

کوره القایی

h-Daneshmand.ir

رئوس مطالب

- مقدمه
- کوره القایی کانالی یا هسته ای
- کوره های بدون هسته
- عوامل موثر در کار کوره
- کنترل خوردگی و فرسایش در کار کوره
- انتخاب فرکانس
- مواد دیر گداز
- استرکشی کوره القایی
- عمل ذوب
- راندمان کوره القایی
- منابع و مآخذ

به طور کلی قسمت های مختلف کوره های القائی عبارتند از :

الف - بوته :

حاوی اسکلت فلزی کوره ، کوئل ، جداره نسوز - هسته ترانسفورمر، بوغها (yokes) پلات فرم (سکو).

ب - تاسیسات الکتریکی :

شامل دژنکتور، سکیونر، ترانسفورماتور، مبدل فرکانس ، خازن ها ، چوکها، کلید ها، کولرها، مکندوها و تابلو های کنترل.

پ - تاسیسات خنک کن :

تاسیسات الکتریکی کوره القائی مثل ترانسفورماتور چوک ، خازن ها ، کلیدهای فشار قوی و تابلو مدار فرمان در محدوده ی زمانی خاصی می توانند کار کنند و اگر از حد معینی گرمتر شوند باعث ایجاد مشکلاتی می گردند ، لذا این تاسیسات باید خنک گردند ، خنک کردن تاسیسات الکتریکی می تواند ب فن ، اراکندیشن یا کولر گازی صورت گیرد .

کوئل و بدنه کوره در کوره های بوته ای و کوئل ، پوسته ی اینداکتور ، پوسته خنک کن و گلوئی کوره در کوره های کانال دار نیز باید خنک شوند این قسمت ها عموماً با آب خنک می گردند (برخی از کوره های کوچک کانال دار بگونه ای طراحی می شوند که تمام قسمت های فوق الذکر یا قسمتی از آن با هوا خنک می شود) و تاسیسات مخصوصی شامل مبدل های حرارتی ، پمپ ، برج خنک کن و غیره را دارا می باشد و معمولاً مقصود از تاسیسات خنک کن همین قسمت می باشد .

ت - تاسیسات حرکت بوته :

برای کوره های بزرگ هیدرولیکی و برای کوره های کوچک مکانیکی یا هیدرولیکی است و شامل جک های هیدرولیک ، پمپ هیدرولیک، مخزن روغن ، شیر ها ، فیلتر ها ، دیگر تاسیسات هیدرولیک و میز فرمان هیدرولیک یا سیستم های چرخ دنده ای دستی یا چرخ دنده ای موتوردار.

ث - محل استقرار کوره :

شامل اتاق محل استقرار بوته (furnace pit) ، فونداسیون ، چاله ی تخلیه ی اضطراری ، محل استقرار تاسیسات الکتریکی ، هیدرولیکی و خنک کن و محل استقرار تابلو های مدار فرمان ، تابلوی کنترل مدار آب و میز فرمان هیدرولیک می باشد .

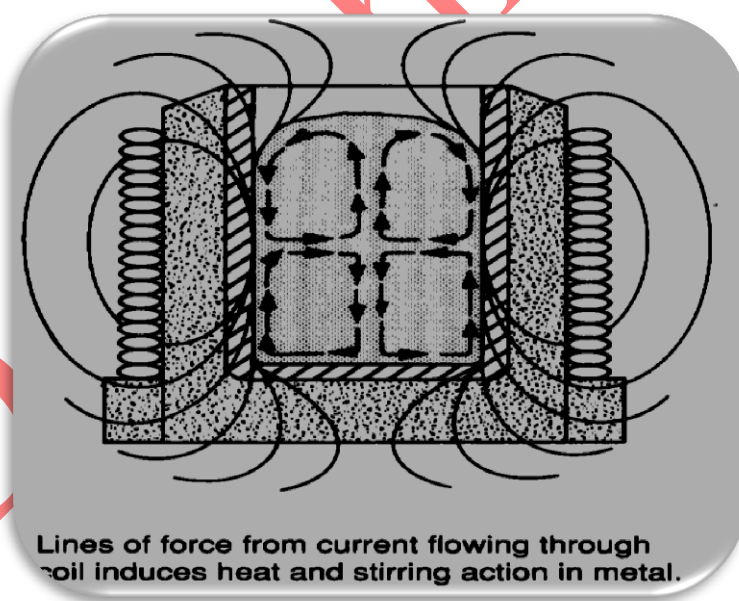
ج - تاسیسات تهویه :

بوته ای ظرفیت بوته ، فرکانس کوره (خط ، متوسط ، بالا)، سیستم خنک کن کور سیستم حرکت بوته و نوع جداره نسوز تفاوت هایی داشته اما در اصول همسانی زیاد وجود دارد .

به طور کلی مسائل مربوط به کوره های القائی بوته ای و کانال دار از جمله عوامل موثر در کار کوره ، چگونگی کنترل خوردگی و سایش و ... تاسیسات دوده و غبار گیر، بخصوص در کوره های بوته ای بزرگ را نیز می توان از تاسیسات مهم کوره بحساب آورد .

هر کدام از شش قسمت فوق مسائل و برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص دارد که این برنامه بسته به نوع کوره (کانال دار) ، با یکدیگر تفاوت هایی دارند لذا بهتر است دراین بررسی هر کدام به صورت جداگانه ای مورد مطالعه قرار گیرند .

اصولاً کار کوره القایی تشابه زیادی به ترانسفورماتوری دارد که سیم پیچ اولیه آن سیم پیچ کوره و سیم پیچ ثانویه آن بار کوره است. تعداد سیم پیچ های کوره زیاد است و بار کوره یک حلقه با مدار کوتاه می باشد که جریان متناوب باعث می شود جریان به مراتب بزرگتر را در بار کوره القا نماید. حوزه القایی درون شارژ کوره، مخالف جریان وارده است پس بین این دو نیروی دافعه وجود دارد. چون سیم پیچ ثابت است مذب حرکت می کند. که خود یک امتیاز کوره القائی محسوب می شود. فرکانس جریان با همزدن مذب رابطه عکس دارد مثلاً جریان با فرکانس پائین همزدن را شدیدتر می کند که خود یکنواختی درجه حرارت، ترکیب شیمیایی و قادر ساختن کوره برای تولید فولاد آلیاژی با عناصر آلیاژی متنوع را باعث می شود.



کوره های القایی از نظر شکل و وضعیت سیم پیچ به دو دسته کلی تقسیم می شوند :

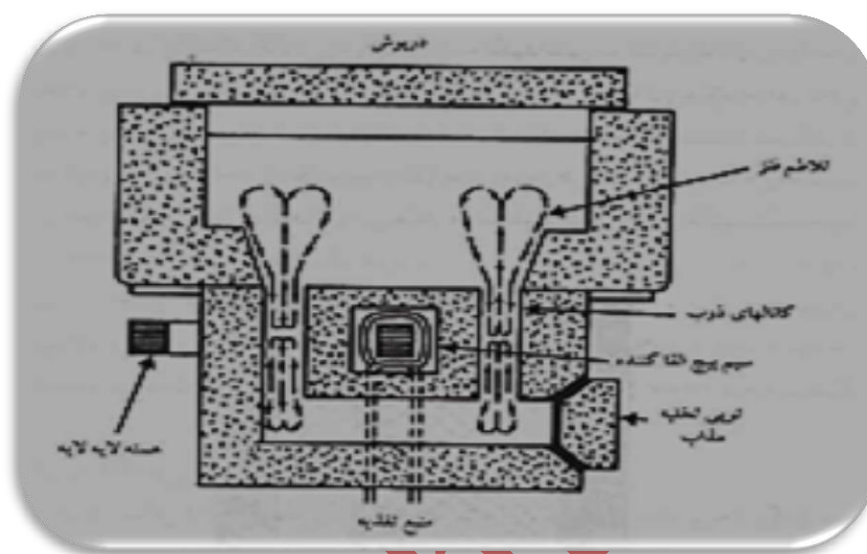
الف: کوره های هسته ای (کانالی)

ب: بدون هسته

از دیگر مزیت های کوره های القایی می توان به عدم وجود گاز و شعله اکسید کننده اشاره کرد همچنین عدم تماس هوا با سطح مذاب و کاهش آلودگی این کوره ها.

الف: کوره القایی کانال یا هسته ای

در کوره کانالی، سیم پیچ کوره یا سیم پیچ اولیه به دور یک هسته آهن لایه لایه که کانال را احاطه کرده و به بدنه کوره وصل می شود، پیچیده شده است کانال کوره ممکن است به شکل V, U یا W باشد که به طراح کوره بستگی دارد و همچنین نوع آلیاژی که ذوب می شود.

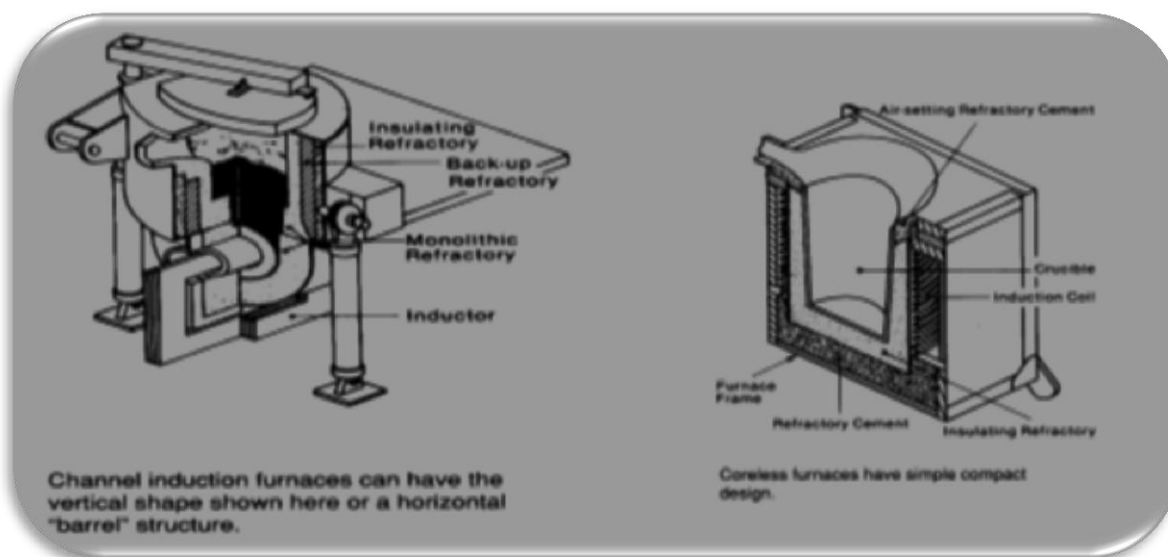


برش یک کوره القایی کانالی یا هسته ای

این گونه کوره ها به جریان برق شهر مستقیماً از طریق ترانسفورماتور وصل می شوند. این فرکانسها در اروپا ۵۰ و در آمریکا ۶۰ هرتز می باشد. در کانال ها گرما بر فلز مستقیماً اثر می کند و نیروی مغناطیسی باعث می شود که فلز از کوره به داخل کانال و بلعکس جریان پیدا کند. درجه حرارت فلز در کانال ۱۰۰ درجه بالاتر از درجه حرارت آن در بدنه کوره است. این کوره با قراضه سرد شروع به کار نمی کند زیرا فلز در کانال گرم می شود. به همین دلیل قبل از شروع با قراضه سرد باید کوره را با استفاده از شعله گاز یا نفت گرم کرد و قراضه را بصورت سیال در آورد.

به این دلیل کوره القایی هسته دار را به عنوان منبع تولید گرمای زیاد و نگهدارنده مذاب برای کوره های ذوب دیگر استفاده می کنند. همین امر باعث بالا رفتن هزینه کوره های القایی می شود که برای کاهش هزینه در روز از توان کامل استفاده می شود و در شب با پائین آوردن توان آن، به عنوان نگه دارنده مذاب به کار می رود. استفاده از این کوره ها به عنوان واحد ذوب، محدود به آهن و مواد غیر آهنی می باشد که مسئله جذب گاز در آنها مثل فولادها مشکل زیادی ایجاد نمیکند. (درجه حرارت در کانال بیش از ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد)

ب: کوره القایی بدون هسته



عوامل موثر در کار کوره :

مهمترین عوامل موثر در بالا بردن راندمان کاری کوره عبارت است از : اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره ، شارژ مناسب ، اپراتوری صحیح ، وضعیت جداره نسوز.

الف : اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره :

کوره های القایی بسته به نوع آن (کانال دار ، بدون هسته) ، ظرفیت آن ، مقدار فرکانس ، نوع سیستم خنک کن ، سیستم حرکت بوته و نوع جداره ی نسوز برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص به خود دارد و باید به دقت اجرا شود اصول و خطوط کلی تعمیر و نگهداری کوره های القایی در قسمت های بعدی خواهد آمد

ب : شارژ مناسب :

کوره های بدون هسته ذوب القایی با فرکانس پایین تر از ۲۵۰ هرتز تمام ذوب خود را تخلیه نمی کنند تا زمان شارژ بعدی کوتاه تر شود . بعلت وجود ذوب در این کوره های مواد شارژ باید عاری از روغن و رطوبت باشد در غیر این صورت خطر پاشش ذوب و قطعات شارژ جامد به بیرون از کوره وجود دارد ضمنا وجود روغن و دیگر مواد آلی باعث ایجاد دود در کارگاه می شود . سرد بودن سرباره نسبت به ذوب در کوره های القایی ضمن اینکه این کوره ها را در امر احیای مواد اکسیدی ناتوان می کند باعث می شود این کوره ها نتوانند مقدار زیاد مواد اکسیدی ، خاک و سرباره را تحمل کنند و وجود مقادیر زیاد مواد غیر فلزی غیر آلی باعث ایجاد پل بالای ذوب بالای ذوب بخصوص هنگام سرد بودن ذوب می شود که خود می تواند مشکلاتی را در کار کوره ایجاد کند.

ابعاد نامناسب شارژ نیز می تواند هم مستقیما به جداره صدمه بزند و هم در ایجاد پل روی ذوب کمک نماید.

پ : اپراتوری صحیح :

چرخش و تلاطم ذوب در کوره های القائی بدون هسته به خصوص با فرکانس های پایین تر باعث می شود تهیه ذوب با آنالیز معین و همگن و درجه حرارت مشخص و یکنواخت ، ساده تر شود .
با این حال برای بالا رفتن راندمان و سلامت کوره اصولی را در کار با کوره باید رعایت کرد انتخاب شارژ مناسب ، دمای صحیح ذوب در مراحل مختلف، فرآیند تهیه ذوب ، شارژ کوره به روش صحیح ، اضافه کردن مواد آلیاژی و دیگر مواد افزودنی در زمان های صحیح و مقادیر معین ، توجه به تابلو های مدار فرمان و ابزار و وسائل هشدار دهنده و توجه به مسائل ایمنی از جمله وظائفی است که اپراتور کوره (کوره دار) هنگام کار با کوره باید رعایت کند ، اپراتوری کوره با توجه به نوع کوره ظرفیت آن ، نوع ذوب تهیه شده، نوع شارژ مواد جامد و پارامتر های دیگر تفاوت می کند .

برنامه تعمیر و نگهداری کوره ، انتخاب شارژ مناسب و اپراتوری صحیح از جمله دستور العمل هایی است که معمولاً فروشنده یا سازنده کوره همراه کوره ارسال می کند و می بایست جهت سلامت و بالا بودن راندمان کوره به آن ها عمل کند .

ت : وضعیت جداره نسوز :

جداره کوره های القائی می تواند در اثر سایش مکانیکی به وسیله ذوب و شارژ جامد خوردگی شیمیایی به وسیله سرباره ، ذوب و آتمسفر کوره ، شوک های مکانیکی و حرارتی ، کندگی و انهدام در اثر برخورد و تصادم با شارژ جامد شیوه شارژ نامناسب و غیر متناسب بودن ابعاد و کیفیت شارژ ، درجه حرارت بیش از اندازه بالای ذوب آسیب دیده یا نازک گردد .(نصب و پخت ناصحیح جداره و هر گونه انفجار به هر دلیلی داخل کوره نیز می تواند باعث انهدام یا آسیب به جداره نسوز شود .

و یا در اثر رسوب مواد غیر فلزی غیر آلی بر جداره ضخیم گردد که هر دو مورد برای کوره مضر می باشد .
مورد اول (نازک شدن جداره) گر چه در مرحله اول باعث بالا رفتن توان گرمایی کوره می شود ولی در مجموع عمر جداره را پایین آورده و گاهی باعث توقف های اضافی می گردد مورد دوم (ضخیم شدن جداره) باعث پایین آمدن راندمان کاری کوره شده و گاهی در شارژ کردن نیز اختلال ایجاد می کند . برای شناخت علل ضخیم شدن جداره و نازک شدن جداره بر اثر فعل و انفعال شیمیایی باید ترمومتالورژی ذوب ، سرباره ، آتمسفر کوره و آستر نسوز را شناخت به عنوان مثال وجود اکسید های قلیایی در ذوب آلومینیم در کوره هایی با جداره آلومینایی باعث اکسید شدن آلومینیم مذاب و تشکیل آلومینا و رسوب آن بر جداره و نتیجتاً ضخیم شدن جداره می گردد در صورتی که وجود اکسید های قلیایی در کوره های با جداره سلیسی باعث خوردگی شدید آستر نسوز می گردد .

کنترل خوردگی و سایش :

جداره کوره های بوته ای بسته ای به شرایط کاری ، نوع جداره از نظر شیمیایی و فیزیکی ، نحوه نصب ، رطوبت گیری و پخت آستر ، نوع و کیفیت شارژ جامد و نحوه شارژ می تواند هنگام کار ضخیم گردد یا اینکه در اثر سایش ، فرسایش خوردگی شیمیایی نازک گردد نازک شدن به مفهوم نزدیک شدن ذوب به کوئل و ضخیم شدن به معنای دور شدن ذوب از کوئل می باشد . با نازک شدن جداره و نزدیک شدن ذوب به کوئل فوران مغناطیسی جذب شده توسط کوئل افزایش پیدا کرده نتیجتاً آمپری که توسط کوئل کشیده می شود افزایش پیدا می کند بنابراین اگر مقدار آمپری که توسط کوئل در یک ولتاژ معین کشیده می شود با یک حجم ذوب معین (درجه حرارت ذوب تاثیر جزئی نیز بر آمپر کشیده شده دارد به هر حال دقیق تر است که درجه حرارت هم تقریباً جهت مقایسه یکسان باشد در کوره هایی که فرکانس متغیر است مقایسه باید در یک فرکانس مشخص صورت گیرد .) در حالت جداره ی نو با حالت جداره خورده شده مقایسه گردد افزایش آمپر مشاهده خواهد شد . با اضافه شدن مقدار آمپر کشیده شده که بیانگر جذب بیشتر فوران مغناطیسی توسط ذوب است خاصیت سلفی (inductive) مدار بیشتر می شود و در نتیجه ضریب توان $\cos \alpha$ از یک به سمت خاصیت سلفی منحرف می شود و برای یک کردن ضریب توان نیاز به مقدار خازن بیشتری در مدار می باشد . بنابراین بهترین راه کنترل خوردگی جداره زمانی که ذوب داخل کوره می باشد مشاهده مقدار جریان الکتریکی کشیده شده توسط کوئل ، ضریب توان و مقدار خازن های داخل مدار و مقایسه ی آن ها با حالت جداره نو می باشد . عکس مطالب فوق در هنگامی است که جداره ضخیم گردد بدین معنا که با ضخیم شدن جداره ذوب از کوئل دور شده و در نتیجه حجم فوران مغناطیسی جذب شده توسط ذوب کاهش می یابد و بالتبع جریان کشیده شده توسط کوئل کم می شود و نتیجتاً مدار خازنی capacitive می شود و ضریب توان از یک به سمت خازنی منحرف می گردد و برای یک کردن $\cos \alpha$ نیاز است مقداری خازن از مدار خارج شود بنابراین با کنترل مداوم آمپر کشیده شده توسط کوئل ضریب توان $\cos \alpha$ و مقدار خازن در مدار برای تصحیح ضریب توان و مقایسه آن با حالت جداره نو می توان دریافت که جداره نازک شده است و یا ضخیم ، مقادیر الکتریکی فوق را می توان در رابطه زیر خلاصه کرد :

مقاومت حمام مذاب (اهم) ضرب در توان کوره (وات) برابر است ولتاژ کوره (ولت).

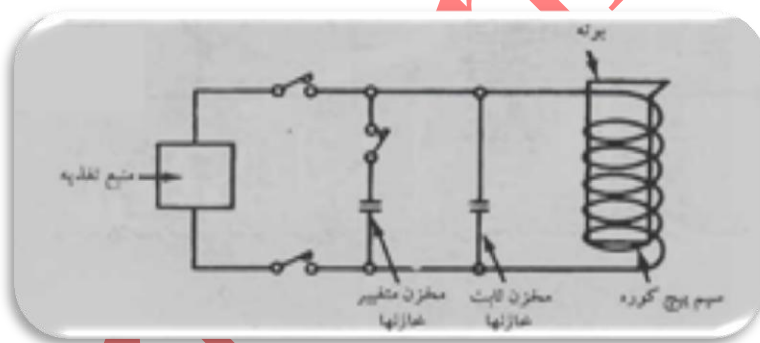
مقاومت حمام زمانی که از مذاب پر است و درجه حرارت ذوب نزدیک به درجه حرارت استفاده می باشد و ولتاژ کوره در یکی از ولتاژ های بالا قرار دارد اندازه گیری می شود این اندازه گیری به طور مداوم از زمانی که کوره نو کوبی شده است انجام می شود کاهش مقاومت حمام به معنای نازک شدن جداره و نزدیک شدن ذوب به کوئل ایست و افزایش مقاومت حمام به مفهوم ضخیم شدن جداره و دور شدن ذوب از کوئل می باشد معمولاً اگر مقاومت حمام ۲۰ درصد کاهش یافت به مفهوم این است که جداره نسوز نیاز به تعمیر دارد این نکته را باید یاد آور ساخت که با نازک یا ضخیم شدن جداره بالانس فاز کوره هم غیر متعادل شده و در

نتیجه مقدار خازن در مدار برای متعادل کردن فاز ها نیز تغییر می کند منتها جهت کنترل خوردگی یا ضخیم شدن جداره نیاز چندانی به کنترل بالانس فاز نمی باشد از طرفی با خورده شدن جداره یا ضخیم شدن آن مقدار حرارت منتقل شده به کوئل تغییر یافته و در نتیجه گرمای آب عبوری از داخل کوئل تفاوت می کند و اختلاف دمای آب ورودی با آب خروجی تغییر می کند . با نزدیک شدن ذوب به کوئل ، اختلاف دمای ورودی و خروجی افزایش و با دور شدن ذوب از کوئل اختلاف دمای ورودی و خروجی کاهش می باید از آن جا که بر افزایش و کاهش دمای آب عوامل مهم دیگری نیز موثر هستند این پارامتر به تنهایی نمی تواند معیار سنجش قرار گیرد و در جوار پارامتر های الکتریکی فوق اشاره می توان از آن بهره گرفت در برخی از کارخانجات این مفهوم اشتباه به وجود آمده است که نزدیک شدن ذوب به کوئل را اهم متر کوره نشان می دهد ، در صورتی که اهم متر مقاومت الکتریکی جداره را تعیین می نماید و جداره ی سالم حتی با ضخامتی معادل کمتر از ۱/۶ ضخامتی اصلی دارای مقاومت الکتریکی به اندازه کافی بالائی است که اهم متر نتواند تشخیص بدهد اگر جداره خیس باشد یا در اثر نفوذ ذوب به جداره اتصال کوتاه به وجود آمده باشد اهم تر وضعیت را نشان می دهد زمانی که اهم متر اعلام خطر می نماید (در بعضی کوره ها اهم متر مقاومت الکترکی تمامی قسمت های تاسیسات الکتریکی کوره و بوت ه را همزمان کنترل می کند . در این حالت باید اول مشخص گردد که اتصال کوتاه در بوت ه است یا تاسیسات الکتریکی و بعد تصمیمات لازم اتخاذ گردد). چه از خیس شدن جداره و چه از اتصال کورته باشد باید بلافاصله کوره تخلیه گردد و در جهت رفع عیب تلاش شود . یاد آوری این نکته ضروری است که در زمان پخت جداره مقاومت الکتریکی جداره به خاطر وجود مختصری رطوبت در جداره ، پایین است که این مورد غیر از موارد یاد شده در فوق می باشد ، بنابراین مشخص است که اهم متر خوردگی جداره را نشان نخواهد داد و هنگامی که اهم متر مشخص می کند مقاومت الکتریکی جداره پایین آمده به مفهوم اعلان خطر است و باید ذوب کوره بلافاصله تخلیه گردد . پس مقاومت الکتریکی جداره جهت کنترل سلامت جداره باید مرتب و مداوم بازرسی گردد ولی جهت کنترل نازک یا ضخیم شدن جداره در هنگام پر بودن کوره از ذوب باید ذوب کوره بلافاصله تخلیه گردد پس مقاومت الکتریکی جداره جهت کنترل نازک یا ضخیم شدن جداره در هنگام پر بودن کوره از ذوب باید از ضریب توان $\cos \alpha$ مدار ، آمپر کشیده شده توسط کوئل و مقدار خازن تصحیح $\cos \alpha$ بهره جست ، مشخص است در صورتی که خوردگی جداره موضعی باشد یا در ناحیه ای خوردگی و در ناحیه ای دیگر افزایش ضخامت جداره داشت ، چرا که خوردگی موضعی کوچک گر چه می تواند خطر آفرین باشد اما تاثیر چندانی بر آمپر کشیده شده توسط کوئل ندارد و در صورتی که خوردگی در یک ناحیه با ضخیم شدن در ناحیه ی دیگر توأم باشد بعلت خنثی کردن اثر یکدیگر باعث گمراهی کنترل کننده خواهد شد . بنابراین جهت کنترل دقیق تر وضعیت جداره از روش های دیگری هم استفاده کرد . در کوره های با فرکانس بالاتر از ۲۵۰ هرتز چون ذوب کوره پس از آماده شدن کاملاً تخلیه می گرد ، می توان از مشاهده مستقیم نیز

استفاده کرد و خوردگی های موضعی را تشخیص داد . در کوره های با فرکانس خط و فرکانس سه برابر (۱۵۰ یا ۱۸۰ هرتز) چون ذوب کوره کاملا تخلیه نمی گردد ، مشاهده تمام کوره امکان ندارد اما قسمت های فوقانی را می توان مشاهده کرد .



در این قسمت، مجموعه سیم پیچ یک کوره القایی ۵۰ کیلوپی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز مشاهده می شود. در این شکل عایق بندی بین دورهای سیم پیچ مسی نشان داده شده است.



خلاصه مدار الکتریکی یک کوره القایی بدون هسته

در بعضی از کوره ها سیم پیچ از دو یا چند قسمت تشکیل شده است که هر یک می توانند بطور مجزا یا با هم کار کنند. کوره هایی طراحی شده اند که با دو فرکانس زیاد برای شروع کار و فرکانس شبکه برای ذوب پس از اینکه پس مانده مذاب بوجود آمد کار می کنند.

ضریب توان برق با اتصال یک سری خازن به سیم پیچ کوره افزایش پیدا می کنند. و با استفاده از یک سری خازن متغیر توان برق در طول کار ثابت می ماند.

کوره های القایی با توجه به فرکانس در حین کارشان طبقه بندی می شوند :

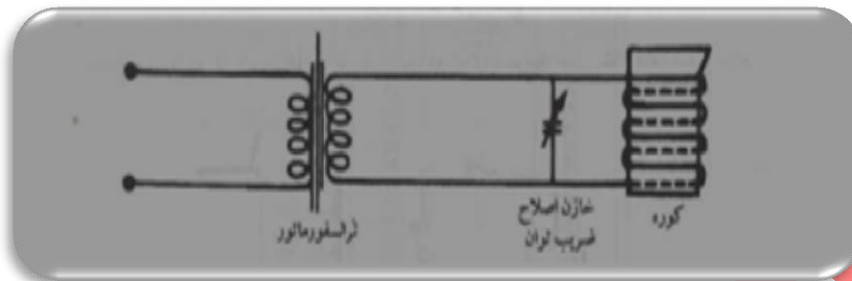
الف : ۱- فرکانس خط یا شبکه

الف: ۲- فرکانس پائین

الف: ۳- فرکانس بالا

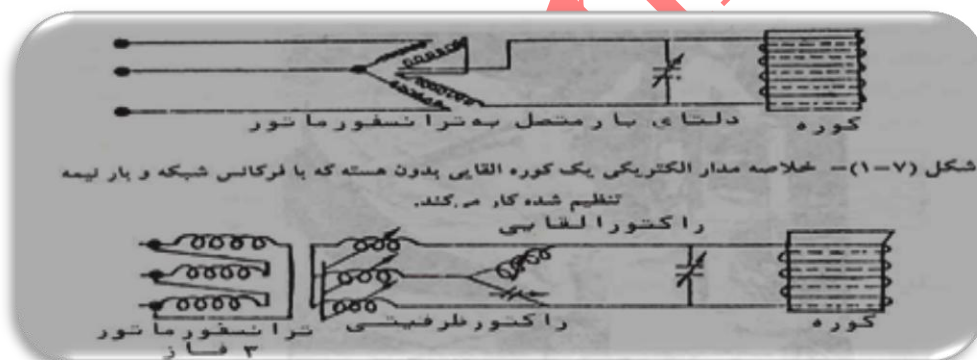
الف ۱- فرکانس خط یا شبکه :

این فرکانس همان فرکانس شبکه موجود است . استفاده از این فرکانس ارزانترین راه برای نصب کوره القایی بدون هسته می باشد. در این فرکانس به وجود مبدل فرکانس نیازی نیست، بار کوره در اصل تک فازی است و برای آن تنها یک ترانسفورماتور مورد نیاز است.



خلاصه مدار الکتریکی یک کوره القایی بدون هسته با فرکانس شبکه - تک فاز

در این حالت میزان بار کوره را مسئولان برق شهر تعیین می کنند. در هر حال بسیاری از مسئولان امور، موازنه نسبی بار، به ویژه در مورد کوره های بزرگ را خواستار هستند.

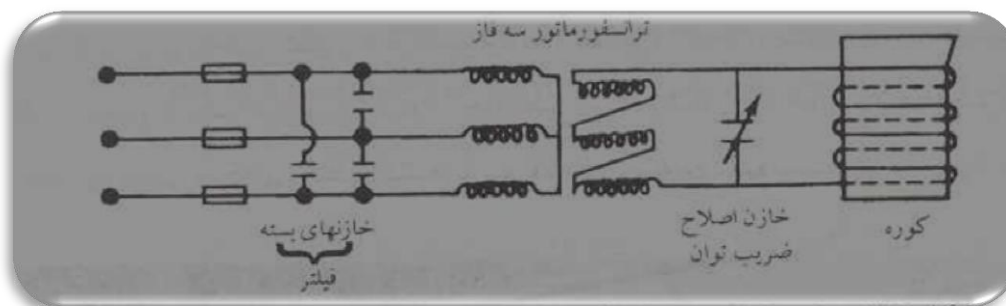


خلاصه مدار الکتریکی یک کوره القایی بدون هسته که با فرکانس شبکه و بار کاملاً تنظیم شده کار می کند

الف ۲- کوره القایی یا فرکانس پائین:

ترانسفورماتوری که در آن هسته ها از نظر مغناطیسی بحد اشباع در آمده اند، یک جریان متغییر تولید می کند که شامل نوسانات زیادی است. با اتصال سیم پیچ اولیه به شبکه ستاره ای و نیز سیم پیچ ثانویه به مثلث باز نوساناتی که مضربی از سه هستند می توانند در مدار ثانویه وجود داشته باشند. این کوره ها با ۳ یا ۹ برابر فرکانس شبکه کار می کنند. بخاطر جلوگیری از بازگشت نوسانات به برق شبکه، یک صافی در سیم پیچ اولیه کار گذاشته می شود. این صافی شامل خازن هایی با فرکانس شبکه است که به صورت موازی به مدار اولیه وصل می شوند. سیم پیچ های بسته ای که بصورت سری با سیم پیچ های اولیه قرار گرفته اند این صافی را تقویت می کنند. این کوره ها نیازی به تنظیم بار ندارند چون بار به محض ورود بطور مساوی

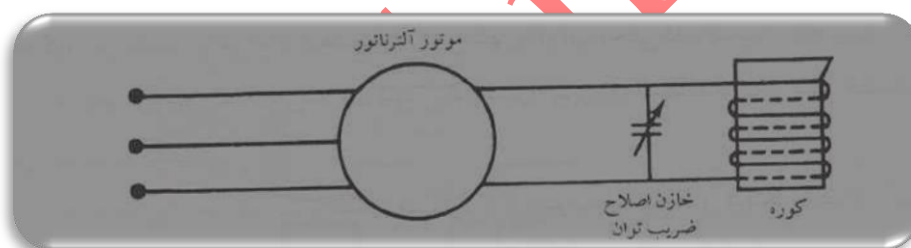
بین سه فاز تقسیم می شود. به دلیل کاهش فرکانس ها در این حالت توان ورودی با فرکانس قویتر از فرکانس شبکه بوجود می آید.



خلاصه مدار الکتریکی در کوره القایی بدون هسته با فرکانس کم

الف ۳- کوره القایی با فرکانس بالا :

فرکانس های 500^{Hz} و یا بالاتر کوره ها را در دسته فرکانس متوسط قرار می دهد. ولی در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز از اصطلاح «فرکانس زیاد» استفاده می شود. منبع تغذیه این کوره معمولاً یک آلتراتور با موتور چند قطبی است.



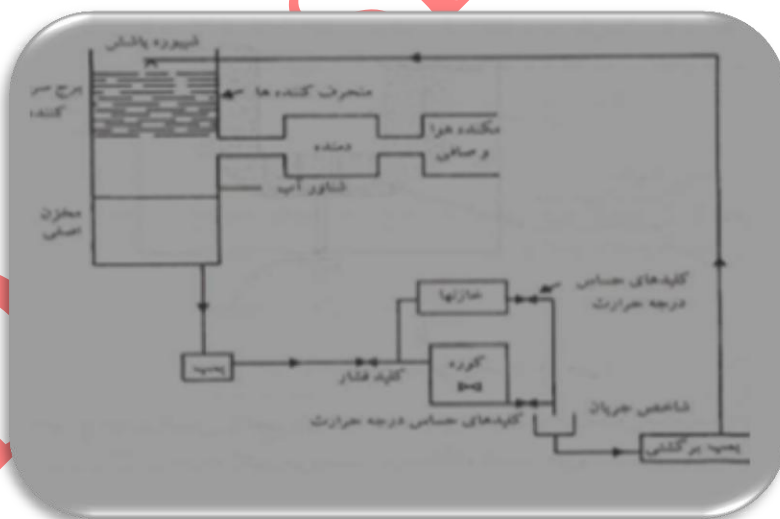
مدار الکتریکی ساده برای یک کوره القایی بدون هسته با مولد فرکانس شبکه زیاد

علاوه بر این از تعدادی مبدل جرفه ایی تنظیم کننده یا سوپاپ نیز استفاده می شود. استفاده از مبدل های فرکانس ثابت که با تایریستور کار می کنند خود یک نوآوری جدید محسوب می شود. به هر حال برق از یک منبع سه فاز تأمین می شود. برق ورودی به کوره بوسیله میدان کنترل شده و به الترناتور هدایت می شود. و در کل تأمین هزینه های این تأسیسات و نگهداری آنها بسیار زیاد است. فرکانس جریان متناوب عموماً با کاهش توان و اندازه کوره افزایش پیدا می کند.

مزایای مبدل های ثابت بیش از موتور ژنراتورها است. زیرا در آنها قسمت های متحرک وجود ندارد، تنظیم کردن آنها راحتتر است و نیازی نیست تا ظرفیت دستگاه را مرتباً عوض کنیم تا ضریب توانی برق ثابت نگه داشته شود.

آب خنک کننده :

برای محافظت از سیم پیچ ها و عایق کوره در برابر حرارت آنها را با حجم قابل توجهی آب سرد می کنند. که این آب به خاطر مسائل اقتصادی بهتر است از آب رودخانه یا چاه باشد. گاهی آب را تصفیه کرده تا از رسوب درون لوله ها و در نتیجه از کاهش جریان آب جلوگیری کنند که خود می تواند دلیلی بر افزایش سرعت خنک کنندگی باشد و در نهایت سبب افزایش عمر کوره می باشد. همچنین PH آب را در حدود ۸ نگه می دارند و سختی آب را می گیرند. در بعضی موارد برای اینکه خوردگی و میزان گرفتگی تا حد زیادی کاهش یابد از آب مقطر یا غیر یونیزه در یک مدار بسته استفاده می کنند. پمپ ها آب را با فشار در سیم پیچ و خازنها وارد می کنند اگر آب در کوره ها جریان پیدا نکند آن را نمی توان به کار انداخت. زیرا کلید فشاری در مدار در نظر گرفته شده همچنین یک مخزن اصلی در محل وجود دارد تا در صورت لزوم، مقادیر آب تحت اثر جاذبه به طرف سیم پیچ ها جریان پیدا کند و آنها را سرد کند و بعد از مصرف آب، آن را از مدار خارج می کنند به فاضلاب و در صورت خنک کردن دوباره استفاده می کنند. خنک کردن آبها در مسیر جکهایی که آب از بالا به پائین جریان دارد صورت می گیرد که از زیر آن جریان گذشته از صافی تهه به شدت دمیده می شود. اتلاف آب در مدارهای باز بین ۱۰-۵ درصد و در مدارهای بسته کمتر از ۱ درصد است. در مسیر مدار جریان آب و سیم پیچ ها برای جلوگیری از آسیب حرارتی از کلیدهای مخصوص یا (نشر) استفاده می شود.

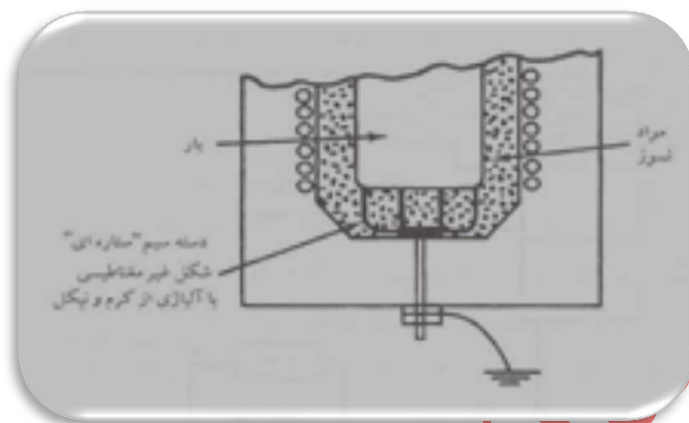


نمودار سیستم خنک کننده آبی در کوره القایی

وسیله ایمنی «اتصال به زمین» :

ضخامت استر در بدنه کوره های القایی با فرکانس زیاد به ظرفیت ۵۰۰ کیلوگرم و ۱۰۰۰ کیلوگرم به ترتیب ۳۸ میلیمتر (۱/۵ اینچ) و ۷۶ میلیمتر (۳ اینچ) است که نشان دهنده آسیب پذیری سیم پیچ در برابر نفوذ فلز است. اگر آستر خراب شود بوسیله اتصال به زمین از پیش خطر را بصورت بصری نشان می دهد و جریان

برق بصورت خودکار و اتومات قطع می شود. در این حالت دسته ای سیم بصورت ستاره ای بار را پیوسته به زمین متصل می کند. در مدار یک میلی آمپرسنج وجود دارد که هنگام عبور جریان از آستر نازک شده شدت جریان کمتری را نشان می دهد. این عمل نشانهٔ اولین اعلام خطر است. روش دیگر، اندازه گیری مقدار سائیدگی آستر کوره است که این روش فقط به هنگام خالی بودن بوته عملی است که روش اتصال به زمین این خاصیت را دارد که به طور دائم وضعیت آستر را کنترل می کند.



وسیله ایمنی اتصال به زمین

انتخاب فرکانس :

فرکانسهای استاندارد شده زیادی برای کوره های تجارتي وجود دارند. هر یک از فرکانسها متناسب با یک کوره خاص و در اندازه و توان معین در نظر رفته شده است. مهمترین عواملی که در امر انتخاب فرکانس مؤثرند: به شرح زیر است :

۱- عمق نفوذ :

جریان القایی فقط در لایه سطحی سیم پیچ و در اطراف سیم پیچ آبی ایجاد می شود و عمق نفوذ آن از

$$\text{رابطه } D_p = c \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$$

$$D_p = \text{عمق نفوذ.}$$

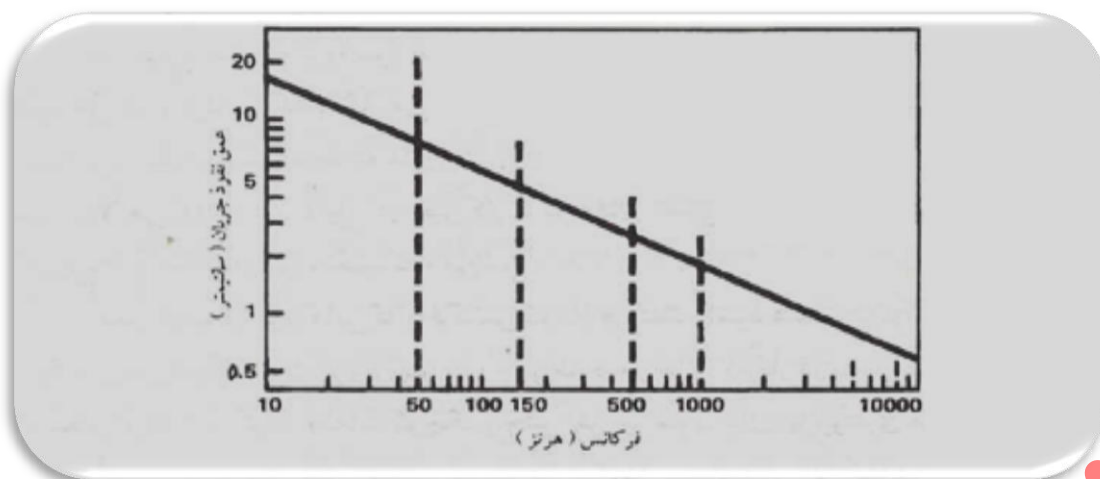
$$C = \text{ضریب ثابت.}$$

$$\rho = \text{مقاومت مخصوص.}$$

$$\mu = \text{قابلیت نفوذ مغناطیسی.}$$

$$f = \text{فرکانس است.}$$

از رابطه فوق مشاهده می شود که با ازدیاد فرکانس، عمق نفوذ کاهش پیدا می کند.



تغییرات عمق نفوذ جریان در ماده‌ای که قابلیت نفوذ مغناطیسی آن واحد است

شکل فوق برای مواد غیر مغناطیسی از جمله فولاد در بالاتر از نقطه‌ی کوره صدق می‌کند.

۲- ظرفیت کوره :

جریان القایی از سیم پیچ بدون کوره نفوذ می‌کند، عمق نفوذ نباید زیاد باشد چون بافت تداخل این جریان با جریان القایی طرف دیگر سیم پیچ می‌شود. چون در جریان القایی مخالف یکدیگرند و همدیگر را حذف می‌کنند که موجب کاهش حرارت تولیدی می‌شود. قطر بار باید حداقل چهار برابر عمق نفوذ باشد. برای بهره‌برداری از مفید از برق باید ارتفاع سیم پیچ معمولاً بین $0/8$ تا $1/2$ برابر قطر آن باشد. هر چه گنجایش بوته کمتر باشد فرکانس بالاتری احتیاج است.

۳- نوع محصول :

در هنگام کار با کوره‌های القایی با فرکانس شبکه، باندازه $\frac{1}{3}$ تا $\frac{2}{3}$ مذاب در کوره نگهداشته می‌شود. عمل ذوب در کوره‌هایی که با فرکانس کم کار می‌نند و سرد هستند با بکارگیری قطعات بزرگ و برگشتی‌های کارگاه بهتر شروع می‌شود. در صورتی که کوره‌های متوسط با بارکردن قطعات کوچک راحت‌تر آغاز می‌شود. کوره‌های با فرکانس شبکه برای تولید فولادهای آلیاژی با ترکیبات مختلف مشکلاتی ایجاد می‌کنند. چون تنها با تعویض کامل بار می‌توان ترکیبات مختلف و گسترده مناسب بوجود آورد. برای این کار استفاده از کوره با فرکانس کم یا متوسط نیاز است باید توجه داشت که اکسید منیزیم موجود در مواد آستر کشی، بعضی از عناصر نسوز جذب آلیاژ می‌شوند. نوع قراضه مصرفی در انتخاب فرکانس مؤثر است.

۴- توان ورودی

به علت به هم زدن بار در کوره توان ورودی حداکثری دارد. زیرا با کاهش فرکانس میزان تلاطم کوره بالا می‌رود. از این رو توان ورودی کم است سرعت ذوب از طریق توان ورودی مشخص می‌شود. در تأسیسات جدید رابطه بین فرکانس، ظرفیت و سرعت ذوب در کوره اهمیت ویژه‌ای دارد.

مقایسه مشخصات کوره های القایی بدون هسته

فرکانس های متوسط و زیاد	فرکانس کم	فرکانس خطوط اصلی	
برای آلترناتورها تقریباً ۸۶٪ و برای مبدل های ثابت ۹۵٪	تقریباً ۹۲٪	تقریباً ۹۶٪	راندمان تبدیل
در فاصله بین ذوب ها-چون در حالی که کنتاکتور اصلی باز است. آلترناتور کار می کند.	ندارد	ندارد	اتلاف نیرو
بیشتر از کوره ها با فرکانس ۵۰ هرتز و ۱۵۰ هرتز مثلاً در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز باید ۹۰۰ کیلووات به یک کوره ۱ تنی اعمال گردد.	بهرتر است از کوره هایی با فرکانس ۵۰ هرتز، بطور مثال یک کوره ۱ تنی، توان ۷۵۰ کیلووات کافی است.	بخاطر وجود تلاطم زیاد، بار کم است بطوریکه برای یک کوره ۱ تنی ۵۰۰ کیلووات است.	نسبت توان به وزن
کار ذوب قراضه های کوچک از حالت سرد بدون اشکال انجام می شود. بنابراین از کوره برای ذوب پی در پی ترکیبات گوناگون می توان استفاده کرد.	کار کوره با قراضه های بزرگ و خوب از قبیل تغذیه های سنگین و شمش و غیره شروع می شود.	مقداری فلز مذاب یا پسمانده قبل از شروع کار باید در کوره موجود باشد.	شروع کار از حالت سرد
بار کامل در حین ذوب گرفته می شود.	وقتی که کوره با قراضه بزرگ پر شده باشد و بتوان آنرا متعاقباً توسط قراضه های بزرگ تغذیه نمود بخصوص اگر قراضه مغناطیسی باشد، می توان از کوره بار کامل گرفت. چنانچه کار با قراضه های بزرگ شروع شده و بعداً با قراضه های کوچک ادامه پیدا کند گرفتن بار تا زمانی که نصف کوره پر شده باشد، محدود است.	گرفتن بار کامل هنگامیکه فقط نیم یا دو سوم ظرفیت کوره پر شده باشد، در نظر گرفتن نوع قراضه مصرفی لازم است.	گرفتن بار کامل
خوب	شدید در مقایسه با فرکانس ۵۰ هرتز، چون نسبت توان به وزن زیاد است.	خیلی شدید	عمل هم زدن
رضایت بخش	در کوره با فرکانس ۵۰	اشکال تجربه شده در	استفاده از آسترهای بازی

انگلستان	هرتز کمتر تولید اشکال می‌کند.		
۳۰۰ کیلووات	۲۰۰ کیلووات اما در کوره های ۴۵۰ هرتز، تا ۳۰۰ کیلووات پیشنهاد می شود.	۲۰ کیلووات	حداقل توان
قراضه باید خشک باشد.	قراضه باید خشک باشد.	می توان قراضه های مرطوب را ذوب کرد.	قراضه های ذوب
بارگیری می تواند تا حدی مشکل شود به خصوص که هنگام بارگیری قطعات بزرگ، باید برق قطع شود. این عمل موجب کاهش بازدهی در حین ذوب قراضه های بزرگ می شود.	مانند کوره ۵۰ هرتز می باشد.	خطراتی پیش نمی آید.	بارگیری و عمل ذوب

مواد دیرگداز :

کوره های القایی با آسترهای اسیدی، بازی یا خنثی پوشانده می شوند. این آسترها از آجر، بوتۀ های شکل داده شده و یا مواد دیرگداز مونولیتیک ساخته می شود. مواد دیرگداز حائز اهمیت است زیرا این تراکم و زینتر شدن مواد را کنترل می کند. با دانه بندی استاندارد (۴۵٪ مواد درشت، ۱۰ درصد متوسط، ۴۵ درصد ذرات ریز، حداکثر تراکم بدست می آید. به این ترتیب، ذرات زودتر زینتر شده بهتر به هم می چسبند. اتلاف حرارت بصورت هدایت در موارد دیرگداز اسیدی کمتر است و این به خاطر قابلیت هدایت حرارت آنهاست.

➤ اکسید منیزیم (mgo) که به آن منیزیت گفته می شود متداول ترین ماده برای پوشش کوره های القایی با آستر بازی است. عیب این آسترها در این است که در حین ذوب آلوده و کثیف می شوند. از دیگر مواد بازی مصرف شده در آسترها می توان به اکسید، آلومینیوم، اکسید منیزیم، کرم منیزیت اشاره کرد.

➤ کرومیت که اسپینلی از Cr_2O_3 , Feo است اما اکسید گرم در فعل و انفعالات احیا می شود و گرم آن آزاد می شود که آستر کوره را بسختی فرسوده می کند. زیر کن نیز در کوره مورد استفاده قرار می گیرد، اما کارش رضایت بخش نیست چون قابلیت چسبندگی خوب ندارد و در مقابل اکسید آهن بخوبی اکسید منیزیم نیست.

➤ متداولترین موادی که به عنوان آسترهای اسیدی استفاده می شوند کوارتز است که به صورت سنگهای سیلیسی یافت می شود. سیلیس خالص بمحض روبرو شدن با حرارت منبسط می شود. که باعث پر شدن ترکها و محفظه هایی می شود که در اثر پائین آمدن دما بوجود آمده اند.

آسترکشی کوره های القایی :

بوته های القایی نیز از موادی مشابه خاک نسوز یا سرب سیاه (مخلوطی از خاک رس و گرافیت) استفاده می شود. که توسط هوا خشک شده و به صورت متراکم همراه با مواد دانه ای خشک بر روی سیم پیچ قرار می گیرند. در ریخته گری از بوته های آزاد برای ذوب فلزات غیر آهن استفاده می شوند. با شکل دادن کف کوره آسترکشی شروع می شود. در این حالت حدود دو یا سه اینچ از مخلوط را روی کف کوره ریخته و با گوه می کوبند سپس شابلون داخل کوره می گذارند و فضای بین آن را که ضخامت آستر است را به چند تکه چوب ثابت می کنند و بعد ریختن و کوبیدن مواد نسوز ادامه دارد. باید توجه کنید که بازرسی سیم پیچ و تعمیر نقاط فرسوده و یا نقاطی که در اثر کندن آستر فرسوده و یا تقاطعی که دتر اثر کندن آستر فرسوده یا ناقص شده است عواملی برای اضافه شدن عمرآستر می باشند. برای ترمیم سیم پیچ ها اهره رزین ایوکسی و خمیر آرایست استفاده می شود.

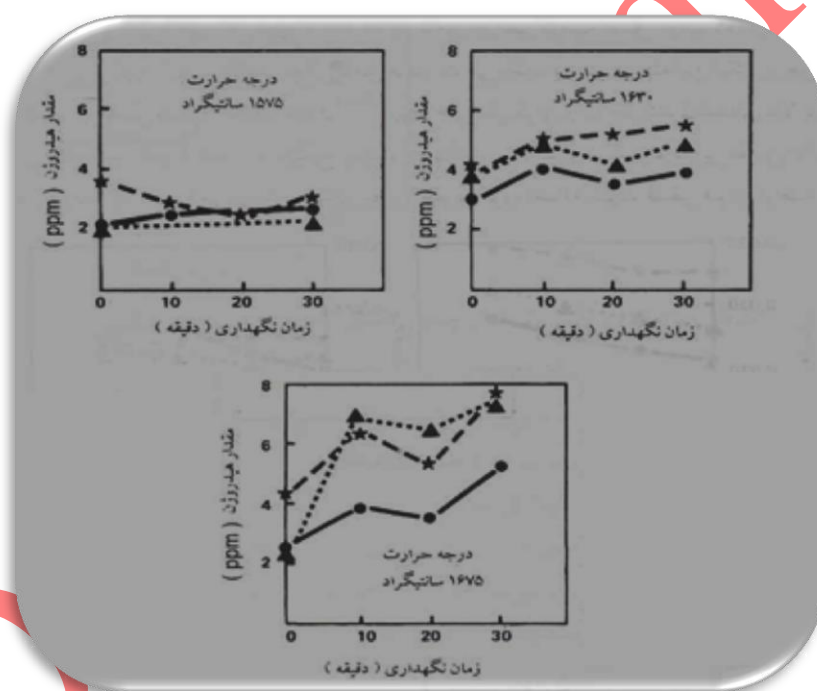
مواد بار(شارژ) :

کوره القایی معمولاً به عنوان واحد ذوب تنها بشمار می آید. واحد شارژ باید بدقت کنترل شود تا اینکه درصد عناصر آلیاژی تحت تأثیر عوامل و ترکیب هر یک از قطعات قراضه دقیقاً کنترل شوند. برای شناسایی نوع آلیاژ راههایی وجود دارد از جمله رنگ با چسباندن نوعی منبع سردار بر روی سر یا راهگاه یا هر جای دیگر قطعه. چون ممکن است در عملیات حرارتی و یا دیگر عملیات ها رنگ پاک شود پس بهترین روش علامت گذاری همان استفاده از میخ است، بار کوره های بازی را معمولاً با ساچمه زنی پاک می کنند تا ماسه موجود در آن از بین برود، باقی مانده ماسه باعث می شود که سرمایه تولید شده به آستر صدمه بزند، در کوره های اسیدی ماسه موجود در بار به اکسید آهن ترکیب شده آستر کمتر آسیب می بیند. معمولاً قبل از بار ریزی روغن اضافه را از روی تراشه های بار می زدایند تا از پاشش بار، تولدی دود سیاه و غلیظ و جذب گوگرد در کوره جلوگیری نماید. این حالت در کوره هایی که با فرکانس کم کار می کنند مشاهده می شود. بار اولیه کوره القایی که با فرکانس کم کار می کند باید از مواد بزرگ مربع شکل ۱۵۲ تا ۲۰۳ میلیمتر (۶ تا ۸ اینچ) تشکیل شده باشد. بهترین پایه برای ذوب در کوره های القایی مواد از پیش احیا شده اند چرا که مواد ناخواسته آنها کم است که خود باعث کم شدن حجم سرباره می شود. تراکم این مواد کم است و این باعث محدودیتهایی چون مقدار بار و توان ذوب می شود. قراضه های پر آلیاژی را به مقدار زیاد برای شارژ این کوره ها استفاده می کنند. چرا که اتلاف عناصر آلیاژی بسیار ناچیز است. در کوره هایی که با آستر از

جنس اکسید منیزیم روکش شده اند. ذوب یک فولاد کربنی یا فولاد آلیاژی پس از فولاد آلیاژی دیگر باعث جذب مقداری از فولاد آلیاژی قبلی از آستر کوره می شود.

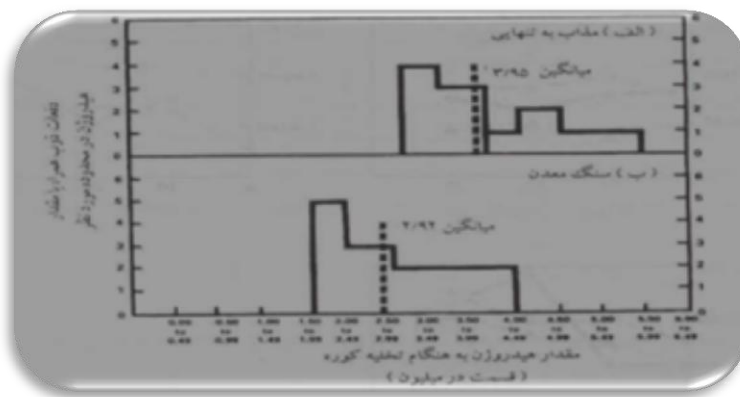
عمل ذوب :

در عمل ذوب تنها قراضه همراه با دیگر عناصر آلیاژی غیر قابل اکسید شدن در کوره بارگیری می شوند. مواد که اکسید می شوند بعد از ذوب به کوره اضافه می شوند. مواد بعد از بالا رفتن دمایشان تا فوق گداز سریعاً از کوره خارج می شوند. افزایش دما در کوره با یک سرعت منظمی بالا می رود. این سرعت بستگی به توان کوره دارد. اکسیژن گیری نهایی در داخل کوره پاتیل و یا هر دو انجام می گیرند. مقدار گاز در فولاد مذاب به سرعت افزایش می یابد. در شکل های زیر مشاهده می شود. که جذب اکسیژن و هیدروژن در دماهای بالاتر بیشتر است. از ت در این گونه موارد حالت استثنایی دارد به این ترتیب به مقدار جذب ازت در دماهای پائین زیاد و در دماهای بالا عملاً صفر است.

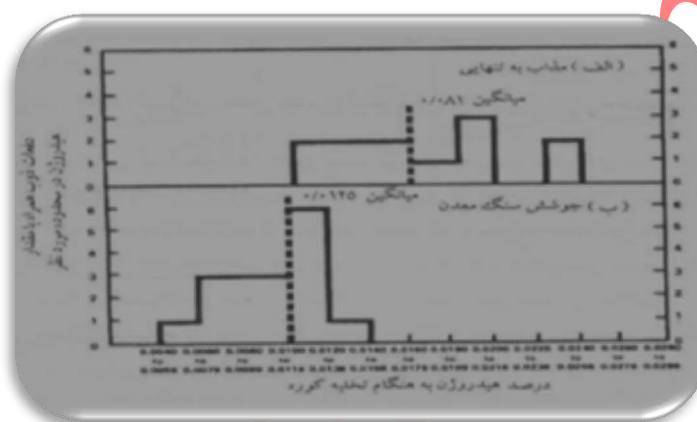


تغییرات مقدار جذب هیدروژن با زمان در درجه حرارت های مختلف

در کوره های فرکانس پائین یا برق شبکه امکانی جذب گاز در هر بار ریزی شدیداً وجود دارد. مگر اینکه حتی الامکان دمای کوره پائین نگه داشته شود. کوره القایی را نمی توان یک واحد ذوب کامل در نظر گرفت. فسفر در کوره هایی که آستر آنها بازی است بهتر آزاد می شود. در نگام جوشش سنگ معدن گازهای محلول را همانند ذوب در کوره های دیگری از مذاب خارج می کنند. با استفاده از این روش مقداری هیدروژن و ازت جذب شده کمتر از مقداری است که از عمل ذوب کامل بدست می آید.



چگونگی انتشار مقادیر مختلف هیدروژن در تخلیه کوره



چگونگی انتشار مقادیر مختلف ازت در تخلیه کوره

مقاومت فولاد که از راه جوشش سنگ معدن حاصل می شود بالاتر است. با استفاده از روش جوشش سنگ معدن مقداری از کربن و دیگر عناصر اکسید شونده از بین می روند. این اتلاف را در وزن بار و مواد افزودنی در نظر می گیریم. استفاده از جوشش سنگ معدن به دلیل بالا رفتن زمان هزینه بر می شود. عملاً موقعی که نصف کوره از بار پر می گردد، عمل گوگرد زدایی شروع می شود. سرپاره دارای آهک است که با فلوراسپار روان می شود. چون تلاطم سرپاره زیاد است حوضچه مذاب نیز متلاطم می گردد. در این حالت فلز و سرپاره با یکدیگر مخلوط می شوند.

راندمان کوره القایی :

در سیستم الکتریکی کلید کوره های ذوب برقی، مقدار اتلاف انرژی مشاهده می شود ، در این میان کوره های القایی که با برق شبکه کار می کند چون تنها به یک ترانسفورماتور اتصال دارند کمترین افت را نشان می دهد. در کوره های با فرکانس کم کار می کند، چون تبدیل و تنظیم فرکانس با کمک ترانسفورماتور

انجام می شود. میزان افت زیادتر است، کوره هایی که با فرکانس زیاد و متوسط کار می کنند، به علت داشتن موتور، متناوب ساز و ترانسفورماتور در مدار، از افت زیادی برخوردار است.

مقایسه توان لازم برای ذوب چدن تا درجه سانتیگراد در کوره های القایی بدون هسته که با فرکانس های مختلف کار می کند.

مصرف برق بر حسب کیلووات ساعت بر تن			توان ذوب بر حسب ton/h
۵۰ هرتز	۱۵۰ هرتز	۱۰۰۰ هرتز	
-	۷۵۰	۸۲۰	۰/۲۵
۶۵۰	۷۱۰	۷۵۰	۰/۵۰
۶۱۰	۶۷۰	۷۰۰	۱/۰
۵۸۰	۶۴۰	۶۷۰	۱/۵
۵۶۰	۶۱۰	۶۴۰	۲
۵۵۰	۶۰۰	۶۳۰	۲/۵

پیشرفتهای جدید :

کاربرد کوره های تحت فولاد برای کارهای عمومی ریخته گری یک طرح عمل نیست. برای این منظرو در کوره های جدید در پوشههایی متحرک وجود دارد که در حین ذوب یا بعد از آن باید نه کوره جفت می شوند. با این عمل مقدار گاز کوره تخلیه و گاز کمتری در کوره جمع می شود.

پیش گرم کردن بار کوره قبل از ذوب یا هنگام ذوب بوسیلهی یک مستعمل سوخت اکسیژن بافت بالا رفتن توان ذوب با صرف هزینه کم تر می شود. علاوه بر این یا پیش گرم کربن موادی که دمای ذوب کمتری دارند و باعث آلودگی مذاب می شوند قبل از قرار گرفتن بار در کوره، ذوب شده و جدا می شوند.

امتیازات کوره القایی :

هزینه خرید و نصب کوره های القایی اندانتر از کوره های قوسی تمام می شود. می توان برای کارهای مختلف از کوره های کوچک القایی در اندازه های متفاوت استفاده کرد. شرایط غیر اکسیدی منجر به تولید آلیاژهای تثبیت شده، می شود، ضمناً عمل به هم زدن نیز به یکنواختی فلز در حوضچه مذاب کمک می کند.

منابع:

۱- کتاب فولاد سازی

۲- سایت علمی متالورژی

۳- سایت ریخته گری

h-Daneshmand.ir

معرفی کوره القایی

کوره های ذوب القایی در ظرفیتهای ۵ - ۱۰ - ۲۰ - ۵۰ - ۱۰۰ - ۲۰۰ - ۳۰۰ - ۵۰۰ کیلوگرم

اپراتوری بسیار ساده بعلت وجود بخش کنترل کامل الکترونیک

➤ عدم آلودگی و اکسیداسیون بار به علت عدم وجود گاز و شعله اکسیدکننده

➤ شروع به کار سریعو عدم نیاز به پیش گرم یا ذوب اولیه

➤ سرعت بالای انجام عملیات در مقایسه با سایر کوره ها

➤ راندمان بسیار بالاتر نسبت به کوره های سوختی

➤ قابلیت تهیه آلیاژهای یکنواخت به علت چرخش داخل مذاب

➤ قابلیت تهیه و نگهداری ذوب در ظرفیت های مختلف

➤ سادگی عمل تغذیه و تخلیه

➤ امکانکنترل دقیق درجه حرارت

➤ قابلیت ذوب قراضه

➤ اشغال فضای کمتر نسبت به سایر کوره ها

➤ عدم تاثیر بر آلودگی محیط زیست

تکنولوژی کوره القایی یک تکنولوژی استراتژیک و پرکاربرد است که از جمله در ذوب فلزات با استفاده از

انرژی الکتریکی کاربرد دارد. زیربنای صنایع سنگین هر کشور، صنایع ذوب فلزات است. زیربنای صنایع ذوب

نیز صنایع کوره سازی است. لذا از اینجا اهمیت صنایع کوره سازی بوضوح روشن می گردد .

در گذشته بیشتر از کوره های سوخت فسیلی برای ذوب فلزات استفاده می شد . آلودگی محیط زیست،

راندمان پایین، سروصدای زیاد، عدم یکنواختی مذاب، عدم توانایی ذوب فلزات دیرگداز و مسائلی از این

قبیل، مشکلاتی بود که این کوره ها به همراه داشتند .

در چند دهه اخیر توجه متخصصین و دست اندرکاران کوره سازی به استفاده از انرژی الکتریک در این زمینه

جلب شد و نسل جدیدی از کوره های الکتریکی بوجود آمد که از این میان به دو مدل از کوره های ذوب می

توان اشاره نمود :

(۱) کوره های قوس الکتریک

(۲) کوره های القایی

کوره های قوس الکتریک برای ذوب فولاد و به منظور فولادسازی مورد استفاده قرار میگیرد که فعلاً بحث

درباره آن مورد نظر نیست. اما درباره کوره های القایی و یا به عبارتی تکنولوژی گرمایش القایی، زمینه بحث

بسیار گسترده و عمیق است که مختصری درباره آن صحبت میکنیم :

تکنولوژی گرمایش القایی در واقع تولید حرارت توسط میدان متغیر مغناطیسی قوی است که توسط سیستمهای مختلفی قابل تولید است. در گذشته این میدانها را توسط ژنراتورهای دینامیکی تولید می کردند. بدین شکل که یک ژنراتور فرکانس متوسط را با یک موتور سه فاز کوپل می کردند و با اضافه کردن یکسری خازن در مدار رزونانس، جریانهای متغیری را در داخل کوپل گرمکن بوجود می آوردند. بر این مبنا حرارت در قطعه قرار داده شده در کوپل بوجود می آمد.

با پیشرفت تکنولوژی "الکترونیک قدرت" و ساخته شدن سوئیچهای سریع و قوی، نسل جدیدی از ژنراتورها بوجود آمد که اصطلاحاً به آنها ژنراتورهای استاتیکی گفته میشود. در این نوع ژنراتورها حرکت مکانیکی وجود ندارد. به اضافه اینکه کنترل قدرت ژنراتور بسیار دقیقتر و کاملتر میسر است.

نکته مهم دیگر اینست که ساخت کوره القایی یک کار تکنولوژیبر است. حداکثر ۲۰ الی ۳۰ درصد قیمت یک کوره، مواد به کار رفته در آن میباشد و بقیه قیمت تکنولوژی آن است. به همین دلیل است که تکنولوژی آن را به ما نمیفروشند. البته دولت ارزش این تکنولوژی را درک نمیکند و برای وام گرفتن، تنها ملک و زمین را به عنوان وثیقه قبول دارند و تکنولوژی را که ۵۰ میلیون دلار ارزش دارد به عنوان وثیقه قبول ندارند و برای آن ریالی ارزش قائل نیستند.

اهمیت این تکنولوژی در این مطلب نهفته است که زیر بنای بسیاری از تکنولوژیها و صنایع می باشد و به عبارتی اکثر صنایع سنگین به نوعی به این تکنولوژی وابسته اند. مطلب دوم اینکه این تکنولوژی خود بسترساز بسیاری از تکنولوژیهای دیگر است که به نوبه خود برای کشور مفید خواهند بود. با توجه به نیاز کشور به این تکنولوژی به نظر می رسد می باید نظر مسئولین مربوطه نسبت به این صنعت بیشتر جلب گردد تا در آینده بتوانیم شاهد شکوفایی و رشد و ترقی روزافزون این تکنولوژی در کشور باشیم.

مزایای کوره های القایی نسبت به سایر کوره ها

➤ اپراتوری بسیار ساده بعلت وجود بخش کنترل کامل الکترونیک

➤ عدم آلودگی و اکسیداسیون بار به علت عدم وجود گاز و شعله اکسیدکننده

➤ شروع به کار سریع و عدم نیاز به پیش گرم یا ذوب اولیه

➤ سرعت بالای انجام عملیات در مقایسه با سایر کوره ها

➤ راندمان بسیار بالاتر نسبت به کوره های سوختی

➤ قابلیت تهیه آلیاژهای یکنواخت به علت چرخش داخل مذاب

➤ قابلیت تهیه و نگهداری ذوب در ظرفیت های مختلف

➤ سادگی عمل تغذیه و تخلیه

➤ امکان کنترل دقیق درجه حرارت

➤ قابلیت ذوب قراضه

➤ اشغال فضای کمتر نسبت به سایر کوره ها

➤ عدم تاثیر بر آلودگی محیط زیست

کوره های القایی

کوره های القایی در مقایسه با کوره های سوخت فسیلی دارای مزایای فراوانی از جمله دقت بیشتر ، تمیزی و تلفات گرمایی کمتر و ... است . همچنین در کوره هایی که در آنها از روشهای دیگر ، غیر القاء استفاده می شود ، اندازه کوره بسیار بزرگ بوده و در زمان راه اندازی و خاموش کردن آنها طولانی است .

عبور جریان از یک سیم پیچ و استفاده از میدان مغناطیسی برای ایجاد جریان در هسته سیم پیچ ، اساس کار کوره های القایی را تشکیل می دهد . در این کوره ها از حرارت ایجاد شده توسط تلفات فوکو و هیستریزیس برای ذوب فلزات یا هرگونه عملیات حرارتی استفاده می شود.

نخستین کوره القایی که مورد بهره برداری قرار گرفت از شبکه اصلی قدرت تغذیه میشد و هیچگونه تبدیل فرکانسی صورت نمی گرفت . با توجه به اینکه افزایش فرکانس تغذیه کوره موجب کاهش ابعاد آن و بالا رفتن توان (تلفات) می شود ، برای رسیدن به این هدف ، در ابتدا منابع تغذیه موتور ژنراتوری مورد استفاده واقع گردید.

هر چند با این منابع می توان فرکانس را تا حدودی بالا برد ، ولی محدودیت فرکانس و عدم قابلیت تغییر آن و در نهایت عدم تطبیق سیستم تغذیه با کوره ، دو عیب اساسی این سیستمها به شمار میرفت . با توجه به این معایب ورود عناصر نیمه هادی به حیطه صنعت موجب گردید منابع تغذیه استاتیک جایگزین منابع قبلی شوند.

در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فارادی (Faraday) با ارائه این مطلب که اگر از سیم پیچ اولیه ای جریان متغیری عبور کند ، در سیم پیچ ثانویه مجاورش نیز جریان القاء میشود ، تئوری گرمایش القایی را بنا نهاد . علت اصلی این پدیده القاء ، تغییرات شار در مدار بسته ثانویه است که از جریان متناوب اولیه ناشی میشود . نزدیک به یکصد سال این اصل در موتورها ، ژنراتورها ، ترانسفورماتورها ، وسایل ارتباط رادیویی و ... بکار گرفته می شد و هر اثر گرمایی در مدارهای مغناطیسی به عنوان یک عنصر نا مطلوب شناخته می شد. در راستای مقابله با اثرات حرارتی در مدارهای مغناطیسی و الکتریکی از سوی مهندسين گامهای موثری برداشته شد . آنها توانستند با موق نمودن هسته مغناطیسی موتورها و ترانسفورماتورها ، جریان فوکو (Eddy Current) را که عامل تلفات حرارتی بود مینیمم نمایند.

به دنبال آزمایشات فارادی ، قوانین متعددی پیشنهاد شد . قوانین لنز (Lenz) و نیومن (Neuman) نشان دادند. که جریان القاء شده با شار القایی مخالفت کرده و به طور مستقیم با فرکتنس متناسب می باشد. فوکو (Focault) در سال ۱۸۶۳ در مقاله ای تحت عنوان "القاء جریان در هسته (The Induction Of Current in Cores) که توسط هویساید (Heviside) منتشر گردید نظریه ای راجع به جریان فوکو ارائه داد و

در رابطه با انتقال انرژی از یک کویل به یک هسته توپر بحث نمود . علاوه بر افراد فوق ، تامسون (Thomson) نیز در ارائه نظریه گرمایش از طریق القاء سهم بسزایی داشت.

در اواخر قرن نوزدهم استفاده از تلفات فوکو و هیستریزیس به عنوان منبع گرمایش القایی از طرف مهندسين مطرح شد . همچنین در اوایل قرن اخیر در کشورهای فرانسه ، سوئد و ایتالیا بر اساس استفاده از خازنهای جبران کننده توان راکتیو پیشنهاداتی برای کوره های القایی بدون هسته ارائه شد . در این پیشنهادات بیشتر ذوب فلزات در فرکانسهای میانی مورد نظر بود.

دکتر نورث روپ (Northrup) ایده کوره با فرکانس میانی را برای موارد صنعتی گسترش داد . در روزهای نخستین ، بر اثر نبود امکانات از جمله خازنهای با ظرفیت کافی و قابل اطمینان ، توسعه و پیشرفت متوقف شد . بعدها در سال ۱۹۲۷ کمپانی کوره های الکتریکی (Electrical Furnace CO. [EFCO.]) نخستین کوره الکتریکی با فرکانس میانی را در شفیلد انگلستان و به منظور آهنگری و گرمادهی موضعی فلزات جهت اتصال به یکدیگر ، نصب کرد.

بعد از این ، تعداد و اندازه این کوره ها رو به افزایش گذاشته است . لازم به ذکر است که مزیت های دیگر کوره های القایی همچون دقت زیاد برای گرم کردن تا عمق مورد نظر و حرارت دادن نواحی سطحی در طی پیشرفتهای بعدی (در سالهای جنگ جهانی دوم) بیشتر آشکار شد . در گرمایش القایی عدم نیاز به منبع خارجی گرم کننده ، تلفات گرمایی کمتر شده و تمیزی شرایط کار تامین میگردد . در این روش همچنین نیازی به تماس فیزیکی بار و کویل نبوده و علاوه بر این چگالی توان بالا در مدت زمان گرمایش کم به آسانی قابل دسترس می باشد.

در ابتدا کوره های القایی مستقیماً از شبکه قدرت تغذیه می شدند که بنوبه خود گام موفقی در استفاده از توان الکتریکی جهت عملیات حرارتی بحساب میآمد .

از آنجائیکه تلفات فوکو و هیستریزیس با فرکانس نسبت مستقیم دارند و اینکه ابعاد کویل کوره با بالا رفتن فرکانس کاهش می یابد ، مهندسين به فکر تغذیه کوره در فرکانسهای بالاتر از فرکانس شبکه قدرت افتادند. اولین قدم در این راه استفاده از فرکانسهای دو برابر و سه برابر که از هارمونیکهای دوم و سوم بدست می آمدند ، بود.

این هارمونیکها بر خلاف طبیعت مخرب خود در این نوع کاربرد سودمند تشخیص داده شدند . پائین بودن راندمان در استفاده از هارمونیکهای فوق موجب گردید طراحان روش دیگری را مورد استفاده قرار دهند در این مرحله سیستم موتور-ژنراتور توسعه یافت که با استفاده از این سیستم توانستند فرکانس تغذیه را تا صدها هرتز افزایش دهند . در کوره های القایی افزایش فرکانس باعث کاهش عمق نفوذ جریان القایی میگردد لذا در عملیات حرارتی سطحی که سختکاری سطح فلز ، مورد نظر می باشد از کوره های القایی با فرکانس بالا استفاده می شود.

با ورود عناصر نیمه هادی مانند ترانزیستورها، ترانزیستورها و موسفت ها به حیطه صنعت محدودیت فرکانس و عدم تغییر آن، در تغذیه کوره ها مرتفع شد.

از لحاظ سیستم قدرت میتوان سیستمهای القایی را به چهار دسته اساسی تقسیم نمود:

الف) سیستمهای منبع (Supply Systems) در این سیستمها که فرکانس کار آنها بین ۵۰ تا ۶۰ هرتز و ۱۵۰ تا ۵۴۰ هرتز می باشد احتیاجی به تبدیل فرکانس نیست و با توجه به فرکانس کار، عمق نفوذ جریان زیاد بوده و حدود ۱۰ تا ۱۰۰ میلیمتر می باشد. همچنین مقدار توان لازم تا حدود چندین صد مگاوات نیز میرسد.

ب) سیستمهای موتور-ژنراتور (Motor-Generator Systems)

فرکانس این سیستمها از ۵۰۰ هرتز تا ۱۰ کیلو هرتز می باشد. در این سیستمها تبدیل فرکانس لازم بوده و این عمل بوسیله ژنراتورهای کوپل شده با موتورهای القایی صورت می پذیرد. همچنین در این سیستمها توان به وسیله ماشینهای ۵۰۰ کیلو وات تامین میگردد و برای بدست آوردن توانهای بالاتر، از سری کردن ماشینها استفاده میشود. عمق نفوذ در این سیستمها به خاطر بالاتر بودن فرکانس نسبت به سیستمها منبع، کمتر بوده و در حدود ۱ تا ۱۰ میلیمتر است.

ج) سیستمهای مبدل نیمه هادی (Solid-State Converter Systems)

در این سیستمها فرکانس در محدوده ۵۰۰ HZ تا ۱۰۰ KHZ بوده و تبدیل فرکانس به طرق گوناگونی صورت میپذیرد. در این سیستمها از سوئیچهای نیمه هادی استفاده میشود و توان مبدل بستگی به نوع کاربرد آن تا حدود ۲ MW میتواند برسد.

د) سیستمهای فرکانس رادیویی (Radio-Frequency System) فرکانس کار در این سیستم در محدوده ۱۰۰ KHZ تا ۱۰ MHZ می باشد. از این سیستمها برای عمق نفوذ جریان بسیار سطحی، در حدود ۰/۱ تا ۲ میلیمتر استفاده می گردد و در آن از روش گرمایی متمرکز با سرعت تولید بالا استفاده میگردد.

کوره های ذوب القایی در فولادسازی چه هستند؟

امروزه ذوب القایی به صورت گسترده ای در تولید و ریخته گری فولادها و همچنین ذوب آلومینیوم، مس، روی و سایر انواع فلزات غیرآهنی استفاده می شود. از مزایای ذوب القایی به عنوان مثال می توان به راندمان بالای مواد و محیط پاک اشاره کرد که باعث تمایل تولیدکنندگان محصولات فلزی به کوره های ذوب القایی شده است.

در کوره های ذوب القایی، جریان الکتریکی القا شده توسط میدان مغناطیسی، ایجاد حرارت می کند و این حرارت باعث ذوب جسم (معمولاً فلزات) می شود. فلز درون بوتۀ ای قرار می گیرد که اطراف آن کلاف های مغناطیسی پیچیده شده است و توسط جریان آب خنک می شوند. جریان موجود در کلاف های مغناطیسی، جریان های گردابی یا فوکو (Eddy Current) را در فلز القا می کند که باعث ایجاد حرارت و ذوب فلز می شود.

مهم ترین انواع کوره های القایی، کوره القایی بی هسته (Coreless furnace) و کوره القایی کانالی (Channel Furnace) هستند. در کوره القایی بدون هسته فلز درون یک پوشش نسوز که به وسیله کلاف احاطه شده است، نگهداری می شود.

در این حالت کوره ذوب القایی مشابه یک ترانسفورماتور بدین ترتیب که فلز مانند یک کلاف ثانویه در ترانسفورماتور عمل می کند و با اعمال نیرو به کلاف اولیه احاطه کننده فلز، جریان های گردابی القا شده و تولید حرارت می کند.

پس از ذوب فلز، هم زدن و همگن سازی به طور طبیعی و در اثر وجود نیروها و جریان های الکترومغناطیسی اتفاق می افتد. با انتخاب دقیق فرکانس و نیرو می توانند سرعت ذوب و همگن سازی را کنترل کرد. کوره های القایی کانالی در گذشته عموماً برای نگهداری فلز مذاب در یک دمای مشخص کاربرد داشته اند، اما امروزه گاهی اوقات برای ذوب فلزات نیز به کار می روند. این کوره شامل یک القاگر (سلف) به عنوان منبع تولید انرژی است که از چندین رشته کلاف که توسط آب خنک می شوند، تشکیل شده است. این کوره ها تلاطم سطحی کمتری در بوته نگهداری فلز مذاب دارند، در نتیجه خروج گاز و مواد فرار با مشکل مواجه می شود.

لذا جهت عملیات ذوب، کوره القایی بی هسته ترجیح داده می شود و کوره کانالی بیشتر به منظور نگهداری فلز مذاب در یک دمای مشخص مورد استفاده قرار می گیرد. در حالی که کوره های ذوب القایی کانالی دارای فرکانس خطی هستند، کوره های بدون هسته می توانند از هر سه نوع فرکانس خطی (۶۰ هرتز)، فرکانس متوسط (۱۲۰۰-۲۰۰ هرتز) و فرکانس بالا (بیش از ۱۲۰۰ هرتز) باشند. با توجه به اینکه شروع به کار کوره های فرکانس خطی با شارژ ماده سرد بسیار آهسته است، استفاده از کوره های فرکانس متوسط و بالامورد توجه بیشتری قرار دارد.

استفاده از کوره های ذوب القایی در ظرفیت های پایین تر از ۴۰ تن می تواند منجر به تولید مذاب با کیفیت مناسب و ارزان شود. از مزایای این نوع کوره ها می توان به اپراتوری و کارکرد آسان و همچنین افزایش راندمان ذوب فلز اشاره کرد. امکان راه اندازی و شروع به کار فوری کوره باعث کاهش در زمان رسیدن به دمای کارکرد می شود. وجود همگن سازی به صورت طبیعی و تولید مذاب پاک و عدم نیاز به سیستم های کنترل آلودگی با هزینه بالا از مزایای دیگر کوره های القایی محسوب می شود. از دیگر نکات مثبت این کوره ها می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- عدم نیاز به فضای زیاد و توانایی افزایش سرعت ذوب در کوره های کوچک
- مصرف کمتر مواد، به خصوص مواد نسوز و کاهش زمان تعویض پوشش های نسوز و عدم نیاز به مصرف
- الکترومغناطیسی

- پایین بودن آلودگی صوتی به نسبت انواع دیگر کوره های ذوب به میزان قابل توجه
- بهره وری بالای انرژی
- هزینه پایین سرمایه گذاری و تجهیزات جانبی

از طرف دیگر مهمترین اشکال کوره های القایی دشواری در فرآیند فسفرزدایی و انجام عملیات متالورژیکی ثانویه است. در نتیجه وجود کوره های پاتیلی (Ladle Furnace) در کنار این کوره ها جهت انجام فرآیند تصفیه و افزودن عناصر آلیاژی لازم است.

از دیگر معایب این کوره ها، ظرفیت پایین تر تولید به نسبت کوره های قوس الکتریک می باشد. همچنین در کوره های القایی باید از قراضه با کمترین آلودگی و مواد اکسیدی استفاده نمود که گاهی این مساله دشوار و باعث افزایش هزینه های اولیه می گردد.

همچنین استفاده از آهن اسفنجی به عنوان شارژ کمکی برای تنظیم خواص شیمیایی در این کوره ها موجب بهبود عملکرد کوره های ذوب القایی شده است. با استفاده از آهن اسفنجی میزان کربن مذاب براساس مشخصات خواسته شده قابل تنظیم بوده و باتوجه به اینکه در آهن اسفنجی عناصر و فلزات مضر وجود ندارد، فلز مذاب به دست آمده تمیز و عاری از عناصر مضر خواهد بود.

قبل از ورود مواد فلزی به کوره آنالیز شیمیایی این مواد جهت دستیابی به مشخصات نهایی محصول، به دقت کنترل می شود. اگر میزان کربن، گوگرد و فسفر در شارژ فلزی بالا باشد، مقدار بیشتری آهن اسفنجی به کوره شارژ می شود، پس از اتمام ۸۰ درصد ذوب، نمونه ای از کوره گرفته می شود و در صورتی که مقدار کربن همچنان بالا باشد، مجدداً نرمه آهن اسفنجی به کوره شارژ می شود.

از طرفی باید در نظر داشت به دلیل اینکه آهن اسفنجی دارای تخلخل می باشد و همین عامل باعث مقاومت در عبور جریان می شود، جهت جلوگیری از مصرف بالای برق، حداکثر می توان ۶۰-۵۰ درصد شارژ فلزی را به آهن اسفنجی اختصاص داد.

تحقیقات جدید و توسعه در تامین نیرو با فرکانس های متغیر، بهبود در پوشش های نسوز، طراحی القاگر با توان بالا، بازیافت حرارت کوره و استفاده از سیستم های کامپیوتری و اتوماسیون موجب بهبود راندمان کوره های ذوب القایی و تمایل به استفاده از آنها شده اند. علاوه بر این، در سال های اخیر با تکنولوژی کوره های القایی دوقلو که دارای دوبوته هستند، امکان افزایش راندمان و سرعت تولید مذاب فراهم شده است. فرآیند ذوب القایی روشی است که به وسیله جریان های گردابی القا شده توسط میدان الکترومغناطیسی متغیر، در ماده هادی الکتریسیته (معمولاً فلزات) حرارت ایجاد نموده و فرآیند ذوب انجام می شود. اساس کار این روش مشابه ترانسفورماتور است.

قسمت های مختلف کوره القایی

به طور کلی قسمت های مختلف کوره های القایی عبارتند از :

الف : بوته

حاوی اسکلت فلزی کوره ، کویل ، جداره نسوز ، هسته ترانسفورمر ، بوغها (yokos) پلات فرم (سکو).

ب: تاسیسات الکتریکی

شامل دژنکتور، یونر، ترانسفورماتور، مبدل فرکانس ، خازن ها ، چوک ها ، کلید های کولر ها، مکنده ها و تابلو های کنترل.

ج: تاسیسات خنک کن:

تاسیسات الکتریکی کوره القایی مثل ترانسفورماتور، چوک ، خازن ها ، کلید های فشار قوی و تابلوی مدار فرمان در محدوده ی زمانی خاصی می توانند کار کنند و اگر از حد معینی گرمتر شوند باعث ایجاد مشکلاتی می گردند ، لذا این تاسیسات باید خنک گردند ، خنک کردن تاسیسات الکتریکی می تواند با فن ارکاندیشن یا کولر گازی صورت گیرد.

کویل و بدنه کوره در کوره های بوته ای و کویل ، پوسته ی اینداکتور ، پوسته خنک کن و گلوئی کوره در کوره های کانال دار نیز باید خنک شوند این قسمتها عموماً با آب خنک می گردند (برخی از کوره های کوچک کانال دار بگونه ای طراحی می شوند که تمام قسمت های ذکر شده یا قسمتی از آن با هوا خنک می شود) و تاسیسات مخصوصی شامل مبدل های حرارتی ، پمپ ، برج خنک کن و غیره را دارا می باشد و معمولاً مقصود از تاسیسات خنک کن همین قسمت می باشد.

د : تاسیسات حرکت بوته :

برای کوره های بزرگ هیدرولیکی و برای کوره های کوچک مکانیکی یا هیدرولیکی است و شامل جک های هیدرولیک، پمپ هیدرولیک ، مخزن روغن ، شیرها ، دیگ تاسیسات هیدرولیک و میز فرمان هیدرولیک یا سیستم های چرخ دنده ای دستی یا چرخ دنده ای موتور دار .

ه : محل استقرار کوره :

شامل اتاق محل استقرار بوته (Furnace Pit) ، فونداسیون ، چاله تخلیه اضطراری ، محل استقرار تاسیسات الکتریکی ، هیدرولیکی و خنک کن و محل استقرار تابلو های مدار فرمان ، تابلوی کنترل مدار آب و میز فرمان هیدرولیک می باشد.

و : تاسیسات تهویه :

تاسیسات دوده و غبارگیر ، بخصوص در کوره های بوته ای بزرگ را نیز می توان از تاسیسات مهم به حساب آورد .

تاسیسات کوره های القایی :

هر کدام از شش قسمت فوق مسائل و برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص دارد که این برنامه بسته به نوع کوره (کانال دار ، بوته ای) ظرفیت بوته ، فرکانس کوره (خطی،متوسط،بالا)، سیستم خنک کن کوره ، سیستم حرکت بوته و نوع جداره ی نسوز تفاوت هایی داشته اما در اصول همسانی زیاد وجود دارد . به طور کلی مسائل مربوط به کوره های القایی بوته ای و کانال دار از جمله عوامل موثر در کار کوره ، چگونگی کنترل خوردگی و سایش و ... با یکدیگر تفاوت هایی دارند لذا بهتر است در این بررسی هر کدام به صورت جداگانه مورد مطالعه قرار گیرند.

عوامل موثر در کار کوره های القایی :

مهمترین عوامل موثر در بالا بودن راندمان کاری کوره عبارت است از : اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره ، شارژ مناسب ، اپراتوری صحیح ، وضعیت جداره نسوز اجرای دقیق برنامه تعمیر و نگهداری کوره کوره های القایی بسته به نوع آن (کانال دار ، بدون هسته) ، ظرفیت آن ، مقدار فرکانس، نوع سیستم خنک کن، سیستم حرکت بوته و نوع جداره نسوز برنامه تعمیر و نگهداری مخصوص به خود دارد و باید به دقت اجرا شود ، اصول و خطوط کلی تعمیر و نگهداری کوره القایی در قسمت های بعدی به آن خواهیم پرداخت.

شارژ مناسب :

کوره های بدون هسته ذوب القایی با فرکانس پایین تر از ۲۵۰ هرتز تمام ذوب خود را تخلیه نمی کنند تا زمان شارژ بعدی کوتاه تر شود ، به علت وجود ذوب در این کوره ها مواد شارژ باید عاری از روغن و رطوبت باشد در غیر این صورت خطر پاشش ذوب و قطعات شارژ جامد به بیرون از کوره وجود دارد ضمناً وجود روغن و دیگر مواد آلی باعث ایجاد دود در کارگاه می شود سرد بودن سرباره نسبت به ذوب در کوره های القایی ضمن اینکه این کوره ها را در امر احیای مداد اکسیدی ناتوان می کنند باعث می شود این کوره ها نتوانند مقدار زیاد مواد اکسیدی ، خاک و سرباره را تحمل کنند و وجود مقادیر زیاد مواد غیر فلزی غیر آلی باعث ایجاد پل بالای ذوب بخصوص هنگام سرد بودن ذوب می شود که خود می تواند مشکلاتی را در کار کوره ایجاد کند ابعاد نامناسب شارژ نیز می تواند هم مستقیماً به جداره صدمه بزند و هم در ایجاد پل روی ذوب کمک نماید.

اپراتوری صحیح :

چرخش و تلاطم مذاب در کوره های القایی بدون هسته بخصوص با فرکانس های پایین تر باعث می شود تهیه ذوب با آنالیز معین و همگن و درجه حرارت مشخص و یکنواخت ، ساده تر باشد . با این حال برای بالا رفتن راندمان و سلامت کوره اصولی در کار با کوره باید رعایت کرد ، انتخاب شارژ مناسب ، دمای صحیح ذوب در مراحل مختلف فرآیند تهیه ذوب ، شارژ کوره به روش صحیح و مقادیر معین ، توجه به تابلو های مدار فرمان و ابزار و وسایل هشدار دهنده و توجه به مسائل ایمنی از جمله وظایفی است

که اپراتور کوره (کوره دار) هنگام کار با کوره باید رعایت کند، اپراتوری کوره با توجه به نوع کوره، ظرفیت آن، نوع ذوب تهیه شده، نوع شارژ جامد و پارامترهای دیگر تفاوت می کند. برنامه تعمیر و نگهداری کوره، انتخاب شارژ مناسب و اپراتوری صحیح از جمله دستور العمل هایی است که معمولاً فروشنده یا سازنده کوره همراه کوره ارسال می کند و می بایست جهت سلامت و بالا بودن راندمان کوره به آن ها عمل کرد.

وضعیت جداره نسوز:

جداره کوره های القایی می تواند در اثر سایش مکانیکی به وسیله ذوب و شارژ جامد، خوردگی شیمیایی به وسیله سرباره، ذوب و آتمسفر کوره شوکهای مکانیکی و حرارتی کندگی و انهدام در اثر برخورد و تصادم با شارژ جامد، شیوه شارژ نامناسب و غیر متناسب بودن ابعاد و کیفیت شارژ، درجه حرارت بیش از اندازه بالای ذوب آسیب دیده یا نازک گردد (نصب و پخت نا صحیح جداره و هرگونه انفجار به هر دلیلی داخل کوره نیز می تواند باعث انهدام یا آسیب به جداره نسوز شود.) و یا در اثر رسوب مواد غیر فلزی، غیر آلی بر جداره ضخیم گردد که در هر دو مورد برای کوره مضر می باشد مورد اول (نازک شدن جداره) گرچه در مرحله اول باعث بالا رفتن توان گرمایی کوره می شود ولی در مجموع عمر جداره پایین آورده و گاهی باعث توقف اضافی می گردد. مورد دوم (ضخیم شدن جداره) باعث پایین آمدن راندمان کوره شده و گاهی در شارژ کردن نیز اختلال ایجاد می کند، برای شناخت علل ضخیم شدن جداره و نازک شدن جداره بر اثر فعلا و انفعالات شیمیایی باید ترمومتالورژی ذوب، سرباره، آتمسفر کوره و آستر نسوز را شناخت. به عنوان مثال وجود اکسید های قلیایی در ذوب آلومینیم در کوره های با جداره آلومینیایی باعث اکسید شدن آلومینیم مذاب و تشکیل آلومینا و رسوب آن بر جداره و نتیجه ضخیم شدن جداره می گردد در صورتی که وجود اکسید های قلیایی در کوره های با جداره سلیسی باعث خوردگی شدید آستر نسوز می گردد.

کنترل خوردگی و سایش:

جداره کوره های بوته ای بسته به شرایط کاری، نوع ذوب، نوع جداره از نظر شیمیایی و فیزیکی، نحوه نصب، رطوبت گیری و پخت آستر، نوع و کیفیت شارژ جامد و نحوه شارژ می تواند هنگام کار ضخیم گردد یا اینکه در اثر سایش، فرسایش، خوردگی شیمیایی نازک گردد، نازک شدن به مفهوم نزدیک شدن جداره و نزدیک شدن ذوب به کوئل فوران مغناطیسی جذب شده توسط کوئل افزایش پیدا کرده نتیجتاً آمپری که توسط کوئل در یک ولتاژ معین کشیده می شود با یک حجم ذوب معین (درجه حرارت ذوب تاثیر جزئی بر آمپر کشیده شده دارد، به هر حال دقیق تر است که درجه حرارت هم تقریباً جهت مقایسه یکسان باشد در کوره هایی که فرکانس متغیر است مقایسه باید در یک فرکانس مشخص صورت گیرد) در حالت جداره ی نو با حالت جداره خورده شده مقایسه گردد افزایش آمپر مشاهده خواهد شد. با اضافه شدن مقدار آمپر

کشیده شده که بیانگر جذب بیشتر فوران مغناطیسی توسط ذوب است خاصیت سلفی (Inductive) مدار بیشتر می شود و در نتیجه ضریب توان $\cos\alpha$ از یک به سمت خاصیت سلفی منحرف می شود برای یک کردن ضریب توان نیاز به مقدار خازن بیشتری در مدار می باشد. بنابراین بهترین راه کنترل خوردگی جداره زمانی که ذوب داخل کوره می باشد، مشاهده مقدار جریان الکتریکی کشیده شده توسط کویل، ضریب توان و مقدار خازن های داخل مدار و مقایسه آنها با حالت جداره نو می باشد. عکس مطالب فوق در هنگامی است که جداره ضخیم گردد. بدین معنا که با ضخیم شدن جداره ذوب از کویل دور شده و در نتیجه حجم فوران مغناطیسی جذب شده توسط ذوب کاهش می یابد و بالتبع جریان کشیده شده توسط کویل کم می شود و در نتیجه مدار خازنی capacitive می شود و ضریب توان از یک به سمت خازنی منحرف می گردد و برای یک کردن $\cos\alpha$ نیاز است مقداری خازن از مدار خارج شود. بنابراین با کنترل مداوم آمپر کشیده شده توسط کویل ضریب توان $\cos\alpha$ و مقدار خازن در مدار برای تصحیح ضریب توان و مقایسه آن با حالت جداره نو می توان دریافت که جداره نازک شده است و یا ضخیم. مقادیر الکتریکی فوق را می توان در رابطه زیر خلاصه کرد:

R مقاومت حمام مذاب (اهم)

V (ولتاژ کوره (ولت)

P (توان کوره (وات)

مقاومت حمامی زمانی که از مذاب پر است و درجه حرارت ذوب نزدیک به درجه حرارت استفاده می باشد و ولتاژ کوره در یکی از ولتاژ های بالا قرار دارد اندازه گیری می شود، این اندازه گیری به طور مدارم از زمانی که کوره نو کوبی شده است انجام می شود. کاهش مقاومت حمام به معنای نازک شدن جداره و نزدیک شدن ذوب به کویل است و افزایش مقاومت حمام به مفهوم ضخیم شدن جداره و دور شدن ذوب از کویل می باشد. معمولاً اگر مقاومت خام ۲۰ درصد کاهش یافت به مفهوم این است که جدازه نسوز نیاز به تعمیر دارد. این نکته را باید یاد آور ساخت که با نازک یا ضخیم شدن جداره بالانس فاز کوره هم غی متعادل شده و در نتیجه مقدار خازن در مدار برای متعادل کردن فاز ها نیز تغییر می کند منتها جهت کنترل خوردگی یا ضخیم شدن جداره نیاز چندانی به کنترل بالانس فاز نمی باشد. از طرفی با خورده شدن جداره یا ضخیم شدن آن مقدار حرارت منتقل شده به کویل تغییر یافته و در نتیجه گرمای آب عبوری از داخل کویل تفاوت می کند و اختلاف دمای آب ورودی با آب خروجی تغییر می کند. با نزدیک شدن ذوب به کویل، اختلاف دمای ورودی و خروجی افزایش و با دور شدن آب عوامل مهم دیگری نیز موثر هستند این پارامتر به تنهایی نمی تواند معیار سنجش قرار گیرد و در جوار پارامتر های الکتریکی فوق اشاره می توان از آن بهره گرفت. در برخی از کارخانجات این مفهوم اشتباه به وجود آمده است که نزدیک شدن ذوب به کویل را اهم متر کوره نشان می دهد، در صورتی که اهمتر مقاومت الکتریکی جداره را تعیین می نماید و جداره سالم حتی با

ضخامتی معادل کمتر از ضخامت اصلی دارای مقاومت الکتریکی به اندازه کافی بالایی است که اهم متر نتواند تشخیص بدهد اگر جداره خیس باشد یا در اثر نفوذ ذوب به جداره ، اتصال کوتاه به وجود آمده باشد اهم متروضعیت را نشان می دهد زمانی که اهم متر اعلام خطر می نماید (در بعضی کوره ها اهم متر مقاومت الکتریکی تمام قسمت های تاسیسات الکتریکی کوره و بوتۀ را همزمان کنترل می کند در این حالت باید اول مشخص گردد که اتصال کوتاه در بوتۀ است یا تاسیسات الکتریکی و بعد تصمیمات لازم اتخاذ گردد). چه از خیس شدن جداره و چه از اتصال کوتاه باید بلافاصله کوره تخلیه گردد و در جهت رفع عیب تلاش شود. یاد آوری این نکته ضروری است که در زمان پخت جداره مقاومت الکتریکی جداره به خاطر وجود مختصری رطوبت در جداره پایین است که این مورد غیر از موارد یاد شده در فوق می باشد بنابراین مشخص است که اهم متر خوردگی جداره را نشان نخواهد داد و هنگامی که اهم متر مشخص می کند مقاومت الکتریکی جداره پایین آمده است به مفهوم اعلان خطر است و باید ذوب کوره بلافاصله تخلیه گردد . پس مقاومت الکتریکی جداره جهت کنترل سلامت جداره باید مرتب و مداوم بازرسی گردد ولی جهت کنترل نازک یا ضخیم شدن جداره در هنگام پر بودن کوره از ذوب باید از ضریب توان $\cos \alpha$ مدار ، آمپر کشیده شده توسط کویل و مقدار خازن تصحیح $\cos \alpha$ بهره جست ، مشخص است در صورتی که خوردگی جداره موضعی باشد یا در ناحیه ای خوردگی و در ناحیه ای دیگر افزایش ضخامت جداره به وجود آمده باشد نمی توان از طریق فوق الذکر کنترل دقیقی بر وضعیت جداره داشت ، چرا که خوردگی موضعی کوچک گر چه می تواند خطر آفرین باشد اما تاثیر چندانی بر آمپر کشیده شده توسط کویل ندارد و در صورتی که خوردگی در یک ناحیه با ضخیم شدن در ناحیه دیگر توأم باشد به علت خنثی کردن اثر یکدیگر باعث گمراهی کنترل کننده خواهد شد . بنابراین باید جهت کنترل دقیق تر وضعیت جداره از روش های دیگری هم استفاده کرد در کوره های با فرکانس بالاتر از ۲۵۰ هرتز چون ذوب کوره پس از آماده شده کاملاً تخلیه می گردد می توان از مشاهده ی مستقیم نیز استفاده کرد و خوردگی های موضعی را تشخیص داد در کوره های با فرکانس خط و فرکانس سه برابر ۱۵۰ یا ۱۸۰ هرتز چون ذوب کوره کاملاً تخلیه نمی گردد ، مشاهده تمام کوره امکان ندارد اما قسمتهای فوقانی را می توان مشاهده کرد تا اینجا باید خاطر نشان ساخت که کنترل مطمئن و کاملتر باید در فواصلی که کوره تخلیه می گردد و جداره سرد می شود مثل تعطیلات پایان هفته ، ابعاد بوتۀ با دقت اندازه گیری گردد و از مقایسه آن با حالت نو ضخامت جداره به دست آید ، بهترین راه اندازه گیری ضخامت جداره از طریق اندازه گیری شعاع بوتۀ در نواحی مختلف می باشد که با مقایسه با شعاع بوتۀ در حالت نو می توان ضخامت جداره را در آن ناحیه به دست آورد و راجع به تعمیر بوتۀ تصمیم گرفت ، برخی از تعمیر کاران کوره قطر بوتۀ را اندازه می گیرند که در مقایسه با اندازه گیری شعاع دارای دقت کمتری است ، به عنوان مثال اگر حد خوردگی چهار سانتی متر باشد و قطر اندازه گیری شده شش سانتی متر افزایش نسبت به حالت نو نشان دهد نمی توان دریافت که این ۶ سانتی متر

خوردگی به طور مساوی به دو طرف کوره تعلق داشته باشد یعنی از هر طرف جداره سه سانتی متر خورده باشد چون این احتمال وجود دارد که مثلاً از یک طرف پنج سانتی متر (یک سانتی متر بیش از حد مجاز) و از طرف دیگر یک سانتی متر (سه سانتی متر کمتر از حد مجاز) خورده شده باشد . بنابراین وقتی فرصت اندازه گیری به وجود می آید بهتر است شعاع بوته اندازه گیری شود تا اندازه بوته در هر ناحیه به دقت مشخص گردد . همراه با اندازه گیری شعاع یا قطر بوته در ارتفاع های مختلف بوته باید ارتفاع بوته را نیز اندازه گرفت تا اگر از حد مجاز فراتر رفته باشد معلوم گردد برای اندازه گیری شعاع بوته یک شاقول در محل محور بوته آویزان می گردد و فاصله ی آن با جداره در نواحی مختلف اندازه گرفته می شود و در جداول مخصوص یادداشت می گردد.

قسمت بالای کوره بخاطر برخورد شارژ جامد دائم در معرض صدمه قرار دارد این قسمت نیز از طریق اندازه گیری و مشاهده مستقیم مرتباً کنترل می گردد.

کوره های القایی در مقایسه با کوره های سوخت فسیلی دارای مزایای فراوانی از جمله دقت بیشتر ، تمیزی و تلفات گرمایی کمتر و ... است . همچنین در کوره هایی که در آنها از روشهای دیگر ، غیر القاء استفاده می شود ، اندازه کوره بسیار بزرگ بوده و در زمان راه اندازی و خاموش کردن آنها طولانی است . عبور جریان از یک سیم پیچ و استفاده از میدان مغناطیسی برای ایجاد جریان در هسته سیم پیچ ، اساس کار کوره های القایی را تشکیل می دهد . در این کوره ها از حرارت ایجاد شده توسط تلفات فوکو و هیستریزیس برای ذوب فلزات یا هرگونه عملیات حرارتی استفاده می شود.

کوره های القایی در مقایسه با کوره های سوخت فسیلی دارای مزایای فراوانی از جمله دقت بیشتر ، تمیزی و تلفات گرمایی کمتر و ... است . همچنین در کوره هایی که در آنها از روشهای دیگر ، غیر القاء استفاده می شود ، اندازه کوره بسیار بزرگ بوده و در زمان راه اندازی و خاموش کردن آنها طولانی است . عبور جریان از یک سیم پیچ و استفاده از میدان مغناطیسی برای ایجاد جریان در هسته سیم پیچ ، اساس کار کوره های القایی را تشکیل می دهد . در این کوره ها از حرارت ایجاد شده توسط تلفات فوکو و هیستریزیس برای ذوب فلزات یا هرگونه عملیات حرارتی استفاده می شود.

نخستین کوره القایی که مورد بهره برداری قرار گرفت از شبکه اصلی قدرت تغذیه میشد و هیچگونه تبدیل فرکانسی صورت نمی گرفت . با توجه به اینکه افزایش فرکانس تغذیه کوره موجب کاهش ابعاد آن و بالا رفتن توان (تلفات) می شود ، برای رسیدن به این هدف ، در ابتدا منابع تغذیه موتور ژنراتوری مورد استفاده واقع گردید . هر چند با این منابع می توان فرکانس را تا حدودی بالا برد ، ولی محدودیت فرکانس و عدم قابلیت تغییر آن و در نهایت عدم تطبیق سیستم تغذیه با کوره ، دو عیب اساسی این سیستمها به شمار میرفت . با توجه به این معایب ورود عناصر نیمه هادی به حیطه صنعت موجب گردید منابع تغذیه استاتیک جایگزین منابع قبلی شوند

در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فارادی (Faraday) با ارائه این مطلب که اگر از سیم پیچ اولیه ای جریان متغیری عبور کند ، در سیم پیچ ثانویه مجاورش نیز جریان القاء میشود ، تئوری گرمایش القایی را بنا نهاد . علت اصلی این پدیده القاء ، تغییرات شار در مدار بسته ثانویه است که از جریان متناوب اولیه ناشی میشود . نزدیک به یکصد سال این اصل در موتورهای ، ژنراتورها ، ترانسفورماتورها ، وسایل ارتباط رادیویی و ... بکار گرفته می شد و هر اثر گرمایی در مدارهای مغناطیسی به عنوان یک عنصر نا مطلوب شناخته می شد . در راستای مقابله با اثرات حرارتی در مدارهای مغناطیسی و الکتریکی از سوی مهندسين گامهای موثری برداشته شد. آنها توانستند با مورق نمودن هسته مغناطیسی موتورهای و ترانسفورماتورها، جریان فوکو (Eddy Current) را که عامل تلفات حرارتی بود مینیمم نمایند.

به دنبال آزمایشات فارادی ، قوانین متعددی پیشنهاد شد . قوانین لنز (Lenz) و نیومن (Neuman) نشان دادند که جریان القاء شده با شار القایی مخالفت کرده و به طور مستقیم با فرکتانس متناسب می باشد . فوکو (Focault) در سال ۱۸۶۳ در مقاله ای تحت عنوان "القاء جریان در هسته (The Induction Of Current in Cores) که توسط هویساید (Heviside) منتشر گردید نظریه ای راجع به جریان فوکو ارائه داد و در رابطه با انتقال انرژی از یک کویل به یک هسته توپر بحث نمود . علاوه بر افراد فوق ، تامسون (Thomson) نیز در ارائه نظریه گرمایش از طریق القاء سهم بسزایی داشت.

در اواخر قرن نوزدهم استفاده از تلفات فوکو و هیستریزیس به عنوان منبع گرمایش القایی از طرف مهندسين مطرح شد . همچنین در اوایل قرن اخیر در کشورهای فرانسه ، سوئد و ایتالیا بر اساس استفاده از خازنهای جبران کننده توان راکتیو پیشنهاداتی برای کوره های القایی بدون هسته ارائه شد . در این پیشنهادات بیشتر ذوب فلزات در فرکانسهای میانی مورد نظر بود.

دکتر نورث روپ (Northrup) ایده کوره با فرکانس میانی را برای موارد صنعتی گسترش داد . در روزهای نخستین ، بر اثر نبود امکانات از جمله خازنهای با ظرفیت کافی و قابل اطمینان ، توسعه و پیشرفت متوقف شد . بعدها در سال ۱۹۲۷ کمپانی کوره های الکتریکی (Electrical Furnace CO. [EFCO.]) نخستین کوره الکتریکی با فرکانس میانی را در شفیلد انگلستان و به منظور آهنگری و گرمادهی موضعی فلزات جهت اتصال به یکدیگر ، نصب کرد . بعد از این ، تعداد و اندازه این کوره ها رو به افزایش گذاشته است . لازم به ذکر است که مزیت های دیگر کوره های القایی همچون دقت زیاد برای گرم کردن تا عمق مورد نظر و حرارت دادن نواحی سطحی در طی پیشرفتهای بعدی (در سالهای جنگ جهانی دوم) بیشتر آشکار شد . در گرمایش القایی عدم نیاز به منبع خارجی گرم کننده ، تلفات گرمایی کمتر شده و تمیزی شرایط کار تامین میگردد . در این روش همچنین نیازی به تماس فیزیکی بار و کویل نبوده و علاوه بر این چگالی توان بالا در مدت زمان گرمایش کم به آسانی قابل دسترس می باشد.

در ابتدا کوره های القایی مستقیماً از شبکه قدرت تغذیه می شدند که بنوبه خود گام موفق در استفاده از توان الکتریکی جهت عملیات حرارتی بحساب میآمد

از آنجائیکه تلفات فوکو و هیستریزیس با فرکانس نسبت مستقیم دارند و اینکه ابعاد کویل کوره با بالا رفتن فرکانس کاهش می یابد ، مهندسين به فکر تغذیه کوره در فرکانسهای بالاتر از فرکانس شبکه قدرت افتادند. اولین قدم در این راه استفاده از فرکانسهای دو برابر و سه برابر که از هارمونیکهای دوم و سوم بدست می آمدند ، بود.

این هارمونیکها بر خلاف طبیعت مخرب خود در این نوع کاربرد سودمند تشخیص داده شدند . پائین بودن راندمان در استفاده از هارمونیکهای فوق موجب گردید طراحان روش دیگری را مورد استفاده قرار دهند در این مرحله سیستم موتورژنراتور توسعه یافت که با استفاده از این سیستم توانستند فرکانس تغذیه را تا صدها هرتز افزایش دهند . در کوره های القایی افزایش فرکانس باعث کاهش عمق نفوذ جریان القایی میگردد لذا در عملیات حرارتی سطحی که سختکاری سطح فلز ، مورد نظر می باشد از کوره های القایی با فرکانس بالا استفاده می شود . با ورود عناصر نیمه هادی مانند تریستورها ، ترانزیستورها و موسفت ها به حیطه صنعت محدودیت فرکانس و عدم تغییر آن ، در تغذیه کوره ها مرتفع شد.

از لحاظ سیستم قدرت میتوان سیستمهای القایی را به چهار دسته اساسی تقسیم نمود :

الف) سیستمهای منبع (Supply Systems) :

در این سیستمها که فرکانس کار آنها بین ۵۰ تا ۶۰ هرتز و ۱۵۰ تا ۵۴۰ هرتز می باشد احتیاجی به تبدیل فرکانس نیست و با توجه به فرکانس کار ، عمق نفوذ جریان زیاد بوده و حدود ۱۰ تا ۱۰۰ میلیمتر می باشد همچنین مقدار توان لازم تا حدود چندین صد مگا وات نیز میرسد.

ب) سیستمهای موتورژنراتور (Motor-Generator Systems) :

فرکانس این سیستمها از ۵۰۰ هرتز تا ۱۰ کیلو هرتز می باشد . در این سیستمها تبدیل فرکانس لازم بوده و این عمل بوسیله ژنراتورهای کوپل شده با موتورهای القایی صورت می پذیرد . همچنین در این سیستمها توان به وسیله ماشینهای ۵۰۰ کیلو وات تامین میگردد و برای بدست آوردن توانهای بالاتر ، از سری کردن ماشینها استفاده میشود . عمق نفوذ در این سیستمها به خاطر بالاتر بودن فرکانس نسبت به سیستمها منبع ، کمتر بوده و در حدود ۱ تا ۱۰ میلیمتر است.

ج) سیستمهای مبدل نیمه هادی (Solid-State Converter Systems) :

در این سیستمها فرکانس در محدوده ۵۰۰ HZ تا ۱۰۰ KHZ بوده و تبدیل فرکانس به طرق گوناگونی صورت میپذیرد . در این سیستمها از سوئیچهای نیمه هادی استفاده میشود و توان مبدل بستگی به نوع کاربرد آن تا حدود ۲ MW میتواند برسد.

د (سیستمهای فرکانس رادیویی (Radio-Frequency System) :

فرکانس کار در این سیستم در محدوده ۱۰۰ KHZ تا ۱۰ MHZ می باشد . از این سیستمها برای عمق نفوذ جریان بسیار سطحی، در حدود ۰/۱ تا ۲ میلیمتر استفاده می گردد و در آن از روش گرمایی متمرکز با سرعت تولید بالا استفاده میگردد.

h-Daneshmand.ir