اشکالات بوجود آمده در فن کوره، نشستی های احتمالی هوا در قسمت های فی مابین کوره و فن استفاده می شود. از مکش عقب کوره نمی توان بعنوان عامل کنترل کننده و تعیین درجه حرارت عقب کوره استفاده کرد، زیرا که عوامل زیادی روی این مکش تاثیر دارند. برای رسیدن به شرایط عادی و رضایتبخش کار کوره می بایستی شرایط اصلی یعنی ثابت بودن درجه حرارت عقب کوره، درصد اکسیژن در حدود $1/5-0/7$ درصد و ثابت بودن درجه حرارت هوای ثانویه (تا حد امکان) فراهم باشد. برای دستیابی به این شرایط می توان دور فن را تغییر داد و بدینوسیله مکش عقب کوره تغییر می نماید. مشروط به ثابت ماندن سایر پارامترها، با افزایش دور فن، مکش (خلاء- فشار منفی) عقب کوره افزایش خواهد یافت. تغییرات دور فن کوره، عامل اصلی تغییرات مکش در عقب کوره می باشد. دلیل این امر تغییر سرعت جریان گاز های کوره است. از اینرو وقتیکه کوره بان تغییری در مکش عقب کوره ملاحظه می کند می بایستی در وهله اول این سوال مطرح شود که آیا دور فن تغییر کرده است یا نه، در صورتیکه جواب منفی باشد، بایستی علت را با توجه به طراحی سیستم پخت احتمالاً در عواملی دیگر نظیر باز بودن دریچه، تغییر درصد باز

بودن هوای سوم و ... پیدا کند. در صورت باز بودن هر یک از دریچه های فوق، مکش عقب کوره افت می کند. دلیل این موضوع اینست که هوای مکیده شده از طریق این دریچه ها باعث ممانعت از مکش گازهای کوره می گردند. بعکس، در صورت بسته شدن هر یک از دریچه های مذکور مکش کوره بالا خواهد رفت و میزان افزایش مکش بستگی به کوچکی و بزرگی محل نشستی دارد. پائین آمدن مکش باعث نقصان درصد اکسیژن در گاز خروجی از انتهای کوره و پائین آمدن درجه حرارت عقب کوره خواهد شد. در اینچنین حالاتی می بایست دور فن را آنچنان تنظیم کرد که مکش عقب کوره به حد عادی برسد و در ضمن از برگشت طبیعی مقدار اکسیژن و درجه حرارت عقب کوره اطمینان حاصل شود. وجود ثبات مکش عقب کوره کمک موثری در تشخیص فوری تغییرات مکش و سرعت گاز جاری در کوره می باشد، که اصولاً می بایستی در شرایط کار عادی کوره ارقام تقریباً ثابتی باشند. بهر علتی که احتیاج به باز کردن دریچه ای باشد، می بایستی در وهله کوره بان در جریان قرار بگیرد و از او کسب اجازه شود. در صورتیکه دریچه ای بدون اطلاع او باز شود و کوره در حالت واژگونه شدن باشد، کوره بان گرفتار مزاحمت اضافی خواهد شد. فرض نمائید که افت شدید مکش در عقب کوره پیش آمده است ولی نه دور فن تغییر کرده است و نه دریچه ای باز می باشد. منبع ایجاد این حالت را بایستی در داخل کوره پیدا کرد. وقتیکه دور فن ثابت است، ولی یک شکست یا حرکت ناگهانی در رینگ مواد داخل کوره پیش می آید، مکش عقب کوره شدیداً افت می نماید. بعکس در حالتیکه رینگ در حال تشکیل شدن باشد مکش عقب کوره نیز تا ادامه افزایش رینگ بطور پیوسته بالا خواهد رفت. پدید آمدن این حالتها از دلایل عمده دیگر دقت کردن مکش عقب کوره است.

اکسیژن عقب کوره:

همواره می بایستی دستگاههای سنجش درصدی از اکسیژن را نشان دهند و هیچگاه منو اکسید کربن در گازهای خروجی وجود نداشته باشد. عبارت دیگر هرگز نبایستی مقدار هوا آنچنان باشد که عمل سوختن ناقص باشد. برای اطمینان از سوختن کامل سوخت، می بایستی همواره با مقداری هوای اضافی کار کرد تا به درصد اکسیژنی معادل ۰/۷ تا ۱/۵ درصد رسید. چنانچه درصد اکسیژن خیلی کم باشد (کمتر از ۰/۴

درصد) در اینصورت سوختن ناقص خواهد بود و نمایانگر مصرف سوخت زیادی است. در اینچنین شرایطی شعله سردتر است و درجه حرارت منطقه پخت سریعاً افت می کند، مضافاً اینکه منو اکسید کربن نیز پدید خواهد خواهد آمد که در صورت جلوگیری نکردن از آن خطر انفجار وجود دارد. از سوی دیگر چنانچه مقدار اکسیژن خیلی بالا باشد (بیش از ۲/۵ درصد) این نتیجه مترادف با بازده پائین سوخت خواهد بود. زیرا که اولاً مقداری سوخت جهت گرم کردن هوای اضافی ورودی به کوره مصرف می گردد، ثانیاً حرارت با ارزش منطقه پخت بدلیل وجود هوای اضافی به عقب کوره (که نیازی به آن نیست) برده می شود. پر واضح است که اگر مقدار هوا خیلی کم و یا خیلی زیاد باشد. در هر دو صورت به زیان کوره خواهد بود. در شرایط پایدار کوره می بایستی درصد اکسیژن در حدود ۰/۴ تا ۲/۵ درصد و ترجیحاً بین ۰/۷ تا ۱/۵ درصد باشد. توجه شود که این ارقام برای حالت پایدار (تثبیت شده) کوره می باشد. در حالتی که کوره ناپایدار (واژگونه) است امکان این هست که در خارج از حدود ذکر شده کارکرد و بدینوسیله منطقه پخت و عقب کوره را به شرایط مطلوب رسانید.

شرایط خاص راهبری کوره

کلیات:

عملکرد بهینه کوره وقتی فراهم میشود که نوسانات و تنظیمات هنگام کار کوره به حداقل مطلق برسد. در صورت نیاز به تنظیمات می باید کار تنظیم تدریجی و مرحله ای باشد.

هنگامیکه تمام حلقه های کنترل (Control Loops) فعال هستند در اینصورت در مورد نگهداری و پایداری حالات زیر اطمینان وجود دارد:

درجه حرارت پائین ترین سیکلون در بالاترین رقم لازمه قرار دارد و بدینوسیله درصد ثابت و مطلوبی از کلسیناسیون انجام می شود.

فشار منفی (مکش) سرکوره متناسب است و بهمین خاطر شرایط کار پایدار و مداوم خنک کن و درجه حرارت و مقدار هوای ثانویه و هوای سوم مطلوب است.

فشار بعد از فن پیش گرمکن متناسب است و در نتیجه مکش تثبیت شده ای در سیستم پخت وجود دارد مقدار سوخت مصرفی در سیستم پخت متناسب با کم و کیف کلینکر تولیدی یعنی وزن لیتری، مقدار آهک آزاد و وضعیت ظاهری کلینکر است.

معیار تعیین کننده دیگر شرایط موجود کوره است، همانند تمایل و جهت منحنی گشتاور کوره، امکان ذاتی تشکیل کوتینگ و یا سایر بی نظمی هایی که اخیراً در سیستم و کوره پیش آمده اند.

مقدار خوراک کوره و دور کوره همزمان (Synchronise) هستند و کوره بان می تواند نسبت ارتباط این دو به یکدیگر را تغییر دهد.

در زیر از عوامل تاثیر گذار روی راهبری کوره شرح داده میشود.

تجزیه شیمیایی گاز خروجی کوره:

تجزیه شیمیایی گاز خروجی حاوی اطلاعات مهمی برای ارزیابی کم و کیف فرآیند احتراق می باشد. بنابراین عملکرد خوب و سلامت کاری دستگاه آنالیز گاز قطعاً بسیار مهم است. گازهای خروجی نمی باید حاوی هیچگونه مواد نسوخته همانند کربن (C) و یا مونو اکسید کربن (CO) باشند. وجود چنین ترکیباتی در گاز خروجی، میتواند در صورت گستردگی ایجاد آتش یا انفجار نماید. بعلاوه وجود اینگونه ترکیبات نشان دهنده اینست که از کالری سوخت استفاده کامل نشده است. وجود ۱% CO در گازهای خروجی می تواند برابر با مصرف بیشتر $40 \text{ Kcal/kg Clinker}$ حرارت باشد. حضور مواد نسوخته مشخص کننده ناکافی بودن مقدار هوای لازم برای سوختن و احتراق است. حتی در صورت وجود هوای کافی، بعلت اختلاط متناسب سوخت و هوا امکان وجود مواد ناسوخته وجود دارد. بنابراین باید همواره مقداری هوای اضافی در فرآیند احتراق مصرف کرد.

همانگونه که قبلاً اشاره شد، گازهای خروجی از پیش گرمکن باید حاوی ۴-۶% اکسیژن باشند. امکان نصب آلارم برای مقدار حداقل اکسیژن وجود دارد. مثلاً حد ۲۰% را تعیین نمود. این هشدار به کوره بان

خطر وجود مواد ناخواسته در گازهای خروجی را اعلام میکند. دستگاه سنجش CO بطور پیوسته مقدار CO موجود در گازهای خروجی را اندازه گیری می کند. محدوده آلام و هشدار باید بشرح زیر باشد.

Max I CO %۵ و ۰

Max II CO %۹ و ۰

Max I CO %۲ و ۱

Max I آلام را به صدا در میاورد و در این حالت کوره بان باید تنظیمات لازمه را انجام دهد.

وقتی آلام Max II به صدا در میاید می باید سوخت مصرفی در کلسایر تا ۲۰٪ کاهش داده شود. کنترل مقدار سوخت در این حالت بصورت دستی و غیر اتوماتیک است. اپراتور باید تنظیمات بیشتری روی فرآیند احتراق انجام دهد تا بدینوسیله مقدار اکسیژن را به سطح مطلوب برساند.

Max II برای وقتی است که مقدار CO در گازهای خروجی ۱/۲ درصد یا بیشتر است در این صورت آلام عمل می کند و با علامت دهی خود بلافاصله برق فشار قوی الکترفیلتر را قطع می کند.

حجم هوای اولیه :

هوای اولیه از طریق لوله مشعل وارد میشود و شرایط اختلاط خوب و موثر بین سوخت و هوا را فراهم می کند. معمولاً مقدار هوای اولیه جاری از طریق مشعل حدود ۸-۱۰٪ حجم هوای لازم برای احتراق است.

درجه حرارت گاز خروجی پیش گرمکن:

فن پیش گرمکن انچنان طراحی شده است که بتواند درجه حرارت گاز خروجی تا ۴۳۵ درجه سانتی گراد را تحمل کند. با این وجود در صورت افزایش درجه حرارت تا ۴۵۰ درجه سانتیگراد برای مدتی کوتاه برای فن قابل تحمل خواهد بود. باید محدوده های آلام زیر تعبیه شود:

I Max: اعلام هشدار برای وقتی که درجه حرارت 25°C بالاتر از درجه حرارت (300°C) است.

II Max: اعلام هشدار و قطع فن برای 50°C بالاتر از مقدار **I Max** (350°C) در این شرایط نباید هیچگاه درجه حرارت بالاتر از 450°C برسد.

درجه حرارت یا تاقان ها:

هر گونه افزایش درجه حرارت در هر یک از یا تاقان های فن باعث اعلام هشدار و قطع اتوماتیک فن خواهد شد. این آلام برای فن پیش گرم کن و فن هوای اضافی خنک کن گریت نیز تعبیه شده است. هر گونه افزایش درجه حرارت در یا تاقان های هر یک از پایه های کوره فقط باعث اعلام هشدار و روشن شدن چراغ آلام میشود.

الکتروفیلترها:

هیچگاه نباید درجه حرارت کاری الکتروفیلترها بالاتر از حداکثر درجه حرارت تعیین شده توسط سازنده دستگاه باشد. پیرومترهای تعبیه شده در ورودی و خروجی الکتروفیلترها با فن پیش گرمکن اینترلاک هستند و در صورت بالا رفتن این درجه حرارت فن متوقف میشود.

گرفتگی سیکلون ها :

تغییرات در درجه حرارت مواد جاری در خروجی های سیکلون ها ممکن است نشان اولیه از شروع گرفتگی سیکلون ها داشته باشد. در انتهای پائینی هر یک از سیکلون ها دستگاه سنجش مکش نصب شده است. اگر فشار منفی یکی از این نقاط در حین کار عادی کوره کاهش یابد و همزمان تغییراتی در درجه حرارت نیز پیش بیاید در این صورت می باید از شروع گرفتگی در سیستم مطمئن بود. در صورت افت فشار تا مقدار حداقل تنظیم شده، فشار سنج آلام میدهد. در این حالت باید اپراتور نقطه به نقطه سیستم را بررسی کند، حالت های مختلف را ارزیابی نماید و نهایتاً در صورت لزوم کوره را متوقف کند. در محل اتصال فشار سنج به بدنه سیکلون می باید سوراخی به قطر 2mm در لوله (Bushing) اتصال وجود داشته باشد و بسیار مهم است که این سوراخ تمیز و پاک باشد. در صورت گرفتگی سیکلون ها فشار منفی

اندازه گیری شده به تدریج با پر شدن لوله از هوای محیط به سمت صفر میل می کند. بهنگام اطمینان از گرفتگی سیکلون باید کوره متوقف گردد و رفع گرفتگی شود. معمولاً وجود و تعبیه لوله های فشرده با طول های مختلف در نقاط مختلف در نقاط مختلف پیش گرمکن بسیار موثر است. در حین تمیز کردن باید احتیاط های لازم را انجام داد.

نکته: درجه حرارت مواد کیک مانند که ایجاد گرفتگی کرده اند تا حدود 800°C است و هر آن امکان دارد همانند مواد سیال جاری شوند. بنابراین لازم است احتیاط های لازم در حین کار را انجام داد و عاقلانه اینست که افراد درگیر تمیز کردن، ملبس به لباس های عایق حرارت باشند.

گرفتگی در رایزر پایپ ورودی کوره:

تشخیص امکان گرفتگی شدید در رایزر پایپ و ورودی کوره با بررسی فشار منفی موجود بین پائین ترین سیکلون و ورودی کوره مسیر است در این مورد نیز می باید موارد احتیاطی رعایت شود. تجربه کاری در مورد هر سیستم پختی نشان می دهد که آیا لازم است دریچه های اضافی به همراه تجهیزات لازمه نظیر **Air Blaster** در آن نصب کرد یا نه.

موقعیت کوره :

موقعیت محوری کوره بوسیله غلطک ها کنترل می شود. محدوده های هشدار و آلام طبق آنچه که در دستورالعمل تر است رولر ارائه شده باید برقرار شود. آلام **Max I** علامتی هشدار دهنده به اپراتور است که بدنبال بررسی موقعیت کوره برود.

آلام **Max II** بطور خودکار کوره را متوقف می کند تا بدینوسیله از آسیب دیدگی سیستم آب بندی عقب کوره و یا درب کوره پیشگیری نماید.

در شرایط بحرانی که غلطک ها کوره را به سمت بالا میبرند ممکن است لازم شود غلطک ها مستقیماً روغنکاری شوند. در اینصورت پس از برگشت کوره به حالت و موقعیت نرمال باید سطح غلطک ها از روغن پاک شوند. روغنکاری متعارف بین غلطک ها و رینگ کوره بوسیله گرافیت صورت میگیرد.

نسوز کاری کوره:

درجه حرارت کاری سیستم پخت آنچنان بالاست که اغلب بخش های آن توسط آجر نسوز و یا بتن نسوز کاری میشود و در مقابل حرارت بالا محافظت میگردند. پیش شرط کار یکنواخت و مداوم کوره اینست که نسوز کاری بی عیب و برخوردار از کیفیت لازم باشد. همچنین باید نحوه کار با کوره آنچنان باشد که تداوم عمر و حفظ لایه نسوز کاری که بسیار مهم است رعایت شود. معمولاً نسوز کاری پیش گرمکن، کانال هوای میانی و اغلب قسمت های خنک کن دارای عمر چند ساله هستند و نیازی به تعویض ندارند. با این وجود بخشهایی از نسوز کاری خصوصاً آجرهای منطقه پخت متناوباً می باید تعمیر و تعویض شوند. دوره زمانی تعمیر و تعویض نسوز کاری بخش های مختلف به عوامل زیادی بستگی دارد. عموماً توصیه اینست که بهنگام کاهش ضخامت آجرها به حد نصف مقدار اولیه - در اثر فرسایش - قسمت آسیب دیده و فرسوده شده تعمیر یا تعویض شود. هر نوع آسیب دیدگی لایه نسوز کاری می تواند خطر داغ شدن بدنه کوره را در پی داشته باشد. خصوصاً می باید شرایط کاری منطقه پخت کوره سیمان تحت نظارت مداوم باشد. اگر درجه حرارت بدنه کوره به $420-450^{\circ}\text{C}$ برسد، باید این منطقه بوسیله فن هوا خنک شود. در صورت بالاتر رفتن درجه حرارت بدنه و مشاهده سرخی و عدم امکان رفع آن می باید کوره متوقف شود. با نصب حرارت سنج نوری (Scanner) میتوان درجه حرارت بدنه کوره در حین کار کوره را زیر نظر داشت و کنترل کرد. آلام مربوط به این درجه حرارت نباید بالاتر از 420°C باشد. در مواقعی که کوره متوقف است باید با استفاده از فرصت، نسوز کاری داخل کوره را بررسی کرد و در صورت لزوم برنامه تعمیر یا تعویض را اجرا کرد.

واحد کنترل کیفیت:

در این واحد با آنالیز مواد ورودی به کوره (خوراک کوره)، مواد خروجی کوره (کلینکر)، و سیمان تولیدی، سعی در کنترل کیفیت سیمان تولیدی و ارائه محصول باکیفیت به بازار دارند. فعالیت های زیر در آزمایشگاه های فیزیک و شیمی این واحد به منظور کنترل کیفیت مواد انجام میگیرد:

آزمایشگاه فیزیک:

متد تعیین درصد آهک آزاد:

نیم گرم نمونه مورد نظر را (کلینکر با سیمان) دقیق وزن نمونه درون ارلن ۲۵۰ CC ریخته بعد تعدادی ساچمه کوارتز داخل آن انداخته سپس ۳۰ CC اتیلن گلیکول به آن اضافه نموده و آن را روی حمام شنی ۷۰ C به مدت نیم ساعت گذاشته بعد از نیم ساعت توسط دیسکلاتور خلأ صاف نموده و چند قطره معرف بر موکروزل اضافه نموده و بعد با اسید کلرید ریک ۰.۱ نرمال آن را تیترا کرده و مقدار اسید مصرف شده را در ضریب مربوطه ضرب نموده (۰.۵۶) عدد بدست آمده درصد آهک آزاد می باشد که تغییر رنگ آبی به رنگ زرد نشان دهنده پایان واکنش است.

وجود آهک آزاد در سیمان مطلوب نیست و مقدار آن بایستی کمتر از ۲/۵ درصد باشد (حضور آن باعث انبساط حجمی (ناسالم بودن سیمان) بتن و ملات می شود).

متد تعیین مقاومت فشاری و خمشی:

مقدار ۴۵۰ گرم سیمان و مقدار ۲۵۰ CC آب متوسط دستگاه مخلوط کن اتوماتیک به مدت ۳۰ ثانیه با هم مخلوط شده بعد از گذشت ۳۰ ثانیه دستگاه آلازم زده و در این زمان مقدار ۱۳۵۰ گرم شن استاندارد را در مدت ۳۰ ثانیه به مخلوط سیمان و آب اضافه می کنیم بعد از اتمام ۳۰ ثانیه دستگاه به صورت اتومات به مدت ۳۰ ثانیه دیگر، در حالت دور تند شروع به کار می کند و ملات داخل ظرف را با هم مخلوط می کند بعد از اتمام کار دستگاه مخلوط کن خاموش شده قالب ها را که به ابعاد (۱۶×۴×۴ سانتی متر) توسط پارچه آغشته به روغن را چرب می کنیم و قالب چرب شده را روی دستگاه و بیره محکم کرده و ملات آماده شده را داخل قالب ریخته و دستگاه را استارت می کنیم که به مدت ۲ دقیقه ملات داخل قالب را و بیره کرده پس از اتمام کار دستگاه قالب را باز کرده و روی آن را با تیغه فلزی تمیز کرده و ملات اضافی را از روی قالب جدا می کنیم و قالب را به اتاق دمای ثابت با دمای ۲۰+۱ و رطوبت نسبی ۹۰% به مدت ۲۴ ساعت انتقال می دهیم، بعد از گذشت ۲۴ ساعت قالب های بتنی را باز کرده و کد بندی و شماره گذاری می کنیم که سن نمونه ها به مدت ۳ روز، ۷ روز و ۲۸ روز می باشد که بعد از گذشت زمان های مشخص شده قالب های مربوطه در دستگاه قرار گرفته و تحت فشار قرا می گیرد تا شکسته شود و دو نیم شمش

بتونی بدست آماده در دستگاه مقاومت فشاری قرار می گیرد . پس از استارت دستگاه و اعمال فشار عددی که در زمان شکسته شدن ثبت شده یادداشت می گردد . عدد مربوطه به میانگین مقاومت و نیم شمش در ضریب ۱۰.۲ ضرب شده ، مقدار مقاومت فشاری قالب بتونی بدست می آید که باید منطبق با جدول تکنولوژی تولید (۲۲gi۴۳) باشد و عدد بدست آمده را ثبت و در فرم (۲۲۳fn۲۴) ثبت می کنم.

مدت تعیین زمان گیرش :

مقدار ۳۰۰gr سیمان را به همراه حدوداً ۷۵cc آب را داخل مخلوط کن ریخته با هم مخلوط می کنیم بعد از اینکه کاملاً با هم مخلوط شدند آن را به داخل ظرف و بیگات قرار می دهیم به طوری که اهرم دستگاه را آزاد کرده و مماس با سطح خمیر سیمان آماده شده در داخل ظرف قرار داده اهرم دستگاه باید به اندازه ۱۰ میلی متر داخل خمیر سیمان نفوذ کند . در غیره اینصورت اگر زیاد نفوذ کرد مقدار آب خمیر سیمان را کم کرده و اگر کمتر از ۱۰mm نفوذ کرد باید آب خمیر را زیاد کرد . زمانی که خمیر آماده شد بعد از گذشت مدت زمان ۴۰ دقیقه دوباره خمیر را با دستگاه سوزن ویلات مورد آزمایش قرار می دهیم به طوری که سوزن اولیه را روی دستگاه قرار داده و نوک سوزن را با سطح خمیر مماس کرده و اهرم دستگاه را به شدت رها می کنیم زمانی که سوزن روی عدد ایستاد و زمان شروع گیرش می باشد که زمان آن ثبت گردیده و در آزمایش گیرش نهایی سوزن گیرش نهایی را روی دستگاه نصب می کنیم و سطح تحتانی سوزن گیرش نهایی را مماس با سطح خمیر قرار داده و زمانی که علامت تحتانی سوزن روی خمیر گیرش ماندگار شد به شرط عدم فرو شدن سطح تحتانی سوزن در خمیر زمان گیرش نهایی سیمان می باشد.

مدت اندازه گیری باقیمانده روی الک:

ابتدا از نمونه ای که باید باقیمانده روی الک آن گرفته شود (پودر مواد ، خوراک کوره ، سیمان) مقدار ۱۰ گرم از آن را وزن کرده روی دستگاه آلیاژ (دستگاه زبری گیری) که الک ۱۷۰ داخل آن نصب شده است ریخته (دستگاه که توسط یک جارو برقی مکش را انجام می دهد) بعد از ۲ الی ۳ دقیقه دستگاه را روشن نگه می داریم . بعد از این مدت مانده

های روی الک را دقیقاً وزن کرده عدد بدست آمده را در ۱۰ ضرب نموده عدد بدست آمده درصد زبری الک ۱۷۰ می باشد بعد همان مانده روی الک ۱۷۰ را روی الک ۷۰ ریخته الک را روی دستگاه زبری گیری گذاشته و مجدداً مانده روی الک ۷۰ را وزن نموده در عدد ۱۰ ضرب می کنیم و درصد زبری ۷۰ بدست می آید.

در انجام یک واکنش، سرعت واکنش بستگی به ابعاد و اندازه مواد ترکیب شونده دارد. در حقیقت اندازه ذرات تعیین کننده سطح واکنش می باشند. از اینروست که می بایستی مواد خام تا حد امکان نرم و پودر باشد تا اینکه بهره آنها کاملاً ترکیب شود.

آزمایشگاه شیمی:

ترکیب شیمیایی مواد خاک (خوراک کوره) نقش عمده را در تعیین مدت زمان پخت کلینکر دارد. منظور از مدت زمان پخت زمانی است که لازم است تا یک خوراک کوره با نرمی معین و در درجه حرارت معینی آنچنان پخته شود که مقدار درصد وزنی آهک آزاد آن بیشتر از ۲ درصد نباشد. با افزایش ضریب اشباع آهک (L.S.F)، مدول سیلیس و مدول آهن (بمقدار جزئی) زمان پخت بیشتر می شود. مواد قلیایی بالاتر از ۰/۵ درصد تمایل به پیش گیری از ترکیب آهک با سایر اکسیدها دارند. بعکس MgO (کمتر از حدود ۲ درصد) و SO_3 (کمتر از حدود ۱ درصد) خاصیت تشدید فعل و انفعالات پخت و کاهش زمان پخت را دارند. ترکیب مینرالی مواد خام موثر روی نحوه حبه شدن (اماج شدن) پودر مواد خام در روش نیمه تر و همچنین موثر بر مقدار آب لازم برای تهیه دوغاب در سیستم تر می باشد. این مشخصه اثر عمده ای روی حرارتی لازم برای پختن کلینکر دارد و مضافاً اینکه معیاری از اتصالات و بندهای کریستالی مینرال های موجود در مواد خام است. مشخصه مینرالی خاک رس و کریستال های درشت کوارتز از جمله عوامل موثرند. وجود کریستال های نامنظم یا وجود ناخالصی ها در شبکه کریستالی مینرال ها هر یک به سهم خود دارای نقش می باشند.

طرز تعیین درصد sio

ابتده ۰.۵ گرم از نمونه مورد نظر را با ۲ تا ۳ گرم (کلرور آمونیم) وزن کرده بشر ۵۰CC ریخته ۵CC اسید کلرید ریک به آن اضافه نموده

بعد ۲ تا ۳ قطره اسید نیتریک هم به آن اضافه نموده روی بشر را با شیشه ساعتی پوشانده و یک میله شیشه ای درون آن می گذاریم بعد به مدت نیم ساعت روی حرارت ملایم ۱۰۰-۶۰ قرار می دهیم تا کاملاً خشک شود بعد با آب اسید ۳% گرم سپس با آب مقطر داغ محلول را به صورت مایع در آورده از کاغذ باند مشکی صافی عبور می دهیم و زیر صافی را داخل بشر ۳۰۰CC می ریزیم رسوب داخل کاغذ صافی را داخل بشر ۳۰۰CC می ریزیم و رسوب داخل کاغذ صافی که داخل قیف است خوب با آب مقطر اسیدی داغ شستشو می دهیم تا رنگ زرد رسوب از بین برود و به رنگ سفید تغییر پیدا کند بعد کاغذ صافی حامل رسوب را داخل بوته ای که وزن خالی آن را ثبت نموده ایم گذاشته روی اجاق خشک می کنیم و بعد در کوره با حرارت ۱۲۰۰۰C-۱۰۰۰۰ به مدت نیم ساعت نگه می داریم بعد در دسیکاتور به مدت ۱۰ دقیقه سرد کرده مجدداً وزن کرده وزن پر را از وزن خالی کسر کرده عدد بدست آمده را عدد ۲ ضرب و بعد در عدد ۱۰۰ ضرب می نمایم عدد بدست آمده درصد سیلیس می باشد به آن چند قطره اسید سولفوریک و ۱۰CC اسید هیدروفلوئوریک (FH) اضافه می کنیم و بعد آن را روی حرارت ملایم خشک کرده و سپس در کوره ۱۰۵۹C-۱۰۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه قرار می دهیم و بعد در دسیکاتور خشک می کنیم بعد وزن می کنیم تفاوت بین وزن بدست آمده و قبلی نشان دهنده درصد سیلیس خالص می باشد و وزن باقی مانده بعد از تبخیر سیلیس را به عنوان ترکیبی از اسید و آلومینیوم در نظر می گیریم .

طریقه تعیین $R_2 O_3$ (مجموع آهن + آلومینیم)

همان زیر صافی حاصل از سیلیس را که در بشر ۳۰۰CC صاف کرده روی اجاق می جوشانیم تا به نقطه جوش برسد سپس چند قطره متیل رد اضافه نموده تا قرمز شود سپس از محلول آمونیاک یک به یک استفاده کرده تا رنگ محلول زرد تیره شود و رسوب احیاء شود و بعد از احیاء رسوب حدود ۱ الی ۲ دقیقه به حالت جوش نگه می داریم و بعد بشر را کنار گذاشته تا خوب رسوب ته نشین شود بعد از ته نشین شدن رسوب با کاغذ صافی مشکی آن را داخل بالن ۵۰۰CC صاف کرده روی صافی را با محلول نترات آمونیوم داغ ۲۰ گرم یا ۳۰ گرم شستشو می دهیم

تا خوب رسوب شسته شود بعد رسوب را در بوته تثبیت شده گذاشته و رسوب موجود روی کاغذ صافی را در آن گذاشته تا خشک شود ، سپس آن را روی شعله سوزانده و سپس به مدت نیم ساعت در کوره ۱۰۰۰ گذاشته و سپس در دسیکاتور به مدت ۱۰ دقیقه سرد کرده و در نتیجه $200 \times (\text{وزن ثانویه بوته} - \text{وزن اولیه بوته}) = R_{2O3}$

طرز تعیین درصد cao (کلسیم)

در همان زیر صافی R_{2O3} که داخل بالن ۵۰۰ cc صاف کرده ایم بالن را زیر شیر آب سرد معمولی سرد کرده و به دمای محیط می رسانیم بعد از سرد شدن بالن را آنقدر تکان داده تا محلول داخل بالن یکنواخت شده بعد مقدار ۲۰ cc از محلول داخل بالن توسط پیپت برداشته داخل ارلن ۲۵۰ cc ریخته مقدار ۲۵ cc تا ۵۰ آب مقطر به آن اضافه نموده بعد مقدار ۱۰۰ cc از محلول پتاس (KOH) یک قطعه آهن ربا را داخل بشر انداخته روی دستگاه مخزن برقی گذاشته بعد چند قطره کالکون کربن که معرف است به محلول اضافه می کنیم تا رنگ بنفش کاملاً مشهود شود و بعد از آن از محلول EDTA برای تیتر کردن استفاده نموده زمانی که رنگ بنفش کاملاً برطرف شد و رنگ آبی مشهود شد مصرف EDTA را در فاکتور ضرب کرده عدد بدست آمده درصد cao می باشد.

تعیین درصد MgO:

از همان محلولی که برای کلسیم استفاده نموده ایم مجدداً ۲۰ cc برداشته مقدار کمی آریو کروم بلک تی و چند قطره آمونیاک به آن اضافه می کنیم تا رنگ پوست پیازی شود بعد از EDTA جهت تیتر استفاده می کنیم و زمانی که رنگ پوست پیازی به رنگ آبی تغییر کرده مصرف EDTA را از مصرف EDTA اولیه cao کسر می نمایم و باقی مانده را در فاکتور ضرب کرده عدد بدست آمده درصد MgO می باشد.

فاکتور $MgO \times (\text{تفاوت مقدار مصرف ها } cao.MgO)$

در کلینکر ترکیب MgO (اکسید منیزیم - پریکلاس) نیز وجود دارد. این ترکیب معمولاً بصورت محلول جامد وارد شبکه کریستالی سایر فازها می شود. درصد مجاز MgO در کلینکر ۲/۵ تا ۳ درصد است و

بالا تر از این ارقام مترادف با ناسالم بودن سیمان است. نسبت اکسید منیزیم ترکیب شده با سایر فازها، به اکسید منیزیم حل شده بستگی به ترکیب شیمیایی کلینکر دارد. وجود پریکلاس در سیمان باعث ناسالم بودن سیمان انبساط حجمی (Magnesia Expansion) ملات و بتون می گردد.

تعیین درصد Fe_2O_3 سیمان (آهن):

یک گرم از نمونه مورد نظر را وزن کرده داخل ارلن 250CC ریخته مقدار 50CC تا 70CC آب مقطر به آن اضافه کرده و بعد مقدار 19CC اسید کلریدریک به آن اضافه می کنیم بعد روی هیتر برقی حدود 10 الی 15 دقیقه گذاشته تا حل شود و به نقطه جوش برسد بعد از کلرواستانو جهت بی رنگ شدن استفاده می کنیم بعد از رنگ شدن ارلن را زیر شیر آب معمولی خنک می کنیم و 10CC اسید فسفریک و مقدار 10CC کلرور جیوه اضافه کرده و بعد چند قطره دی فنل آمین به عنوان معرف به آن اضافه کرده بعد با محلول بی کرومات پتاسیم تیترا کرده زمانی که رنگ به حالت بنفش درآمد مصرف را در فاکتور ضرب کرده عدد بدست آمده درصد آهن (Fe_2O_3) نمونه مورد نظر می باشد.

(ضریب بی کرومات 0.4) $9.4 \times$ مقدار مصرفی بی کرومات $= \%Fe_2O_3$

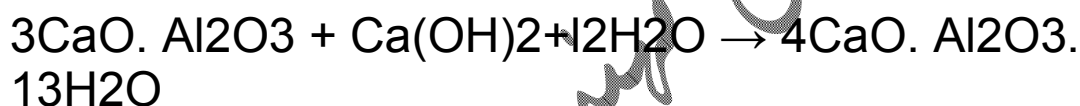
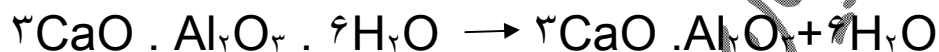
تعیین درصد SO_3 (گچ)

یک گرم از نمونه مورد نظر را از بشر 250CC ریخته مقدار 25CC آب مقطر اضافه کرده و 5CC اسید کلریدریک اضافه کرده بعد روی اجاق برقی قرار داده و به کمک میاه شیشه ای همزده تا کاملاً حل شود سپس حجم را به 50CC افزایش داده و روی حرارت قرار داده تا به نقطه جوش نزدیک شود سپس آن را 15 دقیقه سرد کرده و آنرا با کاغذ صافی باشد سفید صاف می کنیم و سپس محلول را در داخل بشر 250CC ریخته محلول را روی هیتر برقی به مدت 10 الی 15 دقیقه به حالت جوش نکه می داریم بعد مقدار 10CC کلرور باریم به آن اضافه کرده و بعد به مدت 4 ساعت در دمای 60 تا 70 یا 24 ساعت در دمای اتاق کنار نکه داشته تا خوب رسوب ایجاد شود بعد از این مدت ، با کاغذ صافی آبی محلول را صاف نموده و رسوب روی کاغذ صافی

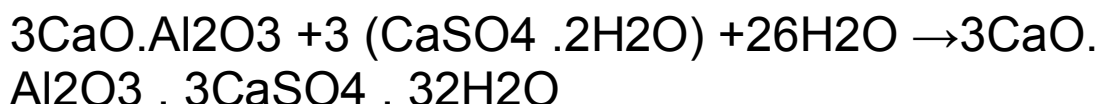
را ۳ بار با آب مقطر داغ شستشو می دهیم و کاغذ صافی را درون بوتله که وزن آن را یادداشت نموده ایم گذاشته بوتله را روی هیتر برقی خشک کرده و بعد به مدت ۱۵ الی ۲۰ دقیقه در کوره ۱۹۰۰C می سوزانیم بعد در دسیکاتور خشک کرده و وزن می کنیم وزن پر را از وزن خالی کسر نموده عدد بدست آمده را از فاکتور ۰.۳۴۳ ضرب نموده عدد بدست آمده درصد SO₃ نمونه مورد نظر است.

$$\%SO_3 = 100 \times 0.343 \times \text{تفاوت وزن بوتله} = \%SO_3$$

یکی از مینرال های موجود در کلینکر سیمان، فاز سه کلسیم آلومینات (C₃A) است. این فاز دارای میلی ترکیبی شدیدی با آب و آهک هیدراته می باشد. بدین صورت:



آهک هیدراته از هیدراته شدن کلسیم سیلیکات های موجود در کلینکر (الیت و بلیت)، حاصل می شود. بطوریکه ملاحظه می گردد هیدراته شدن سریع C₃A به معنی جذب مقدار زیادی آب در فاصله زمانی کم است که نتیجه این جذب سریع، گیرش سریع سیمان و سفت شدن آن می باشد. و بالنتیجه در کارهای بنائی و ساختمان فرصت لازم برای کار با ملات یا بتن وجود نخواهد داشت. هیدراته ترین دلیل افزودن گچ خام به کلینکر سیمان، کنترل گیرش سیمان یا در حقیقت کنترل سرعت هیدراته شدن آلومینات موجود در سیمان می باشد. بعبارت دیگر گچ خام نقش بتاخیر انداختن گیرش را بازی می کنند، علت آنهم اینست که فاز آلومینات دارای میل ترکیبی با گچ خام است و در حضور گچ خام فعل و انفعال هیدراته شدن بصورت زیر است.



کریستال حاصله در فرمول فوق بنام سه سولفات یا اترینجیت (Ettringite trisulfate) موسوم است. اولاً این کریستال دارای حجمی معادل ۸ برابر حجم آلومینات اولیه است، ثانیاً کریستالهای آن در

مقایسه با کریستالهای الومینات، بسیار ریزتر و پراکنده تر می باشند، ثالثاً این کریستال نوظهور بصورت قشر نازکی روی سایر ذرات موجود در سیمان را می پوشاند و برای چند ساعت اولیه عمل هیدراتاسیون، مانع از رسیدن سریع آب به سایر ذرات می شود، در نتیجه از سفت شدن سیمان جلوگیری می گردد.

منابع:

۱- تکنولوژی پخت سیمان تالیف مهندس محمد رضا عزیزیان

۲- فراوری مواد معدنی (رشته معدن)

۳- راهبری کوره سیمان تالیف مهندس محمد رضا عزیزیان

۴- اینترنت

دانشجویان مهندسان نفت اهواز