راهبری کوره سیمان

نویسنده: محمدرضا عزیزیان

فهرست مطالب:

۱- ساخت سیمان پرتلند ۹

۱-۱- ساخت سیمان پرتلند ۱۰

۱-۲- سیمان در ایران ۲۱

۱-۳- فن آوری روز سیستم پخت سیمان ۲۸

۲- اولین گرم کردن سیستم پخت ۳۹

۲-۱- خشک کردن پیش گرمکن ٤۰

۲-۲- خشک کردن درب کوره، کانال هوای سوم و خنک کن ٤۵

۲-۳- گرم کردن کوره دوار ۵۰

۲-٤- خواباندن کوره ۵۹

۲-۵- نکات مهم ٦۰

۲-٦- خطاهای هنگام چرخاندن کوره ٦۰

۳- راه اندازی و خواباندن کوره ٦۲

۳-۱- اولین بار دهی کوره ٦۳

۳-۲- مقدمات تغذیه کوره ٦۳

۳-۳- راه اندازی موتور کوره ٦۵

۳-٤- فراهم کردن شرایط تولید عادی ٦۵

۳-۵- راه اندازی خنک کن ٦۷

۳-٦- آماده شدن برای راه اندازی کلساینر ٦۹

۳-۷- رسیدن به باردهی عادی ۷۰

۳-۸- حالات غیرعادی خنک کن ۷۱

۳-۹- شعله در کوره سیمان ۷٦

۳-۱۰- خواباندن کوره ۸۸

٤- راهبری و گزارش روزانه کوره ۹۳

٤-١- کنترل کوره ٩٤
٤-٢- خنک کردن کلینکر ٩٦
٤-٣- سوخت کوره ٩٩
٤-٤- تغذیه کوره ١٠٠
٤-٥- متغیرهای راهبری کوره ١٠١
٤-٦- مکانیک کوره ١٠٣
٤-٧- شرایط خاص راهبری کوره ١٠٦
٤-٨- تجربه ای از منطقه پخت کوره سیمان ١١٧
٤-٩- تحلیل گزارش ساعتی کوره ١٢٣

٥- بیست و هفت حالت اساسی کوره ١٣٦

٥-١- سه متغیر و کنترل کننده اساسی ١٤٤

٦- اتوماسیون و کنترل ١٦٢

٦-١- مقدمه ١٦٣
٦-٢- زمینه های اتوماسیون در کارخانه سیمان ١٦٤
٦-٣- راهبری فرآیند ١٦٤
٦-٤- معیارهای انتخاب سیستم اتوماسیون ١٦٩
٦-٤- معیارهای انتخاب سیستم اتوماسیون ١٧٠
٦-٥- پیوستگی و سلسله مراتب راه اندازی، برنامه ریزی و مدارهای کنترل ١٧٧

٧- گرفتگی سیستم پخت سیمان ١٨٦

٧-١- پاک کردن پیش گرمکن ١٩٠
٧-٢- تجربه ای از معیار نسبت مولی ١٩١
٧-٣- تجربه ای از گرفتگی عقب کوره سیمان ١٩٧
٧-٤- عوامل گرفتگی عقب کوره ٢٠٠
٧-٥- ماهیت جرم گرفتگی عقب کوره ٢٠٦
٧-٦- عوارض گرفتگی عقب کوره ٢١٥

۸- نسوزکاری سیستم پخت سیمان ۲۲۱

۸-۱- مواد نسوز در نقاط مختلف سیستم پخت سیمان ۲۲۲

۸-۲- تجربه ای از فرسایش سریع آجر منطقه پخت ۲۴۰

۸-۳- فرسایش مواد نسوز در سیستم پخت سیمان ۲۴۵

۸-۴- عوامل مختلف فرسایش آجر منطقه پخت ۲۴۹

۸-۵- فرسایش آجرهای شاموتی و آلومینی ۲۷۷

۸-۶- فرسایش بدنه کوره ۲۸۵

۹- ایمنی سیستم پخت سیمان ۲۸۷

۹-۱- ایمنی و پیشگیری از حادثه ۲۸۸

۹-۲- ایمنی ۲۸۸

۹-۳- حوادث ۲۸۹

۹-۴- ایمنی تقاله های فلزی ۲۹۱

۹-۵- نکات ایمنی سیستم پخت ۲۹۴

۹-۶- حالت های مخاطره آمیز کوره ۳۰۰

۹-۷- تجربه ای از پر شدن سیکلون ۳۰۳

۱۰- حالت های اضطراری کوره ۳۰۹

۱۰-۱- لکه قرمز روی بدنه ۳۱۱

۱۰-۲- مواد نپخته در خنک کن کلینکر ۳۱۳

۱۰-۳- خرد شدن رینگ مواد در داخل کوره ۳۱۴

۱۰-۴- منطقه پخت بطور خطرناکی داغ است ۳۱۶

۱۰-۵- افزایش شدید و ناگهانی درجه حرارت عقب کوره ۳۱۷

۱۰-۶- خروج دود سیاه از دود کش کوره ۳۱۸

۱۰-۷- شعله نامنظم ۳۱۹

۱۰-۸- از بین رفتن بخشی از نسوز کاری ۳۲۰

۱۰-۹- توقف سیستم حرکت خنک کن یا تقاله کلینکر ۳۲۱

۱۰-۱۰- وجود کلینکر سرخ در خروجی خنک کن ۳۲۲
۱۰-۱۱- قطع برق ۳۲۳
۱۰-۱۲- «آتش» در منطقه زنجیر ۳۲٤
۱۰-۱۳- بارندگی شدید یا رعد و برق..... ۳۲۵
۱۰-۱٤- فشار بالا و ناگهانی سر کوره ۳۲۵

به نام پروردگار دانا

پیش گفتار

زمان چقدر زود گذشت.

« گویی همه عمر این دنیا شبی تا صبح یا روزی تا شام بیش نبوده است»*

دیروز بود یا ۱۱ سال پیش که در پایان مقدمه کتاب تکنولوژی سیمان قول عرضه چاپ بعدی کتاب را بصورت دیسکت داده بودم.

در این یازده ساله، دانش بشری بطور عام و فن آوری اطلاعات بطور خاص با مقیاس های نجومی گسترش یافته است. در کمتر از یکروز میتوان به حجم عظیمی از اطلاعات درباره موضوعی خاص دسترسی یافت. انطباق و تبدیل این اطلاعات با تجارب روزمره و تبدیل کردنشان به متون فارسی قابل استفاده برای خواننده فارسی زبان شاغل در صنعت سیمان، ماه ها و شاید سالها وقت لازم دارد. جالب اینکه در طی زمان سپری کردن برای تبدیل و عرضه این مطالب متوجه میشویم که بخش قابل توجهی از آنها کهنه شده است.

ناچار به محدود کردن خود میشویم و به این نتیجه میرسیم که فعلا تا فرصت از دست نرفته فلان موضوع را که مشغله روزمره، هفته ها و ماه های جاری ماست به زبان فارسی برگردانیم. با چاشنی تجربه جاری خود رنگ و بوئی به آن بدهیم که برای چند روزی میل به دانستن خواننده را پاسخگو باشد، برخی پرسش های روزمره او را جواب دهد و سرنخ هایی به دست طالب دانستن بیشتر بدهد.

از اینرو خودم را محدود کردم به یک مهندس شیمی بهره بردار کارخانه سیمان، آنهم در چارچوب سیستم پخت سیمان و صرفا با شرط نگاه به کارهای جاری یک کوره بان. یعنی آنچه که می باید یک کوره بان از نحوه کار با تجهیزات سیستم پخت سیمان بداند تا بتواند:

۱- با سیستم پخت آنچنان کار کند که آنرا سالم نگهدارد و باعث بروز مشکلاتی نشود که در نهایت کوره تبدیل به دست شکسته و وبال گردن شود.

۲- در کار با سیستم پخت محصولی بدهد که دارای کیفیت مطلوب و منطبق با استاندارد باشد.

---

* لَمْ یَلْبَثُوا اِلَّا عَشِیَّةً اَوْ ضُحٰهَا (آخرین آیه سوره نازعات)

۳- دستگاه پخت با ظرفیت اسمی کار کند، نه کمتر. یعنی مشروط به دو شرط قبلی بدنبال تولید بالاتر باشد.

۴- سعی بر آن داشته باشد که در کار با کوره، در ازاء هزینه کمتر تولید بیشتری داشته باشد تا در بزرگراه رقابت کیفیت و قیمت قافله اش از سایر کاروانها عقب نماند.

آنچه در این لوح فشرده ملاحظه می کنید بخشهایی از کتاب جدید اینجانب است که در کلاسهای راهبری کوره سیمان آنرا تدریس می کنم. هدف از این تدریس دستیابی به اهداف چهارگانه یاد شده است.

با سپاس از ایزد یکتا امید آنرا دارم که به یاری خداوند منان، بزودی کتاب را همراه با لوح فشرده (eBook) در اختیار خادمین به صنعت آبادگر سیمان قرار دهم. با استفاده از فرصت از دوستانی که در کارخانجات سیمان و کلاسهای درس کمکم می کنند تا مطالب را تهیه و حک و اصلاح نمایم و از تجربه های آنها در کار با سیستم پخت سیمان استفاده کنم، تشکر می نمایم.

همچنین از همراهی فرزند بزرگوار و جگر گوشه ام امیررضا که با وجود مشغله فراوان درسی در دانشکده پزشکی، کوچکترین مضایقه ای در صرف وقت برای انجام مراحل مختلف کتاب و لوح فشرده نداشته است، سپاسگزارم و آرزوی عاقبت به خیری او را دارم.

محمدرضا عزیزیان

آبان ۱۳۸۴

درباره ویرایش ششم

این لوح فشرده ویرایش ششم «راهبری کوره سیمان» است و حجم مطالب آن در مقایسه با ویرایش پنجم سه برابر شده است.

از اینکه در فاصله دو ماه این حجم از مطلب آماده عرضه شده است شکرگزار هستم و از عموم خوانندگان شاغل در صنعت سیمان و علاقمندان به موضوع تقاضا دارم بر من منت گذاشته و در موارد زیر مرا یاری بفرمائید:

۱- بقول معروف دیکته ننوشته است که غلط ندارد. آنچه که ملاحظه میفرمائید مسلماً خالی از غلط نیست. در صورت برخورد به اغلاط احتمالی به اینجانب اطلاع دهید.

۲- نظرات اصلاحی شما برای این حقیر بسیار ارزشمند است و در صورت دریافت نظرات اصلاحی شما بسیار خوشحال و ممنون خواهم شد.

۳- لوح حاضر به شما هدیه شده است. لطفا آنرا در اختیار سایرین هم قرار دهید.

محمدرضا عزیزیان

۸۴/۱۰/۱

ایمیل: kurehban@yahoo.com

۱

ساخت سیمان پرتلند

۱-۱- ساخت سیمان پرتلند

بیش از ۱۶۵ سال از شروع مصرف انبوه سیمان پرتلند میگذرد و هم اکنون بصورت یکی از مهمترین مصالح ساختمانی درآمده است. تولید و مصرف جهانی این فرآورده در سال ۱۹۸۶ از مرز یک میلیارد تن گذشت و تا سال ۲۰۰۶ رقم ۲ میلیارد تن را پشت سر خواهد گذاشت. این ارقام به مفهوم اینست که سیمان بعنوان یک کالای صنعتی بالاترین رقم تولید را در میان تمام کالاهای صنعتی دیگر داراست و جالب اینکه سیمان اولین کالای صنعتی استاندارد شده آنهم در ۱۲۶ سال پیش است (جدول ۱).

کلمه سیمان Cement یعنی چسب و منظور از سیمان در مصالح ساختمانی چسبی است که در اثر ترکیب با آب قادر به چسباندن ذرات شن و ماسه (سنگدانه) است و پس از سفت و سخت شدن، در آب حل نمی شود. بهمین خاطر به این سیمان، سیمان هیدرولیک گفته می شود و اساسا از اکسید کلسیم تشکیل شده است و این اکسید با اکسیدهای سلیسیم، آلومینیوم و آهن ترکیب می شود و ترکیبات مینرالی یا فازهایی با خاصیت سیمانی را بوجود می آورد. (شکل ۱ و جدول ۲).

آشنایی بشر با ملات ها یا مصالحی که خاصیت هیدرولیکی (میل ترکیبی با آب) دارند، یا به عبارت دیگر ملات های آبی که پس از سخت شدن در آب حل نمی شوند سابقه چند هزار ساله دارد. ولی از حدود ۲۱۰ سال پیش بود که بررسی های علمی و سیستماتیک روی اینگونه ملات ها و عوامل اصلی سیمانی بودن آنها شروع شد.

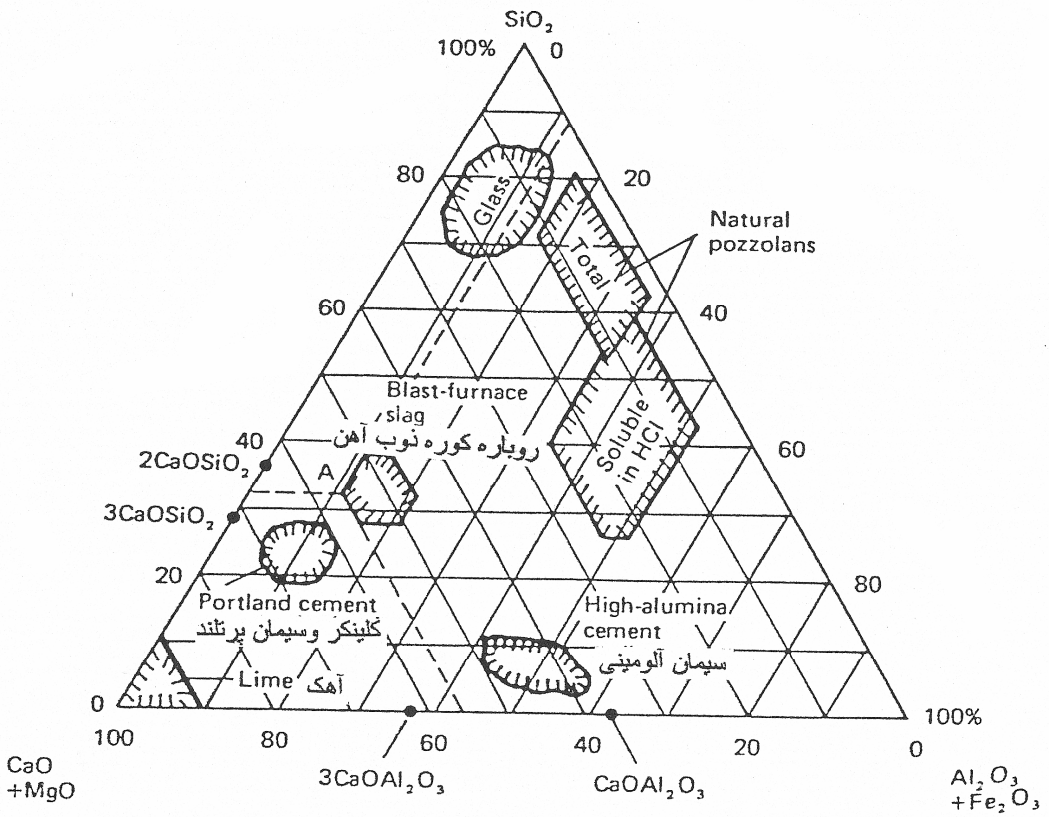
در ابتدای کار از کوره هایی مشابه کوره های آهک پزی برای تولید سیمان استفاده می شد وبدلیل استقبال زیاد از این کالای معجزه گر، در اواخر قرن نوزدهم کوره های دوار ابداع شد و هم اکنون تکنولوژی بحدی رسیده است که با حداقل ممکن انرژی مصرفی و نیروی انسانی کوره هایی با ظرفیت ۱۰,۰۰۰ تن در روز عرضه می شود (شکلهای۲ و ۳).

کلمه پرتلند Portland که بدنبال نام سیمان مصرفی در کارهای ساختمانی بکار میرود نام محلی است در جنوب انگلستان. علت این نامگذاری اینست که در سال ۱۸۲۴ یک نفر بنای

انگلیسی بنام آسپدین موفق به پختن مخلوطی از سنگ آهک و خاک رس شد که بتن حاصل از آن ضمن داشتن خواص جالب، دارای رنگی شبیه به سنگ آهک های جزیره پرتلند بود. از اینرو این بنا با همین نام فرآورده خود را به ثبت رسانید. سیمان پرتلند فعلی تکامل یافته همان سیمان است.

جدول (۱) تاریخچه ملات های آبی و تولید سیمان

تاریخ	شرح	محل
از قرن دهم قبل	آثار تاریخی ساخته شده توسط فینیقی ها با آهک آبی	بیت المقدس
از میلاد تا قرن	آثار تاریخی ساخته شده با خاک سانتورین و پوزولان ها	اتروریا
دوم بعد از میلاد	آثار تاریخی ساخته شده توسط امپراتوری رم	رم، فرانسه
	ثبت استفاده از آهک و ملات های آبی توسط مارکوس پوریزیوس و ویتروویوس	ایتالیا
	ملات های آبی بکار رفته در تخت جمشید و شوش	ایران
	اولین ثبت علمی پدیده آتشفشان کوه وزو توسط پلینیوس	پمپی
	ساخت استادیوم های ورزشی و معبد پانتئون	رم
	ساخت آبگذر ایفل به کلن توسط رومیها بطور ۸۰ کیلومتر	فرانسه
۱۷۵۶	ساخت فانوس دریائی ادی استون توسط جیمز اسمیتون	انگلستان
۱۷۹۶	ساخت و ثبت سیمان رمی توسط جیمز پارکر	انگلستان
۱۸۱۶	تهیه مواد اولیه ساخت سیمان از سنگ آهک و خاک رس توسط ویکا	فرانسه
۱۸۱۸	اهدای جایزه انجمن علوم آلمان به آقای ف.جی.یان بخاطر تشخیص وجه تمایز آهک ساخته شده با شیل	آلمان
۱۸۲۴	ثبت اختراع نوعی آهک مصنوعی بنام سیمان پرتلند توسط آقای ژوزف آسپدین	انگلستان
۱۸۴۳	تولید سیمان در درجه حرارت بالا تا حد گداخته شدن توسط ویلیام آسپدین	انگلستان
۱۸۴۴	تولید کلینکر بدون آهک آزاد توسط آقای ایساک چارلز جانسون	انگلستان
۱۸۵۵	تولید صنعتی سیمان در آلمان	آلمان
۱۸۶۱	دان دان کردن روباره و ساخت سیمان روباره ای	آلمان
۱۸۶۴	ابداع کوره هوفمن	آلمان
۱۸۶۸	حمل اولین محموله ثبت شده سیمان به آمریکا	آمریکا
۱۸۶۹	استفاده از مخلوط سوخت و مواد در تهیه خوراک کوره	آلمان
۱۸۷۱	احداث اولین کارخانه سیمان در پنسیلوانیای آمریکا	آمریکا
۱۸۷۲	احداث کوره با سیستم بازیابی حرارت گاز خروجی از کوره برای خشک کردن خشت خام	آلمان
۱۸۷۷	تاسیس انجمن تولید کنندگان سیمان آلمان	آلمان
۱۸۷۸	تدین اولین استاندارد سیمان در آلمان	آلمان
۱۸۸۳	احداث اولین کارخانه سیمان در ژاپن توسط شرکت سیمان نیهون	ژاپن
۱۸۸۳	احداث اولین کوره عمودی دو مرحله ای توسط آقای دیتچ	آلمان
۱۸۸۵	ثبت اختراع کوره دوار توسط فردریک رنسوم	انگلستان
۱۸۹۹	بهره برداری از اولین کوره دوار در شرکت سیمان اطلس	آمریکا
۱۹۰۳	راه اندازی آزمایشی کوره دوار طراحی شده بوسیله توماس ادیسون	آمریکا
۱۹۱۲	استفاده از کوره های عمودی مجهز به بلور و دستگاه های تغذیه خوراک و تخلیه کلینکر اتوماتیک	یوگسلاوی
۱۹۲۸	ابداع کوره با پیش گرمکن مشبک و عرضه آن توسط شرکت پلیزیوس بنام کوره لپول	آلمان
۱۹۳۴	ثبت اختراع پیش گرمکن سیکلونی توسط آقای یوردنسن	چکسلواکی
۱۹۳۳	راه اندازی اولین کارخانه سیمان ایران در شهر ری بظرفیت ۱۰۰ تن در روز با کوره دوار	ایران
۱۹۳۷	راه اندازی اولین خنک کن مشبک در شرکت سیمان والی فورج امریکا توسط شرکت فولر	آمریکا
۱۹۵۱	راه اندازی اولین کوره مجهز به پیش گرمکن سیکلونی توسط شرکت همبولت	آلمان
۱۹۵۳	بهره برداری از کوره عمودی سیمان مشهد	ایران
۱۹۶۹	بهره برداری از اولین کوره با پیش گرمکن سیکلونی در سیمان دورود	ایران
۱۹۶۹	راه اندازی کوره ۲۰ تنی مجهز به دستگاه تکلیس توسط کمپانی ای.اچ.ای	ژاپن
۱۹۷۱	بهره برداری از اولین کوره پریکلساینر درکارخانه چی.چی.بو	ژاپن
۱۹۷۸	بهره برداری آزمایشی از اولین کوره مجهز به پریکلسایینر در ایران در کارخانه سیمان بهبهان با ظرفیت روزانه ۲۷۵۰ تن	ایران

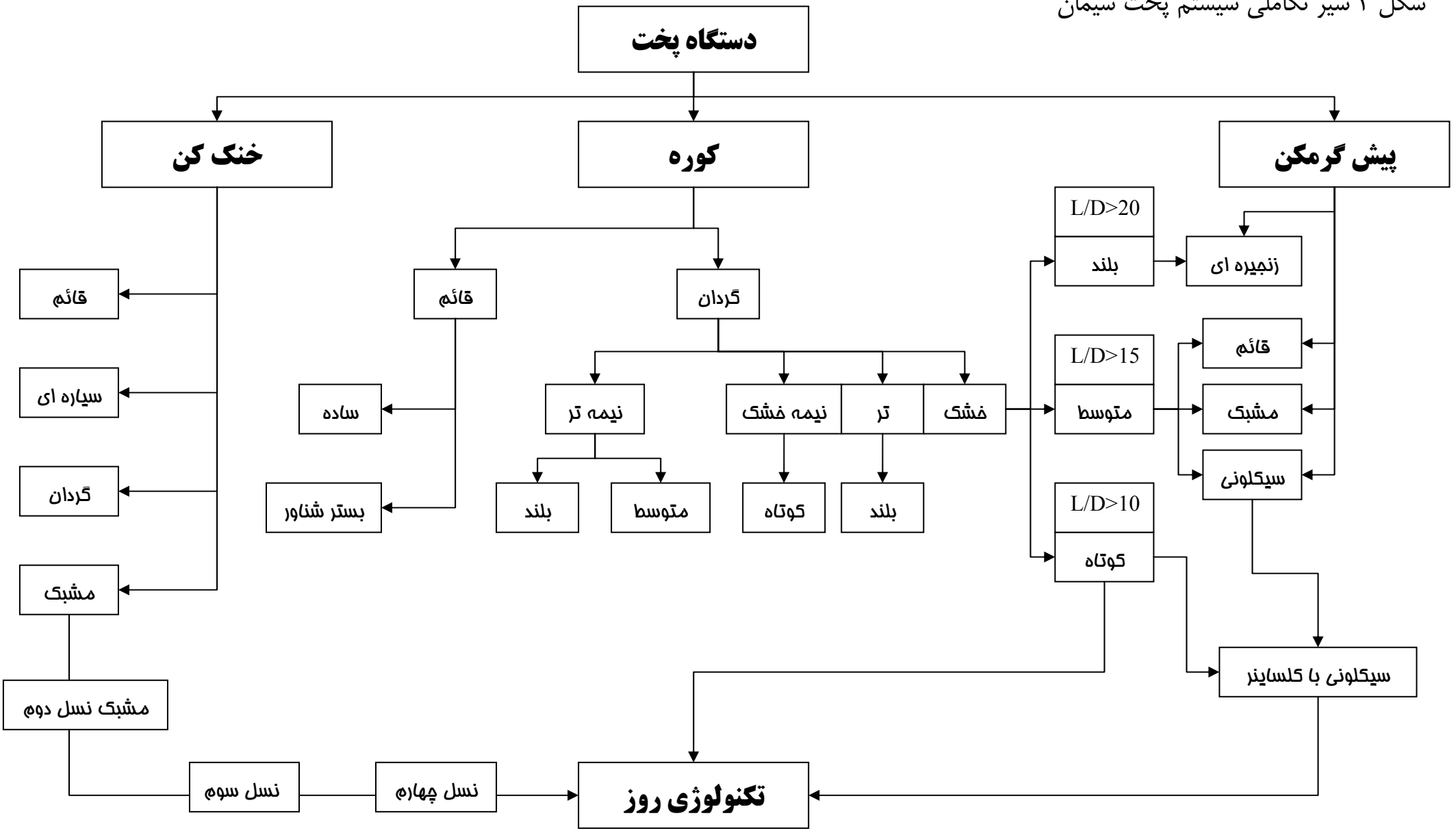


دیاگرام سه تائی

روابط مورد نیاز برای محاسبات سیمان سازی

CEMENT CALCULATION RELATIONS
Silica Module=SiO2/(Al2O3+Fe2O3) = SM
Alumina Module=Al2O3/Fe2O3 =AM
Lime Standard(KUHL)= 100(CaO-0.7SO3) / (2.8SiO2+1.1Al2O3+0.7Fe2O3) =L.S.F
Liquid Phase(1400 oC)=2.95Al2O3+2.2Fe2O3+MgO(max2%)+Na2O+K2O
C3S=4.071CaO-7.600SiO2-6.718Al2O3-1.430Fe2O3
C2S=2.867SiO2-0.754C3S
C3A=2.650Al2O3-1.692F
C4AF=3.043Fe2O3

شکل ۲ سیر تکاملی سیستم پخت سیمان



مواد اولیه سیمان پرتلند اصولا متشکل از سنگ آهک (Lime Stone) یا برخی مواد حاوی آهک نظیر مارل (Marl)، آلوویم (Aluvium)، سنگ نرم (Chalk)، شل ها (Shells)، همچنین خاک رس (Clay)، شیل (Shale) و یا دیگر مواد رسی (Argillaceous) نظیر خاکسترها و روباره می باشند.

ترکیب مواد اولیه و نسبت اختلاط آنها با هم باید آنچنان باشد که ترکیباتی نظیر اکسید کلسیم، سیلیس، آلومین و اکسید آهن در محدوده معینی باشند و سایر اجزاء تشکیل دهنده نظیر اکسید منیزیم و قلیایی از حدود معینی کمتر باشند. وجود این محدودیت ها باعث می شود علاوه بر استفاده از مواد اولیه اصلی، ضرورتا از برخی مواد تصحیح کننده نظیر سنگ آهک خالص، ماسه سنگ و یا سنگ آهن نیز استفاده شود (جدول ۳).

در ابتدا مواد اولیه از معادن مربوطه استخراج می شوند وسپس با توجه به موقعیت معادن بطرق مختلف راهی کارخانه شده و در سنگ شکن های مناسب خرد می شوند و سپس در سالن اختلاط ضمن مخلوط شدن ذخیره می شوند. مواد مخلوط شده راهی آسیاب مواد شده و در این قسمت ضمن خشک شدن پودر هم می شوند و بعد از آسیاب شدن در سیلوهایی بتنی که نقش همگن سازی و ذخیره مواد پودر شده (سیلوهای مواد) را دارند انبار می شوند. در تمام این مراحل آزمایشگاه کنترل کیفی نظارت مستمر دارد و نمونه برداریهای لازم را انجام میدهد و در نتیجه آنچه که در سیلوهای مواد ذخیره می شود آماده تغذیه به کوره است (خوراک کوره).

سیستم پخت متشکل از یک سری سیکلون (پیش گرم کن)، دستگاه تکلیس (Calciner) و یک استوانه دوار (کوره) و خنک کن بازیابی حرارتی محصول خروجی از کوره یعنی کلینکر (Clinker) است. خوراک کوره از سمت سیکلون ها وارد سیستم پخت شده و از طرف دیگر شعله و گازهای داغ جاری در کوره بسوی پیش گرمکن مکیده می شود و در نهایت خوراک کوره پخته شده بصورت دانه های تیره رنگ از سیستم پخت خارج می شود. (شکل ۳) نمونه ای مدرن از سیستم پخت است. خلاصه عملیات شیمیایی- حرارتی که در این سیستم پیش می آید در شکل ۴ ارائه شده است.

کلینکر خارج شده از سیستم پخت راهی انبار کلینکر میگردد و سپس به آسیاب سیمان فرستاده میشود و در این قسمت همراه با حدود ۴ درصد سنگ گچ پودر می شود و بصورت سیمان در می آید که پس از دخیره در سیلوهای سیمان، در بارگیرخانه بصورت های فله یا کیسه بارگیری و از کارخانه خارج می شود. (شکل ۵)

جدول (۲) ترکیب شیمیایی مواد اولیه کارخانجات سیمان ایران

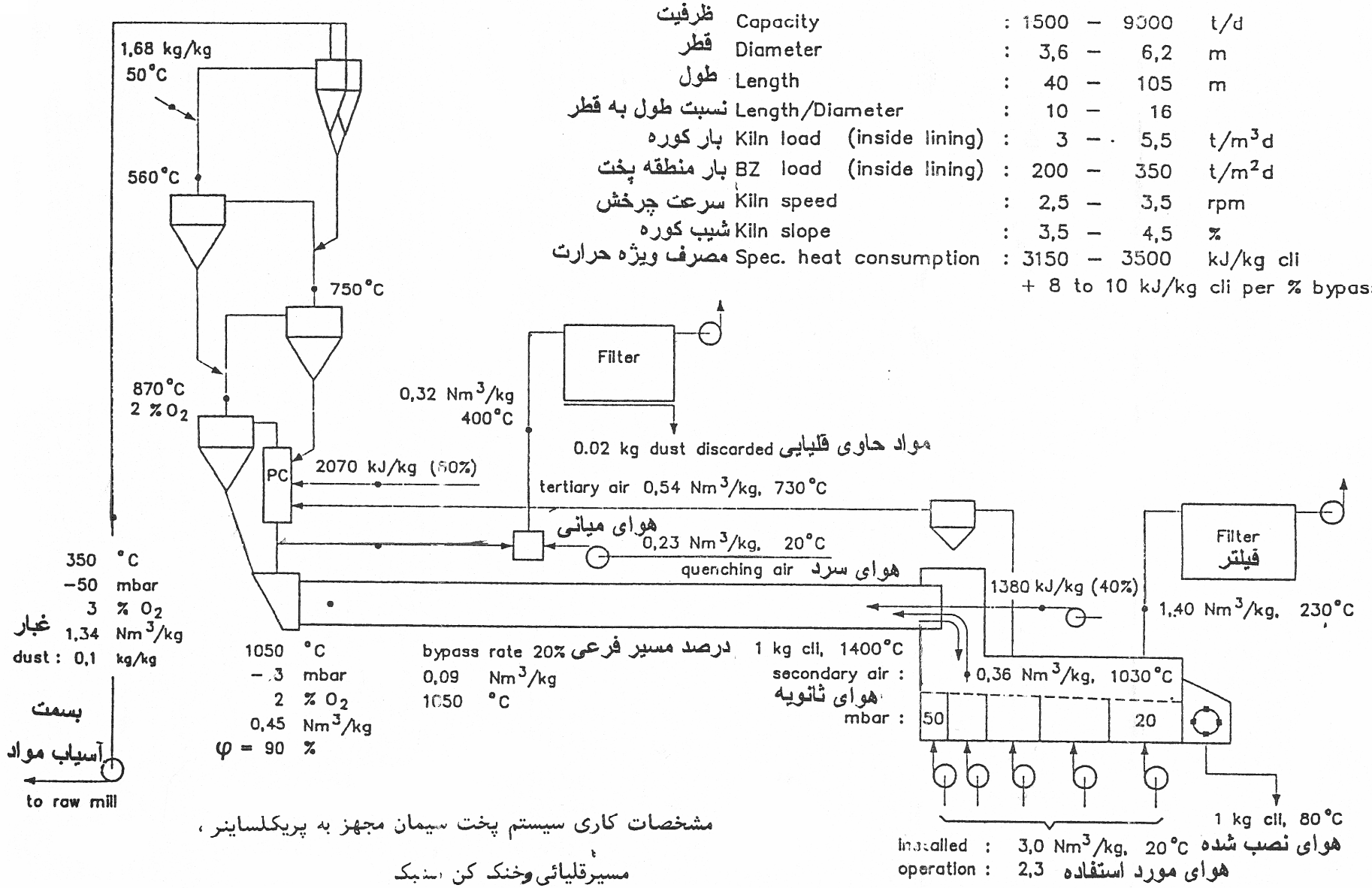
نام کارخانه	کد	L.O.I	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Cl	جمع
درود	۱	n	4.02	0.71	0.81	51.52	1.61	n	0.22	0.08	n	N
اصفهان	۲	35.31	13.25	3.01	2.01	43.46	2.45	n	0.51	0.35	n	99.56
کرمان	۲	35.41	13.17	3.92	1.36	43.31	1.51	0.35	0.47	0.45	0.08	N
خزر	۱	41.78	3.48	1.98	0.45	51.59	0.41	n	n	n	n	100.1
شرق	۳	31.38	22.44	2.29	2.08	38.17	1.44	0.82	0.62	0.18	n	N
تهران	۴	n	15.17	3.48	2.03	39.97	3.49	n	n	n	n	n
کدها	۱= سنگ آهک		۲= آلوویم		۳= مارل آهکی		۴= آهک سیلیسی		n= نامشخص			

نام کارخانه	کد	L.O.I	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Cl	جمع
دورود	۵	21.02	41.56	10.41	3.21	17.92	3.22	n	n	n	n	N
اصفهان	۶	n	61.01	20.01	1.41	3.01	1.71	2.21	1.61	1.01	n	N
مازندران	۵	24.81	34.72	8.51	3.51	26.29	1.01	n	0.85	0.25	n	N
صوفیان	۵	12.48	48.15	11.78	5.42	10.79	4.99	0.56	2.65	2.22	n	n
کدها	۵= خاک رس		۶= شیست									

نام کارخانه	کد	L.O.I	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Cl	جمع
آبیک	۸	9	10.61	1.61	65.41	13.36	n	n	n	n	n	n
دورود	۹	6.09	75.62	7.81	4.21	2.24	1.21	n	0.31	0.22	n	n
کرمان	۸	2.58	8.19	6.23	76.21	4.67	2.73	n	0.16	0.52	n	n
مازندران	۱۲	n	83.53	5.55	2.71	2.23	n	n	n	n	n	94.01
سپاهان	۱۱	n	33.37	9.13	0.71	34.39	9.36	0.66	0.62	n	n	n
صوفیان	۱۰	8.03	63.83	10.19	3.79	5.14	3.19	0.71	0.77	3.5	n	n
کدها	۸= سنگ آهن		۹= سیلیس		۱۰= خاک سرخ		۱۱= روباره		۱۲= ماسه سیلیسی			

نام کارخانه	کد	L.O.I	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	نامحلول	جمع
صوفیان	۱۳	17.72	2.73	0.74	0.81	32.75	0.38	31.21	n	n	12.85	n
درود	۱۳	18.31	0.42	1.41	0.81	24.75	4.02	42.19	n	0.46	n	n
شرق	۱۳	19.53	2.81	0.31	n	30.52	0.71	45.43	n	n	n	n
کدها	۱۳= سنگ گچ											

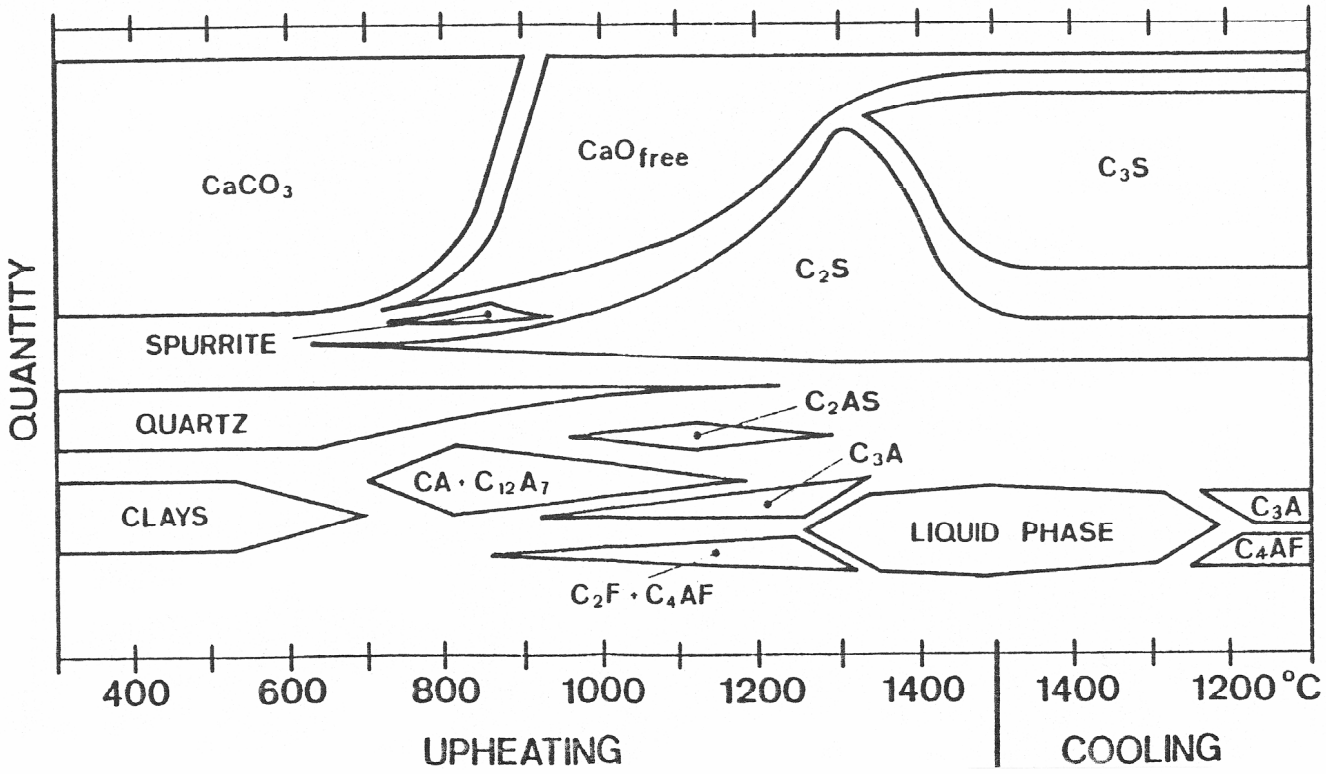
نام محل	کد	L.O.I	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	Cl	جمع
جاجرود	۱۴	5.21	68.31	13.21	5.31	3.61	0.91	n	1.04	1.01	n	n
رینه	۱۵	2.21	57.51	17.1	6.1	6.93	2.76	n	3.01	4.01	n	99.39
سیرجان	۱۲	4.14	62.47	17.47	4.16	5.04	0.81	n	3.11	2.61	n	n
بزمان	۱۶	4.88	67.17	15.05	2.02	3.92	1.41	0	0.3	2.71	0.12	97.81
تفتان	۱۶	0.43	58.76	2.02	6.41	7.84	4.1	0	1. 71	3.41	0.07	n
اردبیل	۱۶	4.61	62.85	17.36	4.29	3.21	1.21	n	0.24	0.56	n	n
قروه	۱۵	0.51	47.82	15.21	8.1	12.07	7.84	4.15	n	n	n	95.61
کدها	۱۴= تراس		۱۵= پومیس		۱۶= توف		n= نامشخص					

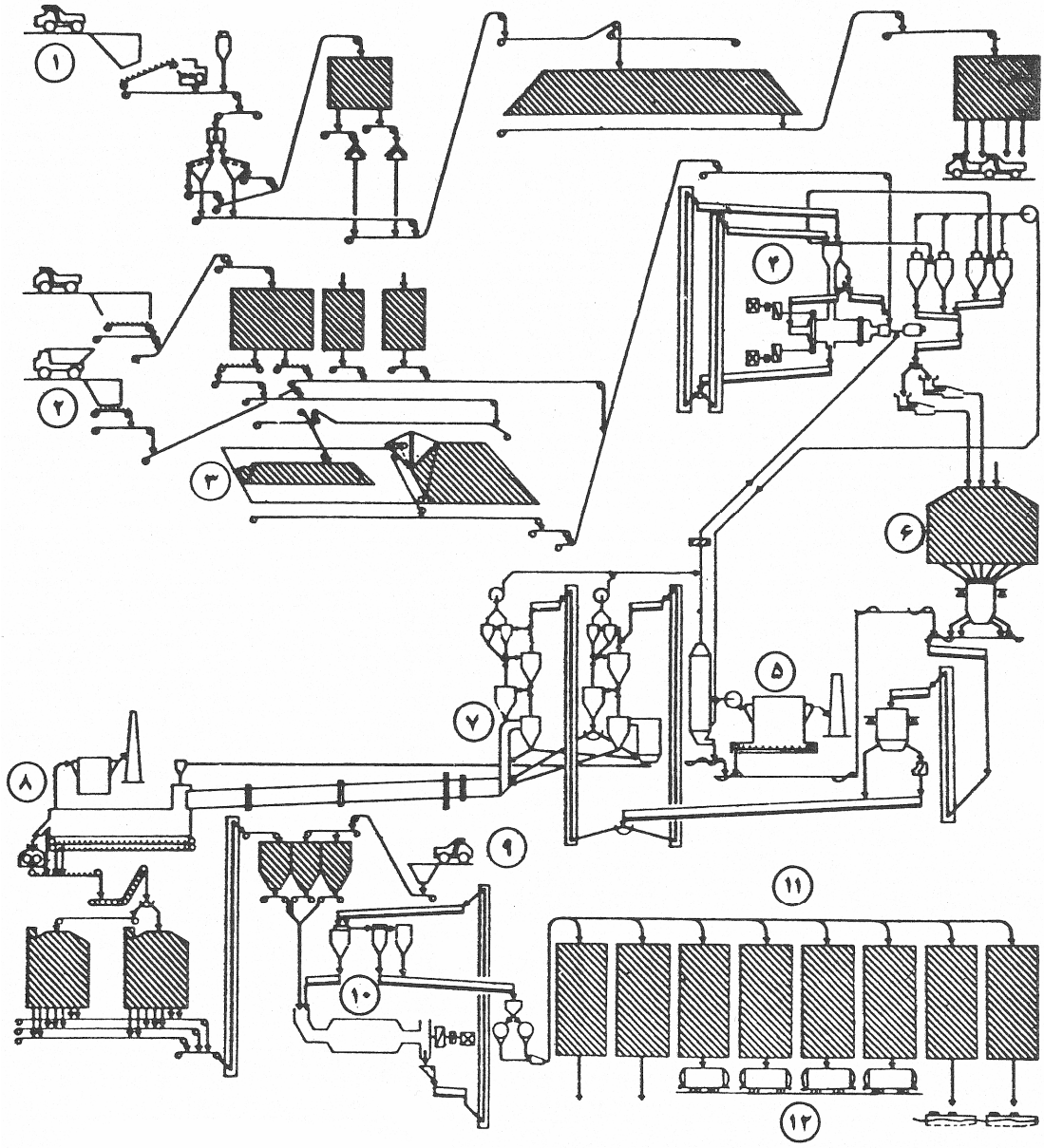


مشخصات کاری سیستم پخت سیمان مجهز به پریکلسایتر ،

مسیرقلیائی وخنک کن سنبک

QUASI-QUANTITATIVE VARIATION OF MINERALS WITH TEMPERATURE





جانمای دستگاه‌های مختلف خط تولید سیمان

۱ ــ خرد کن سنگ آهک
۲ ــ آسیاب خاک
۳ ــ سالن پیش مخلوط کن
٤ ــ قسمت آسیاب مواد
۵ ــ برج خنک کن و الکتروفیلتر
٦ ــ سیلوی مخلوط کن و ذخیرهٔ خوراک کوره
۷ ــ قسمت کوره
۸ ــ خنک کن کلینکر
۹ ــ آسیاب گچ
۱۰ ــ آسیاب سیمان
۱۱ ــ سیلوهای سیمان
۱۲ ــ بارگیری

۱-۲- سیمان در ایران

اینکه از چه موقع مصرف سیمان در ایران باب شده است چندان مشخص نیست. ولی آنچه که مسلم است ورود سیمان به ایران توسط بیگانگان بوده است که از آن برای ساختن بناهایی نظیر کلیساها، سفارتخانه ها و تأسیسات بندری استفاده شده است.

با شروع قرن چهاردهم هجری شمسی، سرعت گسترش کارهای زیر بنایی آنچنان بود که کیفیت و کمیت محصولات سنتی جوابگوی نیازها نبود. خصوصا با فکر احداث راه آهن دولتی، ضرورت استفاده از سیمان برای ساختمان پل ها و تونل ها و ایستگاه ها محسوس تر شد.

قبل از ۱۳۱۴ کشور ایران چهارمین کشور وارد کننده سیمان در دنیا بود. رشد و گسترش کارهای عمرانی و زیربنایی در این سرزمین ایجاب میکرد که هر روز مقدار بیشتری سیمان وارد شود. از آنجائیکه سیمان کالایی است ارزان، سنگین و آسیب پذیر و هزینه حمل و نقل آن در مقایسه با قیمت سیمان بسیار بالاست، در نتیجه تمام کشورهای دنیا برای رفع نیاز خود به سیمان اقدام به احداث کارخانه سیمان میکردند.

فکر ایجاد کارخانه سیمان در ایران و انجام بررسی های لازم روی مواد اولیه مناسب سیمان سازی از سالهای ۱۳۰۷ شروع و نهایتا در سال ۱۳۱۰ طی قرارداد ۱۳۰۹۷/۳۱۳۰ مورخ ۱۳۱۰/۶/۲۱ بین دولت ایران و شرکت ایران و سوئد قرارداد خرید یک کارخانه سیمان به ظرفیت ۱۰۰ تن در روز از کمپانی اف.ال.اسمیت F.L.Smidth دانمارک بسته شد. ارزش ماشین آلات خط تولید این قرارداد ۱۳۳۸۰۰ لیره انگلیس و ارزش ماشین آلات نیروگاه آن ۶۶۹۰۰ لیره انگلیس بود. هزینه احداث اولین کارخانه سیمان در ایران از محل عواید حاصل از مالیات قند و شکر تامین شد و بهای آن بصورت خشکبار و سایر فرآورده های کشاورزی به دانمارک پرداخت شد. بهای تمام شده این کارخانه پانزده میلیون ریال بود.

حاصل مطالعات روی مواد اولیه انتخاب کوه سرسره در جوار شهر ری در هفت کیلومتری جنوب تهران در امتداد کوه بی بی شهربانو بود. پس از خرید ماشین آلات کارهای ساختمانی

اولین خط تولید سیمان در شهریور ماه ۱۳۱۱ بوسیله شرکت طنس آلمانی در این محل شروع شد و ساختمان های فرعی بوسیله وزارت طرق ساخته شد و در نهایت در زمستان سال بعد در روز آفتابی جمعه ۸ دی ۱۳۱۲ اولین کارخانه سیمان ایران رسما افتتاح شد. مدیر پروژه آقای مهندس علی قلی خان سپاهی (مهندس ساختمان) بود که بعدها نیز ریاست کارخانه را بعهده داشت. (مشروح مراسم افتتاح در صفحه بعد درج شده است)

راه اندازی کارخانه سیمان ری به مفهوم ایجاد شتاب در نوسازی و صنعتی شدن کشور بود و از اینرو سهم این کارخانه در پی ریزی بسیاری از کارخانه ها و تأسیسات صنعتی، دانشگاهی، بهداشتی، کشاورزی و ... استثنایی و در خور توجه است. با استفاده از محصول این کارخانه قدرت اعجاز سیمان برای نوسازی کشور و امور ساختمانی متعارف مردم روز به روز نمایان تر شد تا آنجا که در فاصله زمانی کوتاهی تصمیم به احداث واحد دوم گرفته شد.

واحد دوم به ظرفیت ۲۰۰ تن در روز از کمپانی پولیزیزیوس (Polysius) آلمانی خریداری شد. بهای ماشین آلات خط تولید و نیروگاه جمعا ۱۵۰۷۲۱۱ فرانک سوئیس تحویل در بندر هامبورگ بود. کارهای ساختمانی این واحد در سال ۱۳۱۵ شروع شد و در روز شنبه ششم اردیبهشت ۱۳۱۶ رسما افتتاح شد. بهای تمام شده خط دوم هجده میلیون ریال بود.

جهش عظیم کارهای عمرانی و سرعت استقبال مردم الزام به احداث واحد سوم را ایجاب نمود و نهایتا سومین خط تولید نیز از آلمان به بهای ۹۸۴۰۱۶ دلار تهاتر از کشور آلمان و کمپانی معتبر Ferrostahl AG Essen خریداری شد. ظرفیت خط سوم ۳۰۰ تن در روز بود و کارهای ساختمانی آن در ۱۳۱۸ آغاز شد. در فاصله سالهای ۱۳۱۸ تا ۱۳۲۰، بیش از ۷۵ درصد کارهای ساختمانی این خط انجام شده بود و بخشی از ماشین آلات نیز رسیده بود. بدلیل جنگ جهانی دوم کشتی حامل تجهیزات این کارخانه در کانال سوئز توسط متفقین توقیف شد و ماشین آلات نیروگاه آن مصادره گردید. در نتیجه کارهای خط سوم متوقف شد و این توقف تا سال ۱۳۳۰ که قرارداد تکمیلی با کمپانی Polysius در آلمان غربی بسته شد ادامه داشت. بالاخره در نیمه دوم سال ۱۳۳۴ بهره برداری از آن آغاز شد و بدینوسیله ظرفیت تولید اولین کارخانه سیمان ایران به ۶۰۰ تن در روز رسید.

تا آبان ۱۳۲۰ حدود ۴۱ میلیون ریال برای خط سوم هزینه شده بود که با هزینه های تکمیلی بعدی هزینه اجرای واحد سوم مجموعا کمتر از پنجاه میلیون ریال شد.
در دهه ۱۳۵۰ تصمیم گرفته شد که این کارخانه توسعه داده شود و در نهایت در نزدیکی آن اقدام به احداث یک واحد ۲۰۰۰ تنی سیمان شد که ماشین آلات آن از آلمان و چک اسلواکی خریداری شد. سالها بعد طرح توسعه سیمان ری و مالکیت آن بعهده شرکت سیمان تهران گذاشته شد و بالاخره در سال ۱۳۶۴ به تولید رسید. واحدهای اولیه سیمان ری تا اواخر سال ۱۳۶۳ کار میکردند و در اسفندماه ۱۳۶۴ به تصمیم مجمع عمومی شرکت سیمان ری واحدهای قدیمی متوقف شدند

اطلاعات
ویژه هشتادمین سال انتشار روز نامه اطلاعات
۳
پنجشنبه ۲۰ مرداد ۱۳۸۴
شماره ۲۳۴۱۳

۱۳۱۲/۱۰/۸

جریان افتتاح کارخانه سیمان ایران

هنوز چند کیلومتر به کارخانه مانده بود که بناهای مرتفع، دودکش های عظیم کارخانه با دود غلیظی که از آن متصاعد بود خودآرائی می کرد و بینندگان را متوجه نقطه میساخت که در دامنه کوه های خرابه ری واقع بود.

این جا کارخانهٔ سیمان ایران بود که دیروز از طرف اعلیحضرت همایونی رسما افتتاح می یافت

اتومبیل ها پشت سر هم در جاده حضرت عبدالعظیم در حرکت بود، هوا صاف و آفتاب شفافی این روز پر افتخار را درخشنده تر ساخته بود مدعوین همه با لباس های مشکی خود را آراسته بودند که در مراسم مزبور شرکت نمایند.

در پنج کیلومتری جاده طهران به حضرت عبدالعظیم راه تازه ای باز شده است که این راه به کارخانه سیمان ایران منتهی میشد.

در محوطه کارخانه گارد احترام صف بسته بودند. هیئت دولت و نمایندگان مجلس و وجوه طبقات مندرجا در محوطه کارخانه حضور یافته انتظار تشریف فرمائی اعلیحضرت همایونی و اجرای مراسم افتتاح رسمی را داشتند.

سه ساعت بعد از ظهر موزیک تشریف فرمائی موکب ملوکانه را با مارش سلام اعلام داشت و صدای سوت کارخانه مقدم مبارک همایونی را تهنیت گفت.

اعلیحضرت شاهنشاهی از مقابل جمعیت مدعوین عبور فرموده به عبارتی که برای استراحت و عرض راپرت تخصیص داده شده بود تشریف فرما گردیدند هیئت دولت نیز حضور همایونی تشریف حاصل نمودند

پس از پنج دقیقه اعلیحضرت شاهنشاهی برای افتتاح کارخانه تشریف فرمای محوطه کارخانه گردیدند و پس از ملاحظه دورنمای کارخانه وارد دستگاه قوه بخار کارخانه گردیدند. در این جا لایحه افتتاحیه کارخانه از طرف آقای وزیر طرق قرائت گردید که ذیلا برای استحضار خوانندگان محترم درج می شود:

لایحه افتتاحیه کارخانه

اولین کارخانه سیمان سازی ایران که امروز از طرف قرین الشرف ملوکانه ارواحنا فداه افتتاح می شود در ضمن ترقیاتی که درین عصر همایون برای عمران مملکت حاصل گردیده یکی از وسائل مؤثر بشمار میاید.

بدیهی است که تهیه سیمان از منابع داخلی مملکت برای تأمین عمران و آبادی حائز کمال اهمیت میباشد و بهمین جهت ایجاد این مؤسسه مورد علاقه مخصوص شاهانه واقع گردیده و وزارت طرق که مامور انجام این امر بود حسب الوظیفه این نیت مقدس را بموقع اجرا گذاشته نتیجه را از عرض لحاظ انور میگذراند اینک راپرت وضعیت ساختمان و طرز عمل کارخانه سیمان بعرض میرسد.

ماه ۱۳۱۱ شروع گردیده یکقسمت از ماشینهای این مؤسسه ساخت کارخانه اشمیدت دانمارکی و قسمت دیگر از کارخانجات سوئد و از هر حیث مرغوب و با دوام است و بوسیله متخصصین همان کارخانجات نصب شده ساختمان ابنیه برای نصب ماشینها بعهده کمپانی لنس آلمانی محول گردیده و یک قسمت از ساختمان های مختلفه فرعی کارخانه سیمان مستقیما بوسیله مامورین وزارت طرق انجام یافته و کلیتا اداره امور مربوطه بتأسیس این کارخانه بمراقبت و مسئولیت علیقلی خان سپاهی مهندس واگذار بوده و مشارالیه با معاضدت مهندسین قسمتهای ماشین و ساختمان وظائف محوله را انجام داده است.

این کارخانه تشکیل میشود از:

۱. دستگاه قوه بخار و تولید برق با قوه یکهزار و دویست اسب
۲. دستگاه سنگ خوردکنی
۳. آسیای سنگ نرم کنی.
۴. آسیای ذغال نرم کنی.
۵. کوره چرخنده سیمان پزی.
۶. آسیای سیمان کوبی.
۷. دستگاه گونی پرکنی.
۸. دارالتجزیه شیمیایی
۹. کارخانه تعمیر.
۱۰. انبارها برای اشیاء یدکی .روغن و ذغال سنگ.

این کارخانه در هر روز حداکثر استعداد ساختن یکصد تون سیمان دارد و در آتیه ممکن است با افزودن یک یا دو کوره دیگر محصول آن زیادتر شود.

مواد اولیه برای این کارخانه بحد وفور و نزدیک بمحل و از حیث ترکیبات شیمیائی دارای تمام شرایط لازمه است لهذا بهترین جنس سیمان را که معروف به سیمان پرتلند است حاصل میکند که مخصوصاً در ساختمانهای مهمه مربوطه براه آهن و طرق و غیره مورد اطمینان و استفاده خواهد بود.

اینک نظر باینکه تمام وسائل برای بکار افتادن این کارخانه مهیا و ماشینهای آن آماده و امتحان شده است استدعا میشود کارخانه را افتتاح و امر بشروع کار بفرمایند و اجازه فرمایند اینموٴسسه باسم کارخانه سیمان ایران نامیده شود.

با درخواست سلامت و موفقیت ذات مقدس ملوکانه ارواحنافداه امیدوار است در آتیه نزدیک بطوریکه منظور نظر مبارک میباشد در بعضی نقاط دیگر مملکت نیز ازین نوع مؤسسه دائر شود.

◆◆◆

پس از قرائت لایحه فوق اعلیحضرت همایونی وارد سالون مرکز قوای برق کارخانه گردیدند و در آن جا نوار سه رنگی که بدستگاه استاسیون برق، برق کارخانه شروع بکار کرد.

قوای برق که یکهزار و دویست قوهٔ اسب میباشد بقسمت های مختلف کارخانه توزیع گردید دستگاه های الکتروموتور قوای برق را اخذ نمودند و ماشین های کوه پیکر کارخانه به حرکت درآمد.

اعلیحضرت همایونی تمام قسمت های کارخانه را با نظر دقیق و توجه مخصوصی معاینه و بازدید فرمودند و تا وقتی ماشین آلات و قسمتهای مربوطه هر شعبه از نظر ملوکانه نمی گذشت و توضیحات کافی از طرف آقای سپاهی مهندس یا آقای وزیر طرق معروض نمی گردید و یکی یکی را بدقت ملاحظه نمی فرمودند از آن قسمت صرف نظر نمی فرمودند.

ساعت چهار و نیم بعدازظهر مراسم افتتاح رسمی کارخانه و بازدید آن خاتمه پذیرفت و اعلیحضرت شاهنشاهی به شهر بازگشت فرمودند.

◆◆◆

تماشای کارخانه سیمان، غرش و نعرهٔ چرخ ها و ماشین ها در حینی که قطعات سنگ را خورد می کرد، بعد نرم میساخت، بعد می پخت، دیدن دیگ های عجیب، کوره چرخنده سیمان پزی، آسیای سیمان کوبی و سایر قسمت های آن روح با نشاط و فرح بخشی در تمام حضار ایجاد کرده بود، همه از دیدن این مؤسسه مسرور و خوشوقت بودند و موجد آن را ستایش و تقدیس می نمودند.

تمام نقل و انتقال مواد بوسیله ادوات الکتریکی، جرواثقال و یا خطوط کوچک آهنی انجام می گرفت که در اطراف قسمت های کارخانه کشیده شده و دستگاه های نقلیه کوچک روی خطوط حرکت می کردند معهذا عدهٔ که در این کارخانه اشتغال دارند و امور مختلفه کارخانه را انجام میدهند بیش از پانصد نفر میباشند.

قطعات سنگ و مواد اولیه از یکطرف بماشین داده میشود و پس از طی مراحل مخصوص خود و عبور از ماشین های مختلف و پخته شدن وارد آسیای سیمان کوبی که مرتفعترین عمارات کارخانه است گردیده و از آنجا سیمان ساخته شده بقسمتی که برای پر کردن و خارج نمودن از کارخانه است (گراور فوق) داخل می گردد

ماشین آلات این کارخانه همانطور که آقای وزیر طرق اظهار نمودند قسمتی از دانمارک و قسمتی از سوئد وارد شده که مجموع این کارخانه را شرکت ایران و سوئد بدولت فروخته است و قیمت آنرا بر طبق قراردادی که راجع بمبادلهٔ جنسی وجود داشته است بوسیله صادرات ایران تأمین نموده اند.

رویهمرفته کارخانه سیمان یکی از کارخانه های مفید و یکی دیگر از قدمهائی است که تحت توجهات علاقهٔ مخصوص شخص اعلیحضرت همایونی برای سعادت و ترقی اقتصاد مملکت برداشته شده و خط بطلانی روی یک قسمت دیگر از واردات مملکتی که روز بروز میشود کشیده شده و همانطوری که آقای وزیر طرق در آخر نطق افتتاحیه خود اظهار نمودند امید میرود این نوع مؤسسه در نقاط مختلف مملکت نیز دائر گردیده تا احتیاجات روزافزون تمام مملکت را از حیث سمنت مرتفع سازد.

در سالهای قبل از جنگ دوم جهانی مطالعاتی در نقاط دیگر کشور برای احداث کارخانه سیمان صورت گرفت که از جمله آنها برنامه ریزی برای احداث یک کارخانه سیمان در لرستان بود که مطالعات آن در ۱۳۱۷ آغاز شده بود. ضربه حاصل از جنگ عملا اجرای پروژه های جدید سیمان را پانزده سال عقب انداخت. از اینرو از سالهای ۱۳۳۲ به بعد است که شاهد احداث کارخانه های سیمان شیراز، دورود، اصفهان، مشهد، لوشان و شمال هستیم.

در فاصله سالهای ۱۳۴۰ تا ۱۳۶۰ صنعت سیمان ایران از رشد چشمگیری برخوردار شد. در سال ۱۳۴۰ مصرف سرانه سیمان در ایران حدود ۳۰ کیلوگرم بود. ولی با احداث واحدهای جدید و جهش از کوره های کوچک به کوره های ۱۰۰۰ تنی و بالاتر، مصرف سرانه سیمان در سال ۱۳۵۰ بالغ بر ۱۰۰ کیلوگرم و در سال ۱۳۶۲ به رقم ۲۵۰ کیلوگرم رسید.

هم اکنون تعداد ۵۸ خط تولید سیمان با مجموع ظرفیت سالانه ۳۲ میلیون تن کلینکر و ۳۴ میلیون تن سیمان در حال کار می باشند. تولید صنعت سیمان ایران در سال ۱۳۸۳ حدود ۳۲ میلیون تن سیمان بوده است که معادل بازده در حد ۹۷ درصد است. ضمن چشمگیر بودن چنین بازدهی که در مقایسه با بسیاری از کشورهای دنیا بسیار بالاست، مصرف سرانه کشور در حدود ۴۵۰ کیلوگرم است که بالاتر از مصرف متوسط جهانی (۳۴۰ کیلوگرم) است.

در حال حاضر پروژه های بسیاری در نقاط مختلف کشور در دست اجراست که بسیاری از آنها تا سال ۱۳۸۸ به تولید خواهند رسید. با راه اندازی این پروژه ها ظرفیت تولید سیمان ایران به حدود ۷۰ میلیون تن خواهد رسید که معادل ۳ درصد تولید دنیا خواهد بود. جدول ۴ آمار تولید پنج ماه اول سال ۱۳۸۴ صنعت سیمان ایران را نشان می دهند. همچنین در جدول ۵ مشخصات فیزیکی و شیمیائی سیمان نوع ۱ تولیدی برخی کارخانجات ایران درج شده است.

جدول (۴) تولید پنج ماهه اول سال ۱۳۸۴ کارخانجات سیمان

نام کارخانه	ظرفیت اسمی سالانه (هزار تن)		کلینکر		سیمان	
	کلینکر	سیمان	تولید (تن)	بازده (درصد)	تولید (تن)	بازده (درصد)
آبیک	۲۲۵۰	۲۳۴۰	۹۷۶۰۷۰	۱۰۴/۱۱	۱۱۰۰۳۳۴	۱۱۲/۸۵
ارومیه	۸۷۰	۹۰۴	۳۵۳۴۸۶	۹۷/۵۱	۳۷۷۹۱۱	۱۰۰/۳۳
اصفهان	۹۹۶	۱۰۳۶	۴۳۹۸۱۹	۱۰۵/۹۸	۴۳۳۸۱۹	۱۰۰/۵۱
بهبهان	۹۰۰	۹۳۶	۲۹۹۸۶۳	۷۹/۹۶	۳۴۵۱۴۵	۸۸/۵۰
تهران	۲۳۲۵	۲۴۱۸	۸۳۲۵۸۹	۸۵/۹۴	۸۳۲۷۰۷	۸۲/۶۵
هفتم	۶۰۰	۶۲۴	۳۴۹۴۸۸	۹۹/۸۰	۲۶۴۴۷۹	۱۰۱/۷۲
دورود	۱۱۹۷	۱۲۴۵	۳۲۸۹۶۳	۶۵/۹۶	۳۶۱۷۳۶	۶۹/۷۴
خزر	۶۰۰	۶۲۴	۲۴۱۱۱۳	۹۶/۴۵	۲۵۱۸۲۶	۹۶/۸۶
سپاهان	۱۹۸۰	۲۲۰۰	۸۰۶۷۰۲	۹۷/۷۸	۱۰۱۱۰۳۱	۹۲
شمال	۷۵۰	۷۸۰	۳۳۰۱۶۹	۱۰۵/۶۵	۳۱۰۴۳۶	۹۵/۵۲
شرق	۱۳۹۳	۱۴۴۹	۵۴۷۷۰۶	۹۴/۳۸	۵۹۳۹۶۴	۹۸/۴۲
صوفیان	۱۴۲۸	۱۴۸۵	۵۷۵۷۹۴	۹۶/۷۷	۵۹۲۱۴۴	۹۵/۶۹
غرب	۶۰۰	۶۲۴	۲۲۸۸۵۷	۹۱/۵۴	۲۷۴۱۳۴	۱۰۵/۴۴
فارس	۷۸۸	۸۱۹	۲۷۸۳۷۱	۸۴/۸۴	۳۰۹۰۰۷	۹۰/۵۵
کرمان	۱۱۰۴	۱۱۴۸	۴۴۵۶۶۰	۹۶/۸۸	۴۸۲۴۹۹	۱۰۰/۸۶
لوشان	۱۹۸	۲۰۶	۴۰۸۷۶	۴۹/۵۵	۴۶۸۹۰	۵۴/۶۵
نکاء	۶۰۰	۶۲۴	۲۳۹۱۴۰	۹۵/۶۶	۲۵۴۶۵۲	۹۷/۹۴
سفید شمال	۸۶	۹۰	۸۵۸۴	۲۴/۰۱	۱۶۳۹۲	۴۴/۰۹
آباده	۱۸۲	۱۸۹	۸۲۴۷۹	۱۰۹/۰۶	۸۴۶۶۳	۱۰۷/۶۵
اردبیل	۶۹۰	۷۱۸	۳۱۷۰۸۴	۱۱۰/۲۹	۳۸۱۲۱۳	۱۲۷/۵۰
استهبان	۳۱۵	۳۲۸	۱۰۹۷۸۶	۸۳/۶۵	۱۲۸۲۶۵	۹۳/۹۷
اکباتان	۱۶۵	۱۷۲	۶۳۶۴۷	۹۲/۵۸	۷۴۷۲۴	۱۰۴/۵۱
ایلام	۶۶۰	۶۸۷	۲۲۲۲۴۴	۸۰/۸۲	۲۵۰۲۳۸	۸۷/۵۰
خاش	۶۰۰	۶۲۴	۲۲۷۸۲۲	۹۱/۱۳	۶۸۰۳	۱۱۸/۰۰
خوزستان	۹۰۰	۹۳۶	۳۷۶۹۴۴	۱۰۰/۵۲	۴۰۰۸۴۹	۱۰۲/۷۸
شاهرود	۸۱۰	۸۴۳	۲۷۳۴۵۵	۸۱/۰۲	۳۰۹۶۵۵	۸۸/۲۲
قاین	۶۶۰	۶۸۷	۲۸۹۸۰۵	۱۰۵/۳۸	۳۴۳۳۰۸	۱۲۰/۰۴
کردستان	۷۸۰	۸۱۲	۳۳۹۷۱۰	۱۰۴/۵۳	۴۱۸۵۸۰	۱۲۳/۸۴
سفید ساوه	۳۱۵	۳۲۸	۱۲۸۵۴۱	۹۷/۹۴	۱۱۸۳۸۱	۸۶/۷۳
سفید تبریز	۱۵۸	۱۶۴	۶۴۹۵۸	۹۸/۹۸	۷۳۴۳۵	۱۰۷/۶۰
هرمزگان	۱۸۰۰	۱۸۷۲	۷۳۵۴۰۶	۹۸/۰۵	۷۱۵۸۰۳	۹۱/۷۷
هگمتان	۷۸۰	۸۱۲	۳۰۰۸۹۸	۹۲/۵۸	۳۳۷۹۰۳	۹۹/۹۷
کارون	۹۰۰	۹۳۶	۳۷۴۷۳۷	۹۹/۹۳	۳۷۹۱۳۶	۹۷/۲۱
سفید ارومیه	۱۵۸	۱۶۴	۶۰۳۴۹	۹۱/۹۶	۷۳۷۰۸	۱۰۸/۰۰
بجنورد	۶۰۰	۶۲۴	۲۵۵۴۹۸	۱۱۵/۳۷	۳۰۶۸۷۷	۱۱۸/۰۳
قشم	–	۲۸۸	–	–	–	–
بوشهر	۹۰۰	۹۳۶	۴۳۷۹۵۳	۱۱۶/۷۹	۴۶۲۸۷۷	۱۱۸/۶۹
داراب	۹۰۰	۹۳۶	۳۷۴۵۵۸	۹۹/۸۸	۳۶۳۸۰۷	۹۳/۲۸
سفید بنوید	۱۵۸	۱۶۴	۶۱۱۰۳	۹۳/۱۱	۵۹۸۸۳	۸۷/۷۴
کهگیلویه	۲۳۱	۲۴۰	۶۹۸۶۲	۷۲/۵۸	۶۵۶۴۹	۶۵/۵۸
جمع کل	۳۱۳۲۴	۳۲۷۱۶	۱۲۴۲۳۰۰۹	۹۵/۱۸	۱۳۵۱۴۸۶۳	۹۹/۵۷

جدول (۵) سیمان نوع ۱ تولیدی برخی کارخانجات سیمان ایران

کارخانه	آنالیز شیمیایی																	انبساط	زمان گیرش min		نرمی Blaine	مقاومت فشاری kg/cm^2		
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	LOI	IR	FCaO	LSF	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	Na.eq	%	ابتدایی	انتهایی	cm^2/gr	۳ روز	۷ روز	۲۸ روز
آباده	22.19	5.88	4	62.8	2.72	1.56	0.73	0.35	0.8	-	1.6	88	37.3	35.3	8.8	12.17	0.83	-	156	208	3060	157	235	393
سپاهان	23.82	6.80	2.48	61	2.70	2.21	0.70	0.25	0.30	-	1	-	51	26	9.5	9	0.21	0.1	165	230	2850	180	280	410
ارومیه	22.03	5.64	2.75	63.98	2.12	1.94	-	-	0.6	-	-	91.2	45.68	28.69	10.34	8.37	-	0.08	115	300	3018	203	286.6	410
خاش	21.4	5.65	3.35	64.30	2.20	1.55	0.70	0.40	0.7	-	1.3	93.5	52	22.5	9	10	0.86	0.15	110	140	2950	210	320	450
خزر	22.34	5.40	3.28	63.62	1.93	2.6	0.55	0.45	0.77		1.30	90	43.6	31.2	8.77	9.97	0.81	0.13	155	215	2871	134	211	365
فارس	20.71	5.25	3.05	62.31	3	2.15	0.72	0.31	2.28	-	0.95	94	50.44	21.11	8.75	9.28	0.78	-	105	180	2964	214	298	394
کردستان	21.25	5.85	3.20	64	1.48	2.12	0.40	0.25	1.12	-	1.12	91.3	49	24	10	9.73	0.51	0.09	150	185	2900	250	335	445
اردبیل	21.2	5.70	2.80	64.5	2.2	2	1.05	0.45	1.05	-	1.5	95	53.5	20.4	10.4	8.5	1.14	0.25	100	200	2900	220	300	420
صوفیان	21.86	4.62	2.37	61.76	2	1.67	-	-	2.52	0.56	-	91	46.13	27.87	8.22	7.22	-	0.45	111	135	2955	185	239	335
اکباتان	22.24	5.28	3.3	65.1	1	1.8	-	-	0.62	-	1.6	92	50.67	25.5	8.4	10	-	-	100	160	3040	195	306	444
دورود	21.58	5.78	3.12	62.99	2.32	1.64	0.70	0.32	1.45	0.51	1.20	89.2	44.38	28.47	10.06	9.48	0.78	0.15	145	170	2800	159	243	397
آبیک	21.4	5.20	3.15	62.50	2.70	1.80	0.65	0.25	1.80	0.45	0.50	92	47.2	25.8	8.4	9.6	0.68	0.2	135	200	2900	190	300	420
استاندارد	-	-	-	-	<5	<3	-	-	<3	<0.75	-	-	-	-	-	-	-	<0.8	>60	<480	>2800	>120	>200	>330

۱-۳- فن آوری روز سیستم پخت سیمان

در این روزها صنعت سیمان ایران دوران جهشی خاصی را طی می کند و در شرایطی که توان تولید حدود ۳۴ میلیون تن را دارد، نزدیک به پنجاه پروژه جدید در دست اقدام و مطالعه است و انشاء ا... تا سال ۱۳۹۰ تولید سیمان ایران به ۹۰ میلیون تن خواهد رسید.

غرض از بیان این مقدمه اینست که تکنولوژی غالب در آینده متعلق به سیستم های پخت دارای دستگاه تکلیس (Calciner) خواهد بود و بتدریج سایر سیستم های تر، نیمه تر، خشک بلند و ... از مدار تولید خارج خواهند شد. بهمین خاطر در این بخش مشخصات سیستم پخت یکی از کارخانجات مدرن در حال کار ایران با ظرفیت یک میلیون تن در سال را ارائه می نماییم و سپس بحث را به اپراتوری و راهبری چنین سیستمی میکشانیم تا بدینوسیله هم روال متعارف اینجانب که تطبیق مباحث درس با تکنولوژی روز است عملی شود و هم اینکه برای اپراتورهای پروژه های در دست اقدام نیز قابل استفاده باشد.

سیستم مورد بحث از نوع ILC یا Inline Calciner Kiln است که در آن کلساینر در امتداد کانال گاز خروجی از کوره Riser Duct قرار دارد. شکل های ۷ و ۸ نشان دهنده پیش گرمکن، کوره و خنک کن این سیستم پخت هستند که با ظرفیت ۳۰۰۰ تن در روز مشخصات آن به شرح زیر است:

قطره کوره	۴/۳۵ متر
طول کوره	۶۷ متر
تعداد پایه ها	۳ ایستگاه
شیب کوره	۴ درصد
موتور کوره	۳۸۷ کیلووات
حداکثر دور کوره	۳/۶ دور در دقیقه
تعداد مراحل پیش گرمکن	۵ مرحله در یک خط

اندازه سیکلون های پیش گرمکن:	۱ دستگاه با قطر ۶,۳ متر
	۱ دستگاه با قطر ۶,۳ متر
	۱ دستگاه با قطر ۶,۶ متر
	۱ دستگاه با قطر ۶,۶ متر
	۱ دستگاه با قطر ۶,۶ متر

کلساینر به ابعاد ۱۸ متر × ۷,۵ متر

خنک کن مشبک مدل Coolax با ظرفیت ۳۴۰۰ تن در روز

مشعل کوره	نوع Swirlax
نوع سوخت مصرفی	گاز/ نفت کوره
تغذیه کوره از طریق:	ارلیفت (Air lift)

هوای احتراق لازم برای کلساینر از خنک کن کلینکر و از طریق کانال هوای سوم که بموازات کوره از خنک کن تا کلساینر ادامه دارد تأمین می شود. گازهای خروجی از کوره نیز از طریق کانال عمودی متصل به کوره (Riser Pipe) وارد کلساینر می شود.

مخلوط هوای سوم و گازهای خروجی کوره به همراه مواد ورودی به کلساینر و مشخصات ابعادی کلساینر شرایطی را فراهم میآورد که مواد در فاصله زمانی حدود ۳ ثانیه توقف در کلساینر تا حدود ۹۵ درصد کلسینه می شود.

خوراک کوره از سیلوهای همگن ساز بوسیله ارلیفت وارد پیش گرمکن میشود. پیش گرمکن همانند یک مبدل حرارتی خلاف جهت (Counter Current Heat Exchanger) عمل می کند که در آن مواد از بالای پیش گرمکن وارد می شود و گازهای خروجی از کوره از پائین پیش گرمکن وارد شده و ضمن جریان در خلاف جهت مواد با یکدیگر تبادل حرارت میکنند. مواد در اثر نیروی ثقل به پائین سرازیر می شوند و گازهای کوره در اثر مکش ایجاد شده توسط فن پیش گرمکن به بالای پیش گرمکن مکیده می شود.

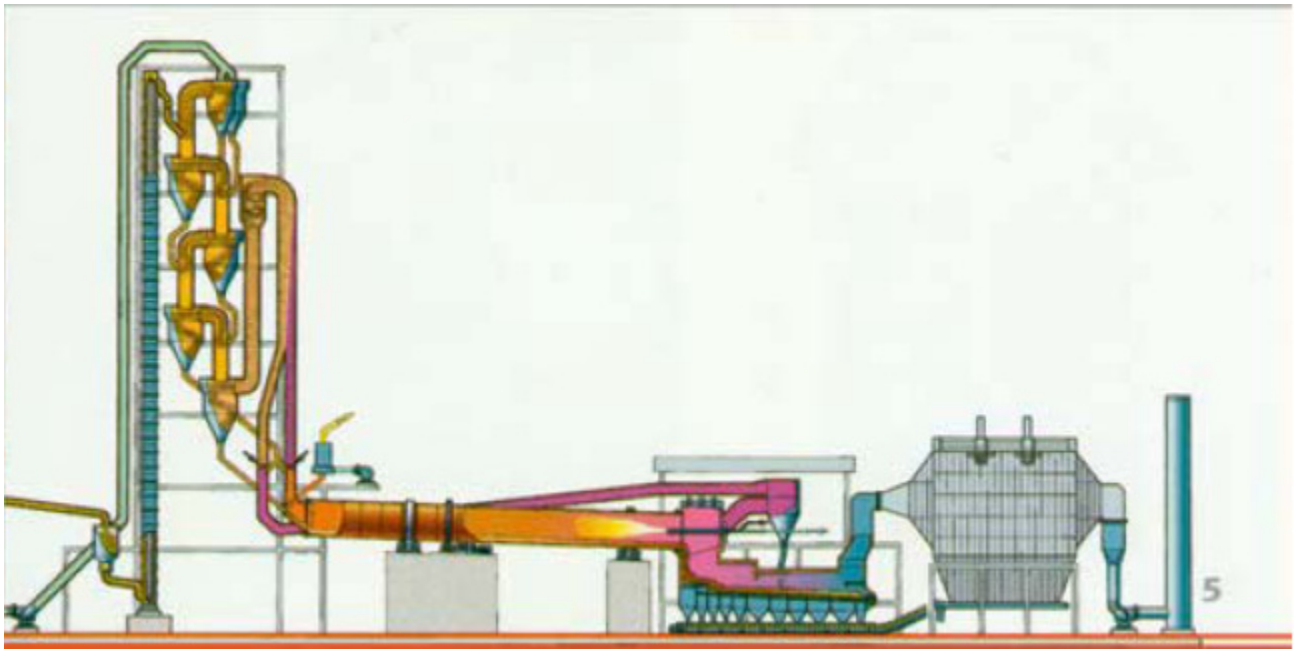
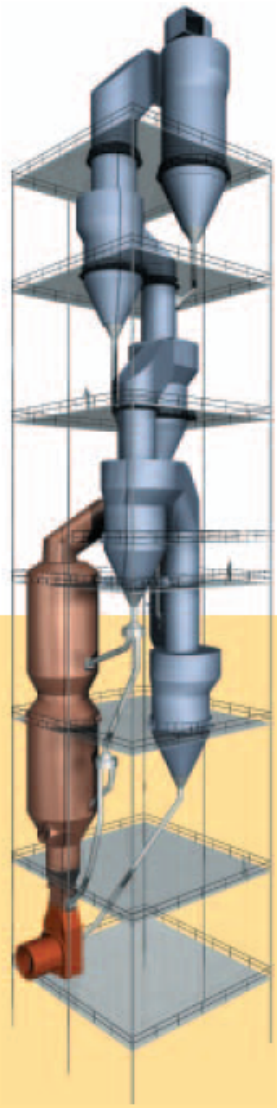


Table 4: Examples of F.L.Smidth plants operating with low heat consumption Heat balance (kcal/kg clinker)

Plant location	Plant A Mexico	Plant B Indonesia	Plant C USA	Plant D Thailand
Heat in exhaust gas and dust	134	184	135	182
Heat in free water evaporation	2	2	5	4
Heat in bypass gas	0	0	39	0
Radiation loss from preheater	37	22	48	35
Radiation loss from kiln	28	31	44	25
Total cooler loss	132	125	113	124
Heat of reaction	374	384	320	360
Free heat from air, fuel and feed	-30	-29	-31	-33
Net specific heat consumption	677	719	673 (651 w/o bypass)	697

Plant A – 6-stage ILC preheater w/2-support kiln and conventional cooler (3000 MTPD)
Plant B – 4-stage SLC-I preheater w/conventional cooler (7800 MTPD)
Plant C – 6-stage ILC preheater w/SF Cross-Bar cooler and 15% operating bypass (3700 MTPD)
Plant D – 5-stage SLC preheater w/ conventional cooler (10,000 MTPD)

ILC: In-Line Calciner

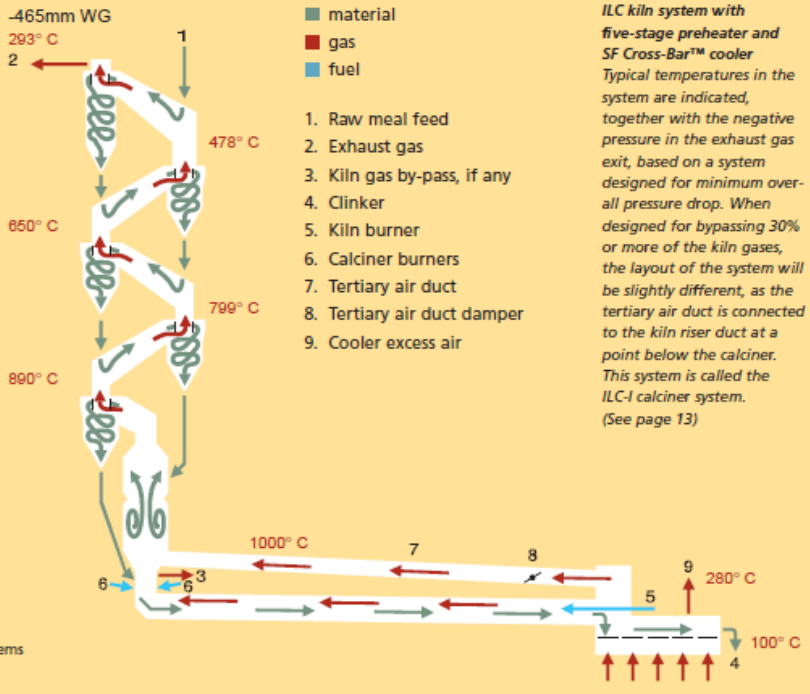


Special advantages

- High material and gas retention time in calciner due to its large volume and moderate swirl.
- Regulation range of up to 30% bypass of kiln gas using ILC-I version.
- Well suited for low-grade fuels.
- Long refractory life due to low thermal kiln load and stable kiln coating.
- Lowest NOx emission among traditional calciner kiln systems.

Features

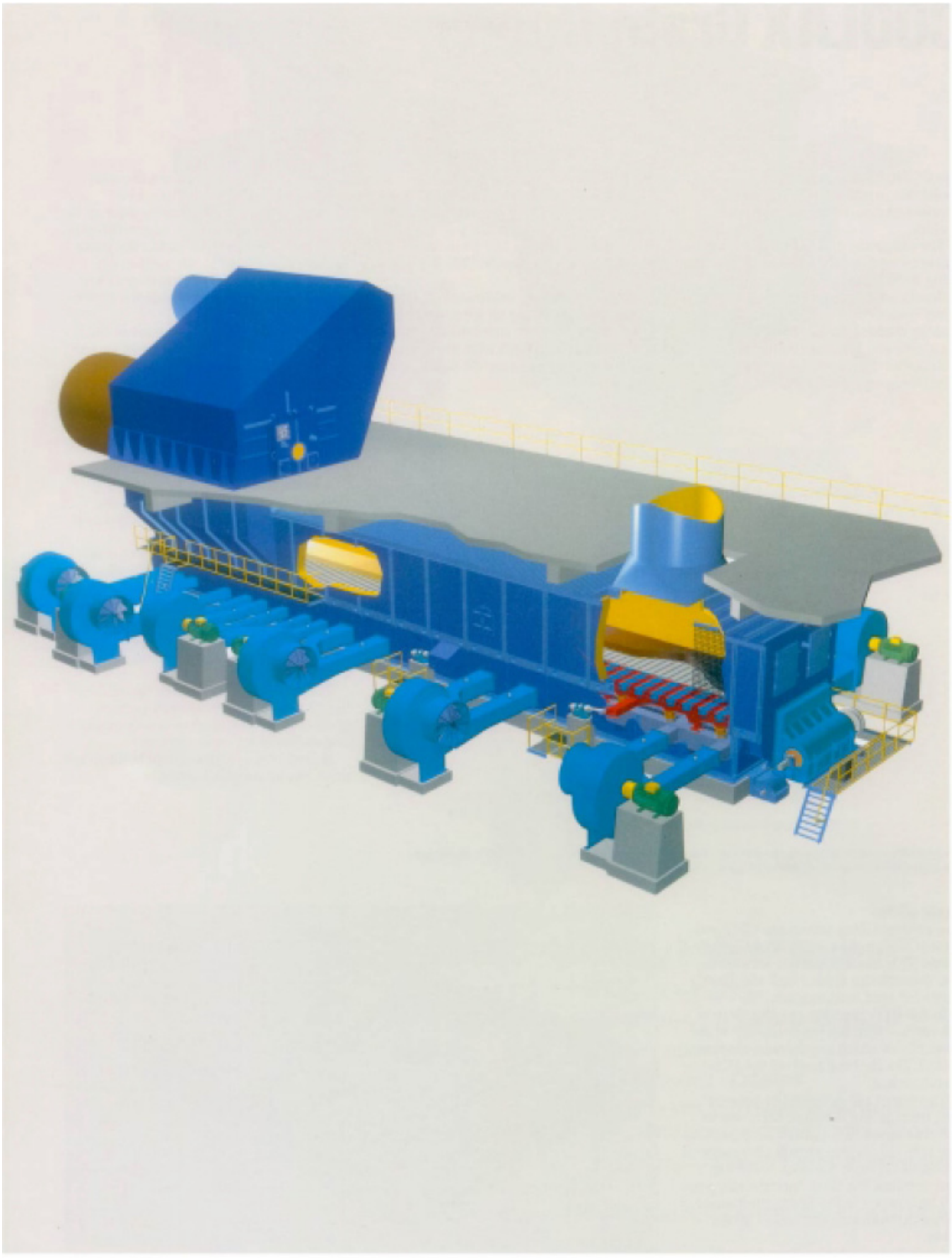
- Normal capacity range: 1500-6000 tpd, with multiple strings > 10,000 tpd.
- Ratio of firing in calciner: 55-65%.
- Normal bypass of kiln gas: 0-60%.
- Maximum bypass of kiln gas: 0-100% using ILC-I version.
- Built-in low-NOx capabilities.
- Calcination at kiln inlet: 90-95%.



- material
- gas
- fuel

1. Raw meal feed
2. Exhaust gas
3. Kiln gas by-pass, if any
4. Clinker
5. Kiln burner
6. Calciner burners
7. Tertiary air duct
8. Tertiary air duct damper
9. Cooler excess air

ILC kiln system with five-stage preheater and SF Cross-Bar™ cooler
Typical temperatures in the system are indicated, together with the negative pressure in the exhaust gas exit, based on a system designed for minimum over-all pressure drop. When designed for bypassing 30% or more of the kiln gases, the layout of the system will be slightly different, as the tertiary air duct is connected to the kiln riser duct at a point below the calciner. This system is called the ILC-I calciner system.
(See page 13)



COOLAX Grate Cooler

Coolax Grate Cooler

The COOLAX high efficiency grate cooler has greatly improved heat recuperation compared with traditional coolers.

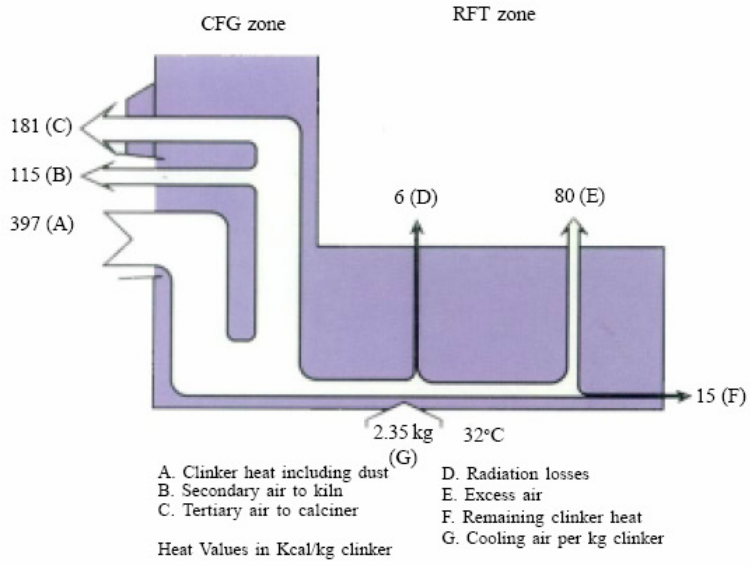
The efficiency of a grate cooler may be characterised in terms of cooler loss, this being the amount of clinker heat not recirculated to the pyroprocess. Traditional coolers have a loss of about 140 kcal/kg clinker. The COOLAX has a loss of only 95-100 kcal/kg clinker.

In the heat recuperation zone (CFG zone) the cooling air is supplied direct to the grate plates through a system of ducts and hollow beams instead of via an undergrate compartment as in conventional coolers. Only a small portion of the air enters the clinker bed from the undergrate compartment This is the sealing air.

The CFG zone is divided into sectors supplied with cooling air from separate fans. The sectors are subdivided into smaller segments each with their own adjustable damper in the air supply system.

After the CFG zone comes the after-cooling zone with the Reduced Fall Through (RFT) grate. Here cooling air is supplied from undergrate compartments, as in conventional coolers, but the grate plates are identical to the ones in the CFG zone. The CFG system may in special cases be used throughout the entire cooler.

The movable grate rows start at the cooler inlet, which prevents build up and reduces snowman tendencies. Heat recuperation is also improved this way.



The heat balance shows a high recuperation of clinker heat resulting in effective cooling of the clinker and substantial fuel savings due to the high secondary air temperature.

The drive

The first grate is driven by a centrally positioned cylinder and the following grates by cylinders placed on either side of the cooler.

The hydraulic drives consist of axial piston pumps with electro-hydraulic servo-adjustment of the oil flow to the cylinders which have built-in linear transducers. The system is controlled by a PLC. The pump units have built-in "swash" plates to regulate the oil flow and its direction.

This ensures very smooth operation of the moveable grate rows and perfect grate control. The system is very reliable and maintenance costs are low.

If preferred, a conventional mechanical drive can be supplied instead.

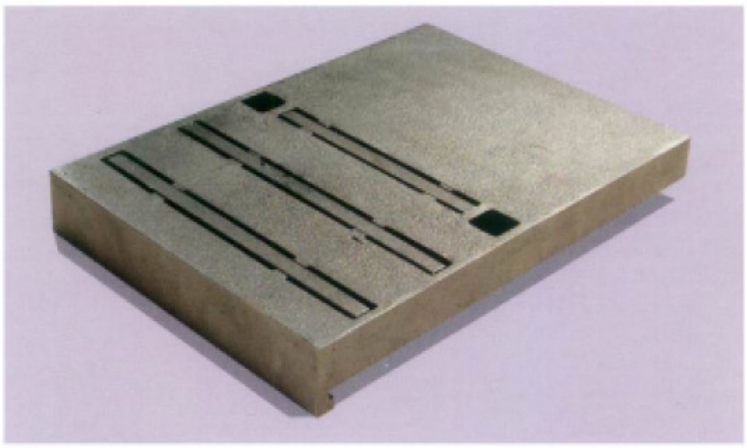
Grate plates

The pressure drop across the CFG grate plate is higher than in traditional grate plates. This ensures perfect air distribution through the clinker bed and greatly improved heat recuperation.

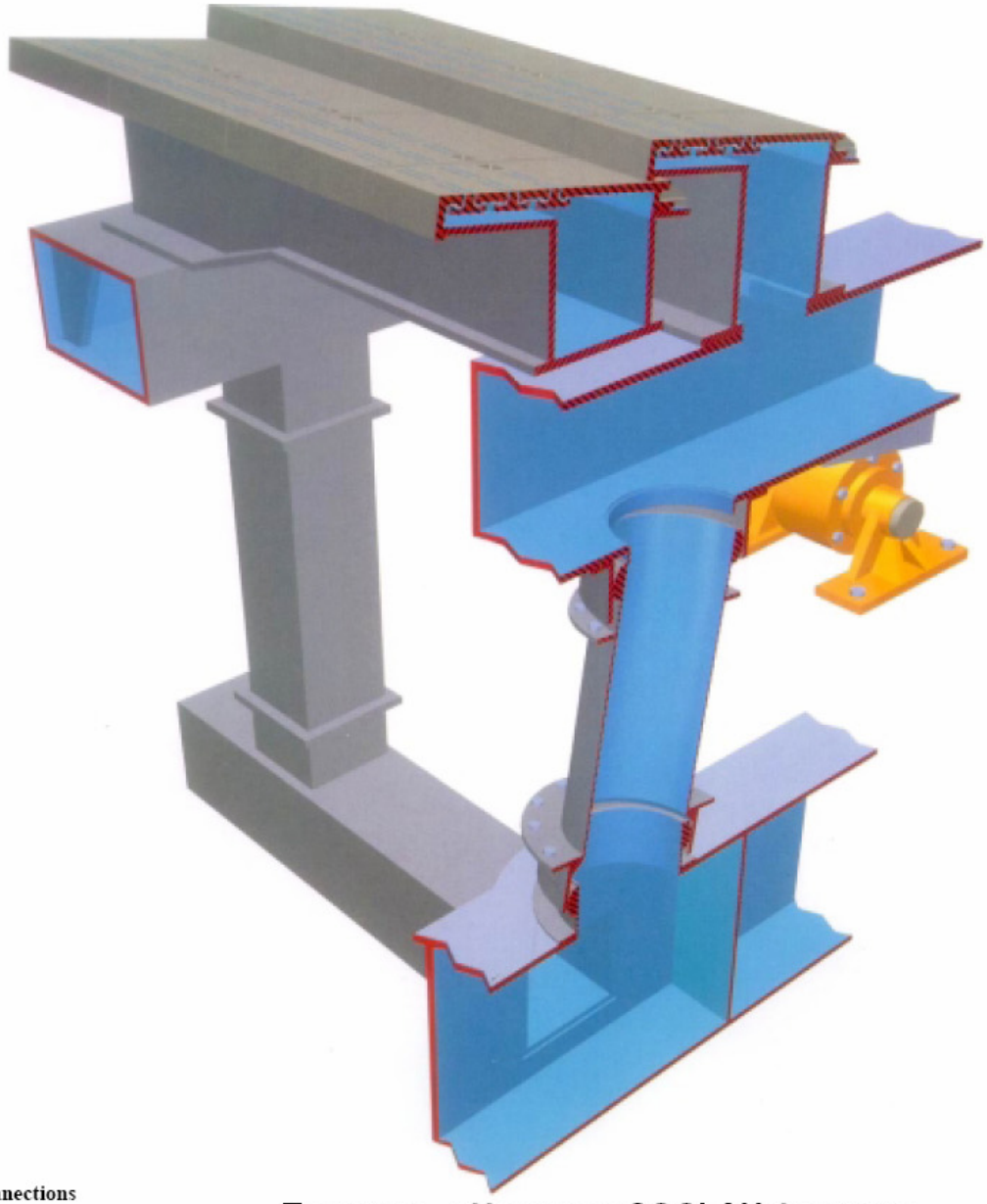
In the CFG zone the cooling air is in full contact with the inner surface of the grate plates which are thereby constantly cooled. The thermal load on the plates is therefore low.

The plates are designed to prevent dust from falling through. Each pair of slots is shaped like an inverted T section. The principle is that air will always travel outwards through the slots while any dust entering the slots during a stoppage will be trapped in the labyrinth instead of falling through into the hollow girder below.

A small amount of clinker dust will inevitably fall through the slots when the kiln and cooler are shut down. The dust is automatically cleared by the air flow at the next start-up.



CFG grate plate with three double rows of air slots for controlled air flow.



Flexible connections
The air distribution system consisting of ducts and hollow beams incorporates specially designed and highly reliable flexible connections between the fixed air ducts and the moving grate rows.

Intermediate roller crusher
If the clinker is to be cooled to a very low temperature a special type of roller crusher may be fitted between the grate sections. The crusher reduces the size of the clinker and lumps of coating to attain faster and more effective cooling.

Also retrofit
The COOLAX-CFG system is also well suited for upgrading existing grate coolers.

In addition to the energy savings and improved operational performance a retrofit also allows increasing the throughput within the overall dimensions of the existing cooler casing.

The high-efficiency COOLAX features

- Fuel savings of 30-40 kcal/kg clinker
- 30% less cooling air and 40% less air to be dedusted
- low overall power consumption
- effective and consistent cooling of clinker
- more stable high capacity kiln and cooler performance due to less dust circulation and no blowing through of cooling air
- low maintenance costs due to minimum wear on grate plates and movable parts
- less red river tendency due to the Controlled Flow Grate system
- less snowman tendency
- less falling through of clinker
- small overall dimensions due to high specific grate load (up to 60 t/m^2 per 24 hours).

بسته به اینکه خوراک کوره از چه نقطه ای وارد پیش گرمکن شود ۳ یا ۴ مرحله (طبقه) از سیکلون های پیش گرمکن را طی می کند و سپس به نقطه ای میرسد که دارای چند شاخه است. مواد از یک شاخه به سمت وسط یا بخش زیرین کلساینر هدایت میشود و از شاخه دیگر به سوی رایزر پایپ (کوره) جاری می شود. اینکه مواد از کدام مسیر روانه شود عمدتا بستگی به سوخت مصرفی تمایل به تشکیل کوتینگ در رایزر پایپ دارد. بسته به طراحی کلساینر تعدادی مشعل (معمولا ۴ دستگاه) در موقعیت های مختلف در آن کار گذاشته شده است. حدود ۵۰-۵۷٪ سوخت مصرفی در سیستم پخت در کلساینر مصرف می شود و در این دستگاه خوراک کوره تا حدود ۹۰-۹۵ درصد کلسینه می شود. کلساینر می تواند در صورت افزایش مقدار سوخت، تا درجه حرارت حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد کار کند. مقدار هوای اضافی در کلساینر حدود ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است که معادل ۲/۴۵ ٪ اکسیژن اضافی می باشد. این شرایط به این خاطر است که سوخت مصرفی کاملا سوخته شود و احتراق کامل باشد.

گاز جاری در کلساینر متشکل از هوای داغ مکیده شده از خنک کن و از طریق کانال هوای سوم (درجه حرارت ۹۰۰ درجه سانتی گراد) و گازهای خروجی از کوره (درجه حرارت ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد) است.

مواد مخلوط شده با گازهای جاری در کلساینر از بالای کلساینر خارج شده و بسوی سیکلون شماره پنج راهی می شود و سپس از سیکلون ۵ پس از جدا شدن از گازها راهی ورودی کوره دوار میگردد.

بعلت شیب و چرخش کوره مواد به سمت پائین کوره جریان می یابد. همچنین در اثر چرخش و حرکت به سمت شعله و درجه حرارت بالاتر بتدریج مواد داغ تر شده و بمرور فازهای کلینکر تشکیل می شود. مشعل اصلی کوره در انتهای پائینی کوره

قرار دارد و شعله آن به سمت عقب کوره مکیده می شود و در نتیجه در داخل کوره همانند پیش گرمکن مواد و گاز در خلاف جهت یکدیگر حرکت می کنند و با یکدیگر تبادل حرارت می نمایند. ضمن این تبادل حرارت خوراک کوره تبدیل به کلینکر (Clinker) میشود. دانه های کلینکر پس از خروج از کوره با درجه حرارت حدود ^{oC}۱۴۰۰راهی خنک کن می شوند.

در خنک کن ۷۰٪ انرژی حرارتی موجود در کلینکر بازیابی می شود. خنک کن متشکل از دو بخش صفحات گریت (Grate) است که روی پایه های ثابت و متحرک نصب شده اند. ابتدای گریت (۱) متشکل از ردیف های CIS (Controlled Impact System) و قسمت بعدی خنک کن از نوع صفحات با جریان هوای کنترل شده (Controlled Flow Grates – CFG) هستند. هوای مصرفی برای خنک کردن این بخش از خنک کن تقریبا معادل هوایی است که بعنوان هوای ثانویه راهی کوره می شود. ۲۱ ردیف اول این خنک کن موسوم به منطقه بازیابی حرارت (Recuperation) می باشد.

در منطقه CFG هوای محیط از طریق پل ها و کانال های توخالی راهی صفحات خنک کن می شود. بخش زیرین CFG محفظه ایست (Compartment) که توسط فن هوا همواره آکنده از هوای با فشار مثبت است. این هوا برای آببندی (Sealing) ردیف های متحرک گریت ها و جلوگیری از ریزش نرمه کلینکر می باشد.

میزان هوا کاملا کنترل شده است و بهمین خاطر مقدار هوای مصرفی در مقایسه با خنک کن های متعارف مقدار قابل توجهی کاهش می یابد.

دو تفاوت عمده این خنک کن ها در مقایسه با خنک کن های معمولی عبارت است از افزایش مقدار افت فشار روی گریت ها و کنترل بیشتر و بهتر توزیع هوا. این دو

عامل باعث خواهد شد که علیرغم دانه بندی متفاوت کلینکر توزیع هوا بسیار یکنواخت باشد ومزایای حاصله عبارتست از:

کاهش مقدار نرمه در گردش (Circulation) بین خنک کن و کوره

کاهش تمایل به پدید آمدن سرخ رود (Red River)

پیشگیری از زیاد داغ شدن صفحات گریت

افزایش میزان بازیابی حرارتی

قسمت دوم (گریت دوم) متشکل از صفحات گریت نوع (Reduced Fall Through – RFT) است که در آن هوا همانند گریت های معمولی از محفظه های زیر گریت ها (Compartments) دمیده میشود.

برای انتقال کلینکر از خنک کن به خارج علاوه بر نحوه جریان هوا در گریت ها که نقش شناورسازی و جابجایی جزئی دانه های کلینکر را دارند، دو سیستم حرکت نیز تعبیه شده است که صفحات بخش های گریت ۱ و ۲ را بصورت رفت و برگشت حرکت می دهند. ردیف های متشکل از صفحات CFG و RFT یک در میان ثابت و متحرک هستند. سرعت حرکت گریت ۲ متناسب با گریت ۱ آنچنان تنظیم میشود که از انباشتگی کلینکر روی گریت ۱ پیشگیری شود حداقل دفعات رفت و برگشت گریت ۱، چهار ضربه در دقیقه (4 Strokes/minute) است که معادل ۱۵٪ حداکثر سرعت آن می باشد.

درب کوره بین کوره و کانال هوای سوم مشترک است. درب کوره آنچنان بزرگ است که حداقل مقدار ممکن نرمه کلینکر راهی کوره و کلساینر می شود.

کلینکر خروجی از خنک کن با درجه حرارت ^{oC}۱۰۰و نرمه برگشتی از الکتروفیلتر خنک کن بوسیله نقاله فلزی راهی انبار کلینکر می شود.

هنگامیکه کوره بصورت عادی کار میکند، گاز خروجی از سیستم پخت (بالای پیش گرمکن) با درجه حرارت ۲۹۰ درجه سانتی گراد به آسیاب مواد فرستاده می شود. مقدار اضافی گاز کوره پس از عبور از برج خنک کن و خنک تر شدن راهی الکتروفیلتر شده و سپس وارد محیط میشود. غبار جمع آوری شده در الکتروفیلتر وارد سیلوی همگن سازی و یا قیف تغذیه خوراک کوره میگردد.

۲

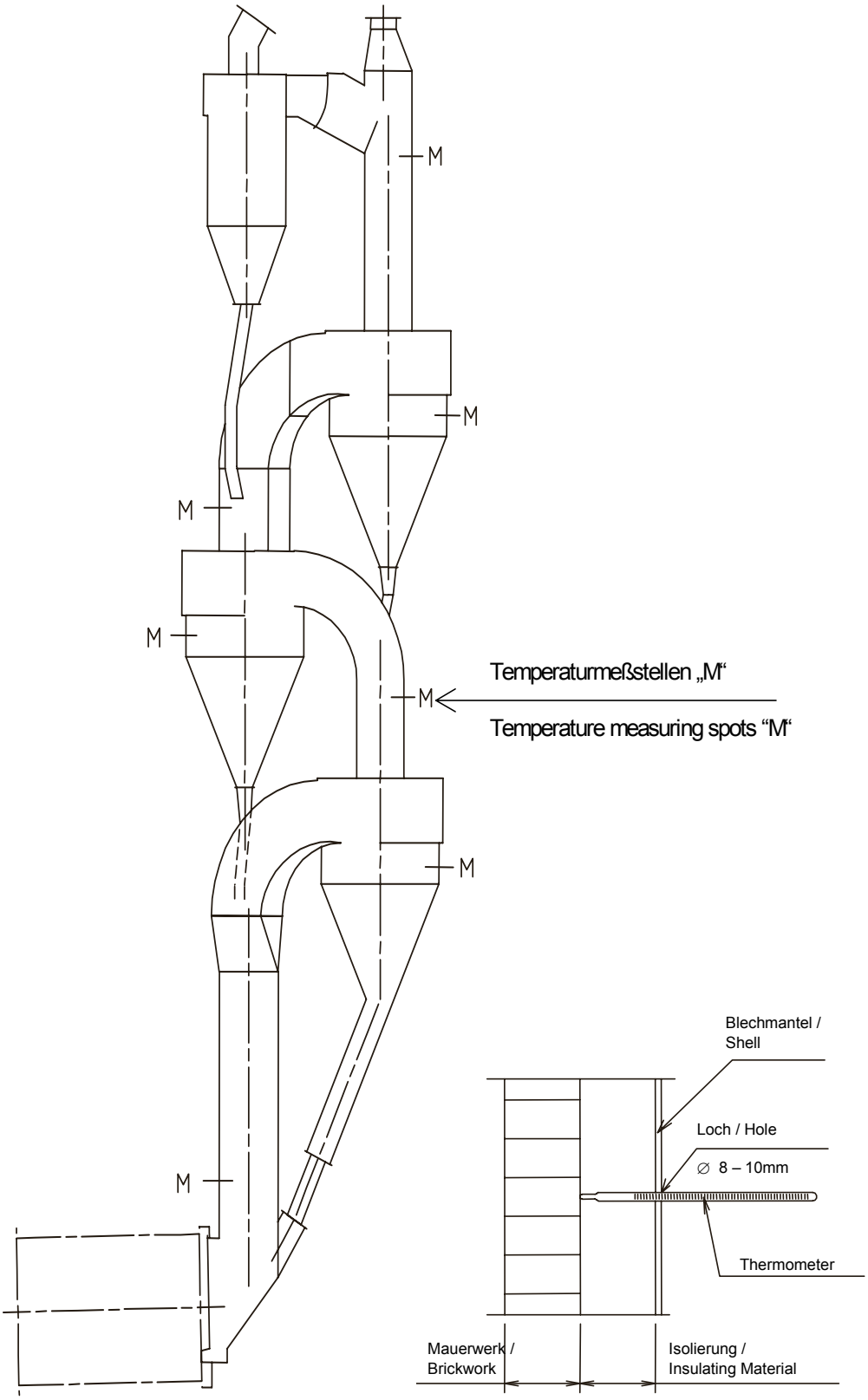
اولین گرم کردن گوره

اولین باری که سیستم پخت سیمان نسوزکاری می شود لایه نسوزکاری کاملا سرد است ومقداری رطوبت دارد. لزوما می باید خشک شود و سپس گرم و داغ شود تا آماده بارگیری گردد. بهمین خاطر در ابتدای کار و پس از اینکه تمام کارهای نصب مکانیکی، برقی و اتوماسیون سیستم پخت به اتمام رسید و کوره آماده بهره برداری شد می باید مرحله خشک کردن و گرم کردن سیستم بشرح زیر انجام شود:

۲-۱- خشک کردن پیش گرمکن

در مواقع عادی اغلب کوره ها در مرحله راه اندازی اولیه توسط مشعل اصلی کوره گرم می شوند. ولی بخش هایی از سیستم پخت جدید نظیر درب کوره، پیش گرمکن و خنک کن جداگانه خشک میشوند. ضرورت این عمل وقتی محسوس تر است که بخش عمده ای از سیستم توسط انواع بتن نسوز، نسوزکاری شده باشد. در پیش گرمکن کوره های مدرن صدها تن مواد نسوز مصرف می شود، آبی که در ملات ها و بتن نسوزهای بکار رفته در این نسوزکاری مصرف شده است رقم قابل توجهی است که می باید به آرامی تبخیر و خشک شود. روی کلمه آرام تأکید می شود زیرا در صورت سریع گرم کردن سیستم آب موجود در لایه های نسوزکاری شده بشدت تبخیر می شود و در اثر فشار بخار آب حاصله، لایه های نسوزکاری آسیب می بیند.

برای گرم کردن پیش گرمکن استفاده از مشعل های دارای سوخت پاش تحت فشار (Pressure Atomizing) نتایج خوبی داده است. گرم کردن از طریق دریچه های تعبیه شده در کانال ورودی به کوره (Riser Pipe) صورت میگیرد. محل دقیق نصب این مشعل های کمکی باید با بحث و تبادل نظر با مدیریت کارخانه تعیین شود. نهایتا به تعداد و در موقعیتی نصب شوند که گرم کردن یکنواخت کل پیش گرمکن را به دنبال داشته باشند. در صورتیکه گرم کردن پیش گرمکن بدلیل طراحی خاص و بزرگی سیستم


M
M
M
M
M
M
M
Temperaturmeßstellen „M“
Temperature measuring spots “M“
Blechmantel /
Shell
Loch / Hole
∅ 8 – 10mm
Thermometer
Mauerwerk /
Brickwork
Isolierung /
Insulating Material

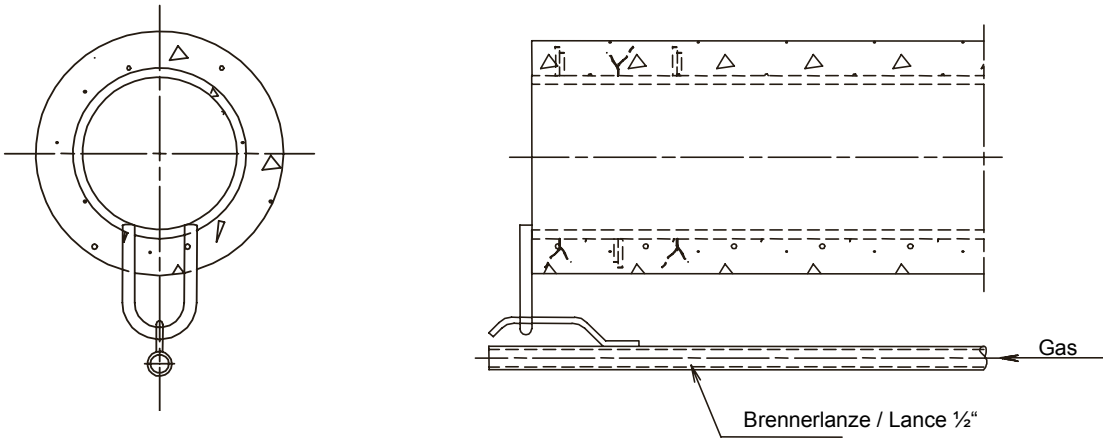
SK 01		EVNZ

با یک مشعل امکان پذیر نباشد میتوان چندین مشعل در بخش های پائینی سیستم تعبیه نمود تا از خشک شدن مطلوب سیستم مطمئن شد.
باید موقعیت مشعل کمکی در میانه رایزر پایپ آنچنان باشد که شعله مستقیماً به بدنه نسوزکاری برخورد نکند. در ضمن گرم کردن باید تمام دریچه ها و منافذ بین سیستم و محیط خارج بسته شوند ولی دریچه های مسیر جریان مواد و تقسیم گاز باید باز باشند.
همچنین باید قبل از روشن کردن مشعل کمکی از بالا تا پائین پیش گرمکن بازرسی شود تا از باقی ماندن هرگونه مصالح، ابزار و وسایل نسوزکاری، داربست و چوب و تخته و امثالهم در سیستم اطمینان حاصل شود و کل مسیر برای جریان گاز حاصل از احتراق و خروج آن از بالای پیش گرمکن کاملا باز باشد.

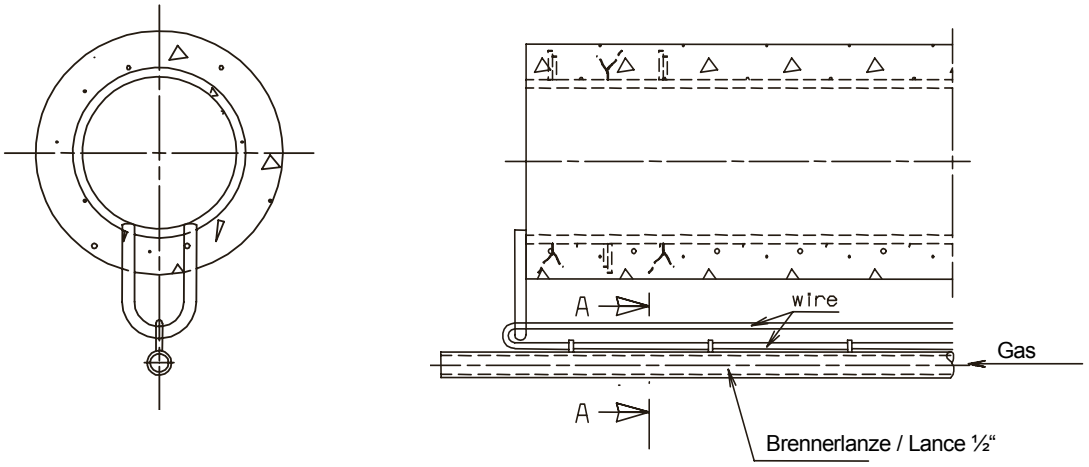
نکته مهم: حداقل زمان گیرش بتن های نسوز ۲۴ ساعت است در نتیجه گرم کردن بخش های بتن ریزی شده باید حداقل ۲۴ ساعت بعد از نسوزکاری باشد تا بدینوسیله از انجام مرحله گیرش (Setting) و سخت شدن (Hardening) اطمینان حاصل شود.

از حرارت سنج های جیوه ای برای تعیین درجه حرارت لایه آجر چینی شده در پیش گرمکن استفاده می شود. می توان از حرارت سنج های مناسب دیگر که بتوانند فاصله بین ۰ تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد را اندازه گیری نمایند نیز استفاده کرد. در شکل ۱ موقعیت تعدادی از این حرارت سنج ها نشان داده شده است. محل تعبیه این حرارت سنج ها باید طوری باشد که در موقع کار و رفت و آمد افراد آسیب نبیند و ارتفاع آن کمی بالاتر از سر انسان باشد که بتوان براحتی آنرا قرائت کرد. درجه حرارت پشت لایه آجر نسوز باید حداقل به ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسد.
برای مرحله خشک کردن حداقل سه روز وقت لازم است. در صورتیکه مقدار زیادی بتن نسوز استفاده شده باشد ۵ روز وقت لازم است.

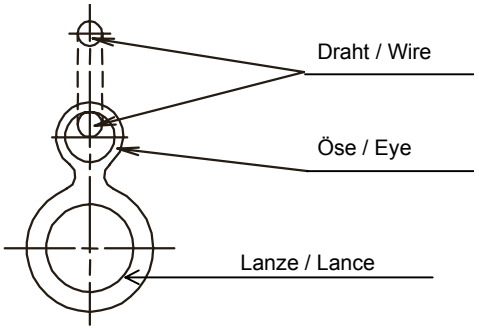
a) Kurze Brennerlanze / *Short Burner Lance*



b) Lange Brennerlanze / *Long Burner Lance*



Schnitt A-A / *Section A-A*



معمولا مکش طبیعی موجود در سیستم برای ادامه کار خشک کردن و گرم کردن کافی است و در صورت نیاز می توان از فن پیش گرمکن یا فن الکتروفیلتر آنهم با سرعت کم و باز بودن بسیار کم دریچه ها کمک گرفت.

سرعت گرم کردن اولیه نباید از ۵-۱۰ درجه سانتیگراد در هر ساعت بیشتر باشد و در اولین روز گرم کردن تقریبا باید به حدود ۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد رسید. در دو روز بعدی میتوان درجه حرارت سیستم را به ۱۶۰ درجه سانتیگراد رسانید و بالاخره در روز آخر به درجه حرارت نهایی و هدف رسید. هیچگاه نباید درجه حرارت سطح داغ آجر بالاتر از ۴۰۰ درجه سانتیگراد باشد.

برای مرحله خشک کردن میتوان از مشعل های کمکی کوچک استفاده کرد. ظرفیت این مشعل ها در مقایسه با ظرفیت مشعل اصلی کوره که حدود 10000 Lit/hr است، حدود ۵٪ یعنی 500 Lit/hr است که دارای قابلیت کنترل ۱ به ۱۰ یعنی تا 50 Lit/hr نیز هستند.

مقدار سوخت مصرفی در مشعل کمکی فقط وقتی اضافه می شود که سرعت گرم کردم در حد مطلوب نباشد.

هدف نهایی از گرم کردن پیش گرمکن می تواند رسیدن به درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتیگراد در بالاترین نقطه پیش گرمکن باشد. در اینصورت میتوان مطمئن شد که هیچگونه رطوبتی در سطح داغ لایه نسوزکاری باقی نمانده است. در مجاورت مشعل ها، درجه حرارت سطح داغ لایه نسوزکاری باید به ۳۵۰ درجه سانتیگراد برسد. می باید بکمک حرارت سنج نوری این درجه حرارت منظماً اندازه گیری شود.

خشک کردن پشت لایه نسوزکاری، بوسیله مشعل کمکی و رسانیدن درجه حرارت تمام نقاط آن به ۱۰۰ درجه سانتیگراد امکان پذیر نیست و این امر موکول به زمان بهره برداری دائمی از سیستم پخت می شود.

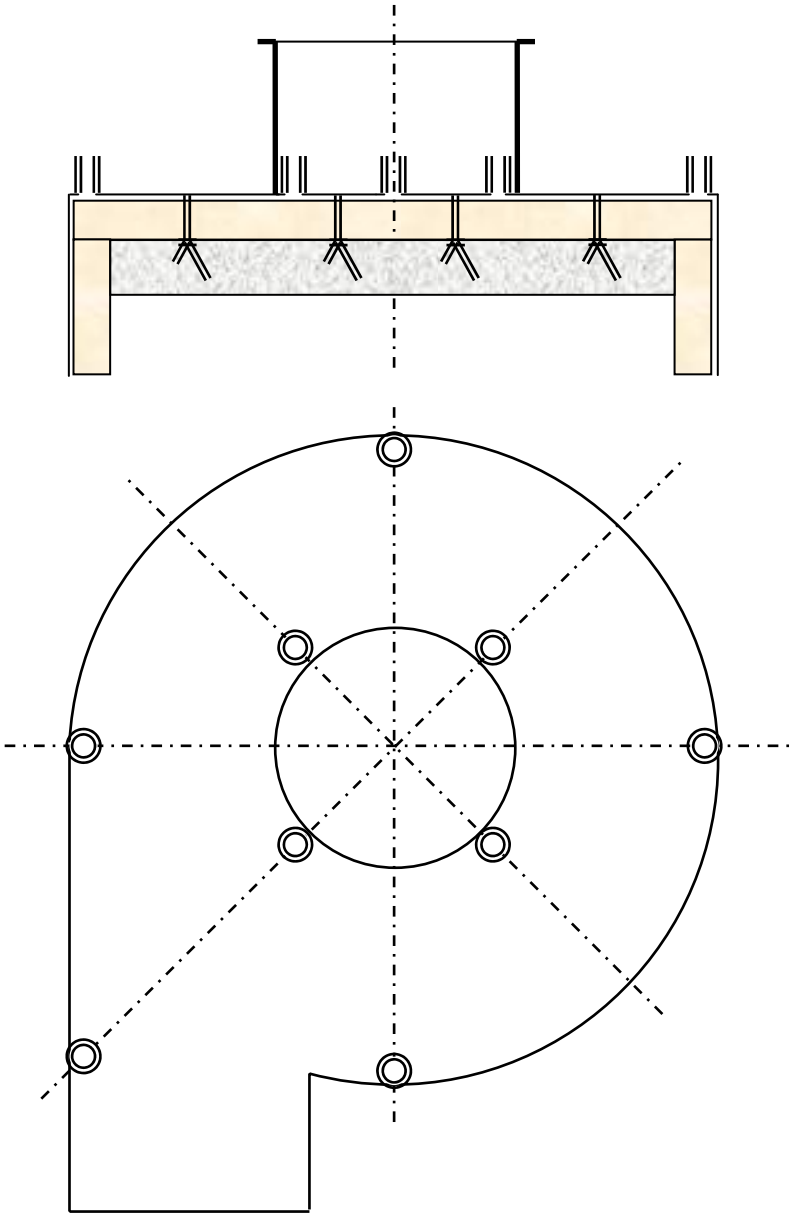
درصورتیکه از قبل پیش بینی نشده است، می باید طبق شکل ۳ سوراخ هایی در سقف سیکلون ها تعبیه کرد. بهنگام خشک کردن و گرم کردن باید این سوراخ ها باز باشند. پس از کسب اطمینان از تبخیر کامل آب لایه نسوزکاری، باید این سوراخ ها مسدود شوند.

۲-۲- خشک کردن درب کوره، کانال هوای سوم و خنک کن

اگر در سر کوره بین درب کوره (Kiln Hood) و مجرای هوای سوم (Tertiary Air Duct) و خنک کن (Cooler)، دیواره ها بوسیله بتن نسوز نسوزکاری شده باشند، در اینصورت باید هر یک از این قسمت ها را حداقل بمدت ۳ روز حرارت داد و خشک کرد. در نتیجه برنامه گرم کردن این بخشها باید ۴ روز قبل از شروع گرم کردن کوره باشد. این بدان معنی است که یک روز تأخیر بین پایان گرم کردن قسمتهای درب کوره کانال هوای سوم و خنک کن و قسمت کوره دوار وجود دارد. این یک روز برای جمع کردن و خارج کردن تجهیزات کمکی تعبیه شده برای گرم کردن قسمتهای مذکور در نظر گرفته شده است.

حداکثر مقدار سوخت لازم برای خشک کردن این قسمت معادل ۵٪ سوخت لازم برای پیش گرمکن است و این مشعل ها نیز می باید قابلیت کنترل ۱۰ به ۱ را داشته باشند.

درجه حرارت لایه آجر چینی شده همانند پیش گرمکن (شکل ۱) است. درجه حرارت پشت لایه آجرچینی باید حداقل به ۱۰۰ درجه سانتیگراد برسد.



Isolierung / *Insulation*

Beton / *Castable*

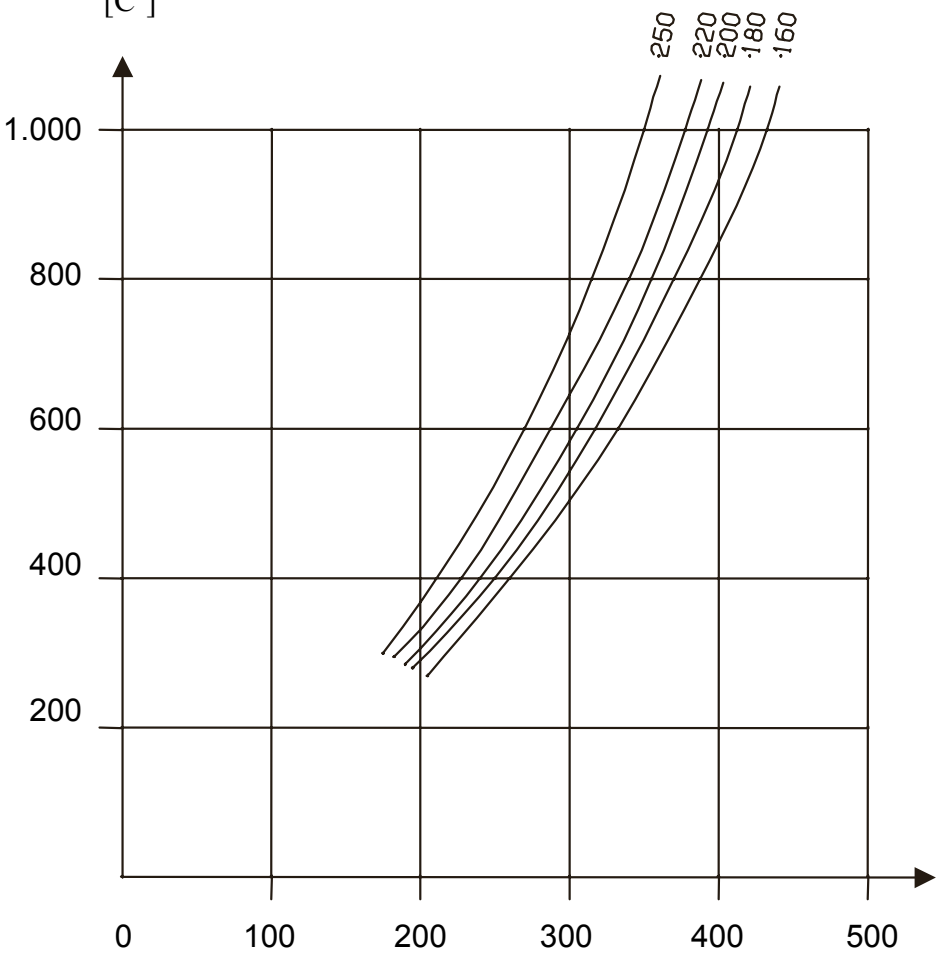
SK 03		EVNZ

Futterstärke

Lining Thickness

[mm]

Temperatur der Steinkopfoberfläche
(Ansatzfrei)
Brick Hot Face Temperature
(Without Coating)
[C^0]



Ofenmanteltemperatur

Kiln Shell Temperature

[C^0]

SK 05		EVNZ

سرعت گرم شدن نباید از ^{oC}/hr 5-10 بیشتر شود. در اولین روز درجه حرارت تقریبا به ^{oC} ۱۱۰-۱۲۰ خواهد رسید. در طول دو روز بعد درجه حرارت تقریبا به ^{oC} ۱۶۰ میرسد. از این مرحله به بعد افزایش درجه حرارت تا رسیدن به مقدار حداکثر بطور یکنواخت صورت میگیرد. درجه حرارت سطح داغ آجر نباید به بالاتر از ^{oC} ۴۰۰ برسد.

۲-۲-۱- مشعل کمکی برای خشک کردن درب کوره

اگر هدف فقط خشک کردن درب کوره باشد، ترجیحا مشعل کمکی در دریچه بازدید بغل درب کوره جای داده می شود. جهت شعله باید به سمت بالا و در پائین سقف باشد. برای جلوگیری از ورود دود مرطوب حاصل از اشتعال این مشعل به کوره باید انتهای خروجی کوره را به طریقی مسدود کرد. همچنین دیواره سمت مشعل کمکی باید بوسیله پتوی نسوز پوشیده شود تا زیاد داغ نشود. پس از اتمام مرحله خشک کردن دریچه های درب کوره را باز کنید و دیواره ایجاد شده در خروجی کوره را در اسرع وقت بردارید.

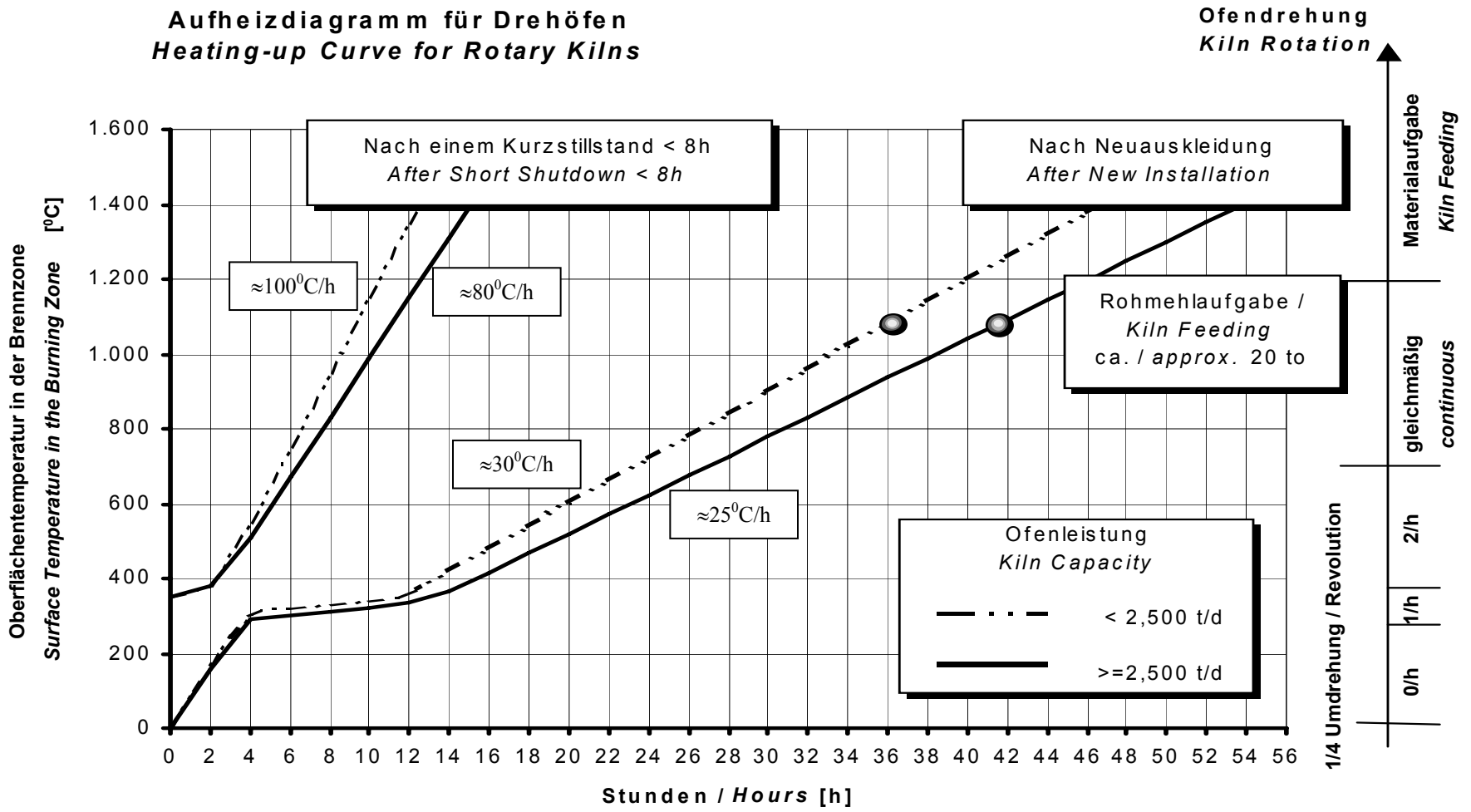
۲-۲-۲- مشعل کمکی برای خشک کردن کانای هوای سوم

اگر کانال هوای سوم مستقیما به درب کوره وصل باشد، در این صورت باید قبل از شروع به خشک کردن کانال باز شود. توصیه میشود برای مشعل پایه ای درست شود و آنرا در روی زره های خنک کن و در محدوده محور حرکت خنک کن قرار دهید. در این حالت باید جهت شعله کاملاً به سمت بالا باشد (شکل ۶).

قبل از این کار همانند خشک کردن درب کوره، می باید خروجی کوره مسدود باشد. دریچه هوای اضافی خنک کن بسته شود تا جریان گاز گرم بسمت خروجی خنک کن نرود.

اگر ورودی کانال هوای سوم روی سقف خنک کن باشد (شکل ۷) در این صورت باید مشعل کمکی را در زیر این قسمت و روی صفحات خنک کن قرار داد. در این صورت نیز باید دریچه هوای اضافی خنک کن بسته باشد.

Aufheizdiagramm für Drehöfen
Heating-up Curve for Rotary Kilns



SK 04

EVNZ

۲-۲-۳- مشعل کمکی برای خشک کردن خنک کن

همانطور که در شکل ۸ ملاحظه می شود برای خنک کردن کولر باید مشعل کمکی را در یکی از دریچه های جانبی خنک کن قرار داد. دریچه هوای اضافی باید کاملا باز باشد تا بدینوسیله مکش طبیعی جهت هدایت دود حاصله ایجاد شود. در صورت عدم کفایت این مکش خصوصا در شروع راه اندازی مشعل؛ میتوان فن هوای اضافی را در حالیکه دریچه آن بمقدار کمی باز است روشن کرد. برای پیش گیری از گرم شدن یک طرفه کلینکر شکن، باید قبل از روشن کردن مشعل کلینکر شکن را راه انداخت.

۲-۳- گرم کردن کوره دوار

تا هنگامیکه تمام کارهای نسوزکاری و تعمیراتی کوره به پایان نرسیده است اقدام به روشن کردن مشعل و شروع خشک کردن و گرم کردن کوره نکنید. رعایت این نکته باعث می شود که در فرآیند راه اندازی اولیه کارخانه وقفه ای ایجاد نشود.

در صورتیکه کانال هوای سوم، خنک کن و درب کوره قبلا خشک شده اند میتوان کوره را با مشعل اصلی کوره گرم کرد.

۲-۳-۱- آماده سازی

شکل ۴ را ملاک گرم کردن کوره قرار دهید.

توصیه می شود قبل از گرم شدن کوره هیچگونه خوراکی وارد کوره نکنید زیرا که خوراک کوره در بخش پائینی کوره می ماند و مانع از گرم شدن لایه آجرچینی زیر مواد می شود. بدنبال آن با چرخاندن کوره این بخش سرد مانده فورا مواجه با گاز داغ داخل کوره می شود. تفاوت شدید بین درجه حرارت سطح آجرهای سرد و گاز داخل کوره باعث آسیب دیدگی و فرسایش زودرس آجرها و سرشکن شدن آنها خواهد شد.

توصیه میشود ۴ ساعت قبل از باردهی کوره، مقدار تقریبی ۲۰ تن خوراک کوره به داخل کوره بفرستید تا بدینوسیله روی سطح آجر نسوز پوشش محافظ (Coating) تشکیل شود.

اگر در گرم کردن کوره از نفت کوره استفاده می شود، می باید نفت کوره مصرفی قبل از استفاده طبق دستورالعمل سازنده کوره گرم شود.

۲-۳-۲- گرم کردن تمام سیستم پخت

تمام دریچه ها و منافذ بین سیستم و محیط خارج مسدود باقی میمانندو دریچه های هدایت جریان مواد باز هستند. سوراخ های خروج آب تعبیه شده از سقف سیکلون ها و کانال ها باید باز باشند (شکل ۳). بررسی کنید که تمام مسیرهای عبور گاز باز باشند. از اینکه کل سیستم عاری از مواد خارجی و تمیز است، اطمینان حاصل کنید و مواظب باشید از وسائل و ابزار و مصالح نسوزکاری چیزی در بخش های مختلف دستگاه پخت باقی نمانده باشد، تا مبادا ایجاد وقفه و بی نظمی در فرآیند گرم کردن نمایند.

اگر برای گرم کردن، مشعل فندک دار در دسترس نیست می باید مشعلی شبیه به آنچه در شکل ۲ نشان داده شده است نصب کرد و بوسیله آن شعله حمایت کننده ایجاد کرد. تا زمانی که کوره به اندازه کافی داغ نشده است (رنگ قرمز تیره) باید این مشعل روشن باشد. در این حالت میتوان مطمئن بود که شعله اصلی پایدار خواهد بود. شعله حامی در مواقع سرد بودن کوره به ثبات و پایداری شعله اصلی کمک خواهد کرد. شروع گرم کردن کوره با کمتر از ۵٪ سوخت حداکثر در موقع راه اندازی پیوسته شروع خواهد شد:

حداکثر سوخت مصرفی در راهبری پیوسته کوره: ۱۰۰۰۰ لیتر در ساعت

سوخت مصرفی در مشعل کمکی معادل ۵٪ رقم فوق: ۵۰۰ لیتر در ساعت

در صورتیکه از سوختهای دیگر – گاز یا ذغال سنگ- استفاده می شود، باید ارقام فوق تبدیل شوند.

گرم کردن کوره ای که تازه نسوزکاری شده است باید طبق شکل ۴ باشد.

۲-۳-۳- کنترل درجه حرارت

ثبت منظم و پیوسته تغییرات درجه حرارت دستگاه پخت در دوره گرم کردن خیلی مهم است. باید توجه خاصی به برخی متغیرها نظیر درجه حرارت بدنه کوره، درجه حرارت عقب کوره و مکش درب کوره بشود. در عقب کوره حرارت سنج و در درب کوره فشار سنج وجود دارد.

برای اندازه گیری درجه حرارت بدنه کوره، از حرارت سنج نوری دستی استفاده می شود. بهتر است روی بدنه کوره یا راهرو مجاور آن در فاصله های دو متری علامت هایی نصب کرد. اینکار باید قبل از گرم کردن کوره انجام شود. بعدها این نقاط برای ثبت دقیق درجات حرارت نقاط مختلف بدنه کوره مفید هستند.

اگر وسیله یا منحنی دیگری بوسیله سازنده آجر نسوز و کوره ارائه نشده باشد، میتوان از منحنی شکل ۵ برای تعیین درجه حرارت سطح داخل آجر استفاده کرد. از آنجائیکه اغلب کوره ها برخوردار از ابزار سنجش مناسب و کافی نیستند، باید بوسیله حرارت سنج های نوری درجه حرارت نقاط مختلف بدنه را منظما اندازه گیری کرد. همچنین باید درجه حرارت گاز خروجی از انتهای کوره را نیز اندازه گیری کرد.

نکته : سرعت گرم کردن اولیه کوره ای که جدیداً نسوزکاری شده است نباید در ۲۴ ساعت اول بیش از $25\ ^{o}C/hr$ باشد و بعدها نیز نباید بیشتر از $30\ ^{o}C/hr$ باشد.

درجه حرارت عقب کوره معیاریست برای کنترل گرم کردن انواع کوره ها. ارتباط بین درجه حرارت آجرهای منطقه پخت و گازهای خروجی عقب کوره بعنوان مثال عبارتست از:

درجه حرارت عقب کوره در حالت بی باری	۸۰۰ oC
درجه حرارت منطقه پخت معادل حالت فوق	۱۲۰۰ oC
افزایش درجه حرارت عقب کوره	۲۰ oC
افزایش درجه حرارت منطقه پخت معادل عدد فوق	۳۰ oC

راهی برای اندازه گیری درجه حرارت بدنه وجود دارد. درجه حرارت داخل کوره را میتوان به طریق ریاضی و بکمک منحنی شکل ۵ حساب کرد. توجه به این نکته مهم است که اینگونه تعیین درجه حرارت سطح داغ آجر چندان دقیق نیست و بعنوان یک معیار اولیه است، زیرا که درجه حرارت بدنه به میزان وزش باد نیز بستگی دارد.

درحین گرم کردن کوره به نکات زیر توجه نمائید:

تا وقتیکه درجه حرارت سیستم بالاتر نرفته است، مقدار سوخت را اضافه نکنید.

میزان مکش مستقیم را آنچنان تنظیم کنید که:

سهم و مقدار هوای ثانویه حداقل ممکن باشد.

هیچگونه CO در ضمن احتراق بوجود نیاید.

بخش عمده حرارت حاصل از احتراق در منطقه پخت بماند

شعله کوتاه، فشرده و یکنواخت باشد.

هیچگونه تماس مستقیمی بین شعله و آجرنسوز نباشد.

۲-۳-۴- چرخاندن کوره در مرحله گرم کردن

در موقع گرم کردن کوره می باید چرخاندن کوره حداقل ممکن باشد. اولین چرخاندن کوره نباید زودتر از ۴ ساعت بعد از شروع گرم کردن باشد. چرخاندن به اندازه یک چهارم محیط کوره کافی است. فواصل زمانی چرخاندن کوره در شکل ۴ نشان داده شده است. این منحنی دوره های چرخاندن بعدی در موقع تغذیه اولیه و نهایی کوره را نیز نشان میدهد.

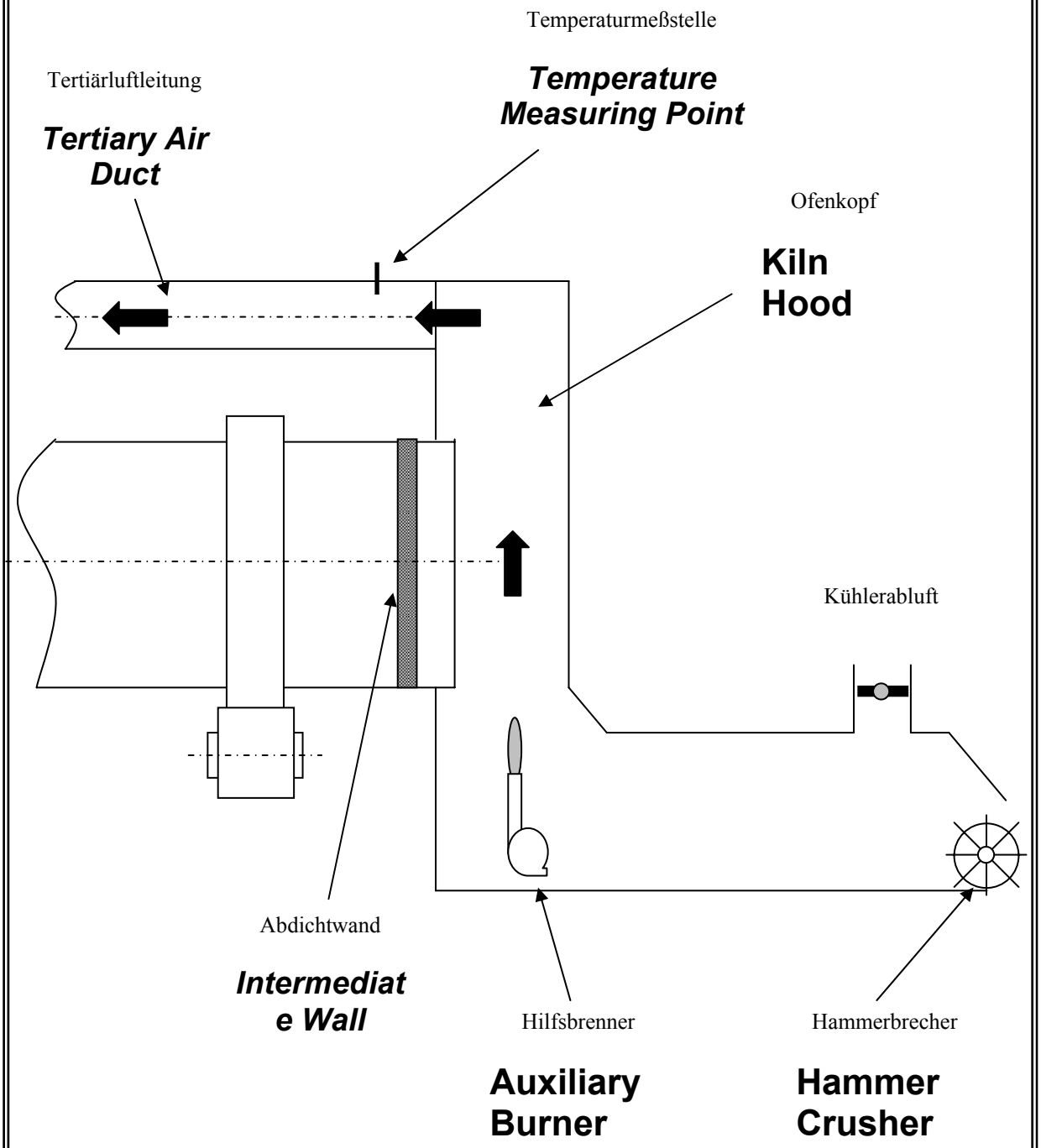
چرخاندن پیوسته کوره باید وقتی صورت گیرد لایه که آجرچینی به اندازه کافی انبساط حرارتی پیدا کرده باشد و محکم به بدنه کوره چسبیده باشد. در این مرحله هر بار چرخاندن در ابتدای کار نباید کمتر از ۱۰ دقیقه باشد.

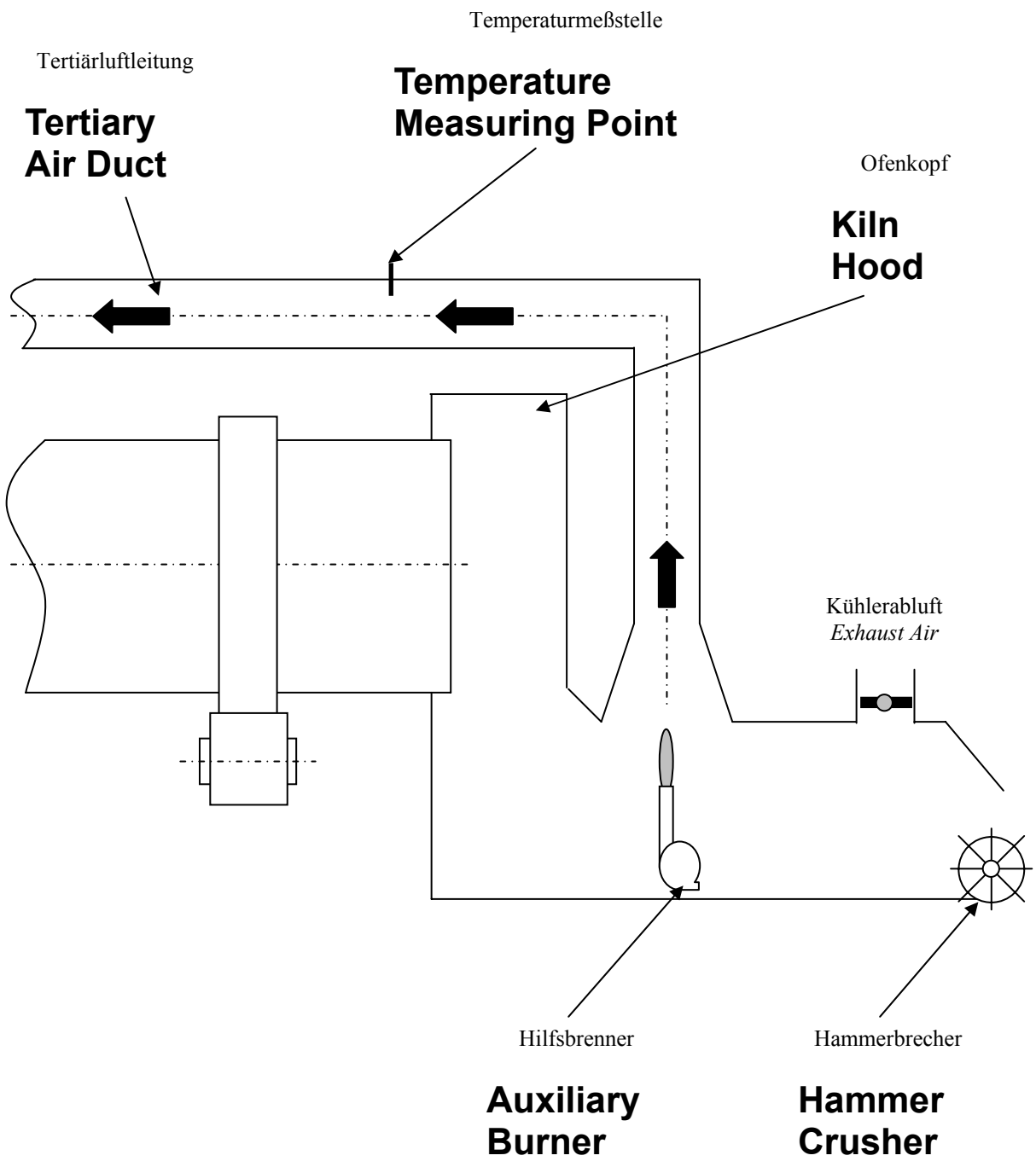
در موقع چرخاندن پیوسته کوره، باید حرکت نسبی بین بدنه کوره و رینگ کوره را ملاحظه کرد. در مواردی از گرم کردن کوره ممکن است تفاوت انبساط حرارتی بین بدنه و رینگ کوره، باعث شود بدنه کوره تحت فشار و جمع شدگی قرار گیرد.
در این حالت لایه آجر چینی تحت تنش شدید قرار میگیرد و غالبا گرفتار فرسایش زودرس میشود. در دفتر یادداشت روزانه می باید میزان حرکت نسبی بین بدنه و رینگ یادداشت شود. میتوان با علامت گذاری بوسیله گچ روی رینگ و بدنه و یا استفاده از ابزارهای سنجش خاص حرکت نسبی را اندازه گیری کرد. اگر پس از چند بار چرخش، حرکت نسبی وجود نداشته باشد، در اینصورت باید مقدار سوخت مشعل اصلی را کاهش داد. یا وقتیکه رینگ کوره به اندازه کافی گرم و منبسط نشده است و از بدنه آزاد نشده است، نباید سوخت را اضافه کرد.

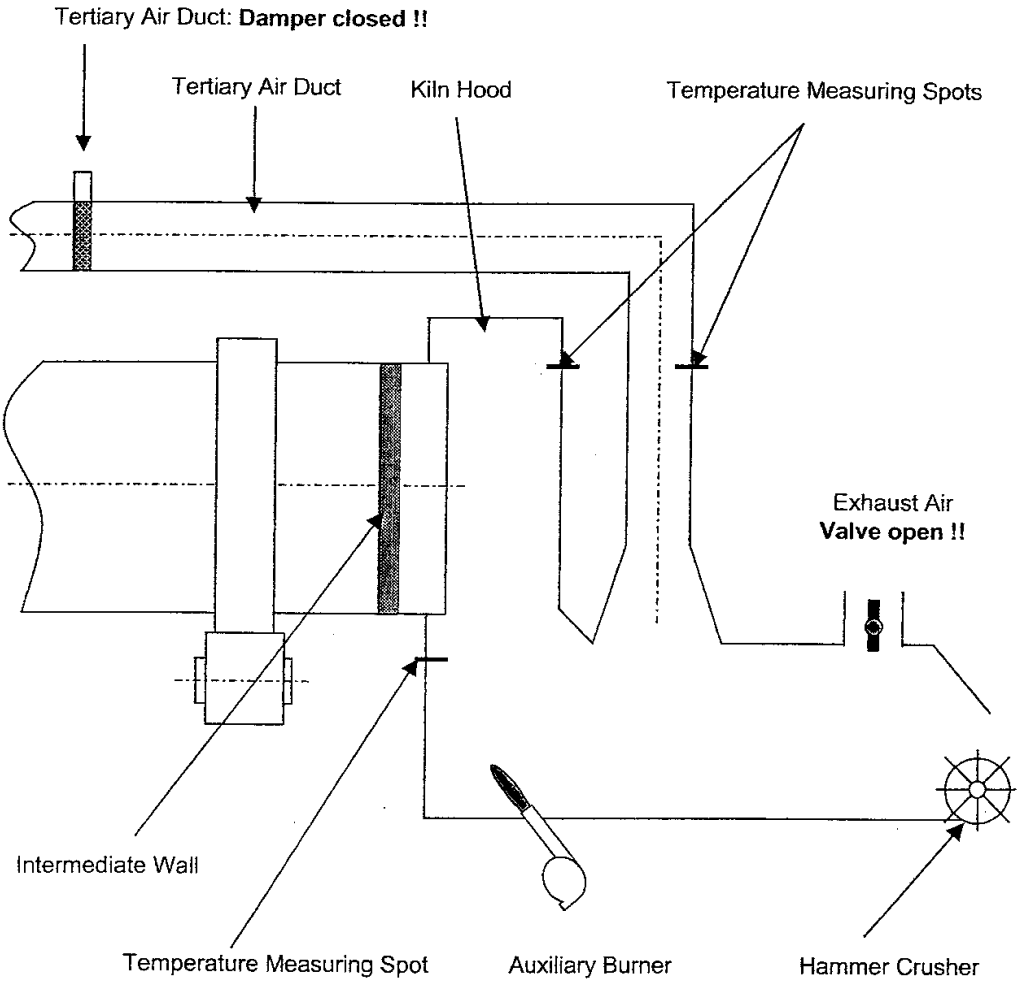
۲-۳-۵- وقفه در گرم کردن

هر نوع سرد شدن و گرم کردن کوره ممکن است به لایه نسوزکاری آسیب برساند. اینچنین آسیبی وقتی بحرانی است که روی آجر کوتینگ محافظ وجود نداشته باشد. اگر در مرحله گرم کردن کوره مشکلاتی پیش آید توصیه اینست که گرم کردن کوره تا ^{oC} ۱۰۰۰ ادامه یابد. این نکته در مواردی خیلی مهم است که یک سوم کل مرحله گرم کردن به انجام رسیده باشد. در موقع راه اندازی اولیه کوره وقتی که توقف ناخواسته پیش میآید می باید درجه حرارت کوره را در حدود ^{oC} ۱۰۰۰ نگه داشت و این وقفه نباید بیش از ۲-۳ روز طول بکشد.
در صورت تداوم بیشتر وقفه میتوان مشعل را خاموش کرد. در این مرحله از کار باید کوره را هر دو ساعت یکبار به اندازه یک چهارم دور چرخانید. اگر هنوز در مرحله زمانی یک سوم از فرآیند گرم کردن کوره هستید توصیه میشود که برنامه گرم کردن را متوقف کنید و کوره را سرد کنید. اگر در مرحله زمانی یک سوم تا دو سوم آخر گرم کردن

هستید و وقفه ۲-۳ روزه پیش میآید می باید کوره را طبق بخش ۲-۴ (خواباندن کوره) سرد کرد.


Temperaturmeßstelle
Temperature Measuring Point
Tertiärluftleitung
Tertiary Air Duct
Ofenkopf
Kiln Hood
Kühlerabluft
Abdichtwand
Intermediate Wall
Hilfsbrenner
Auxiliary Burner
Hammerbrecher
Hammer Crusher


Temperaturmeßstelle
Tertiärluftleitung
Temperature
Measuring Point
Tertiary
Air Duct
Ofenkopf
Kiln
Hood
Kühlerabluft
Exhaust Air
Hilfsbrenner
Hammerbrecher
Auxiliary
Burner
Hammer
Crusher



SK 08: Drying of a Cooler

۲-۴- خواباندن کوره

سرعت سرد کردن کوره نباید بیش از $50\ ^{oC}/hr$ بیشتر باشد. با این سرعت در فاصله ۲۴ ساعت کوره سرد می شود. سرد کردن کوره باید عمدتاً بکمک تشعشع حرارتی باشد. در شروع سرد کردن دریچه گاز خروجی و فن الکتروفیلتر باید بسته باشند تا اینکه فشار سر کوره به $\pm O$ برسد. تا وقتیکه منطقه پخت تیره رنگ نشده است باید چنین حالتی ادامه یابد. در پایان این مرحله از سرد شدن کوره میتوان دریچه فن را باز کرد. تا هنگام رسیدن به حالت تیرگی منطقه پخت می باید کوره با حداقل دور بچرخد. پس از رسیدن به مرحله تیرگی منطقه پخت می توان هر دو ساعت یکبار کوره را به اندازه یک چهارم دور چرخانید تا به سردی کامل کوره برسیم. هنگامیکه درجه حرارت بدنه کوره در منطقه پخت به ^{oC} ۱۰۰ رسیددیگر نباید کوره را چرخاند.

نکته مهم:

سریع کردن کوره با استفاده از جریان هوا (باز گذاشتن دریچه درب کوره) یا پاشیدن آب مجاز نیست. این روشها سرعت سرد کردن را تسریع می کند ولی تنش شدید روی آجر و فرسایش آجر را در پی خواهد داشت و بسهولت باعث سرشکن شدن آجر نسوز می شود.

پس از هر بار سرد شدن کامل کوره باید لایه نسوز کاری را بدقت بررسی کرد. اگر برخی آجرها در نقاطی از کوره لق هستند از ورقه های ۲ میلیمتری فولادی قفل کردن آجر برای محکم کردن آنها استفاده کنید. دقت کنید که در هر رینگ آجرچینی بیش از ۵ ورقه آهنی استفاده نشود و در هر شکاف نیز بیش از یک ورق استفاده نکنید.

۲-۵- نکات مهم

نباید بهنگام سرد بودن کوره آنرا چرخانید زیرا که استحکام لایه نسوزکاری آسیب خواهد دید. اگر از روش ناودانی برای آجرچینی استفاده میکنید فقط در مواقعی که مطلقا و حتما لازم می شود کوره را بچرخانید. تمام درجه حرارت هایی که بدان ها اشاره می شود مربوط به سطح داغ آجر منطقه پخت محدوده شعله است. در صورتیکه درجه حرارت مربوط به سطح داغ آجر نباشد بوضوح بیان میشود.

راهنمایی ها و دستورالعمل گرم کردن کوره دوار فقط برای کوره هاییست که آجر چینی آنها خوب و مناسب انجام شده باشد.

در صورتیکه تغییر و انحرافی در نحوه خشک کردن و یا گرم کردن لازم باشد باید فورا با سازنده آجر نسوز مشورت شود.

۲-۶- خطاهای هنگام چرخاندن کوره

علت	اثرات	معیارها
چرخاندن زودتر از وقت	لق شدن لایه نسوزکاری و پیچ خوردگی آن	کوره باید طبق فاصله های زمانی مندرج در شکل ۴ چرخانیده شود.
دیر چرخانیدن یا نچرخاندن کوره	گرم شدن یکطرفه، اعمال شوک حرارتی شدید ضمن چرخاندن کوره خصوصا بهنگام عبور از زیر لایه مواد. احتمال آسیب رسیدن به یاتاقان های کوره	چرخاندن کوره طبق فاصله زمانی مندرج در شکل ۴

بهنگام گرم کردن کوره بدفعات مکرر کوره چرخانیده شود.	حرکت نسبی شدید لایه نسوزکاری، لق شدن آن و پیچ خوردن لایه نسوزکاری	چرخاندن کوره طبق فاصله زمانی مندرج در شکل ۴
خشک کردن سریع	ایجاد فشار بخار ناشی از بخار شدن آب موجود در لایه آجرچینی و بتن نسوزهای بکار رفته در نسوزکاری نکته مهم: حداقل ۲۴ ساعت فرصت زمانی برای گیرش (سخت شدن) بتن های نسوز بدهید	زمان های خشک کردن اولیه با مشعل کمکی را ملاحظه کنید.
سرد کردن ناکافی دهانه خروجی کوره	لق شدن زگمنت های لبه کوره در اثر انبساط حرارتی بدنه کوره	از کار کردن مطلوب فن های خنک کن لبه کوره مطئمن شوید (این فن ها باید بهنگام چرخش مداوم کوره کار کنند)
وقفه بهنگام گرم کردن	لق شدن نسوزکاری، باز شدن درزهای انبساط، در اثر سوخته شدن مقواهای درز انبساط، پیچش لایه نسوزکاری و یا حرکت و لغزیدن به سمت پائین لایه نسوزکاری.	آماده سازی دقیق مراحل راه اندازی آزمایشی، چرخاندن دقیق کوره، فرستادن مقداری خوراک بداخل کوره برای پر کردن درزهای انبساطی

۳

راه اندازی

و

خواباندن

کوره

۳-۱- اولین بار دهی کوره

آماده سازی بخش های مختلف کوره و سیستم پخت می باید تقریبا تا سه ساعت قبل از باردهی کوره صورت گیرد.

در این مرحله درجه حرارت نسوزکاری کوره به اندازه کافی بالا رفته است و میتوان در مشعل از نازل های اصلی استفاده کردو سپس به شرح زیر عمل کرد:

میزان مکش در کوره را تنظیم کنید

سوخت را به مشعل اصلی وصل نمائید. ضمن وجود مکش در کوره، مشعل را روشن کنید. هم اکنون شعله ایجاد شده است و عمل گرم کردن کوره را ادامه دهید تا طبق منحنی گرم کردن کوره به درجه حرارت مطلوب برسد.

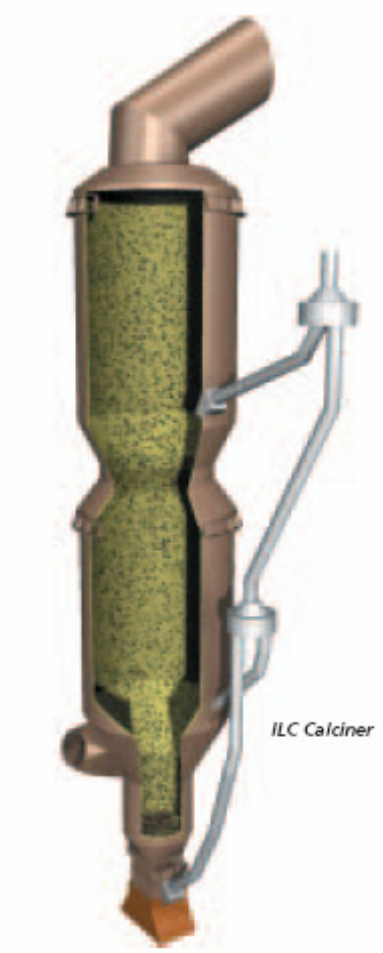
خطوط انتقال غبار برگشتی و کلینکر را راه بیاندازید

دریچه تقسیم خوراک کوره زیر دومین سیکلون پائین پیش گرمکن (سیکلون ۴) را طوری تنظیم کنید که خوراک کوره به سوی رایزر پایپ کوره هدایت شود.

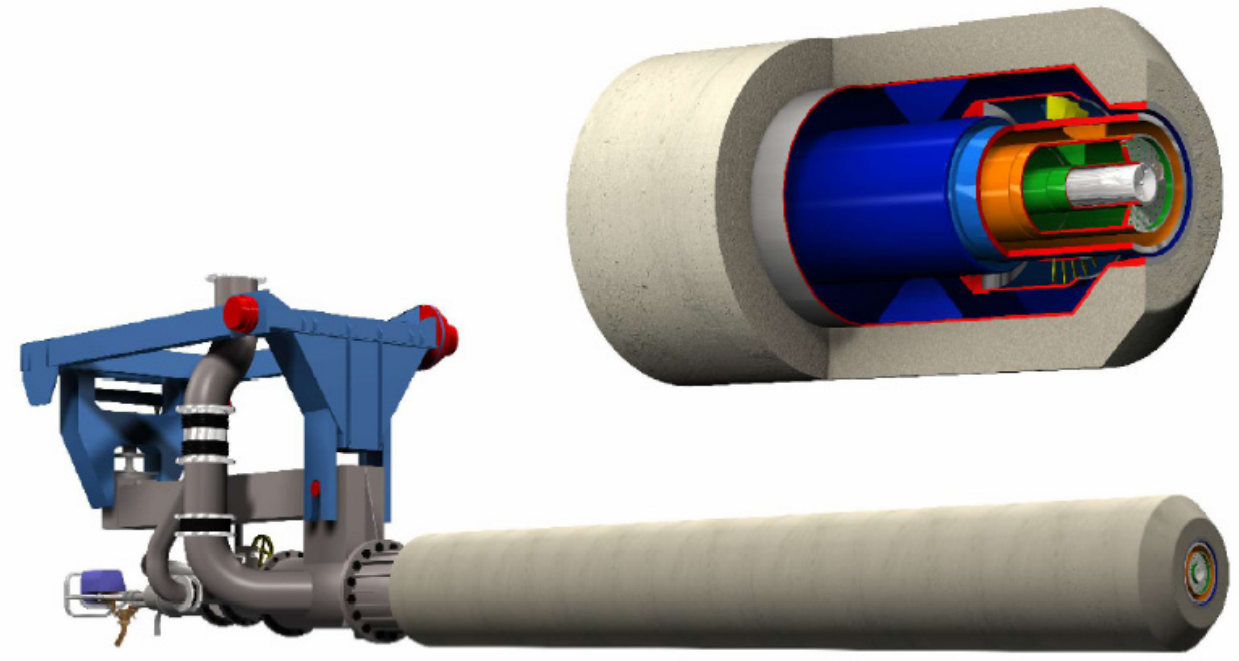
۳-۲- مقدمات تغذیه کوره

وقتی درجه حرارت پائین ترین سیکلون به بالاتر از ۷۵۰ درجه سانتی گراد رسید و با فرض انطباق توزیع درجه حرارت در قسمتهای با ارقام تعیین شده، کوره آماده بارگیری است.

می باید نفراتی را در طبقات مختلف پیش گرمکن مستقر کرد تا مواظب جریان مواد در بخشهای مختلف و دریچه های سیکلون ها باشند. دریچه ها می باید براحتی حرکت کنند. حرکت دادن دریچه ها به این خاطر است که مطمئن از عبور مواد از آنها باشیم. هنگام راه اندازی اولیه خطر گرفتگی سیکلون ها بیشتر است.



ILC Calciner



The burner nozzle is adjustable both vertically and horizontally

در اطاق کنترل می باید امکان تماس و نظارت بر کار پرسنل از طریق سیستم های مخابراتی ثابت و متحرک (رادیوئی یا تلفنی) وجود داشته باشد بطوریکه بتوان در اسرع وقت هر نوع حادثه و گرفتگی را به ناظر و سرپرست اطلاع داد.

۳-۳- راه اندازی موتور کوره

موتورکمکی را متوقف کنید و موتورکوره را با حداقل دور راه بیاندازید.
میزان باز بودن دریچه فن پیش گرمکن را کم کنید. در صورت نیاز به زمان طولانی برای تنظیم مکش کوره، مشعل را متناسب با مکش موجود تنظیم کنید. بهرحال امکان کار با حداقل سوخت وجود دارد.
بنابراین قبل از راه اندازی فن پیش گرمکن می باید مقدار سوخت و مکش متناسب با شرایط راه اندازی فن تنظیم شوند. میزان باز بودن دریچه های مختلف در سیستم را آنچنان تنظیم کنید که مکش کافی در درب کوره و انتهای بالایی پیش گرمکن را داشته باشید. سیستم انتقال کلینکر، کلینکر شکن و سیستم حرکت و فنهای خنک کن را روشن کنید.

۳-۴- فراهم کردن شرایط تولید عادی

مراحل زیر را بدقت و سرعت انجام دهید:
فن پیش گرمکن را راه بیاندازید.
سیستم تغذیه کوره را به میزان ۷۰٪ مقدار نرمال استارت کنید.
با باز کردن دریچه ها، توسط فن پیش گرمکن مکش را بالا ببرید.
سیستم انتقال غبار برگشتی به قیف تغذیه کوره را روشن کنید.
متناسب با بار کوره سوخت را افزایش دهید.
بار کوره را به ۷۵٪ بار کامل افزایش دهید و همزمان دوره کوره را به ۲/۷ دور در دقیقه برسانید.
دریچه هوای سوم را تا ۱۵٪ باز کنید.

درجه حرارت و دریچه پائین ترین سیکلون را چک کنید و مشعلهای کلساینر را روشن کنید، سپس مقدار سوخت را افزایش دهید تا درجه حرارت پائین ترین سیکلون در حد ۸۹۰ درجه سانتی گراد حفظ شود.

میزان مکش و سوخت را به اندازه ۵-۱۵٪ بالاتر از حد متعارف کاری متناسب با خوراک مصرفی نگهدارید. دلیل این مقدار اضافی اینست که سیستم پخت در موقع استارت اولیه در مقایسه با مواقع معمولی سردتر است.

همواره می باید قبل از افزایش سوخت میزان مکش افزایش داده شود تا بدینوسیله از تشکیل CO پیش گیری شود. همچنین تنظیم دریچه هوای سوم به کلساینر را هم مدنظر داشته باشید. درجه حرارت بالای پیش گرمکن نباید بالاتر از ۴۳۵ درجه سانتی گراد باشد.

در راه اندازی اولیه معمولا دستگاه تجزیه گاز انتهای پیش گرمکن مقدار ۶-۸٪ اکسیژن را نشان میدهد. بهرحال درصد اکسیژن ورودی کوره باید در حدود ۳-۵٪ باشد.

هنگامیکه اطمینان حاصل کردید که کلینکر موجود در منطقه پخت بخوبی پخته شده است، دور کوره را می توانید به آرامی افزایش دهید تا به حد نرمال تولید برسید. می باید میزان خوراک و دور کوره با یکدیگر مرتبط (Synchronise) باشند تا بدینوسیله سطح بار داخل کوره ثابت باشد. مثلا دور ۳,۶ rpm مترادف با ۱۰۰٪ بار باشد.

توجه به این نکته بحرانی مهم است که مواد و خوراک اولیه مصرفی آنچنان خوب پخته شود که از سیرکولاسیون و چرخش نرمه کلینکر بین کوره و خنک کن پیشگیری شود. چرخش (Circulation) نرمه کلینکر ممکن است باعث سرد شدن منطقه پخت شود و در نتیجه زمان بیشتری برای تثبیت کار کوره لازم داشته باشیم.

همانطور که یادآوری شد، بدلیل حرارت اضافی مصرفی در ابتدای راه اندازی کوره، بیش از آنچه برای تشکیل کلینکر لازم است، درجه حرارت سیستم بتدریج بالا میرود.

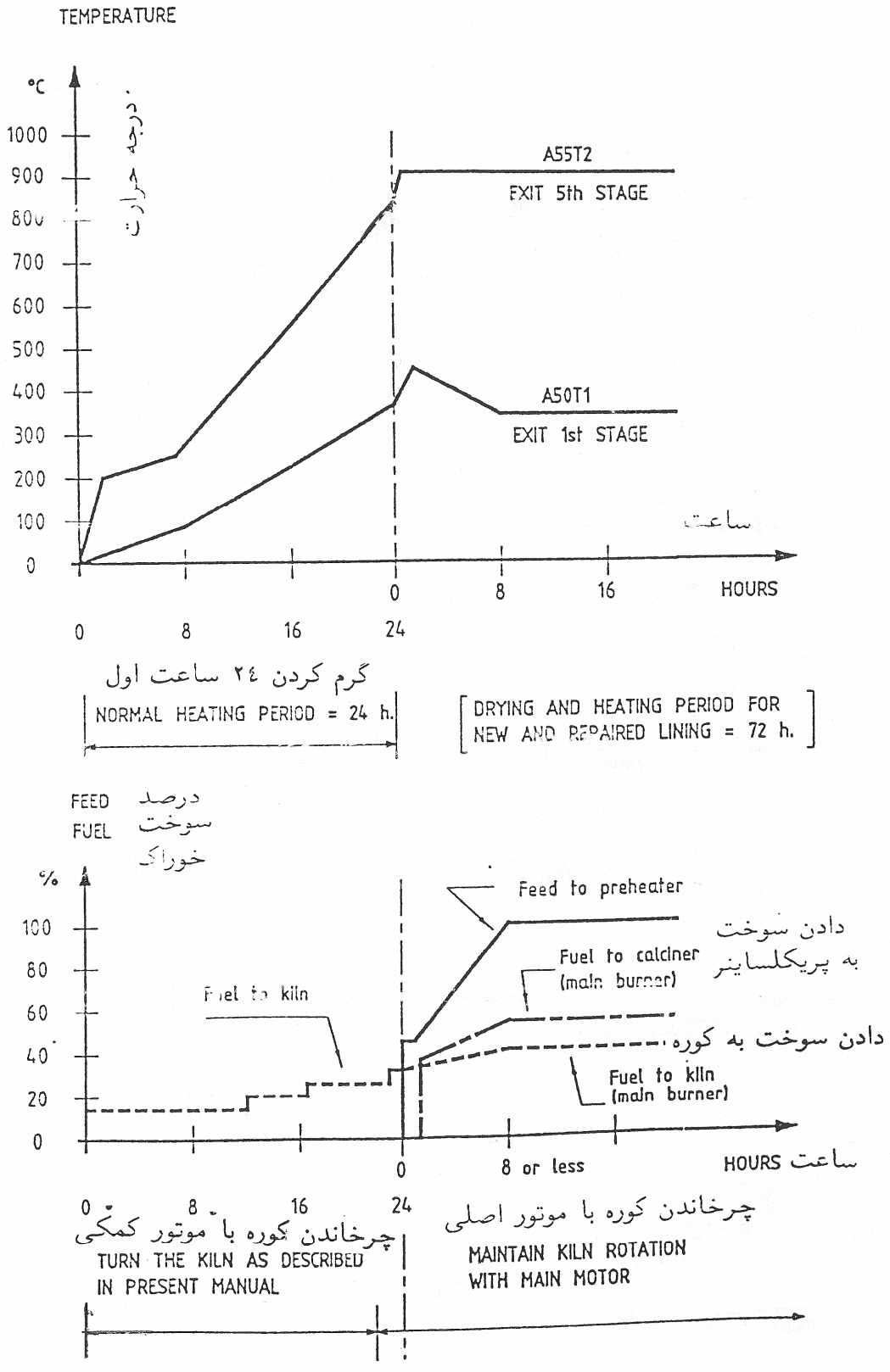
هنگامیکه وضعیت ظاهری کلینکر مطلوب و مقدار آهک آزاد پائین است می توان بتدریج بار کوره را اضافه کرد و همزمان با آن مکش و مقدار سوخت را افزایش داد.
خصوصا گشتاور کوره و بررسی ظاهری کلینکر از پارامترهای مفید برای قضاوت در مورد چگونگی پخت کلینکر هستند. آنالیز شیمیائی کلینکر، وزن لیتری و آهک آزاد موجود در آن، پارامترهایی هستند که ارزیابی مفیدتری در مورد کیفیت کلینکر بدست می دهند. فاصله زمانی لازم برای رسیدن از تولید راه اندازی اولیه به تولید نهایی معمولا در حدود ۵ ساعت است.

۳-۵- راه اندازی خنک کن

دو هدف اصلی از کار خنک کن عبارتست از:
الف: خنک کردن کلینکر تا بدان حد که سیستم انتقال بعدی کلینکر آسیب نبیند.
ب: بازیابی حداکثر مقدار انرژی حرارتی موجود در کلینکر، بازده حرارتی بالای خنک کن و کارائی اقتصادی سیستم پخت.
اضافه بر این دو هدف اصلی تعدادی اهداف فیزیکی و کیفی نیز وجود دارد.
دانه بندی کلینکر فاکتور مهمی است. می باید کلینکر به راحتی روی تمام سطح گریت جریان داشته باشد. بازدید محلی گریت ها در حین راه اندازی کولر توصیه می شود.

PROCEDURE FOR HEATING AND STARTING OF KILN WITH CALCINER, TYPE ILC.

گرم کردن کوره



با خروج تدریجی کلینکر از کوره می باید خنک کن راه اندازی شود. برای جلوگیری از تجمع کلینکر روی صفحات گریت ها باید سیستم حرکت صفحات مرحله به مرحله راه اندازی شوند.

بتدریج با افزایش میزان تولید کوره، مقدار هوای خنک کن افزایش می یابد.

همچنین گریت های خنک کن را در شرایط کاری پیوسته و مداوم قرار دهید. بین سیستم حرکت کوره و سیستم حرکت گریت اولیه ارتباط کاری (Interlock) وجود دارد. این بدان معناست که قبل از روشن کردن سیستم حرکت کوره می باید موتور حرکت گریت راه اندازی شود. میتوان بهنگام گرم کردن کوره این ارتباط را قطع کرد. فشار منفی سر کوره (Klin hood) و خنک کن را در حد mbar ۰/۵- نگهدارید.

مقدار هوای خنک کن مشروط به عدم ایجاد ناپایداری در حرکت کلینکر می باید تا حد امکان زیاد باشد. اگر بستر کلینکر به حالت شناور درآید، بازدهی خنک کن و بازیابی حرارت آسیب خواهد دید.

در صورتیکه درجه حرارت کلینکر بالا رود واین بالا رفتن درجه حرارت ناشی از حرکت نامنظم کلینکر و مواج بودن (Surge Of Material) بستر کلینکر باشد، می باید دور کوره کم شود.

۳-۷- آماده شدن برای راه اندازی کلساینر

همانطور که قبلا ذکر شد روشن کردن مشعل های کلساینر می باید همزمان با فرستادن بار به پیش گرمکن صورت گیرد. معذالک سلسله مراتب (Interlocking) زیر باید رعایت شود:

مشعل اصلی کوره وقتی روشن می شود که فن پیش گرمکن روشن باشد.

موتور اصلی کوره روشن باشد.

درجه حرارت پائین ترین سیکلون می باید بیش از مقدار حداقل (۶۵۰ درجه سانتی گراد) و پائین تر از مقدار حداکثر (۹۸۰ درجه سانتی گراد) باشد.

سیستم تغذیه کوره روشن باشد.

O_2 موجود در گازهای عقب کوره بیش از ۵٪ باشد.

CO موجود در گازهای خروجی از پیش گرمکن نباید بمدت ۱۵ ثانیه بیشتر از Max II (0.9% CO) باشد.

در این صورت باید سوخت کلساینر حداقل ۲۰٪ کاهش داده شود. اگر چنین شرایطی پیش آید بطور خودکار، کارکردن مشعل از اتوماتیک خارج شده و دستی میشود. برای حذف آلارم و مصرف سوخت کامل در کلساینر باید O_2 موجود در گازهای بعد از پیش گرمکن بیش از ۴٪ باشد.

نسبت هوا به گاز حاصل از سوخت در کلساینر بوسیله تنظیم دریچه های فن پیش گرمکن و تغییر دریچه کانال هوای سوم کنترل می شود.

CO موجود در ورودی (عقب) کوره می باید کمتر از ۰/۱٪ و مقدار اکسیژن بین ۳-۴٪ باشد.

همواره قبل از افزایش مقدار سوخت می باید مکش سیستم افزایش داده شود تا بدینوسیله از خطر انفجار جلوگیری شود.

سوخت مصرفی در کلساینر از پائین بخش مخروطی شکل کلساینر جائیکه قطر کلساینر افزایش می یابد وارد شود.

۳-۷- رسیدن به باردهی عادی

در طول دو ساعت اولیه پس از راه اندازی کوره، بتدریج بار کوره افزایش داده می شود. البته این افزایش مشروط و متناسب با کیفیت خوب کلینکر تولیدی خواهد بود.

مقدار سوخت و بار را آنچنان تنظیم کنید که درجه حرارت پائین ترین سیکلون در حدود ۸۹۰ درجه سانتی گراد باشد که معادل درجه کلسیناسیون ۹۰-۹۵٪ است. سیستم PLC-Control بطور خودکار این درجه حرارت را حفظ میکند.

متعاقب حصول شرایط ذکر شده تولید کوره با طی مراحل زیر افزایش خواهد یافت:

مکش افزایش داده شود.
مقدار خوراک افزایش داده شود (بار و دور کوره همزمان هستند).
مقدار سوخت کلساینر را افزایش دهید (بهتر است بصورت خودکار انجام شود)
بررسی کنید که آیا امکان تغییر مقدار سوخت کوره لازم است یا نه (بسته به مقدار آهک آزاد، وزن لیتری و گشتاور کوره).
درجه حرارت هوای داغ ورودی از خنک کن به کلساینر از طریق کانال هوای سوم همزمان با افزایش حجم کلینکر تولیدی بالا خواهد رفت. شکل شماره ۲ سرعت گرم کردن و افزایش درجه حرارت سیستم پخت، مقاطع زمانی سوخت دهی به کوره، کلساینر و تغذیه کوره را نشان می دهد.
این منحنی ها برای سیستم پخت نوع ILC-FLSmith است.

۳-۸- حالات غیرعادی خنک کن

هنگامیکه تولید کوره به حدود ۶۰-۸۰٪ ظرفیت اسمی آن می رسد می باید تنظیمات دقیقتری روی هوای جاری در کولر و در بخش های مختلف آن انجام داد. این تنظیمات بستگی به طراحی خنک کن دارد. مثلا در خنک کن Coolax با تنظیم دستی دمپرهای فن های بین بخش های CIS/CFG فشار هوای فن تنظیم می شود و به تبع آن پروفیل فشار از ابتدا تا انتهای خنک کن بتدریج کمتر می شود.
مقدار هوای جاری در کولر نباید آنقدر زیاد باشد که باعث شناوری و حرکت دانه های کلینکر به سمت بالا شود، بلکه باید میزان هوا آنچنان باشد که کلینکر در بستر خود برقص درآید (Dancing) و حرکت در جا داشته باشد نه اینکه به سمت بالای بستر کلینکر پرتاب شود. از سوی دیگر میزان هوا و سرعت حرکت صفحات خنک کن باید آنچنان تنظیم شوند که معیارهای زیر حاکم شوند:
بستر کلینکر با ضخامت ثابت ۵۰۰ میلیمتر روی صفحات خنک کن تشکیل شود.

فشار در ابتدای (CIS Section) بین ۵۰-۶۵ mbar و در بخش های مختلف (CFG Sections) بین ۹۰-۹۵ mbar باشد.

درجه حرارت کلینکر خروجی از خنک کن بالاتر از رقم تضمین شده نباشد.

سرعت حرکت گریت ۲ حدود ۳-۵٪ بالاتر از سرعت حرکت گریت ۱ باشد.

فشار هوای درب کوره (Klin hood) ۰/۲- mbar باشد.

پس از اینکه کوره به ظرفیت کامل رسید، درجه حرارت هوای ثانویه در حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد باشد.

با توجه به نکات ۲، ۴ و ۵، این امکان وجود دارد که از سیستم های تنظیم تعبیه شده در خنک کن کلینکر استفاده کرد و آنرا به حالت اتوماتیک قرار داد.

بتدریج با افزایش حجم کلینکر، درجه حرارت هوای جاری از خنک کن به کوره (هوای ثانویه) بالا میرود. اگر شرایط راهبری خنک کن در اثر عواملی نظیر تغییر ماهیت مواد و کلینکر شدن آن (Clinkerisation) تغییر نماید می باید میزان جریان هوا و پارامترهای کنترل کوره تنظیم مجدد شوند. در ضمن کار کولر باید رابطه بین سرعت گریت ها آنچنان باشد که مناسبترین ضخامت بستر کلینکر را داشته باشیم.

باید توجه کرد که سرعت گریت ۱ بستگی به باری که روی آن میریزد دارد. در صورت افزایش مقدار بار از آنچه که در تنظیم اولیه (Pre-set) منظور شده است و معمولا ۷۵٪ بار کامل است، میباید سرعت را افزایش داد.

وضعیت کلینکر در خنک کن باید مرتباً ملاحظه شود و معمولا باید طوری سرد شود که در نیمه های خنک کن رنگ سرخ و گداخته آن تبدیل به رنگ سیاه شود.

چنانچه در منطقه ای در تمام عرض خنک کن رنگ کلینکر قرمز داغ (Red hot) باشد، بدان معنی است که عمل خنک کردن ناکافی است. باید تنظیمات را آنچنان تغییر داد که با افزایش حجم هوا و تثبیت آن، کلینکر خنک و تیره رنگ شود.

بعضی وقتها ممکن است نرمه های داغ کلینکر بسوی پائین خنک کن شناور (Float) شوند و بشکل سرخ رود (Red River) بسوی کناره های خنک کن جاری شود و باعث خسارت حرارتی شود. این پدیده بدین خاطر است که بستر کلینکر بطور یکنواخت هوادهی نمی شود.

اصلاح چگونگی هوادهی را میتوان با تمرکز روی میزان خنک کنندگی گریت ۱ انجام داد و تنظیم هوای آن را بصورتی در آورد که در کناره هایی از خنک کن که سرخ رود وجود دارد هوای بیشتری بسمت بالا جریان یابد.

امکان اینکه میزان جریان هوا در کناره های خنک کن در بخش گریت ۱ را تنظیم کرد، وجود دارد. بنابراین برای تغییر و تنظیم مقدار هوای جاری لازم است موقعیت دریچه فن ها بصورت دستی تغییر داده شوند.

در مواردی چند وجود سرخ رود میتواند ناشی از جریان هوای زیاد و شناور کردن نرمه های کلینکر به سمت پائین خنک کن باشد.

سنسورهای حرارتی نصب شده در زیر گریت های محفظه CIS و دو محفظه قسمت افقی خنک کن یعنی گریت های CFG می باید همواره درجه حرارت کمتر از ۷۰ درجه سانتیگراد را نشان دهند.

در صورت افزایش بیش از حد درجه حرارت کلینکر، باید نحوه کار (Operation) خنک کن را متناسب با شرایط موجود تنظیم کرد. اگر درجه حرارت در شرایط فوق العاده جدی به بالاتر از سطح ۴۰۰ درجه سانتیگراد برسد، دراینصورت باید سرعت خنک کن را کم کرد.

میتوان مقدار هوای جاری از فن های بخش های مختلف خنک کن و فن های هوای آب بندی (Sealing Air) را با تغییر تنظیمات ابزارهای تنظیم (Regulators Set Points)، بمقدار لازم تغییر داد.

در ضمن کار خنک کن ممکن است بی نظمی هایی پیش آید که به برخی از آنها اشاره میشود:

درجه حرارت کلینکر خروجی بسیار بالاست

علت: عدم جریان و عبور هوای کافی از بستر کلینکر

راه حل: مقدار هوا را زیاد کنید.

متناسب با جریان هوای تنظیم شده توسط دستگاه تنظیم کننده(Regulator)، هوای کافی عبور نمی کند.

علت ۱: ضخامت بستر کلینکر خیلی زیاد است.

راه حل: بررسی کنید که آیا سرعت خنک کن متناسب با فشار تنظیمی است یا نه. در صورت لزوم، میزان فشار را تنظیم مجدد کنید تا متعاقب آن سرعت خنک کن اضافه شود. کنترل های اتوماتیک سرعت گریت را چک کنید و عکس العمل آن نسبت به افزایش فشار ناشی از تجمع مواد در بخش اول خنک کن و متعاقب آن افزایش بار فن ها را ملاحظه نمایید.

لزوما تأکید می شود که در صورت افزایش ضخامت بستر کلینکر و عدم توان و قدرت فن به دمیدن هوا و عبور دادن هوا از بستر، امکان آسیب دیدگی جدی گریت ها و پایه آنها وجود دارد.

علت ۲: ارتباط فی ما بین سرعت گریت ها نادرست است و در نتیجه هوای خنک کننده از گریت ۱ عبور میکند ولی از گریت ۲ عبور نمی کند. در اینحالت بستر کلینکر مانع از دمیدن هوا در آن است زیرا که فشار آنها کم است.

راه حل: سرعت بین گریت ها را تنظیم کنید.

علت ۳: دستگاه تنظیم هوا عمل نمی کند.

راه حل: خرابی دستگاه را رفع کنید.

علت ۴: ممکن است حجم تنظیم شده هوا آنقدر کم باشد که نتواند در فشار ایجاد شده بوسیله فن ها، کلینکر را به حرکت (Mobilise) درآورد. از جمله علل ممکنه چسبندگی کلینکر و تمایل به ایجاد کیک است.

راه حل: برای مدت کوتاهی ضخامت بستر را کاهش دهید و مقدار هوا را آنقدر افزایش دهید که بستر کلینکر به حرکت درآید. بعدا ضخامت بستر کلینکر را تا حد مطلوب افزایش دهید. متعاقب این تغییرات مطمئن شوید که مقدار هوای جاری برای جلوگیری از سکون بستر کلینکر کافی است.

علت ۵: سرعت گریت بسیار بالاست و کلینکر فرصت اقامت کافی در خنک کن را ندارد.

راه حل: با تنظیمات فی ما بین، سرعت گریت و ضخامت بستر کلینکر را تغییر دهید و یا اینکه تناسب بین سرعت گریت ها را اصلاح نمائید.

در مقایسه با مقادیر تنظیمی فشار هوا و سرعت گریت ها، فشار هوا در قسمت اول خنک کن (CFG Field) خیلی پائین آمده است.

علت: در حالیکه دانه های کلینکر درشت تر شده است، سرعت گریت کم نشده است. این امر میتواند ناشی از بدعمل کردن کنترل های اتوماتیک (Automatic Controls) و یا علائم خروجی از تنظیم کننده (Regulator) به دستگاه مکانیکی حرکت خنک کن باشد. این علائم ممکن است بیان کننده این باشد که کاهش بیشتر سرعت بخاطر افزایش بیش از حد بار روی صفحات امکان پذیر نباشد.

راه حل: دستگاه تنظیم کننده (Regulator)، دستگاه برقی و یا سیستم مکانیکی حرکت خنک کن را تعمیر کنید.

کار نامنظم کوره و خنک کن همراه با نوسانات عمده در فشار هوای کانال های هوای بخش اول خنک کن (CFG Ducts) و سرعت خنک کن باشد.

در این حالت بررسی کنید که آیا ارتباط معقولی بین تغییر سرعت گریت و متعاقب آن تغییرات فشار در گریت های CFG وجود دارد یا نه. در صورت لزوم رگلاتور مربوطه

را تنظیم کنید. توجه داشته باشید که ممکن است بروز این بی نظمی ها ناشی از اثر گشتاور موتور حرکت کوره روی تنظیم سرعت گریت باشد.
کنترل کننده های اتوماتیک را بر مبنای شرایط کاری متعارف تنظیم کنید و شرایط نامتعارف کاری را بعهده اپراتور و دخالت او در این مواقع بگذارید.
اگر کار سیستم پیش گرمکن/کوره/خنک کن ناپایدار و همراه با تمایل به نوسان باشد، باید علت این تمایل به ناپایداری را مشخص کرد، زیرا امکان اینکه ناپایداری های بسیار جزئی توسط سیستم تشدید شود وجود دارد.

۳-۹- شعله در کوره سیمان

در کوره سیمان انتظاراتی که از شعله و سوختن وجود دارد تنها حرارت حاصل از آن نمی باشد. بلکه مشخصه هایی نظیر طول شعله، شکل شعله، رنگ شعله، درجه حرارت شعله، جهت شعله و محل شعله نیز مورد نظر است. شکل ۱ نشان دهنده سیستم پخت و مشعل تکنولوژی مورد بحث در این کتاب است. همچنین در جدول ۱ مشخصات فنی قسمت سوخت رسانی و مشعل ها ارائه شده است.
در این قسمت سعی بر آن است که عوامل موثر روی نحوه سوختن و کیفیت شعله بیان گردد. این عوامل به دو گروه تقسیم می گردند. گروه اول آنهایی هستند که کنترل آنها در حین کار چندان در اختیار کوره بان نمیباشد و گروه دوم عواملی است که در حیطه کنترل کوره بان بوده و با تغییراتی در آنها اپراتور میتواند شعله دلخواه را بدست آورد.
الف- گروه اول
قطر لوله هوای اولیه
سوراخ سر مشعل
قطر کوره
طرح مشعل

ارزش حرارتی سوخت

ب- گروه دوم

نرمی ذغال سنگ

درجه حرارت نفت کوره

درجه حرارت هوای اولیه

درجه حرارت هوای ثانویه

مقدار هوای اولیه

مقدار هوای ثانویه

مقدار سوخت

درجه حرارت بدنه کوره در منطقه پخت

جهت و موقعیت مشعل

میزان عاری بودن هوای ثانویه از نرمه های کلینکر و صاف بودن آن

درصد بار کوره

میزان هوای لازم برای سوختن

درصد اختلاط هوای اولیه و سوخت و وزن مخصوص مخلوط حاصله

وزن مخصوص گازهای حاصل از سوختن

جدول ۱ مشخصات سیستم پخت و مشعل

ظرفیت کوره	۳۰۰۰	T/D	
حرارت ویژه مصرفی	حداکثر ۱۰۰۰	KCal/Kg	
حرارت خروجی از مشعل کوره	۴۵٪ کل سوخت مصرفی	ظرفیت اسمی ۵۸ GCal/hr	ظرفیت حداکثر ۶۳/۸ GCal/hr
حرارت خروجی از مشعل های کلساینر	۵۵٪ کل سوخت مصرفی	ظرفیت اسمی ۶۹ GCal/hr	ظرفیت حداکثر ۷۵/۹ GCal/hr
نوع خنک کن	گریت	۳۴۰۰ T/D	Coolax
نوع مشعل	Rotaflam		ساخت پیلارد
طول لوله مشعل	۶/۵ متر		
ضخامت نسوزکاری مشعل	۸۰ میلیمتر		
مقدار هوای اولیه	۴۷۴۰	m^3/hr	
ارزش حرارتی نفت کوره	۹۶۰۰	KCal/Kg	
فشار پشت نازل مشعل	۴۰	bar g	
ویسکوزیته سوخت در پشت نازل	۱۷	CSt	
مقدار سوخت جاری		ظرفیت اسمی ۶۰۴۰ Kg/hr	ظرفیت حداکثر ۶۶۵۰ Kg/hr
نسبت تغییر مقدار سوخت با تعویض نازل	یک به ده		
ارزش حرارتی گاز طبیعی	۸۵۰۰	$KCal/Nm^3$	
فشار پشت نازل	۱	bar g	
مقدار سوخت گاز		ظرفیت اسمی ۶۸۳۰ Nm^3/hr	ظرفیت حداکثر ۷۵۱۰ Nm^3/hr

فن هوای اولیه از نوع سانتریفوژ با فشار استاتیک ۱۷۰۰ da pa و هوادهی	۷۱۰۰	Nm^3/hr
دور موتور فن	۳۰۰۰	rpm
قدرت موتور فن	۶۵	Kw
تعداد مشعل های کلساینر	۴ عدد برای نفت کوره	۶ عدد برای گاز طبیعی
کل حرارت خروجی از مشعل های کلساینر در حالت معمولی	۶۹	GCal/hr
کل حرارت خروجی از مشعل های کلساینر در حالت حداکثر	۷۵/۹	GCal/hr
طول شعله	حداکثر یک متر	
ضخامت نسوزکاری	۸۰	میلیمتر
مقدار هوای خنک کن جاری در مشعل ها	۹۴۰۰	Nm^3/hr
فن هوای مشعل های کلساینر از نوع سانتریفوژ با فشار استاتیک ۱۰۰۰ da Pa و هوادهی	۱۳۶۰۰	Nm^3/hr
دور موتور فن	۱۵۰۰	rpm
قدرت موتور فن	۷۵	Kw
پمپ نفت کوره از نوع Screw به تعداد ۲ عدد با قدرت	۳۰	Kw
سرعت موتور پمپ	۱۴۵۰	rpm
فشار ورودی نفت کوره	۳	bar g
فشار خروجی نفت کوره	۴۰	bar g
حداکثر مقدار سوخت جاری	۱۸۰۰۰	Kg/hr

کوره بان بایستی سعی کند که کوره در شرایط پایدار باقی بماند و با توجه به نکات زیر، حداکثر استفاده از سوخت و انرژی حرارتی حاصل بشود:

درصد اکسیژن در گازهای خروجی در شرایط پایدار و متعادل کوره نبایستی کمتر از ۰/۷ و بیشتر از ۳/۵ درصد باشد و اصولا سعی نماید در فاصله ۱ تا ۱/۵ درصد کار کند.

گازهای خروجی تا حدامکان نبایستی حاوی مونو اکسید کربن (CO) باشند. درصورت مشاهده مونواکسید کربن بایستی فورا درصدد چاره جوئی باشد.

گازهای خروجی بایستی دارای حداکثر مقدار ممکن گاز کربنیک باشند.

اهمیت چگونگی شعله تا بدان حد است که اگر مورد بی توجهی قرار گیرد ممکن است عواقب خطرناکی برای سیستم پخت خصوصا بدنه کوره، آجرنسوز و همچنین چگونگی کار کوره و کیفیت محصول داشته باشد. اصولا مشخصه های شعله بستگی به عوامل گوناگون دارد و حتی ممکن است در یک واحد تولیدی که دارای چندین کوره است از کوره ای به کوره دیگر چگونگی شعله تغییر نماید.

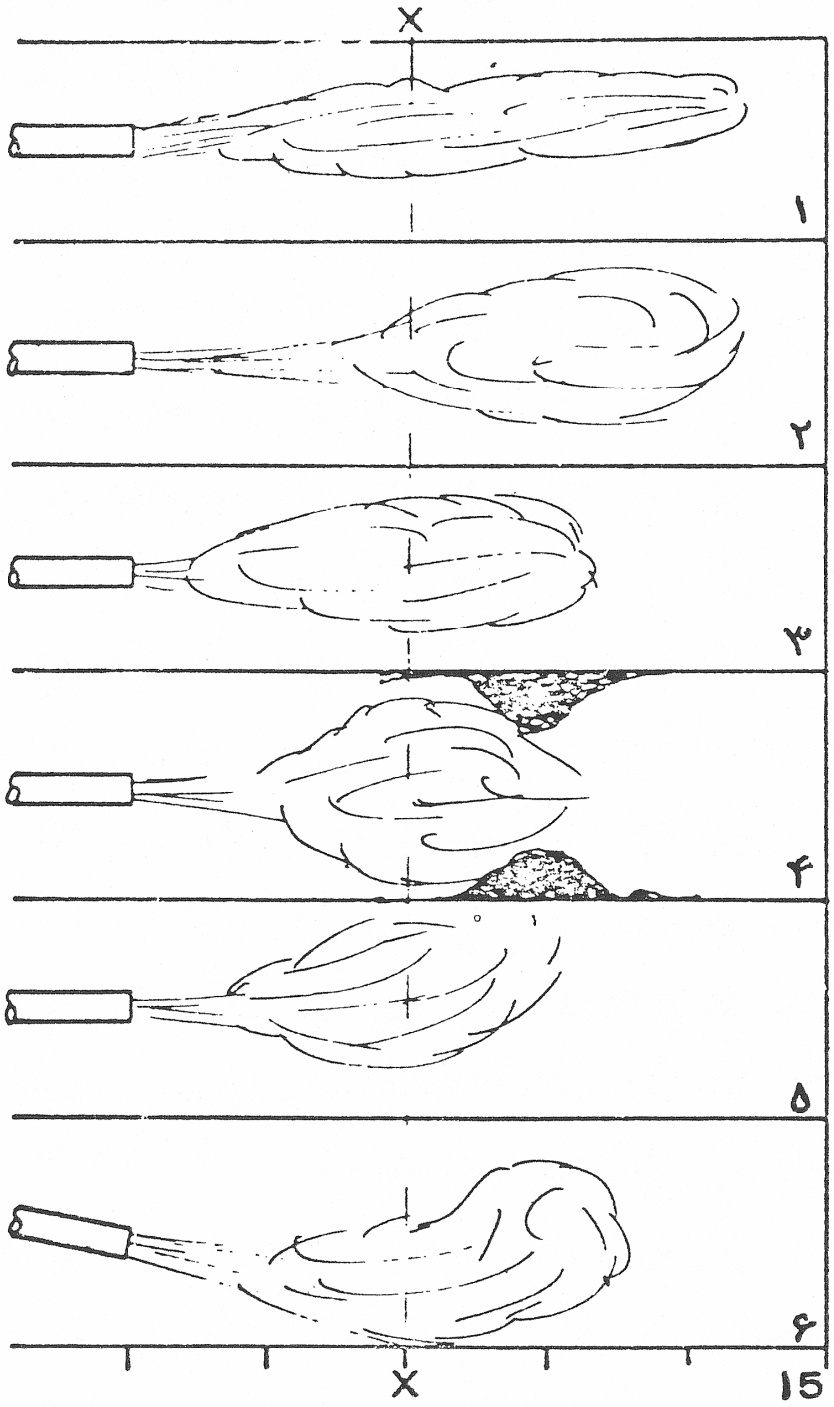
قاعده کلی در مورد شعله اینست که میبایستی همواره کوتاه ترین شعله و داغترین شعله را بوجود آورد مشروط بر آنکه روی کیفیت محصول، تشکیل کوتینگ، عمر آجر و بدنه کوره اثر سوء نداشته باشد. همچنین نبایستی شعله دارای اثر سوء و سوزاننده روی لوله مشعل، دهانه خروجی کوره و یا خنک کن باشد.

هنگامیکه شعله ایده آل بدست آمد، میبایستی کوره بان نهایت سعی خود را برای حفظ آن بکند و تا حد امکان از تغییرات غیر ضروری (بجز حالات اضطراری) خودداری نماید.

۳-۹-۱- طول شعله

در مورد طول شعله میبایستی توجه شودکه آیا منظور فاصله انتهای شعله تا سر مشعل است یا فاصله انتهای شعله تا نقطه شروع اشتعال (بدون در نظر گرفتن قسمت ابری شکل بعد از سر مشعل). با توجه به شکل ۳ میتوان بعنوان مثال حالت ۱ را با ۲ مقایسه کرد. در هر دو این حالتها انتهای شعله از سر مشعل دارای فاصله حدود ۱۳/۵ متر است ولی اگر طول شعله مورد نظر باشد در حالت ۱ طول شعله حدود ۱۲ مترو در حالت ۲ حدود ۸/۵ متر است.

این دو اندازه متفاوت شعله را بصورت «طول کلی شعله» و «طول روشن شعله» مشخص می نماییم. از جمله عوامل موثر روی طول شعله مقدار هوا در منطقه پخت است، هرچقدر مقدار هوا کمتر باشد شعله طولانی تر میشود و هرچقدر مقدار هوا زیاد باشد شعله جمع تر و کوتاهتر است.



حالاتی از شعله در کوره سیمان

چگونگی مقدار هوا از روی درصد اکسیژن و درصد منواکسید کربن در عقب کوره مشخص میگردد. بیان فوق در حالتی صادق است که مقدار اکسیژن کمتر از حد لازم باشد. در صورتیکه اکسیژن بیش از حد لازم باشد مطمئنا معرف بالا بودن دور فن کوره است که در این حالت شعله حتما کشیده تر می شود.

در حالتی که مقدار اکسیژن خیلی کم باشد شعله تمام طول کوره را به دنبال پیدا کردن اکسیژن طی می کند و اگر عقب کوره بدلیلی منجمله برگشت مواد خام داغ، دارای حرارت بالایی باشد، خطر انفجار وجود خواهد داشت.

طول شعله مقدار زیادی به طرح مشعل خصوصا قطر سرمشعل بستگی دارد. تا حدودی با نقصان قطر مشعل طول شعله کم میشود ولی بعدا ادامه این نقصان باعث افزایش طول شعله خواهد شد. همچنین مشخص شده است که همزمان با افزایش مقدار سوخت اگر مقدار هوا نیز افزایش یابد طول شعله تغییری نخواهد کرد. البته این افزایش ها بایستی با توجه به حالت عمومی کوره خصوصا وضعیت عقب کوره باشد.

۳-۹-۲- قطع شعله

شرایط لازم برای سوختن عبارتست از درجه حرارت مناسب و اکسیژن کافی، فقدان هر یک از این دو باعث قطع عمل اشتعال و سوختن خواهد شد.

در شروع گرم کردن کوره حالات قطع شعله مکررا پیش می آید و در این حالت بایستی نهایت سعی را در جلوگیری از ریزش قطرات یا ذرات سوخت روی آجر کوره نمود. با افزایش درجه حرارت هوای اولیه یا هوای ثانویه می توان نقطه اشتعال سوخت را تسریع و نزدیکتر کرد و از قسمت ابری شکل بعد از سر مشعل کاست.

با انتخاب سر مشعل دارای سوراخ کوچکتر نیز می توان بهتر سوخت را پودر (Atomize) کرد و در نتیجه نقطه اشتعال را نزدیکتر و احتمال قطع شعله را کمتر نمود. در حالت ۴ از شکل ۳ وجود رینگ باعث تسریع عمل سوختن گردیده است.

۳-۹-۳- شکل شعله

بطوریکه قبلا ذکر گردید، بهتر است با حداقل طول ممکن شعله کار کرد. با این عمل طول منطقه تکلیس افزایش می یابد و معمولا باعث افزایش ظرفیت میگردد. در حالات ۱و۳ شکل ۳ با وجودیکه مقدار سوخت یکسان است ولی در حالت اول شعله کم مایه و تنبل است و در حالت سوم شعله پر مایه و با روح است. در حالت اول شعله در قسمت طولانی تری از منطقه پخت پخش شده است و در حالت سوم شعله در منطقه محدودتری از منطقه پخت متمرکز است. حالت سوم برای کنترل بهتر و متعادل تر کوره مفیدتر است و در این حالت بازده حرارتی سوخت بالاتر می باشد. این حالت شعله نه چندان کوتاه و نه چندان بلند است و اصولا در مقابل تغییرات جزئی سایر متغیرهای کوره پایدارتر و با ثبات تر می باشد.

۳-۹-۴- جهت شعله

یکی از مهمترین نکاتی که کوره بان در مورد شعله می بایستی مدنظر داشته باشد اینست که مسیر شعله مستقیم نیست و هیچگاه در طولانی مدت ثابت باقی نمی ماند. اصولا بدلیل وجود نیروی شناوری هوای ثانویه شعله تمایل به حرکت به سمت بالای بدنه کوره را دارد. هرچه درجه حرارت هوای ثانویه بیشتر شود، تمایل شعله بسمت محور کوره خواهد بود. عامل دیگری که در تغییر جهت شعله موثر است تغییر شکل سیستم مشعل خصوصا کانال هوای اولیه می باشد. در شرایط کار عادی مشعل کوره بمرور گرم شده و مقداری تغییر فرم و شکل پیدا می کند و در نتیجه باعث تغییر جهت شعله می شود. در شکل ۳ مورد ۵ نمایانگر اثر نیروی شناوری است که در شکل ۶ با پائین آوردن سر لوله مشعل مقداری تصحیح شده است. نقطه (X) در شکل مذکور را در نظر گرفته و از این نقطه مقطع شعله بصورت شکل ۴ نشان داده می شود. نقطه (B2) مرکز کوره است و اصولا بهترین حالت شعله، حالتی است که در موقعیت (A2) قرار داشته باشد.

البته تعیین جهت استاندارد برای شعله تمام کوره ها امری غیر ضروری است، زیرا که هر کوره رفتار و طرح خاص خود را دارد. ولی چند قاعده کلی وجود دارد که بدون در نظر گرفتن نوع کوره بایستی این قواعد مورد توجه قرار گیرند.

الف- وقتی لوله هوای اولیه قری پیدا میکند میبایستی بلافاصله اقدامات لازم برای تعمیر آن صورت گیرد.

ب- هرگز نباید شعله به کوتینگ یا آجر برخورد نماید.

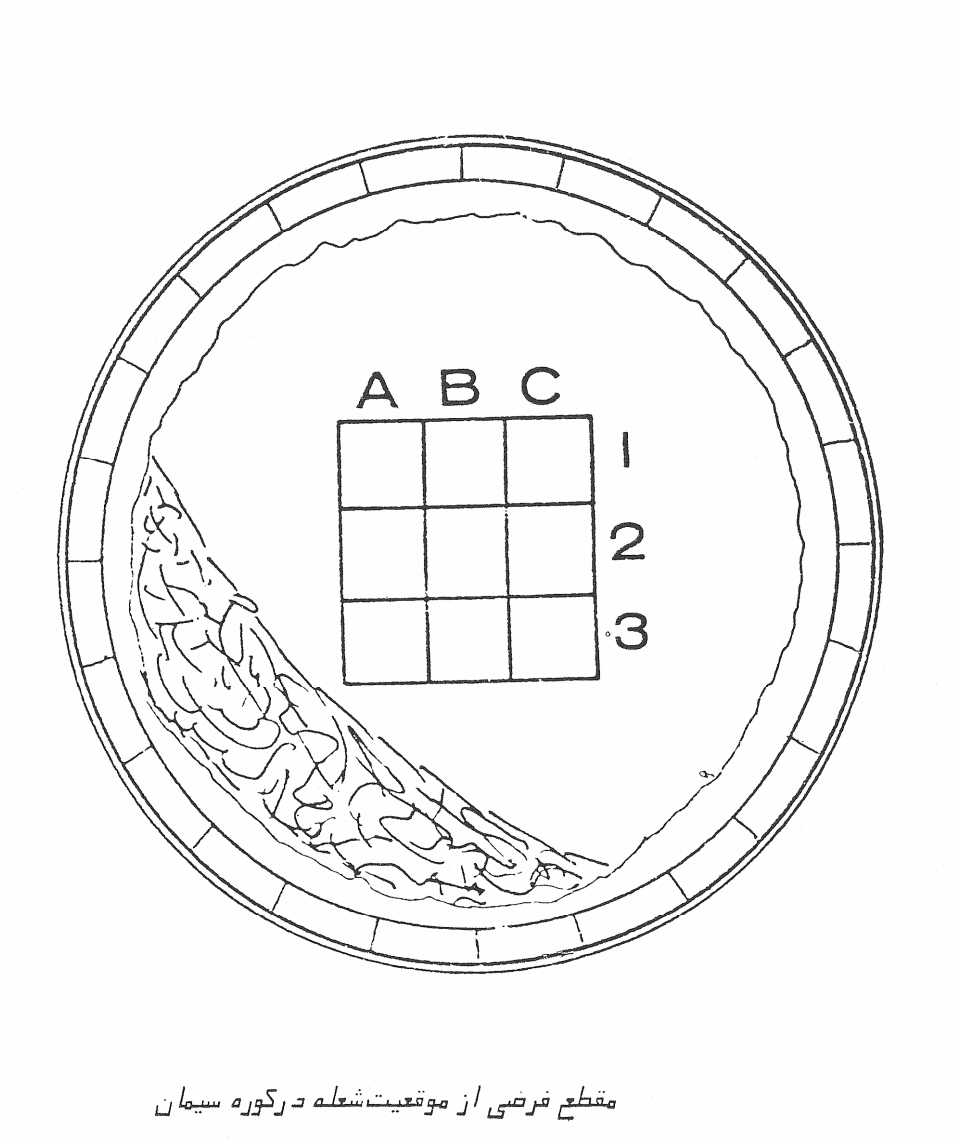
ج- هرگز نبایستی شعله شدیدا به مواد برخورد نماید.

د- تنظیم جهت شعله میبایستی در شرایطی که کوره متعادل و پایدار است صورت بگیرد.

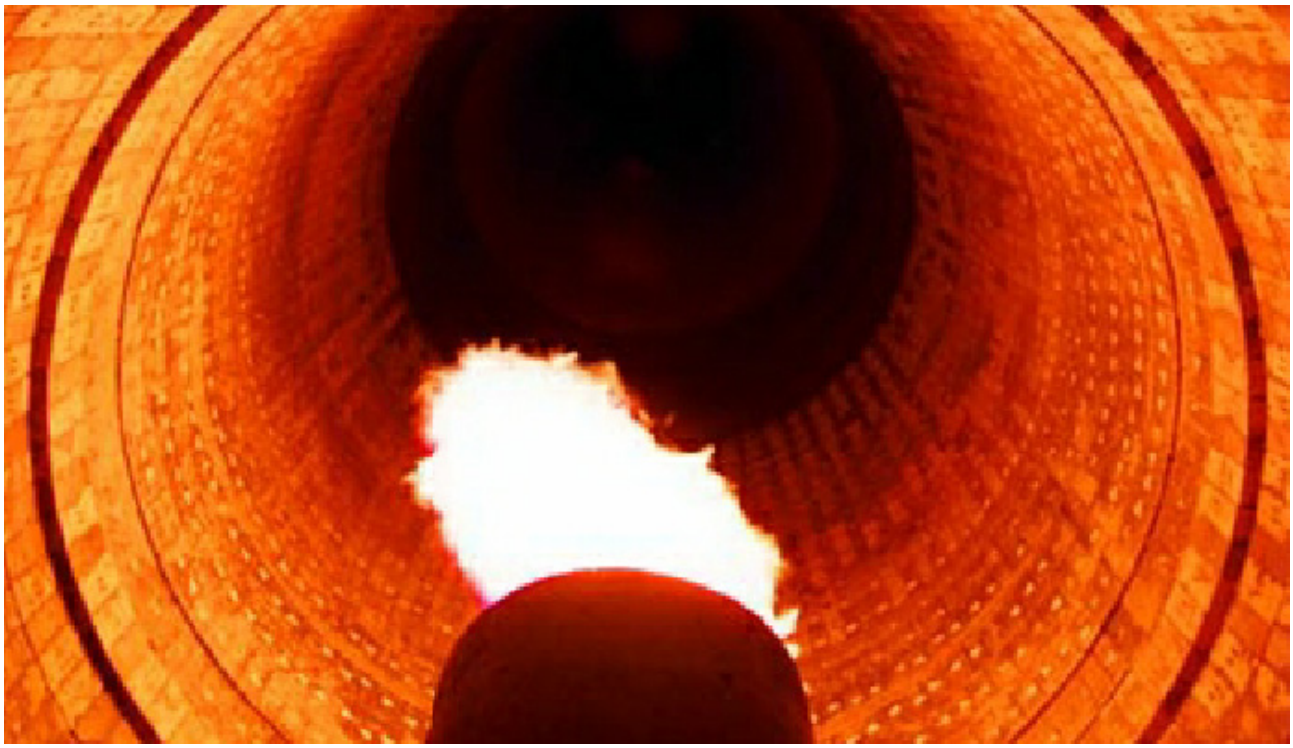
ه- تنظیم جهت شعله میبایستی در چند مرحله و نه بصورت یکباره، انجام شود.

و- هنگامیکه به شعله مطلوب رسیدیم، میبایستی بجز موارد اضطراری تغییری در شعله داده نشود.

ز- بمنظور حفاظت لوله مشعل میبایستی پس از هر توقف تا مدتی جریان هوا در داخل مشعل برقرار باشد.



مقطع فرضی از موقعیت شعله در کوره سیمان



۳-۹-۵- درجه حرارت شعله

مقدار حرارتی که از شعله منتشر (آزاد) می گردد بستگی به درجه حرارت شعله دارد. درجه حرارت شعله را میتوان از روی رنگ آن بدست آورد. در جدول زیر رنگ شعله و درجات حرارت مربوطه ذکر شده است و با نگاه کردن به رنگ شعله حدودا درجه حرارت آن معلوم میگردد.

جدول ۲- ارتباط رنگ شعله با درجه حرارت شعله

رنگ	درجه حرارت سانتیگراد
پائین ترین حد قابل رؤیت تا رنگ قرمز	۴۷۵
پائین ترین حد قابل رؤیت رنگ قرمز تا قرمز تیره	۶۵۰-۴۷۵
قرمز تیره تا قرمز گیلاسی	۷۵۰-۶۵۰
قرمز گیلاسی تا قرمز روشن	۸۲۵-۷۵۰
قرمز روشن تا نارنجی	۹۰۰-۸۲۵
نارنجی تا زرد	۱۰۹۰-۹۰۰
زرد تا زرد روشن	۱۳۲۰-۱۰۹۰
زرد روشن تا سفید	۱۵۴۰-۱۳۲۰
سفید تا سفید خیره کننده	بالاتر از ۱۵۴۰

ذکر این نکته ضروری است که افزایش سوخت نمی تواند همواره همراه با افزایش حرارت شعله باشد و همچنین کاهش مقدار سوخت نیز همواره مترادف با کاهش حرارت آزاد شده از شعله نیست. علت آنست که سوختن ماده سوختنی بستگی به

مقدار اکسیژن موجود در جوار سوخت و همچنین درجه حرارت بدنه داخلی کوره و مواد داخل منطقه پخت دارد و عدم توجه به این نکته اغلب باعث اشتباه افراد تازه کار می شود.

اصولا بایستی در کار با کوره همواره سعی شود تا حد امکان از شعله با درجه حرارت بالا استفاده شود و برای رسیدن به این منظور میتوان از عوامل زیر استفاده کرد:

بالا بردن درجه حرارت هوای ثانویه

تا حدامکان از حداقل مقدار هوای اولیه استفاده شود تا بدین طریق امکان آزادی عمل بیشتری در استفاده از هوای ثانویه وجود داشته باشد.

سعی در مخلوط کردن هرچه بیشتر و همگون تر سوخت و هوای اولیه در مشعل (مربوط به طرح مشعل است).

بالا بردن هرچه بیشتر درجه حرارت سوخت مایع به منظور بهتر پودر (اتومایز) شدن سوخت.

استفاده از سر مشعل با سوراخ تنگ تر.

راهبری کوره با درصد اکسیژن اضافی مطلوب (نه زیاد و نه کم در حدود ۰/۷– ۳/۵ درصد)

۳-۱۰- خواباندن کوره

۳-۱۰-۱- توقف عادی

توقف کوره باید تحت روالی کنترل شده و به شرح زیر صورت گیرد:

هوای جاری در خنک کن را کلا کاهش دهید

سوخت کلساینر را قطع کنید

فن پیش گرمکن را خاموش کنید و دریچه ها را ببندید (این کار بصورت خودکار انجام میشود)

انجام موارد فوق بطور خودکار مترادف است با:

خاموش شدن مشعل اصلی کوره.

قطع بار کوره.

با تأخیر زمانی سیستم بار برگشتی نیز متوقف خواهد شد.

موتور کوره خاموش میشود.

مقدار هوای اولیه را به حداقل برسانید.

تا هنگامیکه لوله مشعل در کوره است مقداری هوای اولیه برای خنک نگهداشتن لوله مشعل لازم است.

سرعت حرکت گریت خنک کن را کاهش دهید بعد از چند دقیقه میتوان سیستم حرکت خنک کن را خاموش کرد.

میتوان فن های هوای خنک کننده را یکی یکی و منظما و متناسب با سرد تر شدن گریت ها خاموش کرد.

موتور کمکی کوره را روش و طبق دستور العملی که در فصل ۴ درج شده است عمل کنید.

هنگامیکه توقف کوره طولانی مدت است، تمام ماشین آلات و تجهیزاتی را که برای چرخاندن متناوب کوره (بوسیله موتور کمکی) و خنک کردن لوله مشعل لازم نیستند از مدار خارج کنید. مثلا:

دستگاه آنالیز گاز تعبیه شده در رایزر پایپ را خارج کنید.

کمپرسورها را خاموش کنید.

طبق برنامه تدوینی کار تمیز کردن و پاک کردن گرفتگی های نقاط مختلف سیکلون ها، کانال های عبور گاز، لوله های مواد و رایزر پایپ را شروع کنید.

مطمئن شوید که در طول زمان چرخاندن کوره با موتور کمکی آب خنک کن در یاتاقان های کوره جریان داشته باشد.

پس از خنک تر شدن کوره

هوای اولیه را خاموش کنید و مشعل را خارج کنید

نقاله کلینکر را خاموش کنید

کوره، خنک کن، لوله های جریان گاز گرم و نقاط مختلف پیش گرمکن را بازرسی کنید.

قبل از راه انداختن مجدد کوره برنامه تعمیر و نگهداری تدوینی را انجام دهید.

توجه

می باید همواره کوره را به آهستگی خنک کرد تا بدینوسیله از سرد شدن سریع لایه نسوزکاری جلوگیری شود. در غیر اینصورت این لایه در مقایسه با بدنه کوره سریعتر منقبض و جمع می شود و در نتیجه نسبت به بدنه کوره لق شده و خطر افتادن آجرها و یا جابجایی و تغییر شکل مارپیچی آجرها و لایه نسوزکاری پیش می آید.

۳-۱۰-۲- توقف ناخواسته کوره

در صورت بروز اشکالات زیر در سیستم پخت که منجر به توقف ناخواسته کوره شود به شرح زیر عمل کنید:

قطع برق: در این حالت کلیه ماشین ها و موتورها متوقف می شوند. می باید موتور ژنراتور برق کمکی (Emergency Power Generator) راه اندازی شود. با راه اندازی ژنراتور برق اضطراری میتوان از چرخاندن کوره با موتور کمکی، بستن دریچه فن ها، خنک کردن لوله مشعل، راه اندازی فن خنک کننده دهانه کوره مطمئن شد. تا هنگامیکه کوره با موتور کمکی میچرخد می باید در یاتاقان غلطک ها آب جریان داشته باشد.

مشعل اصلی کوره خاموش شود: اگر امکان روشن کردن مجدد و سریع مشعل وجود نداشته باشد باید فن پیش گرمکن متوقف شود و سپس طبق روال توقف کوره عمل شود.

مشعل کلساینر خاموش شود: اگر بتوان مشعل را مجددا و با سرعت روشن کرد امکان بازگشت به شرایط راهبری پایدار سیستم پخت وجود دارد، در غیر اینصورت ممکن است چاره ای جز خواباندن کوره وجود نداشته باشد. تا وقتیکه بتوان مشعل را مجددا روشن کرد می باید مقدار سوخت و مکش را کاهش داد. کاهش مقدار مکش در کلساینر و پیش گرمکن باید آنقدر باشد که مانع از ریزش و جریان مواد از طبقات مختلف پیش گرمکن و کلساینر بسوی کوره نشود. اگر امکان روشن کردن نسبتا سریع مشعل کلساینر وجود نداشته باشد، در اینصورت می باید کوره متوقف شود و طبق دستور العمل توقف کوره عمل شود.

بار کوره قطع شود: اگر نتوان بار را سریعا وصل کرد، در اینصورت لاز م است که کوره متوقف شود. فن پیش گرمکن را خاموش کنید و سپس طبق دستور العمل توقف کوره عمل نمائید.

گرفتگی سیکلون ها: معمولا نشانه و علامت گرفتگی بوسیله کاهش مکش و فشار منفی بخش پائینی نقطه گرفتگی مشخص می شود. در صورت حصول اطمینان از گرفتگی یکی از سیکلون ها، لازم است که فورا کوره به حالت نیمه متوقف درآید (Stand still) تا بدینوسیله از پر شدن سیکلون پیش گیری شود. فن پیش گرمکن را خاموش کنید و موتور کمکی کوره را روشن نمائید. در اینحالت بار کوره از طریق اینترلاکینگ قطع میشود. سپس طبق دستور العمل توقف کوره عمل نمائید. قبل از شروع به کار پاکسازی و رفع گرفتگی می باید مقداری فشار منفی و مکش توسط فن پیش گرمکن در سیستم ایجاد شود.

سرخ شدن بدنه کوره: معمولا اگر درجه حرارت بدنه کوره بالاتر از ۴۲۰ درجه سانتی گراد شود باید کوره را خواباند. میتوان کاری کرد که مدتی توقف کوره به تعویق بیافتد.میتوان بکمک فن های خنک کننده بدنه کوره و تمرکز آنها روی لکه سرخ درجه حرارت بدنه را پائین آورد. احتیاط لازم اینست که تا کاهش قابل توجه درجه حرارت بدنه، دور کوره تا مقدار حداقل کم شود. چنانچه امکان خنک کردن بدنه و رفع لکه سرخ نباشد، در این صورت می باید کوره را برای تعمیرات نسوزکاری متوقف کرد و طبق دستورالعمل توقف کوره عمل نمود. مفید است که با استفاده از موتور کمکی کوره را چرخاند تا بدینوسیله بخشی از بار کوره را تخلیه نموده و شرایط مساعدتری برای عملیات نسوزکاری داخل کوره فراهم نمود.

اشکال در نقاله کلینکر: در صورتیکه اشکالی در سیستم انتقال کلینکر پیش بیاید، میتوان کوره را برای مدت چند دقیقه در حال کار نگهداشت تا رفع اشکال شود. در

این فاصله زمانی می باید سعی در رفع اشکال شود، در غیر اینصورت لازم است که کوره طبق دستورالعمل توقف کوره متوقف شود.

اشکال در خنک کن گریت: در این حالت دستورالعمل همانند مورد ۷ است.

اشکال در سیستم بار برگشتی: معمولا در این حالت کوره می تواند تا حدود ۳۰ دقیقه کار خود را ادامه دهد. اگر امکان رفع اشکال پیش آمده در سیستم بار برگشتی در فاصله زمانی نیم ساعت فراهم نشود در اینصورت می باید طبق دستورالعمل توقف کوره عمل کرد.

۴

راهبری و گزارش روزانه کوره

۴-۱- کنترل کوره

راهبری کوره هنر پیچیده ای است و اخیرا سیستمهای کامپیوتری چندی برای آن عرضه شده است. متغیرهای اساسی کنترل کوره عبارتند از:

۱- درجه حرارت منطقه پخت مقدار متعارف ۱۵۰۰ ^{o}C

۲- درجه حرارت عقب کوره مقدار متعارف ۱۰۰۰ ^{o}C

۳- درصد اکسیژن عقب کوره مقدار متعارف ۲ درصد

با تنظیم سرعت چرخش کوره، مقدار سوخت و دور فن می توان کوره را کنترل کرد. اغلب کوره ها چه بصورت دستی یا اتوماتیک هدایت شوند در هر حال در معرض خطر واژگونه شدن هستند. این واژگونه شدن و بهم خوردن تعادل می تواند ناشی از تشکیل رینگ، ریزش کوتینگ، هجوم مواد نپخته و یا گلوله شدن کلینکر باشد که در هر حال لازم است بصورت دستی هدایت کوره را تا رسیدن بحالت تعادل انجام داد.

غالبا باید از تغییر دور کوره بعنوان یک وسیله مناسب کوتاه مدت برای کنترل کوره (مثلا کنترل هجوم بار) استفاده کرد و اصولا کوره می باید همواره با دور ثابت کار کند. مکررا ثابت شده است که بسیاری از کوره ها با دور ثابت بهتر از کوره با نسبت ثابت سرعت به مقدار خوراک، کار می کند.

در موارد زیادی راهبری کوره بکمک دور فن است. در این حالت برای کاهش اکسیژن میباید مقدار سوخت و خوراک هر دو تنظیم و تصحیح شوند.

در کوره های مجهز به کلساینر، هوای داغ خنک کن از طریق مجرای میانی به کلساینر فرستاده میشود. اغلب این کوره ها در ابتدا یا انتهای این مجرا دریچه ای دارند که از آن برای تنظیم و کنترل هوای ارسالی به دو مشعل ابتدا و انتهای کوره استفاده می شود و با این کار مقدار سوخت مصرفی در دو مشعل تقسیم و تنظیم میگردد. درصد اکسیژن در ته کوره در حد ۲-۳ درصد نگهداشته میشود.

مجددا تأکید میشود که پایداری کوره، بازده حرارتی سیستم پخت، قدرت مصرفی در آسیاب سیمان و کیفیت سیمان تولیدی بمقدار زیادی بستگی به تأمین خوراک کوره و با حداقل نوسان از جنبه ترکیب شیمیایی و کمیت دارد.

باید نسبت به علائم و هشدارهایی که ابزارهای سنجش و گزارشات کتبی میدهند کنجکاو بود و از موارد اطلاعات غلط ناشی از جنبه های زیر غافل نبود:

علائم غلط ابزارهای سنجش خصوصا فشار سنج ها و دستگاههای آنالیز گاز

تغییرات کوتاه مدت که در سایه انبوه علائم الکترونیکی پنهان می شوند.

نوسانات دستگاه تغذیه خصوصا در مواردیکه مواد یا چسبنده و یا نرم و خشک میباشند.

نوسانات شیمیایی پنهان در پشت روشهای غلط تجزیه شیمیایی، بررسی آماری ناصحیح و یا گزارشات گمراه کننده.

همیشه تغییر رفتار کوره علتی دارد. علت هر نوع تغییری را که نتوان به نوسان در خوراک کوره و یا سایر پارامترهای ایجاد کننده بی نظمی در کوره نسبت داد، میباید احتمالا در گزارش اطلاعات غلط پیدا کرد.

متأسفانه بنظر میرسد راهبری اتوماتیک کوره ها منجر به کاهش عادت کوره بان ها به نگاه کردن به داخل کوره و بررسی کلینکر در حال پختن، شده است. شکل شعله و مرز بین مواد پخته و نپخته (نقطه تاریک) بسیار مهم هستند و با تلویزیون نمی توان بخوبی آنها را تشخیص داد. ظاهر کلینکر روشنگر بسیاری از خصوصیات آن است. ترجیحا می باید سیاهرنگ و درخشان باشد، سخت باشد ولی نسوخته باشد، مقدار نرمه و دانه های خاکستری تیره در آن کم باشد.

دانه های کلینکر با مغز روشن معمولا در اثر وجود شرائط احیاءکننده در کوره و یا غلظت بالای بلیت و یا سولفات می باشد که از تبدیل Fe^{2+} به Fe^{3+} در مرحله خنک کردن پدید می آید. از جمله دلایل این پدیده نوسان در ترکیب و مقدار خوراک کوره و یا کمی شدت تبخیر سولفور در کوره هم میتواند باشد.

برخی علائم در کوره جنبه بحرانی دارند، جدای از علائم مکانیکی متعارف و کنترل درجه حرارت بدنه کوره از جبنه وضعیت نسوزکاری داخل آن، در مورد احتمال وقوع انفجار باید دقت ویژه ای داشت. تجزیه گاز در انتهای کوره و ورودی الکتروفیلتر کار متعارفی است. وجود CO بیش از ۱ درصد باعث هشدار (آلارم) میشود و بالاتر از مقدار ۲ درصد آن باعث قطع سوخت و الکتروفیلتر خواهد شد. در هنگام گرم کردن کوره، وجود دستگاه بازبینی شعله غیر قابل اجتناب است و در صورت قطع شعله می باید بلافاصله فرمان قطع سوخت عمل کند. وقتیکه درجه حرارت بالا رفت دیگر نیازی به دستگاه بازبینی نیست و می توان آنرا از مدار خارج کرد. در هر حال در موقع روشن کردن کوره می باید حتما دستگاه بازبین (Detector) وجود داشته باشد.

روشن کردن مجدد کوره نوعا کار خطرناکی است زیرا ممکن است درجه حرارت کافی برای تداوم سوختن وجود نداشته باشد. مواد سوختی نسوخته بسرعت در کوره جمع می شود و در صورتیکه جرفه زده شود احتمال انفجار وجود دارد. بهمین خاطر مهم است که بلافاصله پس از پاشیدن سوخت جرقه زده شود. اگر ضمن گرم شدن کوره شعله خاموش شود میباید به کل سیستم پخت هوا دمیده شود تا مواد نسوخته از بخشهای مختلف آن نظیر کوره، پیش گرمکن، کانال گاز و الکتروفیلتر خارج شوند.

۴-۲- خنک کردن کلینکر

در خنک کردن در اثر تبادل حرارت کلینکر با هوا درجه حرارت کلینکر از حدود ۱۲۰۰^{oC} به ۱۰۰^{oC} میرسد و هوای داغ شده راهی کوره می شود. از انواع خنک کن های موجود، بیشترین تعداد مربوط به نوع مشبک است. این نوع خنک کن متشکل از یک سری صفحات مشبک است که زیر آنها به تعدادی خانه تقسیم شده است و هر خانه دارای فن جداگانه ای است که براحتی میتوان فشار و حجم هوای دمیده شده به آن را کنترل نمود. ممکن است تا ۸ خانه و ۲ یا ۳ بخش مجزای صفحات مشبک وجود داشته

باشد. فشار زیر صفحات خانه اول تقریبا ۶۰۰ میلیمتر آب است که بتدریج در خانه های بعدی تا ۲۰۰ mmHg کاهش می یابد.

به مرور زمان در کولرهای مشبک تغییراتی داده شده است و بخصوص با افزایش فشار زیر صفحات و حجم هوا کارائی آنها فزونی یافته است. باید توجه شود که چنین افزایشی ایجاد اختلال و خرابی در نحوه شناور شدن دانه های کلینکر در بخش اول خنک کن؛ کاهش درجه حرارت هوای ثانویه وافزایش اتلاف حرارت از طریق هوای اضافی خروجی نکند.

در خنک کن های مشبک متعارف می یابد یک فاصله یکنواخت ۳-۵ میلیمتر بین لبه های صفحات با یکدیگر وجود داشته باشد. تغییر شکل و خمیدگی شاسی صفحات باعث بهم خوردن این فاصله و چسبیدن برخی صفحات به یکدیگر و یا داشتن فاصله نامطلوب از هم می شود که در نهایت بازده خنک کن را کاهش میدهد.

در کولرهای سنتی مشبک برای خنک کردن کلینکر تا ^{oC}۱۰۰ حدود ۲ تا ۲/۵ متر مکعب هوا برای هر کیلوگرم کلینکر مصرف می شود. برای مصرف سوخت کوره نیاز به ۰/۹ متر مکعب هوا وجود دارد. در نتیجه مقدار مازاد هوای مصرفی بصورت هوای اضافی خارج می شود که حدود ۱۰۰ KCal/KgClinker حرارت را با خود می برد. این خنک کن ها با ظرفیت روزانه ۳۰-۴۰ t/m^2 و با ارتفاع بستر کلینکر ۲۰۰-۴۰۰ mm کار میکنند.

هم اکنون طرحهایی وجود دارد که در آنها جریان مستقیم هوا از کانال هایی به محفظه تعبیه شده در زره ها دمیده می شود و از آنجا هوا مستقیما به بستر کلینکر وارد شده و بنحو موثرتری عمل خنک کردن دانه های کلینکر را انجام می دهد. این نوع کولرها در مقایسه با کولرهای قدیمی هوای کمتری مصرف می کنند (۱/۵-۲ Nm^3/Kg). ظرفیت روزانه آنها ۵۰-۶۰ t/m^2 و عمق بستر کلینکر ۸۰۰mm است. تغییرات عدیده دیگر نیز انجام شده است که از جمله آنها: تعبیه شاسی آویزان و پاندولی است که ادعا می شود به مقدار زیادی تعمیرات را کاهش داده است. شیب دادن به ۶-۹ کانال هوای بخش اول کولر که توزیع دانه های کلینکر را مناسب تر می کند و بالاخره تعبیه سپر حرارتی در

انتهای منطقه بازیابی هوای ثانویه، این سپر با سیستم هیدرولیک کار می کند و به مقدار زیادی اتلاف حرارت از طریق هوای اضافی را کاهش می دهد.

از آنجائیکه دانه ها ی درشت و قطعات کوتینگ را نمیتوان براحتی خنک کرد، لذا در خنک کن گریت کلینکر شکن تعبیه شده است.

بازرسی مداوم خنک کن مهم است. بویژه مشاهده سرخ رود در خنک کن مؤید وجود مشکلی مرتبط با شکل هندسی خنک کن و یا توزیع هوا می باشد. میباید جریان سرخ رود را از جداره خنک کن دور کرد و با نصب زره های بدون سوراخ در محل های مناسب جریان بستر سرخ را در سطح کولر توزیع نمود.

از آنجائیکه اندازه دانه های کلینکر را میتوان با چگونگی راهبری کوره تغییر داد، لذا افت فشار در بستر کلینکر در طول کولر نیز تغییر خواهد کرد. با ایجاد پیوستگی کاری (Interlocking) بین فشار زیر صفحات و سیستم حرکت خنک کن میتوان فشار زیر صفحات را ثابت نگه داشت.

متغیرهای سنجش و هدایت خنک کن گریت عبارتند از:

درجه حرارت هوای ثانویه

درجه حرارت هوای سوم (میانی)

درجه حرارت کلینکر خروجی

درجه حرارت هوای خروجی اضافی

حجم هوای خروجی اضافی یا آمپر فن های خنک کن

برای تجزیه و تحلیل فرآیند نیاز به گزارش مفصلی از فشار زیر صفحات هریک از خانه های کولر و همچنین سرعت و قدرت مصرفی سیستم حرکت کولر داریم.

وجود زره های شکسته میتواند باعث ریزش کلینکر داغ به داخل خانه های زیر صفحات و وارد آمدن زیان عمده شود. با تعبیه ترموکوپل در زیر سیستم حرکت خنک کن از پیش آمدن این مشکل آگاه می شویم.

معمولا تولید کلینکر مستقیما اندازه گیری نمیشود، بلکه از روی وزن خوراک کوره مصرفی در کوره و با مقایسه و کسب تأئید از میزان بارگیری در بارگیرخانه سنجیده می شود. بهرحال بهتر است که در مسیر نقاله خروجی کلینکر بسوی انبار کلینکر نقطه ای تعبیه شود که بتوان کلینکر تولیدی را از آن نقطه بر روی زمین ریخت و سپس توزین نمود و بدینوسیله وزن ها را چک کرد.

۴-۳- سوخت کوره

سوخت های متعارف مصرفی در کوره های سیمان نفت کوره، گاز و ذغال سنگ است که در ایران صرفا از سوخت های مایع و گاز استفاده می شود. انتخاب نوع سوخت در کشورهای صنعتی بستگی به بها و در دسترس بودن آن دارد.

شعله گاز دارای پائین ترین ضریب انتشار (Emissivity) است و سوخت گاز نیاز به هوای بیشتری دارد و بهمین خاطر بازده گاز پائین تر از دو نوع دیگر سوخت است. وقتیکه ذغال سنگ جایگزین گاز می شود معادل ۲-۳ درصد بازده کوره افزایش می یابد. از سوی دیگر سوخت گاز ارزانترین و سهل الوصول ترین انواع سوخت است. بخصوص اینکه پس از مصرف صورتحساب دریافت می شود و نیازی به پیش خرید و ذخیره سازی نیست. با فرض مصرف ویژه حرارت ۷۵۰KCal/KgClinker و ۲ درصد اکسیژن اضافی جدول زیر قابل عرضه است:

	درجه حرارت شعله	گاز حاصل از احتراق	کل گاز خروجی
	oC	میلیون کالری/Nm^3	تن کلینکر/Nm^3
ذغال سنگ	۲۲۵۰	۱/۲۷	۱۲۷۰
نفت کوره	۲۳۵۰	۱/۳۱	۱۳۱۰
گاز	۲۴۰۰	۱/۴۷	۱۴۳۰

برای افزایش روانی نفت کوره و سهولت پاشیدن آن باید قبلا گرم شود و با فشار $۳۰-۱۰Kg/Cm^2$ راهی مشعل شود. اندازه قطرات سوخت مایع باید کمتر از ۲۰۰ میکرون باشد تا بتوانند در فاصله زمانی حضور در محیط اشتعال به خوبی سوخته شوند.
معمولا سوخت گاز با فشار $۷۰-۱۰Kg/Cm^2$ دریافت می شود. نیاز به هوای اولیه ندارد و خود گاز بصورت محوری و یا ترکیبی از محوری و پیچشی و با فشار $۳Kg/Cm^2$- ۱۰ و سرعت خروج $۵۰۰-۳۰۰m/sec$ در لوله مشعل جریان دارد. **در مقایسه با سوخت جامد و مایع، حرارت سوخت گاز آهسته تر آزاد می شود و اوج درجه حرارت آن در فاصله ۲۰ متری است. در حالیکه این فاصله برای نفت کوره ۵-۱۰ متر است.**
این خاصیت باعث میشود که در پاسخ تغییرات انجام شده برای کنترل بهتر کوره عکس العمل کندتری از کوره گازسوز دریافت شود.

۴-۴- تغذیه کوره

ترکیب شیمیایی و میزان تغذیه کوره می بایستی یکنواخت و با حداقل نوسان باشد. در کوره های دارای پیش گرمکن سیکلونی بخشی از مواد با گازهای خروجی از سیستم خارج می شود و در نهایت پس از عبور از آسیاب مواد در الکتروفیلتر جمع آوری و به سیلو و یا کوره برگردانیده میشود. از اینرو ترکیب مواد برگشتی با آنچه که از کوره خارج شده است یکسان نمیباشد و میباید بطریقی کنترل شده مصرف شود.
معیار سنجش و هدایت خوراک کوره عبارتست از:
آنالیز شیمیایی نمونه ساعتی برای تعیین آماری میزان انحراف استاندارد از مقادیر تعیین شده بعنوان هدف.
آنالیز شیمیایی شامل تعیین اکسیدهای اصلی است و در مواردی با تیتراسیون منظور برآورده میشود. اگر اکسیدها تعیین میشوند میباید بررسی آماری روی L.S.F یا C_3S نیز صورت گیرد. نسبت تبدیل خوراک کوره به کلینکر ۱/۷-۱/۶۵ است که هر از چندگاهی باید اندازه گیری و تصحیح شود.

۴-۵- متغیرهای راهبری کوره

با ورود خوراک کوره به سیستم پخت واکنش های شیمیایی حرارتی از مرحله تبخیر آب آزاد و سپس آب کریستاله مواد آغاز و پس از تجزیه خاک رس و کربنات ها و بوجود آمدن اکسیدها، فازهای کلینکر بوجود می آید. در نهایت با پشت سر گذاشتن شعله، کریستالها تثبیت و دانه های کلینکر سرد شده از خنک کن خارج می شوند.

معیارهای سنجش و متغیرهای راهبری کوره عبارتند از:

تولید ساعتی کلینکر

ساعت کارکرد

ساعات توقف ناخواسته

حرارت ویژه مصرفی بر حسب کیلوکالری بر کیلوگرم کلینکر

مقدار کل سوخت مصرفی بر حسب تن در ساعت

مقدار کل سوخت مصرفی در کلساینر

درجه حرارت هوای ثانویه

مکش سر کوره

درجه حرارت گاز خروجی از پیش گرمکن

درصد اکسیژن ته کوره

درصد افت حرارتی مواد عقب کوره

درصد SO_3 مواد عقب کوره

کیلووات مصرفی موتور گرداننده کوره

برای کنترل و ارزیابی بهتر کوره متغیرهای دیگری نیز وجود دارند از جمله:

سرعت هوای اولیه بر حسب متر در ثانیه

درصد بار حجمی کوره

سرعت گاز در منطقه پخت بر حسب m/sec

بار ویژه اعمالی به منطقه پخت بر حسب کیلوکالری در هر ساعت بر هر متر مربع از مقطع مفید منطقه پخت.

هوای خنک کن بر حسب متر مکعب نرمال در هر متر مربع خنک کن کلینکر

مجموع هوای اولیه و هوای خنک کن بر حسب متر مکعب نرمال بازاء هر کیلوگرم کلینکر

بلافاصله پس از ملاحظه حرارت اضافی مصرفی میباید بررسی لازم صورت گیرد و علل آن مشخص شود و معلوم گردد آیا مقدار خوراک، ترکیب خوراک، غیرعادی بودن مشعل، اکسیژن زیادی یا اکسیژن ناکافی، نشدی هوا در ته کوره یا دریچه های پیش گرمکن، سرد بودن هوای ثانویه و یا بالاخره بهم خوردن صفحات توزیع کننده خوراک در پیش گرمکن باعث این افزایش مصرف حرارت شده اند یا نه.

آهک آزاد کلینکر میباید در محدوده معقولی باشد (۰/۵ – ۲ ٪) و از آنجائیکه سنجش آهک آزاد طولانی است از معیارهای دیگری که همان وزن لیتری است استفاده می شود که خیلی سریع جواب می دهد. وزن یک لیتر از دانه های کلینکر واقع بین الک های ۵ و ۱۲ میلیمتر میباید حدود ۱۱۰۰–۱۳۰۰ گرم بر لیتر باشد.

درجه حرارت هوای ثانویه می باید تا حد امکان زیاد باشد (۸۰۰–۱۰۰۰ درجه سانتی گراد) و افزایش این درجه حرارت بستگی به محدودیت مصرف هوای ورودی به خنک کن بخصوص در بخش اولیه آن دارد.

در کوره های دارای کلساینر ۶۰٪ سوخت در عقب کوره مصرف می شود و بدینوسیله بار حرارتی کوره کم شده، تداوم کار آن افزایش می یابد و عمر آجر طولانی تر میشود.

تشکیل رینگ در کوره از عواملی است که مانع جریان منظم مواد و گاز می شود و در صورت شکسته شدن آن هجوم مواد نپخته به سمت منطقه پخت را در پی خواهیم داشت. تشکیل رینگ در کوره عموما منتسب به راهبری نامنظم کوره و بالا رفتن فاز مایع می باشد. با اندازه گیری درجه حرارت بدنه کوره می توان زودتر از تشکیل و رشد رینگ

آگاه شد و بفکر چاره افتاد. با تغییر دور کوره و جابجایی مختصر محل مشعل (حدود ۱۰ سانتیمتر) میتوان از رشد رینگ تا حدودی پیش گیری کرد.

۴-۷- مکانیک کوره

آب بندی ابتدا و انتهای کوره مهم است و در صورت وجود تغییر شکل در سر و ته کوره احتمال پدید آمدن مشکل نشدی وجود دارد. سازندگان مختلف طرحهای گوناگونی برای حل این معضل ابداع کرده اند که عموما موفق هم می باشند.

شکل صفحه بعد نشان دهنده الکتروفیلتر کولر، خنک کن، کوره، پیش گرمکن، آسیاب مواد و الکتروفیلتر آسیاب مواد است.

در پائین صفحه رابطه ای درج شده است که بر اساس آن می توان هوای نشدی در بخش های مختلف سیستم پخت و آسیاب مواد را محاسبه کرد. در نقطه (۱) که بین سیکلون های ۲ و ۳ است درصد اکسیژن موجود در گازهای جاری ۲/۵ درصد است. این کوره هر ساعت ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم کلینکر تولید می کند (m) و کالری مصرفی آن به ازاء هر کیلوگرم کلینکر برابر q= 3.4 MJ/Kg Clinker است. با قرار دادن اعداد فوق در رابطه پائین صفحه به رقم ۱۳۸۵۰۰ Nm^3/hr میرسیم.

$$V = 100000[0.28*(3.4+1)]+(0.25*100000+0.28)*\frac{2.5}{21-2.5}=138500$$

نقطه بعدی اندازه گیری بالای پیش گرمکن و قبل از برج خنک کن است. درصد اکسیژن اندازه گیری شده در گاز خروجی ۳/۵ درصد است. با قرار دادن عدد ۳/۵ در رابطه مذکور به V= 145800 میرسیم. معنی این عدد اینست که هر ساعت ۱۴۵۸۰۰-۱۳۸۵۰۰=۱۲۷۰۰ متر مکعب هوا بداخل سیستم نفوذ میکند. در نهایت ملاحظه می شود اگر قبل از الکتروفیلتر آسیاب مواد درصد اکسیژن گازهای جاری ده درصد باشد، حاصل محاسبه اینست که در این قسمت ۲۱۶۰۰ متر مکعب هوا به سیستم اضافه می شود.

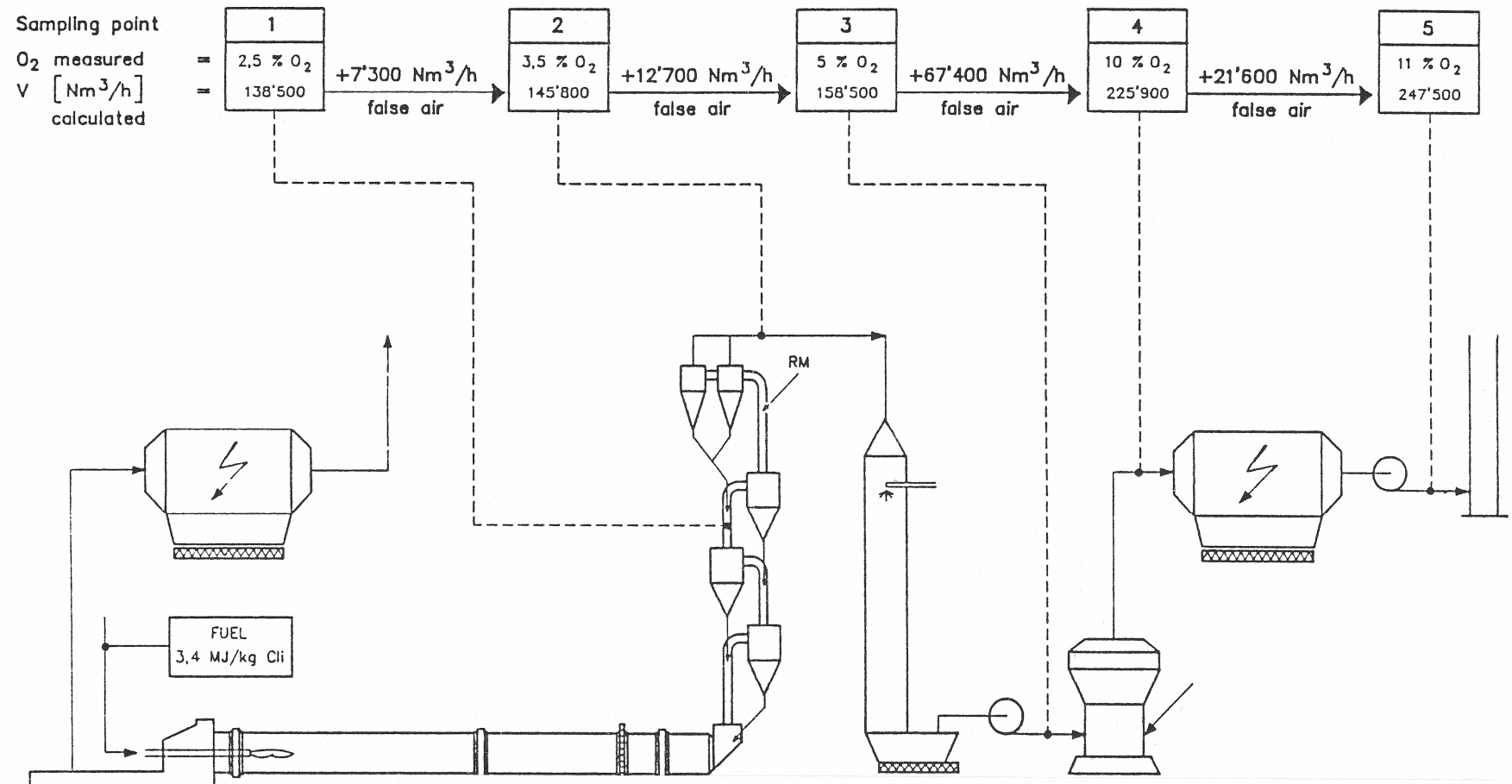
معمولا کوره های با قطر بیشتر از ۳/۵ متر دارای شیب بیش از ۳ درجه هستندو انبساط طولی کوره در حال کار در حدود ۲۰ سانتیمتر است و در نتیجه میباید موقعیت و ابعاد رینگ و غلطک ها آنچنان باشد که کوره همواره روی پایه قرار داشته باشد.

تغییر شکل بدنه چه بصورت طولی و یا محیطی می تواند باعث خسارات عمده به نسوزکاری و زیانهای تأسف بار به بدنه اصلی و غلطک بشود. میباید بطور متناوب کوره تراز شود و مرتبا انحراف کوره کنترل گردد. باید تماس شعاعی بین رینگها و غلطک ها ملاحظه شود. جدا بودن رینگ از پایه ممکن است نشانی از عدم توازن حرارتی و یا تراز نبودن کوره باشد. درجه حرارت روغن یاتاقان پایه ها نیز نقش مهمی در تشخیص اعمال بار نامتناسب دارند.

تغییر محل بالشتکهای زیر رینگ میتواند علامت وجود تنش باشد. در مواقعی که کوره گرم است باید همواره بین رینگ و بدنه یک حرکت نسبی وجود داشته باشد. مقدار این حرکت می تواند از یک تا سه سانتیمتر در هر بار چرخش کوره باشد. در کوره های بزرگ غلطک ها موازی محور کوره نصب میگردند. حرکت رفت و برگشت کوره توسط غلطک های بالابر (Trustroller) هدایت میشود. این غلطک ها میتوانند ثابت و یا هیدرولیک باشند.

ترک در بدنه کوره معمولا در امتداد درزهای جوشکاری مشکوک پدید می آید. این ترک ها میباید بدقت تجزیه و تحلیل و تعمیر شوند. وجود این ترکها ممکن است علامت وجود تنش غیرعادی و یا اشکال در جنس بدنه و جوشکاری باشد.

خوردگی بدنه کوره معمولا مشکل جدی نیست، مگر اینکه مقدار زیادی گوگرد و یا کلر وجود داشته باشد. نکته مهم اینست که از کاهش درجه حرارت گازهای خروجی کوره به کمتر از نقطه شبنم آنها قبل از خروج از دودکش پیشگیری شود.



If m denotes the clinker production in [kg/h] the complete formula is:

$$V = m \left[0.28 \times (q + 1) + (0.25 \times q + 0.28) \frac{\%\ O_2}{21 - \%\ O_2}\right] \quad [Nm^3/h]$$

[kg/h] [MJ/kg cli]

V is the gas flow at the measuring point. The amount of false air is easily calculated as the increase of V between two measuring points.

۴-۷- شرایط خاص راهبری کوره

۴-۷-۱- 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) سر کوره 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 ویا سایر بی نظمی هایی که اخیرا در سیستم و کوره پیش آمده اند.
مقدار خوراک کوره و دور کوره همزمان (Synchronise) با هم هستند و کوره بان می تواند نسبت ارتباط این دو به یکدیگر را تغییر دهد.
در زیر مواردی از عوامل تأثیر گذار روی راهبری کوره شرح داده میشود.

۴-۷-۲- تجزیه شیمیائی 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 قطعا بسیار

مهم است. گازهای خروجی نمی باید حاوی هیچگونه مواد نسوخته همانند کربن (C) و یا مونواکسید 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 KCal/Kg ۴۰ 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 عدم اختلاط متناسب سوخت و هوا امکان وجود مواد ناسوخته وجود دارد. بنابراین باید همواره مقداری هوای اضافی در فرآیند احتراق مصرف کرد.

همانگونه که قبلا اشاره شد، گازهای خروجی از پیش گرمکن باید حاوی ۴-۶٪ اکسیژن باشند. امکان نصب آلارم برای مقدار حداقل اکسیژن وجود دارد. مثلا حد O_2 ۲٪ را تعیین نمود. این هشدار به کوره بان خطر وجود مواد ناسوخته در گازهای خروجی را اعلام میکند.

دستگاه سنجش CO بطور پیوسته مقدار CO موجود در گازهای خروجی را اندازه گیری می کند. محدوده آلارم و هشدار باید بشرح زیر باشد:

Max I	0.5% CO
Max II	0.9% CO
Max III	1.2% CO

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

وقتی آلارم Max II بصدا در میآید می باید سوخت مصرفی در کلساینر 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 III برای وقتی است که مقدار CO در گازهای خروجی ۱/۲ درصد یا بیشتر است در این صورت آلارم عمل می کند و با علامت دهی خود بلافاصله برق فشار قوی الکتروفیلتر را قطع می کند.

۴-۷-۳- 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. معمولا مقدار هوای اولیه جاری از طریق مشعل حدود ۸-۱۰٪ حجم هوای لازم برای احتراق است.

۴-۷-۴- درجه حرارت خروجی پیش گرمکن

فن پیش گرمکن آنچنان 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 سانتی گراد برای مدتی کوتاه برای فن قابل تحمل خواهد بود. باید محدوده های آلارم زیر تعبیه شود:

Max I: اعلام هشدار برای وقتیکه درجه حرارت ^{oC} ۲۵ بالاتر از درجه حرارت متعارف (^{oC} ۳۰۰) است.

Max II: اعلام هشدار و قطع فن برای ^{oC} ۵۰ بالاتر از مقدار Max I (^{oC} ۳۵۰). در این شرایط نباید هیچگاه درجه حرارت بالاتر از ^{oC} ۴۵۰ برسد.

۴-۷-۵- درجه حرارت یاتاقان ها

هرگونه افزایش درجه حرارت در هریک از یاتاقان های فن باعث اعلام هشدار و قطع اتوماتیک فن خواهد شد. این آلارم برای فن پیش گرم کن و فن هوای اضافی خنک کن گریت نیز تعبیه شده است. هرگونه افزایش درجه حرارت در یاتاقان های هریک از پایه

های کوره فقط باعث اعلام هشدار و روشن شدن چراغ آلارم میشود. اپراتور باید در شرایطی که کوره کار میکند فورا در صدد رفع و رجوع مشکل برآید.

۴-۷-۶- 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 بالارفتن این درجه حرارت فن متوقف میشود.

۴-۷-۷- 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 اینصورت می باید از شروع گرفتگی در سیستم مطمئن بود. در صورت افت فشار تا مقدار حداقل تنظیم شده فشار سنج آلارم میدهد. در این حالت باید اپراتور نقطه به نقطه سیستم را بررسی کند، حالت های مختلف را ارزیابی نماید و نهایتا در صورت لزوم کوره را متوقف کند. در محل اتصال فشار سنج به بدنه سیکلون می باید سوراخی به قطر ۲ mm 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 پرشدن لوله از هوای محیط به سمت صفر میل می کند. بهنگام اطمینان از گرفتگی سیکلون باید کوره متوقف شود و رفع گرفتگی شود.

معمولا وجود و تعبیه لوله های هوای فشرده با طول های 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 ^{oC}۸۰۰ 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.

۴-۷-۸- گرفتگی در رایزر پایپ و ورودی کوره

تشخیص امکان گرفتگی شدید در رایزر پایپ و ورودی کوره با بررسی فشار منفی موجود بین پائین ترین سیکلون و ورودی کوره میسر 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.

۴-۷-۹- موقعیت کوره

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

آلارم 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 مستقیما 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.

۴-۷-۱۰- نسوز کاری کوره

درجه حرارت کاری سیستم پخت آنچنان بالاست که اغلب بخش های آن توسط آجرنسوز و یا بتن نسوز نسوزکاری میشود و در مقابل حرارت بالا محافظت میگردند.

پیش شرط کار یکنواخت و مداوم کوره اینست که نسوزکاری بی عیب و برخوردار از کیفیت لازم باشد. همچنین نحوه کار با کوره باید آنچنان باشد که تداوم عمر و نگهداری لایه نسوزکاری که بسیار مهم است رعایت شود.

معمولا نسوزکاری پیش گرمکن، کانال هوای گرم و اغلب قسمت های خنک کن دارای عمر چند ساله هستند و نیازی به تعویض ندارند. با این وجود بخشهایی از نسوزکاری خصوصا آجرهای منطقه پخت متناوبا می باید تعمیر و تعویض شوند. دوره زمانی تعمیر و تعویض نسوزکاری بخش های مختلف به عوامل زیادی بستگی دارد. عموما 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 نسوزکاری می تواند خطر داغ شدن بدنه کوره را در پی داشته باشد. خصوصا می باید شرایط کاری منطقه پخت کوره سیمان تحت نظارت مداوم باشد.

اگر درجه حرارت بدنه کوره به ^{oC}۴۲۰-۴۵۰ برسد، باید این منطقه بوسیله فن هوا خنک شود. در صورت بالاتر رفتن درجه حرارت بدنه و مشاهد سرخی و عدم امکام 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. آلارم مربوط به این درجه حرارت نباید بالاتر از ^{oC}۴۲۰ باشد.

در مواقعیکه کوره متوقف است باید با استفاده از فرصت، نسوزکاری داخل کوره را بررسی کرد و در صورت لزوم برنامه تعمیر یا تعویض را اجرا کرد.

۴-۷-۱۱- پیشگیری از انفجار در سیستم پخت

۴-۷-۱۱-۱- احتیاط های کلی

تحت هیچ شرایطی نباید اجازه داد دوده حاصل از سوخت ناقص و یا گاز ناقص سوخته در کوره، سیکلون ها، کانال ها و غیره جمع شوند. در صورت فراهم شدن چنین شرایطی هر آن احتمال انفجار وجود دارد. از اینرو توجه به دستورالعمل های زیر ضروری است:

در صورتیکه کوره تازه روشن شده است و بدلیلی اضطرارا خاموش می شود، می باید حتما وضعیت آجر و سطح منطقه پخت را ملاحظه کرد تا ببینیم آیا به اندازه کافی داغ هست که بتواند در صورت استارت مجدد مشعل، سوخت خروجی از مشعل را مشتعل نماید یا خیر. اگر کوره زیادی سرد باشد باید روشن کردن کوره به روال متعارف یعنی با استفاده از فندک صورت گیرد و یا اینکه اصلا از نازل کمکی خاص که جهت گرم کردن اولیه طراحی شده است استفاده شود. در این صورت می باید طبق دستورالعمل گرم کردن اولیه سیستم پخت قبل از باردهی بکوره استفاده کرد.

همواره مطمئن شوید که هوای جاری در مشعل و اطراف آن به اندازه کافی باشد و شرایط برای احتراق با هوای کافی فراهم باشد.

پاشیدن و تزریق سوخت را با نازلی شروع کنید که سرعت جریان سوخت و پاشش آن متناسب با مقدار سوخت باشد. مثلا سرعت خروج سوخت و هوای اولیه از آن در حد ۱۶۰ متر در ثانیه باشد.

همواره باید مشعل را با حداقل مقدار سوخت راه انداخت

هیچگاه سوخت جاری در مشعل را بطور ناگهانی و به مقدار زیاد تغییر و افزایش ندهید. بهرحال در ابتدا باید مکش لازم در سیستم پخت را ایجاد کرد و پس از اطمینان از وجود مکش متناسب اقدام به افزایش مقدار سوخت کرد.

۴-۷-۱۱-۲- موارد احتیاطی مرتبط با مشعل

سلسله مراتب راه اندازی و ارتباط (Interlocking) بین مشعل ها و دستگاه تجزیه گاز خروجی از سیستم پخت به شرح خلاصه زیر است:

هدف اصلی از این ارتباط کاهش خطر هر نوع آتش گیری و انفجار است. هر جا سوخت وجود دارد اینچنین خطری وجود دارد. همچنین باید همواره اپراتور تمهیداتی را بکار ببرد که در موقع کار کردن با مواد سوختنی با دقت نظر لازم از خطرات احتمالی احتراز کند. از اینرو یکی از مهمترین اینترلاکینگ ها اینست که مشعل کوره صرفا و در صورت وجود و کار کردن دستگاه آنالیز گاز انتهای پیش گرمکن و عدم وجود نقصی در سنجش میزان CO استارت شود.

همچنین پیش شرط کار کردن مشعل کلساینر اینست که مقدار CO بالاتر از شرایط هشداردهی و آلارم (Max II 0.9% CO) نباشد.

اگر مقدار CO بالاتر از مقدار آلارم (Max I 0.5% CO) باشد در اینصورت می باید اپراتور سریعا تمهیداتی را فراهم نماید که شرایط موجود اصلاح شود. بسته به وضعیت موجود میتوان یا مقدار سوخت را کاهش داد و یا اینکه مکش را افزایش داد.

۴-۷-۱۲- چرخاندن کوره با موتور کمکی (Barring)

۴-۷-۱۲-۱- دستورالعمل کلی

موقعیکه کوره داغ متوقف می شود میباید آنرا چرخاند تا از تغییر شکل کوره و آسیب دیدن بدنه آن پیشگیری شود. معمولا چرخاندن کوره باید حداقل ممکن و صرفا برای پیشگیری از تغییر شکل بدنه کوره باشد و زیادتر چرخاندن آن مترادف با آسیب دیدن لایه نسوزکاری داخل کوره می باشد.

هنگامیکه کوره با موتور کمکی میچرخد می باید دستگاه گریس پاش دنده اصلی کوره و سیستم هیدرولیک غلطک بالابر کوره روشن باشند. راهنمایی های زیر برای مواقعی که کوره داغ می شود و میباید با موتور کمکی چرخانیده شود ارائه می گردد:

از لحظه توقف تا مدت نیم ساعت پس از توقف کوره داغ می باید کوره بطور پیوسته و مداوم چرخانده شود.

اگر موقعیت محوری کوره روی پایه ها آنچنان باشد که باعث آلارم شود باید آنرا آنقدر چرخاند تا کوره در محل و موقعیت مناسب قرار گیرد.

اگر شرایط محیطی و آب و هوایی آنچنان است که بدنه کوره در معرض سرد شدن شدید، همانند ریزش باران سیل آسا، باشد در اینصورت می باید چرخاندن مداوم ادامه داشته باشد.

در کل فاصله زمانی چرخاندن کوره بوسیله موتور کمکی می باید بلاانقطاع آب در یاتاقان پایه ها جریان داشته باشد.

نکته: اگر بهر علت ناگهانی کوره برای مدت ۲ ساعت نچرخد –البته از پیش آمدن چنین حالتی باید جدا پیشگیری شود- در این صورت اولین اولویت چرخاندن هرچه زودتر کوره است. پس از رفع مشکلات و آماده شدن کوره برای راه اندازی عادی می باید یک بازرسی مکانیکی کامل از بدنه کوره و پایه ها بعمل آید.

۴-۷-۱۲-۲- برنامه های چرخاندن کوره

برنامه های چرخاندن کوره به مراحل چرخش ۱۰۰ درجه ای تقسیم شده اند. این عمل بدین خاطر است که از تغییر موقعیت کوره در ضمن چرخاندن اطمینان حاصل شود و کوره در یک موقعیت ثابت قرار نگیرد.

۱- چرخاندن کوره هنگام خشک کردن کوره پس از آجرچینی و قبل از راه اندازی اولیه:

در فاصله ۰-۲۴ ساعت هر ۳۰ دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

در فاصله ۲۴-۴۸ ساعت هر ۱۵ دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

در فاصله ۴۸-۷۲ ساعت چرخش پیوسته

همواره باید انبساط طولی کوره زیر نظر باشد و موقعیت محوری آن بررسی شود تا از عدم برخورد کوره به رایزر پایپ و یا درب کوره اطمینان حاصل شود.

۲- چرخاندن کوره بهنگام راه اندازی های متعارف کوره سرد:

در فاصله ۰-۸ ساعت هر ۳۰ دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

در فاصله ۸-۲۰ ساعت هر ۱۵ دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

در فاصله ۲۰-۲۴ ساعت کوره بطور پیوسته چرخانده شود.

انبساط طولی کوره و موقعیت مکانی آن روی غلطک ها، در کل دوران گرم کردن کوره را دقیقا زیر نظر داشته باشید.

۳- چرخاندن کوره با موتور کمکی بهنگام خواباندن کوره:

در فاصله زمانی ۰-۰/۵ ساعت چرخاندن پیوسته کوره

در فاصله زمانی ۰/۵-۱۲ ساعت هر ده دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

در فاصله زمانی ۱۲-۲۴ ساعت هر ۱۴ دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

در فاصله زمانی ۲۴-۴۸ ساعت هر ۳۰ دقیقه حدود ۱۰۰ درجه

پس از گذشت ۴۸ ساعت از توقف کوره، نیازی به چرخاندن کوره نیست مگر در مواردی که در قسمت ۱ بدان اشاره شده است.

در آخرین مرحله در صورتیکه موقعیت محوری کوره برای راه اندازی عادی کوره نامناسب باشد و در موقعیت حداکثر مجاز قرار داشته باشد، میتوان کوره را برای چند دقیقه چرخانید تا در جای مناسب قرار گیرد. این چرخاندن خصوصا از نقطه نظر تراست رولر و اعمال فشار بیش از حد به آن و احتمال شکستن غلطک بالابر ضرورت دارد. چون در فاصله های زمانی توقف دراز مدت کوره سرد و منقبض میشود و در صورتیکه کوره به تراست رولر چسبیده باشد، در حین انقباض آنقدر فشار وارد میکند که تراست رولر را می شکند.

از روغنکاری مناسب غلطک ها بوسیله گرافیت مطمئن شوید. قطعات گرافیتی باید در جای خود آزاد و لق باشند و همواره سطح غلطک ها را چرب نمایند و بدینوسیله از اعمال تنش و فشارهای سطحی به سطح غلطکها و رینگ پایه ها و آسیب دیدن آنها پیشگیری شود و رینگ کوره بتواند براحتی روی غلطک حرکت طولی انجام دهد.

۴-۷-۱۲-۳- ترمز

در پایان هربار چرخاندن کوره با موتور کمکی، ترمز کوره عمل میکند و آنرا در موقعیت موجود متوقف می کند. وزن کوره و آنچه که در دورن آنست (مواد نسوز یا خوارک کوره) باعث می شود که کوره بسیار سنگین و نامتوازن باشد، در نتیجه باید در موقع برداشتن ترمز به این خصوصیت کوره توجه شود.

۴-۸- تجربه ای از منطقه پخت کوره سیمان

۴-۸-۱- مقدمه

سیر تکاملی تکنولوژی تولید سیمان در جهت استفاده هر چه بیشتر از اتوماسیون و ابزارهای سنجش به پیش می رود. کوره های قدیمی مهارت و هنر بیشتری از کوره بانی را طلب می کردند. در کوره های جدید به اتکاء تجهیزات عدیده سنجش و کنترل، وابستگی به کوره بان کم گردیده و شرایط کار بهینه فراهم تر شده است.

یکی از عارضه های این تحول اینست که اپراتورها با کوره کمتر عجین شوند و در مواردی زبان یکدیگر را خوب متوجه نشوند و در نتیجه در برخی از حالات نامتعارف کوره راه حل نامناسبی در پیش میگیرند.

۴-۸-۲- شرح تجربه

یکی از کارخانجات سیمان از یک نوع آجر دو دست برای منطقه پخت خریداری و یکدست آن را استفاده کرده بود. عمر آجر بسیار خوب بود ولی در مرحله بعد که دومین دست آجر کار گذاشته شد، زودتر از حد انتظار آجر مستهلک شد و عمر آن ۲۵ درصد آجرچینی قبلی شده بود.

قرار بر این شد موضوع بررسی شود و ساعاتی قبل از شروع به تخریب کوتینگ و آجر از کوره بازدید شد. اوضاع و احوال داخل کوره بیانگر داغ کار کردن مداوم کوره بود. سعی در اثبات این موضوع با دست اندرکاران کارساز نبود و در مقابل آنها اصرار بر اثبات کیفیت بد آجر داشتند.

یک هفته پس از راه اندازی مجدد کوره بی مقدمه از مدیریت کارخانه اجازه بازدید از کوره در حال کار گرفته شد. حدود ساعت ۱۱ صبح وضعیت کار کوره مورد بررسی قرار گرفت. شواهد امر حاکی از این بود که کوره بسیار داغ کار می کند و اگر کار را به همین منوال ادامه دهند، رسیدن به عمر ۲۵ درصد هم برای آجر جدید ناممکن است. این نظر

با مهندس بهره بردار و اپراتور در میان گذاشته شد. آنها نظر عکس داشتند و بحث و گفتگو دو ساعت طول کشید و آخر سر به پیشنهاد نویسنده چاره کار در نمونه گیری و کمک گرفتن از دو متغیر ملموس یعنی آهک آزاد و وزن لیتری دیده شد.

در پاسخ این سوال که مقدار متعارف آهک آزاد کلینکر این کوره چقدر است، جواب آنها ارقام ۰/۶-۰/۹ درصد بود و در پاسخ مقدار وزن لیتری متعارف ارقام ۱۲۰۰-۱۳۰۰KCal/KgClinker گفته شد.

در ساعت ۱ از محل تغذیه کوره، نمونه خوراک کوره گرفته شد و بر اساس تخمین اپراتور کلینکر این خوراک ساعت ۱۴:۱۵ از خنک کن خارج می شد که از آنهم نمونه گیری شد. هر دو نمونه به دو قسمت شد و یک بخش آنها به آزمایشگاه همان کارخانه جهت آنالیز داده شد.

۴-۸-۳- شرح وضعیت منطقه پخت در ساعت ۱۱ صبح

منطقه پخت کوره بسیار تاریک بود و مقدار زیادی نرمه کلینکر از خنک کن گریت وارد کوره میشد.

در لحظات بسیار کوتاهی که شدت ورود نرمه کلینکر کم میشد منطقه پخت و شعله واضح دیده میشد. در این لحظات رنگ فضای منطقه پخت بسیار روشن و سفید بود.

شکل شعله ناموزون و نسبتا توپی بود و انتهای شعله متناوبا به سقف کوره برخورد می کرد.

دانه بندی کلینکر نامناسب و نسبتا ریز بود و کیفیت غلطیدن دانه ها روی هم و بستر کوره آنچنان بود که بخش زیادی از کلینکرها تا سقف کوره بالا میرفتند و سپس ریزش میکردند.

بار کوره در منطقه پخت کم به نظر می رسید.

با توجه به تیرگی منطقه پخت، دانه ریز بودن کلینکر و کاهش وزن لیتری، سوخت کوره در حال افزایش بود.

سطح بیرونی کوره در منطقه پخت داغتر از حد متعارف بود.
مقدار زیادی نرمه کلینکر تیره رنگ در اطراف کوره و روی سکو در حال ریزش و انباشته شدن بود.

۴-۸-۴- آنالیز نمونه ها

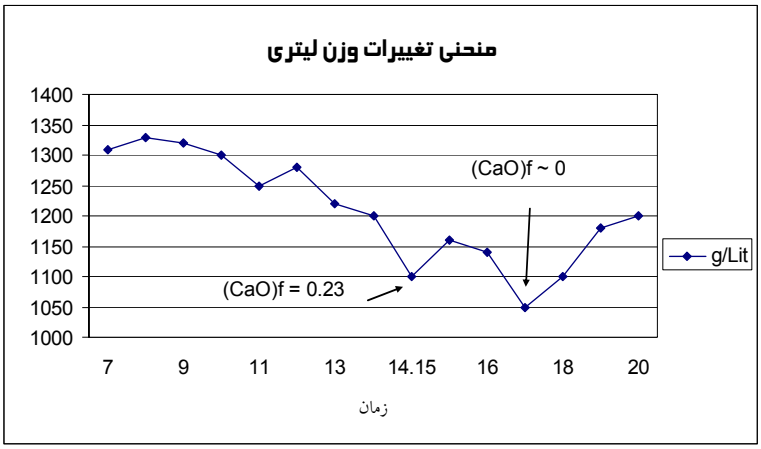
جدول ۱ حاوی آنالیز شیمیایی خوراک کوره ساعت ۱ و کلینکر ساعت ۱۴:۱۵ است که توسط آزمایشگاه همان کارخانه انجام شده است.
جدول ۲ حاوی وزن لیتری کلینکر از ساعت ۷ صبح تا ساعت ۸ شب منجمله نمونه ساعت ۱۴:۱۵ است.
شکل ۱ منحنی تغییرات وزن لیتری است که با استفاده از ارقام جدول ۲ رسم شده اند.
شکل ۲ تخمین درجه حرارت منطقه پخت از روی وزن لیتری است که بر اساس نظر شخصی اینجانب رسم شده است.

ترکیب	خوراک کوره ساعت ۱۱	کلینکر ساعت ۱۴:۱۵
SiO_2	14.52	22.22
Al_2O_3	3.29	4.82
Fe_2O_3	2.37	3.5
CaO	41.08	64.6
MgO	4.22	n
L.S.F	89.2	92.2
SM	2.57	2.67
AM	1.39	1.38
$(CaO)_f$		0.23
C_3S		57.2
C_2S		n
C_3A		6.9

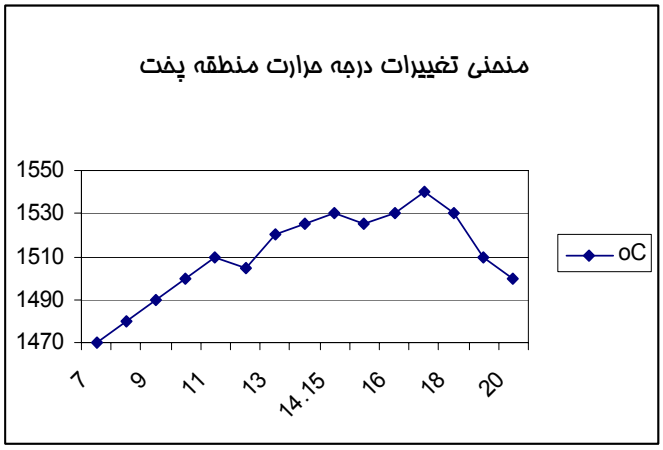
جدول(۱) آنالیز شیمیائی خوراک کوره و کلینکر آن

ساعت	وزن لیتری
7	1310
8	1330
9	1320
10	1300
11	1250
12	1280
13	1220
14	1200
14:15	1100
15	1160
16	1140
17	1050
18	1100
19	1180
20	1200

جدول (۲)

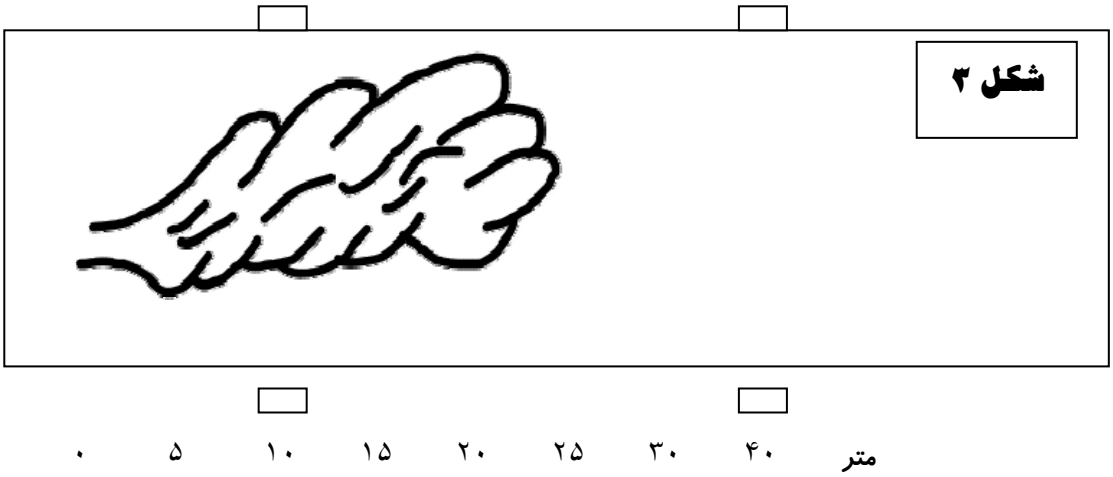


شکل ۱



شکل ۲

شکل ۳ وضعیت و شکل شعله در ساعت ۱۱ صبح است.



۴-۸-۵- تحلیل نتایج

مقایسه آهک آزاد ساعت ۱۴:۱۵ یعنی رقم ۰/۲۳٪ با مقدار متعارف (۰/۶٪-۰/۹٪) گویای این واقعیت است که کلینکر زیادی پخته شده است.

مقایسه وزن لیتری ساعت ۱۴:۱۵ یعنی رقم g/KgClinker ۱۱۰۰ با مقدار متعارف (۱۳۰۰-۱۲۰۰g/KgClinker) گویای این واقعیت است که کلینکر بدلیل زیاد پخته شدن سبک شده است و اگر وضع بهمین روال پیش برود خطر سوختن کلینکر وجود خواهد داشت. نتیجه ساعت ۵ بعدازظهر که در آن آهک آزاد به صفر رسیده است، گواه صحت این پیش بینی است.

یکی از اثرات زیاد داغ شدن منطقه پخت، افزایش حجم هوای ثانویه، سبک شدن شعله و در نتیجه بالا رفتن شعله (بدون اینکه موقعیت مشعل تغییر داده شود) و در نهایت برخورد آن با سقف کوره است. شکل ۳ بخوبی این وضعیت را نشان میدهد. اثر سوء چنین شعله ای فرسایش سریع آجر منطقه پخت و کاهش عمر آن است. در مواردی، چنین شعله هایی عمر آجر را به یک هفته تقلیل داده است.

اعداد حاصل از آنالیز کلینکر و خوراک کوره مؤید خوب بودن نسبی ترکیب این دو است ولی بالا بودن مدول سیلیس تشدید کننده ریز شدن دانه های کلینکر است.

سوخته شدن کلینکر یعنی بالا رفتن درجه حرارت خنک کن و به تبع آن داغ تر شدن هوای ثانویه و بالا رفتن سرعت جریان آن است. از این رو مقدار برگشتی دانه های ریز کلینکر از خنک کن به کوره افزایش می یابد و تیرگی منطقه پخت را در پی خواهد داشت.

و بالاخره در چنین شرایطی افزایش مقدار سوخت نمونه ای از سوء تدبیر است که در صورت تداوم و تکرار منجر به ضایعات جدی و سوختن آجر خواهد شد. متاسفانه در این مورد خاص به استناد تیره گی منطقه پخت اقدام به افزایش سوخت می شد. در حالیکه این تیرگی نه بخاطر سرد بودن منطقه پخت بلکه بخاطر فراوانی دانه های ریز کلینکر برگشتی از کولر بود.

کنجکاوی بیشتری کردم و گزارشات روزانه کوره را بررسی کردم و متوجه شدم ماه هاست بدلیل اشکال در آسیاب مواد و کمبود خوراک کوره، سیستم پخت با ۷۰٪ ظرفیت کار میکند و کیلوکالری مصرفی همواره ۲۰٪ بالاتر از مقدار متعارف سالهای قبل آن کارخانه است!!

۴-۹- تحلیل گزارش ساعتی کوره

برای تدوین این کتاب از منابع گوناگونی استفاده شده است. برخی از این منابع براحتی در دسترس نبوده اند و در مواردی لازم می شد که به برخی کارخانجات سیمان بروم.

از جمله در تابستان ۱۳۸۴ به زادگاه خود همدان و سیمان هگمتان رفتم. قصدم این بود که مقداری اطلاعات فنی از کارخانه ای که از جمله کارخانجات با تکنولوژی مدرن است، فراهم نمایم.

نحوه کار و اداره کارخانه و بازده تولید آن بسیار جالب، چشم گیر و شوق انگیز بود همه آنچه که میدیدم حاصل تلاش روزمره چند صد نفر ایرانی و مهندسین جوان بود که بی هیچ ادعا در گوشه ای از این آب و خاک سرگرم کار و خدمت بودند.

جداولی که در صفحات بعد ملاحظه می فرمائید در واقع جمع بندی مطالبی است که در فصل های قبلی درباره آنها بحث شده است. از صفحه پیشگفتار تا صفحه حاضر. از آسیاب مواد تا انتهای آسیاب سیمان اطلاعات ارزشمندی در این جداول وجود دارد که می تواند مورد تجزیه و تحلیل افراد صاحبنظر قرار گیرد.

گزارش ساعتی کوره دیگری را ملاحظه می نمائید که مربوط به کارخانه ۳۰۰۰ تنی سیمان داراب است که در حد ظرفیت کار میکند. مواردی از این گزارش علامت گذاری شده است که در صورت توجه به آنها میتوان به تولید بالاتر رسید.

آنچه که مسلم است طراحی و تدوین چنین جداولی و تحمل زحمت پر کردن آنها، آنهم بطور ساعتی و روزمره کاری بیهوده و عبث نیست و هریک از ارقام و ستون ها و ردیف ها معنی و مفهوم خاص خود را دارند.

صفحات قبلی این کتاب گوشه ای از معانی و مفاهیم این جداول را بیان کرده اند و شرح اختصاصی هر یک از جداول مربوط به هر کارخانه و هر کوره موضوع جالب و ارزشمندی است که در کلاسهای درس اپراتوری کوره بدان ها می پردازیم.

در چند ساعت یا چند روز اولیه کلاس مقدمه چینی های لازم انجام میشود وسپس اصول و میانی تشریح می شوند و حالا نوبت آنست که گزارش ساعتی هر کوره با آسیاب یا ... مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در واقع این جداول کارنامه این تجهیزات هستند. هریک از ارقام مندرج در آن ها با آدم حرف می زنند.

خصوصا ارزش این گزارشات ساعتی وقتی روشنتر می شود که دستگاه گرفتار مشکل شود. هر نوع مشکلی به طریقی با اعداد و ارقام این جدول ها ارتباط دارند.

هفته قبل همراه با دو کارشناس آلمانی و فرانسوی به یک کارخانه شیشه رفته بودم. آجرهای نسوز دستگاه بازیابی حرارت (Regenerator) این کارخانه گرفتار مشکل شده بود. شواهد امر و نمونه گیری های قبلی نشان میدهند که مشکل مرتبط با کیفیت آجر نیست. خطایی در نحوه کار با کوره صورت گرفته است. این خطا در گذشته صورت گرفته است، احتمال تکرار آنهم هست. اینکه خطا چیست و چه نوع است با مراجعه و تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود در گزارشات ساعتی کوره و حافظه کامپیوتر (PLC) امکان پذیر است. بدون پیدا کردن عامل اصلی و در صورت تعمیر و تعویض یک بار و دوبار و چندبار آجر، باز هم احتمال تکرار آن وجود دارد.

تا آخرین لحظات حضور در این کارخانه، بر اساس دستور مقام بالاتر گزارشات ساعتی در اختیاراین در کارشناس قرار نگرفت. از یک سو این دو کارشناس همانند دو فرد خلع سلاح شده بودند و از سوی دیگر مطمئن از نتیجه گیری های آزمایشگاه تحقیقاتی خود بودند. با این امتناع از ارائه اطلاعات توسط مشتری در نتیجه گیری خود مطمئن تر شدند. بالاخره اینکه متأسف بودند که چرا مشتری علت را فراموش می کند و بدنبال معلول است.

در فصل نسوزکاری سیستم پخت سیمان بخشی درباره عوامل فرسایش آجر وجود دارد. عکس های جالب و گویایی در این بخش درج شده است. فرسایش ناشی از عوامل مختلف آنچنان در ظاهر آجر کارکرده اثر میگذارند که با مختصر آموزشی می توان علت ها و علت العلل فرسایش را دریافت.

در کوره هایی که وزن لیتری پائین است و کیلوکالری مصرفی زیاد است و آهک آزاد بالاست (تمام این ارقام در گزارش های روزانه وجود دارد) چرا نباید به نامناسب بودن ترکیب خوراک کوره شک نکنیم و یا چرا نباید بدنبال نشدی در سیستم پخت نباشیم. اصلا چرا نباید به تنظیم نبودن دستگاه توزین خوراک کوره فکر نکنیم. سه عامل کاملاً متفاوت با یکدیگر ولی مؤثر در آنچه که سیستم پخت گرفتار آن است.

چرا وقتی منطقه پخت کوره مختصری گرم است بی توجه به هر پارامتر دیگری اقدام به افزایش بار کوره می کنیم. آیا عقب کوره پذیرای چنین اضافه باری هست؟ آیا عقب کوره سردتر از مقدار متعارف نیست؟ اگر چنین است افزودن مقدار خوراک کوره چه عواقبی خواهد داشت؟

منطقه پخت کوره درجه حرارت خوبی دارد، همینطور درجه حرارت عقب کوره خوب است. آیا باید به اتکاء این دو پارامتر بنشینیم و نگاه کنیم و یا نه؟ در موارد زیادی اکسیژن عقب کوره اندازه گیری نمی شود در نتیجه معلوم نیست این پارامتر بالاست یا پائین. اگر بالاست آیا چند دقیقه دیگر (نه چند ساعت دیگر) کوره همین وضع را خواهد داشت؟ اگر پائین باشد چه؟

ریشه بسیاری از تلاطم ها از این اشکالات جزئی شروع می شود. بهمین خاطر است که بحث بر روی این پارامترها و حالات از جمله بخش ها و مباحث اصلی کلاسهای اینجانب است.

نقش مهم و غیر قابل انکار برخی اجزاء سیستم پخت روی نحوه کار آن، همچون دریچه هوای سوم (Slide Gate)، لوله های معلق سقف سیکلون ها (Immersion Tube) با آببندی درب کوره و فشار سر کوره، نقاط ورود بار به کلساینر و تناسب وزنی آنها و ... هر یک از این اجزاء می توانند نقشی تعین کننده در نحوه کار سیستم پخت داشته باشند. هنگامی که تمام این اجزاء مشکل داشته باشند و از کوره بان انتظار تولید خوب و زیاد داشته باشیم. کوره بان باید معجزه کند.

آنچه که در این بخش بیان شد گوشه ای از مطالب و تحلیل هایی است که می توان برای هر سیستم پختی ارائه داد. به مهندسین جوان توصیه می نمایم که یکی از مشغله های جاری آنها بررسی گزارشات روزانه و دقت روی ارقام مندرج در آنها باشد. با عادت به اینگونه بررسی ها و ممارست هاست که قادر می شوید مستدل صحبت کنید و مطمئن تصمیم بگیرید.

در کارخانه ای آجر منطقه پخت خیلی زودتر از حد لازم از بین رفته بود. طبق معمول دیوار کوتاه کیفیت آجررا پیش کشیده بودند. با دو نفر کارشناس خارجی به این کارخانه رفته بودیم. حضور این دو نفر ناشی از اهمیتی است که اروپائی ها به مشتری می دهند. هنگامیکه مشتری با کارشناس ها مشغول بحث و جدل بود، به بهانه ای از جلسه بیرون رفتم. با توجه به ارتباط خاصی که با اپراتورهای اطاق کنترل دارم درخواست ملاحظه گزارشات روزانه از تاریخ روز بعد از تعمیرات نسوزکاری قبلی تا توقف اخیر برای نسوزکاری را کردم وسپس توقفات گوناگون کوره را یادداشت کردم.

حدود ۶۰ بار توقف کوره بیش از یک ساعت وجود داشت که در میان آنها سه بار توقفات چند روزه برای تعمیرات مکانیکی کوره (یعنی سرد شدن کامل کوره) نیز وجود داشت. توقفات ۱۰-۲۰ دقیقه ای هم فراوان بودند.

به جلسه برگشتم و یادداشت به زبان فارسی بیانگر بررسی خود را به فرد مسؤول دادم و به خارجی ها هم چیزی نگفتم. در ابتدا فرد مسؤول وجود چنین توقفاتی را قبول نمی کرد و به قسمت مربوطه تلفن زد و دستور تهیه گزارش توقفات را داد. آماری که رسما گزارش شد بیش از آنی بود که من گفته بودم.

اگر فقط روزی نیم ساعت گزارشات روزانه مطالعه می شد، چه بسا که خیلی از توقفات تکرار نمی شد . مسلماً تولید افزایش می یافت و عمر آجر هم طولانی تر می شد واصل تولید بیشتر هزینه کمتر تحقق می یافت.

از جمله پارامترهایی که می تواند کلید گشایش بسیاری از حالات نامتعارف کار سیستم پخت باشد دور کوره است. تجربه شخصی اینجانب نشان داده است که کوره با دور بالاتر بهتر کار می کند. چرا؟

جالب اینکه برخی از کوره بان ها عادت به کار با دور پائین دارند و برخی دیگر با دور بالا کار می کند. اینکه چرا کوره با دور بالاتر بهتر جواب میدهد می تواند ناشی از عوامل زیر باشد:

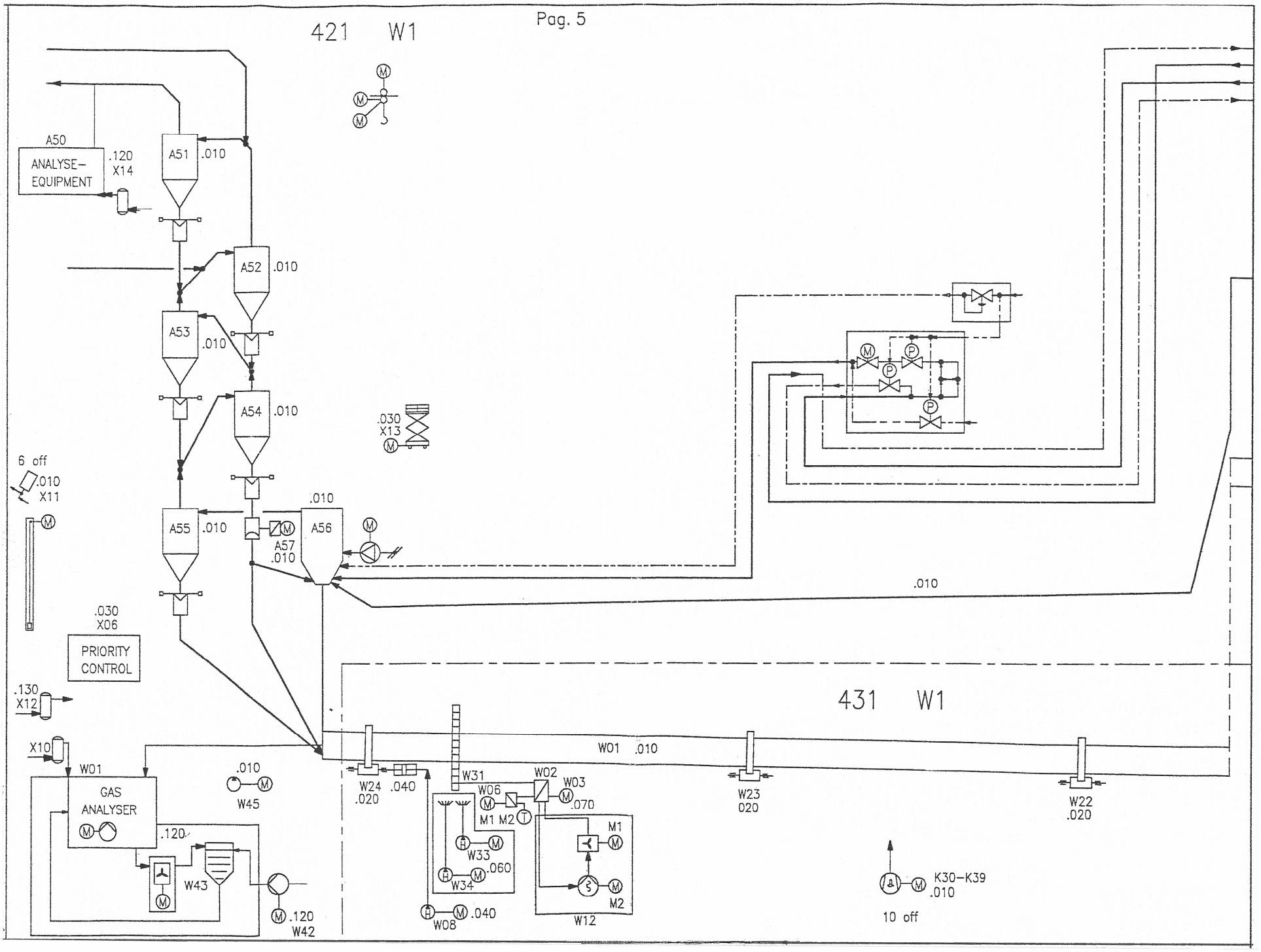
۱- در اثر دور بالاتر حرارت بیشتری از منطقه پخت به عقب کوره می رود در نتیجه مواد ورودی به کوره مواجه با حرارت بیشتری می شوند ولذا پخته تر وارد کوره می شوند. به عبارت دیگر کوره پذیرای مواد پخته تری است و در نتیجه کار تشکیل کلینکر راحت تر انجام می شود.

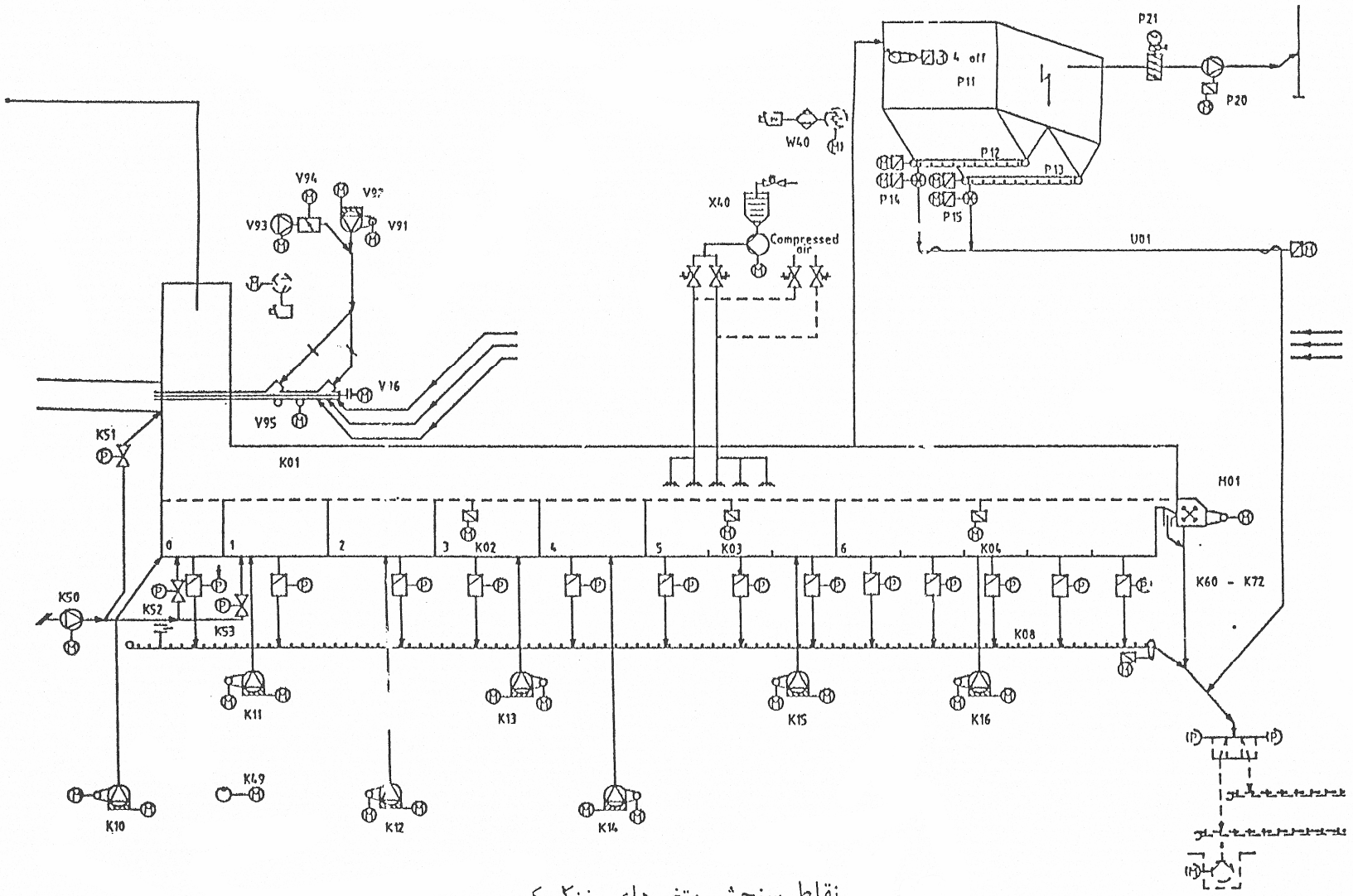
۲- در اثر پخته تر بودن مواد ورودی به کوره فاز مذاب و سایر فازهای تشکیل دهنده کوتینگ زودتر تشکیل می شوند و در نتیجه کوتینگ طولانی تر و پایدارتر و یکنواخت تر وجود خواهد داشت.

۳- بدلیل دور بالاتر حرکت آبشاری دانه های کلینکر بیشتر می شود. بعبارت دیگر دانه های کلینکر ارتفاع بیشتری را طی می کند و بهمین خاطر بهنگام سقوط و ریزش تماس بیشتری با شعله و گاز دارند و در مرحله بعدی بدلیل سطح داغتر امکان درشتر شد آنها بیشتر می شود. به تعبیری دور بالاتر مترادف با دانه بندی بهتر کلینکر و مغز پخت شدن آن است.

۴- دور بالاتر یعنی حرکت سریعتر مواد و خالی تر بودن کوره و این به مفهوم خالی بودن فضای بیشتر برای ورود بار بیشتر و بالاخره تولید بیشتر.

۵- در دور بالاتر احتمال تشکیل گلوله از یک سو کمتر است. از سوی دیگر توقف کلوخه در پشت رینگ مواد منطقه تکلیس کاهش می یابد. همچنین توقف دانه های کلینکر در پشت رینگ کلینکر منطقه خروجی کمترمیشود و در نتیجه احتمال بالاتر رفتن آهک آزاد کمتر میشود.


421 W1
A50
ANALYSE-
EQUIPMENT
.120
X14
A51 .010
A52 .010
A53 .010
A54 .010
A55 .010
A56 .010
A57
.010
.030
X13
6 off
.010
X11
.030
X06
PRIORITY
CONTROL
.130
X12
X10
W01
GAS
ANALYSER
.120
W43
.010
W45
.120
W42
.010
.010
431 W1
W01 .010
W24
.020
.040
W31
W06
M1 M2
W33
.060
W34
W08
.040
W02
W03
.070
M1
M2
W12
W23
020
W22
.020
K30-K39
.010
10 off



نقاط سنجش متغیرهای خنک کن

گزارش روزانه دپارتمان کوره

DATE : بیست و پنجم مرداد ماه ۸۴

تاریخ : ۸۴/۵/۲۵

HEGMATAN CEMENT PLANT

کارخانه سیمان هگمتان

سیمان هگمتان

R_2= 21 | 20 mm/r T_2= 96 | 95 °C

R_3= 7 | 7.4 mm/r T_3= 104 | 105 °C

کیفیت و کمیت خوراک کوره KILN FEED / KILN

HOURSE ساعت کارکرد	START ساعت شروع به کار	STOP ساعت توقف	301007 Kiln Feed Flowrate مقدار خوراک کوره ton/h	301068 Blower I Intensity آمپر بلوور یک A	301069 Blower II Intensity آمپر بلوور دو A	301070 Blower III Intensity آمپر بلوور سه A	Finness نرمی: M.900 باقیمانده روی الک %	Finness نرمی: M.4900 باقیمانده روی الک %	L.S.F	S.I.M	A.L.M	Liter Weight وزن لیتری gr/lit	Free Cao آهک آزاد %	Calcination درصد کلسیناسیون %	Titration تیتراسیون	303018 Fuel Oil Flowrate مقدار سوخت مازوت m^3/h	303021 Fuel Oil Temp درجه حرارت سوخت C°	303020 Fuel Oil Pressure فشار سوخت bar	Gas Flowrate مصرف گاز nm^3/h	303004 Kiln Inlet Suction مکش گاز در ورودی کوره Pa	304003 Kiln Hood Suction مکش گاز در هود کوره Pa	303009 Burning Zone Temp درجه حرارت منطقه پخت C°	303007 Main Motor Torque گشتاور وارده به موتور اصلی کوره %	303011 Main Motor Intensity آمپر موتور اصلی کوره A	303008 Kiln Speed سرعت کوره RPM	Kiln Shell Max Temp بیشترین درجه حرارت بدنه کوره C°	303015 Prim Air Fan Pressure فشار فن هوای اولیه kpa	302018 Position Hoisting Damper درجه هوای ثالثیه %
8.00			178	—	149	156	0.4	12.8	95.4	255	1.43	1200	1.2	—	—	3.6	117	25	—	158	30	1275	25	246	2.7	336	10.8	96
9.00			175	—	139	146	—	14.0	94.3	2.59	1.45	1210	—	—	—	3.6	117	25	—	133	28	1351	27	276	2.7	341	10.7	96
10.00			175	—	150	157	—	13.8	94.4	252	1.41	1230	—	—	—	3.6	118	25	—	155	26	1166	36	356	2.7	337	10.6	96
11.00			177	—	151	158	—	14.2	93	2.61	1.48	1200	1.1	—	—	3.6	111	26	—	183	26	1213	37	371	2.7	335	10.5	96
12.00			172	—	150	158	—	15.0	92.4	2.68	1.48	1190	—	—	—	3.7	114	26	—	168	33	1226	38	329	2.7	332	10.5	96
13.00			172	—	148	156	—	14.6	92.8	2.59	1.44	1150	—	—	—	3.7	113	26	—	209	28	1141	39	391	2.75	327	10.4	96
14.00			174	—	147	155	—	15.4	92.9	2.58	1.43	1160	1.3	—	—	3.6	115	26	—	238	31	1210	41	456	2.8	324	10.5	96
15.00			174	—	150	158	—	15.0	92.5	2.58	1.4	1110	—	—	—	3.6	115	27	—	215	38	1240	41	389	2.8	332	10.4	96
16.00			174	—	151	158	0.6	13.2	93.8	2.42	1.3	1130	—	—	—	3.6	114	26	—	261	30	1231	40	404	2.8	334	10.3	96
17.00			174	—	148	156	—	13.4	93.1	2.38	1.24	1190	1.2	—	—	3.5	121	26	—	204	31	1251	39	396	2.8	334	10.4	96
18.00			174	—	152	160	—	14.2	92.9	2.39	1.23	1200	—	—	—	3.6	122	25	—	173	28	1276	35	354	2.8	329	10.3	96
19.00			175	—	151	160	—	14.6	93.5	2.42	1.23	1180	—	—	—	3.6	122	25	—	228	30	1311	34	346	2.8	328	10.4	96
20.00			176	—	151	160	—	14.0	93.2	2.4	1.21	1220	1.1	—	—	3.6	122	25	—	206	35	1160	34	390	2.8	309	10.5	96
21.00			176	—	155	163	—	13.2	93.3	2.39	1.21	1230	—	—	—	3.6	122	25	—	211	27	1210	35	332	2.8	305	10.5	96
22.00			176	—	152	161	—	12.6	93.9	2.4	1.22	1240	—	—	—	3.6	123	25	—	140	26	1250	34	375	2.8	298	10.5	96
23.00			176	—	143	153	—	14	93.1	2.41	1.24	1280	0.7	—	—	3.5	122	25	—	187	30	1150	34	361	2.8	305	10.6	96
24.00			176	—	147	151	—	13.6	93.5	2.4	1.23	1240	—	—	—	3.5	122	25	—	165	31	1360	34	301	2.8	305	10.7	96
1.00			176	—	152	160	—	13.4	94.1	2.51	1.33	1230	—	—	—	3.5	123	25	—	171	28	1160	32	375	2.8	305	10.7	96
2.00			177	—	150	156	—	14	93.6	2.57	1.35	1230	1.0	—	—	3.5	124	25	—	180	30	1230	33	319	2.8	300	10.7	96
3.00			177	—	148	154	—	14.0	93.9	2.56	1.4	1220	—	—	—	3.5	123	25	—	201	29	1220	33	273	2.8	299	10.7	96
4.00			177	—	151	156	—	15.2	93.0	2.54	1.38	1200	—	—	—	3.5	123	25	—	196	29	1210	30	281	2.8	298	10.7	96
5.00			177	—	154	158	—	14.8	93.4	2.52	1.39	1220	1.1	—	—	3.5	122	25	—	190	30	1240	30	293	2.8	301	10.7	96
6.00			177	—	153	151	—	14.4	94.2	2.56	1.39	1230	—	—	—	3.5	123	25	—	185	32	1196	29	298	2.8	301	10.7	96
7.00			177	—	149	158	—	14.0	95.7	2.53	1.37	1230	—	—	—	3.5	123	25	—	193	30	1221	27	292	2.8	299	10.6	96

PREHEATER & PRECALCINER / I.D.FAN / C.TOWER

HOURSE	302019 Fuel Oil Flowrate مقدار سوخت مازوت m^3/h	Gas Flowrate مصرف گاز nm^3/h	302017 Tertiary Air Temp درجه حرارت هوای ثالثیه C°	302016 Tertiary Air Suction مکش هوای داخل لوله هوای ثالثیه dPa	302015 Kiln Feed Temp درجه حرارت خوراک کوره	302002 C_1 Outlet Gas Temp درجه حرارت گاز سیکلون یک C°	302003 C_2 Gas Temp درجه حرارت گاز سیکلون دو C°	302006 C_3 Gas Temp درجه حرارت گاز سیکلون سه C°	302009 C_4 Gas Temp درجه حرارت گاز سیکلون چهار C°	302013 C_5 Gas Temp درجه حرارت گاز سیکلون پنج C°	302011 Kiln Inlet Mat Temp درجه حرارت مواد در ورودی کوره کلساینر C°	302001 C_1 Cone Gas Suction مکش گاز سیکلون یک hPa	302004 C_2 Cone Gas Suction مکش گاز سیکلون دو hPa	302007 C_3 Cone Gas Suction مکش گاز سیکلون سه hPa	302010 C_4 Cone Gas Suction مکش گاز سیکلون چهار hPa	302012 C_5 Cone Gas Suction مکش گاز سیکلون پنج hPa	309101 O_2 درصد اکسیژن در خروجی پیش گرمکن %	309102 CO درصد منو اکسید کربن در خروجی پیش گرمکن %	309115 Motor Intensity آمپر موتور A	309114 Motor Speed I.D.FAN دور در دقیقه RPM	309113 Bearing I Temp درجه حرارت یاتاقان یک C°	P 309128 Suction After Ep مکش بعد از Esp kpa	309114 Position I.D.FAN درصد بازبودن دریچه %	309112 Vibration I.D.FAN مقدار لرزش mm/s	309106 Exit Gas Temp درجه حرارت گاز خروجی از برج خنک کن C°	309109 Cooling Tower Valve Position درصد باز بودن مسیر آب برج خنک کن	309107 Outlet Mat Temp درجه حرارت مواد خروجی از برج خنک کن C°
8.00	5.8	—	—	30	820	326	526	680	773	849	782	49	39	12	27	7	5.7	0.6	1841	810	57	90	96	1	233	77	149
9.00	5.8	—	—	24	814	328	529	681	772	842	781	48	39	15	20	7	5.6	0.5	1833	810	58	90	96	1	238	77	151
10.00	5.8	—	—	28	819	329	531	682	772	849	780	48	39	17	21	7	5.8	0.6	1811	810	60	90	96	1	239	77	155
11.00	5.9	—	—	30	823	328	530	681	771	854	781	49	40	16	20	7	5.7	0.7	1814	810	61	90	96	1	239	77	156
12.00	5.6	—	—	30	814	328	529	679	768	851	780	49	40	18	21	8	5.9	0.6	1821	810	62	90	96	1	240	77	156
13.00	5.6	—	—	26	821	331	533	681	769	850	780	48	39	17	20	6	6.0	0.5	1813	810	63	88	96	1	243	77	160
14.00	5.6	—	—	27	838	335	535	684	770	861	779	49	40	20	20	6	6.3	0.4	1866	810	64	88	96	1	246	77	161
15.00	5.4	—	—	28	822	334	532	679	766	852	778	49	40	14	21	6	6.4	0.5	1852	810	65	87	96	1	244	77	160
16.00	5.5	—	—	27	829	333	531	681	766	860	778	50	40	17	21	6	6.3	0.5	1860	815	65	87	96	1	244	77	160
17.00	5.5	—	—	28	820	330	529	676	764	851	779	49	39	16	20	7	6.4	0.5	1820	810	65	88	96	1	241	77	161
18.00	5.4	—	—	31	810	328	526	673	760	837	778	49	40	18	21	7	6.4	0.5	1831	810	66	87	96	1	241	77	160
19.00	5.5	—	—	28	816	333	530	677	761	845	778	50	41	16	21	6	6.4	0.5	1841	770	65	12	96	1	167	10	139
20.00	5.7	—	—	27	820	334	533	681	767	855	779	49	40	16	20	8	6.2	0.5	1830	765	61	8	96	1	160	10	107
21.00	5.7	—	—	24	820	333	534	680	766	845	779	48	39	16	21	7	6.3	0.5	1835	765	61	8	96	1	159	10	105
22.00	5.7	—	—	29	819	331	532	679	770	855	779	49	40	17	20	7	6.5	0.6	1830	765	59	8	96	1	158	10	104
23.00	5.7	—	—	27	813	330	531	679	770	840	779	48	38	16	20	7	6.4	0.6	1840	8—	59	80	96	1	215	60	123
24.00	5.7	—	—	30	813	332	533	679	775	845	778	48	39	17	21	8	6.5	0.6	1841	83	59	83	96	1	220	60	140
1.00	5.7	—	—	31	807	331	531	678	773	—	778	48	39	18	20	7	6.6	0.6	1816	84	59	84	96	1	221	60	143
2.00	5.7	—	—	31	810	333	535	681	773	860	779	48	39	19	20	7	6.6	0.6	1830	84	59	84	96	1	221	60	147
3.00	5.7	—	—	29	810	532	531	679	772	857	779	49	39	16	21	7	6.7	0.6	1840	803	58	83	96	1	220	60	146
4.00	5.7	—	—	29	810	333	534	680	775	855	780	49	39	18	20	7	6.6	0.6	1796	800	58	86	96	1	221	60	146
5.00	5.7	—	—	28	812	331	532	677	773	854	779	49	39	18	21	6	6.6	0.6	1816	800	58	84	96	1	220	60	145
6.00	5.7	—	—	29	810	332	532	677	775	850	781	48	38	19	21	7	6.7	0.6	1832	800	58	86	96	1	226	60	146
7.00	5.7	—	—	28	801	330	530	676	767	843	780	48	39	20	20	6	6.7	0.5	1812	800	57	84	96	1	219	60	141

	Kiln Burner مقدار سوخت مصرفی مشعل اصلی کوره: Heavy Oil Lit مازوت	Kiln Burner: Gas nm^3 گاز	Precalciner Burner مقدار سوخت مصرفی مشعل پری کلساینر: Heavy Oil Lit مازوت	Precalciner Burner: Gas nm^3 گاز	Kiln Feed (ton) مقدار خوراک کوره	Clinker production (ton) مقدار کلینکر تولیدی	Specific Heat Consumption (kcal/kg) حرارت مخصوص مصرفی	Power Consumption (kw) برق مصرفی	Specific Power Consumption (kwh/t clinker) انرژی مخصوص مصرفی جهت پخت کلینکر
Today امروز	87600	—	136200	—	4238	2,568	718	64602	25.1
Prev. day جمع تا روز قبل	3788800	6718810	5662800	9323925	462472	280258	749	7146545	25.5
Sum جمع کل	3.876.400	6,718,810	5.799.000	9329.925	466710	282.826	749	7,211,147	25.5

FIRST SHIFT OPERATOR : ....
اپراتور شیفت 1

SECOND SHIFT OPERATOR : ....
اپراتور شیفت 2

مدیر تولید

کد: Q33F18/00

رئیس بهره برداری

GRATE COOLER DAILY REPORT

گزارش روزانه بخش خنک کن کلینکر

بنام خدا

HEGMATAN CEMENT PLANT

کارخانه سیمان هگمتان

سیمان هگمتان

DATE : ..... سه شنبه بیست و پنجم مرداد ماه ۹۴ تاریخ : .....

30 * 2.75 { R1 = 110 → 13.3 ; R2 = 170 → 20.6 ; R3 = 60 → 7.3

ساعت کارکرد HOURSE	ساعت شروع به کار START	ساعت توقف STOP	Cooler Drive محرک کولر						Grate Temp °C دمای صفحات گریت						Chamber 0 اطاقچه ابتدا			Chamber 1 اطاقچه اول			Chamber 2 اطاقچه دوم			Chamber 3 اطاقچه سوم			Chamber 4 اطاقچه چهارم			Chamber 5 اطاقچه پنجم			Chamber 6 اطاقچه ششم					EP Fan فن الکترو فیلتر			Clinker Transport نوار انتقال کلینکر				سیلوی برداشت مواد Kiln Feed Silo	REMARKS توضیحات
			سرعت گریت یک کولر SPM	آمپر موتور گریت یک A	سرعت گریت دو کولر SPM	آمپر موتور گریت دو A	سرعت گریت سه کولر SPM	آمپر موتور گریت سه A	T304006	T304007	T304008	T304009	T304010	T304011	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	مقدار هوای ورودی m^3/min	مقدار آمپر موتور فن A	فشار هوای زیر محفظه hPa	آمپر شکن کلینکر A	آمپر موتور دراگ چین A	سرعت فن RPM	موقعیت دریچه %	درجه حرارت هوای خروجی از کولر C°	آمپر موتور نوار مرحله اول A	آمپر موتور نوار مرحله دوم A	سطح کلینکر در داخل سیلو %	درصد کلینکر خام در سیلوی بای پس %		
8.00			20	14	22	19	25	21	72	56	76	43	39	148	320	142	44	340	145	37	400	151	33	360	72	29	370	81	22	1000	183	16	1300	187	11	7	117	785	96	291	34	27	98	97	1	
9.00			18	19	20	24	23	15	76	60	73	50	41	158	320	144	43	340	144	36	400	150	32	360	70	28	370	80	21	1000	181	15	1300	181	10	7	120	751	96	224	33	28	98	97	1+2	→ 8:30
10.00			17	19	16	14	22	8	66	46	56	42	40	54	320	144	40	340	143	33	400	149	29	360	72	26	370	79	20	1000	181	15	1300	184	10	7	111	754	96	209	30	25	98	97	1+2	
11.00			17	1	18	5	22	8	70	48	59	43	42	54	320	139	42	340	145	34	400	147	30	360	72	27	370	81	22	1000	185	16	1300	186	10	7	115	748	96	250	33	28	98	97	1+2	
12.00			17	7	19	19	22	18	70	51	60	47	46	55	320	139	44	340	144	37	400	150	32	360	71	29	370	82	23	1000	191	18	1300	186	13	7	115	759	96	285	35	29	98	97	1+2	
13.00			16	14	18	10	22	21	76	52	59	46	45	59	320	136	39	340	145	33	400	148	29	360	70	27	370	81	22	1000	190	16	1300	188	11	7	119	746	96	270	33	27	98	97	1+2	
14.00			16	9	18	18	22	12	78	53	61	50	46	66	320	140	41	340	146	35	400	146	30	360	70	28	370	80	23	1000	186	17	1300	189	11	7	120	733	96	234	32	27	98	97	1+2	
15.00			16	13	18	15	22	21	84	58	66	54	59	71	320	139	47	340	145	39	400	148	35	360	70	29	370	81	25	1000	186	18	1300	186	12	7	116	741	96	256	33	28	98	97	1+2	
16.00			16	18	18	10	22	17	80	55	67	51	50	73	320	138	45	340	144	37	400	150	33	360	71	30	370	82	24	1000	192	19	1300	192	13	7	115	745	96	287	35	27	98	97	2	→ 15:30
17.00			18	19	20	13	25	20	84	57	75	53	50	69	320	140	42	340	145	36	400	149	32	360	71	28	370	82	23	1000	186	17	1300	189	12	7	114	766	96	310	33	28	98	97	2	
18.00			19	18	20	11	23	14	91	63	81	56	58	77	320	140	48	340	146	40	400	148	33	360	70	28	370	80	24	1000	189	16	1300	190	12	7	116	771	96	291	33	28	45	97	2	
19.00			18	10	20	15	23	8	105	66	84	57	51	93	320	139	40	340	144	34	400	149	30	360	71	27	370	81	21	1000	185	16	1300	185	11	7	115	792	96	318	37	30	45	97	2	
20.00			20	20	22	17	28	14	127	74	87	60	51	98	320	134	36	340	145	31	400	145	28	360	71	25	370	79	20	1100	180	14	1300	187	10	7	111	801	96	320	35	30	45	97	2	
21.00			19	18	20	18	27	15	74	53	77	57	46	96	320	135	40	340	145	32	400	147	30	360	71	26	370	79	21	1100	178	15	1300	186	10	7	112	774	96	291	33	30	45	97	2	
22.00			20	17	21	19	27	16	114	80	90	59	49	90	320	136	37	340	146	33	400	149	31	360	70	31	370	83	27	1100	196	18	1300	192	15	7	115	806	96	310	36	33	45	97	2	
23.00			19	10	20	12	27	11	77	53	79	54	45	101	320	140	40	340	145	34	400	151	30	360	72	26	370	80	20	1100	179	14	1300	186	10	7	107	788	96	280	32	27	45	97	2	
24.00			20	11	22	17	28	10	91	54	76	51	45	97	320	137	40	340	144	33	400	149	30	360	71	26	370	80	20	1100	181	14	1300	181	11	7	112	799	96	281	33	28	45	97	2	
1.00			20	14	22	13	28	20	69	54	78	50	45	91	320	141	41	340	145	35	400	150	31	360	72	27	370	79	21	1100	177	14	1300	188	10	7	110	780	96	277	35	27	45	97	1+2	→ 24
2.00			19	11	20	15	25	10	74	55	67	54	46	65	320	142	40	340	146	32	400	150	28	360	71	25	370	80	19	1100	180	13	1300	185	9	7	108	810	96	255	34	28	45	97	—	
3.00			17	19	19	14	27	7	72	53	69	55	45	69	320	138	40	340	148	37	400	152	33	360	72	28	370	81	21	1100	184	16	1300	188	11	7	109	818	96	270	33	27	45	97	—	
4.00			19	16	20	19	25	14	80	53	78	56	40	96	320	145	44	340	144	37	400	150	33	360	72	29	370	80	22	1100	186	16	1300	184	11	7	111	806	96	216	34	26	45	97	—	
5.00			18	17	20	19	25	21	62	55	70	52	42	79	320	146	41	340	148	35	400	152	30	360	71	28	370	81	23	1100	179	17	1300	186	10	7	110	819	96	225	33	28	45	97	—	
6.00			18	13	20	15	25	8	69	58	86	44	43	78	320	148	47	340	146	39	400	148	35	360	72	29	370	82	25	1100	183	18	1300	187	11	7	109	823	96	236	34	28	45	97	—	
7.00			18	12	20	18	25	13	56	47	76	46	40	125	320	143	46	340	148	39	400	147	34	360	71	29	370	80	24	1100	180	18	1300	185	10	7	110	802	96	312	33	27	45	97	—	

SPECIFIC POWER CONSUMPTION OF GRATE COOLRE : ..... (KWH/T)

انرژی مخصوص مصرفی در خنک کن کلینکر

FIRST SHIFT OPERATOR : .....

اپراتورشیفت 1

SECOND SHIFT OPERATOR : .....

اپراتورشیفت 2

مدیر تولید

کد : Q33F19/00

رئیس بهره برداری

۸۶۳٫۸

ساعت	کوره: خوراک کوره	کوره: دور کوره	کوره: A موتور اصلی	کوره: ماکزیمم دمای بالاتایرها	سوخت (گاز / مازوت): کوره	سوخت: کلساینر	% دریچه T.A	شنک %	ایرلیفت: A	ایرلیفت: A	ID فن: Kw/A	ID فن: دور rpm	آنالیزور گاز (%): O2 خروجی P.H	آنالیزور گاز: CO خروجی P.H	آنالیزور گاز: O2 اینلت	آنالیزور گاز: Co اینلت
۸	205	2.4	510	48/2	3190 / 900	3400 / 2900		23	230	256	1050	876	4.5	0.4		
۹							⑪									
۱۰	195	1.85	387	47/2	4430	3560 / 1930		26	217	245	935	846	4.9	0.03		
۱۱	195	1.51	516	47/2	4350	2750 / 1930		30	217	251	920	826	5.5	0.3		
۱۲	197	1.50	449	46/2	2330 / 1650	4260 / 1920		18	220	256	819	796	4.0	0.5		
③	205	1.8	497	~	2320 / 1650	4790 / 1900		25	231	261	896	873	3.9	0.2		⑤
④	211	2.0	470	~	2300 / 1660	5100 / 1920		28	233	263	919	817	3.7	0.1		
۱۵	211	2.25	505	44/2	2340 / 1650	4920 / 1920		24	232	265	891	817	3.7	0.4		
۱۶	211	2.44	477	~	2340 / 1660	5030 / 1930		26	230	260	1000	847	3.7	0.3		
۱۷	211 ⑧	2.8	410	~	4200	4590 / 1920		30	231	265	944	847	3.9	0.4		
۱۸	211	2.7	470	~	4220	4590 / 1920		22	231	262	991	846	4.5	0.4		⑥
۱۹	211	2.7	427	44/2	4210	4630 / 1930		24	235	265	956	847	4.2	0.07		
۲۰	211	2.7	399	~	4200	4580 / 1930		28	231	262	978	~	4.0	0.53		
۲۱	211	2.7	415	~	4190	4500 / 1930		27	233	263	988	~	4.2	0.03		
۲۲	211	2.5	385	~	4183	4200 / 1930		32	234	264	993	~	4.6	0.56		
۲۳	205	2.37	370	~	4320	4300 / 1930		24	228	259	973	836	4.4	0.49		
۲۴	205	2.1	402	43/2	4210	3800 / 1925	124	25	228	259	945	~	4.5	0.05		
۱	205	2.1	454	43/2	4210	3800 / 1925		30	227	257	957	~	4.8	0.09		
۲	205	2.1	410	42/2	4200	3900 / 1920	148	33	229	258	931	~	4.0	0.11		
۳	200	1.9	458	~	4200	3770 / 1920		30	222	255	931	836	5.0	0.4		
۴	200	1.9	640	~	4190	3860 / 1920	131	31	220	254	920	~	5.1	0.08		
۵	203	2.1	571	~	4180	4052 / 1930		22	228	257	959	~	4.6	0.2	⑨	
۶	205	2.2	595	41/2	4170	4042 / 1930		30	222	248	947	837	4.1	0.03		⑩
۷	205	2.26	548	~	4180	4083 / 1930		22	228	254	943	~	4.5	0.07		

ساعت	درجه حرارت C: منطقه پخت	سرکوره	هوای ثالثیه	سیکلون ۵	مواد سیکلون ۵	سیکلون ۴	مواد سیکلون ۴	سیکلون ۳	سیکلون ۲	سیکلون ۱	ورودی EP	خروجی EP	ورودی برج	خروجی برج	آب مصرفی برج
۸	1150	825	258	[illegible] / 615	855	803	755	702	549	343	82	87	350	233	13
۹															
۱۰	[illegible]	893	263		920	821	766	716	563	356	82	86	344	236	13
۱۱	1105	822	297	836	835	803	780	701	549	344	79	84	342	226	13
۱۲	1050	852	289	877	816	810	763	718	561	349	91	89	341	227	13
③	1320	873	286	887	823	809	774	705	550	339	80	87	339	220	13
④	1290	915	297	889	832	818	780	689	532	327	83	86	327	211	13
۱۵	1280	969	314	918	864	808	780	691	533	325	83	87	332	211	13
۱۶	1290	910	324	930	862	810	779	695	538	331	82	85	337	224	13
۱۷	1250	984	323	890	835	810	779	714	555	336	84	86	335	223	13
۱۸	1300	908	309	894	831	807	775	698	542	331	84	86	337	222	13
۱۹	1290	961	311	909	856	816	782	694	538	329	83	86	330	215	13
۲۰	1267	974	319	920	852	809	779	693	536	328	178	164	335	219	~
۲۱	1250	985	299	890	860	825	785	687	530	327	180	181	329	218	~
۲۲	1180	927	303	910	856	802	778	685	529	326	181	186	333	213	~
۲۳	1150	871	307	906	845	804	794	696	539	330	182	184	339	219	~
۲۴	1220	888	274	932	887	802	775	688	534	329	82	110	330	215	~
۱	1300	908	280	928	846	808	776	685	531	329	82	93	330	217	~
۲	1250	930	285	950	850	804	777	657	533	328	84	109	335	217	~
۳	1310	887	275	918	872	802	778	690	536	329	80	88	336	219	~
۴	1260	883	257	957	920	803	771	690	537	332	80	85	337	221	~
۵	1260	914	264	942	903	807	777	696	540	333	81	86	338	220	~
۶	1290	912	264	926	880	807	779	696	544	335	79	84	340	221	~
۷	1300	928	269	929	891	807	778	696	543	334	83	86	337	221	~

ساعت	فشار (-mbar): سرکوره	هوای ثالثیه	اینلت	سیکلون ۵	هاپر ۵ Ca	سیکلون ۴	هاپر ۴	سیکلون ۳	سیکلون ۲	سیکلون ۱	کیفیت خوراک: الک ۹۰	الک ۴۹۰۰	LSF / Tlt	SIM	ALM	LP	کیفیت محصول: وزن لیتری	آهک آزاد	
۸	0.3	818	261	11	14	19	19	31	42	54	24	16	93.3	2.58	1.19	25.9	1160	2.7	
۹																			
۱۰	0.3	9	3.5	12	14	18	19	30	39	51			92.7	2.49	1.16	26.7	1070	3.2	
۱۱	0.2	5	2.4	8	11	14	14	26	36	47							1060		
۱۲	0.1	6	2.4	8	10	14	15	25	36	46			92	2.52	1.05	26.2	1050	4.6	
③	0.1	5	2.1	8	11	15	15	27	37	48							1300		
④	0.2	6	2.5	9	11	16	16	27	38	50			90.8	2.55	1.15	26.5	1160	1.9	
۱۵	0.1	6	2.5	9	11	16	16	27	39	50							1300 / 1250		
۱۶	0.2	6	2.3	9	12	16	17	28	39	52	2.5	16	92.5	2.49	1.2	26.8	1270	1.5	
۱۷	0.1	7	3.1	10	13	17	18	30	40	53							1270		
۱۸	0.1	6	2.4	9	11	16	16	28	39	52			89.1	2.53	1.17	26.9	1210	0.91	①
۱۹	0.1	6	2.5	10	13	17	18	28	38	52							1330		
۲۰	0.1	6	2.1	9	12	16	17	28	39	50	3	17	89.5	2.51	1.17	26.9	1310	0.75	①
۲۱	0.2	7	2.5	11	13	17	18	28	38	51							1220		
۲۲	0.1	7	2.7	8	11	16	17	30	40	52	⑦		93.2	2.4	1.3	27.7	1170	2.1	②
۲۳	0.1	6	3.1	9	12	16	17	28	38	50							1160		
۲۴	0.1	7	3.0	12	15	19	19	32	41	53	2.6	16	93.5	2.48	1.18	26.6	1150	2.57	
۱	0.1	7	2.6	11	14	18	18	30	41	52							1120		
۲	0.1	7	2.8	10	13	17	18	30	40	50			92.5	2.44	1.24	27.4	1140	3.2	
۳	0.1	6	2.7	11	14	19	18	31	41	57							1190		
۴	0.1	7	3.6	11	14	14	19	31	41	51			90.8	2.53	1.15	26.8	1180	2.75	
۵	0.1	6	3.1	10	14	19	19	31	40	51							1220		
۶	0.1	5	2.7	9	13	17	17	29	41	57			91.2	2.51	1.18	26.7	1300	0.78	
۷	0.1	7	3.0	10	13	18	18	28	39	51							1320		

1	2	بای پاس	[illegible]	خوراک مصرفی	4830
				شنک کلینکر	2548
37.6	38.4	7		Div%	52

سوخت	کوره		کلساینر	
کنترل	8: 90329	O: 4371	8: 95618	O: 46816
محل	8: —		8: —	O: —

23.6

توضیحات:
8:25 قطع بار بعلت عبور نکردن بار از سیکلون 5 طبق اطلاع اپراتور محل
8:45 باردهی به کوره

بنام خدا

RAW MILL DAILY REPORT

گزارش روزانه تولید آسیاب مواد

HEGMATAN CEMENT PLANT

کارخانه سیمان هگمتان

سیمان هگمتان

DATE : 25-5-84

تاریخ : .....

ساعت کارکرد HOURSE	ساعت شروع به کار START	ساعت توقف STOP	MILL FEED				MILL DRIVE CLASSIFIER						E.P FAN					MILL CONDITIONS						AIRLIFT				RAW MEAL								REMARKS توضیحات
			Raw Mix مارن ton/h	Lim Stone سنگ آهک ton/h	Iron Ore سنگ آهن ton/h	Total جمع تناژ مواد ورودی به آسیاب ton/h	Main Motor Intensity آمپر موتور اصلی A	Thrust Bearing I Temp درجه حرارت بلبرینگ یک C°	Thrust Bearing II Temp درجه حرارت بلبرینگ دو C°	Mill Vibration مقدار لرزش آسیاب مواد mm/sec	Motor Intensity آمپر موتور کلاسیفایر A	Damper Position دریچه روغن کلاسیفایر %	Bearing I Temp درجه حرارت یاتاقان شماره یک C°	Bearing II Temp درجه حرارت یاتاقان شماره دو C°	Mill Fan Damper Position موقعیت دریچه فن آسیاب %	Mill Fan Motor Intensity آمپر موتور فن آسیاب A	Mill Fan Vibration ویبره میل فن mm/sec	Inlet Mill Suction مکش گاز ورودی به آسیاب Kpa	Inlet Mill Temp درجه حرارت گاز ورودی C°	Mill Diff Pressure اختلاف فشار گاز ورودی و خروجی آسیاب Kpa	Outle: Mill Temp درجه حرارت گاز خروجی آسیاب C°	WaterConsumption مقدار آب مصرفی برج آسیاب m³/h	Blower I Intensity آمپر موتور بلوور شماره یک A	Blower II Intensity آمپر موتور بلوور شماره دو A	Blower III Intensity آمپر موتور بلوور شماره سه A	Material To Silo شارژ مواد به سیلوی	Finness نرمی: M.900 % باقیمانده روی الک	Finness نرمی: M.4900 % باقیمانده روی الک	LSF نسبت آهک اشباع	SIM نسبت مدول سیلیس	ALM نسبت مدول آلومینیوم	TITRATION درصد کربنات کلسیم	Motor Elevator موتور الواتور 201014 A	Temp . Mill Fan دمای سیم پیچ میانی میل فن 205011 C°	
8.00			238	12.5	3.4	255	104	67	66	6	64	81	53	51	70	180	2.1	1.0	185	2.2	86	4.9	160	159	—	1	—	15.0	92.9	2.84	1.76	—	11.8	70	
9.00			237	12.5	3.4	255	103	67	66	7	63	81	53	52	70	179	2.1	0.9	188	2.3	88	7.5	165	163	—	1	0.6	15.2	93.1	2.86	1.75	—	11.7	71	ساعت توقف به 18:30
10.00			238	12.5	3.4	255	101	67	66	6	64	80	56	55	70	178	2.1	0.9	191	2.2	86	4.8	180	178	—	1	—	15.6	93.6	2.84	1.76	—	11.2	73	علت توقف : برق
11.00			239	13.7	3.4	255	106	68	67	6	63	80	59	56	70	178	2.0	0.8	190	2.2	89	7.3	155	152	—	1	—	15.4	93.3	2.87	1.78	—	11.7	74	
12.00			226	11.9	5.3	245	96	64	67	7	63	80	61	57	70	176	1.9	1.0	189	2.1	91	7.2	159	159	—	1	—	15.2	92.4	2.77	1.62	—	10.8	76	
13.00			227	11.9	5.3	245	97	69	67	7	62	80	62	58	70	177	1.9	0.9	191	2.2	89	6.4	162	160	—	1	—	15.4	92.2	2.67	1.51	—	11.0	76	
14.00			229	10.9	5.3	245	108	69	68	8	63	80	62	58	70	178	1.8	0.9	194	2.0	86	10.1	152	151	—	1	—	15.2	98.0	2.55	1.52	—	10.8	77	
15.00			225	11.9	8.2	245	106	69	68	6	63	80	62	58	70	178	1.7	0.9	192	2.0	85	7.1	158	157	—	1	0.6	15.8	90.8	2.58	1.91	—	10.8	78	ساعت توقف :
16.00			226	10.7	8.2	245	101	69	68	7	63	80	63	59	70	178	1.7	1.0	193	1.9	88	6.6	155	153	—	1	—	14.8	90.9	2.5	1.26	—	10.9	78	علت توقف :
17.00			235	10.7	9.7	245	122	70	68	7	63	80	63	59	70	177	1.5	1.0	194	2.1	88	6.2	168	166	—	1	—	14.6	89	2.4	1.15	—	11.2	79	
18.00	18:30		231	9.7	10.0	250	106	70	69	10	62	79	64	59	70	179	1.7	1.0	191	2.0	88	6.8	168	166	—	1	—	15.0	96.1	2.42	1.1	—	9.7	79	
19.00													61	60	24	164																	70	
20.00													60	60	24	162																	64	
21.00													60	60	24	162																	58	ساعت توقف :
22.00													56	58	24	163																	55	علت توقف :
23.00													56	56	24	163																	54	
24.00			231	11.1	10.0	250	110	68	67	9	58	75	59	58	70	179	1.8	1.0	175	1.8	86	2.1	159	161	—	1	—	16.2	88	2.38	1.42	—	10.6	67	
1.00			231	9.5	8.7	250	107	68	67	8	58	76	58	57	70	176	2.1	1.0	175	1.9	82	5	173	169	—	1	—	16.6	92	2.37	1.19	—	10.2	70	
2.00			232	9.5	8.4	250	114	68	67	9	59	77	57	54	70	175	2.1	0.9	175	1.9	88	3.2	167	165	—	1	—	16.4	90.5	2.93	1.21	—	10.0	71	
3.00			230	9.5	8.4	250	106	68	67	7	61	79	56	54	70	176	2.1	0.8	178	1.9	90	6.8	172	168	—	2	—	16.4	92.8	2.41	1.19	—	10.7	70	
4.00			231	9.5	8.4	250	111	68	67	7	61	79	56	53	70	176	2.1	0.8	177	1.9	86	6.9	160	168	—	1	—	15.8	94.2	2.41	1.18	—	10.8	70	ساعت توقف : 7:00
5.00			230	9.5	9.4	250	109	68	67	9	61	79	56	54	70	177	2.2	0.9	176	1.9	88	7.9	171	174	—	1	—	15.4	98.5	2.42	1.13	—	11.2	71	علت توقف :
6.00			230	12.5	9.4	250	121	68	67	9	61	79	56	54	70	176	2.1	0.9	178	1.9	85	7.8	175	178	—	1	—	15.6	91.5	2.49	1.2	—	10.8	71	
7.00			230	11.1	8.7	250	117	68	67	7	61	79	56	55	70	174	2.0	0.9	177	1.9	82	7.7	166	163	—	1	—	15.8	91	2.44	1.2	—	11.0	72	

SPECIFIC POWER CONSUMPTION OF MILL : 21225 (KWH/T)

LEVEL OF SILO I : 83 (%)

مقدار تولید مواد خام شیفت 1 = 2800

مقدار تولید مواد خام شیفت 2 = 2000

اپراتور شیفت 1 FIRST SHIFT OPERATOR : .....

برق مصرفی در مجموع آسیاب مواد برای هر تن مواد آسیاب شده

SPECIFIC POWER CONSUMPTION OF DEPAR : 26857 (KWH/T)

LEVEL OF SILO II : 62 (%)

جمع تولید مواد خام در دو شیفت = 4800

اپراتور شیفت 2 SECOND SHIFT OPERATOR : .....

مدیر تولید

کد : Q33F04/00

رئیس بهره برداری

CEMENT MILL DAILY REPORT

گزارش روزانه بهره برداری آسیاب سیمان مدار باز

بنام خدا

HEGMATAN CEMENT PLANT

کارخانه سیمان هگمتان

سیمان هگمتان

DATE : .....

تاریخ : ۸۴/۵/۲۵

بیست و پنجم اردیبهشت ماه

ساعت کارکرد HOURSE	ساعت شروع به کار START	ساعت توقف STOP	MILL FEED				MILLDRIVE						MILL CONDITIONS								E . P						403225 خانه اول		403224 خانه دوم		AIRLIFT		CEMENT				Silo Production
			401201 Clinker کلینکر	401202 Gypsum سنگ گچ	401203 Pozzolana پوزولان	Total مجموع خوراک آسیاب	403246 Mill Motor آمپر موتور اصلی آسیاب	T403141/42/43 Max Motor درجه حرارت سیم پیچی داخل موتور اصلی آسیاب	403226 Gear Box. Temp درجه حرارت رویلبرینگ گیربکس	403201 Bearing I Temp درجه حرارت بلبرینگ شماره یک	403202 Bearing II Temp درجه حرارت بلبرینگ شماره دو		403221 Noise Level درصد پر بودن آسیاب	403229 Mill Outlet Suction مکش خروجی آسیاب	403230 Air Outlet Temp درجه حرارت هوای خروجی آسیاب	403236 Cement Temp درجه حرارت سیمان تولیدی	403218 Consumption Water مقدار آب مصرفی آسیاب	403225 Oil Gearbox Behined Cooler دمای روغن قعب گیربکس	A 405201 Bucket Elevator آمپر الواتور		403232 Outlet Air Temp درجه حرارت هوای خروجی	403231 Outlet Air Suction مکش خروجی هوا از آسیاب	403233 Fan Damper Position درصد دریچه فن الکترو فیلتر	403237 Fan Motor Intensity آمپر موتور فن الکترو فیلتر	4032345 Max.Fan Bearing Temp درجه حرارت یاتاقان فن الکترو فیلتر										
			ton/h ساعت، تن	ton/h ساعت، تن	ton/h ساعت، تن	ton/h ساعت، تن	A آمپر	C° درجه حرارت	C°	C°	C°		%	pa	C°	C°		C°	A		C°	pa	%	C°	C°		mA میلی آمپر	kV کیلو ولت	mA میلی آمپر	kV کیلو ولت	A آمپر بلوور ایرلیفت	A آمپر بلوور ایرلیفت	cm²/gr Blaine (سطح مخصوص) بلین	M.900 % باقیمانده روی الک	M.4900 % باقیمانده روی الک	Initial Setting Min	
8.00			70	4	5	79	204	81	48	42	43		100	0.4	98	120	—	45	20		78	1.7	60	19	47		50	73	43	64	184	—	9860	—	4.0		I
9.00			70	4	5	79	205	81	48	42	44		41	0.4	84	100	—	46	19		73	1.7	60	17	41		50	71	79	70	185	—	2920	—	4.4		
10.00			70	4	5	79	204	82	48	42	44		44	0.3	93	118	—	45	20		72	1.5	60	15	37		46	72	36	62	188	—	3020	—	4.2		I
11.00			68	4	5	77	200	83	48	43	44		41	0.3	97	117	—	46	20		77	1.4	55	14	34		48	72	73	71	184	—	2960	—	4.8	160	
12.00			68	4	5	77	201	84	49	43	45		40	0.3	87	106	—	46	20		76	1.3	55	11	39		56	71	76	70	181	—	3180	—	3.4	199	I
13.00			68	4	5	77	201	86	49	44	45		40	0.3	87	103	—	48	20		74	1.2	50	11	43		51	72	78	70	180	—	3080	—	4.0		
14.00			68	4	5	77	199	87	49	44	45		41	0.3	88	105	—	48	20		74	1.2	50	11	46		56	72	78	70	181	—	2940	—	4.2	165	I
15.00			68	4	5	77	201	89	50	45	45		43	0.3	88	111	—	48	20		75	1.2	50	11	45		45	71	75	71	183	—	3000	—	4.8	199	
16.00			68	4	5	77	198	89	50	45	45		44	0.3	91	113	—	48	21		77	1.2	56	11	43		53	72	74	70	181	—	2860	—	5.2		I
17.00			68	4	5	77	201	89	50	45	45		47	0.3	86	110	—	47	20		75	1.2	50	12	41		52	72	75	70	179	—	2900	—	4.6		
18.00			68	4	5	77	199	90	51	46	46		44	0.3	85	107	—	47	20		74	1.2	50	12	41		53	72	78	70	180	—	2960	—	4.4		I
19.00			68	4	5	77	201	90	51	46	46		42	0.3	83	105	—	49	20		73	1.2	50	12	38		52	72	73	70	181	—	3040	—	4.8		
20.00			67	4	5	76	209	79	51	45	46		34	0.3	82	105	—	49	20		71	1.2	50	12	36		50	71	78	70	179	—	2860	—	4.6		
21.00			68	4	5	77	203	87	51	45	46		35	0.3	80	103	—	49	20		70	1.2	50	12	32		51	72	74	69	176	—	2820	—	4.6		
22.00			68	4	5	77	202	85	51	45	46		36	0.3	81	103	—	49	20		69	1.2	50	12	31		51	72	72	70	177	—	2860	—	4.2	175	I
23.00			68	4	5	77	202	85	51	45	45		36	0.3	80	103	—	48	20		69	1.2	50	12	31		50	71	73	70	174	—	2860	—	4.4	200	I
24.00			68	4	5	77	201	84	51	45	45		46	0.3	79	101	—	47	20		67	1.2	50	12	32		53	71	76	70	181	—	2980	—	4.8		I
1.00			67	4	5	77	201	83	51	45	45		40	0.3	80	101	—	49	20		67	1.2	50	12	32		52	72	72	70	186	—	2960	—	4.8	190	I
2.00			67	4	5	76	204	80	51	45	45		40	0.3	78	102	—	48	20		67	1.2	50	12	33		51	71	76	70	185	—	2920	—	5.0	200	I
3.00			67	4	5	77	202	83	52	44	43		42	0.3	79	101	—	44	20		67	1.2	50	12	33		50	71	78	70	184	—	2920	—	4.2		I
4.00			68	4	5	77	203	82	51	44	44		44	0.3	81	103	—	48	20		68	1.2	50	12	30		49	71	79	70	187	—	2900	—	3.6		I
5.00			68	4	5	77	202	81	51	45	44		48	0.3	83	105	—	49	20		68	1.2	50	13	28		52	70	77	70	185	—	3000	—	5.4		I
6.00			68	4	5	77	204	81	51	45	44		46	0.3	77	101	—	48	20		66	1.2	50	13	32		50	71	79	70	183	—	3220	—	3.8		I
7.00			68	4	5	77	205	81	51	44	44		44	0.3	74	92	—	47	20		65	1.2	50	13	35		51	72	82	69	180	—	3210	—	9.0		I

	Clinker Ton	Gypsum Ton	Pozzolana Ton	Cement Ton		Power Consumption (kw) کل برق مصرفی	Specific Power Consumption (kWh/ton) برق مصرفی مخصوص		Reserve موجودی
Today تولید روز	۱۶۲۸	۹۵	۱۲۰	۱۸۴۳	Mill only فقط موتور اصلی	۵۱۱۰	۲۷,۷۲	Silo I	89٪
Prev . day تولید تا روز قبل	۱۱۵۳۲۵	۱۲۸۰۵	۷۳۰	۱۳۴۸۶۰	Department کل بخش تولید سیمان	۵۶۷۰۰	۳۵,۷۶	Silo II	39٪
Sum جمع تولید	۱۱۶۹۵۳	۱۲۹۰۰	۸۵۰	۱۳۶۷۰۳					

1 اپراتور شیفت FIRST SHIFT OPERATOR : .....

2 اپراتور شیفت SECOND SHIFT OPERATOR : .....

مدیر تولید

کد : Q33F08/00

رئیس بهره برداری

CEMENT MILL DAILY REPORT

گزارش روزانه بهره برداری آسیاب سیمان مدار بسته

DATE : .....

تاریخ : ۸۴/۰۵/۲۵

بست پنجم سردارماه

بنام خدا

HEGMATAN CEMENT PLANT

کارخانه سیمان هگمتان

سیمان هگمتان

ساعت کارکرد HOURSE	ساعت شروع به کار START	ساعت توقف STOP	MILL FEED				MILL DRIVE					MILL CONDITIONS							SEPERATOR								E . P								403125 خانه اول		403124 خانه دوم		AIRLIFT	CEMENT				تولیدی به سیلوی	REMARKS توضیحات
			401101 Clinker کلینکر	401102 Gypsum سنگ گچ	401103 Pozzolana پوزولن	Total مجموع خوراک آسیاب	403157 Mill Motor آمپر موتور اصلی آسیاب	403152/53/54/55 Max Motor بیشترین درجه حرارت سیم پیچی داخل	403126 Gear box. Temp درجه حرارت گیربکس	403101 Bearing I Temp درجه حرارت بلبرینگ شماره یک	403102 Bearing II Temp درجه حرارت بلبرینگ شماره دو	403121 Noise Level درصد پودن آسیاب	403129 Mill Outlet Suction مکش خروجی آسیاب	403130 Air Outlet Temp درجه حرارت هوای خروجی	403136 Cement Temp درجه حرارت سیمان تولیدی	403118 Mill Inlet Water مقدار آب مصرفی در خروجی آسیاب	403141 Bucket Elevator Inte. آمپر الواتور	403148 Coarse material مقدار مواد	403159 Motor intensity آمپر موتور سپراتور	403143 Seperator Spead سرعت سپراتور آسیاب	403151 Gearbox TEMP درجه حرارت گیربکس سپراتور	403142 Seperator diff. اختلاف فشار در مکش روتوری	403160 Seperator fan intensity آمپر موتور فن سپراتور	403145 Damper position درصد دریچه فن سپراتور	403146 Max.Sep.bearing Temp حداکثر درجه حرارت یاتاقان سپراتور	403132 Outlet air TEMP درجه حرارت هوای خروجی	403131 Outlet air مکش خروجی هوا از آسیاب	403133 Fan damper position درصد دریچه فن الکترو فیلتر	403158 Fan motor Intensity آمپر موتور فن الکترو فیلتر	403134/5 Max.fan bearing TEMP درجه حرارت یاتاقان فن الکترو فیلتر					405103 Blower Intensity آمپر بلور اریلیت	405201 Blower Intensity آمپر بلور اریلیت	Finness نرمی سیمان					
			ton/h ساعت، تن	ton/h ساعت، تن	ton/h ساعت، تن	ton/h ساعت، تن	A	C°	C°	C°	C°	% درصد پودن آسیاب	pa مکش خروجی آسیاب	C° درجه حرارت هوای خروجی	C° درجه حرارت سیمان تولیدی	m^3/h مقدار آب مصرفی در خروجی آسیاب	A آمپر الواتور	ساعت، تن مقدار مواد	A آمپر موتور سپراتور	RPM سرعت سپراتور آسیاب	C° درجه حرارت گیربکس سپراتور	Kpa اختلاف فشار در مکش روتوری	A آمپر موتور فن سپراتور	% درصد دریچه فن سپراتور	C° حداکثر درجه حرارت یاتاقان سپراتور	C°	pa مکش خروجی هوا از آسیاب	% درصد دریچه فن الکترو فیلتر	C° آمپر موتور فن الکترو فیلتر	C° درجه حرارت یاتاقان فن الکترو فیلتر	mA آمپر	kV کیلو ولت	mA آمپر	kV کیلو ولت	A آمپر بلور اریلیت	A آمپر بلور اریلیت	Blaine بلین (سطح مخصوص)	باقیمانده روی الک M.900 %	باقیمانده روی الک M.4900 %	INITIAL SETTING MIN	Silo Production	
8.00			70	6	10	86	220	89	52	45	46	87	0.6	80	102	–	35	63	142	52	46	1.8	206	80	38	81	1.0	70	41	51	77	80	93	66	183	–	2980	–	1.4			آسیاب درساعت 18:45 جهت قطع برق متوقف گردید.
9.00			70	6	10	86	222	90	51	45	46	94	0.5	81	102	–	33	56	149	52	45	1.7	203	80	39	81	1.1	70	40	52	77	80	98	66	178	–	3020	–	1.6		II	
10.00			70	6	10	86	223	91	51	45	46	86	0.5	81	102	–	34	57	139	52	45	1.8	206	80	39	81	1.1	70	40	53	76	79	91	66	177	–	2960	–	1.6			
11.00			70	6	10	86	221	92	51	46	47	88	0.5	82	102	–	35	62	140	52	45	1.8	196	75	40	81	1.1	70	40	54	77	80	91	65	180	–	3005	–	1.4	145		
12.00			70	6	10	86	218	94	51	46	47	91	0.5	82	103	–	36	59	143	52	46	1.8	194	75	38	82	1.1	70	40	56	78	80	99	67	175	–	2940	–	1.6	180	II	
13.00			68	6	10	84	217	96	52	46	47	95	0.5	82	102	–	33	55	136	52	46	1.7	192	75	43	82	1.1	70	39	61	78	80	106	67	170	–	2980	–	1.2			
14.00			68	6	10	84	216	97	52	46	48	94	0.5	84	105	–	34	59	141	52	47	1.7	196	75	43	83	1.1	70	39	63	79	80	98	66	171	–	3010	–	1.4	144		
15.00			68	6	10	84	215	98	52	47	48	94	0.5	87	109	–	34	58	145	52	47	1.7	194	75	44	86	1.1	70	39	61	76	78	94	67	172	–	3030	–	1.6	169	II	
16.00			68	6	10	84	214	98	53	47	48	85	0.5	86	106	–	35	57	141	52	48	1.7	190	75	45	86	1.1	70	39	60	78	80	69	62	169	–	3040	–	1.6			
17.00			69	6	10	85	218	99	53	47	48	88	0.5	85	107	–	34	62	147	53	48	1.7	199	75	45	86	1.1	70	39	60	76	79	75	63	174	–	3100	–	1.2		II	
18.00		18:45	70	6	10	86	216	100	54	47	49	96	0.5	84	105	–	35	62	158	53	49	1.7	199	75	47	86	1.0	70	39	60	78	78	76	65	174	–	3040	–	1.4			
19.00			70	6	10	86	217	100	54	47	49	98	0.5	83	107	–	36	71	148	52	50	1.7	193	75	46	85	1.0	70	38	60	77	79	101	68	171	–	3080	–	1.6			
20.00																																													
21.00																																													
22.00																																													
23.00																																													
24.00			70	6	10	86	221	89	47	46	46	94	0.5	79	106	–	31	44	137	52	43	1.7	194	73	37	76	1.0	70	39	50	77	80	104	65	171	–	3040	–	1.2		I	
1.00			70	6	10	86	219	92	47	46	47	95	0.5	78	105	–	31	51	139	52	44	1.7	192	75	37	77	1.0	70	39	51	71	76	89	66	174	–	3020	–	1.4		I	
2.00			70	6	10	86	224	94	47	46	47	97	0.5	80	107	–	30	54	141	52	46	1.7	204	79	39	77	1.0	70	40	51	75	80	94	65	163	–	2760	–	1.8	148	I	
3.00			70	6	10	86	221	95	47	46	47	94	0.5	84	110	–	31	50	133	52	46	1.6	192	70	39	82	1.0	70	40	51	74	80	93	64	176	–	2880	–	1.6	144	I	
4.00			70	6	10	86	222	84	49	46	48	77	0.5	83	112	–	32	51	134	52	47	1.6	193	70	40	83	1.0	70	39	51	75	80	94	66	172	–	3100	–	1.4		I	
5.00			70	6	10	86	223	93	50	46	48	75	0.5	83	114	–	34	62	132	52	47	1.6	190	70	40	84	1.0	70	39	52	76	80	93	66	177	–	3140	–	1.2		I	
6.00			70	6	10	86	221	93	50	46	48	79	0.5	82	113	–	33	59	145	52	47	1.6	192	70	40	83	1.0	70	39	51	74	79	97	66	179	–	3130	–	1.4		I	
7.00			70	6	10	86	220	92	51	46	48	86	0.5	81	112	–	32	60	140	52	47	1.6	196	70	39	81	1.0	70	39	50	76	80	92	66	175	–	3100	–	1.2		I	

	Clinker Ton	Gypsum Ton	Pozzolana Ton	Cement Ton		Power Consumption (kw) کل برق مصرفی	Specific Power Consumption (kWh/tons) برق مصرفی مخصوص		Reserve % موجودی
Today تولید روز	۱۳۳۷	۱۱۷	۱۹۳	۱۶۴۷		Mill only فقط موتور اصلی	۴۵۸۰۰/۲۷/۱۰	Silo I	۸۹٪
Prev . day تولید تا روز قبل	۱۷۷۵۵	۳۵۴۷	۲۳۵۴۸	۲۰۵۱۵۰		Department کل بخش تولید سیمان	۵۲۵۰۰/۳۳۰۹	Silo II	۳۹٪
Sum جمع تولید	۱۸۰۰۹۲	۳۶۶۴	۲۳۷۴۱	۲۰۱۲۹۷					

1 اپراتور شیفت FIRST SHIFT OPERATOR : .....

2 اپراتور شیفت SECOND SHIFT OPERATOR : .....

مدیر تولید

کد : Q33F09/00

رئیس بهره برداری

۵

۲۷ حالت اساسی کوره

در مباحث قبل درباره کنترل درجه حرارت منطقه پخت و درجه حرارت عقب کوره، مکررا صحبت شد و ضرورت اینکه نباید در راهبری کوره صرفا به یک متغیر توجه کرد و سایر متغیرها را رها کرد تا به امان خود تغییر نماید، توجه داده شده است.

هدف نهایی یعنی پایداری و بازدهی مطلوب کوره فقط هنگامی دست یافتنی است که کوره بان تمام جدیت و سعی خود را معطوف به ایجاد حالت پایدار (Steady-State) در سر و ته، کوره یعنی نگهداشتن تغییرات درجه حرارت های منطقه پخت و عقب کوره در یک محدوده کوچک نماید. اقدام به تنظیم و تخفیف یک مشکل در یک سر کوره و فراموش کردن اثر این تنظیم روی سمت دیگر کوره منجر به شرایط ناپایدار بعدی خواهد شد.

با ذکر دو مثال این اصل مهم راهبری کوره تشریح خواهد شد. در این مثال ها عنوان «فعلی» به مفهوم حالت فعلی کوره و «هدف» به مفهوم حالت بهینه و مطلوب کوره است.

مثال ۱	فعلی	هدف
درجه حرارت منطقه پخت	۱۴۰۰ درجه سانتیگراد	۱۴۸۰ درجه سانتیگراد
درجه حرارت عقب کوره	۸۴۰ درجه سانتیگراد	۸۱۵ درجه سانتیگراد
درصد اکسیژن	۲/۵ درصد	۱/۵-۱ درصد

قبل از اینکه راه حل خوانده شود بهتر است فرصت فکر کردن را به خود بدهیم و از خودمان بپرسیم که در این حالت چکار باید بکنیم؟

معمولا حالت های واقعی کوره بسادگی مثالهایی که زده ایم نیستند ولی نزدیک شدن به مسائل از این طریق ساده، کمک مهمی به فهم بحث روی مفاهیم مورد اشاره در این فصل خواهد بود. فرض کنید حالت واژگونه و ناپایدار قریب الوقوعی در پیش نیست و فرد فرصت دارد یک سری عملیاتی را تدوین و اجرا نماید.

حالت این مثال عبارتست از درجه حرارت پائین منطقه پخت، درجه حرارت بالای عقب کوره و درصد اکسیژن نسبتا بالا در عقب کوره. اگر جواب شما این باشد که «مقدار سوخت اضافه شود» بوضوح عقب کوره را فراموش کرده اید. با چنین عملی افزایش مقدار سوخت باعث تصحیح درجه حرارت منطقه پخت خواهد شد ولی درجه حرارت عقب کوره را بالاتر می برد و قطعا برای حالت پایدار کوره مطلوب نیست. جواب مسئله «کاهش دورفن» است. این تنظیم ساده همزمان سه انحراف از هدف را تصحیح می کند. پائین آوردن دور فن باعث کمتر مکیدن حرارت به عقب کوره و در نتیجه افزایش درجه حرارت منطقه پخت، کاهش درجه حرارت عقب کوره و همچنین کاهش مقدار اکسیژن خواهد شد. پاسخ «افزایش مقدار سوخت و کاهش دورفن» نیز مشروط بر اینکه باعث نقصان شدید اکسیژن و بوجود آمدن مواد ناقص سوخته نشود، مورد قبول است.

مثال دوم بی هیچگونه توضیحی ارائه می شود تا خواننده میزان درک خود از اصول مشروحه فوق را آزمایش کند.

مثال ۲	فعلی	هدف
درجه حرارت منطقه پخت	۱۵۰۰ درجه سانتیگراد	۱۴۸۰ درجه سانتیگراد
درجه حرارت عقب کوره	۸۰۰ درجه سانتیگراد	۸۱۵ درجه سانتیگراد
درصد اکسیژن	۰/۶ درصد	۱/۵-۱ درصد

مثالهای فوق فرآیند نحوه تفکر و آنچه که باید قبل از هرگونه تنظیمی در ذهن کوره بان شکل بگیرد را شرح می دهند. از اینرو لازم است همواره موارد زیر بررسی و اندازه گیری شوند:

درجه حرارت منطقه پخت

درجه حرارت عقب کوره

درصد اکسیژن در گازهای عقب کوره

و فقط بعد از این بررسی است که می توان در مورد تنظیمات لازمه (مقدار سوخت، دورفن و یا دور کوره) تصمیم گرفت. این اصول کنترل در مورد هر نوع کوره ای اعم از کوره تر، کوره خشک یا کوره دارای پیش گرمکن قابل اجراست. حتی برای کوره های دارای کلساینر هم قابل اجراست. با توجه به اینکه این کوره ها دو سیستم مشعل دارند باید این اصول را برای هر یک از دو قسمت یعنی کوره و کلساینر جداگانه بکار برد. بسیاری از حالات کوره بسادگی آنچه که در این مثالها گفته شد نیستند. کوره بان با بسیاری مسائل مواجه خواهد شد که برای رفع آنها قابلیت ها و مهارت های خود را آزمایش خواهد کرد. در مثال سوم حالت پیچیده و مشکل تری ارائه شده است:

مثال سوم	فعلی	هدف
درجه حرارت منطقه پخت	۱۵۱۰ درجه سانتیگراد	۱۴۸۰ درجه سانتیگراد
درجه حرارت عقب کوره	۸۷۰ درجه سانتیگراد	۸۱۵ درجه سانتیگراد
درصد اکسیژن	۰/۷ درصد	۱/۵-۱ درصد

واضح است که درجات حرارت عقب کوره و منطقه پخت بسیار بالا هستند و درصد اکسیژن از حد مجاز پائین تر است. سرعت فن را نمی توان کاهش داد چون که باعث کمتر شدن اکسیژن و به احتمال زیاد باعث سوختن ناقص می شود. فاکتور ارزشمند اینست که درجه حرارت منطقه پخت بالاتر از مقدار مطلوب است. برای انجام کنترلها و تنظیمات تصحیحی در چنین حالتی وجود منطقه پخت گرم شرط مطلق و مهمی است. اولین قدم کاهش مقدار سوخت است که بدنبال آن اکسیژن بالا خواهد رفت. اگر اقدام دیگری شود حرارت منطقه پخت رو به سردی خواهد رفت. بنابر این در این صورت درجه حرارت عقب کوره پائین خواهد آمد و از نظر تئوری بدلیل دور پائین تر فن حرارت منطقه پخت محفوظ خواهد ماند و حرارت کمتری به عقب کوره خواهد رفت.

برای کاهش ۱۰۰ درجه سانتی گراد از درجه حرارت عقب کوره باید دستورالعمل بالا در چندین مرحله و با گام های کوچک اجرا شود، بدینوسیله امیدواری از صحت عملیات و تحت کنترل بودن اوضاع حاصل می شود. در تمام مراحل باید منطقه پخت بخوبی گرم نگهداشته شود. هرگاه منطقه پخت رو به سردی رود باید عملیات را تا گرم شدن دوباره منطقه پخت متوقف کرد.

این مثال بر پایه این فرض است که قبل از هرگونه اقدامی برای پائین آوردن درجه حرارت عقب کوره، بمدت چندین ساعت کوره با سرعت بالا کار می کرده است. اینکه باید دور کوره پائین تر از دور بالا باشد، دستورالعمل مناسبی نیست زیرا که هرگونه کاهش دور کوره بطور اتوماتیک درجه حرارت عقب کوره را کاهش خواهد داد. این مثال فقط برای این هدف است که نشان دهد چگونه می توان در کوره ای که برای چندین ساعت و حتی چندین روز در شرایط نسبتا پایدار کار میکرده است، درجه حرارت منطقه پخت را پائین آورد. واقعیت اینست که بسیاری کوره ها وجود دارند که بی هیچ اعلامی تحت شرایط درجه حرارت فوق العاده بالا کار میکنند. وجود درصد اکسیژن پائین الزاما بدین معنی نیست که باید کوره را با دور فن بالا و سوخت زیاد راهبری کرد.

مثال دیگری را در نظر بگیرید که در آن درجه حرارت عقب کوره ۷۶۰ درجه سانتیگراد، درجه حرارت منطقه پخت ۱۵۴۰ درجه سانتیگراد و اکسیژن عقب کوره ۱/۵ درصد است. در این مورد نیز فرض کنید کوره با دور کامل کار می کند. درجه حرارت منطقه پخت و درصد اکسیژن هر دو در حد دلخواه هستند ولی درجه حرارت عقب کوره کمتر از مقدار لازم است. ابتدا به مقدار جزئی دور فن را اضافه کنید. اینکار باعث بالا رفتن درجه حرارت عقب کوره و درصد اکسیژن می شود. اگر قدم دیگری برداشته نشود، درجه حرارت منطقه پخت کاهش خواهد یافت. بمحض اینکه نشان دهنده اکسیژن مقدار بالاتری را نشان داد مقدار سوخت را آنچنان افزایش دهید که اکسیژن به سطح قبلی ۱/۵ درصد برسد. این افزایش سوخت جبران حرارت منتقل شده به پشت کوره در اثر افزایش دور فن را خواهد نمود.

مجددا باید مطمئن شد که این دستورالعمل درگام های کوچکی صورت گیرد و درصورت ملاحظه هرگونه تعییری در شرایط منطقه پخت باید دستورالعمل را تا رسیدن به شرایط عادی متوقف کرد.

در این فصل اصطلاحات درجه حرارت عقب کوره «ایده آل» و «مناسب» بکار رفته اند که باعث این سؤال می شوند: «درجه حرارت صحیح عقب کوره چیست و چگونه می توان آنرا تعیین کرد؟» جواب این سوال را نمی توان بسادگی داد. زیرا که عوامل بسیاری نظیر مقدار سوخت، دور کوره، ترکیب خوراک کوره، رطوبت مواد و غیره هر یک روی درجه حرارت عقب کوره مؤثرند. معذالک شرایط چندی وجود دارد که مستقیما منتج از ناجور بودن درجه حرارت عقب کوره است. موارد زیر نشانه های بسیار بالا بودن درجه حرارت عقب کوره هستند:

۱- کوره پیوسته با درصد اکسیژن بالایی در گازهای خروجی کار می کند.

۲- شرایط زود پز بودن پیوسته مواد با علامت تشکیل کلینکر در مناطق عقب تری از کوره مشخص می شود. در این حالت درجه حرارت منطقه پخت بنحو غیر متعارفی بالاست.

۳- عملکرد گذشته نشان می دهد که با مقادیر دور کوره، مقدار و ترکیب خوراک، کوره برای مدت های طولانی و پایدار با درجه حرارت عقب پائین تری کار می کرده است.

۴- کوره با بازده سوخت پائینی کار می کند. برای پختن مقدار معینی مواد با ترکیب یکسان سوخت بیشتری مورد نیاز است.

۵- رطوبت نمونه های برداشته شده از بخش پائینی منطقه زنجیر کوره تر، پائین تر از مقدار عادی است.

موارد زیر نشانگر پائین بودن درجه حرارت عقب کوره هستند:

برای دوره زمانی طولانی کوره با درصد اکسیژن پائینی در گازهای خروجی کار می کند.

بمدت طولانی بویژه در اثر مواد تکلیس شده ورودی به منطقه پخت شرایط پخت مشکلی فراهم شده است.

رطوبت نمونه های برداشته شده از بخش پائینی منطقه زنجیر کوره تر، بالاتر از مقدار عادی است.

قبل از اقدام به هرگونه بررسی روی وضعیت درجه حرارت عقب کوره، بسیار مهم است که کوره در شرایط پایداری باشد. مطالعه نحوه عمل کرد کوره از روی ثبات ها وبرگ های گزارش، اطلاعات ارزشمندی در مورد اینکه هم اکنون تنظیمات موجود تا چه میزان نزدیک به شرایط پایدار و طولانی گذشته های کوره است، می دهند. به خواننده یادآور می شود که برای حفظ پایداری کوره کنترل از نزدیک درجه حرارت عقب کوره، بسیار ضروری است.

اگر به درجه حرارت عقب کوره اجازه نوسان آزادانه داده شود، عملا شانس بدست آوردن شرایط پایدار کوره صفر است.

هم اکنون باید خواننده متوجه شده باشد که نمی توان انتظار داشت که کوره ای برای مدت نامحدودی بحالت تعادل و پایدار کار بکند. جدای از اینکه کوره دستی و یا اتوماتیک کنترل شود، نوسانات بوقوع می پیوندند. در شرایط کار غیر قابل قبول کوره، بعهده کوره بان است که صحت تنظیمات را ملاحظه و بررسی نماید. گرچه متغیرهای زیادی با ترکیبات عددی چندین گانه وجود دارند، ولی معلوم شده است که سه متغیر کلیدی فوق در درجه اول اهمیت هستند. بجز شرایط اضطراری یا واژگونه (نامتعادل کوره)، اپراتور میباید که با تنظیم یک یا بیشتر سه عامل کنترل اساسی، این سه متغیر را در حدود معقولی نگاه دارد.

۵-۱- سه متغیر و کنترل کننده اساسی

حالت و شرایط کوره بوسیله متغیرهای زیر مشخص میشود:

درجه حرارت منطقه پخت، که اثر برجسته ای روی کیفیت محصول دارد.

درجه حرارت عقب کوره، که روی نحوه کار پایدار کوره کنترل اساسی را دارد.

درصد اکسیژن در گاز خروجی، که چگونگی اشتعال و بازده سوختن و سوخت را تحت نفوذ خود دارد. چنین حالات هر یک از این متغیرها می تواند در فاصله حدود مجاز، زیر حداقل مجاز و یا بالاتر از حداکثر مجاز باشد، لذا کوره بان در ارتباط با این سه متغیر مواجه با ۲۷ حالت اساسی می شود. در شکل ۱ این حالت ها نشان داده شده اند. توجه نمایید که به هر حالت شماره ای داده شده است تا بوسیله آن مشخص شود.

کنترل های اساسی: بجز موارد استثنائی حالات اضطراری و واژگونه (نامتعادل) کوره، در اغلب موارد کنترل سه متغیر اصلی را می توان بوسیله تنظیمات روی مقدار سوخت، دور کوره سرعت فن کوره و در حدود مقادیر مجاز انجام داد.

بکار گیری دستورالعمل های کنترل: در ابتدا لازم است برای هر یک از سه متغیر: درجه حرارت منطقه پخت، درجه حرارت عقب کوره و درصد اکسیژن گازهای خروجی، تعیین هدف شود. این اطلاعات بستگی به ترکیب خوراک کوره، نوع کلینکری که باید پخته شود و سایر فاکتورها دارد و تمام این اطلاعات توسط سرپرست به کوره بان داده میشود. واضح است که هر یک از این متغیرها نمی توانند همواره کاملا منطبق با هدف باشند لذا لازم است که برای آنها حدود تغییرات مجاز منظور شود. پس از تعیین اهداف و حدود مجاز آنها، میتوان برای تصحیح هر وضعیت خارج از کنترل با استفاده از شکل ۱ و دستورهای جدول ۱ اقدام کرد. حروف خلاصه بکار رفته در شکل و جداول عبارتند از:

م- درجه حرارت منطقه پخت

ع- درجه حرارت عقب کوره

ا- درصد اکسیژن گازهای خروجی از کوره

البته در موقع ارزیابی وضعیت، تشخیص خوب و درست حالت موجود از حالات اضطراری و واژگونه، ضروری است.

مثال: فرض کنید در کوره ای مقادیر زیر برقرار است:

متغیر		علامت	هدف	حدود تغییر	محدوده
درجه حرارت منطقه پخت	oC	م	۱۵۴۰	$\pm$ ۳۰	۱۵۷۰-۱۵۱۰
درجه حرارت عقب کوره	oC	ع	۷۸۰	$\pm$ ۱۰	۷۸۰-۸۰۰
درصد اکسیژن	%	ا	۱/۲	$\pm$ ۰/۸	۰/۴ -۲

مفهوم اعداد بالا اینست که: اگر (م) کمتر از ۱۵۱۰ باشد «پائین» است اگر در فاصله ۱۵۱۰-۱۵۷۰ باشد «خوب» است و اگر بیشتر از ۱۵۷۰ باشد «بالا» است. اگر (ع) کمتر از ۷۸۰ باشد «پائین» است، اگر بین ۷۸۰-۸۰۰ باشد «خوب» است و اگر بیشتر از ۸۰۰ باشد «بالا» است. اگر (ا) کمتر از ۰/۴ باشد «پائین» اگر بین ۰/۴-۲ باشد «خوب» و اگر بیشتر از ۲ باشد «بالا» است.

در حالت مورد بررسی فرض کنید درجه حرارت منطقه پخت ۱۴۵۵ درجه سانتیگراد است (م= پائین) درصد اکسیژن ۲/۸ (ا = بالا)، درجه حرارت عقب کوره ۸۱۵ درجه سانتیگراد (ع= بالا). از روی خط (م= پائین، ا= بالا، ع= بالا) به حالت شماره ۹ مندرج در شکل و جداول میرسیم. در جدول دستور تصحیح حالت داده شده است.

برای هریک از ۲۷ حالت دیگر دستورالعمل هایی درج شده است. بمحض اینکه وضعیت کوره و مواد از حدود ارقام مبنی خارج میشود، باید کوره بان هوشیارانه درصدد اصلاح حالت خارج از کنترل برآید. عملیات تصحیح باید با چالاکی صورت گیرد و دقت شود که کنترل از دست نرود (Overcontrolling) چون در اینصورت امکان پدید آمدن حالت سیکلی (Cycling) وجود دارد.

حالت اضطراری و واژگونه: دستورالعمل های کنترل ارائه شده در این بخش پاسخگوی حالات واژگونه، ناپایدار و اضطراری نیستند. برای اینگونه حالات دستورالعمل های خاص لازم است. بطور خلاصه این حالات عبارتند از:

تشکیل سریع کوتینگ

ریزش کوتینگ یا رینگ

لکه قرمز روی بدنه کوره

گلوله شدن کلینکر (Sausaging) در منطقه پخت

درجه حرارت بالا و خطرناک عقب کوره

وجود ترکیبات حاصل از سوخت در گازهای خروجی

قطع بار کوره و ناهمواری بستر بار کوره

وجود مواد نپخته در خنک کن

حالات واژگونه ای که در آنها دور کوره یا بالاتر و یا پائین تر از مقدار عادی است.

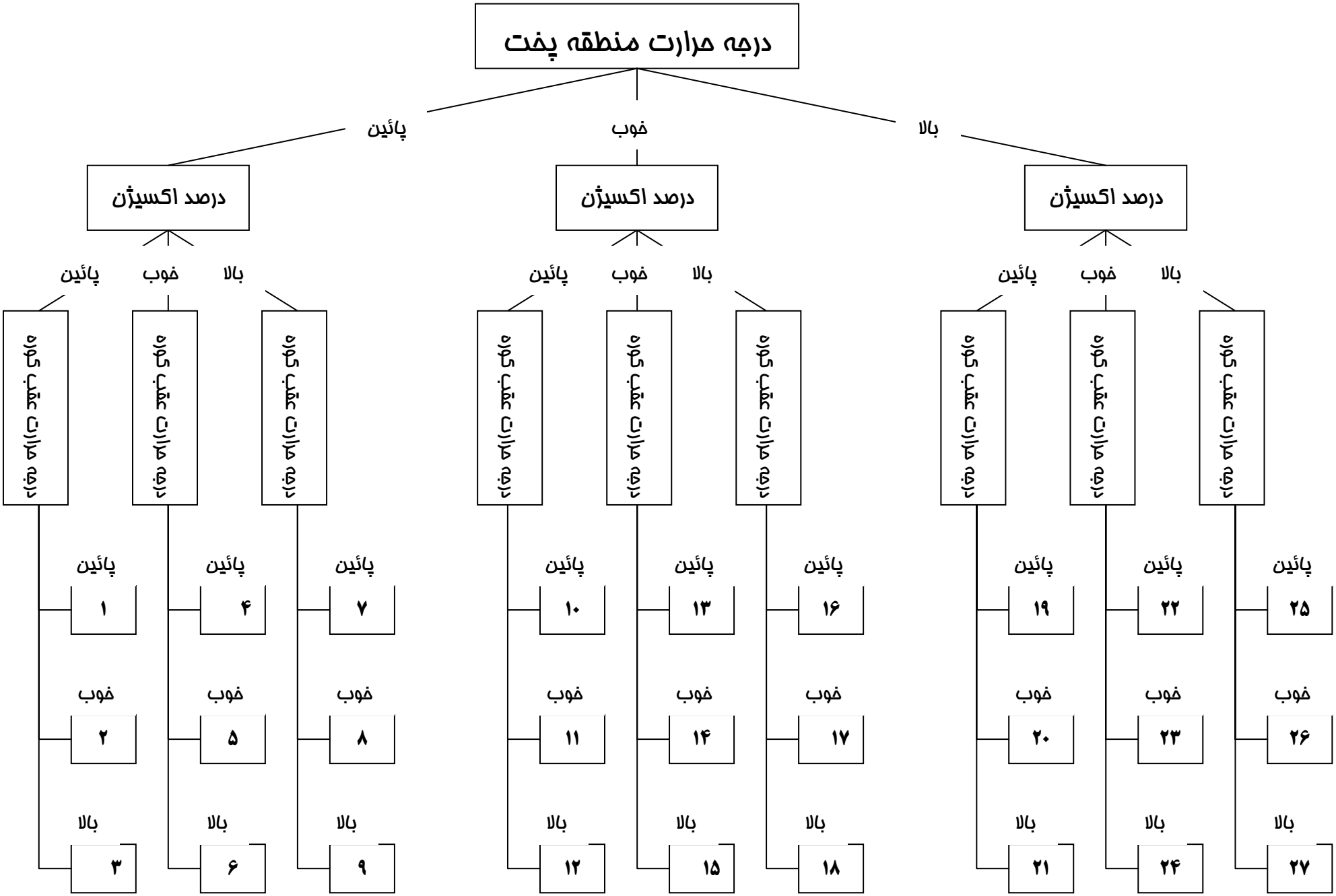
فواصل زمانی بین روشن کردن یا خاموش کردن کوره

هرگونه اشکال مکانیکی یا برقی که باعث وقفه در جریان منظم مواد، گاز خروجی، سوخت یا هوا می شود.

هر وقت یکی از حالات فوق پیش می آید لازم است که دستورالعمل های خاص تدوین شده در بخش بعد را بکار برد. خواننده باید بدانها مراجعه کند و با آنها آشنا شود.

مباحث پیشین در مورد ۲۷ حالت اساسی کوره بسیار ساده شده بودند تا بدینوسیله فرآیند تفکر برای اپراتوری که بصورت دستی کوره را راهبری می کند، نشان داده شود. ظهور کامپیوترهای کوچک و ارزان این امکان را فراهم آورده است که این مفاهیم و مفاهیم دیگر از کنترل متغیرها را برای رسیدن به حالت پایدار کوره موشکافی کنند و بسط و گسترش دهند. کامپیوترها قادرند در بخشی از ثانیه تمام این متغیرهای مهم را بسرعت بررسی کنند و در صورتیکه برنامه ریزی مناسبی وجود داشته باشد، می توانند تنظیمات لازمه را برای برقراری شرایط پایدار کوره فراهم نمایند.

نرم افزار آموزشی مبتنی بر ۲۷ حالت اساسی کنترل کوره گسترش داده شده است و در آن فاکتورهای دیگری نظیر حرارت ویژه مصرفی، اثرات درجه حرارت هوای ثانویه، کیلووات یا آمپر دور کوره، ارتباط زمانی درجه حرارت منطقه پخت و عقب کوره با مقدار بار کوره نیز مدنظر قرار گرفته اند. نمونه هایی از این مفاهیم کنترل در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده اند.


درجه حرارت منطقه پخت
پائین
خوب
بالا
درصد اکسیژن
درصد اکسیژن
درصد اکسیژن
پائین
خوب
بالا
پائین
خوب
بالا
پائین
خوب
بالا
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
درجه حرارت کلی پخت
پائین
خوب
بالا
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
۹
۱۰
۱۱
۱۲
۱۳
۱۴
۱۵
۱۶
۱۷
۱۸
۱۹
۲۰
۲۱
۲۲
۲۳
۲۴
۲۵
۲۶
۲۷

جدول ۲ جالب توجه است. این جدول شامل مثال ۱ که قبلا بطور مشروح شرح داده شد میباشد، با این اختلاف که در آن دور کوره پائین تر از حد متعارف است و در نتیجه توجهات متفاوتی را میطلبد.

جدول (۱) بیست و هفت حالت اساسی کوره

م = درجه حرارت منطقه پخت؛ ا = درصد اکسیژن گازهای عقب کوره؛ ع = درجه حرارت عقب کوره

مورد	حالت کوره	عملی که بایستی صورت گیرد	دلیل
۱	م- پائین ا- پائین ع- پائین	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت شدیدا پائین است: ۱- دور کوره کم شود ۲- مقدار سوخت کم شود وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت کمی پائین است: ۳- سرعت فن کوره افزوده شود. ۴- مقدار سوخت افزوده شود	بالا رفتن درجه حرارت منطقه پخت و عقب کوره رسیدن درصد اکسیژن به حد متعارف درجه حرارت عقب کوره بالا رود و در ضمن اکسیژن برای افزایش سوخت (۴) تأمین شود. درجه حرارت منطقه پخت بالا رود و اکسیژن اضافه شده مصرف شود.
۲	م- پائین ا- پائین ع- خوب	۱- دور کوره کم شود ۲- سوخت کم شود ۳- دور فن کم شود	بالا رفتن درجه حرارت منطقه پخت مقدار اکسیژن برای مرحله ۳ بالا رود درجه حرارت عقب کوره ثابت بماند.

۳	م- پائین ا- پائین ع- بالا	۱- دور کوره کم شود. ۲- سوخت کم شود ۳- سرعت فن کم شود	درجه حرارت منطقه پخت بالا رود مقدار اکسیژن برای مرحله ۳ بالا رود درجه حرارت عقب کوره پائین بیاید (مواظب شدت نقضان باشید).
۴	م- پائین ا- خوب ع- پائین	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت شدیدا پائین است: ۱- دور کوره کم شود وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت جزئی پائین است: ۲- دور فن اضافه شود ۳- سوخت اضافه شود	درجه حرارت منطقه پخت و عقب کوره بالا رود. برای بالا بردن درجه حرارت عقب کوره و تأمین اکسیژن برای مرحله ۳ حرارت منطقه پخت بالا رود.
۵	م- پائین ا- خوب ع- خوب	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت شدیدا پائین است و اکسیژن در مرز پائین حد مجاز است: ۱- دور کوره کم شود ۲- سوخت کم شود ۳- دور فن کم شود وقتیکه منطقه پخت جزئی سرد است و درصد اکسیژن در مرز بالای حد مجاز است ۴- سوخت افزوده شود	درجه حرارت منطقه پخت بالا رود. اکسیژن برای مرحله ۳ تأمین شود. درجه حرارت عقب کوره تغییر نکند. درجه حرارت منطقه پخت بالا رود.

۶	م- پائین ا- خوب ع- بالا	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت شدیدا پائین است: ۱- دوره کوره کم شود. ۲- سوخت کم شود. ۳- دور فن کم شود. وقتی که درجه حرارت منطقه پخت مقدار جزئی پائین است: ۴- دور فن کوره کم شود	درجه حرارت منطقه پخت بالا رود. درصد اکسیژن برای مرحله ۳ بالا رود. حرارت عقب کوره پائین بیاید. درجه حرارت عقب کوره پائین بیاید.
۷	م- پائین ا- بالا ع- پائین	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت زیاد پائین است: ۱- دور کوره کم شود. ۲- دور فن کم شود. وقتیکه که درجه حرارت منطقه پخت جزئی پائین است: ۳- سوخت افزوده شود.	درجات حرارت منطقه پخت و عقب کوره بالا میرود درجه حرارت عقب کوره تغییر نکند. درجه حرارت منطقه پخت بالا می رود. درصد اکسیژن پائین می آید و در ضمن درجه حرارت عقب کوره بایستی بالا رود. چنانچه بالا نرفت افزایش سوخت را ادامه دهید و دور فن را زیاد کنید.

۸	م- پائین ا- بالا ع- خوب	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت شدیدا پائین است: ۱- دور کوره کم شود. ۲- دور فن کوره کم شود. وقتیکه منطقه پخت جزئی سرد است: ۳- سوخت افزوده شود.	درجه حرارت منطقه پخت بالا رود. درجه حرارت عقب کوره ثابت ماند. چنانچه هنوز درصد اکسیژن بالاست مقدار سوخت افزوده شود. درجه حرارت منطقه پخت بالا می رود و اکسیژن پائین می آید.
۹	م- پائین ا- بالا ع- بالا	وقتیکه منطقه پخت شدیدا سرد است: ۱- دور کوره کم شود. ۲- دوره فن کم شود. ۳- سوخت افزوده شود. وقتیکه منطقه پخت جزئی سرد است: ۴- دور فن کوره کم شود.	درجه حرارت منطقه پخت بالا می رود. درجه حرارت عقب کوره پائین می آید و درصد اکسیژن کم میشود. درجه حرارت منطقه پخت بالا رود و درصد اکسیژن کم شود. درجه حرارت منطقه پخت بالا میرود و درجه حرارت عقب کوره و درصد اکسیژن پائین می آید.
۱۰	م- خوب ا- پائین ع- پائین	۱- دور فن کوره زیاد شود. ۲- سوخت افزوده شود.	درجه حرارت عقب کوره بالا می رود واکسیژن برای مرحله ۲ تأمین می شود. درجه حرارت منطقه پخت ثابت نگه داشته شود.
۱۱	م- خوب ا- پائین ع- خوب	۱- مقدار جزئی سوخت کم شود.	درصد اکسیژن بالا می رود.

۱۲	م- خوب ا- پائین ع- بالا	۱- مقدار سوخت کم شود. ۲- دور فن کوره کم شود.	درصد اکسیژن برای مرحله ۲ زیاد شود. حرارت عقب کوره پائین می آید و منطقه پخت ثابت می ماند.
۱۳	م- خوب ا- خوب ع- پائین	۱- دور فن کوره افزوده شود. ۲- سوخت افزوده شود.	درجه حرارت عقب کوره بالا می رود. درجه حرارت منطقه پخت ثابت می ماند.
۱۴	م- خوب ا- خوب ع- خوب	هیچ: نبایستی گرفتار اعتماد زیاد از حد شد. بلکه بایستی تمام حالات و جوانب کار را دقیقا زیر نظر گرفت.	
۱۵	م- خوب ا- خوب ع- بالا	وقتیکه درصد اکسیژن در مرز بالای حد مجاز است: ۱- دور فن کوره کم شود. وقتیکه درصد اکسیژن در مرز پائین حد مجاز است: ۲- سوخت کم شود. ۳- دور فن کم شود.	درجه حرارت عقب کوره پائین بیاید. درصد اکسیژن برای مرحله ۳ بالا رود. درجه حرارت عقب کوره پائین میآید و درجه حرارت منطقه پخت ثابت می ماند.
۱۶	م- خوب ا- بالا ع- پائین	۱- دور فن کوره زیاد شود. ۲- سوخت افزوده شود.	درجه حرارت عقب کوره بالا می رود. درجه حرارت منطقه پخت ثابت می ماند و درصد اکسیژن پائین می آید.
۱۷	م- خوب ا- بالا ع- خوب	۱- به مقدار جزئی دور فن کم شود.	درصد اکسیژن پائین می آید.

۱۸	م- خوب ا- بالا ع- بالا	۱- دور فن کم شود. ۲- مقدار جزئی سوخت کم شود.	درجه حرارت عقب کوره و درصد اکسیژن کم میشود. درجه حرارت منطقه پخت ثابت می ماند.
۱۹	م- بالا ا- پائین ع- پائین	وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت شدیدا بالا است: ۱- دوره کوره زیاد شود. ۲- دور فن کوره زیاد شود. ۳- مقدار سوخت کم شود. وقتیکه حرارت منطقه پخت کمی بالاست: ۴- دور فن کوره زیاد شود.	برای جلوگیری از داغ شدن منطقه پخت. برای بالا بردن درجه حرارت عقب کوره و درصد اکسیژن درجه حرارت منطقه پخت پائین می آید و اکسیژن بالا می رود. درجه حرارت منطقه پخت پائین می آید و درصد اکسیژن و حرارت عقب کوره بالا می رود.
۲۰	م- بالا ا- پائین ع- خوب	وقتیکه منطقه پخت زیاد داغ است ۱- دور کوره افزوده شود. ۲- سوخت کم شود. ۳- دور فن زیاد شود. وقتیکه درجه حرارت منطقه پخت کمی بالاست: ۴- سوخت کم شود.	از داغ شدن کوره جلوگیری می کند. درجه حرارت منطقه پخت کم می شود. درصد اکسیژن بالا می رود و درجه حرارت عقب کوره ثابت می ماند. درجه حرارت منطقه پخت پائین می آید و درصد اکسیژن بالا می رود.

۲۱	م- بالا ا- پائین ع- بالا	وقتیکه منطقه پخت شدیدا داغ است: ۱- دور کوره زیاد شود. ۲- سوخت کم شود. وقتکیه منطقه پخت کمی بالاست: ۳- سوخت کم شود.	از داغ شدن کوره جلوگیری می شود و درجه حرارت عقب کوره پائین می آید. درجه حرارت منطقه پخت و عقب کوره پائین می آید و درصد اکسیژن اضافه می شود. درجات حرارت منطقه پخت و عقب کوره پائین میآید و درصد اکسیژن بالا می رود.
۲۲	م- بالا ا- خوب ع- پائین	وقتیکه منطقه پخت زیاد داغ است: ۱- دور کوره زیاد شود. ۲- دور فن کوره زیاد شود. ۳- سوخت کم شود. وقتیکه کوره کمی داغ است ۴- دور فن کوره زیاد شود.	از داغ شدن منطقه پخت جلوگیری می شود. درجه حرارت عقب کوره بالا می رود. درجه حرارت منطقه پخت پائین میآید. درجه حرارت عقب کوره بالا می رود و درجه حرارت منطقه پخت پائین می آید (به نکته آخر جدول توجه شود)
۲۳	م- بالا ا- خوب ع- خوب	وقتیکه منطقه پخت زیاد داغ است: ۱- دور کوره زیاد شود. ۲- سوخت کم شود. ۳- دور فن زیاد شود. وقتیکه منطقه پخت کمی داغ است: ۴- سوخت کم شود.	از داغ شدن منطقه پخت جلوگیری می شود. درجه حرارت منطقه پخت پائین می آید. درجه حرارت عقب کوره ثابت می ماند. درجه حرارت منطقه پخت پائین میآید (به نکته آخر جدول توجه شود)

۲۴		وقتکیه منطقه پخت زیاد داغ است: ۱- دور کوره زیاد شود. ۲- سوخت کم شود. وقتیکه منطقه پخت کمی داغ است: ۳- سوخت کم شود.	از داغ شدن منطقه پخت جلوگیری می شود و حرارت عقب کوره پائین میآید. حرارت منطقه پخت کم می شود. درجات حرارت منطقه پخت عقب کوره کم می شود (توجه به نکته آخر جدول).
۲۵	م- بالا ا- بالا ع- پائین	وقتیکه منطقه پخت زیاد داغ است: ۱- دوره کوره زیاد شود. ۲- دور فن کوره زیاد شود. وقتیکه کوره کمی داغ است: ۳- دور فن کوره زیاد شود.	از داغ شدن منطقه پخت جلوگیری شود. درجه حرارت عقب کوره زیاد و درجه حرارت منطقه پخت کم می شود. درجه حرارت منطقه پخت کم و حرارت عقب کوره بالا میرود (توجه به نکته آخر جدول)
۲۶	م- بالا ا- بالا ع- خوب	وقتیکه منطقه پخت زیاد داغ است: ۱- دور کوره زیاد شود. ۲- دور فن کوره زیاد شود. ۳- سوخت کم شود. وقتیکه منطقه پخت کمی داغ است: ۴- سوخت کم شود.	از داغ شدن منطقه پخت جلوگیری شود. درجه حرارت عقب کوره ثابت می ماند. درجه حرارت منطقه پخت کم می شود. حرارت منطقه پخت پائین میآید (به نکته آخر جدول توجه شود)

۲۷		وقتیکه منطقه پخت زیاد داغ است:	
		۱- دور کوره زیاد شود.	درجات حرارت منطقه پخت و عقب کوره پائین
	م- بالا	۲- سوخت کم شود.	می آید.
	ا- بالا	وقتیکه منطقه پخت کمی داغ است:	
	ع- بالا	۳- سوخت کم شود.	حرارت منطقه پخت پائین می آید.
		۴- دور فن کوره کم شود.	حرارت عقب کوره پائین می آید. (توجه به نکته آخر جدول)

نکته: چنانچه با این تنظیم درصد اکسیژن بالا رفت بدان توجه نکنید تا درجه حرارت ها بحد مطلوب برسد.

جدول ۲ حالت کاری (الف ۳)

		هدف	فعلی	انحراف	حدود کاری
درجه حرارت منطقه پخت	oC	۱۴۸۰	۱۴۶۰	۲۰	۱۵۰۰-۱۴۶۵
درجه حرارت عقب کوره	oC	۸۱۵	۸۳۰	۱۵	۸۳۰-۸۰۵
درصد اکسیژن گازهای عقب کوره	%		۰/۳		۲-۰/۷
مواد سوختنی حاصل از احتراق ناقص	%	۰	۰/۱	۰/۱	۰
درجه حرارت عقب کوره در ۱/۵ ساعت قبل	oC	۸۱۵	۸۰۰	-۱۵	
مقدار سوخت	Kg/hr	۱۰۵۶۰	۱۱۵۴۰	۹۸۰	
حرارت ویژه مصرفی	Kcal/Kg Clinker	۱۱۵۰	۱۲۲۶	۷۶	$\pm$ ٪۵
ارزش حرارتی سوخت	Kcal/Kg	۷۰۰۵	۶۸۵۰	-۱۵۵	نامعلوم

دور فن	r.p.m	۵۲۵	۵۱۳	-۱۲	۶۴۰-۶۶۰
آمپر کوره	Amps	۳۱	۲۶	-۵	۲۹-۳۳
درجه حرارت هوای ثانویه	oC	۸۷۰	۸۹۲	۲۲	۸۲۵-۹۱۵
دوره کوره	r.p.h	۷۲	۷۲	۰	۳۵-۸۰
مقدار خوراک کوره	Kg/hr	۱۰۱۹۲۰	۱۰۱۸۵۰	-۷۰	
مقدار کلینکر خروجی	Kg/hr	۶۴۵۰۰	۶۴۴۶۰	-۴۰	نامعلوم

دنباله جدول ۲

وضعیت کوره	حالت (الف-۳)
« خطر مواد سوختنی»	م- پائین
اضافه مصرف سوخت	ع- بالا
دور فن پائین است	ا- پائین
کوره در حال سرد شدن است	
درجه حرارت منطقه پخت رو به نقصان است	

کار کنترلی

فورا سوخت را بمقدار ۹۰۰Kg کاهش دهید.

دور کوره را به اندازه ۱۵ دور در ساعت کم کنید.

(وقتیکه مقدار مواد سوختنی به صفر رسید و درصد اکسیژن بالاتر از ۱ شد، در اینصورت دور فن را به اندازه ۳ دور در دقیقه کم کنید.)

جدول ۳ حالت کاری (الف-۹)

		هدف	فعلی	انحراف	حدود کاری
درجه حرارت منطقه پخت	oC	۱۴۸۰	۱۴۵۰	-۳۰	۱۴۶۵-۱۵۰۰
درجه حرارت عقب کوره	oC	۸۱۵	۸۴۳	+۲۸	۸۰۵-۸۳۰
درصد اکسیژن	%		۲/۳		۰/۷-۲
مواد سوختنی حاصل از احتراق ناقص	%	۰	۰	۰	۰
درجه حرارت عقب کوره در ۱/۵ ساعت قبل	oC	۸۱۵	۸۳۲	۱۷	
مقدار سوخت	Kg/hr	۱۰۵۶۰	۱۰۸۰۸	+۲۴۸	
حرارت ویژه مصرفی	Kcal/Kg Clinker	۱۱۵۰	۱۴۲۴	-۲۷۴	٪۵ ±
ارزش حرارتی سوخت	Kcal/Kg	۷۰۰۵	۶۸۱۴	۱۸۱	نامعلوم
دور فن	r.p.m	۵۲۵	۵۱۸	-۷	۶۴۰-۶۶۰
آمپر کوره	Amps	۳۱	۳۴	۳	۲۹-۳۳
درجه حرارت هوای ثانویه	oC	۸۷۰	۶۳۲	۳۸	۸۲۵-۹۱۵
دور کوره	r.p.h	۷۲	۶۱	-۱۱	۳۵-۸۰
مقدار خوراک کوره	Kg/hr	۱۰۱۹۲۰	۸۲۱۴۰	-۱۹۷۸۰	
مقدار کلینکر خروجی	Kg/hr	۶۴۵۰۰	۲۵۳۳۳	-۳۹۱۶۷	نامعلوم

دنباله جدول ۳

وضعیت کوره	حالت (الف-۹)
اضافه مصرف سوخت دور کوره پائین از حد نرمال داغ شدن منطقه پخت درجه حرارت هوای ثانویه پائین تر از حد نرمال است. درجه حرارت عقب کوره تمایل به افزایش دارد.	م- پائین ع- بالا ا- بالا

کار کنترلی

دور کوره به اندازه ۳ دور در ساعت اضافه شود.

دور فن کوره به اندازه ۲ دور در دقیقه کم شود.

ع

اتوماسیون

و

کنترل

۷-۱- مقدمه

میتوان اتوماسیون را بعنوان یک سیستم فیزیکی که قادر است ما را بدون هیچگونه فعالیت انسانی به هدف تعیین شده ای برساند، تعریف کرد.

در کارخانه سیمان هدف های متنوعی وجود دارد. مثلا زدن پاکت سیمان به دستگاه کیسه پرکنی بدون دخالت کارگر می تواند یک هدف باشد. یا در کارخانه سیمانی که همه چیز آن اتوماتیک شده است یک هدف فوق العاده بالا می تواند واریز مستقیم سود سهام سهامداران به حساب بانکی آنها باشد.

اتوماسیون یعنی: اعتماد و اطمینان بیشتر به سیستم کنترل، کاهش توقفات دستگاهها بدلیل وجود اطلاعات هشدار دهنده مفصل، کارکردن پیوسته و مداوم دستگاهها بدلیل اینکه اپراتور از بسیاری از کارهای تکراری و روزمره آزاد می شود و حواسش روی بهینه کارکردن دستگاهها متمرکز می گردد. با این سیستم اپراتور مرتبا توسط اطلاعاتی که بنحو منطقی و قابل فهم تهیه شده اند پشتیبانی میشود. الکتروموتورها در موقع نیاز بطور اتوماتیک راه اندازی و یا متوقف می شوند و بدینوسیله از کار بیهوده دستگاهها پیشگیری و در مصرف انرژی صرفه جویی می شود. در مواقع پیک مصرف برق، اتوماسیون براحتی بار مصرفی دستگاهها را کنترل و اداره می کند.

هرچه سیستم و دستگاههای تولید تثبیت شده تر و پیوسته تر کار کنند مصرف ویژه انرژی الکتریکی و حرارتی آنها کمتر خواهد بود. با اتوماسیون تعداد نفرات کم میشود و در نتیجه هزینه پرسنلی و دردسرهای آن کاهش می یابد. بالاخره بخاطر وجود اتوماسیون بسیاری از امور بکمک دستگاههای الکترونیکی انجام می شود که در نتیجه در مقایسه با سیستم های مکانیکی و پنوماتیکی بمقدار قابل توجهی دفعات تعمیرات، وقت لازم برای هر تعمیر و هزینه های مرتبط با تعمیرات کاهش می یابد.

از سوی دیگر بدلیل در دست داشتن اطلاعات مفصل و پیام های هشداردهنده و ارزیابی های آماری از اشکالات پیش آمده، راحت تر می توان تعمیرات و نگهداری برنامه ریزی شده را در کارخانه پیاده کرد.

۷-۲- زمینه های اتوماسیون در کارخانه سیمان

اتوماسیون در زمینه های بسیاری درصنعت سیمان کاربرد دارد که از جمله آنها موارد مندرج در جدول ۱ می باشد. در این جدول زمینه های اتوماسیون، نوع سخت افزار و نوع کارهای اتوماسیون برای بخشهای مختلف کارخانه سیمان نوشته شده است.

۷-۳- راهبری فرآیند

کارخانجات جدید سیمان از طریق اتاق فرمان محلی یا مرکزی راهبری میشوند. البته تمایل بیشتر بسوی اتاق کنترل مرکزی است تا از آن طریق یک یا چند خط تولید را اداره نمایند.

بر مبنای این تکنولوژی معمولا پرسنل اتاق کنترل تماس مستقیمی با فرآیندی که میباید راهبری شود ندارند. این افراد مجبور به اتکاء به ابزار مناسب برای ایجاد ارتباط با هریک از ماشین آلات و بخش های خط تولید هستند. مجموعه این چنین ابزار ارتباطی بعنوان ***مهندسی فرآیند و اتوماسیون یا سیستم کنترل فرآیند*** نامیده میشود. این اصطلاح و عنوان شامل معانی و مفاهیم زیر است:

سنجش و اندازه گیری

سلسله مراتب و ارتباط داخلی مدارهای راه انداز

اداره و هدایت تجهیزات

کارکردن دستگاهها

جدول ۱

زمینه اتوماسیون	سخت افزار
۱- معدن برنامه ریزی استخراج	کامپیوتر کوچک – بزرگ
۲- اتوماسیون فرآیند کنترل موتورها کنترل فرآیند اداره و هدایت	کنترل کننده های قابل برنامه ریزی کامپیوترهای میکرو – کوچک – متوسط سیستمهای سنجش کامپیوترهای فرآیند
۳- کنترل بارگیرخانه بارگیری امور اداری	کنترل کننده های قابل برنامه ریزی کامپیوترهای میکرو – کوچک
۴- کنترل کیفی آماده سازی نمونه اشعه ایکس کنترل پیوسته مخلوط مواد	کنترل کننده قابل برنامه ریزی شامل میکروکامپیوتر و کامپیوترهای کوچک
۵- تعمیر و نگهداری مدیریت مواد اولیه برنامه ریزی تعمیرات تدوین گزارش تدوین مدارک	کامپیوترهای کوچک کامپیوترهای شخصی
۶- اطلاعات مدیریت، اداری گزارشات تولید بررسی های آماری اطلاعات تجاری، امور پرسنلی	کامپیوترهای کوچک کامپیوترهای شخصی کامپیوترهای شخصی

کنترل مدار بسته

محاسبات کامپیوتری

سنجش و اندازه گیری عبارتست از تعیین کمی پارامترهایی نظیر درجه حرارت، فشار، آنالیز گاز کوره، سرعت گاز و امثالهم که در واقع مشخصات مقداری نحوه کار دستگاهها میباشند. برای سنجش هر یک از این پارامترها ابزارها و دستگاههای سنجش خاصی لازم است. مثلا برای اندازه گیری درجه حرارت از ترموکوپل یا حرارت سنج مقاومتی و یا حرارت سنج تشعشعی استفاده می شود. برای آنالیز محصول آسیاب مواد و خوراک کوره از انواع دستگاههای اشعه ایکس استفاده می گردد که در مواردی به کامپیوتر متصل است و مستقیماعلاوه بر کار سنجش، وظیفه هدایت و تنظیم نوار و باسکول تغذیه مواد به آسیاب مواد را نیز انجام میدهد.

منظور از کنترل فرآیند اینست که مقدار واقعی هریک از متغیرهای فرآیند آنچنان تنظیم و تثبیت شود که معادل مقدار مطلوب باقی بماند. برای این منظور از روش کنترل مدار بسته استفاده میشود که اصول آن عبارتست از اندازه گیری متغیر مورد نظر و تعیین انحراف آن از مقدار مطلوب، سپس انتقال مقدار انحراف به سیستم کنترل. کار سیستم کنترل اینست که مقدار انحراف را کاهش دهد. در واقع میتوان یک مدار کنترل را همانند یک ابزار سنجش در نظر گرفت که مقدار واقعی متغیر مورد سنجش را اندازه گیری می کند و آنرا تبدیل به علائم الکتریکی (مثلا جریان) مینماید و سپس به دستگاه کنترل کننده می فرستد. این دستگاه کارش اینست که مقدار واقعی را با مقدار مطلوب مقایسه میکند و مقدار انحراف را بصورت علامت الکتریکی در می آورد. این علامت به دستگاه تصحیح کننده که کار آن تنظیم و تثبیت مقدار واقعی در محدوده مقدار مطلوب است فرستاده می شود. در اصل دستگاه کنترل کننده همانند اپراتوری عمل میکند که به صفحه نشان دهنده یک

اندازه گیر نگاه می کند و مقدار واقعی یک متغیر (مثلا میزان جریان آب) را می خواند. وقتیکه عقربه نشان دهنده از روی مقدار مطلوب منحرف می شود، اپراتور با باز کردن و بستن شیر واقع در مسیر آب، مقدار آب جاری را آنچنان تنظیم می کند که میزان جریان بمقدار مطلوب برسد. در صنایع مدرن، عمل کنترل کردن بصورت اتوماتیک درآمده است و بوسیله دستگاههای الکترونیکی انجام می شود. در شکل ۱ اجزاء اتوماسیون فرآیند تولید نشان داده شده است. کل مجموعه نشان داده شده در شکل همانند یک انسان عمل می کند:

سنسورها و کابلها همانند رشته اعصاب اطلاعات را میگیرند و به مغز میفرستند.

کنترل کننده همانند مغز روی اطلاعات مقداری عملیات انجام میدهد. نتیجه حاصل از این عملیات مجددا بوسیله اعصاب به ماهیچه ها منتقل می شود و حاصل کار حرکت فیریکی ماهیچه ها خواهد بود. همانند آن در سیستم کنترل یک کارخانه از طریق کنترل کننده حاصل عملیات روی اطلاعات بوسیله کابل به تحریک کننده و یا کلید اصلی منتقل می گردد و تبدیل به قدرت فیزیکی می شود. نیاز به گفتن نیست که سیستم کنترل هر کارخانه همانند مغز و سلسله اعصاب دارای نقش مهمی است.

سالها قبل اجزاء سیستم اتوماسیون عبارت بود از:

کنترل موتور

ابزار دقیق و کنترل فرآیند

ثبت اطلاعات

ابزارهایی که در این اجزاء بکار میرفتند عبارت بودند از:

رله ها، بعدها کنترل کننده های قابل برنامه ریزی برای کنترل موتور

ابزار دقیق و کنترل کننده های مدار بسته برای کنترل فرآیند

ثبات ها و گزارشات کتبی روزانه که بعد ها بوسیله کامپیوتر درج و تدوین میشد.

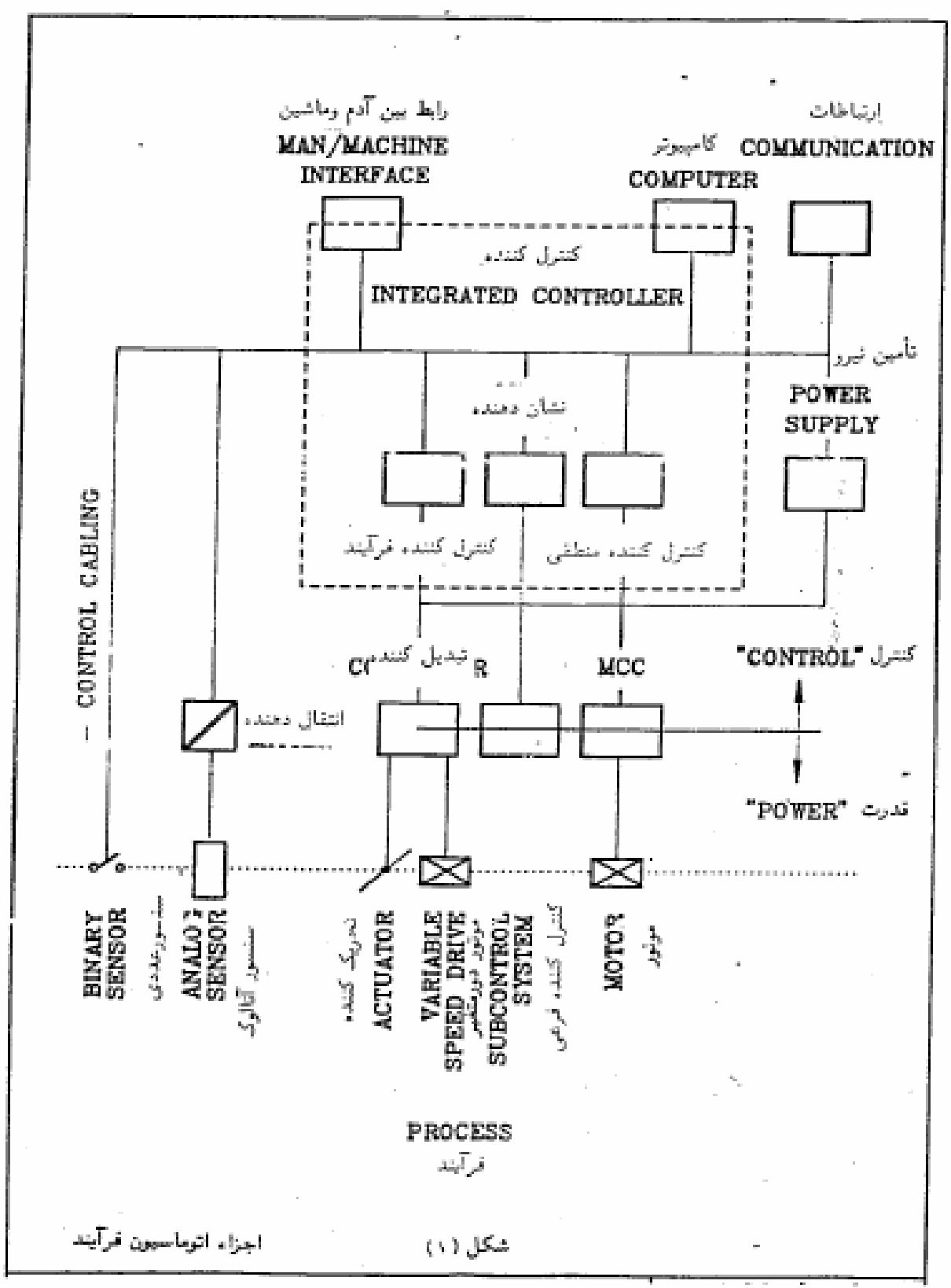
هر دستگاهی وسیله ارتباطی خاص خودش با اپراتور (انسان) را داشت:

دکمه ها و چراغ ها برای کنترل موتور

ابزار دقیق و پطانسیومتر برای کنترل فرآیند

صفحه کلید و مونیتور برای ثبت و درج اطلاعات

همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می شود سیر تکاملی اتوماسیون در جهتی است که هرچه بیشتر از ابزارهای الکترونیکی و کامپیوتر استفاده شود. حاصل کار کوچکتر شدن تابلو کنترل و فضای لازم برای اطاق کنترل است (شکل ۲).



شکل (۱)

اجزاء اتوماسیون فرآیند

۷-۴- معیارهای انتخاب سیستم اتوماسیون

در سیستم های جدید کنترل فرآیند، بمقدار زیادی جنبه بصری و ثبت اطلاعات فرآیند گسترش و توسعه یافته است. سیستم های کنترل امروزی مشتمل است بر تنظیم و کنترل از راه دور، تشخیص عیب و اقدام در جهت اصلاح انحراف از ارقام معیار. ماحصل آن پشتیبانی سطح بالایی از افراد و اپراتورهای مسؤول راهبری دستگاه و بهینه کار کردن سیستم است. بعبارت دیگر میدان عمل و گستره سامانه های کنترل، هدایت و راهبری فعلی شامل: نظارت بر فرآیند، بهینه سازی فرآیند، مهندسی مرکزی و تشخیص گسترده و همه جانبه عوامل ایجاداشکال و عیب یابی و رفع عیب می باشد.

در خط تولید فعلی سیمان مجموعه متنوعی از ماشین آلات وجود دارد که توسط سازندگان مختلف ساخته و عرضه شده است. هر یک از سازندگان برای راهبری و کنترل بهینه دستگاه خود راه حل های سخت افزاری و نرم افزاری گوناگونی ارائه میدهند. بهمین خاطر افراد شاغل در چنین مجموعه ای عموما برای کار با ماشین های خاص تولید شده توسط سازنده مشخصی آموزش دیده اند و بمرور زمان در کار کردن با همین دستگاه خاص مهارت و تجربه پیدا می کنند.

هزینه تهیه نرم افزار برای تعبیه و پیاده کردن یک سامانه جدید هدایت فرآیند و یا نوسازی و تجهیز ماشین آلات موجود با چنین سامانه ای، رقم قابل توجه و مهمی است.

گسترش و توسعه سریع فن آوری کامپیوتر و نرم افزارهای مورد استفاده در سیتسم های راهبری دستگاه های تولیدی باعث شده که انتخاب سازنده و عرضه کننده اینچنین تجهیزات و نرم افزارهایی مشکل شود.

سوال مهم اینست که خریدار چنین تجهیزاتی که بدنبال سرمایه گذاری برای یک سیستم کنترل جدید است باید به چه پیش شرط هایی بیاندیشد؟

در ابتدا باید از سامانه هدایت فرآیندی (Process Control System) استفاده کند که اجزاء متشکله آن ساخته تولید کنندگان معتبر و سرشناس جهانی باشند.

اجزاء گوناگون بکار رفته در یک سامانه باید دارای ساختمان (Structure) و بافتی استاندارد شده باشد و فلسفه و چگونگی ارتباط کاری بین آنها و تجهیزات تولیدی (Interlocking) نیز باید استاندارد شده باشد. علاوه بر این سطح اتوماسیون و هدایت این سامانه باید در حد بهینه و اقتصادی باشد.

امروزه فن آوری فیلدباس (Field Bus)، برنامه ریزی ارتباط کاری فی ما بین تجهیزات (Interlocking) و سطوح مشترک بین اجزاء سیستم هدایت (System interfaces) استاندارد شده است. همین امر باعث سهولت مطالعه و تصمیم گیری شده است.

نتایج مفید چنین استانداردها و پیشرفت هایی برای مشتری و سفارش دهنده چیست و چه خواسته هایی را برآورده می کند؟ هنگام انتخاب یک سامانه هدایت فرآیند چه ضوابطی را باید مدنظر داشته باشد؟ در سطور زیر معیارهای انتخاب حاصل از سالها تجربه کار کردن و عمل کرد چنین سیستم هایی در بازار صنعت ارائه می شود:

رایانه و سامانه راهبری می باید متشکل از اجزاء تجاری موجود در بازار و استاندارد شده باشند. اتصالات بین آنها نباید طرحی خاص و منحصر به فرد و نایاب در بازار داشته باشد. چنین شرطی باعث می شود که تأمین قطعات یدکی براحتی امکان پذیر و از نظر قسمت قابل رقابت باشد.

از نظر هدایت و ارتباط کاری فی ما بین تجهیزات و کامپیوترها (PLC)، فن آوری فیلدباس (Field Bus) و ورودی- خروجی ها (IO) باید از سیستم هایی استفاده

شود که بمقدار زیادی در بازار وجود داشته باشند و تضمینی برای تأمین دراز مدت یدکی آنها وجود داشته باشد. سرعت زیاد گسترش چنین سیستم هایی و پیچیدگی هرچه بیشتر آنها باعث بروز مشکلاتی در تهیه و تأمین و انبار کردن اجزاء یدکی آنها می شود. مهمتر از آن یافتن و تربیت کردن افرادی که از پس رفع اشکال چنین سیستم هایی برآیند نیز بسیار مهم است. بهمین خاطر است که استفاده از سیستم هایی که حضور گسترده ای در بازار دارند توصیه می شود و استفاده از آنها مشکلات مذکور فوق را کاهش می دهند.

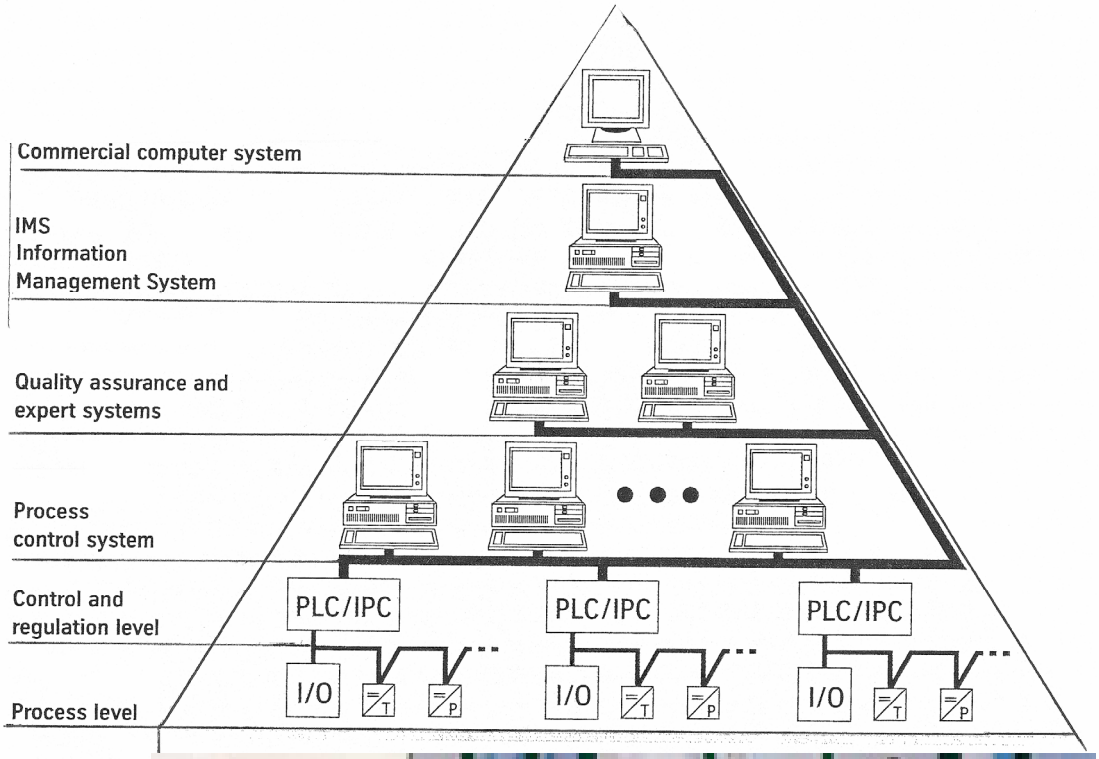
همچنین باید نرم افزار پایه بکار رفته در سامانه های هدایت فرآیند از انواع خوب موجود در بازار باشد. همینطور سخت افزار مورد استفاده نیز باید از انواع خوب موجود در بازار باشد. باید تضمینی برای امکان تبدیل کامپیوتر موجود به کامپیوتری با معماری جدید (New Computer Architecture) و استفاده از ویرایش های جدید نرم افزار کار با کامپیوتر (New Operating System) وجود داشته باشد.

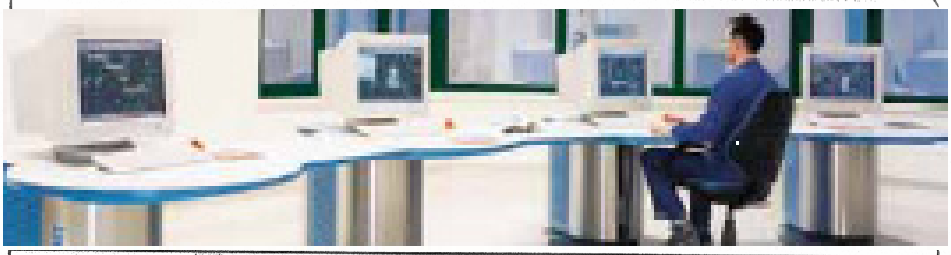
برای اطمینان از اینکه تمام اجزاء متشکله سیستم قابل جمع شدن و انطباق با هم (Integrated) هستند، نیاز به سیستمی است که ساختمان (Structure) و ارتباط کاری فی ما بین آنها (Interlocking) عام و همجنس (Generic)، باشند. انواع تجاری موجود در بازار (Trade Specific) که در آنها از سخت افزارهای استاندارد هدایت فرآیند و نرم افزارهای پایه ای استفاده می کنند، راه حل عملی مقبولی است و برخوردار از مزایای زیادی است.

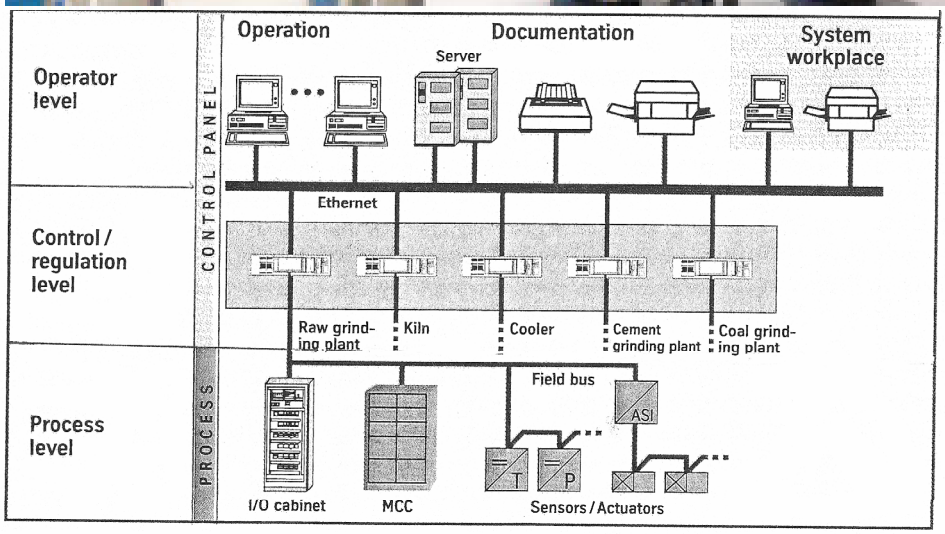
باید امکان جمع و جور کردن فن آوری هدایت فرآیند موجود در سطح گسترده ای وجود داشته باشد. نوسازی و مدرن کردن و گسترش سطح اتوماسیون تجهیزات موجود باید گام به گام بررسی و اجرا شود تا بدینوسیله سوء اثری روی فرآیند تولید نگذارد. سیستم های امتحان شده موجود با ساختمانی ساده و واضح و

برخوردار از سطح اتوماسیون بالا پاسخگوی چنین نیازی هستند. تعمیرات و نگهداری این سیستم ها سهل و ساده و تداوم کاری آنها زیاد و بازدهی بالایی دارند.
ارتباط و اتصالات (Interfaces) فی ما بین اجزاء این سیستم با سایر سیستم های اتوماسیون موجود در کارخانه، همانند سیستم کنترل کیفی، سیستم های اطلاعات مدیریت، سیسنم های بهینه سازی فرآیند، باید وجود داشته باشد و براحتی قابل استفاده باشد.
ارتباط بین کاربر (Interface) و سیستم باید ترتیبی ساده و واضح داشته باشد و بتوان براحتی از آن استفاده کرد.
باید سیستم ورود و خروج (IO-System) گسترده ای وجود داشته باشد. بسته به عمر و قدمت تجهیزات و ماشین آلات موجود خط تولید، محل، موقعیت و تکنولوژی کلیدها و تابلوهای کنترل اصلی موجود (MCC) باید سیستم های IO را برای سطوح ولتاژ مختلف (Voltage Level)، نوع حفاظت (Protection Type) و اتصال بین سیستم های طراحی کرد.
ابزارهای هوشمند (Smart Devices) و کلیدها و تابلوهای کنترل هوشمند (Smart MCC) از جمله فن آوری های ارجح برای بسیاری از تأسیسات جدید است.
نزدیکی و ایجاد ارتباط با کاربر (User Friendliness)، امکانات تشخیص (Diagnosis Possibilities) و پشتیبانی سیستم (System Support) مشخصه هایی هستند که در سامانه های هدایت فرآیند (Process Control Systems) گوناگون موجود متفاوت هستند.
در سطح جهانی سازندگان و عرضه کنندگان سخت افزار و نرم افزار برای سامانه های هدایت فرآیند، اجزاء این سامانه ها را آنچنان توسعه و گسترش داده اند که

قابلیت استفاده در زمینه های گوناگون را دارند. انواع تجاری اینگونه سیستم ها پاسخگوی راحتی بیشتر راهبر و اپراتور و بهینه سازی ساختمان سیستم برای کاربردهای خاص هستند.


Commercial computer system
IMS
Information
Management System
Quality assurance and
expert systems
Process
control system
Control and
regulation level
Process level
PLC/IPC
PLC/IPC
PLC/IPC
I/O
I/O
I/O
T
P
T
P
T
P




Operator
level
Control /
regulation
level
Process
level
CONTROL PANEL
PROCESS
Operation
Documentation
System
workplace
Server
Ethernet
Raw grind-
ing plant
Kiln
Cooler
Cement
grinding plant
Coal grind-
ing plant
Field bus
ASI
T
P
I/O cabinet
MCC
Sensors / Actuators

جدول ۲ پیشرفت اتوماسیون در نیم قرن اخیر

سال	نوع کنترل	تعداد موتور	تعداد ابزار دقیق
۱۹۵۰	کنترل محلی هر یک از دستگاهها تعیین و کنترل متغیرها به وسایل مکانیکی و پنوماتیکی در محل	۵۰	۲۰
۱۹۶۰	اتاق فرمان مرکزی، کنترل پشت سرهم موتورها (رله)، تعیین و کنترل موتورها (رله)، تعیین و کنترل متغیرها از فاصله دور	۲۰۰	۷۰
۱۹۷۵	اتاق فرمان مرکزی، کنترل کننده های غیرمتمرکز، کامپیوترهای هدایت کننده کامپیوترهای عملیاتی	۴۰۰	۱۵۰
۱۹۸۵	اتاق فرمان مرکزی، کنترل کننده های متمرکز با ورودی و خروجی از راه دور، نشان دهنده های گرافیکی، بزرگراههای اطلاعاتی	۸۰۰	۳۰۰
۱۹۹۵	کابلهای نوری، گرافیک بیشتر، کامپیوترهای کوچک اختصاصی بیشتر، سیستمهای هوشمند، فرمان صوتی		

۶-۵- پیوستگی و سلسله مراتب راه اندازی، برنامه ریزی و مدارهای کنترل

Interlocking, Programming and Control Circuits

انواع موتورها، ماشین ها، دریچه ها و سایر دستگاه ها و ابزارها موجود در دستگاه پخت سیمان بوسیله سامانه مرکزی هدایت، راهبری و کنترل می شوند. ساختمان و چگونگی این سامانه از نقطه نظر فرآیند و راهبری تجهیزات ذیلا شرح داده می شود:

۶-۵-۱- پیوستگی کار دستگاه ها بهم (InterLocking)

جزئیات کار پیوستگی دستگاه ها بهم و برنامه ریزی کار آنها در دیاگرام های اینترلاکینگ شرح داده شده است. فلسفه کلی آنها عبارتست از اینست که هیچ دستگاهی قبل از اینکه ماشین بعدی آن راه اندازی شده باشد نمی تواند روشن شود. بعکس توقف هر ماشینی باعث توقف ماشین قبلی خواهد شد و این ترتیب منطبق با سلسله مراحل فرآیند تولید است.

برخی جنبه های حفاظتی از کار مطلوب و سالم تجهیزات عبارتند از:

درجه حرارت یاتاقان

ارتعاش دستگاه

درجه حرارت سیم پیچ الکتروموتورها

حداقل سطح روغن در گیربکس ها

سنجش دور موتورها و گیربکس ها

حداکثر ارتفاع سطح مواد در قیف ها و سیلوها و غیره

و در صورت عدم انطباق با شرایط تنظیمی باعث توقف فوری ماشین مربوطه خواهند شد.

مثالها:

اگر سنجش و کنترل دور پروانه یک فن، چرخشی را نشان ندهد، در اینصورت موتور پروانه متوقف خواهد شد.

اگر میزان ارتعاش فن پیش گرمکن کوره بالا باشد، موتور فن متوقف می شود.

اگر درجه حرارت یاتاقان شفت کلینکر شکن بالاتر از حداکثر درجه حرارت مجاز باشد، کلینکرشکن متوقف خواهد شد.

۶-۵-۲- برنامه ریزی Programming

با انتخاب مجموعه ای از برنامه ها و تعدادی عملیات مستقیم می توان بخش کوره را از طریق اطاق کنترل مرکزی راهبری کرد. برنامه های نصب شده در سیستم کنترل، دستورالعمل روشن کردن و توقف ماشین های موجود در بخش کوره را که به صورت گروه هایی تقسیم بندی شده است انجام میدهد. اضافه بر این، بر چگونگی کار دستگاه ها و فرآیند کار نظارت می شود و تمام سلسله مراتب کار دستگاه ها، حفاظت و ایمنی آنها بررسی می گردد.

عملیات مستقیم (Direct Functions) عبارت از باز و بسته کردن دریچه ها و کنترل سرعت موتورها می باشد. برنامه های زیر برای تجهیزات مرتبط با سیستم پخت پیشنهاد میشود:

سیلوی مواد با جریان پیوسته (CF Silo)

خوراک کوره

فن الکتروفیلتر

انتقال غبار الکتروفیلتر

فن پیش گرمکن

دستگاه آنالیز گاز خروجی

دستگاه های جنبی کوره

موتور و سیستم حرکت کوره

موتور کمکی کوره

فن های مشعل کوره

مشعل کوره

مشعل کلساینر

سیستم انتقال کلینکر

فن هوای اضافی کولر

موتورهای حرکت خنک کن

فن های خنک کن

هر یک از دستگاههای زیر می توانند جداگانه عمل نمایند:

دریچه های فن ها

دریچه های تغییر مسیر گاز و دریچه های تقسیم جریان مواد

وضعیت شیرها، شیرهای نفت کوره و شیرهای خوراک کوره

موتورهای دارای دستگاه تنظیم سرعت همانند موتور حرکت کوره و موتور حرکت خنک کن

جزئیات هر یک از این برنامه ها در مدارک موجود در سیستم PLC وجود دارد. با این وجود به برخی نکات مهم هر یک از برنامه ها اشاره می شود. بطور کلی تمام دستگاه های فیلتر کیسه ای با فاصله ۱۵ دقیقه پس از توقف سیستم اصلی متوقف خواهند شد، تا بدینوسیله از مواد تخلیه شوند.

۱- سیلوی مواد (CF)

شرایط قبل از راه اندازی سیلوهای پیوسته ذخیره خوراک کوره عبارت از اینست که فیلتر، بلورها و سیستم تخلیه سیلو در هر لحظه قابل راه اندازی باشند.

۲- خوراک کوره

شرایط قبل از راه اندازی دستگاه تغذیه خوراک کوره عبارتست از: کمپرسورهای هوا در حال کار و یا آماده کار باشند. فن پیشگرمکن در حال کار باشد. اگر خوراک کوره قطع شود، باید فن پیش گرمکن قطع شود تا بدینوسیله از داغ شدن پیش گرمکن جلوگیری شود. میتوان در موقع گرم کردن کوره این پیوستگی و اینترلاک را کنار گذاشت. باید مسیر انتقال و تغذیه را قبل از شروع تغذیه تعریف و تعیین کرد، آیا باید خوراک به سوی پیش گرمکن برود یا در مسیر چرخش (Recirculation) جریان داشته باشد.

۳- فن الکتروفیلتر

شرایط قبلی راه اندازی فن الکتروفیلتر عبارتست از اینکه دریچه آن باز باشد و درجه حرارت ورودی الکتروفیلتر کمتر از مقدار حداکثر مجاز باشد.

۴- انتقال غبار برگشتی

میتوان بار برگشتی را به پیش گرمکن فرستاد، شرایط قبلی چنین کاری اینست که سیستم انتقال در حال کار باشد. هیچگونه آلارمی در کار کردن سیستم انتقال بار برگشتی وجود نداشته باشد.

در فاصله زمانی گرم کردن کوره می توان برنامه ۲ (Program 2) را کنار گذاشت. توجه داشته باشید پس از فرمان کنار گذاشتن، بخاطر تخلیه سیستم مدتی تأخیر زمانی وجود خواهد داشت.

۵- فن گاز خروجی

شرایط لازم قبل از اجرای این برنامه:
دریچه ها باید باز باشند. درجه حرارت گاز خروجی از پیش گرمکن کمتر از Max II باشد. برنامه ۲ در حال کار یا آماده کار باشد.

۶- دستگاه آنالیز گاز

شرایط قبلی انجام این برنامه در دسترس بودن هوای فشرده و آب برای خنک کردن است.

۷- دستگاه های جنبی کوره

این دستگاه ها هیچگونه پیش شرطی ندارند

۸- حرکت کوره

پیش شرط های اجرای این برنامه عبارتست از:
یا برنامه ۷ در حال اجرا باشد و یا اینکه آلارمی وجود نداشته باشد (No Alarm) موتور کمکی متوقف باشد. موتور کوره آماده راه اندازی باشد، هیچگونه آلارم و هشداری برای وضعیت مکانی کوره وجود نداشته باشد. موتور حرکت خنک کن یا در حال کار باشد و یا کمتر از ۳ دقیقه از زمان توقف آن نگذشته باشد (هنگام گرم کردن کوره می توان این پیوستگی (Interlocking) را کنار گذاشت (Bypass). فن های خنک کن کلینکر در حال کار باشند.

۹- موتور کمکی

شرایط قبلی انجام این برنامه اینست که موتور حرکت کوره متوقف شده باشد

۱۰- فن های مشعل کوره

برای این برنامه شرایط قبلی وجود ندارد. ولی هنگامیکه برنامه ۱۱ درحال اجراست و فن هوای اولیه متوقف می شود می باید بلافاصله فن کمکی مشعل (Emergency Fan) بطور خودکار راه بیافتد.

۱۱- مشعل کوره

آمادگی شرایط برای راه اندازی و اجرای این برنامه عبارتست از فن پیش گرمکن (برنامه ۵) در حال کار باشد. در موقع گرم کردن می توان یک برنامه خاصی را تدوین کرد که بر اساس آن بتوان بدون فن پیش گرمکن مشعل را در حال کار نگه داشت. البته به محض راه افتادن فن پیش گرمکن این برنامه بطور خودکار حذف می شود.

فن هوای اولیه در حال کار باشد (برنامه ۱۰). اکسیژن گازهای خروجی از پیش گرمکن باید $O_2 \geq 5\%$ باشد. مقدار مونواکسید کربن $CO < Max\ I$ باشد. دستگاه سنجش نباید در وضعیت آزمایش (Test Mode) باشد.

۱۲- مشعل کلساینر

شرایطی که باید قبل از انجام برنامه فراهم باشد:

مشعل کوره در حال کار باشد (برنامه ۱۱). فن پیش گرمکن در حال کار باشد (برنامه ۵). درجه حرارت خروجی کلساینر باید بالاتر از حداقل و پائین تر از حداکثر درجه حرارت مجاز (Max II) باشد. تغذیه کوره روشن باشد (برنامه ۲). $CO < Max\ I$ و $O_2 \geq 5\%$ باشد.

دستگاه آنالیز گاز در مدار باشد و در وضعیت آزمایش نباشد. هیچگونه هشداری وجود نداشته باشد. اگر مقدار CO پس از راه اندازی پیش گرمکن به بالاتر از (Max II 0.9%) برسد بلافاصله سوخت مصرفی در کلساینر به اندازه ۲۰٪ کاهش می یابد و مشعل از حالت خودکار خارج شده و تبدیل به دستی میشود.

اگر در ادامه کار مقدار CO بالاتر از (Max III 1.2%) باشد، دراینصورت جریان برق فشار قوی متصل به الکتروفیلتر (ESP) بلافاصله قطع می شود.

۱۳- انتقال کلینکر

میتوان کلینکر را یا به سیلوی ۱ و یا به سیلوی ۲ و یا در فضای ذخیره کلینکر نامرغوب فرستاد.

پیش شرط برنامه انتقال کلینکر عبارتست از:

انبار ذخیره کلینکر پر نباشد. مسیر انتقال مشخص شده باشد. سیستم انتقال غبار کلینکر در صورت توقف انتقال کلینکر متوقف خواهد شد.

۱۴- فن هوای اضافی خنک کن

شرایط انجام این برنامه اینست که:

دریچه فن هوای اضافی بسته باشد.

انتظار اینست که درجه حرارت هوای اضافی حدود ^{oC}۳۲۵ باشد.

در مواقعی که درجه حرارت بالاتر از ^{oC} ۴۳۵ است بطور خودکار فن هوای اضافی خاموش خواهد شد.

توجه داشته باشید که با خاموش شدن فن هوای اضافی، فن پیش گرمکن نیز متوقف خواهد شد.

۱۵- سیستم های حرکت خنک کن

شرایط قبلی لازم برای راه اندازی سیستم حرکت خنک کن عبارتست از:

نقاله کلینکر بعد از خنک کن در حال کار باشد

خنک کن کلینکر در حال کار باشد

فن های خنک کن گریت در حال کار باشد

در حین راه اندازی اولیه کوره میتوان بطور ویژه به خنک کن گریت اجازه داد موادی که در دهانه کوره جمع شده است وارد آن شود.

در صورت توقف کلینکر شکن و یا فن پیش گرمکن، کوره متوقف خواهد شد و در این حالت سیستم حرکت خنک کن به حداقل سرعت خود میرسد و سپس در فاصله زمانی تنظیمی بین ۱ تا ۱۵ دقیقه متوقف می شود.

اگر غبار کلینکر خروجی از فیلتر خنک کن متوقف شود، سرعت حرکت خنک کن به حداقل سرعت میرسد و سپس در فاصله ۰-۵ دقیقه متوقف خواهد شد. نتیجه نهایی توقف کوره خواهد بود. اگر هر یک از فن های خنک کن متوقف شوند، در اینصورت باید سیستم حرکت خنک کن فورا متوقف شود.

تا وقتیکه هوای خنک کن برقرار نشده است نباید سیستم حرکت خنک کن راه اندازی شود.

۱۶- فن های خنک کن کلینکر

شرایط قبل از راه اندازی این فن ها عبارتست از:

فن هوای اضافی در حال کار باشد. اگر فن هوای اضافی متوقف شود باید بلافاصله هوای فن های خنک کن بطور خودکار تا ۴۰٪ ظرفیت خود کاهش داده شوند تا بدینوسیله از انتشار غبار کلینکر پیشگیری شود.

در زمان راه اندازی اولیه میتوان بطور خاص اجازه کار به هر یک از فن ها را داد.

هنگامیکه کوره متوقف می شود، بدنبال آن بطور خودکار هوای خنک کن تا ۷۰٪ ظرفیت خود کاهش می یابد. هنگام گرم کردن اولیه میتوان این پیوستگی را حذف کرد. فن های خنک کن را میتوان با استفاده از زمان سنج های ۰-۸ ساعت متوقف نمود.

۶-۵-۳- مدارهای کنترل (Control Circuit)

مدارهای کنترل زیر پیش بینی شده اند:

مقدار خوراک کوره با دور کوره همزمان (Synchronise) شده است.

درجه حرارت ورودی الکتروفیلتر کوره با میزان تهویه گاز خروجی از پیش گرمکن در برج خنک کن کنترل می شود.

درجه حرارت بالای پائین ترین سیکلون، مقدار سوخت مصرفی در مشعل کلساینر را کنترل میکند.

فشار بعد از فن پیش گرمکن با سرعت ورودی فن الکتروفیلتر ثابت نگهداشته می شود.

فشار سر کوره توسط سرعت فن هوای اضافی ثابت نگهداشته می شود.

سرعت حرکت سیستم حرکت خنک کن کلینکر بوسیله متوسط فشار موجود در اولین محفظه زیرین خنک کن کنترل می شود.

بهنگام توقف کوره، مقدار هوای جاری در تمام فن های خنک کن کلینکر به مقدار ۷۰٪ کاهش می یابد.

۷

گرفتگی دستگاه پخت سیمان

در صورتیکه مقدار مواد فرّار K_2O و Na_2O، سولفور و یا کلر موجود در خوراک کوره و یا سوخت زیاد باشند، امکان تبخیر آنها در منطقه پخت و سپس مایع شدن آنها در انتهای کوره و پیش گرمکن وجود دارد. این عمل باعث تجمع و گرفتگی مواد در کانالها و سیکلونها و ایجاد مشکل برای حرکت روان مواد و گاز میشود. در مواردی که غلظت بالای مواد فرار اجتناب ناپذیر باشد در انتهای کوره مسیر فرعی (Bypass) برای خارج کردن بخشی از گاز کوره به بیرون از سیستم پخت تعبیه میشود. با اضافه کردن معادل ۲ تا ۳ برابر حجم این گاز هوای سرد محیط به آن درجه حرارتش بحدود ۲۰۰ درجه سانتیگراد کاهش میباید و شرایط انجماد مواد فرار موجود در آن فراهم میشود. سپس با عبور دادن گاز سرد شده از دستگاه های غبارگیر، گاز تصفیه و عاری از مواد فرار و گرد و غبار خواهد شد.

مقدار گاز ارسالی به مسیر فرعی میتواند بین ۱۰ تا ۷۰ درصد گاز خروجی از کوره باشد. محل تعبیه کانال مسیر فرعی نیز مهم است. باید در آنچنان نقطه ای باشد که حداکثر غلظت مواد فرار وجود داشته باشد و از سوی دیگر حداقل مقدار گاز از سیستم پخت خارج شود تا بدینوسیله اتلاف حرارتی کمتری پیش آید.

در کوره های دارای پیش گرمکن در ازاء هر یک درصد گاز مسیر فرعی، معادل ۵ کیلوکالری به حرارت مصرفی برای هر کیلوگرم کلینکر اضافه می شود. این عدد در کوره های دارای کلساینر ۲ کیلوکالری است. نحوه عمل و راهبری مسیر فرعی موضوع پیچیده ای است که بستگی به غلظت، استوکیومتری بین قلیایی و سولفور، میزان فراریت مواد، زمان سیر مواد و مشخصات سیمان تولیدی دارد.

چرخش کلر بستگی به درجه تکلیس مواد دارد و می باید بین ۵ تا ۱۰ گرم به ازاء هر کیلوگرم کلینکر محدود شود. هم اکنون بسیاری از سیمانها باید دارای قلیایی کل کمتر از ۰/۶ درصد باشند. مقدار SO_3 اضافی در کلینکر باعث پیشگیری از تشکیل C_3S می شود. درصورتیکه مقادیر قلیایی کل یا SO_3 بیش از ۱ درصد و یا کلر

بیش از ۰/۰۰۱۵ درصد وزنی کلینکر باشد میتوان انتظار دردسر و مشکل را داشت (شکل ۱و۲و۳).

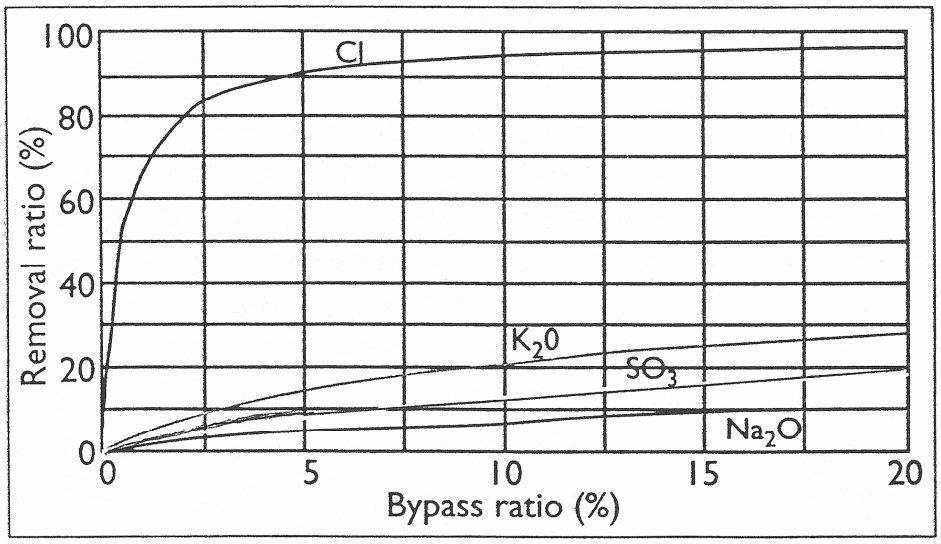
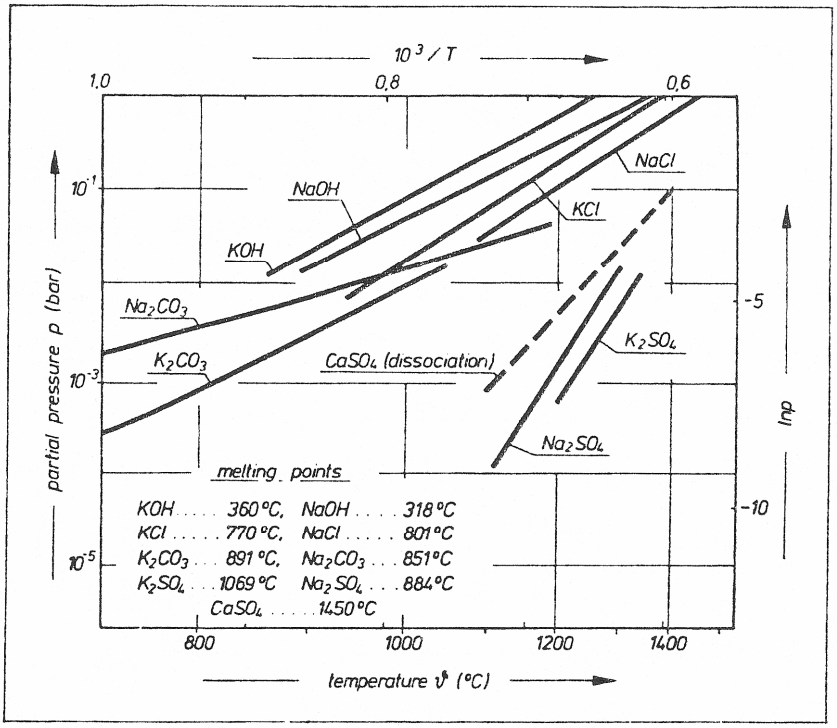
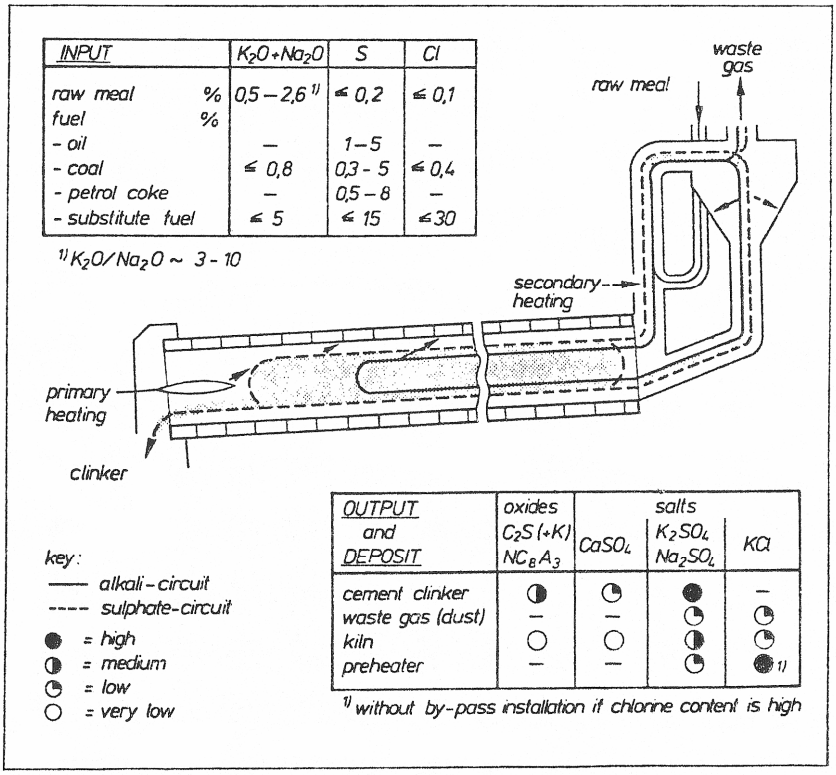


Figure 3: Relation between removal ratio of volatile component and bypass ratio



منحنی های فشار جزئی ترکیبات مختلف موجود در سیکل قلیائی



مدارهای سولفات و قلیائی ها در یک کوره دوار سیمان

۷-۱- پاک کردن پیش گرمکن

اغلب پیش گرمکن ها در معرض گرفتگی در نقاط ورودی به کوره و کانال خروجی گاز از کوره هستند. فقط ماهرترین و یا خوشبخت ترین اپراتورها هستند که میتوانند از گرفتگی گاهگاه سیکلونها که در اثر چسبندگی مواد فرار (Cl, S, Na, K) و یا نوسان درجه حرارت هستند، پیشگیری نمایند. احتمال انجماد خوراک داغ کوره در سیکلونهای پائین و ته کوره و تجمع آنها در نقاط سرد و محل نشدی هوای سرد وجود دارد. لذا می باید نشدی های عقب کوره، سیکلونها، دریچه ها و سایر نقاط پائین پیش گرمکن گرفته شود و کاملا آب بندی گردد.

استفاده از لوله هوا، میله، هوای فشرده و آب با فشار زیاد برای رفع گرفتگی ها کاری مرسوم و متداول است. پوشیدن لباس مناسب و آموزش دیدن برای انجام اینچنین اموری اجتناب ناپذیر است. برای باز کردن دریچه ها می باید قبلا با اپراتور کوره مشورت شود و در جریان موضوع قرار بگیرد و همچنین قبل از هرگونه اقدامی از عدم وجود افراد در بخش پائینی محل کار اطمینان حاصل شود.

پاک کردن سیکلونها کار مهمی است که ممکن است نیاز به توقف کوره داشته باشد. در قسمت قیفی شکل سیکلون لوله هایی تعبیه شده است که میتوان از طریق آنها لوله هوا برای رفع گرفتگی ها را وارد سیکلون نمود. دستگاههای آب فشان وسیله بسیار موثری هستند ولی غلط کار کردن با آن همراه با خطراتی برای افراد و مواد است. ضمن پاک کردن سیکلون میباید کلیه افراد بدانند که هر آن امکان جاری شدن مقدار زیادی مواد داغ همچون جریان آب وجود دارد. هیچکس نباید در زیر دریچه ها قرار بگیرد، دریچه ها باید بسته باشند و کسی در اطراف سیکلون نباشد.

۷-۲-تجربه ای از معیار نسبت مولی

در گوشه ای از کشور عزیزمان ایران تلاش چند ساله جمعی از فرزندان این مرز و بوم به ثمر نشست و پروژه دیگری به تولید رسید. در ماه های اول راه اندازی مسئله ای ذهن ها را به خود مشغول کرده بود و عملا بسیاری از مسائل راهبری کوره و کیفیت محصول را منتسب به این مسئله می دانستند.

اینکه در چند ماه اول راه اندازی سیستم پیچیده ای چون کوره سیمان مسائل عدیده و تکراری پیش بیاید، بسیار طبیعی و محتمل است. مثلا یکی از کارخانجات سیمان ایران از ابتدای راه اندازی مواجه با مشکل تشکیل رینگ در حوالی ۳۶- ۴۶ متری کوره بود و نزدیک به دو سال درگیری با این مشکل در نهایت گره کار گشوده شد. برای گشودن این گره فکرها به هزارجا رفت و در مواردی گفته میشد که طراحی کارخانه غلط است.

مشکل پروژه جدید این بود که در ابتدای بررسی معادن کارخانه، تهیه نمونه های عدیده برای ارزیابی معادن در نهایت انتخاب محل و بالاخره ارسال نمونه برای کمپانی های سازنده ماشین آلات، همواره میزان قلیایی ها بیش از گوگرد بوده است.به همین خاطر در طراحی سیستم پخت مسیر فرعی قلیایی نیز منظور شده است. اما عملا پس از راه اندازی کارخانه و بهره برداری از معادن مشاهده شد که مقدار سولفور چندین برابر آن چیزی است که در مطالعات اولیه پیش بینی شده بود. اینجانب طرف مشورت قرار گرفتم و ضمن درخواست برخی اطلاعات در مورد مواد اولیه، خوراک کوره، کلینکر تولیدی و ... متوجه شدم که این تغییر فاحش در نتایج آنالیز شیمیایی مواد اولیه مورد استفاده، در مقایسه با آنچه که در ابتدای مطالعات احداث کارخانه بوده عملا از دید راهبری کوره جنبه مثبت دارد.

قبل از توضیح بیشتر در مورد این برداشت توجه خواننده را به جداول ۱و۲ جلب می نمایم. جدول ۱ مربوط به نمونه متوسط مواد ارسالی برای یک کمپانی ژاپنی

Material Contituents	Marl BH9	Marl BH10	Lime Stone BH4	Lime Stone BH6	Iron ore
L.O.I	31.38	26.46	41.8	40.59	n
SiO_2	20.11	31.55	3.05	4.31	8.29
Al_2O_3	4.34	4.52	2.12	0.88	0.61
Fe_2O_3	2.56	1.63	0.44	1.02	87.24
CaO	38.46	32.62	51.88	50.36	2.00
MgO	1.48	0.99	0.68	1.11	n
SO_3	0.45	0.27	0.21	0.73	n
K_2O	0.80	0.76	0.24	0.26	n
Na_2O	0.40	0.38	0.10	0.38	n
Cl	0.03	0.03	0.04	0.03	n
Total	**100.01**	**99.21**	**100.56**	**99.67**	**98.14**

جدول ۱- Onoda Co. 22.12.1990

Material Constituents	Lime Stone	Marl	Iron Ore	Silica
L.O.I	38.80	31.12	7.28	1.50
SiO_2	7.38	20.47	21.76	84.00
Al_2O_3	1.99	5.30	5.40	2.00
Fe_2O_3	1.60	2.56	59.2	5.00
CaO	47.54	36.48	0.60	3.00
MgO	1.35	1.08	0.07	1.00
SO_3	0.93	1.31	1.67	0.002
K_2O	0.35	0.56	1.01	2.00
Na_2O	0.18	0.27	1.40	1.00
Cl	0.04	0.03	0.002	0.002
Total	**100.16**	**99.18**	**98.39**	**99.51**

جدول ۲- آنالیز مواد اولیه مصرفی چند ماه پس از راه اندازی

سازنده ماشین آلات است. جدول ۲ مربوط به مواد مصرفی در تابستان ۷۶ یعنی چند ماه پس از راه اندازی می باشد. از مقایسه این دو جدول تفاوت فاحش در سولفور و قلیایی ها مشهود است.

بر اساس اطلاعات جدول ۲ و استفاده از ماده کمکی سنگ سیلیس اقدام به انجام محاسبات سیمان ساری برای تولید سیمان پرتلند نوع یک و نوع پنج شد. حاصل محاسبات در جداول ۳ و ۴ درج شده است. در بخش پائینی این جداول ارقامی نوشته شده که شرح آن در شکل ۱ می باشد.

اساس شکل ۱ مقایسه نسبت مولی قلیایی ها با سولفور است در بخش بالایی شکل A برابر تعداد مول های اکسید سدیم و اکسید پتاسیم، C برابر تعداد مول های کلر، S برابر تعداد مول های اکسید گوگرد در هر کلیوگرم کلینکر می باشند. فاکتور Z برابر است با نسبت تفاضل A,C به S.

در صورتی که مقدار A کمتر از ۰/۱۶، C کمتر از ۰/۰۰۴ و S کمتر از ۰/۱۷ باشد مشکل خاصی وجود نخواهد داشت و مواد اولیه دارای ترکیب مطلوبی هستند.

در صورتی که این شرایط برقرار نباشد (N= منفی) در این صورت مبنای قضاوت مقدار Z خواهد بود. اگر Z در حدود یک باشد باز هم مشکل وجود ندارد، زیرا نسبت مولی قلیایی ها و سولفور آنچنان است که بدون هیچگونه انباشتگی همراه کلینکر یا گاز، غبار خروجی از سیستم پخت خارج می شوند.

در صورتی که Z برابر با یک نباشد دو حالت منظور شده است یکی اینکه Z کمتر از ۰/۵ باشد که در واقع حالت بدی است و دیگری اینکه Z بزرگتر از ۰/۵ باشد ادامه شکل ۱ واضح است و هریک از حالات آن در پائین شکل تشریح شده است.

نکته ای که قبلا بدان اشاره شد حالا به وضوح معلوم و آشکار میگردد و آن اینکه بر اساس محاسبات پائین جداول ۳ و۴ مقادیر قلیایی ها و کلر آنچنان است که مقداری گوگرد می طلبد تا در ازاء آن فاکتور Z در فاصله ۰/۵ تا ۱ قرار گیرد.

Material Constituents	Lime Stone	Marl	Raw Mix	Clinker
L.O.I	38.80	31.12	34.64	0.00
SiO_2	7.38	20.47	14.47	22.14
Al_2O_3	1.99	5.30	3.78	5.79
Fe_2O_3	1.60	2.56	2.12	3.24
CaO	47.54	36.48	41.55	63.57
MgO	1.35	1.08	1.20	1.84
SO_3	0.93	1.31	1.14	1.74
K_2O	0.35	0.56	0.46	0.71
Na_2O	0.18	0.27	0.23	0.35
Cl	0.04	0.03	0.03	0.05
Total	**100.16**	**99.18**	**99.64**	**99.44**

L.S.F	90.00	C_3S	46.98
Lime%	45.83	C_2S	28.24
Marl%	54.17	C_3A	9.85
L.P	27.11	C_4AF	9.87
SM	2.45	AM	1.78

A= 0.1319
C= 0.007
S= 0.2175

Z= 0.574

حالت E6

جدول ۳- محاسبات سیمان سازی با دو نوع مواد

Material Constituents	Lime Stone	Marl	Silica	Iron Ore	Clinker
Spec.	**1**	**2**	**3**	**4**	**-**
L.O.I	38.80	31.12	1.50	7.28	0.00
SiO_2	7.38	20.47	84.00	21.76	22.24
Al_2O_3	1.99	5.30	2.00	5.40	4.63
Fe_2O_3	1.60	2.56	5.00	59.20	4.63
CaO	47.54	36.48	3.00	0.60	63.56
MgO	1.35	1.08	1.00	0.07	1.88
SO_3	0.93	1.31	0.002	1.67	1.58
K_2O	0.35	0.56	2.00	1.01	0.75
Na_2O	0.18	0.27	1.00	1.4	0.40
Cl	0.04	0.03	0.002	0.002	0.05
Total	**100.17**	**99.19**	**99.51**	**98.40**	**99.72**

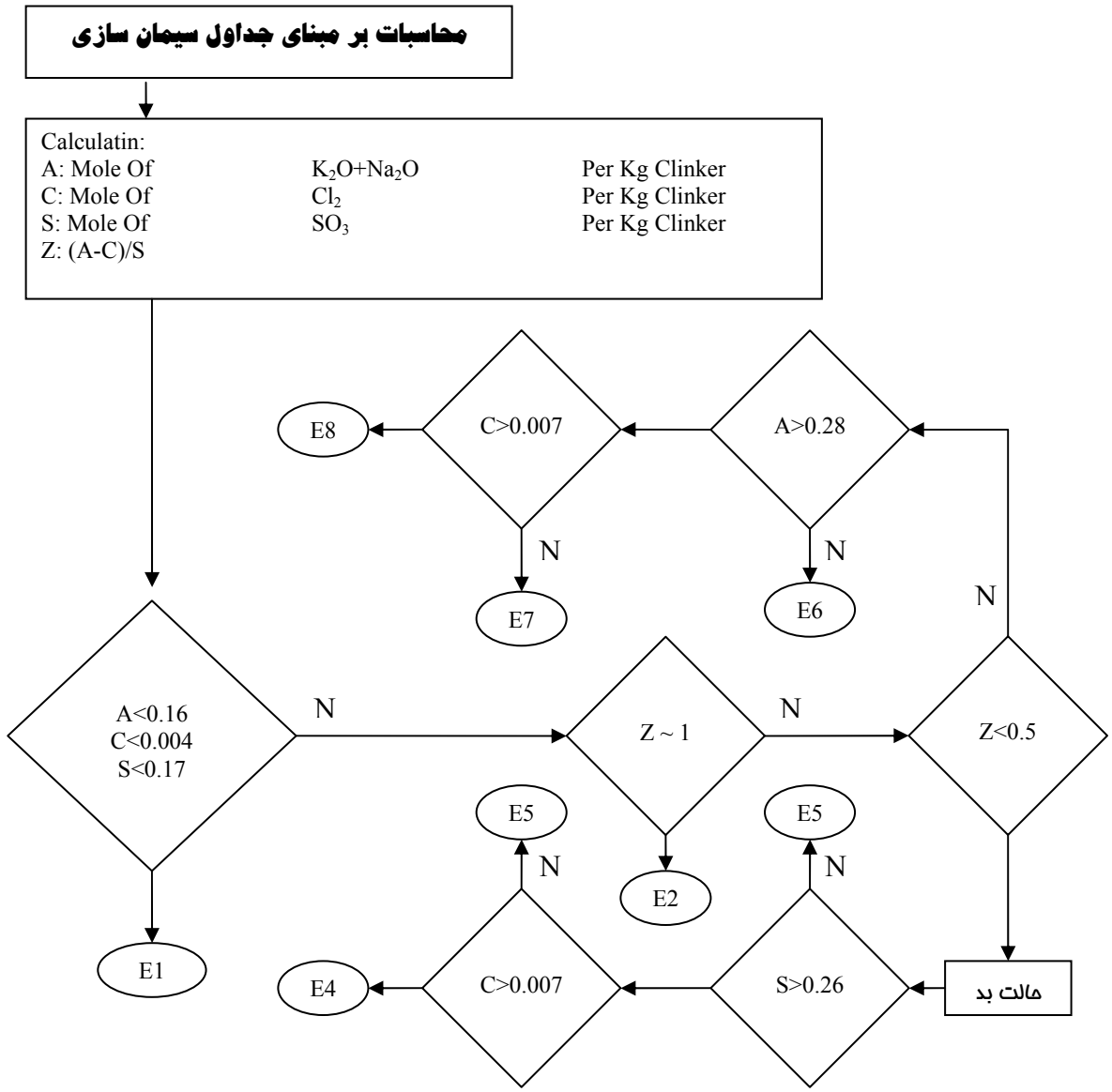
L.S.F?	90.00	C_3S	51.95	Lime%	64.48
SM?	2.4	C_2S	24.60	Marl%	29.79
AM?	1	C_3A	4.44	Silica%	3.97
L.P	27.01	C_4AF	14.10	Iron Ore%	1.76

A= 0.1443
C= 0.007
S= 0.195

Z= (A-C)/S = 0.7

حالت E6

جدول ۴- محاسبات سیمان سازی با چهار نوع مواد اولیه



E1	مسئله ای وجود ندارد	E5	مشکلات گوگرد وجود دارد
E2	مسائل جزئی کلر وجود دارد	E6	مسائل جزئی وجود دارد
E3	مشکلات کلر وجود دارد	E7	بندرت مسائل قلیایی پیش میآید
E4	مشکلات کلر و گوگرد وجود دارد	E8	مسائل قلیایی و کلر وجود دارد

شکل ۱- معیار نسبت مولی (نقل از منابع Holcim)

با بالارفتن ناخواسته مقدار گوگرد، خوراک کوره تنظیمی مشمول موردی است که در آن $0.5<Z<1$ و $A<0.28$ است یعنی حالت E6.

بطوریکه ملاحظه می شود در این حالت مسئله حادی وجود ندارد که ایجاد نگرانی کند. خوشبختانه در موقع بازدید از سیستم پخت و بررسی جوانب مختلف کار اینجانب نتوانستم مشکلی را ملاحظه و آن را به کم و کیف خوراک کوره به ویژه مقدار گوگرد نسبت دهم، لذا ضمن تأکید بر استنتاج خود و اصرار بر افزایش بار کوره و رفع تنگناهای نامربوط به خوراک کوره، مطمئن از قابلیت تولید بالای ظرفیت، آن هم بدون استفاده از مسیر فرعی بودم. عملا چنین شد.

۷-۳- تجربه ای از گرفتگی عقب کوره سیمان

۷-۳-۱- مقدمه

در نوشته های قبلی یادآوری شد که هر کوره رفتار خاص خود را دارد و رفع عوارض مبتلا به کوره های مختلف عموما راه حل های متفاوتی را می طلبد. البته وقتی این راه حل ها تحلیل شوند متوجه می شویم که از اصول ثابت شده ای تبعیت میکنند.

در یکی از کارخانجات سیمان مسئولیتی در رده بالای مدیریت داشتم و در مقطعی این مسئولیت را بعهده گرفتم که کارخانه به علت یک مشکل فنی و مواجه شدن این مشکل با شرایط خاص جنگ و تحریم اقتصادی عملا برای مدت زمان طولانی متوقف بود و سپس با تلاش قابل تقدیر مدیریت سابق و مدیریت وقت رفع مشکل شد و چند ماهی بعد کارخانه راه اندازی گردید.

در این توقف و راه اندازی تجارب گرانبهایی کسب شد و خاطره های تلخ و شیرین زیادی بجای ماند. جای تأسف است که چرا در طول تاریخ چند هزار ساله خود از نوشتن و ثبت تجارب و وقایع گریزان بوده ایم و بیش از حد تکیه و اعتماد به حافظه داشته ایم. راه شفاهی را برای انتقال دانسته ها و وقایع زندگی و تجارب کاری خود برگزیده ایم و از نوشتن گریزانیم. چون کمتر چیزی را می نویسیم، به ناچار و مکررا تاوان تجارب تکراری را می دهیم.

۷-۳-۲- مشکل گرفتگی عقب کوره

در همان چند هفته اول پس از رفع مشکل و راه اندازی کارخانه معلوم شد کارخانه درد کهنه ای دارد. مشکلی قابل حل که رفع آن نیاز به تمرکز حواس و انجام عملیاتی سیستماتیک و حساب شده داشت. مشکل این بود که در فاصله ۴-۵ روز

که کوره کار می کرد، عقب کوره به شدت می گرفت و به ناچار کوره را متوقف می کردند تا سیکلون پائین و کانال رابط آن با کوره را کوتینگ زدائی و پاک نمایند.
به دنبال کارهای قبلی رفتیم، هیچگونه گزارش مستندی وجود نداشت و فقط یک نامه از کمپانی سازنده کوره در پاسخ درخواست مدیریت سابق برای حل مشکل پیدا شد که در آن اشاره به راه حل هایی نظیر تغییر ترکیب خوراک کوره، مصرف سنگ آهن، تغییر دور کوره، تغییر دور فن و مکش و ... شده بود. تمام راه حل های ارائه شده بجا و درست بودند ولی عملا برای این کوره کارساز نبودند.
چاره کار در بررسی سیتماتیک مشکل خصوصا تغییر یک متغیر و ثابت نگهداشتن پارامترهای دیگر دیده شد. در مواردی مشکل تخفیف پیدا می کرد ولی پس از چند روز اضافه تر کار کردن کوره بتدریج گرفتگی رشد می کرد و در نهایت چاره ای جز توقف کوره و پاکسازی عقب آن نبود.
در ضمن این بررسی ها این فکر پیش آمد که این متغیرها با کوره های مشابه که چنین مشکلی را ندارند مقایسه شوند و تفاوت ها مشخص گردند. از آنجائیکه تمام کارخانجات سیمان زیر پوشش گروه سیمان سازمان صنایع ملی ایران بودند، ایجاد ارتباط با سایر کارخانجات و بررسی عینی متغیرها کاملا امکان پذیر بود.

۷-۳-۳- راه حل

روی متغیرهای زیادی کار شد. جالب اینکه مؤثرترین متغیر، در فاصله زمانی حدود یک ماه بعد پیدا شد. اصلاح این متغیر و انجام تصحیحات لازم بیش از یک ساعت از وقت نفرات درگیر در کار را نگرفت و همچون اثر آب بر آتش مشکل را فرونشاند.
سرنخ مشکل به این صورت مشخص گردید که در بررسی های مقایسه ای معلوم شد درجه حرارت عقب کوره در مقایسه با کوره های دیگر عموما بالاتر است. برای تعدیل این تفاوت راه حل های زیادی وجود داشت. همچون:

کاهش مکش کوره، افزایش بار کوره، کاهش مقدار سوخت، تغییر ترکیب خوراک کوره، تغییر شکل شعله و ... هیچ یک چاره ساز نبود مگر اینکه در مرحله ای از کار تصمیم بر این شد که لوله مشعل ۹ متری حدود یک متر بیرون کشیده شود و مقداری شعله جمع شود. این حرکت تیر خلاصی برای مشکل موجود بود. معما حل شد و راه حل چه ساده بود.

۷-۳-۴- مؤخره

عموما مشکلات بهره برداری کوره سیمان حالت سهل و ممتنع دارند. تا وقتی مشکل وجود دارد بزرگ و لاینحل جلوه می کند، وقتی حل می شود بسیار ساده و پیش پا افتاده بنظر می آید. ماه بعد این کارخانه رکورد تولید داشت. رکوردی که بعدها به سختی تکرار شد.

۷-۴- عوامل گرفتگی عقب کوره

۷-۴-۱- مقدمه

کوره سیمان یکی از بزرگترین راکتورهای شیمیایی است که در آن فعل و انفعالات شیمیایی–حرارتی پیچیده ای صورت میگیرد. به دلیل این پیچیدگی بسیاری از پدیده هایی که منجر به افت و خیزهایی در روال جاری کار کوره می شود، از یک سو به سادگی قابل بیان و توجیه نیستند و از سوی دیگر انتساب آن به یک یا چند عامل ساده اندیشی است.

بر این اساس در بحث گرفتگی های عقب کوره اگر در نهایت به این استنتاج برسیم که فلان پارامتر خاص نقش تعیین کننده داشته است بدین مفهوم نیست که پارامترهای دیگری در کار نبوده اند.

در بسیاری از موارد مشکل گرفتگی عقب کوره، نباید نقش نوسان در ترکیب خوراک کوره و نوسان در مقدار تغذیه بار کوره را نادیده گرفت. در شرایطی که متغیرهایی نظیر مقدار سوخت، دور کوره، مکش عقب کوره و آببندی ته کوره دستکاری نشده است ولی پدیده گرفتگی عقب کوره برای مدتی پیش آمده است، می باید ریشه مشکل را در تغییر ترکیب شیمیایی خوراک کوره پیدا کرد.

همچنین در موارد عدیده ای ملاحظه میشود که تناسب مقدار سوخت مصرفی با بار کوره به هم خورده است ولی هنوز اپراتور کوره متوجه موضوع نشده است. شاید بدین علت که ابزارهای سنجش و کنتورها به موقع کالیبره نشده اند و یا بدین علت که نوع سوخت از گاز به مایع و یا بالعکس عوض شده است.

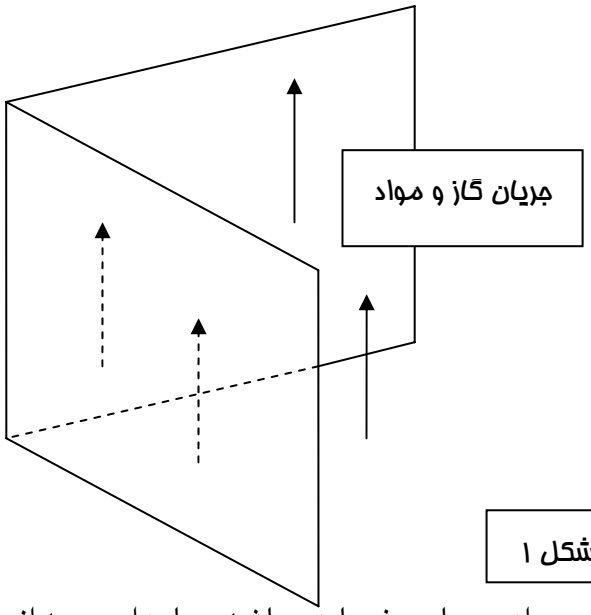
۷-۴-۲- توازن چسبندگی و فرسایش

هر نوع گرفتگی را می توان یک فرآیند دینامیکی که در آن نیروهای موثر در تشکیل رسوب بر نیروهای موثر در کنده شدن فائق می آیند فرض کرد. در واقع هرچه

نیروهای فرسایشی وتخریبی بیشتر باشد احتمال تجمع مواد، رسوب گذاری و گرفتگی کمتر است و اگر خلاف آن باشد تجمع سخت و پایداری از مواد پیش می آید.

به هر علتی موادی آماده و مستعد چسبیدن به عقب کوره می رسد. حال اگر شرایط موجود آنچنان باشد که این مواد بتوانند به راحتی بچسبند و مواجه با عوامل فرسایشی نشوند، طبیعی است که فرآیند تجمع مواد ادامه پیدا می کند تا آنجا که به صورت سدی در مقابل جریان طبیعی فاز گاز و فاز جامد جاری در اجزاء سیستم پخت نظیر کوره، سیکلون ها، کانال های رابط انتقال گاز و مواد می شوند. به همین خاطر است که در بررسی گرفتگی های سیستم پخت عموما متوجه می شویم گرفتگی در گوشه ها و زوایای سیستم پخت شروع و تشدید می شوند. در واقع اینگونه نقاط محل هایی هستند که جریان گاز تغییر مسیر می دهد و به دلیل این تغییر مسیر شانس تماس با سطوح را از دست می دهد.

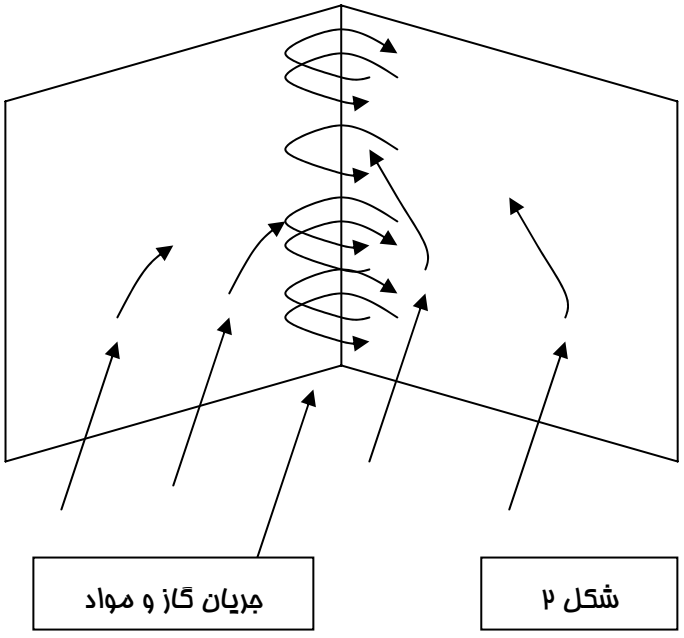
دو صفحه عمود بر افق را در نظر بگیرید که با زاویه ای بهم متصل شده اند اگر جریانی از مخلوط گاز و مواد به موازات این دو صفحه و به سمت بالا حرکت کند مشکل چندانی پیش نمی آید. مقدار خیلی کمی از نرمه های مواد در زاویه بین دو صفحه جمع می شود. ولی این تجمع چندان رشدی ندارد چون به محض پر شدن گوشه بین دو صفحه و نزدیک شدن ذرات به جریان اصلی گاز، مواجه با اثر فرسایشی جریان گاز و مواد می شوند.



شکل ۱

حال فرض کنید به جای اینکه جریان گاز موازی با صفحات باشد، با زاویه بدانها برخورد نماید. در اینصورت به محض برخورد فاز گاز با صفحات، به سمت بالا تغییر مسیر و زاویه میدهد. در این حالت در فضای زاویه بین دو صفحه جریان گردبادی و مغشوشی پیش می آید که یکی از نتایج آن افت سرعت ذرات معلق در فاز گاز و مولکول های گاز می باشد.

در این صورت شرایط لازم برای ته نشینی ذرات فراهم می شود. اگر چاشنی چسبندگی ذرات هم به پدیده ته نشینی اضافه شود در این صورت خمیر و ملات لازم برای شروع گرفتگی فراهم می گردد.



شکل ۲

۷-۴-۳- چسبندگی چیست؟

چسبندگی معیاری از وجود ذرات مذاب و گذاخته است. ذراتی که در مرحله فاز مایع یا حالت میعان، یا انجماد و یا حالت تبخیر هستند. هرچه مقدار اینگونه ذرات (قطرات) بیشتر باشد، شدت چسبندگی و قابلیت گرفتگی بیشتر می شود. با دقت در مشخصات فیزیکی مواد قلیایی متوجه می شویم که اغلب ترکیبات قلیایی در شرایط حرارتی عقب کوره و انتهای پائینی پیش گرمکن نزدیک به حالاتی از میعان، تبخیر، انجماد و مایع هستند. به همین خاطر است که یکی از عوامل اصلی گرفتگی های عقب کوره، نوع و مقدار ترکیبات قلیایی است.

در بررسی چسبندگی به دو پدیده برخورد می کنیم: یکی برخورد مایع گرم (داغتر) به سطح سرد (سردتر) و انجماد مایع و چسبیدن آن به جداره سردتر، مثال ملموس برای این پدیده ریختن آب روی اسفالت سرد و در زمستان های بسیار سرد است که بلافاصله آب منجمد می شود و یخ می زند و به آسفالت می چسبد. مثال دیگر موردی است که قصد برداشتن چیزی از داخل فریزر را داریم و حس می کنیم دستمان به آن چیز می چسبد. در واقع در این حالت تفاوت قابل توجهی بین درجه حرارت آن شیء با رطوبت دست وجود دارد و بلافاصله عرق دست منجمد شده و همراه با پوست دست به شیء می چسبد.

مثالهای تجربی زیادی از کارخانجات وجود دارد از جمله در چند ماه اول راه اندازی یکی از کارخانجات جدید سیمان مشکل گرفتگی شدید سیکلون ها پیش آمده بود و در نهایت منجر به توقف کوره شده بود. پس از نمونه برداری از مواد چسبیده شده به جداره های سیکلون ها و کانال های گاز و تجزیه شیمیایی آنها معلوم شد که از نظر ظاهر و ترکیب کاملا شبیه کلینکر هستند وجود کلینکر در کلساینر و پائین پیشگرمکن مؤید یک نکته مسلم است. آن هم اینکه به هر علتی منطقه پخت به شدت داغ شده است و بخش قابل توجهی از ذرات کلینکر مذاب

همراه با جریان گاز به سمت عقب کوره رفته است و به جداره های سردتر اجزاء پیشگرمکن چسبیده اند.
در واقع این مثال هایی که زده شد نوعی از چسبندگی و گرفتگی هستند که ناشی از انجماد در اثر دادن و یا گرفتن حرارت می باشند.

۷-۴-۴- چسبیدن جامد به جامد

نوع دیگری از چسبندگی هم وجود دارد، حالتی همچون برخورد گلوله برف با دیوار. اگر از بچه های قدیم مناطق کوهستانی و سردسیر باشید خوب بیاد دارد که بارها شیشه پنجره همسایه را هدف گرفته اید و دیده اید که چگونه برف به سطح صاف شیشه چسبیده است. چسبیدن برف جامد به سطح شیشه جامد و صاف.
مثالی از فاجعه هشت سال دفاع مقدس بزنم. در یکی از بمباران های همدان انبار سوخت شهر بمباران شد. در این تهاجم چندین دستگاه ماشین در حال سوخت گیری، از جمله یک اتوبوس با سرنشیانش سوختند. این انبار در دامنه تپه ای به نام تپه «مصلی» واقع شده است و در سوی دیگر تپه منزل یکی از بستگان به فاصله حدود ۲ کیلومتر قرار دارد. قطعه سنگی آهکی به اندازه کوچکتر از کلاه ایمنی از محل انفجار جدا شده بود، از بالای تپه گذشته و به دیوار آجری خانه برخورد کرده بود. ضمن اینکه در دیوار فرو رفته بود آنچنان به آجرهای دیوار چسبیده بود که به بنظر می رسید به یکدیگر جوش خورده اند، چسبیدن جامد به جامد
در عقب کوره سیمان نیز نمونه هایی از این نوع چسبندگی را داریم در واقع وجود سطح ناصاف زمینه مساعدی برای تجمع و جای گیری ذراتی هستند که به سرعت بدان ها برخورد می کنند. در نوعی از این برخورد نظیر برخورد گلوله برف بخشی از انرژی جنبشی ذره تبدیل به حرارت می شود و باعث ذوب ذره و متعاقب آن چسبیدن ذره به جداره می گردد.

برخی از ترکیبات نظیر کریستال های آلومینوسولفات، سوزنی شکل هستند وجود آنها باعث پدید آمدن سطوحی می شود که همچون دام و تار عنکبوت برای سایر ذرات عمل می کند.

به عبارت دیگر به هم پیوستن و در هم فرورفتن ذرات بلند سوزنی شکل و تجمع و اسیر شدن سایر ذرات به حفره های بین این بافت خاص نیز می تواند یکی از عوامل تجمع ذرات باشد. البته این پدیده در گرفتگی عقب کوره سهم چندانی ندارد.

۷-۴-۵- جذب سطحی

پدیده دیگری که می تواند سهمی در گرفتگی عقب کوره داشته باشد عبارتست از نیروی جذب سطحی بین ذرات، ذرات نرم تمایل به تجمع با یکدیگر دارند و به راحتی جذب سطوحی که با آن برخورد می کنند می شوند. هرچه ذرات نرمتر باشند این تمایل شدیدتر است و به همین خاطر در برخی از کوره ها که مشکل گرفتگی عقب کوره را دارند با تغییر دانه بندی خوراک کوره، به طور محسوسی مشکل تخفیف پیدا می کند.

۷-۴-۶- نتیجه گیری

در بررسی موارد عدیده ای از گرفتگی های عقب کوره از جمله آنچه در بخش ۹-۳ بدان اشاره شد می باید به دنبال عللی بود که پدید آورنده عواملی چون چسبندگی هستند در مطلب فوق متوجه شدیم با عقب کشیده مشعل، گرفتگی حل شد. چرا؟

در واقع با عقب کشیدن مشعل و جمع کردن شعله فاصله منطقه پخت از عقب کوره بیشتر شد و در نتیجه احتمال و شانس رسیدن ذرات گداخته و مذاب به عقب کوره و چسبیدن آنها به جدارهای پائین پیش گرمکن کاهش داده شد.

۷-۵- ماهیت جرم گرفتگی عقب کوره

۷-۵-۱- مقدمه

در صفحات قبل بیشتر از دید یک بهره بردار و اپراتور به مسئله گرفتگی عقب کوره نگاه کردیم. درباره عوارض گرفتگی، پارامترهای راهبری موثر در گرفتگی، مطالبی به اختصار عرضه گردید. در این بخش در مورد ماهیت جرم ها و کوتینگ مزاحم عقب کوره بحث می شود.

۷-۵-۲- مشخصات ظاهری گرفتگی

جرم و کوتینگ های عقب کوره از نظر بافت کوره متشکل از ذرات ریز به هم چسبیده ای هستند که توده ای متخلخل، سخت و شکننده را بوجود می آورند. ماده پایه و تشکیل دهنده این جرم ها خوراک کوره است که مقداری از مواد میانی کوره نیز همراه آنها می باشد. این جرم ها روی دیواره ها، سقف ها، خروجی سیکلون ها و کانال گاز خروجی از کوره به پیشگرمکن (رایزر پایپ)، پدید می آیند و دارای ظاهری متغیر و ناهمگونی فراوان هستند.

رنگ ظاهری آنها متغیر و از کرم تا قهوه ای و ارغوانی است. این رنگ ها معرف این هستند که این جرم ها و رسوبات بیش از ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد حرارت ندیده اند. در مناطقی می توان مواد تیره تری که معرف پخته تر بودن آنهاست نیز مشاهده کرد. بسته به محل جرم گرفتگی، این رسوبات دارای شکل ظاهری متغیری از نوع فشرده و متراکم، با ساختمان لایه لایه ای، سخت و یا پوک هستند. نوع پوک ۳۰ درصد تخلخل دارد و مقاومت مکانیکی آن در حد متوسط و فاقد ساختمان لایه لایه است.

انواع فشرده ، متراکم و لایه لایه بیشتر در پائین سیکلون و لوله خروج گاز از کوره دیده میشود. انواع پوک بیشتر در بخش های بالایی کانال خروج گاز و بخش استوانه ای شکل سیکلون ملاحظه می شود.

۷-۵-۳- ترکیب شیمیایی

جرم گرفتگی های عقب کوره غنی از ترکیبات فرار کلر، گوگرد، سدیم و پتاسیم هستند و به همین خاطر این رسوبات به وسیله مقدار و نوع اجزاء فرار آنها مشخص می شوند. مقدار اجزاء فرار در این جرم ها می توانند در حدود زیر باشند:

$K_2O = 1 – 30\ \%$ $Na_2O = 0 – 2\ \%$

$SO_3 = 1 – 35\ \%$ $Cl = 1 – 25\ \%$

در مواردی رسوباتی یافت می شود که غلظت مواد فرار در آنها چندان زیاد نیست.

در جدول ۱ مشخصات ظاهری و شیمیایی جرم گرفتگی های عقب تعدادی از کوره های واحد های متعلق به کمپانی Holcim درج شده است. این جدول دارای ۱۷ ستون به شرح زیر است:

از چپ به راست ستون ۱، کارخانه مورد بررسی، ستون ۲ محل گرفتگی است که شامل قسمت استوانه ای و مخروطی سیکلون پائین پیش گرمکن و همچنین کانال گاز خروجی از کوره (Riser Pipe) می باشد. ستون های ۶،۵،۴،۳ حاوی عناصر فرار یعنی SO_3, Cl, Na_2O, K_2O است. ارقام مربوط به هر یک از این ترکیبات برای کوره های مختلف بسیار متفاوت با یکدیگرند، در ستون ۷ نسبت قلیایی ها به گوگرد درج شده است.

در ستون های ۱۰،۹،۸ نسبت های سیلیس، آلومین و استاندارد آهک کوتینگ های مورد بررسی نوشته شده است. ملاحظه می کنید که ارقام مندرج در ستون های ۷ الی ۱۰ همانند ستون های ۳ الی ۶ برای واحدهای مختلف با یکدیگر متفاوت هستند.

ستون های ۱۳،۱۲،۱۱ نشان دهنده وضعیت ظاهری جرم های این بخش از سیستم پخت است. این جرم ها دارای انواع سخت، متوسط و ضعیف هستند و رنگ آنها زرد یا قهوه ای است. در صورتی که با شیء تیزی روی آنها خطی کشیده شود (Streaks) رنگ اثر این خط کشیدن برای برخی از کوتینگ ها در ستون ۱۳ درج

شده است. ستون ۱۴ حاوی اطلاعات مینرالوژی برخی از این کوتینگ ها است که در قسمت دیگر مقاله توضیح داده خواهد شد.

چهار ستون آخر، بافت این جرم ها را نشان میدهد. به طوریکه در ستون ۱۵ ملاحظه می شود برخی نمونه های مورد بررسی، فشرده و برخی متخلخل هستند. در ستون های ۱۶ اندازه حفره و در ستون ۱۷ اندازه ذرات تشکیل دهنده بر حسب میکرون درج شده است.

همچنین در جدول ۲ آنالیز شیمیایی نمونه هایی از سیکلون ۴ و در جدول ۳ آنالیز شیمیایی نمونه هایی از کوتینگ های مزاحم رایزر پایپ و ورودی کوره درج شده است.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Plant	Location	Volatile Elements				Alkali Sulphur Ratio	Moduli			General Appearance			Mineralogy	Texture		
		K_2O	Na_2O	Cl	SO_3		SR	AM	LSF	Strength	Colour	Colour of Streaks		Layer Sampled	Pore Size (μm)	Bid. Units (μm)
A	1st cycl.	7.6	0.18	1.6	29.7	0.16	1.76	2.77	62	Strong	Yellow	Red/Brown	-	-	1-10	>1-10
A	2nd cycl.	11.4	0.16	1.2	24.0	0.36	2.05	2.77	86	Strong	Yellow	Red/Brown	-	Dense Porous	>1-5 1-10	2-3 2-10
A	3rd cycl.	4.8	0.09	1.8	2.56	0.85	2.25	3.44	124	Weak	Yellow	None	-	-	-	-
B	3rd cycl.	1.3	0.65	1.09	36.0	0.02	2.8	2.5	149	Strong	Yellow/Brown	Dark Brown	-	Dense Porous	<1-3 2-5	1-5 1-5
C	4th cycl. (Pipe)	0.8	0.11	1.2	0.61	0.87	2.4	1.69	339	Strong	Yellow	None	-	-	-	-
C	4th cycl. (Cone)	0.19	0.09	0.38	0.40	0.38	3.33	1.70	180	Strong	Red/Brown	None	-	-	10-20	10-20
D	4th cycl. (Cone)	3.6	0.78	3.1	7.9	0.07	1.46	1.45	198	-	-	-	-	Dense Prous	1-5 10-20	1-5 25-50
E	4th cycl. (Cone)	28.0	1.0	19.3	0.02	(164.9)	3.01	2.28	103	Medium	Brown	White/Green	-	-	Pores Filled	KCl-200 Charge 1-5
B	4th cycl. (Cone)	23.8	1.8	19.3	0.33	2.31	3.2	2.8	104	Weak	Brown	None	-	-	Pores Filled	KCl Cont. Charge 2-3
F	4th cycl. (Cone)	31.5	0.33	23.4	0.16	4.86	2.62	2.36	89	Strong	Yellow/Brown	None	-	-	Pores Filled	KCl Cont. Charge 0-5
D	Riser Pipe	3.6	0.98	2.7	15.9	0.08	1.61	1.59	157	-	-	-	Major: Calcite, Sulphate spurrite, KCl Minor: Spurrite, CaO_f	-	-	-
G	Riser Pipe	4.8	0.85	5.0	20.2	-0.03	2.5	1.3	196	Strong	Yellow/Brown	None	-	Porous	10-15	5-10
A	Kiln Inlet	8.4	0.19	2.1	7.3	0.69	3.2	2.13	114	Weak	Yellow/Brown	None	-	-	-	-
B	Kiln Inlet	7.6	1.1	0.27	4.6	1.65	2.09	5.89	52	Weak	Khaki	None	-	Dense Porous	1-3 20-30	20-30
H	Kiln Inlet	6.9	0.34	0.09	27.6	0.22	1.48	0.68	75	Strong	Red/Brown	Black	-	Dense Porous	>1 100	KCl Cont. 20-30

جدول ۱

Plant	C	C	D	E	B	F
Location	4. Cyclone					
LOI	35.7	37.3	15.0	28.9	21.7	11.6
SiO_2	5.0	9.0	7.9	9.1	10.8	9.7
Al_2O_3	1.3	1.7	3.2	2.1	2.5	2.6
Fe_2O_3	0.77	1.1	2.2	0.92	0.88	1.1
CaO	54.4	50.1	54.0	29.5	35.0	27.5
MgO	1.3	0.24	1.1	0.59	0.49	0.87
SO_3	0.61	0.40	7.9	0.02	0.33	0.16
K_2O	0.80	0.19	3.6	28.0	23.8	31.5
Na_2O	0.11	0.09	0.078	1.0	1.8	0.33
TiO_2	0.18	0.16	0.10	0.06	0.11	-
Mn_2O_3	0.05	0.04	0.09	0.03	0.03	0.02
P_2O_5	-	-	0.11	0.04	0.09	-
Cl^-	1.2	0.38	3.1	21.5	19.3	23.4
Total	10.1.42	101.2	99.08	121.83	116.83	108.84
SR	2.42	3.33	1.46	3.01	3.20	2.62
AR	1.69	1.70	1.45	2.28	2.84	2.36
LSF	339	180	198	103	104	89

جدول ۲

Plant	D	G	A	B
Location	Riser Pipe		Kiln Imlet (DS)	
LOI	11.8	10.1	7.1	2.6
SiO_2	9.2	7.4	15.6	25.9
Al_2O_3	3.5	1.7	3.4	10.6
Fe_2O_3	2.2	1.3	1.6	1.8
CaO	49.3	46.1	55.4	45.1
MgO	1.2	2.0	1.5	0.83
SO_3	15.9	20.2	7.3	4.6
K_2O	3.6	4.8	8.4	7.6
Na_2O	0.98	0.85	0.19	1.1
TiO_2	0.09	0.15	0.15	0.41
Mn_2O_3	0.07	0.01	0.03	0.04
P_2O_5	0.11	0.09	0.05	0.38
Cl^-	2.7	5.0	2.1	0.27
Total	100.65	99.7	102.82	101.23
SR	1.61	2.47	3.12	2.09
AR	1.59	1.31	2.13	5.89
LSF	157	196	114	52

جدول ۳

۷-۵-۴- ترکیب مینرالوژیکی

ترکیب مینرالوژیکی جرم گرفتگی های عقب کوره بسیار متغیر و متنوع است و بستگی به نوع خوراک کوره، ترکیبات رسی تجزیه شده و واکنش های شیمیایی حرارتی که بر اساس آنها فازها و ترکیبات میانی کوره به وجود آمده اند، دارد. همچنین می توان مینرال هایی را یافت که فقط حاوی اجزاء فرار هستند.

مینرال های عمده ای که در گرفتگی عقب کوره قابل مشاهده هستند عبارتند از:

- ***منشاء خوارک کوره:***

Calcite کلسیت	$CaCO_3$
Quartz کوارتز	SiO_2

- ***منشاء فازها و ترکیبات میانی کوره:***

Free Lime، آهک آزاد	$(CaO)_f$
Precalse، پریکلاز	MgO
Mayenite، ماینیت	$C_{12}A_7$
Belite بلیت	C_2S

- ***ترکیبات با نقطه ذوب پائین:***

Sylvite سیلوایت	KCl
Langbeinite لانگ بینیت	$2CaSO_4.K_2SO_4$
Halite هالیت	$NaCl$
Arcanite آرکانیت	K_2SO_4

- ***ترکیبات غیر مذاب:***

Spurite Carbonate کربنات $2C_2S\text{-}CaCO_3$

اسپوریت

Sulfate Spurite سولفات اسپوریت $2C_2S\text{-}Ca\ SO_4$

Anhydrite انیدریت $CaSO_4$

۷-۵-۵- مکانیزم تشکیل

مواد عامل چسبندگی در جرم های (رسوبات کوتینگ های مزاحم) عقب کوره، ترکیبات حاوی Na_2O,K_2O,SO_3,Cl هستند. این ترکیبات در فاز گازی جاری از سمت منطقه پخت به سوی عقب کوره به صورت گاز هستند و در حوالی عقب کوره و پائین پیش گرمکن به صورت مایع در می آیند. در این حالت در اثر برخورد با دیواره سیکلون ها و کانال ها و یا برخورد با سایر مواد رسوب کرده در جداره ها، بدانها می چسبند. هرچه زمان میگذرد لایه های جرم چسبنده به جداره ها ضخیم تر و سخت تر می شوند و مقاومت آنها بالا می رود.

به دلیل طولانی بودن زمان اقامت این جرم ها در نقاط گرفتگی فرصت کافی برای انجام واکنش هایی با CO_2 و SO_3 موجود در فاز گاز فراهم است.

در اثر این واکنش ها اسپوریت کربنات و اسپوریت سولفات بوجود می آیدو کریستال های این ترکیبات به تدریج رشد می کنند و از آنجائیکه سوزنی شکل هستند تار و پودی را بوجود می آورند که حاصل آن رشد بیشتر رسوب و استحکام زیادتر آن می باشد.

۷-۵-۶- تجربه دیگر

خوشبختانه در اغلب کارخانجات سیمان ایران وضعیت مواد و ترکیب شیمیایی آن چنان است که بطور اعم مشکل مداومی به نام گرفتگی عقب کوره وجود ندارد. ولی مواردی از این پدیده در برخی کارخانه ها پیش می آید.

در کارخانه ای که درصد ترکیبات کلردار و قلیایی آن بالا است و به همین خاطر برای آن مسیر فرعی قلیایی منظور شده است، تجربه ای به طور مکرر پیش آمده است. آنهم اینکه در مقاطعی که آب بندی ته کوره بهم می خورد و هوای کاذب زیادی از این نقطه وارد سیستم پخت می شد، اولا مقدار زیادی مصرف کیلوکالری بالا می رفت و ثانیا در فاصله زمانی کوتاهی رایزر پایپ گرفتار جرم گرفتگی میشد. علت پدید آمدن این مشکل این بود که با نفوذ هوای سرد درجه حرارت گازهای عقب کوره افت می کرد و در نتیجه بسیاری از ترکیبات قلیایی به نقطه میعان خود می رسیدند و مستعد چسبیدن به جداره های رایزر پایپ می شدند به همین خاطر دقت در آب بندی ته کوره جزو ضروریات تداوم کار این کوره شده است.

۷-۶- عوارض گرفتگی عقب کوره

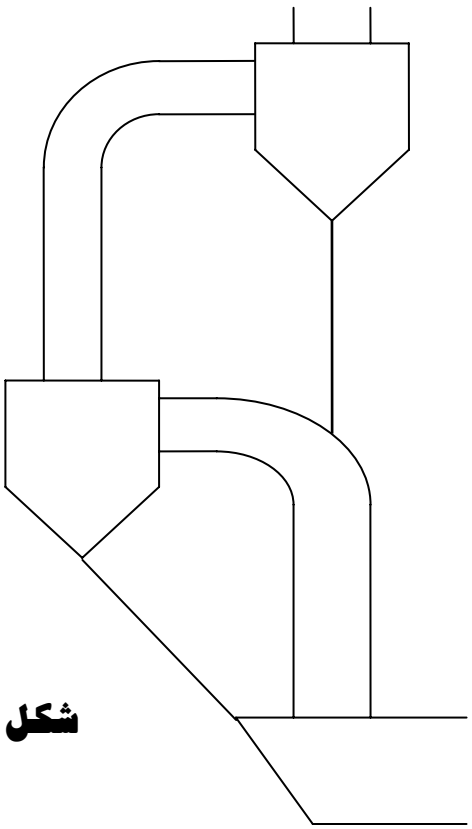
۷-۶-۱- مقدمه

بسیاری از کوره های سیمان به نوعی گرفتار گرفتگی های نقاط مختلف سیستم پخت هستند. در برخی شدت گرفتگی آن چنان است که منجر به ماهی چند بار توقف می شود و در برخی دیگر به دلیل خفیف بودن مشکل بی آنکه نیازی به توقف کوره باشد با تمهیداتی اشکال رفع می شود.

موضوع مورد نظر این نوشته ادامه مطلب قبلی یعنی گرفتگی عقب کوره است. سیستم مورد نظر همان کوره های مجهز به پیش گرمکن سیکلونی و کلساینر می باشد. در واقع به دلیل تعداد کمتر سایر سیستم ها، سادگی مسائل مبتلا به آنها، روند رو به کاهش تعداد آنها و بالاخره تبحر افراد شاغل در آنها از بحث درباره اینگونه سیستم ها فعلا صرفنظر می شود و بیشتر توجه خود را به تکنولوژی روز معطوف می کنیم.

۷-۶-۲- عقب کوره

منظور ما از عقب کوره همان کانال های رابط بین پیش گرمکن و انتهای ورودی کوره، پائین ترین سیکلون و کلساینر می باشد (شکل ۱).



شکل ۱

بطوریکه در شکل ملاحظه می شود، وجود و رشد تدریجی این کوتینگ ها و جرم های مزاحم به تدریج باعث کاهش سطح مقطع مجاری جریان گاز و مواد می گردد و ضمن اینکه افت فشار شدیدی را بدنبال دارد، جریان طبیعی گاز و مواد نیز بهم می خورد.

میدانید که در این نقطه و کل سیستم پخت همواره مکش وجود دارد. در واقع به دلیل این مکش است که هوای محیط از قسمت خنک کن وارد سیستم می شود و ضمن سرد کردن کلینکر، اکسیژن لازم برای احتراق سوخت فراهم می شود. سپس در اثر همین مکش گاز حاصل از احتراق راهی عقب کوره و بخش های مختلف پیش گرمکن می گردد و ضمن تبادل حرارت با مواد ورودی به سیستم پخت افزایش درجه حرارت مواد از ۵۰ درجه سانتیگراد به بالاتر از ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد آنرا آماده تماس با شعله و انجام واکنش های تشکیل کلینکر می نماید.

در نهایت گاز با درجه حرارتی حدود ۳۳۰ درجه سانتیگراد از سیستم پخت خارج می گردد و بر حسب مورد راهی برج خنک کن، آسیای مواد و یا الکتروفیلتر می شود.

۷-۶-۳- عوارض گرفتگی

اگر رشد گرفتگی های عقب کوره به حدی برسد که ارتباط بین عامل مکش یعنی فن پیش گرمکن و عامل دمش یعنی فن های خنک کن و مشعل کم شود، حاصل کار اینست که در فضای بین گرفتگی و فن پیش گرمکن به تدریج مکش و خلاء بیشتر می شود و بعکس در فضای بین خنک کن و انتهای ورودی کوره مکش کمتر می گردد.

ممکن است کار به جایی بکشد که عملا در برخی نقاط فشار منفی (مکش-خلاء) نباشد و بعکس فشار مثبت ایجاد شود. در این حالت عوارض زیر را ملاحظه خواهیم کرد:

- از انتهای خروجی کوره و درب کوره مداوما و به صورت موجی هوا و نرمه های جاری از خنک کن به سوی کوره بیرون می زند و فضای اطراف کوره، سکوی مشعل مملو از نرمه های کلینکر می گردد و در مواردی نظیر کوره های دارای خنک کن سیاره ای خطر آتش سوزی در تونل مشعل وجود دارد.
- مشابه این پدیده در انتهای ورودی کوره نیز پیش می آید. بطوریکه متناوبا و با حرکات موجی بخش قابل توجهی از گازها و مواد جاری در انتهای کوره از محل اتصال بین کوره و پیش گرمکن بیرون می زند.
- در صورت ادامه کار به تدریج میزان جریان هوا در سیستم کم می شود و در نتیجه عمل احتراق به خوبی انجام نمی شود. در این صورت CO عقب کوره به شدت بالا می رود و ناگزیر از کم کردن سوخت می شویم. حاصل کار

اینست که اگر مقدار خوراک کوره کاهش داده نشود، شرایط لازم برای پخته شدن مواد و تبدیل آنها به کلینکر فراهم نمیگردد. به عبارت دیگر کوره به سوی سرد شدن و خاک کردن پیش می رود.

- در چنین شرایطی تدریجا و متناسب با رشد گرفتگی، بار کوره کم می شود. کار به جایی می رسد که با صرف انرژی حرارتی زیاد عملا بارخور کوره به نصف می رسد.

البته این بدان مفهوم نیست که جریان مواد، پخت کلینکر و خروج محصول از کوره یکنواخت و خوب انجام می شود بلکه:

- کوره گرفتار حالات سیکلی می شود. منظور از حالات سیکلی، حالاتی است که کوره بان با تلاش زیاد سعی می کند با تنظیم سوخت و سایر پارامترها کلینکر خوب از کوره بیرون بدهد ولی این روند چند ساعتی طول نمی کشد و ناگهان کوره خاک میکند. مجددا تلاش ها برای مهار کردن کوره افزایش می یابد و هنوز زمان زیادی از عادی شدن آن نگذشته که مجددا و در فاصله زمانی کوتاهتر از دفعه قبل کوره خاک می کند.
- این افت و خیزها پدیده دیگری را بدنبال دارد و آنهم ریزش کوتینگ های منطقه پخت است. در واقع وجود این کوتینگ ها و تشکیل آنها به سادگی فراهم نشده است. حفظ کوتینگ های منطقه پخت از جمله وظائف و مهارت های اصلی کوره بان است. برخلاف کوتینگ های عقب کوره که مزاحم روال جاری کار سیستم پخت هستند، خواص مثبت کوتینگ های منطقه پخت بیش از مزاحمت های آنها است.

- کار به همین جا ختم نمی شود. ریزش کوتینگ منطقه پخت، سرشکن شدن آجرهای این منطقه را به دنبال دارد. در مواردی تناوب ریزش کونیتگ و سرشکن شدن آجرها زیاد است.
- در صورتیکه آجرهای منطقه پخت قبل از سرد و گرم شدن سیکلی کوره و ریزش کوتینگ، ضخامت کافی را نداشته باشند، به احتمال زیاد در چنین شرایطی ضخامت بخشی از آنها به حدی تنزل می کند که منجر به سرخ شدن بدنه کوره می گردد.
- در مواردی اصرار بر ادامه کار کوره ای که انتهای آن گرفته است، آن چنان سر رشته کار را از دست افراد خارج می کند که به ناچار از برخی بخش ها و تجهیزات به نحو نامناسب و نامطلوبی کار کشیده می شود. از جمله می توان به مورد زیر اشاره کرد:
- سیلوهای مواد نسبتا خالی است ولی باید آسیای مواد همزمان و همگام با کوره به کارش ادامه دهد. به علت گرفتگی عقب کوره، گاز کافی برای آسیای مواد وجود ندارد. اگر آسیای مواد از نوع غلطکی باشد، عدم تناسب مقدار گاز جاری در آسیای مواد با بار ورودی بدان، لرزش های بسیاری ایجاد می کند که تکرار و ادامه آن می تواند منجر به خسارات سنگین شود.

۷-۶-۴- موارد تجربی

بسته به اینکه تا چه حد اپراتورها به موضوع گرفتگی عقب کوره عادت کرده باشند و با مسائل آنها آشنا باشند، تجربه کافی در رفع آن را داشته باشند و از همه مهمتر مدیریت سطوح بالاتر چه خط مشی را فرا راه آنها قرار داده باشد، دست به کار چاره جوئی می شوند.

در مجموعه کارخانجات سیمان ایران و تعداد کوره های قابل توجه موجود در آن، موارد فراوانی از عوارض نامبرده در سطور قبل را می توان مستند نام برد که با توجه به خط مشی اینجانب از ذکر نام و شکافتن بیشتر موضوع معذورم. از باب مثال اشاره به موردی می شود که کار با کوره، در عین گرفتگی عقب آن تا آنجا ادامه پیدا می کند که بارخور کوره به یک سوم می رسد، بطوریکه سطح مقطع چند متر مربعی کانال متصل به کوره تبدیل به مجرای گربه رو می شود. اصرار به تداوم کار کوره منجر به حبس متناوب حرارت در منطقه پخت و تکرار دوره های زیاد داغ شدن (Over heating) و سرد شدن منطقه پخت می گردد. در نتیجه کار به کوتینگ ریزی شدید و آجر سوزی می کشد، آنهم در شرایطی که حداقل ۵ ماه دیگر از عمر آجرها باقیمانده بود.

در مورد دیگری این سرد و گرم شدن ها کیفیت محصول را آنچنان پائین آورده بود و آهک آزاد را بالا برده بود که فاصله زیادی با ارقام استاندارد پیدا کرده بود. ولی چون اصرار بر ادامه کار و پاسخگویی به تعهدات فروش بود، نتیجه این شد که وجود سیمان با آهک آزاد حدود ۸٪ اعتبار و حیثیت کارخانه را برای مدتها زیر سؤال ببرد. متأسفانه ذکر مثال برای این مورد زیاد است.

یا در مورد دیگر به دلیل احتراق ناقص و تجمع گازهای قابل احتراق در انتهای کوره، انفجاری پیش آمد که شوک ناشی از ارتعاش آن نسوزکاری مکرر کانال های رابط پیش گرمکن با کوره را روی دست کارخانه گذاشت.

اگر بخواهیم موارد عینی و تجربه شده بدکار کردن، سیستم پخت و گرفتگی عقب کوره را فهرست کنیم کار به درازا می کشد. تجربه ای از گرفتگی عقب کوره که منجر به یک فاجعه تلخ شده است را در فصل **ایمنی سیستم پخت** مطالعه بفرمائید.

۸

نسوزکاری

دستگاه پخت

سیمان

۸-۱- مواد نسوز در نقاط مختلف سیستم پخت سیمان

در چند دهه اخیر پیشرفتهای قابل توجهی در صنعت سیمان بدست آمده است. در طول این مدت کوره های بزرگی طراحی و نصب گردیده اند که علاوه بر این که همراه با پیشرفته ترین تکنیکها مورد استفاده قرار میگیرند، همزمان دارای ظرفیت و بازده بالایی نیز هستند. در حال حاضر ظرفیت متوسط کوره های سیمان به حدود ۴۰۰۰ تن در روز رسیده است و در مواردی کوره های با ظرفیت های تا ۱۰۰۰۰ تن در روز نیز در حال بهره برداری میباشند. از ضرورتهای افزایش ظرفیت تولید، افزایش قطر کوره می باشد و هم اکنون متوسط قطر کوره ها ۴/۵ متر است. بالا رفتن ظرفیت و قطر کوره مترادف با بالا رفتن فشارهای حرارتی، مکانیکی و شیمیایی روی آجر نسوز نصب شده در مناطق مختلف کوره میباشد. این عوامل ضرورت دقت در انتخاب نوع آجر برای مناطق مختلف کوره و پیشگرمکن و خنک کنها را تأکید مینمایند. بدلیل این ضرورت و تأکید می بایستی همواره بدنبال ساختن و یافتن آجر مناسب بود، زیرا که آمار و ارقام مربوط به هزینه توقف کوره برای نسوز کاری ارقام بسیار بالا و چشمگیری است. هر میزان برای تحقیق در جهت یافتن آجر با کیفیت بهتر سرمایه گذاری شود ارزش ویژه خود را دارد. دلایل اینکه چرا سیستم پخت را نسوزکاری میکنیم در جدول ۱ درج شده است.

در شکل های ۱ الی ۷ سیستم پخت سیمان و مناطق نسوزکاری آن نشان داده شده است.

بطور کلی در یک سیستم تولید سیمان اعمال زیر صورت میگیرد:

خشک کردن و گرم کردن مواد ورودی به سیستم

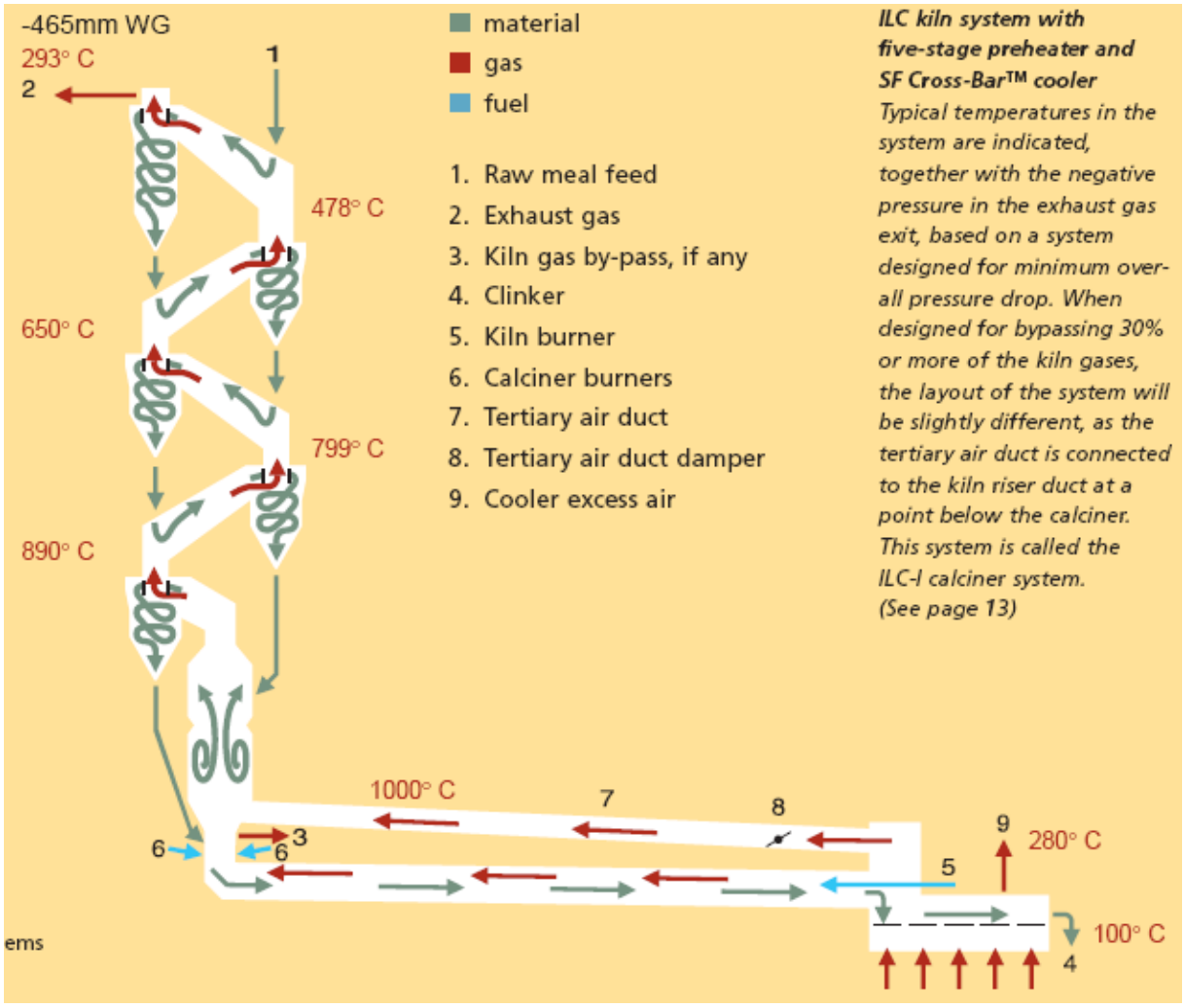
تکلیس (Calcining) که عبارتست از تبدیل سنگ آهک موجود در مواد به آهک

پختن مواد و تولید کلینکر

سرد کردن کلینکر

اعمال خشک کردن، گرم (داغ) کردن و بخشی از عمل تکلیس (Calcining) در قسمت پیش گرمکن (Preheater Zone) که متشکل از یک سری سیکلون حرارتی است صورت میگیرد.

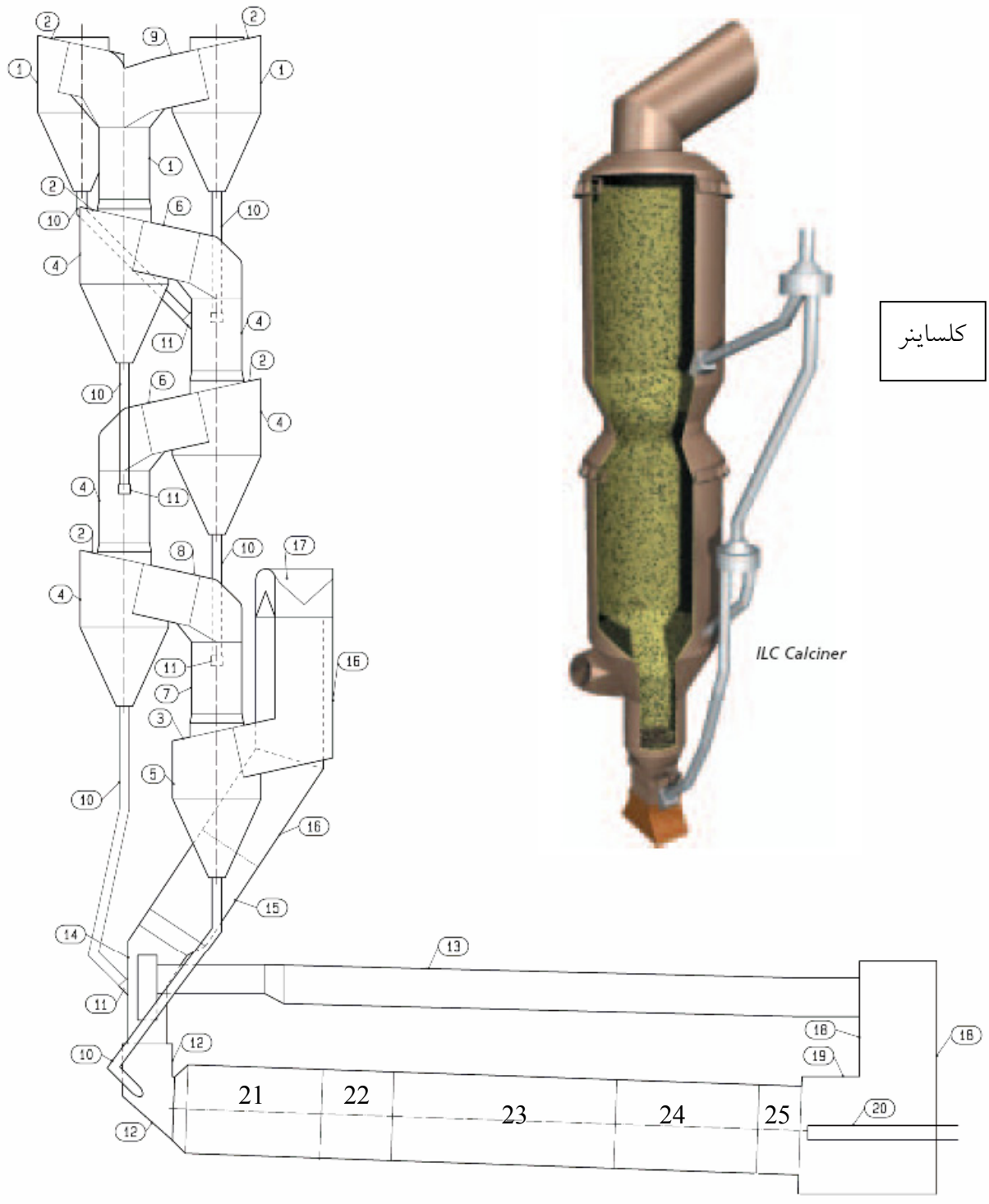
در آنها جریان گاز و مواد خام بصورت مخالف میباشد و در یک محیط طوفانی (گردبادی) (Floodized Bed) انتقال حرارت بین فاز جامد و فاز گاز بوجود میآید و سپس از هم جدا میشوند. در انتهای این قسمت از سیستم (قبل از کوره) درجه حرارت مواد به حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد میرسد و حدود ۳۰ درصد آن تکلیس میگردد. در پیش گرمکن های دارای کلساینر (Calciner) مواد قبل از ورود به کوره از کلساینر عبور میکند و در آنها درصد کلسیناسیون بیش از ۹۰ درصد است. درجه حرارت گاز خروجی از پیش گرمکن تا حدود ۳۰۰ درجه سانتیگراد تنزل می یابد و سپس از طریق برج خنک کن راهی آسیاب مواد یا دودکش می شود. (شکل ۱)



شکل (۱) تغییرات درجه حرارت مواد و گاز در سیستم پخت دارای کلساینر

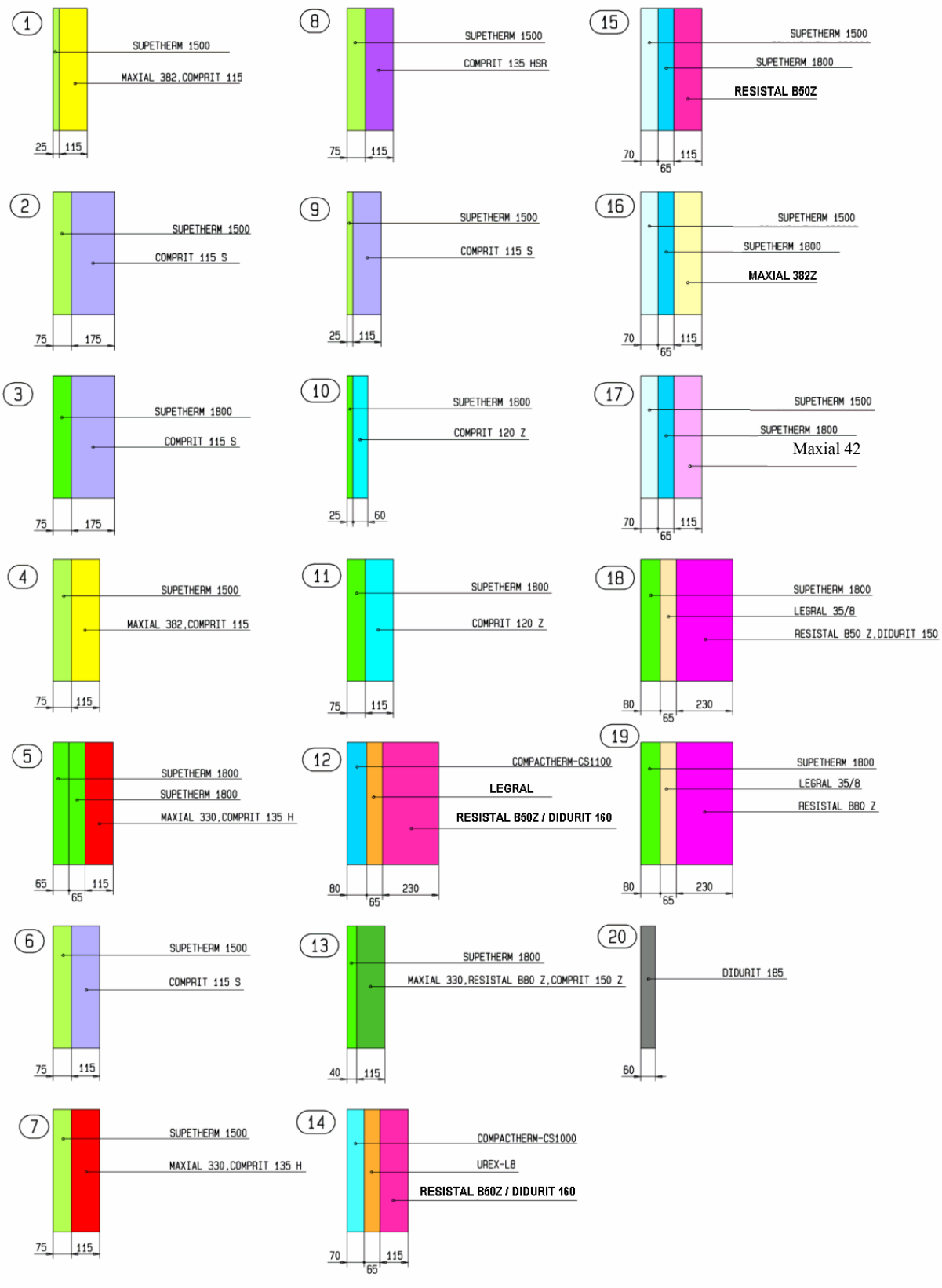
جدول ۱- چرا سیستم پخت سیمان را نسوزکاری می کنیم؟

اختلاف زیاد بین درجه حرارت سیستم پخت و محیط اطراف و امکان اتلاف حرارت که دقیقا به مفهوم اتلاف انرژی و پول است.
سیستم پخت از جنس آهن و فولاد است، تحمل درجات حرارت بالا را ندارد و خواص مکانیکی خود را در اثر حرارت از دست می دهد.
ماشین آلات و تجهیزات جانبی سیستم پخت نظیر غلطک ها، یاتاقانها، دنده اصلی کوره، ابزارهای سنجش، فن ها به درجات حرارت بالا حساس هستند.
بعلت درجه حرارت بالا امکان ترکیب مواد و گاز با بدنه کوره و سایر قسمتها وجود دارد، میباید بین گاز و مواد با بدنه یک سپر حفاظتی بوجود آید.
مجموعه نسوزکاری سیستم پخت در حرارت بالا مقدار زیادی حرارت در خود ذخیره می نماید و همانند یک جبران کننده (Compensator) و مخزن حرارتی از نوسانات ناگهانی درجه حرارت سیستم پخت پیشگیری می کند.
سطح نسوزکاری با مواد ترکیب میشود و سطوح ناصاف و دارای اصطکاک بیشتری را بوجود می آورد که این اصطکاک باعث حرکت آبشاری بیشتر مواد، توقف طولانی تر آنها در مقابل جریان گاز و حرارت میشود و تبادل حرارتی بیشتری بین مواد و شعله صورت می گیرد.
لایه نسوزکاری واسطه ای برای تبادل حرارت بین گاز، شعله و مواد است. این لایه موقعیکه در مجاور شعله و گاز است حرارت را از گاز و شعله میگیرد و پس از قرار گرفتن در زیر مواد و تماس با مواد حرارت را به مواد می دهد.



کلساینر

شکل (۲) نسوزکاری قسمتهای مختلف سیستم پخت سیمان



شکل (۳) جنس مواد نسوز مختلف مورد استفاده در قسمتهای مختلف سیستم پخت بجز کوره

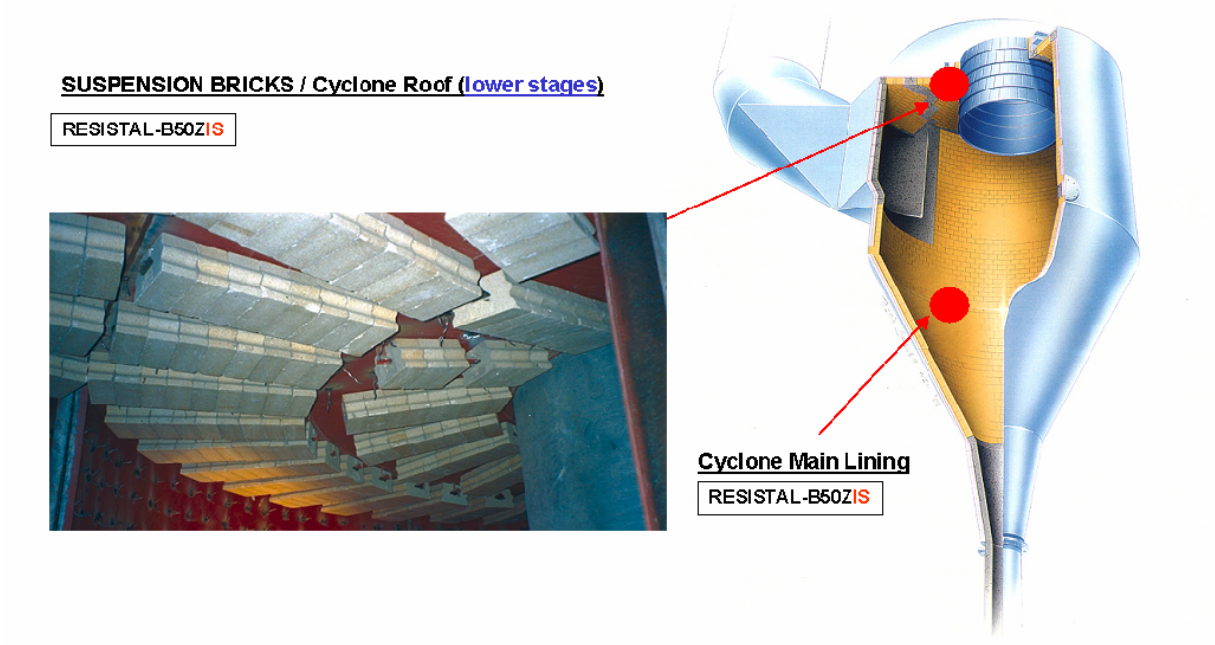
همانطور که در شکل های ۲ و ۳ می بینید در پیش گرمکن از آجرهای الومین-سیلیسی (شاموتی) که درصد اکسید آلومینیوم آنها از بالا تا پائین پیش گرمکن افزایش می یابد و در حدود ۲۰-۴۰ درصد اکسید آلومینیوم دارند استفاده می شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارت دو لایه آزبست و یا فیبرهای سرامیکی و آجر پوک در زیر آجرهای این قسمت بعنوان عایق کار گذاشته میشود (شکل ۲). شکل های ۴ و ۵ نشان دهنده بخش هایی از پیش گرمکن هستند.

تکلیس عبارتست از جدا شدن CO_2 از کربنات کلسیم و تبدیل سنگ آهک به آهک. این قسمت از کوره که طول آن حدوداً بین ۳ تا ۵ برابر قطر کوره می باشد، از ابتدای ورودی کوره شروع می شود. در کوره های دارای کلساینر بخش عمده تکلیس در کلساینر صورت میگیرد و در این دستگاه و بخش ابتدائی کوره از آجرهای آلومین-سیلیسی با ۳۰-۵۰ درصد اکسید آلومینیوم استفاده می شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارت از نوعی آجر استفاده می گردد که هدایت حرارتی آن پائین باشد. در بعضی موارد این قسمت های اولیه کوره بصورت دو لایه آجرچینی میشود که لایه زیر آجر عایق (پوک) و لایه رو آجر آلومین-سیلیسی می باشد. درجه حرارت این منطقه حدود ۱۰۰۰-۱۱۰۰ درجه سانتیگراد است.

در سیستم های پخت جدید ظرفیت کوره ها بالاست، دور کوره بیشتر است و در مواردی به دلیل استفاده از سوختهای جایگزین که حاوی ترکیبات مزاحم همچون قلیایی ها هستند، لازم است که تنوع آجرهای بکار رفته در کوره بیشتر شود تا بدینوسیله بتوان مقاومت مکانیکی- شیمیایی- حرارتی لازم را در لایه نسوزکاری فراهم کرد. بهمین خاطر تقسیم بندی مناطق مختلف کوره که در واقع مناطق استفاده از آجرهای مناسب همان مناطق است، در مقایسه با تقسیم بندی های متعارف تغییراتی کرده است که در شکل ۶ ملاحظه می نمائید.

RHI REFRACTORIES

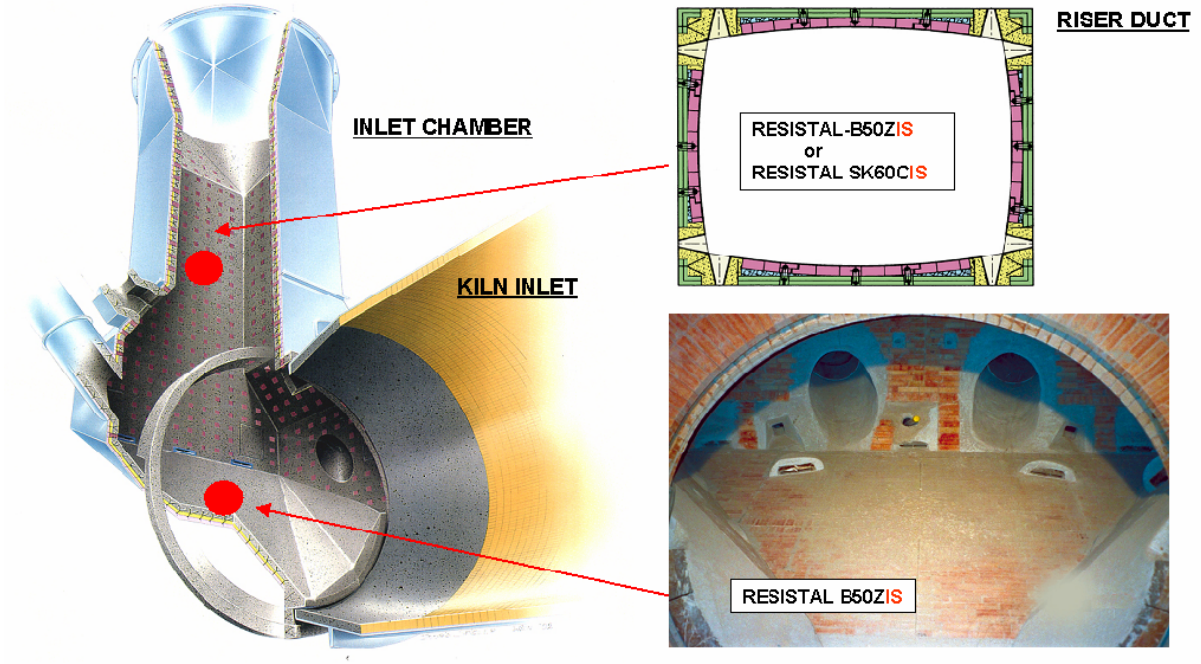
Cyclones



شکل (۴) سیکلون پائین پیش گرمکن و نسوزکاری سقف آن

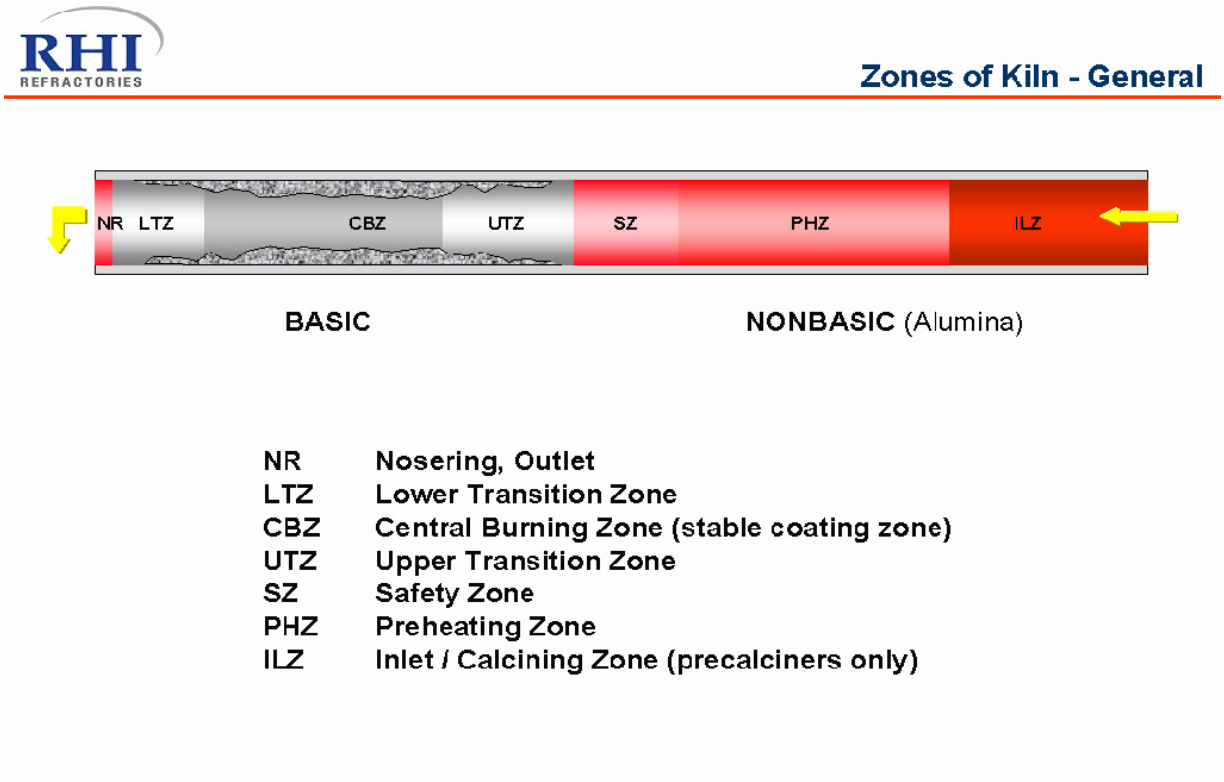
RHI REFRACTORIES

Riser Duct & Kiln Inlet

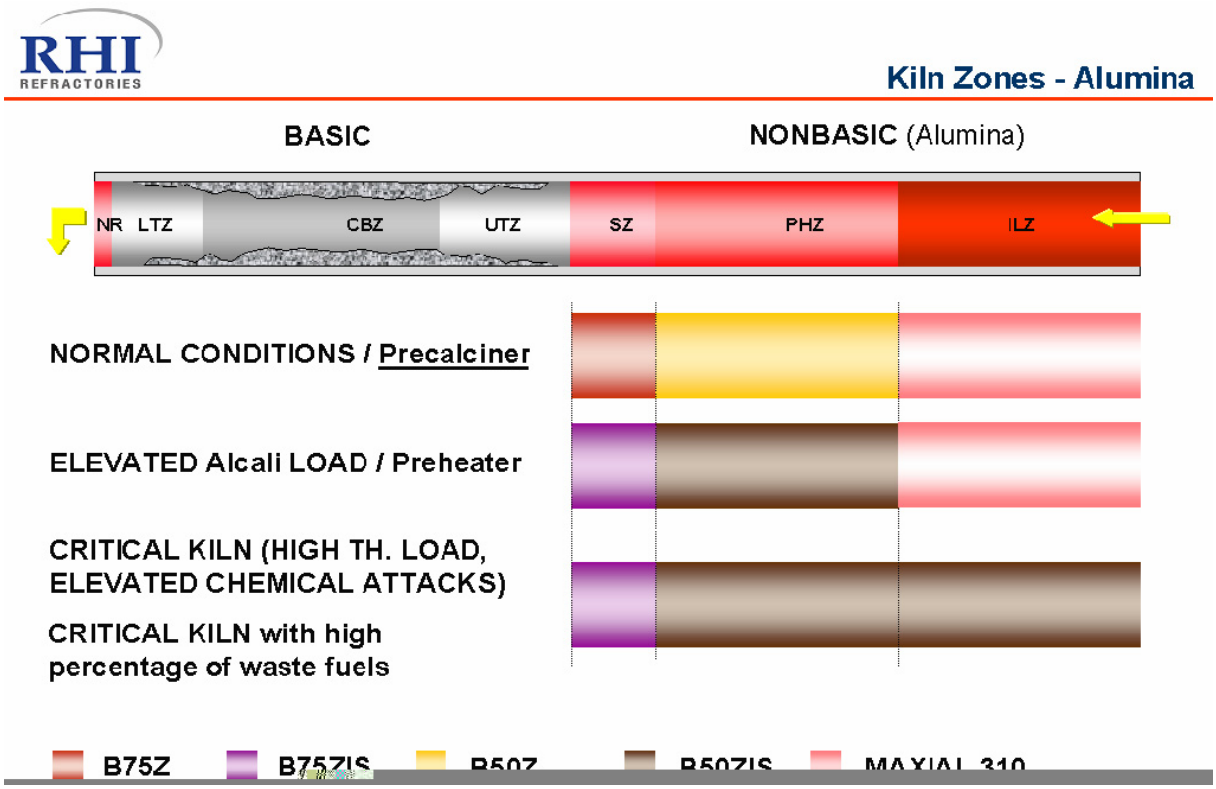


شکل (۵) انتهای پیش گرمکن و ورودی کوره

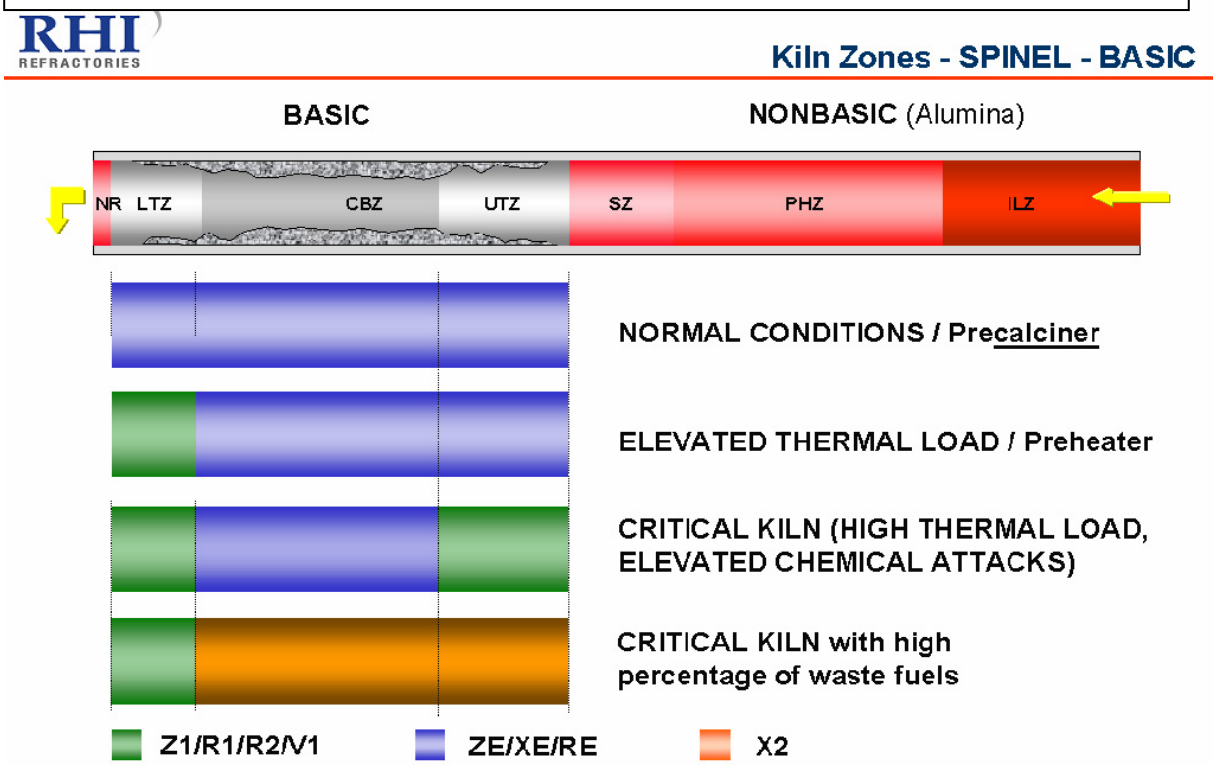
قبل از پشت منطقه پخت منطقه ای وجود دارد بنام منطقه ایمنی (Safety Zone). این منطقه بیشتر برای کوره هایی که دارای مکنده های قوی هستند و مکش ایجاد شده در داخل کوره بالا می باشد، در نظر گرفته میشود. طول این منطقه حدودا ۲ تا ۳ برابر قطر کوره است. در این قسمت از آجرهای آلومینی دارای حدود ۵۰-۷۰ درصد آلومین استفاده میگردد. درجه حرارت منطقه ایمنی حدودا ۱۱۰۰-۱۲۰۰ درجه سانتیگراد می باشد. (شکل ۷)



شکل (۶) مناطق مختلف ابتدا تا انتهای کوره دوار سیمان



شکل (۷) آجرهای نسوز مصرفی در مناطق ورودی، کلسیناسیون و ایمنی کوره. این مناطق با آجرهای حاوی Al_2O_3 نسوزکاری می شوند.



شکل (۸) نسوزکاری بخش های مختلف منطقه پخت کوره سیمان. این بخش ها بوسیله آجرهای قلیایی نسوزکاری میشوند.

عمل پختن در سه منطقه ۱- بالای منطقه پخت، ۲- منطقه پخت و ۳- پائین منطقه پخت صورت میگیرد:

بالای منطقه پخت یا منطقه برزخ (Transition Zone) منطقه ای است که در آن نوسان درجه حرارت زیاد می باشد و بدلیل شروع ترکیب اکسیدها با یکدیگر و تشکیل فازهای کلینکر در این منطقه انواع فشارهای حرارتی، شیمیایی و مکانیکی روی آجر وجود دارد. مشخصه دیگر این منطقه اینست که اصولا تشکیل پوشش (Coating) چندان با ثبات و پایدار نمیباشد. درجه حرارت در این قسمت حدودا ۱۲۰۰-۱۳۰۰ درجه سانتیگراد میباشد وطول این قسمت معادل ۲ تا ۳ برابر قطر کوره در نظر گرفته می شود (شکل ۸).

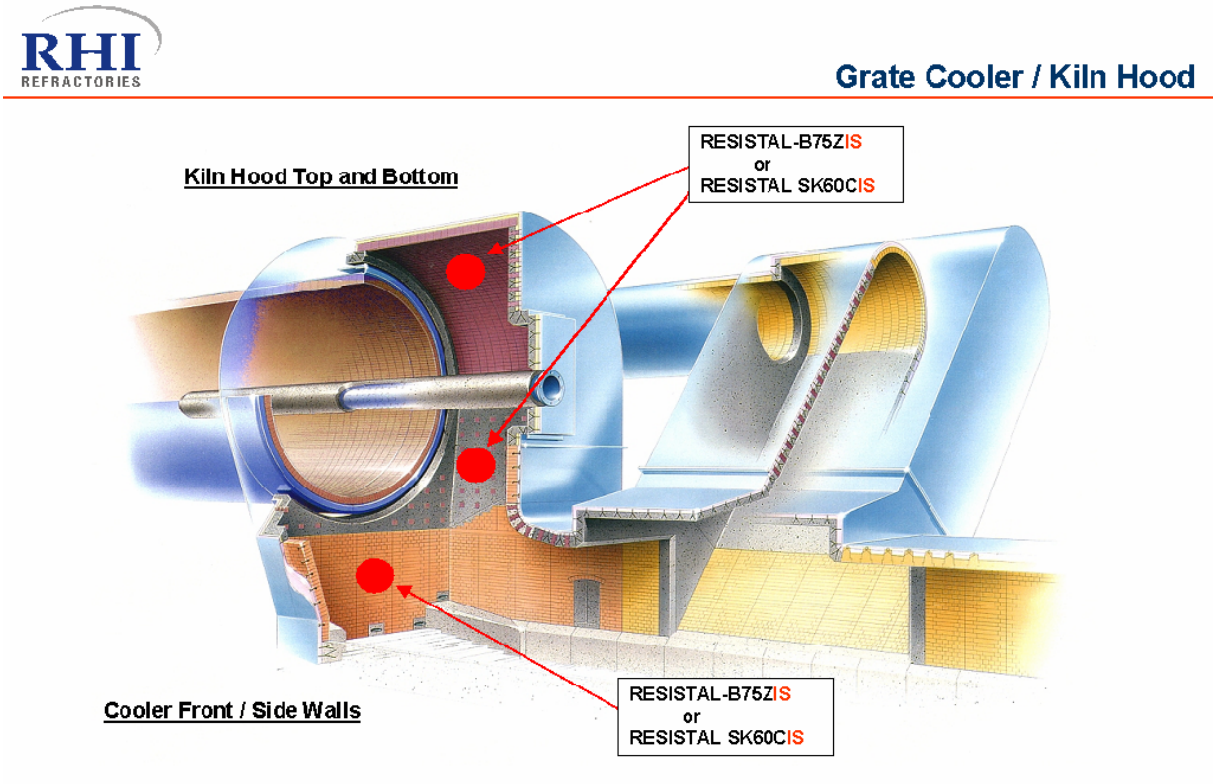
بدلیل وجود شرایط فوق و بدلیل تجارب حاصله از کار گذاشتن انواع آجرها در حال حاضر در قسمت بالای منطقه پخت از آجرهای اسپینلی و آجرهای منیزیت-کرومیت جهت نسوزکاری استفاده می شود. همانطور که گفته شد در این قسمت از کوره کوتینگ پایدار نمیباشد، از این رو مشخصه الزامی آجرهای مورد استفاده در این منطقه قابلیت هدایت حرارتی کم آنها می باشد.

منطقه پخت (Burning Zone) گرمترین منطقه در کوره سیمان است که تماما در مجاورت شعله قرار دارد. در این منطقه اکسید عناصر موجود در مواد اولیه با یکدیگر کاملاً ترکیب شده و تشکیل فازهای کلینکر را می دهند. طول منطقه پخت حدودا ۴ تا ۶ برابر قطر کوره و درجه حرارت آن ۱۳۰۰-۱۴۵۰ درجه سانتیگراد می باشد. مشخصه این منطقه تشکیل کوتینگ پایدار است. در این منطقه از آجرهای اسپینلی و یا منیزیت-کرومیتی استفاده می شود. (شکل ۸)

عموما آجرنسوزهای مورد استفاده در این قسمت حدود ۷۵-۸۵ درصد اکسید منیزیم دارند و از مقاومت شیمیایی، نسوزندگی و مقاومت مکانیکی فوق العاده ای برخوردار می باشند. این نوع آجرها درمقایسه با آجر آلومینی دارای هدایت حرارتی بالاتری هستند. در نتیجه در شروع گرم کردن کوره اتلاف حرارت بالا می باشد ولی بدلیل میل ترکیبی شدید این نوع آجرها با فاز مایع حاصله در منطقه پخت قشری از کلینکر بنام کوتینگ روی آجر می چسبد. وجود کوتینگ روی آجر منیزیتی عملا باعث افزایش ضخامت آن و در نتیجه کاهش سرعت سایش و انتقال حرارت میگردد. مضافا اینکه وجود کوتینگ باعث کاهش اثرات منفی مجاورت با شعله، نقصان قدرت نفوذ سیلیکاتها وقلیائیها در آجر، کاهش شوک حرارتی و تشعشع حرارتی به بیرون کوره میگردد. در منطقه پخت از آجرهای دولومیتی (Dolomite) نیز استفاده می شود.

در بخش پائینی منطقه پخت از آجرهای منیزیتی و یا اسپینلی استفاده میشود. عموماً در ایران بدلیل عدم وجود محدودیت های استفاه از آجرهای منیزیت-کرومیتی، در سراسر مناطق بالا، وسط و پائین منطقه پخت از آجر منیزیت-کرومیتی استفاده می شود. اخیرا استفاده از آجرهای اسپینلی در پائین و بالای منطقه پخت روبه رشد است. (شکل ۸)

سرد کردن کلینکر در دو قسمت انجام می شود یک قسمت در داخل کوره و بلافاصله بعد از خروج کلینکر ازمنطقه پخت پائین و منطقه خنک کن (Cooling Zone)، قسمت دیگر در داخل خنک کن کلینکر (شکل ۹).



شکل (۹) خنک کن کلینکر، درب کوره، مشعل و کانال هوای سوم

هدف اصلی از سرد کردن کلینکر بازیابی حرارت موجود در کلینکر می باشد. عمل سرد کردن در کوره های سیمان نسبتا سریع است و بهمین خاطر فازهای کلینکر تثبیت می شوند و فرصت بازگشت فازهای کلینکر به حالت قبل از ترکیب وجود ندارد. این عدم برگشت اثرات مثبتی روی کیفیت سیمان حاصله دارد. بخشی از منطقه پخت که بلافاصله در پائین شعله قرار دارد موسوم به پائین منطقه پخت پائین یا (Lower Transition Zone) هم می باشد.

بدلیل جریان دانه های کلینکر در قسمت خنک کن کوره و بدلیل جریان مداوم و غیر یکنواخت هوای ثانویه این قسمت همواره در معرض سایش و شوک حرارتی

است. از اینرو از آجرهایی جهت این منطقه استفاده میشود که حدوداً دارای ۸۰-۸۵ درصد آلومین هستند. این آجرها مقاومت لازم در مقابل سایش مکانیکی و شوک حرارتی را دارند. (شکل ۹)

در قسمتهایی از سیستم کوره از سایر مواد نسوز(علاوه بر آجرنسوز) نظیر بتون نسوز نیز استفاده می شود. (جداول ۲ الی ۶)

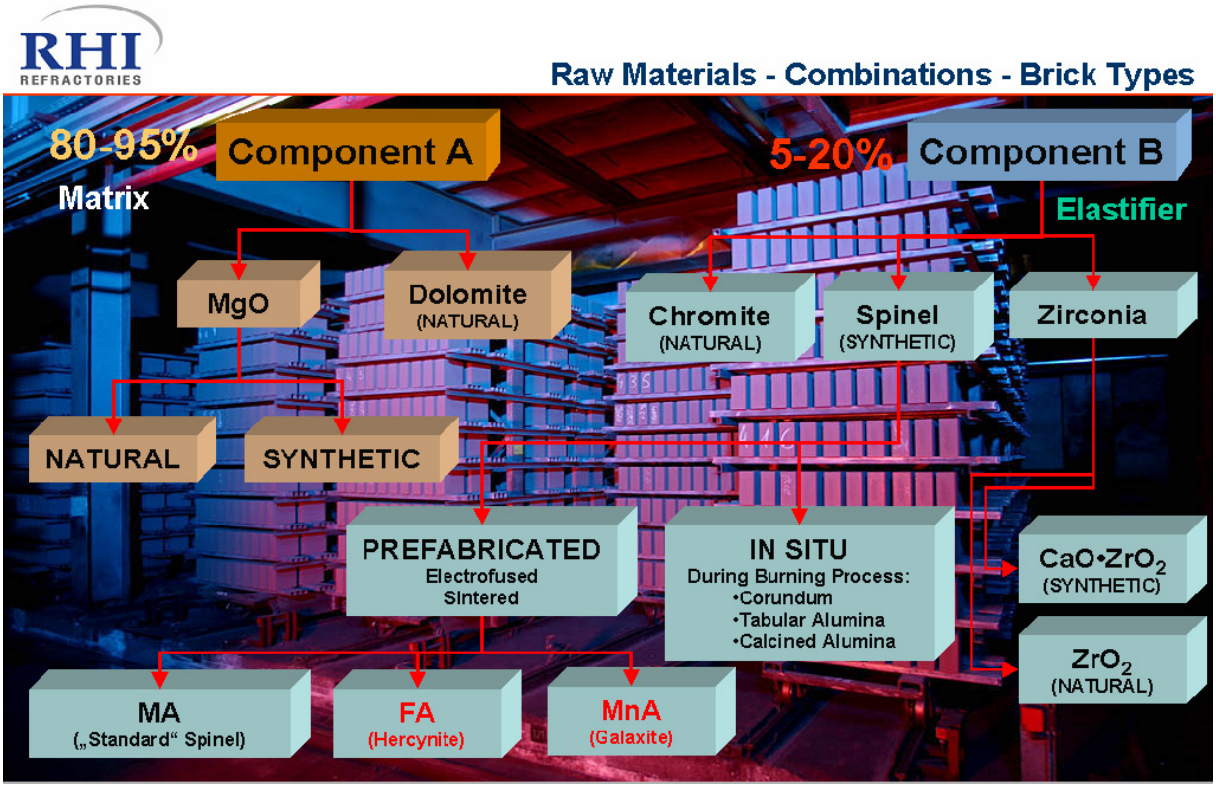
تنش های اعمالی روی نسوزکاری کوره متشکل از عوامل مختلف حرارتی، مکانیکی و شیمیایی است. این عوامل بسته به نوع فرآیند، راهبری کوره و منطقه کوره دارای اثرات مختلفی هستند. عوامل عمده مؤثر عبارتند از شعله، ترکیب خوراک کوره، وضعیت بدنه کوره و تغییر شکل های مداوم ناشی از چرخش بدنه.

گزارش مفصل تعویض و تعمیر موادنسوز از جنبه به حداقل رسانیدن هزینه و توقفات تولید بسیار مهم است. بطور متعارف اگر ضخامت آجرهای بکار رفته از ابتدای ورودی تا انتهای خروجی کوره کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد، بسته به شرائط کاری کوره میباید عوض شوند. راه ساده اینست که بهنگام توقف کوره، با برداشتن کوتینگ آجر مته زده شود و ضخامت آن اندازه گیری شود. در بخش آجرهای آلومینی و شاموتی فواصل مته زدن میتواند بیشتر باشد. اینکه کجای کوره و چه نقاطی مته زده شود، بستگی به شرائط و وضعیت آن دارد و برای اینکار دستورالعمل یا دستگاه خاصی وجود ندارد. در موقع ورود به کوره می باید وضعیت کوتینگ و ادامه آن بررسی شود. بخش کوتینگ دار می باید تا قبل از پایان آجرهای قلیایی باشد.

تغییرات در سوخت، خوراک و شرائط پخت روی موقعیت منطقه پخت اثر میگذارد. بهنگام کار کوره می توان موقعیت کوتینگ و وضعیت موادنسوز را توسط دستگاه اسکانر (Scaner) بدنه بررسی نمود. بدنه کوره بویژه زیر رینگها میباید با چشم

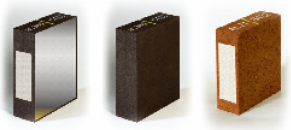
بازرسی شود تا بدینوسیله از وجود لکه های پنهان سرخ که زیان آور هستند آگاه شد.

درجه حرارت بخشهایی از بدنه کوره که گرم هستند را می توان با قرار دادن چند فن ثابت یا متحرک کنترل کرد. وجود لکه های سرخ علامت خطر است و نباید ادامه پیدا کند. اگر لکه بصورت قرمز تیره و در منطقه پخت است امکان ایجاد کوتینگ روی آن و ادامه کار وجود دارد. لکه روشن و کوچک در منطقه پخت مشخص کننده افتادن یک یا دو آجر است. می توان با توقف ۲-۵ دقیقه ای این بخش کوره در زیر بار و دمیدن هوا از بیرون بر روی آن کوتینگ ایجاد کرد. شرط انجام این کار اینست که نتیجه سریعا حاصل شود. در صورتیکه زمان طولانی شود منجر به تغییر شکل بدنه خواهد شد. در صورت وجود لکه های سرخ در جاهایی بجز بدنه کوره می توان موقتا با تعبیه یک جعبه فلزی در سطح خارجی و پر کردن جعبه بوسیله بتن نسوز، کار را ادامه داد و در اولین توقف کوره محل لکه را تعمیر اساسی نمود.



شکل (۱۰) انواع آجرهای قلیایی مصرفی در بخش های مختلف منطقه پخت کوره سیمان

Basic Rotary Kiln Bricks



RHI REFRACTORIES

Product	Replacement for	Raw material base	Chemical analysis MgO %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	Cr_2O_3 %	MnO %	Bulk density g / cm³	Apparent porosity Vol. %	Cold crushing strength N / mm²	Thermal shock resistance Air Cycles	Refractoriness under load t_a °C	Thermal conductivity at 500°C W/mK	750°C W/mK	1000°C W/mK
MAGNESIA SPINEL BRICKS															
ANKRAL Z1	New Development	Magnesia Hercynite	92,0	3,4	3,8	---	---	3,06	14,0	70,0	>100	> 1700	3,60	3,00	2,70
ANKRAL ZE	ANKRAL R63	Magnesia Hercynite	85,0	3,0	7,4	---	---	3,05	15,0	70,0	>100	> 1600	3,00	2,70	2,40
ANKRAL X2	New Development	Magnesia Galaxite	91,0	3,5	0,7	---	2,6	2,98	15,0	90,0	>100	> 1700	3,60	3,00	2,70
ANKRAL XE	New Development	Magnesia Galaxite	86,7	2,6	4,7	---	2,6	3,06	14,5	80,0	>100	>1700	3,20	2,80	2,50
ANKRAL R1	RADEX AS90S ANKRAL R19	Magnesia MA-Spinel	91,5	7,0	0,5	---	---	2,96	15,0	60,0	>100	> 1700	4,50	3,50	3,00
ANKRAL R2	ANKRAL R17 REXAL S EXTRA	Magnesia MA-Spinel	87,5	10,5	0,4	---	---	2,94	15,0	65,0	>100	> 1700	4,30	3,50	3,00
ANKRAL RE	ANKRAL R17E	Magnesia MA-Spinel	87,0	10,5	0,5	---	---	2,90	16,0	65,0	>100	> 1700	4,30	3,50	3,00
ANKRAL V1	New Development	Fused MgO Fused MA-Spinel	89,5	8,6	0,4	---	---	3,01	15,5	60,0	>100	> 1700	4,30	3,50	3,00
MAGNESIA CHROMITE BRICKS															
ANKRAL S1	ANKRAL H25	Magnesia Chromite	76,0	3,0	8,3	9,2	---	3,03	18,0	55,0	>80	> 1700	3,40	3,00	2,70
ANKRAL S2	RUBINAL FZ EXTRA RADEX EZ80	Magnesia Chromite	81,5	2,2	8,0	5,8	---	3,03	17,5	55,0	>80	> 1600	2,90	2,60	2,30
ANKRAL SE	ANKRAL S65 BASAL Z EXTRA	Magnesia Chromite	77,0	2,8	8,9	8,0	---	3,04	17,5	55,0	>100	> 1650	2,70	2,40	2,10

جدول (۲) مشخصات شیمیایی و فیزیکی انواع آجرهای قلیایی مصرفی در کوره سیمان

Fireclay and Insulating Bricks

Product	Raw material base	Chemical analysis Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	SiO_2 %	Bulk density g / cm³	Apparent porosity Vol. %	Cold crushing strength N / mm²	Thermal shock resistance Cycles (Water)	RUL t_{05} (Classification Temp.) °C	Thermal conductivity at 400°C W/mK	700°C W/mK	1000°C W/mK
LIGHTWEIGHT FIRECLAY and INSULATING BRICKS												
LEGRAL 30/5Z	Lightweight Fireclay	44	2,5	49	1,5	30	20	---	1400 (CT)	0,67	0,73	0,79
LEGRAL 30/5C	Lightweight Fireclay	25	2,8	72	1,65	30	20	---	1350 (CT)	0,55	0,57	0,59
LEGRAL 26/7	Lightweight Fireclay	32	1,8	62	0,6	75	1,5	---	1250 (CT)	0,19	0,24	0,29
LEGRAL 35/8	Lightweight Fireclay	33	1,6	60	0,8	68	3	---	1380 (CT)	0,25	0,29	0,33
LEGRAL 35/0	Lightweight Fireclay	33	2,2	60	1,0	60	6	---	1380 (CT)	0,32	0,37	0,41
PYROSTOP ISOL 600	Perlit	14	4,4	69	0,6	74	2,5	---	900 (CT)	0,16	0,20	---
FIRECLAY BRICKS												
MAXIAL 25	Fireclay	28	2,0	67	2,20	17	45	10	1320	1,20	1,30	1,40
MAXIAL 42	Fireclay	42	1,9	54	2,22	18	45	15	1440	1,20	1,30	1,40
MAXIAL 382Z	Fireclay	30	1,4	62	2,22	12	80	10	1250	1,20	1,30	1,40
MAXIAL 310	Fireclay	44	1,6	51	2,26	16	55	16	1380	1,20	1,30	1,40

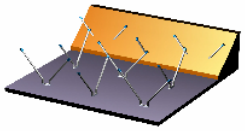
جدول (۳) مشخصات فیزیکی و شیمیایی انواع آجرهای شاموتی مصرفی در سیستم پخت سیمان

High Alumina Bricks

Product	Raw material base	Chemical analysis Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	SiO_2 %	Bulk density g / cm³	Apparent porosity Vol. %	Cold crushing strength N / mm²	Thermal shock resistance Cycles (Water)	RUL t_{05} (Classification Temp.) °C	Thermal conductivity at 400°C W/mK	700°C W/mK	1000°C W/mK
ALUMINA and HIGH ALUMINA BRICKS												
RESISTAL B60Z	Bauxite, Fireclay	55,0	1,7	40,0	2,36	18,0	30	20	1410	1,40	1,50	1,60
RESISTAL B60ZIS	Bauxite, Fireclay	54,0	1,7	42,0	2,45	14,5	70	20	1450	1,40	1,50	1,60
RESISTAL B65Z	Bauxite, Fireclay	66,5	1,5	24,0	2,54	13,5	70	20	1350	1,52	1,65	1,65
RESISTAL B75Z	Bauxite	79,0	1,8	14,0	2,73	19,5	95	30	1480	1,85	1,70	1,75
RESISTAL B75ZIS	Bauxite	76,0	1,8	17,5	2,81	18,5	130	30	1480	1,85	1,7	1,75
RESISTAL B80Z	Bauxite	82,0	1,5	12,0	2,75	20,5	95	20	1470	1,95	1,80	1,85
RESISTAL B80C	Bauxite	81,0	1,7	11,0	2,75	20,0	105	30	1460	2,40	2,3	2,35
RESISTAL SK60C	Andalusite, Corundum	58,0	0,9	36,0	2,66	15,0	80	30	1500	1,45	1,50	1,60
RESISTAL SK60CIS	Andalusite, Corundum	56,5	0,9	40,0	2,62	17,0	120	30	1520	1,45	1,5	1,60
RESISTAL S85W	Andalusite, Corundum	63,5	0,8	34,5	2,54	15,5	75	30	1650	1,85	1,65	1,85
RESISTAL K85C	Corundum, Andalusite	89,0	0,4	9,0	3,09	14,0	150	30	1700	2,30	2,5	2,80

جدول (۴) مشخصات فیزیکی و شیمیایی انواع آجرهای آلومینی مصرفی در سیستم پخت سیمان

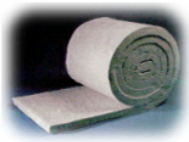
Hydraulic and Low Cement Alumina Castables



Product	Chemical analysis					Raw material base	Material required	Water required	Cold crushing strength	Limit of application	Thermal conductivity at			Linear thermal expansion
	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	SiO_2 %	ZrO_2 %	SiC %		t / m³	%	1100°C N / mm²	°C	400°C W/mK	800°C W/mK	1200°C W/mK	1000°C %
CONVENTIONAL CASTABLES														
COMPRIT 115	31	1,5	46	---	---	Fireclay	2,00	12	20 (1000°C)	1150	0,70	0,70	0,7 (1000°C)	0,35
COMPRIT 120Z	40	0,5	50	---	---	Fireclay	2,12	8,5	65 (1000°C)	1200	0,90	1,00	1,10	0,6 (1200°C)
COMPRIT 135	47	1,5	40	---	---	Fireclay	2,00	11	35	1400	0,67	0,67	0,81	0,35
COMPRIT 138	47	1,9	46	---	---	Fireclay	2,15	8,7	50	1400	0,98	0,97	1,20	0,50
COMPRIT 150Z	56	0,3	16,5	22,5	---	Synthetic raw materials	2,90	6,5	100	1550	1,62	1,73	1,87	0,70
COMPRIT 160H	74	1,3	18,5	---	---	Bauxite	2,45	8,5	55 (1000°C)	1600	1,30	1,25	1,40	0,60
COMPRIT 175H	94	0,1	0,4	---	---	Sintered alumina	2,75	8,5	80	1700	2,55	2,02	2,50	0,75
COMPRIT 180H	95	0,1	0,2	---	---	Sintered alumina	2,74	8	80	1800	2,60	2,08	2,60	0,75
COMPRIT 185H	97	0,1	0,2	---	---	Sintered alumina	2,98	6,5	100	1850	3,20	2,49	2,44	0,75
LOW AND ULTRA LOW CEMENT CASTABLES														
DIDURIT 140	40	0,6	52	---	---	Fireclay	2,20	6,5	80 (1000°C)	1400	0,90	1,00	1,30	0,60
DIDURIT 160	52	1,0	44	---	---	Fireclay	2,35	5,5	90	1500	1,50	1,60	1,90	0,55
DIDURIT 170A	60	1,0	35	---	---	Andalusite	2,49	5,3	110	1650	1,75	1,70	2,00	0,55
DIDURIT 170	81	1,4	14	---	---	Bauxite	2,85	5,0	100	1700	1,90	1,80	2,10	0,60
DIDURIT 175	88	0,6	8	---	---	Bauxite, Corundum	3,10	4,5	150 (1000°C)	1750	1,90	1,80	2,10	0,70
DIDURIT 123SIC	35	0,7	31,5	---	30	Fireclay, SIC	2,47	5,6	130 (1000°C)	1550 (red)	2,65	2,60	2,60	0,50
DIDURIT 126SIC	21	0,7	16,5	---	60	Fireclay, SIC	2,47	5,6	130 (1000°C)	1550 (red)	3,10	2,90	2,90	0,45
DIDURIT 155SIC	43	0,4	24,5	---	30	Andalusite, SiC	2,70	4,6	105 (1000°C)	1550 (red)	2,80	2,75	2,85	0,55
DIDURIT 150T	34	0,2	24	39	---	Synthetic raw materials	3,35	4,0	100 (850°C)	1700	1,75	1,70	1,82	0,71

جدول (۵) مشخصات فیزیکی و شیمیایی انواع جرم های نسوز مصرفی در سیستم پخت سیمان

Auxiliary Materials - Felts, Fibers, CaSi-Boards, Ceramic Paper & Wool



Product	Chemical analysis				Bulk density	Classification temperature	Thermal conductivity at				Thicknesses
	Al_2O_3 %	SiO2 %	ZrO_2 %	CaO %	kg / m³	°C	400°C W/mK	600°C W/mK	800°C W/mK	1000°C W/mK	mm
LONG FIBRE FELTS											
PYROSTOP SUPERFELT 1300	47,5	52	---	---	190	1300	0,10	0,14	0,18	0,20	6, 10, 13, 20, 25, 40, 50
PYROSTOP SUPERFELT 1400	53	43,5	---	---	170	1400	0,10	0,14	0,19	0,22	6, 10, 13, 20, 25, 40, 50
FIBRE BLANKETS											
PYROSTOP BLANKET 128/1260	47	53	---	---	128	1250	0,10	0,15	0,20	0,27	6, 10, 13, 19, 25, 38, 50
PYROSTOP BLANKET 128/1430	35	50	14	---	128	1400	0,10	0,15	0,20	0,27	13, 19, 25, 38, 50
CERAMIC PAPER											
PYROSTOP PAPIER 1260	47	53	---	---	210	1250	0,09	0,13	0,20	---	1, 2, 3
PYROSTOP PAPIER 1400	60	40	---	---	210	1400	0,09	0,13	0,20	---	1, 2, 3
CERAMIC FIBRE											
MINWOL LW	20	37	---	24	150	750	0,11	---	---	---	
PYROFIBER 1260	44	52	---	---	265	1260	---	---	---	---	
PYROFIBER 1430	35	50	15,0	---	265	1430	---	---	---	---	
BLOCK INSULATION											
SUPETHERM 1500	0,2	44	---	43	240	1000	0,10	0,14	0,17	---	25, 30, 40, 50, 60, 65, 70, 75, 100
SUPETHERM 1800	0,2	44	---	43	240	1000	0,10	0,14	0,17	---	25, 30, 40, 50, 60, 65, 70, 75, 100
SUPETHERM 2000	0,1	47	---	43	275	1050	0,10	0,14	0,18	---	25, 30, 40, 50, 60, 65, 70, 75, 100

جدول (۶) مشخصات فیزیکی و شیمیایی انواع مواد عایق مصرفی در سیستم پخت سیمان

۸-۲- تجربه ای از فرسایش سریع آجر منطقه پخت

مقدمه

یکی از موهبت های زندگی کاری اینجانب کار در واحد یک مجتمع سیمان دورود بوده است. نیروی جوانی، شوق به کار و شرایط مساعد محیط کار باعث اندوختن کوله باری ارزشمند از تجربه شد که همواره در مراحل بعدی زندگی کاری، خود را مدیون این تجارب می دانم. در این واحد سه کوره سیستم تر وجود دارد که هر سه دارای آسیاها، سیلوهای مواد و حوض مخلوط مشترک هستند. جالب اینکه دوتا از کوره ها همانند دوقولوهای به هم چسبیده دارای دودکش مشترک هستند. این دو کوره همزمان خریداری و نصب شده اند، دارای ابعاد و اندازه یکسانی هستند.

منظور از این مقدمه اینست که هیچگاه رفتار این دو کوره که در فاصله ۲۰ متری یکدیگر هم قرار داشتند مشابه هم نبود. هر یک قلق خاص خود را داشتند و به عبارت دیگر شخصیت کاری متفاوتی از خود بروز می دادند. هر دو کوره تفاوت در رفتار داشتند ولی هر دو ثبات کاری خاص خود را داشتند، درست همانند دو انسان.

شرح تجربه

در یکی از کارخانجات سیمان ایران مشکل فرسایش سریع آجر منطقه پخت پیش آمده بود. اینجانب طرف مشورت قرار گرفتم و در فاصله زمانی کوتاهی پس از توقف کوره و قبل از اقدام به تخلیه و آماده سازی برای نسوزکاری جدید از آن بازدید کردم.

بر اساس اطلاعات موجود آجر فرسایش یافته بخش دوم از یک محموله بوده که بخش اول آن حدود ۱۵۰ روز عمر کاری داشته ولی بخش دوم در کمتر از ۴۰ روز

فرسوده شده بود. در قسمت هایی از کوره نظیر پشت منطقه پخت هنوز آجرهای بخش اول محموله در کوره موجود و قابل استفاده بود.
در وهله اول این سؤال پیش می آید که چطور ممکن است آجر یک محموله در دو نوبت چنین عمر متفاوتی داشته باشند؟ احتمالا مشکل مربوط به آجر نیست و علل فرسایش سریع در راهبری کوره می باشد.
ضمن نمونه برداری از آجرهای کار کرده مناطق مختلف کوره و همچنین آجرهای کار نکرده (موجود در انبار) اقدام به بررسی برخی پارامترهای بهره برداری شد.

شرح مشاهدات

کوره مورد بازدید، همانند خیلی از کوره ها خصوصیات رفتاری خاص خود را دارد. ازجمله اینکه آهک آزاد کلینکر خروجی از این کوره همواره کمتر از نیم درصد است. تا آنجائی که همواره این تصور پیش می آید که حرارت زیادی به کوره اعمال می شود. در حالیکه چنین نیست و در بسیاری از موارد اینجانب شاهد کار بسیار آرام و راحت این کوره بوده ام، در همین شرایط آهک آزاد ۰/۲ درصد هم بوده است. در مورد بسیاری از کوره های دیگر رسیدن به آهک آزاد ۰/۵ درصد مترادف با اعمال بار حرارتی بسیار زیاد است ولی در مورد این کوره چنین نیست.
با بررسی عملکرد روزها و هفته های گذشته این کوره مشاهده شد که معمولا آهک آزاد بالاتر از ۲ درصد بوده است. مضافاً اینکه در طول یک هفته قبل از توقف موارد عدیده ای از خاک کردن وجود داشته است.
با بررسی درجه حرارت بدنه کوره در منطقه پخت مشخص شد که از همان ابتدای راه اندازی درجه حرارت متوسط بدنه کوره حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد بالاتر از حد متعارف بوده است و هیچگاه درجه حرارت بدنه به حد نرمال نرسیده است و

در مواردی خرمایی رنگ شده است. این به مفهوم اینست که تشکیل کوتینگ بسیار ضعیف و ناچیز بوده است.

کوره در یک ماه اول پس از راه اندازی چندان توقفی نداشته ولی از حدود ۱۰ روز قبل از توقف موارد مکرری توقف به خاطر اشکالات تغذیه کوره وجود داشته است. در موقع بازدید از داخل کوره به ندرت کوتینگ ملاحظه شد، فقط مقدار خیلی کمی کوتینگ ضعیف در فاصله ۱۴–۱۸ متری وجود داشت.

از دو روز قبل از توقف درجه حرارت بدنه به شدت بالارفته بود و در نهایت منجر به سرخ شدن بدنه شده بود. ضخامت آجر در منطقه سرخ شدگی حداکثر ۵ سانتی متر بود.

با مراجعه به گزارشات روزانه، آنالیز خوراک کوره، در روز توقف و چند روز قبل از آن یادداشت شد. آنالیزها در جدول ۷ درج شده است. کم و کیف ارقام تا حدودی گویای دیرپز بودن مواد است ولی نه آنچنان که ایجاد بجران بکند.

آزمایشگاه	کارخانه			
تاریخ نمونه	روز توقف	۳ روز قبل	۴ روز قبل	۵ روز قبل
SiO_2	21.76	21.34	21.62	21.91
Al_2O_3	5.44	5.44	5.41	5.54
Fe_2O_3	2.93	2.87	2.9	2.94
CaO	64.04	64.56	64.17	63.88
MgO	3.15	3.11	3.09	3.1
SO_3	0.14	0.15	0.14	0.14
K_2O	0.95	0.97	0.97	0.99
Na_2O	0.4	0.42	0.43	0.43
Total	98.81	98.86	98.73	98.93
C_3S	54.20	59.56	56.03	51.72
C_2S	21.52	16.27	19.74	23.82
C_4AF	8.92	8.73	8.82	8.95
C_3A	9.46	9.56	9.43	9.71
L.S.F	92.72	95.14	93.51	91.77
SM	2.60	2.57	2.60	2.58
AM	1.86	1.90	1.87	1.88
LP	25.84	25.75	25.14	26.23
Total Alkali	1.03	1.06	1.07	1.08

جدول ۷– آنالیز خوراک کوره نقل از گزارشات روزانه

نتیجه گیری

مهندس بهره بردار مصر بر این بود که آجر قابلیت کوتینگ گیری ندارد و در نتیجه عمده مشکلات از همین جا ناشی شده است. البته این ادعا در شرایطی بود که بخشی از این محموله بسیار خوب عمل کرده بود و هنوز در کوره بود و مطمئنا چند ماه دیگر از عمر آن باقی مانده بود. تصور اینکه دو بخش از یک محموله اینچنین اختلاف فاحشی داشته باشند ساده نبود.

از جمله نمونه برداری ها، یک نمونه از خوراک کوره از محل تغذیه کوره برداشته شد. نمونه به سه قسمت شد و یک قسمت به آزمایشگاه همان کارخانه و یک قسمت به آزمایشگاه مورد اعتماد داده شد و قسمت سوم به عنوان شاهد نگهداشته شد. نتایج آنالیز این دو آزمایشگاه در جدول ۸ درج شده است.

آزمایشگاه	کارخانه	مرجع
تاریخ نمونه	روز بازدید	روز بازدید
SiO_2	22.34	21.36
Al_2O_3	5.53	5
Fe_2O_3	3.36	3.14
CaO	64.64	65.7
MgO	2.03	2.23
SO_3	0.33	0.47
K_2O	0.97	0.98
Na_2O	0.26	0.14
Total	99.46	99.02
C_3S	50.47	65.71
C_2S	26.00	11.70
C_4AF	10.22	9.56
C_3A	8.97	7.94
L.S.F	90.73	96.84
SM	2.51	2.62
AM	1.65	1.59
LP	26.64	24.78
Total Alkali	0.90	0.78

جدول ۸- آنالیز نمونه خوراک کوره

مقایسه ارقام مندرج در جدول ۲ گویای یک حقیقت تأسف بار است و آن اینکه LSF خوراک کوره آنالیز شده در آزمایشگاه کارخانه ۶/۱۱ واحد کمتر از مقدار واقعی است. به عبارت دیگر اگر به ارقام مندرج در جدول ۱ مراجعه شود ومقدار تفاوت را به مقادیر LSF اضافه کنیم ارقام زیر بدست می آید.

در روز توقف مقدار LSF واقعی بیش از ۹۸

سه روز قبل از توقف مقدار LSF واقعی بیش از ۱۰۱

چهار روز قبل از توقف مقدار LSF واقعی بیش از ۹۹

پنج روز قبل از توقف مقدار LSF واقعی بیش از ۹۷

ارقام فوق قوی تر از هر استدلالی گویای واقعیت خطا در کار آزمایشگاه کارخانه است. با مراجعه به اطلاعات هفته های قبل معلوم می شود که حداقل دو ماه چنین خطایی وجود داشته است در واقع بخش اول آجرهای مصرفی نیز از این خطا مصون نبوده و به همین خاطر آجرها فرصت اتمام عمر طبیعی خود را نداشته اند.

با توجه به مقدمه این نوشته در مورد خصوصیات رفتاری خاص هر کوره این سؤال پیش میآید که چرا زودتر از این به فکر چاره برای این کوره نبوده اند؟ کوره ای که از مشخصه های رفتاری خاص آن تولید مداوم کلینکر با آهک آزاد کمتر از نیم درصد است و مدتها کلینکر با آهک آزاد ۲ درصد تولید میکرده است. در این فاصله زمانی مکررا کوره نامتعادل میشده و خاک میکرده است. کوره ای که در طول عمر ۲۵ ساله خود با پدیده ای بنام خاک کردن عموماً بیگانه بوده است.

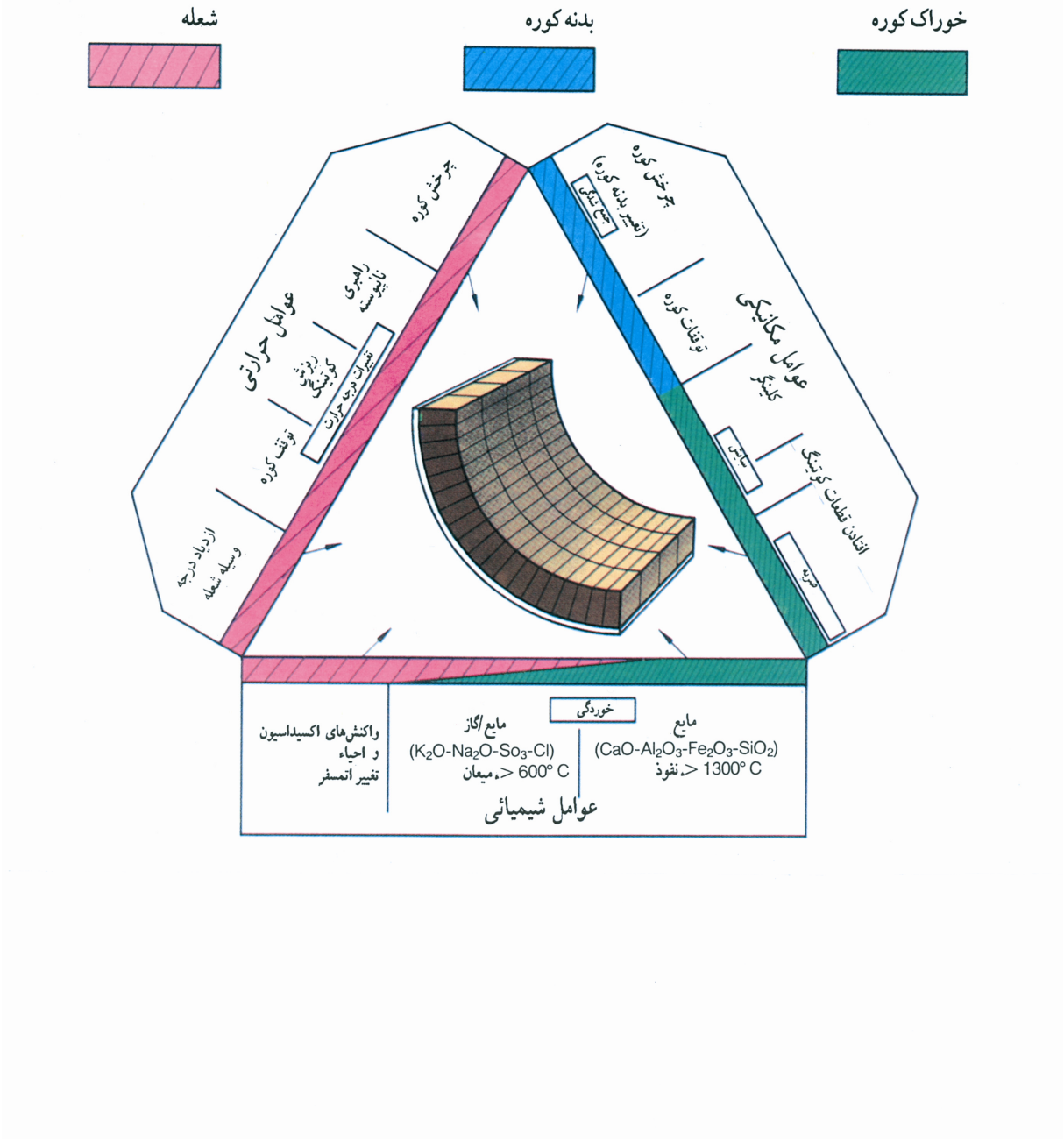
۸-۳- فرسایش مواد نسوز در سیستم پخت سیمان

همانطور که مکرراً گفته شد در نقاط مختلف سیستم پخت سیمان فعل وانفعالات شیمیائی – حرارتی متفاوتی صورت می گیرد و بدلیل شکل و طرح متفاوت بخشهای مختلف تنش های حرارتی و مکانیکی متفاوت وگوناگونی به آجر اعمال شود.

در بخشی از سیستم صرفاً عمل خشک کردن و رطوبت گیری صورت می گیرد, در بخشی از سیستم در مجاورت انبوهی از ترکیبات کلر, سولفور, قلیائی عمل تکلیس و اکسیداسیون انجام می شود. ضمن وجود واکنش های عدیده شیمیائی, جریان سریع گاز و مواد آنچنان سایشی را بر لایه نسوز کاری (آجر یا بتن نسوز) اعمال می کنند که ناچار باید تن به سایش و فرسوده شدن بدهد.

از ابتدا تا انتهای کوره علاوه بر اثرات فرسایشی ناشی از حرارت و واکنش های شیمیایی, چرخش کوره باعث اعمال تنش های مکانیکی متفاوت روی لایه نسوز کاری میشود.

هرچه به شعله نزدیک می شویم پدیده ای بنام تشکیل کوتینگ و ریزش کوتینگ اثرات مثبت و منفی خود روی آجر نسوز را دارد. بخشی از مواد ذوب می‌شود, بخشی تبخیر می شود و فازهای مایع و گازی حاصله همراه با مواد موجود در گازهای حاصل از احتراق به داخل آجر نسوز نفوذ می کنند و تا آنجا پیش میروند که مایع و سپس جامد شوند و در آجر جاگیر شوند .این جای گرفتن یعنی از بین رفتن بافت اصلی آجر, یعنی افزایش حجم و اعمال فشار از درون به آجر, یعنی پدید آمدن لایه هائی از مواد خارجی در آجر که فاقد هر گونه مقاومتی در مقابل فشار مکانیکی و حرارتی هستند. بعبارت دیگر یعنی نقاط ضعفی که هر آن امکان شکستن آجر از آن نقاط وجود دارد.


خوراک کوره
بدنه کوره
شعله
عوامل مکانیکی
عوامل حرارتی
عوامل شیمیائی
خوردگی
مایع
(CaO-Al2O3-Fe2O3-SiO2)
1300° C <، نفوذ
مایع/گاز
(K2O-Na2O-So3-Cl)
600° C <، میعان
واکنش‌های اکسیداسیون
و احیاء
تغییر اتمسفر

شکل ۱۱

به انتهای خروجی کوره میرسیم جائیکه از یک سو آجر در معرض حرارت ناشی از تماس با کلینکرداغ است و از سوئی در معرض هوای ثانویه ورودی از کوره که درجه حرارت آن بسیار کمتر از درجه حرارت کلینکراست, می باشد. کار به اینجا ختم نمی‌شود. در این منطقه دانه های کلینکراثر فرسایشی شدیدی روی سطح لایه نسوز دارند و مکمل اثر فرسایشی آنها ذرات نرمه کلینکرموجود در هوای ثانویه است که همانند سمباده روی سطح لایه نسوز عمل می کنند.

شکل ۱۱ آنچه را که در سطور قبل بیان شد نشان می دهد و بطوریکه ملاحظه می نمائید این عوامل به سه گروه اصلی عوامل مکانیکی , عوامل حرارتی و عوامل شیمیایی تقسیم می شوند.

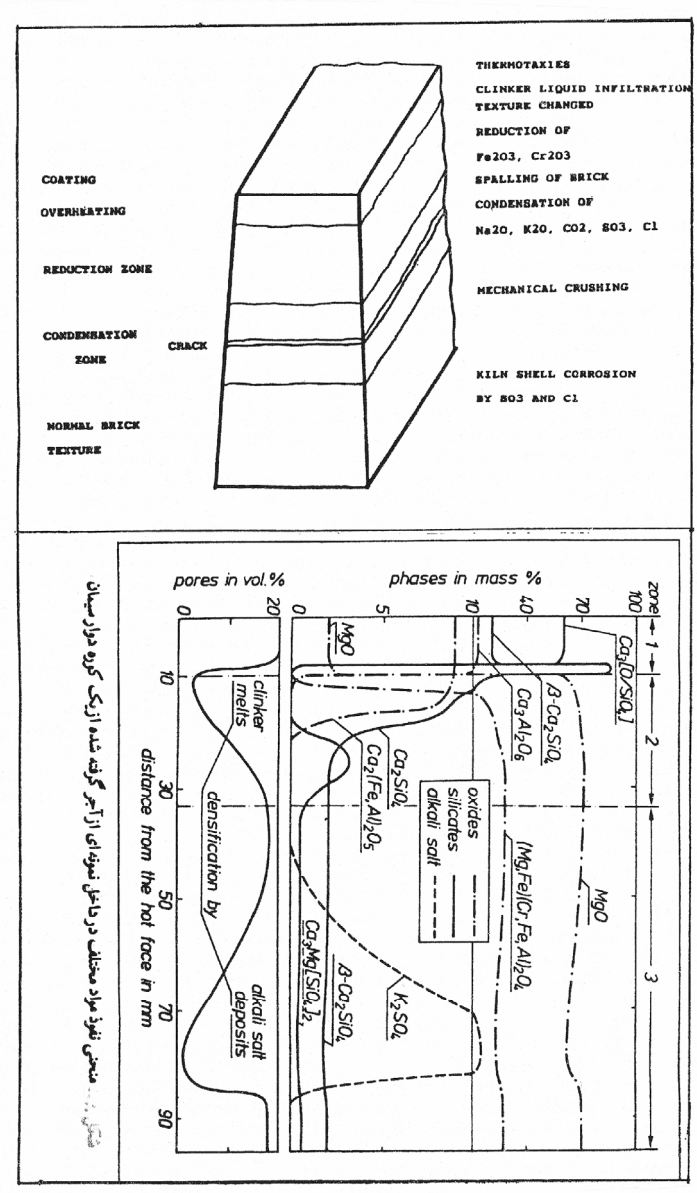
عوامل مکانیکی شامل ضربه ناشی از افتادن کوتینگ , کنده شدن کوتینگ , چرخش کوره و اعمال تنش مکانیکی ناشی از تغییر قطر کوره در حین چرخش و بالاخره توقفات کوره است.

عوامل حرارتی عبارتند از: تغییر درجه حرارت لایه نسوز در اثر چرخش کوره, راهبری ناپیوسته کوره و افت و خیزهای حرارتی ناشی از کار غیر پایدار کوره, ریزش کوتینگ و مواجه شدن لایه زیر کوتینگ با در جه حرارت بالاتر و تغییرات درجه حرارت ناشی از تغییرات شعله.

عوامل شیمیایی عبارتند از: واکنش های شیمیایی ناشی از تغییر محیط و اتمسفر اکسیدسیون و احیاء کوره و واکنش های مرتبط با آنها روی لایه نسوز که عمدتاً متشکل از اکسیدهای

مختلف است, خوردگی ناشی از نفوذ مواد گازی شکل و مایع به داخل آجر , ترکیب آنها با اجزاء آجر, خوردگی ناشی از تغییر حجم مواد نفوذ کرده در آجر و خوردگی ناشی از اثرات شعله .

شکل ۱۲ بوضوح چگونگی نفوذ مواد مختلف در داخل آجر منطقه پخت کوره سیمان و انجماد و رسوب آنها در عمق های مختلف آجر و بالاخره ترکیب آنها با اجزاء آجر و ایجاد لایه های متشکل از ترکیبات جدید و رسوب آنها در بافت آجر را نشان می دهد.



شکل ... منحنی نفوذ مواد مختلف در داخل نمونه ای از آجر گرفته شده از یک کوره دوار سیمان

۸-۴- عوامل مختلف فرسایش آجر منطقه پخت

با استفاده از مآخذ کمپانی RHI در این بخش پدیده های مختلف فرسایش آجر نسوز قلیائی مصرفی در منطقه پخت کوره سیمان ارائه می گردد. نمونه های زیادی از آجرهای مصرف شده در منطقه پخت کوره های مختلف سیمان مورد بررسی قرار گرفته اند و از آنها مقاطعی برای بررسی تهیه شده است که با مطالعه آنها می توان در زمینه تشخیص پدیده های مختلف فرسایش اطلاعات جالبی بدست آورد.

این بخش حاوی اطلاعاتی است که از تشخیص ماکروسکوپی و ظاهری آجرهای (Macroscopical Diagnosis) کارکرده و فرسوده شده ناشی از شرایط کار نامطلوب کوره نمونه برداری شده اند. به منظور سهولت و احتراز از پیچیدگی فقط نمونه های متعارف عوامل فرسایش انتخاب شده اند. عوامل و پدیده های فرسایشی ای وجود دارند که شامل یک یا چند تا از عوامل اشاره شده هستند که مسلماً بررسی آنها پیچیدگی خود را دارد . برای ارزیابی هر یک از پدیده های فرسایش روی آجر می باید تمام شرایط حاکم بر راهبری کوره را مد نظر قرار دارد.

شرط لازمه ارزیابی مکانیزم و چگونگی فرسایش آجر اینست که نمونه مورد بررسی کامل و حاوی لایه روئی و داغ آجر باشد (آجر سرشکن نشده باشد) . بخش سرشکن شده بالائی آجر و همچنین بخش سرشکن شده پائینی آجر هیچکدام به تنهائی قابل استفاده برای تشخیص ظاهری پدیده های فرسایش نیستند. نمونه آجر باید از محل و یا نزدیک ترین محل ممکن به منطقه فرسوده شده باشد.

۸-۴-۱- زیاد داغ شدن آجر

یکی از عواملی که در فرسایش آجر منطقه پخت کوره سیمان نقش عمده ای دارد, زیاد داغل شدن آجر یا بعبارت دیگر نفوذ مذاب کلینکردر داخل آجر و انجام واکنش های شمیائی حرارتی در بافت داخلی آجر می‌باشد (Thermo- Chemical Clinker Melt Infiltration) معمولاً کلینکرمذاب در حدود چند میلیمتر در داخل آجر نفوذ می کند ولی در مواردی که نفوذ چند سانتیمتری مذاب کلینکردر آجر ملاحظه می شود, صرفاً ناشی از زیاد داغ شدن آجر و داغ کارکردن کوره می باشد. برخلاف قلیائی ها که قادر به نفوذ تا سطح سرد (پشت آجر) هستند, مذاب کلینکرصرفاً در داخل سطح روئی و داغ آجر نفوذ می کند. با مقایسه عمق نفوذ مذاب کلینکرو ارتفاع (ضخامت) باقیماندن آجر امکان ارزیابی شدت داغ کارکردن کوره و زیاد داغ شدن (Overheat) آجر وجود دارد.

نفوذ مذاب کلینکردر آجر باعث پرشدن خلل و فرج آجر , بالا رفتن وزن مخصوص , فشردگی بافت آجر و خورده شدن (Corrosion) و متلاشی شدن بافت اصلی آجر (Matrix) می شود.

در اثر این نفوذ دانه های ریز بافت آجر با یکدیگر جمع شده و تشکیل دانه های درشتری را میدهند. ورقه های آهنی بین آجرها عمدتاً اکسیده می شوند.

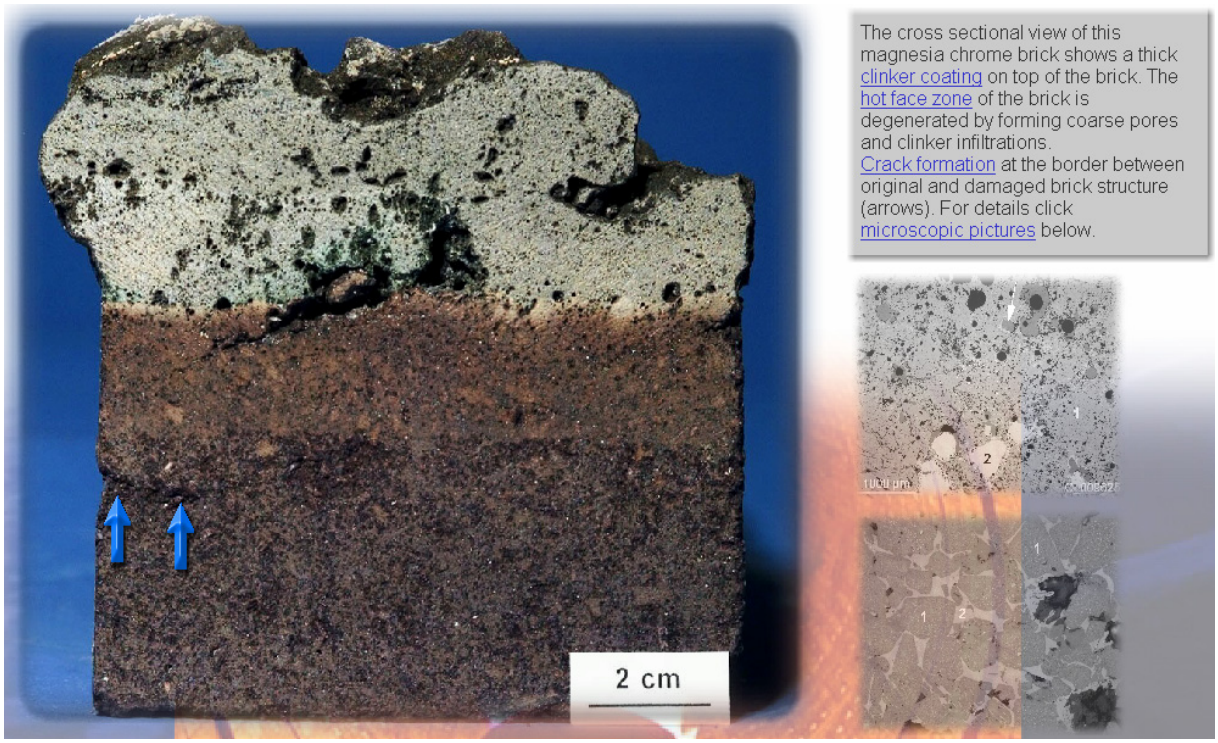
مواردی نیز وجود دارد که مذاب کلینکربداخل آجر نفوذ نکرده است ولی در اثر حرارت زیاد ترکیباتی از مواد متشکله آجر ذوب می شوند. (Dry Overheating)

بخاطر پرشدن حفره های آجر توسط مواد شیشه ای جا مد حاصل از نفوذ کلینکرمذاب, و یا جامد شدن اجزاء ذوب شده آجر در حالت (Dry Over heating) , انعطاف مکانیکی آجر بشدت کاهش می یابد. حاصل چنین اثری بوجود آمدن ترک هائی (Cracks) در لایه‌ها و مناطق نفوذ و یا سطح داخل آجر است که بدنبال آن در سطح مشترک بین بخش سالم و

بخشی که مواد نفوذ کرده است (Infiltrated) و بموازات سطح داغ آجر ترک شدیدتر می‌شود و سپس آجر سرشکن (Spalling) می گردد.

عکس های ۱-۱ الی ۶-۱ نمونه های مختلفی از عامل فرسایشی زیاد داغ شدن آجر هستند:

عکس ۱-۱- مقطع این آجر نشان می دهد که در سر آجر لایه ضخیمی از کوتینگ کلینکر (Clinker Coating) وجود دارد و سطح داغ آجر (Hot face zone) در اثر نفوذ کلینکر و تشکیل دانه های درشتر تغییر بافت داده است و در مرز بین بخش سالم و زیرین آجر و بخش مورد نفوذ ترک بوجود آمده است (محل نشان داده شده بوسیله فلش های آبی رنگ) جزئیات بیشتر در عکس های میکروسکوپی دیده می شود.

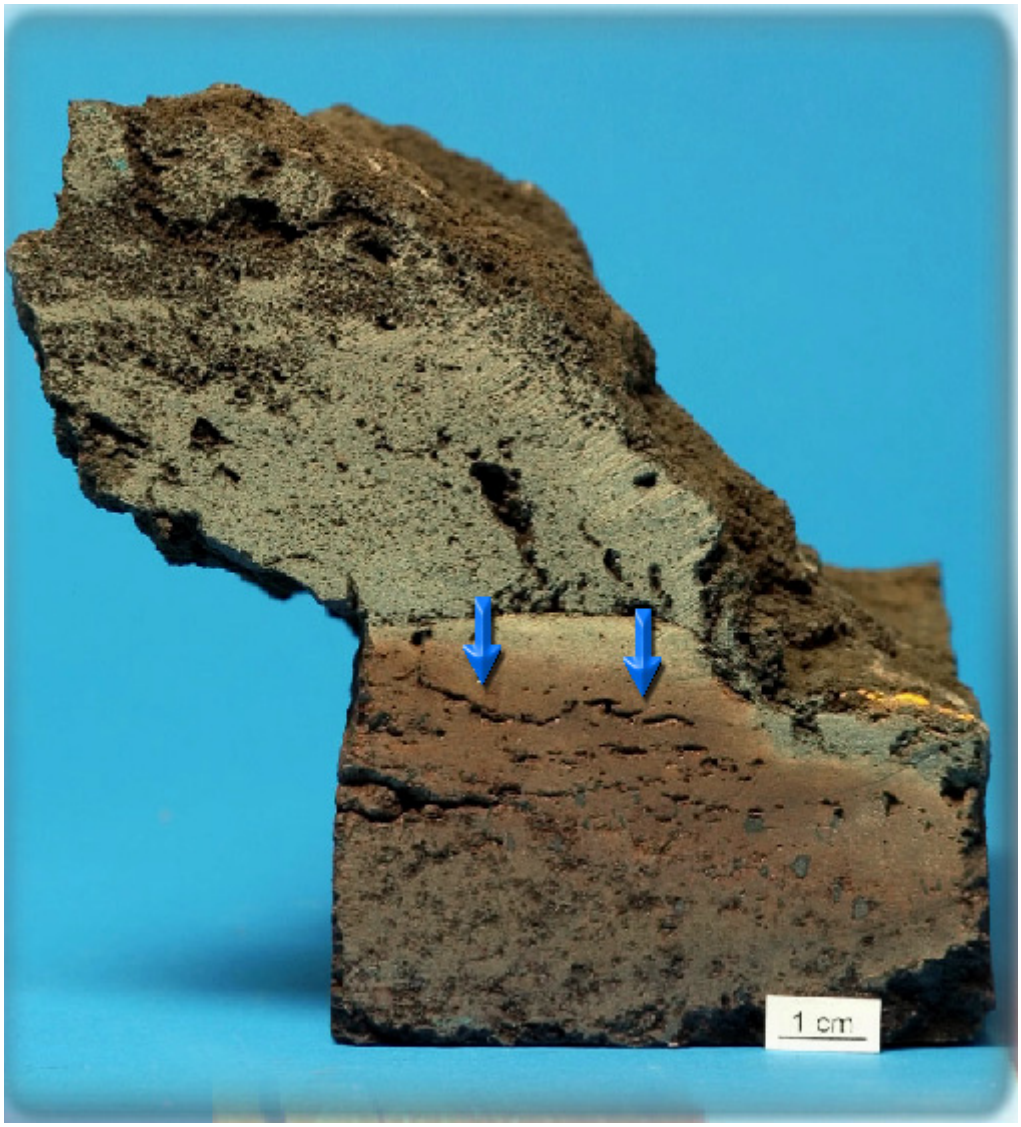


عکس ۱-۱

عکس ۱-۲- نمونه دیگری از زیاد داغ شدن آجر , تغییر بافت آجر در اثر نفوذ کلنیکر مذاب

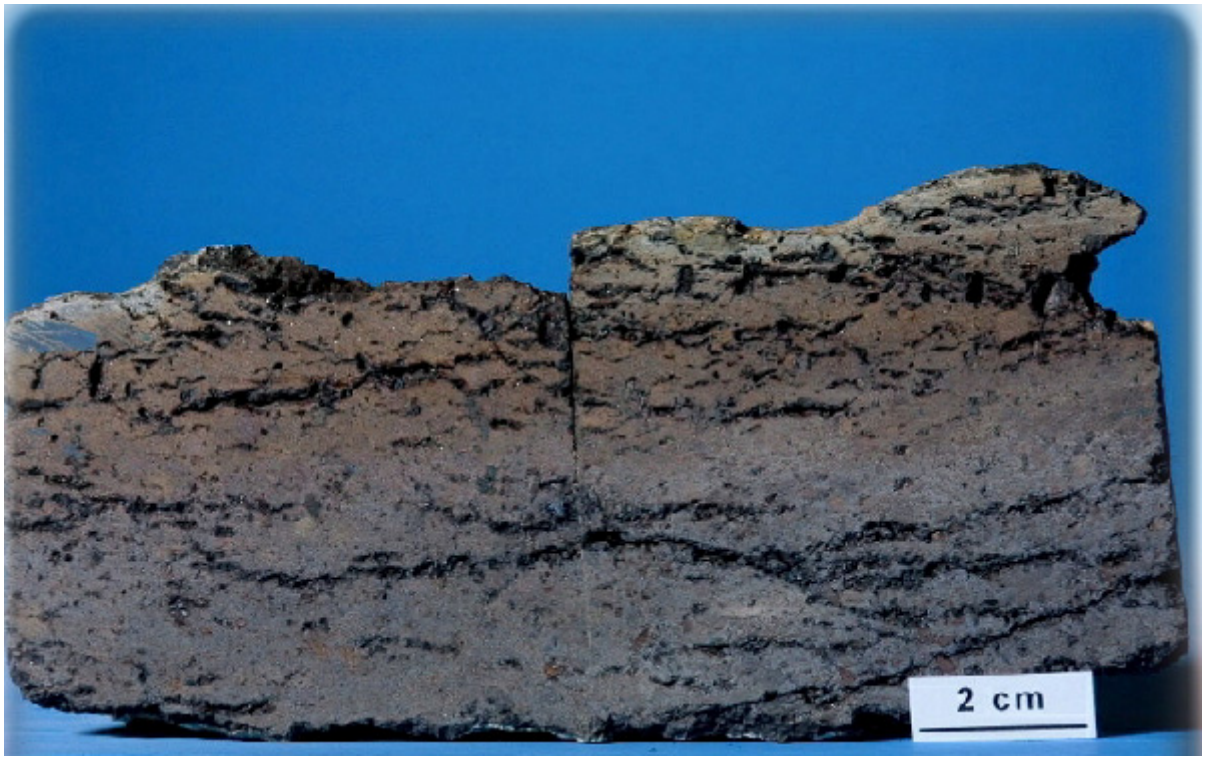
عکس ۱-۲

عکس ۱-۳- نمونه ای از آجر اسپنیلی, در سر این مقطع از آجر اسپینلی کوتینگ بسیار فشرده کلینکر را ملاحظه می‌کنید. بخشی از این کوتینگ بداخل آجر نفوذ کرده است و باعث فشرده شدن سطح داخل آجر شده است . بدنبال آن حفره های درشت ناشی از تجمع ذرات ریز آجر و چسبیدن آنها به یکدیگر را ملاحظه میکنند. (محل فلش ها)



عکس ۱-۳

عکس ۱-۴ این عکس بخش جدا شده بالای آجر است که در اثر زیاد داغ شدن آجر و نفوذ مذاب کلینکربداخل آجر بافت و ساختمان آجر دگرگون (degeneration) شده است. تشکیل ترک های کوچک و در جوار آنها حفره های درشت و بالاخره حل شدن دانه های هرسینیت (Hercynite) را ملاحظه می کنند.

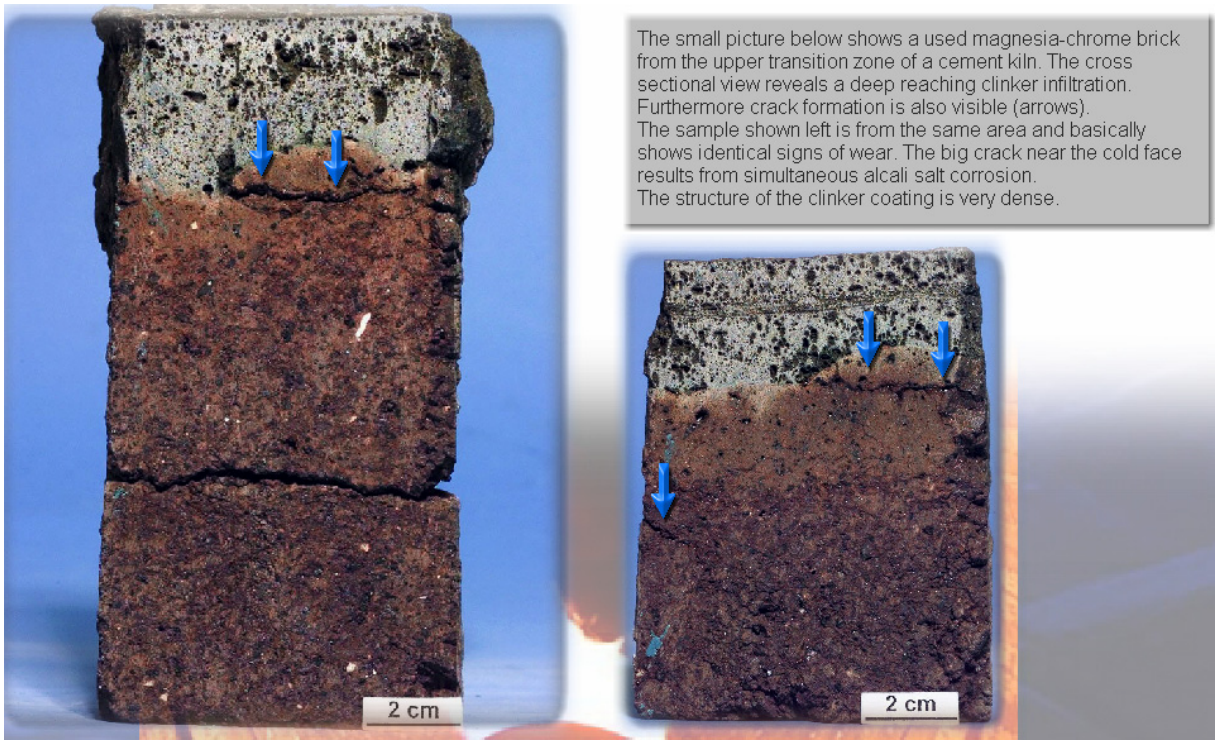


عکس ۱-۴

عکس ۱-۵ در این نمونه کوتینگ کلینکر چسبیده به سر آجر را ملاحظه می کنید. در مجاورت کلینکر منطقه مورد نفوذ کلینکر و شدید متراکم شده (Densified) را می بینید در پائین این بخش بدلیل پائین بودن درجه حرارت و عدم امکان نفوذ کلینکر مذاب بافت طبیعی و اصلی آجر ملاحظه می شود.

عکس ۱-۵

عکس ۱-۶- عکس کوچکتر نشان دهنده نمونه ای از آجر منیزیت – کرومیتی مورد استفاده در بالای منطقه پخت را نشان می دهد. ملاحظه می کنید که مذاب کلینکر بمقدار زیادی در آجر نفوذ کرده است. بعلاوه ترک های ایجاد شده در آجر هم دیده می شوند (محل فلش ها) . عکس بزرگتر از همین منطقه کوره است و اصولاً عامل فرسایشی مشابهی را نشان می دهد. ترک بزرگ واقع در پائین آجر ناشی از نفوذ همزمان قلیائی ها بداخل آجر و انجماد آنها در بخش پائین تر آجر و خوردگی ناشی از ترکیب قلیائی با اجزاء آجر (Alkali salt corresion) می باشد . در بالای عکس بزرگتر, کوتینگ کلینکر فشرده ای وجود دارد که موید داغ کارکردن کوره می باشد.



عکس ۱-۶

۸-۴-۲- نفوذ املاح قلیائی

در مواردی که فرسایش ناشی از نفوذ مواد قلیائی مشاهده می شود معمولاً حضور منبعی برای عرضه زیاد Na_2O , K_2O , Cl و SO_3 و یا بعبارت دیگر ترکیبات $NaCl$, KCl و Na_2SO_4 وجود دارد. نفوذ اینگونه مواد در آجر نسوز , عموماً باعث متراکم شدن ساختمان داخلی آجر می شود و این تراکم تا انتهای سرد آجر هم میتواند ادامه داشته باشد. درجه حرارت انجماد کلینکر مذاب آنقدر بالاست که معمولاً در بخش بالائی آجر (سطح داغ) منجمد می‌شود. ولی درجه حرارت انجماد / تصعید املاح قلیائی تقریباً بالاتر از $^{\circ}C$ ۶۰۰ است و بهمین خاطر میتوانند تا انتهای زیرین آجر (سطح سرد) نفوذ نمایند. با ملاحظه مقطع آجر می توان لایه های مختلف و اعماق مشخص نفوذ املاح قلیائی را تشخیص داد.

نفوذ املاح قلیائی در آجرهای قلیائی (منیزیتی – کرمیتی یا اسپیل منیزی) باعث تضعیف بافت و ساختمان اینگونه آجرها و فرسودگی آنها می شود. از دید ظاهری و ماکروسکوپی نفوذ مواد قلیائی باعث پدید آمدن ساختمانی شکننده (Crumbly) همراه با ترک های کم و بیش می شود. مثلاً در حالت حضور مقدار زیادی ترکیبات اسیدی (عملاً Cl و SO_3) در مقایسه با ترکیبات قلیائی (عمدتاً K_2O و Na_2O) , واکنش هائی بین مواد اسیدی و فازهای CaO موجود در آجر و MgO صورت می گیرد.

حاصل این واکنش ها خوردگی اتصالات سرامیکی درون آجر و تضعیف ساختمان آجر می شود. تحت شرایط خاصی حضور زیاد مواد قلیائی میتواند باعث تهاجم به کرومیت موجود در آجر و خوردگی آن شود.

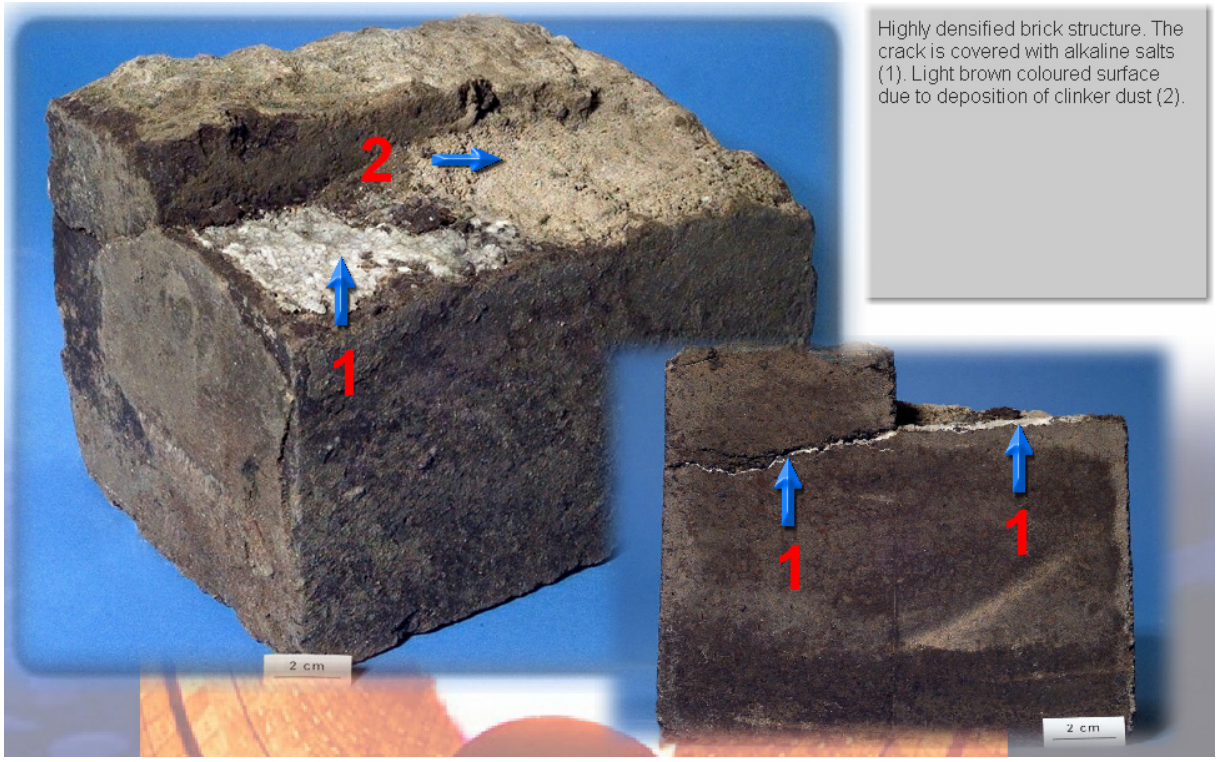
ثمره مخرب دیگر نفوذ مواد قلیائی امکان خوردگی بخش ها و مناطقی از آجر در اثر حضور املاح مذاب و داغ قلیائی می باشد. غالباً در مناطق تغییر ماهیت یافته آجر است که می توان تشکیل ترک و یا سرشکن شدن آجر را ملاحظه کرد.

وقتیکه بافت و ساختمان آجر تضعیف شده باشد, تنش ناشی از چرخش متعارف کوره باعث تشدید تشکیل ترک (Crack Formation) در آجر می شود.

اگر در محل نفوذ املاح قلیائی ورقه های فولادی وجود داشته باشد, این املاح با فولاد ترکیب می شود و صورت ظاهری آنها همانند یک قطعه فلزی می شود.

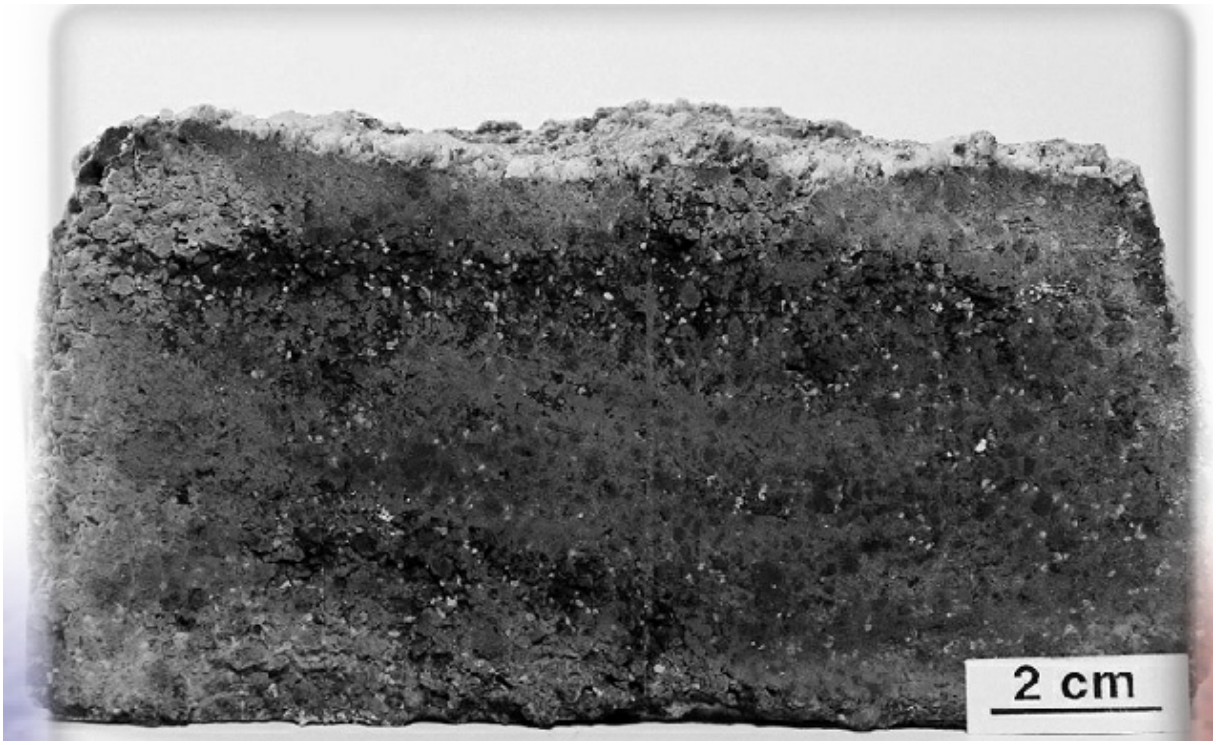
در عکسهای ۲-۱ الی ۲-۶ نمونه هائی از نفوذ املاح قلیائی و خوردگی ناشی از آنها نشان داده شده است. قسمت پائین و سرد آجر در دسترس نیست. بخاطر ترک موجود در انتهای پائینی آجر موجود , این قطعه سرشکن و از آجر اصلی جدا شده است (محل فلش ها). در محل مورد اشاره فلش ها کریستالهای املاح قلیائی که به مقدار زیادی در آجر نفوذ کرده اند ملاحظه می شود. درصد SO_3 دراین کریستالها ۵۰ درصد است. همانند اغلب مواردی که نفوذ املاح قلیائی وجود دارد, منطقه داغ و سرد آجر مملو از ترک های عدیده و بسیار شکننده است.

عکس شماره ۲-۲ نشان دهنده ساختمان بسیار متراکم شده آجر است. محل ترک (۱) بوسیله املاح قلیائی پوشیده شده است . سطح قهوه ای روشن (۲) نشان دهنده رسوب نرمه و غبار کلینکر ته نشین شده در آجر است.



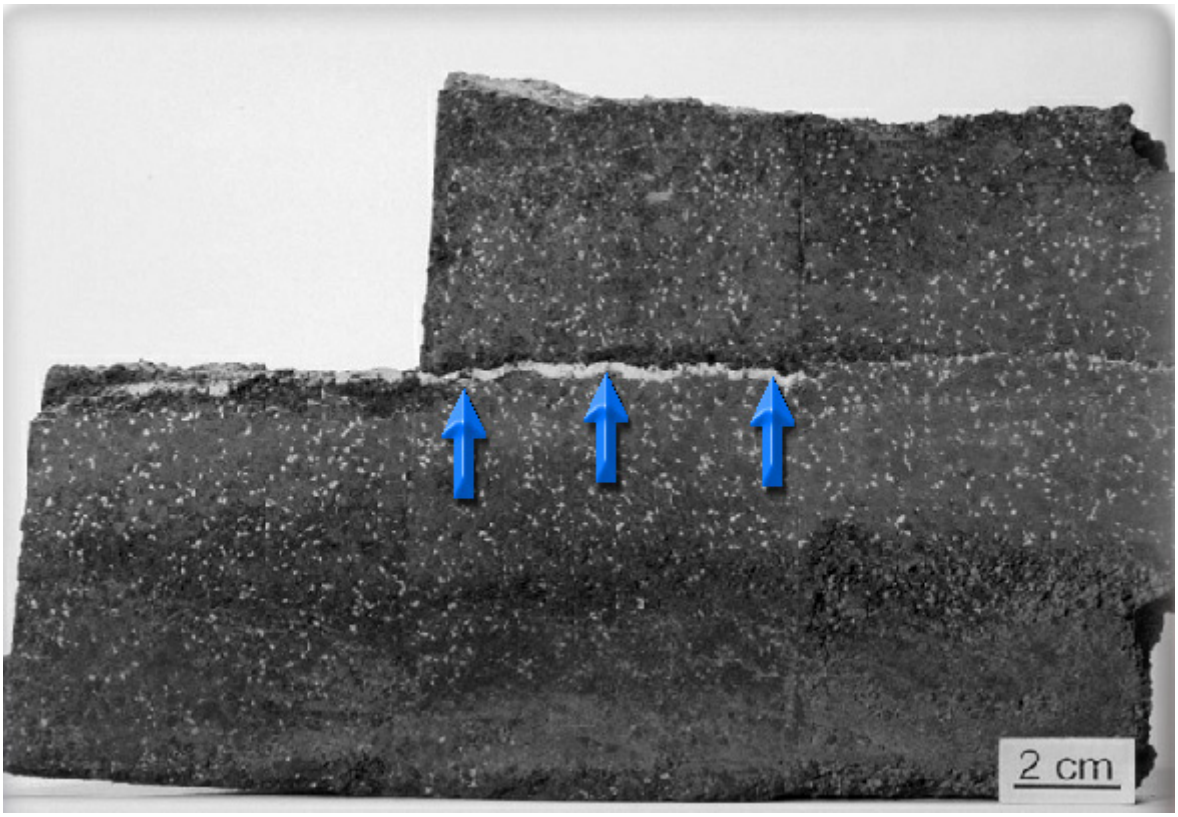
عکس ۲-۲

عکس شماره ۲-۳نشان دهنده آجری است که املاح قلیائی بمقدار زیادی در آن نفوذ کرده اند و حفره هائی در داخل آجر را پر کرده اند. منطقه داغ و سر آجر در دسترس نیست.



عکس۲-۳

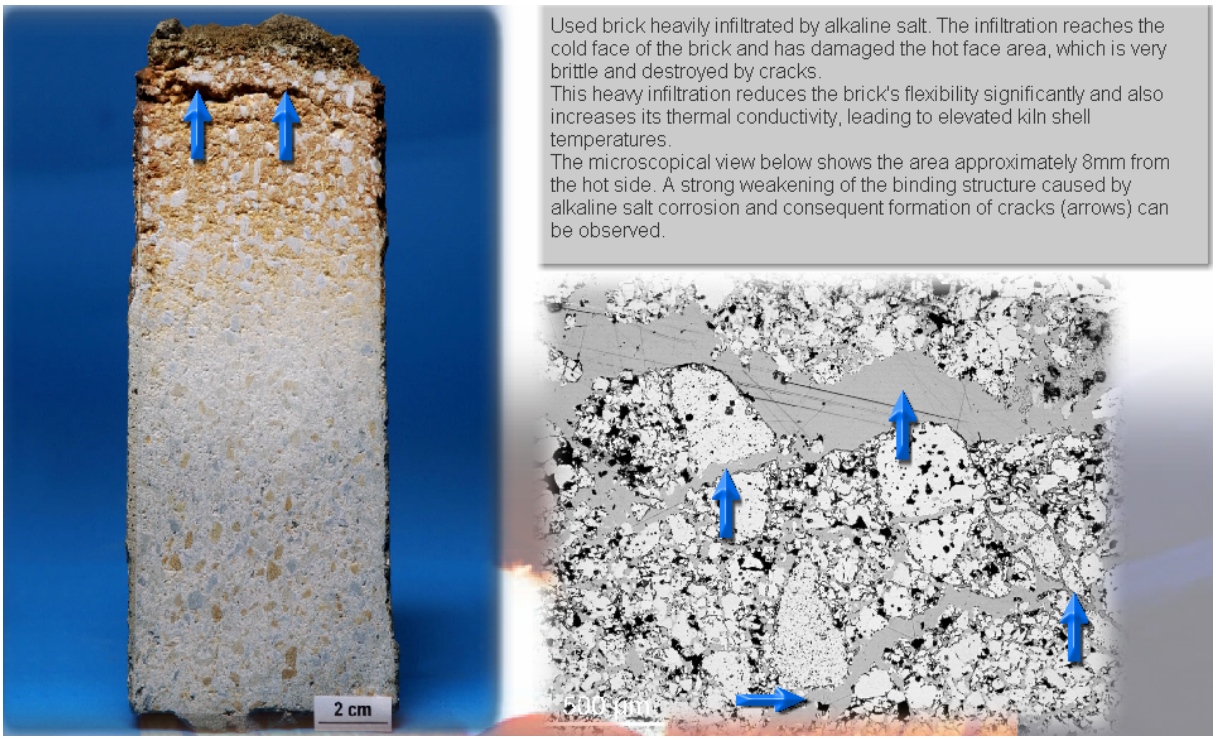
عکس شماره ۲-۴ مقطعی از آجر است که در اثر ترک موازی سطح داغ آجر شکسته شده است. املاح قلیائی تا مناطق سرد آجر نفوذ کرده اند و در نتیجه بافت آجر بسیار متراکم شده است. ترک پوشیده از کریستالهای سفید رنگ املاح قلیائی است (محل فلش).



عکس۲-۴

عکس ۲-۵ املاح قلیائی زیادی در آجر نفوذ کرده است. شدت نفوذ تا منطقه سرد آجر ادامه یافته و سطح داغ آجر را بسیار شکننده کرده است و بخاطر ترک های ایجاد شده این بخش از آجر متلاشی شده است. نفوذ زیاد املاح قلیائی انعطاف پذیری آجر را بمقدار زیاد کاهش داده است و همزمان قابلیت انتقال حرارت آجر را افزایش داده است. بهمین خاطر درجه حرارت بدنه کوره در این قسمت بالاتر رفته است.

در بخش دیگر عکس نمونه ای میکروسکوپی از عمق حدود ۸ میلیمتر سطح داغ این آجر را نشان میدهد. میتوان درمحل فلش های تضعیف شدید اتصالات بین دانه های متشکله آجر در اثر نفوذ مواد قلیائی و خوردگی ناشی از ترکیب این مواد با اجزاء آجر و متعاقب آن تشکیل ترک را , ملاحظه کرد.



عکس۲-۵

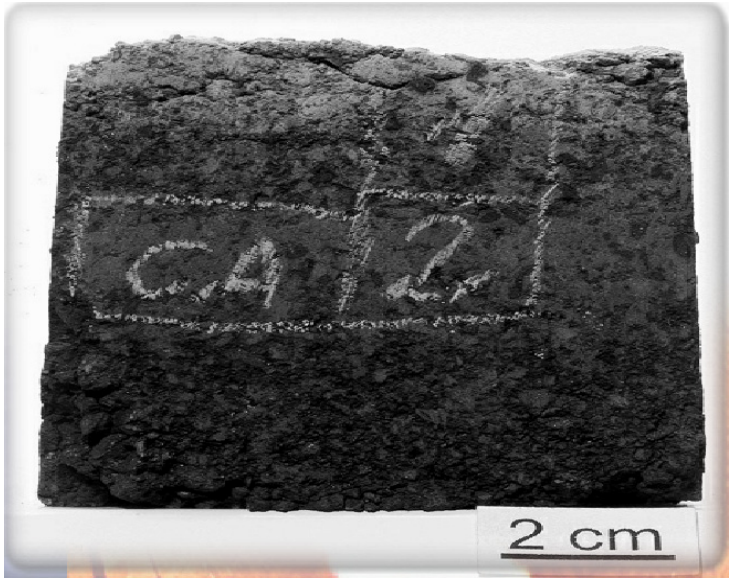
عکس ۲-۶ نشان دهنده نفوذ فوق العاده املاح قلیائی در آجر و تراکم بخش میانی آجر (بخش روشنتر عکس) است. سطح داغ آجر دارای بافتی شکننده و شدیداً تضعیف شده است. املاح قلیائی از این بخش عبور کرده اند و در اثر عبور آنها اتصالات سرامیکی آجر بشدت سست شده اند. تکرار متناوب این پدیده باعث فرسایش سریع آجر می‌شود که در عکس دوم ملاحظه می شود.

عکس ۲-۶

۸-۴-۳- فرسایش ناشی از احیاء

پدیده احیاء – واکنش های Redox – تقریباً بلا استثناء و بمقدار زیادی در آجرهای نسوزی که متشکل از مواد اولیه غنی از اکسید آهن هستند بوجود میآید. خصوصاً در کوره هائی که در آنها از دورریزهای پلاستیکی یا دانه های درشت ذغال سنگ بعنوان سوخت استفاده می شود و بخاطر ماهیت اینگونه سوخت ها و تاخیر در آتش گرفتن آنها امکان بوجود آمدن پدیده احیاء وجود دارد. در حالتی که احیاء وجود دارد شکل ظاهری آجر نشان دهنده لایه های براق و روشن سطح داغ آجر و موازی با آن, می باشد. احیاء غالباً یک پدیده موضعی است. اگر فشار جزئی اکسیژن پائین باشد (شرایط محیط احیاء کننده وجود داشته باشد) در این صورت اجزا متشکله آجر که حاوی اکسید آهن هستند (مثلاً فریت ها) احیاء می شوند. اکسید سه ظرفیتی آهن Fe_2O_3 موجود و همراه با MgO تبدیل به اکسید دو ظرفیتی آهن FeO میشود.

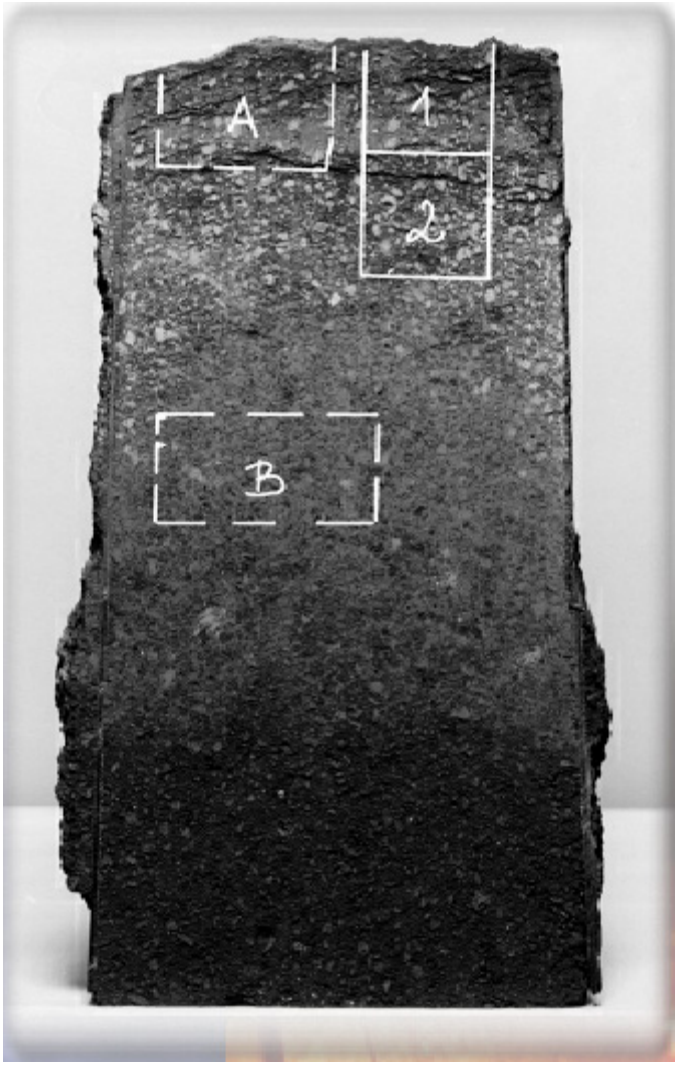
با تبدیل اکسید فریک به اکسید فرو, اجزاء آجر حاوی اکسید فریک مستعد و آماده تهاجم شیمیائی – حرارتی (Chemothernal) می شوند. همزمان و در ترکیب با پدیده نفوذ املاح قلیائی در آجر و متعاقب آن تضعیف باندهای سرامیکی آجر, حاصل کار پدید آمدن ساختمان شکننده آجر است (عکس شماره۳-۱)



عکس۳-۱

عکس های ۳-۲ الی ۳-۵ نشان دهنده حالات دیگری از پدیده ردوکس هستند.

عکس شماره ۳- ۲سطح داغ و بافت بالائی آجر در اثر شرایط احیاء کننده روشن و درخشان است. در بخش میانی املاح قلیائی نفوذ کرده است. در قسمت پائین و سرد آجر ساختمان و بافت اصلی آجر حفظ شده است.

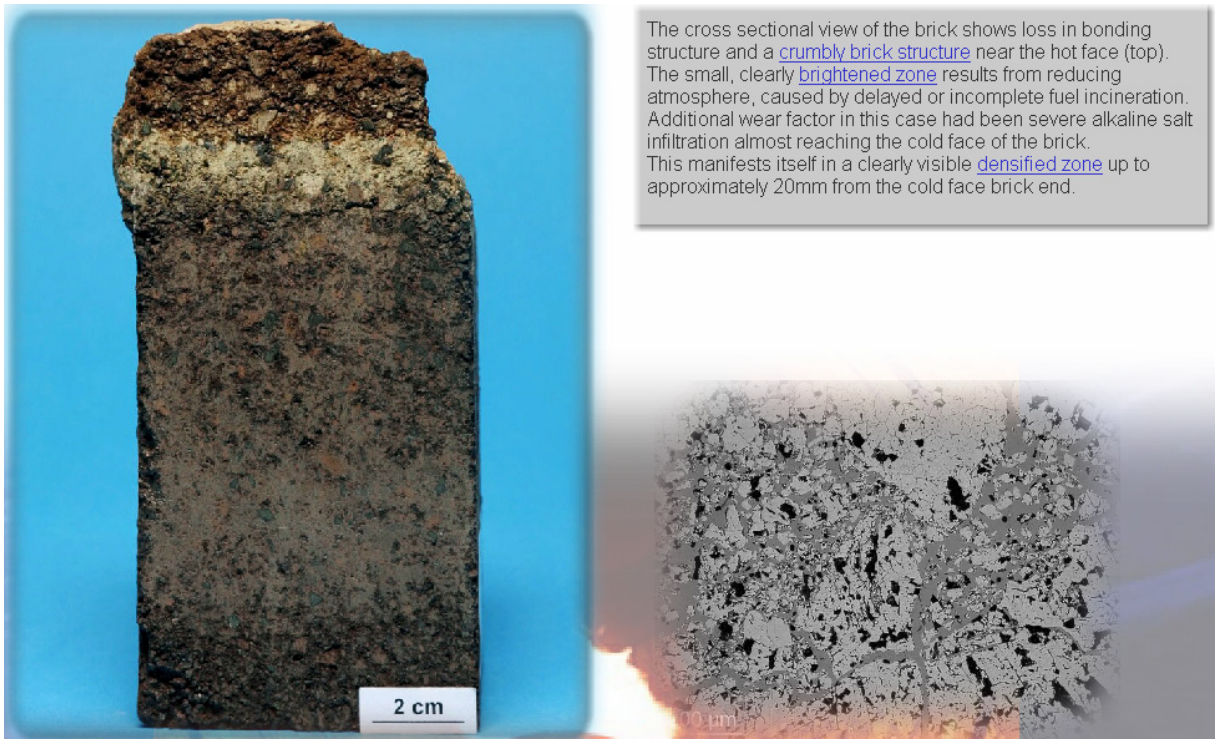


عکس۳-۲

عکس شماره ۳-۳ بافت و ساختمان بخش بالائی و داغ آجر در اثروجود شرایط احیا روشن و درخشان است. در قسمت میانی آجر نفوذ املاح قلیائی مشاهده می شود. در بخش پائین و سرد آجر بافت و ساختمان اصلی آجر سالم مانده است.

عکس۳-۳

عکس شماره ۳-۴ این عکس مقطعی از آجر است که بخش بالائی و داغ آن نشان دهنده از بین رفتن اتصالات سرامیکی آجر و پدید آمدن ساختمانی شکننده در نزدیکی سطح داغ آجر است. لایه نازک و کوچک روی آجر حاصل وجود اتمسفر احیاء کننده ناشی از تاخیر در سوختن و یا احتراق ناقص مواد سوختنی است. عامل فرساینده دیگر موجود در این آجر نفوذ شدید مواد قلیائی و رسیدن آنها به بخش پائینی و سرد آجر است. این پدیده بصورت متراکم تر شدن بافت آجر نمود پیدا کرده است و تا ۲۰ میلیمتری سطح سرد آجر ادامه یافته است.



عکس۳-۴

عکس شماره ۳-۵ نشان دهنده یک نوع آجر منیزی کرومیتی است که نشان دهنده علائم فرسایش ناشی از وجود محیط و اتمسفر احیاء کننده است.

عکس۳-۵

منطقه شفاف ۲ (Brightened Zone 2) در اثر احیا اکسید آهن (Ferrite) موجود در فازهای تشکیل دهنده اتصالات سرامیکی آجر بوجود آمده که همواره منجر به روشن شدن ساختمان آجر می شود.

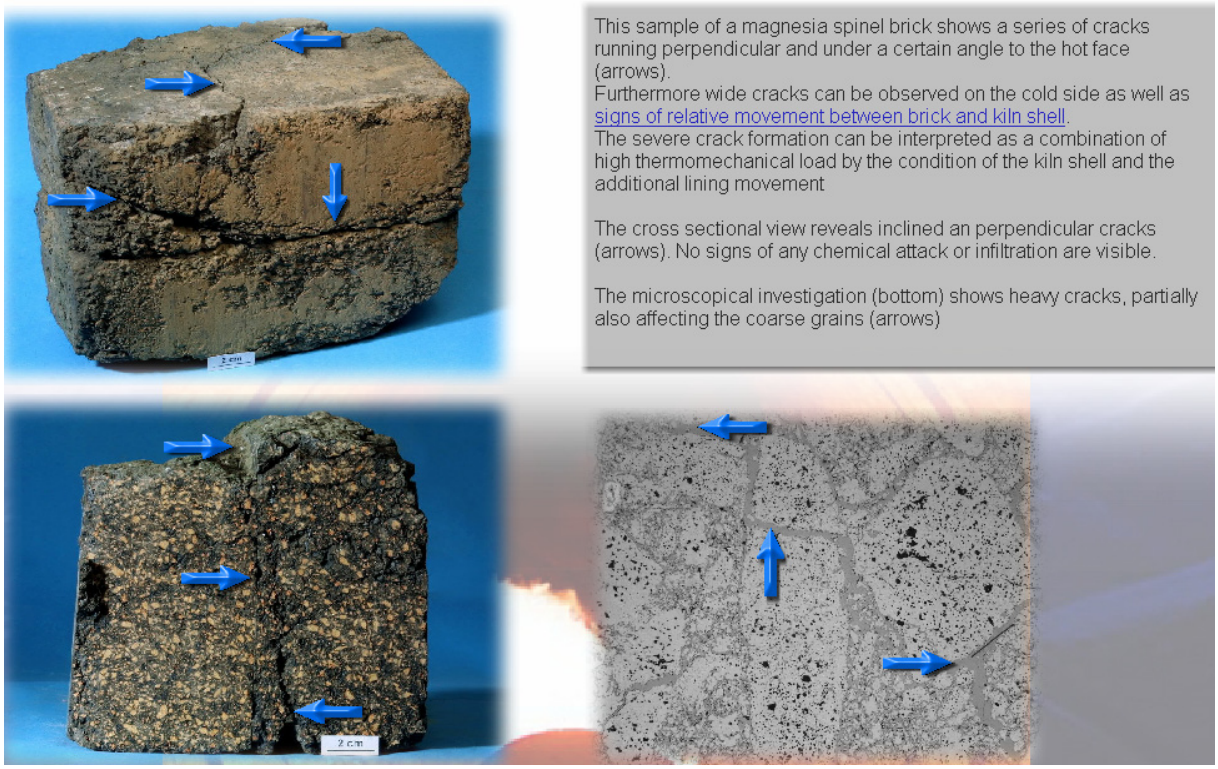
علاوه بر پدیده احیاء (Redox) , این آجر نشان دهنده نفود شدید کلرورهای قلیائی (Infiltration of Alkali Chlorides) است (منطقه ۳).

سطح داغ آجر (منطقه ۱) بخاطر عبور مواد قلیائی فرّار و واکنش احیا کننده نشان دهنده ساختمان شکننده و متلاشی شده است.

۸-۴-۴- فرسایش مکانیکی

لایه آجر چینی داخل کوره تحت تنش های مختلف مکانیکی است. در عکس های ۴-۱ الی ۴-۶ نمونه هائی از وضعیت ظاهری آجرهای متاثر از فرسایش مکانیکی نشان داده شده‌اند.

عکس ۴-۱ نمونه ای از آجر اسپینل منیزی است که در آن ترکهائی عمود بر سطح داغ آجر و یا با زاویه نسبت به سطح داغ ایجاد شده است (محل فلش ها) همچنین در سطح سرد آجر (ته آجر) ترک های عریض تری دیده می شوند که نشان دهنده حرکت نسبی بین لایه آجر چینی و بدنه کوره است. وجود اینگونه ترک های جدی را می توان بعنوان ترکیبی از اعمال فشار و بار حرارتی مکانیکی زیاد ناشی از وضعیت بدنه کوره بهمراه حرکت نسبی لایه نسوز کاری توجیه و تفسیر کرد.



عکس ۴-۱

برش این آجر ترک های عمودی یا زاویه دار نسبت به سطح داغ را نشان میدهند. هیچگونه نشانه از تهاجم شیمیائی و یا نفوذ مواد ملاحظه نمی شود.

بررسی میکروسکوپی (عکس پائین) نشان دهنده ترک های بزرگ و سنگین و در مواردی شکستگی دانه های سنگین داخل آجر است.

عکس شماره ۴-۲ نشان دهنده ترک عمودی در بالای آجر و لبه های پائینی آسیب دیده و گرد شده سطح سرد آجر در اثر حرکت نسبی لایه نسوز کاری است.

عکس۴-۲

عکس شماره ۴-۳ آسیب وارده به آجر ناشی از تنش مکانیکی (حرارتی). دراین عکس هیچگونه نفوذ مواد خارجی در بافت اصلی آجر مشاهده نمی شود.

عکس۴-۳

عکس شماره ۴-۴ نشان دهنده پدیده فرسایش متعارف ناشی از وجود اوالیتی (Ovality) اضافی در محل پایه کوره است . برخی از این آجر ها تا ۵۰ درصد ضخامت خود را از دست داده‌اند.

عکس۴-۴

در بسیاری از موارد اینگونه فرسایش در مناطق نسبتاً کوتاهی از کوره (خصوصاً روی پایه ها) ملاحظه می شود. مناطق مجاور بخش های آسیب دیده عموماً سالم و بی عیب باقی می مانند.

اگر مقدار بیضوی بودن بدنه کوره (Kiln Shell Ovality) از حد مجاز بیشتر شود (مقدار حداکثر در صد مورد توصیه مساوی یا کمتر از یکدهم قطر کوره(D) بر حسب متر است) در اثر فرسایش مکانیکی اضافی عمر لایه نسوز کاری کاهش می یابد. خصوصاً اینکه لبه های سر آجر تحت تنش بیشتری قرار می گیرند.

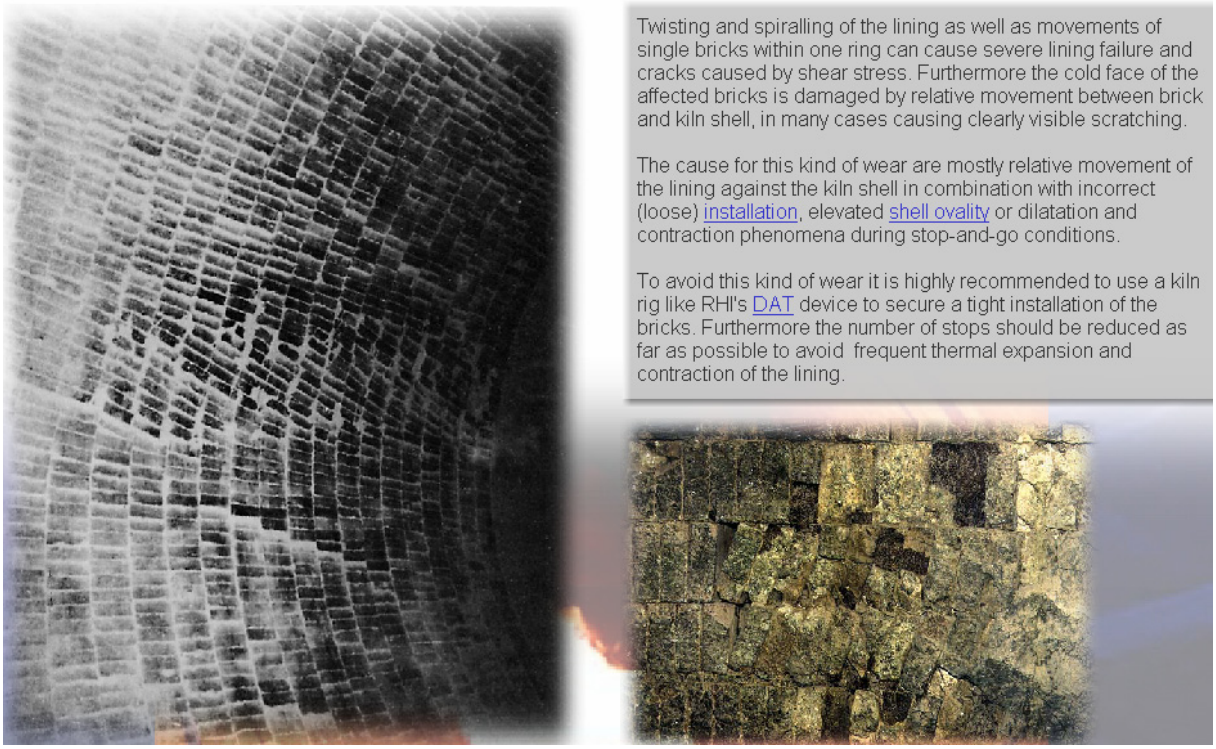
اگر مقدار فاصله بین رینگ و بدنه کوره (Clearance) زیاد باشد, تنش و فشار مکانیکی روی آجر بخصوص بهنگام گرم کردن یا سرد کردن کوره زیاد خواهند بود.

در حالیکه اوالیته خیلی زیاد شود (بیشتر از۰/۷٪) , فشار مکانیکی اعمالی به آجر ممکن است بالاتر از مقاومت فشاری آجر باشد. اگر اوالیته به ارقام بالاتر از ۱ درصد برسد حاصل کار اینست که آجر در فاصله زمانی بسیار کوتاهی متلاشی می شود. در این حالت تنها چاره کار کاهش اوالیته بدنه کوره و اصلاح فاصله (Clearance) در منطقه معیوب است.

توصیه می شود هر ساله اوالیته اندازه گیری شود و در صورت نیاز فاصله بین رینگ و بدنه را با ورق گذاری (Shimming) اصلاح کرد.

در مناطقی از کوره که از جنبه مکانیکی مشکل دارند توصیه می شود از آجر با ابعاد استاندارد VDZ بجای آجر با استاندارد ISO استفاده شود. ابعاد آجرهای VDZ کوچکتر است . با این کار در هر رینگ تعداد بیشتری آجر استفاده می شود و در نتیجه درز انبساطی بیشتری وجود دارد و انعطاف پذیری رینگ آجر و در نهایت لایه نسوزکاری افزایش می یابد. علاوه بر این توصیه می شود بخاطر انعطاف بیشتر در این قسمت آجر چینی با ملات صورت گیرد و متراژ آجر چینی باملات باندازه یک برابر قطر کوره باشد.

عکس شماره ۴-۵- چرخیدن آجر و مارپیچی شدن لایه نسوزکاری. همچنین چرخش و تغییر موضع هر یک از آجرها در محل استقرار خود و رینگی که در آن قرار دارند, باعث آسیب دیدگی جدی لایه نسوز کاری و ایجاد ترک های ناشی از فشار برشی خواهد شد. بعلاوه سطح سرد آجر در اثر حرکت نسبی لایه نسوز کاری نسبت به بدنه کوره آسیب می بیند و بوضوح میتوان خراشیدگی ته آجر را ملاحظه کرد.



عکس ۴-۵

دلایل پدید آمدن اینچنین حالتی از فرسایش غالباً مربوط به حرکت نسبی لایه نسوزکاری نسبت به بدنه کوره است . حرکت نسبی می تواند ناشی از ترکیب اثرات ناشی از لق چیدن آجر, بالا بودن اوالیته کوره و یا انبساط و انقباض ناشی از سرد و گرم شدن های مکرر کوره باشد.

برای احتزاز این نوع فرسایش آجر شدیداً توصیه می شود از دستگاه آجر چینی RHI موسوم به DAT استفاده کنید تا بدینوسیله از محکم چیدن آجر مطمئن شوید. بعلاوه باید تعداد

توقفات کوره تا حد امکان کاهش یابد تا بدینوسیله از انبساط و انقباض های لایه نسوزکاری پیشگیری شود.

عکس شماره ۴-۶- نشان دهنده حالتی از فرسایش آجر است که در آن سر آجر همانند بالش می شود (Pillow shape) و سطح داغ آجر محدب می گردد. چنین پدیده ای در هر یک از آجرها یا در آجرهای یک رینگ و یا در منطقه ای از کوره قابل مشاهده است. بخاطر وجود فشار محوری (Axial Pressure) اضافی , آجرها در جهت محور کوره سرشکن میشوند.

دلیل چنین پدیده ای اینست که درز انبساط طولی کافی برای منبسط شدن آجر بهنگام گرم کردن کوره منظور نشده است , مثل اینکه آجر چینی بدون مقوا انجام شده است. در مواردی که گرم کردن کوره سریع انجام می شود نیز امکان بوجود آمدن چنین پدیده ای وجود دارد.

عکس ۴-۶

۸-۵- فرسایش آجرهای شاموتی و آلومینی

آجرهای آلومینی و شاموتی در بخش های مختلف سیستم پخت, بجز منطقه آجرهای قلیائی کارگذاشته می شوند .

در کوره سیمان پدیده های فرسایش مکانیکی آجرهای شاموتی و آلومینی ناشی از سریع سرد کردن , سریع گرم کردن و اوالیته بدنه کوره, همانند آجرهای قلیائی است. عکس های ۴-۱ الی ۴-۵ در مورد اینگونه آجرها نیز صادق است.

نمونه ای از فرسایش حرارتی روی آجرهای آلومینی منطقه ایمنی یا منطقه خنک کن و آجرهای شاموتی منطقه کلسیناسیون کوره عبارتست از افزایش زیاد در جه حرارت در این مناطق که در اثر آن بین ترکیبات خوراک کوره یا کلینکر با اجزا متشکله آجرهای آلومینی و شاموتی واکنش هایی صورت می گیرد و حاصل آن پدید آمدن ترکیبات جدید با نقطه یوتکتیک پائین تر بوجود می آیند. در نتیجه بخش عمده ای از آجر در مواد جاری روی آن حل می شود و گودال هائی بوجود می آید. چنین پدیده ای برای آجرهای مختلف در شرایط حرارتی زیر بوجود می آید.

آجرهای شاموتی بین ۱۲۰۰ تا ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد

آجرهای دارای ۶۰-۵۰ درصد آلومین ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد

آجرهای دارای ۸۰-۷۰ درصد آلومین بین ۱۳۵۰ تا ۱۳۰۰ درجه سانتیگراد

در کوره های جدید که مجهز به کلساینر هستند و عموماً کوره در درجه حرارت بالاتری کار می کند, عموماً توصیه می شود بخشهائی از منطقه ایمنی و خنک کن داخل کوره با آجرهای اسپینلی نسوزکاری شوند تا احتمال پدیده گودال های ناشی از واکنش یوتکتیک کاهش یابد.

پدیده دیگر فرسایشی در مورد این آجرها مجاورت آنها با رینگ های نگهدارنده است. (Retaining Ring) . دراثر اعمال فشار از جهت بالا بر روی آجر ,بخش پائینی آن که در تماس با رینگ است تحت تاثیر نیروی برشی قرار می گیرد و شکسته می شود.

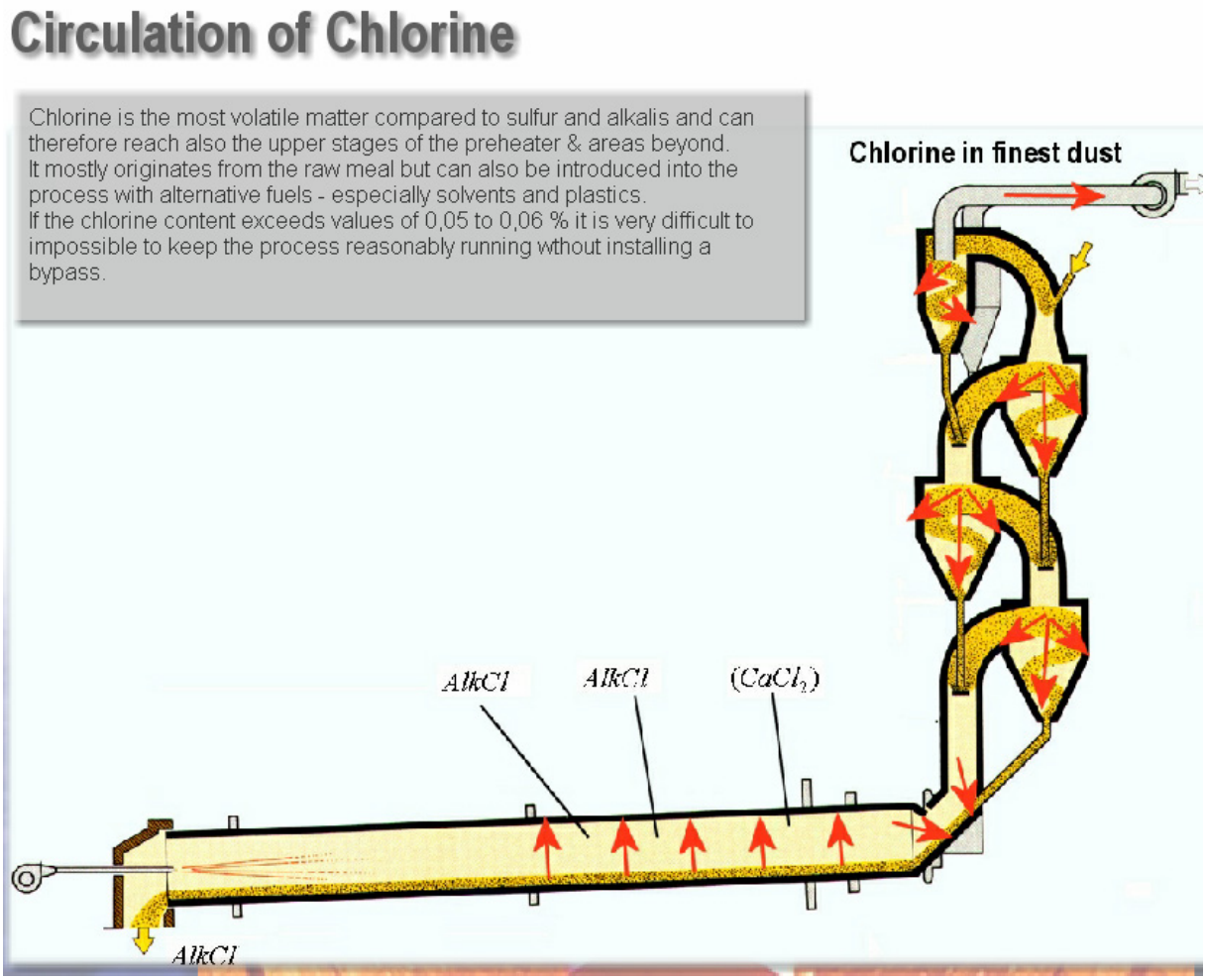
عمده ترین پدیده فرسایش آجرهای شاموتی و آلومینی کار گذاشته شده در سیستم پخت سیمان ناشی از اثرات ترکیبات قلیائی روی آنها است بهمین خاطر در صفحات بعد همراه با شکل های گویاتر در این مورد بحث خواهد شد.

۸-۵-۱- سیکل قلیائی در سیستم پخت سیمان

مواد خام سیمان با درجه حرارت حدود $^{\circ}C$ ۵۰ وارد سیستم پخت سیمان می شود و با طی مسیر سیکلون های پیش گرم کن, کلساینر و کوره تا $^{\circ}C$ ۱۴۵۰ حرارت می بینند و سپس به شکل دانه های کلینکر از خنک کن کلینکر با درجه حرارت $^{\circ}C$ ۱۰۰ خارج می‌شود. اغلب مواد قلیائی موجود در سیمان دارای نقطه ذوب کمتر از در جه حرارت منطقه پخت سیمان هستند. مفهوم این پدیده اینست که مواد قلیائی قبل از رسیدن به منطقه پخت , ذوب و تبخیر می شوند و ازداخل مواد جامد خارج شده و وارد فاز گازی که همان گازهای جاری در کوره و بسمت عقب کوره است می شوند. از این مرحله به بعد بتدریج درجه حرارت آنها کاهش می یابد و مجدداً به نقطه میعان و انجماد خود میرسند و مجدداً وارد مواد خام می شوند. این دور و سیکل در قسمت های مختلف سیستم پخت همواره ادامه دارد.

عکس های ۵-۱ و ۵-۲ و ۵-۳ چگونگی این سیکل ها را نشان میدهند .

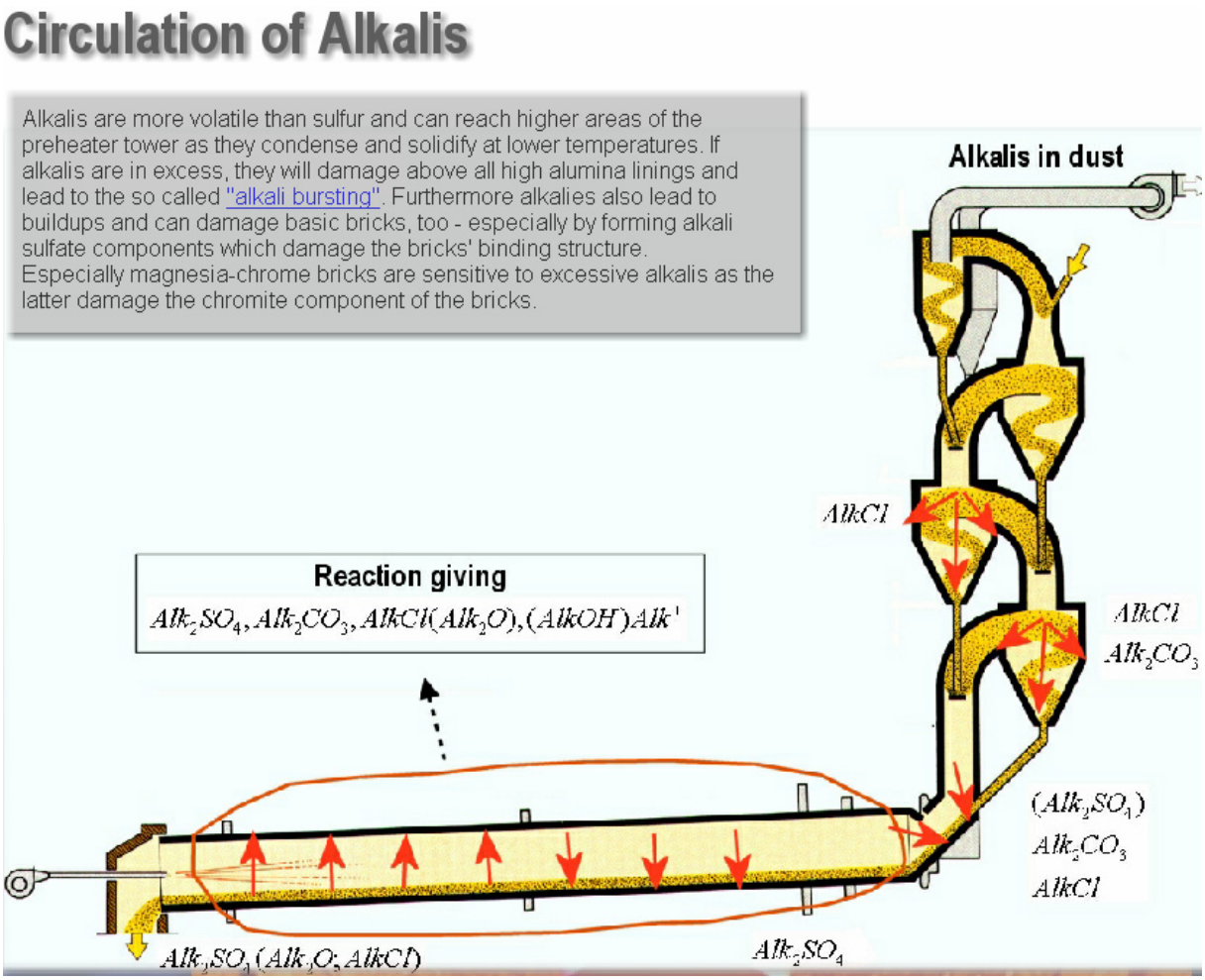
عکس ۵-۱ مربوط به گردش و سیکل کلر است . کلر در مقایسه با سولفورها و قلیائی ها بسیار فرّارتر است و بهمین خاطر در بخش های بالائی پیش گرم کن نیز دیده می شود.



عکس ۵-۱

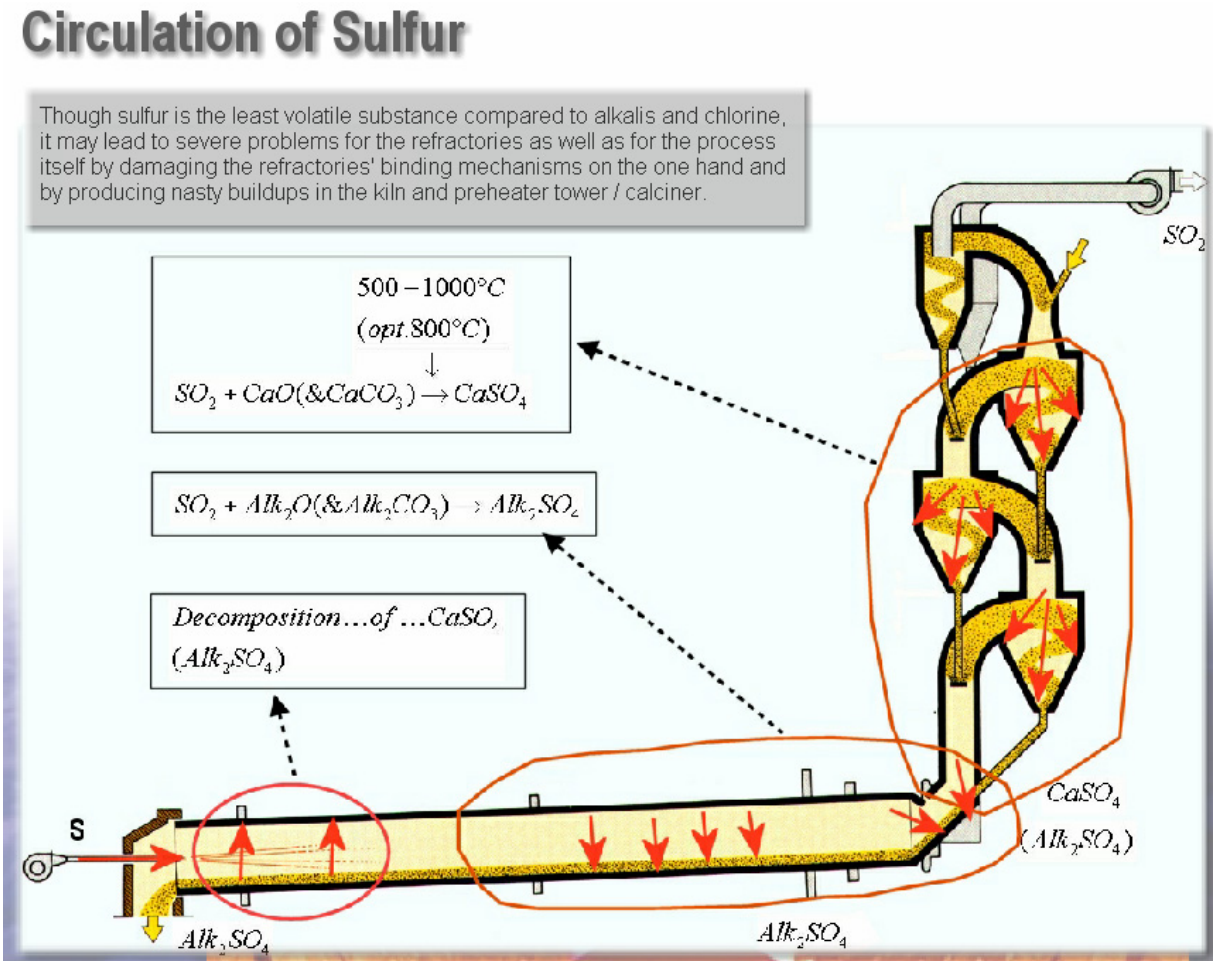
منبع ورود کلر عمدتاً مواد خام مصرفی برای تهیه خوارک کوره است. اگر مقدار درصد کلر۰/۰۵ تا ۰/۰۶ یا بالاتر باشد معمولاً تعبیه دستگاه جداسازی کلر و قلیائی های گاز خروجی کوره (Alkali Bypass) لازم می باشد.

عکس ۵-۲- نشان دهنده سیکل قلیائی ها در سیستم پخت سیمان است. قلیائی ها در مقایسه با سولفات ها فرار ترند و تا مناطق بالاتری از پیش گرمکن بالا میروند و در درجه حرارت های پائین تری جامد می شوند. اگر مقدار قلیائی ها زیاد باشد, بیش از هر آجری به آجرهای آلومینی آسیب میرسانند و پدیده موسوم به شکفتگی قلیائی (Alkali Bursting) مشاهده می شود. علاوه بر این قلیائی ها باعث گرفتگی هائی در بخش های انتهائی کوره (Riser duct) می شوند. همانطور که در بخش های قبلی ملاحظه کردید اثرات سوء زیادی روی آجرهای قلیائی نیز دارند و باعث تضعیف اتصالات سرامیکی این آجرها و تجزیه کرومیت های موجود در آنها می شوند.



عکس۵-۲

عکس ۵-۳ نشان دهنده سیکل سولفور در سیستم پخت سیمان است. گرچه ترکیبات گوگرد دارای فرّاریت کمتری در مقایسه با قلیائی ها وکلر هستند ولی دارای اثرات سوء جدی روی آجرهای مناطق مختلف سیستم پخت و فرآیند تولید می باشند. این ترکیبات از یک سوء اتصالات سرامیکی آجرها را تضعیف می کنند و از سوی دیگر باعث گرفتگی های پر دردسر و خطرناک در بخش های مختلف کوره, کلساینر و پیش گرمکن می شوند.



عکس۵-۳

۸-۵-۲- شکفتگی قلیائی

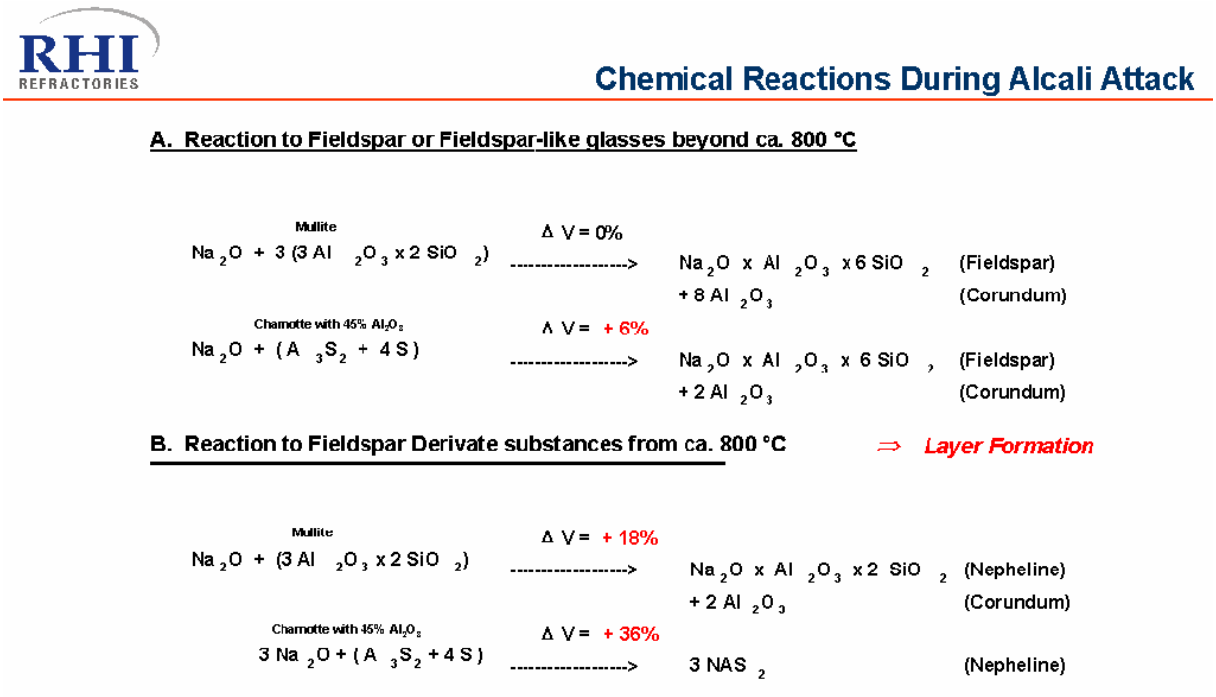
در مواردی که ترکیبات قلیائی Na_2O , K_2O , Cl و SO_3 و از طریق موادی نظیر $NaCl$ و Na_2SO_4 بمقدار زیاد در خوراک کوره وجود دارد, پدیده فرسایش شیمیائی ناشی از نفوذ مواد قلیائی به داخل آجرهای شاموتی, آلومینی و منیزیتی مشاهده خواهد شد.

نفوذ مواد خارجی به داخل آجر باعث تراکم بافت و ساختمان آجر می شود و این نفوذ می تواند تا سطح سرد و زیرین آجر نیز ادامه یابد. میزان نفوذ این مواد بستگی به درجه حرارت میعان و تصعید آنها دارد که عمدتاً بالاتر از $^{\circ}C$ ۶۰۰ است (معمولاً نفوذ مذاب کلینکر تا چند میلیمتری سطح داغ آجر است) با مشاهده مقطع آجر می توان بخوبی مناطق نفوذ ترکیبات مختلف قلیائی در بخشهای مختلف آجر را ملاحظه کرد. شکل های فصل ۱۲-۴-۱- ملاحظه شود.

عکس۵-۴- نمونه گویائی از فرسایش آجر آلومینی دیواره خنک کن کلینکر است که در آن املاح قلیائی با اجزا آجر تولید ترکیباتی می کنند که دارای حجم بیشتری هستند و همین حجم بیشتر باعث شکفتگی یا به تعبیر دیگر انفجار آرام آجر می شود.

عکس۵-۴

در عکس ۵-۵- واکنش های مرتبط با ترکیب Na_2O با مولایت موجود در آجر آلومینی و ترکیبات آلومینوسیلیکات موجود در آجر شاموتی را نشان می دهد. ملاحظه می شود که بسته به درجه حرارت افزایش, حجم قابل توجهی تا حد ۳۶٪ در اثر ایجاد ترکیب جدید نفلین بوجود میاید که همین افزایش حجم باعث شکفتگی آجر می شود.



عکس ۵-۵

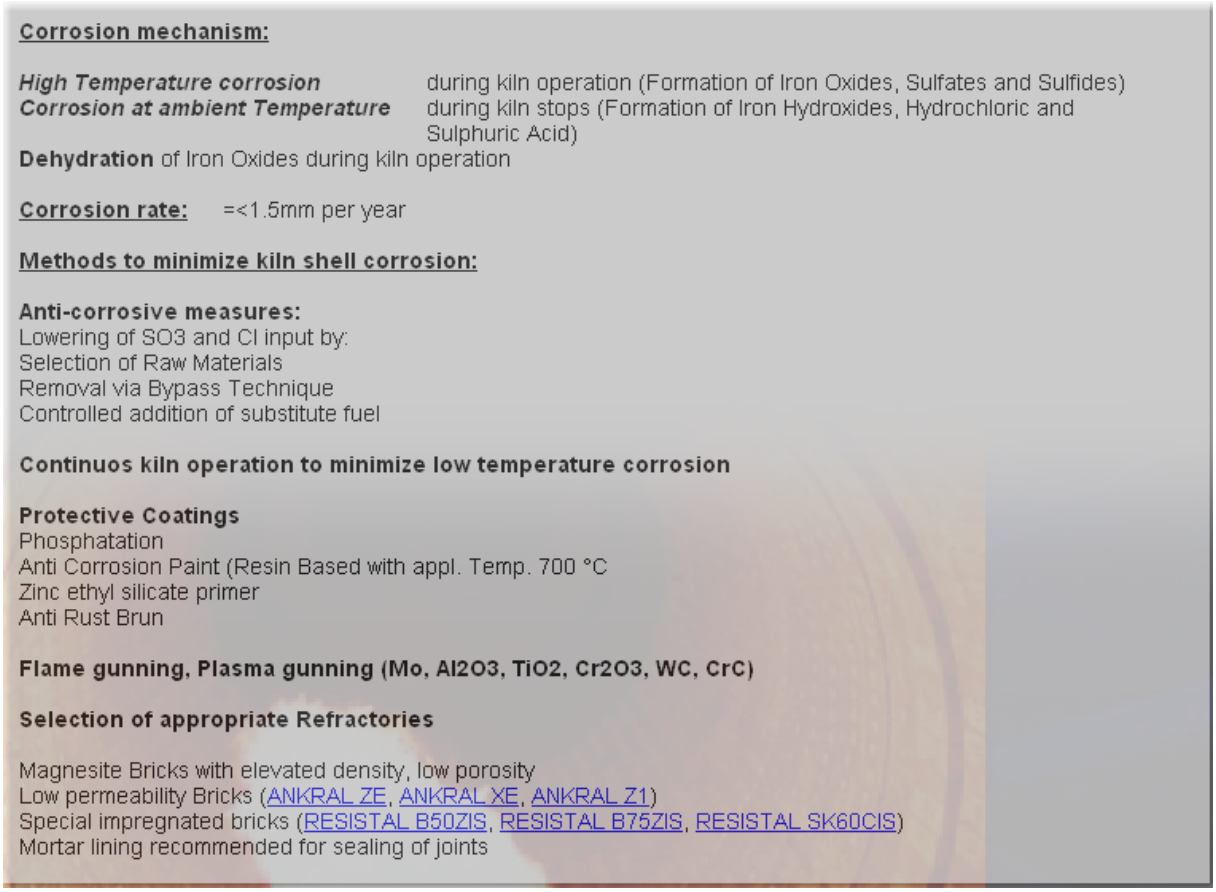
۸-۶- فرسایش بدنه کوره

از جمله پدیده های دیگر فرسایش که بنوعی مرتبط با نسوزکاری سیستم پخت سیمان است, خوردگی بدنه کوره است.

خرابی و فرسودگی بدنه کوره و سایر قسمتهای سیستم پخت که درزیر لایه نسوزکاری قرار دارند موضوعی است که روز به روز جدی تر می شوند. هر ساله مقدار زیادی سرمایه صرف تعویض و تعمیر بدنه کوره ها در نقاط مختلف دنیا می شود. خصوصاً در کشورهائیکه از سوخت های جایگزین و ضایعات سایر صنایع برای تولید سیمان استفاده می شود این پدیده جدی تر است. زیرا که در اینگونه مواد و سوختها, ترکیبات کلر, قلیائی‌ها و سولفورها و همچنین برخی فلزات مهاجم به آجر زیاد است. اثر دیگر وجود اینگونه مواد ایجاد اختلال در ثبات کاری کوره و تلاطم در فرآیند تولید کلینکر است که این عامل خود منبع بسیاری از پدیده های فرسایش مواد نسوز و بدنه کوره است . عکس ۶-۱ .

عکس۶-۱

در عکس ۶-۲ – مکانیزم خوردگی بدنه کوره , راه های کاهش خوردگی و پیش گیری از آن و آجرهای مناسب چنین مناطقی نشان داده شده است.



عکس ۶-۲

۹

ایمنی

دستگاه پخت

سیمان

۹-۱- ایمنی و پیشگیری از حادثه

موارد و موقعیت های زیادی وجود دارد که در آنها کارگر درخطر مجروح شدن است. از جمله آنها نبودن حفاظ ایمنی در ماشین، قصور در پوشیدن پوشاک حفاظتی مناسب و یا نادرست کار کردن خود فرد یا همکاران او می باشد. اپراتور باید خودش را با تمام جنبه های زیان آور موجود در اطراف دستگاه تحت کنترل خود آشنا سازد و سطح بالایی از استاندارد هوشیاری و پیش آگاهی ایمنی را فراهم نماید. بخصوص باید نسبت به نکات زیان آور مربوط به سایر کارگران هوشیار باشد و دقت نماید که کسی در حیطه دستگاه ناایمن، کار نکند.

۹-۲- ایمنی

به بیان ساده معیارهای ایمنی بدو دلیل در یک کارخانه وجود دارند:

۱-حفاظت کارگر از صدمه دیدن مالی یا جانی در حین انجام کار

۲-جلوگیری از وارد آمدن زیانهای مالی به کارفرما در اثر آسیب دیدن دستگاه ها و پرداخت جریمه بخاطر حوادث صنعتی.

مدیریت و کارگران همه روزه مسئول ایمن ساختن محیط کار و رسیدن به شرایط کار کردن عاری از حادثه هستند. برنامه ایمنی کارخانه وقتی موفق خواهد بود که تمام افراد و قسمتها قلباً معتقد به ایمنی باشند و ایمنی جزئی از زندگی کاری هرفرد، جدای از پست و موقعیت او بشود.

طفره رفتن افراد از مسئولیت های ایمنی و حواله ضمنی چنین مسئولیتهایی به سایرین، به بیان دیگر از « سرباز کردن» موضوع، منتج به شکست خوردن برنامه ایمنی خواهد شد. اگر سرپرستی نسبت به مقررات و دستورالعمل های ایمنی جدی و تسلیم نشدنی باشد، نباید از او رنجیده خاطر شد، بلکه باید از تلاش های

اوقدردانی کرد. از اینها گذشته همیشه باید کارگر سعی در ایمن ساختن خود بکند. مراقبت و توجه به این سعی کارگر جزو مسئولیت های سرپرست است. این امر وقتی شدنی است که خود سرپرست نمونه یک فرد ایمن کار برای سایرین باشد و در این صورت کارگران سعی در سبقت گرفتن از یکدیگر خواهند کرد.

تمام ایمنی همین است: نخست بیان یک فکر،ارائه یک ایده و خط مشی سازنده که باعث میشود افراد موقعیت های خطرناک را قبل از وقوع حادثه تشخیص دهند. ایمنی چیزی نیست که با اکراه انجام شود و بعنوان مقرراتی که توسط مدیریت اعمال میشود بدان نگاه شود. باید بعنوان امری که سزاوار حمایت از سوی تمام شاغلین در کارخانه است اهمیت پیدا کند.

۹-۳- حوادث

کلمه حادثه را در نظر بگیرید. برای بیشتر کارگران حادثه نشانگر اتفاقی است که در آن کسی صدمه می بیند و زیانی مالی وارد می شود. به هر چه که پائین تر از این باشد بعنوان فرار از تنگنا یا خسارت ناشی از تیری که نزدیک به هدف خورده و یا شانس آوردن، نگاه می شود.

برای قرار گرفتن حادثه در جایگاه و چشم انداز مناسب خود باید تصور چنین باشد که حادثه حادثه است. حتی اگر کسی آسیب نبیند یا خسارتی وارد نشود. هر چیز ناخواسته یا غیر منتظره که وقفه در پیشرفت منظم کار بوجود آورد، حادثه است. یک حادثه نتیجه عمل نامناسب فرد و یا دستگاه ناایمن است. وقتی که حادثه اتفاق میافتد، روی شدت و میزان صدمه کنترل کمی داریم، ولی میتوانستیم از قبل شرایط منجر به صدمه را کنترل بکنیم. تحلیل آماری هزاران حادثه و صدمه دیدن ها نشان می دهد که قبل از هر حادثه منجر به صدمه ای بزرگ (حادثه با وقت تلف شده)، ۲۹ حادثه کوچکتر (بدون وقت تلف شده و فقط با صدمات جزئی) و ۳۰۰ حادثه

بدون صدمه پیش آمده است. آنهائی که موسوم به فرار از تنگنا هستند یا خطرهائی که نزدیک بوده و دفع شده اند، جزو این ۳۰۰ حادثه هستند. این آمار هشدار میدهند که اگر تعداد زیادی فرار از خطر در محیط کار داشته باشیم دیر یا زود یک حادثه جدی در کارخانه خواهیم داشت. به تعبیری باید گفت که هرکسی دلایل حادثه منجر به صدمه را پیدا میکند ولی بندرت تمایل به صرف وقت برای آنچه که موسوم به فرار از خطر است دارد، تا بدینوسیله از این حوادث کوچک که بخش اصلی آمار حوادث را تشکیل می دهند، پیشگیری نماید.

برای هر حادثه ناشی از شرایط ناایمن، ۹ حادثه وجود دارد که ناشی از اعمال ناایمن است، منجمله آنهائیکه ناشی از قصور در تشخیص شرایط ناایمن هستند. وقتی این عادت و منش که چون تا آخرین دفعه اتفاقی نیفتاده است پس دفعه بعد هم همینطور خواهد بود، در کارگر توسعه یابد، نتیجه اش آن می شود که هر کارگری براحتی در دام عادت به نادیده گرفتن دستورالعمل های اساسی ایمنی می افتد و از برخی شانسها که نمی باید استفاده کند، استفاده می کند.

تناوب و دفعات حادثه در اطراف کوره در مقایسه با سایر قسمتهای کارخانه بیشتر است. عادت مرسوم در کارخانجات سیمان اینست که مقررات کلی ایمنی برای همه کارگران در همه جای کارخانه فراهم شود. معذلک موارد مخاطره ای وجود دارد که منحصر به کوره های سیمان می باشد و میباید کوره بان نسبت به آنها آگاهی داشته باشد. جدولی که در پایان این بخش مشاهده می کنید مجموعه ای دستورالعمل ها در مقابله با زیانها و اعمال مخاطره آمیزی است که میتوانند باعث حذف یا کاهش شرائط خطرناک شوند.

با توجه به اینکه خط تولید سیمان دارای تجهیزات متنوع و مفصلی است، لذا شرح و بیان موارد ایمنی تمام این تجهیزات خارج از حوصله و گنجایش این کتاب است

و بهمین خاطر در صفحات بعد به موارد ایمنی بخش هایی از خط تولید که به نوعی مرتبط با سیستم پخت هستند، اشاره می شود.

۹-۴- ایمنی نقاله های فلزی

۹-۴-۱- مقررات کلی

تعمیرات مکانیکی و برقی صرفاً می باید بوسیله افراد ماهر، مجرب و آموزش دیده انجام شود. صحت و کامل بودن کار انجام شده می باید بوسیله بازرس مجرب بررسی و تأئید شود.

کارکردن افراد غیر مجاز روی ماشین ها و دستگاههای نصب نظیر جرثقیل ها ممنوع است.

هنگام نصب دستگاههای (برقی، الکترونیکی) می باید دستورالعمل های ویژه ارائه شده بوسیله سازندگان آنها رعایت شود.

در کار کردن با دستگاههایی که متوقف شده اند می باید موارد زیر انجام شود:

قبل از اینکه هرگونه تعمیر و نگهداری روی دستگاه انجام شود می باید دستگاه در مقابل راه اندازی های ناخواسته و غیرمجاز ایمن شود.

قبل از اینکه کاری روی دستگاهها و تأسیسات برقی صورت گیرد می باید بررسی شود که دستگاه بنحو مطمئن و ایمنی از منبع برق جدا شده باشد.

برای کار کردن روی دستگاههای در حال کار می باید موارد زیر مدنظر باشد:

اپراتور یا شخص مجاز از سوی او می باید در هر مورد بررسی نماید که حاصل انجام کار روی دستگاه در حال کار همراه با خطری برای افراد نباشد و کار بسلامت به انجام برسد.

اپراتور یا شخص مجاز از سوی او مسئول رعایت و بکارگیری «مقررات پیشگیری از حادثه» است.

برای احتراز از زخمی شدن و صدمه دیدن می باید فقط از ابزار و وسائل تعمیراتی مناسب امور تعمیرات، نگهداری و انجام تنظیمات استفاده کرد.

نباید فیوزهای آسیب دیده را تعمیر و یا با قطعه ای سیم پل زد و آنها را از مدار خارج کرد. باید اینگونه فیوزها را با نوع مشابه و سالم عوض کرد.

قبل از انجام کار روی قطعات متحرک و گردان میباید کاملاً متوقف شوند. ضمناً باید مطمئن شد که در حین انجام کار روی چنین قطعاتی ناخواسته راه اندازی نشوند.

به قطعات و دستگاههای متحرک زیاد نزدیک نشوید و فاصله لازم برای احتراز از گیر کردن لباس یا موی سر به اینگونه دستگاهها را رعایت نمائید.

به هنگام استفاده از مواد پاک کننده فرار و یا کار با قطعات نرم شدنی (همچون چوب، قطعات پلاستیکی، روغن، گریس و دستگاههای برقی) مواظب شعله های بسیار داغ و یا جرقه آتش (مثلا جرقه جوشکاری) باشید و از آنها احتراز نمائید.

همچنین در اینگونه موارد باید مواظب آتش سوزی، نشر گازهای سمی و آسیب دیدگی عایق ها باشید.

قبل از کار روی سیستمهای هیدرولیک یا پنوماتیک می باید تخلیه فشار شوند و قطعات متحرک آنها متوقف گردند.

به هنگام جستجو برای پیدا کردن نشدی لوله ها باید احتیاط بسیار کرد، زیرا روغن و هوای با فشار بالا براحتی از لباس عبور می کنند و باعث آسیب دیدگی و زخمی شدن می شوند.

بهنگام شل کردن و باز نمودن و یا تعویض لوله های تحت فشار احتیاط لازم را بکنید. مواظب احتمال اشتباه وصل کردن ها، گیج شدن ها و عوارض ناشی از آنها باشید.

۹-۴-۲- ایمنی دستگاه های برقی

دستگاهها و ماشین آلات برقی دارای قطعات متحرک و برقدار می باشند. صدمات جدی به سلامت افراد و یا دستگاهها میتواند حاصل موارد زیر باشد:

- برداشتن غیر مجاز روپوش ها
- استفاده نامناسب از ماشین ها
- راهبری غلط دستگاه
- تعمیر و نگهداری ناکافی

قبل از اینکه قطعات متصل کننده را وصل یا از هم جدا کنید برق آنها را قطع کنید تا احتمال وارد شدن شوک برقی به افراد از بین برود.

کابلهای برهنه و کلیدها می باید همواره بنحوی محافظت شوند که احتمال تماس تصادفی با آنها وجود نداشته باشد.

قبل از انجام هرگونه کار تعمیرات و نصب روی دستگاههای برقی، برق آنها را قطع نمائید.

اجزاء تجهیزات برقی که برای مدتهای طولانی در انبار بوده اند می باید قبل از استفاده مورد آزمایش عایق کاری قرار گیرند.

به هنگام راه اندازی دستگاههای برقی درصورت مرطوب بودن می توانند اتصال داشته باشند. قبل از تماس با اینگونه دستگاههای مرطوب احتمال برقدار بودن بدنه آنها را با دستگاه آزمایش کنید.

در موقع کار در پست های فرعی فشار قوی، پس از قطع کلیدهای اتصال، کابل اصلی را به اتصال زمین وصل نمائید.

۹-۵- نکات ایمنی سیستم پخت

۹-۵-۱- کلیات

قبل از کار با هر دستگاه، با تابلو فرمان و کلیدهای آن آشنا شوید و اجزاء ماشین آلات هر بخش را بخوبی بشناسید.

اغلب تجهیزات و ماشین آلات کارخانه سیمان شبانه روزی کار می کنند و در نتیجه لازم است شب ها محوطه کارخانه به حد کافی روشن باشد. دریچه ها و یا سکوهایی که در مسیر عبور افراد قرار دارد و احتمال افتادن و سقوط در آنها وجود دارد میباید محصور و علامت گذاری شوند.

پله ها و پاگردها میباید نرده کشی شده باشند و تا حدامکان محوطه کارخانه مرتب و جمع و جور باشد.

لباس کار می باید مناسب و اندازه باشد، از پوشیدن پیراهن بلند و آزاد که احتمال گیر کردن آنها به دستگاههای متحرک و دوار وجود دارد، خودداری نمائید. از کفش ایمنی استفاده کنید و هرگز از کفشهای گشاد و سوراخ دار و یا دمپائی استفاده نکنید. در جاهائیکه خطر سقوط اجسام وجود دارد حتما کلاه ایمنی بسر بگذارید و در محل های آلوده به گرد و غبار از دستکش کار و ماسک استفاده نمائید.

کار یک کلید برق اضطراری این است که در شرایط اضطراری برق ماشین را قطع میکند. در صورتیکه دستگاهی برای بازبینی و یا تعمیرات متوقف شده است، وجود کلید ایمنی به مفهوم فراهم بودن شرایط ایمنی کافی نیست، زیرا این کلید فقط نقش قطع کننده ولتاژ کنترل کننده و یا راه انداز دستگاه را بازی میکند نه چیز دیگری. اگر

میخواهید جلو راه اندازی ناخواسته دستگاه را بگیرید میباید کلید قطع کن نصب شده در تابلو اصلی را قطع کنید و یا فیوز دستگاه را بردارید. بعبارت دیگر وقتی ماشینی از طریق کلید اضطراری متوقف شده است و میخواهید روی آن کارهای بازرسی یا تعمیراتی انجام دهید، میباید حتما کلید راه انداز آنرا قفل کنید.
برای اینکه نشان دهید که روی دستگاه کار میکنید، میباید برگه های هشدار دهنده روی دکمه راه انداز، کلید راه انداز موتور، کلید قطع کننده و امثالهم بچسبانید. ضمناً میباید دستورالعمل هایی تدوین شود مبنی بر اینکه چه کسانی مسئول قفل کردن کلیدهای اصلی وچسباندن برچسب ها و برگه های هشدار دهنده هستند و چه کسانی مسئول باز کردن قفل ها و برداشتن برچسب ها می باشند.
سرپوش های نقاله های مارپیچی، ناودانی ها و زنجیره های نقاله می باید سرجای خودشان باشند. تسمه پروانه ها و کوپلینگ ها باید توری ایمنی داشته باشند. درپوش ها، دریچه های بازدید و روپوش ها میباید سرجای خودشان باشند.
میباید کلیه افراد آگاه از چگونگی و نوع علائم هشدار دهنده صوتی و نوری برای موارد راه اندازی دستگاه، کار کردن دستگاه، آتش سوزی و پیام های مخابراتی باشند.

۹-۵-۲- کوره

قبل از روشن کردن مشعل و گرم کردن کوره، داخل کوره را بازدید کنید تا مطمئن شوید کسی داخل کوره نباشد. این بازدید می باید توسط فرد مسئول و درست قبل از شروع گرم کردن کوره باشدو همزمان دقت شود که هیچگونه شئی خارجی در داخل کوره جا نمانده باشد. بلافاصله پس از این بازدید درب کوره را ببندید و مشعل را روشن کنید.

به دستورالعمل های راه اندازی، خواباندن وراهبری کوره که جداگانه توسط سازنده کوره ارائه شده است بدقت توجه نمائید و عینا آنها را رعایت کنید.
مواقعی که قرار است در داخل کوره کار کنید می باید کلیدهای اصلی برق و ارتباط آنها با موتور کوره قطع شود، بطوریکه در هنگام حضور افراد در داخل کوره امکان چرخاندن ناخواسته آنها وجود نداشته باشد.
تا وقتیکه کوره به اندازه کافی سرد نشده است هیچکس نباید وارد آن شود. به هنگام ورود توجه داشته باشید که بخش رویی سطوح داخل کوره ممکن است سرد شده باشد ولی مغز و لایه زیرین اجسام و مواد داخل کوره هنوز خیلی داغ است.
در هنگام حضور و رفت و برگشت در داخل کوره مواظب قطعات کوتینگ لق شده باشید و ضمناً در مواقع آجرچینی کوتینگ های لق بخشهای واقع در مسیر رفت و آمد را حتما جدا کنید. اینگونه قطعات ممکن است از ارتفاع ۴-۵ متری سقوط نمایند و بسیار خطرناک هستند. حتماً از کفش مناسب و کلاه ایمنی استفاده نمائید.
روشنائی داخل کوره باید از برق با ولتاژ پائین باشد.

۹-۵-۳- سیکلون ها

مواردی پیش می آید که مواد جاری در سیستم پخت به بدنه سیکلون ها و کانال های ورودی و خروجی از آنها می چسبند که در اینصورت میباید کنده شوند. انجام چنین کاری همراه با خطراتی است که در صورت رعایت موارد زیر می توان این خطرات را کاهش داد:
قبل از شروع کار از قطع بودن جریان برق کپسول های هوای فشرده و خالی بودن کپسول ها مطمئن شوید. در هنگام پاک کردن سیکلون ها میباید مختصری مکش در آنها وجود داشته باشد. وجود این مکش خطر برخورد هوای داغ و ذرات سوزان مواد به افرادی که مشغول پاک سازی هستند را کاهش میدهد.

تمام افرادی که درگیر پاک کردن سیکلون ها هستند میباید راه های فرار در مواقع خطر را بدانند، از ماسک، کلاه ایمنی، لباس عایق و دستکش نسوز، کفش و ساق پای مناسب استفاده نمایند. هنگام کار در جاهائیکه خطر هجوم و سقوط مواد وجود دارد، میباید افراد از کمربند ایمنی و ریسمان نجات استفاده نمایند و فرد دیگری مواظب ریسمان نجات باشد.

قبل از باز کردن درب سیکلون، ابتدا از طریق دریچه های بازدید داخل سیکلون را بررسی نمائید و مطمئن شوید مواد تا بالاتر از درب سیکلون انباشته نشده باشد. در صورت انباشته بودن مواد در سطحی بالاتر از در سیکلون، با باز کردن درب مواد به فضای بیرون جاری خواهد شد و هر آنچه در مسیر آن باشد می سوزاند. در چنین مواقعی هرگز مستقیما در مسیر جریان مواد و یا همسطح طبقات پیش گرمکن نایستید و از داربست های واقع در سطح بالاتر از کف طبقات استفاده نمائید. کف داربست ها باید از مواد غیر قابل سوختن باشد. کف سکوها و داربست ها باید مشبک باشند تا در صورت ریزش مواد به پائین بریزند و جمع نشوند. ضمناً دقت نمائید که در مسیر ریزش مواد داغ اجسام آسیب پذیر و کابل برق وجود نداشته باشد و از حفاظ و ریسمان محصور کننده استفاده نمائید.

در صورتیکه گرفتگی سیکلون ناشی از جمع شدن پودر مواد باشد می توانید از طریق دریچه های بازدید آنها را پاک کنید. گرفتگی های سیکلون را می توان براحتی توسط هوا تمیز کرد. هنگام پاک کردن سیکلون ها و لوله های ورود و خروج مواد، از پائین شروع کنید تا بدینوسیله امکان جاری شدن مواد لق شده فراهم شود. توجه نمائید که همواره خطر هجوم مواد داغ از سطوح بالاتر وجود دارد.

پس از انجام هر نوع بازرسی از سیکلون ها، لوله های ورود و خروج مواد و کانال ها مطمئن شوید که درب ها و دریچه ها بخوبی بسته شوند.

هنگامیکه سیستم پخت متوقف است، میبابد سیکلونها، لوله ها و کانالهای مسیر مواد گاز بازرسی شوند. در چنین مواقعی توجه داشته باشید که مواد موجود در این نقاط در ظاهر سرد بنظر می آیند ولی ممکن است داخل آنها بسیار داغ باشد.

۹-۵-۴- الکتروفیلتر

قبل از راه اندازی مطمئن شوید که اتصال زمین دستگاه الکتروفیلتر وصل باشد، تمام درب ها و دریچه ها و صندوقچه مقره ها بسته و بخوبی قفل شده باشند. مطئمن شوید که هیچ نوع خطری برای افراد در اطراف الکتروفیلتر وجود ندارد و علائم هشدار دهنده کافی و مناسب روی درب ها نصب شده باشد.

کلید اطاق ترانس فشار قوی و همچنین کلیدهای دربهای بازدید و صندوقچه مقره ها میباید درجای مطمئنی قرار داده شوند.

افرادی که با الکتروفیلتر کار میکنند میباید از خطرات برق با ولتاژ بالا و همچنین با نحوه کار الکتروفیلتر آشنا باشند. باید سرپرست ها آموزش لازم برای مواقعی که حوادث برقی پیش میآید دیده باشند و منجمله راه درست درخواست کمک را بدانند.

قبل از شورع بکار در داخل الکتروفیلتر می باید کلید فشار قوی قطع شود و دستگاه اتصال زمین شود. همچنین نقطه ای از دستگاه که در آنجا کار انجام می شود می باید اتصال زمین شود و بعلاوه فیوزهای کنترل مدار گردگیر را بردارید.

جمله زیر را نوشته و در اطاق ترانس فشار قوی و تابلو کنترل نصب نمائید:

« در داخل الکتروفیلتر کار تعمیراتی ادامه دارد»

کسانی باید در داخل الکتروفیلتر کار کنند که آموزش دیده و مجرب باشند و با مقررات ایمنی آشنا باشند. نباید کسی به تنهایی در داخل الکتروفیلتر کار کند.

بعضی وقتها ممکن است مقادیر زیادی مواد در قیف های پائین الکتروفیلتر جمع شود و طاق بزند. تجمع مواد ممکن است تا نزدیکی های الکترودها برسد. این مواد را نمیتوان از طریق دریچه های بازرسی ملاحظه کرد. ممکن است این مواد همانند جریان مایع شروع به حرکت به سمت جاهای خالی و یا خارج شدن از مجاری باز بکند. لذا قبل از اینکه کسی وارد الکتروفیلتری که مشغول کار بوده است بشود، میباید از عدم تجمع مواد در بالای قیف های اتاقهای الکتروفیلتر مطمئن شود. در غیر اینصورت باید با ضربه زدن به جداره ها، مواد جمع شده را از کل فضای الکتروفیلتر خارج نمود. می باید بی توجه به اینکه از کجای الکتروفیلتر وارد آن می شوید حتما این کار صورت بگیرد. همچنین قبل از باز کردن درب های بالای دیوارهای حائل بین قیف ها، مطمئن شوید که در بالای این درب ها مواد جمع نشده باشد.

۹-۷- حالت های مخاطره آمیز کوره

موارد مخاطره آمیز	کاری که برای حذف یا کاهش خطر باید انجام شود
آتش گرفتن ناگهانی و انفجار ضمن روشن کردن کوره	• قبل از روشن کردن کوره یکی از دریچه های خنک کن یا درب کوره را باز کنید. • از وجود مقداری مکش در کوره قبل از روشن کردن مطمئن شوید (خیلی مهم) • بهنگام روشن کردن اجازه ندهید افراد غیر مجاز نزدیک در کوره (مشعل) بایستند. • بهنگام روشن کردن کوره دور از دریچه های درب کوره بایستید. • از جریان زیادی سوخت در ابتدای شعله ور شدن احتراز کنید. • قبل از باز کردن شیر سوخت، فن هوای اولیه را روشن کنید. • هنگام روشن کردن ذغال سنگ مطمئن شوید که هیچگونه ریخت و پاشی از نرمه های ذغال سنگ در کف، اطراف قسمت تغذیه ذغال یا روی لوله هوای اولیه وجود نداشته باشد.
بحرکت در آوردن هر دستگاهی از سیستم کوره بهنگام راه اندازی	• قبل از استارت هر دستگاهی مطمئن شوید که افراد دور از دستگاه هستند. • (در صورت داشتن) بوق (آژیر) اعلام راه انداختن را بزنید. • قبل از استارت، تمام کلیدهای اصلی (Circuit Breaker) را بررسی نمائید و مطمئن شوید که تمام برچسب های ایمنی و آگاهی دهنده و قفل ها برداشته شده اند. • قبل از راه انداختن هر دستگاهی مطمئن شوید که حفاظ های ماشین ها در جای خود هستند.

نسوزکاری کردن کوره با آجر و سایر مواد نسوز	• پلی مناسب برای عبور از سکوی مشعل بداخل کوره بسازید. • کوتینگ را بررسی نمائید و قبل از عبور، قطعات لق را بریزید. • تمام افراد غیر مجاز را بیرون از کوره نگهدارید. • اگر راه دیگری ندارید در موقع کار کردن زیر کوتینگ و آجرهای لق از توری های محافظ استفاده کنید. • هر کارگری که در داخل کوره کار می کند باید مطمئن باشد که در موقع کار کردن در داخل کوره، کوره راه نخواهد افتاد. • در موقع کندن آجر یا کوتینگ های جدا شده وضعیت مطمئن و جای پای مناسبی داشته باشد. • هنگام ورود و خروج مواد در زیر پل تعبیه شده در ورودی کوره کار نکنید. • وقتی که در داخل کوره کارگران مشغول کار هستند، فن های خنک کن را آزمایش و راه اندازی نکنید. • هنگام کار کردن کارگران در داخل یا پشت منطقه زنجیر، فن اصلی را راه نیاندازید.
کار کردن در نزدیک یا داخل سیستم های جمع آوری غبار	• برای پیش گیری از سوختگی ناشی از نرمه های داغ، لباس حفاظتی مناسب بپوشید. • بهنگام تماس با غبار مواد قلیایی، پوست خود را کاملا با آب تمیز بشوئید. • وقتیکه کسی در زیر یا داخل قیف یا سیلوهای دارای مواد کار می کند، یک نفر دیگر را بعنوان مواظب همراه او بگمارید. • اجازه ندهید هیچ کارگری در داخل قیف ها بدون کمربند ایمنی و طناب نجات کار بکند. • هنگام کار کردن در اطاقک های دود مملو از گرد دائما مواظب ریزش مواد از بدنه و سقف باشید.

کندن رینگ های کلینکر بوسیله تفنگ های صنعتی	• هنگام زدن رینگ اجازه ندهید بجز گروه تفنگچی کسان دیگری روی سکوی کوره باشند. • مواد ناریه را دستکاری نکنید. • در مواقعی که نمی خواهید استفاده کنید مواد ناریه دست نخورده را در جای قفل شده دور از سکوی کوره انبار کنید. • فقط به افراد مجرب و آموزش دیده اجازه کار با تفنگ را بدهید. • قرار دادن پنبه در گوش کافی نیست. • تفنگ را در فواصل زمانی لازم تمیز کنید و هیچگاه اقدام به شلیک با تفنگ ظاهراً معیوب نکنید. • اگر کوره فاقد منطقه زنجیر است، تمام افراد را از عقب کوره دور کنید و با طناب عقب کوره را محصور نمائید.
ریخت و پاش های نفت کوره و گرد ذغال سنگ	• هرگونه ریخت و پاش را فورا پاک نمائید. • ظروف زباله و تسهیلات لازم را برای جمع آوری ریخت و پاش ها فراهم کنید. • اگر ریخت و پاش ها در اثر نشدی است، کار تعمیراتی لازم را انجام دهید.
گاز، نفت کوره، ذغال سنگ و نشدی بخار سیستم سوخت رسانی	• هرنوع بوی گاز را فورا به اطلاع سرپرست برسانید. • برنامه زمانی متناوب برای بازرسی خطوط لوله گاز و بخار وتشخیص نشدی و سایر معایب را تدوین نمائید و ابزار لازم برای پیشگیری از اشکالات مهم را فراهم نمائید.
درب کوره، دریچه ها و درهای خنک کن	• به هر کسی اجازه نگاه کردن به منطقه پخت را به هنگام کار کردن کوره ندهید، مگر اینکه وسیله ایمنی لازم برای نگاه کردن را داشته باشد. • هنگامیکه کوره کار می کند و در نزدیکی درهای خنک کن یا درب باز کوره کار می کنید، لباس حفاظتی مناسب بپوشید. • هنگامیکه فشار سر کوره موقتا مثبت است از تمام افراد بخواهید که دور تر از دریچه ها بایستند.

۹-۷- تجربه ای از پر شدن سیکلون

۹-۷-۱- شرح واقعه

ساعت ۳ بامداد یکی از آخرین روزهای تابستان سال ۱۳۶۰ بود. کمک اتاق کنترل (اپراتوری که از همکاران خیلی خوب مسیحی ما بود که چند سال بعد در سنین جوانی به علت عارضه قلبی دار فانی را وداع گفت، خدایش بیامرزد) کارخانه، تلفنی اطلاع داد که یکی از سیکلون های پیش گرمکن پر شده است. ۱۰ دقیقه بعد همراه با اپراتور اتاق کنترل در طبقات پیش گرمکن به بررسی موضوع پرداختیم.

از بالاترین سیکلون شروع کردیم و در هر سیکلون نیز از بالاترین دریچه، داخل آنرا بررسی کردیم تا رسیدیم به سیکلون ۴ قبل از باز کردن دریچه بالای سیکلون کابل ضخیمی به آن بستیم و خودمان روی پله های متصل به طبقه بالاتر ایستادیم. با اطمینان از اینکه کسی در اطراف یا طبقات پائین تر نیست کابل را کشیدیم. در باز شد و از همان جا معلوم شد که تا یک وجب پائین تر از لبه دریچه پر از مواد است. کارهای مقدماتی نظیر سیخ زدن و دمیدن هوا از مجاری خاص پائین سیکلون به هیچ وجه چاره ساز نبود. چاره ای جز اجرای برنامه سرد کردن کوره و آماده شدن برای شروع پاک سازی در شیفت روز نبود.

تمام روز بعد را نیز صرف هوادهی و سیخ زدن کردیم و هیچ نتیجه ای حاصل نشد. هرچه زمان می گذشت مواد سخت تر می شد. تخلیه مواد از دریچه بالا به سختی انجام می شد. در مرحله ای از کار متوجه شدیم لوله هوا به جسم سختی برخورد می کند و صدایی همانند برخورد با یک فلز را می دهد. در این مرحله بود که متوجه شدیم که لوله معلق هدایت گاز (Imersion Tube) سقف سیکلون سرجایش نیست.

۹-۷-۲- چرا از بالا شروع کردیم؟

خوراک کوره سیمان در پیش گرمکن به صورت پودر بسیار داغی است که اگر روی زمین بریزد همانند مواد سیال جاری و پخش می شود و به علت درجه حرارت بسیار بالای خود با هر چیز تماس پیدا کند آن را به سرعت می سوزاند. ضمنا براحتی از شکاف ها و سوراخ ها نفوذ می کند و به طبقات پائین می ریزد.

این مواد به آسانی سرد نمی شود. در همین تجربه موردی پیش آمد که به اندازه دو فرقون از مواد تخلیه شده از سیکلون چند روزی در گوشه ای از سکوی پیش گرمکن مانده بود. کفش ایمنی در پا داشتم و ضمن کار پنجه پای راستم داخل این مواد شد. شدت داغی آنچنان بود که ناچار شدم برای چند دقیقه کفش را از پایم بیرون بیاورم. حال تجسم نمائید این مواد مختصر که این همه مدت در فضای باز بود اینچنین حرارت را در خود حفظ کرده و سوزاننده بود چه برسد به آنچه که با درجه حرارت حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد در سیکلون است.

بخاطر همین خصوصیت است که باید اولا از بالاترین نقطه مظنون به پر شدن کار بررسی را شروع کرد و ثانیا مطمئن بود که هیچ فرد یا جسم آتشگیری در نقاط پائین تر و اطراف پیش گرمکن نیست.

۹-۷-۳- رفتار مواد در چند روز بعد

سه چهار روزی سپری شده بود. مواد سفت و سخت شده بود و در نتیجه سرعت تخلیه از بالا بسیار کند پیش می رفت. ناچار بخش پائینی و مخروطی سیکلون شکافته شد.

به دلیل وضع فعلی مواد و همچنین وجود یک صفحه فلزی مچاله شده با سطحی در حدود ۱۲ متر مربع در داخل آن مطمئن بودیم در صورت شکافتن پائین سیکلون هجوم مواد پیش نخواهد آمد.

زیرا آنچه که موجود بود به صورت جسم یک پارچه ای داخل سیکلون طاق زده بود. چنین هم شد. پس از شکافتن بدنه و ایجاد شکافی به ابعاد ۱× ۱/۵ متر و جدا کردن محتاطانه آن متوجه شدیم که تمام مواد اطراف ورق مچاله شده قبلا به داخل کوره رفته است و آنچه که هست در بالای ورق است آن هم به صورت سخت شده و طاق زده می باشد. ابعاد ورق آنچنان بود که چاره ای جز تکه تکه کردن آن نبود. این کار هم چند روز طول کشید.

در نهایت پس از حدود ۱۰ روز شرایط آنچنان بود که پائین سیکلون شکافته شده، ورق مچاله شده، لوله هدایت گاز تکه تکه بیرون کشیده ش ده و حدود ۳۰ تن مواد نسبتا سرد در سیکلون طاق زده باقیمانده بود.

میله و دیلم به راحتی در مواد فرو می رفت و مقدار خیلی کمی از آن کنده می شد. درست مثل اسفنج یکپارچه و غیر قابل انعطاف عمل می کرد. روزانه حدود یک تن از این مواد تخلیه می شد. با یک حساب ساده اگر قرار بود کار به این روال پیش برود، میباید دو هفته دیگر نیز کوره می خوابید.

۹-۷-۴- استفاده از دینامیت

سوراخ های عدیده ای که در اثر فرو رفتن اهرم و لوله های هوا در داخل مواد ایجاد شده بود چال های معدن سنگ را تداعی کرد و به فکر انفجار افتادم. آتشکار ماهری داشتیم. حساسیت کار و میزان آسیب پذیری سیستم، مقدار دینامیت لازم و مقدار چاشنی را با او در میان گذاشتم و خوشبختانه به دلیل تجربه فراوان در معادن مختلف سیمان دورود، حس تجربی لازم برای تعیین میزان مواد منفجره در من وجود داشت.

قرار شد لوله های دینامیت را در مرکز توده مواد با فاصله معقول از جداره سیکلون و سقف آن قرار دهیم. پنج لول دینامیت در پنج نقطه مختلف کار گذاشته شد. جدا

گذاشتن لول های دینامیت به این خاطر بود که تمرکز قدرت انفجار پدید نیاید. همه دریچه ها را هم باز گذاشتیم تا موج انفجار، فشاری به سیستم نیاورد.
چاشنی ها وصل شد و هشدارهای لازمه برای آتشکاری داده شد. همزمان با صدای خفه انفجار غباری قهوه ای رنگ از دریچه ها بیرون زد. پس از فرونشستن غبار با اضطراب غیر قابل توصیفی به بازدید محل رفتم. نگران از اینکه مبادا آسیبی به سیستم وارد شده باشد. بحمدا... همه چیز بیش از حد انتظار خوب انجام شده بود. بخش عمده مواد پودر شده بود و به کوره رفته بود. کوچکترین آسیبی به سیکلون وارد نشده بود.
لبخند رضایت بر لب تمام آنهایی که در این ده روز گذشته به طریقی برای رفع گرفتگی زحمت کشیده بودند، نقش بست. بلافاصله مقدمات پاکسازی اطراف سیکلون با وصله کاری و نسوزکاری آن و گرم کردن کوره فراهم شد و دو روز بعد به کوره بار داده شد.
این گرفتگی دو هفته توقف کوره را در پی داشت و بحمدا... در طول این دو هفته هیچگونه حادثه و آسیب دیدگی برای هیچیک از افراد پیش نیامد.

۹-۷-۵- کارخانه دیگر

حدود دو ماه بعد در کارخانه دیگری گرفتگی سیکلون پیش آمد. رفع گرفتگی بسیار گران و غم انگیز به انجام رسید.
در این کارخانه که جدیدا راه اندازی شده بود تشکیل رینگ در کوره و گرفتگی های رایزر پایپ مسئله ای عادی شده بود. برای اولین بار کلوخه ای جلوی خروج مواد از لوله سیکلون را می گیرد. اتفاق نزدیکی های عصر بوده و در نتیجه اپراتور خیلی زود متوجه قطع جریان بار به کوره می شود و به فکر چاره می افتد. اپراتور حاضر مجرب بود ولی متوجه می شود که کارهای متعارف چاره ساز نیست و تا

مدیر کارخانه از شهر برسد هوا تاریک می شود بر اساس برآوردهایی که بعدا صورت گرفت حدود ۱۵ تن مواد در بخش مخروطی سیکلون جمع شده بود.
در آن مقطع زمانی جو سیاسی-اجتماعی خاصی بر این کارخانه حاکم بود. از جمله اینکه هر اتفاقی پیش می آمد هر کسی به خودش اجازه دخالت می داد و از سوی دیگر فرد مسئول می باید برای هر تصمیم گیری علاوه بر جنبه های فنی، جوانب سیاسی- اجتماعی تصمیم خود را نیز در نظر می گرفت.
تجسم منظره ای که تعداد زیادی افراد مربوط و نامربوط در اطرف سیکلون و طبقات مختلف پیش گرمکن جمع شده اند و همگی خود را صاحب نظر در رفع مشکل می دانند و از حادثه ای که در کمین آنهاست، غافلند، لرزه بر اندام می اندازد.
در نوشته های قبلی عرض کرده ام مسائل بهره برداری کوره سیمان عمدتا حالت سهل و ممتنع دارند، تا وقتی وجود دارند مشکل و لاینحل بنظر می رسند ولی وقتی رفع می شوند سهل و ساده جلوه می کنند.
سال قبل از این حادثه در این کارخانه شاغل بودم و خیلی خوب تمام افراد آنرا می شناختم و خوب می دانستم که در چنین لحظات حساسی دخالت افراد نامربوط بیش از حد کار را پیچیده تر می کند، هیچکدام از افراد حاضر، صلاحیت چاره اندیشی را نداشته اند.
راه حل وحشتناک یکی از حاضرین در صحنه بر فکر سایرین غلبه می کند و قرار بر این می شود که دریچه مجرای خروجی مواد زیر سیکلون را باز کنند واز زیر سیکلون مواد را تخلیه نمایند.
به دلیل همان جو حاکم کسی جرأت این را ندارد که افراد نامربوط را از صحنه دور کند.

چون هر کدام از افراد خود را متعهد به حضور در محل و نظارت بر کم و کیف کار و احتمالا دادن گزارش در اسرع وقت می دانستند.

فلنچ به راحتی از لوله جدا نمی شود، از تی فور استفاده می شود. مواد داغ و سیال بیرون می زند. جهنمی بپا می شود. ناله و داد و فریاد هجوم عده ای از طبقات پائین بسوی بالا و ریزش مواد بر سر آنها نه راه گریز هست، نه راه کمک، نه راه دسترسی، مواد هم به این زودی سرد نمی شود.

چهار نفر در دم چون شمع می سوزند. تعداد زیادی از جمله اپراتور اتاق کنترل، سرپرست و استادکاران تعمیرات سیار گرفتار سوختگی شدید می شوند. مدیر کارخانه به شدت آسیب می بیند.

یکی از این ۴ نفر کشته شده، کمک اتاق کنترل بود سه ماه قبل در کارخانه ای که من مدیر آن بودم کارآموزی می کرد. جوان نازنینی بود چند هفته قبل از پیش آمدن مشکل گرفتگی برا ی ما دوره اش تمام شده بود و برگشته بود. بارها تأسف می خورم که چرا چند هفته بیشتر نماند تا با تجربه ای افزون بر تجارب دیگر به محل کار خود باز گردد.

از چند نفر شنیدم در میان مواد جاری از سیکلون رقص مرگ عجیبی می کرده و مشت هایش را پر از مواد می کرده و بر سر خود می ریخته.

هر بار که به این کارخانه می روم، عکس های این چهار نفر کشته راه ناآگاهی از مسائل بهره برداری سیمان خاطره های زیادی از دوران تلاطم سالهای ۵۸ و ۵۹ را برایم تداعی می کند. خداوند همه ما را بیامرزد.

۱۰

حالت های اضطراری کوره

حتی در کوره هایی که بدرستی طراحی شده اند، گاهی کوره بان با وضعیتی اضطراری مواجه می شود که ایجاب می کند اقدامات فوری و جدی صورت دهد. معمولاً در اینگونه موارد زمان کافی برای مشورت با سایرین در مورد کاری که باید صورت گیرد وجود ندارد. تصمیمات سریع و مناسب باید با قاطعیت عمل شود تا بدینوسیله از وارد شدن خسارات عمده به کوره پیش گیری شود. در چنین حالات اضطراری باید کوره بان فکر خود را روی کنترل کامل خطر پیش آمده متمرکز نماید و فعلا از پایدار نگهداشتن کوره صرفنظر کند. واضح است که در چنین حالت هایی مهمترین ضرورت حفظ خونسردی و آرامش است.

مطالب زیر خلاصه نکاتی هستند که برای مراجعه سریع خواننده تدوین شده است. فهرستی در ابتدای بحث درج شده است که امکان دسترسی سریع به مطالب این بخش را فراهم میکند. موضوعات مورد بحث در اینجا نمونه های محدودی از حالت های اضطراری است که برای هر کوره ای پیش می آید و بهیچوجه کامل نیست. این نکات مبانی و سنگ بنای دستورالعمل های استاندارد، با شرح و گستردگی بیشتر هستند که می باید برای هر نوع کوره ای جداگانه تهیه و نوشته شوند.

هیچ آموزش کوره بانی کامل نیست مگر اینکه کارآموز دانش اینکه در مواقع اضطراری چکار بکند را داشته باشد. از آنجائیکه احتمالا وقت کافی برای تحقیق و مطالعه دستورالعمل ها و یا سؤال از دیگران در مورد اینکه چکار باید کرد وجود ندارد، لذا عکس العمل کوره بان باید کاملا طبیعی و خود جوش باشد.

باید مدیریت دستورالعمل های کاری زیر را مطالعه کند و آنها را قابل پیاده کردن برای سیستم کوره موجود بنماید. تطبیق هر دستورالعمل با شرایط هر کوره خاصی باید به نحوه مناسب باشد.

نکات اضطراری:

۱. وجود لکه قرمز روی بدنه
۲. سرازیر شدن مواد نپخته بسوی خنک کن
۳. خرد شدن رینگ مواد در داخل کوره
۴. منطقه پخت بطور خطرناکی داغ است
۵. افزایش ناگهانی درجه حرارت عقب کوره
۶. خروج دود سیاه از دودکش کوره
۷. شکل شعله ناجور است
۸. از بین رفتن آجر نسوز
۹. توقف سیستم حرکت خنک کن یا نوار نقاله کلینکر
۱۰. وجود کلینکر سرخ در خروجی خنک کن
۱۱. قطع برق
۱۲. آتش در منطقه زنجیر کوره های بلندتر یا بلند خشک
۱۳. بارندگی شدید با رعد و برق
۱۴. فشار مثبت بالا و ناگهانی در سر کوره

۱۰-۱- لکه قرمز روی بدنه

علائم:

- دیدن با چشم
- حرارت سنج بدنه: افزایش تیز و سریع درجه حرارت بدنه تا سطح ۴۵۰ درجه سانتیگراد
- ملاحظه قطعات آجر نسوز در داخل کلینکر جاری در منطقه پخت.

اثرات ممکنه و خطرات:

- تغییر شکل جدی کوره و صدمه دیدن بدنه کوره.

کارهای مورد توصیه:

- در صورت وجود لکه کوچک در بالای منطقه پخت یا وسط منطقه پخت:
  - کار عادی کوره را ادامه دهید ولی:
    - فن های خنک کن بدنه را در محل لکه روشن کنید.
    - شعله را کوتاه کنید تا خوراک سیاه (Black Feed) روی لکه بیاید و سعی کنید کوتینگ جدید تشکیل شود.
    - درجه حرارت منطقه پخت را در حد عادی نگه دارید.
    - ترکیب شیمیایی خوراک کوره را با هدف تهیه مواد زودپز تغییر دهید.
- لکه قرمز بزرگ در نزدیکی یا زیر تایر کوره یا مناطقی که معمولا در آنها کوتینگ تشکیل نمی شود، ظاهر شده است:
  - کوره را فورا متوقف کنید.

اخطار: تحت هیچ شرایطی نباید از پاشیدن آب روی لکه قرمز استفاده کرد چونکه این عمل سریعا منتج به آسیب دیدگی شدید بدنه می شود.

کارهای ممکنه برای پیش گیری از تکرار:

- مطمئن شوید که تغییرات در شکل و مشخصه های شعله باعث سایش موضعی یا پیوسته کوتینگ در اثر داغ شدن زیاد نشود (Flame Errosion).
- روش های آجرچینی مناسب را بکار ببرید.
- توقفات و حالات واژگونه کوره را بحداقل برسانید.

- از پختن مواد دیر پز احتراز کنید (مثلا خوراک کوره با درصد مناسب فاز مایع برای تشکیل کوتینگ تهیه نمائید).

۱۰-۲- مواد نپخته در خنک کن کلینکر

علائم:

- هجوم مواد خام بسوی منطقه پخت و پشت آن
- «خوراک سیاه» بیش از نصف طول شعله بسوی منطقه پخت پیش آمده است..
- تیره شدن منطقه پخت.
- سرخی صفحات مشبک خنک کن.
- افزایش سریع درجه حرارت خنک کن مشبک و کلینکر خروجی.
- افزایش سریع آمپر زنجیر نقاله خنک کن.

اثرات ممکنه و خطرات:

- آسیب حرارتی به صفحات خنک کن و سیستم حرکت آن.
- خاموش شدن شعله منطقه پخت.
- آتش روی نوار نقاله های کلینکر.

اخطار: وقتی که امکان دیدن منطقه پخت بشدت محدود شده است موضوع ناقص سوختن را بررسی نمائید.

کاری که باید انجام شود:

اولین و مهمترین کار اینست که منتظر رسیدن مواد نپخته به خنک کن نشوید، بلافاصله پس از ملاحظه اولین نشانه های اشکال در منطقه پخت بشرح زیر عمل کنید:

- بلافاصله دور کوره را به حداقل برسانید (یا کوره را روی موتور کمکی قرار دهید).
- مقدار سوخت و دور فن کوره را بر اساس دستورالعمل های استاندارد کاهش دهید و بدینوسیله درجه حرارت عقب کوره را ثابت نگهدارید.
- سرعت حرکت خنک کن را کم کنید (به حالت دستی قرار دهید) و بدینوسیله فرصت بیشتری به مواد برای خنک شدن بدهید.
- میزان جریان هوا به داخل خنک کن را برای حداکثر سرعت خنک کردن افزایش دهید. و ضمنا مواظب باشید فشار سر کوره مثبت نشود.
- به تمام افراد غیرمجاز دستور دهید دور از سکوی کوره و خنک کن بروند.

راه های پیشگیری از تکرار مجدد:

- دفعات بازدید چشمی از منطقه پخت را برای دریافت زودتر حالات واژگونه خنک کن زیاد کنید.
- میزان خروج کلینکر از کوره را با قابلیت خنک کن مقایسه کنید و شرایط پایدار کار کردن کوره را ارزیابی نمائید.

۱۰-۳- خرد شدن رینگ مواد در داخل کوره

علائم:

- ملاحظه کلوخه های بزرگ در منطقه پخت.
- افت ناگهانی مکش عقب کوره.
- افت مقدار اکسیژن در گازهای عقب کوره.
- تمایل به مثبت بودن فشار سر کوره.
- تغییر ناگهانی آمپر مصرفی موتور کوره.

اثرات ممکنه و خطرات:

- وجود بار اضافی ناشی از هجوم مواد نپخته در خنک کن.
- هجوم مقادیر زیاد خوراک کوره به منطقه پخت.
- آسیب دیدن صفحات و سیستم حرکت خنک کن.
- مسدود شدن کلینکر شکن بوسیله قطعات و کلوخه های درشت.
- خروج کلینکر سرخ از خنک کن.

کاری که باید انجام شود:

وقتیکه مقدار خوراک کوره و قطعات رینگ در منطقه پخت بسیار بزرگ است:

- فورا دور کوره به حداقل کاهش داده شود.
- مقدار سوخت و دور کوره را کاهش دهید تا درجه حرارت عقب کوره تحت کنترل باشد.
- کلید کنترل خنک کن را روی دستی قرار دهید و سرعت آنرا کم کنید.
- مقدار جریان هوای خنک کن را، بی آنکه فشار درب کوره مثبت شود تا مقدار حداکثر ممکن تنظیم کنید.
- نفراتی را در کنار خنک کن و کلینکر شکن بگمارید تا مواظب اضافه بار، داغ شدن و مسدود شدن ها باشند.

راه های ممکنه برای پیش گیری از تکرار مجدد:

- بررسی ترکیب شیمیایی خوراک کوره و مقدار مواد برگشتی به منظور امکان حذف شرایط تشکیل رینگ.
- طبق برنامه منظم اقدام به کندن و حذف رینگ، گرفتگی های سنگین و تجمع مواد، بکمک ابزارهای خاص طراحی شده برای این کار بنمائید.
- بر اساس دستورالعمل منظما اقدام به تغییر روزانه طول منطقه پخت نمائید (مثلاً موقعیت مشعل را هر روز صبح تغییر دهید)

۱۰-۴- منطقه پخت بطور خطرناکی داغ است

علائم:

- گلوله شدن کلینکر در منطقه پخت.
- چکیدن کوتینگ از جدار کوره.
- لغزش بستر مذاب کلینکر در منطقه پخت.
- حرارت سنج منطقه پخت درجه حرارت بسیار بالایی را نشان می دهد.
- فشار زیر صفحات خنک کن بسیار بالاست.
- رنگ منطقه پخت زرد مایل به سفید است.

اثرات ممکنه و خطرات:

- از بین رفتن کوتینگ و صدمه حرارتی به آجر نسوز منطقه پخت.
- پدید آمدن لکه های قرمز روی بدنه کوره.
- صدمه حرارتی به خنک کن و اجزاء درب کوره.

کارهای ممکنه:

- مقدار سوخت را به حداقل کاهش دهید تا حالت گلوله شدن کلینکر موقف شود.
- دور کوره را به اندازه ۵-۱۰ دور در ساعت افزایش دهید تا گلوله شکسته شود.
- حداکثر جریان هوا را در خنک کن برقرار کنید (بدون اینکه فشار سر کوره مثبت شود).
- مقدار هوای اولیه را کاهش دهید.
- سپس، بمحض اینکه هدف اولیه شکستن گلوله تحقق یافت:
- دور کوره و سرعت فن کوره را کاهش دهید، مقدار سوخت را افزایش دهید تا به شرایط کار عادی برسید.

راه های پیش گیری:

- اگر حالت گلوله شدن متناوبا پیش می آید و ناشی از زودپز بودن مواد است، باید آزمایشگاه خوراک کوره با درصد فاز مایع کمتر تنظیم کند.
- مکررا وضعیت منطقه پخت را با دقت بررسی نمائید.
- موقعیت و شکل شعله را ارزیابی کنید، امکان باریکتر و طویل تر شدن شعله را بررسی نمائید.

۱۰-۵- افزایش شدید و ناگهانی درجه حرارت عقب کوره

دلائل ممکنه:

- کاهش مقدار خوراک کوره.
- وجود مواد سوختنی در گاز خروجی.
- بالا بودن سرعت فن کوره.
- وجود آتش در منطقه زنجیر.

اثرات ممکنه و خطرات:

- بوجود آمدن شعله در منطقه زنجیر کوره های تر و خشک بلند.
- صدمه حرارتی بعقب کوره، گردگیرها و اجزاء پیش گرمکن.
- اشتعال تأخیری سوخت در عقب کوره.

کارهای ممکنه:

- فورا الکتروفیلتر را از مدار خارج کنید.
- فورا سوخت و دور فن کوره را کاهش دهید تا به درصد اکسیژن کمتر از ۰/۳ درصد در گاز خروجی برسید.

اخطار: مقدار سوخت را کاملا قطع نکنید زیرا این کار خطر انفجار را بدنبال دارد.

- دور کوره و مقدار خوراک کوره را افزایش دهید.
- به افراد اخطار کنید که از عقب کوره دور باشند.

- هیچ دریچه ای را در عقب کوره باز نکنید.
- سپس به محض اینکه هدف اولیه یعنی کنترل درجه حرارت عقب کوره حاصل شد:
- متغیرهای کنترل کوره را به حالت نرمال برگردانید تا به شرایط کار عادی کوره برسیم.
- عقب کوره را بازرسی کنید تا زیان های حرارتی احتمالی تعیین شوند.

راه های پیش گیری:

- هیچگاه بیش از ۱۰ دقیقه کوره بدون خوراک کار نکند.
- علائم هشدار دهنده و ابزارهای سنجش مناسبی تعبیه نمائید تا قبل از خارج شدن کنترل درجه حرارت عقب کوره، اخطار لازم بشود.
- در مواقع راه انداختن، متوقف کردن و واژگونه بودن کوره دقت نظر روی نحوه احتراق، وضعیت عقب کوره و چگونگی جریان خوراک کوره داشته باشید.

۱۰-۷- خروج دود سیاه از دود کش کوره

علائم:

- وجود مواد قابل اشتعال در گازهای خروجی.
- اکسیژن موجود در گاز خروجی بسیار کم است.
- بدلیل شرایط نامناسب احتراق شعله خاموش می شود.
- درجه حرارت منطقه پخت بسیار پائین است.
- مصرف سوخت اضافی و یا وجود مکش ناکافی در کوره.

اثرات ممکنه و خطرات:

- انفجار و یا آسیب حرارتی به دستگاه های عقب کوره.

کارهای ممکنه:

- فورا الکتروفیلتر را از مدار خارج کنید.
- فورا مقدار سوخت را کاهش دهید سوخت را (قطع نکنید) و دور فن کوره را افزایش دهید تا:
  - مواد قابل اشتعال در گاز خروجی صفر شود.
  - اکسیژن در گاز خروجی بین ۰/۲ تا ۰/۵ درصد برسد.
- پس از اینکه رنگ دود سیاه روشن شد، حالت اکسیژن پائین و مواد قابل اشتعال در حد صفر را برای حداقل مدت ۱۰ دقیقه نگهدارید و سپس متغیرهای کوره را برای رسیدن به حالت نرمال تغییر دهید.

راه های پیش گیری:

- کنترل روی شعله و شرایط اشتعال را بهینه کنید.
- مکررا وضعیت مقدار سوخت، آنالیز گاز کوره، شعله و مکش کوره را در شرایط راه اندازی و واژگونه کوره، مورد بررسی و بازدید دقیق قرار دهید.

۱۰-۷- شعله نامنظم

علائم:

- شکل شعله نامنظم و غیر معمول است.
- بخش های جدا شده از شعله به آجر نسوزهای قسمت خروجی برخورد میکند.

اثرات ممکنه و خطرات:

- صدمه حرارتی به آجر نسوز، بدنه کوره و درب کوره.
- پدید آمدن لکه های قرمز در روی بدنه و خروجی کوره.
- صدمه حرارتی به قطعات فولادی لبه خروجی.

کارهای ممکنه:

- لوله مشعل را عیب یابی کنید.

- اگر شعله نامنظم است و شدیدا به نسوزهای پائین منطقه پخت کوره برخورد میکند، فورا کوره را بخوابانید.
- اگر شعله مختصری بهم خورده است، موقعیت مشعل و مقدار هوای اولیه را نتظیم کنید و برنامه تعمیرات مشعل در توقف بعدی کوره را تدوین نمائید.

اعمال پیشگیری:

- بازرسی منظم، نگهداری و تعمیر لوله مشعل در ضمن هر توقف دراز مدت کوره.
- حفاظت لوله مشعل با نسوزکاری مناسب آن.
- پس از توقف کوره یا حداقل برای مدت ۲ ساعت هوای اولیه جریان داشته باشد و یا اینکه لوله مشعل را فورا عقب بکشید.
- بررسی انجام تغییراتی در طرح مشعل و لوله آن

۱۰-۸- از بین رفتن بخشی از نسوز کاری

علائم:

- وجود قطعات آجرهای نسوز کنده شده، در کلینکر جاری در منطقه پخت.
- وجود لکه قرمز خطی شکل روی بدنه کوره.
- افزایش سریع درجه حرارت موضعی بدنه کوره.

اثرات ممکنه و خطرات:

- صدمه حرارتی و تغییر شکل بدنه کوره.
- فروریختگی بیشتر آجرنسوز در برخی از قسمتهای دیگر کوره.

کارهای ممکنه:

- فورا کوره را متوقف نمائید.

اعمال پیشگیری:

- از دستورالعمل ها و روش های مناسب برای آجرچینی استفاده کنید.

- تنظیم بودن کوره و اوالیته بدنه را هر ساله بازرسی کنید.
- بررسی کنید که آیا سازنده آجرنسوز، آجرهای با شکل یکنواخت، ابعاد مناسب و درز انبساط مطلوب داده است یا نه.
- بهنگام توقفات و سرد بودن کوره از چرخاندن زیادی کوره احتراز کنید.

۱۰-۹- توقف سیستم حرکت خنک کن یا نقاله کلینکر

علائم:

- وجود بار اضافی روی صفحات خنک کن.
- وجود کلوخه های بزرگ کوتینگ در خنک کن.
- وجود فشار بالا در زیر صفحات خنک کن.
- مشاهده آمپر بالای سیستم حرکت کولر قبل از توقف آن.
- مسدود شدن ناودانی (Chute) های انتقال کلینکر.

اثرات ممکنه و خطرات:

- صدمه حرارتی به اجزاء خنک کن.

کارهای ممکنه:

- فورا دور کوره به حداقل تقلیل داده شود و برای راه اندازی مجدد نقاله کلینکر یا سیستم حرکت اقدام شود.
- اگر امکان راه اندازی مجدد در مدت ۵ دقیقه وجود ندارد، کوره را متوقف کنید.

توجه: پس از اینکه کوره متوقف شد امکان کمتر چرخاندن کوره. در فواصل زمانی کمتر را به منظور پیش گیری از ورود بار اضافی به خنک کن را بررسی نمائید (ناگزیر کوره باید متناوبا چرخانیده شود)

راه های پیشگیری:

- تنظیمات آمپر کولر برای مواقع بار اضافی را بررسی کنید.
- هنگامیکه در منطقه پخت بار سنگینی ملاحظه می شود، قبل از بار اضافی به خنک کن، متغیرهای کوره (مثلا دور کوره) را به مقدار مناسب تنظیم نمائید.

۱۰-۱۰- وجود کلینکر سرخ در خروجی خنک کن

علائم:

- آمپر بالای زنجیر نقاله کلینکر.
- افت ناگهانی فشار زیر صفحات خنک کن (افتادن صفحات خنک کن)
- بالا بودن آمپر سیستم حرکت خنک کن و ارتفاع بستر کلینکر.
- جمع شدن قطعات کوتینگ در دهانه ورودی خنک کن.
- تشکیل استالاگمیت در دهانه ورودی خنک کن.
- ورود بار ناهمگون و توزیع نامناسب آن در خنک کن.
- جریان ناکافی هوا به داخل کولر.

اثرات ممکنه خطرات:

- صدمه حرارتی به اجزاء خنک کن.
- صدمه حرارتی به دستگاه انتقال کلینکر.

اعمال ممکنه:

- فورا از خنک کن بازدید نمائید و دلیل وجود کلینکر سرخ در خروجی را تعیین کنید اگر صفحه خنک کن افتاده است کوره را متوقف کنید.
- اگر کولر اضافه بار دارد دور کوره را تا مقدار حداقل کم کنید و دور حرکت خنک کن را نیز کم کنید تا زمان کافی برای خنک کردن وجود داشته باشد.
- جریان هوا بداخل خنک کن را افزایش دهید.

- روی قسمت خروجی آب بپاشید و برای پیش گیری از آسیب دیدن نوار نقاله مسیر کلینکر را تغییر دهید.

کارهای پیشگیری:

- در صورت تکرار اشکال در صفحات مشبک:
  - همرا با قسمت تعمیرات امکان نصب غلط صفحات را بررسی نمائید.
  - روی کیفیت صفحات و پیچ های مورد استفاده بررسی نمائید.
- متناوبا بار در یک سمت خنک کن است:
  - روی احتمال تغییر طرح خنک کن بررسی شود.
  - روی امکان حذف تشکیل استالاگمیت (آدم برفی) در ورودی خنک کن بررسی شود.
- وجود اضافه بار متناوب در خنک کن در اثر واژگونه شدن کوره.
  - قبل از اینکه مواد نپخته وارد خنک کن شود و کولر اضافه بار پیدا کند، دور کوره را کم کنید (کارهای اصلاحی لازم، قبل از اینکه کوره و خنک کن از کنترل شما خارج شوند را انجام دهید)

۱۰-۱۱- قطع برق

اثرات ممکنه و خطرات:

- خمیدگی بدنه کوره
- صدمه حرارتی به لوله مشعل، ابزارهای سنجش و دستگاه های قسمت خروجی کوره.

کارهای ممکنه:

- فورا، ژنراتور کمکی و فن هوای اولیه را روشن کنید.

- لوله مشعل را بیرون بکشید و گیرنده تلویزیون واقع در درب کوره را محافظت کنید.
- در کمتر از ۱۰ دقیقه پس از قطع برق کوره را به اندازه یک چهارم بچرخانید.
- دریچه سمت تغذیه کوره را دستی ببندید و بدینوسیله از خروج حرارت داخل کوره توسط مکش طبیعی پیشگیری کنید.

۱۰-۱۲- «آتش» در منطقه زنجیر

علائم:

- افزایش سریع و ناگهانی درجه حرارت میانی کوره و درجه حرارت گازهای خروجی
- ملاحظه با چشم

اثرات ممکنه و خطرات:

- ذوب شدن و افتادن زنجیرها
- صدمه به بدنه کوره در منطقه زنجیر
- در کوره های سیستم تر: انفجار ناشی از ایجاد بخار آب
- صدمه حرارتی به دستگاه های عقب کوره

کارهای ممکنه:

اخطار: تحت هیچ شرایطی نباید به عقب کوره آب وارد کنید.

- فورا سوخت را بحداقل برسانید (ولی هرگز سوخت را کاملا قطع نکنید). همزمان دور فن کوره را پائین بیاورید تا درصد مواد قابل سوختن به صفر و درصد اکسیژن به کمتر از ۰/۳ برسد.
- دور کوره و مقدار خوراک کوره را به زیاد کنید تا جائیکه درجه حرارت عقب کوره تحت کنترل درآید.
- در کوره های سیستم تر: تمام افراد را از سکوی کوره دور کنید.

۱۰-۱۳- بارندگی شدید یا رعد و برق

اثرات ممکنه و خطرات:

برای کوره هائی که در معرض این بلای طبیعی هستند:

- از دست رفتن کوتینگ و ریزش آجرنسوز
- صدمه حرارتی به بدنه کوره
- امکان قطع برق

اعمال ممکنه:

اگر طوفان در فاصله زمانی کوتاهی پس از توقف کوره واقع شود:

- با موتور کمکی با تناوب بیشتر و یا بطور یکنواخت کوره را بچرخانید.
- ژنراتور کمکی را راه بیاندازید تا در صورت قطع برق، آماده سرویس دهی باشد.

۱۰-۱۴- فشار بالا و ناگهانی سر کوره

دلائل ممکنه:

- اشکال در فن کوره (I.D.Fan).
- شکستن رینگ یا گرفتگی های داخل کوره.
- اشکال در ابزار دقیق مربوط به هوای کولر، دریچه هواکش کولر، یا کنترول فن کوره.
- انفجار بخار آب در کوره های سیستم تر.

اثرات ممکنه و خطرات:

- تمام پرسنل حاضر در سکوی کوره در معرض خطر هستند.
- صدمه حرارتی به دستگاه های واقع در سکوی کوره و درب کوره.

کارهای ممکنه:

- فورا تمام افراد را از سکو دور کنید.

- فورا سوخت را به حداقل برسانید و سرعت فن کوره را افزایش دهید.
- مقدار هوای جاری زیر صفحات خنک کن مشبک را کم کنید.
- دریچه هوای اضافی خنک کن را دستی باز کنید.