

فهرست مطالب

I	مقدمه
II	تاریخچه کوره های القایی
III	اساس کار کوره های القایی
IV	انواع کوره های القایی
V	فرکانس میدان مغناطیسی
VI	مزایای کوره های القایی نسبت به سایر کوره ها
VII	کاربرد کوره های القایی در صنعت
VIII	ذوب القایی و مزایای آن
IX	اصول سخت کردن القایی
X	نمونه هایی از کاربردهای سخت کردن القایی در قطعات صنعتی
XI	قسمت های مختلف کوره های القایی
XII	کوره های القایی بدون هسته
XIII	عوامل موثر در کار کوره
XIV	جمع بندی و نتیجه گیری
XV	فهرست منابع و مراجع

کوره های القایی

مقدمه:

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 .

تاریخچه کوره های القایی:

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 1831 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 فرکانس متناسب می باشد .

فوکو (Focault) در سال 1863 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 القائی 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 1927 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 مزیت‌های 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 کوئل 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 کوئل 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.

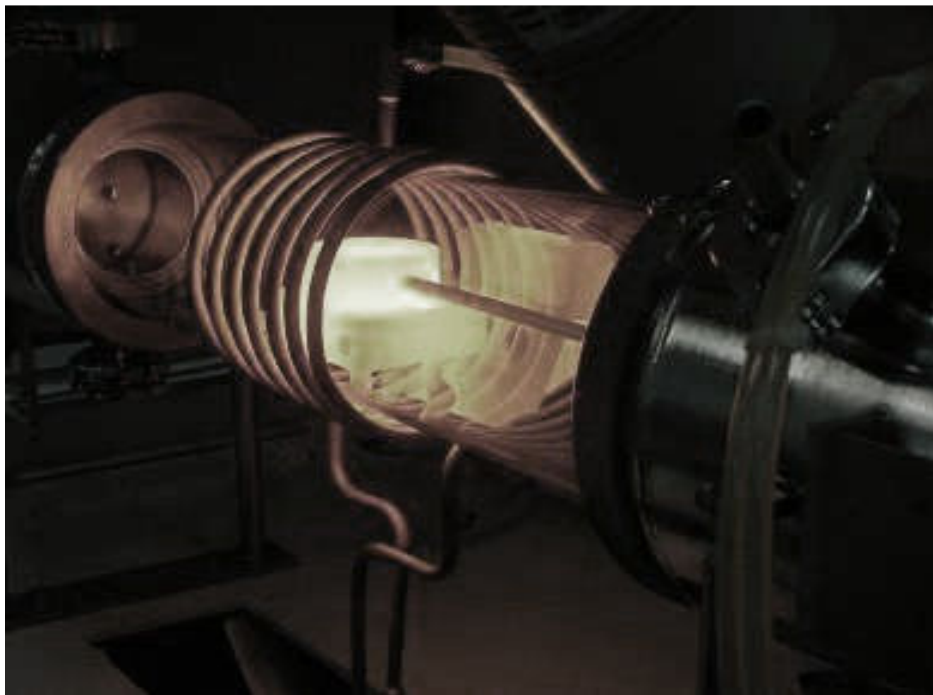
در کوره های القایی افزایش فرکانس باعث کاهش عمق نفوذ جریان القایی میگردد لذا در عملیات حرارتی سطحی که سختکاری سطح فلز ، مورد نظر می باشد از کوره های القایی با فرکانس بالا استفاده می شود .

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

اساس کار کوره های القایی:

اساس کار کوره های القایی بر اصل القا میدان مغناطیسی مبتنی می باشد. نحوه عملکرد بدینصورت می باشد که ابتدا با استفاده از جریان برق شهر و بوسیله مبدل فرکانس ، جریان نسبتاً "زیادی (بیش از 1000 آمپر) با فرکانس 300 تا 10000 هرتز ساخته می شود(در کوره های فرکانس بالا بیش از 100 کیلوهرتز می باشد)

سپس این جریان به سیم پیچ کوره (اینداکتور یا کوئل) اعمال شده و با عبور از آن باعث ایجاد میدان مغناطیسی با همان فرکانس در وسط کوئل می گردد.



در صورتیکه در وسط سیم پیچ کوره جسم هادی مانندی فولاد چدن یا سایر فلزات قرار گیرد میدان مغناطیسی ایجاد گردیده باعث القا جریانهای گردابی در این اجسام می گردد و این جریان های القایی جسم را گرم نموده و تا حد ذوب و احیانا "تبخیر در کوره های (Coating) پیش می برد با مانور روی فرکانس و قدرت کوره می توان سیستم را جهت انواع کاربردها آماده نموده و در آن جهت به کار گرفت.



Preheating

انواع کوره های القایی:

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 50 تا 60 هرتز و 150 تا 540 هرتز می باشد احتیاجی به تبدیل فرکانس نیست و با توجه به فرکانس کار، عمق نفوذ جریان زیاد بوده و حدود 10 تا 100 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 500 هرتز تا 10 کیلو هرتز می باشد.

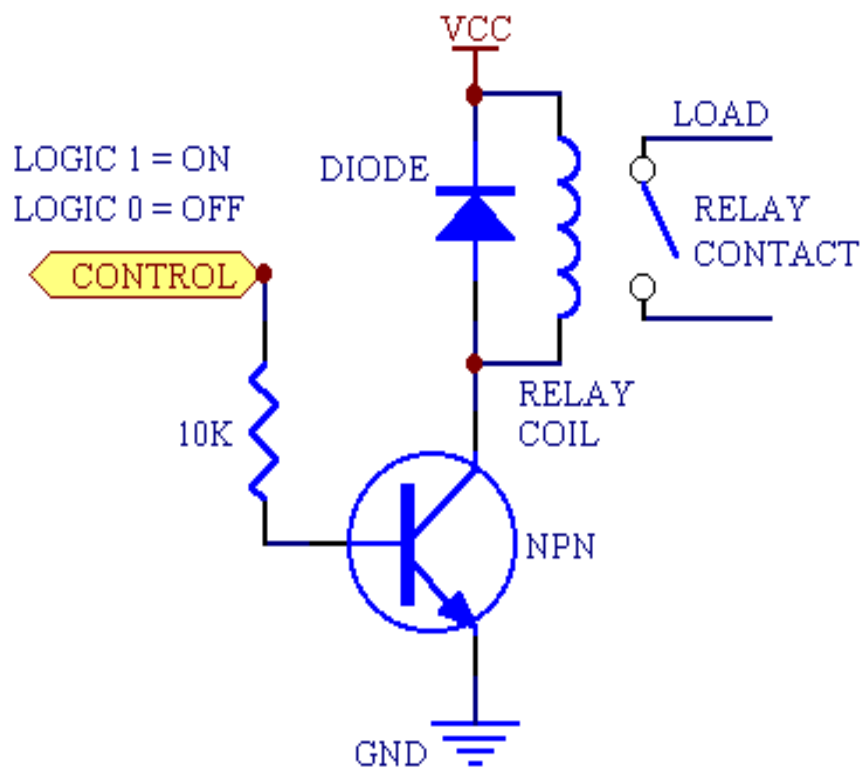
در این سیستمها تبدیل فرکانس لازم بوده و این عمل بوسیله ژنراتورهای کوپل شده با موتورهای القایی صورت می پذیرد. همچنین در این سیستمها توان به وسیله ماشینهای 500 کیلو وات تامین میگردد و برای بدست آوردن توانهای بالاتر، از سری کردن ماشینها استفاده میشود.

عمق نفوذ در این سیستمها به خاطر بالاتر بودن فرکانس نسبت به سیستمها منبع، کمتر بوده و در حدود 1 تا 10 میلیمتر است.

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

در این سیستمها فرکانس در محدوده 500 HZ تا 100 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 2 MW میتواند برسد .



د) سیستمهای فرکانس رادیویی (Radio-Frequency System)

فرکانس کار در این سیستم در محدوده 100 KHZ تا 10 MHZ می باشد .

از این سیستمها برای عمق نفوذ جریان بسیار سطحی، در حدود 0/1 تا 2 میلیمتر استفاده می گردد و در آن از روش گرمایی متمرکز با سرعت تولید بالا استفاده میگردد.

فرکانس میدان مغناطیسی :

فرکانس میدان مغناطیسی اعمال شده بر روی قطعه کار برابر فرکانس جریان عبور کرده از سیم پیچ است.

باید توجه داشت که اگر قطعه کاری در یک میدان مغناطیسی متناوب قرارگیرد تا در آن جریان القای تولید گردد، شدت این جریانهای القایی تولید شده در سطح قطعه ، بیشترین مقدار و در لایه های زیر سطحی کمترین مقدار را دارد به گونه ای که در مرکز قطعه این شدت به صفر می رسد .

در حقیقت افزایش شدت جریان القایی از مغز یک قطعه به طرف سطح آن به صورت توانی است .

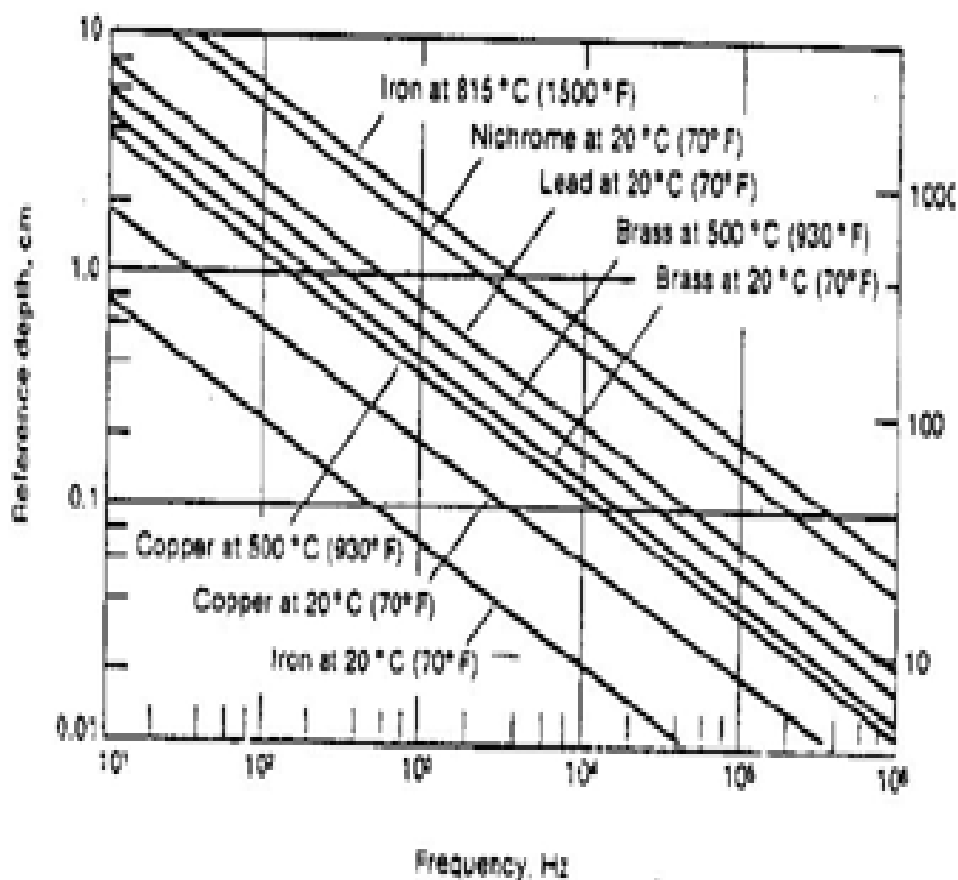
عمقی از (سطح به طرف مغز) قطعه را که در آن شدت جریان $1/e$ یا 37 درصد جریان سطح است عمق یا ضخامت مرجع می نامند .

آزمایشها نشان داده است که هرچه فرکانس جریان سیم پیچ بیشتر شود ضخامت مزبور کاهش می یابد به گونه ای که می توان رابطه زیر را در این مورد نوشت :

$$d = 5000 \sqrt{\rho / \mu F}$$

d عمق مرجع برحسب Cm ، ρ مقاومت الکتریکی قطعه کار بر حسب اهم سانتیمتر و μ نفوذ پذیری متوسط مغناطیسی (Permeability) قطعه کار بدون واحد و F فرکانس میدان مغناطیسی بر حسب هرتز است .

در شکل 2 اثر فرکانس میدان مغناطیسی بر روی عمق مرجع در چند فلز نشان داده شده است .

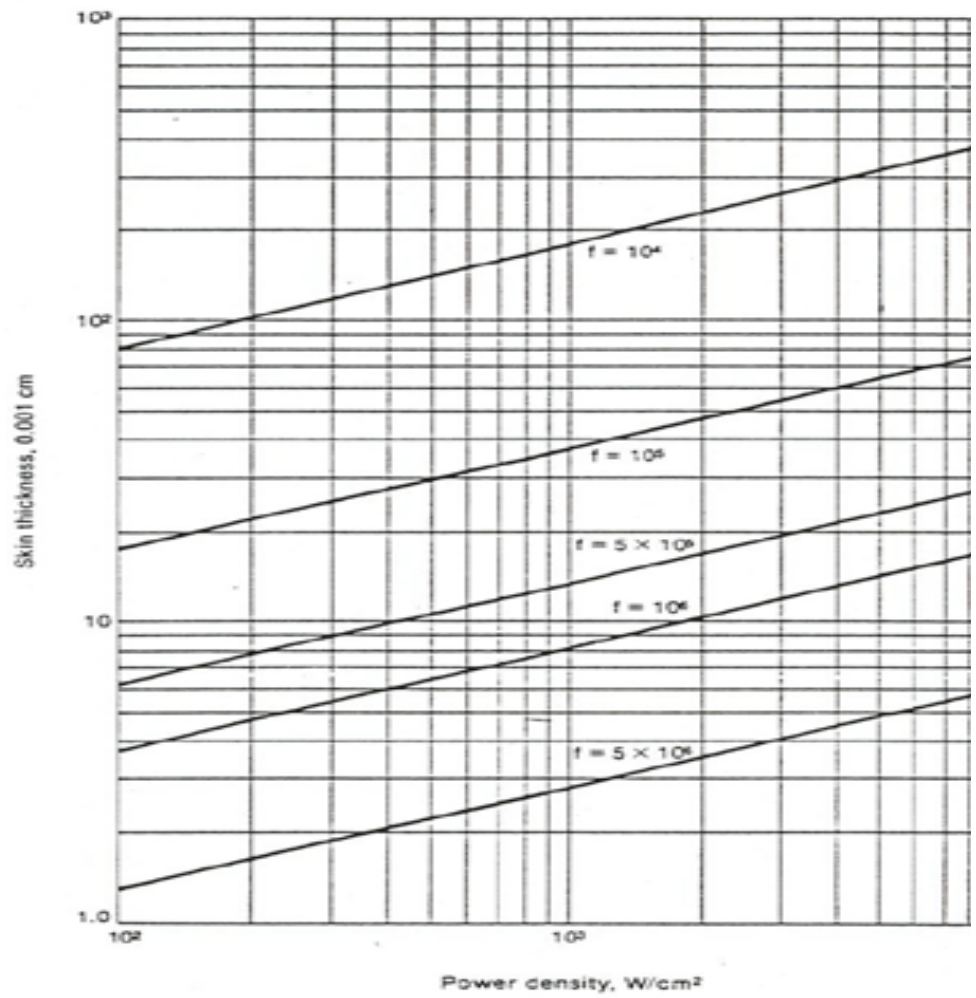


شکل 2 - اثر فرکانس میدان مغناطیسی در ضخامت مرجع چند فلز مختلف .

باید توجه داشت که با افزایش دمای سطح فولاد و رسیدن به دمای کوری ، μ کاهش یافته و ρ افزایش می یابد لذا با افزایش دما عمق مرجع d افزایش می یابد .

بنابراین با تغییر دما ، عمق مرجع در بعضی از فولادها تا 20 برابر تغییر می کند .

شکل 3 اثر فرکانس و توان ورودی به سیم پیچ را بر روی عمق میدان بیان میکند. مشاهده می شود که با افزایش توان و کاهش فرکانس جریان مصرفی عمق مرجع زیاد می شود.



شکل 3 - اثر فرکانس و شدت میدان در عمق مرجع فولاد مغناطیسی .

مزایای کوره های القایی نسبت به سایر کوره ها :

1. اپراتوری بسیار ساده بعلت وجود بخش کنترل کامل الکترونیک
2. عدم آلودگی و اکسیداسیون بار به علت عدم وجود گاز و شعله اکسیدکننده
3. شروع به کار سریع و عدم نیاز به پیش گرم یا ذوب اولیه
4. سرعت بالای انجام عملیات در مقایسه با سایر کوره ها
5. راندمان بسیار بالاتر نسبت به کوره های سوختی
6. قابلیت تهیه آلیاژهای یکنواخت به علت چرخش داخل مذاب
7. قابلیت تهیه و نگهداری ذوب در ظرفیت های مختلف
8. سادگی عمل تغذیه و تخلیه
9. امکان کنترل دقیق درجه حرارت
10. قابلیت ذوب قراضه
11. اشغال فضای کمتر نسبت به سایر کوره ها
12. عدم تاثیر بر آلودگی محیط زیست

کاربرد کوره های القایی در صنعت :

- ذوب فلزات در صنایع ریخته گری فولاد، چدن ، مس ، آلومینیوم ، برنج و...

ذوب القایی و مزایای آن :

یکی از بهترین روشهای ذوب کردن فلزات استفاده از کوره القایی می باشد.

در مورد ذوب فولاد و آلیاژسازی این ماده می توان ادعا نمود که تنها ابزار با کارایی و راندمان مناسب کوره ذوب القایی فرکانس متوسط می باشد.

این نوع کوره می تواند به راحتی قراضه های آهن و فولاد را ذوب نموده و امکان افزایش مواد آلیاژی را فراهم نماید. همچنین Super Heat کردن ذوب فولاد (افزایش درجه حرارت تا حدود 1700 درجه سانتیگراد) از دیگر مزایای این روش می باشد.

- اپراتوری بسیار ساده و ایمن
- عدم تاثیر بر آلودگی محیط زیست
- عدم اکسیداسیون و تغییر آنالیز ذوب به علت عدم وجود گاز یا شعله اکسید کننده
- شروع به کار سریع و عدم نیاز به پیش گرم یا ذوب اولیه
- سرعت زیاد انجام عملیات ریخت در مقایسه با سایر کوره ها
- راندمان بسیار بالاتر نسبت به کوره های سوختی
- قابلیت تهیه آلیاژهای یکنواخت به علت چرخش داخلی مذاب
- سادگی عمل تغذیه کوره ها

- امکان کنترل دقیق درجه حرارت
- قابلیت ذوب قراضه
- اشغال فضای کمتر نسبت به بعضی از کوره ها

METAL OF Melting

-پیش گرم بیلت در صنایع آهنگری (فورج) جهت گرم کردن و شکل دادن قطعات مختلف بوسیله پرس ، نورد و...

Preheating

-سخت کاری ، در صنایع ماشین سازی جهت سخت کاری سطحی قطعات مانند چرخ دنده و میل لنگ ، میل پولس ، ترشن بار ، بال پین سیبک ، هوزینگ سیبک و ...

HARDENING	MEDIUM FREQUENCY		
TYPE	KW	KVA	KHZ
MF-F-AL 55	100	125	7 - 9
MF-F-AL 75	150	180	7 - 9
MF-F-AL 150	150	180	2 - 3
MF-F-AL 250	250	315	2 - 3
MF-F-AL 500	500	630	1 - 1.5

مشخصات الکتیکی کوره های القایی فرکانس متوسط

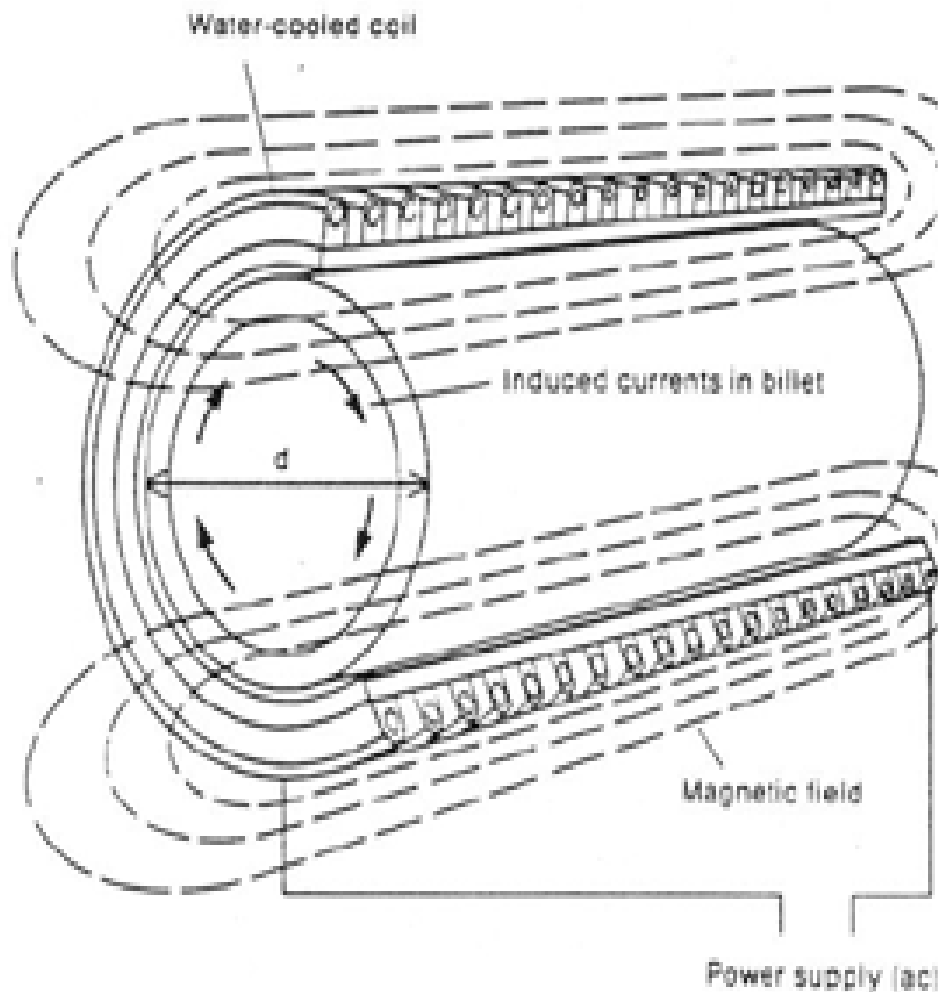
HARDENING	HIGH FREQUENCY		
TYPE	KW	KVA	KHZ
HF-H-ST 6	6	15	800-1000
HF-H-ST 18	18	30	300-450
HF-H-ST 45	45	80	250-400
HF-H-ST 75	75	130	250-350
HF-H-ST120	120	200	250-350
HF-H-ST 250	250	400	200-300
HF-H-ST350	350	800	200-300

مشخصات الکتیکی کوره های القایی فرکانس بالا

اصول سخت کردن القایی :

نیروی القای الکترو مغناطیس برای اولین بار حدود سال 1830 به وسیله مایکل فارادی کشف شد.

فارادی دریافت که اگر یک هادی در یک میدان مغناطیس تولید شده از عبور جریان متناوب از یک سیم پیچ قرارگیرد، در آن جریان الکتریکی بوجود می آید که این جریان می تواند باعث گرم یا ذوب شدن آن هادی شود.
شکل 1 چنین پدیده ای را نشان می دهد:



در سخت کردن القایی انتخاب متغیرها به گونه ای انجام می شود که فقط سطح مورد نظر گرم شده و در آن استحاله تشکیل استنیت صورت گیرد پس از آن به وسیله یک کلاهک خنک کننده با پاشش آب یا هوای فشرده بر روی سطح مورد نظر این قسمت به سرعت سرد می شود تا استنیت آن به فاز سخت مارتنزیت تبدیل شود.

نمونه هایی از کاربردهای سخت کردن القایی در قطعات صنعتی:

1 - میل لنگ ها :

میل لنگ ها شاید اولین کاربرد سخت کردن القایی در قطعات اتوموبیل بوده اند . این قطعات نیاز به استحکام و مقاومت به سایش زیادی دارند و فقط با اینکار امکان افزایش توان موتور فراهم می گردد. با استفاده از این روش ، سختی سطح میل لنگ های فولادی به حدود 55HRC میرسد. از مزایای این عمل میتوان سخت شدن انتخابی نقاط مورد نظر ، می نیمم شدن پیچش قطعه و انجام عمل بازگشت در حین فرآیند را نام برد.

2-میل بادامکها :

سطوح دوار و یا منحنی شکل میل بادامکها نیز شبیه به میل لنگها تحت سخت کردن سطحی قرار می گیرند.

3 - بازوها و میله ها :

این قطعات در خودروها نیاز به استحکام بالا و مقاومت به خستگی زیادی دارند لذا

با عملیات سخت کردن القایی ، این دو خاصه مکانیکی به مقدار بسیار زیادی افزایش می یابد . در اینجا نیز سختی سطح قطعات فولادی تا حدود 50HRC پس از بازگشت ، افزایش می یابد.

4 - محورهای انتقال نیرو :

این قطعات نیز شبیه قطعات سری قبل نیاز به استحکام خمش و مقاومت خستگی زیادی دارند و به همان صورت تحت سخت کردن سطحی قرار میگیرند.

5 - چرخنده ها:

چرخنده ها نیز ره دلیل نیاز به مقاومت به سایش بالا و مقاومت به خستگی حرارتی زیادی دارد. این مسئله بخصوص به هنگام مصرف بنزینهای بدو سرب و عدم وجود اکسید سرب که می تواند نقش روان کننده بین سوپاپ و محل نشیمن را بازی کند ، بسیار مهم است . با طراحی سیم پیچهای مناسب میتوان این مکانها را گرم کرده و تا عمق 2 میلیمتری و تا 50HRC سخت نمود.

6 - محل نشیمن سوپاپها در سر سیلندر:

این محل نیاز به مقاومت به سایش بالا تحت سخت کردن القایی انتخابی تمام دند و ریشه آن ، و یا در چرخنده های سنگین فقط کناره دنده ها قرار میگیرند. چرخنده های کوچک در یک زمان و به طور یکنواخت و چرخنده های بزرگ ، دندانها به دندانها تحت سخت کردن سطحی قرار میگیرند.

7 - ریل راه آهن :

سطح ریلهای راه آهن که تحت بار سنگین ناشی از چرخهای واگنها قرار میگیرند به شدت تبدیل میکنند تا به این ترتیب مقاومت به سایش و استحکام آنها بالا رود.

. Surface Heating –

کوره های آزمایشگاهی جهت آلیاژسازی و اندازه گیری تنش ، خمش و کشش در درجه حرارت معین قطعات و...

Lab . Induction heater

-جوشکاری موضعی و جوشکاری قطعات خاص Brazing & Soldering

-سخت کاری موضعی (case hardening)

قسمت های مختلف کوره های القائی :

الف – بوته:

حاوی اسکلت فلزی کوره ، کوپل ، جداره نسوز – هسته ترانسفورمر، بوغها(yokes),پلات فرم یا سکو

ب – تاسیسات الکتریکی:

شامل دژنکتور،سکیونر، ترانسفورماتور، مبدل فرکانس ، خازن ها ، چوکها، کلید های کولرها،مکنده ها 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 با فن ، ارکاندیشن یا کولر گازی صورت گیرد .

کوئل و بدنه کوره در کوره های بوته ای و کوپل ، 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:

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 ، بوته ای) ظرفیت بوته ، فرکانس کوره (خط ، متوسط ، بالا) ، سیستم خنک کن کوره 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 ... با یکدیگر تفاوت هایی دارند لذا بهتر است در این بررسی هر کدام به صورت جداگانه ای مورد مطالعه قرار گیرند .

کوره های 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 القائی با فرکانس پایین تر از 250 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 ار 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 القائی 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 مستقیماً 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 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 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 معمولا 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 نارک 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 متغییر 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 آلفا 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 کویل ، 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 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 نتیجتاً مدار خازنی capacitive می شود و ضریب توان از یک به سمت خازنی منحرف می گردد و برای یک کردن \cos آلفا نیاز است مقداری خازن از مدار خارج شود بنابراین با کنترل مداوم آمپر کشیده شده توسط کویل ضریب توان \cos آلفا 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 کویل ایست و افزایش مقاومت حمام به مفهوم ضخیم شدن جداره و دور شدن ذوب از کویل می باشد .

معمولا اگر مقاومت حمام 20 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 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 ذوب از کویل 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 کویل 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 $1/6$ 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 الکتریکی تمامی قسمت های تاسیسات الکتریکی کوره و بوته را همزمان کنترل می کند .

در این حالت باید اول مشخص گردد که اتصال کوتاه در بوته 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 مرد غیر از موارد یاد شده در فوق می باشد ، بنابراین مشخص است که اهم متر خوردگی جداره را نشان نخواهد داد وهنگامی 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 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 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 ی دیگر توام 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 250 هرتز چون ذوب کوره پس از آماده شدن کاملا 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 (150 یا 180 هرتز) چون ذوب کوره کاملا تخلیه نمی گردد ، مشاهده تمام کوره امکان ندارد اما قسمت های فوقانی را می توان مشاهده کرد.

منابع:

تولیدی پرتو کوره القایی (تپکا)

Iranmachin.net

کتابخانه الکترونیکی آریا

مجموعه مقالات بانک اطلاعات مهندسی برق

منابع موجود در شرکت مهندسی کنترل سویچ

YOSHIDA MACHINERY Co.,LTD

Azarteam news portal

منبع اطلاعات متالوژی