

بسم الله الرحمن الرحيم

جزوه ی درسی اصول طراحی کوره های صنعتی

دکتر رضا قاسم زاده

مقدمه :

یکی از موارد بسیار مهم ، در صنعت ، صرفه جویی در انرژی و همین طور ، تولید قطعات با کیفیت می باشد .

از آنجایی که ، در طراحی و تولید قطعات مهندسی متالورژی ، از روش های پیرو متالورژی (بیش از ۹۰ %) که نیاز به کوره دارند بسیار استفاده می شود به همین منظور آشنایی با اصول کوره های صنعتی ، از اهمیت بسیار خاصی برخوردار است تا هم بتوان ، در مصرف انرژی در حد امکان صرفه جویی کرد و هم بهترین قطعه را با بهترین روش تولید نمود .

در درس اصول طراحی کوره های صنعتی به عمده مطالب زیر به طور مختصر و جهت آشنایی دانشجویان عزیز با این اصول اشاره می شود .

۱ : انواع کوره ها و دسته بندی آنها از نظر سوخت .

۲ : انواع کوره ها از نظر روش تولید .

۳ : غبار و انواع غبارگیر .

۴ : انواع سوخت ها و مسائل مربوط به آنها .

۵ : کک سازی .

۶ : بیلان کوره و انرژی در کوره ها .

پاییز ۱۳۹۲

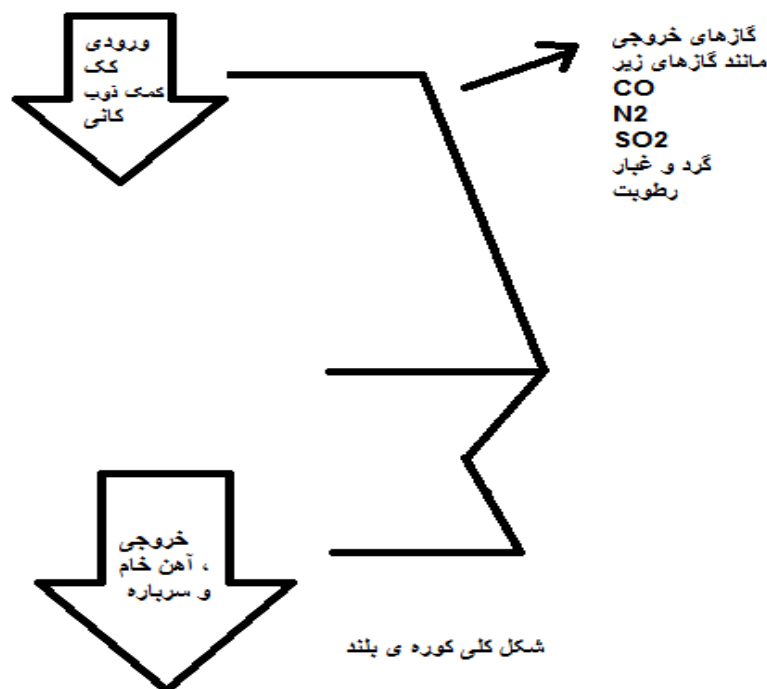
انواع کوره ها :

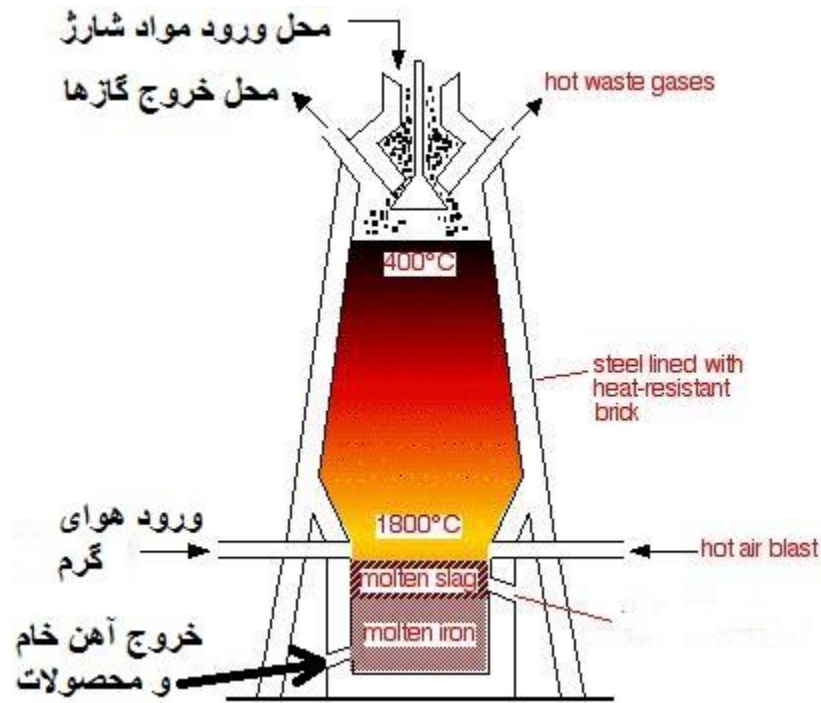
۱ : کوره های الکتریکی ، مانند کوره های مقاومتی القایی ، قوس الکتریک که منبع تولید انرژی آن الکتریکی است .

۲ : کوره های سوخت سوز ، مانند کوره های جامد سوز ، مایع سوز ، گاز سوز و مخلوط سوز که منبع آن گاز و سوخت های فسیلی است .

کوره های جامد سوز ، که شامل کوره های اصلی کوره ی بلند و کوره ی کوپل هستند.

کوره ی بلند ، آهن خام تولید می کند ، در تصاویر زیر ، شمای کلی کوره ی بلند نمایش داده شده است ، نکته ی قابل توجه در مورد این کوره ها این است که نمی توان ، گازها و غبارات خروجی را در هوا رها کرد.





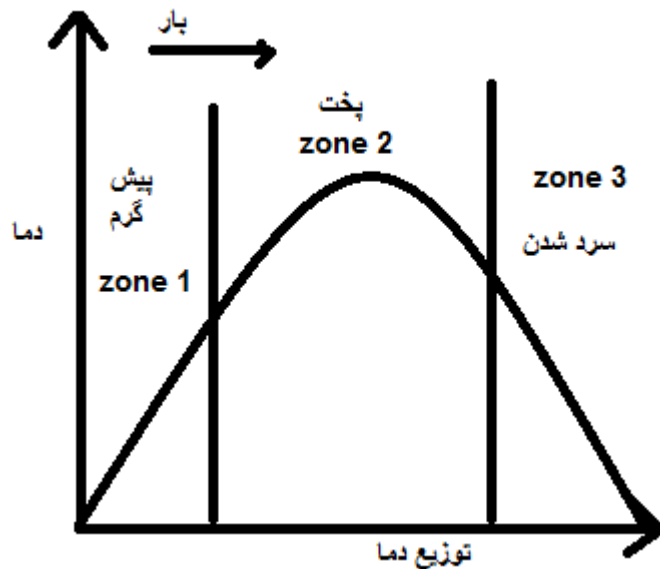
انواع کوره ها از نظر روش تولید :

- ۱ : کوره های مداوم ، که در آنها توزیع دما ثابت است .
 - ۲ : کوره های غیر مداوم ، مانند کوره ی بلند که یک کوره ی غیر مداوم است .
- کوره های مداوم مانند کوره های پخت ، گرم کن ، عملیات حرارتی .
- به طور کلی کوره ها دارای سه قسمت اصلی هستند :

۱ : ناحیه پیشگرم

۲ : ناحیه پخت

۳ : ناحیه خنک شونده



در طول فرآیندهای مورد نظر ، معمولا از هوای گرم داخل کوره ، به عنوان پیشگرم استفاده می شود .

انواع کلی کوره ها :

۱ : کوره های واگنی

۲ : کوره های ریلی

۳ : کوره های فشار

۴ : کوره های گام به گام

کوره های واگنی : برای تولید سرامیک های ریز ، ظروف ، ایراد اصلی آن در این است که حرارت زیادی را تلف می دهد . ولی مزیت اصلی آن تولید بالاو سرعت تولید خوب است .

عوامل موثر در این کوره : طول کوره ، تعداد مشعل ها ، سرعت حرکت واگن ها ، نوع سوخت مشعل ، نحوه ی پیشگرم ، حجم این نوع کوره ها معمولا بالاست .



نمونه ای از یک کوره ی واگنی

کوره های فشاری : این نوع کوره ها ، برای تولید قطعات بزرگ استفاده می شوند . خاصیت این نوع کوره ها این است که قطعه مستقیماً با کف کوره تماس ندارد.

کوره های گام به گام : این کوره ها ، معمولاً بر روی یک سری اهرم قرار گرفته اند و سپس مقداری به جلو حرکت کرده و قطعه را جا به جا می کنند . ایراد اصلی کار آنها زمان طولانی تولید قطعه است. معمولاً ۱۶ ساعت طول می کشد .

نسوز کوره ها : به علت شوک به وجود آمده ناشی از حرارت کوره ها ، انتخاب نسوز مناسب بسیار پر اهمیت است ، به عنوان مثال ، نسوز های سرامیکی ، تا یک حدی حرارت تولید کرده و در یک جا خود نسوز های ، نابود می شوند.

گرد و غبار : تمامی کوره هایی که مصرف کانی دارند ، دارای گرد و غبار می باشند.

خطرات گرد و غبار : ۱- آسیب تنفسی شدید ۲- آسیب به محیط زیست

حذف گرد و غبار :

روش های مختلفی برای حذف گرد و غبار پیشنهاد شده است ، این روش ها به ترتیب زیر هستند.

۱: استفاده از فضای بزرگ

۲: روش سیلیکونی

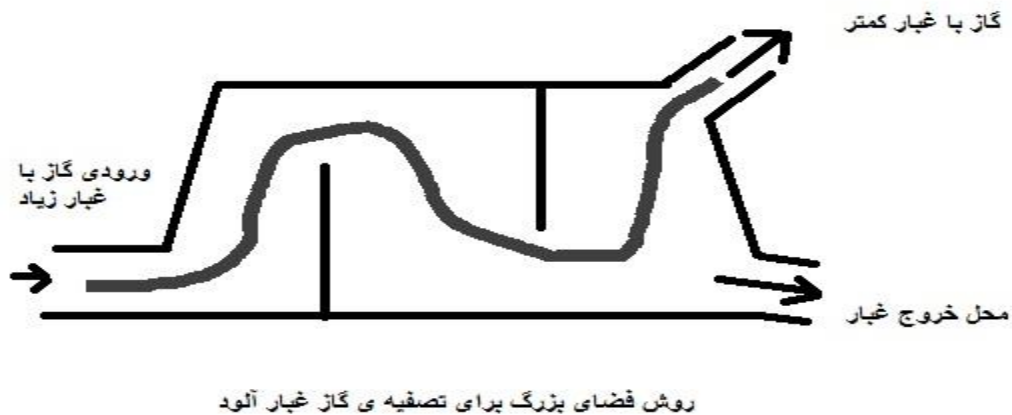
۳: روش مرطوب

۴: روش الکترواستاتیکی

عمده تفاوت های این روشها در میزان بازدهی می باشد.

۱ : استفاده از فضای بزرگ :

در این روش ، گاز غبار آلود را از یک فضای بزرگ که دارای موانعی است ، عبور می دهند ، گاز غبار آلود با چند بار حرکت در این مسیر ، به علت سنگین بودن غبار ، غبار به پایین ریخته و گاز دارای غبار کمتر از بالا خارج می شود .



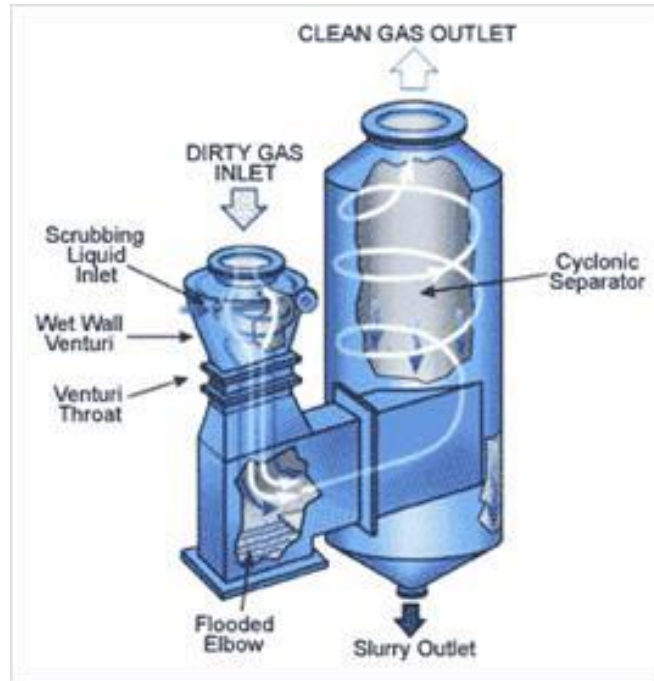
اشکال این روش ، بازدهی کم آن است ، بازدهی آن حدود ۴۰ % می باشد.

۲ : روش سیلیکونی

در این روش ، گاز غبار آلود ، تحت چرخش قرار گرفته و به علت نیروی گریز از مرکز ، غبار که سنگین تر است ، ریخته می شود و گاز از بالاتر خارج می گردد.

این روش به دو دسته ی کلی حلزونی (شکل ۲) و گردبادی (شکل ۱) تقسیم بندی می شود.

شکل ۱ : روش گردبادی در این روش ، گاز بدون غبار از بالا و غبار از پایین محفظه خارج می شود . بازده این روش ، تقریبا ، ۷۰ % است .



شکل ۲ : روش حلزونی : در این روش ، به علت پیچش موجود در مقطع ، غبار سنگین به پایین ریخته و گاز بدون غبار از بالا خارج می شود . بازده آن نیز حدود ۷۰-۸۰٪ است .



شکل ۲ ، غبارگیر حلزونی

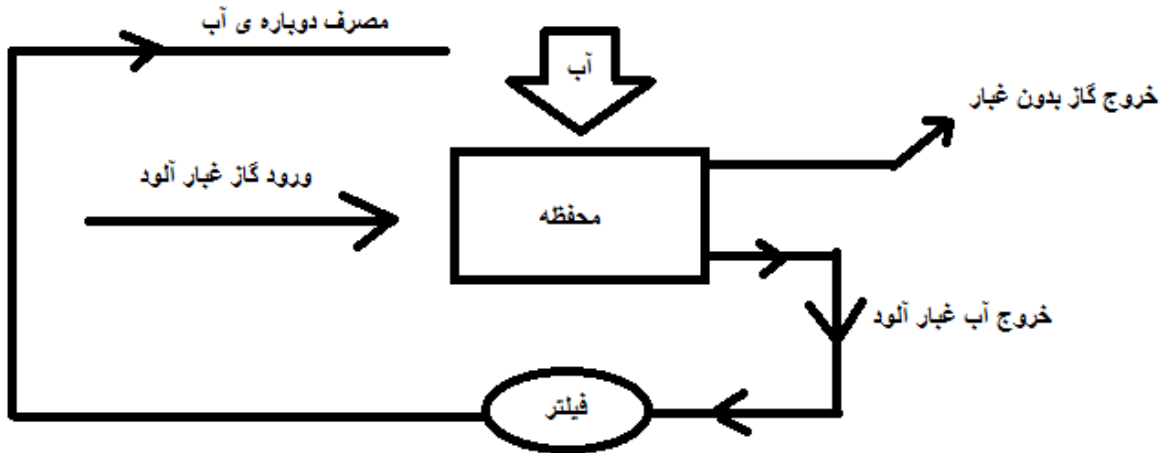
۳ : روش مرطوب : در این روش ، گاز غبارآلود را وارد محفظه ای می کنیم و سپس آب از بالا بر روی مجموعه ریخته می شود . در این صورت ، از یک طرف گاز بدون غبار داریم و از طرف دیگر آب غبار آلود . آب غبار آلود را باید تصفیه نمود و در مصارف بعدی از آن استفاده کرد.

برای تصفیه ی آب غبار آلود ، آن را وارد حوضچه هایی می کنیم ، سپس با فیلتر کردن آن ، آب تصفیه می گردد. لازم به ذکر است از کانی به دست آمده می توان دوباره استفاده کرد ، چرا که همان مواد داخل کوره می باشد.

اشکالات این روش : ۱ - مصرف زیاد آب ۲- کاهش کشش طبیعی دودکش (آب باعث سرد شدن گاز می شود)

مزیت : راندمان بالای ۹۰٪ .

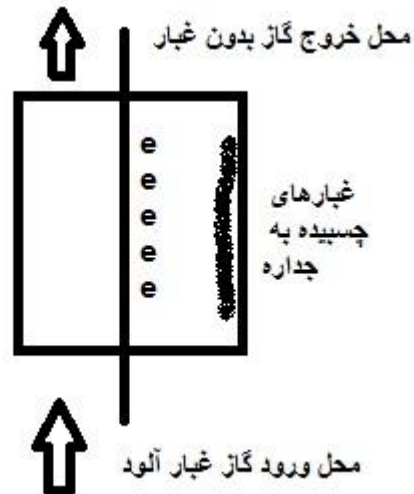
شکل زیر شمایی کلی از این روش را نشان می دهد.



روش الکترواستاتیکی :

در روش الکترو استاتیکی ، یک استوانه را در نظر بگیرید که میله ای در وسط آن قرار دارد . این میله دارای بار الکتریکی منفی (e) می باشد. گاز غبار آلود از پایین وارد شده و به علت بار الکتریکی میله ، به دیواره های استوانه می چسبد . چنانچه طول لوله زیاد و جریان مناسب باشد ، کلیه ی غبارها بر روی جداره چسبیده و با قطع جریان ، غبار به پایین می ریزد.

در این روش برای خذف کامل غبار ، باید آن را در اندکی آب حل کرد ، اما چون عموماً این غبار از همان کانی های داخل کوره است ، بعد از تایید آزمایشگاه دوباره همراه با بار از آن استفاده می شود .



غبار گیر الکترو استاتیکی

انواع کوره ها از نظر دمای مورد نظر : کوره های سرد که دمای آنها زیر ۱۰۰۰ درجه ی سلسیوس است و کوره های گرم که دمای آنها بالای ۱۰۰۰ درجه ی سلسیوس است. به همین منظور انتخاب سوخت مناسب جهت تولید درجه حرارت مورد نظر بسیار اهمیت دارد .

سوختها : سوخت ها به طور کلی به سه دسته ی سوختهای گازی ، جامد و مایع تقسیم بندی می شوند. در فرآیند تولید سوخت ، ابتدا نفت خام وارد پالایشگاه می شود ، سپس بعد از مرحله ی رسوب گیری ، قسمتی از آن صادر شده و باقی وارد مرحله ی پالایش می شود و انواع سوخت ها را تولید می کند . سوخت های گازی از C۱ الی C۵ ، سوخت های مایع از C۵ الی C۲۵ و سوخت های جامد از C۲۵ به بالا هستند.

سوخت های گازی :



گاز طبیعی بیش از ۹۰ % متان CH_4 دارد . ویژگی های اصلی این گاز :

۱- خوب می سوزد . ۲ - آلودگی کمتر دارد . ۳- ارزان است . ۴ - فراوان است .

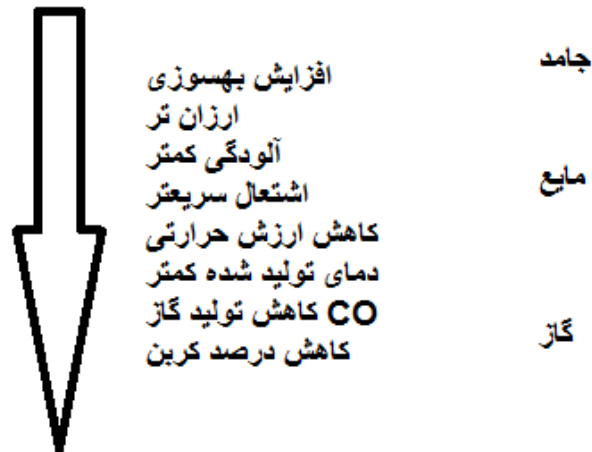
اما اشکال اصلی این سوخت اینجاست که ارزش حرارتی پایینی دارد.

CNG : جایگاه سوختی آن C_2 می باشد و ارزش حرارتی بالاتری نسبت به گاز طبیعی دارد.

LPG : در استفاده از گاز LPG بسیار نیاز به دقت است ، چرا که مرز بین گاز و مایع و در محدوده ی C۵ قرار دارد ، به همین منظور زود مایع شده و امکان خطر وجود دارد.

سوخت های مایع : سوخت های مایع به دو دسته ی سبک و سنگین تقسیم بندی می شوند . سوخت های مایع سبک شامل بنزین C۱۱-C۶ ، نفت سفید C۱۵-C۱۱ و گازوئیل C۲۵-C۱۵ تقسیم بندی شده و سوخت های مایع سنگین از C۲۵ به بالا هستند . مزیت سوخت سنگین ، ارزش حرارتی بالاتر ، دمای بالا و ارزان بودن است ، اما در مقابل ، معایب آن بدسوزی و ناخالصی در سوخت است . سوخت سنگین همانند مازوت و...

مقایسه ی سوخت های جامد ، مایع ، گاز

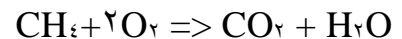


نفت کوره ، C۲۵ به بالا : مزایای این سوخت : ۱ - ارزان است . ۲ - فراوان است . ۳ - ارزش حرارتی بالایی دارد . ۴ - دمای بالایی ایجاد می کند.

عیوب نفت کوره : ۱ بد می سوزد . ۲ - آلودگی بالایی دارد . ۳ - با توجه به وجود عناصر مختلف آلودگی نامشخص است . ۴ - در اثر وجود وانادیم خوردگی داغ ایجاد می کند .

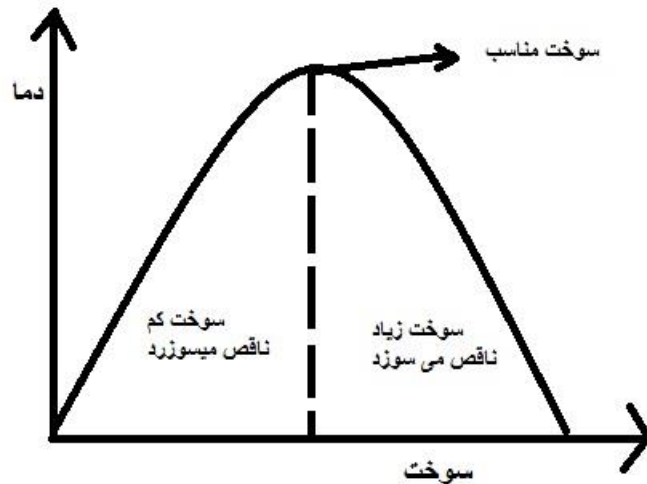
حدود شعله وری :

محدوده ای است از سوخت و هوا که در آن محدوده ، عمل اشتعال به صورت کامل صورت می گیرد . برای مثال اگر سوخت زیاد و هوا کم باشد ، عمل اشتعال درست انجام نمی شود.



توضیح رابطه ی بالا : به عنوان مثال ، اگر یک حجم متان را با ۱۰ حجم هوا مخلوط کنیم ، آنگاه کامل میسوزد . به این مدل ، مدل استوکیومتری گویند. برای احتراق کامل ، باید مدل استوکیومتری برقرار باشد.

نمودار استوکیومتری برای احتراق :



تعریف احتراق : ترکیب هر ماده ی سوختنی با اکسیژن که با شعله همراه باشد را احتراق می گوئیم . اگر شعله نباشد ، عمل احتراق کند است . مانند خوردگی.

کک سازی : زغال سنگ های مختلف دارای ترکیبات مختلفی است ، به همین دلیل همواره باید توجه به ذغال سنگ ورودی به کوره داشت. به همین خاطر زغال سنگها را گرفته ، مخلوط کرده و تغییراتی را در یکسان سازی خواص آنها انجام می دهیم.

انواع زغال سنگ : کک شو و کک نشو.

روش تشخیص : فرض می شود زغال خورد شده و در ظروف بزرگی ریخته می شود ، سپس تحت حرارت قرار می گیرد تا گونه ای از مواد فرار آن خارج شد. سپس مقداری از آن نیز به صورت قیر و قطران خارج می شود . اگر این زغال بعد از حرارت دادن تبدیل به زغال نرم شد ، کک شو و در غیر این صورت کک نشو است .

از آنجا که زغال کشور ما نیز کک نشو است ، زغال وارداتی را با زغال کک مشو مخلوط کرده و زغال کک شو به دست می آوریم .

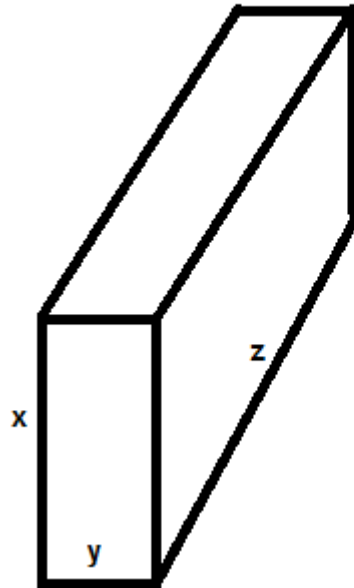
علل اصلی تهیه ی کک :

۱ : افزایش استحکام زغال سنگ

۲ : افزایش ارزش حرارتی زغال سنگ

۳ : به دست آوردن قیر و قطران و مواد فرار دیگر.

سلول کک سازی :



x=ارتفاع 10 متر
y=ضخامت 60 سانتیمتر
z = طول 16 متر

سلول کک سازی ، در صورتی که تعدادی از این سلولها در کنار هم قرار بگیرند ، باطری کک سازی به وجود می آید.

همانطوری که در شکل مشخص است سلول کک سازی یک مکعب است که ارتفاع آن ۱۰ متر ، ضخامت یا عرض آن ۶۰ سانتی متر و طول آن ۱۶ متر است . روش کار بدین صورت است که بار به داخل سلول ریخته می شود که به آن مرحله بارگیری گویند. حدود ۸۰٪ سلول پر خواهد شد . سپس نوبت به مرحله ی پخت می رسد . در این مرحله ، مشعلهای بیرون سلول روشن شده و پخت زغال با دمایی بالای ۱۰۰۰ درجه ی سلسیوس شروع می شود . زمان مناسب ، بسته به نوع زغال از ۱۶ الی ۲۴ ساعت می باشد که زمان مناسب معمولا ۲۰ ساعت است . در این زمان نیز قیر و قطران هم خارج می شود .

برای تخلیه کک ها ، ابتدا درهای سلول باز شده و سپس با فشار از عقب کک ها تخلیه می شوند.

برای خاموش کردن کک ۲ روش وجود دارد ، خاموش کردن تر و خاموش کردن خشک .

خاموش کردن تر :

در این روش ، برای خاموش کردن کک ها ، روی آنها آب می ریزیم ، به این روش خاموش کردن تر گویند . ایرادات این روش :

۱ : حرارت بسیار زیادی تلف می شود .

۲ : خرد شدن کک به علت تنش دمایی بالا.

۳ : انتشار مقدار زیادی گاز هیدروژن و CO_2

خاموش کردن خشک : برای این روش ، از روی کک دارای حرارت بالا ، گاز خنثی رد کرده تا حرارت آن گرفته شود ، حرارت گرفته شده را می توان برای تولید برق و حرکت توربین های صنایع اطراف به کار برد . دمای کک در این روش ، ۲۰۰-۳۰۰ درجه C می رسد و به همین خاطر است که لازم است ، دوباره با آب سرد می کنیم .

چگونگی افزایش دمای کوره :

۱ : پیشگرم کردن بار ، سوخت ، هوا. در این روش ، قبل از ورود هر یک از مواد به داخل کوره ، آنها را پیشگرم کرده تا از مصرف انرژی بیهوده جلوگیری شود .

۲ : افزایش اکسیژن موجود در هوا . هرچه میزان اکسیژن بیشتر باشد ، دمای داخل کوره راحت تر و سریع تر بالا می رود و نمودار زیر بیان گر این موضوع است .



نمودار دمای کوره و میزان اکسیژن موجود .

انواع آب :

آب شرب ، آب مقطر ، آب کشاورزی و آب صنعتی .

آب شرب آبی است که فاقد باکتری و دارای املاح معدنی مناسب برای انسان باشد.

آب مقطر استفاده های آزمایشگاهی داشته و فاقد مواد معدنی می باشد.

آب کشاورزی ، فاقد مواد شیمیایی است .

آب صنعتی : آب صنعتی باید فاقد رسوب باشد . چون اگر دارای رسوب باشد :

بدیهی است با رسوب مواد موجود در آب در لوله ها ، انتقال حرارت کاهش یافته و قطر لوله تدریجا کم میشود.

مواد رسوب کننده در آب عمدتاً کلسیم و منیزیم هستند ، که با عناصر سدیم و پتاسیم تعویض می شوند.

بیان در کوره ها :

۱ : بیان جرم ۲ : بیان حرارت

۱ : بیان جرم :

$$\sum_{i=1}^n M = 0$$

۲ : بیان حرارت :

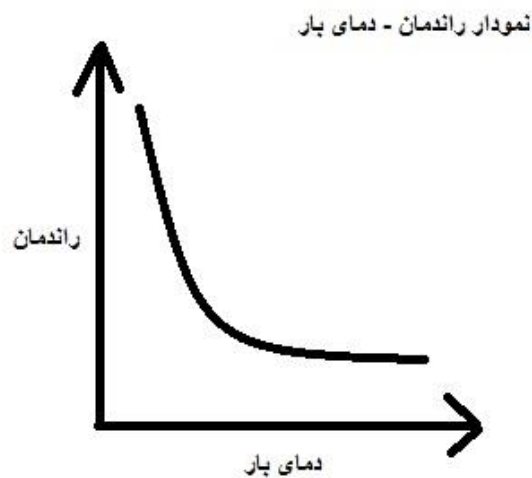
$$\sum_{i=1}^n Q = 0$$

راندمان کوره ها :

به طور کلی راندمان اغلب کوره ها پایین است . راندمان کوره عبارت است از :

حرارت جذب شده توسط بار تقسیم بر کل حرارت ورودی ضرب در ۱۰۰ .

با افزایش بار راندمان افزایش می یابد و با افزایش دمای بار ، راندمان کاهش می یابد.



نمونه سوالات پایانی :

- ۱ : احتراق ، اشتعال و حدود شعله وری را توضیح دهید ؟
- ۲ : انواع سوخت های گازی ، با ذکر معایب و مزایا ؟
- ۳ : کک سازی ، مراحل مختلف کک سازی ، دلایل استفاده از کک را بیان کنید .
- ۴ : گازهای خروجی از کوره بلند و همچنین مراحل تصفیه گازها و غبارگیری ؟
- ۵ : غبار گیر و انواع آن؟ یکی را به دلخواه توضیح دهید .

- ۶ : بیان حرارتی در کوره ها ، با ذکر رابطه ی آنها ؟
- ۷ : راندمان و بازدهی کوره ها را تعریف و نمودار آن را رسم کنید .
- ۸ : راه های افزایش راندمان را در کوره ها بیان کنید .
- ۹ : انواع کوره ها را بر اساس استفاده ی دمایی و استفاده ی صنعتی ذکر کنید .
- ۱۰ : علل عدم وجود رسوب در آب صنعتی را بیان کنید .
- ۱۱ : چگونگی افزایش دمای کوره را با ذکر نمودار آن بیان کنید .
- ۱۲ : معایب خاموش کردن تر را در روش کک سازی بیان کنید (۳ مورد) ؟
- ۱۳ : سوخت های گازی ، مایع و جامد را با هم مقایسه کنید (۵ مورد) ؟
- ۱۴ : مزایا و معایب استفاده از نفت سنگین را بیان کنید ؟ (حداقل ۵ مورد)
- ۱۵ : مدل استوکیومتری ، برای سوختن را توضیح داده و نمودار آن را رسم کنید .
- ۱۶ : انواع زغال سنگ را نام برده و علل استفاده از زغال کک شو را بیان کنید .
- ۱۷ : خاموش کردن خشک را در کک سازی توضیح دهید .
- ۱۸ : انواع آب را توضیح داده و موارد مصرف هر کدام و خواص آنها را ذکر کنید .
- ۱۹ : انواع کوره ها را بر اساس نوع سوخت توضیح دهید .
- ۲۰ : کوره ی بلند را توضیح داده و شکل آن را رسم کنید .